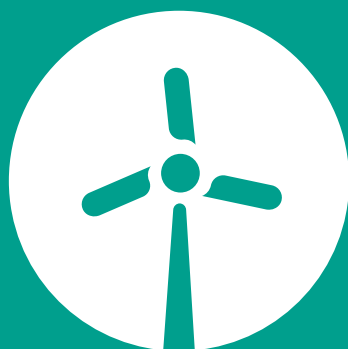




2018 OBSERVATOIRE MONDIAL
DE L'ACTION CLIMATIQUE
NON-ÉTATIQUE



ÉNERGIE

CAHIER 1 L'action
sectorielle



PUBLIÉ PAR L'ASSOCIATION CLIMATE CHANCE
NOVEMBRE 2018

Citation

CLIMATE CHANCE (2018)
« L'ACTION SECTORIELLE »

**CAHIER 1 DU RAPPORT ANNUEL DE L'OBSERVATOIRE
MONDIAL DE L'ACTION CLIMATIQUE NON-ÉTATIQUE**

ÉDITION REVUE ET CORRIGÉE - DÉCEMBRE 2018

Le texte de la présente publication peut être reproduit en tout ou en partie à des fins pédagogiques et non lucratives sans autorisation spéciale de la part du détenteur du copyright, à condition de faire mention de la source. Les données utilisées sont de la responsabilité de la source citée, l'Association Climate Chance ne peut être tenue responsable de leur inexactitude.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Ronan Dantec, Président de Climate Chance

ÉQUIPE CLIMATE CHANCE

Vanessa Laubin, *déléguée générale*
Amaury Parelle, *coordinateur, Observatoire*
Thibault Laconde, *consultant énergie-climat, Observatoire*
Antoine Gillod, *assistant de projet, Observatoire*
Bérengère Batiot, *responsable communication et relations publiques*
Veronica Velasquez, *chargée de communication*
Alice Dupuy, *assistante communication*
Romain Crouzet, *responsable des programmes*
Leila Yassine, *coordinatrice des programmes en Afrique*
Coline Desplantes, *assistante pôle programmes*
Vera Tikhanovich, *assistante pôle programmes*
Florence Léchat-Tarery, *responsable administration, finance & partenariats*

CONTRIBUTIONS

Germán Bersalli, Jean-Paul Céron, Maylis Desrousseaux, Ghislain Favé, Bertrand Fériot, Sudhir Gota, Aakansha Jain, Aïcha Koné, Bettina Laville, Gilles Luneau, Juliette Nouel, Riya Rahiman, Colas Robert, Guillaume Simonet, Alioune Thiam, Aude Vallade.

CRÉATION GRAPHIQUE ET MISE EN PAGE

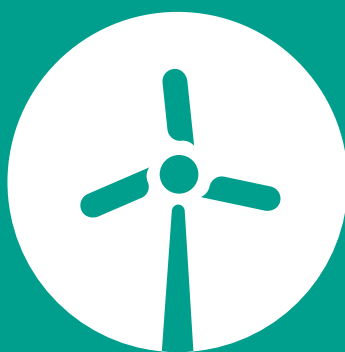
Elaine Guillemot  LATELIERDELESTUAIRE.COM
Elodie Sha

TRADUCTION ANGLAISE

Solten France Sarl

PARTENAIRE POUR LES DONNÉES D'ÉMISSIONS





ÉNERGIE

ÉLECTRICITÉ ET CHALEUR 4

FICHE SECTORIELLE.....4

La longue marche vers une énergie bas carbone

KENYA.....20

Kenya : l'innovation au service d'une électrification bas carbone

CHINE.....30

Décarboner le mix électrique chinois : un défi titanesque

ALLEMAGNE.....42

Allemagne : un modèle en construction

CANADA.....54

Canada : le long chemin vers une décarbonation totale du mix électrique

PORTUGAL.....66

Une transition énergétique fulgurante contrariée par la résistance du charbon

ÉTATS-UNIS78

Les États-Unis : vers un leadership climatique bottom up ?

ÉMISSIONS FUGITIVES..... 92

FICHE SECTORIELLE.....92

Les émissions fugitives : angle mort de la lutte contre le changement climatique

CAPTURE ET SÉQUESTRATION DU CARBONE 104

FICHE SECTORIELLE.....104

Capture et séquestration du carbone : une solution qui peine à se concrétiser



La longue marche vers une énergie bas carbone

Avec un taux d'électrification à 87%, l'électricité est entrée dans la vie quotidienne de la grande majorité des habitants de la planète. La production d'électricité et de chaleur joue un rôle central dans l'amélioration des conditions de vie et du développement économique mais elle est aussi responsable de près du quart des émissions de gaz à effet de serre anthropiques. La baisse des émissions de ce secteur est donc un enjeu majeur pour limiter l'ampleur du réchauffement climatique.

Rédacteur principal • **THIBAUT LACONDE** • *Consultant, Energie & Développement*
en collaboration avec • **GERMÁN BERSALLI** • *Chercheur, Univ. Grenoble Alpes, CNRS, INRA, Grenoble INP, GAEL*

SOMMAIRE

1 • DES ÉMISSIONS TIRÉES VERS LE HAUT PAR LA DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ

- Évolution des émissions
- Une demande d'électricité qui reste croissante
- Évolution du mix électrique

2 • TENDANCE DES POLITIQUES MONDIALES

- En 2016, l'électricité est devenue le premier destinataire des subventions aux énergies fossiles
- Politiques en faveur des renouvelables

3 • LES ACTEURS ÉCONOMIQUES ET LEUR ENVIRONNEMENT

- Des acteurs traditionnels en difficulté
- Montée en puissance de nouveaux acteurs et de nouvelles solutions

4 • L'ÉCHELON LOCAL : ACTEUR CRUCIAL DE LA TRANSITION

- Les collectivités, complémentaires des États et innovantes
 - La société civile se réapproprie l'électricité
-



1 • DES ÉMISSIONS TIRÉES VERS LE HAUT PAR LA DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ

Après une légère baisse en 2015, les émissions mondiales de CO₂ dans le secteur de l'électricité et du chauffage urbain sont reparties à la hausse en 2016 avec une augmentation de 0,4% soit 44 millions de tonnes de CO₂. Des données préliminaires pour 2017 indiquent que la hausse s'est accélérée l'année dernière : au sein du G20, qui était responsable de 80% des émissions du secteur en 2016, les émissions ont augmenté de 1,9% en 2017 (Enerdata).

• **ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS** • Les émissions de gaz à effet de serre liées à la production de chaleur et d'électricité ont progressé en moyenne de 1,1% par an au cours des 10 dernières années. Elles atteignent 11,5 milliards de tonnes équivalent CO₂ en 2016, soit environ un quart des émissions mondiales.

Ces émissions sont très inégalement réparties : les 6 premiers émetteurs de la planète - Chine, États-Unis, Union Européenne, Inde, Russie et Japon - sont responsables de 70% des émissions mondiales. Au sein de ces différents ensembles même, les émissions connaissent des évolutions divergentes : une tendance à la baisse dans l'Union Européenne et aux États Unis, mais une augmentation en Inde et en Chine et une stagnation des émissions en Russie. Le Japon quant à lui a connu un pic d'émissions en 2012 et en 2013 dû à l'augmentation de la production d'électricité thermique à la suite de l'accident de Fukushima et de l'arrêt de son parc nucléaire.

Ces dynamiques différentes entraînent un bouleversement dans les rapports de force à l'échelle mondiale : l'Amérique du Nord, dont le secteur électrique était historiquement le plus émetteur, a été dépassé par l'Asie en 2000. L'OCDE a été rattrapée par les pays hors OCDE en 2005... Aujourd'hui l'Inde et la Chine sont de très loin les premiers émetteurs et l'écart devrait s'accroître dans les années à venir.

TABLEAU 1 - ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE (MTCO₂EQ) DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHALEUR

(source : Enerdata)

	2005	2010	2016	2017
Monde	9638	10910	11591	n.a.
Chine	2167,2	3077,7	3731,2	3890,0
États-Unis	2439,4	2267,3	1812,6	1745,4
Union Européenne	1294,5	1175,3	948,9	n.a.
Inde	494,7	676,2	946,7	974,9
Russie	530,6	544,9	535,3	534,1
Allemagne	305,5	288,8	273,7	264,9
Afrique du Sud	200,0	233,2	231,0	232,9
Arabie Saoudite	108,1	142,6	158,0	159,8
Indonésie	71,4	92,9	136,8	146,1
Canada	119,9	101,5	83,4	85,6
Grande Bretagne	171,9	152,0	73,2	64,1
Brésil	20,7	26,4	44,8	47,8
France	37,4	42,6	22,4	26,8
Maroc	15,7	15,6	22,0	n.a.
Colombie	5,85	9,80	11,84	5,3
Nouvelle Zélande	8,82	5,31	2,99	3,6
Kenya	1,50	2,08	1,13	n.a.
Fidji	0,275	0,334	0,342	n.a.
Islande	0,003	0,003	0,002	n.a.
Ethiopie	0,010	0,055	0,002	n.a.

• **UNE DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ QUI RESTE CROISSANTE** • Ces évolutions sont déterminées par deux variables fondamentales : la demande d'électricité et de chaleur et leur intensité carbone.

En 2017, la consommation d'électricité a augmenté de 2,8% par rapport à l'année précédente. Cette hausse est comparable à celle enregistrée au cours de la décennie 2006-2016 : 2,7% par an en moyenne (BP Statistical Review, 2018). Dans le même temps, la population mondiale a augmenté de 1,2% par an, ce qui implique une augmentation nette de la consommation d'électricité par habitant de plus de 1% par an.

Cette augmentation s'explique par les progrès de l'électrification : entre 2006 et 2017, la part de la population mondiale qui a accès à l'électricité est passée de 81,2% à 87,4%. Cela signifie qu'en 2017 comparé à 2006, 1,2 milliards d'êtres humains supplémentaires consomment de l'électricité.

Organiser l'électrification privée

Historiquement l'électrification s'est faite par l'accès via un réseau électrique national ou régional à une production d'électricité centralisée. Cette approche, très intensive en capital, est souvent lente à se mettre en place et nécessite en général un fort soutien public. Les énergies renouvelables permettent désormais la création de petites installations grâce auxquelles il est possible de produire de l'électricité à l'échelle d'un foyer (lanterne solaire, solar home system...) ou d'une localité (micro-grid alimenté par une installation solaire ou une micro-turbine hydraulique, par exemple) sans attendre l'arrivée du réseau électrique.

Ces systèmes sont en général peu émetteurs de gaz à effet de serre mais surtout ils permettent à des particuliers ou à de petites organisations d'investir eux-mêmes pour produire leur électricité. De plus, ils peuvent souvent être conçus et installés par des entreprises locales avec des compétences techniques et un équipement bien plus limités que ceux nécessaires pour l'électrification conventionnelle. En contrepartie de nouveaux problèmes se posent, notamment pour assurer la qualité du matériel et des installations. Ces problèmes se rencontrent par exemple avec le développement du solaire en Zambie : le matériel importé est souvent de qualité médiocre, les revendeurs conseillent mal les utilisateurs et les compétences manquent pour l'installation et l'entretien des systèmes solaires. Pour limiter ces risques sans entraver l'initiative privée, la commission de régulation de l'énergie de Zambie a mis en place un système de licence pour les importateurs et les installateurs de matériel solaire. Un code de bonnes pratiques a été mis au point en collaboration avec les entreprises du secteur et le bureau zambien de standardisation et une formation certifiante a été créée pour les techniciens.

Source : Energy regulation board of zambia

ENCADRÉ 1

En raison de la progression du taux d'électrification et d'une natalité élevée, la croissance la plus rapide de la consommation d'électricité se trouve dans des pays ayant un faible niveau de développement économique. Elle dépasse ainsi 11% au Cambodge, en Haïti, en Ethiopie, au Myanmar, au Laos, au Mali, au Cap-Vert, au Soudan ou en Côte d'Ivoire. La consommation de ces pays est cependant très faible en valeur absolue.

Dans les pays émergents et industrialisés, l'augmentation de la consommation d'électricité est avant tout liée à la croissance économique. En Chine, la consommation d'électricité a cru de 6% en 2017 presque au même rythme que le produit intérieur brut (7%). En 10 ans, la production



d'électricité chinoise a doublé.

En Inde, les deux phénomènes se combinent : la croissance de la demande d'électricité a dépassé 12% en 2017, bien plus que la croissance de 7% de l'activité économique. Cette différence s'explique par les progrès réalisés dans l'accès à l'électricité, avec l'électrification d'un demi-milliard de personnes depuis 2000 et un taux d'accès qui a presque doublé pour atteindre 82% de la population, contre 43% en 2000 (OCDE/IEA, 2018).

Ensemble, la Chine et l'Inde ont représenté 70% de la croissance de la demande mondiale d'électricité, 10% provenant d'autres économies émergentes d'Asie.

Même si l'électricité tend à acquérir de nouveaux usages (mobilité, chauffage...), ce qui peut tirer la consommation vers le haut même dans les économies matures, les pays développés ne sont à l'origine que de 10% de la croissance de la consommation mondiale avec un taux de croissance de la demande inférieur à 1% en moyenne. Aux États-Unis, la demande d'électricité a diminué de près de 80 TWh en 2017 par rapport à 2016. Dans l'Union Européenne, la croissance de la demande de 2,3% (ou 75 TWh) est égale à la croissance économique. La demande d'électricité au Japon a également augmenté d'environ 15 TWh (OCDE/IEA, 2018).

Rappelons cependant que les écarts de consommation par habitant entre les différents pays restent très significatifs. Ainsi, la consommation d'électricité par habitant de l'Inde représente seulement 7,5% de celle des États-Unis (ENERDATA, 2017).

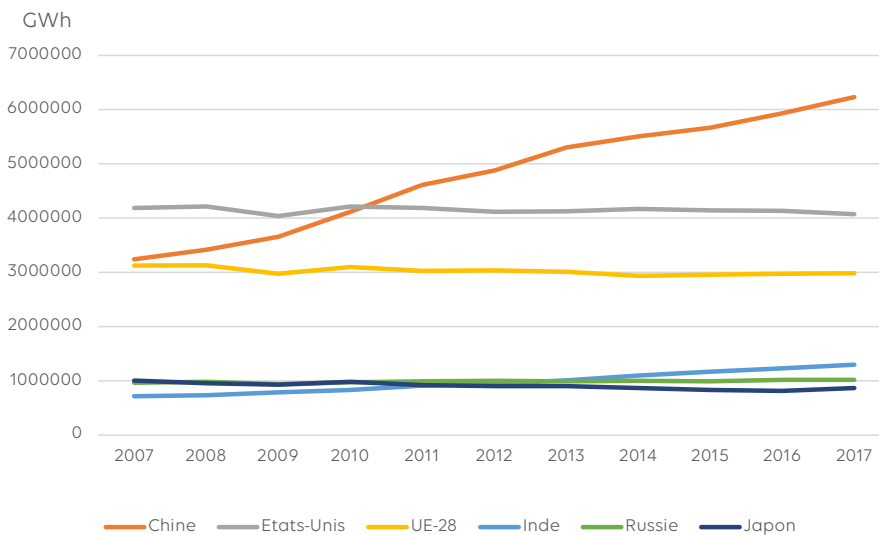


FIGURE 1. PRODUCTION PUBLIQUE D'ÉLECTRICITÉ
(Source Enerdata)

• **ÉVOLUTION DU MIX ÉLECTRIQUE** • L'intensité carbone de la production électrique est un deuxième facteur d'explication pour l'évolution des émissions. L'électricité est fournie par un assemblage de sources (ou mix électrique) dont certaines sont très émettrices en gaz à effet de serre comme le charbon (880 grammes de CO₂ environ par kilowattheure produit), d'autres moins comme le fioul (710 gCO₂/kWh) ou le gaz (390 gCO₂/kWh). Enfin l'empreinte carbone des énergies renouvelables et du nucléaire est nulle pour les émissions directes et faible si on prend en compte l'ensemble du cycle de vie : les estimations varient par exemple de 18 à 180 gCO₂/kWh pour le solaire photovoltaïque, de 7 à 56 pour l'éolien et de 4 à 110 pour le nucléaire (IPCC, 2014).

La part de chaque source dans le mix électrique détermine l'intensité carbone de l'électricité mondiale. Cette intensité carbone stagne depuis 10 ans malgré des progrès significatifs en Chine, aux États-Unis et au sein de l'Union Européenne.

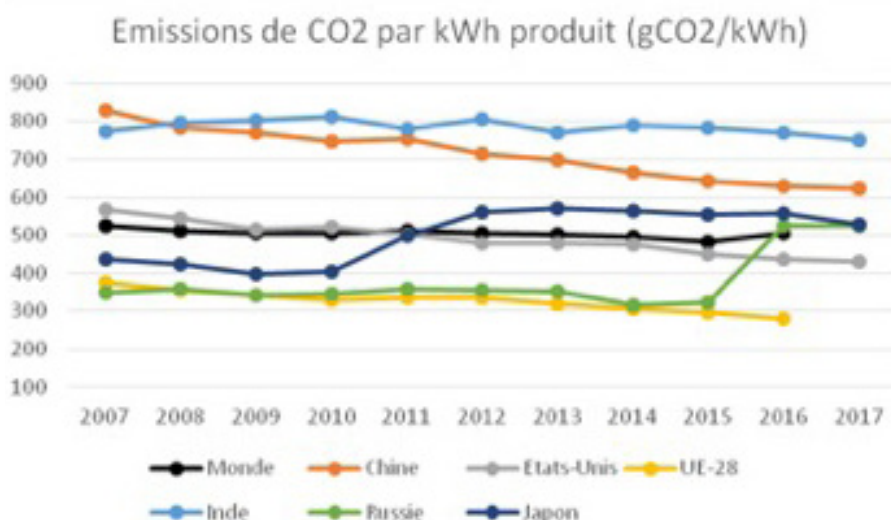


FIGURE 2. INTENSITÉ CARBONE DU MIX ÉLECTRIQUE

L'utilisation de charbon est de loin la première source d'émissions : elle représente environ 74% des émissions du secteur alors que le charbon ne produit que 38% de l'électricité et 42% de la chaleur mondiale (IEA, 2018). La production d'électricité à partir du charbon a augmenté de 3% (280 TWh) en 2017 à l'échelle mondiale, ce qui représente un tiers de la croissance totale de la production d'électricité et plus que la baisse de production de 250 TWh observée en 2016. La croissance de la production d'électricité à partir du charbon a surtout été enregistrée en Inde et en Chine. La progression du charbon en Asie n'a été que partiellement compensée par les baisses enregistrées notamment aux États-Unis et dans l'Union européenne.

Le gaz arrive ensuite avec 21% des émissions pour 23% de la production d'électricité et 42% de la production de chaleur. La production d'électricité à partir du gaz a augmenté de 1,6% (95 TWh), soit près de 15% de la croissance totale, les contributions les plus importantes provenant de l'Union européenne, de la Chine et de l'Asie du Sud-est (IEA, 2018). Les produits pétroliers représentent 5% des émissions pour 4% de la production d'électricité et de chaleur.

Les énergies décarbonées, renouvelables et le nucléaire, sont à l'origine de 35% de l'électricité mondiale (principalement grâce à l'hydroélectricité, au nucléaire et à l'éolien) et de 8% de la chaleur (principalement grâce à la biomasse et aux déchets).

		Electricité	Chaleur
Fossiles	Charbon	38,3%	42,1%
	Produits pétroliers	3,7%	4,3%
	Gaz	23,1%	42,3%
Fissiles	Nucléaire	10,4%	0,2%
Renouvelables	Biomasse	1,8%	4,1%
	Déchets	0,4%	3,2%
	Hydroélectricité	16,6%	0,0%
	Géothermie	0,3%	0,3%
	Solaire PV	1,3%	0,0%
	Solaire thermique	0,0%	0,0%
	Eolien	3,8%	0,0%
Energies marines	0,0%	0,0%	

TABLEAU 2. PART DES DIFFÉRENTES ÉNERGIES DANS LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHALEUR EN 2016

(Source : IEA, 2018)



Autres	0,1%	3,5%
--------	------	------

Les énergies renouvelables ont fourni près de la moitié de la production additionnelle d'électricité en 2017, ce qui porte leur part dans la production mondiale à un niveau record de 25 %, contre 18 % il y a 10 ans. En 2017, les énergies renouvelables prises dans leur ensemble étaient la deuxième source d'électricité de la planète, derrière le charbon mais devant le gaz et le nucléaire.

L'hydroélectricité à l'intersection entre mitigation et adaptation

La « houille blanche » est la seule énergie renouvelable à avoir été employée à grande échelle dès les débuts de l'électricité. Aujourd'hui, elle reste la première source d'électricité décarbonée, loin devant le nucléaire et les autres énergies renouvelables. L'hydroélectricité joue donc un rôle important pour limiter les émissions du secteur mais elle nécessite aussi des ressources en eau en quantité et en qualité suffisante, ce qui la rend vulnérable au changement climatique. Celui-ci peut entraîner une modification du régime des précipitations qui limite la production des installations existantes et augmente les risques pour les nouveaux. Il peut aussi affecter la qualité de l'eau : la fonte des glaciers, par exemple, augmente la présence de sédiments et donc l'usure des turbines.

Le Hoover Dam, un des symboles de l'hydroélectricité aux États Unis construit dans les années 1930, fournit un exemple emblématique de ces aléas : il voit régulièrement sa capacité de production réduite en raison de la sécheresse qui frappe l'Ouest des États-Unis. Ce sont alors d'autres sources d'énergie, notamment des centrales au gaz, qui viennent combler le déficit, augmentant au passage les coûts et les émissions de CO₂.

Les pays en développement sont d'autant plus vulnérables à ces aléas : en Tanzanie, l'hydroélectricité représentait 90 % de la production électrique dans les années 1990. La sécheresse qui s'est installée au début des années 2000 a eu des répercussions importantes sur la production électrique et donc sur la population et l'économie du pays. En 2011, une crise énergétique a laissé les habitants dans le noir 12 à 16 heures par jour conduisant le FMI à revoir à la baisse ses prévisions de croissances pour le PIB tanzanien : le pays ne disposait pas de capacités suffisantes pour prendre la relève des centrales hydroélectriques. Face à l'incertitude de l'hydroélectricité, la Tanzanie fait à présent le choix de développer sa production thermique. Aujourd'hui l'hydroélectricité ne représente plus que le tiers du mix tanzanien, à égalité avec le gaz naturel et le fioul.

Les installations hydroélectriques sont aussi sensibles à l'excès de précipitations. En 2018, le barrage en construction de Saddle, au Laos, s'est effondré après de fortes pluies, inondant les villages en aval et tuant plus d'une centaine de personnes. L'ONG International Rivers a dénoncé à cette occasion la construction d'ouvrages « incapables de soutenir des conditions climatiques extrêmes » à un moment où celles-ci « deviennent plus fréquentes ».

ENCADRÉ 2

Enfin, la production nucléaire a augmenté de 3 %, soit 26 TWh, en 2017. Néanmoins, les ajouts de nouveaux réacteurs à l'échelle mondiale n'ont compensé que de peu les mises hors services en 2017 : la remise en service de réacteurs japonais à l'arrêt depuis 2011 explique à elle seule 40 % de la croissance de la production.

2 • TENDANCE DES POLITIQUES MONDIALES

Les politiques énergétiques mondiales restent contradictoires : d'un côté les États soutiennent massivement les énergies fossiles, de l'autre, les mesures en faveur des énergies décarbonées et de l'efficacité énergétique se généralisent.

• **EN 2016, L'ÉLECTRICITÉ EST DEVENUE LE PREMIER DESTINATAIRE DES SUBVENTIONS AUX ÉNERGIES FOSSILES** •

Les interventions publiques dans le secteur de l'électricité sont nombreuses. Elles prennent notamment la forme de subventions dont une part importante va à des énergies émettrices de gaz à effet de serre : en 2016, la consommation d'énergie fossile a été subventionnée à hauteur de 260 milliards de dollars, 41% de ces aides étaient destinés au secteur électrique qui en est le principal destinataire, dépassant pour la première fois l'industrie pétrolière (40%). Le développement des énergies renouvelables quant à lui a reçu 140 milliards de dollars en 2016 (IEA, 2017). Les politiques énergétiques mondiales continuent donc à inciter à la consommation d'électricité fossile.

Ces interventions sont justifiées au nom du développement, de l'emploi, de la compétitivité des entreprises consommatrices d'électricité ou de la lutte contre la précarité énergétique. Elles sont cependant souvent mal ciblées et profitent de façon disproportionnée aux classes aisées qui consomment plus d'énergie. Leur effet peut donc être d'encourager les consommateurs à gaspiller l'énergie et de déséquilibrer les budgets publics (Shirai, 2017).

Outre les incitations financières directes, les politiques énergétiques recourent à de nombreuses mesures pour soutenir les énergies fossiles : contrôle des prix, quotas, prêts bonifiés, garanties, investissements directs, recherche et développement, restrictions techniques, etc. (IEA/OCDE/World Bank, 2010). Aux États-Unis, par exemple, un cadre réglementaire obsolète permet à des centrales à charbon non-concurrentielles de se maintenir en service (Carbon Tracker, 2017). Les marchés de capacités et les réserves stratégiques destinés à maintenir à disposition des centrales thermiques européennes peu utilisées sont un autre exemple de soutien indirect aux énergies fossiles (Zimmermann, 2017).

Ces mesures sont d'autant plus néfastes qu'elles ont une forte inertie : les deux-tiers des subventions aux énergies fossiles ont été introduites avant 2000 (OCDE, 2018) et une centrale électrique thermique a une durée de vie supérieure à 30 ans.

Les mesures favorables aux énergies fossiles sont en partie contrebalancées par la diffusion des marchés carbonés - notamment le marché chinois dont le lancement a été annoncé lors de la COP23 - et des taxes sur le contenu carbone de l'énergie. Ces mesures ont pour effet de rendre moins concurrentielles les énergies fossiles en particulier le charbon. Elles se sont montrées particulièrement efficaces en Grande Bretagne où le doublement du prix plancher du carbone à 18€/TCO₂eq en 2015 a divisé par 3 en un an la part du charbon dans le mix électrique (Carbon Brief, 2016).

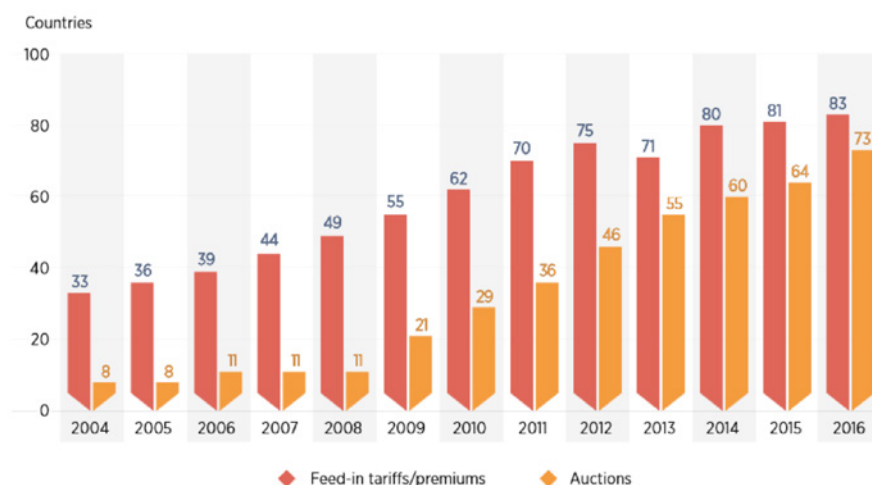


FIGURE 5. NOMBRE DE PAYS UTILISANT UN TARIF GARANTI ET/OU DES ENCHÈRES

(Source : IRENA, 2018)



• **POLITIQUES EN FAVEUR DES RENOUVELABLES** • Ces politiques en faveur des énergies fossiles sont également contrebalancées par la généralisation des mesures en faveur des énergies renouvelables. Lorsqu'elles peuvent s'appuyer sur des coalitions réunissant acteurs publics, industriels, société civile et organisations internationales, ces politiques se rencontrent même dans des pays en développement bien pourvus en ressources fossiles comme le Mexique, la Thaïlande ou l'Afrique du Sud (Rennkamp, 2017).

Initialement, les investissements dans les énergies renouvelables, en particulier dans le solaire et l'éolien, ont été encouragés grâce à des tarifs de rachats garantis (ou Feed-in tariffs). En 2017, plus de 80 pays utilisaient ce système. La principale difficulté consiste à fixer le tarif à un niveau suffisamment élevé pour attirer les investisseurs tout en restant soutenable (IRENA, 2018). Cette difficulté conduit un nombre croissant de pays, dont la Chine et l'Allemagne, à se tourner vers un système d'enchères.

Ce changement a des conséquences notables pour les acteurs du secteur : les enchères sont bien adaptées aux projets importants et aux grandes entreprises mais difficilement accessibles aux développeurs modestes ou non professionnels (particuliers, agriculteurs, coopératives...). Le système d'enchères permet cependant d'accélérer la baisse du prix des renouvelables en encourageant des stratégies agressives de la part des entreprises. Pour l'emporter, celles-ci fixent leurs prix en tenant compte des réductions de coût qu'elles anticipent pendant la réalisation du projet. Cette concurrence peut déboucher sur l'échec de projets trop ambitieux : en Grande Bretagne, par exemple, les projets solaires retenus à moins de 60£/MWh lors de l'appel d'offre de 2015 ont tous été abandonnés (Energie et Développement, 2017).

D'autres outils incitatifs peuvent être employés, notamment des quotas obligeant certains acteurs à utiliser une part minimale d'énergies renouvelables. Ces obligations existent par exemple en Inde et en Grande Bretagne ainsi que dans 29 états américains, elles sont souvent accompagnées d'un système de certificats permettant aux producteurs d'électricité renouvelable de mieux valoriser leur production. Des mesures non-réglementaires existent également comme des instruments financiers ou fiscaux pour encourager les investissements dans les énergies renouvelables. (IRENA, 2018)

Il faut noter enfin un retard dans le soutien à la production de chaleur et de froid renouvelable : en 2016, 126 pays avaient mis en place des politiques incitant au développement des renouvelables pour le secteur électrique contre 29 seulement pour la chaleur (IRENA, 2018). Les politiques en faveur de la chaleur et du froid renouvelable s'appuient majoritairement sur des quotas.

3 • LES ACTEURS ÉCONOMIQUES ET LEUR ENVIRONNEMENT

La production d'électricité et de chaleur, leur transport, leur distribution et les services associés font intervenir un grand nombre d'entreprises de tailles très diverses : producteurs locaux, nationaux ou internationaux, gestionnaires de réseaux, distributeurs, fournisseurs d'équipements et de services, financeurs... Les enjeux de la transition vers une énergie bas carbone sont différents pour chacune de ces catégories tout comme leurs stratégies.

• **DES ACTEURS TRADITIONNELS EN DIFFICULTÉS** • Les grands électriciens occupent une place centrale. Généralement issus de monopoles nationaux, ils ont souvent vu leurs activités de production, de transport et de distribution séparées autour des années 2000 dans le cadre de l'ouverture à la concurrence du secteur. Certains restent entièrement publics comme State Grid of China, le premier électricien mondial, mais beaucoup ont été partiellement ou totalement privatisés, à l'instar d'Enel et d'EDF, n°2 et 3 du secteur. Ils disposent d'une autonomie importante même si, compte-tenu de leur mission de service public, la plupart reste soumis à un contrôle du gouvernement ou d'un régulateur.

Ces électriciens gèrent des infrastructures qui se caractérisent par une durée de vie très longue : plus d'un demi-siècle pour les centrales à charbon et les barrages hydroélectriques, plusieurs

décennies pour les réacteurs nucléaires et les centrales à gaz. Malgré leur inertie, ils doivent s'adapter à un contexte politique et surtout économique (hausse des coûts des énergies fossiles, campagne de désinvestissement, compétitivité des énergies renouvelables...) dont l'évolution s'est accélérée au cours des deux dernières décennies. Cette différence de temporalité entraîne un risque important pour ces entreprises : voir leur parc de production devenir inadapté aux attentes du marché et non-compétitif, on parle alors d'actifs bloqués (ou stranded asset). Un cinquième du parc électrique mondial pourrait se retrouver dans cette situation si les objectifs de l'Accord de Paris étaient atteints (Pfeiffer, 2018). En Europe et aux États-Unis, le secteur de l'électricité a déjà subi des dépréciations d'actifs importantes qui ont réduit la rentabilité des grands électriciens et entraîné la perte de centaines de milliards d'euros de capitalisation (IRENA, 2017).

Face à cette situation, les stratégies des grands électriciens peuvent se classer en deux grandes catégories :

- les stratégies d'addition qui s'appuient sur les infrastructures existantes pour les adapter aux contraintes : la capture et la séquestration du carbone, qui permettent d'annuler les émissions de centrales thermiques, y compris si elles existent déjà, ou encore les réseaux intelligents.
- les stratégies de substitution qui visent le remplacement des systèmes existants, c'est le cas notamment de la production électrique renouvelable.

Toutes les grandes évolutions énergétiques du XX^e siècle ont été dominées par des stratégies d'addition. C'est encore le cas aujourd'hui : l'analyse des brevets déposés par les 6 plus grands électriciens européens montre qu'ils privilégient cette approche même si les énergies renouvelables sont, avec les réseaux intelligents, la priorité technologique du secteur électrique en Europe (Buttigieg, 2016).

L'adaptation des grandes entreprises du secteur passe aussi par la réorganisation de leurs activités : le nombre de fusion-acquisition dans le secteur électrique européen a augmenté de 30% en 2017. Ces opérations ont souvent pour objectif de recentrer l'entreprise sur son cœur de métier en se débarrassant des activités annexes en particuliers lorsqu'elles concernent les énergies fossiles (IEA, 2018). L'Allemand Uniper, par exemple, s'est séparé de ses activités dans l'amont gazier et pétrolier, le français Engie de centrales à gaz aux États-Unis, en Grande-Bretagne et d'une centrale à charbon en Australie...

La restructuration du secteur électrique allemand

Les deux principaux électriciens allemands, Eon et RWE, ont été durement affectés par la sortie du nucléaire et le recul du charbon qui composait l'essentiel de leur parc électrique. Ils ont également subi une baisse importante du prix de gros de l'électricité - passé de 60€/MWh en moyenne en 2011 à 35 environ aujourd'hui. Enfin, le développement rapide des énergies renouvelables a entraîné l'apparition de nouveaux concurrents avec une production plus décentralisée.

Les grands électriciens allemands ont tardé à se tourner vers les énergies renouvelables. En 2013, alors que les renouvelables représentaient déjà près de 40% de la capacité installée en Allemagne, elles ne comptaient encore que pour 18% du parc d'Eon et seulement 6% de celui de RWE.

Face à ces difficultés, Eon a décidé de scinder son activité : d'un côté un nouveau Eon qui se concentre sur les renouvelables, la distribution d'électricité et les services, de l'autre Uniper qui récupère le parc fossile pour en gérer la fin de vie. Initialement, Uniper devait aussi recevoir les réacteurs nucléaires d'Eon mais le gouvernement allemand, inquiet qu'Eon cherche ainsi à échapper à ses responsabilités, a refusé ce transfert.

Cette séparation a formé deux entreprises de profils très différents : le nou-



veau Eon espère renouer avec la croissance et se concentrer sur les investissements alors qu'Uniper doit verser des dividendes élevés aux actionnaires pour compenser des actifs en déclin. La scission a été réalisée en 2016 et en 2018 Eon a définitivement tourné la page en vendant ses parts dans Uniper au finlandais Fortum pour 3,8 milliards d'euros. Cette transaction doit permettre à Eon de financer sa transformation.

RWE au contraire a d'abord rejeté la perspective d'une scission en se concentrant sur la réduction des coûts : 2 400 emplois ont été supprimés en 2014, les investissements ont été réduits et les activités pétrolières et gazières ont été vendues en 2015. Mais en 2016, l'entreprise a finalement placé ses activités renouvelables, réseau et distribution dans des filiales séparées qui ont été introduites en bourse.

La prochaine étape consiste en un rapprochement des deux entreprises : Eon va acquérir 76,8% d'Innogy, la filiale renouvelable de RWE. En contrepartie RWE entrera dans le capital d'Eon à hauteur de 16,67%, devenant ainsi le premier actionnaire de son rival historique.

Source : Financial Times

ENCADRÉ 3

L'évolution du mix électrique et des stratégies des électriciens a aussi des conséquences pour les fournisseurs d'équipements. Les producteurs de turbines destinées aux centrales électriques thermiques, comme l'allemand Siemens ou l'américain GE, rencontrent des difficultés pour maintenir leurs chaînes de production et tentent de se développer vers les énergies renouvelables. De même les industriels du secteur nucléaire sont en difficulté et font face à des restructurations : c'est le cas du français Areva, démantelé début 2018, ou du japonais Toshiba qui a vendu sa filiale nucléaire en faillite Westinghouse.

• **MONTÉE EN PUISSANCE DE NOUVEAUX ACTEURS ET DE NOUVELLES SOLUTIONS** • Les difficultés rencontrées par les grandes entreprises du secteur facilitent l'émergence de nouveaux acteurs : producteurs et développeurs alternatifs, fabricants d'équipements destinés aux énergies renouvelables et de batteries... C'est le cas du français Neoen, créé en 2008, et devenu en une décennie un des premiers producteurs indépendants d'énergies renouvelables de la planète. Neoen exploite notamment la plus grande batterie du monde, la Hornsdale Power Reserve en Australie, développée en partenariat avec Tesla. D'autres entreprises ont mis à profit la transition du secteur électrique pour se réinventer, par exemple le danois Ørsted (anciennement DONG Energy). Fondée en 1972 pour exploiter les ressources pétrolières et gazières de Mer du Nord, l'entreprise s'est imposée autour de 2010 comme un champion de l'éolien et de la biomasse : Ørsted possède aujourd'hui près du quart des éoliennes off-shore de la planète.

La transition du secteur électrique fait par ailleurs apparaître des activités et des modèles économiques entièrement nouveaux, en particulier dans les services liés à la fourniture d'électricité.

Deux innovations techniques et économiques : effacement et PAYG

L'effacement consiste à réduire volontairement sa consommation d'électricité dans les périodes de forte demande ou de faible production afin de faciliter l'équilibrage du réseau. Avec le développement des énergies renouvelables

variables comme le solaire et l'éolien cette opération peut devenir indispensable. Des mécanismes ont été mis en place aux États-Unis, en Russie et dans plusieurs pays européens pour récompenser les consommateurs qui contribuent ainsi à l'équilibre du réseau.

Des solutions techniques permettant aux par-

ticuliers et aux entreprises d'effacer automatiquement une partie de leur consommation sont apparues depuis quelques années. Elles sont opérées par des agrégateurs d'effacement qui coordonnent et commercialisent les réductions de consommation de leurs adhérents. En France, le potentiel d'effacement est équivalent à la production de 6 à 10 réacteurs nucléaires, ce gisement a donné naissance à de nombreuses startups : Voltalis, Energy Pool appartenant à Schneider Electric, BHC Energy filiale de Total, Actility, Smart Grid Energy, Hydronext...

Sur le continent africain, c'est le développement du réseau plus que son équilibre qui est le défi principal. L'utilisation d'une installation solaire domestique est une solution pour accéder rapidement à l'électricité. La difficulté de ces projets réside dans leur financement : les utilisateurs n'ont pas toujours l'épargne ou la capacité d'emprunt nécessaire pour investir dans ces systèmes dont le coût peut varier de 100 à plus de 1000 \$ et les entreprises sont réticentes à investir sans moyens fiables de recouvrer les factures. Le modèle pay-as-you-go (PAYG) permet de résoudre ce problème.

Même s'il existe de nombreuses variations de ce système, il s'agit en général d'une entreprise qui loue à des particuliers un système solaire domestique complet (panneau solaire, bat-

terie, électronique et connectique et parfois ampoules et appareils, par exemple télévision) et assure son installation et sa maintenance en échange d'un paiement initial de 0 à 30% de la valeur du kit puis d'une redevance quotidienne, hebdomadaire ou mensuelle souvent payée par téléphone. La commercialisation et l'installation passe généralement par des intermédiaires locaux ce qui a pour effet de stimuler l'activité. En cas de non-paiement, le système n'est plus utilisable, mais contrairement à un prêt bancaire, il n'y a pas de risque financier pour l'utilisateur.

Le modèle PAYG permet d'amener une électricité renouvelable à des foyers auparavant non électrifiés. Les entreprises actives dans ce domaine, comme Baobab+, Mobisol, M-Poka ou Lumos, ont déjà levé 360 millions de dollars et atteint 750 000 clients principalement en Afrique de l'Est. Pour les entreprises, il a l'avantage de créer une relation durable avec les clients. Certaines la valorisent en proposant des options ou des améliorations sur les kits solaires : Fenix, entreprise ougandaise rachetée en 2017 par Engie, propose par exemple une batterie dont la capacité peut être augmentée grâce à un simple code d'activation.

Sources : Ademe, 2017 et Hystra 2017

ENCADRÉ 4

Enfin, l'évolution rapide du secteur stimule l'apparition et le développement de think-tank et d'entreprises de conseil spécialisés. C'est le cas par exemple de New Energy Finance, fournisseur de données sur les énergies renouvelables pour le secteur de la finance et de l'énergie : fondé en 2004, elle a été rachetée par Bloomberg en 2009 après 5 années de croissance rapide.

Le rôle du secteur financier

Les projets électriques étant très intensifs en capital, la transition des acteurs existants et l'émergence de nouvelles entreprises sont accompagnées par le secteur financier. Celui-ci est de plus en plus réticent à investir dans des projets charbonniers ou, plus généralement, fossiles : Mi-2018, 1000 investisseurs institutionnels gérant 6240 milliards de dollars s'étaient engagés à désinvestir des énergies fossiles, c'est 12 fois plus qu'il y a 4 ans (Arabella Advisors, 2018).

Le mouvement de désinvestissement a pris naissance en 2011 dans les universités américaines qui gèrent des fonds importants : Harvard, par exemple, possède un fond d'investissement de près de 40 milliards de dollars que l'université a cessé d'investir dans les énergies fossiles en 2017 après des an-



nées de campagnes de ses étudiants et professeurs. Aujourd'hui cependant le désinvestissement n'est plus limité aux investisseurs militants : parmi les organisations qui ont désinvesti on trouve le Conseil œcuménique des églises (qui réunit 348 organisations religieuses) ou des villes comme San Francisco ou Berlin mais aussi GPF, le plus important fonds souverain de la planète, ou les assureurs Axa et Allianz.

Le désinvestissement n'est pas le seul outil des acteurs financiers pour influencer les choix des entreprises. D'autres stratégies existent dont :

- Le « *best in class* » qui consiste à n'exclure aucun secteur a priori mais à n'investir au sein de chaque secteur que dans les entreprises affichant les meilleures performances. C'est l'approche retenue par exemple par le DJSI World (Dow Jones Sustainability Index) : cet indice proposé par RobecoSam et Standard & Poor's s'appuie sur un questionnaire annuel envoyé aux 3400 plus grandes entreprises de la planète et sélectionne pour chaque secteur les 10 % d'entreprises les plus performantes. Des indices régionaux et nationaux du DJSI existent également.

- L'activisme actionnarial qui consiste à utiliser les pouvoirs des actionnaires pour influencer la stratégie des entreprises. Cette méthode est souvent employée par des organisations non-gouvernementales pour se faire entendre lors des assemblées générales. Mais elle est également utilisée par de grands acteurs de la finance : lors des assemblées générales des 2017, Goldman Sachs, par exemple, a voté en faveur de la moitié des résolutions portant sur le climat contre 39 % en 2016, JP Morgan a soutenu 16 % de ces initiatives contre 5 % l'année précédente (Bloomberg, 2018).

Même si ces mouvements gagnent de l'ampleur, ils ne semblent pas encore ralentir les projets fossiles : à côté d'une finance verte émergente, les financements bruns sont toujours disponibles.

ENCADRÉ 5

4 • L'ÉCHELON LOCAL : ACTEUR CRUCIAL DE LA TRANSITION

Le développement des énergies renouvelables repose généralement sur des installations de taille plus modeste que les centrales électriques conventionnelles et la réduction de la consommation d'électricité passe par des projets locaux. La transition du secteur électrique a donc pour effet de redonner l'initiative aux territoires et aux acteurs locaux : collectivités, associations, coopératives...

• **LES COLLECTIVITÉS, COMPLÉMENTAIRES DES ÉTATS ET INNOVANTES** • L'action au niveau des collectivités peut permettre d'expérimenter, de compléter ou au contraire de contourner la politique mise en place au niveau national. En Chine par exemple, des marchés du carbone ont été créés à partir de 2011 par des villes comme Pékin, et Shanghai. Un système national devrait voir le jour prochainement sur la base de ces expériences. En France, l'État a fait le choix de donner aux collectivités un rôle de chef de file dans la mise en œuvre de la transition énergétique : la plupart des groupements de communes doivent ainsi établir avant la fin de l'année 2018 un plan climat-air-énergie territorial comprenant notamment des actions pour maîtriser la demande d'énergie locale et développer la production renouvelable.

Aux États-Unis au contraire, c'est l'hostilité du gouvernement fédéral face à la lutte contre le changement climatique qui déplace l'initiative vers les états fédérés. C'est le cas, par exemple, avec la Regional Greenhouse Gas Initiative - neuf états (Connecticut, Delaware, Maine, Maryland, Massachusetts, New Hampshire, New York, Rhode Island et Vermont) ont mis en place un marché

du carbone afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre des centrales électriques de 65 % d'ici 2030. Citons encore la Powering Past Coal Alliance qui compte 7 états (Californie, Connecticut, Hawaii, Minnesota, New York, Oregon et Washington) et deux villes (Honolulu et Los Angeles) américaines parmi ses membres.

Le rôle des collectivités n'est pas seulement complémentaire de celui de l'État : la réémergence de systèmes énergétiques plus décentralisés donne aux villes et aux régions un rôle de premier plan dans les politiques en matière d'énergies renouvelables. L'engagement local en faveur des énergies renouvelables est stimulé par les avantages économiques découlant des énergies vertes, ainsi que par le potentiel d'atténuation des changements climatiques, l'amélioration de la qualité de l'air ou de l'eau au niveau local ainsi que la création d'emplois.

Municipalité, régulateur et électricien, l'expérience du Cap

Comme de nombreuses communes, la ville du Cap gère une partie de la distribution de l'électricité sur son territoire : elle dessert environ 550 000 consommateurs particuliers, soit 75 % des foyers, le reste étant sous la responsabilité de l'électricien national Eskom. En 2008, dans un contexte de pénurie nationale d'électricité, Le Cap a voulu utiliser cette prérogative pour mieux exploiter son potentiel renouvelable et ainsi limiter sa dépendance énergétique. En l'absence d'expérience et de cadre réglementaire, la ville a choisi de procéder par étape. Elle s'est d'abord rapprochée de NERSA, le régulateur sud-africain de l'électricité, pour étudier la faisabilité de son projet et obtenir l'autorisation de mener un projet pilote. En 2011, après une nouvelle sollicitation, NERSA a clarifié son cadre réglementaire en autorisant les collectivités à écoulé la production des installations de moins de 100 kW situées sur leur territoire, en échange les producteurs peuvent déduire l'électricité fournie au réseau de celle qu'ils achètent. Cette version suppose donc que les producteurs restent consommateurs nets d'électricité. Malgré cette limitation, elle a encouragé les collectivités sud-africaines à promouvoir l'installation de petites productions

Source : Hermanus, 2017

ENCADRÉ 6

renouvelables sur leurs territoires. En 2013, Le Cap a étendu son programme de soutien aux investissements GreenCape avec pour mission de stimuler les projets d'énergie renouvelable. Simultanément, la ville a entrepris de remplacer ses compteurs électriques et a travaillé avec Eskom et l'industrie pour mettre au point un compteur prépayé capable de comptabiliser aussi bien la consommation que la production d'électricité.

En 2014, NERSA a fait passer la puissance maximale des projets gérés par les municipalités de 100kW à 1 MW. Ajouté à l'augmentation des tarifs de l'électricité, cette réforme a conduit des entreprises à proposer des projets à grande échelle. Le contrat pour un premier projet solaire de 1,2 MW a été signé en septembre. Pour obtenir l'accord de NERSA, il a été enregistré sous la forme de 2 projets de 0,6 MW.

En 2015, NERSA a entamé une large consultation avec les collectivités sud-africaines en vue de proposer une nouvelle réglementation qui est toujours en cours d'élaboration. En attendant, la ville continue à développer ses propres procédures : en 2016, elle a publié des lignes directrices pour l'installation de panneaux solaires en toiture, une méthodologie de comptage et un tarif de rachat ont été mis en place.

Responsables de l'aménagement du territoire et de la gestion des services publics, les collectivités sont aussi au premier rang pour déployer des technologies innovantes dans le secteur de l'électricité et de la chaleur. Elles peuvent aussi devenir des moteurs pour la transition d'autres secteurs en favorisant l'intégration des véhicules électriques (VE), en modernisant les flottes de transport public et en rendant obligatoire l'utilisation des biocarburants ou du chauffage solaire



de l'eau pour répondre aux besoins de chauffage municipal. Par ailleurs, les leçons apprises au niveau local éclairent souvent la construction des politiques nationales.

Des centaines de collectivités locales ont pris des engagements en faveur de l'électricité 100% renouvelable, c'est le cas par exemple de la coalition UK100 en Grande Bretagne qui réunit 90 décideurs locaux. En 2017, les dirigeants municipaux du Japon ont publié la Déclaration de Nagano dans laquelle ils s'engagent à œuvrer en faveur d'une énergie renouvelable à 100% pour les villes. De même de nouveaux objectifs de 100% d'énergie ou d'électricité renouvelables ont été fixés dans huit villes américaines en 2017, portant le total national à 48.

Les villes ont également pris des mesures collectives pour agréger les impacts de leurs engagements. En 2017, plus de 250 maires des États-Unis se sont engagés à atteindre l'objectif de la Conférence des maires des États-Unis de 100% d'énergie renouvelable d'ici 2035 (bien que tous ces objectifs n'aient pas encore été adoptés dans la législation). En Allemagne, plus de 150 districts, municipalités, associations régionales et villes s'étaient engagés à produire 100% d'énergie renouvelable d'ici la fin de 2017 par l'intermédiaire du réseau des régions à 100% d'énergie renouvelable. L'initiative européenne du « Pacte des maires » joue un rôle important dans le renforcement des dynamiques des communes en Europe. Des initiatives telles que C40 Cities stimulent également la collaboration, permettant aux villes de partager leurs pratiques pour faire progresser leurs transitions énergétiques.

• **LA SOCIÉTÉ CIVILE SE RÉAPPROPRIE L'ÉLECTRICITÉ** • Au-delà des acteurs publics locaux, la transition vers une production d'électricité moins carbonée passe par une multitude d'acteurs privés. Dans le passé, l'action des parties-prenantes locales était souvent limitée au NIMBY (« Not in my backyard ») : le rejet de grandes infrastructures susceptibles de perturber la vie locale. Ce phénomène reste important - avec le rejet par exemple de l'extension de la mine de lignite de Hambach en Allemagne ou l'opposition à la centrale à charbon de Lamu au Kenya - mais la décentralisation de la production d'énergie permet désormais aux acteurs locaux de jouer un rôle plus actif et de se réapproprier la production d'électricité.

Grâce aux énergies renouvelables il devient possible pour un non professionnel de produire sa propre électricité : du solaire en toiture pour un particulier, de l'éolien ou du biogaz pour un agriculteur... La production de chaleur et de froid est également possible avec les chauffe-eaux solaires ou la géothermie (pompe à chaleur...). A une échelle un peu plus importante, des coopératives de production ou le cofinancement des projets par l'épargne locale permettent de développer les renouvelables et de faciliter leur acceptation.

Énergie Partagée

En raison de l'importance de la production nucléaire, la France garde une production électrique très centralisée mais cela n'a pas empêché l'apparition d'initiatives citoyennes en faveur des énergies renouvelables. Dès 1991 à Chambéry, la première installation solaire en toiture raccordée au réseau en France est réalisée grâce à une souscription lancée par l'association Phébus (future Hespul). Au début des années 2000, des projets éoliens lancés par les habitants voient le jour en Bretagne avec l'association Éoliennes en Pays de Vilaine et dans l'est avec l'Agence Locale de l'Énergie des Ardennes.

En 2008, un fonds d'investissement (Solira Investissement devenu en 2010 Énergie Partagée Investissement) est créé pour financer les projets d'installations solaires puis rapidement éoliennes. Parmi ses membres historiques on retrouve les grandes organisations du domaine des énergies renouvelables et de la solidarité - Enercoop, le GERES, la Nef, etc. - ainsi que des acteurs locaux. Énergie Partagée Investissement est une société en commandite par action,

placée sous la supervision d'un conseil de surveillance nommé par les investisseurs. Cette structure permet aux particuliers qui le souhaitent d'investir dans des projets d'énergie renouvelables en mutualisant les risques et en s'assurant de bonnes pratiques (gouvernance démocratique, ancrage local, non spéculation...). Le fonds travaille étroitement avec Energie Partagée Association chargée d'accompagner les porteurs de projets, avec Energie Partagée Études qui cofinance la phase de développement des projets d'énergie renouvelable et avec des missions régionales.

En 2011, Énergie Partagée Investissement a obtenu le visa de l'Autorité des Marchés Financiers pour collecter l'investissement des citoyens dans les projets de production d'énergie renouvelable et d'efficacité énergétique. En une année, plus de 2,6 millions d'euros sont ainsi recueillis. Début 2018, Energie Partagée passe le cap des 15 millions d'euros collectés auprès de plus de 5000 actionnaires. Le réseau Energie Partagée accompagne plus de 270 projets.

Source : Energie partagée, rapport d'activité 2017

ENCADRÉ 7

CONCLUSION

La demande d'électricité continue à augmenter : au cours des 20 prochaines années, le secteur électrique pourrait être responsable de 70% de l'augmentation de la consommation d'énergie primaire (BP, 2018). Malgré des progrès, cette croissance de la consommation n'est pas encore compensée par une baisse de l'intensité carbone et les émissions continuent à augmenter. Mais derrière l'inertie de ses infrastructures, le secteur électrique connaît une restructuration rapide caractérisée par une perte d'influence des États et des grands électriciens au profit des territoires et de nouveaux acteurs économiques. Cette transformation contribue à l'émergence de modèles moins émetteurs et préfigure peut-être la transition vers une production d'électricité et de chaleur décarbonée.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG



RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- Base Carbone
- BP Statistical Review 67th edition (juin 2018).
- ENERDATA, Global Energy & CO₂ Data
- IEA, Statistics
- World Bank Open Data.

RAPPORTS ET REVUES :

- ADEME (septembre 2017), L'effacement de consommation électrique en France.
- Arabella Advisors (2018), The Global Fossil Fuel Divestment and Clean Energy Investment Movement.
- Buttigieg (2016), Transition énergétique : Stratégies d'innovation des groupes électriques européens, École Doctorale de Dauphine.
- BP (2018), BP Energy Outlook.
- Carbon Tracker (13 September 2017), No country for coal gen – Below 2°C and regulatory risk for US coal power owners.
- Energie et Développement (13 septembre 2017), Contract for Difference Que retenir du round 2 ?
- Hermanus (2017), Local Governments' Changing Power in South Africa's Energy System.
- HYSTRA (mai 2017), Reaching scale in access to energy.
- IEA (2018), World Energy Investment.
- IEA (2017), World Energy Outlook.
- IEA/OCDE/World Bank (2010), The scope of fossil-fuels subsidies in 2009 and a roadmap for phasing out fossil-fuel subsidies.
- IPCC (2014), Climate Change 2014 : Mitigation of Climate Change (AR5 WG3 chp7 : Energy Systems).
- IRENA (2018), Renewable Energy Policies in a Time of Transition.
- IRENA (juillet 2017), Stranded assets and renewables.
- OCDE (mai 2018), Measuring and reforming support for fossil fuels.
- OCDE/IEA (2018), Global Energy & CO₂ Status Report 2017.
- Pfeiffer et al. (4 mai 2018), Committed emissions from existing and planned power plants and asset stranding required to meet the Paris Agreement, Environmental Research Letters.
- Rennkamp et al. (2017), Competing coalitions : The politics of renewable energy and fossil fuels in Mexico, South Africa and Thailand, Energy Research & Social Science.
- Shirai et al. (2017), Fossil-fuel consumption subsidies are down, but not, IEA.
- Zimmermann (septembre 2017), Capacity reserve in Germany, Karlsruhe Institute of Technology.

PRESSES PRÉSENTATIONS :

- Bloomberg (3 janvier 2018), Weekly brief sustainable finance.
- Carbon Brief (29 September 2016), Factcheck : The carbon floor price and household energy bills.
- Enerdata (30 mai 2018), Bilan énergétique mondial 2017.
- Financial Times (11 février 2015), Germany's green goals have profound consequences for Eon and RWE.
- Financial Times (18 mai 2016), Eon and RWE pursue radical restructurings.
- Financial Times (14 août 2018), RWE on track with Eon energy deal.



Kenya : l'innovation au service d'une électrification bas carbone

Malgré une densité de population faible (42 millions d'habitants pour une superficie de 580 000 km²) et un indice de développement humain de 0,555 qui le place 152^e à l'échelle de la planète, le Kenya a réalisé au cours des 10 dernières années des progrès rapides en matière d'électrification. Les émissions liées à la production d'électricité sont restées stables pendant cette période. Comment le pays est-il parvenu à ces résultats ? Et peut-il servir de modèle pour une électrification bas carbone ?

Rédacteur principal • THIBAUT LACONDE • *Consultant, Energie & Développement*

SOMMAIRE

1 • DES ÉMISSIONS BASSES

- Un mix électrique bas carbone
- Un recours encore important aux énergies traditionnelles

2 • LA STRATÉGIE DU KENYA POUR UNE ÉLECTRIFICATION BAS CARBONE

- Situation du secteur électrique kenyan
- Stratégie et action du gouvernement

3 • MOBILISATION DES ACTEURS ÉCONOMIQUES DE TOUTE TAILLES

- Une stratégie de grands projets
- Kits solaires, mini-réseaux, pay-as-you-go...

4 • LA SOCIÉTÉ CIVILE : VIGILANTE ET INNOVANTE

- Perception des projets par la société civile
- Le rôle de la société civile dans l'innovation



1 • DES ÉMISSIONS BASSES

En 2016, les émissions liées à la production d'électricité et de chaleur au Kenya se sont établies à 1.1 millions de tonnes équivalents CO₂. Ce niveau est comparable à celui de 2015, au plus bas depuis le milieu des années 2000. Il représente une baisse de 55% par rapport au record de 2013. Il n'existe pas encore de données pour l'année 2017.

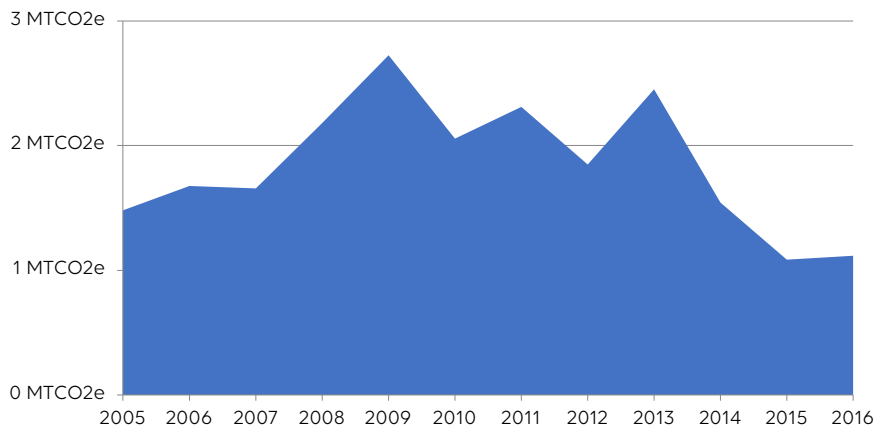


FIGURE 1. ÉMISSIONS DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHALEUR AU KENYA

(Source : Enerdata)

• **UN MIX ÉLECTRIQUE BAS CARBONE** • Les émissions du secteur électrique kenyan sont particulièrement basses : l'Espagne qui a une population équivalente à celle du Kenya émet par exemple 67 MtCO₂eq par an pour sa production d'électricité et de chaleur. Cela ne s'explique pas uniquement par le niveau de développement du pays. En 2016, l'intensité carbone de l'électricité kenyane était de 116 grammes de CO₂ par kilowattheure produit. C'est-à-dire que pour produire la même quantité d'électricité le Kenya émet, par exemple, 6 fois moins de gaz à effet de serre que la Chine ou 4 fois moins que les États-Unis (Ang, 2016).

Cette bonne performance s'explique par la composition du mix électrique : la production d'électricité kenyane est historiquement basée sur l'énergie hydraulique avec une part de géothermie qui a fortement progressé depuis une décennie. Une production fossile, très majoritairement à base d'hydrocarbures liquides, vient compléter le mix et, pendant les sécheresses, compenser le déficit de production hydroélectrique.

En 2016, malgré une production hydroélectrique relativement basse, la production d'électricité était ainsi à 80% renouvelable, ce qui place le Kenya parmi les 20 pays les plus performants de la planète pour cet indicateur (IEA, 2018).

		2015		2016	
		Production d'électricité	Part du mix	Production d'électricité	Part du mix
Fossiles	Produits pétroliers	1206GWh	12,5 %	2020GWh	20,7%
Renouvelables	Biomasse	122GWh	1,3%	123GWh	1,3%
	Hydroélectricité	3787GWh	39,2%	3341GWh	34,3%
	Géothermie	4479GWh	46,4%	4204GWh	43,1%
	Solaire PV	1GWh	0,0%	1GWh	0,0%
	Eolien	57GWh	0,6%	63GWh	0,6%

TABLEAU 1. MIX ÉLECTRIQUE KENYAN

(Source : IEA, 2018)

• **UN RECOURS ENCORE IMPORTANT AUX ÉNERGIES TRADITIONNELLES** • Dans le même temps, les émissions de l'ensemble du pays augmentent régulièrement. Hors émissions liées à l'utilisation des terres, au changement d'affectation des terres et à la foresterie (UTCATF), le pays a émis 18.3 MtCO₂eq en 2016, soit une augmentation de 116% depuis 2000 et de 40% depuis 2010.

En prenant en compte le secteur UTCATF, les émissions étaient de 73 MtCO₂eq en 2010, celui-ci représente donc de l'ordre des trois quarts des émissions du pays. Selon le second communiqué officiel du Kenya sur ses émissions, ce secteur est avec l'augmentation de la demande en énergie fossile le principal responsable de l'augmentation des émissions entre 1995 et 2010 (Gouvernement of Kenya, 2015).

Ce constat doit tempérer les bons résultats du secteur électrique qui peuvent s'expliquer partiellement par un report de certaines émissions liées à la consommation d'énergie vers la catégorie UTCATF : en l'absence d'accès à une énergie moderne comme l'électricité ou le gaz naturel, le bois est un recours pour satisfaire les besoins de chaleur et d'éclairage. A l'heure actuelle, l'électricité ne représente encore que 4% de la consommation d'énergie finale du Kenya contre 68% pour la biomasse.

2 • LA STRATÉGIE DU KENYA POUR UNE ÉLECTRIFICATION BAS CARBONE

Comme de nombreux pays d'Afrique le Kenya fait face à un défi : élargir l'accès à une énergie moderne tout en maîtrisant les émissions du secteur électrique.

• **SITUATION DU SECTEUR ÉLECTRIQUE KENYAN** • Malgré les progrès de l'électrification, la demande d'électricité reste contrainte par une offre insuffisante et la consommation par abonné décroît. Le secteur électrique kenyan rencontre plusieurs problèmes. La part de l'hydroélectricité, dont la production dépend des conditions météorologiques, rend la production difficilement prévisible. Les coupures d'électricité sont fréquentes : de l'ordre de 6 coupures de 5 heures par mois en zone urbaine (GOGLA, 2018). L'électricité est chère, 0,15 \$/kWh environ contre 0,04 \$/kWh en Afrique du Sud, et ce fardeau est mal réparti avec des tarifs favorisant les gros consommateurs au détriment des particuliers et des petites entreprises (Institute of Economics Affairs, 2015).



L'organisation du secteur électrique kenyan

À la fin des années 90, le gouvernement kenyan a décidé de séparer les activités de production, de transport et de distribution de l'électricité (politique dites d'unbundling). Le secteur électrique kenyan s'organise autour des trois grandes entreprises publiques issues de cette scission : Kenya Electricity Generating Company (KenGen) pour la production, Kenya Electricity Transmission Company (KETRACO) pour le transport et Kenya Power pour la distribution et la commercialisation.

KenGen produit les trois quarts de l'électricité kenyane. Le capital de l'entreprise a été ouvert à 30 % en 2006 et elle est désormais cotée à la bourse de Nairobi, tout comme Kenya Power. La majorité du parc électrique kenyan est la propriété de KenGen (69 %) et une fraction appartient à l'agence d'électrification rurale (1%).

Le Kenya a autorisé trois autres entreprises (Aggreko, Cummins et Deutz) à produire et vendre leur électricité lors de la sécheresse de 2000 afin de compléter une production hydroélectrique en forte baisse. Depuis une dizaine de producteurs indépendants (ou IPP) se sont implantés dans le pays : en 2008, ils possédaient 11 % du parc électrique kenyan et en 2017 leur part atteignait 30 %. La production des IPP est très majoritairement fossile, principalement diesel. Le surcoût lié à l'achat du carburant est passé aux consommateurs via un prélèvement sur leur facture, les IPP sont donc accusés de faire augmenter le prix de l'électricité. Le non-renouvellement de leurs licences, d'une durée de 20 ans, est régulièrement évoqué par le gouvernement.

Une commission indépendante de régulation de l'énergie, l'Electricity Regulatory Board, a été créée en 1998. Un tribunal de l'énergie a été institué en 2006, il sert principalement d'instance d'appel pour les décisions de l'ERB.

Sources : Kengen annual report, Daily nation

ENCADRÉ 1

Dans Vision 2030, son programme de développement adopté en 2008, le gouvernement kenyan reconnaît les difficultés du secteur électrique. Le programme donne la priorité à l'augmentation de la production et aux gains d'efficacité. Pour y parvenir il prévoit une poursuite des réformes dans le secteur de l'énergie avec la création d'un cadre réglementaire robuste et des incitations pour les investisseurs privés. Il envisage également la création d'interconnexions avec les pays limitrophes en excédent et le développement de nouvelles ressources énergétiques, dont la géothermie et les énergies renouvelables mais aussi le charbon. Dans ce domaine un retard important a été pris : alors que le plan prévoyait un parc électrique de 5,5 MW en 2017 (Gouvernement of Kenya, 2013), il dépasse juste la moitié de cet objectif avec 2,4 MW (KenGen, 2017).

• **STRATÉGIE ET ACTION DU GOUVERNEMENT** • Le plan de développement 2017-2022 préparé par l'agence kenyane de régulation de l'énergie s'inscrit dans la continuité de Vision 2030. Entre 2018 et 2024, il prévoit la construction de 1277 MW de centrales géothermiques, de 841 MW d'éolien, 703 MW de solaire mais aussi de 3 unités à charbon de 327 MW.

Le Kenya envisage en outre d'acquérir une centrale nucléaire avec un objectif de 1000 MW en 2027 et 4000 MW en 2033. Le pays a signé des accords de coopération sur le sujet avec la Chine, la Russie, la Slovaquie et la Corée du Sud. Dans le cadre de ce dernier accord, signé en septembre 2016, 16 étudiants kenyans ont été envoyés en Corée pour obtenir un master en ingénierie nucléaire.

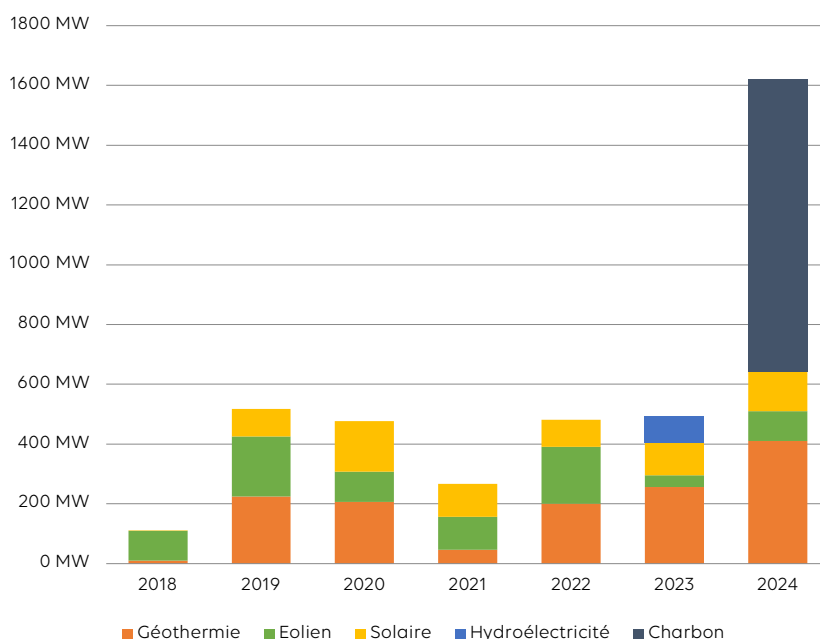


FIGURE 2. NOUVELLES MISES EN SERVICE PRÉVUES ENTRE 2018 ET 2024

(Source : Kenya Energy Regulation Commission)

Pour développer sa production électrique, le Kenya a mis en place en 2008 des tarifs de rachat garantis pour l'électricité. Ces tarifs, actualisés depuis, assurent le revenu des investisseurs pendant une durée de 20 ans. Le gouvernement kenyan a annoncé au printemps 2018 son intention de remplacer ce mécanisme par un système d'appel d'offre dans l'espoir que la mise en concurrence permette de faire baisser le prix de l'électricité.

La maîtrise de la demande d'énergie est aussi un enjeu important. En effet les installations géothermiques, qui peuvent fonctionner en permanence, fournissent presque la moitié de l'électricité, celle-ci ne se stockant une part importante de la production est perdue pendant la nuit et les périodes de faible consommation. Pour inciter les entreprises à déplacer leurs consommations, le gouvernement a créé en décembre 2017 un tarif réduit de 50 % pour l'électricité consommée entre 22h et 6h («*time-of-use plan*»). Mi-2018, 800 entreprises bénéficiaient de ce tarif.

Enfin, le plan d'électrification rurale prévoit de faire passer le taux d'électrification de 22 % à 65 % entre 2013 et 2022 et d'atteindre 100 % en 2030. Il est placé sous la responsabilité d'une agence d'électrification rurale créée en 2006. En 2016, le taux d'électrification était de 56 % (Banque Mondiale).

3 • MOBILISATION DES ACTEURS ÉCONOMIQUES DE TOUTE TAILLE

La politique électrique kenyane laisse une place importante au secteur privé, aussi bien dans le développement des projets que la conception des politiques publiques. Le gouvernement kenyan a par exemple largement consulté les acteurs économiques avant de lancer le programme K-OSAP (Kenya Off-Grid Solar Access Project for Underserved Counties) destiné à aider les entreprises qui investissent dans des régions défavorisées (GOGLA, 2018).

• UNE STRATÉGIE DE GRANDS PROJETS • Le développement de la production électrique kenyane passe par une politique de grands projets, souvent uniques à l'échelle continentale voire mondiale. En 2016, le pays a ainsi inauguré la plus grande centrale électrique géothermique au monde : Olkaria (280 MW). En 2017, la ferme éolienne du lac Turkana (310 MW) est entrée en service, il s'agit de la plus grande ferme éolienne d'Afrique et du plus important investissement privé de l'histoire du Kenya (REN21, 2017).

Ces projets s'inscrivent généralement dans une politique de développement plus vaste. La construction de la ferme éolienne du lac Turkana par exemple s'accompagne de la création d'une desserte



routière, de liaisons en fibres optiques et de projets d'électrification locaux. Du fait de leurs dimensions, ces grands projets sont réservés à de grandes multinationales ou à l'électricien public KenGen. Le canadien SkyPower, par exemple, a signé un accord de 2,2 milliards de dollars en 2015 pour développer 1 000 MW de solaire, l'américain GE réalise quant à lui la ferme éolienne de Kipeto dans le cadre d'un contrat de construction et de service de 15 ans. De même KenGen produit 100% de l'électricité géothermique (Government of Kenya, 2015), étant pour le moment le seul acteur capable de supporter l'investissement initial nécessaire à cette production. La nécessité d'accroître l'efficacité énergétique, de réduire les coûts, d'intégrer les producteurs d'électricité intermittente ainsi que les véhicules électriques (VE).

L'innovation dans la géothermie kenyane

Le Kenya, qui abrite à l'ouest du pays la grande vallée du Rift, profite d'un environnement géologique idéal qui lui procure un potentiel géothermique estimé à 10 000 MW. Le pays concentre ces efforts sur cette énergie pour contrebalancer les aléas de la production hydroélectrique : il est le 9^e pays en termes de capacité installée devant le Japon. En 2016, le Kenya a installé 6% des nouvelles capacités mondiales, aucune nouvelle installation n'a eu lieu en 2017 (REN21, 2018).

KenGen ne se contente pas de mettre en œuvre des technologies existantes, l'entreprise innove pour accélérer le déploiement de nouvelles productions. Elle a ainsi développé une technologie appelée wellhead («tête de puits» car les turbines sont installées à proximité immédiates des forages sans que la création d'un réseau de chaleur soit nécessaire).

La technologie a été expérimentée à partir de 2012 dans la région d'Olkaria. Elle consiste à installer de petites turbines (2 à 5 MW) dès que les forages sont effectués de façon à débiter la production sans attendre la construction d'une centrale électrique permanente. Ces turbines sont conteneurisées ou montées sur remorques et leur installation nécessite peu de travaux de génie civil. Elles peuvent donc facilement être déplacées vers de nouveaux projets lorsque les installations permanentes sont achevées.

Le système wellhead permet de démarrer la production d'électricité géothermique en quelques mois contre 2 à 3 ans pour une centrale conventionnelle. En outre, ce système peut faciliter le développement de la géothermie en abaissant l'investissement initial et en assurant un revenu à l'opérateur plus tôt dans le cycle de projet.

Enfin des turbines de type wellhead pourraient être utilisées de façon permanente afin d'alimenter en électricité un réseau isolé pour lequel l'investissement dans une centrale géothermique classique ne se justifierait pas.

Source : Saitet, 2015

ENCADRÉ 2

Une difficulté rencontrée par ces grands projets vient de la séparation entre les activités de production et de transport d'électricité qui rend la coordination plus difficile. La ligne électrique qui doit acheminer la production de la ferme du lac Turkana, par exemple, est encore en construction (Daily Nation, 3 mai 2018).

• **KITS SOLAIRES, MINI-RÉSEAUX, PAY-AS-YOU-GO...** • Le projet Last-Mile Connectivity, financé par la Banque Africaine de Développement, prévoit de raccorder au réseau 314 200 foyers situés à moins de 600 mètres d'un transformateur. Pour le reste des foyers non connectés, les coûts d'extension du réseau trop importants par rapport à la demande d'électricité potentielle, encouragent le recours aux systèmes électriques décentralisés. Cette électrification hors réseau est accessible à des entreprises de taille modeste et voit un foisonnement d'initiatives.

En 2016 et en 2017, le Kenya a été le deuxième marché mondial pour les kits solaires derrière l'Inde : 1,2 millions de systèmes ont été vendus en 2016 et 900 000 en 2017, cette baisse s'explique par la sécheresse qui a limité les revenus des kenyans (GOGLA, 2018). La distribution de ces systèmes passe par un réseau dense de détaillants et permet de générer des revenus localement. Désormais plus du tiers des foyers non raccordés au réseau électrique ont un système solaire permettant de satisfaire des besoins basiques comme l'éclairage ou la recharge d'un téléphone (REN21, 2017). Ce marché intéresse les entreprises étrangères : BBOX (Grande Bretagne) et Mobisol (Allemagne), des entreprises spécialisées dans la production de kits solaires, ont levé 20 millions de dollars en 2017 pour étendre les opérations au Kenya, Rwanda et Tanzanie.

L'accès à ces systèmes peut passer par des modèles économiques nouveaux. C'est le cas du « *pay-as-you-go* » qui s'est développé dans plusieurs pays d'Afrique et notamment au Kenya. Ce modèle économique consiste à louer aux foyers un kit solaire comprenant une batterie, un contrôleur de charge, un panneau solaire, des ampoules LED et un chargeur de téléphone. Les consommateurs payent sur une base quotidienne, hebdomadaire ou mensuelle ce qui limite les coûts de recouvrement pour l'entreprise et évite le recours à un prêt pour les foyers. Ces entreprises « PAYG » ont électrifié ainsi environ 500 000 foyers au Kenya et en Tanzanie, mais sont le plus souvent financés par des investisseurs étrangers. Le paiement s'effectue par téléphone, et si le paiement n'est pas enregistré, un système intégré coupe le fonctionnement du kit et la fourniture de l'électricité. Les banques commerciales locales sont encore très réticentes pour financer ces projets jugés trop risqués, privant de capitaux des investisseurs locaux (Sanyal, 2017).

L'électrification rurale passe aussi par la création micro-réseaux. La création d'un réseau à l'échelle d'une localité non raccordée au système électrique national permet de l'alimenter avec des investissements limités. Dans le passé, cette alternative était cependant peu attrayante car l'utilisation de groupes électrogènes, dont les coûts de carburant et de maintenance sont élevés, rendait l'électricité coûteuse. La baisse du coût des renouvelables fait évoluer cette situation et permet un développement des mini-réseaux dans les zones non-électrifiées. Le gouvernement kenyan a récemment obtenu 33 millions d'euros auprès du gouvernement français, pour l'installation de 23 mini-centrales d'énergie solaire dans le nord du pays, visant une production de 9,6 MW. Des entreprises privées sont également impliquées dans ce domaine : PowerGen Renewable Energy, entreprise kenyane spécialisée dans la mise en œuvre de petits réseaux électriques, a ainsi levé 4,5 millions de dollars en 2016 pour investir au Kenya et en Tanzanie.

Les micro-réseaux au Kenya

L'opérateur public Kenya Power gère une vingtaine de micro-réseaux alimentés par des groupes électrogènes principalement dans le nord du pays. Ces installations doivent prochainement être mises à niveau pour intégrer une part de production solaire.

Les entreprises privées sont également autorisées à produire et distribuer de l'électricité hors-réseau. Le paiement par téléphone mobile, promu par des entreprises comme M-Pesa, Airtel Money ou Orange Money, a joué un rôle

crucial dans ce développement de ces services.

En 2017, 40% des micro-réseaux commerciaux existants en Afrique sub-saharienne se trouvent au Kenya (65 sur 150). Le pays devrait accueillir au moins un tiers des nouveaux micro-réseaux construits en Afrique d'ici à 2021. Grâce à la chute du prix des modules photovoltaïques, ces projets devraient majoritairement être alimentés en solaire. Les petits systèmes hydroélectriques devraient aussi se développer.

Source : GORDON, 2018

ENCADRÉ 3



Fin 2016, le Kenya a adhéré à Lighting Global, le programme mis en place par la Banque Mondiale, pour tester et assurer la qualité des systèmes solaires hors réseau.

4 • LA SOCIÉTÉ CIVILE : VIGILANTE ET INNOVANTE

L'électrification et le développement de la production électrique kenyane répondent à une forte demande sociale. Les acteurs de la société civiles restent cependant sensibles à l'impact des projets sur les conditions de vie mais jouent également un rôle actif dans la recherche de nouvelles solutions.

• **PERCEPTION DES PROJETS PAR LA SOCIÉTÉ CIVILE** • L'opposition du public est souvent un obstacle au développement de nouveaux projets énergétiques. Au Kenya comme ailleurs, le débat sur ces projets est clivant et polarisé entre les positions des développeurs et celles de groupes d'opposants. L'accès aux terres est un des points de tension récurrents en particulier lorsque les projets ont peu de retombées économiques locales. Les communautés expriment parfois une méfiance vis-à-vis des projets : risque de corruption, dangers et nuisances (risque d'électrocution, bruit...), impact sur l'environnement et le tourisme... Ces craintes traduisent souvent un engagement insuffisant des parties-prenantes dans les phases en amont (Johnson, 2017).

La mobilisation contre le projet de centrale à charbon de Lamu

Le Kenya prévoit d'installer sa première centrale à charbon sur l'île de Lamu, dans l'océan Indien. La centrale doit être construite dans le cadre d'un partenariat entre le Kenya et la Chine et alimentée par du charbon sud-africain. Les riverains de la future centrale s'inquiètent des conséquences du projet sur l'environnement et l'économie locale, notamment la pêche et le tourisme : l'île, dont la vieille ville de Lamu est classée au patrimoine mondial de l'humanité, attire de nombreux visiteurs. Ils craignent en outre que les bénéfices du projet soient inégalement répartis. Ils ont obtenu le soutien de plusieurs ONG locales et internationales (Greenpeace Africa, 350 Kenya, Kenya National Commission on Human Rights, etc.) et de personnalités dont le Prix Nobel d'économie Joseph Stiglitz.

L'activiste kenyan Okiya Omtatah Okoiti a combattu le projet devant la justice kenyane, dénonçant notamment la concertation menée par l'Energy Regulatory Commission et l'étude d'impact menée par la Kenya National Environmental Management Authority. Son recours a été rejeté en février 2018. Le 5 juin, à l'occasion de la journée mondiale de l'environnement, une manifestation contre le charbon a eu lieu à Nairobi - une première dans l'histoire du Kenya. Les manifestants protestaient contre le projet de Lamu et contre les mines de charbon situées dans le comté de Kitui, au centre du pays.

Source : Daily nation, Decoalozize

ENCADRÉ 4

• **LE RÔLE DE LA SOCIÉTÉ CIVILE DANS L'INNOVATION** • Les acteurs non-étatiques, y compris sans but lucratif, jouent un rôle important dans l'innovation technique et économique permettant la diffusion de nouvelles sources d'énergie. Ces innovations naissent souvent à l'échelle d'une communauté, d'un groupement de jeunes ou de femmes où des personnes confrontées aux mêmes problèmes se réunissent pour tenter de concevoir en commun une solution. Ces groupes peuvent ensuite être assistés par des acteurs extérieurs, le plus souvent des ONG, qui vont les conseiller ou les financer (Muok, 2015).

L'usage de lanternes solaires, par exemple, a été initié au milieu des années 2000 par Evans Wadongo, un étudiant à la Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology alors âgé de 18 ans. Inspiré par son enfance dans une région non-électrifiée de l'ouest du pays, il a conçu une lanterne solaire simple et adaptée aux besoins des familles kenyanes. La lampe est fabriquée localement à partir de matériaux de récupération. Dans un exemple d'innovation économique, des communautés se sont organisées en banques villageoises pour accorder des microcrédits permettant à des familles pauvres d'acquérir des équipements comme des foyers améliorés ou des kits solaires.

Microcrédits et accès à l'énergie

L'utilisation d'énergies renouvelables, notamment du solaire, pour des besoins de bases comme l'éclairage est en général moins coûteuse que le recours à un groupe électrogène ou à des lampes à kérosène qui nécessitent l'achat de carburant. Cependant elle nécessite un investissement initial qui représente un obstacle insurmontable pour des foyers qui n'ont pas d'épargne et ne disposent pas des garanties et des documents nécessaires pour obtenir un crédit. Le microcrédit permet de contourner cet obstacle.

En 2013, Equity Bank, une des principales banques kenyanes avec 10 millions de clients, s'est associée avec l'entreprise américaine MicroEnergy Credits pour créer EcoMoto, une solution de prêt spécifiquement destinée à permettre la diffusion de produits énergétiques. Ces crédits permettent d'acquérir des kits solaires (lanterne solaire ou solar home

systems) de marques Greenlight Planet, d.light, Fenix et Orb ainsi que des foyers améliorés.

Les prêts vont de 10 à 600 \$ sur une durée de 12 mois maximum avec un taux d'intérêt de 14%. Le rythme de remboursement est calculé pour être inférieur au prix du carburant qui aurait été nécessaire sans le système acheté. Les économies réalisées en 6 mois suffisent en général au remboursement.

Dans sa version initiale, le crédit pouvait être obtenu en 24 heures avec un formulaire d'une page. Une version accessible par téléphone mobile a été lancée l'année dernière en partenariat avec l'opérateur Equitel, elle permet désormais le déblocage des fonds en quelques minutes.

Ce projet est soutenu par l'agence de développement américaine, USAID, et l'ONG Winrock International.

Source : Winrock International, 2017

ENCADRÉ 5

CONCLUSION

L'électrification du Kenya progresse rapidement sans que les émissions liées à la production d'électricité augmentent. Ce succès s'explique par l'importance des ressources renouvelables et par la politique favorable mise en place par le gouvernement mais aussi par la mobilisation des acteurs non-étatiques. Les entreprises, grandes ou petites, les communautés locales, les ONG, etc. contribuent au foisonnement de projets qui fait du Kenya un des pays les plus dynamiques et innovants en matière d'accès à l'énergie. Néanmoins, la possibilité d'un recours important en charbon à partir de 2024 pourrait remettre en cause ce cercle vertueux. Ce projet, financé dans le cas présent par la Chine, souligne aussi toutes les incohérences des politiques climatiques internationales, notamment sur les financements.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE : CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- Agence Internationale de l'Energie, Statistics
- Banque Mondiale, World Bank Open Data
- ENERDATA, Global Energy & CO₂ Data

RAPPORT ET REVUES :

- Ang et al. (2016), Carbon emission intensity in electricity production : A global analysis, Energy Policy.
- Davies (10 octobre 2017), Building the grid of the future, today.
- Government of Kenya (2015), Second National Communication to the United Nations Framework Convention On Climate Change.
- Government of Kenya (août 2015), The Energy Bill 2015.
- Gouvernement of Kenya (2013), Vision 2030, Second medium term plan, 2013 - 2017.
- GIZ (2016), Energising Development (EnDev) Kenya.
- GOGLA (janvier 2018), Off-Grid Solar Market Trends Report 2018.
- Gordon (août 2018), The Politics of Renewable Energy in East Africa, Oxford Institute for Energy Studies.
- IEA (2018), Electricity Information 2018.
- Institute of Economics Affairs (avril 2015), Situational analysis of energy industry, policy and strategy for Kenya.
- Johnson et al. (2017), Energising Kenya's future, Stockholm Environment Institute.
- KenGen (2017), Integrated annual report & financial statements for the year ended 30 June 2017.
- Muok et al. (2015), The role of civil society organizations in low-carbon innovation in Kenya, Innovation and Development.
- REN21 (2018), Renewables 2018 Global Status Report.
- REN21 (2017), Renewables 2017 Global Status Report.
- Saitet et al. (avril 2015), Wellhead Generating Plants : KenGen Experience, Proceedings World Geothermal Congress 2015.
- Sanyal (8 février 2017), "Pay-As-You-Go" Solar Could Electrify Rural Africa, World Resources Institute.

PRESSES PRÉSENTATIONS :

- Africa Global Funds (21 décembre 2016), PowerGen Renewable Energy receives \$4.5m in a Series A investment round.
- Daily Nation (1er avril 2018), Blow for residents, activists in bid to stop Sh200bn coal plant.
- Daily Nation (3 mai 2018), Kenya : Independent Power Producers Increase the Cost of Electricity.
- Decolonize (3 mai 2017), Media coverage of Lamu coal plant, Medium.
- KBC (12 avril 2018), Kenya to scrap current feed-in-tariff system.
- KenGen, KenGen's Wellhead Technology.
- Kenya Power, Last Mile Connectivity.
- The Guardian (5 mai 2015), Cheap solar lamps help

villagers keep their health, and cut emissions.

- Winrock International (2017), Equity bank's ecomoto loan program.





Décarboner le mix électrique chinois : un défi titanesque

Par l'immensité de sa population, son poids économique et l'influence qu'elle exerce sur la scène internationale, la Chine est naturellement appelée à jouer un rôle prépondérant dans les efforts mondiaux de lutte contre le changement climatique. Même s'ils sont pour l'instant insuffisants pour compenser la croissance rapide de la demande d'électricité, l'intensité carbone de l'électricité chinoise a fait des progrès remarquables. Contrairement à ce que l'on pourrait attendre d'un pays doté d'un régime autoritaire et d'une économie administrée, les acteurs non-étatiques - société civile, collectivités et entreprises notamment - jouent un rôle important dans la transition électrique chinoise. Quelle stratégie a adopté le pays et quelles leçons peut-on en tirer ?

Rédacteur principal • THIBAUT LACONDE • *Consultant, Energie & Développement*

SOMMAIRE

1 • LES ÉMISSIONS DU SECTEUR ÉLECTRIQUE REPARTENT À LA HAUSSE

- Les émissions pèsent lourdement sur le bilan chinois et mondial
- La diversification du mix chinois progresse
- L'intensité carbone baisse mais les émissions continuent à augmenter

2 • UNE AMBITION POLITIQUE FORTE

- Prises de positions sur la scène nationale et internationale
- Les modes d'intervention de l'État chinois

3 • LE RÔLE DES COLLECTIVITÉS

- Maître d'œuvre de la politique climatique locale
- Les risques de la concurrence entre collectivités

4 • UNE IMPULSION VENUE DE LA SOCIÉTÉ CIVILE

5 • LES ENTREPRISES ET LES MILIEUX ÉCONOMIQUES

- Un secteur largement contrôlé par l'État
- La place de l'initiative locale et privée



1 • LES ÉMISSIONS DU SECTEUR ÉLECTRIQUE REPARTENT À LA HAUSSE

Après une forte progression qui les a fait passer de 1,4 milliards de tonnes équivalent CO₂ en 2000 à 4,3 aujourd'hui, les émissions du secteur électrique chinois ont connu deux années de léger déclin. Un retour à la hausse s'est amorcé en 2017 et semble se poursuivre en 2018.

• **LES ÉMISSIONS PÈSENT LOURDEMENT SUR LE BILAN CHINOIS ET MONDIAL** • Entre 2000 et 2016, les émissions chinoises ont augmenté de 6,8 milliards de tonnes de CO₂, passant de 3,6 GTCO₂e à 10,4. Dans le même temps, les émissions mondiales ont augmenté de 10,2 GTCO₂e (Janssens-Maenhout, 2017), la contribution chinoise à cette hausse est donc massive. La production d'électricité est à l'origine de presque la moitié des émissions chinoises, elle a donc largement contribué à cette progression et à faire, en 2007, de la Chine le premier émetteur de gaz à effet de serre de la planète.

En 2011, le pays est également devenu le premier producteur et le premier consommateur d'électricité. Au-delà de ses propres émissions, le secteur électrique chinois pèse donc lourdement dans l'évolution du mix électrique mondial.

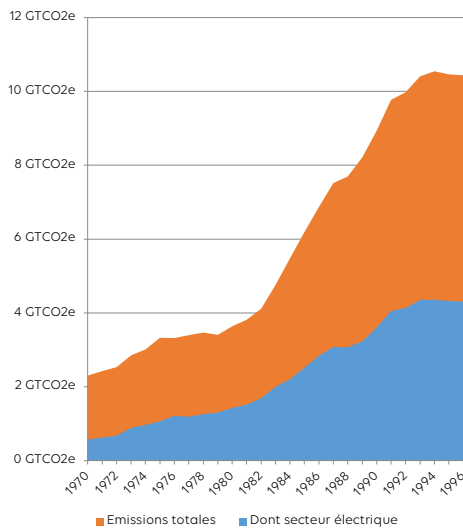


FIGURE 1. ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS CHINOISES

L'augmentation des émissions de gaz à effet de serre chinoises s'est accélérée au début des années 2000, période qui correspond à son admission au sein de l'Organisation Mondiale de Commerce. **Cette dynamique est liée à son rôle « d'usine du monde »** : en 2011, le commerce international a été responsable d'un transfert net d'émissions de 760 millions de tonnes de CO₂ entre les États-Unis et la Chine et de 640 millions de tonnes entre l'Union Européenne et la Chine (Men, 2014).

Le rythme de cette hausse s'est ralenti à partir des années 2010, lorsque la croissance chinoise est passée des taux à deux chiffres qu'elle connaissait dans les années 2000 à environ 7% par an - ce que le président Xi Jinping a appelé la « nouvelle normalité » de l'économie chinoise.

Les émissions restent cependant orientées à la hausse : elles ont augmenté 1,4% en 2017 (NBS, 2018) et, selon des données préliminaires, de 4% sur un an au premier trimestre 2018 (Greenpeace, 2018).

• **LA DIVERSIFICATION DU MIX CHINOIS PROGRESSE** • A l'origine de ces émissions se trouve un mix électrique qui reste très majoritairement fossile : en 2017, les énergies fossiles représentaient 70,9% de la production électrique. Cette proportion n'est pas exceptionnelle mais la Chine se distingue par une surreprésentation du charbon. En 2016, dernière année disponible, seulement 4,4% de l'électricité fossile chinoise provenait de centrales à gaz (CEC, 2016). Cette particularité place le mix chinois parmi les 10 plus carbonés de la planète. Pour réduire les émissions liées à la production d'électricité, la Chine doit donc diversifier son mix.

L'hydroélectricité est la deuxième source d'électricité chinoise derrière le charbon. En 2017, elle représente 18,6% du mix électrique chinois, soit un peu moins des deux tiers de la production décarbonée. Malgré une hausse de la production, la part de l'hydroélectricité dans le mix électrique stagne depuis 2014. C'est l'énergie qui a cru le plus lentement en 2017, aussi bien en production qu'en puissance installée. Malgré des projets importants (Baihetan avec 16 GW, Wudong de 8,7 GW), le gouvernement chinois ne prévoit pas d'augmentation significative de la capacité dans les prochaines années. L'éolien connaît un développement régulier en Chine depuis une dizaine d'années. La production éolienne

a augmenté de 64 TWh en 2017, ce qui en fait la source d'électricité décarbonée ayant le plus progressé en valeur absolue. Après avoir dépassé le nucléaire en 2016, il confirme ainsi sa place de deuxième énergie décarbonée derrière l'hydroélectricité.

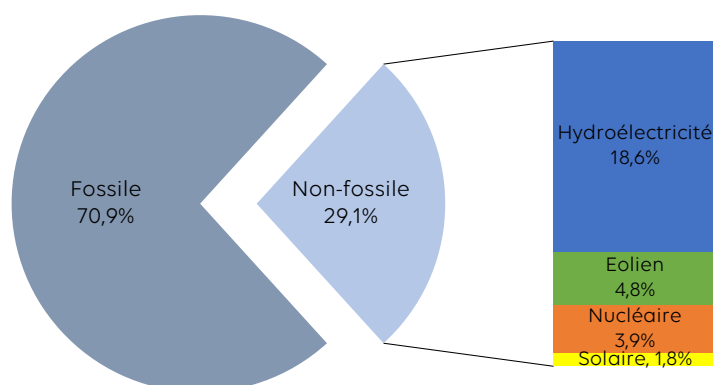


FIGURE 2. LE MIX ÉLECTRIQUE CHINOIS EN 2017

39,5 milliards de renminbi (5 Mds€) d'investissements en 2017, c'est presque deux fois moins qu'en 2012. Au-delà de la production d'électricité, la Chine envisage d'utiliser l'énergie nucléaire pour alimenter des réseaux de chaleur urbains dans le nord du pays. L'administration chinoise a approuvé fin 2017 la construction d'un premier réacteur pour cet usage basé sur un démonstrateur réalisé dans les années 1980.

Peu intéressée par le solaire photovoltaïque avant 2010, la Chine développe depuis son parc à une vitesse impressionnante : 53 GW ont été installés pour la seule année 2017, soit plus que la totalité du parc du deuxième pays le mieux doté (l'Allemagne avec 41 GW en 2016). Le parc solaire chinois a atteint 130 GW en 2017, dépassant en seulement un an l'objectif de 110 GW que le pays s'était donné pour 2020. La production d'électricité solaire en 2017 est évaluée à 118,2 TWh, soit une hausse de plus de 75 % par rapport à l'année précédente. Pour autant, le solaire photovoltaïque ne représente que 2 % environ de la production électrique chinoise et contribue donc marginalement à la décarbonation du mix.

Au total la part des énergies décarbonées dans le mix électrique chinois est passée de 16,4% en 2007 à 29,1% en 2017.

• L'INTENSITÉ CARBONE BAISSÉ MAIS LES ÉMISSIONS CONTINUENT À AUGMENTER • Ce développement des énergies décarbonées fait baisser l'intensité carbone du mix électrique chinois - c'est-à-dire que la production de 1 kilowattheure émet de moins en moins de dioxyde de carbone. Mais dans le même temps la demande d'électricité progresse rapidement. En 2016 et 2017, elle a crû de 5,2% en moyenne pour atteindre un peu plus de 6 300 TWh. Cette croissance est tirée par le secteur tertiaire (+10,9% par an) et la consommation résidentielle (+9,3%) avec un recul relatif de l'industrie. Cette évolution reflète celle de l'économie chinoise.

C'est la raison pour laquelle la production d'électricité fossile a recommencé à croître : après une période de stabilité en 2014 et 2015, la production fossile a augmenté de 97 TWh en 2016 et 224 TWh en 2017. La puissance installée quant à elle n'a jamais cessé de progresser : 50 à 80 GW de nouvelles centrales thermiques sont raccordées au réseau chaque année. Sur les 10 dernières années 120 milliards de Renminbi (16 Mds€) en moyenne ont été investis chaque année dans la production fossile, ce qui en fait généralement l'énergie la mieux dotée.

Cette croissance de la production est fortement corrélée à la croissance de la consommation d'électricité : aujourd'hui, c'est encore très largement le charbon qui permet à la Chine de répondre

La part du nucléaire a connu une progression sensible depuis le début des années 2010 passant de moins de 2% à 3,9% en 2017. Les projets nucléaires connaissent cependant un ralentissement depuis quelques années. Depuis 2015 plus aucun nouveau projet n'a été approuvé et en 2017 un seul projet a été mis en construction, contre 2 en 2016 et 6 en 2015. Le nucléaire a attiré



à l'expansion de ses besoins en électricité. L'année dernière les fossiles ont fourni à elles seules 57% de la croissance de la production électrique chinoise. **La maîtrise de la demande apparaît donc comme un préalable à la décarbonation du mix électrique chinois.**

2. UNE AMBITION POLITIQUE FORTE

Cette orientation à la hausse des émissions de gaz à effet de serre tranche avec les engagements des responsables chinois aussi bien sur le plan intérieur qu'à l'international.

• **PRISES DE POSITION SUR LA SCÈNE NATIONALE ET INTERNATIONALE** • Le gouvernement chinois s'est saisi progressivement des questions environnementales dans les années 2000. La Chine s'est dotée d'une agence nationale de protection de l'environnement en 2008. Celle-ci n'était initialement pas compétente en matière de lutte contre le changement climatique, placée sous la responsabilité de la puissante Commission nationale de développement et de réforme. Une réorganisation annoncée début 2018 a mis fin à cette fragmentation en confiant le climat à un grand ministère de l'écologie.

En 2014 le premier ministre Li Keqiang a déclaré une « guerre à la pollution » qui s'est traduite par une modernisation du système de mesure et d'information du public et des normes d'émissions de plus en plus contraignantes. Cette politique vise en premier lieu les polluants atmosphériques locaux (NOx, SO₂, PM, etc.) mais elle a des co-bénéfices climatiques.

Sur la scène internationale, la Chine, par ses dimensions et l'influence qu'elle exerce au sein des pays en développement, joue un rôle central dans les négociations sur le climat. L'accord conclu entre les présidents Xi Jinping et Barack Obama le 12 novembre 2014 a été un des facteurs majeurs de la réussite de la Conférence de Paris. A cette occasion, la Chine a pris des engagements confirmés dans sa contribution prévue déterminée au niveau national (INDC) l'année suivante, notamment : **atteindre son niveau maximal d'émission de gaz à effet de serre au plus tard en 2030 et réduire ses émissions de CO₂ par unité de PIB de 60 et 65% en 2030 par rapport aux niveaux de 2005.**

Ces ambitions politiques ont été déclinées dans le Treizième plan quinquennal qui fixe les objectifs de la Chine pour la période 2016-2020. Celui-ci prévoit en particulier :

- De limiter la consommation d'énergie à 5 milliards de tonnes équivalent charbon en 2020 contre 3,5 milliards en 2015.
- De réduire de 15% de l'intensité énergétique de l'économie chinoise et de 16% de l'intensité carbone,
- De développer la production d'électricité décarbonée.

L'évolution de la production électrique décarbonée pendant le 13^e plan quinquennal

Le 13^e plan fixe la taille du parc à atteindre pour les principales énergies décarbonées en 2020 :

- hydroélectricité : 340 GW installés en 2020 (contre 320 GW en 2015). Cet objectif est déjà atteint en 2017 (341 GW installé) ;
- nucléaire : 58 GW installés et 30 en construction en 2020 (contre 27 GW installés en 2015). Cet objectif ne sera pas atteint aucun nouveau projet nucléaire n'ayant été approuvé depuis 2015 ;
- éolien : 210 GW en 2020 (131 GW en 2015) ;
- solaire photovoltaïque : 110 GW en 2020 (42 GW en 2015).

Cet objectif a été dépassé en 2017.

Sources : énergie et développement

ENCADRÉ 1

• **LES MODES D'INTERVENTION DE L'ÉTAT CHINOIS** • Outre la planification d'une transition progressive de son mix électrique vers des énergies décarbonées, le gouvernement central s'appuie sur deux moyens d'action principaux : la création de normes de performance de plus en plus contraignantes et le recours à des mécanismes financiers d'incitation (tarifs garantis et mise en place prévue d'un marché du carbone).

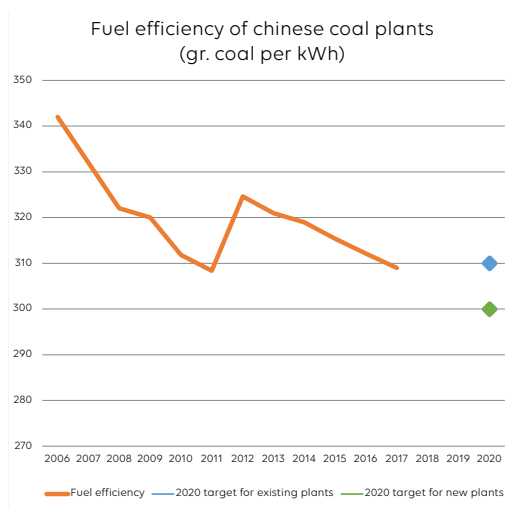


FIGURE 3. NOUVELLE CENTRALE À CHARBON CHINOISE PAR TECHNOLOGIE

Ces normes entraînent l'adoption rapide de technologies moins émettrices qui font du parc thermique chinois un des plus récents et des plus performants de la planète. Cela se traduit en particulier par une proportion importante de centrales supercritiques, c'est-à-dire fonctionnant à une température de plus de 565°C et à une pression de 250 bars ou ultrasupercritiques, dans lesquelles la température atteint 585°C et la pression 300 bars. Ces centrales offrent de meilleures performances énergétiques et environnementales que leurs homologues sous-critiques. Environ 19% des centrales à charbon chinoises sont ultrasupercritiques, 25% sont supercritiques et 56% sont sous-critiques. En comparaison, les États-Unis ne possèdent qu'une seule centrale à charbon ultrasupercritique (Platt's, 2017). En complément, la Chine a mis en place des standards de qualité pour sa production de charbon et un système de contrôle systématique (Bai, 2017).

Ces normes ont fait baisser significativement la consommation de charbon, et donc les émissions de CO₂, par unité d'électricité produite : en 2006, il fallait plus de 340 grammes de charbon pour produire un kilowattheure, aujourd'hui il en faut en moyenne moins de 310. Dans les 100 centrales les plus performantes, la consommation de charbon descend même à 286 g/kWh.

Pour réduire les émissions de sa production d'électricité, le gouvernement chinois mobilise aussi des incitations économiques. C'est le cas des tarifs de rachat garantis (ou *feed-in-tariff*) pour le solaire et l'éolien - dont l'abandon au profit d'un système d'appel d'offre a été annoncé en milieu d'année 2018.

L'utilisation de l'outil réglementaire est illustrée par la mutation du parc thermique chinois. Les limites autorisées pour les polluants atmosphériques sont déjà équivalentes ou plus restrictives que leurs homologues américaines ou européennes. En 2020, des normes de rendement entreront en vigueur : les nouvelles centrales devront consommer moins de 300 grammes de charbon par kilowattheure, les centrales existantes devront elles consommer moins de 310 grammes ou fermer. A titre de comparaison les 100 plus grandes centrales à charbon américaines actuellement en service consomment en moyenne 375 g/kWh et aucune ne parviendrait à satisfaire aux futures normes chinoises (Center for American Progress, 2017).

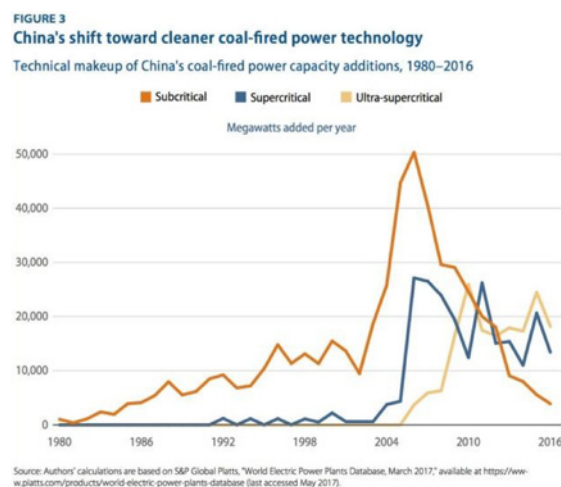


FIGURE 3. CHINA'S SHIFT TOWARD CLEANER COAL-FIRED POWER TECHNOLOGY



Réforme des mécanismes d'incitation pour le solaire

La diffusion plus rapide que prévue des installations solaires photovoltaïques menace de représenter un coût excessif pour les consommateurs. Ces installations bénéficient en effet d'un tarif de rachat garanti financé par un prélèvement sur les factures d'électricité. En 2017, ce mécanisme était en déficit de plus de 100 milliards de Renminbi. Dès 2017, la Chine a pris des mesures pour ralentir la croissance du solaire photovoltaïque. Les tarifs de rachat pour l'électricité solaire ont été abaissés et le gouvernement chinois a mis en place un système de régulation pour la construction d'installations solaires photovoltaïques : en fonction de critères tels que le prix du foncier ou le taux d'effacement, certaines zones du territoire ont reçu l'ordre de stopper leurs projets (principalement dans le nord-ouest) et d'autres de les diviser par deux (les deux tiers ouest de la Chine et la côte sud-est ainsi que Pékin, Tianjin et Shanghai). Ces mesures n'ont pas été suffisamment efficaces : au premier trimestre 2018, 9,7 GW de solaire photovoltaïque ont encore été installés en Chine. Début juin, le gouvernement a donc annoncé la suspension du tarif de rachat pour la plupart des nouvelles installations. Un système d'appel d'offre devrait être créé en remplacement. Une annonce similaire a été faite pour l'éolien mi-mai.

ENCADRÉ 2

La Chine s'apprête par ailleurs à créer un marché national du carbone. Sept projets pilotes à l'échelle locale ont été mis en place depuis 2011 dans les municipalités de Pékin, Shanghai, Tianjin, Shenzhen et Chongqing et les provinces du Guandong et du Hubei. Ces pilotes ont couvert près de 3 000 installations dans 20 secteurs industriels et jusqu'à un quart environ du produit intérieur brut chinois (EDF, 2018). Suite à ces expériences, un système national a été officiellement lancé en décembre 2017, il ne devrait cependant entrer réellement en fonctionnement qu'en 2020. De nombreuses zones d'ombre entourent encore son fonctionnement en particulier les secteurs concernés et à quel horizon, le plafond d'émissions et le mécanisme d'allocation des crédits carbones. Au moins dans un premier temps, le marché du carbone chinois ne devrait concerner que la production d'électricité mais même limité au secteur électrique il sera le plus grand marché du carbone au monde, couvrant 1,5 fois plus d'émissions que l'ETS européen.

3 • LE RÔLE DES COLLECTIVITÉS

La Chine possède une organisation administrative décentralisée dans laquelle les provinces, les préfectures et les districts disposent d'une réelle autonomie - le contrôle du Pékin s'exerçant souvent a posteriori en cas de besoin. Ces collectivités jouent un rôle important dans la mise en œuvre de la politique énergétique et climatique chinoise.

• **MAÎTRE D'ŒUVRE DE LA POLITIQUE CLIMATIQUE LOCALE** • Il est de plus en plus fréquent que des plans de réduction des émissions soient adoptés à l'échelle urbaine. La consultation des parties-prenantes locales fait partie intégrante de ce processus, ce qui permet l'expression de points de vue variés et d'intérêts contradictoires. Cependant elle aboutit souvent à la formation de coalitions entre les décideurs politiques, les industriels et les promoteurs immobiliers qui confortent le statu quo et la priorité accordée au développement économique. Cette tendance est parfois contrebalancée par l'intervention d'experts et de chercheurs sollicités pour appuyer les collectivités. Ceux-ci peuvent exercer une influence considérable sur le processus et se faire les porte-paroles de préoccupations marginalisées dans les domaines environnementaux, agricoles, touristiques,

etc. Ils facilitent aussi la communication et les échanges d'expérience à l'échelle provinciale et nationale (Westman, 2017).

Outre les outils réglementaires classiques dont l'application n'est pas toujours effective, les plans locaux d'atténuation des émissions font régulièrement appel au développement de services publics bas carbone et à des actions de facilitation. Dans ce dernier cas la collectivité se substitue en partie aux organisations non-gouvernementales de protection de l'environnement, peu présentes en Chine.

La politique climatique de la municipalité de Rizhao

La ville de Rizhao dans la province du Shandong s'est donnée comme objectif d'atteindre de la neutralité carbone. Elle mobilise pour cela plusieurs types d'outils. Le premier est réglementaire : par exemple, les projets immobiliers qui ne prévoient pas l'installation de chauffe-eau solaires sont refusés. Cette politique a permis d'atteindre un taux d'équipement en solaire thermique de 99% dans le centre de la ville mais se révèle moins efficace en périphérie où seulement 30% des foyers sont équipés. Un deuxième moyen d'action est la création de services publics bas-carbone : les transports en commun par exemple ont été développés avec plus d'arrêts et des passages plus fréquents conduisant à une augmen-

tation du nombre de trajets. Dans le même temps, la flotte de bus a été renouvelée avec l'élimination des véhicules les plus polluants au profit d'autres hybrides ou électriques. Des incitations financières ont été mobilisées pour encourager le développement des « éco-activités », par exemple un accès facilité aux terrains et une fiscalité plus favorable. Ces mesures ont permis au secteur de croître deux fois plus vite que dans le reste de la province : +15% par an en moyenne entre 2010 et 2013. Enfin divers dispositifs d'incitation (sensibilisation, formation, benchmarking...) ont été mis en place, notamment pour limiter la consommation d'énergie industrielle et résidentielle.

Sources : Westman, 2017

ENCADRÉ 3

Ces actions sont très souvent développées en partenariat avec des entreprises, des centres de recherche ou des organismes internationaux. L'action climatique locale est donc l'occasion d'une véritable mise en réseau d'acteurs infra-étatiques chinois et parfois étrangers.

• **LES RISQUES DE LA CONCURRENCE ENTRE COLLECTIVITÉS** • Le gouvernement chinois souhaite donner un rôle croissant aux autorités locales dans les décisions d'investissement sur leurs territoires. Dans ce contexte chaque collectivité cherche à stimuler son développement économique par de grands projets et à se doter d'infrastructures qui lui permettront d'attirer les investisseurs. Cette concurrence peut avoir des effets pervers avec une surenchère aboutissant à des surcapacités et potentiellement à une hausse des émissions de gaz à effet de serre.

Les surcapacités thermiques, un effet secondaire de la décentralisation

En octobre 2014, le gouvernement chinois a autorisé les provinces à lancer des projets de centrales à charbon sans obtenir au préalable son accord. Cette réforme était conçue pour alléger les procédures administratives et mieux prendre en compte les besoins et les impacts locaux mais elle a eu

des effets pervers qui ont nécessité une reprise en main par le gouvernement central. Les gouvernements provinciaux ont en effet anticipé une réglementation de plus en plus contraignante qui rendrait les nouveaux projets difficiles à mener. Afin de ne pas voir son développement limité à l'avenir par la production d'électricité ou dépendant d'importations, chaque province a eu tendance à se suréquiper.



De plus le prix de gros de l'électricité restant administrés, il a tardé à s'adapter à la baisse des coûts du charbon ce qui a rendu ces projets attractifs pour les investisseurs. Entre 2013 et 2017, le parc fossile chinois a augmenté de 27% alors que la consommation d'énergie fossile ne progressait que de 8%. Par conséquent, le facteur de charge du parc thermique, déjà relativement bas à 57%, a chuté à 48%, c'est-à-dire que les centrales à charbon chinoises ne

fonctionnent en moyenne que 175 jours par an. En 2017, le gouvernement central a dû intervenir pour éviter que ces surcapacités s'aggravent : il a annulé près de 150 projets, dont certains étaient déjà en construction, et institué un moratoire sur la construction de nouvelles centrales thermiques sur une grande partie du territoire.

Sources : Yuan et Alii, 2017, Yu et Alii, 2018

ENCADRÉ 4

4 • UNE IMPULSION VENUE DE LA SOCIÉTÉ CIVILE

La société civile a joué un rôle majeur dans la prise de conscience des questions environnementales et leur appropriation par le gouvernement central et les autorités locales. Dans les années 2000, la dégradation de l'environnement est devenue un des principaux sujets de mécontentement et d'agitation de la population chinoise : entre 2000 et 2013, la pollution a été à l'origine de la moitié des « incidents de masse » ayant attiré plus de 10 000 participants (Steinhardt, 2015).

Les mouvements populaires contre la pollution du printemps 2015

En février 2015, Chai Jing, une ancienne présentatrice de la télévision nationale chinoise, a diffusé sur internet une enquête sur la pollution atmosphérique. Le documentaire de 103 minutes intitulé « *Under the dome* » a été vu 75 millions de fois dès le premier jour de sa diffusion. En avril, l'explosion d'une usine de paraxylène dans la province du Fujian a entraîné l'évacuation de 30 000 personnes et a encore attiré l'attention de la population sur les risques industriels. Plusieurs mouvements contre la pollution et en particulier les projets charbonniers ont été rapportés dans les semaines qui ont suivi. Mi-avril, par exemple, plusieurs milliers de manifestants se sont rassemblés à Heyuan, à proximité de Canton, pour réclamer l'abandon d'un projet d'extension d'une centrale à charbon. La semaine précédente, une manifestation violente dans la même province avait entraîné l'abandon d'un projet d'incinérateur. Au même moment, dans la bannière Naiman située dans la région charbonnière de Mongolie Intérieure la répression de manifestations contre la pollution faisait, selon certaines sources, un mort et conduisait à l'arrestation de 50 personnes. Cette période a également vu des mobilisations à Shanghai (contre un projet d'usine chimique), à Tianjin (contre une aciérie), etc. Les autorités chinoises portent une grande attention à ces mouvements. Elles s'efforcent de ne pas leur laisser le temps de se structurer, souvent en combinant répression et concessions. Les manifestants obtiennent donc régulièrement gain de cause et les projets

Sources : Chinadialogue, Forbes, The Guardian, Reuters

ENCADRÉ 5

Au-delà de ces mouvements motivés par l'opposition à des projets locaux, la société civile et les milieux académiques peuvent peser sur la politique énergétique et climatique chinoise à l'échelle nationale. La création de centrales nucléaires à l'intérieur des terres, par exemple, a été vivement

critiquée en 2014 ce qui a conduit à un moratoire de fait : depuis 2015 plus aucun nouveau projet n'a été approuvé. Cette pause équivaut à l'abandon de l'objectif de développement de l'énergie nucléaire inscrit dans le 13^e plan quinquennal.

Enfin, les préoccupations environnementales se retrouvent dans les préférences des consommateurs : 87,9% des chinois urbains souhaiteraient connaître l'origine de leur électricité et 97,6% préféreraient acheter une « électricité verte » y compris, pour 90,6% d'entre eux, si elle est plus chère (CREIA, 2016).

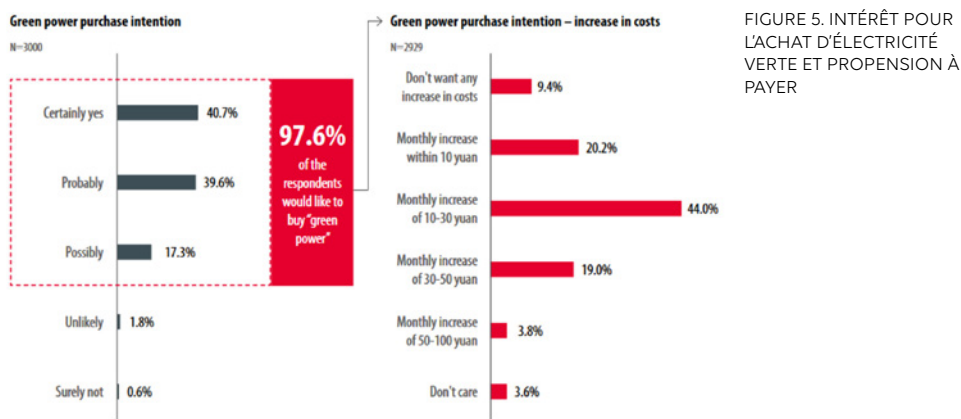


FIGURE 5. INTÉRÊT POUR L'ACHAT D'ÉLECTRICITÉ VERTE ET PROPENSION À PAYER

5 • LES ENTREPRISES ET LES MILIEUX ÉCONOMIQUES

La mobilisation de la société civile et l'attention croissante des consommateurs et des autorités a conduit les entreprises à adapter leurs pratiques et à mieux communiquer. Les performances des centrales thermiques sont, par exemple, devenues un sujet crucial pour les entreprises qui les exploitent, certaines affichant même en direct les niveaux d'émissions sur des panneaux lumineux à proximité de leurs installations (Center for American Progress, 2017).

L'action de State Grid of China en matière de climat

State Grid of China a été créée en 2002 pour assurer la gestion du réseau électrique chinois et s'est depuis développée à l'international vers les Philippines, le Brésil, le Portugal, l'Australie, l'Italie, etc. Elle emploie 1,72 millions de salariés et assure la fourniture d'électricité à plus de 1,1 milliards de clients avec un chiffre d'affaire de 360 milliards de dollars en 2017. Il s'agit du premier électricien et de la deuxième entreprise mondiale en termes de chiffre d'affaire selon le magazine Fortune. Selon son rapport de développement durable, les engagements climatiques de State Grid portent d'abord sur l'efficacité de son réseau : réduire les pertes en lignes, permettre l'intégration de nouvelles capacités renouvelables, faciliter les échanges d'électricité entre provinces, développer les moyens de stoc-

kage en particulier le pompage-turbinage... L'entreprise promeut également l'efficacité énergétique et l'électrification des transports et du chauffage - même si le bilan climatique de ces actions est discutable compte-tenu de la dépendance du mix chinois vis-à-vis du charbon. State Grid assure enfin la récupération et le recyclage de 70 tonnes par an d'hexafluorure de sodium, un puissant gaz à effet de serre employé comme isolant dans les installations électriques de grande puissance. State Grid est par ailleurs membre de nombreux groupes internationaux et initiatives en faveur du climat et du développement durable : Global Compact, World Business Council for Sustainable Development, Global Sustainable Electricity Partnership, etc.

Sources : State Grid, 2018

ENCADRÉ 6



• **UN SECTEUR LARGEMENT CONTRÔLÉ PAR L'ÉTAT** • Les grandes entreprises du secteur électrique chinois sont très majoritairement publiques et font en général partie de la centaine d'entreprises chinoises placées sous la supervision directe de l'État au travers de la Commission de supervision et d'administration des actifs d'État. C'est le cas notamment des gestionnaires du réseau (State Grid of China et China Southern Power Grid), des cinq grands producteurs d'électricité (China Datang Corporation, China Guodian Corporation, China Huadian Group, China Huaneng Group, China Power Investment Corporation) ainsi que de l'opérateur du barrage des Trois Gorges, d'entreprises minières actives dans le domaine de l'électricité (Shenhua Group et China Resources Group) et des grands spécialistes du nucléaire (China National Nuclear Corporation, China General Nuclear Power Group et China Nuclear Engineering and Construction Group). Beaucoup de ces entreprises possèdent des filiales cotées, par exemple China Yangtze Power pour China Three Gorges Corporation.

Au total, **ces entreprises publiques sous le contrôle de l'État représentent plus des trois quarts de la production électrique chinoise**. Malgré une tendance à la libéralisation de l'économie, l'énergie est un secteur dans lequel le gouvernement chinois entend maintenir son contrôle voire l'approfondir (Cunningham, 2015).

La Chine se distingue donc, en théorie, par la subordination d'une grande partie du secteur de l'électricité à l'État. En pratique, les entreprises publiques et a fortiori leurs filiales disposent d'une certaine autonomie. Du fait de leur taille et de leurs liens historiques avec les ministères, elles peuvent même exercer une influence significative sur le régulateur et infléchir la politique énergétique chinoise (Andrews-Speed, 2010).

• **LA PLACE DE L'INITIATIVE LOCALE ET PRIVÉE** • Des entreprises privées de taille plus modeste existent, par exemple Chint Group dans la distribution d'électricité. Il existe aussi des entreprises publiques propriétés de gouvernement locaux comme Shenergy Group à Shanghai. Ces petits producteurs, en général locaux, possédaient un peu moins de 30% du parc électrique chinois en 2010 (Wang, 2012).

Ces entreprises sont peu représentées dans le nucléaire et l'hydroélectricité, elles ont par ailleurs souffert de la fermeture des centrales à charbon les moins performantes ordonnée par le gouvernement au début des années 2010 : parmi les 72 GW qui ont été mis à l'arrêt la majorité étaient la propriété d'entreprises locales. Le développement des nouvelles énergies représente donc une opportunité pour elles. Si les grandes entreprises publiques ont servi de véhicule aux investissements chinois dans l'éolien, qu'elles contrôlent donc largement, le solaire photovoltaïque est lui majoritairement privé (Bergsager, 2016).

Le solaire thermique, succès de l'initiative privée

La Chine se caractérise par un usage massif et ancien du solaire thermique domestique : avec 324 GWth, elle possède plus de 71% du parc mondial. Le pays compte près de 80 millions de ces installations qui utilisent le rayonnement solaire pour produire de l'eau chaude en général à l'échelle d'un foyer. Selon les estimations de l'Agence internationale de l'énergie, elles permettent d'éviter chaque année l'émission de 90 millions de tonnes de CO₂ (Weiss, 2018) - c'est-à-dire l'équivalent des émissions totales d'un pays comme la Colombie. Les nouvelles installations ont ralenti : elles sont passées de 44,5 GWth/an à leur maximum en 2013 à 27,7 GWth en 2017 mais la Chine continue à dominer très largement ce marché puisqu'en 2016 75% des nouvelles installations de solaires thermiques ont eu lieu dans le pays. Contrairement au solaire photovoltaïque, le solaire thermique a été développé en Chine pour répondre à des besoins locaux. La recherche a bénéficié de financements publics dans les années 80-90 mais le passage de cette technologie à la production de masse et sa très large diffusion se sont fait pratiquement sans soutien financier ou politique de l'État.

SOURCES : URBAN, 2016

ENCADRÉ 7

CONCLUSION

L'État chinois dispose d'un rôle central dans la détermination et la mise œuvre des objectifs de réduction des émissions dans le secteur électrique. Cependant ses décisions ne peuvent être comprises qu'en tenant compte de l'impulsion donnée par la société civile. De la même façon, la réalisation des objectifs est dépendante de l'action des collectivités et des entreprises - celles-ci disposant dans la pratique d'une large autonomie par rapport au pouvoir central. Si l'intervention réglementaire reste un des outils à la disposition du gouvernement chinois, la réalisation de ses ambitions climatiques va aussi largement dépendre de l'efficacité de ce dialogue entre l'État et les acteurs non-étatiques.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE : CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- CAIT, Country Greenhouse Gas Emissions Data
- ENERDATA, Global Energy & CO₂ Data,
- Energie et Développement, China electricity sector data 2006-2017.
- Global CCS Institute, Projects Database,
- Janssens•Maenhout et alii (2017), Fossil CO₂ and GHG emissions of all world countries, Publications Office of the European Union.
- Platt's, World Electric Power Plants Database

RAPPORTS ET REVUES :

- Andrews•Speed (janvier 2010), The Institutions of Energy Governance in China, IFRI.
- Bai Xiangfei et alii (2017), Coal production in China : past, present, and future projections, International Geology Review.
- Bergsager et al (2016), China's State-Owned Enterprises as Climate Policy Actors, Norden.
- Center for American Progress (15 mai 2017), Everything You Think You Know About Coal in China Is Wrong.
- CREIA (aout 2016), Green power purchasing intention of chinese consumers.
- Cunningham (mars 2015), The State and the Firm : China's Energy Governance in Context, GEGI working paper.
- EDF (mai 2018), The progress of China's carbon market.
- Energie et Développement (janvier 2018), Le mix électrique chinois en 2017 : Grand bond en avant ou petits pas ?
- International Energy Agency (janvier 2017), The potential for equipping China's existing coal fleet with carbon capture and storage.
- Men (2014), Analysis and countermeasure on carbon transfer emissions in China's foreign trade, International Finance.
- National Bureau of Statistics of China (28 février 2018), Statistical Communiqué of the People's Republic of China on the 2017 National Economic and Social Development.
- State Grid of China (2018), Corporate Social Responsibility Report 2017.
- Steinhardt Christoph et al (20 novembre 2015), In the Name of the Public : Environmental Protest and the Changing Landscape of Popular Contention in China, The China Journal.
- Urban et alii (octobre 2016), Solar PV and solar water heaters in China : Different pathways to low carbon energy, Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Wang et al (2012), China's electricity market-oriented reform : From an absolute to a relative monopoly, Energy Policy.
- Weiss Werner et al (2018), Solar Heat Worldwide, IEA Solar Heating & Cooling Programme.
- Westman Linda (2017), Urban climate

governance in China; Policy networks, partnerships, and trends in participation.

- World Energy Council, World Energy Resources Hydropower (mars 2017).
- Xin Li et al (December 2017), China's electricity emission intensity in 2020 – an analysis at provincial level, Energy Procedia.
- Yu Feng et alii (2018), Coal power overcapacity in China : Province- Level estimates and policy implications, Resources, Conservation & Recycling.
- Yuan Jiahai et alii (2017), Will recent boom in coal power lead to a bust in China? A micro-economic analysis, Energy Policy.

PRESSES PRÉSENTATIONS :

- Bloomberg (6 mars 2013), Chinese Anger Over Pollution Becomes Main Cause of Social Unrest.
- Chinadialogue (2 mars 2015), China documentary on smog becomes an instant internet sensation.
- Chinadialogue (13 avril 2015), Thousands join demo against Guangdong coal-fired power plant.
- Chinadialogue (19 decembre 2017), Five things to know about China's national carbon market.
- Greenpeace (30 mai 2018), Dramatic surge in China carbon emissions signals climate danger.
- Reuters (12 avril 2015), Hundreds protest against pollution from south China coal plant.
- The Guardian (7 avril 2015), 2000 police used to quell pollution protest in China which left one dead.
- Worls Nuclear News (12 février 2018), China plans demonstration nuclear heating project.





Allemagne : un modèle en construction

Au tournant des années 2000, l'Allemagne s'est engagée dans une transformation de sa production d'électricité qui se poursuit aujourd'hui. Alors que la lutte contre le changement climatique nécessite une décarbonation rapide du mix électrique mondial, la transition énergétique menée par la 4^e économie de la planète constitue une des rares expériences à grande échelle sur lesquelles s'appuyer.

Rédacteur principal • THIBAUT LACONDE • *Consultant, Energie & Développement*

SOMMAIRE

1 • L'ÉVOLUTION DU SECTEUR ÉLECTRIQUE ALLEMAND

- Des émissions orientées à la baisse
- Une évolution remarquable du mix électrique

2 • UNE FORTE IMPULSION POLITIQUE

- La construction d'une alternative et d'un consensus
- L'après Fukushima

3 • LE RÔLE DE LA SOCIÉTÉ CIVILE ET DES ACTEURS INFRANATIONAUX

- Citoyens, collectivités, ONG... Le rôle de l'initiative locale
- Une intense activité académique
- La recherche d'alliance avec les acteurs économiques

4 • DE NOUVEAUX DÉFIS À RELEVER

- Vers la sortie du charbon
 - Le problème du changement d'échelle de la décentralisation énergétique
-

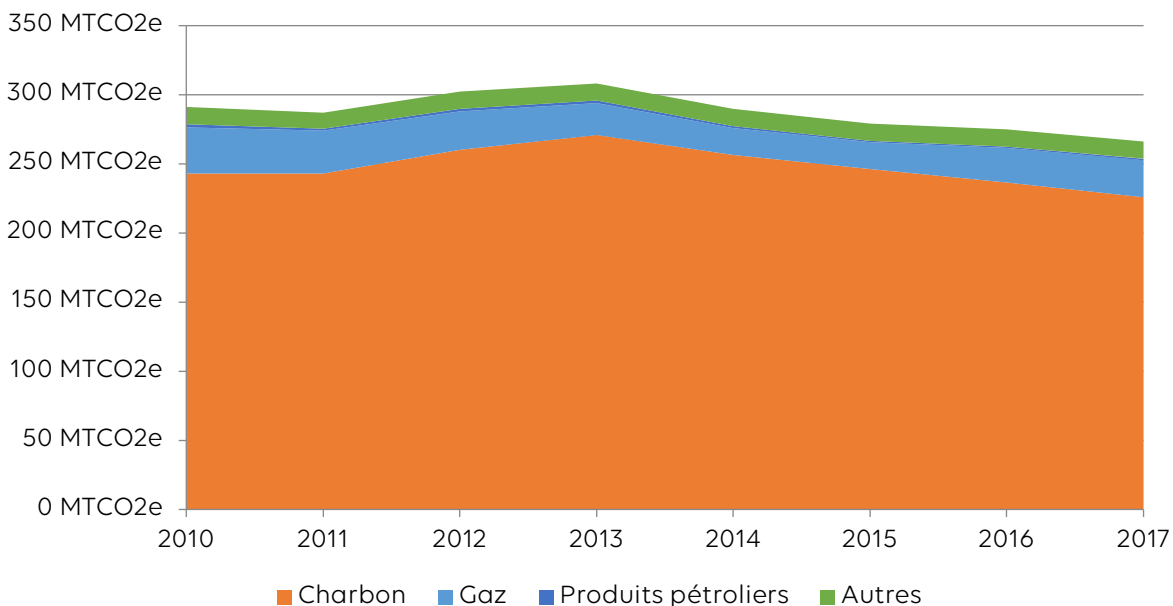


1 • L'ÉVOLUTION DU SECTEUR ÉLECTRIQUE ALLEMAND

• **DES ÉMISSIONS ORIENTÉES À LA BAISSSE** • En 2016 et 2017, les émissions liées à la production d'électricité et de chaleur en Allemagne ont reculé, respectivement de 3,9 et 8,9 millions de tonnes équivalents CO₂.

Ce recul après une hausse dans les années 2011 à 2013 est la confirmation d'une tendance de long terme à la baisse observée depuis les années 90, le rebond du début des années 2010 s'expliquant par des causes conjoncturelles : retour de la croissance après la crise de 2008 et accélération de l'arrêt de centrales nucléaires au lendemain de l'accident de Fukushima

Depuis 2013, les émissions du secteur ont recommencé à baisser à une vitesse soutenue : entre 2013 et 2017, ses émissions annuelles ont baissé de 41,4 MTCO₂eq soit 14,2 %. Cette baisse est due au recul des émissions des centrales à charbon (-45,1 MTCO₂eq/an entre 2013 et 2017) en partie compensée par une hausse dans l'utilisation du gaz (+3,7 MTCO₂eq/an). Cette substitution charbon-gaz s'est accélérée au cours des 2 dernières années.



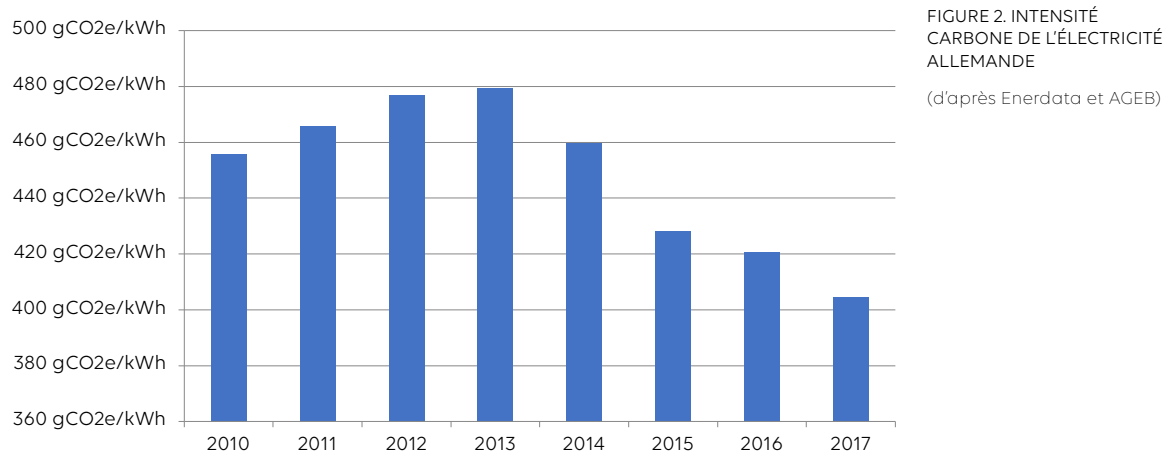
	2013	2014	2015	2016	2017
Total	306,2477	288,6509	277,6279	273,7003	264,8552
Charbon	270,9566	256,3565	246,2193	236,3306	225,8448
Gaz	23,0119	19,5899	19,3029	25,149	26,7576
Produits pétroliers	1,9132	1,3156	1,293	1,2058	1,2125
Autres	12,2792	12,7045	12,1057	12,2207	12,2528

FIGURE 1. ÉMISSIONS LIÉES À LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHALEUR URBAINE PAR COMBUSTIBLE

(source : Enerdata)

La baisse des émissions est plus marquée si on la rapporte à la quantité d'électricité produite. En effet la production électrique allemande a fortement augmenté depuis une vingtaine d'années, passant de 576,6 TWh en 2000 à 654,8 TWh en 2017. Cette augmentation a permis à l'Allemagne, qui était importatrice d'électricité à la fin des années 90 de devenir le premier exportateur d'électricité en Europe.

Entre 2015 et 2017, la production d'électricité allemande a encore augmenté de 6,7 TWh. Par conséquent, si les émissions du secteur électrique ont baissé de 4,6% sur cette période, l'intensité carbone de l'électricité a reculé encore plus rapidement : en 2017 produire un mégawattheure d'électricité en Allemagne émettait 5,6% de CO₂ en moins qu'en 2015.



• UNE ÉVOLUTION REMARQUABLE DU MIX ÉLECTRIQUE • Cette baisse des émissions et de l'intensité carbone est importante mais elle n'est pas à la mesure de l'évolution du mix électrique allemand : celui-ci a en effet été profondément modifié au cours des deux dernières décennies.

Depuis 2000, l'Allemagne connaît un développement rapide des énergies renouvelables qui, parties de quelques pourcents, dépassent aujourd'hui un tiers du mix électrique. Cette hausse a plus que compensé la division par 3 de la part du nucléaire, permettant une baisse de 10 points de la part des énergies fossiles dans le mix électrique.

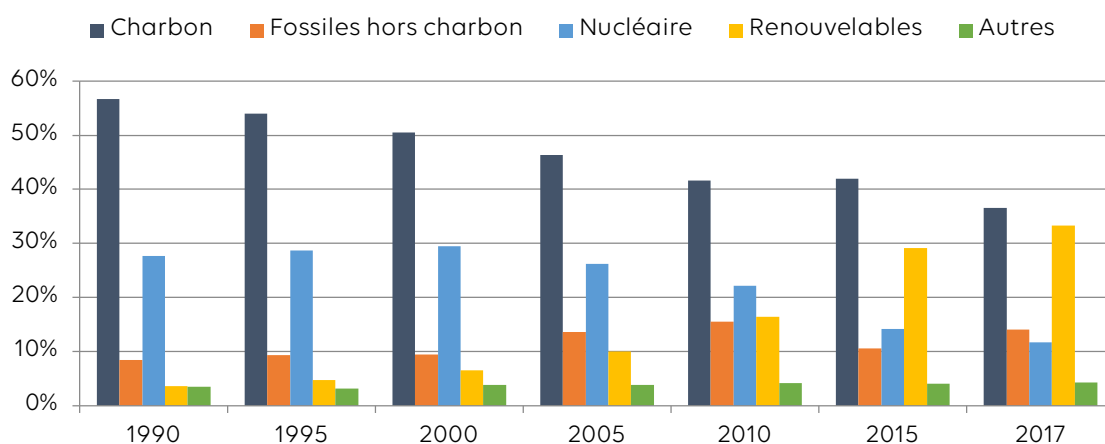


FIGURE 3. ÉVOLUTION DU MIX ÉLECTRIQUE ALLEMAND

(Source : AGEB)

Ces transformations se sont poursuivies sur la période récente. Entre 2015 et 2017, les énergies renouvelables sont passées de 29,1% à 33,3% du mix électrique, et même 40% sur les 35 premières



semaines de 2018 (Energy charts, Institut Fraunhofer). Cette progression est principalement tirée par le développement de l'éolien off-shore dont la production a plus que doublé en 2 ans.

Dans le même temps, le charbon (-5,4 points) et le nucléaire (-2,5 points) ont continué leur décline. Le recul du charbon est plus lent pour le lignite, plus polluant mais produit localement, que pour la houille, entièrement importée depuis la fermeture des deux dernières mines allemandes en 2018 : -1,3 points en 2 ans pour le lignite contre -4,1 point pour la houille. Enfin, les deux dernières années ont vu une progression rapide du gaz qui a gagné 3,6 points dans le mix électrique allemand, cette progression n'est pas entièrement nouvelle mais elle s'est brusquement accélérée en 2016.

2 • UNE FORTE IMPULSION POLITIQUE

Cette évolution du mix électrique allemand est le résultat d'une politique énergétique imaginée à partir des années 1980 et poursuivie depuis les années 2000 malgré les imprévus et les alternances politiques.

• **LA CONSTRUCTION D'UNE ALTERNATIVE ET D'UN CONSENSUS** • Dans les années 1980, le mix électrique allemand est dominé par les énergies fossiles (environ 65% dont une large majorité de charbon) et le nucléaire (environ 30%) avec une petite part de renouvelables, essentiellement hydroélectrique.

C'est à cette époque que prend forme le projet de transition énergétique que l'Allemagne met aujourd'hui en œuvre. Ce mouvement trouve son origine dans le courant anti-nucléaire, très actif dès les années 70. A milieu des années 80, celui-ci obtient un premier succès avec un moratoire sur la construction de nouveaux réacteurs. En lien avec des acteurs économiques investis dans les énergies renouvelables et une partie de l'administration, le mouvement entame alors sa mue vers un projet énergétique et politique alternatif aux positions traditionnellement pro-charbon du SPD et pro-nucléaire de la CDU/CSU (Aykut, 2015).

En Allemagne de l'est, l'environnement est au cœur de la remise en cause du modèle communiste : la Umweltbibliothek (« bibliothèque de l'environnement ») est créée par des dissidents à Berlin-Est en 1986 et démantelée l'année suivante par la Stasi. La réunification donne à l'Allemagne l'opportunité de repenser son appareil industriel. A l'est, la demande d'énergie s'effondre avec l'industrie lourde, cinq réacteurs nucléaires sont fermés et les centrales thermiques sont modernisées.

Une étape importante est franchie en 1990, lorsque le gouvernement Kohl met en place un tarif d'achat garanti et un accès prioritaire au réseau pour les énergies renouvelables. Ces principes sont les deux piliers de la transition énergétique allemande. Au tournant du millénaire, le consensus en faveur d'une sortie progressive du nucléaire devient suffisant pour être acté par la Convention du 14 juin 2000. Cet accord entre la majorité Vert-SPD au pouvoir et les quatre exploitants de centrales nucléaires, limite la quantité d'électricité qui pourra être produite par les réacteurs allemands. La fermeture du dernier d'entre eux est alors prévue pour 2020. Dans le même temps, l'Erneuerbare-Energien-Gesetz, la loi sur les énergies renouvelables, permet une accélération des nouvelles installations notamment solaires et éoliennes.

Cette politique est d'abord critiquée par la droite qui fait campagne pour « sortir de la sortie ». Mais le slogan n'est pas suivi d'effet : En 2010, alors que la CDU/CSU gouverne sans le SPD ni les Verts, l'Energiekonzept, une grande loi sur l'énergie, fixe des objectifs ambitieux pour le milieu du siècle - baisse de la consommation d'énergie primaire de 50% en 2050 par rapport à 1990, baisse des émissions de 80%, part des énergies renouvelables à 80%, etc. - et recule la fin de l'atome à 2036. Le calendrier de la sortie du nucléaire est assoupli mais son principe n'est pas remis en cause.

• **L'APRÈS FUKUSHIMA** • Ce recul de la sortie du nucléaire est éphémère : l'année suivante, la catastrophe de Fukushima pousse Angela Merkel à revoir sa copie. Dès le 15 mars 2011, quatre jours après le séisme, la loi prolongeant la durée de vie des centrales est suspendue et 7 réacteurs sont mis à l'arrêt par décret. L'Energiewende, un nouveau « paquet énergie » de 11 lois, est voté par le

Bundestag en juin 2011 à une très large majorité.

Ces textes reviennent à une sortie définitive du nucléaire en 2022 et accélèrent le processus en confirmant que les 7 réacteurs à l'arrêt plus le réacteur de Krümmel, qui connaissait des pannes à répétition, ne seront pas remis en service. Ils prévoient en outre de réduire la consommation d'électricité de 10% entre 2010 et 2020, de doubler la production renouvelable pour atteindre 35% du mix électrique en 2020 et de consacrer 3,5 milliards d'euros à la recherche sur les énergies renouvelables entre 2011 et 2014 (soit une hausse de 80% par rapport à la période précédente). Enfin, ils confirment les objectifs renouvelables et les objectifs d'émissions pour 2050.

Cette politique a un coût : 15 à 40 milliards d'euros par an soit 0,5 à 1,2% du produit intérieur brut allemand selon les sources (Agora Energiewende, 2017), supportés à 60% par les ménages. En dépit de ces investissements, l'Allemagne va largement rater ses objectifs d'émissions pour 2020 (BMU, 2017) : le pays visait 751 MTCO₂eq en 2020, soit -40% par rapport à 1990, il était encore à 905 en 2017. Cet échec n'est pas imputable uniquement au secteur électrique, qui ne représente que le tiers des émissions allemandes, mais remet tout de même en cause l'exemplarité de l'Allemagne dans ce domaine.

Quoiqu'il en soit le consensus politique autour de la transition énergétique allemande a été achevé par le revirement du principal parti de droite en 2010-2011 et reste solide - seul le parti d'extrême droite AfD fait aujourd'hui entendre une opposition à ce projet. La population quant à elle soutient très majoritairement cette politique : 93% des allemands pensent que l'Energiewende est important, seulement 8% pensent que le développement des énergies renouvelables est trop rapide et 58% pensent au contraire qu'il est trop lent. Les allemands sont optimistes sur la prochaine étape de leur transition énergétique : 63% pensent qu'il sera possible de remplacer les centrales à charbon par une production renouvelable (BDEW, 2018).

3 • LE RÔLE DE LA SOCIÉTÉ CIVILE ET DES ACTEURS INFRANATIONAUX

Malgré ces difficultés, les imprévus et les alternances politiques, l'Allemagne met en place depuis bientôt 20 ans la politique énergétique qu'elle a défini en 2000. Le mix électrique évoluant lentement, cette stabilité est indispensable à sa transformation. Elle s'explique largement par le rôle que les acteurs non-étatiques ont joué dans la conception et l'application de la politique énergétique du pays.

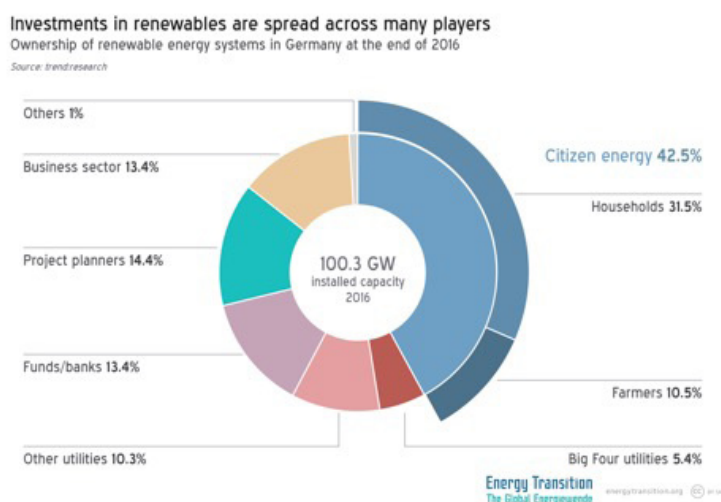


FIGURE 4. TYPOLOGIES DES INVESTISSEURS DANS LES PROJETS RENOUVELABLES ALLEMANDS

(Energy Transition)

• CITOYENS, COLLECTIVITÉS, ONG... LE RÔLE DE L'INITIATIVE LOCALE

• Ravivant une tradition de gestion locale de l'énergie, le développement des énergies renouvelables a permis l'apparition de nombreuses coopératives et une réappropriation de la production d'électricité par les consommateurs. Aujourd'hui la moitié environ des capacités renouvelables est propriété de particuliers ou d'agriculteurs contre seulement 5,4% pour les grands énergéticiens (Trend Research, 2017). Cette appropriation de la transition



énergétique par les communautés locales favorise l'acceptation des projets et permet de redistribuer une partie des coûts de la politique énergétique allemande.

L'initiative locale ne se limite pas à saisir les opportunités de développement offertes par la politique énergétique décidée au niveau fédéral, elle va souvent au-delà : de nombreuses collectivités se sont engagées à parvenir à 100% d'énergie renouvelables ou à la neutralité carbone.

La politique énergétique et climatique du Baden Wurtemberg

Situé dans le cœur industriel du sud-ouest de l'Allemagne, le land du Baden Wurtemberg est l'une des régions les plus prospères d'Europe. Il contribue pour 0,3% environ aux émissions mondiales de gaz à effet de serre. Dans sa loi de 2013 sur la protection du climat, le Baden Wurtemberg s'est fixé pour but de faire baisser ses émissions de gaz à effet de serre de 25% entre 1990 et 2020 et de 90% en 2050. Ces objectifs doivent être atteints en parallèle de la sortie du nucléaire dont le land est historiquement très dépendant : l'atome fournissait 48% de son électricité en 2010. Pour compenser la disparition du nucléaire, il vise 38% d'électricité renouvelable en 2020, dont 12% de solaire et 10% d'éolien, et 86% en 2050. Sa réglementation a été revue dans ce sens, les règles d'aménagement, par exemple, ont été assouplies afin de faciliter l'installation d'éoliennes. Pour concilier prospérité industrielle et protection du climat, l'énergie devra aussi être employée plus efficacement. L'Energiekonzept 2020, adopté par le Baden Wurtemberg en 2007, prévoit une réduction de l'intensité énergétique de l'économie locale de 2% par an. La demande d'électricité doit être stabilisée et la consommation d'énergie primaire baisser. Plusieurs initiatives ont été lancées pour y parvenir, par exemple le Zukunft Altbau pour sensibiliser les propriétaires, le chèque énergie (EnergieSparCheck) qui cofinance l'étude de l'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel ou bien le programme KlimaschutzPLUS qui subventionne les investissements locaux dans la rénovation des bâtiments publics. En 2008, le Baden Wurtemberg a été le premier land à se doter d'une loi sur la chaleur renouvelable. Celle-ci impose une part d'énergie renouvelable dans le chauffage lors de toute rénovation de bâtiments résidentiels.

Sources : Ministerium für umwelt, klima und energie wirtschaft baden-württemberg

ENCADRÉ 1

Ces propositions ne font pas toujours l'unanimité. Dans ce cas, la société civile allemande est aussi capable de se réappropriier, politiquement et économiquement, les leviers permettant de mettre en œuvre concrètement la transition énergétique à l'échelon local.

La bataille pour le contrôle du réseau électrique berlinois

Pour vaincre la résistance de certaines entreprises et collectivités, il est parfois nécessaire de contrôler le réseau de distribution. Cette stratégie a été initiée par les « rebelles de Schönau » qui, en 1997, ont pris le contrôle de la distribution d'électricité dans un village de Forêt

Noire. Aujourd'hui, l'Elektrizitätswerke Schönau, l'entreprise créée pour l'occasion alimente plus de 30 000 foyers en énergie renouvelable. La même bataille est engagée à une toute autre échelle dans la capitale allemande. Privatisé en 1997, le réseau de distribution d'électricité de Berlin est devenu au début des années 2001 la propriété de l'électricien

suédois Vattenfall. Le Sénat de Berlin, théoriquement chargé de la régulation du réseau, a peu exercé ses compétences et la collectivité est régulièrement critiquée pour son inaction alors que le développement des énergies renouvelables nécessiterait une modernisation du réseau électrique. Au début des années 2010, le Land de Berlin était classé dernier pour l'intégration des énergies renouvelables et la capitale était encore alimentée essentiellement par 3 centrales à charbon. En réponse à cette situation, deux initiatives citoyennes se sont mises en place pour reprendre le contrôle du réseau : la Berliner Energietisch, formée à l'été 2011, et Bürger Energie Berlin, créé en décembre 2011. Poursuivant le même objectif, ces deux initiatives illustrent des moyens d'action différents à la disposition des citoyens allemands. La Berliner Energietisch est un collectif informel d'associations et de citoyens qui s'est donné pour objectif d'imposer une réglementation plus stricte au gestionnaire du réseau grâce à un référendum d'initiative populaire. Bürger Energie Berlin est une coopérative dont le but est de prendre directement le contrôle du réseau, initialement lors du renouvellement de la concession en 2014. Ces stratégies correspondent également à des modes d'engagement différents pour les citoyens :

démocratie participative dans le premier cas, économie coopérative dans le second. L'initiative de la Berliner Energietisch devait recueillir 20 000 signatures en 4 mois pour être présentée au Sénat de Berlin. Elle en a obtenu 30 000 mais le projet a été rejeté en raison de l'opposition de la CDU, majoritaire. Pour renverser cette décision 172 000 signatures étaient nécessaires, 228 000 ont été collectées, obligeant la collectivité à organiser un référendum. Celui-ci était initialement prévu le 22 septembre 2013 en même temps que les élections législatives mais il a été repoussé au 3 novembre ce qui a permis de faire échec à la proposition : bien que 83% des votants, soit 24,1% des inscrits, se soient exprimés en faveur du texte, au moins 25% des inscrits étaient nécessaires pour qu'il soit adopté. En 2014, Bürger Energie Berlin avait collecté près de 12 millions d'euros auprès de 2 500 berlinois, ce qui ne lui a permis que de faire une offre pour une participation minoritaire dans le réseau de distribution. L'appel d'offres a été remporté à nouveau par Stromnetz Berlin, filiale de Vattenfall. La bataille continue avec l'élection en 2016 d'une nouvelle majorité SPD - Die Grünen - Die Linke favorable à la remunicipalisation.

Sources : www.buerger-energie-berlin.de et Blanchet, 2014

ENCADRÉ 2

• **UNE INTENSE ACTIVITÉ ACADÉMIQUE** • La conception de la transition énergétique allemande est le résultat d'un travail de fonds réalisé en partie par des universités et des think-tanks. Dès les années 80, l'Öko-Institute, institut de recherche spécialisé dans le domaine de l'environnement et issu du mouvement anti-nucléaire, publie un livre intitulé : « Energiewende : Croissance et prospérité sans uranium ni pétrole » (Buchan, 2012).

Les organismes de recherche techniques ont joué un rôle clé dans le développement et la démonstration des technologies renouvelables. C'est par exemple l'Institut Fraunhofer qui a créé en 1987 le premier refuge de montagne européen alimenté entièrement en électricité solaire (chalet Rappenecker dans la Forêt Noire). En 1992, ce même institut a construit à Fribourg la première maison solaire non raccordée au réseau électrique, démontrant qu'une famille peut subvenir à ses besoins énergétiques domestiques à partir d'énergies renouvelables.

Aujourd'hui l'Allemagne possède quelques uns des organismes de recherche les plus influents dans le domaine de la politique énergétique : Institut Fraunhofer, Agora Energiewende, Adelphi, Potsdam Institute, etc. Ces organismes contribuent à façonner la transition énergétique allemande et à l'exporter.



• **LA RECHERCHE D'ALLIANCE AVEC LES ACTEURS ÉCONOMIQUES** • La transition énergétique allemande est indissociable de l'apparition et du développement d'entreprises spécialisées dans les nouvelles technologies de l'énergie : ces acteurs ont contribué à la conception et à la promotion du projet dans les années 1990 et ont pu changer d'échelle grâce au développement rapide de la production renouvelable à partir de 2000. La politique énergétique a ainsi eu pour effet secondaire de faire de l'Allemagne un des champions industriels du domaine : dans l'éolien terrestre, par exemple, trois des dix premiers constructeurs mondiaux sont allemands (BNEF, 2017). Elle est aussi pourvoyeuse d'emplois : en 2015, le secteur des énergies renouvelables employait plus de 300 000 allemands, deux fois plus qu'en 2004 (BMW, 2016) - raison pour laquelle les syndicats de travailleurs allemands soutiennent généralement le projet tout en restant attentifs à son effet sur le secteur des énergies fossiles.

Le rôle des syndicats

Les puissants syndicats allemands sont des parties prenantes importantes dans la transition énergétique. Ils disposent d'une influence à l'échelle nationale en raison de leur alliance traditionnelle avec le parti social démocrate mais leurs membres sont aussi souvent actifs pour mettre en œuvre la transition sur le terrain. Les syndicats allemands sont généralement favorables à la transition énergétique et aux nouveaux emplois qu'elle crée. Dès 2011, le président de l'IG BCE, syndicat de l'énergie et de mines qui compte plus de 660 000 membres, déclarait que le nucléaire n'avait pas d'avenir en Allemagne. La position des syndicats est plus ambiguë sur les énergies fossiles. En 2014, ils ont soutenu le ministre de l'énergie Sigmar Gabriel dans son opposition à une sortie rapide du charbon, déclarant

même qu'il serait acceptable pour l'Allemagne de rater ses objectifs climatiques pour 2020. D'une manière générale, les syndicats tentent de maintenir un équilibre entre l'opposition aux pertes d'emplois dans la production d'électricité conventionnelle - un secteur dans lequel ils sont bien implantés - et l'amélioration des conditions de travail dans les secteurs en forte croissance comme les énergies renouvelables ou l'efficacité énergétique. Lors de son congrès de mai 2018, la DGB, l'association des syndicats allemands qui compte via ses membres 6 millions d'adhérents, a par exemple rappelé son soutien aux objectifs de l'Accord de Paris et appelé à un « Energiewende juste » qui assure une énergie abordable pour tous et crée des emplois de qualité.

Sources : Clean energy wire

ENCADRÉ 3

Les entreprises impliquées dans la transition énergétique, depuis les grandes compagnies comme Siemens, Enercon ou SMA, jusqu'aux coopératives et aux Stadtwerke (régies municipales) en passant par d'innombrables PME et startups, contribuent à la définition des orientations politiques du pays au travers d'associations comme la Bundesverband Erneuerbare Energien (fédération des énergies renouvelables allemande), l'Agentur für Erneuerbare Energien (agence pour les énergies renouvelables) ou les syndicats des énergies éoliennes (BWE), solaire (BSW) et biomasse (BBE).

Siemens, une transition réussie à l'échelle de l'entreprise

Créé en 1847, Siemens est une des grandes entreprises allemandes actives dans le domaine de l'énergie. Dans les années 70 et 80, Siemens était un acteur important de la construction nucléaire en Allemagne et une cible régulière des opposants à l'atome. L'entreprise s'est définitivement retirée de la construction nucléaire en 2011 au lendemain de la catastrophe de Fukushima pour se tourner résolument vers les technologies vertes. Siemens s'est réorganisé pour tirer partie du développement de ces activités

en se séparant de certaines de ses branches historiques, comme le ferroviaire ou l'éclairage. Fin 2017, l'entreprise a supprimé 6 900 emplois dans sa division gaz et électricité. La même année elle a fusionné sa division éolienne avec son concurrent Gamesa pour former un géant mondial de production d'éoliennes. Siemens est également actif dans les smart grids, les véhicules électriques, l'efficacité énergétique, etc. Les produits de ce « portefeuille environnemental » représentent la moitié de ses revenus, l'entreprise estime qu'ils ont permis de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 570 millions de tonnes en 2017, soit l'équivalent de 70 % des émissions allemandes. L'entreprise a mis en place une division dédiée au développement de start-up (Next47) et développe des projets innovants qui permettront de poursuivre le développement des énergies renouvelables en Allemagne, comme le micro-réseau renouvelable de Wildpoldsried. Ce qui ne l'empêche pas de prendre parti dans les débats sur la transition énergétique allemande, que son PDG estime « bonne sur le principe mais mal gérée » (lettre ouverte à Martin Schulz, 22 novembre 2017). L'entreprise a, par exemple, contribué officiellement à la réflexion du parti écologiste, Die Grünen, sur la sortie du charbon et, début 2018, elle a proposé d'aider la région minière de Lusace à se reconvertir vers la mobilité électrique. En 2016, Siemens a rejoint la Carbon Pricing Leadership Coalition, l'initiative de la banque mondiale en faveur d'un prix du carbone. En 2017, l'organisation Corporate Knights a distingué Siemens comme l'entreprise mondiale la plus durable, notamment pour son engagement dans les énergies renouvelables et ses propres performances énergétiques. Siemens veut atteindre la neutralité carbone en 2030, elle est le premier groupe industriel mondial à avoir pris cet engagement.

Source : Siemens

ENCADRÉ 4

Tous les énergéticiens ne sortent pas gagnants de la transition énergétique allemande. Depuis les années 1990, les quatre principaux producteurs d'électricité (RWE, Eon, EnBW et Vattenfall) se sont opposés dans la presse et devant les tribunaux au développement des renouvelables. Cela n'a cependant pas empêché le gouvernement allemand de les associer aux décisions. La sortie du nucléaire, en particulier, a été négociée avec ces quatre entreprises et l'accord a précisé la quantité d'électricité qui pourra être produite par chaque réacteur avant sa fermeture de façon à leur permettre d'anticiper et de s'adapter. Quoiqu'il en soit, l'adoption de l'*Energiewende* en 2011 a ouvert pour les grands électriciens allemands une période de crise avec de multiples réorganisations (Kunzl, 2018).

Enfin le gouvernement a veillé à préserver la compétitivité de l'industrie manufacturière qui représente presque un quart de la production du pays. Aussi bien pour la majorité de la classe politique que pour les puissantes organisations professionnelles allemandes, préserver la compétitivité des industries allemandes est vu comme une des clés du succès de la transition énergétique. Les industries intensives en énergie sont en général exemptées des surcoûts liés à la transition énergétique et profitent au contraire de la chute du prix de gros de l'électricité.

4 • DE NOUVEAUX DÉFIS À RELEVER

Malgré ses progrès la transition énergétique allemande n'est pas achevée. L'Allemagne doit relever de nouveaux défis si elle veut poursuivre la baisse de ses émissions grâce aux renouvelables et devenir un exemple à suivre.



• **VERS LA SORTIE DU CHARBON** • Malgré une baisse marquée dans le mix électrique, la part résiduelle du charbon et en particulier du lignite, plus émetteur en dioxyde de carbone, fait du mix électrique allemand un des plus émetteurs d'Europe. Un projet de sortie du charbon, comparable au projet de sortie du nucléaire adopté en 2000, est indispensable si l'Allemagne veut atteindre ses objectifs d'émissions après 2020 et maintenir sa crédibilité dans la lutte contre le changement climatique.

Le pays s'emploie à reproduire sur ce sujet la méthode employée avec succès dans les années 2000 mais le consensus politique qui a été le vrai moteur de la transition jusqu'à présent n'existe pas encore, principalement à cause du poids économique et social du charbon dans les länder défavorisés de l'est.

Bâtir un consensus sur la sortie du charbon

Une commission sur la sortie du charbon a été mise en place par le gouvernement le 6 juin 2018. Elle doit faire des propositions aux régions charbonnières en octobre et rendre en décembre des recommandations pour que l'Allemagne se rapproche de ses objectifs d'émissions pour 2020. Son rapport final attendu pour la fin de l'année, il doit contenir une feuille de route pour la sortie du charbon et fixer la date de fermeture de la dernière centrale. La commission compte 4 coprésidents, 8 représentants de ministères, 6 représentants de régions charbonnières, 3 membres du parlement et 24 personnalités qualifiées. Sa composition reflète la recherche d'un consensus le plus large possible. Elle laisse une place importante aux Länder producteurs de charbon : outre les

6 régions représentées (Rhénanie du Nord-Westphalie, Saxe, Brandebourg, Saxe-Anhalt, Basse Saxe et Sarre), d'anciens dirigeants du Brandebourg et de la Saxe font partie des quatre coprésidents et des représentants de collectivités locales dépendantes du charbon se trouvent parmi les personnalités qualifiées, par exemple président de l'association de maires de Lusace, une autre région charbonnière. Les personnalités qualifiées sont issues du monde économique (entreprises, syndicats et associations d'entreprises) et académique (un des coprésidents est une ancienne dirigeante d'Agoraenergiewende), elles laissent également une place importante aux ONG (Greenpeace, Amis de la Terre...) et à des mouvements citoyens locaux. Sources : www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-coal-exit-commission

ENCADRÉ 5

• **LE PROBLÈME DU CHANGEMENT D'ÉCHELLE DE LA DÉCENTRALISATION ÉNERGÉTIQUE** • L'initiative décentralisée a joué un rôle important dans la transition énergétique allemande, dont elle constitue un des aspects les plus remarquables. Mais en progressant ces modes de distribution et de production d'énergie doivent aussi accepter un rôle croissant dans le bon fonctionnement du réseau et du marché de l'électricité, de telle sorte qu'un encadrement plus strict devient nécessaire (Beermann, 2017).

Afin de réduire le coût du développement des renouvelables, la loi sur les énergies renouvelables de 2017 a remplacé l'ancien tarif de rachat garanti par un mécanisme d'enchère. Ce système complexe et compétitif présente un taux d'échec important qui peut décourager les projets portés par des non-professionnels : des données préliminaires suggèrent que le nombre de projets citoyens a chuté de 25 % (Trend Research, 2017). La loi de 2017 a par ailleurs rendu plus souple la définition des projets citoyens, ce qui semble avoir permis à certains développeurs d'obtenir ce label.

La réforme des mécanismes de soutien au renouvelable et l'institutionnalisation croissante de la production pourrait donc favoriser les grands groupes au détriment des projets citoyens et ainsi enrayer un des moteurs principaux de la transition allemande.

CONCLUSION

Il apparaît aujourd'hui très probable que l'Allemagne terminera le remplacement de la totalité de sa production nucléaire par des énergies renouvelables en 2022, réalisant dans les temps une transformation de son mix électrique planifiée à la fin des années 90. Mais ce succès n'est qu'une première étape : pour honorer ses engagements climatiques, l'Allemagne doit maintenant s'engager vers la sortie du charbon. Si elle y parvient, elle montrera que sa méthode est répliquable, renforçant son modèle de politique énergétique ambitieuse basée sur le consensus et laissant une large place à la société civile.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG



RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- AGEB, Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern.
- ENERDATA, Global Energy & CO₂ Data.
- Institut Fraunhofer, Energy charts.

RAPPORTS ET REVUES :

- Agora Energiewende (2017), Energiewende 2030 : The Big Picture.
- Aykut et al. (2015), Gouverner le climat ? Vingt ans de négociations internationales, Presses de Scienc-Po.
- BDEW (17 avril 2018), BDEW-Energiemonitor 2016 : Das Meinungsbild der Bevölkerung.
- Beermann et al. (15 décembre 2017), Decentralised laboratories in the German energy transition. Why local renewable energy initiatives must reinvent themselves, Journal of Cleaner Production.
- Blanchet (mars 2015), Struggle over energy transition in Berlin : How do grassroots initiatives affect local energy policy-making?, Energy Policy.
- BMU (2017), Klimaschutzbericht 2017 : Zum Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung.
- BMWI (septembre 2016), Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland und verringerte fossile Brennstoffimporte durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz.
- Buchan (juin 2012), The Energiewende - Germany's gamble, The Oxford Institute for Energy Studies.
- Kungl (mars 2018), Sequence and alignment of external pressures in industry destabilisation : Understanding the downfall of incumbent utilities in the German energy transition (1998–2015), Environmental Innovation and Societal Transitions.
- Rüdinger (14 mars 2017), Allemagne : pas de transition énergétique sans les citoyens, Revue Projet.
- Trend Research (décembre 2017), Eigentümerstruktur : Erneuerbare Energien.

PRESSES PRÉSENTATIONS :

- BNEF (22 février 2017), Vestas reclaims top spot in annual ranking of wind turbine makers.
- Clean Energy Wire (15 janvier 2015), Unions between embracing the new and defending the old in Energiewende.
- Clean Energy Wire (17 mai 2018), German unions call for 'just Energiewende,' fear carmaker job losses.



Canada : le long chemin vers une décarbonation totale du mix électrique

La décarbonation complète avant 2050 de sa production d'électricité est nécessaire pour que le Canada puisse tenir ses engagements climatiques. Les centrales électriques à combustibles fossiles ont émis 79 mégatonnes de CO₂eq (dioxyde de carbone équivalent) en 2015, ce qui représente 10,9 % des 722 Mt des émissions totales de GES du Canada¹. Ce pays est pourtant le deuxième producteur d'hydroélectricité au monde, derrière la Chine et au même niveau que le Brésil. Les réservoirs hydroélectriques du Canada peuvent fournir des services d'équilibrage pour permettre une meilleure intégration de l'énergie éolienne et solaire au réseau électrique. La géothermie et la biomasse présentent également des potentiels significatifs que ce soit pour la production d'électricité ou de chaleur. Les nouvelles énergies renouvelables facilitent par ailleurs une décentralisation progressive des systèmes électriques canadiens, ce qui ouvre de nouvelles opportunités autant pour les entreprises publiques et privées que pour les initiatives citoyennes.

Rédacteur principal • GERMÁN BERSALLI • *Chercheur, Univ. Grenoble Alpes, CNRS, INRA, Grenoble INP, GAEL*

SOMMAIRE

- 1 • LA DÉCARBONATION PROGRESSIVE DU MIX ÉLECTRIQUE
- 2 • DES POLITIQUES FÉDÉRALES ASSEZ AMBITIEUSES MAIS ENCORE INSUFFISANTES
- 3 • LE RÔLE CENTRAL DES COLLECTIVITÉS CANADIENNES
- 4 • UNE INDUSTRIE FORTEMENT CONCENTRÉE FACE À DE NOUVELLES ENTREPRISES INNOVANTES
- 5 • LES MÉDIAS, LES USAGERS ET LA DIMENSION SOCIALE DE LA TRANSITION : L'EXEMPLE DES RÉSEAUX INTELLIGENTS.

1 - Environnement et changements climatiques Canada, 2017



1 • LA DÉCARBONATION PROGRESSIVE DU MIX ÉLECTRIQUE

Du fait de sa géographie et de son climat très rigoureux, le Canada figure parmi les pays à plus haute consommation d'énergie par habitant² de la planète. Avec 17 tCO₂/capita en 2017 (émissions dues à la combustion d'énergie), il est également l'un des plus hauts émetteurs par habitant, juste en-dessous des États-Unis et de l'Australie mais, plus du double de l'UE (données d'ENERDATA, 2018).

Ce secteur est leader des efforts de décarbonation de l'économie canadienne et contraste avec d'autres secteurs comme le transport. Après avoir atteint un pic entre 2000 et 2002, les émissions de CO₂ dues à la production publique d'électricité et de chaleur présentent une tendance à la baisse. **La diminution de la production d'électricité à partir du charbon et du pétrole, parallèlement à l'augmentation de la production d'énergie hydroélectrique, éolienne et dans une moindre mesure nucléaire, expliquent ainsi la diminution de 31% des émissions du secteur entre 2007 et 2017 (figure 1).** Ce mouvement a été fortement porté par l'Ontario qui a achevé la fermeture de ses centrales électriques alimentées au charbon en 2014 (Division des Inventaires et rapports sur les polluants du Canada, 2018). La hausse de 2,6% en 2017 s'explique d'ailleurs par une augmentation forte de la consommation d'électricité (7%)³ et par l'augmentation concomitante de la production (7%) au moyen des centrales à gaz.

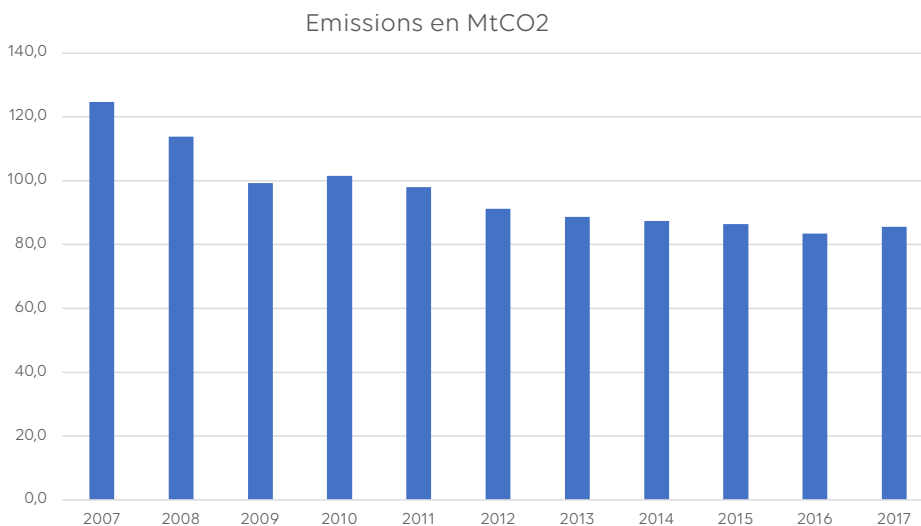


FIGURE 1. ÉMISSIONS DE CO₂ DE LA PRODUCTION PUBLIQUE D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHALEUR

Source : construction de l'auteur à partir des données d'ENERDATA.

Le déclassement des vieilles centrales thermiques et l'ajout de capacité renouvelable a porté la part des énergies vertes dans la production d'électricité du Canada de 63% en 2015 à 64,7% en 2017. Sur la même période, la part des énergies renouvelables autres qu'hydroélectriques est passée de 6,3% à 7,9%. Cela s'explique par l'énergie éolienne qui a bondi de 26 060 GWh en 2015 à 35 995 GWh en 2017, et dans une moindre mesure par le solaire qui a évolué de 2 900 GWh à 4 430 GWh. L'électricité produite à partir du charbon a diminué (de 65 943 GWh à 63 706 GWh) tandis que celle produite à partir du gaz a augmenté (de 56 408 GWh à 62 763 GWh) et celle à base de pétrole est restée stable. **L'hydroélectricité demeure clairement la principale source avec 349 664 GWh en 2015 et 371 164 GWh en 2017 tandis que le nucléaire diminue légèrement de 101 423 GWh en 2015 à 99 343 GWh en 2017.**

2 - En 2017, la consommation d'énergie était de 7,84 tep/capita et celle d'électricité 15,6 MWh/capita, parmi les plus élevées au niveau mondial.

3 - Les raisons de cette hausse ne sont pas encore complètement établies, mais cela serait associé à une accélération de la croissance économique qui aurait atteint les 3% en 2017 ainsi qu'à des facteurs climatiques.

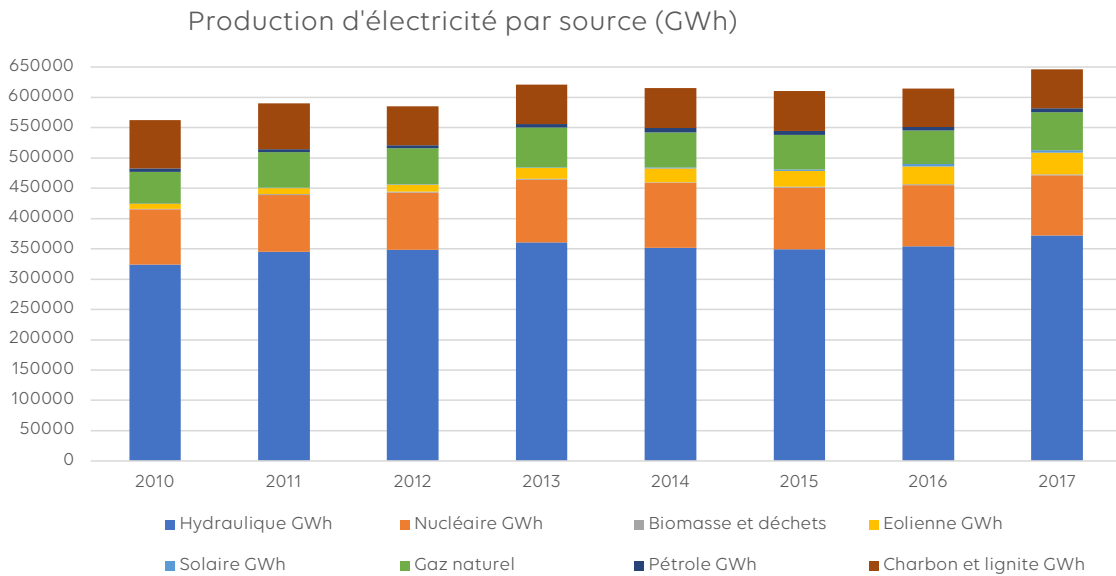


FIGURE 2. ÉVOLUTION DU MIX ÉLECTRIQUE CANADIEN

Source : construction de l'auteur à partir des données d'ENERDATA

Cette évolution du mix énergétique permet de placer l'intensité carbone de la production d'électricité publique au Canada (Emissions de CO₂ par kWh produit) bien au-dessous de la moyenne mondiale (figure 3). Une décarbonation profonde implique d'atteindre une intensité carbone proche de zéro rapidement, en même temps que l'usage de l'électricité se diffuse à d'autres secteurs fortement carbonés comme le transport.

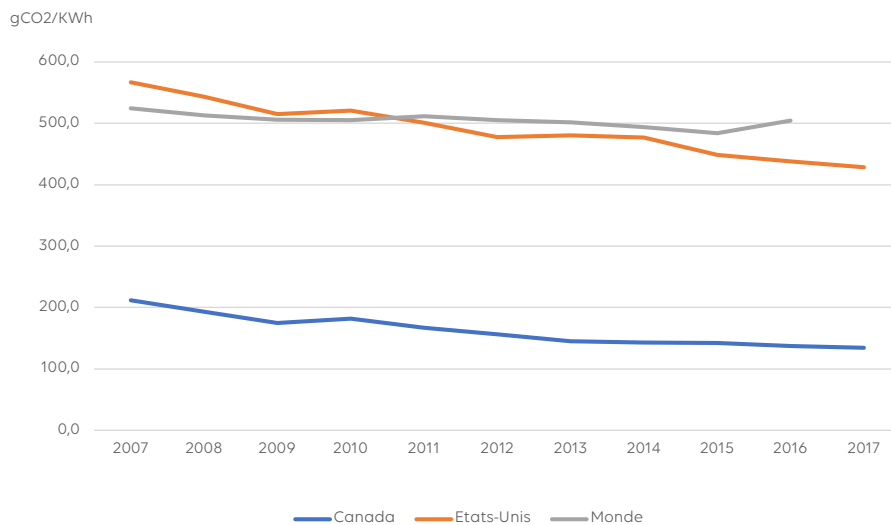


FIGURE 3. INTENSITÉ CARBONE DU MIX ÉLECTRIQUE

Source : construction de l'auteur à partir des données d'ENERDATA

2 • DES POLITIQUES FÉDÉRALES ASSEZ AMBITIEUSES MAIS ENCORE INSUFFISANTES

Selon les termes de l'Accord de Paris, le Canada s'est engagé à réduire ses émissions de GES de 30 % sous les niveaux de 2005 d'ici 2030, une cible qui équivaut à 523 MtCO₂eq annuel, soit une baisse de 28 % par rapport à 2015, les émissions de GES totales au Canada étant de 722 Mt CO₂eq cette année-là.

4 - Voir par exemple le reportage suivant : www.cbc.ca/news/canada/carbon-tax-canadians-cost-prices-1.4753664



En 2016, le Canada a publié le « Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques » dont l'élément central est **un plan obligatoire de tarification du carbone, qui exige que toutes les provinces et territoires canadiens mettent en place soit un système de plafonnement et d'échange de permis, soit un système fondé sur les prix, comme une taxe sur le carbone**. Par la suite, la conformité des systèmes de tarification proposés par les provinces et territoires à la norme fédérale sera évaluée, pour une entrée en vigueur en 2019. Un prix plancher fédéral entrera également en vigueur le 1^{er} janvier 2019 à 20 \$CAN/tCO₂eq (15 \$US/tCO₂eq) pour les provinces n'ayant pas proposé de système ou une valeur minimum suffisante. Ce prix de référence augmentera graduellement jusqu'à 50 \$CAN/tCO₂eq d'ici 2022 (Climate Action Tracker, 2018).

Taxe carbone et « carbon dividend ».

La taxe fédérale sur le carbone a suscité un fort débat au Canada⁴, notamment dû aux incertitudes qui portent sur son impact sur l'économie et le revenu des ménages. D'un autre côté, cette loi sur la tarification des émissions de GES oblige le gouvernement fédéral à transférer tous les revenus générés par cette tarification à la province ou au territoire d'où ils proviennent, sous la forme de paiements aux gouvernements provinciaux ou plutôt comme le suggère le gouvernement fédéral directement aux particuliers et aux entreprises. Cette approche consistant à taxer le carbone puis le retransférer directement aux ménages sous la forme de « dividendes » est appelée « *fee and dividend* » ou « *carbon dividend* » et a été popularisée aux États-Unis par des associations telles que le *Citizens Climate Lobby* et le *Climate Leadership Council*. Une étude récente montre qu'en moyenne les ménages pourront recevoir davantage d'argent que ce qu'ils ont payé via la taxe (Sawyer, 2018), ce qui n'a pas suffi pour convaincre l'ensemble des provinces canadiennes. Ainsi, l'Ontario et la Saskatchewan se sont fortement opposés à l'initiative du gouvernement fédéral et ont entamé des actions judiciaires pour remettre en cause la compétence juridique du gouvernement fédéral pour imposer une telle taxe. A l'inverse, quatre provinces avaient déjà mis en place un système de prix du carbone – la Colombie-Britannique et l'Alberta (taxes sur le carbone) et le Québec et l'Ontario (système de permis d'émissions).

ENCADRÉ 1

Le Cadre pancanadien propose également des mesures complémentaires pour réduire davantage les émissions dans l'ensemble de l'économie, tout en accélérant l'innovation et la création d'emplois. Le Fonds pour une économie à faibles émissions de carbone (FEFEC) met à disposition 2 milliards de dollars canadiens (1,34 milliard d'euros) pour appuyer la mise en œuvre du Cadre dans les territoires. 70% de ce Fonds aidera les provinces et territoires à atteindre les objectifs qu'ils se sont fixés dans le Cadre, et 30% sont dédiés à tous les acteurs de la société canadienne (provinces et les territoires, les municipalités, les gouvernements et les organisations autochtones, les entreprises et les ONGs) pour réaliser des projets innovants. Par ailleurs, à l'automne 2017 le Canada a cofondé la *Powering Past Coal Alliance* afin d'accélérer l'élimination de l'électricité produite au charbon. En février 2018, le ministre de l'Environnement et des Changements Climatiques a annoncé des modifications aux règlements existants et vise la fin de l'électricité produite à partir du charbon d'ici 2030, ainsi qu'une révision des standards pour l'électricité produite à partir du gaz naturel (Environnement et Changements climatiques Canada, 2018).

5 - Voir : www.nrcan.gc.ca

Malgré tout, les engagements du Canada vis-à-vis de l'Accord de Paris sont considérés « *hautement insuffisants* » par les ONGs et les universitaires : *“Commitments with this rating fall outside the fair share and are not at all consistent with holding warming to below 2°C let alone with the Paris Agreement’s stronger 1,5°C. If all government targets were in this range, warming would reach between 3°C and 4°C”* (Climate Action Tracker, 2018). **De même, il existe une tension fondamentale entre les objectifs climatiques du Canada et sa place sur le marché des hydrocarbures :** *“Implicit in the national discourse about the intersection of our historically resource-based economy and the challenge of decarbonization is the message that Canadians do not have to make choices : we can decarbonize domestically while still benefiting from the global market for conventional and non-conventional fossil fuels. Extensive citizen dialogues as part of the Generation Energy process⁵, however, challenge the logic and wisdom of this assumption”* (Burch, 2018).

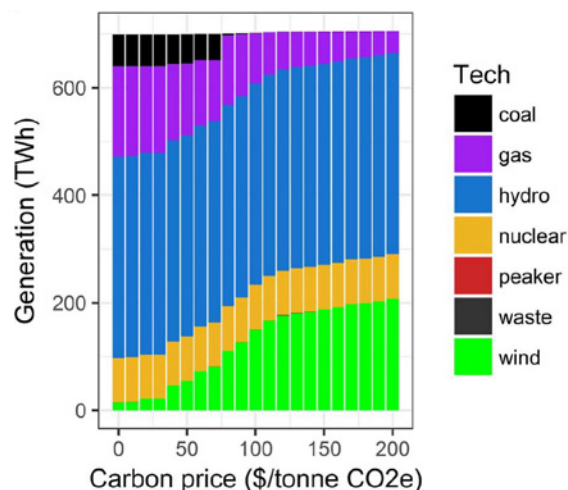


FIGURE 4. PRODUCTION ANNUELLE D'ÉLECTRICITÉ DU CANADA SELON LE SCÉNARIO DE PRIX DU CARBONE

Source : Dolter et Rivers (2018)

Tarifification carbone et développement éolien.

Plusieurs études montrent que le potentiel technique et économique important de l'énergie éolienne au Canada pourrait permettre d'accélérer la décarbonation profonde de sa production électrique à moindre coût (Dolter et Rivers, 2018 ; GE, 2016). Le Canada compte plusieurs régions où la vitesse annuelle moyenne des vents à une altitude de 50 mètres atteint 7 m/sec ou plus, comprenant les plaines du sud de l'Alberta et du Saskatchewan, le sud de l'Ontario et le nord du Québec. Les réservoirs hydroélectriques peuvent fournir des services d'équilibrage pour permettre une meilleure intégration de l'énergie éolienne et éventuellement solaire au réseau électrique. Ce potentiel peut être appuyé par une tarification carbone, les auteurs constatent ainsi qu'un prix du carbone de 50 \$/tonne de CO₂eq (prévu en 2022) pourrait réduire les émissions de GES dans le secteur de l'électricité de 20 à 21% par rapport à 2005. Nonobstant, si le Canada veut décarboner considérablement le secteur

de l'électricité d'ici 2030, le prix du carbone devra continuer d'augmenter au-delà de 2022. La composition optimale de la production d'électricité au Canada change à mesure que le prix du carbone augmente. Les investissements dans l'énergie éolienne offrent un moyen peu coûteux de réduire les émissions et sont de plus en plus attractifs à des prix du carbone plus élevés (fig. 4). Avec 200 \$/tonne de CO₂eq, l'éolien constitue près de 30% du mix de production optimal. Dans les scénarios de décarbonation à 100%, l'éolien représente 35% de la production lorsque le commerce d'électricité entre les provinces est possible et 33% lorsqu'il ne l'est pas. Ces niveaux de pénétration de l'énergie éolienne sont comparables aux 35% de la production que l'étude GE (2016) a jugé techniquement faisables. L'étude souligne également la pertinence d'un échange accru d'électricité entre les provinces canadiennes (d'est à ouest) afin de faciliter l'équilibre du système électrique confronté à la variabilité de l'énergie éolienne.

ENCADRÉ 2



3 • LE RÔLE CENTRAL DES COLLECTIVITÉS CANADIENNES

Les centrales hydroélectriques sont une source d'énergie importante de production d'électricité au Québec, à Terre-Neuve-et-Labrador, au Manitoba et en Colombie-Britannique. Les provinces qui dépendent du charbon et du gaz naturel comprennent la Saskatchewan, la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick et l'Alberta. Géographiquement, chacune des provinces où l'électricité est produite à partir de combustibles fossiles est adjacente à une province hydroélectrique. **Toutefois, le réseau de transport existant ne permet qu'un nombre limité d'interconnexions interprovinciales est-ouest, ce qui limite le commerce d'électricité entre les provinces et donc l'intégration des EnR.** La figure 5 ci-après montre les bouquets électriques très contrastés de deux provinces limitrophes.

Les provinces canadiennes disposent de compétences fortes en matière environnementale et certaines ont été très actives en matière de tarification carbone. Ainsi, la Colombie-Britannique, le Québec, l'Ontario et l'Alberta avaient introduit différents dispositifs de tarification carbone. Elles ont également mis en œuvre divers dispositifs de soutien au déploiement des énergies propres pour la production d'électricité (voir encadré 2).

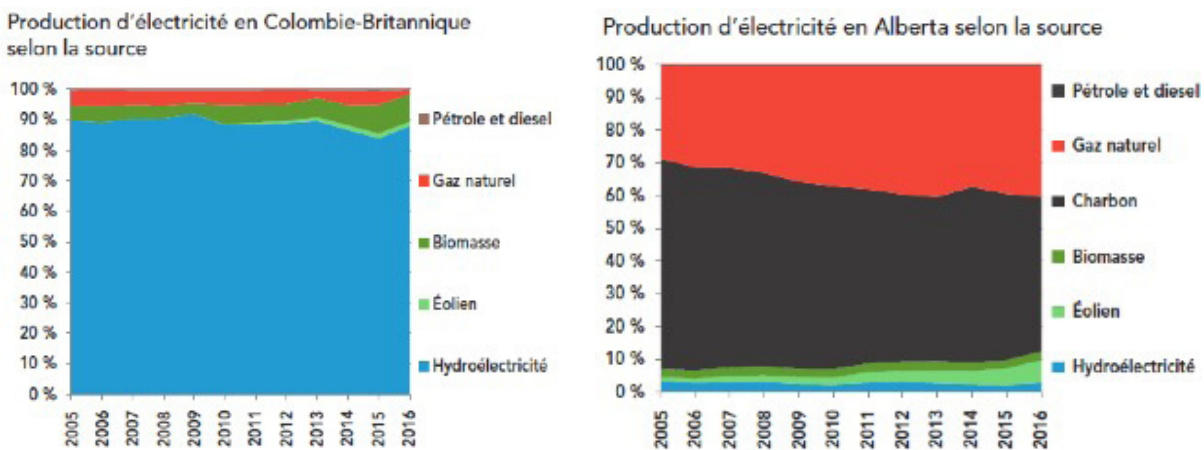


FIGURE 5. ÉVOLUTION DU MIX ÉLECTRIQUE DE L'ALBERTA ET DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE

Source : Office national de l'énergie 2017

Aussi, plusieurs villes canadiennes comme Toronto, Vancouver, London, Edmonton et Windsor ont fixé des objectifs et ont mis en place des actions d'atténuation, notamment pour la production locale d'électricité (ou électricité et chaleur) localement et à partir d'énergies renouvelables.

Les provinces en action

Le « Premier rapport annuel de synthèse » du « Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques » a été publié en décembre 2017. Il relève des actions concrètes mises en œuvre par les provinces canadiennes durant 2017.

- « Le Terre-Neuve-et-Labrador continue de travailler à l'achèvement du projet hydroélectrique de Muskrat Falls. Lorsqu'il sera terminé, 98% de l'électricité de la province proviendra de sources renouvelables. Les surplus seront exportés en Nouvelle-Écosse et ailleurs. La

Holyrood Thermal Diesel Generating Station, qui génère plus d'un million de tonnes d'émissions de GES par année, sera déclassée ».

- « Les Territoires du Nord-Ouest ont installé 55 kilowatts d'énergie solaire avec un générateur à vitesse variable efficace dans la collectivité d'Aklavik, effectuent des travaux de conception pour des éoliennes à grande échelle à Inuvik et testent la production combinée de chaleur et d'électricité à petite échelle à partir de la biomasse à Fort Simpson pour réduire l'utilisation du diesel dans ces communautés autochtones éloignées et hors réseau ».

- « **L'Île-du-Prince-Édouard** est l'un des chefs de file mondiaux dans le domaine du développement de l'énergie éolienne. L'énergie éolienne répond à vingt-quatre pour cent des besoins en électricité de l'Île-du-Prince-Édouard et prévoit une expansion future en 2020 et en 2030 ».
- « **L'Alberta** a annoncé la Renewable Electricity Act et lancé un programme d'électricité renouvelable visant la création d'une capacité de production d'électricité renouvelable de 5 000 mégawatts d'ici 2030. La province a également annoncé 35 millions de dollars visant à financer des initiatives de leadership en matière de changement climatique, notamment des projets d'énergie solaire et

renouvelable dans les communautés des Premières Nations et de la Nation métisse ».

- « **Le Québec** a annoncé un plan d'action pour sa politique énergétique 2030 dans laquelle il s'engage à augmenter sa capacité de production d'énergie renouvelable de 25%. Cette province a créé également Transition énergétique Québec (TEQ) pour soutenir, stimuler et promouvoir la transition, l'innovation et l'efficacité énergétiques, et pour couronner la mise en œuvre de tous les programmes et mesures nécessaires pour atteindre ses objectifs énergétiques ».

Source : Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques (2017).

ENCADRÉ 3

En 2012, en partenariat avec Toronto Hydro, la ville capitale de l'Ontario a lancé la première phase d'un programme qui permettra d'équiper les immeubles appartenant à la ville de panneaux solaires photovoltaïques (PV). La première phase du programme de tarifs de rachat garantis a été achevée en juin 2014 et la deuxième phase en 2016, ce qui a donné lieu à l'installation de 20 systèmes solaires PV sur les toits des installations de la ville, totalisant une puissance installée de 2,5 MW. Sur une base annuelle, les phases 1 et 2 combinées permettent de réduire les émissions de GES d'environ 147 tonnes et génèrent plus de 3 300 mégawatts (MWh) d'électricité, ce qui équivaut à la consommation d'environ 280 ménages. En octobre 2016, Toronto a amorcé la troisième phase du programme FIT, qui se traduira par l'installation de plus de 40 systèmes solaires PV pour une puissance installée totale de 6,0 MW. Ces installations produiront environ 7 800 MWh d'électricité par an - ce qui équivaut à peu près à la consommation de 350 ménages - et réduiront d'environ 353 tonnes les émissions de GES chaque année.

La ville de Vancouver, est reconnue internationalement comme l'une des villes les plus écologiques de la planète. La capitale de la Colombie-Britannique a une longue histoire de soutien à l'action climatique, des rapports Clouds of Change en 1990 au Plan d'action communautaire sur le changement climatique en 2005 et au Greenest City 2020 Action Plan en 2011, et maintenant la Renewable City Strategy and Plan. Ce plan, dont l'objectif consiste à arriver à une ville 100% alimentée par les énergies renouvelables avant 2050, cible les bâtiments, le transport, les déchets ainsi que des opportunités transversales, mais aussi la diminution de la consommation d'énergie. Les résultats de l'avancement du plan sont publiés annuellement⁶. Par ailleurs, la ville s'est fortement opposée à l'amplification de l'oléoduc TransMountain entre Edmonton et Burnaby, récemment relancé par le gouvernement fédéral. "*Vancouver's path to be the greenest city in the world started decades ago. Thanks to the passion of the people who choose to call Vancouver home, it will continue long after 2020*" (Greenest City 2020 Action Plan Part Two : 2015-2020).

6 - <https://vancouver.ca/files/cov/greenest-city-action-plan-implementation-update-2017-2018.pdf>



Des réacteurs nucléaires modulaires pour le Nouveau-Brunswick, un choix durable ?

Le gouvernement du Nouveau-Brunswick a signé un accord avec la société américaine qui cherche à développer de petits réacteurs modulaires dans cette province de l'est canadien. Grâce à la centrale Point-Lepreux, le nucléaire joue depuis les années 1980 un rôle significatif dans la production d'électricité du Nouveau-Brunswick. Le gouvernement provincial soutient fortement la recherche scientifique pour le développement de petits réacteurs nucléaires qui sont perçus par certains acteurs comme une solution de décarbonation mais restent très critiqués par d'autres acteurs.

D'une superficie de 72 908 km² et d'une population de 747 101 hab. (2016), le Nouveau-Brunswick est l'une des plus petites provinces canadiennes. Elle a produit son électricité à partir de sources variées en 2016 et 29,9 % d'entre elles étaient renouvelables. Cependant, le pourcentage encore élevé du charbon (20,7 %) explique dans une grande partie que l'intensité des GES pour la production d'électricité, à 280 g de GES par kWh soit le double de la moyenne canadienne (Office national de l'énergie, 2017). À la suite de l'accord avec le gouvernement provincial, Advanced Reactor Concepts (ARC) a annoncé un investissement de 5 millions de dollars dans des activités de R&D au Nouveau-Brunswick et ouvrira un bureau à Saint-Jean afin de développer des réacteurs d'une capacité de 100 MW. Cette entreprise cherche à mettre au point et à commercialiser un réacteur à conception métallique refroidi au sodium. Elle utilise notamment la technologie de GE Hitachi Nuclear Energy. Le réacteur de son entreprise pourrait être commercialisé dès 2028. Le gouvernement provincial n'investira pas d'argent dans ce projet précis, mais il a annoncé récemment un financement de 10 millions de dollars canadiens dans un groupe de recherche nucléaire formé par la Société de solutions énergétiques du Nouveau-Brunswick, partenaire du projet⁷.

Selon ARC, ce nouveau type de réacteurs présente plusieurs avantages. D'une part, les composants modulaires du réacteur font en sorte qu'il peut être expédié en pièces détachées sur un site d'assemblage et mis en service rapidement. D'autre part, il pourrait servir à des usages non traditionnels comme dans des usines de dessalement de l'eau de mer et dans des sites d'extraction de gaz de schiste. Cependant, ces nouveaux accords en faveur du nucléaire ont reçu des fortes critiques de divers ONGs et de groupes politiques, comme le Parti vert du Nouveau-Brunswick⁸. Ils mettent en avant les risques d'accidents, le problème toujours présent des déchets radioactifs, le caractère non renouvelable de ces ressources ou encore son coût élevé.

ENCADRÉ 4

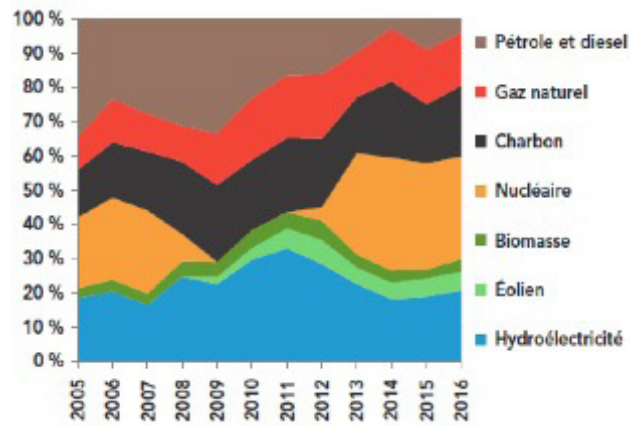


FIGURE 6. PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ AU NOUVEAU-BRUNSWICK

7 - ICI.Radio-Canada.ca, 9/07/2018, De la recherche sur de petits réacteurs nucléaires au Nouveau-Brunswick.

8 - Acadienouvelle, 10/07/2017. Minicentrales nucléaires : une « folle aventure » à éviter

4 • UNE INDUSTRIE FORTEMENT CONCENTRÉE FACE À DE NOUVELLES ENTREPRISES INNOVANTES

Le secteur électrique canadien est organisé autour des entreprises publiques provinciales. En effet, les provinces disposent d'une compétence constitutionnelle en matière de ressources naturelles. Le processus de libéralisation partielle des marchés des années 1990 a modifié certains paramètres de l'industrie, par exemple la séparation fonctionnelle entre les activités de production, de transport et de distribution de l'électricité. La plupart des gouvernements provinciaux sont toujours directement impliqués dans le marché de l'électricité en tant qu'exploitants d'une partie plus ou moins importante du réseau électrique.

Un certain nombre de municipalités exploitent des réseaux de distribution locaux sur leurs territoires. Certaines entreprises municipales, comme EPCOR à Edmonton, sont d'importants acteurs dans la production d'électricité, sous leur raison sociale ou par leur contrôle de compagnies cotées en bourse.

Au cours des dernières années, la déréglementation partielle ou complète des ventes de gros d'électricité a créé un certain nombre de producteurs indépendants, qui construisent et exploitent des centrales électriques et qui vendent leur production à long terme — par le biais de contrats pouvant durer jusqu'à 35 ans — ou dans les marchés d'électricité, lorsque de tels marchés existent.

Les principales entreprises du secteur sont regroupées dans l'Association canadienne de l'électricité qui existe depuis 1891. Cette association publie un rapport annuel *Sustainable Electricity* qui évalue les avancements du secteur en matière de soutenabilité économique, sociale et environnementale. Parmi les initiatives menées par les entreprises du secteur en 2016-2017, nous pouvons évoquer :

- **Capital Power réduit la consommation de charbon et les émissions de CO₂ grâce à la biomasse renouvelable.** La société privée Capital Power poursuit activement la co-combustion de la biomasse (déchets de bois) avec le charbon à sa centrale Genesee, située à l'ouest d'Edmonton. C'est la première fois qu'un essai de cette ampleur a été réalisé au Canada, avec la co-combustion de biomasse ligneuse et de charbon dans une centrale électrique. L'intégration de la biomasse dans le mix de combustibles à Genesee pourrait potentiellement réduire la consommation de charbon jusqu'à 30%.

- **Nova Scotia Power s'est concentrée sur le développement de l'énergie renouvelable au cours des dix dernières années.** Nova Scotia Power a triplé sa production d'énergie renouvelable à 28% grâce à la biomasse et l'énergie éolienne, et a réduit ses émissions de GES de plus de 30%. Il est en voie d'atteindre une réduction de 58% des émissions, par rapport aux niveaux de 2005, d'ici 2030, une performance près de deux fois supérieurs aux objectifs nationaux. Une réduction importante des émissions de GES est attendue une fois que la Nouvelle-Écosse sera reliée par la mer à l'installation hydroélectrique en construction à Muskrat Falls, au Labrador.

- **Alectra et Enbala travaillent ensemble sur la gestion de mini-réseaux électriques intelligents.** Alectra fournit la technologie avancée nécessaire pour assurer la stabilité opérationnelle des réseaux électriques en exploitant la puissance de l'énergie distribuée. La plateforme d'équilibrage d'énergie en temps réel d'Enbala offre une approche extrêmement souple pour créer des ressources énergétiques contrôlables et distribuables à partir de charges flexibles, de stockage d'énergie (y compris les véhicules électriques) et de sources d'énergie renouvelables. En 2013, Alectra a mis en œuvre un projet de micro-réseau novateur à Vaughn, en Ontario, pour relever le défi du renouvellement des actifs des réseaux de distribution d'électricité à grande échelle et démontrer que les EnR peuvent répondre efficacement à la demande croissante d'électricité.

En ce qui concerne le développement de la géothermie, le Canada est en retard vis-à-vis de l'énorme potentiel existant pour la production de chaleur et d'électricité, surtout dans l'ouest du pays. Des entreprises du secteur ainsi que des représentants politiques des provinces de l'ouest

9 - Voir : [//ici.radio-canada.ca/nouvelle/1023713/geothermie-reconvertir-puits-petrole-orphelins-budget](http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1023713/geothermie-reconvertir-puits-petrole-orphelins-budget)



canadien⁹ soulignent que les expertises et les compétences de l'industrie pétrolière peuvent être utilisées dans l'avancement des projets de centrales géothermiques. Parmi les dernières initiatives figure celle d'une centrale proche de la ville d'Estevan menée par l'entreprise *DEEP Earth Energy Production* qui avait réalisé plusieurs tests concluants depuis 2014. Elle prévoit de creuser les premiers puits dès le mois de juin 2018. La Saskatchewan abrite dans la région d'Estevan des aquifères sur lesquelles DEEP conduit ses opérations géothermiques. Ils contiennent une nappe souterraine de saumure - de l'eau extrêmement salée - conservée sous une roche perméable, à 3 kilomètres de la surface. Pour en tirer de l'énergie ou de la chaleur géothermique, il suffit de puiser cette eau à température élevée (120 degrés Celsius), puis de la faire passer dans une turbine qui en extraira de la chaleur ou de l'énergie. L'eau refroidie est ensuite réintroduite dans l'aquifère. Elle se réchauffe rapidement au contact de la roche sur son trajet vers les profondeurs (Source : *DEEP Earth Energy Production*). La société d'État saskatchewanaise *SaskPower* a signé au printemps 2017 un contrat d'achat d'électricité avec DEEP, qui pourrait produire 5 mégawatts par centrale. Une seule centrale pourra alors alimenter 5000 maisons en électricité. DEEP prévoit en bâtir plus d'une dizaine.

5 • LES MÉDIAS, LES USAGERS ET LA DIMENSION SOCIALE DE LA TRANSITION : L'EXEMPLE DES RÉSEAUX INTELLIGENTS

Les défis d'une transition vers une économie à faible émission de carbone sont en grande partie d'ordre social et politique plutôt que technique (Burch, 2018). Sa concrétisation nécessite, d'une part, des politiques volontaristes à différents niveaux et, de l'autre, un comportement proactif des citoyens. D'autres acteurs comme les médias ou les ONG jouent également un rôle important comme intermédiaires mais aussi formateurs de l'opinion publique sur ce sujet. Connus depuis plusieurs années, les réseaux intelligents (*smart grids*) constituent un exemple révélateur du rôle des usagers et des médias dans la transition énergétique parce qu'ils comportent des technologies susceptibles d'affecter directement notre vie quotidienne.

Ces dernières années, plusieurs équipes de recherche en science sociales se sont concentrées sur l'analyse de l'implantation assez difficile des réseaux intelligents au Canada et aux États-Unis¹⁰. Les réseaux intelligents sont conçus comme un outil novateur destiné à transformer la façon dont les sociétés produisent, distribuent et consomment l'électricité. Un *smart grid* est un réseau qui relie les producteurs et les consommateurs afin d'assurer un approvisionnement en électricité économiquement efficace, sûr et durable. Il comprend des technologies tangibles et intangibles de l'information et de la communication (TIC), comme les compteurs intelligents, l'information en temps réel aux consommateurs, la tarification dynamique ou encore l'intégration des véhicules électriques aux réseaux. Pour ses partisans, les réseaux intelligents constituent un élément clé de la transition énergétique durable qui vise à atténuer les changements climatiques, à améliorer la sécurité énergétique et à prévenir la flambée des prix de l'énergie (Jegen et Phillion, 2018).

Le développement des *smart grids* est relativement récent en Europe et en Amérique du Nord. En Ontario, une stratégie de déploiement rapide pour les compteurs intelligents a été lancée en 2004 et, à ce jour, est considérée comme l'expérience la plus avancée en matière de formulation et de mise en œuvre de politiques sur les réseaux intelligents au Canada (Winfield et Weiler, 2018). Dans cette province, les *smart grids* ont été mis à l'ordre du jour politique comme une stratégie ambitieuse pour améliorer le réseau tout en atténuant le changement climatique. En revanche, dans la province voisine du Québec, le déploiement des réseaux intelligents est arrivé plus tard, et a manqué de pertinence politique et sa portée a été limitée. Les principaux objectifs liés à leur introduction ont été la sécurité de l'approvisionnement et l'efficacité économique, avec peu d'ambitions affichées pour un changement plus fondamental du modèle de fonctionnement de l'industrie énergétique.

10 - Consulter : (Peters et al. 2018 ; Mallett et al., 2018a ; Mallett et al., 2018b ; Jegen et Phillion, 2018 ; Winfield et Weiler, 2018 ; Meadowcroft et al., 2018).

En 2011, Hydro-Québec -un monopole public- a lancé son programme de remplacement de 3,75 millions de compteurs traditionnels par des compteurs intelligents. Même si la nouvelle infrastructure a été conçue pour permettre une communication bidirectionnelle, les compteurs sont en fait utilisés par Hydro-Québec pour recueillir des données sur l'utilisation, la tension et la qualité de l'électricité, mais aucun tarif horaire n'a été introduit et les consommateurs ne peuvent pas surveiller et adapter leur consommation d'énergie en temps réel. De plus, les auteurs montrent que les acteurs clés du secteur de l'électricité au Québec n'établissaient pas de lien entre le développement d'un réseau intelligent et les défis stratégiques comme les changements climatiques ou la transition énergétique. L'analyse des médias montre, par ailleurs, que la couverture médiatique sur les réseaux intelligents était généralement négative et se concentrait principalement sur les potentiels impacts néfastes des compteurs intelligents.

Les analyses de Mallett et al. (2018) partent du constat que différentes provinces canadiennes continuent à promouvoir l'intégration et la diffusion des réseaux intelligents au sein de leurs systèmes électriques, mais les taux de déploiement varient en dépit de politiques et de programmes similaires. Pour essayer de comprendre les raisons de cet écart, ils se concentrent sur la façon dont les *smart grids* sont perçus par les usagers et reflétés dans les médias écrits. Les auteurs soulignent que, dans un premier temps, la couverture médiatique des réseaux intelligents était globalement positive mais cela s'est renversé quelque temps après. En d'autres termes, et d'après la théorie de « *hype cycle* » de Gartner, il y a d'abord un biais d'innovation où le soutien augmente rapidement pour une nouvelle technologie d'une façon plus abstraite et générale, puis il diminue au fur et à mesure que les usagers font l'expérience concrète de ces nouvelles technologies. Les perceptions négatives de ces technologies étaient plus importantes en Colombie-Britannique et au Québec, deux provinces où les usagers ont eu plus d'expériences négatives avec la façon dont ils ont été exposés initialement aux compteurs intelligents (souvent par le biais d'une lettre de leur service public les informant d'un changement obligatoire de leur compteur d'électricité analogique). En revanche, la couverture médiatique était plus positive en Ontario, où le fait d'avoir plus d'entreprises locales de distribution d'électricité facilite la mise en place de stratégies plus adaptées aux caractéristiques de chaque territoire.

Peters et al. (2018) soulignent enfin que le « cadrage environnemental » a été largement absent dans le discours sociopolitique (citoyens, médias et intervenants clés) durant la période d'implantation des *smart grids* dans la Colombie-Britannique. Une vision clairement communiquée de la manière dont les réseaux intelligents peuvent contribuer à l'atténuation des changements climatiques pourrait servir à accroître l'acceptation et la participation des citoyens. En somme, les résultats de ces études nous rappellent que les décideurs politiques doivent faire particulièrement attention à la dynamique et aux caractéristiques de chaque territoire afin de favoriser le succès des politiques et des programmes impliquant des nouvelles technologies.

CONCLUSION

Les provinces canadiennes disposent de prérogatives très fortes en matière énergétique et environnementale. Ainsi, la plupart des provinces se sont fixés des objectifs de réduction des émissions de GES et ont pris des mesures conduisant à leur réalisation. Toutes ces actions sont mises en cohérence par un plan fédéral qui vise à une décarbonation totale du secteur électrique dans les décennies à venir. Les municipalités se montrent également actives en matière climatique, poussées par des citoyens de plus en plus concernés. Enfin, les nouvelles technologies associées aux énergies renouvelables facilitent la décentralisation des systèmes énergétiques ce qui ouvre des opportunités pour de nouvelles entreprises dans des domaines divers comme la géothermie ou la gestion intelligente des réseaux.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG



RÉFÉRENCES

RAPPORTS ET BASES DE DONNÉES :

- Cadre Pancanadien sur la Croissance Propre et les Changements Climatiques (2017). Premier rapport annuel synthèse de la mise en œuvre.
- Canadian Electricity Association (2017). Sustainable Electricity Annual Report.
- CDP, Cities renewable energy targets, Fev. 2018
- CDP, Carte interactive et liste des villes du monde déclarant des mixes énergétiques renouvelables de 50 à 100% pour leur production d'électricité, Janvier 2018.
- Climate Action Tracker, Fiche-pays sur les engagements climats du Canada, Avril 2018
- ENERDATA.
- Ministre de l'Environnement et du Changement climatique du Canada (2018). Rapport d'inventaire national 1990-2016 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada.
- National Energy Board (Canada).
- New Climate Institute, Répertoire des politiques et initiatives nationales et provinciales au Canada.

RAPPORTS ET REVUES :

- Burch, S. (2018). "Pursuing Deep Decarbonization in Canada : Advice from Canadian Scholars". Centre for International Governance Innovation, Policy Brief N°126.
- Dolter B. & al. (2018). "The Cost of Decarbonizing the Canadian Electricity System". Energy Policy, vol. 113, 135-148
- Jegen, M. & Philion, X. (2018). «Smart grid development in Quebec : A review and policy approach,» Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, vol. 82(P2)
- Karasinos K. & al. (2018) "Tracking the transition to renewable electricity in remote indigenous communities in Canada". Energy Policy, vol. 118, 169-181
- Mallett, A. & al. (2018). «Smart grid framing through coverage in the Canadian media : Technologies coupled with experiences,» Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, vol. 82(P2)
- Meadowcroft J. & al. (2018). "Social dimensions of smart grid : Regional analysis in Canada and the United States". Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 1909-1912
- Peters, Derek & al. (2018). «The role of environmental framing in socio-political acceptance of smart grid : The case of British Columbia, Canada,» Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, vol. 82(P2)
- Sawyer, Dave (2018). "Federal Carbon Price Impacts on Households in Alberta, Saskatchewan and Ontario". Working paper.
- Winfield, M. & Weiler, S. (2018). «Institutional diversity, policy niches, and smart grids : A review of the evolution of Smart Grid policy and practice in Ontario, Canada,» Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, vol. 82(P2).
- Yupeng W. & al. (2015). "The urban heat island effect in the city of Toronto". Procedia Engineering 118, 137-144
- Yupeng W. (2016). "Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto,

Canada". Energy and Buildings 114, 2-19

PRESSES & COMMUNICATION :

- <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1111590/recherche-petits-reacteurs-nucleaires-nouveau-brunswick-point-lepreau>
- <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1103113/energie-renouvelable-projet-ouest>
- <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1023713/geothermie-reconvertir-puits-petrole-orphelins-budget>
- <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/710187/yukon-sources-chaudes-energie-geothermie>
- <https://www.cbc.ca/news/canada/carbon-tax-canadians-cost-prices-1.4753664>
- <https://business.financialpost.com/commodities/energy/total-destruction-of-the-market-investments-in-clean-tech-cool-off-as-subsidies-ends>



Une transition énergétique fulgurante contrariée par la résistance du charbon

Le Portugal, pays de 10 millions d'habitants, est devenu l'un des champions européens des énergies renouvelables pour la production d'électricité grâce à l'essor de l'éolien terrestre, de l'hydroélectricité, de la biomasse et plus récemment du solaire. La diffusion des énergies renouvelables (EnR) favorise également l'apparition de nouveaux acteurs, nationaux et étrangers dans un secteur traditionnellement oligopolistique. Cependant, la décarbonation profonde du système électrique portugais est confrontée à plusieurs défis qui requièrent l'action d'acteurs publics et privés à différents niveaux. Ainsi, le besoin d'une « sortie » rapide du charbon, l'interconnexion physique avec le reste de l'Europe et le développement des réseaux intelligents, figurent parmi les principaux défis.

Rédacteur principal • GERMÁN BERSALLI • *Chercheur associé, Université Grenoble-Alpes, CNRS, INP, GAEL*

SOMMAIRE

1 • VERS UNE DÉCARBONATION DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ?

- Le mix électrique portugais : entre l'essor de l'éolien et la résistance du charbon.
- Un cadre national de politiques assez ambitieux

2 • LE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET LA DIVERSIFICATION DES ACTEURS

- La consolidation de l'éolien terrestre
- Le décollage du solaire PV

3 • DES DÉFIS LIÉS À L'INTÉGRATION D'UNE PART CROISSANTE D'ÉNERGIES INTERMITTENTES

- L'interconnexion Portugal – Espagne – France
- Smart grids pour smart cities : l'exemple de la ville d'Evora.



1 • VERS UNE DÉCARBONATION DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ?

Suite à l'Accord de Paris de 2015, le Portugal s'est engagé à atteindre une économie neutre en carbone avant 2050. Depuis octobre 2017, le gouvernement travaille à l'élaboration d'une feuille de route dont l'objectif sera d'identifier et d'analyser les implications associées aux trajectoires les plus efficaces pour la poursuite de l'objectif national de neutralité en carbone. Malgré une avancée des énergies renouvelables pour la production d'électricité, le maintien du charbon empêche une véritable décarbonation de ce secteur.

• LE MIX ÉLECTRIQUE PORTUGAIS : ENTRE ESSOR DE L'ÉOLIEN ET RÉSISTANCE DU CHARBON

• Malgré des investissements importants dans les énergies renouvelables sur les dix dernières années, les émissions de CO₂ de la production publique d'électricité et de chaleur peinent à diminuer (Figure 1). **On observe d'une part, une augmentation de la production d'électricité qui pousse les émissions à la hausse et, d'autre part, un effet inverse : une diminution de l'intensité carbone du mix électrique grâce à un progrès plus rapide des EnR par rapport aux énergies fossiles. Cependant, le deuxième effet suffit à peine à compenser le premier, ce qui explique la très faible chute des émissions sur une période de dix ans.** Le graphique 1 montre également une forte fluctuation du niveau d'émissions d'une année à l'autre. Cela s'explique par les variations significatives des régimes de pluies et donc de la production d'hydroélectricité, compensée par un recours accru aux énergies fossiles. Ainsi, les émissions de CO₂ avaient diminué de 9% en 2016 mais elles ont rebondi de 20% en 2017. L'année dernière les émissions ont atteint 17,1907 millions de tonnes de CO₂, 76% desquelles correspondent aux centrales au charbon, 20% aux centrales à gaz et 4% aux centrales à diesel.

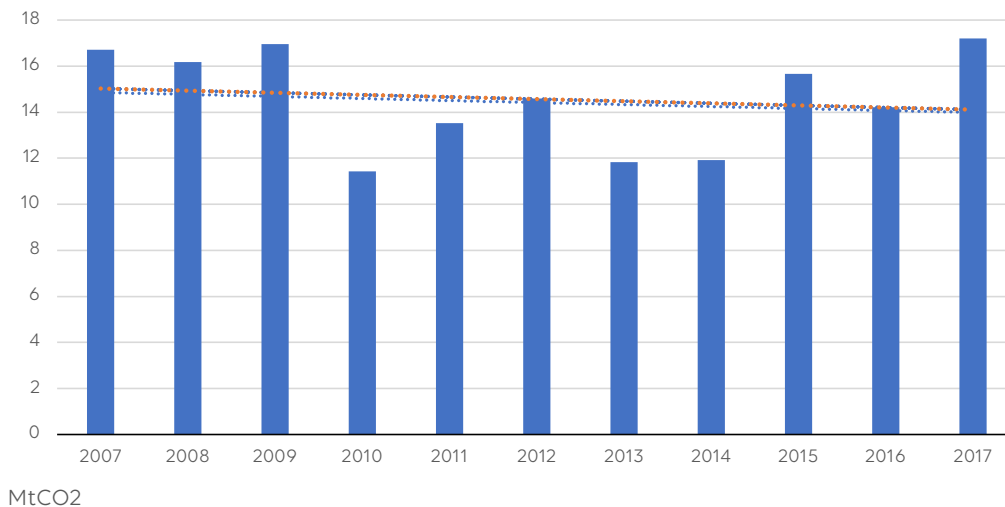


FIGURE 1. ÉMISSIONS DE CO₂ DE LA PRODUCTION PUBLIQUE D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHALEUR.

Source : construction de l'auteur à partir des données d'ENERDATA

La production publique d'électricité au Portugal était de 49 447 gigawattheures (GWhs) en 2017, quantité légèrement inférieure à celle de 2016 qui avait marqué un record avec 51 983 GWhs. Le pays dispose d'un bouquet électrique assez diversifié (Figure 2). En 2017 le gaz naturel représentait 32,9%, suivi par le charbon (24,9%) et l'énergie éolienne (20,3%). Le reste du mix électrique était composé de : l'hydroélectricité (12,4%), la biomasse (5,7%), le pétrole (1,9%), le solaire (1,4%) et la géothermie (0,3%). Au cours de la dernière décennie, la production d'énergie éolienne a considérablement augmenté, sans que cela ne soit accompagné d'une diminution nominale de la production des centrales à charbon. Quant aux centrales à gaz, leur production varie d'une année à l'autre pour compenser les fluctuations de l'hydroélectricité. La part de cette dernière a varié d'un maximum

de 30,6% en 2010 à un minimum de 12,4% en 2017. **Soulignons enfin que la part de l'énergie éolienne dans le mix électrique du Portugal était la quatrième plus élevée au monde en 2016, derrière le Danemark, la Lituanie et l'Uruguay. Le solaire, en revanche, peine encore à se faire une place dans le bouquet énergétique lusitain.**

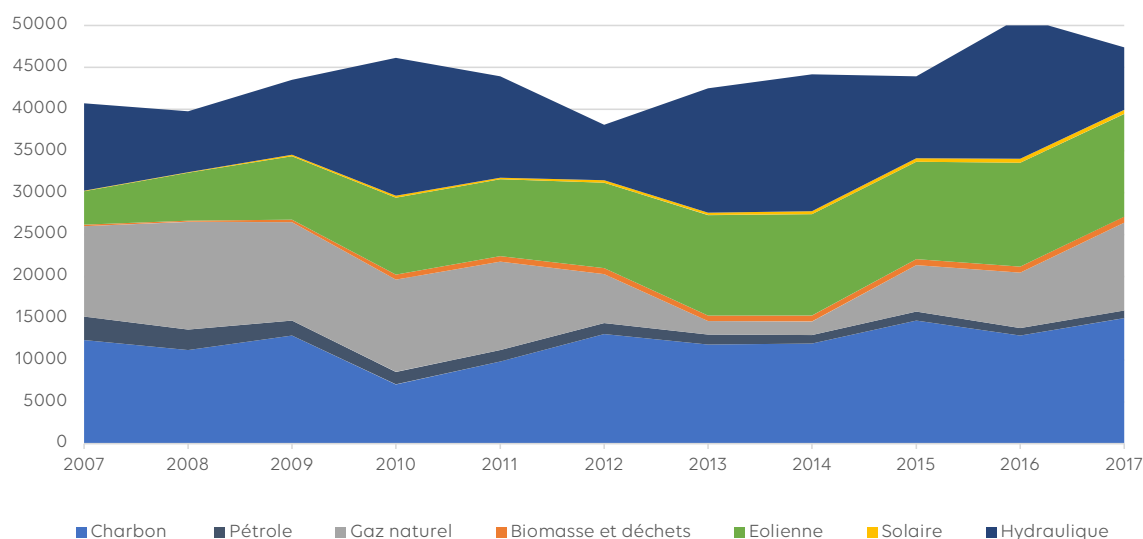


FIGURE 2. PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ PAR SOURCE (GWH/AN)

Source : construction de l'auteur à partir des données d'ENERDATA

Étant donné la croissance de l'éolien et la forte variabilité de la production d'hydroélectricité (d'une année à l'autre), l'intensité carbone du mix électrique du Portugal (Figure 3) a une légère tendance à la baisse, mais présente des fluctuations considérables. Avec une intensité autour de 300 grammes de CO₂ par kWh, le pays (tout comme la plupart de ses voisins européens) a encore beaucoup d'efforts à fournir afin d'arriver à une production d'électricité complètement décarbonée.

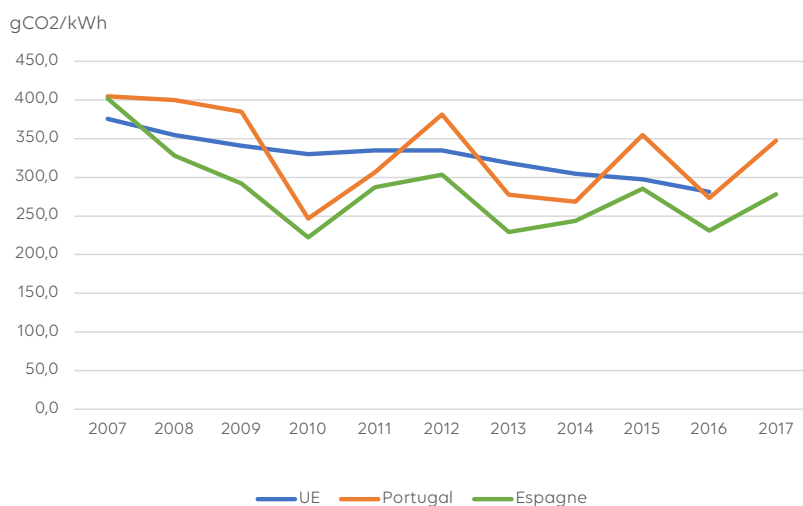


FIGURE 3 - INTENSITÉ CARBONE DU MIX ÉLECTRIQUE PORTUGAIS.

Source : construction de l'auteur à partir des données d'ENERDATA

• UN CADRE NATIONAL DE POLITIQUES ASSEZ AMBITIEUX • Le *Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030* (Programme national pour le changement climatique 2020/2030) vise à assurer une trajectoire de réduction des émissions nationales de gaz à effet de serre afin d'atteindre un objectif de -18% à -23% en 2020 et de -30% à -40% en 2030 par rapport à 2005, assurant le respect des engagements nationaux en matière d'atténuation, et mettant le Portugal en conformité avec les objectifs européens. Il fixe des objectifs spécifiques de réduction des émissions,



et identifie un ensemble d'options de politiques et de mesures sectorielles à développer à l'avenir. De cette manière, l'intégration des objectifs d'atténuation dans les politiques sectorielles est encouragée et une approche de planification dynamique est préconisée, donnant à chaque secteur (les transports, l'énergie, l'agriculture, la sylviculture) une plus grande autonomie dans l'identification des instruments de politiques.

Dans ce cadre, le Portugal avait adopté l'objectif pour l'année 2020 de 31 % d'énergie provenant de sources renouvelables dans la consommation d'énergie finale, dont 10 % dans les transports ; un objectif général d'efficacité énergétique de 25 % pour 2020 (plus ambitieux que l'objectif de 20 % fixé au niveau de l'UE) et un objectif spécifique de 30 % d'efficacité énergétique pour l'administration publique. Par ailleurs, dans le « *Compromisso para o Crescimento Verde* » le pays s'est engagé à atteindre 40 % d'EnR dans la consommation d'énergie finale à l'horizon 2030.

Compte tenu du potentiel très élevé des EnR au Portugal, le secteur électrique, qui comprend la production dédiée et la cogénération, est l'un des principaux vecteurs de la réduction des émissions nationales. Le moyen le plus important pour promouvoir l'électricité renouvelable est un tarif de rachat pour les installations existantes. **Pour les nouvelles petites installations de production, un régime de rémunération est entré en vigueur en 2015, leur permettant de revendre leur production à la compagnie nationale à un prix dépendant de l'évolution du marché (Décret-Loi n.º153/2014). En général, toutes les technologies utilisées dans la production d'électricité renouvelable sont éligibles à un soutien.** Par ailleurs, la connexion au réseau est assurée pour les producteurs d'EnR. Aucun programme d'aide directe aux EnR dans le secteur du chauffage n'est actuellement en place (en janvier 2017). En outre, le Fonds pour l'efficacité énergétique a octroyé une subvention aux investissements dans les chauffe-eaux solaires grâce à « *Efficient Buildings 2016* », qui a débuté en juillet 2016.

En novembre 2016, le ministre portugais de l'environnement a confirmé que les centrales électriques du pays cesseront de brûler du charbon avant 2030. Cela a été réaffirmé en octobre 2017 lors du lancement de la feuille de route pour la neutralité carbone en 2050. L'usine portugaise de Sines, inaugurée en 1985, est l'une des centrales au charbon les plus nuisibles au climat de l'UE¹.

2 • LE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET LA DIVERSIFICATION DES ACTEURS

Le développement des EnR au Portugal a été conduit en grande partie par EDP Renováveis (EDPR), créée en 2007 comme une entreprise indépendante de l'opérateur historique EDP (Energias de Portugal). **Fin 2017, EDPR était placée au quatrième rang mondial en termes de production d'énergie éolienne. À côté de ce géant, de petites start-ups émergent dans un secteur électrique portugais particulièrement dynamique dans l'éolien et plus récemment dans le solaire.**

• **LA CONSOLIDATION DE L'ÉOLIEN TERRESTRE** • Le secteur de production d'électricité – depuis longtemps oligopolistique – présente quatre acteurs majeurs dont EDP. **Cependant, dans la dernière décennie cette entreprise a vu diminuer sa part du marché grâce à l'émergence de nombreux nouveaux producteurs d'énergies renouvelables. En 2013, ceux-ci représentaient d'ores et déjà 40 % de l'électricité commercialisé dans le marché de gros (IEA, 2016).**

Le Portugal a connu un développement spectaculaire de l'éolien onshore à partir des années 2000. **Le pays est passé d'une capacité installée de 100 MW en 2000 à 5 269 MW en 2017 (Figure 4), permis par un système de tarifs d'achat garantis très généreux (Figure 5).** Une partie du surcoût engendré est transféré aux consommateurs d'électricité tandis qu'une autre partie augmente le déficit – et la dette cumulée – du système électrique. Cela a généré une série de réactions critiques (Peña et al., 2017) et le gouvernement a décidé de mettre fin à ce système de soutien fin 2012. Ainsi, les centrales mises en fonctionnement à partir de 2013 ne bénéficient plus des subventions, ce qui a ralenti la croissance du secteur. Un nouveau mécanisme de promotion est toutefois entré en

1 - Europe Beyond Coal Overview : National Coal Phase-Out Announcements in Europe, 2018

vigueur en 2015 pour les petites unités de production – dont la capacité installée maximale est de 250 kW – et pour les auto-producteurs. En ce qui concerne l'éolien marin, aucune turbine ne tourne encore au large des côtes portugaises, le plancher océanique étant trop profond. L'éolien offshore passera ici par des fermes flottantes, dont une douzaine est en projet.

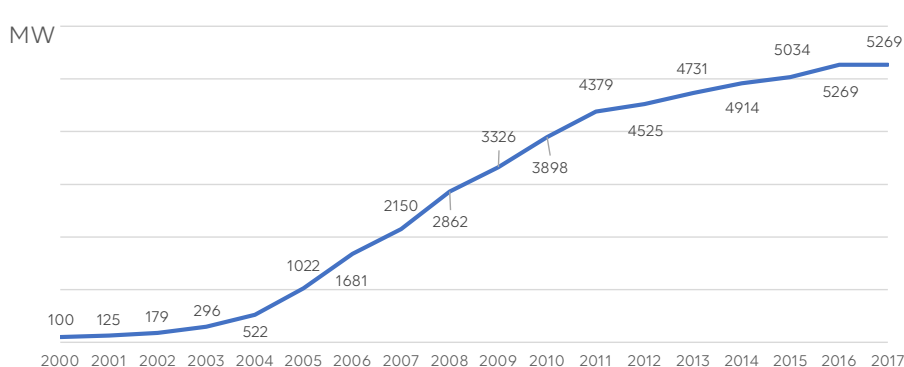


FIGURE 4. PUISSANCE INSTALLÉE D'ÉNERGIE ÉOLIENNE, PORTUGAL

Trois acteurs majeurs dominent le marché de l'éolien : ENEOP2, EDP Renováveis et Iberwind qui représentent 45% de la capacité éolienne totale installée (Peña et al., 2017). Outre ces grands acteurs, on trouve plusieurs centaines de petits producteurs d'EnR, dont la plupart est regroupé dans l'association d'énergies renouvelables (APREN). Le dispositif Omniflow (voir encadré 1) illustre le potentiel d'innovation technologique de ces petites entreprises qui commence à se diffuser au Portugal et au-delà.

D'après les estimations d'APREN (2018) les sources renouvelables pour la production d'électricité représentaient 1,8% du PIB national en 2017. La technologie qui y a le plus contribué est l'énergie éolienne, car il existe une chaîne de valeurs qui regroupe la production de composants industriels et un ensemble de services de R&D. La filière représente 55 000 emplois et 400 chercheurs travaillent dans ce domaine.

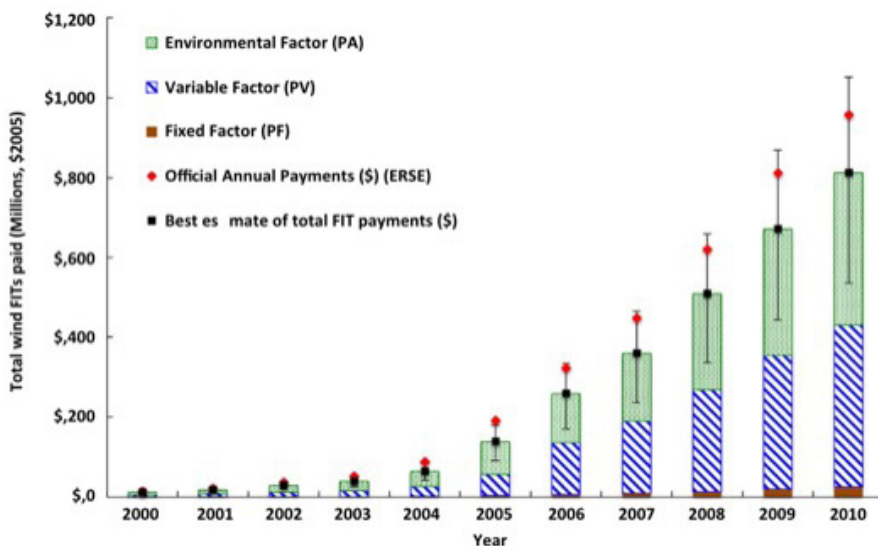


FIGURE 5. RÉMUNÉRATION PAYÉE AUX PRODUCTEURS D'ÉNERGIE ÉOLIENNE.

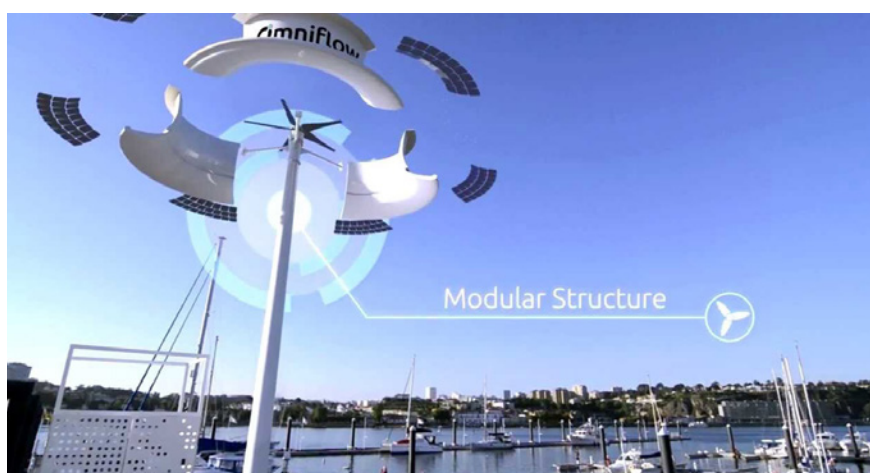
Source : Peña et al., 2017.



Omniflow, une technologie innovante qui combine solaire et éolien.

La technologie d'Omniflow combine un moteur éolien d'axe vertical avec des panneaux solaires photovoltaïques. Il s'agit d'une innovation développée par cette petite société portugaise qui a ensuite reçu le soutien financier de l'UE. Cette technologie présente plusieurs aspects novateurs : les voilures modulaires, en forme d'ailes, sont intégrées dans un dispositif circulaire reposant sur un mât de taille variable en fonction des besoins spécifiques. En son centre un axe vertical, mobile, capture et accélère le vent venant de toutes les directions, alors que l'air se trouvant au-dessus de la turbine se combine avec celui venant directement de cette dernière en un vortex cyclonique ascendant. Pour compléter le dispositif, la surface est recouverte de cellules photovoltaïques. En combinant les deux sources d'énergie, cette technologie hybride augmente la production totale d'électricité et réduit les besoins de stockage grâce à la complémentarité entre solaire et éolien. Habituellement,

le soleil est plus stable en tant que source d'énergie, mais la turbine va compenser la perte de production en hiver, car le solaire PV a sa production de pointe en été tandis que l'éolien a sa production de pointe en hiver et peut fonctionner pendant la nuit. Cette start-up vise les foyers au même titre



que les bâtiments commerciaux, et conseille les clients potentiels quant à la meilleure solution en fonction du site. Elle propose aussi un modèle adapté pour l'éclairage intelligent des rues (*Smart Street Lighting - Omnilight*).

Sources : Isento G. (10/11/2015) Omniflow é um gerador urbano com energia solar e eólica, publico.pt

ENCADRÉ 1

• **LE DÉCOLLAGE DU SOLAIRE PV** • Le coût du solaire PV a considérablement baissé ces dernières années, tout comme le prix du stockage de l'électricité en batteries. Dans un pays ensoleillé comme le Portugal, l'énergie solaire est une source très attrayante pour équilibrer l'approvisionnement déjà impressionnant du pays en énergie hydraulique et éolienne. Le Portugal a tiré parti de ce potentiel, en associant des conditions favorables au progrès technologique et permises par la stabilité du cadre réglementaire national. Les investissements récents montrent que le Portugal peut continuer à jouer un rôle actif dans le déploiement des EnR.

Le 26 juillet 2018 a marqué l'inauguration d'une nouvelle installation solaire à Ourique, Alentejo (sud-est du pays). La centrale *Ourika* est opérationnelle depuis juin après 11 mois de construction et 35 millions d'euros d'investissement. **Il s'agit de l'une des plus grandes centrales solaires d'Europe. Ses 142 000 panneaux solaires produiront 80 GWh d'énergie par an, ce qui est suffisant pour alimenter 23 000 foyers. En plus de sa taille, cette centrale présente la nouveauté d'être la première dans la péninsule ibérique à être raccordée au réseau électrique principal sans un tarif garanti ou autres subventions publiques.**

Le ministre de l'énergie du Portugal a récemment annoncé que 31 nouvelles centrales solaires seront installées au Portugal d'ici 2021, ce qui représente une capacité de production additionnelle de plus de 1 000 MW. La valeur totale des projets a été estimée à environ 800 millions d'euros. En 2021, le pays sera en mesure de tripler sa capacité installée de solaire PV, qui passera de 572 MW actuellement à près de 1 600 MW. Le gouvernement espère même multiplier par six la production d'énergie solaire d'ici à 2025.

Une centrale solaire flottante implantée dans un barrage hydroélectrique

L'entreprise EDP-Renovaveis, associée à une start-up française, teste une technologie unique en Europe : l'association d'un barrage hydroélectrique et d'une centrale solaire flottante. Le démonstrateur d'Alto Rabagão, situé tout au nord du pays, est de petite taille : 840 modules solaires PV qui occupent la surface d'un demi-terrain de football, noyé dans un bassin huit mille fois plus vaste. D'une puissance de 220 kilowatts, ils ne peuvent guère alimenter en courant qu'une centaine de foyers. Mais le test, lancé à la fin 2016, pour un coût de 450 000 euros, se révèle prometteur (*Le Monde*, 31/08/2018).



En effet, l'installation des panneaux sur un milieu aquatique présente plusieurs avantages : cela refroidit les cellules dont le rendement augmente de 4 à 10% ; il n'y a pas besoin d'utiliser des terrains ni de construire des lignes électriques supplémentaires. De plus, la centrale flottante réduit l'évaporation du réservoir et limite la prolifération des algues, signalent les responsables du projet d'EDPR.

Si le test est concluant, il sera suivi d'un projet à plus grande échelle, de 20 mégawatts (MW). EDPR, envisage de développer le procédé sur le plus grand barrage portugais, celui d'Alqueva, dans l'Alentejo, au sud du pays. Et éventuellement de l'exporter au Brésil, où l'énergéticien est très présent.

Photo : Rui Oliveira / Global Imagens

ENCADRÉ 2

3 • DES DÉFIS LIÉS À L'INTÉGRATION D'UNE PART CROISSANTE D'ÉNERGIES INTERMITTENTES

La péninsule ibérique dispose de vastes ressources éoliennes et solaires, mais elle demeure relativement isolée du reste de l'Europe ce qui entrave l'injection d'électricité renouvelable sur les réseaux centre-européens. Plusieurs projets sont en cours afin de renverser cette situation. En même temps, l'intégration des énergies intermittentes crée des défis nouveaux pour les gestionnaires des réseaux de transport et de distribution. Dans ce cadre, les smart grids se développent dans plusieurs villes du pays.

• L'INTERCONNEXION PORTUGAL – ESPAGNE – FRANCE • Au mois de mars 2018, le Portugal a produit plus d'électricité provenant des EnR qu'il n'en avait réellement besoin, ce qui représente la première fois au 21^e siècle que la production d'électricité verte d'un pays dépasse sa consommation. Cependant, le manque de connexions énergétiques avec le reste de l'Europe reste problématique.



En effet, sans un réseau électrique suffisamment connecté ou un système de stockage bien développé, une partie de cette énergie intermittente est gaspillée. C'est pourquoi, les interconnexions sont essentielles aux projets de l'union de l'énergie de l'UE afin de mettre en place un véritable marché intérieur de l'énergie, car elles permettent de transférer l'électricité excédentaire d'un État membre à un autre en fonction de la production et de la demande.

Fin 2014, neuf lignes reliaient le Portugal et l'Espagne : six de 400 kV et trois de 220 kV, ce qui permet une capacité d'échange maximale de 2 800 MW dans le sens Portugal-Espagne et 2 200 MW dans le sens Espagne-Portugal. Malgré le niveau d'interconnexion, il existe encore parfois une congestion importante entre les deux pays. Afin de remédier à cela, plusieurs projets d'investissement sont en cours, dont deux nouvelles interconnexions à 400 kV.

Par ailleurs, l'UE a fixé l'objectif d'augmenter la capacité d'interconnexion électrique à 10% de la puissance installée dans chaque pays d'ici 2020 et de 15% d'ici 2030. Pour ce faire, des efforts particuliers sont nécessaires pour relier la péninsule ibérique et intégrer les énergies intermittentes de manière efficace. La réalisation des projets d'interconnexion prévus entre le Portugal, l'Espagne et la France permettra d'augmenter les échanges d'électricité. Le Portugal et l'Espagne seront en mesure d'exporter l'électricité renouvelable excédentaire, en particulier l'énergie éolienne et l'énergie hydraulique. À l'inverse, quand la production d'énergie éolienne est faible ou les ressources hydroélectriques restreintes, davantage d'électricité en provenance de la France pourrait affluer dans la région.

En juin 2015 la Commission européenne, la France, le Portugal et l'Espagne ont signé un protocole d'accord pour la création d'un groupe de haut niveau concernant l'Europe du Sud-Ouest sur les interconnexions.

Actuellement, plusieurs projets sont en cours :

- **Ligne du golfe de Gascogne.** Approuvé par la Commission Européenne en janvier 2018, le projet comprend l'installation d'une ligne sous-marine longue de 280 km dans la fosse de Capbreton (Landes). La partie terrestre française sera entièrement souterraine. Avec cette nouvelle ligne, la capacité d'interconnexion entre les deux pays sera quasiment doublée, passant de 2 800 à 5 000 MW. Cela permettra à l'Espagne de se rapprocher de l'objectif d'interconnexion de 10% en 2025, le niveau actuel étant de 6%. Ce projet a reçu un financement record de l'UE de 578 millions d'euros (*Connecting Europe Facility-Energy*).

- **Projet Santa Llogaia-Baixas (INELFE)².** L'achèvement en juin 2017 du transformateur à Arkale, en Espagne, a permis l'utilisation complète de la ligne Santa Llogaia-Baixas entre l'Espagne et la France, doublant la capacité d'interconnexion électrique entre les deux pays qui est passée de 1 400 à 2 800 MW. Cette ligne s'étend sur 64,5 km, dont 33,5 km en France et 31 km en Espagne. Elle relie les communes de Baixas dans le Roussillon (France) et de Santa Llogaia dans l'Alt Empordà (Espagne). Le tracé définitif pour la partie française a été finalisé après 15 mois de concertations avec les représentants des collectivités et les associations locales. L'un des objectifs d'INELFE est de limiter l'impact environnemental de l'interconnexion, tant durant la phase de conception que dans sa mise en œuvre. La première mesure a été de mettre la ligne en souterrain et de creuser une galerie technique pour traverser les Pyrénées. Bien que plus coûteuse, cette solution a permis entre autres de préserver les pistes forestières du massif des Albères.

- **Projet d'interconnexion entre l'Espagne et le Portugal** (Ponte Lima - Vila Nova Famalicão - Recarei (PT) et Beariz - Fontefría (ES)). Il s'agit d'un projet classique de technologie aérienne à 400 kV, qui reliera la Galice à la région portugaise de Minho et augmentera la capacité d'échange entre l'Espagne et le Portugal jusqu'à ce qu'il atteigne l'objectif intergouvernemental de 3,2 GW de capacité d'échange. Cette capacité permettra l'intégration complète du marché ibérique de l'électricité, en plus d'améliorer la gestion des EnR. La date de mise en service du projet est prévue pour 2021.

Ces projets, soutenus par la Commission Européenne et les gouvernements du Portugal, de la

2 - inelfe.eu/fr/projets/baixas-santa-llogaia

France et de l'Espagne, constituent une avancée importante vers la fin de l'isolement de la péninsule ibérique par rapport au reste du système européen de l'énergie.

• SMART GRIDS POUR SMART CITIES : L'EXEMPLE DE LA VILLE D'ÉVORA • Évora, est une ville de 56 596 habitants (2011), chef-lieu de la région de l'Alentejo, dans le centre-sud du Portugal. Elle est devenue la première ville du pays à avoir testé certaines technologies de *smart grids* à grande échelle via le projet *InovGrid*. Le projet *InovGrid* est développé par l'énergéticien EDP en étroite coopération avec plusieurs organisations, notamment des instituts de recherche et des universités en Europe, des partenaires industriels, des autorités locales et nationales, des associations du secteur de l'énergie et des régulateurs, les communautés concernées et d'autres parties prenantes. ***InovGrid* vise à transformer le réseau de distribution et à apporter une solution à plusieurs défis conformément aux politiques gouvernementales : la nécessité d'accroître l'efficacité énergétique, de réduire les coûts, d'intégrer les producteurs d'électricité intermittente ainsi que les véhicules électriques (VE).**

Un élément important d'*InovGrid* a été le déploiement d'une infrastructure de réseaux intelligents, qui a commencé dans la commune d'Évora en 2011. La nouvelle infrastructure s'étend sur l'ensemble du territoire de la ville pour atteindre environ 32 000 consommateurs d'électricité. Ses principaux composants sont :

- des boîtiers intelligents, installés chez tous les clients de basse tension, qui offrent des solutions de pointe telles que les relevés en temps réel de la demande, les diagrammes de charge, les courbes de tension, etc. ;
- des contrôleurs de transformateurs de distribution installés dans chaque sous-station secondaire, qui agissent comme concentrateurs de données et comme dispositifs locaux de comptage, de surveillance de la qualité de l'approvisionnement et d'automatisation ;
- un réseau de communication basé sur la communication par courant porteur et les technologies de service radio, qui relie les boîtiers informatiques et les contrôleurs aux systèmes de tête de réseau ;
- des stations de charge pour les VE ;
- des systèmes d'éclairage public efficaces, basés sur des luminaires LED à commande avancée.

Au-delà de la mise en œuvre de l'infrastructure physique, *InovCity* cherche à améliorer la communication entre les différentes parties intéressées, en proposant divers outils et services (afficheurs, applications pour smartphones, etc.) et en impliquant les autorités locales dans un effort commun pour améliorer l'efficacité énergétique.

La municipalité d'Évora a eu un rôle actif dans ce projet, en participant financièrement et en permettant la réalisation des premiers tests dans les bâtiments publics de la ville. Ce projet était encadré par le plan d'action de la ville pour une énergie durable³, de 2012, qui visait à réduire les émissions de GES de 20% jusqu'à 2020.

Le projet à Évora a révélé plusieurs des avantages des réseaux intelligents, notamment : l'amélioration de l'efficacité énergétique (réduction de 3,9% de la consommation d'électricité) ; l'augmentation de l'efficacité opérationnelle et technique ; l'amélioration de la qualité de service (détection et traitement des pannes, surveillance de la qualité de l'approvisionnement) ; la réduction des pertes d'énergie, résultant d'une baisse de la demande et d'une meilleure gestion du réseau ; la réduction de la fraude ; l'amélioration des capacités d'intégration des ressources énergétiques distribuées et des VE.

Actuellement, le projet s'étend à d'autres villes portugaises, dont Guimarães, Lamego, Batalha/Marinha Grande, Alcochete, Algarve et São João Madeira, atteignant plus de 150 000 consommateurs fin 2014. De plus, à partir de 2015, toutes les nouvelles installations utilisent des boîtiers numériques, ce qui en fait la technologie standard au Portugal⁴.

3 - cm-evora.pt/pt/site_viver/Habitar/ambiente/PublishingImages/Paginas/Evoracarbonozero/PAES_Evora2012.pdf
4 - <http://www.gridinnovation-on-line.eu/articles/library/inovgrid-project---edp-distribuicao-portugal.kl>



Brain-e, un réseau social pour mieux consommer l'électricité

La plate-forme en ligne Brain-e permet aux utilisateurs de réduire leur consommation d'énergie de manière simple et interactive. «*Le marché de l'énergie est un marché en plein essor, et pourtant il est marqué par un manque de sensibilisation des consommateurs.*» C'est l'idée qui a donné naissance à Brain-e, une plate-forme intelligente de gestion de la consommation d'énergie. «*Peu sont ceux qui savent combien ils consomment, ce qu'ils consomment, quels prix sont pratiqués par le marché ou comment économiser*», expliquait Luis Guerreiro, l'un des jeunes impliqués dans le projet (publico.pt/2015/09/22).

Brain-e collecte des informations sur la consommation d'énergie disponibles en format numérique et présente des informations aux utilisateurs de manière simple. Grâce à la plate-forme, les consommateurs ont des indications sur la manière d'économiser de l'énergie, des informations sur les prix du marché et des prévisions de consommation et du potentiel de production d'énergie. Ils peuvent également coopérer avec leurs amis et voisins dans la gestion de leur consommation à travers les communautés.

Les gestes pour économiser de l'énergie sont simples, par exemple laver les vêtements une heure plus tard que la normale ou éteindre cer-

tains appareils pendant la nuit. Ce réseau social veut être un facilitateur dans la modification des habitudes quotidiennes de consommation d'énergie, en fournissant au consommateur des informations qui lui permettront de surveiller leur consommation. Ce projet vise également à créer des communautés de gestion de l'énergie, ce qui crée des incitations à réduire conjointement la consommation d'un certain lieu.

Brain-e est gratuit pour les utilisateurs, qui peuvent économiser de l'énergie, économiser de l'argent et contribuer à réduire les émissions de CO₂. Il est né du travail d'une équipe de six entrepreneurs - quatre ingénieurs, un chercheur en sciences sociales et un designer. À l'heure actuelle, l'équipe a deux objectifs importants : lancer une version 1.0 de la plate-forme qui peut être testée par un nombre limité d'utilisateurs et trouver un partenaire commercial qui souhaite innover dans les services qu'il fournit à ses clients (publico.pt/2015/09/22).

«*La plus grande difficulté sera le nombre limité d'appareils numériques capables de lire la consommation d'énergie au Portugal. C'est pourquoi nous envisageons d'autres marchés au niveau international, où ces dispositifs sont plus courants*», explique Luis Guerreiro.

Sources : www.publico.pt/2015/09/22/p3/noticia/uma-rede-social-de-poupanca-de-energia-1824238

ENCADRÉ 3

CONCLUSION

Le Portugal connaît depuis quelques années un développement soutenu des énergies renouvelables pour la production d'électricité. Cette transition est guidée par des politiques volontaristes – européennes et surtout nationales – mais également par les actions de différents acteurs, que ce soit l'énergéticien historique ou de nouvelles entreprises innovantes. De plus, l'action de certaines villes comme Évora montre l'importance du rôle joué par les collectivités territoriales. Malgré ces progrès, le pays a encore un long chemin à parcourir avant d'atteindre un mix électrique complètement décarboné.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE : CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

RAPPORTS ET BASES DE DONNÉES :

- Portugal - Energy system Overview, International Energy Agency (chiffres 2016)
- Energy Policies of IEA Countries - Portugal 2016 Review, International Energy Agency (last update)
- Energy and Climate, Relatório do Estado do Ambiente - State of the Environment Portal (chiffres 2016, last update mai 2018)
- APREN (Associação de Energias Renováveis), Renewable Electricity in Portugal (Décembre 2017)

LITTÉRATURE GRISE :

- CCS Institute (01/04/2015) CO₂ Capture and Storage in Portugal : A bridge to a low-carbon economy
- Europe Beyond Coal (22/06/2018) Overview : National coal phase-out announcements in Europe
- ProgRESHeat (21/11/2017) Local heating and cooling strategy recommendations for Matosinhos – Deliverable 5.4

LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE :

- Nunes L.J.R. & al. (2017) Biomass in the generation of electricity in Portugal : A Review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 71, Mai 2017
- Prata R. & al. (2018) Distributional costs of wind energy production in Portugal under the liberalized Iberian market regime, Energy Policy 113, Février 2018, pp. 500-512.
- Peña I. & al. (2017) Lessons from wind policy in Portugal, Energy Policy 103, Avril 2017, pp. 193-202
- Delgado J. & al. (2018) Impacts of plug-in electric vehicles in the portuguese

PRESSES :

- Isento G. (10/11/2015) Omniflow é um gerador urbano com energia solar e eólica, publico.pt
- Neslen A. (18/05/2016) Portugal runs for four days straight on renewable energy alone, The Guardian
- Morgan S. (04/05/2018) Le Portugal dépasse les 100 % d'énergie renouvelable, Euractiv
- Stefanini S. (22/08/2016) Portugal's clean-power problem, Politico
- Collet S. (25/01/2018) L'interconnexion entre la France et l'Espagne reçoit une subvention européenne record, actu-environnement.com
- (27/07/2018) European solidarity on Energy : Better integration of the Iberian Peninsula into the EU energy market, europa.eu
- (22/02/2018) Portugal extends area of pilot floating wind turbine project, theportugalnews.com





Les États-Unis : vers un leadership climatique bottom up ?

Le secteur électrique américain est un cas plus que révélateur de l'importance des acteurs non-étatiques. En juin 2017 le gouvernement fédéral annonçait la sortie des États-Unis de l'Accord de Paris semant des forts doutes sur la capacité du pays à poursuivre la naissante décarbonation de son économie. Cependant, des gouverneurs, des maires et des PDG des entreprises américaines ont immédiatement réagi. Quelques heures après l'annonce du gouvernement Trump, une coalition sans précédent regroupant aujourd'hui plus de 2 700 États, villes et entreprises, « s'est ralliée » à l'accord de Paris sous le slogan « *We Are Still In* ». Comment ces initiatives se traduisent-elles par des mesures concrètes au niveau des États, des villes et des entreprises ? Seront-elles suffisantes pour assurer une trajectoire de décarbonation profonde du secteur électrique américain ? Afin d'apporter des éléments de réponse, nous analyserons en trois parties l'évolution récente des émissions de CO₂ du secteur électrique des États-Unis et le rôle des différents acteurs non-étatiques.

Principal rédacteur • GERMÁN BERSALLI • Chercheur associé, Univ. Grenoble Alpes, CNRS, INRA, Grenoble INP, GAEL

SOMMAIRE

1 • LE DÉFI FARAMINEUX DE DÉCARBONER LE SYSTÈME ÉLECTRIQUE AMÉRICAIN

- Les émissions du secteur électrique continuent à diminuer
- Le déclin du charbon se confirme face à la montée du gaz naturel et des EnR

2 • LE DYNAMISME DES VILLES ET DES ÉTATS S'OPPOSE AU RETRAIT DU GOUVERNEMENT FÉDÉRAL

- Une politique climatique fédérale hautement insuffisante
- Les États ouvrent la voie des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique
- Des villes de plus en plus engagées

3 • LE RÔLE DES ENTREPRISES ET DES INITIATIVES CITOYENNES

- Des entreprises intègrent la dimension climatique dans leurs stratégies
- Le mouvement « démocratie énergétique »



1 • LE DÉFI FARAMINEUX DE DÉCARBONER LE SYSTÈME ÉLECTRIQUE AMÉRICAIN

Le système électrique des États-Unis est un réseau complexe de production, de transport et de distribution d'électricité fournissant près de 4 000 térawattheures d'énergie électrique produite par environ 7 000 centrales (à travers plus d'un million de kilomètres de lignes de transport à haute tension et plus de 10 millions de kilomètres des lignes de distribution à basse tension), avec près de 160 millions de clients résidentiels, commerciaux et industriels.

Dans un système depuis longtemps basé sur les énergies fossiles, une trajectoire de décarbonation profonde conduisant à des émissions nulles vers 2050 représente un défi titanesque pour l'ensemble des acteurs concernés et requiert des politiques volontaristes à différents niveaux.

• **LES ÉMISSIONS DU SECTEUR ÉLECTRIQUE CONTINUENT À DIMINUER** • Avec 15,7 tCO₂/habitant en 2016, les États-Unis demeurent parmi les dix pays les plus émetteurs per capita de la planète. Si l'on considère les émissions totales de CO₂ du secteur énergétique, il est le deuxième plus gros émetteur après la Chine, avec 5 073 MtCO₂ en 2017. De ce total 34% correspond au secteur électrique.

Après avoir atteint un pic en 2007, les émissions de CO₂ dues à la production publique de chaleur et d'électricité diminuent depuis, se situant au plus bas niveau depuis 1990. Ainsi, elles ont diminué de 3,7% en 2017, confirmant leur tendance à la baisse des années précédentes (Figure 1). Cela est dû principalement à la baisse progressive de l'intensité carbone du mix électrique américain (CO₂ / kilowattheure). Ainsi, le remplacement partiel du charbon par le gaz naturel et l'augmentation de la part des sources non-carbonées ont entraîné une baisse de l'intensité en carbone de la production d'électricité.

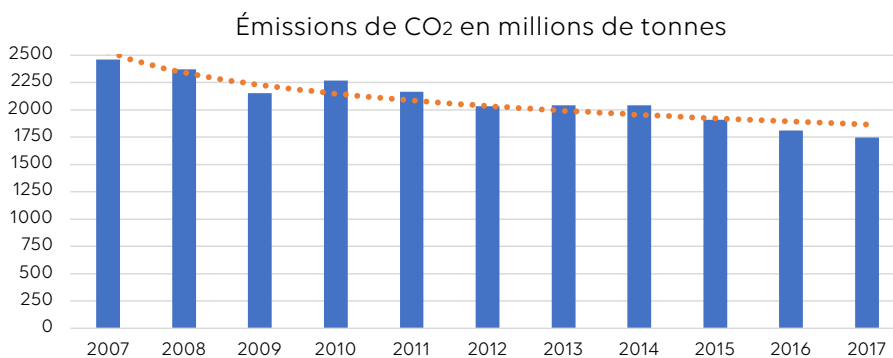


FIGURE 1. ÉMISSIONS DE CO₂ DE LA PRODUCTION PUBLIQUE D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHALEUR.

Source : construction de l'auteur à partir des données d'ENERDATA

D'après l'analyse 2018 de l'Agence d'information sur l'énergie (*Energy Information Administration* ou *EIA*) nommée « *U.S. Energy-Related Carbon Dioxide Emissions* », **deux facteurs fondamentaux ont contribué à réduire l'intensité en carbone de la production d'électricité depuis 2005 : le remplacement de la production à partir du charbon par une production à partir du gaz naturel à cycle combiné moins consommatrice et plus efficace, ainsi que le déploiement des EnR, notamment l'éolien et le solaire.** Selon l'EIA, le premier facteur a expliqué 61% de l'amélioration de l'intensité carbone tandis que les EnR expliquent les 39% qui reste. Quant à la production d'énergie nucléaire, elle n'a presque pas varié entre 2005 et 2017.

En ce qui concerne la production totale d'électricité, elle a légèrement diminué entre 2005 à 2017. Sur cette période la production d'électricité à partir de combustibles fossiles a diminué d'environ 14% et la production d'électricité non carbonée a augmenté de 33%.

La consommation d'électricité des États-Unis, qui a diminué de 2% en 2017, est restée relativement stable pendant la dernière décennie. Malgré une croissance du PIB de presque 22% entre 2005 et 2017, la consommation d'électricité a augmenté d'à peine 2,7%, ce qui montre l'effet considérable de l'amélioration de l'efficacité énergétique. Néanmoins, différents modèles prospectifs (EIA, 2018)

montrent que la demande d'électricité devrait repartir à la hausse dans les années à venir, au fur et à mesure que l'électrification de l'économie, notamment du transport, se confirmera.

Emissions de CO₂ (grammes) par kWh produit

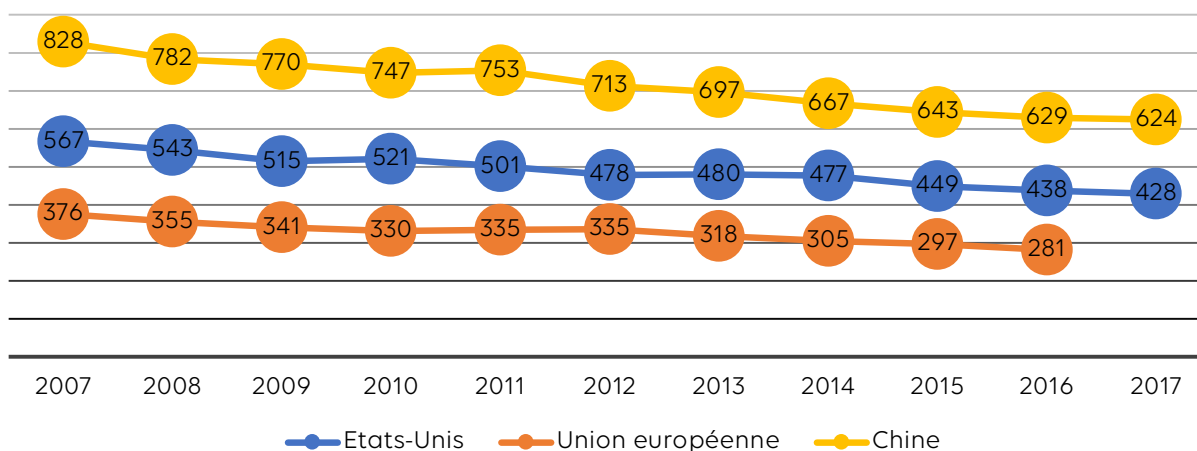


FIGURE 2. INTENSITÉ CARBONE DU MIX ÉLECTRIQUE.

Source : construction de l'auteur à partir des données d'ENERDATA

Cela renforce le besoin de poursuivre la décarbonation de la production d'électricité. La figure 2 ci-dessus montre la diminution de l'intensité carbone du mix électrique américain qui demeure cependant bien au-dessus de la moyenne d'autres régions développées comme l'UE. L'actuelle situation politique et économique des États-Unis permettra-t-elle de poursuivre, voire d'accélérer, la décarbonation du secteur électrique ? Si le changement de politique énergétique proposé par le nouveau gouvernement conservateur menace la poursuite d'une telle dynamique, l'année écoulée reste marquée par la fermeture de nombreuses centrales à charbon.

• LE DÉCLIN DU CHARBON SE CONFIRME FACE À LA MONTÉE DU GAZ NATUREL ET DES ENR

Même si le président américain a déclaré vouloir mettre fin à « la guerre au charbon », les spécialistes du secteur prévoient une poursuite de la fermeture des centrales. Le parc électrique au charbon des États-Unis demeure gigantesque (selon l'EIA, environ 246 GW de capacité étaient toujours en activité en juillet 2018), mais il semble de plus en plus vulnérable. Les mises à l'arrêt annoncées pour la période 2018 à 2024, soit un total de 36,7 GW, s'élèvent à environ 15% du total actuel (Feaster, 2018).

L'EIA prévoit que le gaz naturel représentera 35% de la production d'électricité en 2018 et 2019, contre 28% il y a cinq ans. La part des EnR autres que l'hydroélectricité, principalement l'énergie éolienne et solaire, devrait également augmenter pour atteindre 10% en 2018 et près de 11% en 2019. En revanche, la part du charbon devrait chuter à 27% en 2019, contre 39% en 2014 (Feaster, 2018).

Cette dynamique semble continuer dans ce sens se poursuivre : d'une part, le niveau d'investissements dans les EnR reste solide et les coûts continuent de baisser, d'autre part, l'augmentation de la production interne de gaz devrait maintenir son prix relativement faible et stable dans un avenir proche.

L'âge des centrales devient également un facteur significatif pour l'industrie charbonnière américaine. La majeure partie du parc des centrales à charbon du pays a été construite dans les années 60, 70 et 80, et beaucoup de ces unités approchent de la fin de vie « normale ». Les données de S&P Global montrent qu'en 2017, les deux tiers des livraisons de charbon ont été acheminés vers des centrales âgées d'au moins 38 ans et près de 15% sont allés à des centrales âgées d'au moins 55 ans¹.

1 - S&P Global, Coal's 'Aging-Out' Problem, Jan. 30, 2018 (coal deliveries from Nov. 1, 2016 to Oct. 31, 2017)



Production d'électricité par source (en GWh)

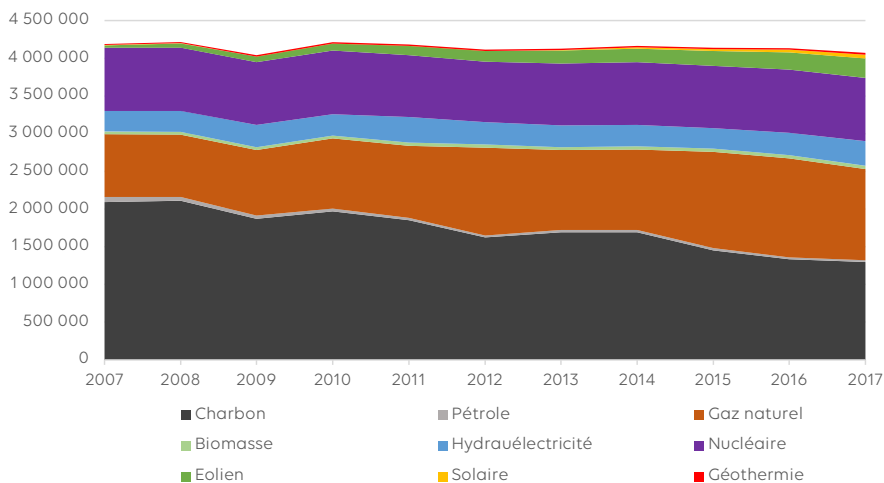


FIGURE 3. PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ PAR SOURCE (GWH/AN)

Source : construction de l'auteur à partir des données d'ENERDATA

En revanche, une grande partie de la capacité de production de gaz naturel des États-Unis a été construite depuis 2000, et la plupart des installations éoliennes et solaires ont moins de 10 ans². Un nombre important de nouvelles centrales à gaz, éoliennes et solaires deviennent opérationnelles chaque année, alors que peu de nouvelles centrales au charbon ont été mises en service au cours des cinq dernières années et que peu, voire aucune, seront probablement construites à l'avenir (Feaster, 2018).

Par ailleurs, le charbon présente de graves désavantages concurrentiels par rapport aux EnR et au gaz naturel. Dans les régions du pays où ces derniers sont abondants, des centrales au charbon encore plus récentes sont fermées. Par exemple, la centrale n°5 de Sandow au Texas (600 MW ; mise en service en 2010) a été mise à la retraite en janvier 2018, quelques mois seulement après l'annonce de sa fermeture (Feaster, 2018).

Les centrales à gaz présentent un avantage technique par rapport aux centrales à charbon. Elles peuvent généralement réagir rapidement aux fluctuations de la demande, en augmentant ou en diminuant leur production au fil de la journée. Ceci leur permet de bien s'intégrer à l'éolien et au solaire pour répondre au cycle de la demande quotidienne tout en restant économiquement compétitives (Feaster, 2018). Les centrales à charbon, en revanche, sont plus efficaces lorsqu'elles fonctionnent en permanence. Leurs coûts d'exploitation et de maintenance augmentent lorsqu'elles sont soumises à un cycle³ et lorsqu'elles sont arrêtées pendant de longues périodes.

En plus de ce désavantage technico-économique, les centrales à charbon subissent les contre-coups d'une réglementation plus lourde principalement au niveau des États et de la pression de différents groupes écologistes comme le *Sierra Club*.

En mars 2018, l'entreprise privée de service public *First Energy* a demandé à l'administration Trump d'intervenir pour maintenir les centrales à charbon et nucléaires en difficulté. Le gouvernement n'a jusqu'à présent pris aucune mesure pour maintenir les centrales électriques ouvertes, mais l'administration envisageait d'utiliser le pouvoir exécutif en vertu de la législation sur la sécurité nationale enfin d'enrayer la vague de fermeture. Cependant, aucun plan officiel n'a été présenté.

L'association des producteurs américains de charbon (ACCCE) prévoit également que d'ici à 2020, au moins 26 000 MW de centrales à charbon seront supprimés. Cette association considère que la plupart de ces fermetures obéissent aux politiques de l'*Environmental Protection Agency (EPA)* imposées sous l'administration Obama. L'ACCCE a soutenu les efforts de l'administration Trump visant à abaisser la réglementation de l'EPA et à trouver des moyens d'empêcher la fermeture des centrales à charbon en difficulté.

2 - EIA, "Most coal plants in the United States were built before 1990," *Today In Energy*, April 17, 2017 3 - C'est-à-dire quand elles fonctionnent à différents niveaux de production tout au long de la journée, ou de façon saisonnière

Dans l'ensemble, ces tendances indiquent que le secteur de la production d'électricité est entré dans une transition justifiée par des fondamentaux économiques et environnementaux. L'infrastructure du charbon est vieillissante et inflexible ; le coût des EnR continue à baisser ; les entreprises privées de services publics adoptent la production décentralisée au fur et à mesure qu'elles modernisent leurs systèmes ; et le gaz naturel offre plus de souplesse en étant moins polluant que le charbon (Feaster, 2018).

En parallèle, un nombre assez impressionnant d'innovations continuent à émerger notamment dans les technologies permettant le stockage de l'électricité. Dans ce cadre, certaines analyses montrent que si les coûts de l'énergie éolienne, solaire et du stockage continuent de baisser, les EnR deviendront bientôt plus compétitives non seulement par rapport au charbon mais aussi par rapport au gaz naturel. Cela est d'ores et déjà constaté dans certains endroits comme à l'ouest du Colorado (Cleantechnica, 2018).

2 • LE DYNAMISME DES VILLES ET DES ÉTATS S'OPPOSE AU RETRAIT DU GOUVERNEMENT FÉDÉRAL

Alors que le gouvernement fédéral tourne le dos aux politiques climatiques, tous les regards sont tournés vers les villes, les États, les entreprises, les universités et d'autres acteurs pertinents. Une analyse récente suggère que les objectifs des acteurs non-étatiques enregistrés et quantifiés, s'ils sont pleinement mis en œuvre, pourraient se rapprocher de l'engagement pris par les États-Unis lors de l'accord de Paris, entraînant une réduction des émissions de 17 à 24% en 2025 par rapport à 2005. 22 États, 550 villes et 900 entreprises implantées aux États-Unis ont pris des engagements en matière de lutte contre le changement climatique, et les 50 États ont adopté au moins une politique susceptible de réduire les émissions (Climate Action Tracker, 2018).

• **UNE POLITIQUE CLIMATIQUE FÉDÉRALE HAUTEMENT INSUFFISANTE** • La politique climatique américaine est actuellement considérée hautement insuffisante pour conduire le pays vers une trajectoire de décarbonation profonde de son économie (Climate Action Tracker, 2018), fortement ébranlée par l'administration Trump en 2018. Si les actions proposées sont pleinement mises en œuvre, les projections d'émissions de GES pour l'année 2030 pourraient augmenter jusqu'à 400 MtCO₂eq par rapport à ce qui avait été projeté fin 2015. C'est presque autant que l'ensemble des émissions de l'État de Californie en 2016. Le gouvernement fédéral a proposé de remplacer le Clean Power Plan (CPP), de geler les normes d'efficacité des véhicules après 2020, et de ne pas appliquer les normes visant à limiter les émissions extrêmement puissantes des hydrofluorocarbures (HFC). L'administration affaiblit également les normes concernant les fuites de méthane provenant de la production de pétrole et de gaz (Climate Action Tracker, 2018).

Le Clean Power Plan, que l'administration Obama a publié en vertu du Clean Air Act, visait à réduire les émissions du secteur de l'électricité de 32% d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 2005, en fixant des objectifs pour chaque État individuellement. La mise en œuvre réussie du CPP aurait été une étape importante dans le renforcement de l'action climatique américaine. Toutefois, en août 2018, l'EPA a proposé de remplacer le CPP par le Affordable Clean Energy (ACE) Rule (EIA, 2018) qui limiterait la portée du plan à la réduction des émissions en établissant des règles plus souples pour les centrales à charbon et en permettant aux États d'établir leurs propres normes (EPA, 2018). Il s'agit d'un écart important par rapport au CPP, qui devait obliger tous les États à respecter les normes d'émissions et qui se traduira probablement par des émissions allant jusqu'à 81 MtCO₂eq/an en 2025 et 212 MtCO₂eq/an en 2030 (Climate Action Tracker, 2018).

Le gouvernement fédéral a joué un rôle assez fort dans la diffusion des biocarburants, mais son rôle a été beaucoup moins important en ce qui concerne les EnR électriques. **L'électricité renouvelable aux États-Unis s'est développée en grande partie grâce aux politiques incitatives des États, appuyées, entre autres, par des incitations fiscales fédérales. À bien des égards, les États ainsi que**



les gouvernements locaux et des organisations régionales se sont montrés plus ambitieux que le gouvernement fédéral.

• **LES ÉTATS OUVRENT LA VOIE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE** • Au niveau infranational, 29 États ont mis en place des systèmes de quotas obligatoires en matière d'EnR (*Renewable Portfolio Standards, RPS*) et 9 ont fixé des objectifs volontaires (*America's Pledge, 2017*). D'autres mesures incitatives ont été également mises en place comme le système de facturation nette ou des crédits subventionnés pour des projets d'EnR. Les RPS sont des instruments de politique assez flexibles qui exigent que les fournisseurs d'électricité obtiennent un pourcentage minimal de leur énergie à partir de sources d'énergie renouvelables à une certaine date. Chaque État établit un quota (généralement un pourcentage d'EnR) et l'entreprise choisit de remplir son mandat en utilisant une combinaison de différentes sources (éolienne, solaire, biomasse, géothermique ou d'autres sources renouvelables). Certains RPS spécifieront la combinaison de technologies, tandis que d'autres la laisseront au marché.

Alors que le premier RPS a été établi en 1983, la majorité des États ont adopté ou renforcé leurs normes après 2000 (IEA/IRENA, 2018). Le quota obligatoire est généralement accompagné par un élément de flexibilité économique : un système de crédits échangeables d'électricité renouvelable (des « certificats verts »). Les fournisseurs d'électricité remplissent leur obligation en produisant eux-mêmes de l'électricité renouvelable ou en achetant des certificats excédentaires d'autres producteurs.

Les États disposent du pouvoir de dicter individuellement des politiques de protection de l'environnement, et, cette dernière année, beaucoup ont renforcé certaines normes climatiques et énergétiques. Au cours des derniers mois, les congrès des États ont proposé des centaines de projets de loi relatifs à la production d'énergie propre, à la réduction des émissions de GES, ainsi qu'aux réglementations et mesures en faveur de la protection de l'environnement. Beaucoup cherchent également des moyens de taxer l'émission de carbone, d'encourager les installations à énergie solaire et d'exiger des avancées dans la technologie des EnR en général (Green Gazette, 2017). L'organisation scientifique *Union of Concerned Scientists* (UCS) a récemment proposé et appliqué une méthodologie qui examine l'évolution des énergies propres dans l'ensemble du pays. En examinant 12 paramètres, dont la création d'emplois dans les énergies propres, l'avancement de la part des EnR et la réduction de la pollution des centrales électriques, le rapport identifie les États qui progressent le plus vers un avenir durable. L'analyse de l'UCS distingue clairement des leaders parmi les 50 États américains :

- **La Californie** ouvre la voie des énergies propres. Le Golden State figure en tête en matière d'adoption de véhicules électriques et figure parmi les cinq premiers sur six autres indicateurs : la capacité solaire résidentielle par ménage, les économies d'énergie, les emplois liés aux énergies propres, les objectifs standard en matière d'électricité renouvelable, la facilité d'achat d'énergie renouvelable par les entreprises et les objectifs de réduction des émissions de carbone (Voir Encadré 1 ci-dessous).
- **Le Vermont**, en deuxième position, est l'État qui occupe le premier rang en termes d'emplois dans le secteur des énergies propres et pour son objectif de réduction des émissions de carbone. Il est aussi parmi les premiers en ce qui concerne les économies d'énergie, l'adoption de véhicules électriques et la politique d'efficacité énergétique.
- **Le Massachusetts**, à la troisième place, possède la réglementation en matière d'efficacité énergétique la plus solide et se classe parmi les cinq premiers en termes de capacité solaire résidentielle par ménage, d'économies d'énergie, d'emplois en énergie propre par habitant et d'objectifs de réduction d'émissions.

Cependant, d'autres projets de loi s'opposent à la transition vers une énergie propre. Des propositions de loi pourraient mettre fin au système de facturation nette pour les « prosommateurs » (qui produisent et consomment leur propre énergie) d'énergie solaire, qui gagnent en popularité dans l'Indiana et le Missouri. Les législateurs du Wyoming ont envisagé de pénaliser les producteurs

éoliens et solaires à grande échelle. Surtout, de nombreux États n'ont pas de lois pour atteindre leurs objectifs de réduction des émissions de GES.

Il semble pertinent de souligner également que certains États comme le Texas, moins favorables à l'action climatique et bastions des énergies fossiles, connaissent des progrès remarquables en matière d'EnR. Si la Californie est le champion du solaire, le Texas l'est pour l'éolien. Cet État du sud possède l'un des marchés de l'électricité les plus ouverts et concurrentiels du pays et dispose à nos jours de la capacité installée en énergie éolienne la plus importante des États-Unis avec 22 GW ! En raison de son faible coût marginal, cette énergie a la priorité sur le système électrique texan et durant certains mois elle a déjà fourni un quart de l'électricité consommée dans l'État. Ainsi, d'autres sources de production plus coûteuses, comme le charbon, sont chassées du marché.

Malgré quelques exceptions, il est clair donc que ce sont les États, plus que le gouvernement fédéral, qui conduisent les actions de décarbonation du secteur électrique, à travers deux axes principaux : la promotion des EnR et l'amélioration de l'efficacité énergétique.

L'État de la Californie : une politique énergétique durable.

La Californie a adopté un programme agressif pour la promotion des EnR. La pièce maîtresse du programme est le système de *Renewable Portfolio Standard*, instauré en 2002, qui exige que le pourcentage des ventes d'électricité au détail de l'État qui proviennent de sources renouvelables augmente chaque année (Ballotpedia 2018). Ce pourcentage doit atteindre 33% d'ici 2020 et 50% d'ici 2030. Parmi les autres outils juridiques à l'appui de cet effort, mentionnons un tarif de rachat pour les petits producteurs d'électricité renouvelable. De plus, l'État a introduit en 1996 un système sur la facturation nette qui permet aux clients qui produisent leur propre électricité renouvelable de vendre une partie au réseau.

La Californie possède également la législation la plus ambitieuse du pays en matière de changements climatiques. Le *Global Warming Solutions Act* de 2006 (connu sous le nom de AB 32) oblige l'État à réduire ses émissions de GES aux niveaux de 1990 d'ici 2020. L'AB 32 confie au *California Air Resources Board* (CARB) la tâche de choisir les outils juridiques et politiques pour atteindre cet objectif. Le CARB a choisi de mettre en œuvre un programme de plafonnement et d'échange de permis d'émission.

Le programme plafonne l'ensemble des émissions de GES, puis réduit annuellement la limite globale des émissions jusqu'à ce que l'objectif de 2020 soit atteint. En 2014, la Californie a lié son système de *cap-and-trade* au système de plafonnement et d'échange de droits d'émission du Québec, créant ainsi un marché d'échange de droits d'émission plus vaste qui devrait contribuer à une réduction des coûts (Dernbach, 2018).

En 2016, le parlement californien a adopté une loi fixant un objectif de réduction des émissions de GES de 40% par rapport aux niveaux de 1990 d'ici 2030 ce qui entraîne le besoin d'adapter le système de *cap-and-trade* pour tenir compte du nouvel objectif.

Le programme de plafonnement et d'échange n'est qu'une partie du plan global de la Californie pour atteindre les réductions des émissions " technologiquement réalisables " et " coût-efficaces " que l'AB 32 exige. La Californie limite également l'intensité carbone de nouveaux contrats d'approvisionnement à long terme en électricité de sorte que le fournisseur ne peut produire plus qu'une centrale à cycle combiné au gaz naturel qui émet la moitié environ des émissions d'une centrale au charbon.

ENCADRÉ 1

• **DES VILLES DE PLUS EN PLUS ENGAGÉES** • De nombreuses villes américaines ont pris publiquement l'engagement de réduire les émissions de carbone et de lutter contre le changement climatique par le biais d'initiatives telles que le Pacte des Maires, *We Are Still In*, ou en établissant leurs propres plans d'action pour le climat.



Coordonnées par l'influente ONG progressiste Sierra Club, au moins 80 villes américaines se sont engagées à atteindre une production d'électricité 100% renouvelable dans les décennies à venir. Aux États-Unis, six villes - **Aspen, Burlington, Georgetown, Greensburg, Rock Port et Kodiak Island** - ont déjà atteint leurs objectifs. Ces six villes génèrent à présent 100% de l'énergie utilisée dans la communauté à partir de sources propres, non polluantes et renouvelables.

Alors que les villes américaines se joignent à la quête d'une énergie propre et durable, certaines luttent contre des entreprises privées de services publics (*electricity utilities*) parfois résistantes au changement. D'autres disposent d'un service public municipal ou collaborent avec leurs fournisseurs pour passer à des sources d'énergie plus propres. Aussi, certaines communautés se séparent de ces entreprises appartenant à des investisseurs, en unissant leurs forces pour se procurer leurs propres sources d'énergie dans le cadre de programmes **Community Choice Aggregation (CCA)**.

Les CCA permettent aux communautés de contourner les fournisseurs d'électricité appartenant à des investisseurs en se regroupant pour acheter leur propre énergie en gros et, par conséquent, d'exercer un plus grand contrôle sur leurs options énergétiques. Grâce à la CCA, les décisions concernant l'approvisionnement en électricité, les tarifs et les incitations sont prises au niveau local. Les 18 CCA opérationnels de la Californie représentent d'ores et déjà de nombreux comtés et villes de l'État, et neuf autres devraient être lancés prochainement (Sierra Club, 2018). C'est le cas, entre autres, de **Santa Barbara** qui, en partenariat avec d'autres communes voisines, est en train de créer un CCA. Cette ville californienne s'est engagée à, au moins, 50% d'électricité renouvelable pour l'ensemble de la ville d'ici à 2030. Un peu plus au nord, **San Francisco** et **San Jose** ont été les pionniers de la création de CCA, chacune ayant adopté des objectifs d'énergie 100% renouvelable il y a plus de dix ans.

En août 2017, le conseil municipal d'Orlando (Floride) a adopté à l'unanimité une résolution visant à assurer la transition vers une énergie 100% propre dans les activités municipales d'ici 2030 et dans l'ensemble de la communauté d'ici 2050. Dirigée par le maire Buddy Dyer, fervent défenseur du mouvement de l'énergie 100% propre « Sierra Club », la résolution d'Orlando a été appuyée par une coalition large et diversifiée d'organisations locales, notamment la *League of Women Voters*, IDEAS for Us et la NAACP, ainsi que le Sierra Club. Cette coalition s'emploie actuellement à obtenir l'engagement du retrait des deux derniers groupes de production d'énergie au charbon de la compagnie de la ville, et de les remplacer par des sources renouvelables.

Un objectif d'énergie propre à 100% est ambitieux pour toutes les villes, mais peut-être encore plus dans une capitale de l'industrie charbonnière de longue date comme Saint-Louis (Missouri), qui abrite deux des plus grandes sociétés houillères du pays. Cependant, à la suite du retrait de l'administration Trump de l'Accord de Paris, Lewis Reed, président du conseil de **Saint-Louis**, a exhorté sa ville à prendre en main son avenir. En octobre 2017, le conseil de St. Louis a approuvé à l'unanimité l'engagement de passer à une énergie 100% propre et renouvelable d'ici 2035. Ses partisans ont une vision à long terme pour la ville, axée sur la création d'emplois verts, l'assainissement de l'air et une meilleure qualité de vie pour tous les résidents. La ville a fixé la date limite de décembre 2018 pour élaborer son plan de transition en matière d'énergie propre et, à cette fin, a réuni un comité des parties prenantes.

Ce sont quelques exemples des nombreux engagements pris par des villes américaines en 2017 et 2018. Un suivi de ces engagements permettra de cerner leur concrétisation et leur impact réel dans les trajectoires de décarbonation de ces villes.

3 • LE RÔLE DES ENTREPRISES ET DES INITIATIVES CITOYENNES

Aux États-Unis toute comme dans d'autres pays, les marchés de l'électricité sont bouleversés. Les entreprises traditionnelles du secteur - qu'elles soient privées, publiques ou mixtes - sont confrontées à une double menace. D'une part, on constate l'entrée de nouveaux acteurs issus d'autres secteurs économiques, souvent des géants mondiaux. D'autre part, le grand nombre d'innovations

dans les technologies de production et de stockage d'électricité permet une production de plus en plus décentralisée, dans laquelle les consommateurs et de nouvelles formes d'organisation jouent un rôle plus important.

• **DES ENTREPRISES INTÈGENT LA DIMENSION CLIMATIQUE DANS LEURS STRATÉGIES** • Dans le cadre du **Sommet Mondial d'Action pour le Climat**, tenu en septembre 2018 à San Francisco, 21 grandes sociétés ont présenté la **Déclaration Step Up**. C'est une nouvelle alliance dédiée à l'exploitation de la puissance des technologies émergentes et à la quatrième révolution industrielle afin de contribuer à réduire les émissions de GES dans tous les secteurs économiques et assurer un tournant climatique pour 2020. Collectivement, ces organisations couvrent un large éventail de secteurs capables de réduire considérablement les émissions de GES dans les bâtiments, les centres de données, les finances, les télécommunications, les transports, etc. On y trouve notamment les compagnies suivantes : Akamai Technologies, Arm, Autodesk, Bloomberg, BT, Cisco Systems, Ericsson, HP, Hewlett Packard Enterprise, Lyft, Nokia, Salesforce, Supermicro, Symantec, Tech Mahindra, Uber, Vigilant, VMware, WeWork, Workday et Zox.

La déclaration *Step Up* a été élaborée avec le leadership de Salesforce, une entreprise californienne leader mondial de l'informatique en nuage (ou *cloud computing*). La déclaration met l'accent sur le pouvoir de transformation de la quatrième révolution industrielle, qui comprend l'intelligence artificielle, l'informatique en nuage et l'Internet des objets.

Les majors pétrolières s'associent-elles à la transition ?

Si des compagnies pétrolières européennes ont commencé à investir fortement dans les EnR, par exemple, le solaire chez *Total* ou l'éolien off-shore chez l'entreprise norvégienne *Statoil* qui a d'ailleurs récemment changé de nom devenant *Equinor*, les entreprises pétrolières américaines se montrent jusqu'à présent beaucoup moins actives. Une des raisons évoquées est celle de la rentabilité encore inférieure des projets d'EnR par rapport à celle des projets de pétrole et de gaz.

Malgré tout, les majors américaines font quelques pas vers les énergies non-carbonées. *Exxon Mobile* s'intéresse aux biocarburants et consacre une partie croissante de son budget de R&D aux énergies alternatives⁴. Cette compagnie investie autour d'un milliard de dollars par an dans la recherche fondamentale et appliquée sur les technologies à faible émission de carbone. La « supermajor » pétrolière est particulièrement axée sur la biologie synthétique. Elle espère prouver la faisabilité commerciale du déploiement d'algues génétiquement modifiées dans de grandes exploitations en plein air capables de produire l'équivalent de 10 000 barils par jour de pétrole brut renouvelable à partir de la lumière du soleil et du CO₂ industriel. Si l'entreprise réussit ce pari, cette conception modulaire pourrait évoluer à des niveaux beaucoup plus importants. *ExxonMobil* développe également des microbes génétiquement modifiés avec *Renewable Energy Group*, le plus grand producteur de biodiesel du pays, qui pourrait produire du biodiesel à partir de la biomasse résiduelle (c'est-à-dire sans l'utilisation de cultures alimentaires comme le maïs). D'autres projets incluent des piles à combustible qui capturent et consomment du CO₂ pour produire de l'électricité et de nouvelles technologies pour la fabrication de plastiques émettant 50 % moins de CO₂⁵.

4 - [tps://www.enidaily.com/en/sparks_en/oil-majors-invest-renewable-energy/](https://www.enidaily.com/en/sparks_en/oil-majors-invest-renewable-energy/)

5 - <https://www.fool.com/investing/2018/06/04/big-oil-is-investing-billions-in-renewable-energy.aspx>



De son côté, *Chevron* détient des participations dans des installations de production solaires, éoliennes et géothermiques pouvant alimenter environ 113 000 foyers américains chaque année. Cela semble modeste mais représente les premiers pas d'une possible stratégie de développement vers les EnR pour cette entreprise fortement présente sur la côte ouest des États-Unis. *Chevron* a également investi dans les carburants renouvelables de nouvelle génération sans grand succès, mais voit tout de même un avenir prometteur pour le diesel renouvelable. La société a testé des taux de mélange (avec le diesel à basse de pétrole) de 6 % à 20 % pour certains terminaux en Californie.

ENCADRÉ 2

En ce qui concerne la production d'électricité, les entreprises de services publics appartenant à des investisseurs privés (*the electric utilities*) fournissent 38,7% de la production totale aux États-Unis, les producteurs autres que ces services près de 39,9%, les services publics municipaux 10%, les agences fédérales 6,4% et les coopératives électriques 5% (Klass, 2017).

Certaines de ces entreprises prennent de l'avance dans les efforts de décarbonation. C'est le cas de *NRG Energy*, une entreprise américaine de production et de distributions d'énergie, présente dans onze États. À compter de 2009, *NRG* a lancé une initiative visant à devenir un producteur d'énergie verte aux États-Unis et a commencé à investir dans des projets d'énergie propre. Il s'agit notamment de l'énergie éolienne terrestre et marine, de l'énergie solaire thermique, des installations solaires PV, ainsi que de la transformation de certaines de leurs centrales au charbon traditionnelles en biomasse. A la fin de 2010, *NRG* a lancé le réseau "EVgo", l'un des premiers réseaux de stations de recharge pour des voitures électriques. L'entreprise s'était fixée l'objectif de réduire de moitié ses émissions absolues en 2030 par rapport à 2014. Elle a déjà réussi à réduire ses émissions de près de 20 millions de tonnes et l'objectif sera donc atteint bien avant 2030. **L'action climatique a aidé *NRG* à mettre sur le marché des solutions innovantes, à répondre aux besoins actuels des clients et à anticiper leurs besoins futurs, tout en rendant l'entreprise plus forte et plus performante.** Il permet également d'attirer et de retenir les meilleurs talents de l'industrie et a permis d'obtenir d'excellents rendements pour les actionnaires, a déclaré l'un des responsables de l'entreprise (Greenbiz 2018).

APPLE et TESLA rentrent dans le marché de l'énergie

Un certain nombre d'entreprises établies avec une marque reconnue dans divers secteurs semblent être prêtes à concourir dans des marchés électriques, depuis longtemps dominés par des énergéticiens traditionnels.

Parmi ces nouveaux « entrants », l'on trouve *Apple* qui a créé discrètement une filiale appelée *Apple Energy LLC* et a demandé à la *FERC* (*Federal Energy Regulatory Commission*) une licence lui permettant de revendre de l'électricité directement aux consommateurs de détail. Selon la presse spécialisée plusieurs raisons justifieraient la stratégie de l'entreprise de la pomme (Sioshansi, 2017). Premièrement, *Apple* dispose de 93% d'EnR dans toutes ses activités, son objectif étant d'atteindre 100%

rapidement. La société a passé des contrats avec des développeurs solaires du monde entier pour une capacité de 521 MW, ce qui en fait l'un des plus gros consommateurs mondiaux d'énergie solaire. En outre, elle investit dans des bâtiments à consommation énergétique nette zéro, notamment son nouveau siège à *Cupertino*, en Californie.

Deuxièmement, la société est en position de générer une production renouvelable excédentaire la plupart du temps, en particulier lors des journées fraîches et ensoleillées du printemps, lorsqu'il n'y a pas recours à la climatisation. L'excédent d'énergie peut être revendu au réseau au prix de gros - ou bien mieux - à d'autres clients aux tarifs de détail en vigueur, qui ont tendance à être de deux à trois fois plus élevés.

Troisièmement, certains analystes spéculent sur la possibilité qu'Apple reprenne ses plans de développement de voitures électriques, domaine dans lequel elle a travaillé discrètement pendant un certain temps. Avoir une production d'EnR excédentaire pour alimenter les batteries des véhicules électriques peut lui ouvrir de nouveaux marchés dans un moment où le marché de téléphones portables semble saturé.

Enfin, elle compte avec la valeur de sa marque Apple. Ses clients semblent susceptibles d'acheter n'importe quel bien ou service qui compte avec le fameux logo, l'électricité y compris, surtout s'il est 100 % renouvelable.

Mi-novembre 2016, les actionnaires de Tesla ont approuvé l'acquisition de SolarCity pour 2,6 milliards de dollars lors d'une assemblée extraordinaire. Cela signifie que Tesla peut

aller de l'avant avec un système intégré de toit solaire et de batterie résidentielle annoncé en octobre 2016. L'entreprise parie que le coût de l'électricité solaire avec du stockage à travers des batteries sera inférieur aux tarifs de détail de l'électricité dans de nombreux endroits. Si l'entreprise réussit à combiner les deux produits, elle peut commencer à perturber les industries de l'automobile et de l'électricité à partir du même bunker en regroupant la mobilité électrique, les panneaux solaires PV et le stockage. Des clients aisés qui peuvent se permettre un véhicule électrique haut de gamme, peuvent souhaiter produire une partie de leur électricité sur leur toit, et pourraient vouloir en stocker une partie dans des batteries pour l'utiliser plus tard (Sioshansi, 2017).

ENCADRÉ 3

• **LE MOUVEMENT « DÉMOCRATIE ÉNERGÉTIQUE »** • La démocratie énergétique est à la fois un concept nouveau et un mouvement social émergent qui relie le changement des infrastructures énergétiques aux possibilités d'un changement politique, économique et social profond. Le terme continue à se répandre dans les luttes pour la justice climatique, portées par des syndicats, des communautés universitaires et des partis politiques. Ce concept est de plus en plus utilisé aux États-Unis pour réclamer et justifier l'intégration de politiques liant la justice sociale et l'équité économique aux transitions vers les énergies renouvelables (Burke & Stephens, 2017).

La démocratie énergétique est née de mouvements citoyens qui luttent contre les crises climatique et économique, résistent à l'expansion des combustibles fossiles et cherchent une transition vers les énergies renouvelables. Depuis 2012, divers groupes⁶ et organisations ont explicitement repris le terme de démocratie énergétique aux États-Unis et en Europe comme thème central du discours sur l'énergie et le changement climatique. En 2012, aux États-Unis, le *Cornell University's Global Labor Institute* a accueilli une table ronde internationale de syndicalistes qui ont utilisé la démocratie énergétique pour encadrer la lutte pour la transition énergétique, d'où est née une nouvelle organisation, la *Trade Unions for Energy Democracy*.

Cette voie de transition se caractérise par une présence importante d'acteurs qui ont perdu confiance dans les systèmes de gouvernance existants, par l'émergence de nouveaux principes directeurs, croyances et pratiques, la coexistence d'innovations multiples et d'expérimentations généralisées, et un passage à des systèmes plus locaux ou régionaux et des technologies et structures de gestion décentralisées. Parmi celles-ci, l'on trouve les coopératives énergétiques, les *Community Choice Aggregation* (voir 2.3 ci-dessus), les systèmes de facturation nette ou les *Community Benefit Agreements* (Burke & Stephens, 2017).

6 - Community Power Network, Local Clean Energy Alliance, Trade Unions for Energy Democracy, Institute for Local Self Reliance, Center for Social Inclusion, Climate Justice Alliance, Rosa Luxemburg Foundation, Alternative Information and Development Centre, Public Services International, Emerald Cities Collaborative, Energy Democracy Alliance of New York, entre autres.

CONCLUSION

Une analyse des engagements enregistrés et quantifiés d'acteurs sous-nationaux et non-étatiques aux États-Unis (America's Pledge, 2018 ; Climate Action Tracker, 2018) suggère que ces engagements, s'ils sont mis en œuvre, pourraient entraîner une réduction des émissions de 17% à 24% en 2025 par rapport aux niveaux de 2005.

Alors que le gouvernement fédéral a fortement changé sa politique climatique, notamment avec la décision de sortir de l'Accord de Paris, le leadership américain en matière de climat demeure bien vivant. Il s'agit d'un nouveau type de leadership dit *bottom up* animé par la conviction des citoyens, le leadership des villes et des États ainsi que par la capacité d'innovation de ses entreprises, permettant non seulement de prendre des mesures concrètes aujourd'hui mais aussi de jeter les bases d'un futur partenariat avec le gouvernement fédéral. La poursuite de la baisse des émissions de CO₂ du secteur électrique américain dira, dans les prochaines années, si les dynamiques portées par les États fédérés auront plus fortes que la volonté fédérale de relance du charbon, à rebours des évolutions économiques récentes.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG



RÉFÉRENCES

RAPPORTS ET BASES DE DONNÉES :

- Climate Action Tracker, Fiche-pays sur les engagements climats des États-Unis, Octobre 2018
- ENERDATA, Global Energy & CO₂ Data, Octobre 2018.
- IEA/IRENA, Global Renewable Energy Policies and Measures Database, Octobre 2018.
- US Energy Information Administration, Octobre 2018.

LITTÉRATURE GRISE ET SCIENTIFIQUE :

- America's Pledge (2017). America's Pledge Phase 1 Report : States, Cities, and Businesses in the United States Are Stepping Up on Climate Action.
- Burke, M. & Stephens, J. (2017). Energy democracy : Goals and policy instruments for sociotechnical transitions. Energy Research & Social Science 33 (2017) 35–48
- EIA (2018). Alternative Policies in Power Generation and Energy Demand Markets.
- EIA (2018). U.S. Energy-Related Carbon Dioxide Emissions, 2017.
- Feaster, S. (2018). Record Drop in U.S. Coal-Fired Capacity Likely in 2018. IEEFA
- Gerrard, M. (2017). Legal Pathways for a Massive Increase in Utility-Scale Renewable Generation Capacity. Environmental Law Reporter 7-2017.
- Klass, A. (2017). Expanding the U.S. Electric Transmission and Distribution Grid to Meet Deep Decarbonization Goals. Environmental Law Reporter 9 -2017.
- Sioshansi, F., (2017). United States of America : Apple and Tesla enter the Energy Market. European Energy Journal, Volume 6, Number 4, February 2017, pp. 73-76(4)
- Stephens, J. (2017). Framing of customer engagement opportunities and renewable energy integration by electric utility representatives. Utilities Policy 47 (2017) 69-74
- Sierra Club (2018). Ready for 100% : 2018 Case Study Report.
- Union of Concerned Scientists (2017). Clean Energy Momentum

PRESSE & COMMUNICATION :

- https://ballotpedia.org/Energy_policy_in_California
- <https://www.motherearthnews.com/renewable-energy/renewable-energy-policy-zm0z17onzkin>
- <https://cleantechnica.com/2018/10/29/us-coal-on-track-for-record-capacity-decline-closing-15-4-gigawatts/>
- <https://dailycaller.com/2018/10/26/COAL-FIRED-POWER-SHUTTING-DOWN/>
- <https://globalclimateactions Summit.org/fr/new-collaboration-of-twenty-one-companies-is-dedicated-to-accelerating-climate-action-using-the-power-of-technology/>
- <https://www.brookings.edu/blog/planetpolicy/2018/06/01/trump-tried-to-kill-the-paris-agreement-but-the-effect-has-been-the-opposite/>

- <https://www.smartcitiesdive.com/news/the-invisible-power-of-cities/538544/>
- <https://www.novethic.fr/actualite/entreprise-responsable/isr-rse/patagonia-apple-ou-starbucks-ces-entreprises-qui-defient-trump-145734.html>
- <https://www.brookings.edu/blog/planetpolicy/2018/06/01/one-year-since-trumps-withdrawal-from-the-paris-climate-agreement/>
- <https://www.wearestillin.com/COP23>
- <https://www.greenbiz.com/article/6-leading-companies-raising-climate-ambition>
- <https://www.bcg.com/publications/2018/are-oil-companies-ready-for-next-energy-transition-us.aspx>
- <https://www.greentechmedia.com/articles/read/report-for-majors-investigating-clean-energy-its-about-balancing-risk-and-r#gs.LDldxT8>
- https://www.eniday.com/en/sparks_en/oil-majors-invest-renewable-energy/
- <https://www.fool.com/investing/2018/06/04/big-oil-is-investing-billions-in-renewable-energy.aspx>





Les émissions fugitives : angle mort de la lutte contre le changement climatique

La catégorie des émissions fugitives recouvre un vaste ensemble d'émissions mal maîtrisées : accidentelles, diffuses ou non-productives. Cet ensemble représente une part significative des émissions de gaz à effet de serre anthropiques dont l'évaluation, et a fortiori la réduction, est encore balbutiante. Souvent oubliées des politiques climatiques et des mécanismes institutionnels, les actions dans ce domaine reposent avant tout sur les émetteurs eux-mêmes, poussés par la société civile et les partie-prenantes locales.

Rédacteur principal • THIBAUT LACONDE • *Consultant, Energie & Développement*

SOMMAIRE

1 • ÉMISSIONS FUGITIVES : DÉFINITION ET ÉVOLUTION

- Définition(s)
- Données disponibles sur les émissions fugitives
- Une présomption de hausse

2 • AMÉLIORER LES MESURES ET LE REPORTING

- Problématiques et origines des incertitudes
- Initiatives académiques, associatives et industrielles

3 • PRINCIPALES SOURCES D'ÉMISSIONS FUGITIVES, SOLUTIONS ET INITIATIVES

- Le torchage du gaz naturel
- L'amont gazier et pétrolier
- Le secteur du charbon



1 • ÉMISSIONS FUGITIVES : DÉFINITION ET ÉVOLUTION

La nature des émissions fugitives les rend difficiles à évaluer mais leur niveau est significatif - de l'ordre de 5% des émissions mondiales - et probablement orienté à la hausse sur les dernières années.

• **DÉFINITION(S)** • Le GIEC définit les émissions fugitives comme les « émissions [de gaz à effet de serre] qui ne sont pas produites par une émission intentionnelle par une cheminée ou un événement » et précise qu'elles peuvent « inclure des fuites provenant d'usines industrielles et de pipelines » (IPCC, 2006). Une définition précédente donne plus de détails sur les sources potentielles d'émissions fugitives : « elles peuvent être causées par la production, le traitement, le transport, le stockage et l'utilisation de combustibles et comprennent les émissions liées à la combustion seulement si celles-ci ne répondent pas aux besoins d'une activité productive (par exemple : le torchage de gaz naturel sur installations de production de gaz et de pétrole) » (IPCC, 1996).

Cette définition est susceptible de varier d'un secteur à l'autre. Dans le secteur des énergies fossiles, les émissions fugitives sont parfois définies largement comme toutes les émissions qui ne sont pas liées à l'utilisation finale du combustible. Dans le domaine de la pollution atmosphérique, une émission fugitive peut être définie comme le « rejet de polluants dans l'atmosphère libre après que ceux-ci aient échappé à une tentative de captation à l'aide d'une hotte, d'un joint, ou de tout autre moyen qui aurait dû assurer la capture et la rétention de ces polluants », elles s'opposent aux émissions canalisées (CITEPA, 1999).

Il ne semble donc pas exister de définition stable et universelle pour les émissions fugitives. En pratique, celles-ci incluent en général les émissions accidentelles (rupture de gazoduc, incendie de veine de charbon...), les fuites et les émanations diffuses (valves ou joints défectueux, migration de gaz vers la surface à proximité de puits ou de mines, émissions par des puits abandonnés...) et les rejets intentionnels mais non-productifs (ventilation de mines, torchage, dégazage...). De très nombreux phénomènes sont donc impliqués dans une catégorie qui est avant tout négative : les émissions fugitives sont finalement les émissions liées aux activités humaines qui n'entrent dans aucune autre catégorie.

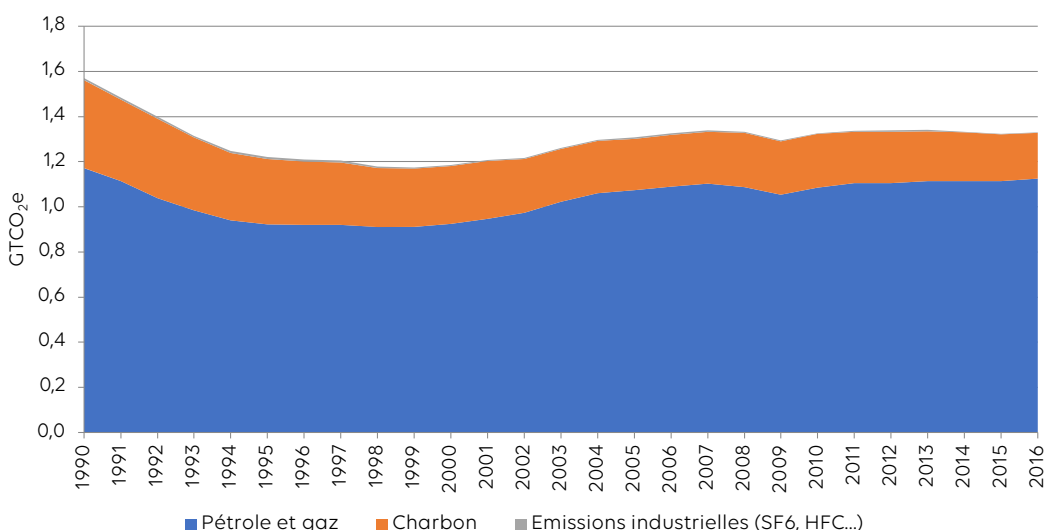


FIGURE 1. ÉMISSIONS FUGITIVES (PAYS DE L'ANNEXE I)

• **DONNÉES DISPONIBLES SUR LES ÉMISSIONS FUGITIVES** • Par nature, les émissions fugitives sont difficiles à quantifier. Il n'existe pas de données complètes à l'échelle mondiale, il est toutefois possible d'évaluer leur importance et leur évolution en combinant les inventaires nationaux et des données secondaires.

Dans le cadre de la Convention-cadre des Nations-Unies sur les Changements Climatiques, les pays industrialisés (« pays de l'annexe I ») communiquent régulièrement leurs émissions fugitives. Ces inventaires font apparaître des émissions stables depuis le milieu des années 2000 après une baisse au début des années 90 et un rebond autour de 2000. **En 2016, les émissions fugitives rapportées par les pays industrialisés étaient de 1,33 milliards de tonnes équivalent CO₂ contre 1,57 en 1990, environ 85% de ces émissions venaient du secteur des hydrocarbures, 15% du charbon et une fraction de l'industrie (UNFCCC GHG data).**

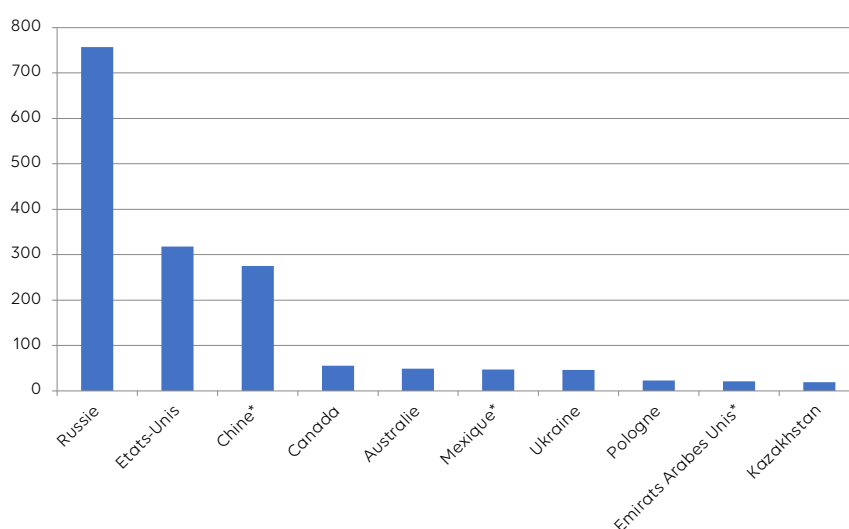


FIGURE 2. ÉMISSIONS FUGITIVES POUR UNE SÉLECTION DE PAYS

(Source : UNFCCC GHG data sauf *Enerdata)

Hors pays de l'annexe I, les données sur les émissions fugitives sont généralement partielles et datées : 276 MTCO₂eq pour la Chine (2005, CH₄ uniquement), 58 MTCO₂eq pour le continent africain (2000, CH₄ uniquement), 47 MTCO₂eq pour le Mexique (2006, CH₄ uniquement), 21 MTCO₂eq pour les Emirats Arabes Unis, etc. (Enerdata)

Ces données quoiqu'incomplètes et en partie obsolètes montrent que les émissions fugitives représentent une part significative des émissions de gaz à effet de serre mondiales : au moins 2 GTCO₂eq soit de l'ordre 5% du total. Elle montre aussi une corrélation entre les pays avec de fortes émissions et ceux disposant d'une importante industrie pétrolière, gazière ou charbonnière.

Si des émissions fugitives peuvent avoir lieu dans toutes activités manipulant des gaz à effet de serre - réfrigération (HFC, CFC), électricité (SF₆), santé (N₂O), etc. - elles ont en effet lieu principalement lors de l'extraction, du transport, du stockage et du traitement des énergies fossiles et sont en grande partie constituées de CH₄ (méthane ou « gaz naturel »).

• **UNE PRÉSOMPTION DE HAUSSE** • Les ordres de grandeurs mentionnés plus haut doivent cependant être pris avec prudence. En effet, on observe depuis le milieu des années 2000 une augmentation inexpliquée de la concentration en méthane dans l'atmosphère. Ce phénomène pourrait indiquer une sous-estimation des émissions fugitives de ce gaz : l'augmentation simultanée de la concentration en éthane semble désigner l'industrie pétrolière et gazière comme responsable mais la signature isotopique du méthane pointe vers une origine naturelle (rizières, marécages, bétail, dégradation de déchets végétaux naturels ou issus de l'agriculture...). Des travaux récents ont proposé une solution à ce paradoxe et tendent à confirmer la responsabilité de la production d'hydrocarbures qui serait à l'origine de 50 à 75% de la hausse observée (Worden, 2017).

Même si cette hypothèse reste controversée elle est corroborée par des mesures effectuées à



proximités des sites de production d'hydrocarbures. Celles-ci ont relevé des taux de méthane anormalement élevés (Zavala-Araiza, 2015) : les émissions fugitives rapportées par le secteur pétrolier et gazier américain pourraient ainsi être sous-évaluées de 60% (Alvarez, 2018).

2 • AMÉLIORER LES MESURES ET LE REPORTING

L'évaluation des émissions fugitives représente un enjeu climatique mais aussi politique et économique.

C'est particulièrement le cas pour l'industrie gazière. A énergie équivalente, la combustion du gaz produit environ deux fois moins de dioxyde de carbone que la combustion du charbon et 30% moins que celle de produits pétroliers. Cependant, comme à quantité égale le méthane contribue beaucoup plus au réchauffement climatique que le dioxyde de carbone, cet avantage peut être rapidement contrebalancé par des émissions fugitives plus importantes. Aux États-Unis, par exemple le passage du charbon au gaz dans la production d'électricité représente un gain pour le climat seulement si le taux de fuite en amont des centrales est inférieur à 3%, le passage du carburant liquide au gaz pour les véhicules utilitaires (camion, bus...) représente un gain si le taux de fuite est inférieur à 1% (WRI, 2013). Certaines études suggèrent que les émissions fugitives pourraient dépasser 4% (Pétron, 2014) voire atteindre 7,9% pour le gaz non conventionnel (Howarth, 2011). Ces évaluations remettent en cause l'avantage climatique attribué au gaz par rapport aux autres combustibles fossiles, et donc les investissements réalisés dans cette énergie.

• **PROBLÉMATIQUES ET ORIGINES DES INCERTITUDES** • Outre l'absence d'une définition claire, l'évaluation de ces émissions pose plusieurs problèmes pratiques et méthodologiques. Le premier d'entre eux est la détection des émissions. Celles-ci peuvent en effet être involontaires (fuites et pertes sur le réseau gazier par exemple) voire avoir lieu longtemps après la fin d'une activité (émissions liées aux puits et aux mines à l'abandon par exemple). De plus le principal gaz concerné est le méthane qui, à l'état naturel, est invisible et sans odeur.

Les producteurs indépendants aux États-Unis

Comme les émissions fugitives sont souvent diffuses, la collecte de l'information pose également problème. C'est particulièrement le cas lorsque les activités émettrices sont morcelées avec de nombreux intervenants de petite taille. Le secteur pétrolier et gazier aux États-Unis est exactement dans cette situation. En raison d'un droit minier original qui permet aux propriétaires des sols d'exploiter les ressources géologiques qui s'y trouvent sans autorisation ni concession, la production de pétrole et de gaz aux États-Unis est dominée par de petites et moyennes entreprises. Les États-Unis comptent ainsi 9 000 producteurs indépendants (c'est-à-dire qui produisent moins de 5 millions de dollars d'hydrocarbures par an ou raffinent moins de 75 000 barils par jours). Ces entreprises, qui emploient en moyenne 12 salariés, forment 95% des puits et produisent 54% du pétrole américain et 85% du gaz. Cette situation rend l'estimation des émissions fugitives plus complexe et limite les moyens que les entreprises peuvent consacrer à leur mesure et à leur réduction.

Source : Independent petroleum association of America

ENCADRÉ 1

Un deuxième problème est lié à la conversion de ces émissions en équivalent carbone. Les émissions fugitives sont largement composées de méthane, ce gaz a une durée de vie dans l'atmosphère et une capacité à intercepter le rayonnement infrarouge différente de celle du dioxyde de carbone.

Pour exprimer l'impact de ces émissions sur le climat dans une unité unique, on calcule leur pouvoir de réchauffement global (PRG) à 100 ans, c'est-à-dire l'énergie supplémentaire qu'elles vont renvoyer vers la surface terrestre en un siècle rapportée à celle que renverrait une tonne de dioxyde de carbone. Cette équivalence permet d'estimer combien de tonnes de CO₂ « vaut » une tonne de CH₄. Or ce chiffre a régulièrement été revu à hausse depuis les années 90 : Le deuxième rapport du GIEC l'évalue à 21, c'est-à-dire qu'une tonne de méthane aurait le même effet sur le climat que 21 tonnes de CO₂ - chiffre qui fait encore souvent référence, alors que le quatrième rapport du GIEC retient 25 et le cinquième 28 (Greenhouse gas protocol, 2016). **Toutes choses égales par ailleurs, ces réévaluations font mécaniquement augmenter le rôle des émissions fugitives.**

• **INITIATIVES ACADÉMIQUES, ASSOCIATIVES ET INDUSTRIELLES** • Un important travail est encore nécessaire pour parvenir à une évaluation fiable des émissions fugitives aussi bien au niveau macroscopique qu'à l'échelle des installations émettrices. Chercheurs, organisations non gouvernementales et industriels se mobilisent pour réduire ces incertitudes et les risques climatiques et économiques qui en découlent.

Les études initiées par l'Environmental Defense Fund

L'ONG américaine Environmental Defense Fund a initié un programme de recherche de grande ampleur pour évaluer et localiser les émissions fugitives dans la chaîne logistique du gaz aux États-Unis. Ce programme comprenant 16 projets indépendants a fait intervenir 140 chercheurs et experts issus de 40 universités ou centres de recherche (NOAA Earth System Research Laboratory, Stanford, Harvard, University of Texas...) et de 50 entreprises. Il a conduit à plus d'une trentaine de publications scientifiques entre 2013 et 2018. Une synthèse de ces travaux a été publiée dans *Science* (Alvarez, 2018), elle évalue les fuites lors de l'extraction, du transport, du stockage et du traitement du gaz à 2,3% de la production américaine, soit 60% de plus que l'inventaire réalisé par l'EPA, l'agence fédérale de protection de l'environnement, sur la base des déclarations des entreprises concernées. Elle montre en outre de fortes disparités entre différents sites et suggère qu'une détection plus rapide des fuites permettrait de les réduire significativement et économiquement avec les technologies existantes.

Source : www.edf.org/climate/methane-studies

ENCADRÉ 2

Des projets de recherche et développement sont également en cours pour mettre sur le marché des solutions permettant de détecter plus rapidement les émissions diffuses. C'est le cas par exemple du projet d'imagerie optique GaSes, développé par l'entreprise espagnole SENSIA et soutenu par l'Union Européenne dans le cadre du programme H2020.

3 • PRINCIPALES SOURCES D'ÉMISSIONS FUGITIVES, SOLUTIONS ET INITIATIVES

Même si les données sont incomplètes, il est possible d'identifier quelques activités qui contribuent de façon importante aux émissions fugitives : le torchage du gaz, la chaîne logistique des hydrocarbures et la chaîne logistique du charbon.



• **LE TORCHAGE DU GAZ NATUREL** • Torcher du gaz, c'est le brûler sans utiliser la chaleur produite. Cette opération permet de se débarrasser facilement de gaz combustibles issus de l'extraction pétrolière ou du raffinage mais rejette du dioxyde de carbone. Par convention les émissions liées au torchage sont considérées comme des émissions fugitives. L'année dernière, 140,57 milliards de mètres cubes de gaz ont été torchés, soit l'équivalent de 3% de la production mondiale de gaz naturel.

Cette pratique a reculé en 2017 pour la première fois depuis 2010 : le volume de gaz torché a baissé de 5% environ malgré une augmentation de la production mondiale de pétrole de 0,5% (Banque Mondiale, 2018). Le torchage reste cependant responsable de l'émission de 300 millions de tonnes de CO₂ par an.

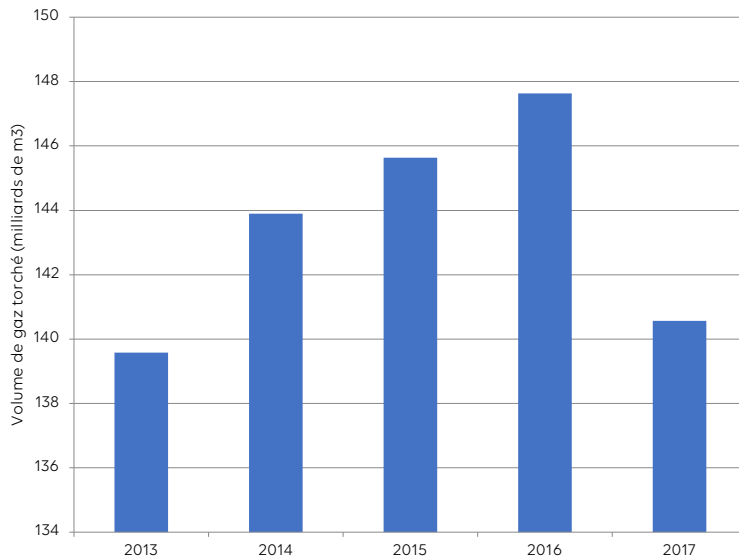


FIGURE 3. VOLUME ANNUEL DE GAZ TORCHÉ DANS LE MONDE

(Banque Mondiale)

Origine du torchage et solutions

En général, les gisements de pétrole contiennent aussi du méthane. Ce « gaz associé » doit être séparé des hydrocarbures liquides avant leur traitement. Ce gaz a longtemps été considéré comme un sous-produit embarrassant de la production pétrolière qui était rejeté ou brûlé. Ce n'est que dans la seconde moitié du XX^e siècle que le gaz naturel a commencé à être utilisé à grande échelle, mais même aujourd'hui il reste parfois plus économique de brûler le gaz que de l'acheminer vers un acheteur, en particulier lorsque le point de production est éloigné des zones de consommation. L'éventail de solutions disponibles pour acheminer le gaz s'est pourtant élargi. Outre la construction d'un gazoduc, il est possible de compresser le gaz pour en réduire le volume, de le liquéfier voire de le solidifier pour en faciliter le transport. Autrefois marginal, ce processus s'est largement développé au cours des 10 dernières années notamment sous l'impulsion d'entreprises américaines - Chevron, Cheniere, Dominion, etc. - recherchant de nouveaux marchés à l'export. Il nécessite cependant des infrastructures particulièrement coûteuses et longues à mettre en place. D'autres solutions existent pour éviter le torchage même lorsque le transport du gaz est impossible ou non économique. On peut citer notamment : la réinjection du gaz dans le puits, cette option permet d'augmenter la pression dans le réservoir et de faciliter la récupération du pétrole mais aussi de conserver le gaz pour pouvoir éventuellement l'extraire à nouveau plus tard.

Mise en place au Kazakhstan depuis 2000, la réinjection a permis d'éviter le rejet de 49 millions de tonnes de dioxyde de carbone et en Iran 31 millions de mètres cubes par jour sont réinjectés dans les réservoirs. Cette solution n'est cependant rentable que si la quantité de gaz associé est faible. La production d'électricité en brûlant le gaz dans une turbine plutôt qu'une torchère. La production de méthanol (lui-même utilisé ensuite pour produire d'autres produits pétrochimiques comme l'éthylène ou le propylène) ou d'ammoniac. Cette méthode est répandue dans les pays du Golfe Persique.

Source : Soltanieh, 2016

ENCADRÉ 3

Malgré ces progrès, le torchage reste courant en particulier dans les pays qui n'offrent pas de marché ou d'infrastructures permettant d'écouler le gaz. Son utilisation est donc souvent liée au développement et à la stabilité de la région : au Yémen, par exemple, le volume de gaz torché par baril de pétrole produit a été multiplié par 4 entre 2013 et 2017, en Syrie il a été multiplié par 10... (Banque Mondiale).

Pour limiter cette pratique, la Banque mondiale a lancé une initiative « *Zero routine flaring* » qui mobilise les pétroliers et les gouvernements afin d'éliminer le torchage dans le fonctionnement normal des installations d'ici à 2030.

La réduction du torchage chez ENI

Des entreprises se sont engagées à atteindre ce résultat plus tôt : c'est le cas, par exemple d'ENI. L'entreprise italienne s'est engagée en 2007 à réduire progressivement le torchage en vue de l'éliminer complètement en 2025. Deux milliards de dollars ont été investis dans ce programme qui a déjà permis de réduire de 75 % le volume de gaz torché. De plus, depuis 2010, les nouveaux projets développés par Eni n'ont plus recours au torchage dans les conditions normales d'exploitation. Pour cela l'entreprise italienne s'est appuyée en premier sur la valorisation du gaz associé en lien avec les gouvernements des pays concernés. Cette valorisation dans la production d'électricité ou la distribution lo-

cale de gaz permet aussi d'améliorer l'accès des populations locales à une énergie moderne. Lorsque cette valorisation n'était pas possible, ENI réinjecte le gaz dans les puits. Le projet de M'Boundi (République du Congo) est un exemple de ce processus : en mars 2014, ENI a terminé l'installation de deux installations de compression qui permettent d'acheminer la majorité du gaz associé vers une centrale de 300 MW appartenant à CEC (Centrale Electrique du Congo), le gaz excédentaire est réinjecté dans les puits. Ce projet a nécessité un investissement de 300 millions de dollars et permet de valoriser 3 millions de mètres cubes de gaz par jour.

Source : ENI

ENCADRÉ 4

Le torchage a aussi des conséquences sur l'environnement local (pollution atmosphérique, bruit...), c'est pourquoi des communautés se mobilisent pour obtenir la fin de cette pratique, souvent avec l'appui d'organisations non-gouvernementales. En 2015, par exemple, des représentants nigériens des communautés Egi ont participé à l'assemblée générale de Total pour réclamer l'arrêt du torchage dans le delta du Niger et témoigner des problèmes environnementaux et sociaux liés à l'exploitation d'hydrocarbures. Ils étaient soutenus par l'organisation non gouvernementale les Amis de la Terre (Novethic, 2015). En 2017, Total Exploration and Production Nigeria a signé 2 accords avec la communauté Egi pour l'amélioration des conditions de vie des riverains de ses installations.



- **L'AMONT GAZIER ET PÉTROLIER** • Outre le torchage, le secteur des hydrocarbures est responsable d'émissions fugitives de méthane à tous les stades de son activité :
 - au niveau du puits : le méthane est normalement canalisé et récupéré via l'enveloppe du puits mais une partie peut s'échapper et rejoindre l'atmosphère au travers du sol dans les environs du forage (Kang, 2014), ces émanations diffuses peuvent se prolonger jusqu'à une décennie après la fin de l'exploitation (Boothroyd, 2016) ;
 - lors du transport et du stockage du gaz : étanchéité imparfaite des valves et robinets, ruptures et fuites, dégazages volontaires ou non... ;
 - lors du traitement des produits pétroliers : une raffinerie compte plusieurs dizaines de milliers de valves qui peuvent laisser échapper de faibles quantités de gaz à effet de serre ou d'autres polluants.

L'accident d'Aliso Canyon en 2015-2016

Le site de stockage de gaz d'Aliso Canyon, à proximité de Porter Ranch, est exploité par la SoCalGas, le premier distributeur de gaz naturel du sud de la Californie. Il comporte 114 puits capables de contenir 2,4 milliards de mètres cubes de gaz, soit un stockage d'énergie équivalent de 15 millions de barils de pétrole. Ce réservoir est le deuxième plus grand des États-Unis, il permet d'alimenter en gaz 11 millions de foyers et 16 centrales thermiques dans les environs de Los Angeles. Le 23 octobre 2015, les employés du site ont constaté une fuite massive sur le réservoir : chaque jour environ 1 000 tonnes de gaz s'échappaient vers l'atmosphère. Après de nombreuses tentatives infructueuses, la fuite n'a été finalement trouvée et colmatée que le 13 février 2016. Pendant ces 4 mois, 97 100 tonnes de méthane et 7 300 tonnes d'éthane ont été rejetés - soit l'équivalent des émissions de gaz à effet de serre de 200 000 américains pendant un an. La catastrophe a entraîné l'évacuation de 2 000 foyers situés à proximité du site, son coût est estimé à 665 millions de dollars. Cet accident a attiré l'attention sur la vulnérabilité des infrastructures gazières américaines face aux fuites de méthane. La plupart des émissions fugitives de méthane sont cependant beaucoup moins spectaculaires - et donc beaucoup plus difficiles à identifier et corriger.

Source : Conley et Al, 2016

ENCADRÉ 5

Les solutions disponibles pour réduire ces émissions fugitives dépendent de leur origine mais nécessitent dans tous les cas la mobilisation des entreprises impliquées dans la chaîne logistique des hydrocarbures. En dehors des fuites les plus importantes et de celles qui représentent un risque pour le personnel, il n'est pas toujours économiquement rentable de réduire les émissions fugitives : en effet détecter les fuites, en comprendre l'origine et les corriger nécessite des investissements qui peuvent être très supérieurs au coût du gaz perdu.

La réglementation locale et l'action des collectivités et des ONG peuvent jouer un rôle important pour inciter les entreprises à agir face aux fuites de faible volume. A titre d'exemple, BP a installé un système de détection et de réparation des fuites sur plus de 80 000 valves dans sa raffinerie de Whiting, dans l'Indiana, mais il a fallu pour cela que l'entreprise y soit contrainte par un accord avec la justice américaine au terme d'une procédure engagée par 3 états américains (Indiana vs. BP, 2001). Plus récemment, la Californie a adopté le 23 mars 2017 une nouvelle réglementation sur les émissions de méthane dans le secteur des hydrocarbures, cette réglementation entrera en vigueur entre 2018 et 2020 et devrait réduire les émissions de l'état de 1,4 millions de tonnes équivalent CO₂ par an notamment en créant un suivi trimestriel

L'enjeu des réseaux de distribution de gaz

Les opérateurs des réseaux de distribution de gaz se trouvent en situation de monopole naturel, il n'existe pas toujours d'incitation économique à réduire les pertes. En l'absence de concurrence, les tarifs pratiqués sont généralement fixés par un régulateur, souvent sur le modèle « Cost+ » : la rémunération perçue par l'opérateur est basée sur le coût de fonctionnement de l'activité, évalué à partir des années précédentes, plus une marge. Dans ce système, le gaz perdu pendant le transport et la distribution est intégré dans les coûts de fonctionnement historiques. L'opérateur ne subit donc pas de pertes du fait des émissions fugitives

et il n'est pas incité à investir pour les réduire. Les collectivités territoriales jouent souvent un rôle dans la gestion du réseau de distribution : elles peuvent en être propriétaires (comme en France), en fixer la tarification (c'est généralement le cas au niveau des états fédérés aux États-Unis), faire partie du conseil d'administration, etc. Elles peuvent mettre à profit ce rôle pour inciter les opérateurs des réseaux à lutter contre les fuites et ainsi contribuer à réduire leurs émissions fugitives même lorsque l'industrie gazière n'est pas directement présente sur leur territoire.

Source : Hausman, 2016

ENCADRÉ 6

Une coopération entre entreprises, chercheurs et acteurs publics à l'échelle infranationale est particulièrement nécessaire aux États-Unis où l'élection de Donald Trump en 2016 a entraîné un affaiblissement de la réglementation fédérale et l'abandon des engagements pris sous le mandat précédent. Des initiatives dans ce sens existent (Konschnik, 2018).

A l'échelle globale, l'Oil and Gas Methane Partnership sous l'égide de la Climate and Clean Air Coalition a pour objectif d'inciter les pétroliers à agir volontairement. Dix des plus grands pétroliers de la planète, dont Royal Dutch Shell, Total et BP mais aussi le mexicain PEMEX ou le thaïlandais PPT, ont adhéré à ses principes directeurs pour la réduction des émissions de méthane dans l'industrie gazière.

• **LE SECTEUR DU CHARBON** • Après les hydrocarbures, le deuxième secteur à l'origine d'émissions fugitives est le charbon : comme les réservoirs de pétroles, les veines de charbon contiennent en général du méthane qui peut s'échapper dans l'atmosphère lorsque la ressource est exploitée. Les émissions fugitives liées au charbon a lieu principalement :

Les émissions fugitives liées au charbon a lieu principalement :

- lors de l'extraction du charbon : la fracturation du minerai libère le méthane qui y était emprisonné. Dans une mine à ciel ouvert, le gaz se retrouve directement dans l'atmosphère. Lorsque la mine est souterraine, le méthane se répand dans les galeries avant d'être évacué par le système de ventilation. La concentration en méthane dans l'air ventilé hors des mines est généralement de quelques dixièmes de pourcents, un risque d'explosion (« coup de grisou ») apparaît à partir de quelques pourcents;
- lors du transport et du stockage du charbon : le gaz encore présent dans le minerai est libéré et rejoint l'atmosphère;
- après l'arrêt de l'exploitation : du méthane peut continuer à s'échapper par les fissures et les puits créés lors de son exploitation. Aux États-Unis, par exemple, il y a plusieurs milliers de mines abandonnées dont 400 environ ont été identifiées comme rejetant des quantités significatives de méthane (EPA, 2017).

Ce méthane ventilé représente à lui seul la moitié des émissions fugitives du secteur (EPA).

Le gaz associé au charbon peut être récupéré et utilisé comme le gaz naturel pour la production d'électricité, l'alimentation de véhicules ou dans des procédés pétrochimiques. Il peut également être employé dans l'activité de la mine : pour le séchage du minerai, le chauffage des galeries... La réduction des émissions fugitives dans le secteur charbonnier peut donc être une opération bénéficiaire : en Europe, le dégazage du charbon rapporterait entre 1,8 et 2,2 € par tonne équivalent



CO₂ évitée (Ecofys, 2009). Pourtant ces émissions restent souvent négligées : dans le cadre l'ETS, le marché européen du carbone, par exemple, elles ne sont pas prises en compte dans le calcul de l'empreinte carbone des producteurs de charbon.

La Global Methane Initiative, un partenariat public-privé lancé en 2004 pour réduire les émissions de méthane, recensait en 2016 près de 200 projets dans le secteur du charbon (Global Methane, 2016). Parmi les plus récents, on peut citer l'installation d'une turbine à gaz de 1 MW (avec possibilité d'extension à 6 MW) sur la mine souterraine de Fuhong en Chine ou la récupération du gaz et son utilisation pour la production de vapeur, de chaleur et d'électricité à la mine de Severnaya en Russie.

La dégazéification de la mine de charbon de Khe Cham (Viêt-Nam)

Située dans la province nord-est du Quang Ninh, la mine de charbon de Khe Cham est exploitée par une filiale du conglomérat public Vinacomin (Vietnam National Coal and Mineral Industries Group) et produit 1,5 million de tonnes de charbon par an. Le gisement de charbon de Khe Cham est un des plus riches en méthane du pays. Ces émissions fugitives posent des problèmes de sécurité : en 2009, un coup de grisou a tué 11 mineurs. En 2012, un système de drainage a été mis en place, ce qui a permis de réduire la concentration en méthane dans l'atmosphère de la mine de 0,2 à 0,6 points. Depuis la mine n'a plus été obligée d'interrompre ses opérations en raison d'une présence anormale de méthane (contre en moyenne 20 heures par mois d'interruption avant l'installation). De plus les coûts de ventilation ont été réduits d'un tiers et l'efficacité de la production s'est améliorée. Enfin le méthane collecté peut être utilisé pour alimenter une turbine à gaz et couvrir en partie les besoins d'électricité de la mine.



FIGURE 4. STATION DE DRAINAGE DE MÉTHANE À KHE CHAM

Source : Global Methane

ENCADRÉ 7

Dans la mesure où les émissions se poursuivent après la fin des opérations, la remise en état des sites et l'attention que les collectivités locales portent à ce sujet peuvent également contribuer à réduire les émissions.

CONCLUSION

Malgré une contribution significative, les émissions fugitives sont un des angles morts de la lutte contre le changement climatique. Un travail important reste à effectuer pour mieux les évaluer et les réduire. Avec les informations dont nous disposons, il apparaît que l'extraction des combustibles fossiles est la première source d'émission fugitive, puis dans une moindre mesure le traitement et le transport. La responsabilité de leur réduction pèse donc en premier lieu sur les entreprises pétrolières, gazières et charbonnières assistées - aiguillonnées parfois - par les autres acteurs : chercheurs, collectivités et communautés locales, ONG...

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES À L'ADRESSE SUIVANTE : CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- Banque Mondiale, Gas flaring data 2013-17.
- ENERDATA, Global Energy & CO₂ Data.
- UNFCCC, Greenhouse Gas Inventory Data.

RAPPORTS ET REVUES :

- Alvarez et al. (2018), Assessment of methane emissions from the U.S. oil and gas supply chain, Science.
- Boothroyd et al. (15 mars 2016), Fugitive emissions of methane from abandoned, decommissioned oil and gas wells, Science of The Total Environment.
- CITEPA (1999), Emissions diffuses et fugitives Définitions et principes de quantification.
- Conley et al. (2016), Methane emissions from the 2015 Aliso Canyon blowout in Los Angeles, CA, Science.
- Ecofys (2009), Sectoral Emission Reduction Potentials and Economic Costs for Climate Change (SERPEC-CC) - Methane from fugitive emissions.
- EPA (2017), Abandoned Coal Mine Methane Opportunities Database.
- Greenhouse gas protocol (2016), Global Warming Potential Values.
- Hausman (10 août 2016), Why utilities have little incentive to plug leaking natural gas, The Conversation.
- Howarth et al. (12 avril 2011), Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations, Climatic Change.
- IPCC (1996), Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- IPCC (2006), IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- Kang et al (23 décembre 2014), Direct measurements of methane emissions from abandoned oil and gas wells in Pennsylvania, PNAS.
- Konschnik et al. (12 février 2018), Reducing fugitive methane emissions from the North American oil and gas sector : a proposed science-policy framework, Climate Policy.
- Nisbet et al. (2016), Rising atmospheric methane : 2007-14 growth and isotopic shift, American Geophysical Union.
- Pétron et al. (7 mai 2014), A new look at methane and nonmethane hydrocarbon emissions from oil and natural gas operations in the Colorado Denver - Julesburg Basin, Journal of Geophysical Research : Atmospheres.
- Soltanieh et al. (2016), A review of global gas flaring and venting and impact on the environment : Case study of Iran, International Journal of Greenhouse Gas Control.

- Worden et al. (2017), Reduced biomass burning emissions reconcile conflicting estimates of the post-2006 atmospheric methane budget, Nature.

- World Resource Institute (avril 2013), Clearing the air : reducing upstream greenhouse gas emissions from U.S. natural gas systems.

- Zavala-Araiza et al. (22 décembre 2015), Reconciling divergent estimates of oil and gas methane emissions, PNAS.

PRESSES PRÉSENTATIONS :

- Banque Mondiale (17 juillet 2018), New Satellite Data Reveals Progress : Global Gas Flaring Declined in 2017.

- Climate and Clean Air Coalition (22 novembre 2017), Reducing methane emissions across the natural gas value chain - Guiding principles.

- ENI (23 août 2018), Reduction in direct GHG emissions.

- EPA, Frequent Questions About Coal Mine Methane.

- Global Methane (2016), International Coal Mine Methane Projects List.

- Global Methane (2013), Coal mine methane project opportunity pilot project on methane gas drainage in Khe Cham coal mine Quang Ninh province, Vietnam.

- Novethic (29 mai 2015), Torchage du gaz : les communautés Egi demandent à Total de se comporter au Nigeria comme en France.

- The Economist (28 avril 2018), Scientists struggle to explain a worrying rise in atmospheric methane.





Capture et séquestration du carbone : une solution qui peine à se concrétiser

La capture et la séquestration du carbone (CSC) permet d'éviter le rejet de gaz à effet de serre dans l'atmosphère en récupérant le dioxyde de carbone au niveau des installations émettrices puis en le stockant ou en le valorisant, éventuellement après transport. La CSC pourrait permettre de réduire rapidement les émissions de gaz à effet de serre liées à la production d'électricité et à l'industrie sans renoncer à la consommation d'énergie fossile. La faisabilité technique de cette solution est démontrée par des projets pilotes, dont Petra Nova inauguré en 2017. Pourtant la CSC peine à se déployer : seuls 5 projets sont en cours dans le monde. Comment expliquer ces réticences ?

Rédacteur principal • THIBAUT LACONDE • *Consultant, Energie & Développement*

SOMMAIRE

1 • LA CSC : MIRACLE OU MIRAGE ?

- Le fonctionnement de la CSC
- La CSC aujourd'hui dans le monde

2 • ENTREPRISES : UN ENTHOUSIASME SANS MODÈLE ÉCONOMIQUE

- Un prix du carbone insuffisant pour aller au-delà des projets pilotes
- La voie réglementaire

3 • UNE SOCIÉTÉ CIVILE DIVISÉE

- ONG et monde académique
- Communautés locales

4 • LES COLLECTIVITÉS : ARBITRES INDÉCIS



1 • LA CSC : MIRACLE OU MIRAGE ?

La capture et la séquestration du carbone est un ensemble de techniques permettant de récupérer le dioxyde de carbone dans de grandes installations émettrices (centrale thermique, aciérie, etc.) et de le stocker durablement afin d'éviter son rejet dans l'atmosphère.

Contrairement à la plupart des techniques de mitigation, **la CSC pourrait permettre de réduire les émissions sans renoncer à la consommation d'énergies fossiles et donc sans bouleverser nos modes de consommation ou la structure de nos économies.** Elle présente aussi l'avantage de pouvoir, potentiellement, être mise en place a posteriori sur un outil industriel existant.

• **LE FONCTIONNEMENT DE LA CSC** • La CSC comprend trois grandes étapes :

- la capture : séparer le dioxyde de carbone des autres effluents gazeux en sortie de cheminée ou modifier les processus industriels de façon à ce qu'ils rejettent du CO₂ pur ;
- la séquestration : stocker durablement le dioxyde de carbone récupéré de façon à ce qu'il ne puisse pas rejoindre l'atmosphère ;
- le transport : acheminer le dioxyde de carbone du point de capture à celui de stockage ;
- chacune de ces étapes peut faire appel à plusieurs technologies - avec parfois des niveaux de maturité, des coûts et des impacts environnementaux très variables.

La première étape de la CSC consiste à capturer le dioxyde de carbone en sortie des centrales thermiques ou des installations industrielles. La difficulté de cette étape vient de ce que les effluents ne sont pas composés de dioxyde de carbone pur : comme l'air ambiant ils contiennent environ 2/3 d'azote et diverses impuretés. Il faut donc soit séparer le dioxyde de carbone des autres gaz soit modifier les processus industriels de façon à ce qu'ils ne produisent plus que du CO₂.

Il existe pour cela trois familles de technologies :

- postcombustion : le dioxyde de carbone est séparé des autres gaz et récupéré directement dans les fumées d'échappement - ce qui permet d'équiper des installations existantes sans modification majeure ;
- oxycombustion : l'installation est modifiée de façon à ce que la combustion d'énergie fossiles soit réalisée dans de l'oxygène pur et ainsi ne produise que de la vapeur d'eau (facile à précipiter) et du dioxyde de carbone ;
- précombustion : ce procédé consiste à extraire le carbone avant la combustion. Cela peut se faire en produisant du monoxyde de carbone à partir du combustible (par exemple par vaporeformage ou oxydation incomplète) lequel réagit avec de la vapeur d'eau pour former d'une part du dioxyde de carbone, d'autre part du dihydrogène (on parle de « shift-conversion »). C'est ensuite l'hydrogène qui est brûlé, ne produisant que de la vapeur d'eau.

Capture atmosphérique et CSC

La capture atmosphérique consiste à retirer du CO₂ non pas en sortie des installations émettrices mais directement dans l'atmosphère. Cette filière émergente se distingue de la CSC puisqu'elle ne fait pas que réduire les émissions, elle crée des « émissions négatives ». Elle connaît un intérêt croissant stimulé notamment par l'objectif de zéro émission nette inscrit dans l'Accord de Paris. La capture atmosphérique s'appuie souvent sur tout ou partie des technologies développées dans le cadre de la CSC. La biomasse + CSC (ou « Bioenergy + CCS », BECCS), par exemple consiste à utiliser la photosynthèse pour retirer le CO₂ de l'atmosphère puis à brûler la biomasse produite en récupérant et en séquestrant le CO₂ : cette technique reprend donc l'ensemble de la chaîne de la CSC. La capture directe (ou « direct air capture ») utilise un procédé technologique pour extraire le CO₂ de l'air ambiant où il est beaucoup moins concentré

que dans les fumées d'usine (0,04% environ contre 30%) avant de le séquestrer : dans ce cas seuls le transport et la séquestration sont communs avec la CSC.

Source : center for carbon removal

ENCADRÉ 1

Le dioxyde de carbone capturé doit ensuite être stocké de façon sûre et durable pour éviter qu'il rejoigne l'atmosphère. La solution la plus souvent envisagée est la séquestration géologique : le CO₂ est injecté dans des gisements de pétrole ou de gaz épuisés, dans des veines de charbon inexploitable ou bien des aquifères salins profonds. **En pratique, cependant, le CO₂ capturé est plutôt valorisé que stocké, il est alors vendu ce qui améliore la rentabilité du processus mais peut aussi dégrader son bilan climatique. La valorisation peut consister à :**

- injecter le CO₂ dans un réservoir d'hydrocarbure en cours d'exploitation : lorsque le pétrole ou le gaz est extrait, la pression dans le réservoir baisse, l'injection de CO₂ (ou d'autres gaz) peut permettre de la relever et d'augmenter la production - on parle de récupération assistée ou EOR ;
- utiliser le CO₂ comme matière première dans des procédés chimiques, industriels ou agroalimentaires, par exemple comme solvant, réfrigérant ou dissout dans des boissons pétillantes ;
- utiliser de l'énergie pour convertir le CO₂ en carburant liquide ou gazeux par l'intermédiaire de la photosynthèse (par exemple en produisant des microalgues utilisées ensuite pour la production de biomasse) ou par méthanation.

Il n'est pas toujours possible de valoriser le dioxyde sur le lieu de sa capture et il est rarement possible de l'y stocker. Une étape intermédiaire consiste donc à transporter le gaz. Ce transport peut se faire par gazoduc mais aussi par camion, train ou bateau.

• LA CSC AUJOURD'HUI DANS LE MONDE • Le transport et la séquestration du carbone, en général par EOR, se pratiquent à petite échelle depuis plusieurs décennies. Ces premières expériences ont presque toutes lieu dans le cadre de procédés pétrochimiques produisant déjà du CO₂ concentré, sans qu'il soit donc nécessaire de modifier l'installation émettrice. C'est le cas par exemple de la purification du gaz naturel (Terrell Natural aux États-Unis en service depuis 1972, Sleipner en Norvège depuis 1996...) ou de la production d'engrais azotés (Enid Fertilizer aux États-Unis depuis 1982).

La capture du carbone sur des installations qui ne le produisent pas naturellement pur est plus récente. Dans la production d'électricité, par exemple, il existe de nombreux démonstrateurs mais seul deux projets à l'échelle sont actuellement en service : Boundary Dam au Canada (mis en service en 2014) et Petra Nova aux États-Unis (mis en service en 2017).

Boundary Dam

Boundary Dam est une centrale à charbon exploitée par Sask Power dans l'État canadien du Saskatchewan. Son unité 3 a été équipée pour capturer le dioxyde de carbone émis : jusqu'à 90% du CO₂ produit lors de la combustion, soit environ 50 000 tonnes par mois, est capté par absorption avec un solvant chimique. Le CO₂ est vendu et acheminé par pipeline jusqu'au champ pétrolifère de Weyburn, où il est injecté dans les puits afin d'en augmenter la production. Au début de l'année 2018, Boundary Dam 3 a dépassé le seuil de 2 millions de tonnes de CO₂ capté. Le projet a coûté 1,35 milliard de dollars canadiens (945 millions d'euros). C'est

environ 5 fois plus qu'une centrale à charbon sans CSC qui, à puissance équivalente, aurait coûté 150 à 200 millions d'euros. A ces investissements s'ajoute une surconsommation d'énergie de l'ordre de 25%. En effet, en plus de sa capacité nette de 110 MW, la centrale produit 29 MW qui ne servent qu'à alimenter le processus très énergivore de capture du carbone. Malgré ces coûts, le projet a permis de démontrer la faisabilité technique de la CSC post-combustion à l'échelle industrielle.

Source : www.saskpower.com

ENCADRÉ 2



Si on exclut les démonstrateurs et les pilotes de petite taille, 17 projets de capture et de stockage du carbone sont actuellement en service dans le monde, permettant d'éviter le rejet d'un peu plus de 31 millions de tonnes de CO₂ par an. Cinq projets supplémentaires sont en cours de construction et une quinzaine d'autres sont à divers stades de développement (Global CCS Institute, 2018).

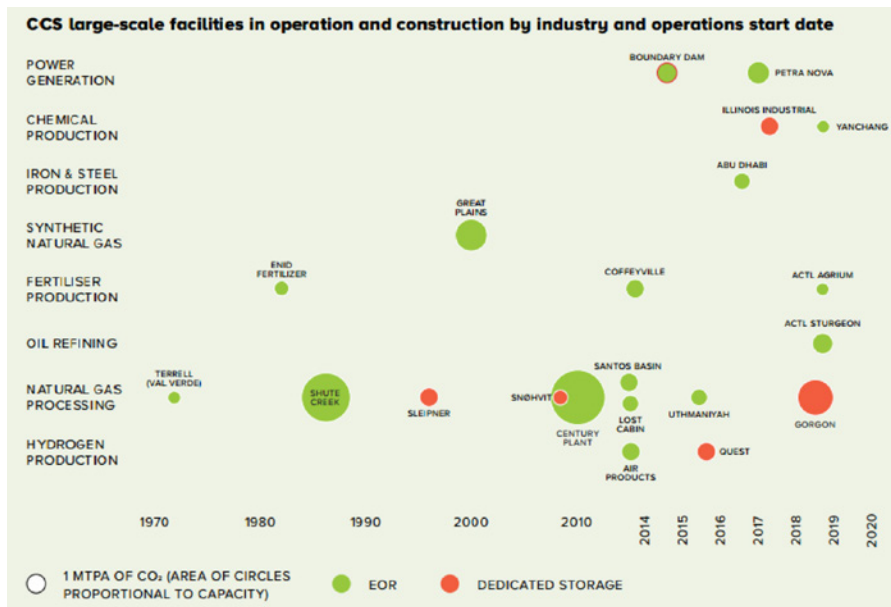


FIGURE 1. PROJETS DE CSC À L'ÉCHELLE INDUSTRIELLE PAR DATE DE MISE EN SERVICE, SECTEUR ET QUANTITÉ SÉQUESTRÉE (Global CCS Institute, 2018)

La capture du carbone a par ailleurs connu plusieurs échecs coûteux, on peut citer par exemple les projets FutureGen ou celui de Kemper County aux États-Unis et ZeroGen en Australie.

La faisabilité technique de la capture et de la séquestration du carbone est donc établie mais les projets susceptibles de réduire significativement les émissions restent rares et peinent à se concrétiser. Comment expliquer ces difficultés et quel rôle jouent les acteurs non étatiques dans le développement, ou au contraire les résistances, à la CSC ?

2 • ENTREPRISES : UN ENTHOUSIASME SANS MODÈLE ÉCONOMIQUE

La capture du carbone suscite l'intérêt de nombreux acteurs économiques, particulièrement ceux qui dépendent des énergies fossiles puisque son déploiement à grande échelle permettrait de réduire les émissions sans remettre en cause leur activité. Charbonniers, pétroliers, producteurs d'électricité fossile, industries lourdes, etc. soutiennent donc le développement de cette filière, mais - à l'image du projet pilote de Lacq (France) lancé par Total - ces expérimentations débouchent rarement sur une mise en œuvre à l'échelle.

Une des causes majeures de ces réticences est que la capture du carbone n'a pas aujourd'hui de rationalité économique (Kapetaki, 2017).

• **UN PRIX DU CARBONE INSUFFISANT POUR ALLER AU-DELÀ DES PROJETS PILOTES** • Ces projets coûtent cher et dégradent sensiblement le rendement des installations sur lesquels ils sont conduits. Selon les études et les technologies envisagées, la capture et la séquestration du carbone dans une centrale électrique thermique entraînerait ainsi une hausse du coût de l'électricité de 56 à 143 € par mégawattheure. En Europe le cours de l'électricité s'établit autour de 40 €/MWh : il s'agit donc au moins d'un doublement du prix de gros.

Dans ces conditions, il faudrait un prix du carbone de 115 € par tonne en Europe pour que les centrales thermiques avec CSC deviennent l'option la plus rentable. Pour comparaison, le cours des crédits carbone européens évolue généralement entre 4 et 20 € par tonne de CO₂ depuis la création du marché européen du carbone. En Chine, le point de bascule est plus bas : un prix du

carbone de 45 € par tonne suffirait à rendre la CSC rentable dans le secteur électrique. Ce seuil pourrait être atteint d'ici 2030 (Renner, 2014) mais les pilotes chinois de marché du carbone situent pour l'instant le prix de la tonne de CO₂ entre 0,13 et 15,5 €.

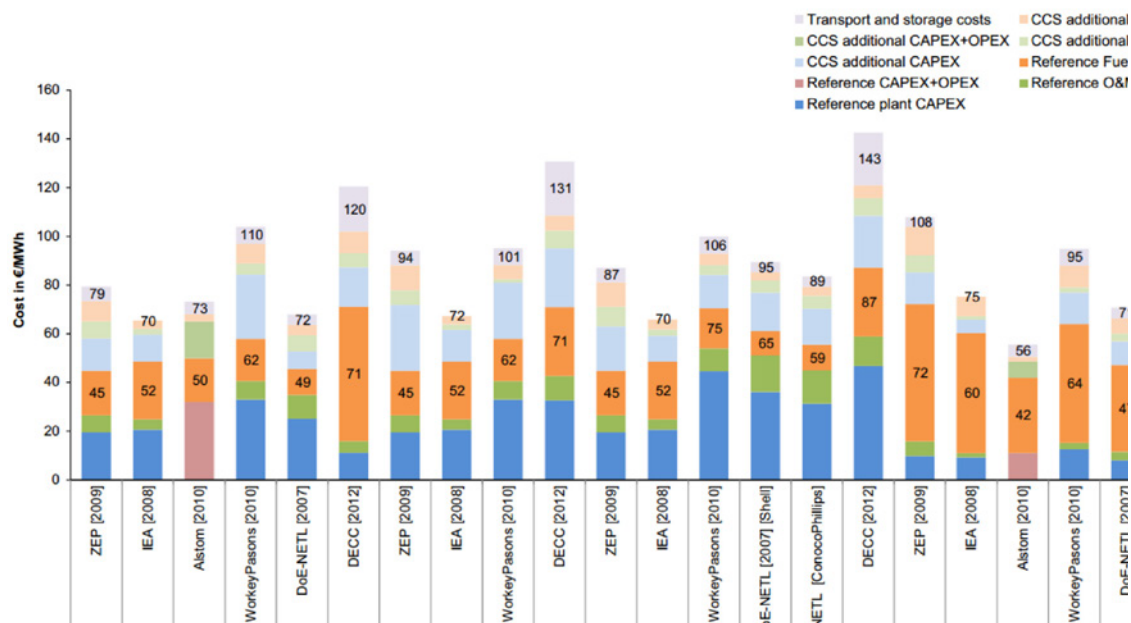


FIGURE 2. SURCÔÛT (LCOE) DE LA CAPTURE ET DE LA SÉQUESTRATION DU CARBONE PAR MÉGAWATTHEURE PRODUITS SELON DIVERSES ÉTUDES

(Renner, 2014)

Là où il existe, **le prix du carbone est donc trop bas et souvent trop volatil pour justifier le développement de la capture et de la séquestration du carbone.** Les entreprises ne sont donc pas incitées à aller au-delà des projets pilotes.

Le nouveau crédit d'impôt américain sur la capture du carbone

Aux États-Unis, le budget 2018 a créé une forte incitation à la séquestration du carbone : la séquestration géologique d'une tonne de CO₂ ouvre le droit à un crédit d'impôt de 50 \$, les autres utilisations du CO₂ sont accompagnées d'un crédit d'impôt de 35 \$ par tonne. Ce système s'applique aussi bien pour le CO₂ capturé sur des installations énergétiques ou industrielles que pour celui qui est retiré directement de l'atmosphère. S'il est insuffisant pour permettre à la capture et la séquestration du carbone d'atteindre son seuil de rentabilité, ce système devrait aider à de nombreux projets à s'en rapprocher. Ce crédit d'impôt est aussi original par la variété de ses soutiens, réunissant à la fois climatoseptiques et activistes environnementaux, républicains et démocrates, producteurs de charbon, syndicats et ONG.

Source : MIT Technology review

ENCADRÉ 3

• **LA VOIE RÉGLEMENTAIRE** • En l'absence de rationalité économique, les régulateurs peuvent être tentés d'imposer la capture et la séquestration du carbone aux entreprises. Un premier exemple de cette stratégie peut être trouvé en Australie avec les projets gaziers de Gorgon et Wheatstone : le gouvernement d'Australie Occidentale a autorisé la construction par Chevron de ces installations



à condition que 80% du CO₂ retiré du gaz soit capturé et séquestré.

Cette initiative se substitue à un prix du carbone : le système de compensation obligatoire de l'État d'Australie Occidentale a été aboli en 2011 lorsque l'Australie a créé une taxe carbone mais cette taxe a été à son tour supprimée en 2014 par le gouvernement de Tony Abbott. Chevron n'a donc plus d'incitation financière pour réduire ses émissions.

Dans le cadre de cet accord, Chevron a investi 2,5 milliards de dollars (sur un investissement total de 88 milliards) pour capter 4 millions de tonnes de CO₂ par an. La séquestration aura lieu dans un réservoir situé à 50 km des côtes et 2 km sous la surface au sein de la réserve naturelle de l'île de Barrow.

L'approche réglementaire montre cependant des limites : le site de Gorgon fonctionne depuis mars 2016 mais la capture et la séquestration du carbone n'y est toujours pas opérationnelle et elle ne devrait finalement concerner que 40% des émissions. Ce retard n'avait pas été prévu par l'accord dont l'application se trouve donc comprise. Deux enquêtes ont été ouvertes par l'agence de protection de l'environnement locale.

L'Union Européenne a adopté une approche plus souple : la directive CCS de 2009 n'impose pas la capture et la séquestration du carbone mais une étude de faisabilité est requise pour les nouvelles centrales thermiques de plus de 300 MW. Lors de la transposition de cette directive certains États-membres, dont la France et la Grande-Bretagne, ont décidé de n'autoriser que les projets « CCS-ready », c'est-à-dire remplissant les conditions (espace, accès, etc.) permettant de les équiper a posteriori pour la capture du carbone.

3 • UNE SOCIÉTÉ CIVILE DIVISÉE

Un autre obstacle pour les projets de capture et de séquestration du carbone est son image dans la société civile : cette filière est peu connue et suscite souvent des réactions de rejet.

• **ONG ET MONDE ACADÉMIQUE** • Certains chercheurs voient dans la capture du carbone un « pacte faustien » (Spreng, 2007) qui peut mener à une impasse technologique et fait obstacle au développement des technologies bas-carbone comme les énergies renouvelables.

Le projet de Yanchang, illustration des paradoxes de la CSC

Yanchang, dans les régions charbonnières du nord de la Chine, doit accueillir le premier système de capture et de séquestration du carbone à l'échelle industrielle en Asie. Le projet est conduit par Yanshan Petroleum, une entreprise propriété du gouvernement provincial du Shaanxi et le 4^e producteur de pétrole en Chine. Il doit être inauguré en 2018 et éviter le rejet de 410 000 tonnes de CO₂ par an. Yanchang illustre les paradoxes de la capture du carbone : comme 4 des 8 projets de CSC chinois, il est destiné à capturer les émissions d'usines de liquéfaction de charbon. L'installation de ces systèmes au niveau des usines n'élimine les émissions ni en amont (émissions fugitives de méthane lors de l'extraction du charbon, par exemple) ni en aval (lors de la combustion du carburant). Le procédé est par ailleurs très consommateur en eau (6 à 13 tonnes d'eau par tonne de carburant). De plus, le site de capture et le site de stockage sont séparés de 140 km, le transport se fait par camion : plus de 20 000 rotations seront nécessaires chaque année. Enfin, le CO₂ capturé est séquestré dans le champ pétrolifère de Qiaojiawa où il est permis de stimuler la production d'hydrocarbures. La capture et la séquestration du carbone s'inscrit donc dans une chaîne de valeur très émettrice en gaz à effet de serre qu'elle contribue à pérenniser.

Source : Financial times

ENCADRÉ 4

Cette opposition s'est renforcée autour de 2010 lorsqu'il est devenu évident que les projets de CSC rencontraient de nombreuses difficultés - retards, surcoûts, abandons... (Markuson, 2012). Cette période correspond aussi à une baisse des moyens affectés à la recherche : **en Europe, les investissements publics et privés dans la recherche en matière de capture et de séquestration du carbone ont atteint leur maximum en 2010 (Fiorini, 2016)**. Aux États-Unis, le programme de recherche en matière de CSC du MIT (Carbon Sequestration Initiative) a fermé ses portes en juin 2016 après 16 années d'existence.

De même certaines ONG s'opposent radicalement à la capture du carbone, Greenpeace estime ainsi que la CSC est une perte de temps dangereuse « *Greenpeace opposes CCS as a dangerous distraction from the safe, secure 100 percent renewable energy future we all want* ». Cette position est cependant loin de faire consensus : d'autres organisations militent en faveur de la CSC (Bellona, ZERO...), même le WWF a parfois soutenu prudemment cette solution (WWF-UK en 2014 : « *Demonstrating carbon capture and storage is an urgent priority* »... « *but the Government shouldn't plan significant investments in new fossil fuel plants today on the assumption that CCS technology will be available at an affordable cost in the future to capture emissions when we simply don't know that yet* »).

• **COMMUNAUTÉS LOCALES** • La séquestration du carbone, avec son risque de fuite et de séisme induit, inquiète les communautés riveraines. Leur mobilisation a ralenti voire empêché des projets de capture et de séquestration du carbone et poussé certains gouvernements à renoncer à la séquestration sur la terre ferme au profit de la séquestration off-shore, plus coûteuse.

C'est ce qui est arrivé au projet de CSC proposé par Shell à Barendrecht (Pays Bas). Ce projet devait démarrer en 2011 et permettre le stockage de 10 millions de tonnes de CO₂ en 25 ans. Il a été abandonné en 2010 en raison de l'opposition de la population locale. Suite à cet échec, le gouvernement néerlandais a décidé que tous les projets de stockage du CO₂ devraient se faire en mer. Des mouvements similaires ont eu lieu en Allemagne (Beeskow, Brandebourg) et aux États-Unis (Greenville, Ohio et Long Beach, Californie).

L'acceptation des projets de capture et de séquestration du carbone par la population locale est donc un enjeu majeur pour le développement de cette filière. Le sujet a fait l'objet de nombreuses études et publications scientifiques. Comme souvent pour les technologies émergentes, le premier facteur d'acceptabilité est la perception des bénéfices, en l'occurrence la poursuite de l'utilisation des énergies fossiles (L'Orange Seigo, 2014). Par conséquent, les populations fortement dépendantes des énergies fossiles sont plus favorables aux projets de capture et de séquestration du carbone, y compris quand elles se montrent par ailleurs hostiles aux efforts de réduction des émissions. Ainsi dans l'État charbonnier de l'Indiana 80% des personnes interrogées soutiennent la capture et la séquestration du carbone. Cela n'empêche toutefois pas un effet NIMBY « *not in my backyard* » : 20% des sondés favorables à la CSC changent d'avis si le projet se trouve à proximité de leur communauté (Krause, 2013).

Les technologies utilisées et surtout la source du CO₂ sont d'autres facteurs susceptibles d'affecter l'opinion publique. Une étude allemande montre ainsi que la CSC, perçue en moyenne de façon relativement neutre, est plus soutenue lorsqu'elle est pratiquée sur des centrales à biomasse ou des installations industrielles que sur des centrales à charbon. Le mode de transport et de stockage a aussi une influence : la valorisation pour la récupération assistée d'hydrocarbure, par exemple, est mieux perçue que l'injection dans des formations salines (Dütschke, 2016).

4 • LES COLLECTIVITÉS : ARBITRES INDÉCIS

La séquestration du carbone consiste à stocker en profondeur pour un temps indéterminé une substance dangereuse. Cette pratique, comme dans une moindre mesure le transport du carbone, a une empreinte territoriale importante ce qui fait des collectivités des parties prenantes cruciales.



A titre d'exemple, la directive européenne de 2009 sur la CSC a suscité des résistances en Allemagne où les Länder contestaient les sites retenus pour la séquestration du carbone. À la suite de ce mouvement, la loi allemande sur la CSC a reconnu le rôle des États fédérés en leur accordant un droit de veto sur les projets de séquestration du carbone - **une prérogative inédite dans le droit de l'environnement allemand qui ne donne en général pas de droit de regard aux autorités locales sur les projets d'infrastructures**. Plus généralement, l'expérience montre que l'intérêt des collectivités peut varier sensiblement en fonction de la technologie choisie et des éléments qui doivent être installés sur leur territoire. En particulier, elles semblent réticentes à accueillir le stockage de dioxyde de carbone surtout lorsque celui-ci n'est pas associé à la construction d'une nouvelle centrale thermique ou à une valorisation (par exemple pour la production d'hydrocarbures).

L'implantation du projet FutureGen aux États-Unis

Anoncé en 2003, FutureGen était conçu comme la figure de proue du programme de « charbon propre » de l'administration Bush. Le projet devait démontrer la capture et séquestration du dioxyde de carbone en un lieu unique réunissant ainsi l'ensemble de la chaîne technologique sur une installation à l'état de l'art construite pour l'occasion. Ce projet ambitieux était doté d'un budget de 1,5 milliards de dollars, financé à 74% par l'État fédéral. L'implantation du projet a fait l'objet d'une procédure compétitive d'une durée de deux ans. Sept États se sont portés candidats et 12 sites ont été retenus. Une première sélection a conduit à 4 finalistes - 2 dans l'Illinois et 2 au Texas. Les deux États ont investi dans ce processus, notamment en mobilisant le grand public afin d'assurer la reconnaissance et l'acceptabilité du projet.

En janvier 2008, Mattoon dans l'Illinois a été choisi pour accueillir FutureGen. Mi-2009, le consortium en charge de FutureGen a fait l'acquisition du terrain à Mattoon. La pose de la première pierre de la nouvelle centrale était prévue pour 2010. En août 2010, le projet, désormais appelé FutureGen 2.0, a été restructuré en renonçant à la construction d'une nouvelle centrale électrique au profit du retrofit d'une installation existante située à 280 kilomètres de Mattoon. Dans cette perspective, Mattoon n'aurait plus fourni que le site de stockage géologique du carbone ce qui a conduit la collectivité à retirer son soutien au projet. La recherche d'un nouveau site a retardé le projet d'une année supplémentaire et il a finalement été abandonné en 2015.

Source : Markusson, 2011

ENCADRÉ 5

CONCLUSION

La capture et la séquestration du carbone apparaît comme une solution séduisante pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et pourrait même contribuer à retirer de l'atmosphère du dioxyde de carbone qui s'y trouve déjà. Un avantage décisif de la CSC est que sa faisabilité technologique est prouvée et qu'elle dispose d'une longue expérience avec des projets remontants à plusieurs décennies. Son principal défaut est de rester trop chère et trop incertaine pour mobiliser réellement les acteurs économiques. La réticence des communautés locales et la prudence des collectivités compliquent souvent les projets et contribuent à obscurcir les perspectives pour une technologie qui reste, pour l'instant, un deus ex-machina incertain.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE : CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- Global CCS Institute, Projects database, - Asner et al (2009), Automated mapping of tropical deforestation and forest degradation : CLASlite, Journal of Applied Remote Sensing.

RAPPORTS ET REVUES :

- Dütschke et alii (2016), Differences in the public perception of CCS in Germany depending on CO₂ source, transport option and storage location, International Journal of Greenhouse Gas Control.
- Fiorini et alii (2016), Analysis of the European CCS research and innovation landscape, Energy Procedia.
- Global CSC Institute (2018), The Global Status of CCS : 2017.
- Kapetaki et alii (2017), Overview of Carbon Capture and Storage (CCS) demonstration project business models : Risks and Enablers on the two sides of the Atlantic, Energy Procedia.
- Krause et alii (2013), "Not in (or Under) My Backyard" : Geographic Proximity and Public Acceptance of Carbon Capture and Storage Facilities, Risk analysis.
- L'Orange Seigo et alii (2014), Public perception of carbon capture and storage (CCS) : A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Markusson et alii (2011), The social and political complexities of learning in carbon capture and storage demonstration projects, Global Environmental Change.
- Markuson et alii (2012), The Social Dynamics of Carbon Capture and Storage.
- Spreng et alii (2007), CO₂ capture and storage : Another Faustian Bargain?, Energy Policy
- Zero Emission Platform (2011), The Costs of CO₂ Capture.

PRESES PRÉSENTATIONS :

- Financial Times (22 mai 2017), China looks to capture millions of tonnes of CO₂.
- Financial Times (15 juin 2018), Chevron under fire over Australian CO₂ emissions.
- MIT Technology Review (20 février 2018), The carbon-capture era may finally be starting.



**CLIMATE
CHANGE**



2018 OBSERVATOIRE MONDIAL
DE L'ACTION CLIMATIQUE
NON-ÉTATIQUE



TRANSPORT

CAHIER 1 L'action
sectorielle



PUBLIÉ PAR L'ASSOCIATION CLIMATE CHANCE
NOVEMBRE 2018

Citation

CLIMATE CHANCE (2018)
« L'ACTION SECTORIELLE »

**CAHIER 1 DU RAPPORT ANNUEL DE L'OBSERVATOIRE
MONDIAL DE L'ACTION CLIMATIQUE NON-ÉTATIQUE**

ÉDITION REVUE ET CORRIGÉE - DÉCEMBRE 2018

Le texte de la présente publication peut être reproduit en tout ou en partie à des fins pédagogiques et non lucratives sans autorisation spéciale de la part du détenteur du copyright, à condition de faire mention de la source. Les données utilisées sont de la responsabilité de la source citée, l'Association Climate Chance ne peut être tenue responsable de leur inexactitude.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Ronan Dantec, Président de Climate Chance

ÉQUIPE CLIMATE CHANCE

Vanessa Laubin, *déléguée générale*
Amaury Parelle, *coordinateur, Observatoire*
Thibault Laconde, *consultant énergie-climat, Observatoire*
Antoine Gillod, *assistant de projet, Observatoire*
Bérengère Batiot, *responsable communication et relations publiques*
Veronica Velasquez, *chargée de communication*
Alice Dupuy, *assistante communication*
Romain Crouzet, *responsable des programmes*
Leila Yassine, *coordinatrice des programmes en Afrique*
Coline Desplantes, *assistante pôle programmes*
Vera Tikhanovich, *assistante pôle programmes*
Florence Léchat-Tarery, *responsable administration, finance & partenariats*

CONTRIBUTIONS

Germán Bersalli, Jean-Paul Céron, Maylis Desrousseaux, Ghislain Favé, Bertrand Fériot, Sudhir Gota, Aakansha Jain, Aïcha Koné, Bettina Laville, Gilles Luneau, Juliette Nouel, Riya Rahiman, Colas Robert, Guillaume Simonet, Alioune Thiam, Aude Vallade.

CRÉATION GRAPHIQUE ET MISE EN PAGE

Elaine Guillemot  LATELIERDELESTUAIRE.COM
Elodie Sha

TRADUCTION ANGLAISE ET FRANÇAISE

Solten France Sarl

PARTENAIRE POUR LES DONNÉES D'ÉMISSIONS





TRANSPORT

ROUTIER 4

FICHE SECTORIELLE.....4

*La « route » vers une
mobilité bas-carbone*

SUÈDE.....26

*Transports en Suède :
La mutation du secteur
automobile se précise*

AFRIQUE DU SUD42

*Faire du transport routier
un solide pilier de la lutte
contre les gaz à effet de serre*

INDE.....56

*Les politiques bas-carbone du
transport routier indien et le rôle
des acteurs non-étatiques*

BRÉSIL.....68

*Stabilisation des émissions
du transport routier au pays de l'éthanol*

AVIATION78

FICHE SECTORIELLE.....78

*Le transport aérien : des efforts engagés
encore à l'état d'expérimentation*

FERROVIAIRE 96

FICHE SECTORIELLE.....96

*Les émissions de gaz à effet de serre :
un atout décisif pour le rail ?*

MARITIME 108

FICHE SECTORIELLE.....108

*Les nouvelles initiatives
du transport maritime international*



La « route » vers une mobilité bas-carbone

L'Accord de Paris encourage à réhausser les objectifs d'atténuation dans les Contributions Déterminées au niveau National (CDN) en ré-évaluant leur niveau d'ambition et en formulant des stratégies développement et la mise en œuvre de stratégies bas-carbone à long terme. Les CDN actuels considèrent le secteur des transports comme une source d'atténuation importante, dont la décarbonation est essentielle pour parvenir à une décarbonation de tous les secteurs de l'économie.

Cette note est un rapport de synthèse analysant les données les plus récentes du secteur routier et les facteurs à l'origine de sa croissance et de son développement. Son objectif est de fournir un état des lieux de l'action climatique globale liée au secteur du transport routier et des synergies entre les acteurs étatiques et non-étatiques à ce sujet.

Rédacteur principal • SUDHIR GOTA • *Consultant, Partnership on Sustainable Low Carbon Transport (SLoCaT)*

SOMMAIRE

1 • ÉTATS DES LIEUX DES ÉMISSIONS DE CARBONE DU TRANSPORT ROUTIER

2 • QUELS SONT LES FACTEURS D'AUGMENTATION DES ÉMISSIONS DE CARBONE DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS ROUTIERS ?

- Forte croissance de la demande de transport routier (Activité)
 - La répartition modale (évolution de la demande de transport)
 - Évolution de l'intensité énergétique et des carburants bas-carbone
-



1 • ÉTAT DES LIEUX DES ÉMISSIONS DE CARBONE DU TRANSPORT ROUTIER

En 2016, le secteur des transports représentait environ 23% des émissions globales de carbone dues à la combustion d'énergie¹. **La majorité des émissions de carbone dans le secteur des transports provient du transport routier, qui représente environ les trois quarts des émissions de carbone des transports, soit environ 6 GT d'émissions directes de carbone en 2017².** Depuis 2000, les émissions du transport routier ont augmenté de 2% par an, faisant de ce sous-secteur l'un des secteurs d'émission affichant la plus forte croissance au cours des cinquante dernières années³. **Depuis 2015, la croissance des émissions de carbone du transport routier a augmenté à un taux annuel plus lent de 1,4%** par rapport à une croissance annuelle historique de 2%. Toutefois, ce ralentissement de la croissance des émissions n'est toujours pas compatible avec les conclusions du rapport spécial du GIEC sur le réchauffement planétaire de 1,5°C⁴ « *limiting climate change to 1.5-degree Celsius means nothing short of de-carbonizing road transport sector around mid-century or soon afterwards and thus necessitates transformational changes in thinking, behaviour, and the combined actions of all stakeholders.* ».

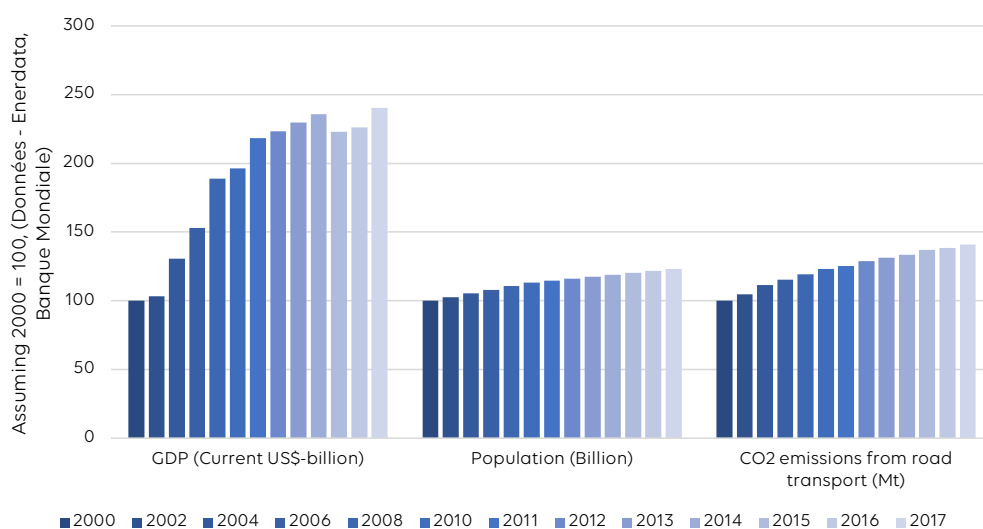


FIGURE 1. CROISSANCE DES ÉMISSIONS DU TRANSPORT ROUTIER

Depuis 2000 la croissance des émissions de carbone des transports routier provient exclusivement des pays non membres de l'OCDE (tableau 1). La part des émissions provenant des pays non membres de l'OCDE est passée de 31% en 2000 à 47% en 2015⁵ et la croissance s'est majoritairement concentrée dans les pays d'Asie et d'Afrique où les émissions de carbone du transport routier ont doublé (Enerdata et Edgar). Cependant, sur la période 2014 à 2016, la croissance annuelle des émissions du transport routier dans les pays non membres de l'OCDE s'est ralentie, avec une croissance annuelle de 2%, principalement en raison du ralentissement de la croissance des émissions dans des pays comme le Brésil, la Chine, Arabie saoudite, Inde, Indonésie et Malaisie (Global Energy Statistical Yearbook, Enerdata). La baisse des émissions brésiliennes soulignée dans le présent rapport est un exemple de ce lien entre croissance et émissions de CO₂ des transports routiers (Profil pays Brésil - Section des transports routiers, livre 1), tandis que la hausse des émissions indiennes souligne le fort impact sur le CO₂ de l'augmentation du parc automobile (Profil de pays Inde - Section des transports routiers, livre 1).

	2005	2010	2016	2017
Monde	4 809,3777	5 237,1766	5 883,8007	5 983,9182
Italie	116,9636	103,7557	98,3021	96,5156
Pays-Bas	33,4361	32,7982	28,7313	29,2687
France	126,1286	118,9547	117,9526	118,646
Royaume-Uni	118,7426	110,2636	114,0851	114,2115
Suède	21,2929	20,6226	18,3109	17,8555
Pologne	33,4424	46,2345	51,1971	57,8695
Allemagne	150,1151	143,9549	157,2153	161,1553
Russie	114,881	143,3387	157,11	153,9852
Canada	126,0199	141,9901	142,0916	145,9141
États-Unis	1 561,1449	1 469,1629	1 509,7615	1 516,4608
Australie	71,2071	74,8835	81,0902	84,3928
Japon	208,0171	193,8698	187,7446	186,2568
Chine	314,5042	467,6695	693,5187	717,2486
Inde	103,2084	176,0312	243,0412	260,7791
Indonesie	62,1026	88,2062	112,2836	116,3845
Mexique	125,7182	146,5216	151,9731	145,7665
Brésil	123,7752	149,6977	179,9659	184,7932
Colombie	19,9236	20,9936	29,9612	30,9587
Arabie Saoudite	73,9228	103,3289	133,0469	130,3684
Algérie	19,3229	29,2905	41,4319	40,7904
Côte d'Ivoire	1,0552	1,3077	2,8659	n.a.
Nigeria	28,5036	27,4846	23,7578	25,3636
Afrique du Sud	40,1567	45,0207	47,5597	49,7997

TABLEAU 1. ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE (MTCO₂) PAR PAYS

(source : Enerdata)



Les véhicules légers (voitures) représentent environ 60% des émissions du transport routier⁶. Les services de transport public routier tels que les bus (y compris les minibus) et les véhicules à deux et trois roues représentent chacun environ 6%. Cependant, l'ampleur des émissions de carbone varie considérablement d'un sous-mode à l'autre d'un pays à l'autre. Ainsi, les véhicules à deux et trois roues représentent respectivement 2% et 11% des émissions totales de carbone des transports routiers dans les pays membres et non membres de l'OCDE⁷. Les deux-roues sont une source importante d'émissions dans l'ASEAN, en Chine, en Inde et en Afrique⁸.

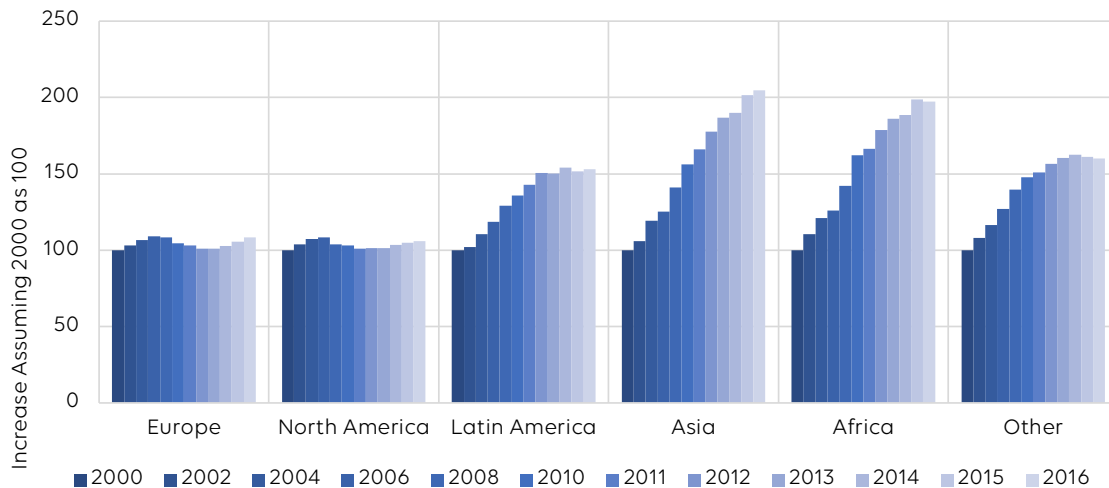


FIGURE 2. CROISSANCE RÉGIONALE DES ÉMISSIONS DE CARBONE DU TRANSPORT ROUTIER (PAR RAPPORT À UNE BASE 100)

Une part croissante des émissions de CO₂ est associée au transport routier en ville et à ses abords. En 2013, l'Agence internationale de l'énergie a estimé que le transport routier en ville constituait environ la moitié du total des émissions du transport routier. Dans les pays très urbanisés comme les États-Unis, le trafic routier urbain représente environ 60% des émissions de carbone du transport routier, tandis que dans les pays en développement comme l'Inde et l'Afrique du Sud, cette part est respectivement d'environ 41% et 44%⁹.

D'ici 2050, le rythme de la croissance actuelle des émissions de carbone des transports routiers entraînera une augmentation de leurs émissions de l'ordre de 10¹⁰ à 17 Gigatonnes¹¹. Il est à noter qu'il existe une grande différence entre les tendances des émissions du transport routier entre les modes de déplacement et les pays. Ainsi, les émissions de carbone des transports routiers dans les pays de l'OCDE pourraient diminuer de près de 30%, alors qu'elles pourraient augmenter de 100% dans les pays non-OCDE¹². Toutefois, les récentes études sur la décarbonation du secteur des transports illustrent bien l'ampleur des transformations à mener dans ce secteur vers un système de transport décarboné, devant réduire ses émissions de 2 à 3 Gt par an d'ici 2050¹³.

2 • QUELS SONT LES FACTEURS D'AUGMENTATION DES ÉMISSIONS DE CARBONE DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS ROUTIERS ?

Pour comprendre les émissions de CO₂ du transport routier à l'échelle mondiale, plusieurs facteurs interdépendants doivent être pris en compte, à savoir la demande de transport (activité), le mode de déplacement, l'efficacité énergétique modale et l'intensité carbone (cadre ASIF).

• **FORTE CROISSANCE DE LA DEMANDE DE TRANSPORT ROUTIER (ACTIVITÉ)** • À l'échelle mondiale, 90% du transport de personnes et 70% du transport de marchandises par voie terrestre sont assurés par la route¹⁴. Historiquement, la croissance du transport de personne et de marchandises est étroitement liée à la croissance des activités économiques. La mobilité motorisée de passagers mesurée en passager-kilomètre motorisés (pkm) est passée de 27 000 milliards en 2000 à environ 41 000 milliards de passager-kilomètre en 2015, soit une augmentation d'environ 4 200 pkm à environ 5 600 pkm par habitant¹⁵. **La demande mondiale de transport de voyageurs par la route a connu une période de croissance soutenue jusqu'à la crise économique de 2008. Depuis 2008, les tendances sont différentes selon les pays de l'OCDE.** En Europe par exemple¹⁶, la demande de voyageurs par route est passée d'environ 10 180 km / habitant en 2000 à environ 10 570 km / habitant en 2008. Depuis le pic atteint en 2008, elle est restée globalement stable, avec une légère diminution du flux, du fait de la récession économique de 2009 à 2012. En 2015, la demande totale de transport de voyageurs par habitant était identique à celle de 2000. Dans les pays de l'OCDE, elle est passée de 13 000 à environ 10 000 kilomètres par habitant. La demande de transport de passagers des pays non membres de l'OCDE mesurée en pkm est passée de 2 400 à 4 600 km par habitant.

Demande de transport de passagers

Dans les pays de l'OCDE, depuis la crise financière de 2008, le volume du transport de passagers par rapport au PIB a diminué de 35% en Lituanie, de 20% en Irlande, de 9% en Suisse et de 8% au Royaume-Uni. Dans les villes, la mise en œuvre de politiques de gestion de la demande a entraîné une réduction des déplacements en véhicule. Par exemple, la mise en œuvre du système de péage urbain a permis de réduire de plus de 15% les déplacements en voiture et de 30% les embouteillages. En 2007, le péage urbain de Stockholm a réduit de 16% les kilomètres parcourus en centre-ville et de 5% ceux en dehors de la ville, malgré la croissance économique et démographique de la ville. Dans les pays non-membres de l'OCDE, la mobilité des passagers a augmenté plus rapidement que le PIB. Dans des pays comme le Burundi, la Chine, le Nigéria, la Zambie, le Vietnam, l'Inde, la Géorgie et le Panama, le nombre de propriétaires de voitures a augmenté avec un taux annuel de plus de 10% depuis 2000. Pour réduire la demande de transport de passagers, les villes ont mis en place différentes stratégies de gestion de la demande. Par exemple, Singapour en 2018 a mis en œuvre une stratégie de croissance zéro pour la possession de véhicules afin d'engager la transition vers une société sans voiture.

ENCADRÉ 1

La demande mondiale de transport de fret routier est passée d'environ 8 000 milliards de tonnes-kilomètres (unité de mesure correspondant au transport d'une tonne de marchandise sur une distance d'un kilomètre) en 2000 à environ 24 000 milliards de tonnes-kilomètres en 2015. Cela correspond à une augmentation de 1 300 tonnes-kilomètres à environ 4 000 tonnes-kilomètres par habitant. **Historiquement, la demande mondiale de transport de fret par route exprimée en tonne-km est extrêmement corrélée à la conjoncture économique, c'est-à-dire que les volumes de fret routier sont intimement liés à la conjoncture économique. Ainsi pour chaque augmentation de 1% du PIB par habitant, le fret routier (en tonnes-km par habitant), augmente de 1,07% en moyenne¹⁷.** Cependant, l'intensité de la demande de fret et sa croissance peuvent varier considérablement d'un pays à l'autre. Par exemple, la demande de transport de marchandises par route dans les pays de l'OCDE est passée de 4 500 à environ 9 500 tonnes-km par habitant et celle des pays non



membres de l'OCDE de 500 à 2 800 tonnes-km par habitant.

Demande de transport de marchandises

Depuis 2000, le nombre de véhicules de transport de marchandises a augmenté de plus de 10 % par an dans les pays à revenu faible et intermédiaire tels que la République démocratique populaire lao, l'Indonésie, le Panama, la Barbade, le Vietnam, le Maroc et le Chili. Dans l'UE-28, le flux de transport de marchandises

a considérablement augmenté entre 2000 et 2007, suivi d'une réduction due au ralentissement économique de 2008. Après une reprise limitée, les volumes de fret sont restés largement stables. La demande totale de transport de marchandises par route (en tonnes-km) en 2015 est environ 14 % supérieure à celle de 2000.

ENCADRÉ 2

L'augmentation de la mobilité des passagers et des marchandises s'est traduite par une expansion rapide du nombre de véhicules sur les routes, générant ainsi un nombre élevé de déplacements motorisés. De 2000 à 2015, le kilométrage parcouru par véhicule a augmenté d'environ 66 % dans le monde, 24 % dans les pays de l'OCDE et 166 % les pays non membres¹⁸. Si la population et les revenus croissent conformément aux attentes, et s'il n'y a pas de changement de paradigme dans la relation entre le revenu et la demande de mobilité, comme l'illustre la figure 3, la mobilité augmentera fortement et uniquement en dehors de l'OCDE. L'Agence internationale de l'énergie estime que d'ici à 2050, la demande de transport routier de voyageurs et de marchandises pourrait atteindre environ 72 000 milliards de passagers-kilomètres et 85 000 milliards de tonnes-kilomètres¹⁹.

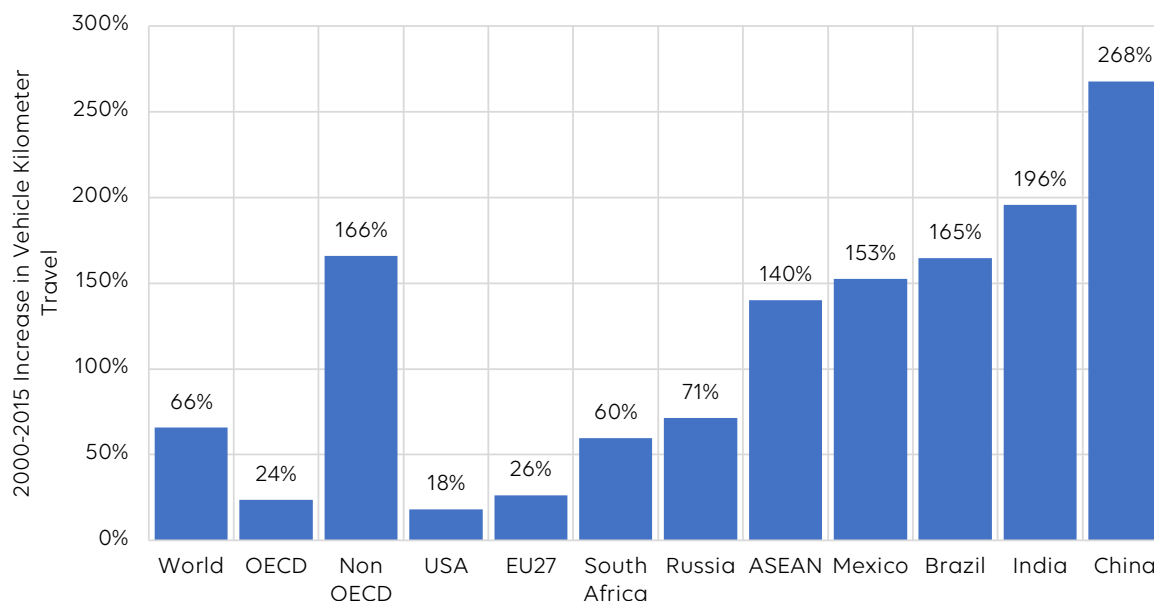


FIGURE 3. AUGMENTATION DE LA DISTANCE PARCOURUE PAR VÉHICULE

Les politiques de réduction de la demande de transport impliquent l'utilisation de stratégies pour modifier le comportement des voyageurs (ou stratégie « Avoid »). Ces stratégies visent à réduire les déplacements inutiles, à travers par exemple, la planification urbaine, les changements d'organisation et de logistique et les changements de comportement. La réduction de la demande de transport est certainement la plus difficile des transitions, puisqu'elle a toujours reçu moins d'attention de la part des acteurs²⁰.

Cependant, il existe plusieurs exemples de bonnes pratiques de la part de pays, villes et entreprises qui ont mis en place des stratégies de gestion de la demande visant à réduire la demande de transport (en véhicules-kilomètres ou en voyageurs / tonne-kilomètre) et ont engendré des co-bénéfices très positifs. Ces stratégies consistent souvent en une combinaison de stratégies dissuasives et incitatives visant à modifier le comportement de déplacement (quelques exemples ci-dessous).

Exemple	Description
Singapore	En octobre 2017, la Land Transport Authority (LTA) de Singapour a annoncé que son taux de croissance des véhicules serait ramené à zéro (de 0,25%) à compter de février 2018. Les principales politiques visant à réduire la demande de transport urbain incluent la planification urbaine (croissance intelligente), tarification électronique de la route (ERP), système de quotas de véhicules, politiques de transport en commun et amélioration des installations pour les piétons et les cyclistes. Le système ERP s'attaque aux embouteillages par point de charge individuel, selon le sens de déplacement, l'heure et le type de véhicule (en fonction de l'occupation de la chaussée).
Londres	Le système de taxation de Londres (introduit en février 2002) tient compte non seulement du franchissement d'un cordon, mais également des mouvements à l'intérieur du cordon. La nouvelle stratégie de transport (2018) cible 80% des déplacements à pied, à vélo ou en transports en commun d'ici 2041 et la tarification complète du réseau routier. Le système de péage urbain de Londres a permis de réduire les déplacements en véhicule de plus de 15% et les embouteillages de 30% (impact immédiat) et de créer une source de financement supplémentaire pour les transports en commun et les améliorations des transports non motorisés.
Mexico	En 2017, le maire de Mexico a annoncé la « limitation du nombre de places de stationnement dans le code de construction de la ville ». Cette nouvelle norme modifie les exigences minimales en matière de stationnement en fonction de l'utilisation du sol de la construction.
Chine	Plusieurs grandes villes chinoises limitent le nombre d'immatriculations annuelles de véhicules avec des enchères (ou loteries). Au cours des dernières années (2016 et 2017 pour réduire la demande de transport routier, le gouvernement municipal de Beijing a proposé la mise en œuvre de péages modulés, de frais de stationnement dynamiques en fonction du lieu de stationnement, de la durée du séjour et de l'heure d'arrivée / de départ du stationnement, ainsi que l'instauration d'un péage urbain et d'une tarification évolutive pour les transports en commun et taxis.
Entreprise Unilever	'Le projet Big Bang en Europe est axé sur l'utilisation efficace des camions et des palettes. En 2017, le projet a augmenté les taux de remplissage des camions de 2%, réduisant ainsi les trajets en camion. En Chine, Unilever a modifié la taille de la palette en ajoutant une couche supplémentaire pour augmenter le remplissage de 11%, générant ainsi une économie de 500 000 € et une réduction des émissions de CO ₂

TABEAU 2. EXEMPLES DE STRATÉGIES DE RÉDUCTION DE LA DEMANDE OU « AVOID STRATEGIES »



Les acteurs étatiques et non étatiques mettent en œuvre plusieurs initiatives visant à réduire l'activité du transport routier.

Par exemple :

- Le *Paris Process on Mobility and Climate* (PPMC) a élaboré [une feuille de route mondiale](#) (GMR)²¹ pour la décarbonation complète du secteur des transports. La feuille de route concerne tous les continents et comprend huit composantes qui s'échelonnent et s'articulent en synergie les unes avec les autres. Les composantes liées à la réduction de la demande incluent la transformation urbaine, l'optimisation de la chaîne logistique permettant une meilleure gestion des émissions du transport de marchandises, la réduction du nombre de kilomètres parcourus en véhicule grâce à une plus grande intermodalité et un transport partagé pour les trajets quotidiens, les achats et l'accès aux services. Parmi les objectifs fixés (2040/2060), citons les suivants : les trajets urbains sont ramenés à 20 %, tandis que la part combinée des trajets à pied, à vélo et en transports partagés s'élève à 80 % du total. Une réduction de 50 % des kilomètres parcourus par les véhicules de tourisme privés.
- Les [principes de mobilité partagée](#)²² pour des villes plus agréables ont été lancés lors du Festival mondial de l'écomobilité 2017 à Kaohsiung, Taiwan. Les principes de mobilité partagée sont conçus pour guider les décideurs urbains et les parties prenantes vers une meilleure intégration des modes partagés avec les réseaux de transport et d'utilisation des sols de la ville.
- Le [réseau TOD](#) du C40²³ et le [standard TOD](#)²⁴ de l'Institute for Transportation and Development Policy (ITDP) favorisent des lieux urbains intégrés conçus pour rapprocher les habitants, les activités, les bâtiments et les espaces publics, en facilitant les liaisons à pied et à vélo et en assurant un excellent service de transport en commun au reste de la ville.

• **LA RÉPARTITION MODALE (ÉVOLUTION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT)** • À l'échelle mondiale, le transport routier couvre près de 90 % de la demande de transport de passagers et 70 % de la demande de fret par voie de surface. Historiquement, la croissance de la demande de transport routier.

La demande mondiale de transport routier motorisé comprend plusieurs modes et segments. **À l'échelle mondiale, les voitures particulières contribuent à environ 52 % de la mobilité mondiale des personnes, les transports publics par bus à environ 34 % et les véhicules à deux et trois roues à environ 14 % de la demande totale de transport de voyageurs (en kilomètres-passagers).** Il existe cependant une grande diversité dans la structure de la mobilité entre les différentes régions géographiques et niveaux de revenus. Les voitures particulières représentent environ 84 % pour l'OCDE et 37 % pour les pays non-membres de l'OCDE de la demande de transport de voyageurs sur la route. La part des véhicules à deux et trois roues dans la demande de transport de voyageurs par route varie de 3 % dans les pays de l'OCDE à 19 % dans les pays non-OCDE.

Depuis 2000, la répartition des volumes mondiaux de transport motorisé de passagers (en pkm) en fonction de chaque modes a évolué comme suit :

- voitures particulières : -5 %;
- deux et trois roues motorisés : +5 %;
- bus et minibus : 0 %.

Toutefois, dans les pays non membres de l'OCDE, le report de passagers des autobus et des mini-bus à la voiture et aux véhicules à deux et trois roues a été considérable. La part modale des autobus est passée de 58 % (2000) à 43 % (2015). Environ 60 % des passagers-kilomètres parcourus dans le monde se font en zone urbaine. Dans les pays de l'OCDE, la part située en zone urbaine du transport de passagers est d'environ 66 %, contre 59 % dans les pays à revenu faible et intermédiaire comme l'Inde.

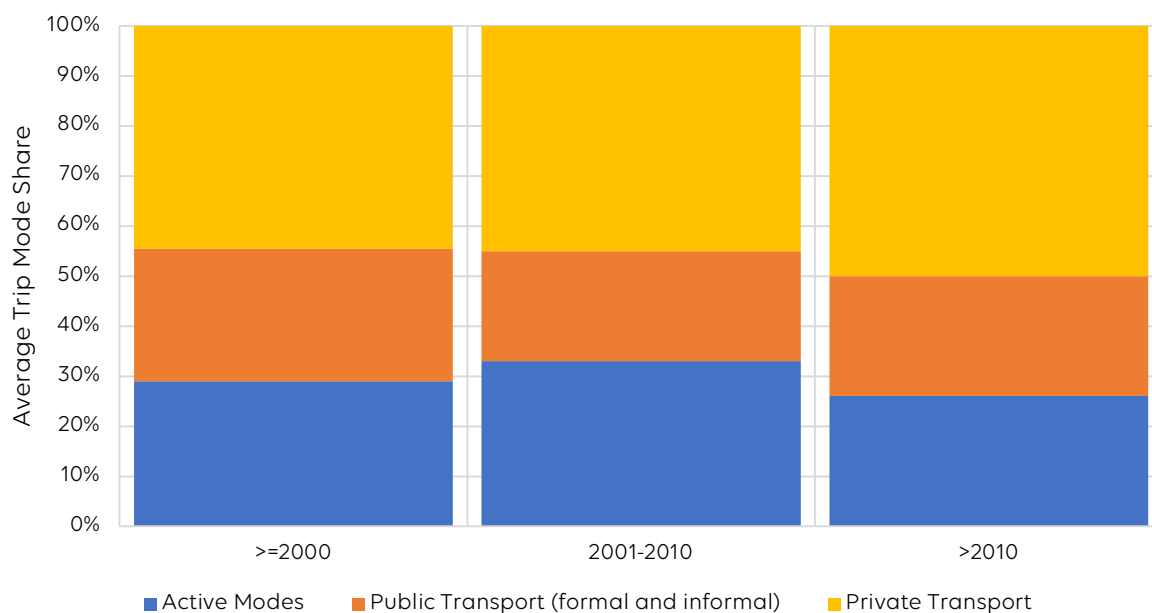


FIGURE 4. RÉPARTITION MONDIALE DES TRAJETS URBAINS MONDIAUX

Le fret urbain ne représente que 12% de l'activité de fret routier (tonnes-kilomètres), mais génère environ 50% du kilométrage parcouru par les véhicules routiers de fret²⁵ lorsque les produits finaux sont livrés en faibles volumes et à haute fréquence dans des conditions de circulation saturées. Le transport routier joue un rôle de premier plan dans le transport de marchandises dans tous les pays. Depuis 2000, le transport de marchandises par route est considérable, sa part modale est passée de 12% (2000) à 22% (2015) du fret total²⁶.

Les politiques pour changer la structure et la répartition modale impliquent l'utilisation de stratégies pour améliorer l'efficacité des trajets. **Ces stratégies induisent un transfert modal des modes les plus énergivores et les plus polluants (voitures, fret routier) vers des modes plus respectueux de l'environnement (marche, vélo, transport en commun, ferroviaire, voies navigables).** Le nouvel agenda urbain (NUA) adopté en 2016, qui met l'accent sur une planification adaptée à l'échelle humaine et centrée sur les personnes, fait explicitement référence à l'amélioration des infrastructures de transport en commun, piétons et cyclistes : « *une augmentation notable de l'offre d'infrastructures de transports publics accessibles, sûres, efficaces, abordables et durables, ainsi que de solutions de transport non motorisées telles que la marche et le cyclisme, qui seront privilégiées par rapport aux transports motorisés privés* » (NUA p35).

Il existe plusieurs exemples de bonnes pratiques de pays, villes et d'entreprises qui ont mis en place des stratégies de transfert modal. Par exemple, le livre blanc de 2011 de l'UE²⁶ intitulé « Feuille de route pour un espace européen unique des transports » a pour objectif « 30% du fret routier sur 300 km devrait être transféré vers d'autres modes de transport, tels que le transport ferroviaire ou le transport fluvial d'ici 2030, et plus de 50% d'ici 2050 – facilitée par des corridors de fret efficaces et écologiques. Pour atteindre cet objectif, des infrastructures appropriées devront également être mises en place ». Le programme de réseau transeuropéen de transport (RTE-T)²⁸ de l'UE vise à développer des corridors multimodaux pour les principaux réseaux, des infrastructures et des équipements durables ainsi qu'à promouvoir le transfert modal.

Au cours des dernières années, de nombreuses villes ont accru leurs investissements dans les transports en commun, les infrastructures piétonnes et cyclables. **À l'échelle mondiale, depuis 2000, les systèmes de transit rapide par bus, les infrastructures de métro léger et l'infrastructure ferroviaire métropolitaine ont augmenté respectivement de 835%, 88% et 67%. En 2018, il existe plus de 1 700 systèmes de partage de vélos dans le monde²⁹.**

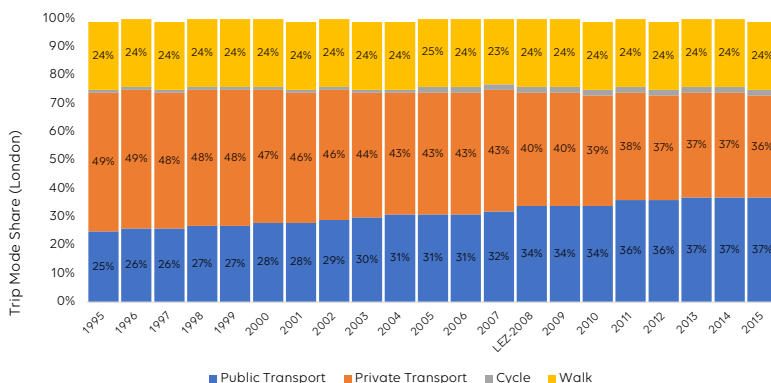


Les acteurs étatiques et non-étatiques mettent également en œuvre plusieurs initiatives de transfert modal. Par exemple :

- Le [Global Sidewalk Challenge](#)³⁰ assure la visibilité et la promotion de la marche à l'échelle internationale et lance le défi aux gouvernements, entreprises privées et aux ONG de collaborer et d'investir dans des infrastructures piétonnières, avec par exemple la création de trottoirs dédiés, sûrs et sans obstacles, notamment dans les nœuds de transport, pour ainsi augmenter la part modale de la marche dans les endroits très fréquentés et réduire les externalités de la circulation.
- En 2012, la Commission européenne a lancé la campagne « Do the Right Mix³¹ » en faveur de la mobilité urbaine durable. Elle vise à soutenir les militants en faveur de la mobilité urbaine durable dans 31 pays. L'objectif principal de cette initiative est de promouvoir les avantages d'une bonne intermodalité entre les différents modes de transport. La campagne travaille avec diverses parties prenantes pour prendre des mesures visant à modifier les comportements de mobilité dans les villes et leurs quartiers.
- Transports publics - [La Déclaration de l'Institute for Transportation and Development Policy \(ITDP\) sur la lutte contre le changement climatique](#) vise à doubler la part de marché des transports publics d'ici 2025 et a engagé plus de 350 projets en faveur de l'action climatique dans plus de 80 villes du monde. Le [défi du transport ferroviaire durable et bas-carbone](#) de l'UIC propose une augmentation de 50 % de la part du transport ferroviaire de voyageurs d'ici 2030 et un doublement d'ici 2050 (avec 2010 comme année de référence), une activité de fret ferroviaire égale à celle du fret routier d'ici 2030 et dépassant de 50 % les volumes de fret routier d'ici 2050.
- En 2015, le programme de partage de la route (ou Share the Road programme en anglais) des Nations Unies pour l'environnement - avec le soutien de la Fondation FIA - a aidé le gouvernement du comté de la ville de Nairobi à lancer une politique de transports non-motorisés (ou « NMT » pour *Non-Motorised Transport*), considéré comme un des premiers engagements de cette nature en Afrique, ce dernier s'engage à allouer 20 % de son budget de construction routière vers les transports non-motorisés³².

Le Partage des trajets

À Londres, la part des voyages en transports privés est passée de 49 % en 1995 à environ 36 % en 2015, tandis que celle des transports en commun est passée de 25 % à 37 % au cours de la même période. Le centre de Londres a connu la plus forte réduction du nombre de kilomètres parcourus par des véhicules motorisés depuis 2000. Ce changement de mode est principalement dû à l'amélioration des services de bus, des métros, de la marche à pied et à vélo ainsi qu'à la mise en place d'une taxe de congestion. La stratégie de transport du maire de Londres pour 2018 a pour ambition de réaliser environ 80 % des déplacements à Londres en marchant, à vélo et en utilisant les transports en commun d'ici 2041.



ENCADRÉ 3

Ville	Objectifs de transfert modal
<u>Adelaide</u>	Doubler le nombre de cyclistes dans la ville (référence 2011), augmenter le nombre de véhicules en autopartage disponibles dans la ville à 100 véhicules
<u>Chengdu</u>	65% de la part du transport en commun d'ici 2020 (dont 35% pour le métro).
<u>Chongqing</u>	47% de la part des déplacements en transport en commun d'ici 2020 (le métro effectuera 21% du total des déplacements quotidiens d'ici 2020).
<u>Copenhague</u>	D'ici 2025, la ville souhaite que 75% des déplacements se fassent à pied, à vélo ou en transport en commun.
<u>Göteborg</u>	D'ici 2035, le nombre de déplacements à pied ou à vélo a doublé. Un doublement du nombre de trajets en transports en commun. Une réduction d'un quart du nombre de déplacements en voiture (par rapport à 2011)
<u>Le Grand Kuala Lumpur/Vallée de Klang</u>	Cible de 40% de la part modale des transports publics dans les zones urbaines d'ici 2030 pendant les périodes de pointe du matin
<u>Hô Chi Minh</u>	Passer la part du mode de transport public de 47 à 50% d'ici 2020
<u>Londres</u>	80% de tous les déplacements à Londres doivent être effectués à pied, à vélo ou en utilisant les transports en commun d'ici 2041
<u>Nairobi</u>	D'ici 2025, la part des transports en commun doit être de 35%, celle du vélo de 10% et celle de la marche de 50% (pour une longueur maximale de 5 km)
<u>Phnom Penh</u>	La part des transports en commun représentera 30% d'ici 2035
<u>Shanghai</u>	Le métro effectuera 60% des trajets en commun d'ici 2020
<u>Shenzhen</u>	Les transports en commun et les véhicules non motorisés représenteront 65% de l'ensemble des déplacements d'ici 2020.
<u>Singapour</u>	Une part modale des transports en commun de 75% aux heures de pointe du matin et du soir d'ici 2030, contre 64% aujourd'hui.
<u>Stockholm</u>	La proportion des trajets effectués à vélo aux heures de pointe ne doit pas être inférieure à 15% d'ici 2030. La proportion de trajets courts à pied sera d'au moins 60% dans le centre-ville et de 50% dans les banlieues d'ici 2030.
<u>Taipei</u>	12% de la part modale du vélo d'ici 2020
<u>Vancouver</u>	D'ici 2040, au moins les deux tiers de tous les déplacements se feront à pied, à vélo et en transport en commun.

TABLEAU 3. VILLES AVEC OBJECTIFS DE TRANSFERT MODAL OU « SHIFT STRATEGIES »

• **ÉVOLUTION DE L'INTENSITÉ ÉNERGÉTIQUE ET DES CARBURANTS BAS-CARBONE** • L'intensité énergétique (définie comme le rapport entre la consommation d'énergie et l'activité des voyageurs ou de fret) du secteur des transports routiers varie de manière significative entre les modes et les régions, comme illustré dans les figures ci-dessous. Tous les modes de transport de passagers montrent une amélioration de l'intensité énergétique, les véhicules légers étant le mode affichant le moins de progrès. Pour les modes individuels, l'intensité énergétique est beaucoup plus élevée



dans les pays de l'OCDE que dans les pays non membres, principalement dû à l'occupation ou le chargement, l'efficacité énergétique, la composition de la flotte, la taille du véhicule souvent plus grands comme les véhicules utilitaires sport (VUS ou SUV en anglais), et la répartition des modes. L'analyse des économies de carburant réalisée par l'Agence internationale de l'énergie au cours des dix dernières années pour les nouveaux véhicules légers révèle une amélioration de l'intensité énergétique annuelle d'environ 1,5 % par an dans le monde entre 2005 et 2015³³. Globalement, entre 2005 et 2015, l'intensité énergétique du transport routier de voyageurs et de marchandises s'est améliorée de 22 % et 6 % respectivement.³⁴

Le transport routier reste très dépendant du pétrole, le secteur des transports consomme environ les deux tiers du pétrole en 2015 et le secteur routier consomme à lui seul la moitié³⁵. **À l'heure actuelle, le secteur des transports est le secteur de l'utilisation finale de l'énergie le moins diversifié en raison de l'importance accordée à la densité énergétique. Environ 93 % à 98 % des modes de transport routier sont alimentés par des produits pétroliers avec une pénétration limitée des biocarburants et de l'électricité. La part des biocarburants liquides (éthanol et biodiesel) dans le carburant de transport routier mondial est d'environ 4 %³⁶.**

La part de l'électricité dans la consommation d'énergie du transport routier n'a que marginalement augmenté ces 15 dernières années selon les modes. Toutefois, les véhicules à deux et trois roues constituent une exception et représentent actuellement environ 20 % du parc. En 2015, près de 38 millions de vélos électriques ont été vendus dans le monde, dont plus de 90 % uniquement en Chine³⁷. Pour les véhicules électriques, il est important d'examiner la manière dont l'électricité est générée et la proximité des émissions avec les personnes. **En 2016, dans le monde, 26 % de l'électricité consommée par les véhicules électriques étaient renouvelables³⁸.** Le secteur des transports pourrait bénéficier des efforts de décarbonation du secteur de l'électricité et les énergies renouvelables pourraient devenir la principale source d'électricité. D'ici 2030 l'intensité en carbone du secteur de l'électricité devrait être améliorée de 30 %³⁹.

Les politiques publiques visant à améliorer l'efficacité énergétique et carbone des transports impliquent l'amélioration des technologies des véhicules et des carburants et l'optimisation des infrastructures. Plusieurs exemples de bonnes pratiques de pays, de villes et d'entreprises qui ont lancé de telles stratégies d'amélioration peuvent être cités.

Par exemple :

- Le nombre de pays ayant adopté des obligations/standards concernant les biocarburants est passé de 36 en 2011 à 68 en 2017⁴¹.
- En 2016, le Brunei, l'Éthiopie, l'Inde, le Maroc, le Nigéria, les Émirats arabes unis et le Viet Nam ont proposé de réduire les subventions aux combustibles fossiles⁴².
- En 2016, environ 34 pays ont proposé des stratégies d'amélioration de l'efficacité énergétique dans le cadre de leurs contributions déterminées au niveau national⁴³.
- Environ 83 % des nouvelles ventes de véhicules utilitaires légers (VUL ou « LDV » pour *low-duty vehicle* en anglais) se font dans des pays qui ont instauré des normes d'économie de carburant pour ce type de véhicule, tels que la Chine, l'UE, le Japon, le Canada, les États-Unis, le Mexique, la Corée du Sud et l'Inde⁴⁴.
- Environ 48 % des ventes de véhicules utilitaires lourds (ou « HDV » pour *high-duty vehicle* en anglais) neufs se situent dans les pays qui ont mis en place des normes de réduction de consommation de carburant pour ces derniers comme la Chine, l'UE et le Japon.
- Des pays et des villes comme la Norvège, l'Irlande, les Pays-Bas, la Slovénie, Paris, l'Écosse, Reykjavik, le Royaume-Uni, la France, etc. ont annoncé des dates limites pour l'interdiction des véhicules neufs à moteur à essence et diesel.⁴⁵

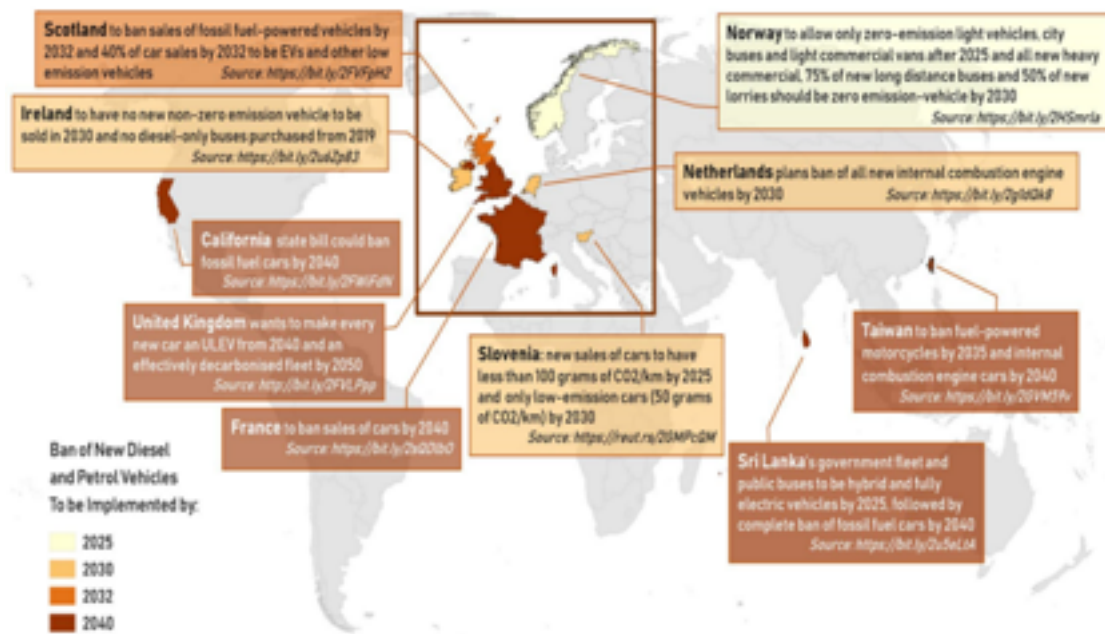


FIGURE 7. INTERDICTION DE NOUVEAUX VÉHICULES À ESSENCE ET À DIESEL (OBJECTIFS)

L'effondrement du parc diesel et la croissance de la part des véhicules utilitaires sport (ou « SUV » en anglais) entraînent une augmentation des émissions en Europe

Pointé pour son impact sur la santé humaine et progressivement banni des villes européennes (Hambourg, Paris ...), le diesel n'a plus la cote. En France, l'alignement des taxes sur l'essence et le diesel ont engendré des changements de comportement rapides. En 2017, la part de marché des ventes de véhicules diesel a diminué de 5 % par rapport à l'année précédente. Pour les flottes d'entreprises, où cette motorisation était presque hégémonique depuis les années 70, les derniers résultats sont spectaculaires ; les ventes ont diminué de 34 % en un an (septembre 2017 - septembre 2018).

Mais ce changement rapide a eu un effet inverse sur les émissions de CO₂. Dans son rapport annuel sur les ventes de véhicules neufs, l'agence AAA Data note que les véhicules neufs vendus émettent en moyenne 111 grammes de CO₂ par km en 2017, contre 110 grammes l'année précédente. Il s'agit de la première augmentation depuis 1995. La production de diesel en est l'une des raisons. Les véhicules diesel peuvent émettre jusqu'à 20 % de CO₂ en moins par km, cette mutation est l'une des explications de cette augmentation.

L'analyse des émissions de véhicules neufs en Europe réalisée par l'institut Jato Dynamics ne dit rien d'autre : 118,1 grammes de CO₂ par km en 2017, contre 117,8 g/km en 2016. Un résultat très inquiétant qui éloigne de plus en plus l'Europe de l'objectif de la Commission européenne de 95 g/km en moyenne d'ici 2021 sur les véhicules neufs. Mais le retour des moteurs à essence n'apparaît pas comme l'unique responsable de cette augmentation. L'explosion des ventes de SUV, plus puissants et plus lourds, est une autre raison centrale. Ils représentent 30 % des ventes de véhicules en Europe en 2017, contribuant de manière très significative à cette augmentation.

L'amélioration des technologies et des moteurs, notamment électriques, est nécessaire pour atteindre cet objectif 2021. Leur vente peine toutefois à décoller, malgré la publicité dont ils bénéficient : Renault Zoe, le véhicule



électrique le plus vendu en Europe, n'a atteint que 30 000 unités. Les émissions des constructeurs (voir figure 8) donnent une idée des efforts à accomplir, même si le bon résultat de Toyota dû au succès de ces véhicules hybrides (vendu à 300 000 exemplaires) est un indicateur intéressant d'un possible changer de cap.

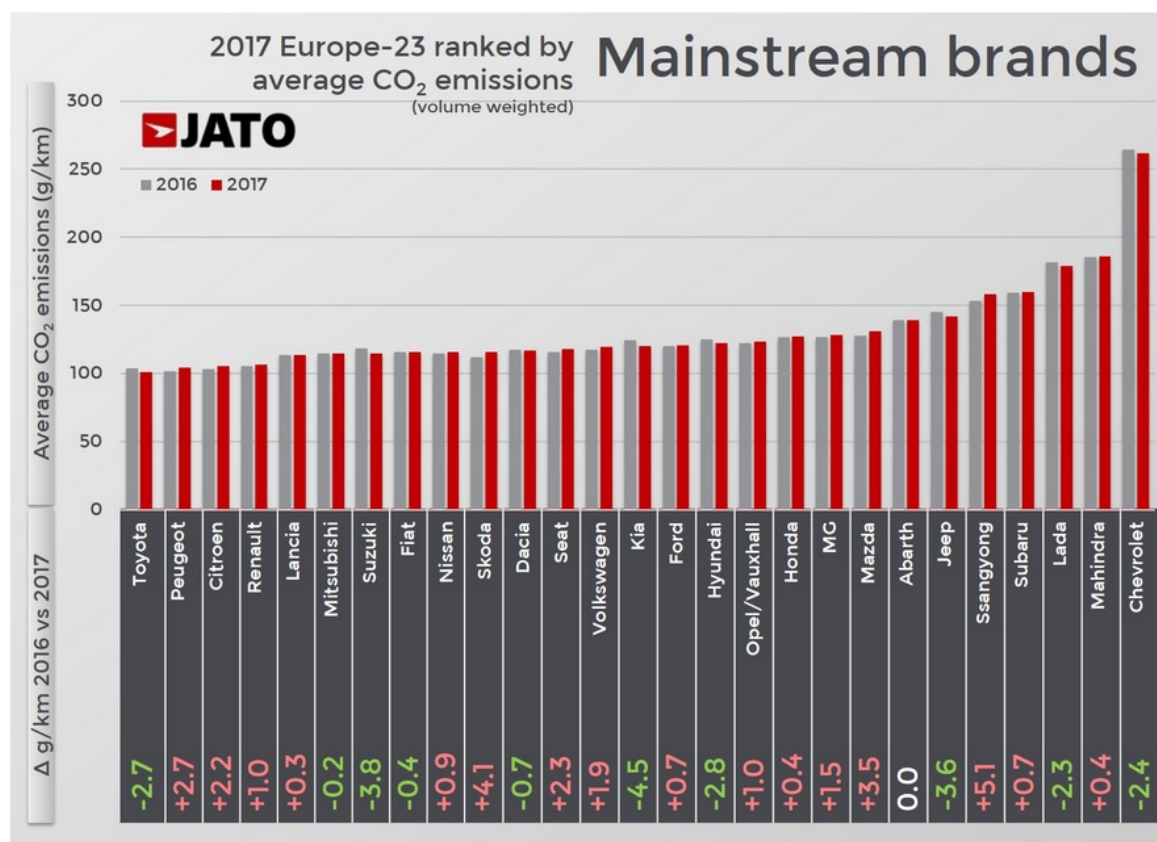


FIGURE 8. ÉMISSIONS DES CONSTRUCTEURS AUTOMOBILES EN EUROPE EN 2016 ET 2017

Source : Jato Dynamics, 2018 - <https://www.jato.com/brands-average-co2-emissions-110-130-g-km-counted-73-european-car-regs-2017/>

ENCADRÉ 4

Les acteurs étatiques et non étatiques ont instauré plusieurs initiatives pour soutenir les politiques et actions gouvernementales en matière d'efficacité énergétique et de décarbonation des carburants.

Par exemple :

- [L'Initiative mondiale pour une économie de carburant](#) (GFEI) aide les pays à mettre en place des stratégies de réduction de carburant, avec pour principale ambition d'obtenir une amélioration moyenne de 50% de tous les véhicules d'ici 2050 (30% d'amélioration de l'économie de carburant des voitures neuves dans le monde d'ici 2020 et de 50% d'ici 2030). La campagne du GFEI - « 100 pour 50 sur 50 » - a été développée pour rassembler les nouveaux engagements des pays en faveur d'une amélioration de la réduction de la consommation de carburant. GFEI soutient actuellement plus de 70 pays et l'objectif est d'obtenir des engagements pour la mission « 50 x 50 » de 100 pays.
- La [macro-feuille de route globale](#) (GMR) propose des étapes indiquées ci-dessous (figure 10), qui sont des moyennes à atteindre par les différents types d'automobiles concernés. Pour les villes, la proposition suggère des zones à zéro émission (ZEZ), suivies des villes à zéro émission (ZEC), à la fois pour les polluants atmosphériques et les GES. Les grandes villes pionnières visent 2025 ou 2030, telles que Copenhague et Oslo qui se sont déjà engagées à réduire à zéro leurs émissions de

carbone à l'horizon 2025. Les récentes annonces de la France et du Royaume-Uni visant à interdire les ventes de voiture à et diesel à l'horizon 2040 instaurent des conditions favorables à la transition vers des ZEC.

- La déclaration d'intention C40 sur les bus propres a été officiellement annoncée en mars 2015. L'objectif principal de cette initiative est d'inciter et d'aider les fabricants et autres parties prenantes, telles que les banques multilatérales, à élaborer des stratégies pour rendre les technologies de bus propres plus abordables pour les villes. À l'heure actuelle, les 23 villes signataires du C40 se sont engagées à avoir plus de 40 000 bus (sur un parc total de 166 876) fonctionnant via des technologies propres d'ici à 2020. Selon les estimations, si ces villes atteignaient leurs objectifs de bus propres pour 2020, il en résulterait une économie de 880 500 tonnes de GES par an.
- [L'Initiative pour les véhicules électriques](#) (EVI) a annoncé une nouvelle campagne en 2017 appelée EV 30@30 pour accélérer le déploiement des véhicules électriques et cibler au moins 30% des ventes de véhicules électriques neufs d'ici 2030.
- [L'Alliance internationale pour les véhicules à zéro émission](#) (ZEV Alliance) est un partenariat de gouvernements agissant de concert pour accélérer l'adoption de véhicules à zéro émission (véhicules électriques, hybrides rechargeables et à pile à combustible). L'objectif principal est d'accélérer l'adoption de véhicules à zéro émission. L'objectif est de veiller à ce que toutes les ventes de voitures de tourisme dans leur territoire respectent les valeurs ZEV au plus tard en 2050.

Passenger car CO₂ emissions and fuel consumption, normalized to NEDC

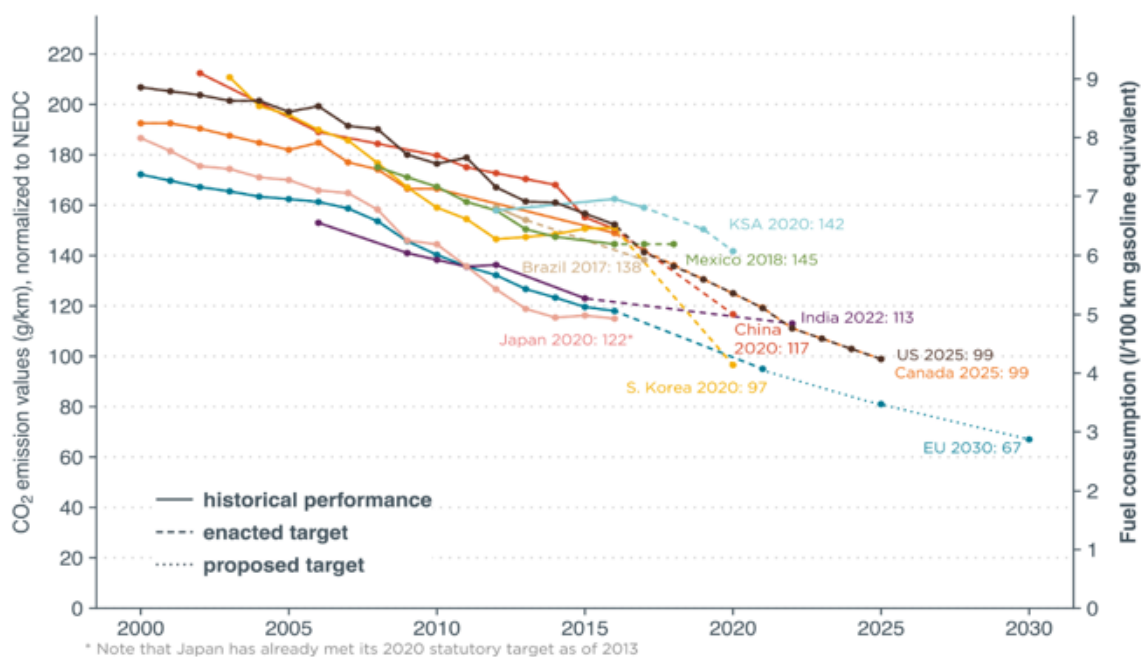


FIGURE 9. ÉMISSIONS DE CO₂ DES VOITURES PARTICULIÈRES (ÉCONOMIE DE CARBURANT)

- [L'Initiative étasunienne Smartway](#), lancée par l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis, regroupe environ 3 600 entreprises nord-américaines. Il aide les entreprises à identifier et à sélectionner des partenaires plus efficaces, comme les transporteurs de fret, les modes de transport, les équipements et les stratégies opérationnelles, afin de réduire les coûts opérationnels et d'améliorer la durabilité de la chaîne d'approvisionnement. Depuis 2004, SmartWay a aidé ses partenaires à économiser 215,4 millions de barils d'équivalent pétrole et environ 29,7 milliards de dollars en coûts de carburant.

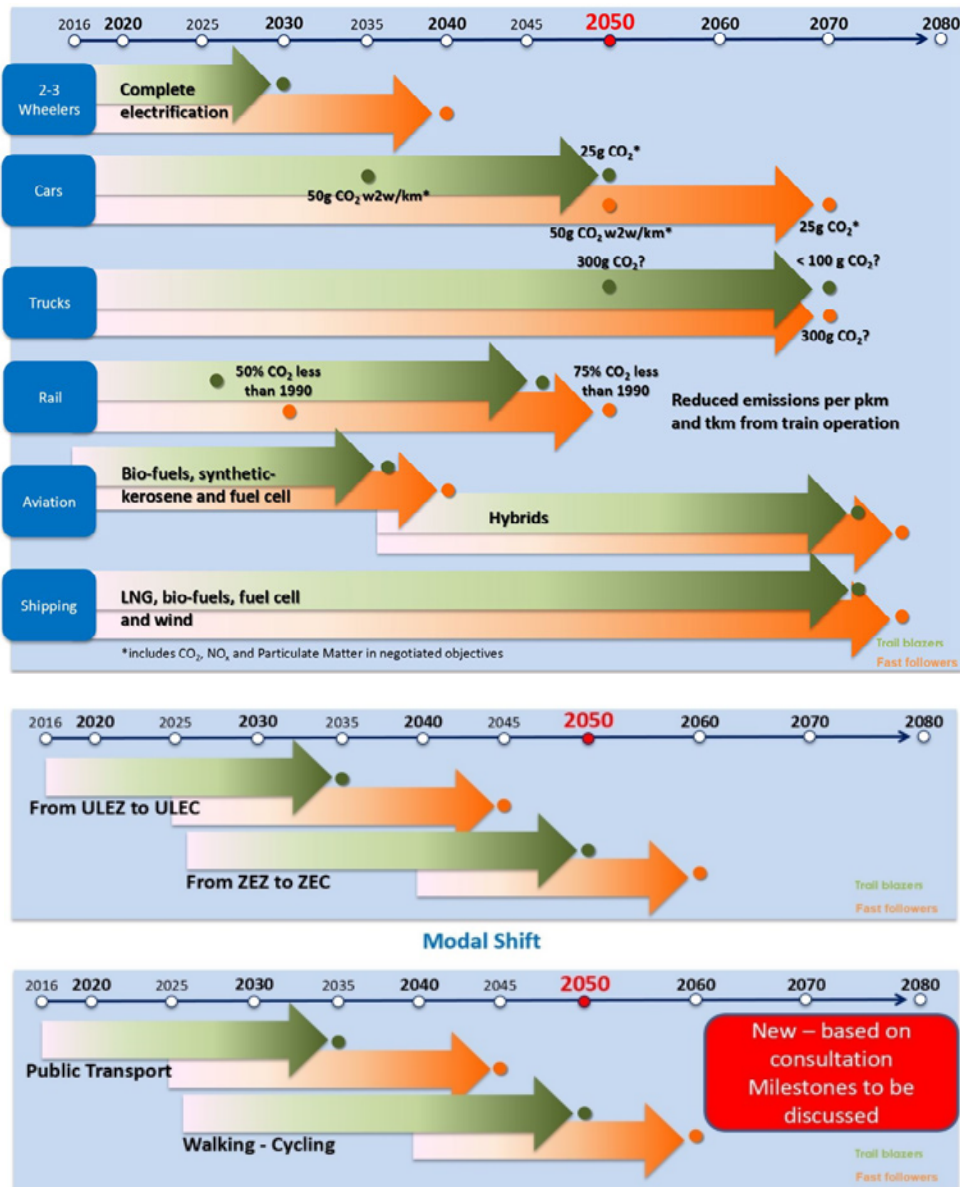


FIGURE 10. OBJECTIFS DE LA CONSULTATION DE LA FEUILLE DE ROUTE MACRO GLOBALE

CONCLUSION

Les émissions de carbone du transport routier résultent d'un mélange complexe de comportement humain, de croissance économique, de politique publique et de réglementation des transports. Globalement, les émissions de carbone du transport routier mondial ont augmenté depuis l'an 2000. L'augmentation rapide de la demande de trajets (en augmentation notamment dans les pays non membres de l'OCDE), la structure modale (le transfert vers des modes à forte intensité énergétique, en particulier dans les pays non membres de l'OCDE), l'intensité énergétique (légère amélioration due aux nouvelles technologies) et la teneur élevée en carbone des carburants (faible pénétration de carburants bas-carbone) ont contribué à une hausse combinée des émissions de GES du secteur du transport routier.

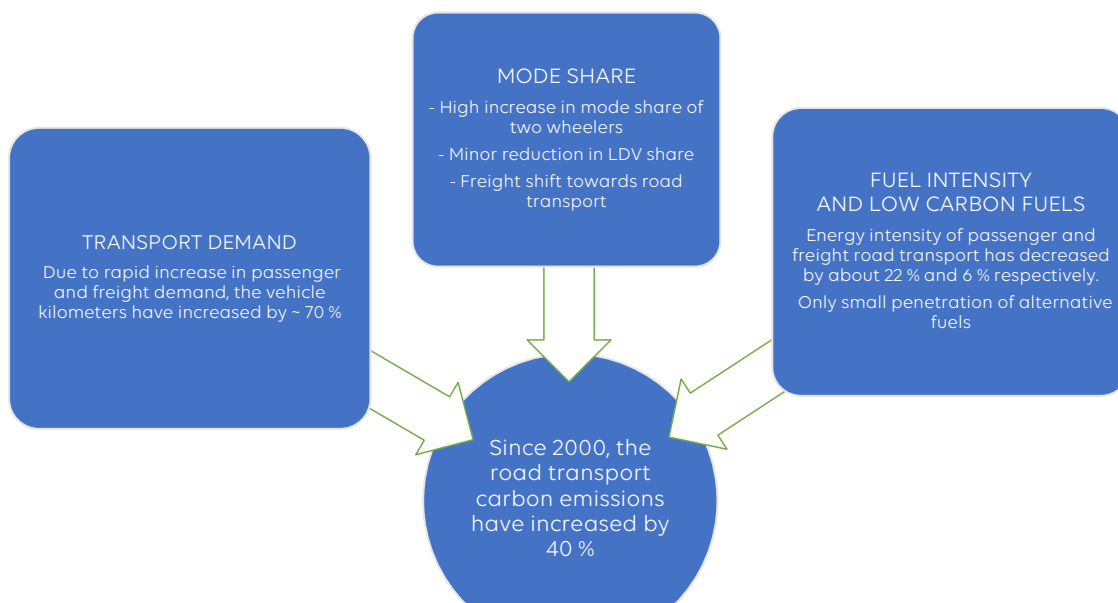


FIGURE 11. TENDANCE DANS LE TRANSPORT ROUTIER (2000 À 2015)

Les différences notables entre les tendances des émissions entre les modes et les pays soulignent la nécessité d'une approche hétérogène pour réduire les émissions actuelles et futures du secteur du transport routier dans le monde. Des politiques mises en œuvre avec succès dans les pays membres et non membres de l'OCDE, démontrent le potentiel des transports routiers à contribuer à des avancées rapides vers la décarbonation à l'échelle mondiale. Cependant, aucune solution miracle ne semble se démarquer pour leur décarbonation ; il s'agit plutôt d'un ensemble de stratégies et d'initiatives qui doivent être adoptées de manière globale, pour tous les modes de transport. Une réponse typique de la politique de transport routier bas-carbone comprend une combinaison de stratégies de réduction de la demande (ou stratégie « Avoid »), qui réduisent la nécessité de voyager ; Stratégies de « transfert » (ou « Shift »), qui déplacent les trajets de transport vers des modes plus efficaces (par exemple, amélioration des transports en commun); et les stratégies d'amélioration (ou « Improve »), qui augmentent l'efficacité des trajets existants (par exemple, normes d'économie de carburant).

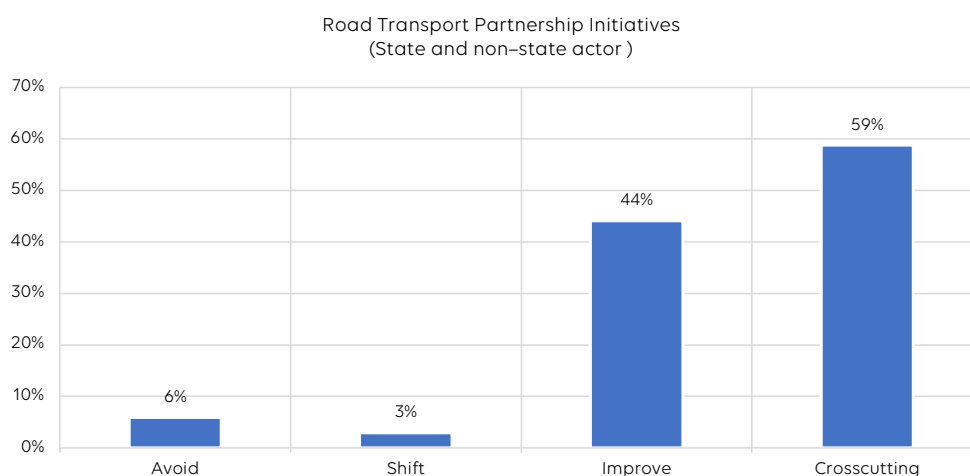


FIGURE 12. LES INITIATIVES « AVOID », « SHIFT » ET « IMPROVE »



À l'heure actuelle, le transport routier est l'un des sous-secteurs dont les émissions connaissent la plus forte croissance dans l'ensemble de l'économie, **ce qui indique que les politiques, les mesures et les initiatives des acteurs non étatiques de la dernière décennie n'ont eu qu'une efficacité marginale.** Une absence immédiate de performance en matière d'émission ne suggère pas en soi un échec. Cependant, comme l'illustrent les exemples de bonnes pratiques, **l'efficacité des politiques, des mesures et des initiatives d'acteurs non-étatiques augmente avec le temps en raison d'une prise de conscience et d'une capacité accrue. Le rôle des acteurs non étatiques dans cette transformation (en particulier lors de la définition du programme) a été crucial.**

- À ce jour, les efforts d'atténuation dans le secteur des transports se sont largement concentrés sur la transformation technologique (mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique ou « Improve », par exemple) . A cet égard, les initiatives des acteurs non étatiques se montrent plus équilibrées (puisqu'elles n'étaient pas soumises aux mêmes contraintes politiques que les acteurs étatiques), promouvant les trois instruments du transport routier à faible émission de carbone, et venant combler un vide critique.
- Les acteurs non étatiques ont financé le développement de près d'un quart du total des méthodologies et outils de quantification des émissions de carbone du secteur des transports afin de garantir que l'action sur les transports et le changement climatique ne soit pas freinée par l'absence d'outils permettant d'analyser les politiques publiques de transport et leurs impacts climat.
- Récemment, plusieurs pays et entreprises ont fixé des objectifs ambitieux pour la réduction des émissions de dioxyde de carbone des transports, toutefois nous observons un manque de transparence notable concernant la progression de ces objectifs. Les acteurs non étatiques jouent un rôle essentiel dans la révision des engagements volontaires, la mesure, la vérification et la publication des impacts sur les émissions des transports en dehors de la CCNUCC (parfois même dans leur mise en œuvre comme dans le [Dieselgate](#)).
- Les nombreuses actions dans le domaine des transports (et notamment les politiques de réduction de la demande (« Avoid ») ou de transfert modal (« Shift »)) mettent plus de temps à produire les premiers résultats en raison de la rotation lente des stocks et des infrastructures et des coûts importants non amortis du système de transport actuel. En limitant le déploiement futur des infrastructures pour les modes à forte intensité de carbone et en donnant la priorité aux infrastructures pour les modes bas-carbone, la trajectoire du carbone peut être abaissée tout en améliorant les avantages indirects et en réduisant le coût global de l'infrastructure. Il est de plus en plus reconnu que des mesures bas-carbone dans le secteur des transports pourraient être bien plus fructueuses si elles étaient largement soutenues par des acteurs étatiques et non-étatiques, avec un leadership politique fort et des engagements du secteur privé, et enfin si elles étaient appliquées à grande échelle.

N'HÉSITÉZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

ANNEXES - INITIATIVE MONDIALES ET RÉGIONALES

	« AVOID » (RÉDUCTION DE LA DEMANDE)	« SHIFT » (TRANSFERT MODAL)	« IMPROVE » (AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ)	TRANSVERSAL	MULTI-SECTORIELLE
"30 BY 30" RESOLUTION	Y		Y		
21ST CENTURY TRUCK PARTNERSHIP			Y		
BELOW 50			Y		
C40 CITIES CLIMATE LEADERSHIP GROUP (C40)				Y	Y
C40 CLEAN BUS DECLARATION			Y		
CARBON NEUTRAL CITIES ALLIANCE				Y	Y
CARING FOR CLIMATE					
CCAC : DIESEL INITIATIVE			Y		Y
CIVITAS				Y	
CLEAN AIR ASIA				Y	Y
COMPACT OF MAYORS				Y	Y
COVENANT OF MAYORS				Y	Y
"DO THE RIGHT MIX"-SUSTAINABLE URBAN MOBILITY CAMPAIGN	Y	Y			
DECARBONISING TRANSPORT INITIATIVE				Y	
EST INITIATIVE				Y	
ECOMOBILITY ALLIANCE				Y	
EUROCITIES				Y	Y
ELTIS, THE URBAN MOBILITY OBSERVATORY				Y	
EV100			Y		
GLOBAL FUEL ECONOMY INITIATIVE (GFEI)			Y		
GLOBAL GREEN FREIGHT ACTION PLAN				Y	
GLOBAL STRATEGY TO INTRODUCE LOW-SULFUR FUELS AND CLEANER DIESEL VEHICLES (THE "GLOBAL STRATEGY")			Y		
GREEN FREIGHT ASIA NETWORK (GFAN)				Y	



	« AVOID » (RÉDUCTION DE LA DEMANDE)	« SHIFT » (TRANSFERT MODAL)	« IMPROVE » (AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ)	TRANSVERSAL	MULTI-SECTORIELLE
GLOBAL MACRO ROADMAP				Y	
ICLEI - LOCAL GOVERNMENTS FOR SUSTAINABILITY				Y	Y
INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION (ICCT)			Y		
INTERNATIONAL ZERO-EMISSION VEHICLE ALLIANCE (ZEV ALLIANCE)			Y		
INITIATIVE FOR CLIMATE ACTION TRANSPARENCY				Y	Y
IPIECA			Y		Y
ITS FOR CLIMATE				Y	
KYOTO DECLARATION FOR THE PROMOTION OF ESTS IN CITIES				Y	
LCTPI LOW CARBON TRANSPORT FUELS			Y		
LCTPI : LOW CARBON FREIGHT				Y	
LEAN AND GREEN				Y	
LOGISTICS CARBON REDUCTION SCHEME (LCRS)			Y		
LOW CARBON ROAD AND ROAD TRANSPORT INITIATIVE (LC2RTI)			Y		
LOW CARBON VEHICLE PARTNERSHIP (LOWCVP)			Y		
LOW EMISSIONS DEVELOPMENT STRATEGIES (LEDS) GLOBAL PARTNERSHIP				Y	Y
MOBILISEYOURCITY				Y	
MARKET PLACE OF THE EUROPEAN INNOVATION PARTNERSHIP ON SMART CITIES AND COMMUNITIES				Y	Y
PARIS DECLARATION ON ELECTRO-MOBILITY ON CLIMATE CHANGE			Y		
PARTNERSHIP ON SUSTAINABLE, LOW CARBON TRANSPORT (SLOCAT)				Y	
PARIS PROCESS ON MOBILITY AND CLIMATE (PPMC)				Y	
PARTNERSHIP ON TRANSPARENCY IN THE PARIS AGREEMENT				Y	Y
PRIVATE FINANCING ADVISORY NETWORK (PFAN)			Y		
PUBLIC TRANSPORT DECLARATION ON CLIMATE LEADERSHIP (UITP)		Y			

	« AVOID » (RÉDUCTION DE LA DEMANDE)	« SHIFT » (TRANSFERT MODAL)	« IMPROVE » (AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ)	TRANSVERSAL	MULTI-SECTORIELLE
REN21 (RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY)			Y		
SIDEWALK CHALLENGE	Y	Y			
SMARTWAY				Y	
SCIENCE BASED TARGETS				Y	Y
SUSTAINABLE MOBILITY FOR ALL (SUM4ALL)				Y	
TAXI4SMARTCITIES			Y		
TRANSPORT DECARBONISATION ALLIANCE (TDA)				Y	
THE CLIMATE REGISTRY				Y	Y
THE PRINCE OF WALES'S CORPORATE LEADERS GROUP (CLG)				Y	Y
TRANSFORMATIVE URBAN MOBILITY INITIATIVE (TUMI)				Y	
UITP DECLARATION ON CLIMATE CHANGE LEADERSHIP				Y	
UNDER2 COALITION				Y	Y
UNEP PARTNERSHIP FOR CLEAN FUELS AND VEHICLES (PCFV)			Y		
URBAN ELECTRIC MOBILITY INITIATIVE			Y		
URBAN ELECTRIC MOBILITY INITIATIVE (UEMI)			Y		
URBAN-LEDS PROJECT				Y	Y
VERRA (FORMERLY VERIFIED CARBON STANDARD)				Y	Y
WBCSD URBAN INFRASTRUCTURE INITIATIVE (UII)				Y	Y
WE MEAN BUSINESS COALITION				Y	Y
WORLD CYCLING ALLIANCE (WCA) AND EUROPEAN CYCLISTS' FEDERATION (ECF) COMMITMENT	Y				
WWF CLIMATE SAVERS				Y	Y
ZEV ALLIANCE			Y		

RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- ENERDATA, <https://www.enerdata.net/>
- IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2017
- EDGAR's Global Greenhouse Gas Emissions from 1970 to 2012

PUBLICATIONS :

- ¹ IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2017 ² Varies from 75% (IEA, 2015) to 79% (EDGAR's Global Greenhouse Gas Emissions from 1970 to 2012 (EDGARv4.3.2) dataset) of transport carbon emissions.
- ³ Using data from ENERDATA, <https://www.enerdata.net/>, IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2017 and EDGAR's Global Greenhouse Gas Emissions from 1970 to 2012 ⁴ IPCC - first Special Report, on Global Warming of 1.5 °C
- ⁵ Using data from ENERDATA, <https://www.enerdata.net/>, IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2017 and EDGAR's Global Greenhouse Gas Emissions from 1970 to 2012 ⁶ International Energy Agency (2016), Tracking Clean Energy Progress 2016, OECD/IEA, Paris
- ⁷ International Energy Agency (2017), Tracking Clean Energy Progress 2017, OECD/IEA, Paris
- ⁸ GIZ, Two-and-Three-Wheelers Module 4c Sustainable Transport : A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities (Forthcoming)
- ⁹ IEA (2016c). Energy Technology Perspectives 2016 - Towards Sustainable Urban Energy Systems
- ¹⁰ IEA (2017a). Energy Technology Perspectives 2017 - Catalysing Energy Technology Transformations
- ¹¹ ICCT (2012). Global Transportation Energy and Climate Roadmap Washington
- ¹² IEA (2017a). Energy Technology Perspectives 2017 - Catalysing Energy Technology Transformations
- ¹³ Gota, S., and al. (2018), Decarbonising transport to achieve Paris Agreement targets, Energy Efficiency
- ¹⁴ International Energy Agency (2017), Tracking Clean Energy Progress 2017, OECD/IEA, Paris
- ¹⁵ IEA (2017a). Energy Technology Perspectives 2017 and World Business Council for Sustainable Development and International Energy Agency, Sustainable Mobility Project.
- ¹⁶ European Commission, Statistical pocketbook 2017.
- ¹⁷ IEA, The Future of Trucks Implications for energy and the environment
- ¹⁸ IEA (2015), Energy Technology Perspectives 2015 - Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action
- ¹⁹ IEA (2017a). Energy Technology Perspectives 2017 ²⁰ TERM (2016), Transitions towards a more sustainable mobility system'
- ²¹ PPMC (2016), Global Macro-Roadmap.
- ²² <https://www.sharedmobilityprinciples.org/>
- ²³ C40 (2014), Why compact connected cities are critical to tackling climate change : [https://www.c40.org/blog_posts/c40-voices-clare-healy-network-manager-transit-oriented-development-on-why-compact-connected-](https://www.c40.org/blog_posts/c40-voices-clare-healy-network-manager-transit-oriented-development-on-why-compact-connected-cities-are-critical-to-tackling-climate-change)
- ²⁴ <https://www.itdp.org/2017/06/23/tod-standard/>
- ²⁵ OECD/ITF (2017), ITF Transport Outlook 2017, OECD Publishing, Paris
- ²⁶ IEA (2017a). Energy Technology Perspectives 2017 and World Business Council for Sustainable Development and International Energy Agency, Sustainable Mobility Project
- ²⁷ Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system
- ²⁸ European Commission website, Mobility and transport https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines_en
- ²⁹ Bike-Sharing blogspot <http://bike-sharing.blogspot.com/>
- ³⁰ Walk 21 <https://www.walk21.com/sidewalks>
- ³¹ Dotherightmix <http://dotherightmix.eu/>
- ³² UNEP, Nairobi transport profil and projects, <https://www.unenvironment.org/explore-topics/transport/what-we-do/share-road/kenya-nairobi-nmt-policy-enacted-nairobi-city-county>
- ³³ GFEI, State of the World Report 2016 ³⁴ International Energy Agency (2017), Tracking Clean Energy Progress 2017, OECD/IEA, Paris and World Business Council for Sustainable Development and International Energy Agency, Sustainable Mobility Project.
- ³⁵ PPMC (2015), Renewable Energy and Transport – Decarbonising Fuel in the Transport Sector
- ³⁶ OECD/ITF (2017), ITF Transport Outlook 2017, OECD Publishing, Paris
- ³⁷ 18 - Lead-acid batteries for E-bicycles and E-scooters
- ³⁸ OECD/IEA (2017), Status of Power System Transformation 2017, Paris.
- ³⁹ IEA (2015), Energy and Climate Change - World Energy Outlook Special Report
- ⁴⁰ IRENA (2018) Renewable Energy Policies in a Time of Transition
- ⁴¹ PPMC (2016), Nationally-Determined Contributions (NDCs) Offer Opportunities for Ambitious Action on Transport and Climate Change
- ⁴² idem
- ⁴³ GFEI, State of the World Report 2016 ⁴⁴ PPMC (2018), E-Mobility Overview on Trends and Targets.





Transports en Suède : la mutation du secteur automobile se précise

Dans un contexte européen marqué par l'augmentation quasi générale des émissions de CO₂ du transport automobile, la Scandinavie, et tout particulièrement la Suède, montrent que cette évolution n'est pas inéluctable en affichant une baisse significative et régulière des émissions. Nous avons dans ce chapitre cherché à analyser les facteurs liés à cette évolution, et notamment les liens entre la politique ancienne et très volontariste du gouvernement suédois sur la taxation carbone, et la stratégie des acteurs économiques. Ce cas d'étude tente finalement de répondre à cette question importante : dans quelles mesures les éléments de succès de la stratégie des acteurs suédois sont-ils durables et reproductibles ?

Rédacteur principal • L'ÉQUIPE DE L'OBSERVATOIRE CLIMATE CHANGE

SOMMAIRE

1 • ACCÉLÉRATION DE LA BAISSÉ DES ÉMISSIONS DES TRANSPORTS INTÉRIEURS

2 • LA POLITIQUE VOLONTARISTE DE L'ÉTAT SUÉDOIS DANS LE DOMAINE DES TRANSPORTS

3 • UNE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS ADOSSÉE AU DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE DES BIOCARBURANTS

- L'essor de la filière des biocarburants suédois
- Le biodiesel HVO permet le dépassement des objectifs européens

4 • UN BILAN ENVIRONNEMENTAL DES BIOCARBURANTS SUÉDOIS À ÉVALUER

5 • L'ÉVOLUTION DU PARC AUTOMOBILE SUÉDOIS

- La hausse du parc automobile n'entraîne pas de hausse des émissions
- Les super « green cars » et la politique industrielle volontariste des constructeurs
- Les véhicules SUV, en contraste avec la trajectoire positive du parc automobile suédois



1 • ACCÉLÉRATION DE LA BAISSÉ DES ÉMISSIONS DES TRANSPORTS INTÉRIEURS

Depuis 2007, la Suède voit ses émissions de carbone diminuer de manière continue. Les statistiques de la Swedish Environmental Protection Agency dans le cadre de son inventaire annuel 2017 des émissions de gaz à effet de serre, en conformité avec les instructions de la CCNUCC, montrent que cette tendance se poursuit sur l'année 2016 avec une baisse des émissions de 1,99 % par rapport à 2015 (Figure 1).

Carbon Dioxide (CO ₂) (kt)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
NATIONAL TOTAL (excluding LULUCF, excluding international transport)	52 816.5	50 723.1	47 153.2	52 927.3	48 970.0	46 403.6	44 769.0	43 225.7	43 385.6	42 568.0
Domestic transport, total	20 970.1	20 350.7	20 037.2	20 090.1	19 643.6	18 418.9	17 910.6	17 703.8	17 661.7	16 686.1

FIGURE 1. ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS CO₂ GLOBALES ET DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS ENTRE 2007 ET 2016 EN SUÈDE

Source : Statistical database sweden, SMED on behalf of the Swedish environmental protection agency, 2017

Cette diminution est notamment permise par le secteur des transports intérieurs qui enregistre une baisse significative de 5,6 % des émissions de CO₂ entre 2015 et 2016. Cette baisse des émissions globales du transport automobile intervient après une diminution de 11,76 % entre 2010 et 2016 (Figure 2). Cette tendance durable et cette accélération remarquable lors de la dernière année s'inscrivent pourtant dans un contexte européen de stabilisation voire de remontée des émissions du transport en Europe, atteignant 1029 MtCO₂eq en 2014 et 1048 MtCO₂ en 2015.

La particularité suédoise s'inscrit d'abord dans le cadre d'une politique volontariste de l'État

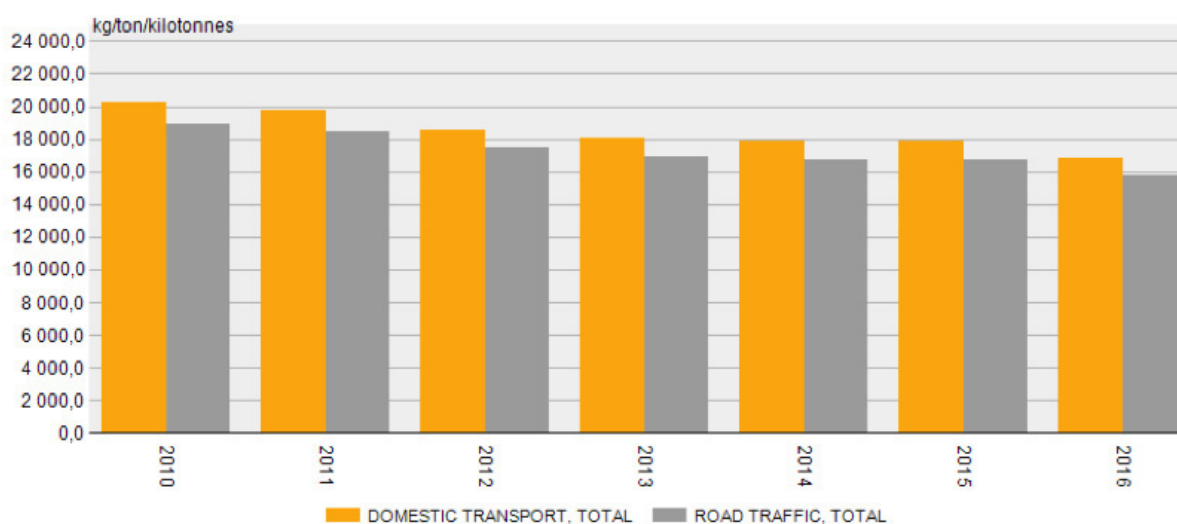


FIGURE 2. ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DANS LES TRANSPORTS EN SUÈDE, 2010-2016

Source : Swedish Environmental protection agency, 2017

en matière de sortie des énergies fossiles, de fiscalité écologique et de transformation globale du secteur des transports, une action cohérente qui a notamment été analysée en 2017 dans le rapport « CO₂ emissions and economic incentives » à l'attention du Nordic Council of Ministers (Jordal-Jorgensen & al., 2017). Cela n'aurait ainsi pas grand sens d'analyser les actions développées par les acteurs non-étatiques, si nous ne nous attardions pas tout d'abord sur les politiques menées par l'État suédois.

2 • UNE POLITIQUE VOLONTARISTE DE L'ÉTAT SUÉDOIS SUR LES TRANSPORTS

Le gouvernement suédois est l'un des premiers pays au monde à utiliser la fiscalité écologique comme socle de sa politique environnementale (Millock, 2010). **Ainsi, la Suède a été le premier pays à instaurer une taxation carbone en 1991 d'une valeur de 27 € par tonne de CO₂ (Akerfeld & Hammar, 2015) et qui atteint désormais les 96 €/tCO₂, ce qui fait d'elle le pays où cette taxe est la plus élevée (I4CE, 2017).**

Cette fiscalité importante se combine à des objectifs ambitieux de réduction de ses émissions de gaz à effet de serre. Le gouvernement suédois a ainsi annoncé l'initiative « Fossil Free » dans le cadre de la COP21 en 2015, afin de mettre en exergue la volonté des entreprises, institutions et organisations nationales de contribuer à l'effort climatique. L'ambition est de faire de la Suède le premier pays sans énergie fossile, ainsi **la Free Fossil Declaration stipule que les acteurs l'intégrant doivent mener des actions concrètes et coordonnées en vue de la réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre nationales :**

The ambition is to make Sweden one of the first fossil free welfare countries in the world. Not only because it is our responsibility to future generations, but because it makes economic sense. To achieve this, all actors in society must work actively to reduce emissions. Fossil Free Sweden is open to all actors who support the declaration drawn up for the initiative.

Source : Free fossil declaration, government offices of sweden, 2015

Dans son troisième rapport biennal destiné à la CCNUCC, le gouvernement suédois fixe comme objectif une réduction de 70% des émissions GES en 2030 par rapport à 2010, hors trafic aérien domestique (Ministry of the Environment & Energy, 2017).

Dans le domaine des transports, **le gouvernement suédois a programmé en 2016 un plan d'investissement dans les infrastructures sur la période 2018-2029** pour un total de 622,5 milliards SEK (60,9 milliards d'€) pour l'ensemble du plan (Swedish Transport Agency, 2017). Les investissements sont essentiellement destinés au maintien des infrastructures existantes, ferroviaires et routières, le gouvernement suédois vise 6 grands objectifs : accessibilité, mobilités douces, développement territorial des réseaux, sécurisation, inscription du réseau de transports suédois dans le marché de l'Union Européenne et, sixième objectif qu'il faut souligner, la réduction de l'impact environnemental et climatique du secteur des transports :

Consequently the Government proposes several policies and measures aimed at the transport sector in the budget proposal for 2018. Lately the local climate investment program has granted support for infrastructure for the introduction of electrical vehicles [...] a bonus malus-system for new light vehicles and an emission reduction obligation for petrol and diesel to further spur emission reductions in the transport sector. Moreover, the Government proposes that a tax on air travel will be introduced with the aim to reduce the climate impact of aviation.

Source : Sweden's third biennial report under the UNFCCC, Government offices of sweden, 2015

En complément de ce plan d'investissement sur les infrastructures, la Suède poursuit sa politique de développement d'une mobilité adossée aux biocarburants, y compris dans le transport aérien avec la première expérimentation de vol d'un ATR avec du biodiesel en 2017. D'après les analyses d'EurObserv'ER, « *il ne s'agit pas exactement pour la Suède d'éliminer totalement les carburants fossiles dans les transports* ». La définition donnée par la commission d'experts en charge de la mise en œuvre de ce plan est « *la mise en place d'une flotte de véhicules indépendante du carburant pétrolier principalement alimentée par des biocarburants et de l'électricité* » (EurObserv'ER, 2017).



3 • UNE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS ADOSSÉE AU DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE DES BIOCARBURANTS

• L'ESSOR DE LA FILIÈRE DES BIOCARBURANTS SUÉDOIS •

Définition et catégorisation des biocarburants

La première génération de biocarburants désigne ceux issus de produits alimentaires (plus précisément des organes de réserve des cultures : graines, racines de betteraves, fruits du palmier à huile), et par conséquent en concurrence avec les productions agricoles dédiées à l'alimentation humaine et animale. On distingue la filière essence (bioéthanol) reposant sur la fermentation industrielle du sucre contenu dans les plantes sucrières et amylacées (blé, maïs), et la filière gazole (biodiesel) obtenu à partir d'huiles végétales ou de graisses animales transformées en esters d'acide gras (biodiesel Esters Méthyliques d'Acides Gras EMAG ou FAME en anglais). Au sein de la filière « huile » on peut souligner la part croissante de biodiesel obtenu par hydrotraitement des

huiles (HVO), qui malgré des propriétés supérieures et un recours croissant aux huiles usagées et résidus et déchets agro-industriels, reste un biocarburant de première génération. Les carburants de deuxième génération sont issus de la transformation de la lignocellulose des résidus agricoles (pailles), forestiers (bois, feuilles etc.) ou de plantes provenant de cultures à vocation strictement énergétiques et à forte productivité en biomasse (taillis à croissance rapide). Cette transformation est thermo-chimique pour obtenir un biogazole de synthèse (la filière BtL Biomass to Liquid), ou biochimique pour produire de l'éthanol. Ces biocarburants sont encore en phase de développement et leur commercialisation devrait se confirmer à l'horizon 2020.

Source : Ministère Français de la transition écologique et solidaire

ENCADRÉ 1

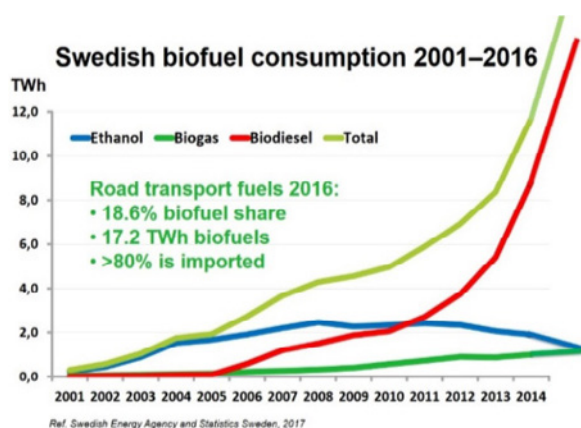


FIGURE 3. CONSOMMATION DES BIOCARBURANTS EN SUÈDE, 2001-2016

Sources figures 3 et 4 : SVEBIO, 2017

La consommation des biocarburants en Suède a augmenté de manière significative ces dernières années (Figure 3). Alors que les consommations d'éthanol et de biogaz ont connu une lente évolution, celle des biodiesels a été exponentielle. Le comparatif des carburants utilisés (Figure 4) confirme les tendances croissantes de consommation suédoise en biocarburants sur 2016 (1,32 Mtep, +23,77% par rapport à 2015) notamment une augmentation de la consommation du biodiesel (1,096 Mtep, +34,36%) loin devant la consommation en baisse d'éthanol (0,11 Mtep, -21,68%) et des biogaz carburants (0,11 Mtep, -1,83%) (EurObserv'ER, 2017).

En 2016, cette augmentation impressionnante de la consommation des biocarburants, particulièrement les biodiesels, explique l'essentiel de la baisse des émissions de CO₂ du transport automobile constatée, l'évolution du parc automobile et des comportements n'apparaissant pas à ce stade comme impactant significativement les émissions.

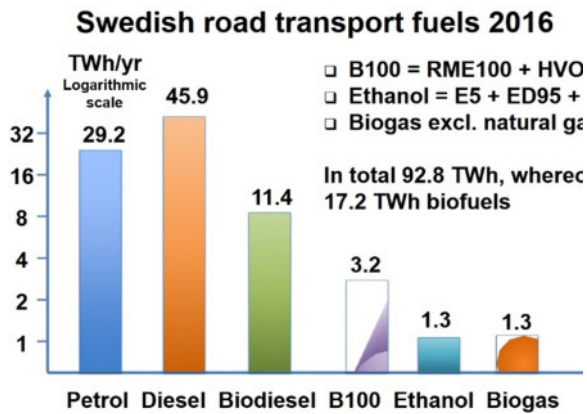


FIGURE 4. COMPARATIF DES CARBURANTS UTILISÉS DANS LE TRANSPORT ROUTIER SUÉDOIS EN 2016

Selon l'agence de l'énergie suédoise, le taux d'incorporation des biocarburants atteint 19% en 2016 contre 15% en 2015 et devrait continuer à augmenter dans les prochaines années pour atteindre un volume d'incorporation de près de 2 millions de tonnes en 2020, dont 80% de biodiesel. La filière des biocarburants profite d'une réactivité forte des acteurs économiques suédois avec des investissements massifs dans des unités de production de biocarburants avancés, et notamment de biodiesel (Figure 5). Leur organisation au sein d'une association professionnelle très active, l'Association Suédoise des Bioénergies (Svebio), en porte témoignage.

Svebio note en 2017 une certaine stagnation dans le développement des unités de production de biocarburants traditionnels, avec seulement trois nouveaux centres de production d'éthanol par St1, Agroetanol et SEKAB, deux nouvelles unités de biodiesel FAME par Perstorp, et quelques centres supplémentaires de Biogaz par E.ON, Swedish Biogas, Strängnäs etc. A l'inverse, l'organisation enregistre une vague importante de nouveaux projets pilotes et commerciaux pour le biodiesel HVO (huiles végétales hydrotraitées) pour lequel l'entreprise pétrolière suédoise Preem a par exemple prévu une augmentation de 600% de sa capacité de production pour atteindre 1,3 million de m³ en 2023. Cette multiplication des projets montre une extension du marché du HVO, et l'effritement du quasi-monopole de la compagnie finlandaise Neste qui représente actuellement plus de 50% de la capacité mondiale avec 2,5 millions de tonnes (Greenea, 2017).

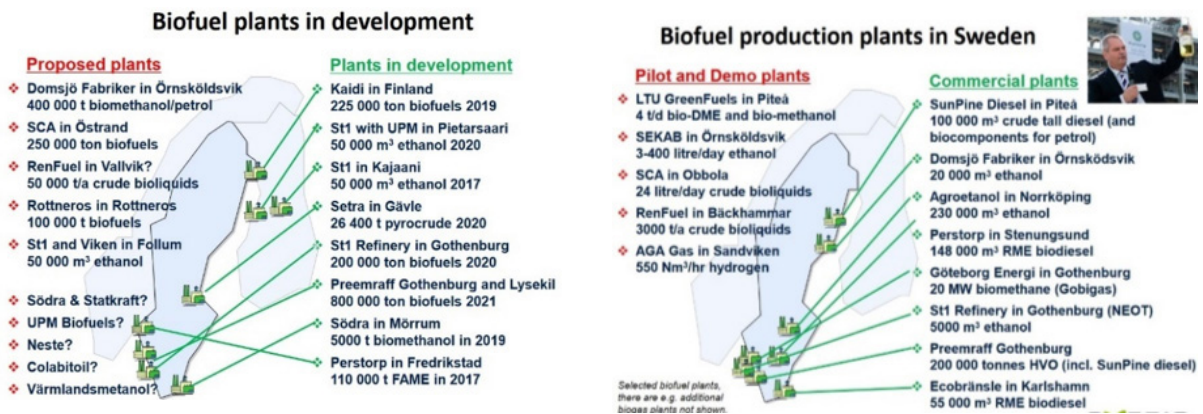


FIGURE 5. DÉVELOPPEMENT DES PROJETS DE PRODUCTION BIOMASSE EN SUÈDE.

Source : SVEBIO, 2017



Le biodiesel HVO de Neste

La société finlandaise Neste a développé et breveté un procédé d'hydrogénation des huiles végétales pour la fabrication de biodiesel. Comme dans le procédé traditionnel, il s'agit d'une réaction catalytique. À la différence que, cette fois, l'huile est mise en présence d'hydrogène, au lieu de méthanol comme pour les autres types de biodiesel et notamment de type FAME. Le produit obtenu est un gazole de synthèse utilisable techniquement à près de 100% dans un moteur classique. Cette technologie rend également le produit final plus stable avec un indice de combustion supérieur, elle évite également la coproduction de glycérine, pour laquelle il n'existe pas toujours de débouchés locaux.

Source : Eurobserv'er, 2017

ENCADRÉ 2

• **LE BIODIESEL HVO PERMET LE DÉPASSEMENT DES OBJECTIFS EUROPÉENS** • La filière en forte expansion, a permis au pays d'atteindre en 2016 le seuil de 30% d'énergie renouvelable dans la consommation d'énergie finale dans les transports, soit une augmentation de 6 points par rapport à 2015 (Eurostat) et dépassant de trois fois l'objectif européen des 10% d'énergie renouvelable dans le secteur des transports d'ici 2020.

Cette performance suédoise est liée à la comptabilisation spécifique dont bénéficie en partie le HVO en tant que carburant avancé. Les matières premières utilisées demeurent principalement de nature agricole et semblables à celles utilisées pour le biodiesel de première génération de type FAME. Il permet cependant une utilisation plus intéressante des résidus et déchets agricoles, notamment ceux mentionnés dans la directive 2009/28/CE (Annexe IX). Les opérateurs de biodiesels HVO utilisant ces matières premières sont considérés par l'Union Européenne comme des biocarburant avancés, ils peuvent prétendre au double comptable de leur valeur énergétique réelle et contribuer doublement à l'atteinte des objectifs européens.

La consommation suédoise de biocarburants se conforme aux directives européennes

Le développement du marché des biocarburants destinés aux transports de l'Union européenne est désormais, et jusqu'en 2020, encadré par la directive 2015/1513 du 9 septembre 2015, dite directive CASI, qui modifie la directive 98/70/CE concernant la qualité de l'essence et des carburants diesel, et la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables. Ces deux directives ont été révisées afin de reconnaître et d'atténuer l'impact préjudiciable que la production de biocarburants de première génération peut avoir sur l'environnement, en raison des émissions de gaz à effet de serre liés aux cas de changement indirect dans l'affectation des sols (CASI), c'est-à-dire la conversion de terres agricoles en cultures destinées à la production de biocarburants. Ainsi, la part des agrocarburants issus de ces cultures dédiées (céréales, plantes riches en amidon, sucrières et oléagineuses) a été plafonnée à 7% de la consommation finale d'énergie dans les transports. L'UE pourtant vise un objectif de 10% d'énergie renouvelable dans le secteur des transports d'ici à 2020. Les 3% restants peuvent donc être obtenus grâce à la mobilité électrique ou par l'utilisation de biocarburants dits « avancés » produits à partir de matières premières spécifiques pouvant prétendre à une double comptabilité (Annexe IX). Le respect des critères européens est requis pour pouvoir comptabiliser les

biocarburants dans la part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie et pouvoir bénéficier des régimes de soutien public et donne lieu à la délivrance de « certificats ». Ils prévoient d'une part, une réduction d'au moins 50% des émissions de GES des biocarburants comparé aux carburants fossiles et de 60% pour les installations postérieures au 5 octobre 2015. D'autre part, ils rendent inéligibles les biocarburants issus de matières premières provenant de terres de grande valeur en termes de biodiversité ou présentant un important stock de carbones (forêts primaires, zone humides et tourbière etc.). Enfin, les pays-membres ont l'obligation de reporter les émissions de GES liées aux changements indirects d'affectation des sols selon le type de plantes utilisées. Elle considère en revanche celles des biocarburants « avancés » issus des matières premières de l'Annexe IX, comme nulles en raison du manque de données actuelles permettant leur estimation.

Source : Baromètre biocarburants 2017, directives européennes

ENCADRÉ 3

Ce biodiesel de qualité supérieure a l'autre avantage de pouvoir être utilisé en forte concentration dans les moteurs diesel voire pur avec la commercialisation du HVO100 depuis 2015. Pour favoriser leur consommation la Suède applique des taux d'exonérations de taxes différents selon le type de biocarburant (éthanol, FAME ou HVO) et selon la teneur du mélange en biocarburants. Le HVO 100 est ainsi exonéré à 100% la fois de la taxe carbone et de la taxe énergie, son prix reste compétitif avec celui du diesel fossile, la consommation totale de HVO a pu ainsi doubler entre 2015 et 2017 pour atteindre 73% des livraisons de biocarburants liquides (Figure 6) et être le troisième carburant le plus consommé en Suède derrière l'essence et le diesel.

Année	FAME (m³)	HVO (m³)	Ethanol (m³)
2011	250 563	44 943	619 161
2012	294 009	131 085	607 208
2013	292 895	289 095	354 569
2014	431 015	438 813	326 560
2015	422 590	704 687	263 446
2016	341 203	1 203 680	213 446
2017	330 847	1 441 780	205 367

FIGURE 6
VOLUME LIVRÉ
DE CARBURANTS
RENOUVELABLES
EN SUÈDE (M³),
2011-2017

Source : Institut
suédois du
pétrole et des
biocarburants, 2017

A l'inverse, la production de biodiesel FAME, et de bioéthanol, baissent progressivement et ne représentent plus que 17% et 10% respectivement en 2017. Cette stratégie industrielle est en cohérence avec la diminution encouragée par l'Union Européenne des biocarburants issus de productions agricoles dédiées.



4 • UN BILAN ENVIRONNEMENTAL DES BIOCARBURANTS SUÉDOIS À PRÉCISER

La stratégie suédoise questionne cependant par rapport à l'évolution prévisible du marché mondial des biocarburants destiné notamment aux transports dans l'Union Européenne. Une étude commandée par la Commission Européenne en 2015 montre que les biodiesels à base d'huiles végétales (colza, palme, soja, tournesol) peuvent se révéler finalement plus émetteurs que le diesel conventionnel en intégrant les facteurs « d'émissions CASI » dues aux changements d'affectation des sols induits par leur production, jusqu'à trois fois plus lorsqu'il s'agit d'huile de palme. 70% de ces émissions sont attribuées à la dégradation des tourbières en Malaisie et en Indonésie causée par les plantations de palmiers.

Face aux problèmes environnementaux causés par la production massive de biocarburants, l'Union Européenne souhaite en effet soutenir les biocarburants « avancés » et de deuxième génération, par une baisse progressive du plafond d'incorporation autorisé des biocarburants issus de produits agricoles (Encadré 3), actuellement en discussion dans le cadre de la révision du paquet énergie 2030.

Pour réduire l'impact de sa production, **l'industrie suédoise de biocarburants s'appuie sur la définition donnée à un certain nombre de matériaux considérés par les autorités nationales suédoises comme des résidus qui théoriquement n'entrent pas en compétition avec la production alimentaire.** Il entre dans le champ d'application des biocarburants « avancés » et ne sont donc pas soumis aux mêmes exigences de traçabilité. C'est le cas par exemple du Palm Fatty Acid Distillate (PFAD), résidu de transformation issu du raffinage de l'huile de palme brute. L'essentiel de la production de biocarburants destinés au marché suédois reste lié aux productions européennes, on observe cependant une hausse importante des importations de matières premières pour le biodiesel HVO en provenance d'Indonésie et de Malaisie entre 2015 et 2016 (Figure 7), qui correspond aux importations de PFAD.

	Suède	Europe hors Suède	Indonésie	Malaisie	États-Unis	Autre	Total
2011	32 452	2 489					34 941
2012	59 021	55 946	8 502	6 734	9 399		139 602
2013	101 836	189 354	49 239	24 892	25 876		391 196
2014	93 405	286 729	56 110	17 874	28 994		483 111
2015	99 664	429 792	86 107	20 310	96 031		731 904
2016	46 269	573 770	182 596	73 104	142 134	344 999	1 220 738

FIGURE 7. HVO UTILISÉ EN SUÈDE, PAR PAYS D'ORIGINE, DEPUIS 2011, VOLUME (M³)

Source : Agence suédoise de l'énergie, 2017

En 2016, pour la première fois depuis 2011, aucune huile de palme en tant que telle n'a été utilisée pour la fabrication du biodiesel HVO, mais en revanche le PFAD représente 22% des matières premières en 2016, alors qu'il était encore absent de sa composition en 2015. (Figure 8)

	Huile de tall	Huiles végétales / animales	Déchets d'abattoirs	Huile de palme	Graisse animale	Colza	PFAD	Maïs	Autre	Total
2011	32 452	2 489	0	0	0	0				34 941
2012	64 589	30 034	29 743	15 236	0	0				139 602
2013	100 113	5	201 409	74 131	15 540	0				391 196
2014	106 419	108 447	168 708	73 984	25 554	0				483 111
2015	112 114	227 009	220 713	106 418	0	65 651				731 904
2016	84 283	459 473	234 807	0	0	101 416	276 593	43 240	20 926	1 220 738

FIGURE 8. MATIÈRES PREMIÈRES POUR LA FABRICATION DU HVO UTILISÉ EN SUÈDE, DEPUIS 2011, EN VOLUME (M³)

Source : Agence suédoise de l'énergie, 2017

La substitution du PFAD à l'huile de palme permet à la Suède de réduire les émissions comptabilisées dues aux changements indirects d'affectation des sols, car les fournisseurs ne sont pas soumis à l'obligation de reporter les émissions dues à la production de résidus et déchets agricoles, ni aux mêmes exigences de traçabilité.

Le Palm Fatty Acid Distillate (PFAD)

Considéré comme un résidu, la directive 2015/1513 considère « ses émissions estimatives liées aux changements indirects dans l'affectation des sols égales à zéro ». Ceci va dans le sens de l'entreprise Neste, qui considère que la demande de PFAD n'exercerait pas de pression supplémentaire sur les terres cultivables en faveur de l'huile de palme mais au contraire inciterait à améliorer les procédés pour en réduire la quantité. Cette position repose sur sa faible concentration dans l'huile de palme brute de l'ordre de 4 à 5 %, et sur son prix de marché inférieur de 15 % à celui d'une tonne d'huile de palme raffinée (Zero and Rainforest Foundation Norway, 2016). Neste a annoncé néanmoins mettre en œuvre le même niveau de traçabilité du PFAD que pour l'huile de palme d'ici 2020.

ENCADRÉ 4

Cependant l'évolution du marché du PFAD montre que la valorisation de résidus agricoles leur confère progressivement un impact similaire sur l'utilisation des terres. **S'ajoutant aux débouchés que le PFAD trouve également dans l'industrie agroalimentaire et cosmétique, son utilisation dans le secteur des transports pourrait renforcer sa pression économique sur les sols, faisant de son utilisation une solution transitoire.** Avec 57 millions de tonnes d'huile de palme produites par la Malaisie et l'Indonésie en 2017 (USDA), leur potentiel de production du PFAD peut être évalué à près de 2 millions de tonnes. Ceci représente à peine 8 fois la demande actuelle suédoise de PFAD en 2016, qui pourrait progresser très vite. **Le caractère non-reproductible à grande échelle de l'utilisation de cette ressource apparaît donc très clairement.**

Le gouvernement norvégien, reconsidérant ses émissions relatives à la production d'huile de palme, a d'ailleurs requalifié le PFAD de « co-produit » en 2017, et la Suède devrait faire de même dès 2019. Il tombera ainsi dans le champ d'application des critères de durabilité de la directive, qui imposent aux opérateurs un reportage plus strict de ses émissions et de sa traçabilité, et perd le



bénéfice de la double comptabilité. Le débat autour de la redéfinition du statut du PFAD pourrait mener à la reclassification d'autres produits dérivés tel que le technical corn oil (TCO), considéré comme un résidu issu de la production d'éthanol qui sert à la production de biodiesel, ou encore le Tall oil fatty acid (TOFA), résidu issu de la production de papier.

L'attention particulière donnée par la Suède au biodiesel, notamment HVO, permet donc pour le moment de se conformer aux exigences européennes et d'afficher un rôle leader dans la réduction des émissions et la transition énergétique dans le domaine des transports. **Le bilan environnemental de la stratégie suédoise reste néanmoins à préciser et dépendra fortement des innovations à venir sur la part de production locale des biocarburants de seconde génération.** Sur le long terme, l'évolution du parc automobile suédois pourrait se révéler plus déterminante pour que la Suède tienne ses objectifs de réduction d'émissions.

Relocaliser à terme la production des matières premières

La Suède occupe actuellement 0,39 hectare par habitant de terres arables disponibles dans le monde, qui doivent être rapportés aux terres arables disponibles

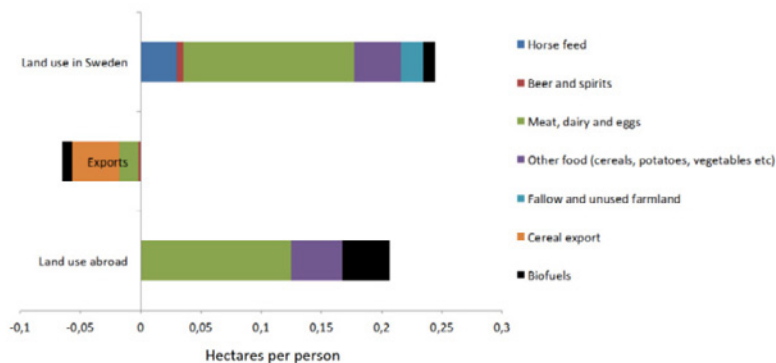


FIGURE 9. TERRES ARABLES UTILISÉES PAR UN SUÉDOIS EN MOYENNE, EN SUÈDE ET À L'ÉTRANGER (EN HECTARE PAR PERSONNE)

par habitant à l'échelle mondiale estimées à seulement 0,194 ha en 2016 par la Food and Agriculture Organization. Parmi ces 0,39 environ 0,05 hectares représentent les terres dédiées à la production de biocarburant suédois, dont près de 80% (ou environ 0,04 hectares) de ces terres sont localisées à l'étranger (Figure 9). Pour répondre en partie à ces enjeux, le Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuel, institut de recherche financé par la région de Västra Götaland et par les industriels et universités actifs dans le secteur des biocarburants, estime que le pays est en mesure de relocaliser d'ici 2030 la chaîne de production d'environ 20 TWh, soit la consommation totale de biocarburant actuelle en Suède, et ceci sans changements indirects d'affectation des sols mais par l'utilisation accrue des résidus issus de l'agriculture, de la forêt, de l'industrie etc. mais aussi, et sur ce point le rapport se montre très volontariste, par la reconversion de terres utilisées actuellement pour la production d'alcool et de viande, qui représentent la majorité des terres utilisées par les suédois. La Suède pourrait ainsi augmenter de trois fois la récolte du bois et continuer à gérer durablement ses ressources (De Jong-Akselsson & al, 2017). *In order for Sweden to be a pioneer country in the transition to a fossil fuel free transport sector, we need to include a high realization of domestic biofuel production. We should not shift a dependency on imported fossil fuels, for a dependency on imported biofuels.*

Source : Biofuels from agricultural biomass - Land use change in swedish perspective, the swedish knowledge centre for renewable transportation fuels, sweden, 2017

ENCADRÉ 5

5 • L'ÉVOLUTION DU PARC AUTOMOBILE SUÉDOIS

• LA HAUSSE DU PARC AUTOMOBILE N'ENTRAÎNE PAS DE HAUSSE DES ÉMISSIONS •

La trajectoire des émissions de carbone par le secteur des transports en Suède marque une baisse continue depuis 2007. Pourtant, comme l'affirme le rapport « CO₂ emissions and economic incentives » pour le Nordic Council Minister (Jordal-Jorgensen & al., 2017) sur le transport automobile, le parc automobile suédois augmente depuis 2009 passant de 4,30 millions de voitures en 2009 à 4,67 millions en 2015, soit une augmentation de 9,11% (Figure 10).

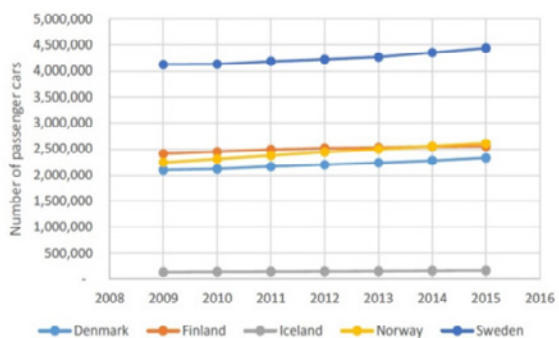


FIGURE 10. ÉVOLUTION DE LA FLOTTE AUTOMOBILE DANS LES PAYS NORDIQUES DE 2009 À 2015

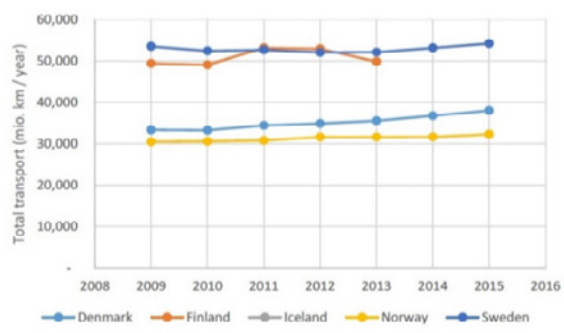


FIGURE 11. ÉVOLUTION DES DISTANCES PARCOURUES EN AUTOMOBILES DANS LES PAYS NORDIQUES ENTRE 2009 ET 2015

Cette augmentation plus importante que dans le reste de la Scandinavie, s'explique en partie par l'absence de taxation d'immatriculation en fonction de la taille des véhicules et de leur puissance, contrairement à ses voisins nordiques (Swedish Transport Agency, 2017).

S'ajoute à ceci, l'accroissement notable des déplacements en voitures en Suède (Figure 11), passant de 63,28 millions de km parcourus en 2008 à 65,82 millions de km en 2015 (TRAFA, 2017). Ceci malgré l'initiative de plusieurs collectivités suédoises telles que Stockholm et Göteborg, d'instaurer une taxe de « congestion » des infrastructures afin de réduire le trafic urbain.

La diminution des émissions de CO₂ suédoises s'explique donc d'abord par l'amélioration des véhicules, les nouvelles motorisations, et l'utilisation des biocarburants, davantage que par des changements de comportement. Cette amélioration de la qualité des véhicules est particulièrement marquante en Suède d'après l'European Environment Agency et les services de la Commission Européenne (cf figure 12) qui montre les progrès considérables réalisés depuis 2000, dans la baisse des émissions de CO₂ au kilomètre.

Les chiffres avancés par Bil Sweden, association commerciale suédoise pour les fabricants et importateurs de voitures, camions et autobus, montrent une évolution importante du parc automobile entre 2016 à 2017 avec 379.393 nouvelles voitures en 2017, soit une hausse de 1,9% par rapport à 2016, le chiffre le plus élevé jamais enregistré (Bil Sweden, 2018).

Comme dans le reste de l'Europe, on observe une baisse de la part des voitures diesel nouvellement immatriculées qui est la plus significative avec -4,3% en 2017, ne représentant ainsi plus que 49,1% du parc automobile neuf contre 52,3% en 2016 (Bil Sweden, 2018). Pour autant, la baisse du parc diesel n'a pas entraîné de hausse des émissions de CO₂ en 2016 (les véhicules diesel étant moins émetteurs de CO₂ que les véhicules essence), comme annoncé à l'échelle européenne par l'Institut Jato Dynamics qui impute à cette baisse des voitures diesels (et à l'augmentation des véhicules SUV), l'augmentation des émissions de CO₂ moyennes des voitures neuves de 117,8 g/km

en 2016 à 118,1 g/km en 2017 (étude présentée au salon de l'automobile de Genève en mars 2018).

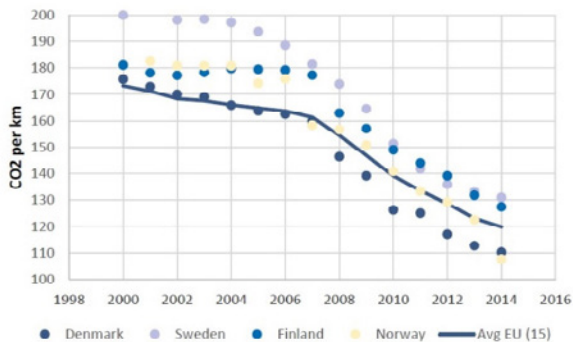


FIGURE 12. ÉMISSIONS CO₂ PAR KILOMÈTRE DES VOITURES NEUVES DANS LES PAYS NORDIQUES ENTRE 2000 ET 2014

Sweden, confirmées pour le moment par les résultats des ventes du premier trimestre, prévoient 34 000 voitures « super-propres » nouvellement enregistrées en 2018, soit 9,4% du marché total prévu de 360 000 nouvelles voitures. Cette mutation du parc automobile suédois à travers le déploiement rapide des « *super-green cars* » est un facteur d'espoir important de la baisse des émissions de CO₂, qui montre l'importance d'une synergie entre incitations financières gouvernementales et dynamisme des constructeurs.

Les Super-Green Cars et la fiscalité écologique sur les véhicules en Suède

Le « *Super-Green Car Premium Ordinance* » 2011-2018 entré en vigueur en janvier 2012 visait à promouvoir la vente de voitures très économe en énergie, et très peu émettrices, qui désigne une voiture qui émet moins de 50 g de CO₂ par km (seuil de 2016). Le « *super-green car premium* » consistait en une prime à l'achat de 20 000 SEK (1960 €) pour un véhicule hybride à 40 000 SEK (3920 €) pour les véhicules électriques. Le gouvernement suédois a décidé le remplacement de cette prime à compter du 1^{er} juillet 2018 par un système de bonus-malus pour les véhicules particuliers, qui s'étend aux bus et camions peu émetteurs.

• LES SUPER « GREEN CARS » ET LA POLITIQUE INDUSTRIELLE VOLONTARISTE DES CONSTRUCTEURS

Les spécificités suédoises sur les bio-carburants diesels, mais aussi l'utilisation d'une part significative d'éthanol pour les véhicules à essence sont une base de l'explication de ce résultat, mais nous pouvons aussi noter le développement rapide de la vente des « *super green cars* », appellation donnée aux véhicules émettant moins de 50 gCO₂/km.

En 2017, année record de vente de véhicules neufs, les *super green cars* représentaient 5,1% (19 000 voitures) des nouvelles voitures immatriculées, soit une augmentation de 1,6 point par rapport à 2016 (3,5%). Les prévisions 2018 de Bil

Le malus s'applique autant aux véhicules diesel et essence et est progressif les trois premières années de circulation. Il est de 82 SEK/gCO₂/km (8 €/gCO₂/km) entre 95 gCO₂/km et 140 gCO₂/km, puis s'élève au-delà à 107 SEK/gCO₂/km (10,50 €/gCO₂/km). Le bonus pour les véhicules zéro émissions est progressif jusqu'à 60 g/CO₂/km pour atteindre 10 000 SEK (977 €) dans la limite de 25% du prix d'achat du véhicule. L'objectif est de tendre avant 2022 vers une moyenne des émissions des véhicules en circulation de 95 g/CO₂/km, ce qui correspond au seuil à atteindre d'ici 2021 fixé par l'Union Européenne.

ENCADRÉ 6

A ce stade, les *super-green cars* ne représentent pas encore une part significative dans le parc automobile suédois, le faible développement de l'électrique (seulement 0,8% du parc auto suédois en 2015) pose la question d'un développement suffisant des infrastructures de recharge électrique sur l'ensemble du territoire suédois. La motorisation gaz (1,4% en 2015) est en baisse, tandis que la motorisation hybride ne représentait encore que 2% en 2015. Selon le rapport « *CO₂ emissions and economic incentives* », si l'âge moyen du parc de voitures en Suède était de 10,2 ans en 2014, la baisse des prix de vente des véhicules électriques (30 k€ en moyenne), hybrides simples (25 k€

en moyenne) et hybrid plug-in véhicules (38 k€ en moyenne) permet effectivement d'envisager un renouvellement rapide et moins émissif du parc alors que les prix moyens des voitures essence (12 k€) et diesel (23 k€) restent stables (Jordal-Jorgensen & al., 2017, p.47-50).

Les engagements Volvo sur la fin des moteurs thermiques

Le constructeur suédois Volvo a annoncé, début juillet 2017, que tous les nouveaux modèles qu'il mettrait sur le marché à partir de 2019 seraient entièrement électriques ou hybrides. Les modèles lancés avant cette date seront toujours équipés de moteurs à combustion ; il introduira ainsi progressivement dans sa gamme des modèles allant du tout électrique aux hybrides à batterie rechargeable. Cette stratégie de Volvo doit être rapprochée de celle de son propriétaire, le constructeur chinois Geely, qui ambitionne de développer une offre de véhicules électriques en Chine et d'ouvrir un centre d'innovation pour leur développement à Göteborg en Suède.

ENCADRÉ 7

D'autres initiatives de recherche à suivre de près ont par ailleurs été lancées comme l'« *electric light trucks* » par le constructeur de camions Scania, en partenariat avec Siemens, Volvo et Alstom (ICCT, 2017) pour aller vers des transports de marchandises zéro-émissions. Le Global Electric Trucks Market Research Report de novembre 2017 précise que si l'industrie du camion électrique mondiale a souffert d'un ralentissement sur l'année 2016, la tendance générale sur les quatre dernières années est positive (+55% entre 2013 et 2016, +41 millions de \$) et devrait conserver sa dynamique dans les années à venir pour atteindre 159 millions \$ en 2021. La complémentarité technologique des infrastructures est importante pour ces projets d'électrification des moteurs. Ainsi, Scania, en partenariat avec Siemens, développe des projets d'électrification d'autoroutes « *e-highway* » (Siemens, 2015) sur le modèle des omnibus. L'université de Lund a quant à elle initié le projet « *Elonroad* » (ICCT, 2017) sur la base d'un rail conducteur permettant aux voitures et camions électriques de se recharger tout en roulant.

• LES VÉHICULES SUV, EN CONTRASTE AVEC LA TRAJECTOIRE POSITIVE DU PARC AUTOMOBILE SUÉDOIS. Le développement massif du marché des sport utility vehicle (SUV), majoritairement motorisées pour fonctionner au diesel, est un signal inquiétant qui accroît les risques d'augmentation des émissions de CO₂ et des microparticules, annulant les effets positifs dus aux « *super-green cars* ». Le SUV Volvo XC60 est la voiture la plus vendue en Suède avec 21 419 exemplaires (Statistica, 2018). Les constructeurs étrangers se sont également implantés sur le marché suédois avec par exemple le SUV Tiguan de Volkswagen, la 7^e voiture la plus vendue dans le pays.

Le marché des SUV en pleine expansion en Europe

Entre 2006 et 2016, la vente des SUV Europe a connu une croissance de 300% (de 1,12 millions de véhicules en 2006 à 3,88 millions en 2016). Cette tendance semble se confirmer dans les années à venir puisque les prévisions de Jato Dynamics prévoient 6 millions de SUV immatriculés en 2020 (Jao Dynamics, 2017, p.4). Avec seulement 3,9% d'entre eux bénéficiant de la

motorisation électrique en 2017, l'augmentation des ventes SUV ont contribué à l'augmentation enregistrée des émissions de CO₂ européennes d'au moins 0,1% sur la période 2016-2017.

ENCADRÉ 8

CONCLUSION

En conclusion, la politique nationale suédoise a conféré aux acteurs des différentes filières du transport routier, un socle incitatif fort pour leurs investissements dans l'innovation technologique tant dans les performances des véhicules que dans celles des biocarburants. Pour autant, la situation suédoise présente des tendances contradictoires comme le montrent le développement du marché des SUV diesel ou l'augmentation des trajets en voiture, malgré les limitations de circulation dans les zones urbaines. La question de la comptabilisation des émissions de CO₂ liées à la consommation de biocarburants en Suède sera centrale dans les prochaines années. L'évolution de l'approvisionnement (notamment en huile de palme) et la relocalisation de cette production seront des choix essentiels pour la Suède puisse démontrer la durabilité de sa stratégie de réduction des émissions adossées aux biocarburants, qui pour l'instant apparaît comme une solution transitoire mais non-reproductible à l'échelle mondiale. L'évolution de ces tendances contradictoires dira si la Suède sera demain la vitrine d'une mobilité routière climato-compatible.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG



RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- ENERDATA, Global Energy & CO₂ Data.
- Eurobserv'ER (juillet 2017), Baromètre Biocarburants 2017.
- European Commission (2017), EU Energy in figures : Statistical Pocketbook 2017, Luxembourg : Publications Office of the European Union.
- Eurostat.
- Swedish Energy Agency Statistics 2018.
- Statistics Sweden.
- Swedish Environmental Protection Agency (2017), National Inventory Report Sweden 2017 Greenhouse Gas Emission Inventories 1990-2015, Naturvårdsverket.
- United States Department of Agriculture.

RAPPORTS ET REVUES :

- Ahlgren Serina et al. (2011), Greenhouse gas emissions from cultivation of agricultural crops for biofuels and production of biogas from manure, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Uppsala.
- EurObserv'ER (octobre 2017), Renewable Energy Policy Factsheet on Sweden.
- European Biofuels Technology Platform (2015), Biofuels in Sweden, Biofuel Fact Sheet.
- Katrin Millock (2010) La taxation énergie-climat en Suède. Droit de l'environnement, Victoires édition <halshs-00433906>.
- Government Offices of Sweden (2015), Free Fossil Declaration.
- Jordal-Jørgensen, Jørgen; Kveiborg, Ole; Friis-Jensen, Sandra (2017), CO₂ emissions and economic incentives : Recent developments in CO₂ emissions from passenger cars in the Nordic countries and potential economic incentives to regulate them, Copenhagen, Nordic Council of Ministers.
- Journal officiel de l'Union Européenne (15 septembre 2015), Directive (UE) 2015/1513 du Parlement européen et du Conseil du 9 septembre 2015 modifiant la directive 98/70/CE concernant la qualité de l'essence et des carburants diesel et modifiant la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables.
- Martin Michael, et al. (2017), Environmental and socio-economic benefits of Swedish biofuel production, Report No 2017 : 01, f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Sweden.
- Métivier Clément et al. (octobre 2017), Global panorama of carbon prices in 2017, Institute for Climate Economics.
- Moultak Marissa et al. (2017), Transitioning to zero-emission heavy-duty freight vehicles, The International Council on Clean Transportation (ICCT), Washington.
- Paolucci Alessandro (2017), The future of the car industry as WLTP bites, JATO Dynamics, Europe.
- Roström Bengt (2017), Sweden : 2018 Budget Bill – expansionary, Nordea, Stockholm.
- Square Commodities (2016), Biodiesel Market Report, Issue No. 152 May 12, 2016.
- Swedish Knowledge Center for Renewable Transportation Fuels (février 2017), EU sustainability criteria for biofuels, F3 Fact Sheet.
- Transport & Environment (Avril 2016), Globiom : the basis for biofuel policy post-2020.
- Valin Hugo (IIASA), Peters Daan (Ecofys), Van den Berg Maarten (E4tech), et al. (2015), The land use change impact of biofuels consumed in the EU : Quantification of area and greenhouse gas impacts, Commissioned by the European Commission. Ref. Ares (2015)4173087.
- ZERO and Rainforest Foundation Norway (17 février 2016), Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) in biofuels.

PRESSES PRÉSENTATIONS :

- Collet Philippe (18 septembre 2015), Agrocarburants : les règles européennes sont fixées, Actu-environnement.
- Ekbohm Tomas (avril 2018), IEA Bioenergy Task 39 Business Meeting 7-9 April 2018, Svebio.
- Greenea, (11 décembre 2014), Waste Based Biofuels, Waste Based Feedstock.
- Jaecker-Voirol Anne (Dr.) (10 mars 2015), Les biocarburants d'aujourd'hui et de demain Enjeux et perspectives - Conférence CNAM « Biocarburants ».
- Kuronen Markku (novembre 2013), Introduction to HVO, a premium bio-based diesel, Neste Oil.
- Platts, (26 avril 2016), Norway tightens regulations on use of PFAD for biodiesel.





Faire du transport routier un solide pilier de la lutte contre les gaz à effet de serre

A l'instar de la communauté internationale face aux défis liés aux changements climatiques, le gouvernement sud-africain ambitionne de faire baisser les émissions nationales de dioxyde de carbone (CO₂) de 34% en 2020 et de 42% d'ici 2030. Le secteur des transports, un des contributeurs majeurs à la pollution atmosphérique et 2^e émetteur de CO₂ est un des piliers de cette lutte, et plus précisément le transport routier, constitué par les opérations de fret et le transport de passagers, dont les technologies utilisées et les modes d'exploitation ne sont pas en phase avec ces objectifs, et doivent être repensés.

En ce sens, diverses initiatives sont entreprises par les autorités étatiques et municipales pour atteindre les objectifs ciblés. Les matériaux utilisés comme les modes d'exploitation sont constamment remis en question. Par ailleurs, un appui au secteur des énergies renouvelables est attendu, à travers des programmes d'investissements et de subventions conséquents, probantes contributions du secteur des transports routiers sud-africains à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). Cette fiche présente l'évolution des émissions du sous-secteur des transports routiers en Afrique du Sud, les facteurs explicatifs des tendances constatées et les actions de mitigation qui sont en train d'être menées.

Rédacteur principal • ALIOUNE THIAM • Expert Transports et Mobilité urbaine, Eco-Access

SOMMAIRE

1 • TENDANCE ÉVOLUTIVE NATIONALE EN DENTS DE SCIE SUR LA PÉRIODE 2012-2017

- Un sous-secteur des transports routiers qui suit la tendance nationale
- En cause : les formes urbaines et les modes de déplacement

2 • ENGAGEMENTS DE L'ÉTAT POUR UNE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DU TRANSPORT ROUTIER

- L'adhésion aux accords internationaux et un focus sur les secteurs les plus pollués
- Des mécanismes innovants

3 • ANALYSE DES CONTRIBUTIONS DES ACTEURS PRIVÉS

- Forte implication des acteurs non étatiques
- Exemples d'initiatives d'entreprises privées

4 • STRATÉGIES DES ACTEURS PUBLICS LOCAUX

- Articulation des politiques d'urbanisation et de transport pour réduire les déplacements
- Vers une logique de mobilité durable
- Innovations des transports publics
- Une prise de conscience naissante de la société civile et du grand public
- Des initiatives locales fortement soutenues par des ONG



1 • UN SOUS-SECTEUR DES TRANSPORTS ROUTIERS PRÉDOMINANT SUR LES ÉMISSIONS DU SECTEUR

• DES ÉMISSIONS DU SOUS-SECTEUR DES TRANSPORTS ROUTIERS FORTEMENT CORRÉLÉES À LA CONSOMMATION DE DIESEL •

La tendance évolutive des émissions du sous-secteur routier est à peu près similaire à celle du secteur des transports pris dans sa globalité ; ce qui ne surprend guère car elles représentent plus de 99% des émissions du secteur. Leurs évolutions respectives sur la période 2002-2017 sont très proches : 3,02% pour les transports routiers contre 3,21% pour le secteur des transports.

D'année en année, on constate une légère progression à l'exception de 2016 où il a été enregistré des baisses aussi bien pour le secteur des transports dans son entièreté (-4,43% par rapport à 2015) que pour le sous-secteur des transports routiers (-5,11% relativement à 2015).

L'évolution des émissions des transports routiers suit le rythme des émissions provenant des carburants fossiles, notamment le diesel. C'est le cas entre 2002 et 2017, avec une évolution hausse de 6,59% des émissions du diesel. Les réductions récentes enregistrées ont été possibles grâce à une forte diminution des émissions de CO₂ issue de la combustion du diesel, soit une baisse de 2,59% entre 2014 et 2015, et de 10,66% entre 2015 et 2016 (Enerdata, 2018).

		2002	2006	2010	2012	2014	2015	2016	2017
Transport (consommation de carburant)	Quantité (en Mt)	36,97	44,45	48,14	51,20	52,93	53,73	51,36	54,80
	Évolution moyenne/an	-	5,06%	2,08%	3,17%	1,69%	1,53%	-4,43%	6,70%
	Évolution 2002-2017	3,21%							
Transport routier	Quantité (en Mt)	34,29	41,28	45,02	47,69	49,43	50,12	47,56	49,80
	Évolution moyenne/an	-	5,10%	2,26%	2,96%	1,82%	1,40%	-5,11%	4,71%
	Évolution 2002-2017	3,02%							
Consommation d'essence	Quantité (en Mt)	22,51	24,54	24,85	26,02	24,15	25,50	25,47	26,25
	Évolution moyenne/an	-	2,27%	0,31%	2,35%	-3,58%	5,57%	-0,12%	3,06%
	Évolution 2002-2017	1,11%							
Consommation de diesel	Quantité (en Mt)	11,76	16,71	20,16	21,66	25,25	24,60	21,97	23,38
	Évolution moyenne/an	-	10,52%	5,17%	3,72%	8,28%	-2,59%	-10,66%	6,41%
	Évolution 2002-2017	6,59%							
Consommation de GPL	Quantité (en Mt)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Consommation de gaz	Quantité (en Mt)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004

FIGURE 1. ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CO₂ DES TRANSPORTS, 2002-2017

Source : ENERDATA

Les émissions des carburants fossiles du secteur routier représentent en moyenne 99,89% des émissions du secteur, soit 44,79% de contribution pour la gazoline et 55,11% pour le diesel. Ainsi, l'augmentation quasi constante, légère et progressive notée sur la période 2012-2017, résulte-t-elle principalement d'une variation des émissions de ces deux sources d'énergie du transport (diesel et gazoline) au moment où les énergies alternatives (électrique, biocarburant et gaz naturel comprimé) font une très timide entrée à partir de 2012 (Enerdata, 2018).

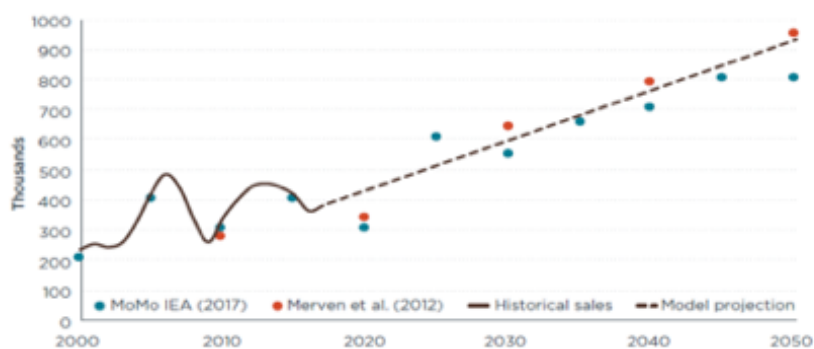
• EN CAUSE : LES FORMES URBAINES ET LES MODES DE DÉPLACEMENT •

Les succès économiques s'accompagnent naturellement de mutations sociales perceptibles dans les manières de vivre, de se comporter et de faire. L'Afrique du Sud, première économie continentale, ne sera pas une exception à cette règle. **Le pays connaît ainsi un important taux de motorisation non seulement du fait du niveau de revenu des populations en augmentation, mais également de la forte présence des industries automobiles (Volkswagen, Toyota, etc.).** La concurrence sur le marché intérieur de l'automobile rend facile l'accès à la voiture particulière.

Évolution du parc automobile

En 2015, les manufacturiers ont vendu plus de 400 000 voitures sur le marché sud-africain et exporté plus de 300 000 unités. L'une des deux plus grandes industries du marché, Toyota, s'est bien positionnée dans la production des petites et moyennes voitures ainsi que des véhicules de sport (SUV). Ces types de véhicules, préférés des sud-africains, produisent 43% des émissions de CO₂ de la flotte. La forte émission de polluants des SUV s'explique par le fait que 62% de ces véhicules utilisent du diesel (Posada, 2018). En 2015, la part de l'essence/diesel consommée par le secteur des transports a été de 43,8% (GIZ, 2017).

S'accordant sur le Modèle de Mobilité de l'Agence Internationale de l'Energy (MoMo), des projections à l'horizon 2050 indiquent une augmentation des ventes de nouveaux véhicules de 600 000 à 800 000 unités. De la même manière, des estimations de l'Université du Cap prévoient d'une augmentation des ventes de 640 000 à 950 000 unités de 2030 à 2050. Sur la base de ces deux projections la flotte augmentera de 4% en 2020 puis diminuera de 2,1% jusqu'en 2050 (Posada, 2018).



MODÈLE ICCT : PROJECTION DE CROISSANCE DU PARC AUTOMOBILE PARTICULIER

ENCADRÉ 1

En outre, la forme urbaine des villes sud-africaines caractérisée par des zones d'habitat non dense et un étalement urbain, demeure également un facteur explicatif de cette hausse du taux de motorisation. L'apartheid a eu des effets très négatifs surtout dans le secteur des transports. En effet, la promotion des transports publics était contrainte par le problème de cohabitation des populations faisant que les services délivrés étaient destinés à des clients bien déterminés. Dans cette logique, les modes individuels sont toujours préférés et leur augmentation participe grandement à la pollution de l'environnement à travers les quantités de gaz à effet de serre qu'ils propagent.

2 • DES INTENTIONS MANIFESTES DE L'ÉTAT POUR DES ACTIONS ENCORE TIMIDES

Les autorités sud-africaines ont depuis longtemps affiché de réelles ambitions dans la lutte contre le changement climatique à travers des programmes et politiques de réduction des gaz à effet de serre (GES) au niveau national. Toutefois, en dehors des quelques mesures législatives et réglementaires, des actions significatives tardent à se concrétiser.



• **L'ADHÉSION AUX ACCORDS INTERNATIONAUX ET UN FOCUS SUR LES SECTEURS LES PLUS POLLUEURS** • Dans sa Contribution déterminée au niveau national (CDN), l'État entend s'appuyer fortement sur le levier « Transport » pour participer efficacement à l'effort global d'atténuation des émissions de GES au niveau mondial. Il s'engage désormais à **mobiliser des moyens financiers pour investir dans la promotion des systèmes de transports durables car plus respectueux de l'environnement.**

Depuis les négociations de Copenhague en 2009, l'option d'une **réduction des émissions domestiques de gaz à effet de serre de 34 % en 2020 et 42 % d'ici 2025** (GIZ, 2017) a été prise par le gouvernement de l'Afrique du Sud, à travers sa CDN.

• **UNE ATTENTION PARTICULIÈRE AU SECTEUR DES TRANSPORTS, NOTAMMENT ROUTIERS, À TRAVERS DES MÉCANISMES INNOVANTS** • A travers le « National Climate Change Response Paper (NCCR) », l'Afrique du Sud compte **améliorer l'efficacité énergétique de sa flotte de véhicules, encourageant ainsi les technologies vertes tels que les véhicules électriques et hybrides.** L'objectif fixé par les autorités étatiques est de faire rouler **3 millions de voitures électriques d'ici 2050 et mettre à la disposition de l'industrie des technologies vertes un programme d'investissement d'une valeur de 6,5 millions de rands** (GTS, 2016-2021). La part de marché des véhicules électriques était de 1,4 % du parc national en 2015, soit un total de 120 véhicules électriques (GIZ, 2017).

Un des combats majeurs envisagé par l'Afrique du Sud est **l'instauration de la fiscalité environnementale qui ferait d'elle l'un des premiers pays africains à mettre en application cette réforme.** Ce système de taxe vise entre autres la réduction de l'usage des carburants fossiles tels que l'essence, le diesel et le gasoil dans les secteurs producteurs d'énergie et le transport (Lettre de Politique de Réforme Fiscale Environnementale, en 2006). **La loi est en cours d'instruction à l'Assemblée nationale et le gouvernement compte procéder à son application en début d'année 2019.** Ces mesures fiscales favoriseraient le développement des sources d'énergie renouvelable (électrique, biocarburant, biogaz, éthanol, etc.) dont pourrait bénéficier le sous-secteur des transports routiers dans l'optique d'une transition énergétique.

Outre ces mesures législatives et réglementaires, le pouvoir public a mis en place des **programmes visant à développer les sources d'énergie renouvelables dont pourrait bénéficier le secteur des transports routiers.**

Il est ainsi noté des initiatives de décarbonation dans le domaine des transports de marchandises. **L'instauration du système de péage routier** par le gouvernement d'Afrique du Sud en est une illustration. Sur l'ensemble de son réseau, **16 % des routes sont dotées de postes de péages.** La réduction de la fréquentation des usagers sur ces routes à cause du prix du péage impliquerait un gain pour le pays en matière d'économie de CO₂ dans son sous-secteur routier (SANRAL, 2013).

3 • DE REMARQUABLES CONTRIBUTIONS DES ACTEURS PRIVÉS

Même si les émissions du transport routier continuent de dominer le secteur des transports pris globalement, il est à noter que la quantité de CO₂ qu'il génère a connu une stabilité ces dernières années avec des variations faibles voire négatives. Cet état de fait relève à bien des égards d'initiatives privées.

• **FORTE IMPLICATION DES ACTEURS NON ÉTATIQUES** • Cette stabilité résulte en grande partie d'une **forte implication des organisations non gouvernementales, des collectivités locales et des entreprises privées engagées à soutenir le gouvernement sud-africain pour l'atteinte de ses objectifs environnementaux.**

Dans cette logique, les actions des **entreprises de transports et logistiques** peuvent être citées en exemple notamment **leur implication dans le processus de décarbonation des transports routiers par fret.** Les leaders sud-africains dans les transports logistiques sont nombreux à s'investir dans

la politique environnementale du pays. **Le programme TIMBER (Technologie, Infrastructure, Market Changes, Behaviour, Energy and Regulation)**, lancé depuis 2011 et ayant comme vocation de faire baisser les émissions de carbone dans le transport de marchandises, **bénéficie de l'adhésion de plusieurs entreprises du secteur privé.**

Barloworld a introduit en 2014 le « *Green Trailer* » (« Tracteur Vert ») dans son parc. La technologie opère avec une vitesse constante de 70 à 80 km/h faisant ainsi gagner à la firme 11% d'économie de carburants soit une réduction des émissions de CO₂ de 66,8 tonnes sur une période de 10 mois (Henderson, 2014).

Quelques initiatives d'entreprises privées

Barloworld a introduit en 2014 le « *Green Trailer* » (« Tracteur Vert ») dans son parc. La technologie opère avec une vitesse constante de 70 à 80 km/h faisant ainsi gagner à la firme 11% d'économie de carburants soit une réduction des émissions de CO₂ de 66,8 tonnes sur une période de 10 mois (Henderson, 2014). Dans l'industrie forestière et du bois, les « *Smart Trucks* » (« Camions Intelligents ») sont principalement utilisés. Ces camions sont généralement longs et ont plus de capacité de transporter des chargements lourds que n'importe quel autre véhicule. Le recourt à ce type de matériel permettrait une baisse des trafics des frets et en même temps une augmentation de la productivité du sous-secteur. Sur le plan environnemental, l'Afrique du Sud assisterait à une réduction significative de ses émissions de carbone et éviterait l'usure de ses routes.

« Il y a actuellement 60 camions intelligents en exploitation en Afrique du Sud, et 30 autres sont en cours de conception et d'approbation » (Henderson, 2014).

Depuis 2014, Imperial Logistics conduit la campagne « *Extra Distance* » (« Distance supplémentaire ») c'est-à-dire la différence entre le nombre de kilomètres parcourus par les véhicules et le nombre de kilomètres requis dans des conditions de planification optimale. *« Les premières indications sont que l'élimination de la distance supplémentaire dans leur flotte de Gauteng et de Cape Town pourrait entraîner des réductions de coûts de 29 millions de rands »* (De Swardt, 2014).

ECO₂Fleet est un service de collecte et de production de rapports sur la gestion du parc automobile basé sur le Web. Il a pour but de mesurer les émissions de carbone et de fournir des données de déclaration des émissions en conformité avec les normes internationales. Près de 500 entreprises (40 000 véhicules) sont actuellement abonnées à ce produit. *« Un client rapporte qu'en utilisant ces données, la consommation moyenne de carburant par véhicule sur les 900 véhicules du groupe est tombée en dessous de la moyenne de 10 litres / 100 km pour la première fois, une amélioration pouvant atteindre 30% pour certaines catégories de véhicules »* (De Swardt, 2014).

ENCADRÉ 2

La congestion des grandes artères dans les grandes villes sud-africaines est le résultat d'une augmentation rapide des véhicules. Les vitesses commerciales des camions se voient chuter avec comme conséquence une consommation excessive de carburant, et corollairement, une accumulation des effets de serre dans l'atmosphère. Une estimation faite sur les coûts induits par cette situation montre un montant supplémentaire de 4 milliards de rands (soit 10%) aux coûts totaux des externalités du pays (Tom Tom, 2014).

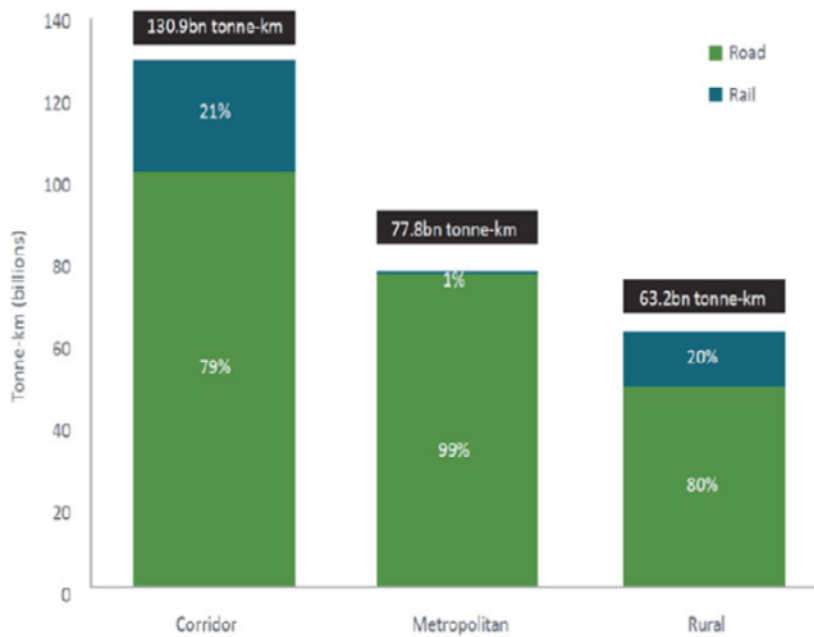


FIGURE 2. DISTRIBUTION DE LA DEMANDE GÉNÉRALE DU FRET EN AFRIQUE DU SUD EN 2014

Source : Havenga, JH, et al. (2016), Logistics Barometer South Africa 2016, Stellenbosch University

En 2013, selon WWF, 45 % des émissions nationales de frets provenaient de l'exploitation de deux corridors majeurs (Johannesburg-Durban et Johannesburg-Le Cap).

Le projet de terminaux intermodaux dans les villes à forte activité fret est alors mis en œuvre pour une meilleure interconnexion de ces pôles logistiques à travers une bonne promotion du report (Shift) d'une partie du fret routier vers le fret rail. Le trafic routier bénéficiant dans ce cas de plus de fluidité, les initiatives de décarbonation des transports de marchandise dans le pays sont plus probantes.

Ainsi, **Transnet** a-t-il introduit en 2012 une nouvelle génération de locomotives dans le sous-secteur des chemins de fer (« **Rail freight** »). Le déploiement de cette nouvelle technologie sur l'ensemble du réseau de **Transnet** traduit l'ambition de la société d'accorder plus de respect à l'environnement dans le cadre de ses activités d'exploitation. Avec cette initiative, le rail serait-il bien outillé en technologies modernes pour assurer pleinement son rôle dans le cadre du report modal du fret route vers le rail.

Une volonté de promouvoir l'intermodalité

« La construction de trois terminaux intermodaux pour connecter les trois principaux centres industriels - Gauteng, Durban et Cape Town - à travers une solution intermodale pourrait réduire les coûts de transport de 22,9 millions de tonnes de fret intermodal identifiées sur les deux corridors principaux générateurs d'externalités), entraînant des économies de 1,2 million de tonnes de CO₂ ». Havenga et al. (2015)

ENCADRÉ 3

Aujourd'hui, **l'intermodalité dans les transports logistiques est au cœur des préoccupations des acteurs de cette industrie, notamment les entreprises privées.** Cette vision a été prise en compte dans le Pacte **Annuel des Actionnaires entre le Département National des Entreprises Publiques (les actionnaires) et les opérateurs nationaux des chemins de fer.** En outre, la **signature en 2013 d'un protocole d'entente entre les plus grands fournisseurs de services logistiques sud-africains (Imperial Logistics, Barloworld Logistics et Transnet)** favorise davantage ce désir d'une intégration modale.

Enfin, les actions énumérées précédemment montrent une prise de conscience naissante des acteurs non étatiques sud-africains dans la lutte contre le changement climatique. **Dans le secteur des transports routier, l'implication de quelques opérateurs de transports et de logistiques se manifeste à travers la mise en cohérence de leurs programmes avec celui du gouvernement. Mais, ce dernier restant plus intentionnel qu'actif, les mesures en direction du secteur privé sont peu incitatives pour un engagement à la hauteur des défis pour la réduction nationale des émissions de gaz à effet de serre.**

Toutefois, les actions de ces entreprises privées sont renforcées par les initiatives des collectivités locales engagées dans la mise place des politiques de mobilité urbaine durable.

4 • STRATÉGIES DES ACTEURS PUBLICS LOCAUX

L'Afrique du Sud comptait en 2015, 55 millions de personnes, soit 0,8% de la population mondiale. Le pays est le plus urbanisé en Afrique, avec 64,8% des habitants vivant dans les zones urbaines en 2015, et plus de 2/3 en 2017 (GIZ, 2017). La structure urbaine caractérisée par de faibles densités des populations dans les villes (Johannesburg : 2 894 habitants/km² ; Le Cap : 1 560 habitants/km², en 2016) et une croissance urbaine étalée sur de longues distances constituent des enjeux majeurs pour la mobilité des personnes.

• ARTICULATION DES POLITIQUES D'URBANISATION ET DE TRANSPORT POUR RÉDUIRE LES DÉPLACEMENTS • L'étalement des zones urbaines est un legs du régime de l'Apartheid qui favorise le recours des habitants à la voiture particulière dans le cadre de leurs déplacements. **Dans les grandes agglomérations situées au nord comme au sud du pays, suite à un effet de développement des dessertes et de la mobilité, le resserrement des activités économiques et des ménages est le résultat d'une expansion harmonieuse de périphéries et de la création de centralités plus ou moins complètes. Ainsi, la morphologie urbaine a connu des transformations significatives pour lesquelles le transport et la mobilité ont joué un rôle majeur** (Vermeulin et Kahn, 2010).

3 - <https://www.acare4europe.org/sites/acare4europe.org/files/document/volume1.pdf>

4 - <https://www.acare4europe.org/documents/delivering-europe%E2%80%99s-vision-aviation-sria-2017-update>

5 - L'ICSA est composée de l'Aviation Environment Federation (AEF), Carbon Market Watch, EDF Environmental Defense Fund, the International Council on Clean Transportation (ICCT), Transport & Environment, et le WWF.



Aperçu sur les émissions de CO₂ selon le mode : un potentiel de réduction encore important

La contribution de l'automobile aux émissions de dioxyde de carbone dans le transport urbain de voyageurs est très forte en Afrique du Sud. Gauteng a enregistré en 2014 68,8% d'émissions de CO₂ provenant de l'usage des voitures particulières (VP), 22,8% d'émissions des taxis, 3,2% d'émissions des bus et 0,1% d'émissions du BRT (Bus Rapid Transit). Pour Cape Town 86% des émissions provenaient des VP, 7% des minibus taxis, 4% des bus et 1% des motos (WWF, 2016).

En 2014, le nombre de passager-km par mode est réparti à 45% pour la voiture particulière (VP), 50% pour les bus et 5% pour le rail (GIZ, 2017). Au regard de cette répartition modale et du potentiel de contribution de chaque mode (Cf. figure 3), il est évident que le potentiel de réduction des GES reste encore important.

ENCADRÉ 4

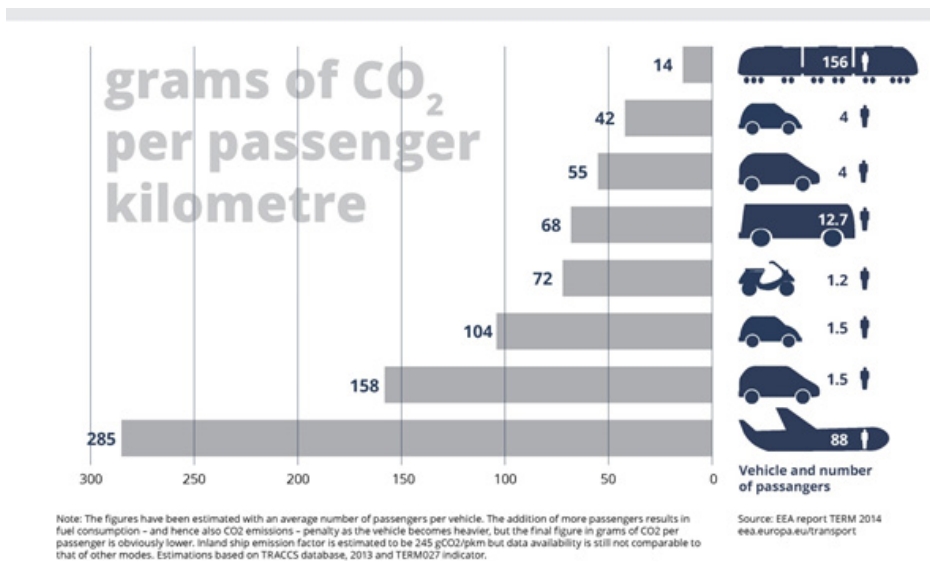


FIGURE 3. COMPARAISON DES ÉMISSIONS PAR MODE

Source : Agence Européenne de l'Environnement

• **CHANGEMENT DE PARADIGME APRÈS LA CRISE DES TRANSPORTS PUBLICS URBAINS : VERS UNE LOGIQUE DE MOBILITÉ DURABLE** • La question du développement durable, perçue comme une priorité nationale, est déclinée à toutes les échelles du territoire. **Au niveau local, les municipalités, dont les pouvoirs ont été élargis depuis 1995 intègrent la dimension durable à toutes leurs actions de planification et de développement urbains.**

Mais, il n'en a pas toujours été ainsi. Durant la période de l'Apartheid, les transports publics opéraient avec une forte discrimination en faveur des « blancs » au détriment des « non-blancs » à l'intérieur des aires centrales et péri-centrales. Par contre, les travailleurs noirs, métis et indiens se déplaçaient dans des réseaux souvent gérés par des autorités illégitimes et dépourvues de moyens tels que les Bantoustans. Par la suite, pour pallier le vide laissé par ces compagnies, de petits opérateurs privés de bus et taxis-minibus ont commencé à apparaître dans les townships. Rapidement, leur nombre a augmenté et leurs réseaux étendus dans les quartiers.

Ce secteur artisanal, informel et parfois très turbulent, était déjà devenu un trait commun à toutes

les métropoles sud-africaines au moment de la chute du régime de l'Apartheid. L'African National Congress (ANC), arrivé au pouvoir en 1994, n'avait pas d'autre choix que de reconnaître leur rôle primordial dans le transport urbain de passagers, en renvoyant à plus tard le dossier sensible de la régulation du secteur (Vermeulin et Kahn, 2010). Dans cette atmosphère de déréglementation et désorganisation des transports publics, l'accentuation des modes de transport non durables allait croissant et, incidemment, leurs impacts néfastes sur la vie des populations.

Aujourd'hui, la gouvernance de la mobilité urbaine est d'actualité dans les villes sud-africaines. Beaucoup de municipalités ont opté pour la création d'autorités locales de régulation des transports urbains. (Vermeulin et Kahn, 2010)

Ainsi, en 2003, **la municipalité de Thekwini à Durban a été la première à instituer une Autorité Organisatrice des Transports Urbains (AOTU)**, organe qui bien qu'indépendant, est placé sous la tutelle du gouvernement local dont les élus forment le conseil d'administration. La municipalité devient alors un « arbitre » du secteur des transports urbains et se trouve ainsi obligée de céder sa propre compagnie de bus (Bellangère et al., 2004).

Cette phase de mise en place des AOTU fut suivie par la privatisation et l'externalisation des services de transports publics. Cependant, outre les autorités de transport, les municipalités bénéficient d'un contrôle relatif sur l'exploitation des lignes puisqu'elles attribuent des subventions nationales aux opérateurs choisis. **Aujourd'hui, avec leurs agendas qui intègrent le volet environnemental, les municipalités sont toutes engagées dans la mise en place de systèmes de transport durable.**

La coupe du monde de football organisée en Afrique du Sud en 2010, a davantage accéléré le développement des infrastructures de transport durable dans les villes sud-africaine. La multiplication des lignes de Bus Rapid Transit (BRT), l'exploitation des bus, du Métrotrain et du Gautrain ont procuré aux municipalités une image moderne des transports urbains. Depuis, les collectivités locales s'intéressent de plus en plus au partage des infrastructures et aux modes économes plus respectueux de l'environnement. **Dans cette logique, les mairies sont souvent appuyées par des organisations non gouvernementales (ONG) agissant dans la sensibilisation, les conseils, le renforcement de capacité et l'appui financier.**

• **INNOVATIONS DU SECTEUR DES TRANSPORTS PUBLICS** • Dans toutes les villes sud-africaines, le taxi-minibus reste le mode de transport public dominant pendant que les bus et les trains gagnent de faibles parts de marché. **La théorie des transports urbains durable s'oppose aux systèmes dominés par l'artisanat, considérés comme non performants en termes d'accessibilité, de confort, de fiabilité, de régularité, de ponctualité et de sécurité. Les tarifs pratiqués ne sont également pas attractifs pour les pauvres. En outre, leurs parcs de véhicules ne répondent pas aux nouvelles normes environnementales qui exigent des modes plus économes en énergies et moins polluants.** La vieillisse de leur flotte est souvent synonyme d'insécurité routière et de pollutions atmosphériques néfastes sur la santé des populations vivant dans les espaces urbains.

Les villes sud-africaines semblent vouloir s'engager à « écologiser » leurs parcs de véhicules municipaux. Dans le Gauteng, par exemple, il y a déjà un élan autour du gaz naturel comprimé (GNC) en tant que carburant pour les autobus et les minibus taxis. Cette volonté des municipalités sud africaines paraît donc soutenable tant la demande projetée des municipalités pour de nouveaux bus est suffisante pour soutenir la fabrication locale de bus verts. Aussi, les villes sont-elles actuellement préoccupées par un mécanisme d'approvisionnement centralisé qui pourrait fournir aux fabricants d'autobus les garanties nécessaires pour justifier un tel investissement. Parmi leurs préoccupations, figurent la nécessité d'adapter les différentes exigences techniques entre les villes ainsi que la responsabilité politique locale (SACN, 2015).

A Johannesburg, le Metrobus, en tant que fournisseur de transports publics de la ville et appartenant à la municipalité, s'est engagé en 2015 à transformer certains de ses bus diesel actuels en les dotant de réservoirs bi-modes : carburant - bicarburant (DDF), en plus des acquisitions neuves. Il a également acquis des bus Euro-5 DDF, plus respectueux de l'environnement en termes d'émissions



de carbone. Au total, 150 autobus fonctionnant au gaz naturel comprimé (GNC) sont disponibles (50 transformés ; 100 nouvelles acquisitions). Ce projet a nécessité un investissement de plus de 355 millions USD pour les bus et le contrat de fourniture a été attribué à Sandown Motor Holdings (Pty) Ltd, un concessionnaire de véhicules utilitaires de Mercedes-Benz en Afrique du Sud. En outre, un montant qui avoisinerait 1,67 million USD a été réservé pour la fourniture et la livraison d'une station-service de gaz naturel comprimé (GNC) ; cette offre a été remportée par NGV Gas (Pty) Ltd.

Le biogaz comprimé et les autres sources d'énergie telles que l'énergie électrique et les biocarburants doivent également être adoptés pour avoir un impact significatif sur la pollution dans les villes. **Les municipalités sud-africaines sont nombreuses à promouvoir ces formes d'énergie qui non seulement sont plus avantageuses que le gasoil et le diesel en matière environnementale mais leur permet également de pouvoir recycler les déchets ménagers et industriels des villes. (SACN, 2015).**

Le gaz naturel comprimé (GNC) et biocarburant, une étape importante vers la durabilité des transports urbains

• Filières gaz naturel comprimé (GNC)

Le gaz naturel comprimé (GNC) est utilisé comme carburant de véhicule depuis au moins les années 1930, bien qu'il soit récemment devenu rentable à grande échelle et qu'il est aujourd'hui largement utilisé. Un mélange de gaz (principalement du méthane) est extrait, soit de puits de gaz dédiés ou à côté du pétrole, et est ensuite traité, comprimé et brûlé dans un moteur spécialement conçu. Le GNC pourrait potentiellement réduire les émissions des transports publics de l'Afrique du Sud, ce qui serait une étape importante vers la durabilité. **A Gauteng, le GNC est déjà adopté comme carburant pour les autobus et les transports en commun (TMS).**

En mars 2014, la première station-service publique de GNC en Afrique du Sud a été ouverte à Langlaagte Johannesburg, et d'autres stations-service sont prévues dans un avenir proche. À l'instar des autres carburants de substitution, le GNC nécessite une infrastructure substantielle : les dépôts doivent être convertis et le personnel doit être réaffecté au remplissage et à l'entretien des bus GNC (SACN, 2015).

• Filières Biocarburants

Les biocarburants sont de diverses natures par lesquelles on peut distinguer le biogaz, ci-dessous énuméré, le bioéthanol et le biodiesel. Ces énergies sont des combustibles biologiques qui n'ont pas un impact majeur sur l'environnement. Ils font partie de la classe des sources d'énergies renouvelables plus propres que les combustibles classiques. Toutefois, les biocarburants peuvent être issus du traitement de déchets mais ils sont généralement dérivés des cultures à forte teneur en glucides comme la canne à sucre, la betterave à sucre ou les amidons. Ce qui aura comme conséquence une réduction des terres consacrées à la culture des denrées alimentaires favorisant ainsi l'insécurité alimentaire et la souveraineté (SACN, 2015).

Actuellement, l'Afrique du Sud a mis en place une stratégie industrielle pour les biocarburants qui vise à atténuer les impacts potentiels sur la sécurité alimentaire en excluant certaines cultures des biocarburants. Il vise à atteindre une pénétration de 2% des biocarburants dans l'approvisionnement national en combustibles liquides à court terme. Cela peut être accompli en utilisant environ 1,4% des terres arables de l'Afrique du Sud, dont environ 14% sont actuellement sous-utilisées - principalement dans les anciens homelands (DME, 2007). En pratique, cet objectif s'est révélé difficile à atteindre (SACN, 2015).

• Filières biogaz

Pour produire du biogaz, les déchets organiques sont placés dans un digesteur anaérobie (au lieu d'une décharge) contenant un mélange particulier de bactéries. Sur une période d'environ deux semaines et avec un minimum d'apport supplémentaire, ces bactéries décomposent les déchets en méthane et en CO₂ dans un processus similaire à celui d'une décharge. Cependant, dans un digesteur anaérobie, le processus est contrôlé, plus rapide et permet de capturer, purifier, comprimer et utiliser le gaz. Le même processus peut être utilisé pour traiter à la fois les déchets agricoles et les égouts. Ce processus avait l'habitude d'être standard dans de nombreuses usines d'assainissement d'Afrique du Sud, mais beaucoup de digesteurs utilisés étaient tombés en désuétude. Une étude récente suggère que l'Afrique du Sud pourrait produire environ trois millions de mètres cubes normaux de biogaz brut par jour à proximité des centres urbains, les déchets solides municipaux étant les plus gros contributeurs (EcoMetrix, 2015 ; SACN, 2015).

La municipalité de Thekwini a plusieurs projets de mécanismes de développement propre en cours pour produire du biogaz à partir des sites d'enfouissement, des eaux usées et des effluents agricoles. La viabilité à long terme est encore plus importante que les gains à court terme et les infrastructures de biogaz resteront importantes pour le traitement des déchets et la production d'énergie. Contrairement à toute autre source d'énergie, le biogaz augmente avec la population, ce qui est important car non seulement la population et la croissance économique entraîneront une demande d'énergie, mais cela contribuera également à la production de déchets et à la pression des eaux usées (Greben et al. 2009 : 1).

L'Afrique du Sud bénéficie d'un soutien international et national pour le biogaz.

La Finlande, l'Autriche et le Royaume-Uni ont été les principaux donateurs de projets de biogaz en Afrique du Sud, tandis que la Banque mondiale et la Banque de développement de l'Afrique australe (DBSA) se sont fortement engagées dans les initiatives de biogaz. La DBSA tient à fournir un soutien financier aux propositions de biogaz pertinentes qui amèneront les producteurs d'électricité indépendants (IPP) en Afrique du Sud à un stade bancable. Le Département de l'énergie dispose des informations nécessaires sur le potentiel du biogaz, le paysage législatif et les intentions des décideurs. Par le biais de SANEDI, il a mené des recherches qui suggèrent qu'il existe suffisamment de sources potentielles de biomasse pour la production de biogaz à l'échelle requise pour le transport. (SACN, 2015)

ENCADRÉ 5

• UNE PRISE DE CONSCIENCE NAISSANTE DE LA SOCIÉTÉ CIVILE ET DU GRAND PUBLIC EN FAVEUR DES VÉHICULES HYBRIDES ET ÉLECTRIQUES •

L'usage des véhicules hybrides et électrique en Afrique du Sud, malgré la jeunesse du parc, montre une prise de conscience de la société civile et, plus généralement, des populations des inconvénients des modes non économes et non respectueux de l'environnement comme les véhicules particuliers à essence ou gasoil qui sont encore très nombreux.

En 2015, le marché des véhicules électriques a été de 120 unités, soit 1,4% du marché national. La part des nouveaux enregistrements dans le total des véhicules électriques en stock ont été de 82,2%. Les infrastructures de charges lentes des véhicules accessibles publiquement a été de 10 unités (GIZ, 2017).



• **DES INITIATIVES LOCALES FORTEMENT SOUTENUES PAR DES ONG** • Les actions des ONG telles que **Sustainable Energy Africa - SEA, World Wildlife Fund - WWF, South Africa Cities Networks – SACN, Greencities, l'Union Africaine des Transports Publics – UATP** et sa maison-mère, **l'Union Internationale de des Transports Publics - IUTP**, sont remarquables en Afrique du Sud avec souvent **le rôle de catalyseurs de la mise en œuvre des stratégies de mobilité durable dans les villes sud-africaines**. « Il existe également un secteur non gouvernemental émergent prêtant attention aux transports, au changement climatique et aux problèmes connexes liés à la forme et à l'accessibilité urbaines, comme le prouvent le **Programme Faible Carbone sur le Transport de WWF et le Projet Énergie Durable Afrique initié dans plusieurs municipalités africaines et qui se caractérisent tous par leur volonté de promouvoir des systèmes de transport à faible teneur en carbone** » (Cape Town Briefing Paper).

Aperçu sur des coopérations entre les collectivités locales et les ONG

World Wildlife Fund (WWF) a pour ambition de faire transiter l'Afrique du Sud vers une économie à bas carbone à travers des innovations et des transformations. Par le biais de sensibilisation et d'appuis au gouvernement sud-africain, l'organisation s'est fixée comme objectif de faire passer le pays dans une situation où les énergies renouvelables seront utilisées à 100% d'ici 2050.

Dans son dernier rapport publié en 2016, l'analyse sur la base de deux études (« Atténuation à Long Terme » et « Analyse du Potentiel d'Atténuation ») a permis à WWF de faire les recommandations suivantes pour réduire les GES en Afrique du Sud : (1) utiliser de manière accrue le rail pour les transports de marchandises, (2) reporter les passagers de la voiture particulière vers transport public, (3) augmenter le taux d'occupation des véhicules, (4) augmenter le nombre de véhicules hybrides sur les routes, (5) introduire les véhicules électriques, (6) augmenter l'efficacité des véhicules de tourisme, (7) augmenter le nombre de voitures privées diesel (qui sont moins génératrices de CO₂ que les véhicules à essence), (8) substituer progressivement les biocarburants à l'essence et au diesel.

Sustainable Energy Africa (SEA) est également très active en Afrique Sud. A travers diverses études, l'organisation donne des orientations à l'État sud-africain pour une réduction durable des émissions de GES. A partir du constat que 18 zones métropolitaines et villes secondaires en

Afrique du Sud consomment 37% des énergies du pays, elle préconise la mise en place d'actions concrètes au niveau local pour favoriser l'atténuation des émissions nationales surtout dans le secteur des transports qui est toujours caractérisé par une inefficience, la congestion sur les routes et la forte dépendance à la voiture particulière (SEA, 2015).

L'Union Africaine des Transports Publics (UATP) : en Afrique, et particulièrement en Afrique du Sud, l'UATP est en train de jouer un rôle important dans la promotion des transports collectifs. A travers des forums, des conférences et des rencontres avec les décideurs dans le domaine des transports urbains, l'UATP dresse des recommandations pertinentes dans la mise en place de réseaux de transports collectifs urbains performants. A titre d'exemple, on peut évoquer le troisième congrès et exposition sur les transports publics africains qui s'est tenu en Afrique du Sud, en 2014 en collaboration avec le département des routes et des transports de Gauteng et l'Agence de gestion de Gautrain. Sur le thème « La croissance de l'Afrique grâce à un système de transport public efficace », plus de 300 intervenants locaux et internationaux, délégués et exposants ont échangé des expériences diverses sur ce sujet.

En 2015, le 7^e sommet AFRICITES à Johannesburg a permis à **l'UATP et African Water Association - AFWA** de formuler des orientations sur les défis et les solutions durables pour les transports, l'énergie, l'eau et assainissement pour l'émergence des villes africaines.

ENCADRÉ 6

CONCLUSION

La stabilisation des émissions de CO₂ du sous-secteur des transports routiers en Afrique du Sud enregistrée ces dernières années résulte d'une prise de conscience de l'État central et des collectivités locales, fortement soutenue par des acteurs non étatiques.

Toutefois, pour encourageante qu'elle soit, cette volonté étatique nécessite plus d'engagements et d'actions concrètes au regard des défis posés en terme de réduction des gaz à effets de serre générés par les transports routiers qui sont les pollueurs les plus importants dans le secteur des transports.

En effet, le niveau des émissions du sous-secteur des transports routiers reste élevé alors le potentiel de réduction est important.

Aussi, est-il légitime de se poser la question de savoir si, au rythme actuel de la transition énergétique dans le secteur des transports routiers et également de la prise de conscience individuelle et collective, l'objectif d'une utilisation à 100% des énergies renouvelables dans le sous-secteur des transports à l'horizon 2050, est réalisable.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

PUBLICATIONS :

- Knoema, Atlas mondial de données, Afrique du Sud, Transport
- Perspective monde, Afrique du Sud
- STATS SA, Statistics South Africa
- CAIT Climate Data Explorer (WRI), South Africa
- OCDE, Données sur l'Afrique du Sud
- CEIC Data, South Africa Motor vehicle sales : Passenger Cars
- C40 data profile on Johannesburg
- C40 data profile on Cape Town
- ENERDATA (Données jusqu'en 2017)
- CCNUCC, Greenhouse Gas Inventory Data (Données jusqu'en 2015)
- Agence Internationale de l'Energie (AIE), Emission data service, CO₂ Emissions from Fuel Combustion (Données jusqu'en 2015 mais éléments 2016)
- Global Carbon Projects Carbone Dioxide Information Analysis Center (CDIAC) ; (Données 2016)
- Knoema
- Perspective Monde, Statistiques Energie, (Données jusqu'en 2015)
- CAIT Climate Data Explorer (WRI) - Climatewatchdata.org
- L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE), Economic Instrument Database & Statistics
- La Banque Mondiale

PUBLICATIONS :

- UNEP (2017), The Emissions Gap Report 2017, United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, p.116
- Global Carbon Project (2017), Global Carbon Budget 2017, Copernicus Publications, p.44
- Global Carbon Project (2017), (Données 2016)
- CCNUCC (2017), Yearbook of Global Climate Action 2017, Marrakech Partnership, p.61.
- International Institute for Sustainable Development
- GIZ, Publications database
- African Centre for Technology Studies
- ClimDev Africa
- The Overseas Development Institute
- ITF, Transport Outlook, 2017
- Sustainable Mobility for All, Global Mobility Report 2017 : Tracking Sector Performance, 2017, Washington DC, p. 107
- PPMC, Macro-feuille de route mondiale pour un transport décarboné et résilient : une dynamique de transformation, Novembre 2017
- Edina Löhr, Daniel Bongardt and al, Transport in Nationally Determined Contributions (NDCs), Lessons learnt from case studies of rapidly motorising countries, Ricardo Energy & Environment, Bonn, 2017.
- Vieweg, Marion; Bongardt, Daniel; Dalkmann, Holger; Hochfeld, Christian; Jung, Alexander; Scherer, Elena (2017) : Towards Decarbonising Transport – Taking Stock of G20 Sectoral Ambition. Report on behalf of Agora Verkehrswende and Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

- ICCT, Official fuel efficiency and CO₂ emission data sources.
- IEA, Global EV Outlook, 2017
- CDP, Which car makers are driving into trouble? , 2016
- CDP, Which automotive companies will seize the opportunities in a low-carbon economy?
- Executive Summary, 2018
- CCAC, Global Strategy to Introduce Low Sulfur Fuels and Cleaner Diesel Vehicles, 2016
- ICCT, European Vehicle Market Statistics, Pocketbook, 2017/2018
- EDC, CDC Climat, Ieta, South Africa : An Emissions Trading Case Study, 2015.
- Havenga Jane et al., The Decarbonization of Transport Logistics : A South African Case Study, Stellenbosch University, South Africa, 2015
- Henseler, C et al., Green Logistic Indicators for Gauteng, South Africa, Nexus et Insitute for Cooperation Management and Interdisciplinary Research, Janvier 2017
- Kane Lisa, Understanding how people move in Cape Town, Septembre 2016
- M Suleman, M Gaylard, S Tshaka and C Snyman (2015). Accelerating the Transition to Green Transport : Towards a South African Cities Network Green Transport Programme. Green Economy Research Report No. 1, Green Fund, Development Bank of Southern Africa, Midran
- Republic of South Africa, Department of Transport, Green Transport Strategy 2016-2021, 2014
- S E A, Sustainable energy solutions for South African local
- government : a practical guide, Cape Town : Sustainable Energy Africa, 2017
- ICCT, South Africa's new passenger vehicle CO₂ emissions baseline analysis, Juin 2017
- Romano Del Mistro et al., Mitigating the impact of the expected increase in the population, economy and urban footprint in Cities of the South on greenhouse gas emissions : The case of Cape Town, Transportation Research Procedia 25 (2017) 3511–3528.
- Vosper, S.J., & Mercure, J.-F.. (2016). Assessing the effectiveness of South Africa's emissions-based purchase tax for private passenger vehicles : A consumer choice modelling approach. Journal of Energy in Southern Africa, 27(4), 25-37. <https://dx.doi.org/10.17159/2413-3051/2016/v27i4a1436>
- WWF, Transport Emission in South Africa, 2016
- WWF, Greenhouse gas emissions from passenger transport in Gauteng, 2016
- WWF, Greenhouse gas emissions mitigation opportunities and measures in passenger transport, 2016
- Brand South Africa, South Africa's transport, 28 Jun 2017
- Climate Neutral Group, Is South Africa ready for electric cars ?, 23 octobre 2017
- Quartz Africa, The chaos of South Africa's taxi system is being tackled with open data, 11 février 2017
- World Bank's blog "Transport and Development", 5 articles
- IATA, Air transport supports 490,000 jobs and contributes US\$12bn in GDP for South Africa, 21 June 2017
- Brand South Africa, Search for transport answers, 02 Nov 2016
- SNCF, Nouvelle étape dans la coopération entre SNCF et PRASA, 04 Juin 2018





Les politiques bas-carbone du transport routier indien et le rôle des acteurs non-étatiques

Face à l'augmentation de la demande de services et d'infrastructures de transport en Inde, il est indispensable de développer un système de transport efficace. Cependant, au fur et à mesure que les besoins de mobilité du pays augmentent, leurs impacts s'intensifient également. Tandis que le secteur du transport routier émerge comme l'un des plus grands contributeurs aux émissions de gaz à effet de serre (GES), à la pollution atmosphérique, à la congestion routière et à plusieurs autres externalités négatives, un éventail de mesures sont actuellement mises en œuvre pour améliorer son efficacité. La coordination des politiques publiques et des actions des acteurs non-étatiques et la collaboration entre ces entités sous la forme de campagnes de sensibilisation, d'initiatives de renforcement des capacités et de recherches, peuvent améliorer l'application de ces mesures. Dans cette optique, la présente étude examinera comment les efforts de ces acteurs non étatiques s'alignent sur la promotion d'un secteur du transport routier à faibles émissions de carbone en Inde. Nous ne nous intéresserons ici qu'aux évolutions normatives et techniques du transport routier, sans perdre de vue que l'aménagement urbain et le développement du transport public restent absolument essentiels à la stabilisation des émissions du secteur.

Rédactrices principales • RIYA RAHIMAN ET AAKANSHA JAIN • Institut de l'énergie et des ressources (TERI)

SOMMAIRE

1 • PRÉSENTATION DU SECTEUR DU TRANSPORT ROUTIER

2 • DEMANDE DE TRANSPORT : IMPLICATIONS POUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET LES ÉMISSIONS

3 • INITIATIVES POLITIQUES POUR DÉCARBONER LE SECTEUR DU TRANSPORT ROUTIER

- Mobilité électrique
 - Amélioration des normes en matière de technologies des carburants
 - Vers de nouvelles sources de carburant : Politique en matière de biocarburants
-

1 • PRÉSENTATION DU SECTEUR DU TRANSPORT ROUTIER



Le transport joue un rôle vital dans les trajectoires de développement économique ; en transportant les passagers et les marchandises, il favorise la croissance individuelle et économique (United Nations, 2016). C'est pourquoi il est indispensable qu'une économie en pleine croissance telle que l'Inde se dote d'un système de transport sûr, durable et efficace. En Inde, le système de transport est multimodal et intègre le rail, la route, le transport maritime, l'aviation civile, le transport par les voies navigables intérieures et les pipelines. Les réseaux routiers et ferroviaires indiens comptent parmi les plus longs et les plus denses du monde et dominent le transport dans le pays (World Bank, 2011). La demande de transport est principalement stimulée par la croissance démographique et l'accroissement de l'activité économique. Comme la population de l'Inde devrait dépasser celle de la Chine d'ici 2024 et que les activités industrielles et commerciales devraient poursuivre leur essor, les déplacements des personnes et des marchandises connaîtront une transition rapide.

Au cours des dernières décennies, le transport routier s'est rapidement développé en Inde, grâce à des capacités infrastructurelles mieux installées, des politiques ciblées et des investissements (NTDPC, 2014). Le réseau routier indien se compose d'autoroutes nationales, d'autoroutes d'État, de routes de district, de routes rurales, de routes urbaines et de routes en projet. L'autoroute nationale, le réseau principal reliant les métropoles et les grandes villes, a joué un rôle de premier plan dans le développement du secteur du transport routier dans le pays. **Les autoroutes nationales représentent moins de 2% du réseau routier mais plus de 40% du volume total du trafic.**

Le secteur routier a toujours détenu la part dominante des flux de transport dans le pays et représente aujourd'hui 90% des déplacements de passagers et 67% du transport de marchandises (MoRTH, 2016). Selon les statistiques du Road Transport Year Book (2016), entre 2005-06 et 2015-16, le nombre total de tonnes-kilomètres par route a augmenté selon un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 11% tandis que le total de passagers-kilomètres a augmenté selon un TCAC de 14% (figure 1).

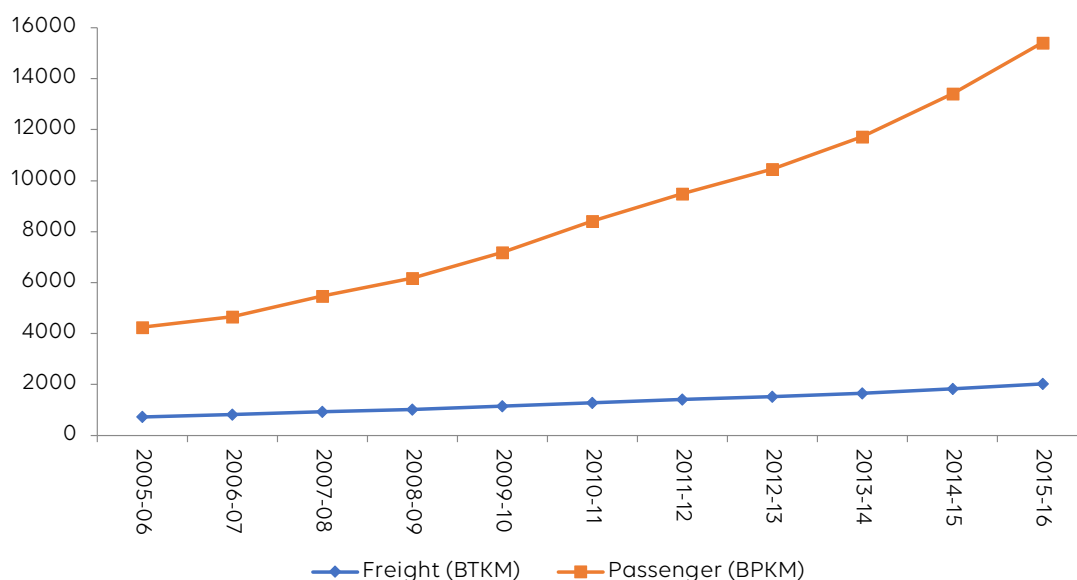


FIGURE 1. TRANSPORT DE MARCHANDISES ET DE PASSAGERS PAR LA ROUTE

(Source : MoRTH)

L'urbanisation compte également parmi les principaux facteurs ayant contribué à cette motorisation rapide (IUT, CSTEP, 2014). En effet, la demande de transport motorisé a augmenté en même temps que le nombre de personnes ayant rejoint les zones urbaines à la recherche d'opportunités

économiques. Selon les données du recensement de 2011, la population urbaine de l'Inde a augmenté de 31,8% au cours de la décennie précédente et représentait 31,6% de la population totale du pays. Quant aux véhicules motorisés, leur nombre a augmenté selon un TCAC de 9,9% entre 2006 et 2016 pour atteindre un total de 230 millions d'unités (figure 2) (MoRTH, 2016). L'augmentation du nombre d'agglomérations urbaines ou de villes comptant plus d'un million d'habitants dans le pays, dont le total est passé de 35 en 2001 à 51 en 2011, n'a fait qu'encourager la prolifération des véhicules à moteur dans ces villes, où l'on compte dorénavant 31% du total des véhicules motorisés immatriculés dans le pays. La croissance des villes et les changements d'affectation des terres a entraîné une expansion urbaine tentaculaire à l'origine d'une augmentation de la demande de déplacements. Une proportion importante de cette demande a été satisfaite par un niveau élevé de propriété de véhicules à deux roues et de voitures, qui représentent aujourd'hui 86,6% du total des véhicules immatriculés dans le pays.

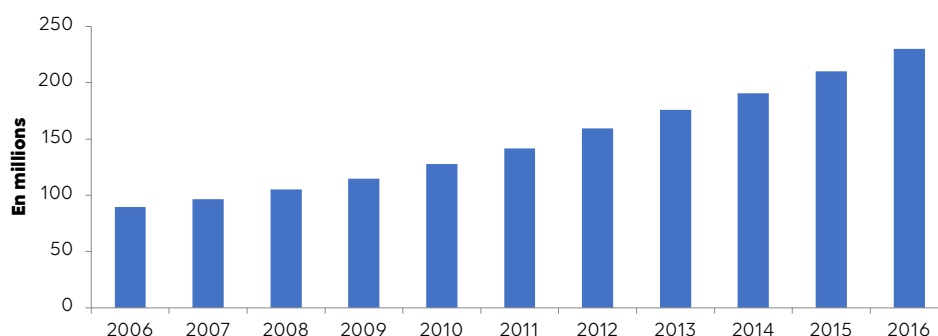


FIGURE 2. NOMBRE TOTAL DE VÉHICULES MOTORISÉS IMMATRICULÉS

(Source : MoRTH)

2 • DEMANDE DE TRANSPORT : IMPLICATIONS POUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET LES ÉMISSIONS

Sous l'effet de l'augmentation de la demande, le secteur du transport est devenu l'un des plus grands consommateurs d'énergie du pays. **Il représente actuellement 24% de la consommation énergétique totale du pays (TERI, 2018) et 98,5% de ses besoins sont satisfaits par des produits pétroliers (TERI, 2016).** Le secteur du transport indien représente 99,6% de la consommation totale d'essence et 70% de la consommation totale de diesel du pays (Nielsen, 2013). **Selon les estimations de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), le secteur du transport indien représente près de 3% de la consommation totale de carburant du secteur du transport à l'échelle mondiale.**

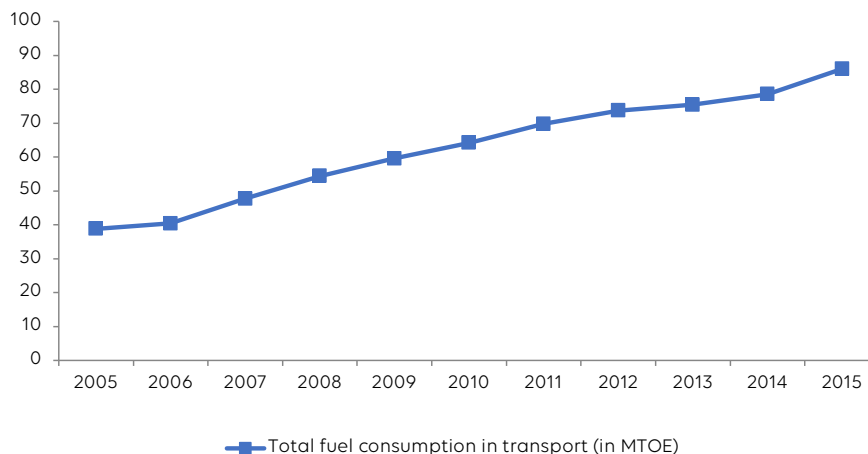


FIGURE 3. CONSOMMATION DE CARBURANT PAR LE SECTEUR DU TRANSPORT EN INDE

(Source : IEA)



Entre 2005 et 2015, la consommation de carburant du secteur du transport indien a augmenté à TCAC de 8,3 %, passant de 38,8 millions de tonnes équivalent pétrole (MTEP) en 2005 à 86 MTEP en 2015 (figure 3). Au cours de cette même période, la consommation mondiale de carburant par le secteur du transport a augmenté à TCAC de 2 %, passant de 2212 MTEP à 2704 MTEP.

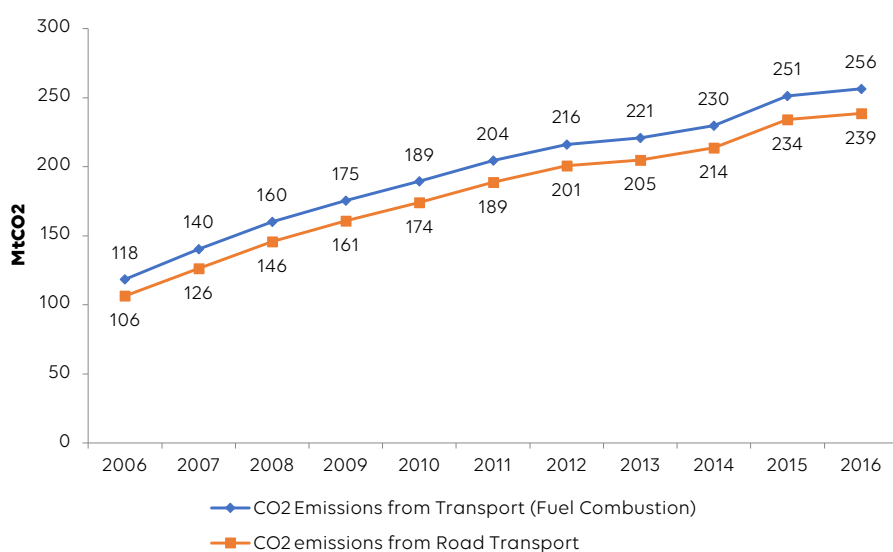


FIGURE 4. ÉMISSIONS DE CO₂ PROVENANT DE LA COMBUSTION DE CARBURANTS DANS LE SECTEUR DU TRANSPORT EN INDE

Source : Enerdata

Le secteur du transport représente 10 % du total des émissions de gaz à effet de serre (GES) en Inde¹ (MoEF, GoI, 2015). Comme une part élevée de ses besoins énergétiques est satisfaite par les carburants fossiles conventionnels tels que l'essence et le diesel, l'intensité d'émission provenant de la combustion de carburants dans ce secteur est passée de 10,5 % en 2000 à 11,5 % en 2014 (World Bank, 2018)². **Le secteur du transport indien représente 13,2 % du total des émissions de CO₂ issues de la combustion de carburants par l'ensemble des secteurs du pays, le transport routier représentant la plus grande part de ces émissions, à hauteur de 87 % (UIC/IEA, 2016).**

Si le rythme de croissance actuel devait se poursuivre, l'augmentation considérable de la demande de transport routier pourrait avoir un immense impact sur la consommation globale d'énergie de ce secteur et sur les émissions qu'il dégage. D'ici 2040, si aucune politique sectorielle n'est mise en place pour gérer la demande énergétique, les émissions de CO₂ de l'Inde devraient avoir triplé par rapport à leur niveau de 2013 (Busby & Shidore, 2017). Au vu de la forte dépendance du secteur envers la consommation de carburant, conjuguée à la forte dépendance du pays envers les importations de pétrole brut (83 % de la consommation totale de pétrole), il est impératif de planifier des politiques sectorielles capables de gérer la demande en carburant et en énergie de ce secteur au cours des décennies à venir et d'influencer le niveau futur des émissions de carbone (Pal, Singh, Wilson, & Joshi, 2015).

Dans ce contexte, le déploiement de stratégies d'atténuation et d'adaptation dans le secteur du transport jouera un rôle de premier plan pour atteindre les objectifs des contributions déterminées au niveau national (CDN), qui représentent une occasion unique pour l'Inde de réduire ses émissions et sa consommation d'énergie. Dans le cadre de ces CDN, un ensemble de stratégies a été mis au point pour réduire l'intensité d'émission de son PIB d'ici 2030 à un niveau de 33 % à 35 % inférieur au niveau de 2005 (UNFCCC, 2015). À cette fin, l'Inde concentre ses efforts sur plusieurs initiatives d'atténuation visant à développer des systèmes de transport à faibles émissions de carbone et haute efficacité énergétique qui réduiront les émissions du secteur du transport.

Dans l'objectif de promouvoir une croissance du secteur du transport routier à faibles émissions de carbone et haut efficacité énergétique, le gouvernement a mis en place plusieurs politiques

1 - In terms of CO₂ equivalent

2 - Global emission intensity from transport sector decreased from 22% to 20.4% between 2000 and 2014

et programmes dans les segments du transport de passagers et de marchandises. En termes de qualité des carburants et de normes d'émission des véhicules, l'Inde accuse un retard par rapport aux normes internationales (NTDPC, 2014). C'est pourquoi la première priorité des politiques relatives au segment du transport routier porte sur l'amélioration des technologies véhiculaires par la mise en œuvre de normes progressives en matière d'efficacité énergétique et d'émissions, le développement des véhicules électriques et l'utilisation des biocarburants en mélange. L'adoption de ces politiques se traduira par d'importantes économies de carburant et réductions d'émissions, et promouvra par là-même un avenir durable à faibles émissions de carbone pour le secteur du transport routier.

Toutefois, pour concrétiser cette vision d'un secteur du transport routier durable et à faibles émissions de carbone, l'engagement réel des parties prenantes concernées est indispensable. À cet égard, les initiatives des acteurs non étatiques visant à réduire les émissions jouent un rôle de plus en plus important, notamment celles du Central Road Research Institute (CRRI), un laboratoire national de premier plan également membre du Conseil de la recherche scientifique et industrielle (CSIR), qui mène des recherches et exécute des projets de développement pour le secteur du transport, de l'Automotive Research Association of India (ARAI) une association coopérative de recherche industrielle mise en place par l'industrie automobile sous l'égide du Ministère des Industries du gouvernement indien, de la Society of Indian Automobile Manufacturers (SIAM), l'organe principal représentant les constructeurs automobile en Inde, et d'autres organisations de recherche industrielle et technologique, d'entreprises privées et de groupes de réflexion. **Alors que le gouvernement indien a prévu une feuille de route politique pour le transport durable des passagers et des marchandises, ce sont les actions et les contributions des acteurs non étatiques qui, avant tout, détermineront l'efficacité de l'exécution et de l'adoption de ces politiques.** Afin d'évaluer le rôle de ces acteurs pour parvenir à une croissance à faibles émissions de carbone dans le secteur du transport routier, il convient d'abord de comprendre les politiques actuelles visant cet objectif.

3 • INITIATIVES POUR DÉCARBONER LE SECTEUR DU TRANSPORT ROUTIER

• **MOBILITÉ ÉLECTRIQUE** • Dans le monde entier, la mobilité électrique est devenue l'une des technologies les plus prometteuses pour le développement de solutions de transport durables, principalement sous l'effet de l'augmentation des coûts d'énergie, de l'épuisement des carburants fossiles et de la hausse des émissions (DHI, 2012). Les interventions des gouvernements sous forme de réglementations visant à promouvoir les véhicules à émissions nulles ont favorisé l'adoption de véhicules électriques ; grâce à leur absence de gaz d'échappement et leur viabilité économique à long terme, ces véhicules se révèlent être une solution technologique alternative avantageuse partout dans le monde (ASSOCHAM, EY, 2018).

Comme l'Inde est une économie en forte croissance, elle connaît également une augmentation rapide de la demande de transport de passagers et de marchandises sur de longues distances. Cette augmentation de la demande est principalement satisfaite par le transport routier, qui consomme énormément d'énergie. Mais cette forte demande de produits pétroliers tirée par le secteur routier s'accompagne de répercussions économiques, environnementales et sociales ultérieures : augmentation des importations de pétrole, des coûts d'énergie et des émissions, et épuisement des carburants fossiles. C'est pourquoi l'accélération de l'adoption des véhicules électriques est l'une des interventions politiques choisies par le gouvernement indien pour améliorer l'efficacité du secteur du transport et pour en atténuer les impacts économiques et environnementaux défavorables.

L'histoire des véhicules électriques en Inde commence en 1996, année à laquelle 400 unités ont été fabriquées et vendues par Scooters India Ltd. Bharat Heavy Electricals (BHEL) a également conçu un bus électrique en 2000 puis, avec l'appui du gouvernement, a produit 200 vans électriques à Delhi. Toutefois, c'est en 2001 qu'a eu lieu le grand bond en avant avec l'introduction de REVA, une voiture électrique plus efficace et plus fiable que les modèles antérieurs. En ce qui concerne



l'adoption en masse de ces véhicules, les principales préoccupations portaient sur le coût élevé de leur recharge, les infrastructures de recharge, l'autonomie limitée des batteries, etc. (DHI, 2012). C'est pourquoi, en vue de promouvoir une adoption rapide et massive des véhicules électriques en Inde, le gouvernement a lancé en 2013 le Plan de mission national pour la mobilité électrique (NEMMP) à l'horizon 2020, dont le Programme pour l'accélération de la fabrication et de l'adoption des véhicules hybrides et électriques (programme « FAME India ») est l'un des composants. Dans le cadre de ce programme, des subventions ont été introduites pour promouvoir les ventes de véhicules électriques et hybrides. À ce jour, la mise en œuvre de ce programme s'est traduite par une réduction de 770 000 tonnes des émissions de CO₂ et des économies de carburant à hauteur de 31 millions de litres (DHI, 2018).

Initiatives de start-ups

En 2015, dans l'objectif d'améliorer la qualité de l'air à Bangalore, Lithium Urban Technologies est entrée sur le marché des véhicules électriques. L'organisation Lithium fournit le premier service de taxis électriques en Inde destiné aux entreprises. Grâce à sa flotte de 200 véhicules, elle économise près de 11 tonnes d'émissions

de carbone chaque jour en couvrant une distance totale de 60 000 kilomètres. Afin de faciliter la circulation de ces véhicules non polluants, l'entreprise a également établi 200 stations de recharge rapide à travers la ville (The Better India, 2017).

ENCADRÉ 1

Pour stimuler l'adoption des véhicules électriques en Inde, un investissement de l'ordre de 7,95 milliards de roupies a été approuvé dans le cadre du programme FAME-I; il sera consacré au développement de technologies, à la création d'infrastructures, à des subventions visant à stimuler la demande et à des projets pilotes (ASSOCHAM, EY, 2018). Le gouvernement a également sélectionné 11 villes où des projets pilotes seront mis en place pour veiller à l'intégration de véhicules électriques aux transports publics (bus, véhicules à trois roues et taxis) (PIB, 2015). **En outre, des mesures coordonnées appliquées en collaboration par les gouvernements, les acteurs non étatiques et les acteurs privés contribuent à l'expansion de la mobilité électrique dans le pays. Par le biais de partenariats avec les administrations centrale et des États, des fabricants d'automobiles tels que Mahindra et TATA facilitent la mise en œuvre des cadres politiques.** En appui à la campagne de sensibilisation eMobility de l'État de Karnataka, Mahindra Electric (pionnier des véhicules électriques en Inde), ainsi que le groupe Baghirathi (prestataire de services de mobilité partagée), ont déployé une flotte de 50 véhicules électriques et annoncé parallèlement un investissement supplémentaire de 4 milliards de roupies sur cinq ans. Le groupe Baghirathi envisage également de déployer 1 000 véhicules électriques Mahindra destinés aux déplacements professionnels (Mahindra & Mahindra Ltd., 2018). Dans le même objectif visant à réduire l'empreinte carbone du pays, Tata Motors a signé un protocole d'entente avec l'État indien du Maharashtra pour soutenir sa politique en matière de véhicules électriques. Dans le cadre de leur collaboration, Tata déploiera 1 000 véhicules électriques sur les segments particuliers et entreprises et établira également 100 stations de recharge pour véhicules électriques à travers l'État (ET, 2018).

En plus du segment des véhicules particuliers, le gouvernement œuvre également à l'introduction de véhicules électriques dans les transports publics multimodaux. **En 2017, Nagpur a été la première ville du pays à lancer un projet pilote de transport électrique de masse, en collaboration avec Mahindra Electric, Kinetic Green Energy, Power Solutions et Ola.** La ville a ainsi acquis une flotte de 200 véhicules électriques, parmi lesquels 100 taxis électriques « e20 » fabriqués par Mahindra Electric et 100 pousse-pousse électriques fournis par Kinetic Green Energy et Power Solutions, tandis qu'Ola, un service de réservation de taxi en ligne, a fourni la plate-forme de gestion des véhicules. Ola a également construit quatre stations de recharge, dotées de 53 bornes de recharge, pour

alimenter la flotte des 200 véhicules électriques (live mint, 2017).

Des transports publics intermédiaires écologiques

En 2010, dans l'objectif de combler les lacunes de la connectivité au premier et au dernier kilomètre, le gouvernement de Delhi a lancé une flotte de pousse-pousse électriques. Depuis, ils sont devenus extrêmement populaires dans la ville, leur nombre passant de 4 000 unités en 2011 à 100 000 en 2015. (CEED, 2017). En vue de promouvoir davantage l'adoption de ces véhicules alimentés par batterie, le gouvernement de Delhi a également établi un système de subventions octroyant 30 000 roupies aux conducteurs qui modernisent leur ancien véhicule ou immatriculent leur véhicule (ET, 2016).

ENCADRÉ 2

En 2018, le Centre for Study of Science, Technology and Policy (CSTEP), un groupe de réflexion politique privé, a mis au point un plan de déploiement d'une flotte de bus électriques pour Bengaluru, avec l'appui de la Fondation Shakti pour l'énergie durable (SSEF). Dans le cadre de cette étude, une analyse détaillée a été réalisée pour identifier les routes adaptées à la construction d'installations de distribution de véhicules électriques (EVSE) et de l'infrastructure de recharge. Une analyse du transport et de la distribution d'électricité a également été réalisée en collaboration avec la Corporation du transport métropolitain de Bangalore (BMTC) et la Société d'approvisionnement électrique de Bangalore (BESCOM) (CSTEP-SSEF, 2018).

• **AMÉLIORATION DES NORMES EN MATIÈRE DE TECHNOLOGIES DES CARBURANTS** • Globalement, les véhicules particuliers, les véhicules à deux roues, les véhicules à trois roues et les véhicules commerciaux légers représentent un tiers de la demande de pétrole et environ 50% de la totalité des émissions de GES issues du transport (ICCT, 2018). Comme le transport routier est en pleine croissance, la gestion énergétique du secteur du transport est une tâche difficile (AITD, 2000). C'est pourquoi l'adoption de normes relatives aux véhicules peut jouer un rôle essentiel pour déterminer la demande énergétique future dans un pays. Étant donné que la demande en automobiles demeurera dynamique en Inde et qu'elle aura un impact ultérieur sur la stratégie du pays en matière de sécurité énergétique et d'atténuation climatique, le gouvernement indien a mis en place une politique relative aux carburants automobiles, reconnaissant à quel point il est important d'adopter des mesures réglementaires telles que des normes d'économie de carburant et des normes d'émissions progressives (Ministry of Heavy Industries & Public Enterprises, 2018).

• Normes d'efficacité des carburants

En avril 2017, le ministère du Transport routier et des Autoroutes (MTRA) a rendu public son premier ensemble de normes d'économies de carburant pour les véhicules légers sur le segment des véhicules de tourisme. Basées sur les normes CAFE (Corporate Average Fuel Economy)³, elles fixent des objectifs en matière de consommation de carburant par litre/100 km. Pour s'assurer de leur respect, ces normes sont converties en CO₂g/km pour les véhicules de tourisme à essence, diesel, gaz de pétrole liquéfié (GPL) et gaz naturel comprimé (GNC) dont le poids brut est inférieur à 3,5 tonnes. Cette politique se traduira par une baisse continue des émissions de CO₂ grâce à l'établissement de normes d'efficacité énergétique pour les nouveaux véhicules, de l'ordre de 130 g/km en 2017 et 113 g/km en 2022 pour chaque fabricant de voitures (TransportPolicy.net, n.d.).

³ - Les normes CAFÉ sont basées sur la performance CO₂ moyenne annuelle des entreprises et applicables aux fabricants. Ces normes garantissent la conformité en mesurant la moyenne pondérée des émissions de CO₂ de tous les véhicules motorisés fabriqués ou importés au cours d'une période donnée.



Alors qu'elle devrait compter le plus grand nombre de véhicules routiers dans le monde à l'horizon 2050 (SSEF, n.d.) et que les ventes connaissent une augmentation rapide, l'Inde est actuellement le quatrième plus grand marché automobile au monde (ET, 2018). Étant donné que la demande future de transport en Inde sera principalement tirée par les voitures, les normes d'efficacité pour les véhicules légers devraient permettre de réduire les émissions de CO₂ de 50 000 000 de tonnes d'ici 2030 (UNFCCC, 2015) et de réaliser des économies d'énergie de l'ordre de 22,97 MTEP d'ici 2025 (BEE, 2017). Toutefois, pour réaliser un véritable impact, il faut aussi s'attaquer simultanément à la question de la gestion de la demande énergétique des autres modes de transport de passagers et du segment du transport de marchandises (AITD, 2000). Parallèlement, on prévoit également une augmentation de la demande de diesel à haut régime dans le pays, qui passera de 76 millions de tonnes en 2016-17 à 110,8 millions de tonnes en 2021-22. Comme 38% de cette demande provient de véhicules commerciaux, ces derniers pourront avoir de graves répercussions sur la sécurité énergétique de l'Inde si aucune mesure de réglementation n'est prise (Nielsen, 2013).

Étant donné que les véhicules utilitaires lourds représentent plus de 50% des émissions de CO₂ du transport routier en Inde, plusieurs organismes de recherche travaillent à l'élaboration d'un cadre réglementaire fixant des normes d'efficacité énergétique pour ces poids-lourds. L'Institut de l'énergie et des ressources (TERI) a entrepris une étude visant à identifier des trajectoires d'adoption de l'efficacité énergétique dans le secteur indien des poids-lourds. Cette étude applique plusieurs méthodologies pour formuler des normes d'efficacité énergétique et identifie également plusieurs technologies disponibles pour améliorer l'efficacité énergétique. Cette étude a été réalisée avec l'appui de SSEF, qui travaille en collaboration avec les responsables, les groupes de réflexion, la société civile et le secteur du transport, et aide à concevoir et mettre en œuvre des politiques en matière d'efficacité énergétique et de transports moins polluants.

• Normes d'émission

Les véhicules routiers comptent parmi les plus grands facteurs de pollution atmosphérique en Inde. Et non seulement les substances polluantes telles que le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures (HC), les oxydes de nitrogène (NOX) et les particules rejetées par les véhicules aggravent la pollution atmosphérique locale, mais elles ont également de lourdes conséquences sur la santé. Afin de réduire la pollution atmosphérique occasionnée par les véhicules, le gouvernement indien a introduit des normes en matière d'émission.

Le premier ensemble de limites d'émissions collectives a été mis en œuvre en 1991 pour les véhicules à essence et en 1992 pour les véhicules diesel, et durci progressivement au cours des années 1990. En 2000, les normes India 2000, équivalentes aux normes Euro I, ont été mises en œuvre pour les voitures de tourisme et les véhicules commerciaux (DieselNet, n.d.). En 2001, les normes Bharat Stage II, équivalentes aux normes Euro II, ont été mises en œuvre pour tous les véhicules dans les villes de Delhi, Mumbai, Chennai et Calcutta (SIAM, n.d.). La Politique nationale relative aux carburants automobiles (2003) a défini une feuille de route pour le déploiement à l'échelle du pays des normes Bharat Stage II (BS II) d'ici 2005 puis des normes BS III (équivalentes à Euro III), ainsi que de la mise en œuvre des normes BS IV dans 13 villes, d'ici 2010 (PIB, 2015). En 2015, le projet de Politique relative aux carburants automobiles et la Vision 2025 recommandaient une feuille de route pour la mise en œuvre des normes BS IV dans tout le pays, de manière progressive, et envisageaient également d'introduire de manière anticipée les normes BS VI d'ici 2020, sans même mettre en œuvre les normes BS V auparavant (SIAM, n.d.). La mise en œuvre des normes BS IV a représenté un étape-clé pour résoudre le problème de la pollution extrêmement élevée dans les villes indiennes. Ces normes ont abaissé le seuil maximal de contenu de soufre dans le pétrole et le diesel à 50 ppm, alors qu'il était de 150 et 350 ppm respectivement. Avec la mise en œuvre des normes BS VI d'ici 2020, il est attendu que le contenu en soufre soit davantage réduit au seuil maximal de 10 ppm tant pour les véhicules essence que diesel (TransportPolicy.net, n.d.).

Les émissions des véhicules sont principalement déterminées par des facteurs tels que la technologie, la qualité du carburant, l'inspection et l'entretien des véhicules en service et la gestion des routes du trafic. Pour contrôler et réglementer ces facteurs, il est indispensable d'adopter une approche multipartite. Tandis que la responsabilité de l'établissement des normes d'émissions incombe au ministère du Transport routier des Autoroutes (MTRA) de l'Inde, la mise en application se fait par le biais des parties prenantes industrielles telles que la Société des fabricants automobiles indiens (SIAM), l'organisation faîtière du secteur dans le pays, qui représente les principaux constructeurs de véhicules et de moteurs, de même que plusieurs associations de recherche industrielle.

• **VERS DE NOUVELLES SOURCES DE CARBURANT : POLITIQUE EN MATIÈRE DE BIOCARBURANTS** • Alors que l'Inde bénéficie actuellement d'un dividende démographique, la demande d'énergie augmente à travers le pays. Cette forte corrélation qui existe entre la consommation d'énergie et la croissance économique est encore davantage renforcée par le rôle crucial de l'énergie dans le développement socio-économique du pays. Comme une part considérable de la demande énergétique de l'Inde est satisfaite par des carburants fossiles extrêmement polluants et non renouvelables, il est important de stimuler l'exploitation des ressources renouvelables non polluantes et inépuisables que l'on trouve dans le pays (Politique nationale sur les biocarburants, 2018).

En raison de la forte dépendance de l'Inde à l'égard de sources d'énergie fossiles, la sécurité énergétique représente également un grand sujet de préoccupation. Le secteur du transport routier, qui contribue à hauteur de 6,7% au PIB total de l'Inde, représente la plus grande proportion de cette consommation d'énergie. Comme la production nationale de pétrole brut est limitée, la dépendance du pays vis-à-vis des importations s'est accentuée, l'Inde important actuellement 82% de son pétrole brut (Politique nationale sur les biocarburants, 2018). Pour répondre à ces préoccupations, le gouvernement indien a présenté sa Politique nationale relative aux biocarburants en 2009, été amendée en 2017 pour fixer des objectifs plus exigeants puis rebaptisée Politique nationale sur les biocarburants-2018.

Cette politique a pour objectif d'accroître la part des biocarburants (dérivés de sources renouvelables de biomasse) dans les secteurs nationaux de l'énergie et du transport. Comme ces biocarburants seront principalement produits à partir de matières premières d'origine nationale, leur substitution aux carburants fossiles aura pour effet de promouvoir la sécurité énergétique, de lutter contre le changement climatique et de créer de nouvelles possibilités d'emploi pour les agriculteurs et les cultivateurs d'une manière durable. **À l'heure actuelle, le taux de mélange de l'éthanol dans l'essence se situe autour de 2% et le taux de mélange du biodiesel dans le diesel est inférieur à 0,1%.** Cette politique ambitionne d'atteindre l'objectif de 20% d'éthanol mélangé au pétrole et de 5% de biodiesel mélangé au diesel d'ici 2030. Comme l'aspect le plus important de cette politique est de parvenir à produire des biocarburants à partir de matières premières locales, le gouvernement envisage de créer un Répertoire de la biomasse nationale après avoir réalisé une évaluation des échantillons de biomasse et de matières premières à travers le pays (Politique nationale sur les biocarburants, 2018).

La mise en œuvre réussie du programme sur les biocarburants dépend en grande partie de la participation active des autorités centrales et des États, des agriculteurs, du secteur et des professionnels. Comme elles bénéficient du soutien assuré des autorités centrales, plusieurs entreprises publiques et privées produisent actuellement des biocarburants. **Praj Industries Limited, une entreprise basée à Pune, a développé une technologie permettant de produire de l'éthanol à partir de déchets agricoles tels que les résidus de canne à sucre, la paille de riz et de blé, etc. Ce processus est basé sur un modèle techno-socio-commercial, dans la mesure où les agriculteurs obtiennent un meilleur prix pour leurs produits tandis que leurs déchets agricoles, traditionnellement brûlés pour cuisiner à domicile, sont dorénavant utilisés de manière durable.**



Dans l'Assam, une coentreprise réunissant Numaligarh Refinery Limited, une entreprise publique, et Chempolis Oy, une entreprise technologique finlandaise, envisage de produire 60 millions de litres d'éthanol par an à partir de bambou. Enfin, notons que, plusieurs compagnies pétrolières indiennes investissent dans des raffineries de biocarburant pour accroître la production d'éthanol à partir de sources sans mélasse et promouvoir l'utilisation de carburants écologiques.

Comment les cultivateurs et les exploitants perçoivent le biodiesel

L'éthanol est principalement produit à partir de la mélasse de canne à sucre tandis que le biodiesel est produit à partir d'huile de jatropha et d'autres oléagineux. Il a été observé que la promotion des biocarburants dépend d'un éventail de facteurs, parmi lesquels la fourniture et la gestion des matières premières constituent le problème principal au niveau local. Pour comprendre la faisabilité de la culture du jatropha, Integrated Research and Action for Development (IRADe) et IT Power India Pvt Ltd ont entrepris une analyse basée sur des enquêtes conduites dans 41 villages du Rajasthan et de l'Odisha. Au Rajasthan, on a pu observer que les exploitants participaient de manière enthousiaste à la production de jatropha. L'État y a mis en place plusieurs programmes en appui aux plantations. Qui plus est, plusieurs entreprises privées promeuvent également l'agriculture en recrutant des agriculteurs. Dans l'Odisha, les exploitants ont commencé à cultiver le jatropha sur leurs terres en friche, sans compromettre la croissance des plantations. Plusieurs groupes d'entraide ont également été établis au cours de ce processus. Dans ces deux États, les observations ont conclu que l'adoption de ces cultures avait été principalement motivée par les avantages économiques supplémentaires découlant de l'utilisation des terres en friche (voir tableau ci-dessous).

Raisons pour cultiver le jatropha	Analyse des données d'enquête : Perception des exploitants pour choisir de cultiver le jatropha	
	Rajasthan	Odisha
Avantages économiques	92%	96%
Meilleur usage des terres en friche	54%	77%
Faible besoin d'engrais	77%	-
Appui de la part des organisations locales	-	32%
Pas besoin de protection contre le bétail	46%	-

Source : (IRADe, IT Power India Pvt Ltd., 2011)

ENCADRÉ 3

CONCLUSION

Pour infléchir la tendance à la hausse de la consommation de carburants et des émissions, mais aussi pour respecter ses engagements nationaux, le gouvernement indien met actuellement en œuvre une série de mesures dans le secteur du transport. Toutefois, pour que ces mesures parviennent véritablement à décarboniser le secteur du transport routier, il est important d'adopter une approche globale pour garantir leur mise en œuvre efficace de même que la réalisation des divers objectifs politiques. À cette fin, une approche multipartite, incluant des contributions de la part de la société civile, du secteur privé, des groupes de réflexion et d'autres acteurs publics et privés sous forme d'actions décentralisées, joue un rôle essentiel pour réduire les émissions du secteur du transport routier.

N'HÉSITEZ PAS À NOUS FAIRE PART DE VOS RÉACTIONS À CETTE ÉTUDE ET DE NOUS INFORMER DE L'EXISTENCE DE RAPPORTS ET DE DONNÉES COMPLÉMENTAIRES, EN NOUS ÉCRIVANT À L'ADRESSE SUIVANTE : CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

DATABASE :

- World Bank. (2018). World Bank Group. Retrieved August 7, 2018, from The World Bank- IBRD-IDA/ Data
- DHI. (2018). Fame-India. Retrieved August 10, 2018
- Enerdata. (n.d.).
- MoRTH. (2016). Basic Road Statistics of India 2015-16. New Delhi: Transport Research Wing, Ministry of Road Transport and Highways (MoRTH).
- TERI (The Energy and Resources Institute). (2016). TERI Energy & Environment Data Diary and Yearbook 2015/16. New Delhi: TERI.
- TERI (The Energy and Resources Institute). (2018). TERI Energy & Environment Data Diary and Yearbook 2016/17. New Delhi: TERI.

PUBLICATIONS :

- CSTEP-SSEF . (2018). Implementation Plan for Electrification of Public Bus Transport in Bengaluru. Bengaluru: Center for Study of Science, Technology and Policy (CSTEP) .
- AITD. (2000). Environmental and Social Sustainability of TransportComparative.
- ASSOCHAM, EY. (2018). Electrifying India: building blocks for a sustainable EV ecosystem. Ernst & Young LLP.
- BEE. (2017). ecmaindia. Retrieved August 20, 2018, from www.ecmaindia.in
- Busby, J. W., & Shidore, S. (2017). When decarbonization meets development: The sectoral feasibility of greenhouse gas mitigation in India. Energy Research & Social Science, 60-73.
- CEED. (2017). De-fossilizing the Urban Public Mobility: Mainstreaming the E-rickshaw. Lucknow : Centre for Environment and Energy Development .
- DHI. (2012). National Electric Mobility Mission Plan (NEMMP)2020. New Delhi: Department of Heavy Industry (DHI), Government of India.
- IRADe, IT Power India Pvt Ltd. . (2011). RE Feature. Retrieved August 24, 2018, from www.mnre.gov.in: <https://mnre.gov.in/file-manager/akshay-urja/november-december-2011/EN/34-37.pdf>
- IUT, CSTEP. (2014). Review of Urban Transport in India. Institute of Urban Transport (IUT) (India), Centre for Study of Science, Technology & Policy (CSTEP).
- Karali, N., & Gopal, A. R. (2017). Improved heavy-duty vehicle fuel efficiency in India: Benefits, costs and environmental impacts. The International Council on Clean Transportation.
- Ministry of Heavy Industries & Public Enterprises. (2018). National Auto Policy. Ministry of Heavy Industries & Public Enterprises, GoI.
- MoEF, GoI. (2015). India: First Biennial Update Report to the United Nations Framework Convention on Climate Change.
- NHA. (2017). Annual Report 2016-17. National Highway Authority of India (NHA).
- Nielsen. (2013). Al India Study on Sectoral Demand of Diesel & Petrol. New Delhi: Petroleum Planning and Analysis Cell.
- NTDP (National Transport Development Policy Committee). (2014). India Transport Report: Moving India to 2032. New Delhi: Planning Commission, Government of India.

- Pal, S., Singh, S., Wilson, S., & Joshi, M. (2015). Outlook of energy demand from the transport sector in India. OPEC Energy Review, 39, 376-401.
- UIC/IEA. (2016). Railway Handbook on Energy consumption and CO₂ emissions. Paris: International Union of Railways (UIC) and International Energy Agency (OECD/IEA).
- UNDESA. (2017). United Nations Department of Economic and Social Affairs. Retrieved August 6, 2018, from www.un.org
- UNFCCC. (2015). India INDC. Retrieved August 8, 2018, from unfccc.int
- United Nations. (2016). Mobilizing Sustainable Transport for Development: Analysis and Policy Recommendations from the United Nations Secretary-General's High-Level Advisory Group on Sustainable Transport . New York: United Nations.
- World Bank. (2011, September). Transportation: India. Retrieved August 6, 2018, from web.worldbank.org

NEWS ARTICLES :

- ET. (2016, February 16). Auto from The Economic Times. Retrieved October 11, 2018
- ET. (2018). The Economic Times (ET). Retrieved August 11, 2018, from economictimes.indiatimes.com
- ET. (2018). The Economic Times (ET). Retrieved August 20, 2018, from economictimes.indiatimes.com
- live mint. (2017). live mint. Retrieved September 11, 2018, from livemint.com

PRESS RELEASES :

- Mahindra & Mahindra Ltd. (2018). Mahindra Electric and Baghirathi Group jointly power Karnataka's EV dream. Retrieved August 10, 2018, from mahindraelectric.com
- PIB. (2015). Press Information Bureau (PIB), GoI, Ministry of Heavy Industries & Public Enterprises. Retrieved August 10, 2018, from pib.nic
- PIB. (2015). Press Information Bureau (PIB), GoI, Ministry of Petroleum & Natural Gas. Retrieved August 24, 2018, from pib.nic
- Tata Motors. (2018). Tata Motors signs a MoU with the Government of Maharashtra to promote e-mobility in the State. Retrieved August 11, 2018, from tatamotors.com

WEBLINKS :

- DieselNet. (n.d.). Retrieved August 29, 2018, from dieselnet.com
- ICCT. (2018). The International Council on Clean Transportation. Retrieved August 14, 2018, from www.theicct.org
- SIAM. (n.d.). Retrieved August 29, 2018, from siamindia.com
- SSEF. (n.d.). Shakti Sustainable Energy Foundation. Retrieved August 28, 2018, from shaktifoundation
- The Better India. (2017). The Better India. Retrieved September 28, 2018, from www.thebetterindia.com
- TransportPolicy.net. (n.d.). Retrieved August 28, 2018
- TransportPolicy.net. (n.d.). Retrieved August 29, 2018, from transportpolicy.net





Stabilisation des émissions du transport routier au pays de l'éthanol

L'objectif du Brésil en termes d'atténuation est une réduction des émissions nationales de GEE de 37% en 2025 par rapport au niveau de 2005 et de 43% en 2030. Si les principaux efforts du pays se concentrent sur l'augmentation de la participation des énergies renouvelables dans la matrice énergétique, l'arrêt du déboisement et la récupération de 12 millions d'hectares de forêts en Amazonie, le défi est également important dans le secteur du transport : diesel et essence représentent 75% de la consommation énergétique du secteur et les prévisions annoncent une participation des émissions de GES liées au transport à hauteur de 45% du total national en 2025 (Waycarbon, 2018). Le présent chapitre analyse les facteurs expliquant l'évolution des émissions du secteur de transport et les différentes actions en cours.

Rédacteur principal • GHISLAIN FAVÉ • *Consultant*

SOMMAIRE

1 • STABILISATION RÉCENTE DES ÉMISSIONS

2 • UNE MOBILITÉ URBAINE EN TRANSFORMATION

- La crise du transport public
- Les Plans de Mobilité Urbaine, instruments d'une mobilité sobre en carbone

3 • CARBURANTS, ENTRE SUCCÈS ET DÉFIS

- Éthanol carburant, le modèle brésilien
- Dépendance du fret routier et du diesel
- Émergence du biodiesel



1 • STABILISATION RÉCENTE DES ÉMISSIONS

Portées par la réduction du déboisement illégal, le Brésil a vu ses émissions se réduire de 28% sur la période 2008-2014 (Figure 1). Toutefois, en 2015 et 2016, les émissions de GES ont augmenté de 12,3%, entraînées par la reprise du déboisement illégal. **Les émissions du secteur de transport ont elles progressé de 40% sur la période 2008-2014 et se sont stabilisées en 2015 et 2016 autour de 190 millions de tonnes de CO₂eq, soit au même niveau qu'en 2012.**

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Transport domestique (hors aérien)	144	150	147	164	179	196	203	209	193	194
Total national	2 682	2 807	2 003	1 925	1 927	1 947	2 107	2 022	2 091	2 278

FIGURE 1. ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CO₂EQ GLOBALES ET DANS LE SECTEUR DU TRANSPORT AU BRÉSIL (EN MILLIONS DE TONNES)

Source : élaboré à partir des bases de données du SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa), 2018

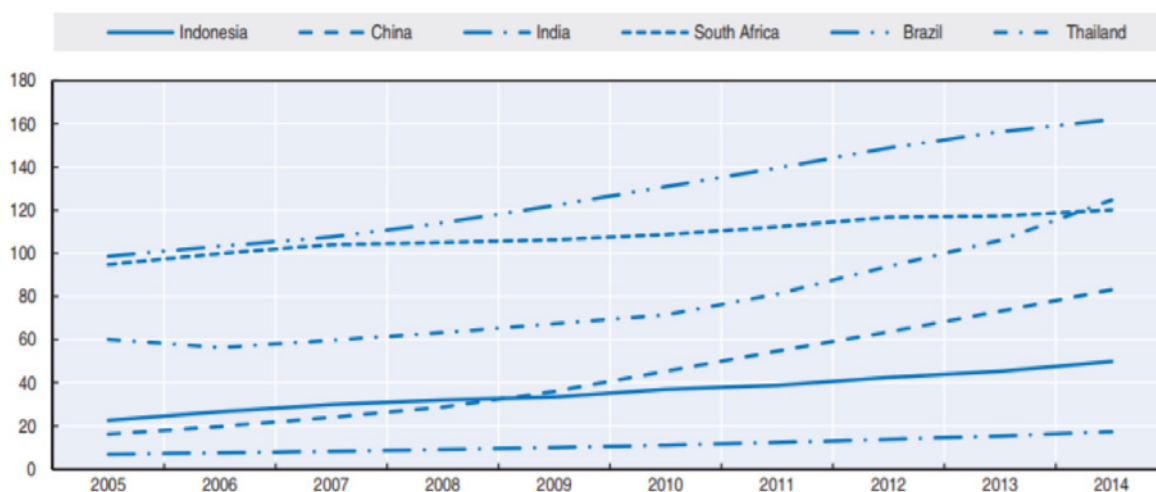


FIGURE 2. ÉVOLUTION DU TAUX DE MOTORISATION DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT SÉLECTIONNÉS

Source : ITF Transport Outlook, 2017

Les forts taux de croissance économique dans les économies émergentes ont entraîné une hausse rapide des taux de motorisation et il n'en est pas autrement au Brésil avec une croissance de 60% entre 2005 et 2014 (Figure 2). Ce phénomène a été particulièrement important au Brésil, la croissance économique permettant entre 2001 et 2015 la transition d'une grande partie de la population à faibles revenus vers la classe moyenne. En outre, cette dynamique a été renforcée par l'encouragement du gouvernement brésilien à la motorisation des ménages, ceci dans l'optique de soutenir l'industrie automobile, importante pour l'économie du pays. Ainsi, en 2008, lors de la crise financière mondiale, l'État a réduit les taxes sur les produits industrialisés (IPI) ; cette mesure a été reconduite en 2012. D'autres facteurs comme l'accès facilité pour les ménages au crédit et au financement de voitures neuves ont également contribué à cette croissance de la motorisation individuelle. D'après les statistiques de production et de vente de l'ANFAVEA (Association nationale des fabricants de véhicules automobiles), le volume total des ventes de véhicules neufs, au Brésil, est passé de 1,4 millions de véhicules en 2002 à 3,8 millions en 2012, soit un taux de croissance de 11,5% par an (ANFAVEA, 2015). Ces éléments permettent de comprendre la forte hausse des émissions de GES du secteur de transport entre 2008 et 2014, passant de 150 à 209 millions de tonnes de CO₂eq (Figure 1).

La crise économique que traverse le Brésil depuis 2015 explique en grande partie la récente stabilisation des émissions du secteur de transport. Ainsi, le PIB a reculé de 3,8% en 2015 et de 3,6% en 2016, ce qui se reflète sur les émissions de GES du secteur énergétique brésilien : sur cette période 2015-2016, les émissions du secteur énergétique ont reculé de 7,3% (SEEG, 2016). Une autre preuve de l'effet de la crise actuelle sur les émissions du secteur de transport est la chute de 30% des ventes de voitures neuves entre 2012 et 2015 (PwC, 2016).

Si la récente stabilisation des émissions du secteur de transport apparaît donc avant tout conjoncturelle, tâchons d'analyser les principaux facteurs de celles dernières et d'identifier les forces et faiblesses du secteur au Brésil.

2 • UNE MOBILITÉ URBAINE EN TRANSFORMATION

• LA CRISE DU TRANSPORT PUBLIC • La croissance économique du Brésil depuis les années 1950 s'est accompagnée d'une rapide urbanisation : alors que seulement 45% de la population brésilienne était urbaine en 1960, plus de 80% des brésiliens résidaient en ville en 2010 (IBGE, 2010). Cette rapide croissance urbaine a été façonnée par les automobiles et structurée le long de grands axes routiers. La création ex-nihilo de la capitale fédérale Brasilia en 1960 en est le parfait exemple : son ambitieux plan d'urbanisme a été pensé en fonction de l'automobile, comme un symbole de cette époque où l'automobile était présentée comme l'unique solution aux déplacements urbains.

Cette forte urbanisation s'accompagne d'une hausse des prix de l'immobilier et de spéculation foncière, repoussant les populations les plus pauvres dans des quartiers périphériques de plus en plus éloignés, ce d'autant plus facilement que les logements informels se multiplient. Les infrastructures de transport arrivent difficilement à accompagner cet étalement urbain et les temps de transports sont considérablement allongés, incitant la population à se tourner de plus en plus vers les modes motorisés individuels pour faire face à ses besoin de déplacements.

La réponse des administrations municipales, régionales et fédérale est dans la plupart des cas l'investissement en infrastructures pouvant comporter une flotte automobile toujours plus grande, au détriment du transport public, ce qui se confirme lorsque l'on analyse l'évolution de l'indice de passagers par kilomètre dans le réseau de bus urbains. **Les chiffres avancés par l'Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano sur les villes de Belo Horizonte, Curitiba, Fortaleza, Goiânia, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo, montrent une baisse de 38% de cet indice entre les années 1994 et 2015, reflet d'un système de transport public qui n'arrive plus à attirer les brésiliens.**

Évolution de l'indice de passagers par kilomètre

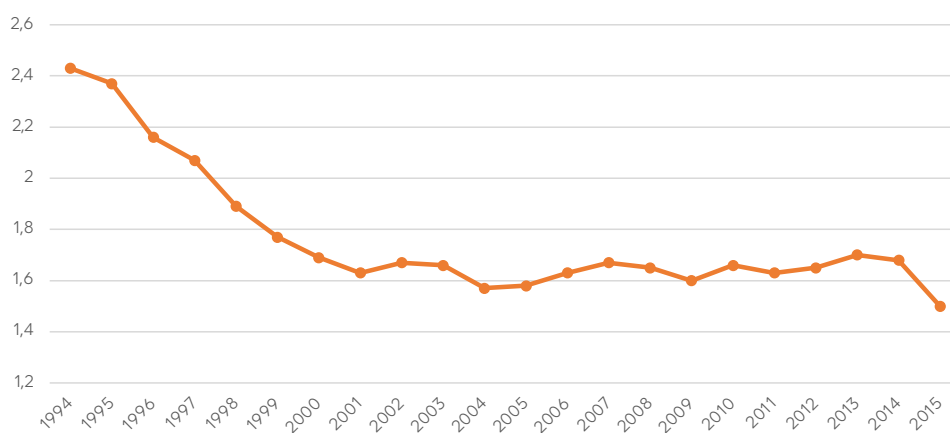


FIGURE 3. ÉVOLUTION DE L'INDICE DE PASSAGERS PAR KILOMÈTRE ENTRE 1994 ET 2015 DANS LES VILLES DE BELO HORIZONTE, CURITIBA, FORTALEZA, GOIÂNIA, PORTO ALEGRE, RECIFE, RIO DE JANEIRO, SALVADOR ET SÃO PAULO.

Source : élaboré à partir des données de l'Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano (NTU)



Circulation alternée à São Paulo

São Paulo, mégapole de plus de 12 millions d'habitants et cœur économique du Brésil, est fréquemment en proie à des embouteillages monstres. D'après une étude du cabinet spécialisé INRIX, les habitants de São Paulo ont ainsi passé en moyenne 86 heures par an dans les embouteillages en 2017, soit le 4^e total de cette étude qui porte sur 1 360 villes. En moyenne, les embouteillages totalisent 300 km par jour dans cette métropole, pour un coût estimé de 69,4 milliards de réais, ce qui correspond à 7,8% du PIB local, selon une étude technique publiée en juillet 2014 par la Firjan. Afin d'améliorer la situation et tout particulièrement de réduire la pollution de l'air, la ville a instauré à partir de 1997 une mesure de restriction de circulation dans le centre étendu de la ville : le *rodizio*. Chaque jour ouvrable, selon le dernier chiffre de leur plaque d'immatriculation, la circulation est interdite aux véhicules entre 7h et 10h, puis entre 17h et 20h, dans tout le centre de la ville. Le *rodizio*, en retirant 20% des véhicules de la circulation, a permis dans un premier temps de réduire la congestion et la pollution atmosphérique. Les résultats sont aujourd'hui plus mitigés : la flotte de véhicule a grandi de 40% depuis l'institution de cette mesure, notamment car bon nombre d'habitants ont acquis une deuxième voiture avec une immatriculation différente, pour pouvoir échapper au *rodizio*.

ENCADRÉ 1

L'une des conséquences de cette crise de la demande du transport public urbain et de la hausse du taux de motorisation est la dégradation de la qualité de l'air en milieu urbain et de fortes émissions de GES liées au secteur du transport dans les villes brésiliennes. Ainsi, le transport urbain représente 68,2% des émissions de la ville de São Paulo (inventaire municipal 2011), 57,6% de celles de la ville de Belo Horizonte (inventaire municipal 2015) et 54,5% de celles de la ville de Recife (2015). En comparaison, le secteur du transport représente environ 26% des émissions de GES dans les villes européennes (Covenant of Mayors in figures : 8-year assessment, 2017). Cette participation plus importante dans les villes brésiliennes est également liée à la faible intensité carbone de l'énergie électrique consommée au Brésil et, par conséquent, à la moindre participation du secteur énergétique dans les émissions municipales. Alors même que le taux de motorisation est encore en forte croissance et est bien plus faible que dans d'autres pays, la tendance est à une croissance de la part du transport urbain dans des émissions de GES, représentant le plus grand défi en termes d'atténuation pour les villes brésiliennes : la ville de Recife prévoit que les émissions associées au transport représenteront 75% des émissions de la ville en 2040, dans un scénario d'évolution au fil de l'eau.

Mobilisation de la société civile

Au début de l'année 2013, suite à l'annonce de la hausse des tarifs d'autobus, des manifestations éclatent à l'appel du Movimento Passe Livre, mouvement qui milite pour la gratuité des transports en commun. Rapidement, ces manifestations s'étendent à tout le Brésil, réunissant jusqu'à un million de personnes et les revendications s'étendent aux secteurs de l'éducation et de la santé, critiquant également

les dépenses liées à l'organisation de la Coupe du Monde 2014. Suite à cette mobilisation sans précédent, la mobilité urbaine devient le symbole de ces politiques publiques qui peinent à répondre aux attentes de la population.

ENCADRÉ 2



BNDES, la banque nationale de développement, le TransCarioca relie le quartier de Barra da Tijuca, qui concentre la majorité des équipements sportifs des JO dans la région sud de la ville, à l'aéroport international de Rio. Aujourd'hui, environ 320 000 passagers empruntent cette ligne tous les jours et presque 500 bus ont été retirés de la circulation, réduisant les temps de trajet, la congestion ainsi que les émissions de GES. Cette ligne traverse de plus de nombreux quartiers défavorisés de la zone nord de la ville et représente une formidable opportunité de développement pour cette région.

ENCADRÉ 4

3 • CARBURANTS, ENTRE SUCCÈS ET DÉFIS

• **ÉTHANOL CARBURANT, LE MODÈLE BRÉSILIEN** • La production d'éthanol, à partir de la fermentation du sucre contenu dans les plantes sucrières comme la canne à sucre, est développée au Brésil depuis de nombreuses années, mais c'est à partir des chocs pétroliers des années 1970 que son usage comme substitut à l'essence s'est intensifié. En réponse à la hausse des prix du pétrole, le Brésil, alors de plus en plus dépendant des importations de pétrole, a implémenté en 1975 le Programa Nacional do Álcool – PROALCOOL. Des mesures d'aide à la production d'éthanol carburant sont prises : crédit bonifié pour les investissements et fixations des prix. **La filière a bénéficié d'une très forte réactivité des acteurs économiques avec des investissements massifs dans des unités de production d'éthanol carburant et le lancement de véhicules à alcool hydraté (fonctionnant uniquement avec de l'éthanol) par l'ensemble des constructeurs automobiles.** Le programme a rencontré un franc succès avec la production de 5,6 millions de véhicules à éthanol entre 1975 et 2000. On estime ainsi que ce programme a permis d'éviter l'émission de 110 millions de tonnes de carbone équivalent sur cette même période (EPE, PNE 2030).

Le début des années 2000 a vu l'apparition de gains de productivité, aussi bien dans le secteur agricole que dans le secteur industriel, ainsi que l'apparition des moteurs « flex-fuel » qui fonctionnent aussi bien avec de l'essence, de l'éthanol, ou un mélange des deux (en 2003 sort le premier modèle polycarburant, la Volkswagen Gol flex-fuel). Aujourd'hui, l'ensemble des constructeurs automobiles proposent des modèles « flex fuel », et ceux-ci représentaient près de 90 % des ventes de véhicules légers en 2015 (EPE, 2015). Ces facteurs ont permis une forte croissance de la consommation d'éthanol carburant entre 2003 et 2009, atteignant en 2009 un pic de consommation de plus de 100 millions de tonnes équivalentes de pétrole (MMA, 2014).

Sur la période 2009-2012, l'éthanol carburant a perdu des parts de marché : il était plus rentable de produire du sucre que de l'éthanol, les investissements dans les moyens de production ont été réduits et le prix de l'essence est devenu plus compétitif. De fait, sur ces trois ans, la participation de l'éthanol carburant dans la matrice énergétique du transport de passager est passée de 33 % à 22 % (SEEG, 2018). L'augmentation de la fraction obligatoire d'alcool anhydre dans l'essence (aujourd'hui de 26 %) a permis de récupérer la croissance de la consommation et en 2016, l'éthanol représentait 29 % de la consommation énergétique du secteur de transport de passagers (SEEG, 2018).

Fort de ce succès, le Brésil continue à développer la filière éthanol carburant et résiste aujourd'hui à l'électrification de son parc automobile : **malgré le potentiel énorme de réduction des émissions que cette technologie représente, ce d'autant plus que la matrice électrique brésilienne est propre avec une participation de plus de 68 % d'énergie hydroélectrique (EPE, 2018), l'éthanol est défendu par l'ensemble de la chaîne productive et par le gouvernement fédéral.** Le plan sectoriel du transport et de la mobilité urbaine pour l'atténuation du changement climatique prévoit ainsi une pénétration de seulement 3 % des véhicules hybrides à essence en 2021, alors que la consommation d'éthanol carburant atteindrait 52 milliards de litres la même année.

Les biocarburants sont souvent critiqués pour leurs impacts environnementaux, dus principalement

aux changements d'affectation des sols induits par leur production. Ainsi, dans certaines régions, la croissance de leur production accélère la déforestation et renchérit les denrées alimentaires. Attentif à maintenir l'équilibre forêt-fuel-aliment, le gouvernement brésilien a établi en 2009 le zonage de la canne à sucre, délimitant 70 millions d'hectares pour sa culture. La région Nord du Brésil est exclue de ce zonage, ce qui bannit la plantation de la canne à sucre dans le bassin amazonien. Le Brésil ne manque pas d'espace pour développer une filière éthanol durable, la surface délimitée étant 10 fois plus grande que l'étendue nécessaire à la production en 2020. Les plus grandes aires de productions sont concentrées dans la région Centre-Sud et leur croissance ne menace pas la forêt amazonienne. Dans ces régions, l'expansion de la culture de canne à sucre se fait principalement sur les pâturages dégradés ou abandonnés et ne concurrence pas la production alimentaire. En revanche, les remarquables biomes *Cerrado* et *Mata Atlântica* pourraient être soumis à une forte pression agricole (Feres et al. 2011).

• **DÉPENDANCE DU FRET ROUTIER ET DU DIESEL** • Alors que le réseau ferroviaire était développé au début du 20^e siècle, celui-ci a peu à peu été substitué par un réseau routier durant l'après-guerre, en partie afin de favoriser la croissance de l'industrie automobile. **Le transport de marchandise est aujourd'hui fortement dépendant du transport routier qui représentait 65% du fret en 2015, bien plus que dans d'autres pays de taille continentale comme le Brésil (cf Figure 5).**

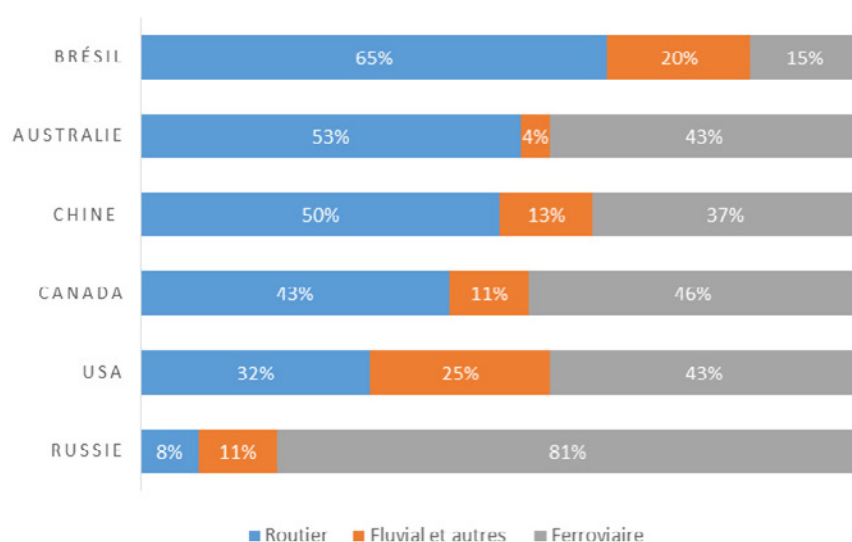


FIGURE 5. DIVISION MODAL DU TRANSPORT DE MARCHANDISES DANS LES PAYS DE TAILLE CONTINENTALE EN 2015.

Source : SEEG, 2018.

Les poids lourds sont essentiels au transport régional de marchandises au Brésil et le diesel est le combustible fossile le plus consommé, représentant 53% de la consommation du secteur de transport en 2005 (PNE 2030, 2007). Par conséquent, le transport de marchandises est une des principales sources d'émissions de GES, non seulement dans le secteur de transport mais dans tout le secteur énergétique. **D'après l'analyse du SEEG, le transport routier a émis, en 2016, 101,9 Mt CO₂eq, soit la moitié des émissions du secteur de transport et un cinquième des émissions associées au secteur énergétique, plus que le total émis par les centrales thermiques la même année (54,2 Mt CO₂eq).**

Outre ce coût environnemental, cette prédominance du transport routier représente un fort coût économique pour la chaîne productive brésilienne. Le Plan National de Logistique (2007) désigne ainsi le transport de marchandises comme l'un des facteurs limitant la compétitivité du pays, la matrice actuelle privilégiant le modal au coût le plus élevé. Un meilleur équilibre des modes de transport de charge est donc une nécessité.

Le Plano Nacional de Mudança do Clima PNMC insiste sur l'importance d'une réduction du volume de transport par poids lourds et d'un transfert vers des modes moins intensifs en carbone



tel que le train et le transport fluvial. Malgré cette prise de conscience, ce report modal nécessite de lourds investissements et cette migration sera lente : la route restera au Brésil un mode dominant dans le transport de marchandise. Entre 1999 et 2008, la flotte de camions a été multipliée par trois (ANFAVEA, 2009) et le Plan National Énergétique 2030 prévoit une croissance de 3,5 % par an de la consommation de diesel sur la période 2005-2030.

Mobilisation des chauffeurs routiers et crise du diesel

De 2011 à 2015, le gouvernement brésilien contrôlait de manière artificielle le prix de l'essence et du diesel à la pompe, dans le but principal de contrôler l'inflation et d'éviter de faire peser sur le consommateur l'instabilité des prix due à la forte volatilité des tarifs internationaux. Cette politique qui a fortement endetté Petrobras, la compagnie pétrolière nationale, a cessé en 2016. Petrobras a commencé à indexer ses prix sur ceux du pétrole ainsi qu'aux variations du dollar. Suite à la hausse du prix du baril et à la hausse du dollar devant le réal, le prix du diesel à la pompe a considérablement augmenté en 2018, provoquant la colère et la grève des chauffeurs routiers en mai 2018. Le pays, dépendant du transport routier, s'est retrouvé paralysé, de nombreuses villes étant

confrontées à des pénuries de nourriture et de carburant. Devant la difficulté d'acheminement des marchandises, certains aéroports internationaux ont été affectés, annulant des vols par manque de kérosène. L'état d'urgence a été déclaré dans de nombreuses villes et l'armée a reçu l'ordre de libérer les autoroutes. Après 11 jours de grève, la plus grande du secteur dans l'histoire du Brésil, le gouvernement Temer a cédé, annonçant une réduction immédiate de 0,46 réais du prix du litre de diesel, réduction atteinte grâce à une baisse des taxes sur le diesel à hauteur de 0,10 réais par litre ainsi qu'à des subventions directes d'un montant de 0,30 réais par litre. Le gouvernement estime que ces deux mesures représenteront respectivement un manque à gagner de 4,01 milliards de réais en 2018 et un coût de 9,5 milliards de réais.

ENCADRÉ 5

• **EMERGENCE DU BIODIESEL** • Si l'éthanol biocarburant est fortement implanté au Brésil, les débuts du biodiesel sont plus timides. La compagnie nationale Petrobras, après avoir investi dans des usines biodiesel, n'a jamais atteint le seuil de rentabilité et a même enregistré des pertes record entre mai et juin 2015, totalisant 304 millions de réais. En 2016, elle a annoncé son retrait progressif de l'activité, fermant l'une de ses principales unités de production.

L'augmentation de la part de biodiesel dans le diesel a un potentiel de réduction des émissions considérable et est l'une des stratégies du Brésil pour atteindre ses objectifs d'atténuation. Dans le document "*Fundamentos para a elaboração da Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC) do Brasil no contexto do Acordo de Paris sob a UNFCCC*", le Ministère de l'environnement définit l'objectif d'une fraction de 10 % de biodiesel dans le diesel (diesel B10) d'ici 2030.

Les villes investissent dans les bus à faibles émissions

Au-delà de cet objectif gouvernemental, villes et constructeur opèrent déjà une transformation plus ambitieuse, en démarrant notamment des programmes de bus urbain à faibles émissions de GES. En 2012, la ville de Rio a lancé un programme pilote de bus urbains fonctionnant avec 30 % de biodiesel. São Paulo a également initié un projet dénommé « Ecofrota » de bus B20 (mélange de 20 % de biodiesel). Le programme le plus ambitieux vient de la ville de Curitiba qui, en partenariat avec Volvo et le gouvernement suédois, s'équipe de bus hybrides avec moteur biodiesel.

ENCADRÉ 6

CONCLUSION

La récente stabilisation au niveau de 2012 des émissions du secteur de transport est plus le fruit de la crise économique que traverse actuellement le Brésil que d'actions pro-climat. Il sera intéressant d'observer l'évolution des émissions de GES du secteur lorsque le pays renouera avec la croissance économique. De nombreuses initiatives sont en cours pour décarboner les transports, au niveau fédéral en matière de biocarburant, mais également à l'échelle des municipalités et de la société civile ; ces actions parviendront-elles à inverser la courbe des émissions ?

**N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG**



RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- SEEG, Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa.
- Carbonn Climate Registry
- INRIX Global traffic scorecard

RAPPORTS ET REVUES :

- ANFAVEA, 2015. Anuário da Indústria Automobilística Brasileira – 2015. São Paulo, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores.
- Benjamin Motte-Baumvol et al, (2017). Motorisation croissante et évolution des déplacements domicile-travail à Rio de Janeiro entre 2002 et 2012.
- Clarisse Linke et Thais Lima (2015), TransCarioca : The World Cup's World Class Legacy, Institute for Transportation and Development Policy (ITDP).
- Covenant of Mayors in figures : 8-year assessment, 2017
- Feres, Jose & Reis, Eustáquio & Speranza, Juliana. (2011). Assessing the "food-fuel-forest" competition in Brazil : impacts of sugarcane expansion on deforestation and food supply.
- Ferreira et al (2018) SEEG, Emissões do setores de energia, procesos industriais e uso de produtos. Documento de Análise.
- FIRJAN, 2014 Os custos da (i)mobilidade nas regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e São Paulo.
- Fundamentos para a elaboração da Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC) do Brasil no contexto do Acordo de Paris sob a UNFCCC
- IBGE 2010.
- Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013, Ano-Base 2012. MMA 2014
- Julien Allaire et al. (nov 2015) La mobilite urbaine émettrice de solutions contre le dérèglement climatique. CODATU
- McKinsey Caminho para uma economia de baixo carbono no brasil, 2009, 44 pages
- Plano Nacional de Energia 2030 (2007); EPE
- Plano Nacional de Energia 2050 (2015) Premissas economicas de longo prazo; EPE
- Plano Nacional sobre Mudança do Clima PNMC (2008); Ministério do Meio Ambiente
- Plano Setorial de transporte e de mobilidade urbana para mitigação e adaptação à mudança do clima (2013). Ministério dos Transportes.
- Recife Sustentavel e de baixo carbono – Plano de redução de emissões de GEE 2016. Prefeitura de Recife

- Agência Brasil (28 juillet 2014) Custo de congestionamento no Rio e São Paulo atinge R\$ bilhões
- G1 (25 juin 2018) 10 aeroportos sem combustivel
- ITDP (29 juin 2018) Fortaleza, Brazil wins 2019 sustainable transport award.
- Juliette Rodrigues, Le Brésil cherche à améliorer l'éthanol carburant pour concurrencer la tendance à l'électrification des voitures, 2018, 1 page.
- Observatorio do Clima (25 octobre 2017) Emissões do Brasil sobem 9% em 2016.
- Revista NTUurbano set/out 2016 Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano p23
- Tribuna do Ceara (18 décembre 2015) Mobilidade urbana

PRESSES PRÉSENTATIONS :



Le transport aérien : des efforts engagés encore à l'état d'expérimentation

Au regard du changement climatique, le transport aérien présente deux spécificités majeures. D'abord une forte croissance de ses émissions, que les progrès technologiques et organisationnels s'avèrent aujourd'hui incapables de contenir. Ensuite, le transport aérien international a été exclu du champ des négociations climatiques et des secteurs couverts par la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Le dossier a été confié un organisme, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) rassemblant les acteurs dominants du secteur (constructeurs, compagnies aériennes). Il en est résulté une proposition de gestion des émissions à long terme du transport aérien : le dispositif CORSIA pour « Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation ».

Principal rédacteur • JEAN PAUL CERON • *Expert associé TEC politiques climatiques et énergétiques - Membre du GIEC*

SOMMAIRE

1 • LES ÉMISSIONS DU TRANSPORT AÉRIEN EN PROGRESSION CONSTANTE

2 • LA PRISE EN CHARGE INSTITUTIONNELLE ET POLITIQUE DES ÉMISSIONS DE L'AVIATION : LA PROPOSITION DE L'OACI

- Le régime
- CORSIA
- Le positionnement des acteurs face aux grands systèmes de compensation
- La Suède, cavalier seul sur la taxation des vols

3 • LES SYSTÈMES DE COMPENSATION VOLONTAIRE

- Compensation volontaire mise en place par les compagnies aériennes en appui sur des labellisations
- Les tour-opérateurs tablent aussi sur la labellisation de compensation volontaire

4 • LES CHOIX TECHNOLOGIQUES

- Les motorisations
- Les biocarburants
- Les aéroports



1 • LES ÉMISSIONS DU TRANSPORT AÉRIEN EN PROGRESSION CONSTANTE

Dans le calcul des émissions émises par le secteur du transport aérien, les émissions de transport international (530 millions de tonnes de CO₂-e en 2015 soit environ 60% du total) et celles des transports internes aux États (345 millions de tonnes de CO₂-e soit 40%) sont toujours distinguées. La dynamique temporelle de ces émissions est la résultante de la croissance du transport aérien et de l'amélioration de son efficacité énergétique.

MTco2-e	2015
aviation internationale	
monde	529,69
europa	136,08
France	17,78
aviation nationale	
monde	345,44
europa	18,98
France	3,64

TABLEAU 1. ÉMISSIONS DE L'AVIATION INTERNE ET INTERNATIONALE EN 2015

(Source : Agence internationale de l'énergie (AIE), Enerdata)

L'aviation internationale est le facteur qui tire la croissance des émissions. De 1990 à 2015, ses émissions ont progressé de 104,6% au niveau mondial, de 88,1% pour l'union européenne et de 88,8% pour la France (AIE, 2017, p.109). **Au niveau mondial, les émissions de l'aviation interne progressent moins, à un rythme trois fois inférieur à celui de l'aviation internationale (+ 15% sur la période 2000-2017) (Enerdata)**

En Europe, ces émissions stagnent, et même diminuent en France de 13% sur la période 2000-2016 (source Enerdata), probablement du fait de l'augmentation de l'offre ferroviaire à grande vitesse. L'union européenne représente 26% des émissions de l'aviation internationale et 5,5% des émissions internes aux états, ce qui est aisément explicable par la taille

réduite des pays membres. La France rend compte de 13% des émissions européennes pour l'aviation internationale et de 19% pour l'aviation interne ; ce qui reflète à la fois une propension moindre à voyager à l'étranger (voyages touristiques) par rapport aux pays d'Europe du Nord et la taille du pays (les 1 000 km des diagonales de l'Hexagone) favorisant certaines liaisons internes par avion.

	Unit	2015	2016	2017
European Union		MtCO₂	18,9757	19,8323
North America	MtCO ₂	172,8483	179,9023	188,1661
Latin America	MtCO ₂	15,5112	14,6124	14,5108
Asia	MtCO ₂	94,0161	101,2096	103,9358
Pacific		MtCO₂	10,1798	10,9321
Africa	MtCO ₂	8,4273	8,1547	8,3436
Middle-East	MtCO ₂	4,0618	4,117	4,0657
World	MtCO ₂	345,4379	359,9141	371,7467

TABLEAU 2. ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DE L'AVIATION INTERNE PAR RÉGION

(Source : Enerdata)

Le forçage radiatif de l'aviation.

Le chiffre d'une contribution de l'aviation aux émissions anthropiques de CO₂ de 2% environ est fréquemment avancé; il peut être discuté pour deux raisons : - un calcul alternatif aboutit à des chiffres moins optimistes. Selon l'Agence internationale de l'énergie, l'aviation 2015 rendait compte de 7,5% de la consommation mondiale de pétrole soit 288 Mtep (utilisation de carburant au sol exclue). En multipliant par le coefficient de la Base Carbone[®] de l'Ademe (3,642 tCO₂/tep) qui inclut les émissions de l'extraction, des transports et du raffinage, on obtient 1 049 millions de tonnes CO₂ soit 3,2% des émissions mondiales des combustibles (32 294 millions de tonnes en 2015). Outre le CO₂, l'aviation produit en vol des oxydes d'azote qui ne sont pas des gaz à effet de serre mais sont les précurseurs de l'ozone qui est un gaz à effet de serre puissant et à courte durée de vie d'une part, et contribue d'autre part à la destruction du méthane ce qui a un effet contraire de refroidissement. Le bilan net revient à un réchauffement.

Surtout, à très haute altitude, les avions produisent des traînées de condensation qui peuvent se transformer en cirrus. Ces nuages se forment à des températures très froides (-40°) sous condition d'un fort degré d'humidité, et sont également dépendants des poussières émises par la combustion du kérosène (Kärcher, 2018). Le problème de leur contribution au réchauffement climatique est connu depuis longtemps (Penner, Lister D.H., Griggs D.J, Dokken D.J, & M., 1999); les évaluations existantes montre que cette contribution est importante mais présentent une très forte marge d'incertitude. Cela a été le prétexte pour que cette question soit exclue du champ des discussions sur la contribution de l'aviation au changement climatique, minimisant ainsi très largement son impact.

On notera toutefois que les cirrus, si les vols cessent, l'effet disparaît en 24 heures, contrairement au CO₂ dont la durée de vie est de l'ordre d'une centaine d'années ou plus. Il existe des pistes pour la réduction des cirrus, la principale étant la diminution des poussières de combustion (l'utilisation des biocarburants pourrait être intéressante à cet égard), pouvant laisser espérer une division par 10 de la formation de ces nuages (Kärcher, 2018).

L'estimation ainsi effectuée par un groupe de chercheurs (Lee et al., 2009) fait état d'une contribution de l'aviation de 4,9% au réchauffement climatique en 2005 (avec une probabilité de 90% d'être incluse dans une plage de 2% à 14%).

ENCADRÉ 1

1- Lors de la COP 21 à Paris, la partie du texte concernant les émissions aériennes et maritimes a été retiré au cours des négociations. La prise en charge de cette question continue donc à être menée par l'OACI. Cependant, les négociations climatiques ont adopté une démarche ascendante, avec les Etats fixant leur contribution via les "INDC", tout à fait en opposition avec la démarche descendante ("top-down") de l'OACI avec l'élaboration de normes appliquées par toutes les parties.



2 • LA PRISE EN CHARGE INSTITUTIONNELLE ET POLITIQUE DES ÉMISSIONS DE L'AVIATION : LA PROPOSITION DE L'OACI

• **LE RÉGIME** • La CCNUCC a exclu les émissions du transport aérien international des objectifs fixés aux États en raison de la difficulté de leur attribution, les émissions nationales pouvant être intégrées dans la contribution nationale volontaire (art.31)¹. Déjà en 1992, le protocole de Kyoto précisait que les pays de l'annexe 1 devraient poursuivre la limitation des émissions de gaz autres que ceux couverts par le protocole de Montréal. C'est l'organisation de l'aviation civile internationale (OACI) qui est chargée du dossier depuis 1998, celui-ci venant s'ajouter à ses missions habituelles (gestion des conventions entre les États, sécurité etc.). Cependant, il existe un décalage évident entre la mission de la CCNUCC qui est de réduire les émissions de gaz à effet de serre et celle de l'OACI qui est de protéger et de promouvoir l'aviation internationale (Lyle, 2018).

À la fin de la période prévue pour le protocole de Kyoto (2012), l'OACI avait peu progressé dans l'établissement des mécanismes pour la gestion des émissions de l'aviation internationale. Elle avait fixé des objectifs : une amélioration volontaire de l'efficacité énergétique de 2% par an, et une neutralité carbone de la croissance de l'aviation à partir de 2020, fondée sur l'utilisation d'instruments économiques, le progrès technologique et organisationnel ainsi que l'utilisation de carburants de substitution. Parallèlement à l'OACI, l'institution représentant les compagnies aériennes (IATA) avançait des perspectives assez similaires en y ajoutant un objectif de réduction des émissions en 2050 de 50% par rapport à 2005 (Bows-Larkin, 2015). **À partir de 2013, l'OACI a commencé à préciser ses intentions : recourir à un mécanisme de marché et aux permis négociables, aux biocarburants et fixer de nouvelles normes techniques pour les avions à partir de 2016.**

Pendant cette période, l'Union européenne plaidait pour des mesures territorialisées et finit par inclure l'aviation dans son système de permis négociables (EU-ETS).

Échec de l'ETS européen sur fond d'opposition de la Chine et des États-Unis

L'inclusion de l'aviation dans le système européen de permis négociables (EU-ETS) est entrée en vigueur en 2009. Une allocation globale pour le transport aérien interne et externe à l'Union européenne a alors été fixée à 95% des émissions moyennes de la période 2004-2006. Étaient concernés tous les vols au départ et à l'arrivée de l'Union européenne.

En 2009, des compagnies aériennes et associations de compagnies aériennes basées aux États-Unis et au Canada ont introduit un recours en annulation dirigé contre la transposition par le Royaume-Uni de la directive européenne. La juridiction anglaise a saisi la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE) et dans ce cadre, l'avocat général de la CJUE a rendu début octobre 2011 des conclusions défavorables aux compagnies aériennes. Loin d'atténuer les tensions, ces conclusions préfigurant d'une défaite des compagnies aériennes ont fait monter la tension d'un cran : la Chambre des

représentants a adopté deux semaines plus tard un projet de loi interdisant aux compagnies aériennes américaines de respecter la réglementation européenne. Début novembre 2011, le Conseil de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a adopté une position exhortant l'Union européenne et ses États membres de s'abstenir d'inclure dans l'UE-ETS les compagnies aériennes basées en dehors de l'UE. Une démarche qui a déclenché une vive réaction de Connie Hedegaard, la Commissaire européenne au Climat, et de l'Association des compagnies aériennes européennes (AEA) qui ont déploré une position décevante et de nature politique. La Chine et l'Inde, elles aussi, se sont vigoureusement opposées à l'inclusion de l'aviation dans le marché du carbone européen, dénonçant une décision politique et économique à leur encontre. Toutefois, l'Académie chinoise de sciences sociales, bien que recommandant aux compagnies aériennes chinoises d'intenter des actions en justice contre l'UE, leur préconisait également de limiter leurs émissions CO₂ en utilisant des agro-carburants

en améliorant l'efficacité des moteurs et en optimisant les lignes aériennes.

À la suite de ces pressions, le champ d'application de l'UE-ETS a été restreint aux vols dans l'espace aérien européen et l'allocation a été réduite en conséquence. 82% des permis d'émissions ont été distribués gratuitement, 15% mis aux enchères et 3% affectés à une réserve destinée à l'arrivée de nouveaux opérateurs sur le marché. A fin de compatibilité, la Communauté européenne a ainsi proposé le

maintien indéfini hors champ de l'EU-ETS des vols en provenance ou à destination de l'espace économique européen, ce qui se traduit par un manque à gagner en termes de réduction d'émissions d'environ 1/3. Par ailleurs, pour les vols intra-européens, la Communauté propose d'aligner l'effort demandé à l'aviation sur celui des autres secteurs, ce qui revient à une réduction des permis de 2,1% par an à partir de 2021.

ENCADRÉ 2

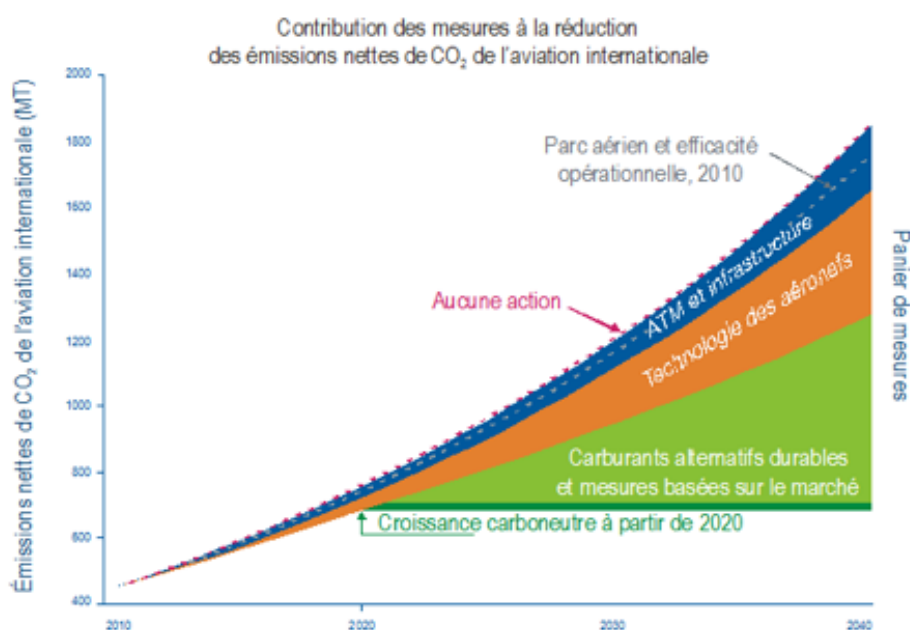


FIGURE 1. LA VISION DE L'OACI POUR LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS²

Les émissions appréhendées par l'OACI dans ses prévisions de répartition des mesures pour la réduction des émissions nettes de CO₂ dans l'aviation internationale sont celles des transporteurs pour chaque trajet qu'ils effectuent. Ce principe a pour conséquence notamment de contourner le principe des "responsabilités communes mais différenciées" entre pays, fondamental dans les négociations internationales sur le climat mais contradictoire avec celui de l'égalité de traitement gérant l'OACI. La responsabilité du suivi, du reporting et de la vérification (MRV) incombe aux États pour leurs compagnies aériennes internationales. Au-delà du MRV, un important travail de mise au point d'un dispositif de comptabilisation des compensations, de suivi et de vérification (CORSIA) est en cours, porté par l'OACI qui prévoit d'en tenir un registre consolidé

• **CORSIA** • Après plusieurs années de discussions, le secteur du transport aérien a signé, en octobre 2016, un plan de gestion des émissions futures dénommé CORSIA (*Carbon offset and reduction scheme for international aviation*) et élaboré par le Comité de la protection de l'environnement en aviation (CAEP), composé de représentants des pays et d'experts du secteur privé qui jouent un rôle moteur (Lyle, 2018). Le CORSIA est un régime mondial de mesures basées sur le marché conçu pour compenser les émissions de CO₂ de l'aviation internationale afin de stabiliser les niveaux de ces

2 - https://www.icao.int/annual-report-2013/Pages/FR/progress-on-icaos-strategic-objectives-strategic-objective-c1-environmental-protection-global-aspirational-goals_FR.aspx



émissions à partir de 2020 (CNG2020). Le projet de normes et pratiques recommandées (SARP) et les éléments indicatifs connexes forment ensemble le « CORSIA Package » visant à permettre de compenser les émissions de CO₂, grâce à l'acquisition et l'annulation par les exploitants d'avions des unités d'émissions provenant du marché mondial du carbone.

Pour cela, tous les trois ans, les États membres de l'OACI participant au CORSIA doivent vérifier que leurs exploitants d'avions se conforment aux exigences de compensation CORSIA, en plus du MRV des émissions annuelles de CO₂. Le plan comporte une phase pilote débutant en 2021 jusqu'en 2023 et une première phase opérationnelle à partir de 2024 jusqu'en 2026. Ces deux phases s'appuient sur une participation volontaire des États. Enfin, une phase de pleine application à partir de 2027 jusqu'en 2035, incluant tous les États dont la part individuelle des activités de l'aviation internationale en 2018 est supérieure à 0,5% du total mondial ou dont la part cumulative atteint 90% du total mondial. Les pays les moins développés, les petits États insulaires en développement et les États en développement sans littoral sont exemptés de ce dispositif, sauf s'ils adhèrent volontairement au régime. **Ces nombreuses exemptions prévues par l'OACI ont pour conséquence que cet accord pour la réduction des émissions du secteur aérien international devrait à terme couvrir seulement environ 75% des émissions (Lyle, 2018, p.110).**

Procédure de calcul des compensations des émissions à exiger auprès des exploitants dans le système CORSIA

Le calcul des quantités de CO₂ à compenser de la part des exploitants est calculé selon la formule suivante :

Emissions annuelles de l'exploitant x facteur de croissance = quantités de CO₂ à compenser

Le facteur de croissance dans cette équation change chaque année en fonction de la croissance des émissions du secteur et de chaque exploitant. Correspondant au pourcentage d'augmentation de la quantité des émissions de l'année de référence jusqu'à une année future donnée, le facteur de croissance est calculé par l'OACI. Ce calcul des exigences de compensation à attribuer aux exploitants d'avions passera par différentes phases. Sur la période 2021-2029, le facteur sera indexé uniquement sur le facteur de croissance des émissions du secteur. L'objectif est de passer progressivement à un calcul du facteur reposant uniquement sur les évolutions d'émissions des exploitants.

Après avoir effectué ce calcul, l'exploitant rend compte de l'utilisation de carburants d'avion durables pendant la période de conformité. L'État déduit dès lors les avantages tirés de l'utilisation de carburants d'aviation durables et informe l'exploitant de ses exigences finales de compensation pour la période de conformité. Enfin, l'exploitant présente à l'État un rapport d'annulation d'unités d'émissions validé que celui-ci vérifie en informant l'OACI.

Source : OACI, Présentation du dispositif CORSIA, 2018

ENCADRÉ 3

Le positionnement de l'Union européenne vis-à-vis de son système ETS a d'abord consisté à attendre la mise en place du plan de gestion international CORSIA et à prendre en temps voulu les mesures pour s'y adapter. Une évaluation des effets de CORSIA pour l'espace économique européen accompagnait l'étude de la mise en place de l'EU-ETS. Le tableau suivant met ainsi en regard les principales caractéristiques de CORSIA et de l'EU-ETS ; il met en lumière l'écart d'ambition et les problèmes de compatibilité entre les deux systèmes.

La mise en place du système CORSIA, comme celui de l'EU-ETS, est sujet à caution. De nombreuses divergences de vue entre l'OACI et d'autres acteurs non-étatiques sur le sujet de la réduction des émissions du secteur aérien international témoignent de la complexité des positionnements de chacun des acteurs au regard des actions qu'ils peuvent mener.

CORSIA	EU ETS
Croissance illimitée	Plafond évolutif
Rien concernant les émissions sous le niveau de 2020	Couverture totale des émissions, avec une exclusion « temporaire » de l'aviation à destination ou de provenance extra européenne
Couverture partielle des émissions (exceptions)	
Complètement fondée sur la compensation	Exclut la compensation à partir de 2020
Critères de la compensation actuellement inconnus	Liste de ce qui ne peut être retenu comme compensation
Volontaire jusqu'en 2027	Contraignant
Absence de sanctions	Pénalités financières

TABLEAU 3. DIVERGENCES ENTRE LES APPROCHES DU DISPOSITIF CORSIA, ET LE SYSTÈME D'ÉCHANGE DE QUOTAS CARBONE EUROPÉEN.

Source : Adapté de Carbon Market Watch, 2017

• LE POSITIONNEMENT DES ACTEURS FACE AUX GRANDS SYSTÈMES DE COMPENSATION • Les constructeurs et les compagnies aériennes interviennent à travers plusieurs associations ayant pour but d'alimenter en expertise le débat sur les méthodes de réduction des émissions CO₂ du secteur aérien. Les principales associations sont l'ATAG et l'ACARE³ côté constructeurs, l'IATA pour les compagnies aériennes. Ces acteurs ont certainement joué un rôle déterminant dans le processus d'élaboration, assez opaque, des propositions de l'OACI et ils adhèrent totalement à une stratégie associant l'usage des biocarburants et une compensation des émissions restantes. Leur communication insiste sur évolutions technologiques et organisationnelles attendues. Par exemple, il s'agit d'une réduction de 75 % des émissions au passager.km de CO₂ en 2050 par rapport à 2005 (source ACARE)⁴. Objectif à tenir dans un contexte de développement accru du trafic aérien mondial. En effet, l'IATA prévoyait en octobre 2018 un doublement du trafic aérien mondial à l'horizon 2037.

Or, d'après le rapport annuel 2016 du Carbon Market Watch, l'apport maximal de CORSIA à la réduction des émissions de l'aviation est estimé à 0,3 GT de CO₂ équivalent par an alors que le supplément d'émissions du secteur en 2030 par rapport à 2017 devrait être d'environ 0,6 GT. La Coalition internationale pour une aviation durable (ICSA)⁵ a publié un rapport en février 2018, intitulé « *Comprendre le Programme CORSIA : un guide critique des principales dispositions du projet de normes et pratiques recommandées et des éléments indicatifs connexes pour le Programme de compensation et de réduction de carbone pour l'aviation internationale (CORSIA)* », dans lequel elle émet un avis critique sur la mise en place de ce système et sur plusieurs éléments dans son fonctionnement.

Tout d'abord, elle estime que le système de suivi, de compte rendu et de vérification (MRV) du CORSIA tel que proposé dans le « CORSIA Package » n'est pas suffisamment transparent. Pour ICSA, le fait d'autoriser des tiers à accéder aux rapports d'émissions soumis par les exploitants

3 - <https://www.acare4europe.org/sites/acare4europe.org/files/document/volume1.pdf>

4 - <https://www.acare4europe.org/documents/delivering-europe%E2%80%99s-vision-aviation-sria-2017-update>

5 - L'ICSA est composée de l'Aviation Environment Federation (AEF), Carbon Market Watch, EDF Environmental Defense Fund, the International Council on Clean Transportation (ICCT), Transport & Environment, et le WWF.



d'avions contribuerait à garantir l'intégrité environnementale du CORSIA et à éviter une distorsion du marché en dissuadant tout traitement de faveur à l'égard des transporteurs. Par ailleurs, la coalition suggère que l'OACI s'abstienne d'attribuer des crédits aux carburants d'aviation alternatifs dans le cadre du CORSIA tant que les dispositions relatives aux carburants d'aviation durables, et notamment concernant les critères de durabilité, n'ont pas été renforcées. Ces critères de durabilité stricts et exhaustifs devraient ainsi, selon ICASA, être prévus dans les éléments finaux de mise en œuvre du CORSIA avant le lancement de la phase pilote de 2021.

• **LA SUÈDE, CAVALIER SEUL SUR LA TAXATION DES VOLS** • En Suède, une loi adoptée le 30 novembre 2017 a acté la mise en place, à compter du 1^{er} avril 2018, d'une taxe aéronautique. L'État suédois impose ainsi aux compagnies aériennes de déclarer et payer la taxe sur tous les vols commerciaux, au départ de Suède, affrétant des aéronefs de plus de 10 places. Le taux de taxation dépend de la destination finale du passager : 6 € vers les pays d'Europe continentale, 25 € vers les pays hors Europe (Moyen-Orient, Afrique, USA, Asie Centrale), et 40 € vers les pays autres. La loi prévoit des exemptions pour les enfants de moins de 2 ans, les équipages en services, les vols suivant un arrêt technique, les vols revenant à l'aéroport pour des raisons météorologiques ou suite à une panne mécanique.

Les conséquences de la mise en place de cette taxe se sont très rapidement fait ressentir. **Le 1^{er} octobre 2018, l'Agence suédoise des transports a abaissé de 500 000 passagers ses prévisions de trafic aérien pour 2018 et 2019 par rapport aux prévisions publiées au printemps 2018. Le nombre de passagers au départ des aéroports suédois devrait donc seulement augmenter de 1,3% en 2018 soit au total 23,7 millions de passagers, et 2,3% en 2019 (soit au total 23,9 millions de passagers).** Le trafic extérieur devrait augmenter, tandis que le trafic intérieur devrait diminuer. L'Agence suédoise des transports a attribué l'augmentation relativement faible du nombre de passagers à la taxe sur le transport aérien suédoise, entrée en vigueur en avril 2018, et à la faillite de Nextjet, principale compagnie aérienne régionale, qui a entraîné une réduction de l'offre, en particulier sur le marché intérieur de l'aviation. Par ailleurs, suite à sa mise en place, les compagnies aériennes ont vivement réagi, par l'intermédiaire de l'IATA, avertissant que cette taxe provoquerait, à court terme, la suppression de 7 500 emplois en Suède et aurait un impact négatif sur la compétitivité économique de la Suède, le secteur représentant actuellement 4% du PIB et 240 000 emplois dans le pays. Il faut noter que l'IATA n'a pas évoqué la Convention de Chicago de 1944, document de référence de la régulation du trafic aérien international, qui est à l'origine de la création de l'OACI, et qui précise que le carburant contenu dans le réservoir d'un avion ne peut pas être taxé à l'arrivée dans un pays. Cette convention est régulièrement mise en avant pour empêcher toute taxation du kérosène

3 • LES SYSTÈMES DE COMPENSATION VOLONTAIRE

Des ONG de protection de l'environnement et de petites entreprises spécialisées dans le conseil en développement durable cherchent à produire et vendre des « crédits carbone » aux entreprises non visées par le protocole de Kyoto. **Ce mécanisme marchand est appelé « marché volontaire » de la compensation carbone. Ces promoteurs démarchent donc des entreprises de secteurs divers qui n'ont pas obligation juridique de s'investir dans des services de compensation de leurs émissions GES (Valiergue, 2018).** Certains d'entre eux vont même jusqu'à étendre leurs propositions en promouvant des catégories de projets non-répertoriés par l'ONU comme pouvant donner lieu à la production de crédits carbone, par exemple la vente de fours améliorés ou distribution de filtres à eau. La consolidation de ce marché volontaire de la compensation s'appuie sur la mise en place de différents dispositifs et pratiques qui valorisent monétairement ces services de compensation carbone. A ce titre, de nombreux acteurs économiques mettent en place des services d'accompagnement pour la compensation carbone volontaire de la part des clients lors de leurs achats, particulièrement dans le secteur du tourisme et de l'aérien.

• COMPENSATION VOLONTAIRE MISE EN PLACE PAR LES COMPAGNIES AÉRIENNES EN APPUI SUR DES LABELLISATIONS •

La compagnie aérienne Ryanair propose aux clients de cocher une case lors de l'achat de leur billet afin de « faire un don pour compenser l'empreinte carbone de mon vol et contribuer à d'autres initiatives environnementales ». Air France, quant à elle, envoie un courrier électronique aux clients après un vol pour promouvoir son initiative « Trip and Tree ». Les consommateurs peuvent aussi faire le choix de passer directement par des organismes privés ou des ONG spécialisées afin de compenser monétairement les émissions carbone de leurs voyages. Le principe est toujours le même : après avoir calculé l'équivalent carbone du voyage, le total est converti en une somme d'argent, que le voyageur peut verser à l'association de son choix qui se chargera, par exemple, de planter des arbres. La labellisation devient alors un outil essentiel afin que le consommateur puisse se repérer dans la multitude d'offres de compensation.

Différences d'évaluation dans les calculs des besoins de compensation à l'achat d'un billet d'avion.

Dans le cadre d'un reportage, le journal français Libération s'est essayé, en octobre 2018, à un test d'achat de billet d'avion pour un aller simple direct entre Paris et Le Cap, en Afrique du sud, sur plusieurs plateformes intégrant des calculateurs. Il en est déduit qu'un voyageur en classe économique consomme :

- l'équivalent de 932 kg de carbone, si on se fie au calculateur d'Air France ;
- 1,735 tonnes, si on en croit l'allemand atmosfair.de, qui prend en compte le modèle d'avion ;
- 1,8 tonne de CO₂, selon myclimate.org ;
- 1,98 tonnes, nous disent CO2solidaire.org, climatmundi.fr et greentripper.org ;
- 2,05 tonnes, chez GoodPlanet.org (la fondation de Yann Arthus Bertrand) ;
- 2,31 tonnes, annonce CO2balance.com ;
- sur le site du ministère français de l'environnement (MTES) (Direction générale de l'aviation civile), il semble impossible de trouver Le Cap pour destination. Mais il est indiqué une consommation de 891 kilogrammes d'équivalent CO₂ pour un vol Paris-Johannesburg (Afrique du sud).

En conclusion, il semble donc possible, selon les calculateurs, de multiplier par 2,5 l'estimation de consommation d'un même vol, ce qui ajoute à l'incertitude quant à l'efficacité des actions de compensation volontaire et à la perte de lisibilité pour les consommateurs.

Source : https://www.liberation.fr/planete/2018/10/20/compenser-ses-voyages-en-avion-une-fausse-solution_1684614

ENCADRÉ 4

L'adhésion d'un opérateur à un label international apparaît alors comme un plus bénéfique. Communément admis comme étant le plus performant, le Gold Standard a été créé en 2003, à l'initiative des ONG internationales WWF, SouthSouthNorth et Helio International, est considéré comme garantissant la meilleure traçabilité des projets de compensation à l'heure actuelle. D'autres se positionnent également comme labels de référence, à l'image du « VCS » créé en 2006, et adopté par la Caisse des dépôts pour la création de son registre de crédits carbone en mars 2009.

Outre les labels, le choix du projet reste primordial. Les projets de reforestation sont par exemple très controversés, au point que Climat Mundi (bureau d'étude spécialisé dans l'accompagnement des acteurs économiques et institutionnels dans l'intégration des problématiques climatiques et de réduction des émissions dans leurs politiques de développement) se refuse à en financer, la



difficulté d'évaluer la quantité de carbone stockée dans une forêt, ainsi que la diachronie entre CO₂ émis par les humains et compensation efficace par une forêt à minima trentenaire, restant aujourd'hui deux des problèmes principaux.

• **LES TOUR-OPÉRATEURS TABLENT AUSSI SUR LA LABELLISATION DE COMPENSATION VOLONTAIRE** • Les tour-opérateurs se mobilisent également pour mettre en avant la compensation volontaire auprès de leurs clients. Le label ATR (Agir pour un Tourisme Responsable) entièrement renouvelé en 2015 a souhaité s'ouvrir aux grands opérateurs démontrant que le tourisme durable ne devait pas se cantonner à une niche. Jusqu'ici, les entreprises opératrices étaient invitées à établir leur bilan carbone annuel en fonction des choix des offres proposées à leurs clients. Pour aller plus loin, la direction du label ATR a annoncé vouloir proposer, à compter du second semestre 2018, que 100% des émissions du périmètre des entreprises opératrices de voyage soient compensées. L'argument avancé par le label est qu'il semble indispensable, qu'avant de demander des compensations volontaires à leurs clients, les opérateurs soient eux-mêmes volontaristes sur la question. Certaines entreprises opèrent déjà ce changement comme le voyageur Les Ateliers du Voyages (groupe Travel Lab), labellisé ATR, qui a par exemple, à l'occasion de la journée mondiale pour un tourisme responsable le 2 juin, a pris en charge la compensation carbone de tous les voyages vendus cette semaine-là. Cette démarche s'est appuyée sur un partenariat avec la plateforme CO₂ Solidaire du GERES, qui a été lancée en 2004 et qui est aujourd'hui au service de quatre porteurs de projets (GERES, Initiative Développement, Microsol et Bleu-Blanc-Cœur) avec pour objectif de proposer des crédits carbone à haute qualité sociale en circuit court.

Impact de l'évolution du tourisme mondial sur le secteur de l'aérien.

Une étude parue en mai 2018 dans la revue *Nature Climate Change* (Lenzen & al., 2018) stipule que l'activité touristique est responsable d'environ 8% des émissions mondiales de GES. Entre 2009 et 2013, l'empreinte carbone du secteur au niveau mondial serait ainsi passée de 3,9 à 4,5 milliards de tonnes équivalent CO₂, en considérant les émissions liées aux transports mais aussi à celles découlant de la consommation de biens et services par les touristes et voyageurs d'affaires. Au regard de la forte crois-

sance estimée du secteur touristique mondial, soit +7% sur l'année 2017, les auteurs de cette étude concluent que le tourisme continuera à constituer une part croissante des émissions mondiales de GES dans les années à venir et donc renforcera les besoins de déplacements, particulièrement aériens. La plus grande part de ces émissions proviendraient des pays à revenus élevés, du fait des séjours intérieurs (en appui sur le développement des vols low-cost intérieurs) mais aussi de leurs ressortissants voyageant à l'étranger.

ENCADRÉ 5

D'autres voyageurs se sont également très tôt intéressés au sujet, à l'image de l'entreprise Voyageurs du Monde. Depuis 2007, le voyageur compense 100% des émissions de ses salariés et jusqu'à 20% de celles de ses clients par des programmes de reforestation par le biais de la fondation "Insolite Bâtitisseur Philippe Romero". Depuis le 1^{er} janvier 2018, le groupe va plus loin en prenant en charge 100% des émissions de CO₂ générées par le transport aérien et terrestre de chaque voyage réalisé par Voyageurs du Monde et Terres d'Aventure. Au total, cette démarche coûte environ 500 000€ par an pour Voyageurs du Monde et 200 000€ pour Terres d'Aventure. Un choix important pour les deux entreprises qui se substitueront ainsi à la compensation volontaire de la part de leurs clients qu'ils estiment peu efficace. D'autres ont développé des systèmes de compensation hybrides : 50% du montant de la compensation carbone est assurée par les clients, le voyageur prend en charge le solde pour financer des outils et équipements économes en énergie dans les pays en développement, en s'appuyant sur des partenariats avec des ONG et associations

locales. Le voyageur Double Sens a mis en place ce système d'engagements dans ces projets de la part des voyageurs depuis 2017 et en tire des résultats intéressants avec 30% des voyageurs participant à la démarche de compensation volontaire.

4 • LES CHOIX TECHNOLOGIQUES

Dans le cadre de la préparation de la COP 21 à Paris, en 2015, les constructeurs aéronautiques ont pris des engagements, aux côtés des grandes compagnies aériennes mondiales, afin de réduire significativement les émissions CO₂ émises par les engins issus de leurs chaînes de production. **Dans une lettre d'engagements publiée par le Groupe d'Action sur le Transport Aérien (ATAG), les 28 dirigeants des principaux constructeurs de l'aviation commerciale, des motoristes et des groupes de commerce des compagnies aériennes et des aéroports du monde ont déclaré envisager une amélioration annuelle de 1,5% de l'efficacité énergétique du parc mondial, une croissance neutre en carbone à partir de 2020 et une réduction de 50% des émissions de CO₂ d'ici 2050 par rapport aux niveaux de 2005.** Pour respecter cette feuille de route, constructeurs et compagnies travaillent sur 3 grands axes : réduction du poids des avions, nouvelles technologies de motorisation et carburants alternatifs au kérosène. Les évolutions des infrastructures aéroportuaires et les directives des compagnies à l'adresse des équipages au sol permettent également de participer à l'effort du secteur.

• **LES MOTORISATIONS** • Les entreprises de construction aéronautiques, particulièrement les deux principales à l'échelle mondiale, Airbus et Boeing, s'appuient sur une filière d'entreprises motoristes. Deux grandes entreprises concurrentes, l'une franco-américaine (CFM International), l'autre américaine (Pratt & Whitney) se disputent le marché mondial. Leurs multiples collaborations, avec Airbus notamment, ont permis la livraison, en 2016, de 68 aéronefs A320neo, dont le premier exemplaire doté de moteurs LEAP-1A a été livré à la compagnie turque Pegasus Airlines. Avec l'A320neo, Airbus a vendu une réduction de 15% de la consommation de carburant par siège dès sa mise en service, et de 20% d'ici à 2020 par rapport à l'A320 actuel. Le moteur de CFM International offre donc aux opérateurs des améliorations à deux chiffres en termes de consommation de carburant et d'émissions de CO₂ par rapport aux meilleurs moteurs CFM jusqu'alors en service, ainsi qu'une diminution des émissions d'oxyde d'azote et des nuisances sonores. La société commune à 50-50 entre General Electric (GE) et Safran, CFM International, a ainsi prévu de livrer une centaine de moteurs LEAP en 2016, puis 500 en 2017 et 1 200 en 2018. Plus de 11 100 commandes et intentions d'achat avaient été enregistrées pour le moteur LEAP à fin juillet 2016 (contre 8 400 GTF de P&W à mi-décembre). L'ensemble des technologies mises en œuvre se traduiront, selon les constructeurs, par une optimisation des conditions d'exploitation, combinées à la fiabilité et aux faibles coûts de maintenance des moteurs de CFM. Selon Safran, elles permettront une plus grande disponibilité des flottes, une longévité accrue contribuant à réduire les coûts et les opérations de maintenance.

L'ère de l'hybride-électrique s'ouvre pour le secteur aéronautique.

Un avion à propulsion hybride-électrique volera en 2020. C'est l'engagement pris en décembre 2017 dans un accord tripartite conclu entre Airbus, le motoriste Rolls-Royce et l'allemand Siemens. Cette coopération complète l'accord envisagé dès avril 2016 entre Airbus et Siemens visant à développer, d'ici 2020, des moteurs hybrides et électriques pour des avions, des hélicoptères ou des drones.

Les industriels misent sur un projet baptisé E-Fan X pour concevoir un avion moins dépendant des carburants fossiles afin de respecter les objectifs pla-



nétaires de réduction des émissions de CO₂. Ce programme remplace l'E-Fan, aéronef bi-place équipé d'une motorisation 100 % électrique qu'Airbus avait abandonné en mars 2017.

Au sein de ce projet, aux côtés d'Airbus, responsable de l'intégration globale du système de propulsion hybride et des batteries, Rolls-Royce se chargera du turbomoteur, du générateur de deux mégawatts et de l'électronique de puissance. Siemens livrera les moteurs électriques et leur boîtier de commande électronique de puissance, ainsi que l'inverseur, le convertisseur DC/DC et le système de distribution de puissance.

Le vol de l'avion E-Fan X est prévu pour 2020, à l'issue d'une campagne complète d'essais réalisés au sol. Il s'agira d'un avion d'essai BAe 146, dont l'un des quatre réacteurs aura été remplacé par un moteur électrique d'une puissance de deux mégawatts. Par la suite, des dispositions seront prises pour remplacer une deuxième turbine par un moteur électrique, une fois que la maturité du système aura été démontrée, tel que le précisent les trois industriels impliqués.

Source : Airbus Newsroom, 2017

<https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2017/11/airbus--rolls-royce--and-siemens-team-up-for-electric-future-par.html>

ENCADRÉ 6

• **LES BIOCARBURANTS** • Les constructeurs d'avions ont souligné, dans le cadre préparatoire aux accords de Paris sur le climat, l'importance qu'elles accordent aux biocarburants, permettant potentiellement une réduction des émissions de CO₂ de 50 à 80 % par rapport aux carburants fossiles, avec la mise en place de filières « biocarburants aéronautiques durables ». **Dans une optique de massification de l'utilisation des biocarburants, les acteurs du secteur et les États membres de l'OACI ont identifié un ensemble de mesures pour le déploiement de carburants alternatifs durables de type « drop-in »** (carburants de structure chimique analogue aux carburants fossiles facilitant leur incorporation à haute teneur). L'intégration des carburants alternatifs dans la phase pilote du système de compensation carbone CORSIA en 2021 est déjà prévue. De plus, dans la prochaine version de la Directive Energies Renouvelables attendue courant 2018, l'Europe envisage d'intégrer le secteur de l'aviation dans les objectifs ENR8 du secteur transport. De son côté, l'État français a signé, fin 2017, un partenariat public/privé sous la forme d'un Engagement pour la Croissance Verte (ECV) relatif à la mise en place d'une filière de biocarburants aéronautiques durables en France, issus de biomasses de type déchets.

S'appuyant sur le premier essai d'un avion ayant volé au biocarburant en 2008, l'IATA lançait en 2011 son programme Sustainable Aviation Fuel (SAF) en envisageant qu'à l'horizon 2017, 100 000 vols s'effectueraient avec du biocombustible et qu'en 2020 environ un million de vols seraient concernés. A terme, la projection menait à 1 milliard de passagers voyageant potentiellement sur des vols aux biocarburants en 2025. L'atteinte de cet objectif présume que de nombreux engagements bilatéraux entre producteurs et compagnies aériennes, et parfois aussi constructeurs, puissent voir le jour dans les prochaines années. **Déjà, depuis 2009, date du premier partenariat déclaré, ces engagements se multiplient, 28 au total entre 2010 et 2015, impliquant régionalement les parties prenantes (IATA, 2015).** Le vol de Hainan Airlines, du 21 novembre 2017, s'est effectué en utilisant du biocarburant fabriqué par l'unité locale de Sinopec Group, industriel pétrochimique chinois. La Chine a ainsi effectué son premier vol transocéanique, au départ de Pékin et à destination de Chicago, au carburant vert, transportant 186 passagers et 15 membres d'équipage. L'avion Boeing 787 a volé avec du biocarburant produit à partir d'huile de cuisson usagée fournie par China Petroleum and Chemical Corp., filiale de Sinopec Group basée à Ningbo, dans la province

du Zhejiang. Si l'industriel et la compagnie se sont félicités de cette réussite, le biocarburant ici utilisé était composé seulement à 15% d'huile de cuisson et à 85% de carburant d'aviation classique. Bien qu'un certain nombre de compagnies aériennes aient signé des contrats d'accords d'achat sur des biocarburants, les résultats ne sont pas à la hauteur des ambitions envisagées par l'IATA. Sur une base de 51 à 55 \$/baril de combustible fossile, l'utilisation de biocarburant constituait en 2017 un surcoût d'environ 27% pour les compagnies aérienne (US department of Energy, 2017).

L'accord SAS et Preem pour l'utilisation de biocarburant

En Suède, SAS, compagnie aérienne, et Preem, compagnie pétrolière, ont signé une lettre d'intention pour un accord de production et d'utilisation de carburant aviation renouvelable. SAS a pour ambition de remplacer le volume de carburant actuel destiné à l'aviation nationale par des biocarburants d'ici 2030. La lettre d'intention signifie que SAS et Preem vont collaborer pour assurer conjointement

la production de biojet (carburant d'aviation renouvelable ou biocarburant) dans le cadre de l'extension prévue de la capacité de Preem sur la raffinerie de Göteborg. Le démarrage de préliminaire la production commencera en 2022 et la capacité totale des biocarburants est estimée à plus d'un million de mètres cubes, dont un sous-ensemble peut être biojeté sur l'avion.

ENCADRÉ 7

Afin de booster le développement des initiatives, le Secrétariat de l'OACI a publié une proposition de très grande échelle pour l'utilisation de biocarburants, avant sa conférence de haut niveau sur les carburants alternatifs à Mexico, du 11 au 13 octobre 2017. **La proposition impliquerait 5 millions de tonnes de biocarburants par an utilisées par l'aviation à l'horizon 2025, soit 2% des projections d'utilisation de carburant d'aviation ; 128 millions de tonnes par an utilisées d'ici 2040, ce qui représente 32% du carburant de l'aviation projeté ; 285 millions de tonnes par an utilisées d'ici 2050, soit 50% du carburant de l'aviation projeté.** Mais au-delà des quantités de production et consommation, la question de la qualité des biocarburants utilisés est importante, non seulement pour une question de performance de carburant mais également pour des questions d'impact environnemental et de réduction d'utilisation de carburants fossiles classiques. Six biocarburants aéronautiques sont d'ores et déjà certifiés par l'ASTM (American Society for Testing and Materials) pour un usage en mélange avec le kérosène fossile et plusieurs nouvelles technologies sont en cours de certification.

Les technologies biocarburants aéronautiques certifiées ASTM en juin 2018. Source : ANCRE

Technologies certifiées	Ressources biomasses	Taux de mélange certifié	Maturité technologique	Principaux acteurs impliqués sur l'ensemble de la chaîne (dont industriels et acteurs R&D français)
HEFA (1) Hydrotraitement d'huiles	Huiles végétales, huiles usagées, graisses animales, huiles microbiennes	50 % vol.	TRL9 : Technologie mature dont usine Total en cours d'ouverture à la Mède (France)	Axens, Total, IFPEN Neste (Finlande, Pays-Bas, Singapour), UOP-ENI (Italie, USA)
HEFA (1-bis) Hydrotraitement d'huiles	Idem HEFA (1) en coprocessing avec des résidus du raffinage	5 % vol.	TRL9 : Technologie mature	Idem HEFA (1)
FT-SPK (2) Gazéification & Fischer-Tropsch	Biomasse lignocellulosique	50 % vol.	TRL8 : Fin du programme R&D BioFuel en France en 2019	Bionext (BioFuel), IFPEN, CEA, AVRIL BELT (Canada), Fulcrum (USA), RedRock (USA), Velocys (USA)
FT-SPK (2-bis) + aromatiques	Biomasse lignocellulosique	50 % vol.	Démontré sur ressources fossiles TRL7 à partir de biomasse	Idem FT-SPK (2)
SIP (3) Farnesane par voie biologique	Sucres issus de plantes sucrières, Sucres lignocellulosiques	10 % vol.	TRL9 : Technologie mature à partir de canne à sucre au Brésil, TRL4 : R&D sur voie lignocellulosique	Amyris (Brésil) en partenariat avec Total et Airbus pour l'importation
ATJ (4) Iso-butanol ou éthanol	Sucres issus de plantes sucrières, Sucres lignocellulosiques	50 % vol.	Technologie mature pour la production d'alcool, TRL7 sur la chaîne complète, TRL4 à démontrer sur biomasse lignocellulosique	GEVO, Lanzatech, Byogy (USA) Ethanol lignocellulosique : Procethol2G (Futuro), INRA, IFPEN, ARD, Lesaffre , Biochemtex (Italie), Clariant, Poet-DSM (USA), Praj (Inde)

(1) Hydrotreated Esters And Fatty Acids ; (2) Fischer-Tropsch - Synthetic Paraffinic Kerosene ; (3) Synthesized Iso-Paraffins ; (4) Alcohol To Jet.

FIGURE 2. LES TECHNOLOGIES BIOCARBURANTS AÉRONAUTIQUES CERTIFIÉES ASTM EN JUIN 2018

Source : ANCRE, juin 2018



Dans son rapport d'octobre 2017, l'ONG Biofuelwatch mettait en garde sur la durabilité économique et environnementale de l'utilisation massive des biocarburants agréés par l'ASTM (Biofuelwatch, 2017). Parmi ceux-ci, l'HEFA est un carburant d'aviation issu du raffinage d'huile végétale hydrotraî-tée, impliquant l'utilisation d'hydrogène (procédé HVO). Il s'agit donc d'un type particulier d'HVO destiné à l'aviation, légèrement différent du HVO diesel utilisé comme carburant pour le secteur routier. Biofuelwatch rappelait dans son rapport que les combustibles HVO, et spécifiquement HVO diesel, sont des carburants en très forte augmentation de production. L'ONG craint que ce nouveau marché n'ouvre sur une demande toujours plus importante d'huiles végétales, particulièrement d'huile de palme. **Un développement exponentiel de l'utilisation des HVO dans l'aviation, sous le prétexte de réduction des émissions carbone du secteur, pourrait ainsi provoquer une massification supplémentaire de la culture de palmiers à huile, entraînant la poursuite de la déforestation, les surfaces actuelles ne pouvant suffire à satisfaire toutes les demandes, alimentaire et de carburant...**

• **LES AÉROPORTS** • Face à l'enjeu de réduction des émissions carbone du secteur, les plateformes aéroportuaires elles-aussi prennent des engagements pour accompagner la transition nécessaire. **Selon la CCNUCC, en octobre 2018, on comptait 250 aéroports dans 68 pays (sur 3 864 aéroports commerciaux dans le monde) ayant pris des engagements à lutter contre le changement climatique et 44 d'entre eux auraient d'ores et déjà atteint la neutralité climatique dans le cadre du programme d'accréditation carbone des aéroports géré par le Conseil International des Aéroports (ACI).** Quelque 48 aéroports ont adhéré au programme au cours de la période de 12 mois se terminant en mai 2018, soit une augmentation de 25% par rapport à l'année précédente. Au total, ce sont 3,3 milliards de passagers concernés l'année dernière, ce qui représente 44,2% du trafic mondial de passagers selon Airport Carbon Accreditation (ACA). L'ACI Monde examine actuellement diverses options pour faire en sorte que les aéroports du monde entier adhèrent officiellement au programme.

L'ACI distingue différentes sources d'émissions par champ d'implication vis-à-vis desquels les aéroports doivent prendre des mesures (ACI, 2009) :

- Scope 1 : Sources dont l'aéroport est propriétaire ou qu'il contrôle. Centrales électriques (production de chauffage, d'air climatisé et d'électricité), parc de véhicules (transport de passagers, véhicules de servitude, machines utilisées côté piste et côté ville), entretien de l'aéroport (nettoyage, réparations, espaces verts...), matériel de manutention et d'entretien des aéronefs au sol, énergie de secours, entraînement à la lutte contre l'incendie, déchets traités sur place.
- Scope 2 : Production d'électricité hors aéroport achetée par l'exploitant d'aéroport.
- Scope 3 : Autres activités et sources liées à l'aéroport

Entre juillet 2016 et juillet 2017, les aéroports ayant reporté leurs émissions auprès de la plateforme Airport Carbon Accreditation auraient diminué leurs émissions de CO₂ de 202,8 MtCO₂, ce qui est un résultat plus faible que sur les années précédentes (206 MtCO₂ en 2015-2016 et 212,4 MtCO₂ en 2014-2015).

Le programme d'accréditation carbone des aéroports de l'ACI

Le programme d'accréditation carbone dans les aéroports porté par le Conseil International des Aéroports est administré de manière indépendante, approuvé par les institutions et bénéficie du soutien de l'ONU Changements climatiques, de l'ONU Environnement, de l'Organisation de l'aviation civile internationale, de la Federal Aviation Administration américaine et de la Commission européenne. A ce jour, les engagements des aéroports étant volontaires, 39 aéroports d'Amérique du Nord, 17 d'Amérique du Sud, 136 d'Europe, 47 de la région Asie-Pacifique et 10 d'Afrique portent cette certification.

L'ACI délivre quatre niveaux d'accréditation couvrant toutes les étapes de la gestion du carbone :

- Niveau 1, Inventaire : un inventaire des sources et des quantités annuelles d'émissions de CO₂ sur lesquelles l'exploitant d'aéroport exerce un contrôle direct (sources des scopes 1 et 2), avec la possibilité d'inclure certaines sources du scope 3 et d'autres gaz à effet de serre que le CO₂. Une liste des autres sources d'émissions

(scope 3) est également requise.

- Niveau 2, Réduction : comme pour l'inventaire du niveau 1, un plan de gestion des émissions de carbone produites par les sources des scopes 1 et 2 doit être élaboré et mis en œuvre ; des éléments de preuve à l'appui des mesures, des déclarations et des réductions d'émissions en cours doivent également être fournis.

- Niveau 3, Optimisation : l'inventaire doit être élargi à certaines sources du scope 3, en prenant (au moins) en compte le cycle LTO des aéronefs, les GAP, l'accès de surface et les voyages d'affaires. Le plan de gestion des émissions de carbone doit être étendu à la participation d'autres intervenants et les réductions d'émissions en cours doivent être démontrées.

- Niveau 3+, Neutralité : comme pour les exigences à respecter pour le niveau 3, l'exploitant d'aéroport doit démontrer qu'il a compensé ses émissions résiduelles issues des scopes 1 et 2 et qu'il a donc atteint la « neutralité carbone ». Seule la gestion des émissions de CO₂ est obligatoire dans le programme de l'ACA. L'inclusion d'émissions d'autres GES est facultative.

ENCADRÉ 8

De nombreuses initiatives émanant des plateformes aéroportuaires sont donc à souligner en vue de la réduction de leurs émissions. **En octobre 2018, l'aéroport international le plus fréquenté de la Côte d'Ivoire, l'aéroport Félix Houphouët-Boigny desservant Abidjan, a renouvelé son accréditation Airport Carbon au plus haut niveau (3+ Neutrality). À ce jour, cet aéroport est le seul, sur le continent africain, à avoir atteint ce niveau de maturité en matière de gestion du carbone.** En septembre 2018, le partenariat entre l'aéroport de Brisbane, sous la direction de Brisbane Airport Corporation (BAC), la compagnie aérienne Virgin Australia et le premier fournisseur australien de carburants de transport Caltex, a abouti à une série d'essais concluant quant à l'utilisation de biocarburant pour des vols de la compagnie. Pour les parties prenantes, et le gouvernement du Queensland, la réussite des essais est une première étape importante pour garantir que les aéroports australiens et la chaîne d'approvisionnement en carburant seront prêts à fournir régulièrement des biocarburants tout en développant une véritable filière locale. L'optimisation des trajectoires en vol et le roulage sur le tarmac à l'atterrissage et au décollage font également partie des solutions pour réduire la consommation de carburant sur les plateformes aéroportuaires. Air France - KLM par exemple incite ses pilotes à avoir des conduites éco-responsables en optimisant l'emport de carburant ou en coupant un des deux moteurs lors des roulages.

Au sol, le transporteur s'est également équipé de véhicules de pistes électriques (50% du parc). Objectif pour le groupe franco-néerlandais : améliorer son efficacité énergétique de 20% d'ici 2020 versus 2011.

CONCLUSION

La croissance, extrêmement importante, du transport aérien telle qu'envisagée pour les prochaines décennies (augmentation du tourisme de masse, notamment) place l'ensemble des acteurs impliqués (constructeurs, compagnies, plateformes aéroportuaires) face à un défi majeur de contrôle des émissions carbone. Faisant figure d'exception par rapport aux accords entre États sous l'égide de la Convention climat, dans le transport aérien, tout comme dans le maritime, cette régulation a été laissée à la charge des acteurs eux-mêmes par l'intermédiaire d'organismes internationaux (OACI, IATA), même si les gouvernements nationaux continuent évidemment sur veiller à leurs intérêts comme on l'a vu avec l'épisode de l'ETS européen. Ce système de régulation s'appuie aussi sur un refus de limitation de la croissance du secteur, il n'a pas aujourd'hui démontré sa faisabilité, et suscite beaucoup de scepticisme sur les deux outils privilégiés, la compensation et l'appel aux biocarburants.

Pour autant, il faut noter que les acteurs investissent réellement sur des développements technologiques (motorisations et combustibles), sur la base de partenariats industriels, tant lors des périodes de vol qu'au niveau des infrastructures au sol. L'impact de ces nouvelles technologies en matière d'émissions carbone brutes et de durabilité environnementale (notamment sur les biocarburants consommés) sera donc un enjeu essentiel dans les années à venir.

N'HÉSITÉZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE : CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG



RÉFÉRENCES

- ADEME. (2018). Bilan national du programme d'actions des aéroports établi par l'ADEME : application du décret n°2016-565 et de l'article 45 de la loi n°2015-992. (pp. 100 p). Paris : ADEME.
- Airports Council International. (2009). Guide sur la gestion des émissions de gaz à effet de serre liées aux aéroports.
- Akerman, J. (2005). Sustainable air transport : on track to 2050. *Transportation research D*, 10, 111-126.
- Anderson, K. (2012). The inconvenient truth of carbon offsets. *Nature*, 484(7).
- ATAG. (2015). The aviation sector's climate action framework.
- Ayres, R. (1997). Environment market failures : Are there any local market-based corrective mechanisms for global problems? *Mitigation and adaptation strategies for global change*(1), 289-309.
- Barbosa Cortez, L. (2014). Roadmap for sustainable aviation biofuels for Brazil. A Flightpath to Aviation Biofuels in Brazil : BOEING/EMBRAER/UNICAMP and FAPESP.
- Biofuelwatch. (2017). Aviation biofuels : How ICAO and industry plans for 'sustainable alternative aviation fuels' could lead to planes flying on palm oil.
- Bofinger, H., & Strand, J. (2013). Calculating the Carbon Footprint from Different Classes of Air Travel
- Policy Research Working Paper : World Bank.
- Bows-Larkin, A. (2015). All adrift : aviation, shipping, and climate change policy. *Climate Policy*, 15(6), 681-702. doi : 10.1080/14693062.2014.965125
- Carbon Market Watch. (2017). Addressing aviation emissions under the EU Emissions Trading System.
- Centro de gestao estudos estrategicos. (2017). Second generation sugarcane bio energy and bio chemicals. Brasilia.
- Chiamonti, D., Prussi, M., Buffi, M., & Tacconi, D. (2014). Sustainable biokerosene : process routes and industrial demonstration. *Applied Energy*(136), 767-774.
- Cremonez, P. A., Feroldi, M., De Oliveira, C. J., Teleken, J. G., H.J., A., & Sampaio, S. C. (2015). Environmental, economic and social impact of aviation biofuel production in Brazil. *New biotechnology*, 32.
- Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale. (2008). "Déplacements touristiques des Français : hyper concentration des comportements les plus émetteurs de gaz à effet de serre. Economie, environnement et développement durable, hors série(11).
- Fawcett, T. (2005). Personal carbon allowances. Background document L for the 40% House report (pp. 5 p). Oxford : Environmental Change Institute
- University of Oxford.
- Fleming, D., & Chamberlin, S. (2011). TEQs. A policy framework for peak oil and climate change (pp. 54). London : House of Commons.
- Gössling, S., Broderick, J., Upham, P., Ceron, J.-P., Dubois, G., Peeters, P., & Strassdas, W. (2007). Voluntary carbon offsetting schemes for aviation : efficiency and credibility . *Journal of Sustainable tourism*, 15(3), 223-248.
- Gössling, S., Ceron, J.-P., Dubois, G., & Hall, C. M. (2009). Hypermobile travellers. In P. U. e. S Gössling (Ed.), *Climate change and aviation. Issues, Challenges and solutions* (pp. pp.131-151). London : Earthscan.
- Hari, T. K., Yaakob, Z., & N.N., B. (2015). Aviation biofuel from renewable resources; : routes opportunities and challenges *Renewable and sustainable energy reviews*(42), 1234-1244.
- HLPE. (2013). Biofuels and food security. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome
- IATA. (2015). IATA 2015 Report on Alternative Fuels. Effective December 2015. 10th Edition.
- ICAO. (2016). Environmental report.
- ICASA. (2018). A critical guide to key provisions in the draft standards and recommended practices and related guidance material for the international civil aviation organization's carbon offsetting and reduction scheme for international aviation (CORSA)
- International Energy Agency. (2017). CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION Highlights. Paris : IEA.
- Kärcher, B. (2018). Formation and radiative forcing of contrail cirrus. *Nature climate change*, 9.
- Lee, D., Fahey, D., Forster, M., Newton, P., Wit, R., Lim, L., ... Sausen, R. (2009). Aviation and global climate change in the 21st century. *Atmospheric Environment*(april).
- Lenzen M., Sun Y., Faturay F., Ting Y., Geschke A., Malik A. (2018). The carbon footprint of global tourism. *Nature Climate Change*, 8, pp. 522-528
- Lyle, C. (2018). Beyond the icao's corsia : Towards a More Climatically Effective Strategy for Mitigation of Civil-Aviation Emissions. *Climate Law*(8), 104-127.
- Mathioudakis, V., Gerbens-Leenes, G. W., Van der Meer, T. H., & Hoekstra, A. Y. (2017). The water footprint of second-generation bioenergy : A comparison of biomass feedstocks and conversion techniques. *Journal of Cleaner Production* (148), 571-582.
- Peeters, P. (2017). Tourism's impact on climate change and its mitigation challenges : How can tourism become 'climatically sustainable'? Breda : NHTV.
- Peeters, P., Higham, J., Kutzner, D., Cohen, S., & Gössling, S. (2016). Are technology myths stalling aviation climate policy? *Transportation Research Part D*(44).
- Peeters, P., Middel, J., & Hoolhorst, A. (2005). Fuel efficiency of commercial aircraft. An overview of historical and future trends (pp. 37p) : National Aerospace laboratory NLR.
- Penner, J. E., Lister D.H., Griggs D.J, Dokken D.J, & M., M. (Eds.). (1999). *Aviation and the Global Atmosphere*.
- A Special Report of IPCC Working Groups I and III in collaboration with the Scientific Assessment Panel to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone : Cambridge University Press.
- Rathore, D., Nizami, A. S., Singh, A., & Pant, D. (2016). Key issues in estimating energy and greenhouse gas savings of biofuels : challenges and perspectives. . *Biofuel Research Journal* 10.
- Starkey, R., & Anderson, K. (2005). Domestic tradable quotas : a policy for reducing greenhouse gas emissions from energy use (pp. 49). Norwich, UK : Tyndall Centre.
- Su, Y., Zhang, P., & Su, Y. (2015). An overview of biofuels policies and industrialization in the major biofuel producing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(50), 991-1003.
- Tol, R. S. J. (2007). The impact of a carbon tax on international tourism. *Transportation research part D*(12), 129142.
- US Department of Energy. (2017). *Alternative Aviation Fuels : Overview of Challenges, Opportunities, and Next Steps*.
- Valiergue A. (2018). Vendre de l'air : Sociologie du marché « volontaire » des services de compensation carbone, Thèse de doctorat en sociologie





Les émissions de gaz à effet de serre : un atout décisif pour le rail ?

Le rail est un moyen de transport globalement faiblement émetteur de gaz à effet de serre. Il dispose également de nombreuses possibilités d'amélioration de son efficacité énergétique et de diminution de ses émissions (électrification). Il est donc tentant de lui prédire un avenir radieux, mais comme le montre cette fiche, la réalité est plus nuancée...

rédacteur principal • L'ÉQUIPE DE L'OBSERVATOIRE CLIMATE CHANGE •

SOMMAIRE

1 • ÉTAT DES LIEUX

2 • ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS CARBONE DU SECTEUR FERROVIAIRE

- Le transport ferroviaire peu émetteur au regard de ses capacités de charge
- Les perspectives du transport ferroviaire s'alimentent des objectifs nationaux de baisse des émissions carbone

3 • VISIONS ET STRATÉGIES BAS CARBONE CHEZ LES PRINCIPAUX ACTEURS DU FERROVIAIRE

- Engagements des institutions représentantes du secteur ferroviaire
- Les acteurs économiques privés intensifient leurs recours aux services ferroviaires
- Initiatives des compagnies ferroviaires

4 • LE POTENTIEL DE DÉCARBONATION ET L'ENGAGEMENT TECHNOLOGIQUE DES CONSTRUCTEURS

- Les infrastructures, les installations et le matériel roulant
 - Le potentiel de décarbonation de l'énergie de traction
 - L'amélioration des systèmes auxiliaires
 - Gestion de l'énergie par des systèmes intelligents
-



1 • ÉTAT DES LIEUX

Le transport ferroviaire est un secteur englobant de multiples modes de déplacements urbains (rames électrifiées ou non, tramways, métros, ...), de déplacements moyennes et longues distances (trains régionaux ou à grande vitesse), tout autant que les déplacements de marchandises (fret). Depuis les premiers essais d'une locomotive à vapeur en 1804 au Pays de Galles, le développement des infrastructures ferroviaires dans le monde a été très inégal en fonction des pays, mais également dans le temps.

Dans le contexte actuel marqué par la préoccupation de la lutte contre le changement climatique, les avantages du rail sont principalement de quatre ordres. Tout d'abord, sa capacité à assurer des transports de masse permet des économies d'échelle réduisant la consommation énergétique et les émissions par unité transportée. Ensuite, la possibilité de recourir à l'énergie électrique donne aux énergies décarbonées et renouvelables une place importante pour l'avenir du secteur. Par ailleurs, une connexion permanente au réseau électrique permet, d'une part, de récupérer l'énergie du freinage, et d'autre part d'optimiser l'utilisation de l'énergie du réseau, voire de contribuer à la résilience de ce dernier. Enfin, l'accès à la grande vitesse permet de prendre des parts de marché sur des moyens de transport moins efficaces énergétiquement et plus polluants comme le transport aérien, par exemple.

Toutefois, les handicaps majeurs du chemin de fer résident encore dans l'ampleur des investissements nécessaires à réaliser, notamment pour les infrastructures, et dans l'incapacité de ce mode de transport à acheminer complètement à destination les biens et les personnes en zone peu dense : il ne gère pas les derniers kilomètres et manque de souplesse en matière d'ajustement des déplacements. Ces handicaps ont pris de l'importance au fil du temps, les zones rurales voyant leur population diminuer, alors même que les coûts des infrastructures et des investissements opérés croissaient en raison de l'expansion urbaine ou d'évolutions techniques (développement du train à grande vitesse par exemple). **Globalement le rail a ainsi perdu du terrain dans la plupart des pays.**

Parmi les pays anciennement industrialisés, certains ont conservé et développé le transport de passagers intra et interurbain, même si tous ont adopté massivement l'automobile ; selon les cas, le fret a plus ou moins bien résisté au transport routier. Certains grands pays émergents (Chine, Inde...) ont un réseau ferré considérable, parfois hérité de l'époque coloniale, d'autres non (Brésil). Dans de nombreux pays en voie de développement, le réseau ferré laissé par la colonisation est longtemps tombé en déshérence (Éthiopie), parfois des pays colonisés anciennement précurseurs, comme le Mexique, ont eux aussi totalement abandonné leurs infrastructures au profit du tout routier. Dans certains autres pays émergents, des lignes dédiées à des transports particuliers ont été créées (Mauritanie) et des investissements nouveaux participent aujourd'hui à la rénovation de certaines lignes (Addis-Abeba, Djibouti, Nairobi).

La fiche présentée ici tente à la fois de prendre en compte cette extrême diversité et se concentre sur les dimensions spatiales et les évolutions prometteuses en termes de décarbonation.

2 • ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS CARBONE DU SECTEUR FERROVIAIRE

• LE TRANSPORT FERROVIAIRE PEU ÉMETTEUR AU REGARD DE SES CAPACITÉS DE CHARGE

Alors qu'en 2015 les transports rendaient compte de 24,7% des émissions mondiales de CO₂ et de 28,8% de l'énergie finale consommée, le transport ferroviaire était responsable de 4,2% des émissions mondiales de CO₂ du transport et de 1,9% de sa demande d'énergie finale. La même année, il représentait 6,7% des passagers kilomètres et 6,9% du fret mondial (tonnes kilomètres).

De 2005 à 2015 les émissions de CO₂ du transport ferroviaire, par passager kilomètre, ont diminué de 21,7% et les émissions à la tonne kilomètre pour le fret de 19% (IEA & UIC, 2017, p.18). En 2015, les quatre premiers émetteurs étaient la Chine (43,8%), la Russie (10,4%), l'Union Européenne (8%), et l'Inde (7,7%) (cf. figure 1).

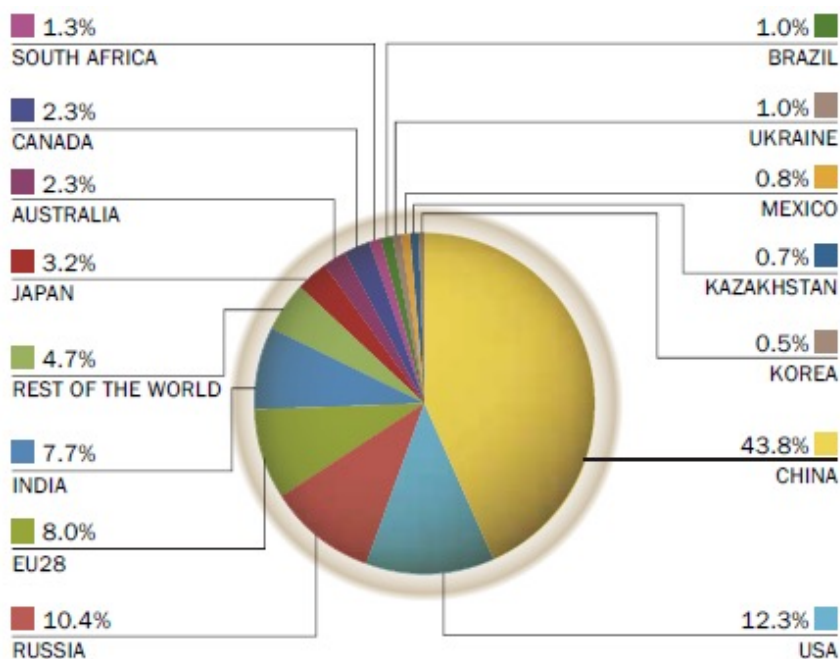


FIGURE 1. LES ÉMISSIONS DE CO₂ DU TRANSPORT FERROVIAIRE PAR PAYS EN 2015.

Source : Railway Handbook. Energy consumption and CO₂ emissions, IEA & UIC, 2017, p22.

Sur les deux dernières années (2015-2017) la part du transport ferroviaire dans les émissions mondiales est orientée à la baisse pour la Chine (-3%) et à la hausse pour l'Inde (+7%) et reste comparativement stable pour les USA et l'Europe (Source Enerdata).

Le transport ferroviaire émet peu de gaz à effet de serre au regard de sa contribution en volume au transport de passagers ou de marchandises. En Europe, la contribution du secteur est inférieure à 1,5% des émissions totales du transport, alors que sa part modale est de 8,5% (CER & UIC, 2015, p.3). La comparaison par rapport aux autres modes de transport paraît favorable au ferroviaire, tant pour le transport de passagers que pour le fret, comme le montrent les graphiques suivants.

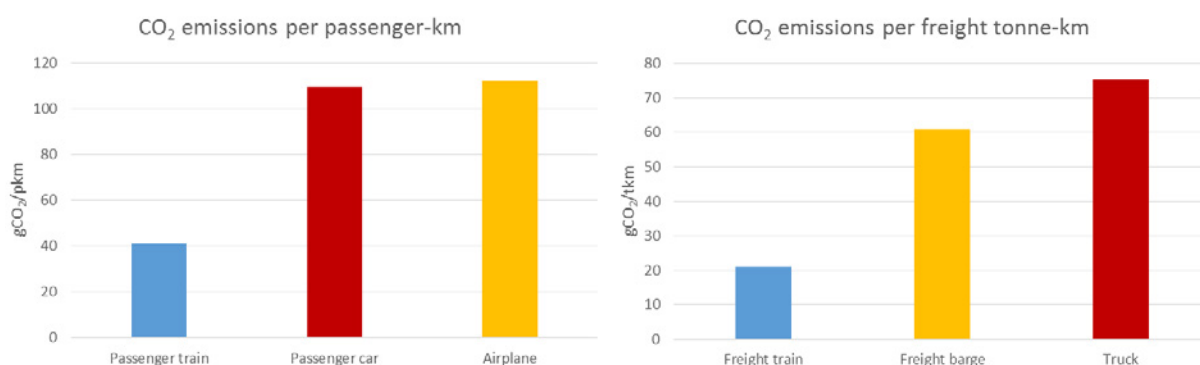


FIGURE 2. LES ÉMISSIONS DE CO₂, EN PASSAGER/KM ET EN TONNE/KM, PAR MODE DE TRANSPORT EN 2011

Source : (UNIFE & CER, 2016, p.4), d'après les données de l'Agence Européenne de l'Environnement (2013).

L'analyse brute de l'évolution des émissions de CO₂ liées au transport ferroviaire est donc complexe. **Leur augmentation peut paradoxalement apparaître comme une bonne nouvelle, si elle traduit un accroissement du report modal entre la route et le rail, à l'inverse, la baisse des émissions**



n'est pas obligatoirement positive si elle traduit un effondrement du fret ferroviaire. Les baisses des émissions à mettre en avant sont donc liées aux équipements et la motorisation, par exemple, le remplacement du diesel par de l'électricité produite par des sources renouvelables.

• LES PERSPECTIVES DU TRANSPORT FERROVIAIRE S'ALIMENTENT DES OBJECTIFS NATIONAUX DE BAISSÉ DES ÉMISSIONS CARBONE •

Face au constat de performances du transport ferroviaire du point de vue des ratios charge/émissions, de nombreux États et organismes nationaux font le pari du rail afin de tenter de tenir les objectifs généraux de baisse des émissions carbone sur leurs territoires. Tant et si bien que l'avenir du rail semble se nourrir des perspectives que les prises de positions des États laissent entrevoir quant au développement du secteur.

En Inde, un travail sur la décarbonation du rail à l'horizon 2030 examine les conséquences d'une forte électrification, faisant appel aux énergies solaires et éoliennes afin d'alimenter le réseau. Les scénarios réalisés par les autorités indiennes concluent alors que la décarbonation permet des économies, par rapport à un scénario sans décarbonation, de 17% dans le secteur du point de vue de l'énergie de traction et de 33% sur tous les autres besoins énergétiques du ferroviaire.

En France, plusieurs scénarios traitent de la place du transport ferroviaire et de ses émissions en 2050 : la stratégie nationale bas carbone (SNBC) du Commissariat général au développement durable (2016), les "visions" de l'Ademe actualisées en 2017, les scénarios de l'Institut du développement durable des relations internationales (IDDRI) de 2017, le scénario Négawatt de 2017. Les quatre scénarios prévoient une croissance du développement du ferroviaire, de 23% à 102% pour les voyageurs et de 68% à 203% pour le fret, dû à une augmentation de la demande et/ou à la progression de la part modale du rail. Les scénarios qui tablent sur une augmentation des parts modales (passage de 10 à 25% pour l'Ademe et à 40% pour Négawatt) supposent un maillage serré du territoire adossé, y compris pour les lignes régionales, à une sortie du diesel. D'autres scénarios misent sur des substitutions d'énergie et l'amélioration de l'efficacité énergétique pour réduire les émissions. C'est le cas du scénario SNBC et du scénario TECH-first de l'IDDRI. En fonction de l'ambition sur ce report modal et sur les autres évolutions de la demande de transport, les baisses d'émissions du secteur du transport à l'horizon 2050 s'en trouvent plus ou moins importantes : -100% pour négaWatt, -91% pour ADEME, -79% pour TECH-first et -62% pour la stratégie nationale bas carbone (Bigo, 2018).

L'Allemagne soutient, elle aussi, le rail pour atteindre les objectifs de lutte contre le changement climatique. Le plan d'infrastructure à l'horizon 2030, dévoilé par le ministre fédéral des transports, prévoit un investissement de 270 milliards d'euros, dont environ 40% pour le ferroviaire. Cela permettra à l'Allemagne de s'engager fortement du point de vue des objectifs européens et augmentera la capacité du réseau ferroviaire allemand de 20%, sans nécessiter de création d'infrastructures nouvelles, et 70% du réseau national sera électrifié.

Face à ces espoirs reposant sur les améliorations du transport ferroviaire, les acteurs du secteur ont pris des engagements en termes de réduction de leurs émissions carbone.

2 • VISIONS ET STRATÉGIES BAS CARBONE CHEZ LES PRINCIPAUX ACTEURS DU FERROVIAIRE

Dans la structuration des stratégies industrielles du secteur ferroviaire, l'étroitesse des relations entre les prises de positions et d'initiatives des organismes représentant le secteur (exemple l'International Union of Railways (UIC) au niveau mondial, Community of European Railway and Infrastructure Companies (CER) et Union des Industries Ferroviaires Européennes (UNIFE) en Europe...) et les objectifs de réduction des émissions actés par les entités politiques, est un facteur que nous proposons ici d'étudier de plus près. **Effectivement, il apparaît que sur de nombreuses initiatives, dont quelques-unes sont présentées ci-après, les organisations du secteur ferroviaire s'approprient les ambitions politiques des états afin d'élaborer leurs propres objectifs et stratégies.**

• **ENGAGEMENTS DES INSTITUTIONS REPRÉSENTANTES DU SECTEUR FERROVIAIRES** • Les intérêts des acteurs du transport ferroviaire sont défendus par plusieurs entités transnationales comme l'Union internationale des chemins de fer (UIC), qui a été fondée en 1922 et compte 240 membres sur cinq continents : compagnies ferroviaires, gérants d'infrastructures, instituts de recherche... Sa mission est de promouvoir le rail au niveau mondial. La Communauté des chemins de fer européen (CER) rassemble, elle, plus de 70 compagnies de chemin de fer, leurs associations nationales, les gestionnaires d'infrastructures et des entreprises de leasing de matériel roulant. Le CER défend, auprès de la commission européenne en particulier, la thèse du transport ferroviaire comme épine dorsale d'un transport durable en Europe. Enfin, l'UNIFE représente l'industrie du rail à Bruxelles depuis 1992. L'organisation rassemble 80 firmes spécialisées dans la conception, la fabrication et l'entretien du rail.

L'UIC en 2014 (UIC, 2014) proposait une stratégie compatible avec l'objectif de +2 °C, fondée sur deux piliers :

• **la consommation d'énergie et l'intensité carbone :**

- réduction de l'énergie finale de 50 % en 2030 (base 1990), de 60 % en 2050 ;
- réduction des émissions de CO₂, de 50 % en 2030 et de 75 % en 2050 (base 1990).

• **La répartition modale :**

- part du rail dans les transports de passagers (p.km) : + 50 % en 2030 par rapport à 2010 et + 100 % en 2050 ;
- part du ferroviaire dans le fret terrestre (t.km) : égale à la route en 2030, supérieure à la route de 50 % en 2050.

Afin de tenir ces objectifs, l'UIC s'appuie sur des partenaires privés pour soutenir l'innovation et l'amélioration de l'efficacité énergétique, mais aussi de partenaires publics, gouvernements et institutions internationales, afin de favoriser le transfert modal en faveur du ferroviaire : investissement dans de nouveaux projets, en particulier le ferroviaire urbain et les corridors pour le fret, internalisation des coûts externes, création d'un contexte favorable pour les investissements privés, urbanisme et usages du sol, aides à l'investissement dans le matériel roulant...

Le CER prend acte, quant à lui, de la volonté de l'Union européenne de réduire ses émissions de 80 à 95 % en 2050 par rapport à 1990, avec pour objectif intermédiaire une réduction de 40 % en 2030 (CER & UIC, 2015). En 2010, les membres du CER (également membres de l'UIC) se sont donc engagés à réduire leurs émissions spécifiques de CO₂ de 50 % en 2030, par rapport à 1990, puis au-delà à être complètement décarbonés d'ici 2050 (CER & UIC, 2015, p.8). Pour cela, le CER parie sur la poursuite de l'électrification du réseau ferroviaire européen (aujourd'hui seules 60 % des lignes sont électrifiées), le développement des facilitations d'intermodalités aux abords des infrastructures ferroviaires, l'installation de points de charge électrique pour les véhicules individuels aux abords des gares, le tout en appui sur des « Smart Grid » permettant la mutualisation optimisée de l'énergie. Par ailleurs, le CER, en partenariat avec l'UNIFE, association européenne des constructeurs de trains, promeut fortement le développement de la recherche et innovations en appui sur les crédits européens, avec, par exemple, le projet Shift2rail, partenariat public-privé majeur de 920 millions d'euros pour la période 2014-2020 pour l'innovation sur l'efficacité énergétique des matériels roulant (UNIFE & CER, 2016). Les acteurs économiques privés sont donc parties prenantes des démarches d'innovation du secteur ferroviaire mais s'y adossent aussi afin de réguler leurs propres émissions carbone.

• **LES ACTEURS ÉCONOMIQUES PRIVÉS INTENSIFIENT LEUR RECOURS AUX SERVICES FERROVIAIRES** • Le Carbon Disclosure Project (CDP) concentre une partie de ses actions de reporting et d'analyse sur l'impact des chaînes d'approvisionnement dans la lutte contre les émissions de GES. D'après l'organisme, ces dernières « *doivent être au centre des préoccupations des organisations mondiales cherchant à éviter les risques et à tirer parti des opportunités offertes par la construction d'un avenir durable* » (CDP, 2017). A ce titre, le CDP rappelle que, en 2016, la valeur du



pouvoir d'achat combiné des 89 organisations enregistrées sur sa plateforme comme demandant des informations à leurs fournisseurs de maîtrise de leurs émissions (BMW, Johnson & Johnson, Microsoft ou Walmart, par exemple), soit 20% d'augmentation du nombre d'inscrits en 2016, s'élevait à 89 000 milliards de dollars.

Le Carbon Disclosure Project – CDP – publie son premier classement des entreprises qui incitent le plus leurs fournisseurs à s'engager dans l'action climatique.

Les émissions de gaz à effet de serre au sein de la chaîne de fournisseurs des entreprises sont quatre fois plus importantes en moyenne que leurs propres émissions directes. C'est pourquoi la supply chain est de plus en plus souvent considérée comme l'une des sources de réduction des émissions les plus prometteuses dans l'écosystème des acteurs privés. Le CDP a évalué pour la première fois en 2016 le travail effectué par les entreprises auprès de leurs fournisseurs pour les inciter à réduire leurs émissions et à adopter des stratégies climat. Ces acteurs, qui disposent d'une marge de négociation importante compte tenu de leur budget d'achats, ont notamment concentré leurs efforts sur la sensibilisation aux enjeux de développement durable et sur la prise en compte d'indicateurs inspirés du CDP auprès de leurs fournisseurs, comme la transparence ou la quantité d'émissions reportées.

D'après le rapport du CDP, les efforts fournis par 4 366 entreprises pour réduire leurs émissions dans leur supply chain ont permis d'éviter quelque 434 millions de tonnes de CO₂ sur l'année 2016 chez leurs fournisseurs, soit une économie de 12,4 milliards de dollars. Par ailleurs, les 4 818 projets ont permis des économies quantifiables non négligeables : 36% ont permis d'économiser au moins 100 000 USD, 12% ont réalisé des économies d'un million de dollars ou plus, et moins de 1% des projets ont réalisé des économies d'au moins 100 millions USD. Outre les économies réalisées grâce aux projets de réduction des émissions, les fournisseurs déclarent également des avantages en amont en engageant leurs chaînes d'approvisionnement, ou en aval par le biais d'innovations liées à la commercialisation de produits ou de services à faible émission de carbone. Environ 25% des entreprises porteuses de projets s'attaqueraient directement aux enjeux climatiques en permettant à leurs propres fournisseurs de réduire leurs émissions, ou en augmentant leurs revenus grâce à la vente de produits ou services à faible émission de carbone (économies en énergie, matériaux plus durables pour les produits et les emballages, innovations de procédé permettant de minimiser l'utilisation d'eau et les émissions de carbone).

Source : CDP, 2017.

ENCADRÉ 1

Parmi ces entreprises, beaucoup incitent leurs partenaires à faire le choix du transport ferroviaire pour le développement de leurs activités. Le groupe Nestlé, visant la réduction de la moitié de ses émissions de CO₂ en Suisse entre 2010 et 2020, s'est engagé, en coopération avec le distributeur Migros, à réduire d'un millier **le nombre de camions utilisés pour le transport de l'eau d'Evian en Suisse. Le nombre de wagons utilisés est ainsi passé de 170 à 700.** Une collaboration avec les chemins de fer suisses est également en cours pour organiser ces transports sans perturber les horaires du réseau. D'autres entreprises, hors partenariat CDP, s'engagent comme Panasonic, qui en 2016, a

modifié la logistique de distribution de ses produits en collaboration avec ses transporteurs dont Mitsui-Soko Logistics Co., Ltd., Japan Freight Railway Company, et Nippon Express Co., Ltd.. **Ceci s'est traduit en 2017 par l'utilisation des infrastructures ferroviaires pour près de 10 000 conteneurs de 5t, réduisant les émissions de CO₂ de presque 5 000 tonnes .**

• **INITIATIVES DES COMPAGNIES FERROVIAIRES** • En février 2018, Eurostar a présenté un plan⁵ considéré comme une contribution à l'Accord de Paris : réduction de la consommation d'énergie des trains de 5 % d'ici 2020, programmes d'écoconduite, élimination de toute énergie fossile utilisée d'ici 2030, investissements dans les énergies renouvelables (panneaux solaires). Par ailleurs, au-delà de l'exploitation mécanique des trains, la compagnie s'est engagée à la diminution des émissions indirectes de son exploitation, par la mise en service d'une flotte d'entreprise intégralement composée de véhicules électriques d'ici 2020, la diminution de l'usage des plastiques et des déchets, ou encore la distribution de produits d'alimentation certifiés à bord des trains.

Toujours en Europe, la compagnie allemande Deutsche Bahn envisage d'investir un « montant record » de 9,3 milliards d'euros pour la modernisation, la réparation et l'extension de voies, de gares, de ponts et de tunnels en 2018, a déclaré le chef de l'infrastructure, Ronald Pofalla. Soit une hausse de 9,4 % par rapport à l'année précédente. Parmi les projets phares, citons la modernisation de routes majeures, telles que des liaisons entre les ports du nord de Brême et Hambourg et des villes plus au sud, ainsi que deux lignes traversant la frontière sud-est de l'Allemagne avec l'Autriche. Quelque 700 stations, dont des hubs comme Francfort, la capitale financière occidentale, et l'Allemagne de l'est, bénéficieront également d'interventions pour un montant total de 1,2 milliard d'euros.

Engagement de la SNCF au Global Climate Action sur le portail NAZCA porté par la CCNUCC (Global Climate Action).

En 2015, SNCF s'est publiquement engagée à réduire ses émissions de CO₂eq de 20 % à horizon 2025 (année de référence 2014). En 2017, SNCF s'est fixé la nouvelle ambition d'améliorer d'ici 2025, la performance carbone de 25 % par voyageur au kilomètre et par tonne de marchandises au kilomètre, avec en particulier la fin des circulations thermiques au plus tard à cette échéance. Dans cette perspective, en 2018, SNCF s'est associée à Alstom pour conduire la première expérimentation TER Hybride en France, en partenariat avec les Régions Grand Est, Nouvelle-Aquitaine et Occitanie.

SNCF Réseau s'est engagée à réduire de 25 % sa consommation d'énergie et ses émissions de gaz à effet de serre entre 2015 et 2025. Pour y parvenir, plusieurs actions ont été lancées, dont le recours à des émissions obligatoires environnementales. SNCF Réseau finance une partie de ses travaux d'infrastructure par l'émission

de Green Bonds pour répondre aux impératifs de lutte contre le changement climatique et de protection de la biodiversité. Les projets financés par les Green Bonds en 2017 permettront d'éviter près de 5,9 millions de tonnes équivalent CO₂eq sur 40 ans, soit l'équivalent de l'empreinte carbone de 12 000 Français sur la même durée. Les priorités stratégiques de SNCF Réseau ont orienté les investissements issus de ses obligations émises en 2017, pour un montant de 1,75 milliard d'euros, vers des opérations de renouvellement et de modernisation du réseau. Conformément à son engagement de devenir une référence sur le marché des Green Bonds, SNCF Réseau a réalisé au total depuis 2016 trois émissions sous format Green Bond, pour un montant total de 2,65 milliards d'euros, devenant ainsi l'un des 15 plus importants émetteurs de Green Bonds (hors Chine onshore) au monde.

Source : SNCF Réseau, 2018.

ENCADRÉ 2

⁵ Cheul-Kyu Lee, et al. (2009). Global warming effect Comparison of each material for railway vehicle. Korea.



La compagnie de chemins de fer nationaux du Canada s'est engagée en 2018 à réduire ses émissions par tonne-kilomètre de 29% d'ici 2030, par rapport à 2015. Pour cela, elle propose une initiative de 13,5 milliards de dollars, le GO Regional Express Rail (RER), visant à transformer le réseau ferroviaire en offrant un service plus rapide et plus fréquent, avec l'électrification de segments essentiels du réseau, y compris l'Union Pearson (UP) Express. Cela se traduira par un doublement du service en heures de pointe et par un quadruplement du service en heures creuses par rapport au niveau de 2015, le nombre de trajets prévus sur l'ensemble du réseau GO devant passer d'environ 1 500 par semaine à près de 6 000. Metrolinx, autorité organisatrice des transports de la région du Grand Toronto et de Hamilton et le MTO, ministère des transports de l'Ontario, prévoient d'importantes améliorations du réseau ferroviaire sur le GO Transit, notamment des modifications supplémentaires des voies et des ponts sur le réseau, des gares nouvelles et modernisées, des séparations de niveau rail / route et rail / rail, de nouveaux systèmes de contrôle des trains améliorés et de nouveaux systèmes de trains électriques (MTO, 2017).

3 • LE POTENTIEL DE DÉCARBONATION ET L'ENGAGEMENT TECHNOLOGIQUE DES CONSTRUCTEURS

Bien que le transport ferroviaire soit l'un des moins émetteurs de CO₂, le potentiel de décarbonation du secteur reste important. Les efforts peuvent se porter sur les infrastructures, les installations et le matériel roulant, l'énergie de traction, les systèmes auxiliaires, ou encore l'utilisation de l'intelligence artificielle pour la gestion de l'énergie.

• **LES INFRASTRUCTURES, LES INSTALLATIONS ET LE MATÉRIEL ROULANT** • **L'aérodynamisme des trains a également un potentiel intéressant pour la réduction de la consommation d'énergie et des émissions associées** : une amélioration de 25% du coefficient de pénétration dans l'air se traduit par des économies de 15% d'énergie de traction pour l'automotrice à grande vitesse (AGV) d'Alstom, mise en service en 2022, par rapport à un TGV classique. Des réalisations similaires existent par exemple chez Bombardier (Zefiro) ou au Japon pour le Tokaido Shinkansen (série 700) (UIC, 2016, p.33). L'utilisation de nouveaux matériaux permet également de réduire le poids des véhicules. Dans ce domaine, le développement de matériaux composites pour la construction d'un wagon de passagers peut réduire son poids d'environ 20 à 30% ; le potentiel correspondant de réduction de l'énergie traction et des émissions est de l'ordre de 5% (Lucintel, 2017). Selon un rapport publié en février 2017 par le cabinet d'études de marché Lucintel, le marché des applications composites dans l'industrie ferroviaire mondiale devrait atteindre 821 millions de dollars d'ici à 2021, avec un taux de croissance annuel de 3,6%. Des recherches et expérimentations dans ce domaine sont notamment conduites par Alstom, New Rail (UK), Indian railways et en Corée pour l'Express pendulaire⁶ (UIC, 2016, p.37). Le train de métro Next Generation du CRRC, Cetrovo, un projet de sa coentreprise avec CG Rail, en Allemagne, a été dévoilé lors du congrès InnoTrans en septembre 2018 à Berlin. La voiture présentée est composée d'environ 70% de structures en fibre de carbone, ce qui représente une réduction de poids de 13 à 14% par rapport à un véhicule de métro classique.

Un certain nombre d'expériences d'utilisation d'énergies renouvelables (solaires, éoliennes) dans les installations fixes, voire sur le matériel roulant, ont aussi été mises en place. En juillet 2018, Ravindra Gupta, membre du conseil d'administration des chemins de fer indiens, a inauguré des wagons intégrant des panneaux solaires servant à faire fonctionner les ventilateurs, l'éclairage et les points de charge mobiles à l'intérieur des trains de voyageurs, notamment sur les lignes Rewari-Sitapur, et prochainement sur le Taj Express et le Shane-Punjab Express. L'Organisation des chemins de fer indiens pour les carburants alternatifs (IROAF) a aussi installé des panneaux solaires sur des trains à unités multiples diesel (DMU) en 2017.

⁶ Network Rail (2009) Network RUS electrification (UK). October 2009. London (UK). http://www.networkrail.co.uk/browse%20documents/rus%20documents/route%20utilisation%20strategies/network/working%20group%204%20-%20electrification%20strategy/networkrus_electrification.pdf

• **LE POTENTIEL DE DÉCARBONATION DE L'ÉNERGIE DE TRACTION** • L'énergie de traction représente environ 85% de l'énergie totale consommée par un train en circulation (CER & UIC, 2015, p.15). Dans l'optique d'une diminution des émissions carbone du transport ferroviaire, le principal enjeu est donc de développer l'électrification, représentant une diminution des émissions de 19 à 33%⁷ par rapport à l'utilisation de motorisations diesel sur les locomotives. La moitié des lignes ferroviaires européennes sont électrifiées. La Grande-Bretagne est le territoire le moins doté en infrastructures ferroviaires électriques avec seulement 32% de lignes connectées. Toutefois, depuis 2009, un programme d'électrification de lignes en Écosse est en cours avec un objectif de suppression totale des trains fonctionnant au diesel seul à l'horizon 2040. La Suède est le pays européen le plus électrifié avec 84% des lignes de trains concernées. En Asie, 43% du réseau sont électrifiés, 18% en Afrique et 0,5% en Amérique du Nord (CER & UIC, 2015, p.59).

Au global, on estime que l'amélioration du rendement des énergies de traction recèle un potentiel diminution des émissions du secteur de l'ordre de 15%. « Resibloc Rail », développé par l'entreprise ABB, est un transformateur de traction sans huile offrant une efficacité énergétique de 97%, dont les essais de mise en œuvre en Autriche ont pris fin en 2018. Le transformateur réduit les coûts énergétiques de 10% par rapport aux transformateurs traditionnels et peut réduire les émissions de dioxyde de carbone de 38 tonnes par an.

Afin d'assurer la traction des trains dans les sections non électrifiées, les constructeurs mettent sur le marché des trains hybrides, dotés de nouveaux moteurs utilisant des énergies alternatives, gaz ou hydrogène par exemple. European Lok Pool (ELP), nouvelle société européenne de location de locomotives spécialisée dans la traction hybride, a annoncé en septembre 2018 avoir reçu une première commande de 10 locomotives Stadler EuroDual, avec une première livraison prévue au second semestre de 2019. La société envisage également d'ajouter à son portefeuille des locomotives de manœuvre bimodales à quatre essieux. Gmeinder, constructeur de locomotives allemand, propose également un modèle hybride équipé d'un moteur Caterpillar et d'une batterie de traction lithium-ion, qui peut utiliser l'électrification sur un troisième rail ou par tête de 750 Vcc. Le producteur d'acier ArcelorMittal, a commandé six unités de ce modèle en 2018. STADLER, constructeur suisse, et Havellian Railway (HVLE), une autorité pakistanaise régionale du transport ferroviaire, ont dévoilé une nouvelle génération de locomotives Eurodual bi-mode à six essieux pouvant être alimentée par un moteur diesel de 2,8 MW ou par une puissance électrique pouvant atteindre 7 MW. HVLE a commandé 10 locomotives Eurodual en 2017, devenant ainsi le client de lancement de la nouvelle plate-forme.

Cependant, le diesel semble avoir encore de beaux jours devant lui. General Electric Transportation a annoncé la signature d'un contrat en 2018 portant sur la fourniture de cinq de ses locomotives diesel PowerHaul (PH) à l'opérateur privé turc Korfez Ulastirma, filiale pour le fret ferroviaire de Tüpras, la plus grande entreprise de raffinage de pétrole de Turquie, chargée du transport des produits pétroliers entre ses raffineries. GE Transportation a par ailleurs dévoilé un nouveau moteur diesel léger à haute vitesse, qui fera ses débuts sur une nouvelle flotte de 300 locomotives de manœuvre qui doivent être livrées à une société ferroviaire kazakhe à partir de 2019. Le moteur devrait offrir une réduction de 5% des coûts de cycle de vie, une amélioration de 5% de l'efficacité énergétique et une réduction de 10% des coûts de maintenance. Enfin, Gmeinder a présenté, en septembre 2018, la variante diesel à deux moteurs de sa locomotive de manœuvre modulaire DE75 BB, conçue pour permettre l'utilisation de diverses configurations de traction. La locomotive à quatre essieux peut être fournie avec deux moteurs diesel Caterpillar de 354 kW.

Autre source non décarbonée, le gaz naturel permet néanmoins de réduire les émissions de CO₂ de 30% par rapport au diesel ; cette option intéresse en particulier Renfe, l'Union Pacific Railroad et Russian Railways (RZD) qui en sont au stade de développement de prototypes (UIC, 2016, p.79).

⁷ Schaffler. Air conditioner power systems for rail. <http://www.schaffler.com>



L'hydrogène, énergie d'avenir pour le transport ferroviaire ?

Présentée comme une alternative crédible à l'utilisation des combustibles fossiles, utilisation de l'hydrogène pour le transport ferroviaire fait l'objet de recherches importantes dans divers pays depuis plusieurs années.

Une quinzaine d'ingénieurs travaillent en France sur un projet de train, appelé « Space Train » fonctionnant à l'hydrogène et se déplaçant à deux millimètres du sol grâce une propulsion sur monorail, avec des moteurs à induction créant un champ magnétique. Les ingénieurs ambitionnent d'atteindre des pointes de 720 km/h qui ferait de ce train le plus rapide au monde, en comparaison du TGV, dont la vitesse moyenne optimale hors exploitation atteint 500 km/h et 574 km/h maximum, et du Maglev japonais, actuel recordman du monde, atteignant le maximum de 603 km/h. Ciblant des lignes interurbaines de 300 km maximum, les premiers tests du Space Train sont prévus fin 2019 ou début 2020 pour une commercialisation en 2025.

Au-delà des recherches en cours pour améliorer le système de combustion et réduire l'impact environnemental, des trains hydrogène ont déjà été mis en service ces dernières années. En octobre 2017, la Chine a mis en service le premier tramway à hydrogène au monde, conçu par la China Railway Rolling Corporation (CRRC) Tangshan Co. Ltd. Le tramway peut être rechargé avec de l'hydrogène en 15 minutes et parcourir 40 km avec une vitesse maximale de 70 km/h. Il dessert une ligne de chemin de fer construite il y a 136 ans à Tangshan, une des premières villes industrielles du pays, et relie plusieurs sites du patrimoine industriel.

Le 16 septembre 2018, le constructeur français Alstom a officialisé la mise en service de deux trains nommés Coradia iLint, les premiers trains mis en service et fonctionnant 100 % à l'hydrogène dans le monde. Ces trains relient les villes de Cuxhaven, Bremerhaven, Bremervörde et Buxtehude, situées au nord de l'Allemagne. Atteignant 140 km/h et pouvant parcourir 1 000 kilomètres avec un plein, ce modèle a séduit les compagnies régionales allemandes et d'ici 2021, 14 autres trains devraient être livrés en Basse-Saxe.

En mars 2018, le gouvernement de l'État de Sarawak en Malaisie a proposé que le système de train léger sur rail de Kuching soit alimenté par des piles à combustible à l'hydrogène et qu'il soit achevé d'ici 2024.

ENCADRÉ 3

• **L'AMÉLIORATION DES SYSTÈMES AUXILIAIRES** • Si l'énergie de traction représente 85 % de la consommation finale d'énergie des trains, une part non négligeable de celle-ci tient dans les systèmes auxiliaires à bord (chauffage, climatisation, l'éclairage) ou en dehors des trains. **La réfrigération et le chauffage constituent l'essentiel de la consommation d'énergie auxiliaire à bord d'un train (jusqu'à 80 %). La décarbonation peut provenir essentiellement de l'utilisation de nouveaux réfrigérants plus efficaces, et d'une gestion intelligente des systèmes de chauffage / climatisation**⁸.

Par exemple, à Berlin, l'entreprise Liebherr-Transportation Systems va équiper une des lignes de tramway de la ville de capteurs de CO₂ qui estimeront le nombre de passagers et régleront en conséquence les entrées d'air extérieur ; cela devrait réduire la consommation énergétique de 13 % (UIC, 2016, p.101). Le fournisseur international Thermo-King a présenté en 2018 son nouveau système utilisant le réfrigérant R134A, un réfrigérant au potentiel de réchauffement global (GWP) réduit de plus de 50 %, mais qui conserve les mêmes performances, fiabilité et confort des passagers que

⁸ Witthuhn, M. et al. (2001) : Applications for energy storage flywheels in vehicles of Deutsche Bahn AG. Proceedings of the World Congress of Railway Research WCRR 2001, Cologne (Germany).

les réfrigérants actuels.

Plus globalement, l'introduction de systèmes récupérateurs d'énergie, permettant aussi de la stocker (volant d'inertie, batterie...) pourrait, elle, réduire la consommation d'énergie d'un train de 10 à 30% environ, et aboutir à une forte diminution de la demande énergétique appelée en pointe (-50%). **Plusieurs industriels ont développé des systèmes utilisant des volants d'inertie et permettant d'économiser jusqu'à 20% d'énergie utilisée lors d'un trajet (UIC, 2016, p.144) : Piller-Powerbridge (Allemagne)⁹, Kinetic Traction (USA), Adif (Espagne)¹⁰.**

Les gares sont aussi des points sensibles dont la Banque asiatique de développement (BAD) pointe les inefficacités en matière de gestion du chauffage, de la climatisation et de la ventilation. En effet, celle-ci considère que les gares consomment environ 214 kWh/m²/an d'électricité quand le reste des bâtiments publics ont une consommation de 114kWh/m²/an en moyenne¹¹. **À ce titre, l'Inde a étendu son programme d'installation de panneaux solaires aux toits des gares et passages à niveau, pour un objectif total de 1 000 MW d'énergie solaire à exploiter. La gare de Guwahati, l'une des plus importantes de l'Etat d'Assam, tourne, depuis mi-2018, entièrement à l'énergie solaire. Quelque 20 000 voyageurs y transitent chaque jour.** L'ensemble de ses toits ont été équipés de panneaux photovoltaïques d'une puissance de 700 kilowatts, soit suffisamment pour alimenter le réseau ferroviaire et les différents services de la structure, ce qui permet d'économiser environ 21 000 litres de diesel par train ainsi que 67,7 millions de roupies chaque année (environ 85 000 euros) selon Northeast Frontier Railway.

• **GESTION DE L'ÉNERGIE PAR DES SYSTÈMES INTELLIGENTS** • Les potentialités maintenant offertes par l'informatique permettent d'ajuster l'utilisation de l'énergie aux besoins effectifs des engins ferroviaires¹² et de diminuer d'autant les émissions de gaz à effet de serre. Par exemple, une amélioration du taux de remplissage des véhicules (système de réservation) peut permettre de l'ordre de 15 à 17% d'économie d'énergie. Une amélioration des modes de conduite, assistés ou non par ordinateur, permettrait quant à elle de minimiser le freinage et les accélérations avec une économie d'énergie pouvant atteindre 20% de l'énergie de traction. **L'assistance par ordinateur réduirait ainsi de 30% les besoins de freinage, ce qui se traduirait par une amélioration de 10% de la ponctualité (UIC, 2016, p.134). Enfin, le recours à des réseaux électriques intelligents permet de mieux contrôler les puissances appelées par les trains en circulation ou de la réduire sur un segment de parcours.** C'est le cas, par exemple, au Japon (East Japan Railway Co.). Le projet Merlin (2012-2015), mené dans le cadre des projets financés par l'Union Européenne, a permis quant à lui d'examiner la faisabilité des systèmes de gestion intégrée de l'électricité dans les réseaux ferrés européens, en particulier sur les grandes lignes.

CONCLUSION

Ce tour d'horizon, forcément non-exhaustif, des innovations engagées par les acteurs du secteur ferroviaire, souligne le dynamisme d'un secteur convaincu de détenir une part de la réponse pour réduire les émissions de CO₂ liées à la mobilité. L'importance de son apport et la rapidité de son déploiement dépendront néanmoins de plusieurs facteurs économiques : sa capacité à mobiliser des investissements suffisants, notamment dans les pays en développement, et sa compétitivité en prix, par rapport au secteur routier pour le fret, en comparaison de la voiture, du car, et de l'avion pour le transport de passager.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE : CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

⁹ Witthuhn, M. et al. (2001) : Applications for energy storage flywheels in vehicles of Deutsche Bahn AG. Proceedings of the World Congress of Railway Research WCRR 2001, Cologne (Germany).

¹⁰ Improving energy efficiency and reducing emissions through intelligent railway station buildings. Asian development bank, 2015

¹¹ Panou, K et al. (2013). Railway Driver Advisory Systems : Evaluation of Methods, Tools and Systems. 13th WCTR, July 15-18, 2013 – Rio de Janeiro (Brazil).

¹² (<http://www.merlin-rail.eu>)

RÉFÉRENCES

PUBLICATIONS :

- Bigo Aurélien (2018), le train grand oublié de la transition énergétique ?, the Conversation
- BISWAS, S. et al. (2001). Composite Technology Development and Commercialization – An Indian Initiative. 6th ASEAN Science and Technology Week, Brunei Darussalam, September 2001.
- CAMPUS E. et al. (2017). Use of Composite Materials in Railway Applications". ALSTOM Transport in collaboration with SNCF Direction du Matériel Centre d'Ingenierie du Matériel
- CER, & UIC. (2015). Rail transport and Environment. Bruxelles-Paris.
- CDP. (2017). Missing link : Harnessing the power of purchasing for a sustainable future. Written on behalf of 89 organizations representing US\$2.7 trillion of procurement spend. CDP Supply Chain Report 2016-2017.
- CHEUL-KYU L., et al. (2009). Global warming effect Comparison of each material for railway vehicle. Korea.
- GUNSELMANN W. et al. (2000). Energiespeichereinsatz im Statbahnnetz Köln. Elektrische Bahnen 98 (2000) z. 11-12. Cologne (Germany).
- IEA, & UIC. (2017). Railway Handbook. Energy consumption and CO₂ emissions. Paris.
- MTO. (2017). Ontario Minister's Climate Change Action Plan Progress Report 2017.
- NETWORK RAIL. (2009). Network RUS electrification (UK). October 2009. London (UK).
- NEWRAIL. (2004). The Research requirements of the transport sectors to facilitate and increased usage of composite materials. Part III : The Composite Material Research Requirements of the Rail Industry.
- PANOU, K et al. (2013). Railway Driver Advisory Systems : Evaluation of Methods, Tools and Systems. 13th WCTR, July 15-18, 2013 – Rio de Janeiro (Brazil).
- UIC. (2016) Technologies and potential developments for energy efficiency and CO₂ reductions in rail systems. Paris.
- UIC. (2014). Transport. Low carbon rail transport challenge. Action plan. Paper presented at the Climate Summit 2014, UN Headquarters New York.
- UNIFE, & CER. (2016). Rail as a key to decarbonising transport. Brussels.
- WITTHUHN M. et al. (2001). Applications for energy storage flywheels in vehicles of Deutsche Bahn AG. Proceedings of the World Congress of Railway Research WCRR 2001, Cologne (Germany).





Les nouvelles initiatives du transport maritime international

En évolution rapide ces dernières décennies, le transport maritime international contribue de manière non négligeable aux émissions de gaz à effet de serre (GES) anthropiques mondiales, en excédant celles du secteur de l'aviation civile. La mise en place du MRV de l'Union Européenne et l'accord adopté au sein de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) peuvent être annonciateur d'un début de transition, à condition que cela se traduise par des résultats quantitatifs. L'année écoulée aura enregistré des initiatives technologiques intéressantes, portées par les acteurs industriels du secteur.

Rédacteur principal • GUILLAUME SIMONET • *Consultant et chercheur indépendant, Abstraction Services*

SOMMAIRE

1 • DES ÉMISSIONS DE GES CONCENTRÉES SUR LES ROUTES MARITIMES

- Une augmentation récente
- Profil des émissions du secteur maritime
- Une évolution des GES corrélée à celles du tonnage, de la taille et de la vitesse des navires

2 • UNE PRISE DE CONSCIENCE RÉCENTE

- L'action de l'OMI
- Les outils de régulation en place
- Un accord récent intéressant

3 • UNE IMPULSION DES COMPAGNIES MARITIMES

- Des solutions issues de partenariat entre parties prenantes
- L'industrie suédoise en pointe dans le secteur
- Des accompagnements nécessaires pour stimuler le marché

4 • VERS UN TRANSPORT MARITIME RESPONSABLE ? L'ÉLECTRIFICATION DU SECTEUR

- D'autres solutions en vogue
- Entreprises : un enthousiasme sans modèle économique



1 • DES ÉMISSIONS DE GES CONCENTRÉES SUR LES ROUTES MARITIMES

• **UNE AUGMENTATION RÉCENTE** • Les émissions mondiales de CO₂ du transport maritime marchand¹ ont connu une baisse progressive depuis 2007, passant de 1,1 GtCO₂ à 932 MtCO₂ en 2015, représentant 2,6 % des émissions totales de CO₂ pour cette même année (contre 3,5 % en 2007). En 2015, les émissions du transport maritime international représentaient à elles seules 87 % des émissions totales de CO₂ du transport maritime marchand, avec 812 MtCO₂, soit une baisse de 8 % par rapport à 2007 (881 MtCO₂). Néanmoins, la progression observée depuis 2013 (+1,4 %) et selon des estimations non encore publiées, **les émissions du transport maritime international devraient être de 847 MtCO₂ en 2016 et 859 MtCO₂ en 2017, soit une augmentation de 5,8 % par rapport à 2015** (tableau 1).

Concernant les navires de pêche, leurs émissions ont diminué de moitié depuis 2007, passant de 86 MtCO₂ à 42 MtCO₂ en 2015 et se stabilisent en 2017. Les émissions du transport maritime domestique ont diminué de 41 % au cours de la même période, passant de 133 MtCO₂ en 2007 à 78 MtCO₂ en 2015, elles aussi étant estimées stabilisées en 2017. Enfin, les navires de croisières émettent 38 MtCO₂ en 2015, soit environ 4 % des émissions du secteur maritime (ICCT, 2017).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016*	2017*
Transport international	881	916	858	773	853	805	801	813	812	847*	859*
Transport maritime domestique	133	139	75	83	110	87	73	78	78	78*	78*
Navires de pêche	86	80	44	58	58	51	36	39	42	42*	42*
Total transport maritime marchand	1100	1135	977	914	1021	942	910	930	932	967*	979*
% émissions CO ₂ mondiales ²	3,5%	3,5%	3,1%	2,7%	2,9%	2,6%	2,5%	2,6%	2,6%		

TABLEAU 1. ÉMISSIONS DE CO₂ DU TRANSPORT MARITIME MARCHAND MONDIAL

(Source : ICCT, 2017). *Les données 2016 et 2017 sont des estimations issues d'une source interne de l'ICCT (2018).

• **PROFIL DES ÉMISSIONS DU SECTEUR MARITIME** • Entre 2013 et 2015, trois classes de navires comptaient pour 55 % des émissions totales de GES du transport maritime international : les porte-conteneurs (23 %), les vraquiers (19 %) et les pétroliers (13 %) (figure 1).

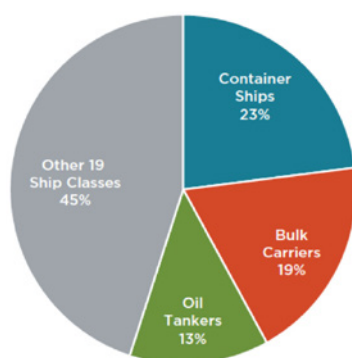


FIGURE 1. PART DE CO₂ ÉMIS PAR CLASSE DE NAVIRES ENTRE 2013 ET 2015.

Source : ICCT, 2017.

Ces émissions sont définies par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) en quatre catégories. Tout d'abord, les émissions de gaz d'échappement, lesquelles constituent le plus grand volume de GES et proviennent des moteurs principaux et auxiliaires, des chaudières et des incinérateurs. Ensuite, les émissions de réfrigérants, indispensables pour les produits réfrigérés et les climatiseurs, mais qui s'échappent également durant les opérations de maintenance et les processus de démantèlement (les émissions sont allouées aux pays procédant les opérations). Puis, les émissions diverses se produisant durant les périodes de transport, incluant les fuites et

¹ L'International Council on Clean Transportation (ICCT) distingue le transport maritime marchand en trois catégories. Le transport maritime international inclut les navires de passagers (traversiers et transporteurs de passagers de plus de 2000 t, paquebots), les navires de marchandises (vraquiers, pétroliers et méthaniers, porte-conteneurs) et les autres cargos de taille importante. Le transport maritime domestique inclut les traversiers de passagers de moins de 2000 Gt, les yachts et les transports de marchandises fluviaux. Les bateaux de pêche, quelle que soit la taille, sont catégorisés dans les navires de pêche (ICCT, 2017).

les relargages et enfin, les émissions de GES issues des phases de tests et de maintenance (Shi and Gullett, 2018). Au niveau des opérations, la navigation en mer fut responsable en 2015 de la plupart des émissions de GES des principaux navires. Néanmoins, pour certains bâtiments (pétroliers et méthaniers), l'accostage demeure un important poste de dépense énergétique (respectivement 17% et 14% du total de leurs émissions de GES). L'ancrage représente pour chacune des catégories de navires environ 5 à 9% des émissions de GES.

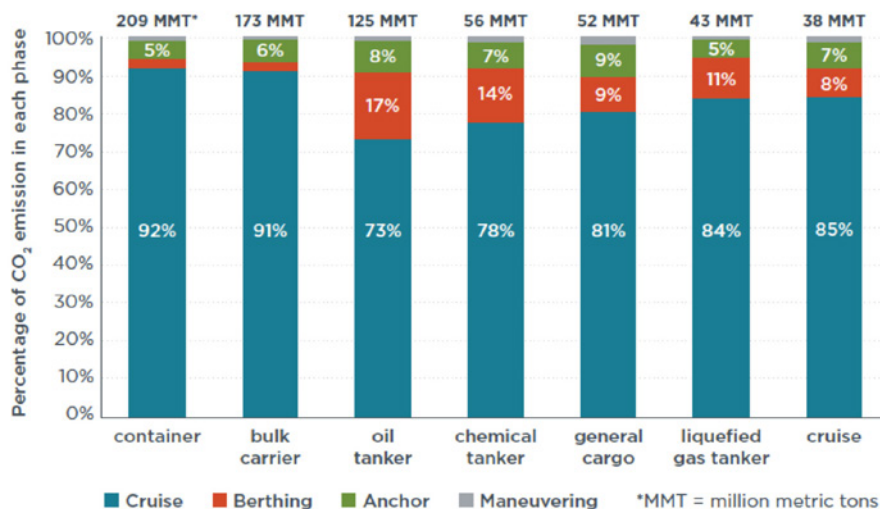


FIGURE 2. ÉMISSIONS DE CO₂ DURANT LES PHASES D'OPÉRATIONS DES PRINCIPAUX NAVIRES ÉMETTEURS, 2015.

Source : ICCT, 2017.

Au-delà des 223 pays représentés dans le transport maritime, 52% des émissions sont attribuables en 2015 à des navires évoluant sous six pavillons : Panama (15%), Chine (11%), Liberia (9%), îles Marshall (7%), Singapour (6%) et Malte (5%) (figure 2). Les émissions mondiales de CO₂ du secteur maritime marchand sont concentrées sur des routes maritimes bien définies à travers le globe (figure 3).

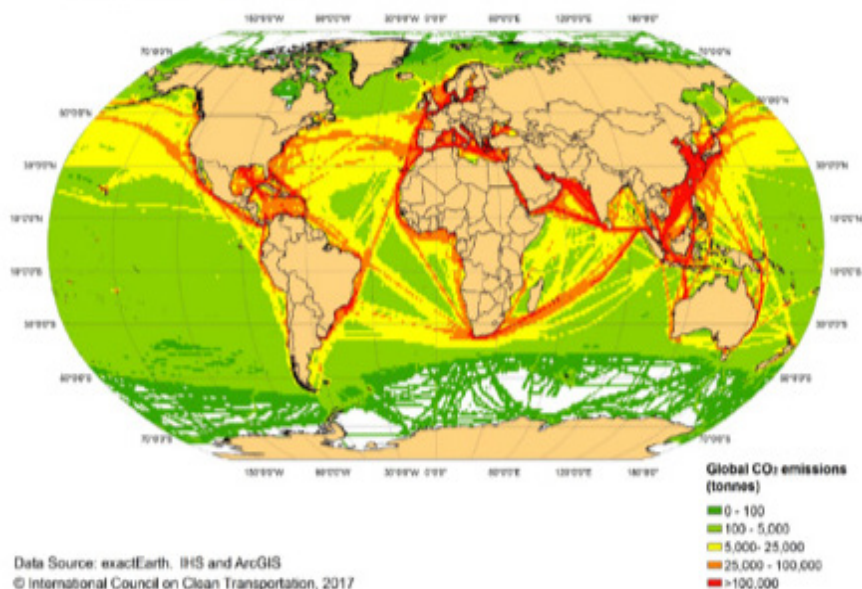


FIGURE 3. DISTRIBUTION MONDIALE DES ÉMISSIONS DE CO₂ DU TRANSPORT MARITIME, 2015.

Source : ICCT, 2017.

• **UNE ÉVOLUTION DES GES CORRÉLÉE À CELLES DU TONNAGE, DE LA TAILLE ET DE LA VITESSE DES NAVIRES** •

Alors que la baisse des émissions de CO₂ du transport maritime marchand durant la période Kyoto (2007-2012) est grandement attribuée à la crise financière mondiale de l'époque, une augmentation est à prévoir pour les prochaines années du fait de la croissance du commerce international maritime (Shi and Gullett, 2018). Smith et al. (2015) ont estimé qu'en l'état, les émissions



de CO₂ du secteur maritime pourraient augmenter de 50 à 250% à l'horizon 2050. En l'absence de mesures, la part du secteur pourrait atteindre 17% des émissions mondiales de GES à cette date (Cames et al., 2015). Par ailleurs, l'augmentation récente des émissions de GES du secteur survient alors que l'intensité CO₂ de la majorité des catégories de navires s'améliore, annulant ces efforts (ICCT, 2017). Une des raisons réside dans l'augmentation des vitesses de croisière. En effet, entre 2013 et 2015, les porte-conteneurs ont augmenté leur vitesse moyenne de 11% et les pétroliers de 4% par rapport à la moyenne totale du transport international, entraînant une augmentation d'émissions de CO₂ par tonnage transporté.

Avec un volume avoisinant les 9 milliards de tonnes de marchandises transportées par an, la voie maritime est le premier mode de transport des activités commerciales. Sa part dans le transport mondial de commerce atteint 80% en termes de volume et 70% en termes de valeur. **En termes de marchandises, la principale ressource transportée demeure en 2012... le pétrole brut avec 1,863 Md de tonnes (voir figure 4).** En termes d'évolution, la flotte mondiale de navires de commerce suit une courbe exponentielle depuis les années 70, après un fléchissement à fin des années 90. Représentant 289 926 tonnes brutes naviguant sur les mers du globe en 1973, elle représentait 6 fois plus, 1 862 000 tonnes brutes en 2016. En 2017, on estime que 93 000 navires constituent cette flotte maritime marchande (Cargill, 2017). Les plus imposants sont les navires de charge utilisés pour le transport de marchandises tels les vraquiers (41%), qui transportent des matières solides en vrac (sable, granulats, céréales), les navires citernes (38%), comme les pétroliers, les méthaniers ou les navires frigorifiques d'aliments liquides et les porte-conteneurs (14%), qui peuvent transporter plus de 20 000 conteneurs depuis février 2018 (contre 1 700 en 1970) et l'inauguration du CMA CGM Antoine de Saint-Exupéry, plus grand navire du genre. Ces trois classes comptent pour 84% du total de l'approvisionnement de marchandises par voie maritime. En dehors des marchandises, la flotte maritime mondiale est constituée de bateaux polyvalents (6%) dont ceux de pêche de tout type et d'imposants paquebots appartenant à une industrie des croisières florissante (1%) qui transportent des millions de passagers vers les destinations touristiques (Info Arte, 2016).

Ainsi, la régulation des émissions de GES du transport maritime international repose sur une grande variété de navires et d'activités. Néanmoins, les

navires de charge émettent largement plus que les autres types de bateaux par leur taille et leur tonnage, tout en étant plus faciles à réguler à l'échelle internationale du fait de leur design et de la nature internationale de leur voyage (Shi et Gullett, 2018). Dès lors, la réduction des émissions ne peut venir que d'une action concertée entre les parties prenantes pour améliorer l'efficacité énergétique et développer des propulsions alternatives (ICCT, 2017).

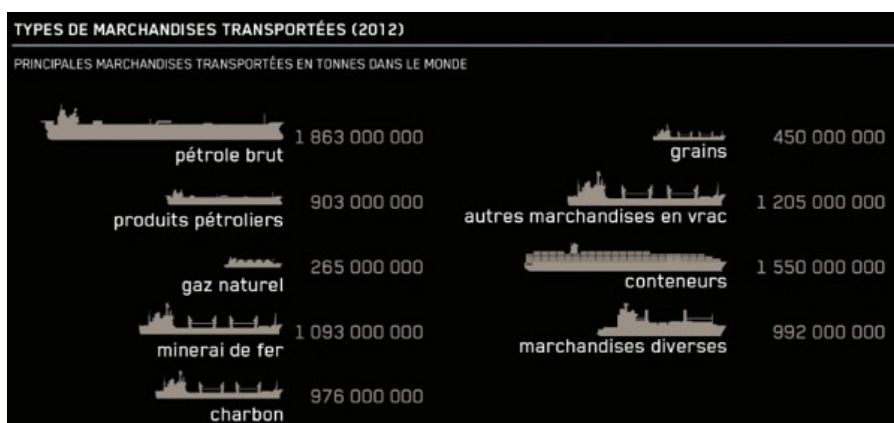


FIGURE 4. PRINCIPALES MARCHANDISES TRANSPORTÉES EN TONNES DANS LE MONDE (2012)

Source : ARTE

2 • UNE PRISE DE CONSCIENCE RÉCENTE

• **L'ACTION DE L'ORGANISATION MARITIME INTERNATIONALE (OMI)** • L'Organisation Maritime Internationale (OMI) est l'autorité internationale qui régule le transport maritime international. L'OMI définit le transport maritime international comme un transport maritime entre ports de différents

pays, en opposition avec le transport maritime domestique, et exclut les bateaux militaires et de pêches (IMO, 2014). **Le transport maritime est le seul secteur avec le transport aérien dont la contribution à la limitation des changements climatiques se négocie directement au niveau international, et ne sont pas inclus ni mentionné dans le Protocole de Kyoto et dans de l'Accord de Paris** (Wan et al., 2017). Les discussions relatives à ce secteur, souvent bloquées par plusieurs pays influents (Chine, pays abritant les pavillons), ont été laissées à l'OMI, dont il est attendu qu'elle favorise les échanges, fixe les efforts de réduction des émissions et développe des stratégies à mettre en place en tant que responsable de la régulation du transport maritime international (Wan et al., 2017).

L'impact à venir de l'industrie des croisières

Bien que représentant 4% des émissions totales du secteur maritime avec 38 MtCO₂ en 2015, la croissance des transports internationaux de passagers est exponentielle, et l'industrie des croisières évolue plus fortement que les autres formes de tourisme. Durant les vingt dernières années, la croissance moyenne annuelle de passagers fut de 7% (Florida-Caribbean Cruise Association, 2015). En 2016, 23 millions de passagers au niveau mondial furent accueillis sur des navires de croisières, la plupart d'entre eux en provenance d'Amérique du Nord. Les bateaux de croisières requièrent beaucoup d'énergie, aussi bien pour la navigation que pour les nombreux services offerts à bord. À titre d'exemple, le Freedom of the seas, un des plus importants paquebots du monde, brûle 4 200 litres de carburant par heure en période de navigation. En toute logique, la taille, les services offerts et la vitesse de croisière des paquebots influent sur les émissions de GES. Il reste que les constructions de nouveaux paquebots tendent à accroître leur capacité d'accueil, la diversité des services offerts et leur vitesse de croisière, annulant les améliorations engendrées par les nouveaux procédés de propulsion et par l'installation de systèmes électriques aux ports d'accueil afin de les inciter à ne plus utiliser leurs générateurs une fois à quai.

ENCADRÉ 1

• **LES OUTILS DE RÉGULATIONS EN PLACE** • À ce jour, seule une régulation axée sur l'efficacité énergétique des navires existe à l'échelle mondiale, la **Energy Efficiency Design Index (EEDI)**. Promulguée par l'OMI en 2013, l'EEDI soumet les nouvelles conceptions de navires à des exigences en matière d'utilisation d'équipements et de moteurs moins polluants (moins de CO₂ par miles nautiques parcourus) et plus économiques en énergie. Il est prévu que ces exigences soient progressivement augmentées tous les 5 ans afin d'encourager l'intégration d'innovations et le développement de nouvelles techniques, de la phase de design du navire à la consommation de carburant nécessaire à son exploitation. Les navires construits entre 2015 et 2019 doivent être 10% plus efficaces en termes

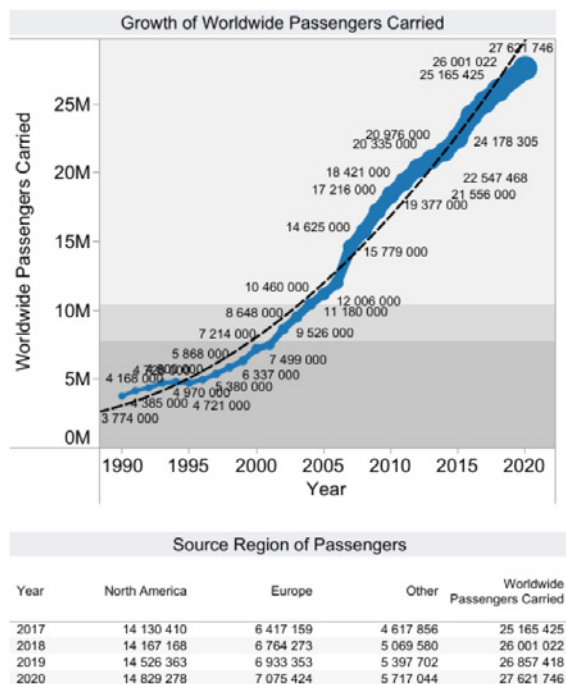


FIGURE 5. CROISSANCE ET PRÉVISION DE L'INDUSTRIE DE CROISIÈRE PAR ÉVOLUTION DE PASSAGERS TRANSPORTÉS ENTRE 1990 ET 2020

(Cruise Market Watch, 2017)



de gramme de CO₂ par tonne mile nautique que ceux construits sur la période 1999-2009 et pour ceux de construits entre 2020 et 2024, l'objectif à atteindre est de 20% avant d'atteindre 30% au-delà de 2025. Il reste que l'EEDI est un mécanisme non normatif, basé sur la performance volontaire, qui laisse le choix des technologies à utiliser à l'industrie dans ses conceptions de navires (ICCT, 2017).

Le Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) est un mécanisme opérationnel de l'OMI visant à optimiser l'énergie consommée par le transport maritime marchand durant l'exploitation des navires. Développé avec l'Université Maritime Mondiale, le SEEMP vise à promouvoir pour les nouveaux navires et ceux existants, des technologies économes en énergie et de les amener à utiliser le Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) qui permet la surveillance continue de l'énergie consommée pendant l'exploitation d'un navire. Cet outil permet d'avoir une vision d'ensemble de la flotte mondiale en termes de performance tout en permettant aux ingénieurs et mécaniciens à bord d'avoir un contrôle continu de l'efficacité énergétique des navires durant leur exploitation, de rapporter les observations, de mieux planifier les voyages, d'estimer la fréquence de nettoyage de l'hélice ou encore d'évaluer l'efficacité d'introduction de nouvelles formes de propulsion (IMO, 2018).

L'impulsion de l'Union Européenne sur le secteur maritime

L'Union Européenne n'a eu de cesse de vouloir intégrer les secteurs aériens et maritimes aux négociations internationales portant sur le climat. Face aux réticences de nombreux pays sur le dossier maritime, l'UE a élaboré un règlement MRV (Monitoring, Reporting, Verification) pour les navires visitant ses ports. Ainsi, le UE MRV est entré en vigueur le 1^{er} juillet 2015 et impose aux armateurs et aux exploitants de surveiller, signaler et vérifier chaque année les émissions de CO₂ des navires de plus de 5 000 tonneaux de jauge brute dans tout port de l'Union Européenne et de l'Association européenne de libre-échange. La collecte de données a lieu par voyage et a débuté le 1^{er} janvier 2018. Les émissions de CO₂ déclarées, ainsi que des données supplémentaires, doivent être vérifiées par des organismes indépendants certifiés tels que DNV GL, un organisme de certification norvégien, et envoyées à une base de données centrale gérée par l'Agence européenne de sécurité maritime (EMSA). Les données agrégées sur les émissions et l'efficacité des navires seront publiées par la Commission Européenne au plus tard le 30 juin 2019, puis chaque année consécutive. Concernant le nouvel accord annoncé par l'OMI, l'objectif de réduire de 50% les émissions du secteur maritime d'ici 2030 est moins ambitieux que ne le souhaitait l'Union Européenne mais cet horizon permet d'inscrire le cadre maritime dans la lignée des objectifs de l'Accord de Paris. Lors des discussions en amont de cet accord, l'Union Européenne a pu jouer de tout son poids, usant des 41% de la flotte mondiale qu'elle représente à travers ses pays membres, mais également en s'appuyant sur son nouveau règlement MRV pour inciter à ce qu'il soit dans le futur appliqué à l'échelle mondiale.

ENCADRÉ 2

• **UN ACCORD RÉCENT** • Lors de la 72^e réunion de la Marine Environment Protection Committee (MEPC 72) d'avril 2018, les 170 pays membres de l'OMI se sont mis d'accord pour adopter une résolution codifiant une stratégie de réduction de GES pour le transport maritime international. L'accord a été trouvé en dépit des réserves exprimées par plusieurs pays (Arabie Saoudite, États-Unis, Chine) et de l'influence disproportionnée des cinq pays sous lesquels sont enregistrés les pavillons de la majorité des navires commerciaux (Bahamas, Îles Marshall, Liberia, Malte, Panama), lesquels

assurent 43% du financement total de l'OMI. Cette stratégie, qui représente le premier cadre climatique global pour le transport maritime, établit des objectifs de réductions jusqu'à 2050 et fixe à 2023 la date butoir de sa révision. La stratégie implique de mettre en œuvre des politiques pour significativement développer l'efficacité énergétique de la flotte mondiale et de promouvoir le déploiement de propulsions innovantes et de carburants alternatifs de manière à atteindre :

- la réduction d'au moins 40% des émissions de GES (à la tonne par kilomètre) par les navires d'ici 2030, tout en poursuivant l'action menée pour atteindre 70% d'ici à 2050 ;
- la réduction du volume des émissions d'au moins 50% en 2050 par rapport à 2008, tout en poursuivant l'action vers la décarbonation totale du transport maritime.

Une liste de mesures à court, moyen et long-terme pour aider à atteindre les objectifs a été dressée par l'ICCT (2018). Néanmoins, ces mesures doivent être rendues obligatoires par une convention de l'OMI avant qu'elles ne deviennent juridiquement contraignantes.

Type	Période	Mesure	Cible	Statut actuel
Court terme	2018-2023	Nouvelles phases de l'EDDI	Nouveaux navires	-10% en 2015
				-20% en 2020
				-30% en 2025
		Mesures d'efficacité opérationnelle (SEEMP, normes)	Navires en service	Planification SEEMP requise
		Programme d'amélioration de la flotte existante	Navires en service	-
		Réduction de la vitesse	Navires en service	-
Moyen terme	2023-2030	Programmes de mise en place de carburants alternatifs à bas ou zéro carbone	Carburants – nouveaux navires/navires en service	-
		Mesures d'efficacité opérationnelle supplémentaires (SEEMP, normes)	Navires en service	Planification SEEMP requise
		Mesures axées sur le marché ²	Navires en service - carburants	-
Long terme	2030 +	Développement et mise à disposition de carburants zéro carbonés ou non fossiles	Carburants – nouveaux navires/navires en service	-

TABLEAU 2 . MESURES QUI POURRAIENT S'INCLURE DANS LA STRATÉGIE INITIALE DE RÉDUCTION DE GES DE L'OMI.

(Source : ICCT, 2018).

Au-delà de ces mesures, l'ICCT (2018) identifie d'autres mesures qui peuvent indirectement soutenir les efforts de réduction de GES, telles que :

- encourager le développement et la mise à jour de plans d'action nationaux ;
- encourager les ports à faciliter les réductions de GES des navires ;
- initier et coordonner les activités de Recherche et Développement en créant une International Maritime Research Board (IMRB) ;
- encourager la recherche de carburants zéro carbonés ou non fossiles pour le secteur maritime

² Les mesures axées sur le marché cherchent à remédier à la défaillance du marché des « externalités environnementales » en intégrant le coût externe des activités de production ou de consommation au moyen de taxes ou de redevances sur les processus ou les produits ou en créant des droits de propriété et en facilitant l'établissement d'un marché des services environnementaux. Selon cette définition, ces mesures visent à fournir aux pollueurs (armateurs et les opérateurs économiques) une incitation économique à réduire leurs émissions de GES conformes au principe pollueur-payeur (Shi and Gullett, 2018).



et développer des lignes directrices robustes sur le cycle de vie des GES pour les carburants de remplacement ;

- entreprendre des études supplémentaires sur les émissions de GES pour éclairer les décisions politiques et estimer les courbes des coûts marginaux de réduction pour chaque mesure ;
- encourager les activités de coopération technique et de renforcement des capacités.

Ces ambitions devraient inciter les navires à se doter de carburant alternatifs au fioul, carburant qui dégage plus de 3 500 fois plus de soufre que le diesel utilisé par les véhicules routiers. Sur ce point, l'OCDE propose de se diriger vers des biocarburants, de l'hydrogène, de l'ammoniaque et de développer la navigation à voile, le gaz naturel liquéfié demeurant une alternative à court terme (OCDE, 2018).

3 • UNE IMPULSION VENANT DES COMPAGNIES MARITIMES

• **DES SOLUTIONS ISSUES DE PARTENARIATS ENTRE PARTIES PRENANTES** • Plusieurs initiatives portées par des acteurs non-étatiques ont comme objectif de rendre le secteur maritime plus vertueux en matière de rejets de GES. Parmi elles, **la Sustainable Shipping Initiative (SSI) est portée par un organisme indépendant qui rassemble des entreprises du transport maritime (affréteurs, chantiers navals, équipements) et d'autres parties prenantes (banques, sociétés technologiques, ONG)** dans le but de créer une industrie maritime plus respectueuse de l'environnement, socialement responsable, plus sûre, et plus rentable sur le plan économique à l'horizon 2040. Parmi les membres de ce réseau, on trouve Maersk Line, Oldendorff ou China Navigation mais également deux organisations non gouvernementales (ONG) environnementales : WWF et Forum for the future. La feuille de route à l'horizon 2040 comprend 6 actions principales parmi laquelle l'action 6 qui souhaite « Adopter une gamme variée de sources d'énergie, en utilisant les ressources de manière plus efficace et responsable, et en réduisant considérablement l'intensité des gaz à effet de serre ». Les mesures envisagées pour ce faire comprennent l'implantation d'améliorations significatives de l'efficacité énergétique dans les conceptions de navires, les réhabilitations et les opérations de navigation ; la recherche et l'intégration de sources d'énergies renouvelables dans les systèmes de propulsion afin de gagner en intensité énergétique ; l'engagement des partenaires dans l'atteinte de gains énergétiques dans les chaînes d'approvisionnement.

Quatre autres organisations non gouvernementales (The Global Maritime Forum, The North American Marine Environment Protection Association (NAMEPA), The Maritime Anti-Corruption Network, The Women's International Shipping and Trading Association (WISTA)) sont impliquées dans une initiative portée par Cargill, une compagnie états-unienne spécialisée dans la fourniture d'ingrédients alimentaires et dans le négoce de matières premières. À l'aide de ces ONG, Cargill souhaite impulser un transport maritime plus vertueux en se fixant un objectif de réduction des émissions de GES de ses 650 navires de 15% en 2020 par rapport à 2016. **Par ailleurs, Cargill annonce avoir amélioré l'efficacité énergétique de sa flotte en 2017 et réduit ses émissions de CO₂ de 5,7% par rapport à 2016 sur la base de tonne transportée par mile (Cargill, 2017).**

• **L'INDUSTRIE SUÉDOISE EN POINTE DANS LE SECTEUR** • L'industrie de transport maritime suédoise est également très active dans la décarbonation de ses activités. L'association la représentant a annoncé un objectif de zéro-émissions à l'horizon 2050 et plusieurs compagnies sont pionnières en matière de transport maritime à faibles émissions. La Suède compte un nombre grandissant d'initiatives : **la Stena Line opère un traversier qui fonctionne au méthanol, Sirius Shipping a développé un bateau au GNL, plusieurs compagnies (Terntank, Erik Thun, Rederi Gotland) ont également des navires propulsés par du GNL et HH Ferries et Green City Ferries ont lancé des traversiers électriques (OCDE, 2018).** Cette approche pro-active peut être expliquée par la coopération entre décideurs, du soutien financier (du gouvernement suédois, de l'Union Européenne ou de la Norwegian NOx Fund selon les projets) et du soutien en termes de réglementation. Cette convergence d'intérêts

entre armateurs et compagnies maritimes suédoises a encouragé d'autres industries, telles que les compagnies d'énergie, à se lancer dans des partenariats établis sur le long terme, aspect important dans le succès de ces initiatives. Le meilleur exemple est le « **Zero Vision Tool** », **plateforme de coopération qui regroupe l'industrie de transport maritime, le gouvernement et la communauté de chercheurs, afin de résoudre les difficultés techniques de projets pilotes portant sur le ravitaillement en GNL ou sur l'alimentation de navires en GNL ou au méthanol**. Enfin, l'introduction de normes sur les émissions de soufre a également permis de stimuler les demandes de conversion vers des propulsions moins émettrices de GES (OCDE, 2018).

• **DES ACCOMPAGNEMENTS NÉCESSAIRES POUR STIMULER LE MARCHÉ** • En France, l'implication de l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Énergie (ADEME) est à souligner. Dans le domaine Transport et Mobilité du Programme d'investissements d'avenir (PIA), la thématique « Navires du futur » regroupe pas loin de 49 projets auxquels l'ADEME participe financièrement. En 2017, l'ADEME a lancé un appel à projets visant à financer des projets de R&D dans le domaine de l'industrie navale débouchant sur des réalisations industrialisables. L'appel concerne les bateaux, navires et engins flottants mobiles qui ont une fonction commerciale de transport (personnes, marchandises), une fonction de travail (pêche, énergies marines, surveillance, recherches, dragage, exploitation des ressources) ou une fonction de loisir (plaisance). Des quatre axes thématiques, l'Axe 1 « Navire économe » vise l'efficacité énergétique à travers la réduction de la résistance à l'avancement (forme, matériaux, structures, hydrodynamique), l'amélioration des fonctions propulsion et énergie (rendement, systèmes) et le développement de solutions innovantes à base d'énergies renouvelables ou optimisant le bilan énergétique global notamment dans la gestion des besoins du bord (eau, ventilation, climatisation, etc.). L'axe vise également l'efficacité des opérations à travers l'optimisation des opérations de navigation, des manœuvres portuaires et des opérations commerciales (chargement/déchargement), l'optimisation de la conservation et de la valorisation des cargaisons et l'interopérabilité avec les autres modes de transport et les infrastructures à terre.

Le projet Honfleur, lauréat de l'ADEME

Démarré en mars 2017 pour une durée de 2 ans, l'objectif du projet HONFLEUR est d'assurer le remplacement du paquebot Normandie (1992) actuellement en service entre les ports de Caen-Ouistreham (FR) et de Portsmouth (UK). Les choix technologiques pour la conception de la coque et de ses appendices, pour la motorisation diesel-électrique et pour les dispositifs de gestion et de récupération de l'énergie consommée devraient permettre au HONFLEUR pendant les trois prochaines décennies, de consommer 20 % d'énergie en moins par rapport à un navire de référence conventionnel, et d'être moins polluant grâce à l'utilisation du gaz naturel liquéfié (GNL) comme alternatif au fuel. Ce navire sera le premier traversier GNL opéré sur le secteur Manche-Mer du Nord. L'utilisation de GNL permet de réduire de manière drastique les émissions de soufre (-99 %), de particules fines (-90 %) et d'oxyde d'azote (-87 %) par rapport à une même quantité d'énergie fournie par du gazole marin (MGO). Il permettra également de réduire significativement les émissions carbonées du navire, celui-ci intégrant par ailleurs des dispositifs de gestion de l'énergie électrique et de récupération d'énergie ainsi qu'une motorisation diesel-électrique, soit en moyenne 12 000 tonnes de CO₂ évitées par an par rapport à un traversier conventionnel. Ces gains environnementaux seront importants pour la qualité de l'air dans les zones portuaires généralement proches de zones à forte densité de population (ADEME, 2018).

ENCADRÉ 3



4 • VERS UN TRANSPORT MARITIME RESPONSABLE ?

• **L'ÉLECTRIFICATION DU SECTEUR** • Au cours des dix dernières années, plusieurs initiatives ont vu le jour dans le secteur de l'ingénierie et de la construction navale pour mettre au point des moyens de propulsion fonctionnant à l'électricité. Ces initiatives concernent aussi bien des bateaux de transport domestique (Port-Liner), de cargo électrique (Hangzhou Modern Ship Design & Research Co.) ou de transport de passagers (E-Ferry). Les navires, notamment de passagers tels que les traversiers, sont plus faciles à équiper de propulsion électrique que tout autre mode du fait de leurs courts trajets entre les mêmes ports. Ces initiatives ne précisent toutefois pas les sources d'énergie utilisées pour recharger les batteries de cette nouvelle flotte navale, rendant difficiles les estimations de réduction d'émissions de GES imputables au transport maritime.

Au-delà des navires, les ports se sont également lancés dans une électrification de leurs opérations. En 2018, Nidex Industrial Solutions a annoncé la réalisation d'un système d'alimentation électrique avancé pour le port de Gênes avec le concours de l'Autorité du système portuaire de la Mer Ligure Occidentale. Ce projet va permettre aux navires amarrés de s'alimenter en énergie une fois à quai sans avoir à utiliser leurs moteurs. Cette solution permettra de réduire les émissions de GES et de limiter l'exposition des populations résidentes voisines à la pollution atmosphérique et aux nuisances sonores générées par les groupes électrogènes habituellement utilisés. Ce projet fait suite à de nombreux projets du même type qui ont eu lieu aux ports de Livourne, Los Angeles et San Francisco (Californie), Juneau (Alaska), Göteborg (Suède) ou encore Lübeck (Allemagne). En France, le Grand Port Maritime de Marseille (GPMM) et La Méditerranéenne ont mis en place en 2017 un système de branchement électrique à quai pour les traversiers afin de leur permettre d'être alimenté en électricité 30 minutes après le débarquement des passagers et 2 heures avant l'appareillage. Le recours aux moteurs au fioul n'est donc plus nécessaire durant cette période à quai. En 2018, la compagnie Corsica Linea qui assure des liaisons régulières entre Marseille et la Corse a annoncé prévoir d'équiper trois de ses navires afin qu'ils puissent eux aussi s'alimenter au réseau électrique une fois à quai. La mise en place des équipements nécessaires à ce nouveau dispositif d'alimentation électrique devrait nécessiter un investissement de 3 à 5 millions d'euros par navire, enveloppe à laquelle l'ADEME et la Région PACA devraient contribuer.

Des projets de transports maritimes électriques qui fleurissent

PORTE-CONTENEUR • Port-Liner, compagnie maritime néerlandaise, devrait mettre à l'eau prochainement son premier porte-conteneurs électrique. Nommée « Tesla Ship », l'embarcation devrait fonctionner grâce à une propulsion électrique dotée de batteries autonomes d'une durée de 15 heures pour un premier modèle (52 m de long et 6,7 m de large pour une capacité de transport de 24 conteneurs), et d'une durée de 35 heures pour un second modèle (110 m de long et 11,40 m de large pour une capacité de 270 conteneurs). **Cargo** • Lancé à la fin de l'année 2017, un premier cargo électrique a été mis à l'eau par la Chine. D'une longueur de 70 mètres pour une largeur de 14 mètres et pesant 2 000 tonnes, le navire a été conçu par Hangzhou Modern Ship Design &

Research Co. Pouvant atteindre une vitesse de croisière de 12,8 km/h, le cargo est alimenté par une série de batteries générant 2 400 kWh et rechargeables en deux heures, lui permettant de parcourir 80 kilomètres. Amarré, le cargo a donc le temps de faire le plein d'électricité pendant le chargement ou déchargement de sa cargaison. L'entreprise souhaite que cette technologie soit bientôt utilisée dans les navires de passagers. **TRAVERSIERS** • En 2018, le chantier naval de Havyard (Norvège) a annoncé avoir reçu un contrat pour construire sept traversiers à propulsion électrique pour l'entreprise de transport norvégienne Fjord1. Cette nouvelle survient après l'annonce des opérateurs du premier traversier électrique en Norvège, l'Ampère, de résultats sur des économies générées atteignant 80 % d'énergie et 95 % de réduction d'émissions de GES après deux ans de service. Mis en opé-

ration en 2015 et fruit d'un partenariat entre Norled AS (compagnie et opérateur de traversier), Fjellstrand (chantier naval), Siemens AS et Corvus Energy, le navire est pourvu d'une batterie d'une capacité de 1 MWh. Ces économies d'échelle ont déclenché une série de commandes pour la construction de nouveaux traversiers électriques ou de conversion d'actuels fonctionnant au diesel. Cette annonce arrive également alors que la compagnie Fjord1 est en train de moderniser sa flotte suite à la demande des autorités norvégiennes de parvenir à une flotte à zéro-émissions. Parallèlement, la Stena Line (compagnie suédoise) a annoncé convertir leur navire Stena Jutlandica qui opère entre Frederikshavn (Danemark) et Gothenburg (Suède), long de 185 mètres, à une propulsion électrique, ce qui ferait de lui le plus gros bateau électrique du monde.

LE PROJET E-FERRY • Le projet E-ferry (E-ferry – prototype and full-scale demonstration of next generation 100% electrically powered ferry for passengers and vehicles), financé par l'UE, lancera prochainement un traversier 100% électrique de taille moyenne destiné à

transporter passagers, voitures, camions et marchandises. Ciblant les moyen-courriers, il sera en mesure de parcourir des distances de plus de 20 NM entre chaque charge grâce à un grand bloc-batterie de 4 MWh. Il sera mis en service sur les lignes établies entre les villes danoises de Soeby et Fynshav (10,7 NM), et entre Soeby et Faaborg (9,6 NM). Le projet E-ferry en cours a été développé afin de mettre en application un concept de design à haut rendement énergétique récemment conçu. Il entendait également développer une étude de cas et un modèle commercial, et préparer le concept avant son lancement prochain sur le marché, après sa période de démonstration. L'objectif, au-delà de la durée du projet, est de mettre en service environ 10 E-ferries supplémentaires en Europe et dans le monde chaque année pour parvenir à un total de 10 ou plus d'ici 2020, 100 ou plus d'ici 2030, et éviter ainsi d'émettre 10 à 30 000 tonnes de CO₂ par an d'ici 2020 et 100 à 300 000 tonnes de CO₂ par an d'ici 2030.

ENCADRÉ 4

• **D'AUTRES SOLUTIONS EN VOGUE** • Au-delà des projets d'électrification, les solutions prennent également d'autres formes, telle que les incitatifs à une conduite mieux adaptée. Ainsi, le ralentissement des navires à l'entrée des ports (ou slow steaming) est une des solutions prônées à Long Beach ou au port de Los Angeles, lesquels offrent une réduction de 25% des frais de stationnement en échange d'une vitesse réduite à l'approche de l'accostage. Le pilotage plus efficace et économe en carburant, la réduction de la vitesse en mer. D'autres mesures de gestion des navires sont envisagées pour réduire les émissions de GES durant la navigation, telle que la réduction de vitesse au cours des trajets, revoir les revêtements de la coque, développer des systèmes afin de récupérer la chaleur perdue, travailler sur l'optimisation de l'enveloppe et du ballast, revoir régulièrement le polissage de l'hélice, réviser le réglage du moteur principal à chaque nouveau voyage ou encore mettre à jour les mises à niveau du pilote automatique (ActuEnvironnement, 2018).

Le projet SeaWing

Démarré en juin 2016 pour une durée de 3,5 ans grâce à une aide de l'ADEME, l'objectif du projet SeaWing consiste à développer et commercialiser un système de traction auxiliaire de navire à l'aide d'une aile volante captive. Développée par la startup toulousaine AirSeas composée d'anciens salariés d'Airbus, le projet s'est entouré de spécialistes l'architecte naval LMG Marin, l'École nationale supérieure maritime et le leader mondial des logiciels d'aide à la navigation maritime, Maxsea. Techniquement, il s'agit d'aider la propulsion d'un navire en le tractant à l'aide d'une immense aile. Inspiré du Kite Surf, cette voile de 1 000 m² arrimée au bout d'un câble de 400 mètres



permettrait de réduire de 20% la consommation d'un navire. L'atout réside également dans l'automatisation du procédé : l'aile, pliée sur le pont d'un navire, pourrait être hissée sur un mât escamotable et déployée au bout de son câble par simple commande automatique, laquelle inclut le procédé inverse de repliage. Outre cette aile, AirSeas travaille sur un projet de logiciel d'aide à la décision afin de guider le capitaine à trouver la route optimale du navire en fonction du vent et des conditions océaniques, de le prévenir de l'opportunité d'utiliser l'aile et de l'aider à trouver le positionnement le plus efficace (La Croix, 2017).

ENCADRÉ 5

CONCLUSION

Avec la nouvelle résolution de l'OMI sur la stratégie de réduction des GES, les acteurs du transport maritime marchand international ont au moins marqué leur volonté de répondre au défi des émissions de GES du transport maritime. Du fait d'innovations notamment électriques, les armateurs, les compagnies maritimes et les chantiers navals disposeront, dans les prochaines années, d'une gamme d'options technologiques importante pour modifier les moyens de propulsion de leurs navires. L'OMI reste un coordonnateur important à l'échelle mondiale dans le nécessaire déploiement de partenariats entre acteurs étatiques et non-étatiques pour arriver à atteindre les ambitieux objectifs d'un transport maritime international en phase avec l'accord de Paris. L'augmentation de la taille des navires et leur vitesse de croisière restent également des défis que la nouvelle stratégie de réduction des GES de l'OMI devra prendre en compte afin de réussir la transition énergétique du secteur maritime international, un secteur jamais dégagé des grands enjeux du commerce international ; Son caractère stratégique pour les grands pays exportateurs, en premier lieu la Chine, rendra ainsi toujours complexe la définition d'un cadre de régulation contraignant.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE : CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

RAPPORTS ET BASES DE DONNÉES :

- OCDE (2017), ITF Transport Outlook.
- OCDE (2018), Decarbonising maritime transport : the case of sweden.
- EU Commission (2017), EU Transport in figures. Statistical Pocketbook.
- International Council on Clean Transportation (2018), The International Maritime Organisation Initial Greenhouse Gas Strategy - Policy Update.
- Sustainable Mobility for All (2017), Global Mobility Report.
- International Council on Clean Transportation (2017), Greenhouse Gas Emissions from Global Shipping 2013-2015.
- La Médiathèque de l'ADEME compile des fiches de projets innovants français, dont certains directement destinés à améliorer l'empreinte écologique du transport maritime. Voir par exemple :
- SEAWING, système d'aile volante pour la traction des navires (lancé en mars 2016), Voir site web. Similaire au projet de Beyond the Sea.
- HONFLEUR, projet d'acquisition d'un nouveau traversier propulsé au GNL pour la Brittany Ferries (lancé en mars 2017).
- Le moteur de recherche du Programme Initiative d'Avenir de l'ADEME permet également de les retrouver en filtrant les résultats.

RAPPORTS SOCLES :

- ITF (2017), Transport Outlook.
- Sustainable Mobility for All (2017), Global Mobility Report 2017 : Tracking Sector Performance, Washington DC, p. 107.
- Transport Policy, Emissions Standards profil.
- IPCC (2014), 5ème Assessment Report - Working Group III Report « Climate Change 2014 : Mitigation of Climate Change », Chapter on Transport.
- Partnership on Sustainable Low Carbon Transport (SloCat) (2018), E-mobility Trends and Targets - work-in-progress.
- Cruise Market Watch (2017), Growth of the Ocean Cruise Line Industry.

RAPPORTS SPÉCIFIQUES

SECTEUR TRANSPORT :

- PPMC (novembre 2017), Macro-feuille de route mondiale pour un transport décarboné et résilient : une dynamique de transformation.
- Edina Löhr, Daniel Bongardt and al (2017), Transport in Nationally Determined Contributions (NDCs), Lessons learnt from case studies of rapidly motorising countries, Ricardo Energy & Environment, Bonn.
- Vieweg, Marion; Bongardt, Daniel; Dalkmann, Holger; Hochfeld, Christian; Jung, Alexander; Scherer, Elena (2017) : Towards Decarbonising Transport – Taking Stock of G20 Sectoral Ambition. Report on behalf of

Agora Verkehrswende and Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

RAPPORTS SOUS-SECTEUR MARITIME :

- ICCT (2017), Greenhouse gas emissions from global shipping 2013–2015.
- International Maritime Organization (2015), Third IMO GHG Study 2014.
- ICCT (2017), Black carbon emissions and fuel use in global shipping 2015.
- ICCT (2018), The IMO's initial GHG Strategy.
- CE Delf (2017), Update of Maritime Greenhouse Gas Emission Projections.

LITTÉRATURE GRISE ET SCIENTIFIQUE :

- Llyod's Register & University Maritime Advisory Services (2017), Zero-Emissions Vessels 2030. How do we get there ?
- Lister J. & al. (2015) Orchestrating transnational environmental governance in maritime shipping. *Global Environmental Change* 34, 185-195
- Poulsen R. T. & al. (2018) Environmental upgrading in global value chains : The potential and limitations of ports in the greening of maritime transport. *Geoforum* 89, 83-95
- Poulsen R. T. & al. (2016) Buyer-driven greening? Cargo-owners and environmental upgrading in maritime shipping. *Geoforum* 68, 57-68
- Yubing Shi & Warwick Gullett (2018) International Regulation on Low Carbon Shipping for Climate Change Mitigation : Development, Challenges, and Prospects. *Ocean Development & International Law*, 49 :2, 134-156
- Wan Z. & al. (2018) Decarbonizing the international shipping industry : Solutions and policy recommendations. *Marine Pollution Bulletin* 126, 428-435

PRESSE :

- Info Arte (2016). Infographies produites en collaboration avec l'ISEMAR pour l'exposition Seamen's Club de Marc Picavez, LiFE 2013. Conception graphique : Vincent Hélye et Eric Collet © Ville de Saint-Nazaire. Adaptation : Blanche Viart.
- Englert, D. (février 2018). Low-carbon shipping : Will 2018 be the turning point? [Blog] *Transport for Development*.
- Connaissance des énergies, (avril 2018), Le transport maritime, en route vers la décarbonisation ?
- Gilbert, P. (avril 2018) Five ways the shipping industry can reduce its carbon emissions.
- Smith, T. (août 2015), Researchers are looking to a surprisingly old idea for the next generation of ships : wind power.
- Vidal, J. (octobre 2016), Shipping "progressives" call for industry carbon emissions cut. *The Guardian*.





**CLIMATE
CHANGE**



2018 OBSERVATOIRE MONDIAL
DE L'ACTION CLIMATIQUE
NON-ÉTATIQUE



INDUSTRIES

CAHIER 1 L'action
sectorielle



PUBLIÉ PAR L'ASSOCIATION CLIMATE CHANCE
NOVEMBRE 2018

Citation

CLIMATE CHANCE (2018)
« L'ACTION SECTORIELLE »

**CAHIER 1 DU RAPPORT ANNUEL DE L'OBSERVATOIRE
MONDIAL DE L'ACTION CLIMATIQUE NON-ÉTATIQUE**

ÉDITION REVUE ET CORRIGÉE - DÉCEMBRE 2018

Le texte de la présente publication peut être reproduit en tout ou en partie à des fins pédagogiques et non lucratives sans autorisation spéciale de la part du détenteur du copyright, à condition de faire mention de la source. Les données utilisées sont de la responsabilité de la source citée, l'Association Climate Chance ne peut être tenue responsable de leur inexactitude.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Ronan Dantec, Président de Climate Chance

ÉQUIPE CLIMATE CHANCE

Vanessa Laubin, *déléguée générale*
Amaury Parelle, *coordinateur, Observatoire*
Thibault Laconde, *consultant énergie-climat, Observatoire*
Antoine Gillod, *assistant de projet, Observatoire*
Bérengère Batiot, *responsable communication et relations publiques*
Veronica Velasquez, *chargée de communication*
Alice Dupuy, *assistante communication*
Romain Crouzet, *responsable des programmes*
Leila Yassine, *coordinatrice des programmes en Afrique*
Coline Desplantes, *assistante pôle programmes*
Vera Tikhanovich, *assistante pôle programmes*
Florence Léchat-Tarery, *responsable administration, finance & partenariats*

CONTRIBUTIONS

Germán Bersalli, Jean-Paul Céron, Maylis Desrousseaux, Ghislain Favé, Bertrand Fériot, Sudhir Gota, Aakansha Jain, Aïcha Koné, Bettina Laville, Gilles Luneau, Juliette Nouel, Riya Rahiman, Colas Robert, Guillaume Simonet, Alioune Thiam, Aude Vallade.

CRÉATION GRAPHIQUE ET MISE EN PAGE

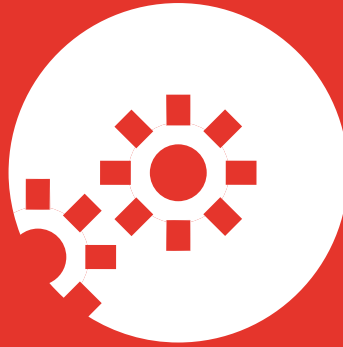
Elaine Guillemot  L'ATELIERDELESTUAIRE.COM
Elodie Sha

TRADUCTION ANGLAISE

Solten France Sarl

PARTENAIRE POUR LES DONNÉES D'ÉMISSIONS





INDUSTRIES

INDUSTRIES..... 4

FICHE SECTORIELLE.....4

*Réduire les émissions industrielles :
un objectif stratégique et complexe*



Réduire les émissions industrielles : un objectif stratégique et complexe

L'industrie est un secteur très hétérogène, elle comprend de nombreux sous-secteurs comme la plasturgie, la métallurgie, les textiles et le cuir, l'agroalimentaire, l'électronique, les équipements électriques et les machines, le bois et le papier, la chimie et la pharmacie, etc. Malgré leur diversité, ces activités ont en commun de transformer des matières premières et de l'énergie, dont l'empreinte carbone est relativement facile à évaluer, en produits finis ou semi-finis beaucoup plus complexes. Elles ont donc un rôle important à jouer à la fois pour limiter leurs propres émissions et pour contribuer à décarboner la consommation mondiale.

Principal rédacteur • THIBAUT LACONDE • *Consultant, Energie & Développement*

SOMMAIRE

1 • ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DU SECTEUR

- Des émissions qui se stabilisent
- Des évolutions contrastées par secteur et par pays

2 • L'ACTION POLITIQUE

- Tarification du carbone
- Outils réglementaires
- Approches volontaires

3 • TROIS PROBLÉMATIQUES BIEN DISTINCTES

- Emissions liées à la consommation d'énergie et d'électricité
- La problématique des processus industriels
- Emissions aval et amonts

4 • DÉMARCHES TRANSVERSESS

- Transparence et engagements volontaires
- Coopération
- Prix internes ou locaux du carbone



1 • ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DU SECTEUR

Il existe peu de données actualisées permettant d'évaluer les émissions de l'ensemble des industries. Selon certaines sources, les activités industrielles seraient responsables de 24% des 37 milliards de tonnes de CO₂ émises en 2017 (SITRA, 2018). Les données disponibles montrent que ces émissions ont connu une période de forte croissance au cours de la décennie 2000 puis se sont stabilisées avant de repartir à la hausse en 2017.

• **DES ÉMISSIONS QUI SE STABILISENT** • Les combustions industrielles, hors industries de l'énergie, ont entraîné l'émission de 6,54 milliards de tonnes de CO₂ (GTCO₂eq) en 2017 (Enerdata). **Ces émissions étaient pratiquement stables avant l'année 2000, elles ont ensuite connu une croissance de 4% par an en moyenne entre 2001 et 2011 qui les ont fait passer en une décennie d'environ 5 GTCO₂eq par an à 7,5.** Elles se sont ensuite stabilisées : entre 2011 et 2016, elles ont cru en moyenne de 0,2% par an (Janssens-Maenhout, 2017). Des données encore partielles pour 2017 montrent une augmentation beaucoup plus forte l'année dernière, de l'ordre de 2,5 à 3% (Enerdata).

Les émissions industrielles d'autres gaz à effet de serre ont connu des évolutions divergentes. Les dernières données disponibles datent de 2015, elles montrent une tendance à la baisse pour le protoxyde d'azote (-18% entre 2010 et 2015), les perfluorocarbures ou PFC (-9%) et l'hexafluorure de sodium ou SF₆ (-14%). Ces évolutions positives sont cependant contrebalancées par la hausse des émissions de méthane ou CH₄ (+5% entre 2010 et 2015) et surtout d'hydrofluorocarbures ou HFC (+18%). Au total, les émissions industrielles hors CO₂ ont augmenté de 10% entre 2010 et 2015 retrouvant presque leur niveau de 2000 (Enerdata, 2018). **Il convient de noter que ces données sont fragmentaires et ne sont généralement disponibles que pour les pays industrialisés : la Chine et l'Inde, par exemple, en sont absentes.**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
CO ₂	5 985,7	6 232,4	6 224,0	6 310,4	6 431,2	6 410,1	6 364,5	6 541,6
CH ₄	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2		
N ₂ O	50,9	51,0	44,0	41,2	43,0	41,7		
HFC	290,4	299,1	313,8	325,5	341,7	343,2		
PFC	18,7	20,5	18,8	18,5	17,3	17,0		
SF ₆	18,6	18,9	21,4	20,4	16,4	16,0		

TABLEAU 1. ÉVOLUTIONS DES ÉMISSIONS INDUSTRIELLES EN MILLIONS DE TONNES ÉQUIVALENT CO₂

Source : Enerdata

Ces données, bien qu'incomplètes, suggèrent que le total des émissions industrielles a connu une forte croissance jusqu'au début de la décennie et qu'elles sont ensuite restées stables jusqu'à un rebond en 2017.

• **DES ÉVOLUTIONS CONTRASTÉES PAR SECTEUR ET PAR PAYS** • Comme on peut s'y attendre dans un secteur aussi vaste et varié que l'industrie, cette évolution globale cache de nombreuses divergences. Les émissions de l'industrie agroalimentaire et de la chimie, par exemple, sont orientées à la baisse ou stables (respectivement -15% et +1% entre 2010 et 2015) alors que celles des fabricants automobiles connaissent une hausse rapide (+23% entre 2010 et 2015).

Les deux secteurs industriels les plus émetteurs sont l'acier et les minerais non-métalliques

(sable, potasse, phosphate, argile, etc.). Ce sont aussi ceux qui ont connu les plus fortes hausses sur le long-terme : depuis 2000, leurs émissions ont doublé. Le rythme de croissance s'est ralenti au début de la décennie mais reste soutenu : entre 2010 et 2015, les émissions de ces secteurs ont augmenté de 16% pour l'acier et 7% pour les minerais non-métalliques.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Automobile	788,3	837,2	859,9	884,1	956,9	972,0	989,9
Acier	1 037,4	1 128,8	1 164,4	1 196,8	1 231,4	1 200,2	
Métaux non-ferreux	132,1	132,8	128,1	136,0	140,5	139,3	
Minerais non-métalliques	1 035,4	1 124,0	1 106,9	1 111,1	1 148,8	1 106,5	
Chimie	728,7	764,6	715,0	716,2	709,8	738,0	
Agroalimentaire	273,6	270,3	260,7	257,7	239,3	233,6	

TABEAU 2. ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CO₂ DANS CERTAINS SECTEURS INDUSTRIELS EN MILLIONS DE TONNES

Source : Enerdata

De même les évolutions par pays montrent une nette divergence entre les grands émergents et le reste du monde : la forte hausse des émissions industrielles enregistrée pendant la décennie 2000 a presque entièrement eu lieu en Chine. Les émissions des combustions industrielles chinoises ont augmenté de 2 GTCO₂eq entre 2001 et 2011 alors que celles du reste du monde n'augmentaient que de 0,4 GTCO₂eq. Le ralentissement de la croissance chinoise et l'évolution vers une économie moins dépendante de l'industrie lourde et de la construction sont donc un facteur majeur dans la stabilisation des émissions industrielles.

En 2015 et 2016, les émissions industrielles chinoises ont légèrement baissé. Cette évolution favorable a cependant été interrompue en 2017 par une politique économique expansionniste en particulier dans le domaine des infrastructures, ce qui a stimulé des secteurs comme le ciment ou l'acier (Chinadialogue, 2017). Les émissions industrielles chinoises sont donc reparties à la hausse en 2017 (+117 MTCO₂eq), expliquant l'essentiel du rebond à l'échelle mondiale (environ 180 MTCO₂eq supplémentaires).

L'Inde est devenue le 2^e émetteur industriel de la planète en dépassant la Russie et le Japon au milieu des années 2000 et les États-Unis en 2012. **Même si elle reste loin derrière la Chine pour les émissions totales, l'Inde joue un rôle croissant : les deux pays ont contribué presque autant à la croissance des émissions industrielles depuis 2010 et, en 2017, les émissions indiennes ont augmenté de 24 MTCO₂eq.**

L'évolution inverse est observée en Europe, aux États-Unis et au Japon : les émissions industrielles ont baissé depuis 2010. Les émissions des trois ensembles sont cependant reparties à la hausse en 2017.

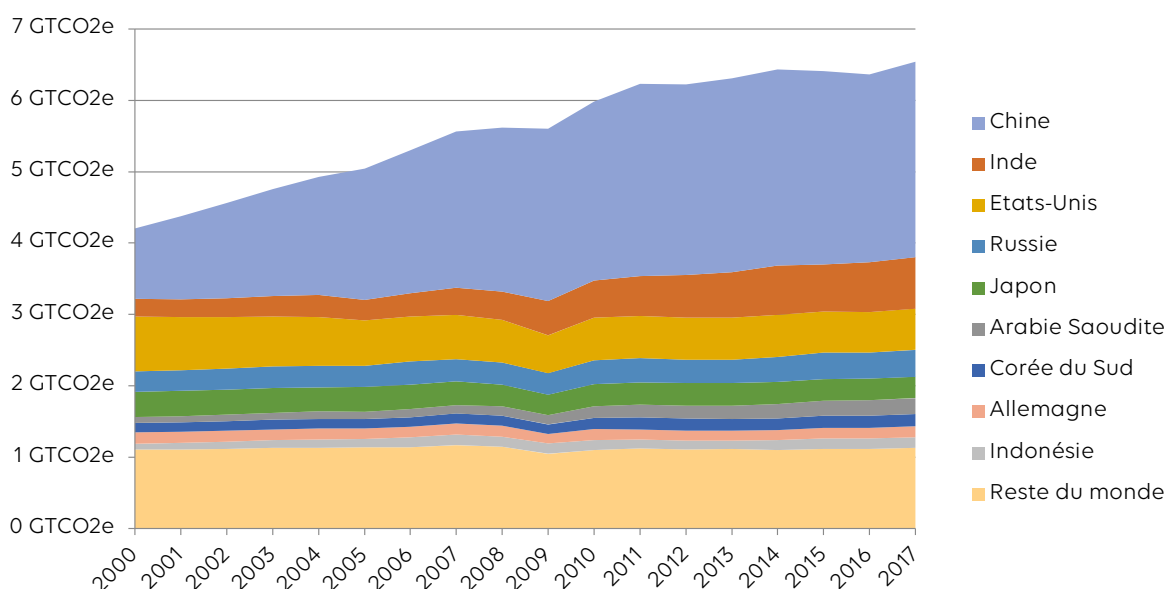


FIGURE 1. ÉVOLUTIONS DES ÉMISSIONS LIÉES AUX COMBUSTIONS INDUSTRIELLES PAR PAYS

Source : Enerdata

La forte croissance des émissions dans les pays émergents s'explique en partie par l'évolution de leur demande intérieure, notamment dans les secteurs des matériaux et de la construction. L'augmentation des émissions, en particulier dans l'industrie manufacturière, est aussi liée à la bascule du commerce mondial vers l'Asie : **environ un quart des émissions mondiales sont imputables à des produits ou à des services exportés, le plus souvent de pays émergents vers les pays développés** (Davis, 2010).

2 • L'ACTION POLITIQUE

Du fait de sa diversité et de la concurrence internationale, les activités industrielles sont moins facilement accessibles aux politiques publiques de réduction des émissions que d'autres secteurs comme la production d'électricité, les transports ou l'habitat. On peut toutefois identifier quelques instruments politiques régulièrement utilisés pour tenter de limiter les émissions de gaz à effet de serre de l'industrie.

• **TARIFICATION DU CARBONE** • La tarification du carbone, par l'intermédiaire d'une taxe ou d'un marché, s'affirme comme un outil politique central pour inciter les industriels à réduire leurs émissions. **En 2018, on recense ainsi 46 pays ayant mis en place un prix du carbone auxquels il faut ajouter 26 provinces (I4CE, 2018).**

En 2017, des taxes carbonées ont notamment été mises en place au Chili et en Colombie, et des marchés du carbone inaugurés en Alberta et dans l'Ontario. La déclaration de Paris sur la tarification du carbone aux Amériques signée par 12 gouvernements nationaux et infranationaux en décembre 2017 semble annoncer une poursuite de la diffusion de ces systèmes. Ces initiatives appellent souvent la mise en cohérence des autres politiques (fiscalités, planification...) qui peuvent autrement limiter l'efficacité du prix du carbone (Banque Mondiale, 2018).

Le plus grand marché du carbone actuellement en service se trouve dans l'Union Européenne. Il a été mis en place en 2005 et couvre près de 11 000 installations dont de grands sites industriels dans les domaines de l'acier, du ciment, du verre, du papier, etc. Il a été étendu à de nouvelles installations notamment dans la chimie à partir de 2013. Les industries manufacturières étant exposées à la concurrence internationale, elles bénéficient, au contraire du secteur de l'électricité, de quotas d'émissions gratuits ce qui a pu limiter l'efficacité de ce dispositif. Le prix des quotas d'émissions

s'étant maintenu à un niveau très bas jusqu'à une période récente, la pression exercée par ce mécanisme sur les industries pour adopter des solutions bas-carbone est restée pour l'instant limitée. En particulier, il ne semble pas exister de corrélation entre l'évolution du prix du carbone et les efforts de recherche et développement, mesurés par le nombre de brevets déposés (Marcu, 2017).

En Chine le marché du carbone annoncé fin 2017 ne devrait, dans un premier temps, couvrir que les émissions des centrales électriques. Ce n'est cependant pas toujours le cas des marchés qui l'ont préfiguré à l'échelle locale : dans la province du Hubei, par exemple, le périmètre du marché du carbone a été étendu en 2017 pour couvrir toutes les installations industrielles dont la consommation annuelle a dépassé 10 000 tonnes équivalent charbon au moins une fois entre 2014 et 2017.

• **OUTILS RÉGLEMENTAIRES** • Diverses mesures réglementaires peuvent aussi concerner les émissions de gaz à effet de serre industrielles. Il est difficile de dresser un tableau systématique de ces mesures compte tenu de la diversité des activités concernées. A titre d'illustration, on peut citer :

- L'interdiction progressive des hydrocarbures fluorés (HFC) suite notamment à l'amendement de Kigali au protocole de Montréal sur la protection de la couche d'ozone,
- Des normes d'émissions aussi bien pour les émissions directes des industries que pour la phase d'utilisation de leurs produits (par exemple les normes d'émission dans l'automobile),
- Diverses normes d'efficacité énergétique dans le secteur industriel. Par exemple la directive européenne 2008/1/EC sur les émissions industrielles qui soumet l'autorisation de plus de 50 000 installations à l'application des meilleures techniques disponibles (MTD) et des valeurs limites d'émission qui leur sont associées.

• **APPROCHES VOLONTAIRES** • Enfin les États peuvent jouer un rôle de facilitateur en encourageant les industries à s'autoréguler. Cette approche basée sur le volontariat a dominé dans les années 1990 et 2000 (OCDE, 2003). Elle peut s'appuyer sur de nombreux instruments : accords non contraignants, reporting des émissions et benchmarking, objectifs auto-assignés mais aussi accords négociés mais contraignants assortis de sanctions en cas de non-respect.

On en trouve un exemple au Japon. Après l'adoption du Protocole de Kyoto, le pays s'est doté d'une loi sur la réduction des émissions en 1998. Avec l'aide du MITI, le puissant ministère du commerce et de l'industrie, les acteurs économiques ont obtenu sa suspension à condition que chaque secteur adopte son propre plan d'action. Dès 1998, 38 associations professionnelles ont ainsi pris des engagements unilatéraux. Le secteur de l'acier, par exemple, s'est engagé à réduire ses émissions de 10 % (contre 6 % pour l'ensemble de l'économie), notamment grâce à l'utilisation de combustible de récupération et aux économies d'énergie.

3 • TROIS PROBLÉMATIQUES BIEN DISTINCTES

Les émissions directes de l'industrie, hors industrie de l'énergie, ont deux origines majeures : d'une part les combustions d'énergie fossile, auxquelles on peut ajouter les émissions indirectes liées à la consommation d'électricité, et d'autre part les émissions des processus industriels (OCDE, 2003).

A ces deux catégories, il convient d'ajouter les émissions indirectes en amont et en aval : production des matériaux et équipements utilisés, logistique, utilisation des produits, élimination...

• **ÉMISSIONS LIÉES À LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET D'ÉLECTRICITÉ** • La réduction des émissions directes passe d'abord par une utilisation plus efficace de l'énergie, que celle-ci soit produite sur site ou achetée à un tiers.

La réduction de la consommation d'énergie nécessite généralement la modernisation de l'outil industriel et l'adoption de technologies plus efficaces. En Chine, par exemple, le potentiel de réduction de la consommation dans l'industrie cimentière permettrait d'éviter l'émission de 360 MTCO₂eq, soit environ un quart des émissions projetées pour le secteur en 2020 (Wen, 2015). Un



potentiel important d'économie d'énergie existe aussi dans les pays développés : en Allemagne, par exemple, l'industrie chimique absorrait environ un cinquième de la consommation d'énergie finale de l'industrie en 2014, ce qui représentait des émissions de 48,2 MTCO₂eq. Le potentiel d'économie d'énergie dans ce secteur est évalué à 6,8 TWh par an dont 6,4 avec un coût négatif sur l'ensemble du cycle de vie (Bühler, 2018).

Les démarches d'économie d'énergie sont souvent facilitées par la coopération entre industriels du même secteur et avec les pouvoirs publics et des instituts de recherche. C'est le cas par exemple pour la production de verre en Grande Bretagne.

La feuille de route sur l'efficacité énergétique et le climat de l'industrie verrière britannique

La fabrication du verre utilise des fours, généralement chauffés au gaz, qui représentent à eux seuls 80% de la consommation d'énergie fossile de la filière. En Grande Bretagne l'efficacité des fours a déjà été améliorée de 50% en 40 ans et le secteur a adopté en 2017 une feuille de route soutenue par le gouvernement britannique pour poursuivre ces progrès.

Cette feuille de route prévoit de créer un groupe de haut niveau réunissant les industriels et les organismes professionnels pour animer la démarche et faciliter les échanges et de développer la collaboration avec les autorités notamment BEIS, le ministère en charge de l'énergie et de l'industrie. L'industrie s'engage à accélérer l'adoption des technologies et des bonnes pratiques permettant d'économiser l'énergie et à explorer l'utilisation d'énergies moins carbonées. Elle souhaite également collaborer plus étroitement avec ses fournisseurs et promouvoir l'utilisation de produits moins émetteurs de gaz à effet de serre auprès de ses clients. Un effort dans les domaines de la formation et de la recherche est également prévu. La feuille de route prévoit par ailleurs d'augmenter le recyclage du verre qui est beaucoup moins consommateur en énergie que sa fabrication.

Pour chacune de ces actions, des responsables et un calendrier ont été définis.

Source : British Glass, 2017

ENCADRÉ 1

• **LA PROBLÉMATIQUE DES PROCESSUS INDUSTRIELS** • Les émissions des processus industriels sont les émissions liées aux réactions chimiques nécessaires à la fabrication de certains produits, par exemple le ciment et l'acier. Les fuites de fluides frigorigènes (HFC et PFC) en font également partie.

Ces émissions sont généralement difficiles à réduire car liées fondamentalement aux processus de production. Environ les deux tiers des émissions de la production de ciment, par exemple, viennent de la décarbonatation à haute température de calcaire et d'argile pour former le clinker, une substance qui est la matière première du ciment : il est possible de réduire l'intensité carbone de l'énergie nécessaire à la cuisson mais la décarbonatation produira toujours la même quantité de CO₂.

Comme il semble difficile de se passer entièrement de produits aussi omniprésents que l'acier ou le ciment, l'élimination de ces émissions peut se faire soit par leur capture et leur séquestration (abordées dans une autre fiche du Cahier 1 – Section Énergie), soit par la mise au point de processus de fabrication alternatifs. Dans le second cas, un effort d'innovation technologique particulièrement important est nécessaire, suivi d'une mise à niveau des installations industrielles.

Vers un acier sans émissions de CO₂ ?

L'industrie de l'acier est une des industries les plus polluantes. Elle est responsable, selon certaines sources, de 7% des émissions de dioxyde de carbone de la planète. L'utilisation de coke, un dérivé du charbon, est responsable de 85 à 90% des émissions de la production d'acier. Le coke est actuellement indispensable à la fois pour réduire les oxydes de fer, ce qui produit du fer métallique et des oxydes de carbone, ainsi que pour chauffer les haut-fourneaux. En 2016, les entreprises suédoises Vattenfall, SSAB et LKAB (premier producteur européen de minerai de fer) se sont associées pour tenter de mettre au point un processus de fabrication d'acier sans énergies fossiles ni émissions de gaz à effet de serre. Le projet, nommé HYBRIT, a passé avec succès son étude de pré faisabilité et la planification pour la création d'un pilote a pu démarrer. Ce pilote, financé à 50% par l'agence suédoise de l'énergie, devrait entrer en phase d'essai entre 2021 et 2024.

L'objectif est de remplacer le coke par du dihydrogène (H₂) pour la réduction des oxydes de fer, d'une part, et par de l'électricité pour le chauffage des haut-fourneaux d'autre part. La réduction des oxydes de fer par l'hydrogène produit seulement de la vapeur d'eau. L'électricité nécessaire pour la production de l'hydrogène et le chauffage sera entièrement décarbonée - ce qui est déjà le cas aujourd'hui en Suède.

Compte tenu du prix actuel de l'électricité, du charbon et du CO₂, l'acier produit par le projet HYBRIT devrait être 20 à 30% plus cher que l'acier conventionnel. En 2016, le CDP estimait qu'au cours des 7 années précédentes et parmi les entreprises reportant sur sa plateforme, les progrès étaient limités et que la plupart ont vu leurs émissions ou leur intensité énergétique augmenter (CDP, 2016). L'organisation souligne toutefois les efforts de POSCO qui a commercialisé une technologie nommée FINEX permettant de réduire les émissions dues à la fabrication d'acier en éliminant le frottement ; SSAB dont les usines sont considérées comme les moins intensives en énergie grâce à l'utilisation notamment de fourneaux électriques ; ThyssenKrupp dont l'intensité carbone est faible et qui se concentre sur la fabrication de produits chimiques à partir des déchets de sa production. A l'inverse, US Steel, Tata Steel, Evraz ou CSN se démarquent par la forte intensité carbone et énergétique de leurs productions, ou encore par le manque d'engagements pris ou de transparence.

Source : www.hybritdevelopment.com

ENCADRÉ 2



• **ÉMISSIONS AVALES ET AMONTS** • Ces émissions ont lieu dans la chaîne de valeur du producteur avant son intervention (production des matières premières et des équipements par exemple) ou après (transport, utilisation et fin de vie des produits). Elles ne sont pas directement de la responsabilité des industriels mais dépendent largement de leurs décisions, par exemple dans le choix des filières d'approvisionnement, la conception des produits ou l'implantation des sites.

Les émissions liées aux approvisionnements sont en moyenne 4 fois supérieures aux émissions directes, elles représentent donc un important potentiel de réduction. Ce gisement reste encore assez peu exploité : selon le CDP, 52% des fournisseurs qui ont répondu à son enquête déclarent intégrer le climat dans leurs stratégies mais seulement 23% travaillent avec leurs propres fournisseurs sur la réduction de leurs émissions (CDP, 2018).

Les émissions pendant les phases en aval (utilisation et fin de vie) varient fortement selon le produit considéré : elles sont de l'ordre de 10% pour les produits électroniques (The Shift Project, 2018), mais de plus de 50% pour un véhicule électrique et peuvent dépasser 80% pour un véhicule thermique (Hawkins, 2012) ou un bâtiment (Cho, 2016).

Les choix technologiques et la conception des produits peuvent donc avoir un impact considérable sur les émissions à long-terme. De telles évolutions nécessitent un processus d'innovation coûteux et font souvent l'objet de partenariats entre industriels, pouvoirs publics et instituts de recherche. A titre d'illustration, la réduction du poids des voitures, en remplaçant par exemple l'acier par de l'aluminium, permettrait d'éviter plus d'émissions d'ici à 2050, que le passage à une motorisation électrique (Serrenho, 2017). Ce sujet fait l'objet notamment d'un programme de recherche « *Affordable Lightweight Automobiles Alliance* » dans le cadre du partenariat public-privé « *European Green Vehicles Initiative* ». L'objectif est de concevoir et tester des véhicules 25% moins lourds. Le projet associe une vingtaine de partenaires industriels et universitaires dont Opel, Volvo, Thyssenkrupp, l'Institut Fraunhofer ou encore l'Université de Florence.

Une des solutions permettant de réduire ces émissions indirectes est le développement de l'économie circulaire, c'est-à-dire réintroduire dans le cycle de production tous les déchets et sous-produits, par exemple la chaleur ou le CO₂, qui en sont issus. En Europe, le potentiel de l'économie circulaire pour les 4 principaux matériaux industriels (acier, plastiques, aluminium et ciment) dans deux grands secteurs (automobile et construction) permettrait de réduire les émissions de l'industrie de 56% en 2050 (300 MTCO₂eq par an) soit plus de la moitié de la réduction totale nécessaire pour atteindre la neutralité carbone. Au niveau mondial, le potentiel de réduction des émissions industrielles est estimé à 3,6 milliards de tonnes par an en 2050 (Material Economics, 2018).

L'économie circulaire est généralement une démarche territoriale ce qui explique que les collectivités y jouent un rôle important. La plateforme européenne sur l'économie circulaire ("*European Circular Economy Stakeholder Platform*") comprend de nombreuses collectivités parmi ses contributeurs, dont par exemple Amsterdam, Grenade ou le département français de la Lozère. Un exemple concret de ce type de collaboration est fourni par le port d'Anvers : dans son plan stratégique pour la période 2018-2020, il prévoit de développer les échanges de matières et d'énergie entre industrie pétrochimique et sociétés développant une chimie renouvelable, et 90 hectares sont réservés pour ces activités.

4 • DÉMARCHES TRANSVERSES

Même si les différences existantes entre les secteurs de l'industrie ne permettent pas de proposer des solutions universelles, certaines démarches semblent être largement répandues.

• **TRANSPARENCE ET ENGAGEMENTS VOLONTAIRES** • Un premier niveau d'engagement pour les industriels consiste à quantifier et à rendre public leurs émissions. Ces publications sont devenues obligatoires dans certains pays, par exemple en France pour les entreprises employant plus de 500 salariés ou aux États-Unis pour les installations émettant plus de 25 000 tonnes de CO₂, mais

elles peuvent aussi être volontaires ou porter sur un périmètre plus large que celui qui est imposé. Ces démarches volontaires semblent avoir de multiples bénéfices pour les entreprises : il existe une corrélation entre le niveau de transparence et la performance financière, elles améliorent aussi l'image des entreprises et permettent parfois de réaliser un gain en termes de consommation d'énergie (Hahn, 2015).

Des standards internationaux ont été mis en place pour rendre ces bilans des émissions comparables. C'est le cas notamment du Greenhouse Gases Protocol, une norme de comptabilisation et de déclaration des émissions destinée aux entreprises créée à l'initiative du World Business Council for Sustainable Development et du World Resources Institute en association avec de nombreuses entreprises et ONG. Le Carbon Disclosure Project, une ONG britannique, aide également les entreprises à évaluer et à rendre publiques volontairement leurs émissions.

Une étape supplémentaire consiste à prendre des engagements de réduction. **En particulier, l'initiative Science Based Targets, issue d'un partenariat entre le CDP, le Global Compact, le WRI et le WWF, aide les entreprises à déterminer un niveau d'engagement cohérent avec l'objectif de limiter le réchauffement climatique à 2°C. Environ 400 entreprises se sont engagées dans cette démarche dont de nombreux industriels dans des domaines aussi divers que l'automobile (Daimler, Honda, PSA, Michelin...), les matériaux (Saint Gobain, China Steel...), les produits de consommation courante (Kimberly-Clark, SEB...), etc.**

• **COOPÉRATION** • La coopération entre industriels et avec leurs parties prenantes peut permettre d'échanger des bonnes pratiques et de collaborer à la recherche de solutions. Cette coopération peut être locale, par exemple à l'échelle d'une zone industrielle, où elle permettra de mettre en œuvre en commun des actions complémentaires des engagements individuels. L'expérimentation de ces démarches au Canada (Côté, 2016) et en Allemagne (Bühner, 2013) a montré qu'elles peuvent permettre de réduire les émissions de plus d'un tiers avec des coûts limités.

La coopération entre industriels peut aussi être sectorielle avec des engagements et des programmes de recherche portés par des associations professionnelles à l'échelle nationale ou internationale. Il est enfin notable que parmi 59 grandes banques mondiales, 97% sont impliquées à un niveau ou à un autre dans des groupes de ce type (Banque Mondiale, 2018).

Le plan climat de la World Cement Association et les données du CDP

Le ciment occupe une place centrale dans l'économie contemporaine : il est le composant-clé du béton qui est le produit le plus consommé par l'humanité après l'eau. La production de ciment repose sur une réaction chimique, la décarbonatation du calcaire, qui nécessite une grande quantité d'énergie et qui libère du dioxyde de carbone. Ces deux sources d'émissions font de l'industrie cimentière le deuxième secteur le plus émetteur de gaz à effet de serre après celui de l'énergie. Ses émissions sont évaluées à 1,45 milliards de tonnes de CO₂ en 2016 et près de 40 milliards de tonnes cumulées depuis 1928 (Andrew, 2018). Début 2018, le CDP estimait que les entreprises

reportant leurs données sur sa plateforme et représentant 15% de la production mondiale, ne montraient qu'une baisse de 1% par an de l'intensité carbone de leur production sur les 4 dernières années. Les industriels du ciment doivent plus que doubler leurs efforts de réduction des émissions pour atteindre une trajectoire compatible avec les objectifs de l'Accord de Paris (CDP, 2018). Seules les compagnies indiennes se démarquent avec une proportion moindre de clinker dans leur ciment, un composant hautement intensif en carbone, grâce à un meilleur accès aux déchets d'autres industries, comme les scories ou les cendres volantes. Notons enfin que la part des recettes consacrées à la R&D chez les cimentiers est plus faible que dans les autres industries, avec un

4 - [tps://www.eniday.com/en/sparks_en/oil-majors-invest-renewable-energy/](https://www.eniday.com/en/sparks_en/oil-majors-invest-renewable-energy/)

5 - <https://www.fool.com/investing/2018/06/04/big-oil-is-investing-billions-in-renewable-energy.aspx>



investissement de 6% en moyenne.

En juillet 2018, la World Cement Association, qui réunit une cinquantaine de cimentiers issus de 30 pays, a organisé son premier forum sur le changement climatique. Ces travaux ont conclu que les technologies actuellement disponibles pouvaient permettre d'atteindre 50% des réductions d'émissions nécessaires pour respecter l'Accord de Paris mais qu'elles se diffusaient encore trop lentement.

En octobre 2018, l'association a publié un plan d'action qui doit encore être détaillé lors de son sommet annuel à la fin de l'année. Ce plan définit 5 domaines d'action collective :

- l'évaluation et la publication des émissions de gaz à effet de serre avec le développement de protocoles adaptés au secteur et la mise en place de formations ;

- l'utilisation efficace du ciment produit et la réduction des émissions du bâtiment sur l'ensemble du cycle de vie :

- l'utilisation de l'énergie issue des déchets pour la cuisson du ciment avec la création d'une plateforme d'échange destinée à partager les connaissances et les bonnes pratiques dans ce domaine ;

- l'innovation technologique notamment autour de la capture du carbone, des systèmes d'information et des nouveaux types de ciments et de liants,

- la mise en place d'une démarche destinée à distinguer les produits et de modèles économiques innovants.

Source : www.worldcementassociation.org

ENCADRÉ 3

• **PRIX INTERNES OU LOCAUX DU CARBONE** • En l'absence d'un prix du carbone ou si celui-ci est insuffisant, l'amélioration de l'empreinte carbone peut passer par la création d'un prix de carbone interne ou local.

Prix interne du carbone

Un prix interne du carbone est une valeur qu'une entreprise donne volontairement à ses émissions de gaz à effet de serre. Elle peut servir à encourager la décarbonation et à prendre conscience des risques financiers associés aux émissions.

Plusieurs méthodes existent : un prix du carbone implicite consiste à calculer rétroactivement le prix des réductions d'émissions réalisées par l'entreprise. Un prix virtuel ("shadow price") est calculé et pris en compte dans les décisions d'investissement. Enfin une taxe carbone interne est un prélèvement opéré au sein de l'entreprise sur les opérations émettrices de gaz à effet de serre afin de réduire rapidement les émissions et de produire des revenus destinés à la compensation ou à la transition climatique de l'organisation. Microsoft par exemple utilise une taxe interne sur le carbone pour financer ses investissements dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique ainsi que des activités de recherche et de sensibilisation pour ses salariés. Ce prix est calculé pour couvrir un programme d'investissement prédéfini et appliqué sur les émissions directes et une partie des émissions indirectes (achat d'énergie, déplacement en avion des salariés...). Au cours des dernières années, il s'est établi entre 5 et 10 \$ par tonne.

Royal DSM, un industriel néerlandais actif dans le domaine de la nutrition et de la santé, utilise quant à lui un prix virtuel de 55,84 \$ par tonne, très supérieur à celui du marché européen du carbone, pour guider ses décisions d'investissement. La transition vers les énergies renouvelables effectuées par Unilever aboutit elle à un prix implicite du carbone de 10 \$ par tonne.

Source : C2ES, 2017

ENCADRÉ 4

We Mean Business, une coalition d'ONG travaillant avec les entreprises pour lutter contre le changement climatique, et le Carbon Disclosure Project ont lancé l'initiative Carbon Pricing Corridors en 2017. Son objectif est d'encourager les entreprises à définir des prix internes du carbone compatibles avec les objectifs de l'Accord de Paris.

Enfin, une vingtaine de régions et de villes ont également mis en place un système de prix du carbone sur le territoire. Une taxe carbone est par exemple prévue dans la loi sur le changement climatique adoptée en 2017 par le parlement catalan. D'un montant initial de 10 €/TCO₂eq augmentant progressivement jusqu'à 30 € en 2025, elle concerne en particulier les grandes installations industrielles. La taxe doit alimenter un fonds climat destiné à financer les politiques de réduction des émissions et d'adaptation au changement climatique. L'avenir de ce projet est cependant incertain en raison de la crise entre Barcelone et Madrid (Banque Mondiale, 2018). D'autres projets de taxes carbone et de systèmes d'échange de quotas carbone ont été mis en œuvre dans les territoires, dont certains sont traités dans la section 2 du Cahier 2 2018 sur la mobilisation territoriale.

CONCLUSION

Caractérisée par la diversité des produits, des processus et des lieux d'implantation, l'industrie est peu accessible à des solutions générales pour réduire ses émissions de gaz à effet de serre. La lutte contre le changement climatique passe le plus souvent par une démarche d'innovation à l'échelle d'un site ou d'une activité. Cette spécificité rend indispensable la mobilisation des acteurs industriels eux-mêmes et de leurs parties prenantes.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- Banque Mondiale (2018), Carbon pricing dashboard.
- ENERDATA, Global Energy & CO₂ Data
- Janssens-Maenhout et al (2017), Fossil CO₂ and GHG emissions of all world countries, Publications Office of the European Union.

RAPPORTS ET REVUES :

- Andrew (janvier 2018), Global CO₂ emissions from cement production, Earth System Science Data.
- Banque Mondiale (mai 2018), State and Trends of Carbon Pricing.
- British Glass (octobre 2017), Glass Sector Joint Industry - Government Industrial Decarbonisation and Energy Efficiency Roadmap Action Plan.
- Bühler et al. (octobre 2018), Evaluation of energy saving potentials, costs and uncertainties in the chemical industry in Germany, Applied Energy.
- Bühner (2013), Cutting GHG Emissions of Industrial Parks by 35% Through Corporate Collaboration.
- C2ES (septembre 2017), The Business of Pricing Carbon : How Companies are Pricing Carbon to Mitigate Risks and Prepare for a Low-Carbon Future.
- CDP (2018), Closing the Gap Scaling up sustainable supply chain practices.
- CDP (2018), Building pressure : Which cement companies are prepared for the low carbon transition ?
- Chinadialogue (13 novembre 2017), China's carbon emissions drive global uptick in 2017.
- Cho et al. (juin 2016), A Study on Life Cycle CO₂ Emissions of Low-Carbon Building in South Korea.
- Côté et al. (2016), Strategies for reducing greenhouse gas emissions at an industrial park level : a case study of Debert Air Industrial Park, Nova Scotia, Journal of Cleaner Production.
- Davis et al. (mars 2010), Consumption-based accounting of CO₂ emissions, Proceedings of the National Academy of Sciences.
- FAO (avril 2018), 9th Session of the Advisory Committee on Sustainable Forest-based Industries.
- Hahn et al. (2015), Organizations, Climate Change, and Transparency : Reviewing the Literature on Carbon Disclosure, Organization & Environment.
- Hawkins et al. (2012), Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles, Journal of industrial ecology.
- I4CE (2018), Point Climat n°55 – Tarification du carbone dans le monde : l'augmentation des revenus pose la question des usages.
- Material Economics (juin 2018), The Circular Economy - a Powerful Force for Climate Mitigation.
- Marcu et al. (2017), 2017 State of the EU ETS Report.
- OCDE (2003), Policies to Reduce Greenhouse Gas Emissions in Industry.
- Serrenho et al. (juin 2017), The impact of reducing car weight on global emissions : the future fleet

in Great Britain, Philosophical transactions.

- Wen et al. (février 2015), Evaluation of energy saving potential in China's cement industry using the Asian-Pacific Integrated Model and the technology promotion policy analysis, Energy Policy.

PRESSES PRÉSENTATIONS :

- EGVI, ALLIANCE - AffordabLe Lightweight Automobiles AlliaNCE.
- La Tribune (14 juin 2018), Anvers fait le pari de l'économie circulaire.
- SITRA (5 juin 2018), Ground-breaking analysis finds that the circular economy could make it possible to keep global warming below 2°C.

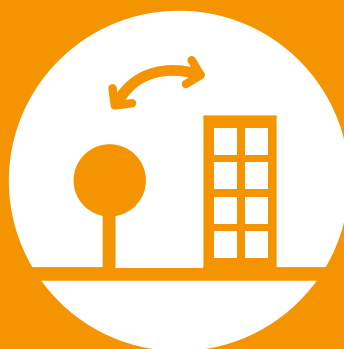




**CLIMATE
CHANGE**



2018 OBSERVATOIRE MONDIAL
DE L'ACTION CLIMATIQUE
NON-ÉTATIQUE



UTCATF

CAHIER 1 L'action
sectorielle



L'ACTION SECTORIELLE / UTCATF EST UN EXTRAIT THÉMATIQUE
DU RAPPORT ANNUEL DE L'OBSERVATOIRE MONDIAL
DE L'ACTION CLIMATIQUE NON-ÉTATIQUE

→ À TÉLÉCHARGER DANS SON INTÉGRALITÉ
SUR WWW.CLIMATE-CHANCE.ORG



PUBLIÉ PAR L'ASSOCIATION CLIMATE CHANCE
NOVEMBRE 2018

Citation

CLIMATE CHANCE (2018)
« L'ACTION SECTORIELLE »

**CAHIER 1 DU RAPPORT ANNUEL DE L'OBSERVATOIRE
MONDIAL DE L'ACTION CLIMATIQUE NON-ÉTATIQUE**

ÉDITION REVUE ET CORRIGÉE - DÉCEMBRE 2018

Le texte de la présente publication peut être reproduit en tout ou en partie à des fins pédagogiques et non lucratives sans autorisation spéciale de la part du détenteur du copyright, à condition de faire mention de la source. Les données utilisées sont de la responsabilité de la source citée, l'Association Climate Chance ne peut être tenue responsable de leur inexactitude.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Ronan Dantec, Président de Climate Chance

ÉQUIPE CLIMATE CHANCE

Vanessa Laubin, *déléguée générale*
Amaury Parelle, *coordinateur, Observatoire*
Thibault Laconde, *consultant énergie-climat, Observatoire*
Antoine Gillod, *assistant de projet, Observatoire*
Bérengère Batiot, *responsable communication et relations publiques*
Veronica Velasquez, *chargée de communication*
Alice Dupuy, *assistante communication*
Romain Crouzet, *responsable des programmes*
Leila Yassine, *coordinatrice des programmes en Afrique*
Coline Desplantes, *assistante pôle programmes*
Vera Tikhanovich, *assistante pôle programmes*
Florence Léchat-Tarery, *responsable administration, finance & partenariats*

CONTRIBUTIONS

Germán Bersalli, Jean-Paul Céron, Maylis Desrousseaux, Ghislain Favé, Bertrand Fériot, Sudhir Gota, Aakansha Jain, Aïcha Koné, Bettina Laville, Gilles Luneau, Juliette Nouel, Riya Rahiman, Colas Robert, Guillaume Simonet, Alioune Thiam, Aude Vallade.

CRÉATION GRAPHIQUE ET MISE EN PAGE

Elaine Guillemot  LATELIERDELESTUAIRE.COM
Elodie Sha

TRADUCTION ANGLAISE

Solten France Sarl

PARTENAIRE POUR LES DONNÉES D'ÉMISSIONS





UTILISATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE (UTCATF)

UTCATF 4

FICHE SECTORIELLE.....4
*Les émissions liées à l'UTCATF et la
disparition des forêts : une situation
toujours aussi dramatique*

PÉROU.....20
*Préserver la forêt amazonienne
péruvienne : un défi sociétal*

FRANCE.....32
*Le rôle indispensable de la biomasse
et des sols en France : des actions
concrètes encore en débat*

CÔTE D'IVOIRE.....44
*La Côte d'Ivoire à la reconquête
de ses forêts*



Les émissions liées à l'UTCATF et la disparition des forêts : une situation toujours aussi dramatique

Dans le bilan global des émissions de gaz à effet de serre (GES), le GIEC estime dans son 5^e rapport que le secteur de l'utilisation des terres et changement d'affectation des terres et de la foresterie (UTCATF) est un secteur important responsable de 20 à 25% des émissions globales de GES. Le sol contient environ 2 à 3 fois la quantité de carbone contenue dans l'atmosphère soit entre 1 500 et 2 400 gigatonnes de CO₂. L'équilibre entre le relargage et le stockage de carbone dans le sol est déterminant pour maintenir l'équilibre climatique, et les différents scénarios envisageant la neutralité carbone d'ici le milieu du 21^e siècle s'appuient tous sur la capacité des forêts, des prairies et des zones humides à stocker une partie de CO₂ émis. Le maintien des forêts est aussi un enjeu de biodiversité, de régulation des pluies et d'avenir des communautés locales.

« Il n'est pas nécessaire d'abattre des forêts pour produire plus de nourriture », c'est le message martelé par la FAO dans son rapport en 2016 nommé « Forêts et agriculture : défis et possibilités concernant l'utilisation des terres ». D'après la FAO, la déforestation dans les zones tropicales et subtropicales est surtout imputable à l'agriculture commerciale à grande échelle (40%) suivie de l'agriculture de subsistance locale (33%), aux infrastructures (10%), à l'expansion urbaine (10%) et à l'extraction minière (10%), « avec cependant, des variations importantes selon les régions ».

Rédacteur • L'équipe de l'Observatoire Climate Chance

SOMMAIRE

1 • LE SECTEUR UTCATF : DES ESTIMATIONS TOUJOURS DIFFICILES

2 • LA REPRISE DE LA DÉFORESTATION TROPICALE

- Le Brésil : une déforestation en dents de scie
- Les autres pays du bassin amazonien
- En Afrique une déforestation qui s'accélère
- L'évolution de la filière bois en Afrique
- La Malaisie et l'Indonésie

3 • LA REFORESTATION

- La course à l'arbre de l'Inde et de la Chine
- La complexité des comptabilités européennes du secteur UTCATF
- La reforestation en Afrique

1 • LE SECTEUR UTCATF : DES ESTIMATIONS TOUJOURS DIFFICILES

Plus complexes à calculer que les émissions de CO₂ liées à la combustion des énergies fossiles, leurs agrégations des émissions liées à l'usage des sols sont hautement incertaines comme le souligne par exemple le Global Carbon Project dans son « *Global Carbon Budget* », et qui propose deux chiffres séparant l'UTCATF du reste des autres sources d'émissions. Cette marge d'erreur peut atteindre 30% comme le montre le graphique du Global Carbon Project issu du Carbon Budget qui évalue en 2016 à 4,6 GtCO₂eq les émissions liées à l'usage des sols (Cf. figure 1).

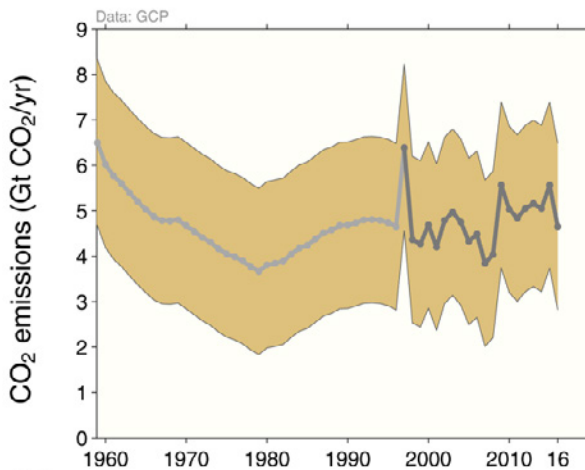


FIGURE 1 : ESTIMATIONS À PARTIR DE DEUX MODÈLES DE COMPTABILITÉ, EN UTILISANT LA VARIABLE DES FEUX DEPUIS 1997

Lecture : les émissions liées au changement d'affectation des sols sont très incertaines. L'augmentation des émissions en 2016 est liée à la multiplication des incendies pendant les périodes sèches d'El Niño en Asie tropicale

Source : [Houghton and Nassikas 2017](#); [Hansis et al 2015](#); [van der Werf et al. 2017](#);

[Le Quéré et al 2017](#); [Global Carbon Budget 2017](#)

Le Programme des Nations-Unies pour l'Environnement (PNUE) souligne quant à lui, dans son rapport annuel sur l'évolution des émissions de GES « *Emission Gap Report 2017* », les doutes existant sur les données fournies par les États, en chiffrant à 3 GtCO₂eq, les différences entre estimations scientifiques et agrégation des données

des rapports nationaux. Le rôle des sols dans les politiques de compensation des émissions des autres secteurs, avec les flux financiers afférents, amène aussi les États à surévaluer leurs potentiels de puits de carbone, y compris en Europe. **D'après une étude récente (Luftalla et al., 2018), la conversion des forêts et prairies, aux sols riches en carbone organique, génère un flux de CO₂ des sols vers l'atmosphère correspondant à 10% des émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique. La lutte contre la déforestation est donc un des enjeux majeurs de stabilisation du climat.**

Peu de pays fournissant des chiffres annuels des émissions liées à leur usage des sols, et les forêts étant souvent les principaux contributeurs aux flux de CO₂ (CITEPA), nous avons choisi de nous concentrer principalement sur l'évolution des couverts forestiers, bien documentée à l'échelle mondiale. L'évolution des autres catégories d'utilisations des sols, comme la disparition des prairies et des zones humides, la croissance des zones artificielles ou encore des terres cultivées, nécessiteraient toutefois une analyse dédiée de leurs facteurs respectifs.

Les causes de la déforestation sont particulièrement diverses et hétérogènes suivant les pays et les continents : entre l'étalement urbain et le développement de l'agriculture intensive, entre les besoins en bois de chauffage des populations locales et l'exploitation pétrolière, ou encore entre la coupe des bois précieux et l'activité minière. Dans les pertes particulièrement importantes enregistrées en 2016 en croissance de 51% par rapport à 2015, les feux de forêts ont aussi joué un rôle conséquent : le Brésil a ainsi perdu 3,7 millions d'hectares, soit plus du triple qu'en 2015. Le Portugal a perdu 4% de ses surfaces boisées, et au Canada l'incendie très médiatisé de Fort Murray s'est traduit par la perte de 600 000 hectares (estimations du Global Forest Watch). Au vu de cette diversité des causes, nous avons choisi de balayer la situation par continent, sans chercher à être exhaustifs, mais en revenant sur quelques faits majeurs des toutes dernières années. Ce tour d'horizon, guère optimiste au vu des chiffres, croisera différents outils au service du maintien des forêts, certifications, mécanismes de compensation... dans un domaine où les débats sont vifs entre acteurs sur l'impact de ces différents mécanismes.

Le plan stratégique des Nations-Unies pour les forêts

La gravité de la situation, avec une perte estimée à 13 millions d'hectares de forêts par an (chiffre ONU), a d'ailleurs amené l'ONU à se doter d'un plan stratégique pour les forêts. Ce Plan stratégique a été adopté, le 20 janvier 2017, par le Conseil économique et social (ECOSOC), sur recommandation du Forum des Nations Unies sur les forêts, avant d'être approuvé par l'Assemblée générale, le 27 avril. Il repose sur 6 objectifs et 26 cibles, qui sont, comme l'a rappelé le Président de l'Assemblée générale, M. Peter Thomson, directement liés à ceux du Programme de développement durable à l'horizon 2030.

Les objectifs sont de mettre fin à la réduction du couvert forestier par une gestion forestière durable, de renforcer les avantages économiques, sociaux et écologiques dérivés des forêts, d'accroître sensiblement la superficie des forêts protégées et celle des forêts gérées de façon durable, de mobiliser des ressources financières sensiblement plus importantes, de promouvoir des cadres de gouvernance pour une gestion forestière durable, et de renforcer la coopération, la coordination, la cohérence et les synergies en ce qui concerne les questions touchant aux forêts.

Source : Conseil économique et social (ECOSOC)

ENCADRÉ 1

2 • LA REPRISE DE LA DÉFORESTATION TROPICALE

Après une accalmie au début des années 2010, la déforestation s'est de nouveau accélérée en 2017, deuxième année la plus dévastatrice de l'histoire contemporaine après 2016. Selon le rapport publié par l'institut d'hydrologie, de météorologie et d'études environnementales de Colombie (IDEAM), le Brésil, la République démocratique du Congo, l'Indonésie, Madagascar et la Malaisie ont subi les pertes les plus importantes en 2017.

• **LE BRÉSIL : UNE DÉFORESTATION EN DENTS DE SCIE** • Le Brésil a perdu plus de 6 000 km² de couvertures forestières en 2017, certes un peu moins que dans les mois précédents (7 989 km² entre août 2015 et juillet 2016), mais bien plus que les résultats encourageants des années précédentes (ministère de l'environnement du Brésil). D'après l'estimation de l'institut national pour la recherche spatiale (INPE), la déforestation avait en effet atteint son plus bas niveau en 2012, avec 4 571 km² de forêts coupées, à comparer avec le pic de 27 700 km² en 2004. Cette décélération en un an a pourtant été saluée par le président Michel Temer, arrivé au pouvoir en 2016, qui s'est félicité que la courbe de déforestation se soit inversée après 3 années d'augmentation. L'intervention du président brésilien était aussi une tentative de réponse à la menace du gouvernement norvégien, principal contributeur, de diviser par 2 en 2017, par rapport aux 100 millions de dollars versés en 2016, sa contribution au fonds de préservation de la forêt amazonienne.

Les causes de cette déforestation sont connues, élevage et agriculture, notamment les exportations de soja. Le port de Lorient, en France, a d'ailleurs reçu le plus gros cargo de soja de son histoire, le 25 septembre 2018 : 63 000 tonnes de soja, venant du Brésil et de l'Argentine, ont été débarquées en une fois par le cargo Chloé, battant pavillon des Îles Marshall. Ce débarquement a suscité la colère de militants anti-OGM qui ont manifesté sur place, dénonçant le soja transgénique et résistant au glyphosate, appelé à nourrir les porcs bretons, et rappelant le vœu, resté donc sans effet, de la région Bretagne propriétaire du port, qui en 2004 avait voté une motion sur la limitation des importations de produits OGM.

Une agriculture bas carbone au Brésil ?

Confronté aux critiques sur ses politiques climatiques, et à l'augmentation de ses émissions de GES du fait de son secteur agricole, le gouvernement brésilien en partenariat avec l'institut brésilien de recherches agricoles (l'Embrapa), met en avant sa stratégie pour une « Agriculture Bas Carbone » (Plan ABC). Il s'agit d'une technique d'Intégration Culture-Élevage-Forêt (ILPF) qui alterne l'élevage de bovins pendant la période sèche et la culture de légumineuses l'été sur une parcelle où peuvent aussi être plantés des eucalyptus, qui génèrent des revenus à la coupe, enrichissent la terre, captent les émissions de gaz émis par les bovins et leur offrent des zones ombragées... Les matières organiques des bovins permettent elles de nourrir les sols et de retenir les nutriments dans la terre. Développée en 2005 par l'Embrapa dans la région Centre-Ouest, cette technique aurait déjà été appliquée sur 11,5 millions d'hectares en une dizaine d'années. Le but : en développant cette technique sur 55 000 hectares d'ici à 2030, réduire les émissions de GES de serre de quasiment 300 millions de tonnes équivalent CO₂, soit près de 13% des émissions totales du Brésil en 2016. Mais aucune instance ne contrôle à ce jour l'efficacité de la mise en œuvre, et sur les 5,3 milliards d'euros débloqués, seuls 3,6 milliards ont été consommés...

Source : Journal La Croix du 11 février 2017

ENCADRÉ 2

• LES AUTRES PAYS DU BASSIN AMAZONIEN •

Nous publions dans ce rapport une étude sur le Pérou, pays fortement engagé dans l'animation de la convention climat, mais qui peine à juguler la déforestation sur son territoire, malgré les engagements pris lors de la COP21. Il n'est pas le seul à générer de l'inquiétude. En effet, la Colombie, la déforestation a doublé en 1 an dans la partie amazonienne, pour atteindre 2 200 km² en 2017, soit la surface du Luxembourg

(Source : - IDEAM - 2018).

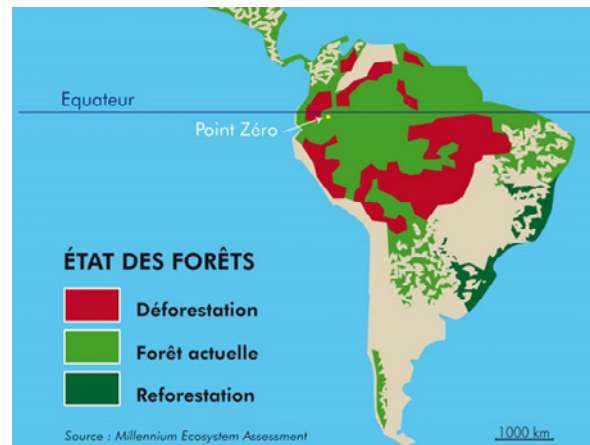


FIGURE 2. ÉTAT DES FORÊTS EN AMÉRIQUE LATINE EN 2012

(Source : Millennium Ecosystem Assessment)

La Cour suprême de Colombie donne raison à une ONG, au nom de ses engagements internationaux

En janvier 2018, 25 enfants et jeunes poursuivaient l'État colombien, accompagnés dans leur démarche par l'ONG *Dejusticia*, qui se présente comme un centre « d'investigation-action ». Le groupe réclamait que le gouvernement garantisse leurs droits fondamentaux à la vie et à l'environnement, et respecte leurs droits constitutionnels. La Cour suprême de Colombie a donné raison aux jeunes plaignants. Le 5 avril 2018, elle a reconnu l'Amazonie colombienne comme « sujet de droit ». Le gouvernement s'est vu signifier l'ordre de préparer en 4 mois, un plan d'action afin de préserver la forêt. Parmi les manquements de l'État colombien relevés par la Cour suprême, le fait que la gravité de la déforestation n'aurait pas été évaluée à sa juste mesure,

« malgré les nombreux engagements internationaux » de la Colombie, en insistant sur la question des émissions de GES.

Source : Centre d'étude juridique et social Dejusticia

ENCADRÉ 3

D'un pays à l'autre, les raisons de cette déforestation se répètent : exploitation du bois et agriculture, activités minières et épuisement des terres qui amènent les paysans à en défricher de nouvelles. L'exploitation pétrolière est un autre facteur notable de la déforestation, y compris par la création des routes et infrastructures amenant aux lieux d'exploitation des gisements, qui ouvrent la voie à d'autres exploitations (bois, orpaillage...). Symbole de cette course au pétrole et aux devises, en août 2013, le président équatorien, Rafael Correa, a autorisé l'exploitation des hydrocarbures dans le parc naturel de Yasuni. Cette réserve exceptionnelle, créée en 1979, est classée réserve mondiale de la biosphère par l'UNESCO depuis 1989. Elle s'étend sur 982 000 hectares dans le bassin de l'Aalto Napo et abrite deux groupes autochtones vivants en isolement volontaire : les Tagaeri et les Taromenane. Rafael Correa enterrait ainsi le projet Yasuni ITT lancé en 2007 qui proposait de renoncer à l'exploitation de 900 millions de barils de pétrole à la condition d'un apport international de 3,6 milliards de dollars, soit la moitié du manque à gagner pour le pays. La levée de fonds, gérée par l'ONU, n'a recueilli que 13 millions de dollars, et 116 millions de promesses (Lavaud J.P, Mediapart 2016). Le 7 septembre 2016, le gouvernement équatorien a lancé l'exploitation du gisement en dépit des mobilisations des défenseurs de l'environnement et des associations de défense des peuples autochtones de cette région. Au Venezuela et surtout en Bolivie, où le président Morales a aussi autorisé des explorations pétrolières dans plusieurs grandes réserves, la situation se répète, les mobilisations des communautés autochtones n'arrivant pas à bloquer les projets.

• **EN AFRIQUE, UNE DÉFORESTATION QUI S'ACCÉLÈRE** • D'après la FAO, la déforestation sur le continent africain est celle qui progresse le plus rapidement dans le monde, plus rapidement que dans la forêt amazonienne. Elle estime que cette perte de surface forestière est de l'ordre de 3,1 millions d'hectares par an, ces 5 dernières années. Dans son rapport de 2016 « *Situation des forêts du monde 2016* », elle souligne la particularité du continent africain, où de nombreux ménages pauvres adoptent des stratégies agricoles et de création de revenus « peu risquées et à faible rendement » et où l'agriculture de subsistance demeure le principal moteur de la déforestation. L'agriculture commerciale à grande échelle est quant à elle à l'origine d'un tiers de la déforestation en Afrique, contre 40% en moyenne dans l'ensemble des pays situés en zones tropicales et subtropicales.

La situation reste très différente entre les pays du bassin du Congo, avec un profil dit « couverture forestière élevée – faible déforestation » (CEFD), où la déforestation est encore localisée, mais où se situent aujourd'hui les principales menaces, et la situation catastrophique de l'Afrique occidentale, où elle dépasse 2% par an, la forêt ayant perdu près de 85% de sa surface initiale.

Un pays comme la Côte d'Ivoire, qui fait l'objet d'une fiche spécifique dans ce rapport, a perdu la quasi-totalité de sa forêt primaire et ses dernières forêts classées continuent d'être envahies par les plantations illégales, notamment de cacao. La Côte d'Ivoire affiche aujourd'hui le taux de déforestation le plus élevé du continent selon le rapport REDD+ Côte d'Ivoire, 2017. Entre enjeux de développement avec des possibilités de ressources liées aux cultures d'exportations pour des populations pauvres et faiblesse des États, les situations restent très difficiles à maîtriser, même si les gouvernements multiplient les déclarations sur leur volonté de préserver voire de restaurer leur couvert forestier, en regardant vers les financements climat, notamment liés au mécanisme REDD+.



Systèmes d'échange de quotas : perspectives pour le secteur forêt-bois ?

En 2015, les projets carbone forestiers représentaient 29% des volumes échangés et occupaient la deuxième place, juste derrière les projets de développement des énergies renouvelables. En prenant à la fois en compte les crédits échangés sur les marchés volontaires et de conformité, les principaux projets sont les projets REDD+, suivis par les projets de gestion forestière améliorée. Si les projets REDD+ dominent largement le marché volontaire à l'international, les projets

de gestion forestière améliorée sont principalement présents sur les marchés de conformité, notamment californien et australien. Malgré une baisse significative et continue depuis 2011, les prix atteints par les projets forestiers restent supérieurs à la moyenne observée sur l'ensemble du marché volontaire (5,7 \$/tCO₂eq pour les projets forestiers contre 2,8 \$/tCO₂eq en moyenne en 2015, un minimum historique).

Source : [Académie d'Agriculture de France \(AAF\)](#)

ENCADRÉ 4

Dans le cadre du CAFI (Central African Forest Initiative), deux conventions ont été signées, l'une avec la République démocratique du Congo, l'autre avec le Gabon pour un montant de 18 millions de dollars américains pour protéger les forêts du pays et accélérer la lutte contre le changement climatique. « Cet accord est un grand pas en avant. Le Gabon s'engage à des mesures qui, une fois en œuvre, préserveront 98% de ses forêts », a déclaré M. Vidar Helgesen, Ministre norvégien du Climat et de l'Environnement et président de CAFI. « CAFI est fière de soutenir ce plan ambitieux mais pragmatique, qui vise à faire en sorte que l'économie d'un pays à revenu moyen grandisse tout en préservant son inestimable capital naturel, pour les gabonais et pour le monde entier » (source PNUD).

En République Démocratique du Congo (RDC), alertée par les ONG, notamment Greenpeace, le 6 mars 2018, la CAFI a annoncé publiquement suspendre ses financements au gouvernement jusqu'à ce que les concessions forestières illégalement réattribuées soient révoquées. Le ministère de l'Environnement de la RDC avait rétabli trois concessions forestières appartenant à des entreprises chinoises, SOMIFOR et FODECO, pour un total de 6 500 km² (une surface équivalente à celle du département français de la Drôme). Deux de ces concessions empiètent sur les 145 000 km² de tourbières récemment découvertes et contenant quelques 30 milliards de tonnes de carbone, avec un risque important d'émissions de méthane lié à l'ouverture de ce massif à l'exploitation forestière (Greenpeace 2018).

CAFI (Central African Forest Initiative), initiative pour la forêt durable en Afrique

CAFI est un partenariat collaboratif qui rassemble les pays d'Afrique centrale : Cameroun, Gabon, Guinée équatoriale, République centrafricaine, République du Congo et RDC, et une coalition de bailleurs : Allemagne, Corée du Sud, France, Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni et Union européenne, et enfin le Brésil comme partenaire Sud-Sud.

Les engagements des partenaires sont formalisés au travers de *la Déclaration de CAFI*. CAFI est une initiative unique qui soutient des investissements nationaux stratégiques et holistiques sur la REDD+ et le développement sobre en émissions, tout en se concentrant sur les pays d'Afrique centrale à haut couvert forestier. Son objectif est de reconnaître et préserver la valeur des forêts dans la région afin d'atténuer les changements climatiques, réduire la pauvreté et contribuer au développement durable.

Le soutien de CAFI se porte sur :

- le développement et la mise en œuvre de

Cadres Nationaux d'Investissement (CNI) | validés au plus haut niveau par des institutions nationales dont le mandat est intersectoriel ;

- des financements basés sur l'atteinte de jalons programmatiques et politiques définis dans des lettres d'intention ;
- la coordination des bailleurs et l'alignement de l'assistance sur les CNI des pays partenaires ;
- la participation inclusive de toutes les parties prenantes ;
- Le soutien de CAFI passe par le Fonds CAFI, un fonds fiduciaire géré par le Bureau des Fonds Fiduciaires Multi-Partenaires des Nations Unies.

ENCADRÉ 5



FIGURE 3 LA FORÊT D'AFRIQUE CENTRALE EN CHIFFRES.

Source : Infographie du CAFI

• L'ÉVOLUTION DE LA FILIÈRE BOIS EN AFRIQUE

L'évolution des exploitants forestiers en Afrique est aussi une donnée importante. Début 2018, la branche Afrique du Groupe Rougier a annoncé son dépôt de bilan. Entreprise familiale cotée en bourse, la société Rougier est une des plus anciennes et des plus importantes sociétés exploitant du bois en Afrique. Ses premières exploitations d'okoumé ayant commencé dans les années 1950 au Gabon, elle est également présente au Cameroun, au Congo et, depuis 2015, en Centrafrique (RCA). La surface totale détenue en concession par le groupe Rougier s'élève à plus de 2,3 millions d'hectares et il emploie 3 000 salariés, essentiellement en Afrique. Il devrait se désengager totalement ou partiellement de ses activités d'exploitation sur le continent, sauf au Gabon. D'autres sociétés forestières, européennes pour la plupart, ont dû céder une partie de leurs actifs ces derniers mois. Le Groupe Wijma Cameroun, à capitaux hollandais, a dû céder en 2017 à une entreprise concurrente (Vicwood SA, dont le siège est à Hong-Kong) quatre de ses cinq concessions forestières au Cameroun. La société italienne Cora Wood SA, fabricant réputé de contreplaqué établi au Gabon, a dû céder une de ses concessions à une société chinoise.

Cette mutation inquiète, elle signifierait pour Alain Karsenty, chercheur au CIRAD et qui a publié un long article sur le sujet : « *la fin d'un cycle ouvert par les premiers plans d'aménagement forestiers dans les années 1990, et qui s'est prolongé par l'essor de la certification de « bonne gestion forestière » (le label Forest Stewardship Council, FSC) une quinzaine d'années plus tard. On avait alors pensé qu'une exploitation forestière durable de la forêt naturelle, conciliant profitabilité économique, dimension écologique et progrès social, avait démontré sa faisabilité en Afrique centrale, malgré les problèmes notoires de gouvernance dans cette région (...). Cependant, la profitabilité de l'exploitation des forêts naturelles repose, jusqu'à maintenant, sur le prélèvement d'une poignée d'espèces bien connues des consommateurs de bois (...). L'avantage de cette exploitation extrêmement sélective est que la forêt n'est guère endommagée par des prélèvements qui dépassent rarement, en moyenne, un ou deux arbres par hectare, soit 10 à 12 m³ (...). Les concessionnaires européens, jadis incontournables dans l'exploitation et l'industrie du bois africain cèdent peu à peu leurs actifs aux investisseurs asiatiques. Si les opérateurs malaisiens sont présents en Afrique centrale depuis le milieu des années 1990, des entreprises chinoises sont entrées en force dans la filière depuis les*



années 2000, et, plus récemment, ce sont des investisseurs indiens, dont la multinationale Olam, qui se sont fait remarquer au Gabon et au Congo. Ces exploitants disposent de capitaux importants et les marchés sur lesquels ils opèrent acceptent des qualités parfois inférieures à celles que demandent les acheteurs européens. (...) Les opérateurs européens se demandent s'ils jouent bien à armes égales avec certains de leurs concurrents asiatiques. Les grandes entreprises européennes se sont progressivement conformées aux normes légales en préparant des plans d'aménagement forestiers, rendus obligatoires par les nouvelles générations de lois forestières apparues dans les années 1990-2000. Une partie d'entre elles est allée plus loin, en adoptant une certification forestière exigeante, le FSC. Ce label est important pour gagner ou conserver des parts de marché sur certains marchés occidentaux sensibles aux questions environnementales (en Europe du Nord, notamment) et espérer un prix d'achat plus élevé pour les bois ainsi labellisés. La certification constitue donc un investissement, qui pousse les entreprises à s'autoréguler pour ne pas perdre le label dont la mise en œuvre sur le terrain est vérifiée régulièrement par des auditeurs indépendants. Or, mis à part la société Olam qui a racheté, en 2011, à une société danoise une grande concession déjà certifiée au nord Congo, aucun opérateur à capitaux asiatiques n'a cherché sérieusement, au moins jusqu'à présent, à obtenir le label FSC pour ses permis.

(Source : <http://www.willagri.com/2018/06/28/la-crise-de-la-filiere-europeenne-du-bois-tropical-en-afrique-centrale/>).

Dans cette situation, qui voit se profiler la menace d'évolution d'une exploitation d'essences spécifiques vers une déforestation plus complète, la décision du Gabon, à contre-courant des tendances du secteur, ne peut passer inaperçue. Le président gabonais Ali Bongo Ondimba a en effet annoncé que le Gabon retirera les permis forestiers de tout opérateur qui ne sera pas engagé, d'ici à 2021, dans un processus de certification du Forest Stewardship Council (FSC), en fixant 2022 comme année butoir. Le Gabon, qui n'exporte plus de grumes depuis 2009, mais qui assure déjà une part de la transformation sur son territoire, vise notamment les marchés de l'Europe du Nord, où la certification est nécessaire.

D'autres menaces pèsent sur les forêts africaines sans que nous ne les détaillions toutes ici. La déforestation illégale pour fournir du bois d'ameublement pour les africains (les bois exploités par les grandes sociétés internationales étant trop chers pour les populations locales et réservés à l'exportation) est un phénomène en développement, amenant à des programmes spécifiques financés par exemple dans le cadre de REDD+ en Côte d'Ivoire. La déforestation liée aux bois de chauffage est bien connue, et les initiatives pour la contrôler sont nombreuses sans pour autant encore démontrer un impact significatif. Autour de nombreuses villes africaines en développement, la recherche de bois de chauffage nécessite aujourd'hui de parcourir de grandes distances, ce qui entraîne aussi son renchérissement. Enfin, le risque d'accaparement des terres est réel, comme l'a montré l'arrivée de l'entreprise Coréenne Daewoo Logistic à Madagascar, où elle a souscrit un bail de 99 ans sur 1,3 millions d'hectares, provoquant une crise politique importante.

• **LA MALAISIE ET L'INDONÉSIE** • La Malaisie, qui tire 11% de son PIB de l'exploitation de l'huile de palme, n'a pas en 2017 réduit son rythme de déforestation, suivant les estimations de l'ONG Global Forest Watch.

In **Malaisie** from **2001** to **2015**, **91%** of tree cover loss occurred in areas where the dominant drivers of loss resulted in permanent deforestation.



FIGURE 4. PERTE DE LA COUVERTURE FORESTIÈRE EN MALAISIE ENTRE 2001 ET 2015.

Source : Global Forest Watch, 2018

A l'inverse, l'Indonésie a, elle, décidé de fortement réduire sa déforestation, avec un moratoire sur les forêts instaurées par le gouvernement indonésien en 2016. Celui-ci a permis de faire baisser la déforestation de 88% dans les zones de forêts primaires de tourbières protégées. Cette volonté politique s'est aussi traduite par l'application de lois plus strictes et la médiatisation de l'arrestation de responsables de sociétés forestières. Enfin, les conditions météorologiques, avec un temps humide, ont également joué un rôle dans la réduction des feux de forêts sur l'archipel (Source : Global Forest Watch). Les nombreux feux et nuages toxiques, avec des conséquences fortes sur la santé humaine, ont été aussi moteurs dans la décision du gouvernement indonésien.

Indonesia Primary Forest Loss



FIGURE 5. PERTES DES FORÊTS PRIMAIRES EN INDONÉSIE (EN HECTARES).

Sources : World Resources Institute / Global Forest Watch

L'Indonésie au secours de ses tourbières

Une équipe de scientifiques européens et indonésiens, proposant de l'imagerie satellite et un système de cartographie aérienne pour prévenir les feux de tourbières qui ravagent les forêts en Indonésie, a remporté en 2017, un prix d'un million de dollars (900 000 euros)

attribué par le gouvernement indonésien. Ces zones humides riches en matière organique contribuent chaque année aux incendies de forêts dans l'archipel d'Asie du Sud-Est. Pour lutter contre ce fléau, le gouvernement a lancé ce concours, auquel plus d'une quarantaine d'équipes de scientifiques, parmi lesquels des



experts de la télédétection du monde entier, ont participé, selon les organisateurs. Les vainqueurs, l'équipe internationale de cartographie des tourbes composée de scientifiques d'Indonésie, d'Allemagne et des Pays-Bas, ont mis au point une méthode combinant un système de cartographie à laser aéroporté et de mesures au sol pour déterminer la profondeur et l'étendue des zones humides et des tourbières. Cette technologie doit permettre d'accroître les mesures prises pour protéger les tourbes – un écosystème particulier et fragile – et prévenir les incendies de forêts. Les autorités indonésiennes ont déjà renforcé la législation

protégeant les tourbières pour empêcher de convertir en plantations, notamment d'huile de palme, des terres riches en carbone qui alimentent les incendies, ravageant chaque année les forêts pendant la saison sèche. Le drainage de ces terres gorgées d'eau pour étendre les plantations de palmiers à huile accentue les risques d'incendies de tourbes très difficiles à contrôler, et le gouvernement indonésien a aussi durci sa législation sur la gestion de l'eau pour éviter leur assèchement.

Source : Le Figaro avec l'AFP

ENCADRÉ 6

La destruction des forêts primaires, en particulier sur l'île de Bornéo, menaçant notamment les orangs-outans de disparition, est devenue un des grands symboles des atteintes à l'environnement dans le monde, générant des questionnements sur les modes de consommation, à travers la question de l'huile de palme.

En juin 2018, le parlement européen avait voté en faveur de l'interdiction de l'huile de palme pour les agrocarburants dès 2021, échéance repoussée à 2030 après une difficile négociation avec la Commission européenne, mais leur consommation devra avoir commencé à diminuer en 2023. En France, l'autorisation du pétrolier Total d'utiliser 300 000 tonnes d'huile de palme pour sa raffinerie de La Mède a aussi suscité de fortes polémiques, soulignant la sensibilisation de l'opinion publique sur cette question.

Les producteurs malaisiens et indonésiens, qui représentent 85% de la production mondiale, suivent avec attention les débats européens, jouant de l'arme commerciale pour menacer de rétorsion les pays européens et en premier lieu la France, qui limiteraient l'accès de l'huile de palme à leur marché.

3 • LA REFORESTATION

A l'échelle mondiale le solde est toujours très clairement négatif, mais la reforestation est néanmoins un élément important de l'action mondiale sur le couvert forestier, même si ces replantations n'égalent que rarement la richesse en biodiversité des territoires déforestés.

La figure ci-dessus fait apparaître une perte nette de superficie forestière dans le domaine tropical au cours de chacune des trois périodes de cinq ans entre 2000 et 2015. En revanche, le domaine tempéré a enregistré une augmentation nette de sa superficie forestière au cours de chacune de ces périodes. Enfin, on n'a constaté que des changements relativement mineurs de la superficie forestière dans les domaines boréal et subtropical.

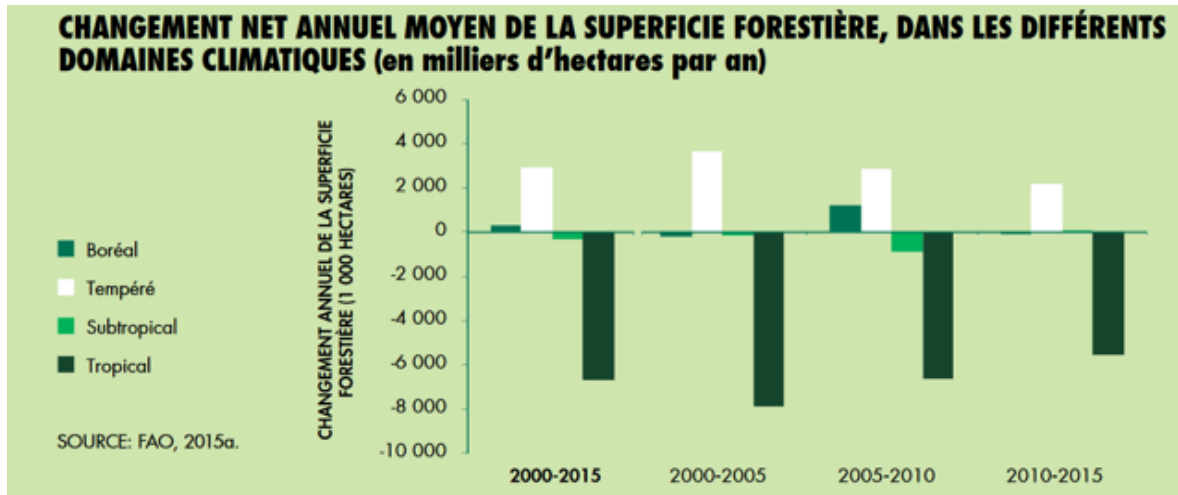


FIGURE 6. CHANGEMENTS ANNUELS MOYENS DES SUPERFICIES FORESTIÈRES PAR RÉGIONS MONDIALES ENTRE 2000 ET 2015.

Source : FAO, 2016

• **LA COMPLEXITÉ DES COMPTABILITÉS EUROPÉENNES DU SECTEUR UTCATF** • Le rapport de la Commission européenne remis au Parlement européen et au Conseil du 7 novembre 2017, dresse un état des lieux relativement positif du secteur UTCATF en Europe, dans la perspective d'atteindre les objectifs climat 2020 de l'Union européenne : « En 2015, selon les informations communiquées, le secteur UTCATF de l'Union a permis, par sa fonction de puits de carbone, l'absorption de 305 Mt équivalent CO₂ (terres cultivées et pâturages inclus). Le crédit comptabilisé, qui représente la différence entre la valeur communiquée et un scénario de référence, a augmenté et est passé de 115 à 122 Mt équivalent CO₂ entre 2013 et 2015. Ce crédit est dû en grande partie à la gestion forestière (voir Figure 4). L'Union reste donc sur la bonne voie pour que son secteur UTCATF ne soit pas en déficit et elle devrait très vraisemblablement respecter l'engagement pris au titre du protocole de Kyoto. »

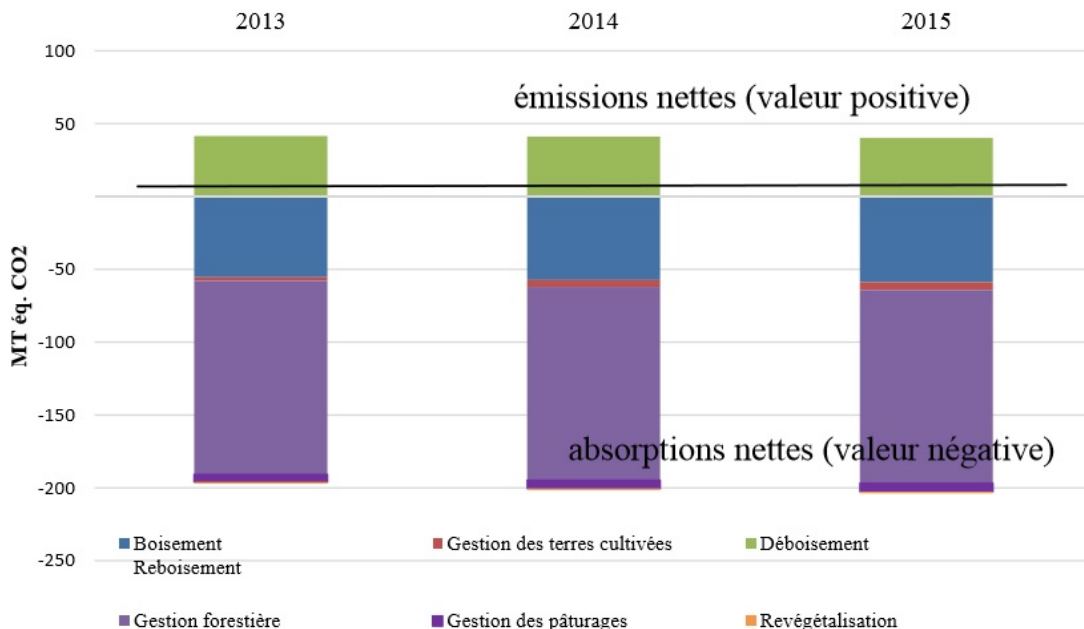


FIGURE 7 : ÉMISSIONS ET ABSORPTIONS COMPTABILISÉES POUR LE SECTEUR UTCATF PAR ACTIVITÉ DE 2013 À 2015

« Il convient de noter que la comptabilisation relative au secteur UTCATF se fera de manière cumulée pour la période 2013-2020 et que, dès lors, les résultats comptables complets ne peuvent pas encore être calculés et sont donc provisoires. Cependant, comme indiqué plus haut, il n'existe



pour l'heure pas de risque significatif de non-respect au niveau de l'Union.» conclut cette communication de la Commission européenne.

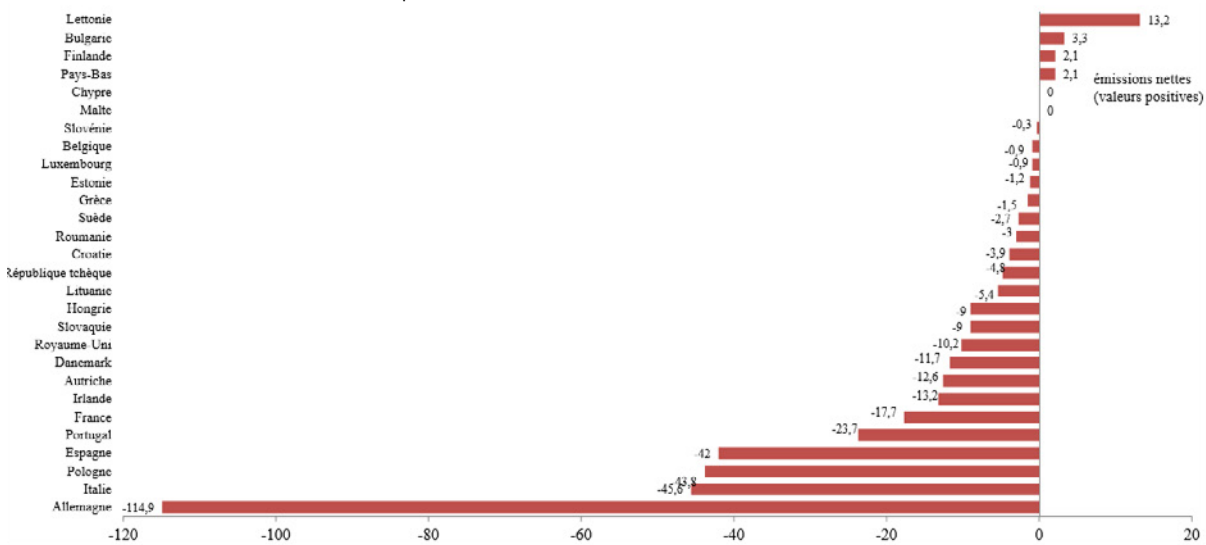


FIGURE 8. COMPTABILISATION PROVISOIRE DES ÉMISSIONS ET ABSORPTIONS NETTES CUMULÉES UTCATF PAR ÉTATS MEMBRES DE L'UE ENTRE 2013 ET 2015.

(Source : Commission européenne, 2017)

Cette communication de la Commission est néanmoins tempérée par une autre note interne qui montre comment les gouvernements ont récupéré des crédits carbone en exagérant les objectifs d'abattage de leurs forêts et en affichant par conséquent un taux de préservation positif mais « fictif » (on considère que les avoir préservés donne droit à des crédits). Or ces crédits fictifs ne sont pas anodins : ils ont ensuite été utilisés pour compenser les émissions des secteurs polluants, dans le cadre du protocole de Kyoto. « Cette arnaque dure depuis trop longtemps. Les États membres doivent faire preuve de sérieux avec leurs forêts et calculer correctement l'impact de leurs pratiques de gestion sur le climat » a déclaré l'ONG [FERN](#), spécialisée dans ces questions de forêts. Elle considère que ce laisser-faire pourrait réduire de « 3 à 7 points » le résultat européen de réduction réelle des émissions par rapport à l'objectif de réduction de 40% d'ici 2030 (Euractiv 2018). L'Union européenne a publié un nouveau règlement en 2018, qui devrait réduire ce risque.

Le nouveau règlement européen

Le 30 mai 2018, l'Union européenne a publié un nouveau règlement (2018/841) relatif à la prise en compte des émissions et absorptions de gaz à effet de serre résultant de l'utilisation des terres. Le préambule de ce règlement insiste sur le fait que les États membres doivent assurer la conservation et la valorisation des puits et réservoirs forestiers nécessaires pour respecter les engagements de l'Union européenne dans l'Accord de Paris.

Pour maintenir les stocks de carbone des forêts et autres surfaces naturelles, le règlement stipule que les États membres veillent à ce que le secteur UTCATF ne produise pas d'émission nette et renforce les puits de long terme. Les États membres fourniront deux plans forestiers, fin 2018 pour la période 2021-2025 et en 2023 pour la période 2026-2030, qui seront agrégés au niveau européen. Les États membres sont autorisés à utiliser une partie des crédits forestiers créés par amélioration du stockage pour compenser leurs émissions domestiques mais avec un plafond européen correspondant à 10% du puits. Aujourd'hui le puits « net » européen annuel est estimé à environ 30 MtCO₂.

ENCADRÉ 7

• **LA COURSE À L'ARBRE DE LA CHINE ET DE L'INDE** • Dès 2009, la Chine annonçait son intention d'édifier « La grande muraille verte de Chine », qualifiée de plus vaste projet écologique du monde, devant s'étendre sur 4 480 Km et destinée à freiner la progression du désert de Gobi, à lutter contre le réchauffement climatique global et à restaurer les terres déforestées. D'après l'observatoire *Global Forest Watch*, 8 millions d'hectares de forêts ont été perdus entre 2001 et 2016 en Chine. Seulement 6% des forêts du pays sont primaires, 57% sont d'origine naturelle et 37% sont plantées, estime l'observatoire.

Les autorités chinoises ont planifié, pour 2018, la reforestation d'environ 84 000 km², et les journaux du monde entier se sont fait l'écho de la mobilisation de l'Armée Populaire de Libération. Selon *China Daily*, **60 000 soldats ont été déplacés des frontières nord du pays vers la partie centrale de la Chine, réaffectés à la plantation d'arbres. Zhang Jianlong, président de l'Administration forestière publique, a ainsi pu souligner qu'entre 2012 et 2017 l'équivalent de 68,3 milliards d'euros ont été dépensés pour replanter des arbres dans le pays, portant la superficie totale des forêts en Chine à 208 millions d'hectares.** Des voix se sont élevées par le passé pour souligner que cet effort ne s'est pas toujours fait en intégrant les enjeux de biodiversité, que peu d'espèces ont été utilisées, avec des pertes importantes sur les plantations.

L'Inde n'est pas en reste par rapport à son voisin, et s'est engagée à augmenter sa superficie forestière de 95 millions d'hectares d'ici 2030, un projet mis en avant dans l'[Accord de Paris sur le climat](#) et dont le coût est estimé à environ 6,2 milliards de dollars. Mais dans cette course au record, l'Inde a réussi la prouesse de planter 66 millions d'arbres, de 20 espèces différentes, en 12 heures ! Comme en Chine, la communication a été assurée et Shirvraj Singh Chouhan, ministre en chef de l'État du Madhya Pradesh, où ces plantations ont été réalisées, a pu déclarer : « *le monde parle du réchauffement climatique et du changement climatique, mais Madhya Pradesh a pris une mesure concrète pour y faire face* ».

Le Pakistan a réussi à planter pas moins d'un milliard d'arbres !

Ce projet, baptisé « Le tsunami d'un milliard d'arbres » a été lancé en 2015, dans la province de Khyber Pakhtunkhaw au nord-ouest du Pakistan, située entre l'Afghanistan, l'Iran et l'Inde. Entre 2000 et 2010 le Pakistan a perdu 430 000 hectares de forêts. Aujourd'hui, le Pakistan a une couverture forestière comprise entre 2 et 5% de sa superficie. Il s'agit du taux le plus bas du continent asiatique. Ce projet, démarré en 2015 vise à restaurer 350 000 hectares d'anciennes forêts. En effet cette région a subi, depuis plusieurs décennies, une importante déforestation liée aux activités humaines qui a exacerbé les conséquences des catastrophes naturelles. En 2016, de brusques inondations ont frappé la province, faisant des dizaines

de morts. Ainsi, pendant 3 ans, plus de 16 000 ouvriers ont travaillé sans relâche pour planter des **arbres de 42 essences différentes et favoriser la régénération naturelle de la forêt.** Résultat : en août 2017, soit plusieurs mois avant l'échéance prévue, 1 milliard d'arbres avaient été plantés, dont la moitié par des particuliers, recouvrant les collines de la province de Khyber Pakhtunkhaw.

Le Premier ministre du Pakistan, Imran Khan, a annoncé que 100 millions d'arbres seraient encore plantés d'ici 2023, année de la fin de sa mandature ! Dès août 2019, la campagne « [Rung Do Pakistan](#) » prévoit déjà de planter 1,4 million d'arbres sur 1 400 hectares.

Source : WWF Pakistan

ENCADRÉ 8



Ainsi, l'Asie apparaît aujourd'hui comme une des régions du monde intervenant le plus dans la reforestation de la planète.

• **LA REFORESTATION EN AFRIQUE** • Si une déforestation accrue s'observe sur l'ensemble du continent africain, un certain nombre de pays sont aussi des symboles de reconquête de la qualité des sols, avec le soutien de la Convention des Nations-Unies sur la désertification dont le rôle est souvent méconnu (c'est la troisième convention prévue par le Sommet de la Terre de Rio en 1992, avec les conventions cadres sur le climat et la biodiversité).

Souvent cité en exemple, le Rwanda est à mi-chemin d'atteindre son objectif de 30% de reforestation en 2020, soit 2 millions d'hectares de terres dégradées à restaurer. Dans ce pays caractérisé par sa forte densité de population, la plus élevée d'Afrique, la surexploitation des terres s'est traduite par la perte d'une part importante du couvert forestier dans les années 1990. Depuis que l'engagement a été pris en 2011, toutes les régions ont été mises à contribution, et des jours de plantations ont été instaurés pour mobiliser la population. Le « *Rwanda's National Forest Planting Day and Season* » est un programme soutenu par l'UICN, la coopération technique belge et une plate-forme conjointe Rwanda/Hollande sur la gestion des ressources en eau (Fonerwa 2018).

Des actions de reforestation sont aussi engagées dans beaucoup d'autres pays africains, comme l'Éthiopie, le Togo, le Sénégal avec le projet de grande muraille verte soutenu par l'Union Africaine...

Une initiative importante a été lancée lors de la COP 21 pour remettre en état, d'ici 2030, l'équivalent de 100 millions d'hectares de forêts et de terres agricoles devenues improductives en Afrique. Soutenue par l'Union africaine, le ministère allemand de la Coopération et le World Resources Institute et baptisée AFR100 pour « *African forest landscape restoration initiative* » (« Initiative pour la restauration des paysages forestiers africains »), cette initiative, portée initialement par l'Éthiopie, la République démocratique du Congo, le Kenya, le Niger, l'Ouganda, le Burundi, le Rwanda, le Liberia, Madagascar, le Malawi et le Togo, rassemble aujourd'hui 26 pays africains. Lors de la dernière réunion des partenaires techniques, en août 2018, les engagements pris par les États s'élevaient à 91,4 millions d'hectares, à travers des projets précis mais qui restent encore pour beaucoup d'entre eux à financer (pour 1,3 milliards d'euros d'après les experts du CIRAD, lui aussi partenaire de l'initiative).

CONCLUSION

La poursuite de la destruction des forêts tropicales est l'une des plus graves menaces environnementales actuelles, en termes climatique comme de biodiversité. Si le moratoire indonésien devra être suivi avec attention, ailleurs dans le monde la situation reste critique, avec des risques accrus pour les récentes évolutions politiques ou le renforcement du rôle d'entreprises peu soucieuses de certification. Si elles ne représentent pas la totalité des émissions UTCATF, les forêts sont un élément essentiel de captation du carbone, elles sont incontournables pour la crédibilité de scénarios de neutralité carbone à horizon de 2050. Construire une cohérence internationale entre leur préservation, la demande croissante de biocarburants et l'évolution des habitudes alimentaires reste un défi que le monde ne réussit toujours pas à relever.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

RAPPORTS :

- Commission Européenne (2017), Paris, deux ans après – Progrès par rapport aux engagements de l'Union en matière de climat.
- Conseil économique et social de l'ONU - ECOSOC (2017), Rapport du Forum des Nations Unies sur les forêts sur les travaux de sa session extraordinaire de 2017.
- EMBRAPA (Brazilian Agricultural Research Corporation Ministry of Agriculture, Livestock, and Food Supply) (2018), Plano Estratégico para a cultura do abacaxi 2017-2021.
- FAO (2016), [Forêts et agriculture : défis et possibilités concernant l'utilisation des terres](#).
- Global Carbon Project (2017), Global Carbon Budget 2017.
- Instituto de Hidrologia, Meteorologia y Estudios Ambientales - IDEAM (2018), Strengthening Hydrometeorological Monitoring, Early Warning Systems and Climate Services in Colombia : The IDEAM, a successful case in Latin America.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE (2016), [O Brasil confirma o aumento da desflorestação na amazonia](#)
- IPCC (2018), Global warming of 1,5°C.
- Jonathan Watts (2009), « China's loggers down chainsaws in attempt to regrow forests », The Guardian.
- Lavaud J.P (octobre 2016), [La dévastation de l'Amazonie : Bolivie, Équateur, Venezuela](#) , Blog de Mediapart.
- Lutfalla S. et al (2018), Les sols, facteurs d'atténuation ou, au contraire, d'aggravation du changement climatique, Annales des Mines - Responsabilité et environnement 2018/3 (N° 91), p. 19-23.
- Programme des Nations-Unies pour l'Environnement (2017), Emission gap report 2017.

SOURCES WEB :

- Académie d'Agriculture de France (2017), [Les marchés du carbone : quelles perspectives pour le secteur forêt-bois ?](#) , La forêt et le bois en 100 questions.
- Le Figaro.fr avec AFP (2 février 2018), [Indonésie : un million de dollars pour l'environnement](#).
- Dejusticia - Centre d'étude juridique et social) (2018), [En fallo historica : Corte Suprema concede tutela de cambio climatico y generaciones futuras](#).
- Euractiv (mars 2017), [Le mensonge des États membres sur leurs forêts irrite la Commission](#).
- Global Forest Watch (2018), [Dashboards - Malaysia](#).
- Greenpeace (mars 2018), [Déforestation en Afrique : le gouvernement de RDC hors-la-loi](#).
- La Croix (2017), [Au Brésil la révolution agricole commence](#), 11 février 2017.
- REDD+ Côte d'Ivoire (2018), [la Côte d'Ivoire a l'un des taux de déforestation les plus rapides au monde](#).
- Willagri (2018), [La crise de la filière européenne du bois tropical en Afrique Centrale](#).





La Côte d'Ivoire à la reconquête de ses forêts

Dans sa contribution déterminée au niveau national (INDC) soumise en 2015 en préparation de la COP 21, la Côte d'Ivoire a affiché sa volonté de réduire ses émissions brutes de GES de 28% en 2030 par rapport à leur niveau de 2012. En raison du manque de données précises et de difficultés de mesure, les émissions du secteur n'étaient pas intégrées de manière spécifique au scénario bas carbone, mais les émissions du secteur Utilisation des Terres, le Changement d'Affectation des Terres et la Foresterie (UTCATF) cristallisent depuis les attentions au niveau national et international. Cet intérêt est dû au fait que la Côte d'Ivoire a fondé son développement sur l'expansion agricole, principale cause de la perte de plus de 3/4 de ses forêts : en 2015, il restait 3 401 146 hectares contre 16 millions d'hectares de forêts en 1900. La reconquête des forêts est une priorité pour le pays, non seulement pour respecter ses engagements internationaux de réduction des émissions de GES, mais aussi afin de préserver les cadres de vie socio-économiques et environnementaux locaux. Bâtir des stratégies durables et les respecter s'avère donc essentiel pour ce pays en développement qui veut poursuivre sa forte croissance. ONG, entreprises et communautés locales, en collaboration avec les acteurs étatiques s'investissent pour pallier la situation alarmante des forêts ivoiriennes. Cette étude sur les émissions du secteur UTCATF de la Côte d'Ivoire permet d'observer les tendances et les causes tout en mettant en lumière les différents acteurs mobilisés pour la reconquête des forêts

Rédactrice principale • AÏCHA KONÉ • *Consultante en durabilité de l'environnement*

SOMMAIRE

1 • CRISE CLIMATIQUE ET ENJEUX SOCIO-ÉCONOMIQUES IMPORTANTS

2 • BAISSÉ DES ÉMISSIONS DU SECTEUR UTCATF

3 • DIVERSITÉ DES CAUSES ET FORTE PRÉDOMINANCE AGRICOLE

- Déforestation, les chiffres
- Disparité des niveaux d'implication et des acteurs dans la déforestation

4 • ACTIONS DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DU SECTEUR UTCATF

- Secteur UTCATF au cœur des politiques
- REDD+, un rôle central
- Exemples d'activités de la société civile, du secteur privé et des communautés locales



1 • CRISE CLIMATIQUE ET ENJEUX SOCIO-ÉCONOMIQUES IMPORTANTS

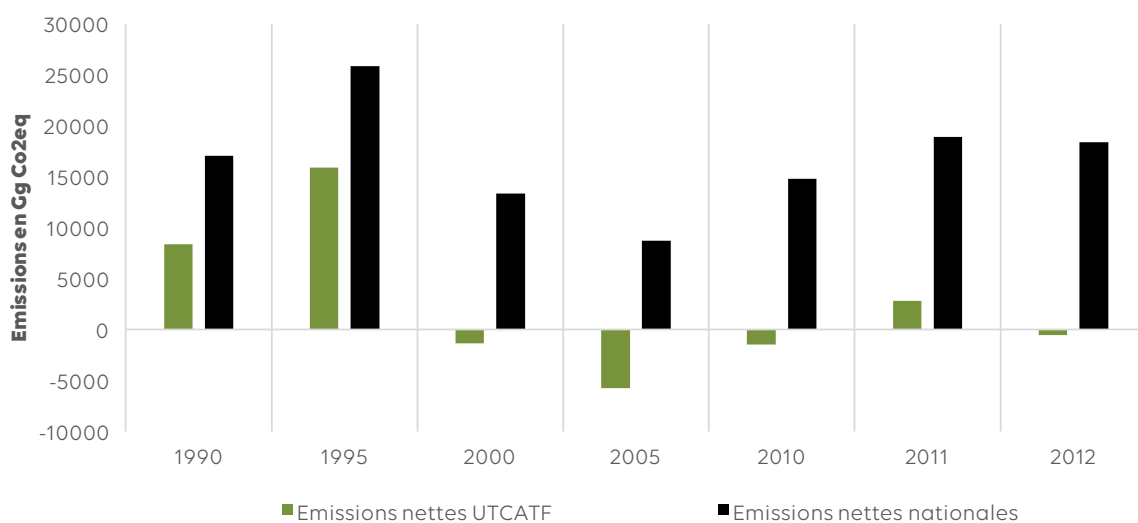
Le changement climatique est un enjeu important pour la Côte d'Ivoire : selon le dernier rapport 2018 de la Banque Mondiale sur le pays, son indice de vulnérabilité est parmi les plus élevés au monde (147^e sur 178). Son impact économique a été estimé d'ici 2040 à une perte entre 380 et 770 milliards de Francs CFA (en valeur constante de 2017). Même si un ivoirien émet, en moyenne, 10 fois moins de gaz CO₂ dans l'atmosphère que la moyenne mondiale, l'atténuation tout comme l'adaptation restent, une priorité pour le pays.

Plusieurs changements ont déjà été constatés dans le climat national, notamment une baisse et une irrégularité des pluies, un raccourcissement des saisons pluvieuses et un réchauffement des températures de 0,5° C depuis les années 1980 (Djè, 2014). En outre, il est prévu d'ici 2050, une augmentation des températures de 2°C en moyenne pour l'ensemble du pays, une variation des précipitations et une élévation du niveau de la mer de 30 cm le long des côtes (Banque mondiale, 2018).

Le secteur UTCATF est fortement lié aux questions socio-économiques car il se penche sur l'une de ses premières ressources nationales : la forêt. Celle-ci a favorisé le développement du pays via les exportations de bois et l'essor de l'agriculture dont sont dépendants les 2/3 des actifs en Côte d'Ivoire. La forêt fait vivre de nombreuses familles rurales grâce aux activités de cueillette, de vente de produits forestiers non ligneux, de chasse, aux produits médicinaux ou pharmaceutiques et aux emplois informels (MINSIEDD, 2017). Dans un pays avec un taux de pauvreté de 46,3% en 2014, soit 10 497 000 de pauvres dont environ 6 millions vivant en milieu rural, parler du secteur UTCATF requiert donc d'intégrer aux préoccupations climatiques les enjeux économiques et sociaux sous-jacents.

2 • BAISSÉ DES ÉMISSIONS DU SECTEUR UTCATF

Le secteur UTCATF fut le principal secteur d'émission sur la période 1990-1995 en représentant respectivement 49% et 61% des émissions nettes nationales (graphique 1). Sur la période 2000-2012, il est un puits de carbone en dehors de l'année 2011 où il représente 15% des émissions nettes nationales, c'est-à-dire la différence entre les émissions brutes et les absorptions, auxquelles les forêts contribuent fortement. Les données officielles les plus récentes pour le pays datant de l'année 2012, un état des lieux plus récent est impossible.



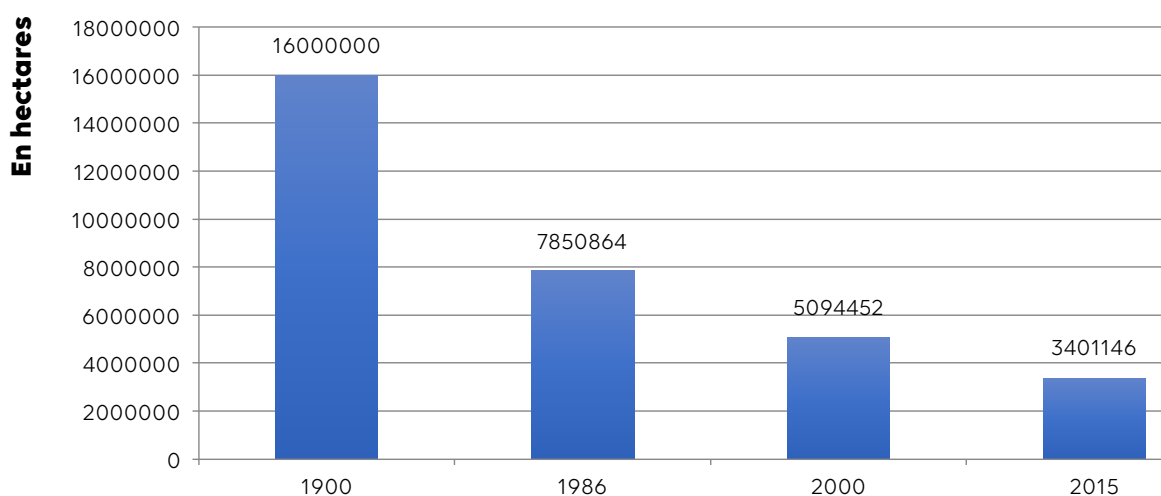
GRAPHIQUE 1. ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS UTCATF

Source des données : MINSIEDD, 2017

La place du secteur UTCATF s'est amenuisée au fil du temps dans les émissions nettes nationales en raison de l'importance des absorptions. Les émissions du secteur UTCATF étaient de 8 402,77 Gg CO₂eq en 1990 contre -548,29 Gg CO₂eq en 2012 lorsque les émissions nationales nettes étaient de 17 077,59 Gg CO₂eq en 1990 contre 18 409,02 Gg CO₂eq en 2012. En 2012, les principaux secteurs d'émission étaient, par ordre d'importance : l'énergie, l'agriculture, les déchets, les procédés industriels et utilisation de produits et enfin UTCATF.

3 • DIVERSITÉ DES CAUSES ET FORTE PRÉDOMINANCE AGRICOLE

• **DÉFORESTATION, LES CHIFFRES** • La déforestation, principale cause des émissions UTCATF, a été effectuée en Côte d'Ivoire à un rythme élevé de sorte qu'aujourd'hui les ressources forestières se sont raréfiées. Estimé à 16 millions d'hectares en 1900, le couvert forestier du pays n'était plus que de 7 850 864 ha en 1986 et 3 401 146 ha en 2015 (graphique 2).



GRAPHIQUE 2. ÉVOLUTION DE LA SUPERFICIE FORESTIÈRES DE LA CÔTE D'IVOIRE

Sources des données : SEP-REDD+ Côte d'Ivoire (2017) et REDD+ Côte d'Ivoire (2017)

Le rythme de déforestation a baissé au fil des années : 183 760,78 hectares de forêts ont été convertis en d'autres types d'utilisation des sols chaque année sur la période 1986-2000 contre 112 887,05 hectares sur la période 2000-2015 (SEP-REDD+ Côte d'Ivoire, 2017). Une des causes de cette baisse est la raréfaction croissante de la ressource à la mesure du déboisement. Le pays a perdu au total 78% de son couvert végétal. Par conséquent cette disparition a grandement contribué à diminuer l'importance du secteur UTCATF dans les émissions nationales sur la période 2000-2012 (graphique 1).

Aujourd'hui, les dernières ressources forestières sont en très large majorité confinées dans les zones protégées. En 2015, 64% des forêts ivoiriennes se trouvaient dans les forêts classées et aires protégées. Toutefois, les points chauds actuels de la déforestation sont localisés dans les forêts classées où le taux annuel de déforestation était de 3% sur la période 1990-2000 et de 4,2% sur la période 2000-2015. Il restait 844 938 hectares de forêts classées en 2015 contre 1 585 626 hectares en 2000 et 2 129 729 hectares en 1990. La superficie des aires protégées est passée de 1 406 676 hectares en 1990 à 1 323 685 hectares en 2015. (REDD+ Côte d'Ivoire, 2017; Koné, 2018).



• **DISPARITÉ DES NIVEAUX D'IMPLICATION ET DES ACTEURS DANS LA DÉFORESTATION** • Le rapport d'analyse qualitative des facteurs de déforestation et de dégradation des forêts en Côte d'Ivoire conduit par l'ONG Etc Terra dans le cadre du programme REDD+ a permis, à partir d'une enquête auprès de 394 personnes interrogées, d'identifier les principaux moteurs de la déforestation et de dégradation des forêts. Ils sont organisés en deux catégories : les moteurs directs (tableau 1) et les moteurs indirects.

Facteurs directs de la déforestation	Importance %	Tendance d'évolution sur la période 1986-2015
Agriculture	62	↗
Cacaoculture	38	↗
Hévéaculture (caoutchouc naturel)	23	↗
Culture de palmiers	11	↗
Plantations d'anacardiens (cajou)	7	↗
Cultures vivrières	6	↗
Riziculture	5	↗
Caféculture	5	↘
Autres cultures de rente	4	→
Exploitation forestière	18	
Exploitation forestière coupe à blanc > 1000 m²	64	→
Production de charbon de bois	36	↗
Infrastructures	10	
Habitat (rural, urbain)	94	↗
Transport	6	↘
Exploitation minière	8	↗
Orpaillage artisanal	80	↗
Orpaillage industriel	20	↗
Feux de brousse	3	→

TABLEAU 1. MOTEURS DIRECTS DE LA DÉFORESTATION EN CÔTE D'IVOIRE

Sources des données : Etc, Terra & Al. (2016); SEP-REDD+Côte d'Ivoire (2017)

Gouvernement, multinationales et agriculteurs

Les activités agricoles ont été identifiées comme la principale cause (responsable à 62%) de la déforestation en Côte d'Ivoire. Le tableau 1 met en exergue le rôle prépondérant que joue l'agriculture d'exportation représentée par des produits phares comme le cacao, l'hévéa, le palmier à huile et l'anacarde. Cette place n'est pas surprenante au vu de la politique économique et des caractéristiques de l'agriculture ivoirienne.

En effet, la politique de développement économique de la Côte d'Ivoire a longtemps été axée

sur son secteur agricole, plus précisément sur son agriculture d'exportation. Entre 1960 et 1978, période du « miracle économique ivoirien », la croissance économique était liée au boom des exportations de café, cacao et de bois (Cogneau et Mesplé-somps, 2002 ; Afrique pluriel). C'est durant cette période que la Côte d'Ivoire devint pays à revenu intermédiaire. La forêt a été défrichée pour accroître les superficies des cultures d'exportation. Le café, le cacao et le bois constituaient 82 % des exportations en 1965 et 74 % en 1972 (Cogneau et Mesplé-somps, 2002). Bien que la part relative des produits agricoles dans les exportations nationales ait baissé, les volumes exportés sont en hausse. En 2017, l'agriculture d'exportation représentait 9,2% du PIB ivoirien (Ministère de l'économie et des finances, 2017). La Côte d'Ivoire est le premier producteur/exportateur mondial de cacao (40% de l'offre mondiale), de noix de cajou et de cola, premier pays africain exportateur et septième mondial de caoutchouc naturel, premier producteur africain exportateur de banane dessert, deuxième producteur africain et neuvième mondial de palmier à huile, troisième producteur africain de coton et de café. L'expansion des surfaces agricoles, y compris des cultures d'exportation, est en cause : les superficies de cacao sont par exemple passées de 1 566 500 hectares en 1990 à 2 693 904 hectares en 2012 (FAO, 2018 ; Koné 2018). Le poids de la déforestation dans ces chiffres doit toutefois être relativisé, dans la mesure où l'expansion de ces surfaces résulte également de reconversions de cultures.

Le secteur privé joue un rôle déterminant dans ce dynamisme agricole en Côte d'Ivoire. Il est toutefois critiqué pour sa part de responsabilité dans la déforestation, comme en témoignent les fréquentes controverses autour du chocolat (encadré 1) et de l'huile de palme (encadré 2).

Industrie du chocolat et déforestation en Côte d'Ivoire

Dans son rapport *Chocolate's Dark Secret* paru en 2017, l'ONG *Mighty Earth* dénonce la responsabilité de l'industrie du chocolat dans la déforestation en Côte d'Ivoire, notamment dans le défrichage de aires protégées et parcs nationaux. Une étude menée par l'Université de l'Ohio avec des chercheurs ivoiriens, citée dans le rapport, conclut que sur 23 aires protégées, 7 d'entre elles ont été presque entièrement converties en cultures de cacao. Ainsi, selon la SODEFOR, 40% de la production cacaoyère de la Côte d'Ivoire proviendrait de zones protégées. L'enquête accuse les plus grands négociants de cacao (Olam, Cargill et Barry Callebaut, qui pèsent pour près de la moitié du marché mondial) d'acheter du cacao provenant de ces aires protégées, de le revendre ensuite à

d'autres multinationales, poids lourds du chocolat mondial (Mars, Ferrero, Nestlé, Mondelez...). La chaîne d'approvisionnement commence par l'installation illégale de personnes dans ces aires protégées, qui déboisent la forêt, y plantent du cacao puis revendent cette production à des négociants qui à leur tour la commercialisent aux chocolatiers. Aux enquêteurs, les négociants et les chocolatiers ont confié être conscients qu'une partie des fèves proviennent de zones protégées. Les révélations du rapport sont venues appuyer la volonté affichée par la Déclaration d'Intention Collective des acteurs de la filière en mars 2017 sur l'initiative de la fondation du Prince de Galles, suivie de la mise en œuvre d'un cadre d'action en novembre 2017 (cf. partie 4.3)

ENCADRÉ 1



Huile de palme et déforestation, cas de la Côte d'Ivoire

Le palmier à huile est la culture oléagineuse la plus productive au monde : elle produit environ 35% de la totalité de l'huile végétale sur moins de 10% des terres allouées aux cultures oléagineuses. L'industrie liée à l'huile de palme fait l'objet de critiques au niveau international avec des répercussions au niveau de la Côte d'Ivoire. Selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 2018), à l'échelle mondiale, la culture de palmiers est responsable de moins de 0,5% de la déforestation, mais dans certaines parties des tropiques, ce chiffre peut atteindre 50%. Même si les débats sur la déforestation causée par les cultures de palmiers à huiler sont centralisés en Asie, la Côte d'Ivoire est concernée par cette situation, car elle est le 9^e producteur mondial et 2^e en Afrique. En Côte d'Ivoire, 60 à 65% de la production provient de petits producteurs qui exploitent 175 000 hectares (Commodafrica, 2017). Les plantations industrielles ne sont donc pas majoritaires dans le pays. Selon des facteurs directs de la déforestation (tableau 1) les plantations de palmiers à huile sont la troisième cause (11%) de déforestation d'origine agricole, loin derrière la cacaoculture (38%) et l'hévéaculture (23%).

ENCADRÉ 2

Le rôle des petits producteurs dans la déforestation a été mis en lumière dans les encadrés 1 et 2 : ils sont à la base de la chaîne d'approvisionnement. L'analyse des moteurs indirects de la déforestation dans le pays a mis en évidence les facteurs économiques (36%), politiques et institutionnels (35%, et 53% pour la dégradation des forêts), démographiques (24%), technologiques (4%) et culturels (1%) (Etc Terra, 2016). Par conséquent, outre ces scandales et ces industries ciblées, c'est la combinaison de l'attractivité économique des cultures (revenus élevés, régularité des revenus...) dans un contexte de pauvreté (46,3%), de croissance démographique galopante (2,55% par an), de mauvaise application de lois dues ou non aux crises politiques et un faible niveau de technicité, qui poussent les producteurs à convertir des forêts en nouvelles plantations.

Parmi les facteurs institutionnels et politiques de déforestation (35%), la guerre et la crise (34%) ainsi que la mauvaise ou l'inapplication des lois (28%), semblent fournir un terrain fertile à la prolifération d'activités illégales, y compris par les agents de l'État. La « corruption/ complicité » des services de l'État, du Ministère des Eaux et Forêts ou des chefs locaux est ainsi citée par 15,9% des répondants à l'enquête comme facteur indirect de dégradation des forêts, et 5,2% pour la déforestation (Etc Terra, 2016). Si la couverture médiatique locale de telles affaires est erratique et inégale, le gouvernement ivoirien a en août 2018 fortement médiatisé la suspension de cinq agents de la direction régionale des Eaux et Forêt de la région du Gbêkê par arrêté ministériel, pour trafic de bois et activités clandestines d'orpaillage.

Industries du bois, exploitants illégaux et ménages urbains

L'exploitation forestière représente environ 18% de la déforestation (tableau 1), avec une très large part due à la coupe à blanc.

En dépit de la raréfaction du bois d'œuvre de qualité, conduisant à une baisse des exportations et des fermetures d'usines, l'industrie du bois exerce toujours une pression sur les forêts, portant les industriels vers la transformation de bois de moindre qualité et donc au recours à des bois de petits diamètres. Les exploitants du secteur formel sont également en concurrence avec les exploitants du secteur informel. La production illégale de bois d'œuvre, ou sciage à façon, qui repose sur des techniques d'exploitation artisanale par le sciage du bois brut en produits semi-finis, effectuée au moyen d'une tronçonneuse, d'une scie mobile, ou d'un matériel semblable sur un site d'abattage,

dépasse les filières industrielles légales. Le secteur informel consomme par exemple près de 3 millions m³ de bois de grumes par an (2011), soit le triple des filières industrielles d'exportation. (Louppe, 2013; REDD+ Côte d'Ivoire, 2017)

La part attribuée à la production de charbon de bois dans la déforestation est plus faible, mais en hausse. Le charbon de bois est l'une des principales sources d'énergie domestique en Côte d'Ivoire, en particulier dans les zones urbaines où 47% des ménages l'utilisent (35% utilisent le bois de chauffe et 18% le gaz butane). La production de charbon de bois est passée de 400 850 tonnes en 2003 à 488 128 tonnes en 2012 pour satisfaire la demande d'une population croissante et de plus en plus urbaine. Il est utilisé par 4% des ménages ruraux (95% utilisent du bois de chauffe et 1% le gaz butane) (PNUD, 2015). Cette consommation du bois énergie, en particulier du charbon de bois, entraîne une pression sur les ressources forestières et constitue une menace pour les forêts restantes au vu de la croissance démographique (MINSIEDD, 2017).

Industries minières et orpailleurs traditionnels

L'exploitation minière contribue à 8% de la déforestation en Côte d'Ivoire avec une tendance à la hausse. L'orpaillage traditionnel est la principale cause de la cette déforestation. Sa part dans la déforestation due à l'exploitation minière est estimée à 80% contre 20% pour l'orpaillage industriel.

Selon le Ministère du plan et du développement (2016), deux sociétés industrielles exploitent l'or et deux autres le manganèse. Les productions d'origine industrielle atteignaient 18,4 tonnes d'or et de 308 401,78 tonnes de manganèse en 2014 contre 12,4 tonnes d'or et 50 000 tonnes de manganèse en 2011. Selon REDD+ Côte d'Ivoire (2017), 140 permis de recherche minière ont été délivrés en 2015 dont huit pour l'or et trois pour le manganèse, souvent dans des forêts classées. De plus, l'exploitation minière industrielle contribue à la déforestation en raison des techniques d'exploitation à ciel ouvert. Cette situation est exacerbée le plus souvent par l'absence de reforestation des zones exploitées. En parallèle à cette exploitation industrielle se développe l'extraction artisanale officieuse d'or et de diamants (orpaillage traditionnel) qui a gagné en importance et infiltré les parcs nationaux et les forêts classées pendant la crise sociopolitique ivoirienne de 2002 à 2011. En 2016, environ 22 tonnes d'or ont été exportées de façon illicite (Abié, 2018).

Feux de brousse

Les feux de brousse représentent 3% des causes de déforestation dans le pays (tableau 1). Si les conditions climatiques, surtout la sécheresse prolongée et rude, ont été un facteur primordial dans l'ampleur des feux, les causes et leurs origines demeurent anthropiques, car elles proviennent essentiellement de la pratique du brûlis des paysans pour la préparation de leurs terrains de cultures et de la chasse (Durrieu de Madron, Gballet et Balou Bi, 2015). En 2016, les feux de brousse ont tué 17 personnes, détruit 10 villages, décimé 1 100 hectares de forêts, ravagé 15 000 hectares de cultures, et occasionné d'autres dégâts matériels importants évalués à plus de 204 milliards de FCFA (Portail officiel du gouvernement, 2018).



4 • ACTIONS DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DU SECTEUR UTCATF

• **SECTEUR UTCATF AU CŒUR DES POLITIQUES NATIONALES** • La Côte d'Ivoire a rejoint depuis 2011 le mécanisme international REDD+. De façon concrète, REDD+ en Côte d'Ivoire vise à réduire la déforestation et la dégradation des forêts classées, mais également à reconquérir des zones protégées de 80 % par rapport à 2015, soit une réduction de 74 400 hectares par an. REDD+ cherche aussi à reconstituer le couvert forestier grâce à l'agroforesterie, en plantant 5 000 000 d'hectares d'ici 2030 (REDD+ Côte d'Ivoire, 2017). Depuis 2013, le pays a également négocié un Accord de Partenariat Volontaire d'Application des Réglementations Forestières, Gouvernance et Échanges Commerciaux (APV-FLEGT) avec l'Union européenne. Son objectif est de lutter efficacement contre l'exploitation illégale du bois et le commerce qui lui est associée. En 2014, la Côte d'Ivoire a également signé la Déclaration de New York sur les Forêts (DNYF) visant l'arrêt de la déforestation d'ici à 2030. Entre autres objectifs de la DNYF, figure la volonté d'éliminer la déforestation due aux chaînes d'approvisionnement agricoles et aux autres secteurs économiques. Lors du sommet mondial sur le climat en 2014 aux Nations Unies, le pays s'est engagé à faire une transition vers une agriculture zéro déforestation à partir de 2017. C'est une agriculture plus productive dans le domaine foncier rural, qui préserve les parcs et réserves, les forêts classées, les forêts de type particulier, qui contribue à la restauration du couvert forestier afin de compenser en partie la déforestation historique, résiliente aux impacts du changement climatique et qui respecte les droits des communautés locales tout en améliorant leurs moyens de subsistance.

Dans tous ces engagements, un point d'honneur a été mis sur la nécessité d'améliorer la gouvernance forestière, car aucune des politiques forestières mises en place n'a été correctement appliquée. Le gouvernement ivoirien a adopté en 1988 un Plan Directeur Forestier (PDF) 1988-2015. Puis, constatant l'échec de celui-ci, il adopta en 1999 la Déclaration de la politique forestière, qui n'a pas été appliqué en raison de la crise sociopolitique (REDD+ Côte d'Ivoire, 2017). En 2014, un nouveau code forestier a été adopté, mais celui-ci n'est toutefois pas encore appliqué (APA, 2018). Au vu des conséquences catastrophiques de ces manquements sur le couvert forestier, une nouvelle politique nationale de préservation, réhabilitation et d'extension des forêts a été adoptée par le gouvernement en mai 2018. Misant entre autres sur le volontarisme et le réalisme, elle a quatre objectifs : la préservation de la biodiversité ; la préservation et reconstitution d'un climat national propice aux activités agricoles et au cadre de vie ; le respect des engagements internationaux ; et le développement économique et social. Dans cette nouvelle politique forestière, quatre des six grands axes concernent les forêts classées. Elle introduit également le concept d'Agro-forêt qui fait référence aux espaces classés dans lesquels la pratique de l'agroforesterie est admise (Ministère des eaux et forêts, 2018). En juillet 2018, le ministre des Eaux et Forêts, Alain-Richard Donwahi, a également annoncé un plan d'investissement de 616 milliards de FCFA (940 millions d'euros) sur 10 ans, sous la forme de partenariats public-privé pour atteindre un engagement de restauration de 20 % du couvert forestier.

• **REDD+, UN RÔLE CENTRAL** • Le mécanisme REDD+ joue un rôle central dans la mise en œuvre de la stratégie nationale de lutte contre les changements climatiques en Côte d'Ivoire. Il a pour ambition de stabiliser et inverser durablement la tendance de disparition des forêts naturelles à partir de 2017 et de restaurer simultanément 20 % du couvert forestier d'ici 2030, puis de les gérer de manière durable, tout en assurant les objectifs de réduction de la pauvreté, de développement humain et social des communautés locales dans un cadre d'équité sociale, culturelle et de genre. Après l'achèvement de la phase de préparation, lors de laquelle le pays a élaboré sa stratégie REDD+ en collaborant avec les structures publiques, le secteur privé et les organisations de la société civile, REDD+ Côte d'Ivoire en est maintenant à sa deuxième phase : la mise en œuvre de la stratégie. Selon REDD+ Côte d'Ivoire (2017), la stratégie est basée sur une approche intégrée, paysagère, multisectorielle, transparente, robuste, participative et inclusive afin d'être le plus

efficace possible. Les parties prenantes non étatiques jouent par conséquent un rôle important dans la mise en œuvre de cette stratégie nationale (tableau 2).

	Facteurs directs de la déforestation					Facteurs indirects et barrières		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Options stratégiques	Agriculture zéro déforestation en partenariat public-privé	Energie domestique durable avec valorisation de la biomasse agricole	Gestion durable des forêts classées et conservation des aires protégées et des forêts sacrées	Boisement/reboisement, restauration des forêts et terres dégradées	Exploitation minière respectueuse de l'environnement	Système d'incitation de type Paiement pour services environnementaux (PSE)	Aménagement du territoire et sécurisation foncière	Planification nationale et réformes structurales pour la transition vers une économie verte

TABLEAU 2. APPROCHES ET OPTIONS STRATÉGIQUES DE REDD+ EN CÔTE D'IVOIRE

Source : REDD+ Côte d'Ivoire (2017)

• EXEMPLES D'ACTIVITÉS DE LA SOCIÉTÉ CIVILE, DU SECTEUR PRIVÉ ET DES COMMUNAUTÉS LOCALES

Plusieurs acteurs non étatiques sont impliqués dans la lutte contre la déforestation : ONG internationales et locales, multinationales, communautés locales... Elles réalisent des études sur la déforestation (encadré 3) et participent activement à la lutte contre les feux de brousse (encadré 4).

Avancée des connaissances

La recherche scientifique se penche depuis longtemps sur la déforestation en Côte d'Ivoire. Si plusieurs articles scientifiques ont fait l'état des lieux, des ONG participent également à l'avancée des connaissances sur la déforestation en Côte d'Ivoire. Sous financement de la FAO dans le cadre de l'ONU-REDD et en collaboration avec REDD+ et d'autres acteurs étatiques et de la société civile, l'ONG Nitidæ

(fusion des ONG Etc Terra et Rongead) a procédé en 2016 à une Analyse qualitative des facteurs de déforestation et de dégradation des forêts en Côte d'Ivoire. Les résultats de cette étude référence, repris largement dans la plupart des rapports nationaux et internationaux ont permis à l'ensemble des acteurs de comprendre des moteurs de la déforestation. (Etc Terra, 2016)

ENCADRÉ 3

Lutte contre les feux de brousse

La lutte contre les feux de brousse est aussi un cheval de bataille pour les communautés locales. Plus de 1 000 comités de lutte contre les feux de brousse existent, comme Boman Gouli d'Oumé ou Ebo Agnan Iti d'Abengourou. Ils sont constitués de paysans et soutenus par la SODEFOR et l'Organisme International des Bois Tropicaux (OIBT) (AIP, 2018). Ces comités ont été créés dans les villages pour sensibiliser sur les dangers des feux de brousse, prévenir les départs d'incendies, de limiter leur extension et de rendre plus efficace la lutte.

ENCADRÉ 4



Le déguerpissement des agriculteurs, orpailleurs, exploitants forestiers des forêts classées et aires protégées sont des opérations assez délicates pour le gouvernement ivoirien. Ces espaces protégés sont devenus à certains endroits de véritables villages avec des infrastructures : écoles, hôpitaux, hydraulique villageoise, électricité. C'est pourquoi plusieurs ONG interviennent en amont et en aval de ces opérations (encadré 5). La Côte d'Ivoire compte 234 forêts classées (SODEFOR, 2018). Elles sont infiltrées illégalement depuis longtemps suite aux migrations dans les régions forestières : 80 404 personnes étaient infiltrées entre 1996 et 1999 (CEDEAO, 2015). Cette occupation a été aggravée par les crises socio-politiques entre 1999 et 2010 : près de 229 560 chefs de famille sont maintenant installés et en dépendent pour leur survie (REDD+ Côte d'Ivoire, 2017). Ces forêts sont souvent l'objet de conflits fonciers comme celle de Goin-Débé dans l'ouest du pays. Le déguerpissement de ces zones est une nécessité pour l'atteinte des engagements pris par le gouvernement. Environ 9 000 personnes ont été déguerpies du parc national du mont Peko (OCHA, 2013) et plus de 10 000 personnes de la forêt classée de Niégré ont connu le même sort (Léonard et Ibo, n.d.).

Lutte contre l'occupation illégale des forêts classées et aires protégées

En amont, les ONG sensibilisent depuis plusieurs années les populations sur l'intérêt de préserver les forêts classées et les aires protégées. A titre d'exemple, la Fondation pour les Chimpanzés sauvages (WCF) a initié en 2017 une sensibilisation dans les villages autour de la forêt classée du Cavally par le théâtre. La pièce théâtrale mettait en scène ce qui se passe dans cette forêt classée : infiltration clandestine, présence de bandes armées qui installent et rançonnent les occupants illégaux qui défrichent et font des plantations de cacao, complicité de certains membres de l'administration locale qui encouragent ces pratiques et contribuent à la destruction de la forêt. Cette campagne de sensibilisation venait en appui au plan d'urgence mis en place par la SODEFOR (agence étatique) qui permet d'assurer des missions de surveillance chaque mois dans la forêt classée, permettant la destruction d'abris et de plantations dans le Cavally et d'arrêter les occupants clandestins. Plusieurs ONG locales comme Nofna, Oprft, IDEF travaillent également avec les autorités gouvernementales et les ONG internationales pour sensibiliser les populations. (Diédri, 2017)

Ces déguerpissements sont souvent fustigés car l'une des conséquences immédiate est la surpopulation des villages avoisinants avec son corolaire de difficultés. L'insuffisance et le retard des mesures d'accompagnement de ces populations déguerpies mis en place par le gouvernement sont décriés. Cette situation favorise d'ailleurs la réinstallation des ex infiltrés. Dans un récent rapport d'alerte, le Regroupement des Acteurs Ivoiriens des Droits Humains (RAIDH, 2017) revient sur ces points, rappelle les droits de ces occupants lors des évacuations et interpelle le gouvernement sur la nécessité d'améliorer les mesures d'accompagnement afin de faciliter la réinsertion de ces populations. Le défi est donc de reprendre le contrôle de ces aires protégées et forêts classées tout en tenant compte de l'impact social et économique de ces déguerpissements.

ENCADRÉ 5

En réponse, la nouvelle politique forestière transforme les modes d'intervention du gouvernement. Elle propose de réaménager les forêts classées dégradées à plus de 75% en agro-forêts. Il sera admis dans ces forêts classées, sous des conditions claires et strictes, des activités agricoles encadrées et respectueuses de l'environnement, d'autres activités économiques encadrées et des implantations humaines. Des plans d'aménagement seront mis en place pour conserver et reboiser les forêts existantes. Dans le cas des forêts peu dégradées, les déguerpissements seront poursuivis dans le respect des droits humains (Ministère des eaux et forêts, 2018).

Dans le cadre de la stratégie, REDD+ Côte d'Ivoire a mis en place plusieurs projets pilotes dont la gestion a été confiée à des ONG (encadré 6). Le secteur privé est aussi impliqué dans l'un de ces projets. D'autre part, la société civile et des acteurs privés ont créé une coalition pour plaider l'application du nouveau code forestier (encadré 7).

Mise en œuvre de plusieurs projets pilotes phares REDD+

Le Projet REDD+ de la Mé (région dans le Sud-est de la Côte d'Ivoire) est actuellement coordonné par l'ONG Nitidæ. C'est le premier projet REDD+ de la Côte d'Ivoire. Il a pour but de lutter contre la déforestation et la dégradation des forêts à l'échelle régionale de la Mé. C'est un projet pilote qui intervient au niveau des forêts classées de Mabi-yaya et sa zone tampon. Les bénéficiaires du projet sont 7 villages, 2 250 planteurs, 5 000 hectares de plantations, 150 propriétaires de forêt, 15 producteurs de charbon de bois, 5 ONG et 3 sociétés locales. Le projet en cours de réalisation depuis décembre 2016 a déjà connu des avancées notables dont la cartographie de l'occupation des sols de la région, la sensibilisation sur la législation foncière et forestière, le reboisement de 58 hectares et l'établissement du niveau de référence des forêts de la région. (Nitidæ, 2018) Un projet pilote de Paiements de Services Environnementaux (PSE) est mis en œuvre par

l'ONG Impactum depuis septembre 2017 dans la région de la Nawa (sud-ouest de la Côte d'Ivoire et aussi boucle du cacao). Le PSE, instrument d'incitation mis en place par REDD+, vise à créer une dynamique collective de reforestation et de conservation de la biodiversité des dernières forêts villageoises avec les communautés locales. Le projet a déjà permis la sensibilisation d'environ 2 000 producteurs et membres de communautés. Près de 600 producteurs et membres de communautés ont été mobilisés dans les modalités que sont l'agroforesterie, le reboisement et la conservation de la forêt et 200 contrats ont déjà été signés. Ce projet financé à 79% par le chocolatier Mondelez, a pour but d'améliorer la qualité environnementale du bassin d'approvisionnement de cette multinationale du chocolat. (REDD+ Côte d'Ivoire, 2018).

ENCADRÉ 6

Au niveau de toutes les filières agricoles, plusieurs actions sont menées pour l'atteinte de la politique « agriculture, zéro déforestation ». Au niveau de la filière cacao par exemple, 22 multinationales du cacao et du chocolat ont signé en marge de la COP23, en novembre 2017, un « Cadre d'Action Commune pour une chaîne de valeur du cacao sans déforestation ». En partenariat avec le gouvernement ivoirien et des ONG, elles s'engagent à travailler ensemble dans la poursuite d'objectifs communs afin de mettre fin à la déforestation et à la dégradation des forêts dans la chaîne d'approvisionnement mondiale du cacao. Les ministres ivoiriens de l'environnement et des eaux et forêts ont lancé les travaux de ce cadre d'action le 18 janvier 2018 afin d'établir une feuille de route vers des objectifs zéro-déforestation pour le secteur.

Les certifications Rainforest Alliance, UTZ Certified et commerce équitable insistent sur le recours aux bonnes pratiques agricoles et la préservation des forêts. Au total, en 2017, il y avait près de 330 000 producteurs de cacao certifiés UTZ (UTZ, 2018) et 120 000 producteurs certifiés commerce équitable (Le Monde, 2018). Selon Ouattara (2015), 206 coopératives étaient certifiées Rain



Forest Alliance en 2013. Au niveau de la filière palmier à huile, le pays a rejoint l'Africa Palm Oil Initiative (APOI) de la Tropical Forest Alliance (TFA) 2020 (TFA2020, 2018). La filière s'est également engagée dans une démarche de production durable à travers le standard RSPO (Roundtable on Sustainable Palm Oil).

Plaidoyer pour l'application effective du nouveau code forestier

Initiée par l'ONG Impactum, une coalition de la société civile et du secteur privé a été créée en août 2018 pour inciter le gouvernement à faire appliquer le nouveau code forestier adopté en 2014. Elle est également composée des ONG OPRFT (Observatoire pour la Protection et la Reconstitution de la Faune et de la Flore Tropicale), AMISTAD, SAFI (Sauvons la Forêt Ivoirienne), de IDH, UTZ Certified et Rainforest Alliance (Kouassi, 2018). La coalition veut faire promulguer le code forestier et participer à sa vulgarisation. Ce plaidoyer pour l'application effective du code a pour but final d'encourager les producteurs et les communautés locales à la reconstitution et la conservation du couvert forestier (APA, 2018).

ENCADRÉ 7

CONCLUSION

Cette étude sur le secteur d'émission UTCATF de la Côte d'Ivoire a abordé principalement l'impérieuse nécessité de la reconquête de son couvert forestier. Avec des ressources forestières pratiquement épuisées, une forte vulnérabilité aux changements climatiques, une situation sociale à améliorer, une volonté d'émerger économiquement, les défis à relever sont importants pour ce pays. La gestion des forêts classées est apparue comme fondamentale pour régler ces défis. Le secteur d'émission UTCATF est un secteur transversal : les activités de protection des forêts sont liées aux secteurs agricole, énergétique et minier. À cet effet, il mobilise des ressources importantes et des acteurs divers. REDD+, les ONG internationales et nationales, les firmes agroalimentaires, les producteurs organisés en filières agricoles et les communautés locales s'attèlent chaque jour à atteindre les gigantesques objectifs de reconstitution et de préservation du couvert végétal ivoirien.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

RAPPORTS ET BASES DE DONNÉES :

- BANQUE MONDIALE (2018). Pour que demain ne meure jamais, la Côte d'Ivoire face aux changements climatiques, 64 p.
- CEDEAO (2015). Évaluation des ressources forestières dans l'espace CEDEAO, 167 p.
- COGNEAU, Denis et Sandrine, MESPLE-SOMPS (2002). L'économie ivoirienne, la fin du mirage, 98 p.
- COMMODAFRICA (2017). Huile de palme, effet boomerang de la décision européenne, 16 p.
- DURRIEU DE MADRON, Luc, GBALLET, Pulcherie E. et TOMMINI Balou B. (2015). Rapport pour les états généraux de la forêt, de la faune et des ressources en eau, 89 p.
- ETC TERRA & al. (2016). Analyse qualitative des facteurs de déforestation et de dégradation des forêts en Côte d'Ivoire, 114 p.
- FAO (2018). « Faostat, cultures ». FAOSTAT
- MIGHTY EARTH (2017) Chocolate's dark secret, 24 p.
- NITIDÆ (2018). « Projet REDD+ de la Mé - Lutte contre la déforestation et la dégradation des forêts de la Mé », Nitidæ
- OCHA (2013). « Les déguerpissements des forêts classées », Bulletin d'information humanitaire, OCHA, n°5, p. 1-3
- RAIDH (2017). Déforestation : défis environnementaux et humanitaires dans la région du Cavally, 54 p.
- UICN (2018). Palmiers à huile et biodiversité, analyse de la situation par le groupe de travail de l'UICN sur le palmier à huile, 147 p.
- UTZ Certified (2018). Towards sustainable cocoa in Côte d'Ivoire, the impacts and contribution of UTZ certification combined with services provided by companies, 138 p.
- WORLD COCOA FOUNDATION (n.d.). Initiative cacao et Forêts, une introduction, 13 p.

ARTICLES, OUVRAGES ET PARTIES D'OUVRAGE ACADÉMIQUES :

- KONE, Aicha (2018). Comprendre les émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur Agriculture, Foresterie et Autres Affections des Terres (AFAT) en Côte d'Ivoire et au Brésil, 119 p.
- LEONARD, Eric et Jonas, IBO (n.d.). La SODEFOR, les paysans, la forêt, quel avenir pour la forêt classée de Niégré et ses occupants ?, 18 p.
- LOUPPE, Dominique (2013). Étude sur l'exploitation forestière et les contraintes d'une gestion durable des forêts dans le domaine rural en Côte d'Ivoire, 67 p.
- OUATTARA, Seydou (2015). « Enjeux de la certification du cacao produit en Côte d'Ivoire », Revue canadienne de Géographie tropicale, vol 2, n°2, p.43-51.

DOCUMENTS OFFICIELS :

- DJE, K. Bernard (2014). Document de stratégie du Programme National Changement Climatique, 84 p.
- MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE ET DES FINANCES (2017). Note sur la situation économique de la Côte d'Ivoire 2017-2018, 10 p.
- MINISTÈRE DE LA SALUBRITÉ, DE L'ENVIRONNEMENT

ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE (2017). Troisième communication nationale à la convention-cadre des nations unies sur les changements climatiques, 132 p.

- MINISTÈRE DES EAUX ET FORETS (2018). Politique nationale de préservation, de réhabilitation et d'extension des forêts, 24 p.
- MINISTÈRE DU PLAN ET DU DÉVELOPPEMENT (2016). Plan national de développement PND 2016-2020, Diagnostic stratégique de la Côte d'Ivoire sur la trajectoire de l'émergence, tome 1, 110 p.
- PNUD (2015). Étude Nama sur le charbon de bois en Côte d'Ivoire durable en Côte d'Ivoire, 84 p.
- PORTAIL OFFICIEL DU GOUVERNEMENT (2018). « Lutte contre les feux de brousse : le gouvernement prône zéro feu de brousse en Côte d'Ivoire », Portail officiel du gouvernement
- RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE (n.d.). Agriculture zéro déforestation en Côte d'Ivoire, note d'orientation politique, 11 p.
- RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE (2015). Contributions prévues déterminées au niveau national de la Côte d'Ivoire, 17 p.
- REDD+ Côte d'Ivoire (2017). Stratégie nationale REDD+ de la Côte d'Ivoire, 121 p.
- REDD+ Côte d'Ivoire (2018). « 3 milliards de F CFA pour les planteurs ivoiriens qui s'engagent dans le système de paiements pour services environnementaux. (ONG) », REDD+ Côte d'Ivoire
- SECRÉTARIAT EXÉCUTIF PERMANENT REDD+ (2017). Niveau de Référence pour les forêts de la Côte d'Ivoire, 56 p.
- SODEFOR (2018). « Liste actualisée des forêts classées par région », SODEFOR

PRESSE & COMMUNICATIONS D'ACTUALITÉ :

- ABIE, Mireille Patricia (10/07/2018). « Pourquoi l'orpaillage clandestin sévit », Financial Afrik
- AIP (09/01/2018). « Côte d'Ivoire/ Les paysans d'Oumé créent une organisation contre les feux de brousse », AIP
- APA (23/08/2018). « Création d'une coalition des acteurs de la société civile pour promouvoir le code forestier ivoirien », APAnews
- DIEDRI, Anderson (24/04/2017). « Forêt classée du Cavally : WCF sensibilise les populations », Eburnie Today
- KOUASSI, Georges (24/08/2018). « Forêt : UTZ et Rainforest Alliance soutiennent le plaidoyer pour l'application du code forestier en Côte d'Ivoire », Green Side Africa
- Le Monde Afrique (20/09/2018). « Le commerce équitable du cacao gagne du terrain en Côte d'Ivoire », Le Monde.fr
- TFA2020 (2018). « Africa Palm Oil Initiative », TFA 2020
- PORTAIL OFFICIEL DU GOUVERNEMENT DE CÔTE D'IVOIRE (30/08/2018) « Trafic illicite de bois et orpaillage clandestin dans le Gbêké : 5 agents des Eaux et Forêts impliqués suspendus » gov.ci





Préserver la forêt amazonienne péruvienne : un défi sociétal

En accueillant la COP20 à Lima en 2014 le Pérou s'est placé en chef de file des pays d'Amérique Latine sur le front de la lutte contre le changement climatique. Alors que la déforestation et la dégradation des forêts sont la première source d'émissions de CO₂ du Pérou avec 143 000 ha disparus rien qu'en 2017 sur les 69 millions que compte le pays, l'objectif de 0% de déforestation en 2021 affiché par le gouvernement apparaît comme ambitieux. La diversité des activités économiques qui grignotent les forêts rend ces objectifs difficiles à réaliser. Les plantations industrielles mais aussi familiales de café, cacao ou d'huile de palme, l'extraction d'or, ou l'exploitation forestière appellent des mesures différentes. En parallèle de la mise en place par l'État d'un cadre législatif marqué par la Loi cadre sur le changement climatique de 2018 et de la poursuite de la zonification des forêts, ONG, chercheurs, presse indépendante, collectivités territoriales et communautés locales s'investissent pour surveiller, rendre compte et lutter sur le terrain contre la déforestation en s'appuyant souvent sur le programme REDD+ de l'UNFCCC.

Rédactrice principale • AUDE VALADE • *Marie Skłodowska Curie fellow, CREAM*

SOMMAIRE

1 • DES OBJECTIFS NATIONAUX AMBITIEUX MAIS PARFOIS CONTRADICTOIRES

La déforestation, première source d'émissions
Engagements ambitieux et affinement du cadre législatif

2 • DES MULTINATIONALES AU CRIME ORGANISÉ, LES MOTEURS DE LA DÉFORESTATION

Expansion agricole
Orpaillage
Exploitation de bois
Les moteurs indirects de la déforestation

3 • LES MULTIPLES VISAGES DE LA LUTTE CONTRE LA DÉFORESTATION

Chercheurs et ONG organisent le suivi en temps réel de la déforestation
Rôle des autorités locales
REDD+ cadre privilégié de l'action des acteurs non étatiques



1 • DES OBJECTIFS NATIONAUX AMBITIEUX MAIS PARFOIS CONTRADICTOIRES

• **LA DÉFORESTATION, PREMIÈRE SOURCE D'ÉMISSIONS** • Les émissions de gaz à effet de serre du Pérou sont dominées à plus de 50 % par le secteur de l'utilisation des terres, du changement d'affectation des terres et des forêts (UTCATF), une part relative qui a diminué lors de la dernière décennie en réponse à l'augmentation des émissions des autres secteurs (MINAM, 2016). Le rôle majeur du secteur des terres dans le bilan de gaz à effet de serre du Pérou découle des 60 % de territoire péruvien couverts par la forêt tropicale. Ces 69 Mha dont 94 % font partie de la forêt amazonienne font du Pérou le 2^e pays au monde avec la plus grande superficie de forêt amazonienne derrière le Brésil (MINAM, 2016). Comme au Brésil, la déforestation et la dégradation des forêts sont des enjeux à la fois politiques, économiques et sociaux, décisifs pour la réduction des émissions nationales et globales. Pour 2017 seulement, la perte de forêt amazonienne péruvienne est estimée à 143 mille hectares, en baisse de 13 % par rapport à 2016 mais toujours préoccupante puisqu'entre 2001 et 2016 ce sont près de 2 Mha cumulés de forêt tropicale qui ont disparu (Finer et al., 2018).

• **ENGAGEMENTS AMBITIEUX ET AFFINEMENT DU CADRE LÉGISLATIF** • L'État péruvien est un signataire historique des accords internationaux portant sur les questions environnementales, en ratifiant par exemple en 1973 l'accord sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES), en 1992 les trois conventions du sommet de la Terre sur la biodiversité (CDB), la désertification (CNULD) et le climat (CCNUCC) et récemment l'Accord de Paris sur le changement climatique en 2017. Les contributions prévues déterminées au niveau national (INDCs) soumises par le Pérou lors de la ratification de l'Accord de Paris ne précisent pas les moyens qui seront mis en œuvre mais fixent des objectifs quantifiés de réduction des émissions de 20 % (30 % en cas de financement international et de conditions favorables) par rapport à un scénario Business as Usual. Pour le secteur UTCATF, ces objectifs se traduisent par un objectif de réduction de 48 MtCO₂eq par rapport à un Business as Usual qui en prévoit en 2030 159 MtCO₂eq. En plus de son engagement dans le cadre de l'Accord de Paris, le gouvernement du Pérou affiche un objectif de déforestation zéro d'ici 2021, un objectif ambitieux annoncé à plusieurs reprises par le ministre de l'Environnement lors de conférences internationales (COP14 à Poznan, COP15 à Copenhague) et repris par le Président lors de la 65^e Assemblée Générale des Nations Unies (CIFOR).

Avec ces objectifs en ligne de mire, et après l'adoption en 2015 de la loi pour la forêt et la faune sauvage, et de la Stratégie nationale de lutte contre le changement climatique, et celle en 2016 de la Stratégie nationale sur les forêts et le changement climatique, en 2017 et 2018, l'État péruvien a poursuivi le renforcement de son arsenal institutionnel et législatif. Ainsi, le 18 avril 2018, le président du Pérou a promulgué la loi n°30754 (Congreso de la República, 2018) approuvée à l'unanimité par le congrès un mois plus tôt, et fait de son pays le 1^{er} d'Amérique latine ayant traduit ses engagements de l'Accord de Paris dans son corpus législatif. Cette loi fixe les grands principes et dispositions pour l'articulation de l'action climatique dans le pays. Parmi les stratégies prioritaires pour limiter et s'adapter au changement climatique, le secteur UTCATF est le principal levier avec comme objectifs l'augmentation des puits de carbone, la protection, la conservation et la gestion durable des forêts, le boisement et la reforestation, et le contrôle de l'usage et du changement d'usage des terres. Sur le plan de la mise en œuvre des mesures, l'INDC prévue dans l'Accord de Paris est définie comme contraignante, et le ministre de l'Environnement comme responsable de son suivi. Ce dernier est désormais tenu à rendre des comptes au congrès via un rapport annuel sur l'action climatique. Le rôle des acteurs non étatiques est par ailleurs un élément central du texte de loi avec la définition du principe de transversalité, selon lequel l'action de l'État s'appuie sur l'implication du secteur privé, de la société civile et des peuples indigènes, et des principes de transparence et de responsabilité des autorités devant les citoyens qui garantissent l'accès de tous les citoyens aux informations publiques sur le changement climatique. Quant aux mesures concrètes, une des avancées majeures permises par ce nouveau texte est l'obligation de prendre

en compte les projections climatiques dans les études d'impact environnemental, par exemple pour la construction de routes. La prochaine étape du processus législatif est l'élaboration de la réglementation qui précisera les modalités d'application de la loi et qui fait actuellement l'objet d'un processus participatif appelé Dialoguemos (voir encadré 1).

Dialoguemos

Pour encourager l'appropriation de la question du changement climatique par tous les acteurs de la société et garantir la prise en compte de chacune de leurs attentes, le ministère de l'environnement a mis en place le processus participatif Dialoguemos. Plusieurs processus Dialoguemos ont été lancés par le Ministère de l'environnement, respectivement sur l'implémentation des contributions nationales prévues dans l'Accord de Paris, sur la lutte contre la déforestation via un accord de financement entre Pérou et Norvège et via le mécanisme REDD+, sur la lutte contre la désertification, et enfin sur la réglementation de la loi cadre sur le changement climatique. Pour celui-ci, après la préparation d'un document "zéro" par le minis-

tère, 28 ateliers décentralisés, multi-acteurs ou multi-thématiques ont été conduits entre juin et septembre 2018. Ayant pour but de recueillir les contributions de tous les acteurs de la société, les ateliers étaient ouverts à tous sur simple inscription et certains ont été tenus en cinq langues indigènes quechua, aymara, shipibo conibo, awajún y asháninka. Par exemple, parmi les contributions soumises, un groupement d'associations indigènes (parmi lesquelles Aidesep, CNA, Onamiap) pousse notamment pour leur participation à la commission qui proposera les actions de lutte contre le changement climatique ainsi que la mise en place d'une plateforme indigène du climat.

ENCADRÉ 1

Malgré ces efforts, les contradictions sont nombreuses entre les engagements et les actes à l'échelle nationale, comme avec le vote le 15 décembre 2017 d'une loi déclarant comme une priorité, et d'intérêt national, la construction de routes dans la région d'Ucayali. Cette loi ouvre notamment la voie à la construction d'une autoroute de 280 km le long de la frontière brésilienne à laquelle les ONG environnementales et les associations de communautés indigènes s'opposent depuis plusieurs années. D'après le programme de recherche MAAP (voir « Chercheurs et ONG organisent le suivi en temps réel de la déforestation ») qui s'appuie sur le précédent de l'autoroute Interocéanique achevée en 2011 reliant le Brésil avec 3 ports péruviens et le long de laquelle les fronts de déforestation se multiplient, ce nouveau projet mettrait en danger 2750 km² de forêt vierge de toute activité dont une partie dans des zones protégées.

2 • DES MULTINATIONALES AU CRIME ORGANISÉ, LES MOTEURS DE LA DÉFORESTATION

• **EXPANSION AGRICOLE** • De par ses multiples visages, ses formes agro-industrielle ou vivrière, de cacao, café, huile de palme, papaye, riz ou maïs, de culture ou d'élevage, l'exploitation agricole est la première cause de déforestation au Pérou. En termes de superficie, l'expansion agricole de petites et moyennes parcelles est responsable de la plus grande part de la déforestation avec en 2016 73% de déforestation sur des parcelles de moins de 5 ha, 96% sur des parcelles de moins de 50 ha. En revanche, la sociologie des acteurs impliqués, est plus difficile à déterminer. La thèse d'une déforestation causée essentiellement par des petits exploitants agricoles migrants a récemment été démontrée obsolète (Ravikumar et al., 2017) en raison de la diversité des types de déforestation de petite échelle. De petits exploitants utilisent parfois des cycles de culture sur une superficie totale stable incluant élevage, cultures, jachère et forêt. Ils déforestent alors des forêts secondaires sur les zones de jachères. De nouveaux arrivants peuvent défricher des zones encore non cultivées, il



s'agit alors de déforestation de forêt primaire. De petits exploitants peuvent encore convertir un ensemble de parcelles jusque-là cultivées en système de rotation avec jachère en uniques parcelles de monocultures intensives. Autant de causes qui sont identifiées comme un même type de déforestation mais qui résultent en des émissions de carbone différentes et qui nécessitent des actions politiques différentes pour en faire des pratiques durables.

Rendu public en 2018, le rapport du Médiateur national (Defensoría del pueblo, 2017), fait le point sur la déforestation causée par l'exploitation agro-industrielle au Pérou. Ce rapport met en avant les défaillances de l'État qui ont conduit à la déforestation de 30 773 hectares entre 2010 et 2014. Le plus souvent, il s'agit alors de sociétés péruviennes ou internationales à qui le gouvernement attribue des concessions d'exploitations, qui se les octroient en profitant de vides juridiques, de corruption de gouvernements régionaux, ou qui les achètent, parfois sous la pression, à des communautés locales.

United Cacao

Un exemple d'accaparement des terres par des investisseurs est décrit par le sociologue Juan Luis Dammert Bello dans un rapport de 2017 (Dammert Bello 2017) qui se concentre sur la société United Cacao. Alors dirigée par l'Américain Dennis Melka, la société United Cacao, basée aux Îles Caïmans, est arrivée au Pérou en 2012 et a acquis via sa filiale Cacao del Peru Norte S.A.C plusieurs milliers d'hectares parmi lesquelles les forêts de Tamshiyacu dans l'état de Loreto, pour établir une plantation de cacao. La stratégie de United Cacao était basée sur l'obtention de rendements supérieurs à ceux obtenus en Afrique de l'Ouest (2,5 versus 0,6 t/ha) et la prévision d'une insuffisance de cacao par rapport à la demande jusqu'en 2020 au moins. L'objectif visé était de devenir la plus grande plantation de cacao d'Amérique Latine. Ni les formalités environnementales requises au plan national comme l'étude des sols ou l'évaluation des impacts environnementaux, ni l'accord officiel du gouvernement régional n'ont été validés avant le début des opérations. Le scandale médiatique et les actions légales du gouvernement pour arrêter les activités n'ont pourtant pas suffi puisque le projet de plantation a continué à s'étendre jusqu'à occuper près de 3 500 hectares dont 2 400 ont été déforestés. En mai 2016, une douzaine d'ONG et de communautés indigènes écrivent à la bourse de Londres et aux autorités de régulation pour dénoncer l'illégalité des activités de United Cacao, cotée sur le marché des investissements alternatifs. En janvier 2017, United Cacao est radiée de la bourse de Londres, puis en février de celle de Lima. Les activités de déforestation et plantation ont cessé dans cette zone.

ENCADRÉ 2

• **ORPAILLAGE** • Depuis le début des années 2000, le prix de l'once d'or a augmenté pour atteindre des niveaux records en 2013 et s'est aujourd'hui stabilisé à un niveau 4,5 fois supérieur à celui de 2000. Au Pérou, qui est le 6^e producteur mondial d'or, ce cours élevé stimule l'extraction artisanale et souvent illégale dans la forêt amazonienne, dont les couches géologiques sont favorables à la présence du minerai (Asner & Tupayachi 2017, Alvarez Berrios et Aide 2015). Pour extraire l'or des cours d'eau et plaines inondables, les mineurs rasant la forêt, explosent les rives des rivières et creusent avec des bulldozers pour atteindre les dépôts de graviers desquels l'or est extrait en utilisant arsenic, cyanide et mercure qui empoisonnent les cours d'eau.

Expulsion des mineurs d'or dans la réserve naturelle de Tambopata

Dans la région Madre de Dios frontalière avec le Brésil, dont 50 % du PIB repose sur l'extraction aurifère, l'achèvement de l'autoroute interocéanique en 2010 a amélioré l'accès à des zones reculées. D'après le ministère de l'environnement ce sont près de 50 000 mineurs illégaux qui extraient chaque année de 16 à 18 tonnes d'or. En 2016 c'est même la réserve nationale de Tambopata, une aire protégée de 275 000 ha qui a été envahie par les mineurs. En 2 ans, plus de 550 hectares de forêt vierge ont été déboisés le long du fleuve Malinowski (Finer, Novoa, & Olexy, 2017). Le gouvernement a cependant réussi à faire cesser l'activité d'extraction dans 95 % de la zone envahie grâce à l'intervention

de la marine de guerre aux côtés des gardes forestiers (Daley, 2016). S'il s'agit bien là d'une victoire, elle est en demi-teinte puisque les activités d'extraction illégale ont en revanche augmenté dans la zone tampon autour de la réserve naturelle (Finer, Novoa, Olexy, & Durand, 2017). Et, en 2017 le taux de déforestation en Madre de Dios a atteint son plus haut niveau depuis 17 ans avec la perte de 20 826 hectares, dont 1 320 directement attribuables à l'extraction minière (Sierra Praeli, 2018). Pour le premier semestre de 2018 seulement, ce sont 1725 hectares de forêt qui ont été rasés. La corruption et le crime organisé associés à l'extraction d'or illégale compliquent la lutte contre ces pratiques.

ENCADRÉ 3

• **EXPLOITATION DE BOIS** • La loi forestière qui encadre l'exploitation de bois au Pérou a été révisée en 2015, donnant naissance au SERFOR, organisme en charge de la gestion de la ressource de bois, sous la tutelle du ministère de l'agriculture. La coupe de bois est autorisée dans certaines catégories de forêt pour lesquelles sont délivrées des concessions, qui selon le type de forêt doivent être complétées par des autorisations de changement d'usage des terres ou de déboisement. Toute l'exploitation forestière est soumise à un plan opérationnel annuel validé par les autorités régionales et qui définit avec exactitude l'inventaire des parcelles concernées et les arbres sélectionnés pour la coupe ou au contraire pour la protection. De son extraction en forêt à la scierie, à l'entrepôt ou au port, tout bois transporté est accompagné d'un document appelé guide de transport forestier et qui établit le lieu d'origine du bois. A l'échelle internationale également le commerce de bois est encadré. Par exemple l'accord de libre-échange entre le Pérou et États-Unis entériné en 2009 inclut une annexe spécifique établissant l'engagement des deux parties à lutter contre l'abattage illégal. Selon cette annexe, les États-Unis peuvent imposer au Pérou des audits de produits ou d'exportateurs et la vérification de la conformité de chargements spécifiques avec le pouvoir de décider des sanctions en cas de bois issu d'exploitation illégale.

L'OSINFOR, mis en place en 2000, est l'organe institutionnel responsable du contrôle de l'usage des ressources forestières et du respect des règles d'exploitation. Suite à ses contrôles, en 2014 il avait déjà fait cesser toute activité à près de 50 % des concessions visitées en raison de fraudes graves et avérées. Dans 55 % des concessions inspectées, du bois était coupé hors des limites de la concession, et 69 % des concessions inspectées facilitaient l'extraction ou le transport d'espèces protégées (Finer, Jenkins, Sky, & Pine, 2014). L'OSINFOR a joué un rôle clé dans la saisie record en 2015 du navire Yacu Kallpa lors de l'opération Amazonas 2015 (voir encadré 4). Plus de 90 % de la cargaison à destination de la République Dominicaine, du Mexique et des États-Unis était illégale. En juillet 2017 c'est une organisation criminelle familiale, "les castors de la forêt centrale", active dans les trois régions de Junín, Ucayali et Lima grâce à l'aide de trois employés du SERFOR, qui a été démantelée (Urrunaga, Johnson, & Orbegozo Sánchez, 2018).

Malgré l'espoir suscité par ces succès retentissants, un rapport publié en février 2018 par l'ONG britannique Environmental Investigation Agency met cependant en lumière les limites des mesures de lutte contre l'exploitation illégale du bois péruvien (Urrunaga, Johnson, & Orbegozo Sánchez, 2018). Les auteurs y décrivent les pratiques de falsification de certificats d'origine, de fabrication de toute pièce d'inventaires forestiers, d'approbation par les autorités locales de plans opérationnels

annuels erronés, qui permettent aux trafiquants de bois d'exporter en leurs produits en priorité en Chine, en République Dominicaine, au Mexique, et aux États-Unis, face à des autorités qui font difficilement face à la pression de l'industrie forestière. L'enquête de l'EIA indique ainsi que le SERFOR s'oppose désormais publiquement aux mesures de traçabilité et que ses compte-rendu d'inspections sont passés de 900 en 2015 à 23 en 2016 et 0 en 2017.

L'opération Amazonas : un exemple de collaboration internationale et interinstitutionnelle

L'opération Amazonas est le produit de la collaboration interinstitutionnelle entre l'OSINFOR, le parquet spécialisé en question environnementales (FEMA), les douanes péruviennes (SUNAT), INTERPOL et l'organisation mondiale des douanes (OMD) (OSINFOR, 2016). Au cœur de l'opération, la SUNAT a contrôlé de manière systématique toutes les exportations depuis le port d'Iquitos via les documents indiquant l'origine des bois commercialisés, les GTF. A partir de ces documents, les agents de l'OSINFOR ont pu aller sur le terrain vérifier l'exactitude des déclarations. La FEMA était en charge de garantir la légalité des opérations d'inspection de la SUNAT et de l'OSINFOR. L'OMD en contact direct avec la SUNAT permettait l'inspection du chargement de bois arrivé à destination et

INTERPOL soutenait l'opération par l'identification des organisations criminelles impliquées dans le trafic. Cette collaboration inédite a porté ses fruits. En 2014, cent-quarante-quatre points supposés d'exploitation de bois ont été visités dont 94% se sont avérés en infraction, et ont conduit à la saisie de 15700 m³ de bois. En 2015 les contrôles de l'opération Amazonas ont mis à jour 433 000 m³ de bois exploités illégalement et ont exposé les pratiques du navire Yacu Kallpa qui faisait régulièrement route vers la République Dominicaine, du Mexique et des États-Unis. L'enquête a révélé que parmi 5 trajets du navire en 2015, 82% des 32 000 m³ transportés avaient une origine illégale. Soixante-et-onze containers de bois illégal ont été saisis à Houston par la justice américaine et le navire a été immobilisé au Mexique.

ENCADRÉ 4

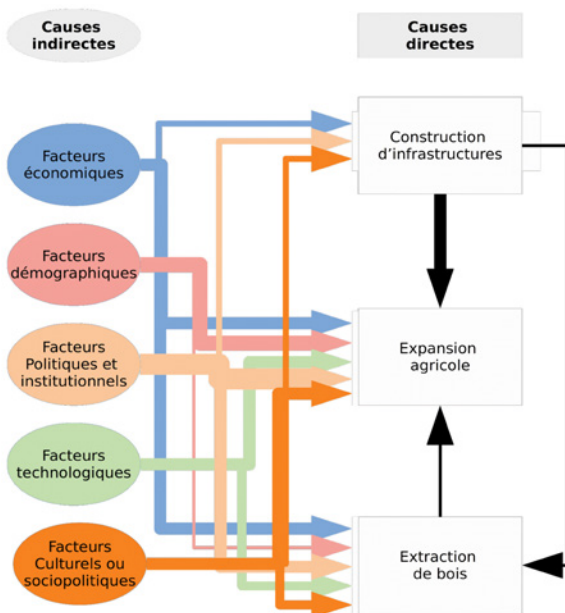


FIGURE 1 - ADAPTÉE DE GEIST ET LAMBIN 2002. LES CAUSES DIRECTES DE DÉFORESTATION (RECTANGLES) S'INFLUENCENT ENTRE ELLES (FLÈCHES NOIRES) ET SONT INFLUENCÉES (FLÈCHES DE COULEUR) PAR DES CAUSES INDIRECTES (OVALES). LA TAILLE DES FLÈCHES INDIQUE L'IMPORTANCE RELATIVE DES INFLUENCES D'APRÈS L'ÉTUDE DE 152 ÉTUDES DE CAS.

• LES MOTEURS INDIRECTS DE LA DÉFORESTATION •

Les causes directes de déforestation (exploitations agricoles, minières, construction de routes) ont elles-mêmes des moteurs indirects qui ne sont pas toujours faciles à identifier et mettent en évidence les contradictions entre objectifs environnementaux et économiques. Un rapport du CIFOR (Center for International Forest Research) en fait la liste et pointe des facteurs complexes comme par exemple, la croissance démographique via la natalité et les migrations internes, parfois soutenues par des aides publiques, la demande accrue pour les produits agricoles et miniers tirée par l'augmentation du pouvoir d'achat et par la demande internationale (café, or, bois, huile de palme et cocaïne), les politiques nationales de soutien à l'expansion agricole et aux compagnies minières, ou encore, la faiblesse des institutions ou le manque de cadre judiciaire précis sur l'exploitation des

terres (Piu et Menton 2014). La quantification du poids de chacun de ces mécanismes, est difficile et source de débats.

Dans une étude sur les mécanismes qui ont conduit à la déforestation dans 152 cas d'études, Geist et Lambin (2002) montrent que la déforestation de la forêt tropicale ne peut être attribuée qu'à la synergie entre des causes directes (expansion agricole, développement d'infrastructure, récolte de bois) et indirectes (facteurs démographiques, économiques, technologiques, politiques institutionnels, culturels ou sociopolitiques) comme expliqué dans la figure 1. Par exemple, le cas de l'extension de la route Manu-Amarakaeri en cours depuis 2015 a été décrite en 2017 dans un reportage du journal Ojo Público (REF) récompensé par la société interaméricaine de presse et qui met en évidence les facteurs institutionnels, économiques et démographiques qui s'entremêlent pour définir le sort d'hectares de forêt. Les hectares en question se situent dans la zone tampon de la réserve naturelle d'Amarakaeri, protégée pour sa valeur écologique. Les facteurs institutionnels sont ici doubles car alors que les institutions nationales ont refusé la construction de la route, seuls un procureur et 12 garde-forestiers sont affectés pour s'assurer de l'application de l'interdiction et n'ont pas empêché le gouverneur régional de tout de même faire réaliser les travaux, soutenu par une partie des populations locales. Pour ces communautés indigènes, la motivation est à la fois économique et socio-culturelle, la construction d'une route est vue comme un moyen de développer des activités commerciales, touristiques et d'accéder à de meilleurs services médicaux et éducatifs. Les mêmes raisons économiques poussent des habitants des communautés indigènes à participer aux activités illégales d'extraction d'or ou de bois. Les estimations pour l'extraction de bois aux alentours de la route sont de 80 m³ par semaine et en maintenant le rythme actuel de progression de la route, ce seraient 43 000 hectares de forêt qui pourraient être perdus d'ici à 2040.

3 • LES MULTIPLES VISAGES DE LA LUTTE CONTRE LA DÉFORESTATION

• CHERCHEURS ET ONG ORGANISENT LE SUIVI EN TEMPS RÉEL DE LA DÉFORESTATION •

L'imagerie spatiale et aérienne est devenue ces dernières années un élément clé de la lutte contre la déforestation grâce à la collaboration entre chercheurs, ONG et institutions publiques qui ont développé toute une gamme d'outils opérationnels et de plateformes de diffusion. Deux outils sont aujourd'hui principalement utilisés pour le Pérou. CLASLite est développé par le département d'écologie globale de la Carnegie Institution (USA) depuis 2009 et repose sur la comparaison de deux images successives provenant principalement du satellite Landsat pour les convertir en cartes de déforestation et dégradation de forêts (Asner, Knapp, Balaji, & Páez-Acosta, 2009). Le système d'alertes GLAD développé à l'Université du Maryland (USA) utilise également des images des satellites Landsat à 30 m de résolution mais cherche de manière automatique dans toutes les archives Landsat pour repérer les changements de couverture forestière et produire chaque semaine des bulletins d'alerte. Les progrès dans le domaine de l'imagerie sont nombreux et rapides et l'accès aux données facilité par la forte baisse du coût des images à très haute résolution et la couverture nuageuse sont en passe d'être dépassés grâce à l'utilisation des données des satellites européens Sentinel-1 et 2 à 10 m de résolution et pour des bandes radar qui sont fournies gratuitement.

Les outils de détection de la déforestation fournissent des données brutes très riches mais à l'échelle d'un pays comme le Pérou, leur interprétation est indispensable pour leur donner du sens. Le traitement statistique des cartes de déforestation, l'utilisation d'images à très haute résolution ou le survol de zones spécifiques par des drones sont quelques-unes des méthodes utilisées pour identifier le type de déforestation détecté par les algorithmes. Par exemple les routes dégagées pour permettre l'extraction de bois sont difficiles à détecter en tant que telles car peu d'arbres sont abattus mais des algorithmes peuvent repérer les faibles variations en ligne droite caractéristiques des routes forestières. Le traitement des données et la diffusion des résultats sont assurés en partie par les développeurs, comme c'est le cas avec la plateforme en ligne de l'ONG Global Forest Watch, partenaire de GLAD qui a mis en place une application pour appareils mobiles qui donne

accès aux alertes depuis le terrain et permet aux utilisateurs de contribuer en partageant leurs rapports. Le ministère de l'Environnement péruvien utilise également les alertes GLAD pour son portail officiel de suivi de la déforestation Geobosques qui se veut un outil de soutien à la décision politique et de sensibilisation et d'information aux citoyens. Les utilisateurs peuvent par exemple avoir accès aux derniers bilans sur la déforestation dans le pays ou, après s'être inscrits, choisir de recevoir des alertes en continu ou des bulletins hebdomadaires pour des zones de leur choix.

Le MAAP (Monitoring the Andean Amazon Project), dont le site a été lancé en avril 2015 par l'alliance des ONG Amazon Conservation Association et Acca-Conservación amazónica, est spécialisé dans l'analyse des causes sur le terrain des événements de déforestation. Leurs rapports hebdomadaires pointent des cas concrets en montrant des images à haute résolution d'une même zone avant et après l'installation d'une zone minière par exemple. En décodant les tendances, les hotspots (figure 2), et les causes principales de déforestation, l'objectif du MAAP est de fournir sous un format visuel et simple à comprendre des informations techniques et de grande qualité sur la déforestation en quasi temps réel.

• RÔLE DES AUTORITÉS LOCALES •

Le processus de décentralisation est en cours au Pérou comme défini par une loi de 2002 qui fixe les transferts de compétence du niveau national aux niveaux régionaux et locaux. Sur le plan environnemental, les régions sont en charge du contrôle de l'usage des ressources naturelles de leur territoire et de la délivrance des permis, des autorisations et concessions et du contrôle de l'application des lois forestières. Une des attributions des gouvernements régionaux dans ce processus est de réaliser le zonage forestier et la planification territoriale (SERFOR, 2016) qui doivent servir d'outils techniques d'appui à la décision. Le zonage forestier consiste en effet à assigner à chaque parcelle forestière de la région une catégorie parmi les 4 définies par le service nationale des forêts, le SERFOR : zones de protection et de conservation écologique, zone de production permanente, zone de restauration, zone à caractère spécial (parmi lesquelles les réserves pour les peuples indigènes et les zones d'agroforesterie ou sylvo-pastoralisme). Les critères employés pour définir les catégories des parcelles sont par exemple le type de forêt (humide, sec, de plaine, de montagne), la présence ou non d'habitats fragiles ou encore l'estimation du volume de bois dans la parcelle. Cette classification doit permettre aux gouvernements régionaux de connaître les potentiels et limites à l'utilisation des ressources naturelles de leur territoire et d'encadrer légalement les usages qui en sont faits pour éviter les conflits fréquents entre population locale et exploitants miniers ou agriculteurs migrants tout en limitant les pratiques illégales. Le zonage est piloté par les gouvernements régionaux et locaux avec l'appui technique du SERFOR, et repose sur une procédure participative via des ateliers qui réunissent décideurs locaux, membres des services ministériels et les communautés locales. Depuis août 2018 la "mosaïque nationale d'images satellites" fournit gratuitement aux citoyens et décideurs une carte des forêts du pays à 1,5 m de résolution composée

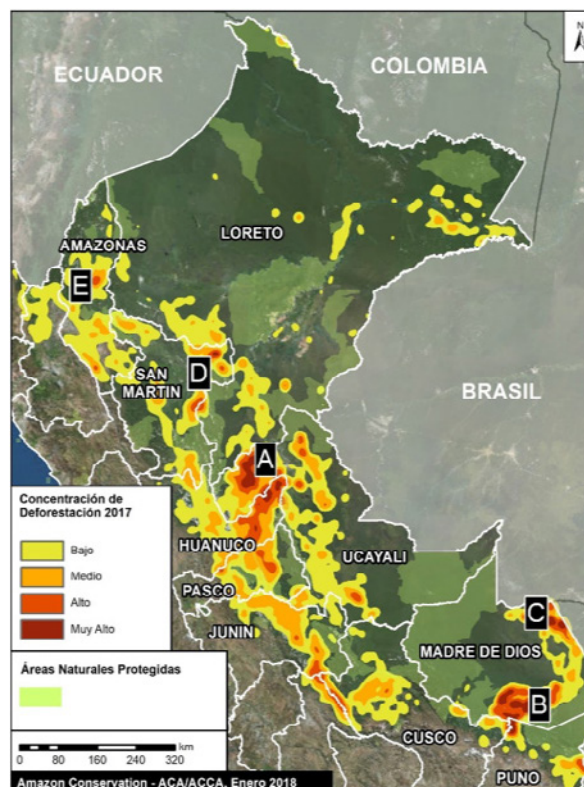


FIGURE 2. CARTE DÉVELOPPÉE PAR LE MAAP QUI MONTRE LES HOTSPOTS DE LA DÉFORESTATION PÉRUVIENNE EN 2017

d'images du satellite français SPOT des années 2016 à 2018 dont une des missions prioritaires est justement de simplifier le zonage forestier pour accélérer sa réalisation. Sur 25 régions, fin 2017, seules 4 régions avaient entamé la zonification à proprement parler (Reaño, 2018).

• **REDD+ CADRE PRIVILÉGIÉ DE L'ACTION DES ACTEURS NON ÉTATIQUES** • Le programme REDD+ (Réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts) est un programme de l'Organisation des Nations Unies devant permettre le financement de la protection des forêts par, à terme, l'attribution de crédits carbone pouvant être vendus sur le marché du carbone. Au Pérou la stratégie nationale REDD+ est en cours de définition sous la coordination du ministère de l'environnement. Le gouvernement a choisi une approche dite imbriquée, c'est à dire une combinaison entre les échelles nationale et locale, en phase avec la décentralisation en cours dans le pays. D'ores et déjà, une trentaine de projets locaux ou régionaux ont été financés de manière volontaire par des acteurs privés, des ONG ou la coopération internationale (Encadré Althelia) et devraient contribuer à informer la définition de la stratégie nationale REDD+ péruvienne en fournissant des niveaux d'émission de référence et des outils de suivi, rapportage et vérification. Cette approche multi-échelle suscite cependant des questions. Certains projets REDD+ datent de 2008, quand il n'était pas encore question de plan REDD+ national et chaque projet a élaboré sa méthodologie, son niveau de référence et ses critères de mesure. Ces divergences laissent planer de nombreuses incertitudes quant à la manière dont ces projets pourront être intégrés dans un unique niveau de référence national des émissions forestières, un pré-requis pour le cadre REDD+ national. La position actuelle du gouvernement pour l'établissement de ce niveau de référence national, est d'utiliser les données historiques entre 2001 et 2014. Les ONG porteuses de projet critiquent cette approche qui ne reflète pas les possibles augmentations de la déforestation dans le futur sous les pressions socio-économiques et minimise donc les émissions évitées.

En parallèle de ces réflexions, des projets REDD+ continuent de se développer indépendamment de la stratégie nationale, dans le cadre du marché de carbone volontaire. Dans ce cas, les projets peuvent demander une certification et ainsi générer des crédits carbones qui sont vendus sur le marché du carbone volontaire, le plus souvent à des entreprises non soumises à des quotas, à des fins de communication.

Althelia

Le 21 Mai 2018, Althelia, une société de gestion détenue par une filiale de la banque Natixis et spécialisée dans les investissements à impact sur le secteur des ressources naturelles a annoncé que deux projets REDD+ qu'elle finance seraient intégrés aux engagements nationaux vis-à-vis de l'accord de Paris. Concrètement, cette première mondiale concrétise l'approche imbriquée par laquelle des projets développés par des acteurs privés guident la stratégie et les objectifs nationaux. Les crédits carbone générés par ces deux projets entre 2015 et 2018 seront donc comptabilisés dans le registre d'émissions du pays et les réductions d'émissions des projets deviendront partie intégrante du niveau de référence national à partir de 2018. Le projet Cordillera Azul National Park a été créé pour préserver une zone de 1,3 Mha de

forêt primaire située à l'intersection des Andes et du bassin amazonien, la plus grande des zones protégées du pays. Le projet repose sur l'encadrement des pratiques de gestion forestière dans la zone tampon de 2,5 Mha autour du parc national. La préservation du parc a trois objectifs simultanés. D'abord, l'émission de 15 MtCO₂ en 6 ans sera évitée en empêchant la déforestation et la dégradation des forêts. Ensuite, la biodiversité d'une richesse unique qui vit dans le coeur du parc sera protégée avec ses plus de 6 000 espèces de plantes, 600 espèces d'oiseaux ou encore 80 espèces de grands mammifères dont 11 sont des espèces menacées d'extinction. Enfin, les quelques 400 communautés indigènes installées dans la zone tampon et vivant d'agriculture vivrière recevront de l'aide pour développer des systèmes d'agroforesterie durables, à la fois de



cultures vivrières avec la banane ou cassava et de cultures commerciales avec le café et le cacao. Ce projet repose sur la collaboration entre le fonds privé Althelia Climate Fund en charge des aspects financiers, sous la forme d'un prêt 8,55 M€ sur 6 ans remboursé par la vente des crédits carbone générés, et l'ONG péruvienne CIMA-Cordillera Azul qui prend en charge la surveillance, le suivi biologique, les activités de recherche ainsi que la montée en compétences des institutions et des populations locales. Le projet REDD+ de la réserve Tambopata-Bahuaja devrait quant à lui permettre d'éviter l'émission de 4,5 MtCO₂ en 7 ans. La collaboration d'Althelia avec l'ONG péruvienne AIDER et le Service national des aires naturelles protégées pour un financement

de 12 M\$ sur 5 ans devrait en effet permettre la préservation de 570 000 ha de forêt dans la région de Madre de Dios. Le projet s'articule autour de deux axes, le développement de l'activité économique des communautés locales et la protection de la biodiversité. En 2014, 249 ha de systèmes agroforestiers et 70 pépinières avaient vu le jour grâce au financement du projet pour les supports techniques et commerciaux et l'établissement de structures coopératives de vente de la production. Un suivi de la faune et la flore de la zone ainsi qu'une patrouille de lutte contre l'exploitation forestière illégale avaient également été mis en place.

ENCADRÉ 5

CONCLUSION

En conclusion, le gouvernement péruvien a mis en place ces dernières années un cadre institutionnel et législatif riche sur le plan environnemental qui doit augmenter les capacités de l'État dans sa lutte contre la déforestation. Ce cadre réglementaire est cependant fragile devant les intérêts économiques d'acteurs locaux et le manque de cohésion entre les différentes échelles de gouvernance pour appliquer les lois. La société civile joue un rôle primordial dans la stimulation de l'action environnementale par le développement de projets locaux de préservation de la forêt et de développement d'alternatives pour leur exploitation durable et d'outils de surveillance de la déforestation. L'articulation entre les initiatives locales et le cadre national sera cruciale dans les prochaines années pour maintenir une dynamique qui peine encore à donner des résultats.

RÉFÉRENCES

RAPPORTS ET REVUES :

- Asner et al (2013), Elevated rates of gold mining in the Amazon revealed through high-resolution monitoring. Proceedings of the National Academy of Sciences.
- Asner et al (2009), Automated mapping of tropical deforestation and forest degradation : CLASlite, Journal of Applied Remote Sensing.
- Defensoría del pueblo (2017), Deforestación por cultivos agroindustriales de palma aceitera y cacao. Entre la ilegalidad y la ineficacia del Estado.
- Finer et al (2018), Hotspots de Deforestación en la Amazonía Peruana, MAAP.
- Finer et al (2017), La minería aurífera se reduce en la reserva nacional Tambopata, MAAP.
- Finer et al (2017), La minería aurífera se incrementa en la zona de amortiguamiento de la reserva nacional Tambopata, MAAP.
- Finer et al (2014), Logging Concessions Enable Illegal Logging Crisis in the Peruvian Amazon, Scientific Reports.
- Geist, & Lambin (2002), Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. BioScience.
- MINAM (2016), Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- OSINFOR (2016), Resultados de las supervisiones y fiscalizaciones efectuadas por el OSINFOR en le marco del operativo internacional 'Operación Amazonas 2015'.
- Piu & Menton (2014) The context of REDD+ in Peru : Drivers, agents and institutions, CIFOR.
- Ravikumar et al (2017), Is small-scale agriculture really the main driver of deforestation in the Peruvian Amazon? Moving beyond the prevailing narrative, Conservation Letters.
- SERFOR (2016), Guía metodológica para la zonificación forestal.
- Urrunaga et al (2018), Moment of truth. Promise or peril for the Amazon as Peru confronts its illegal timber trade

TEXTES LÉGISLATIFS :

- Congreso de la República. Ley Marco Sobre Cambio Climático, El Peruano (2018).

PRESSE :

- Daley, S. (29 Juillet 2016). Los mineros ilegales destruyen una reserva natural en Perú, NYTimes.
- Reaño, G. (24 Mars 2018), Perú : San Martín ordena su territorio para salvar sus bosques, Mongabay Latam.
- Sierra Praeli, Y. (14 Mars 2018), Perú : minería ilegal arrasa área equivalente a 1800 campos de fútbol en Madre de Dios, Mongabay Latam.
- Torres López, F. (8 Septiembre 2016). La carretera que corta el corazón de la Amazonía en Perú. Ojo Público.





Le rôle indispensable de la biomasse et des sols en France : des actions concrètes encore en débat

En 2016, en France métropolitaine, le secteur des terres a permis de compenser 9% des émissions des autres secteurs. Alors que l'objectif français est d'atteindre la neutralité carbone en 2050, les efforts de réduction des émissions doivent être accompagnés d'un renforcement des absorptions par les puits de carbone, et notamment par les sols. Les acteurs de la recherche ont un rôle majeur pour ce secteur où les incertitudes scientifiques sont encore très fortes et où les débats sur les effets des actions menées ne sont pas encore tranchés. La mobilisation des acteurs privés (filiale bois, propriétaires forestiers, exploitants agricoles) s'est traduite ces dernières années par une structuration croissante de la filière privée, le développement du marché du bois énergie et du bois de construction, les projets nationaux de compensation carbone volontaire, et les pratiques agricoles favorables au stockage du carbone dans les sols, portées par l'initiative (4p1000).

Rédacteur principal • COLAS ROBERT • Ingénieur sols, agriculture & forêt, Citepa

SOMMAIRE

1 • SITUATION ACTUELLE ET INCERTITUDES SUR LE CONSTAT

- Le rôle actuel du secteur des terres dans le bilan GES de la France
- A quoi est-dû le puits actuel ? Quels leviers pour le maximiser ?
- Des travaux récents de la recherche
- En 2017 et 2018, des discussions stratégiques ont rassemblé acteurs étatiques et non-étatiques

2 • LES ACTIONS DE LA FILIERE FORÊT-BOIS

- Les débats récents entre acteurs non-étatiques sur les meilleures actions à mener en forêt
- Mobilisation et structuration de la filière
- La filière forestière se mobilise dans la valorisation carbone

- Des actions de stockage de carbone dans les haies ont émergé
- Le boisement et le reboisement se développent
- L'essor des constructions en bois
- Bois énergie et chaufferies biomasse : industriels et collectivités investissent

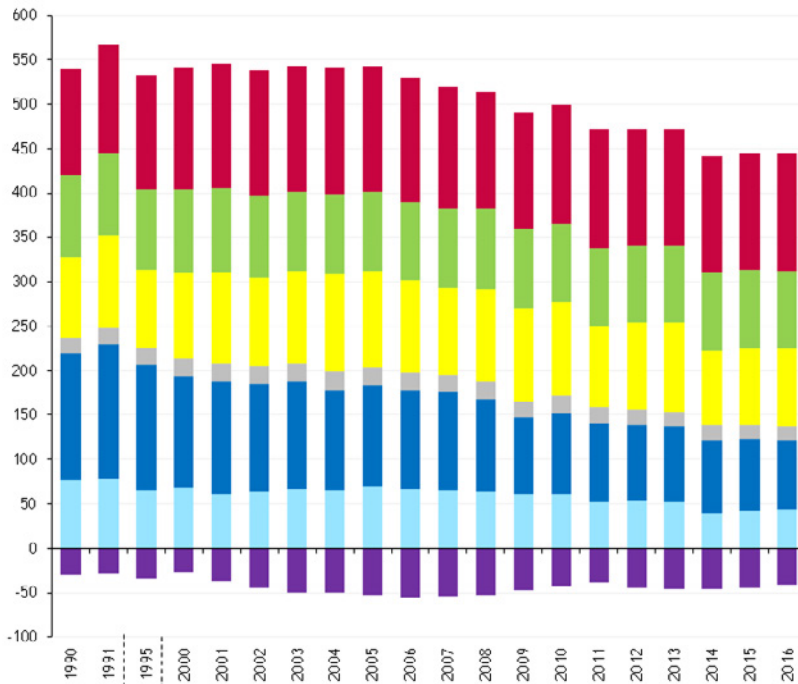
3 • LES ACTIONS POUR MAINTENIR ET AUGMENTER LE CARBONE DANS LES SOLS

- Le lancement de l'initiative 4p1000 rassemble scientifiques, décideurs et acteurs locaux pour le stockage de C dans le sol
- La filière agroalimentaire développe des labels et actions stockant du carbone dans le sol
- Les actions d'élus, aménageurs et citoyens permettent de commencer à limiter l'artificialisation des terres



1 • SITUATION ACTUELLE ET INCERTITUDES SUR LE CONSTAT

• **LE RÔLE ACTUEL DU SECTEUR DES TERRES DANS LE BILAN CARBONE DE LA FRANCE** • En 2016, le bilan du secteur de l'Utilisation des Terres, des Changements d'Affectation des Terres et de la Forêt (UTCATF, ou plus simplement secteur des terres), en France, est un puits net de -41 MtCO₂eq. Cela signifie que les absorptions (principalement par la croissance des arbres en forêt) de ce secteur dépassent ses émissions (déforestation, prélèvement de bois, artificialisation des sols...). Ce puits de carbone a augmenté entre les années 1990 et 2000, passant d'environ -30 MtCO₂eq à -50 MtCO₂eq, à -45 MtCO₂eq dans les années 2010 (Citepa, 2018). Le secteur UTCATF permet actuellement de compenser environ 9% des émissions des autres secteurs.



GRAPHIQUE : LES ABSORPTIONS DU SECTEUR UTCATF AU REGARD DES ÉMISSIONS DE GES DES AUTRES SECTEURS, FRANCE MÉTROPOLITAINE, 1990-2016

• **DE QUOI PARLE-T-ON ?** • Le secteur UTCATF comptabilise les flux de gaz à effet de serre (GES) liés, directement ou indirectement, aux activités anthropiques et selon une approche nationale (les émissions ayant lieu à l'étranger mais imputables à la consommation française de bois, de biocarburant ou de matières premières alimentaires, sont exclues). Il inclut :

- le bilan carbone de la forêt gérée (absorptions liées à la croissance des arbres et émissions liées à la mortalité et à la récolte de bois) ainsi que des produits bois,
- le bilan des sols agricoles (variation de leur stock de carbone organique due aux pratiques)
- le bilan des sols après changement d'usage (mise en culture d'une prairie permanente, déforestation, afforestation, artificialisation...).

Il est important de souligner qu'à aucun moment les stocks (quantité de carbone présent au total dans un réservoir) ne sont comptabilisés en tant que tels. Seuls les flux sont comptabilisés. Ainsi, la simple présence d'une forêt, aussi étendue soit-elle, ne garantit pas un puits de carbone.

• **A QUOI EST-DÛ LE PUIIS ACTUEL ? QUELS LEVIERS POUR LE MAXIMISER ?** • Le puits actuel est principalement dû à la croissance de la biomasse en forêt, associée à un faible taux de prélèvement de bois. L'extension de la forêt en surface ne joue qu'en second plan. Le bilan est globalement

stable sur les dernières années, avec une légère tendance à la baisse du puits liée à une production biologique en stagnation et des prélèvements en hausse. Ainsi le taux de prélèvement du bois constitue une variable d'ajustement importante du puits de carbone.

Le bilan des terres agricoles a moins d'impact dans l'inventaire. Les flux de carbone associés à ces terres agricoles restent très incertains, à la fois en raison de la difficulté à suivre les changements d'utilisation des terres pertinents (Robert, 2016) et de la difficulté à associer les variations du stock de carbone du sol aux facteurs de gestion (programme de recherche CSOPRA en cours). Enfin, les changements d'affectation des terres constituent une source d'émissions de CO₂, moins importante que le bilan de la forêt. L'artificialisation des terres (par étalement urbain principalement) constitue à lui seul une émission brute annuelle d'environ 10 MtCO₂eq dans les années récentes.

• **DES TRAVAUX RÉCENTS DE LA RECHERCHE** • Pour faciliter les actions climat des acteurs non-étatiques dans le secteur UTCATF, il reste un problème crucial à régler : l'incertitude forte quant à l'estimation du bilan du secteur UTCATF et quant à l'impact réel des différents leviers d'actions. Différents travaux de chercheurs ont permis d'avancer sur ces questions, en 2017 notamment, et la communauté scientifique se mobilise pour réduire ces incertitudes. Ainsi, des travaux très récents permettent :

- d'améliorer le suivi des stocks et flux de carbone (récoltes, destinations et durée de vie des produits bois ; suivi des surfaces de changement d'utilisation des terres ; biomasse en forêt et hors forêt, etc.). Citons par exemple, pour le suivi de l'occupation du sol, les travaux récents de l'IGN (projet OCSGe dont des résultats intermédiaires ont été produits en 2016) et du laboratoire CESBIO (projet OSO financé par le Pôle Théia et dont les résultats sont disponibles depuis 2016) qui permettent de mieux quantifier le secteur UTCATF et de suivre notamment les actions de boisement.
- d'évaluer l'impact des différentes actions menées par les acteurs forestiers et agricoles, avec des expertises de différents acteurs de la recherche, INRA, IGN, CNRS, Irstea, IPSL, ONF, Citepa, FCBA... (Colin, 2014 ; Colin & Thivolle-Cazat, 2016 ; Roux et Dhôte, 2017 ; Valade et al. 2017).
- de mieux estimer certains flux, actuellement non calculés dans l'inventaire national, comme ceux des sols forestiers (sans conversion d'usage), dont le puits pourrait représenter 7 à 15 MtCO₂eq/an (Jonard, 2017 ; Roux et Dhôte, 2017), ceux du bois mort avec un puits de 10 MtCO₂eq/an (Roux et Dhôte, 2017) ; ou encore de la forêt Guyanaise (hors déforestation et récolte).

• **EN 2017 ET 2018, DES DISCUSSIONS STRATÉGIQUES ONT RASSEMBLÉ ACTEURS ÉTATIQUES ET NON-ÉTATIQUES** •

En 2017 et 2018, les acteurs forestiers, agricoles et ONG ont participé à l'élaboration de la révision de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) ; ainsi qu'aux discussions sur la mise en place du règlement européen sur l'UTCATF (2018/841). Il n'existe pas de consensus politique et scientifique sur les meilleures actions à mener par les acteurs non-étatiques pour répondre à l'enjeu climat sur le court et le long terme, qu'il s'agisse de conserver du bois en forêt ou d'augmenter les récoltes. Les nombreuses discussions menées ces dernières années n'ont pas permis de résoudre ces débats stratégiques. Néanmoins, plusieurs messages clés ont émergé :

- la nécessité de développer au maximum les émissions négatives,
- le besoin d'une structuration de la filière bois française et d'incitations auprès des propriétaires privés afin de remédier à l'inertie de la filière,
- la volonté de privilégier le stockage durable du bois dans des produits bois plutôt que le bois énergie,
- la prudence quant à la non permanence du stockage de carbone dans les sols agricoles,
- la difficulté d'agir sur les multiples acteurs (forestiers, propriétaires fonciers, scieries, constructeurs, aménageurs, élus, exploitants agricoles...).



2 • LES ACTIONS DE LA FILIÈRE FORÊT-BOIS

• LES DÉBATS RÉCENTS ENTRE ACTEURS NON-ÉTATIQUES SUR LES MEILLEURES ACTIONS À MENER EN FORÊT •

La biomasse forestière est actuellement le principal élément constitutif du puits de carbone du secteur UTCATF français. D'après les derniers chiffres de l'IGN (2017) La forêt française métropolitaine est privée (75%), morcelée (53% des parcelles privées font moins de 25 ha (FCBA, 2016)) ; et feuillue (67%). Sa surface de 16,9 millions d'ha en 2017 s'accroît (+100 000 ha/an), tout comme son volume (+27 millions de m³/an) (Hervé et al., 2016). Comme les prélèvements de bois (45 Mm³/an) sont inférieurs à la production (92 Mm³/an), elle continue de stocker du carbone (IGN, 2017).

Ainsi la biomasse forestière et les choix d'optimisation de son rôle de puits de carbone (stocker, séquestrer, substituer du carbone) concentrent l'essentiel des débats scientifiques et politiques (Grassi, et al. 2017 ; Kauppi & Mäntyranta, 2014). La séquestration consiste à privilégier l'augmentation des stocks de carbone en forêt (dans la biomasse, le bois mort et les sols) avec une extensification de la récolte. Pour les partisans de cette approche, augmenter la récolte de bois créerait une « dette carbone » qui ne sera compensée par la repousse des arbres que sur le long terme – alors que l'urgence est de limiter les émissions à court terme, d'ici 2050. Cette approche critique particulièrement la destination énergétique du bois, issus de rotations courtes. Durant les deux dernières années, des ONG et scientifiques ont promu cette stratégie (Beddington et al. 2018 ; Fern 2016). Durant ces débats, les acteurs économiques ont plutôt mis en avant la substitution qui consiste à privilégier l'exploitation de la forêt afin d'en extraire du bois qui stocke temporairement du carbone, qui se substitue à d'autres matériaux d'autres énergies plus émetteurs et non renouvelables. Par ailleurs, une gestion durable de la forêt assure sa capacité à continuer à stocker du carbone et réduit les risques de mortalité (Seidl et al., 2014 ; Galik & Jackson, 2009 ; Rautiainen et al., 2010 ; Nabuurs et al., 2015).

Même s'il est possible de prôner une approche jouant sur différents leviers, nous avons pu voir ces dernières années une opposition entre certains acteurs économiques de la filière bois et des acteurs scientifiques et ONG.

• MOBILISATION ET STRUCTURATION DE LA FILIÈRE • Des rapports récents (Houpert & Botrel, 2015 ; Colin et Thivolle-Cazat, 2016 ; Alexandre, 2017 ; Ballu, 2017) reprennent le constat bien connu du « paradoxe » français de la sous-exploitation de la ressource forestière française, pourtant en expansion. Face à ce défi, les acteurs forestiers se mobilisent peu à peu.

Début 2018, le CNPF a mis en ligne une plateforme (laforetbouge.fr) mettant gratuitement à disposition des propriétaires forestiers des outils de formation et de documentation pour mieux gérer et valoriser leurs parcelles (travaux d'exploitations, gestion, vente de bois...). Ainsi ce site permet de répondre à certains freins qui expliquent la sous-exploitation des forêts françaises, de favoriser son rôle à long terme de puits de carbone et de dynamiser la filière bois.

Entre 2014 et 2015, le nombre de propriétaires privés adhérant à une coopérative a augmenté de 4,5%, ce qui a permis de renforcer l'offre de bois et a contribué à la récolte nationale à hauteur de 6,9 Mm³ (+4,5% en un an).

En 2014, la filière forêt-bois (FBF-FBIE) a publié son « pacte pour l'avenir 2020 – les engagements de la filière ». Parmi les engagements pris, figurent un niveau de renouvellement de 110 000 ha/an, l'amélioration et l'adaptation de la forêt, un accroissement de 14,5 Mm³ supplémentaires d'ici 2020 de la mobilisation du bois en gestion durable, un maintien du puits de carbone, un rééquilibrage de la balance commerciale du bois ; une hausse de 3 Mtep du bois-énergie...

• LA FILIÈRE FORESTIÈRE SE MOBILISE DANS LA VALORISATION CARBONE • Le rôle de pompe à carbone de la forêt française n'est actuellement pas valorisable directement par les acteurs forestiers. Faute de marché contraignant, un marché des projets volontaires s'est développé ces

dernières années afin de valoriser ce service écosystémique rendu gratuitement par la forêt et les acteurs qui l'entretiennent. De plus en plus d'entreprises souhaitent investir dans des travaux forestiers de séquestration du carbone.

Le Groupe La Poste et le GIP Massif Central investissent dans les crédits carbone forestiers

En 2015, le Centre national de la propriété forestière (CNPF) en partenariat avec le Groupement d'intérêt public pour le Massif central, a lancé un programme pour définir des projets de compensation carbone en forêt qui pourraient donner naissance à des crédits carbone : le boisement en zones non boisées, le reboisement (remplacement de zones malades, incendiées, mal adaptées...) et l'amélioration de la gestion forestière. Le Groupe La Poste a investi près de 300 000 euros dans ce programme. Les propriétaires privés de l'association Forêt Agir Limousin ont ainsi pu financer des actions de renforcement de la séquestration carbone en forêt (balivage de taillis de châtaignier, amélioration d'accrus de feuillus, (re)boisements de résineux), dont l'efficacité est vérifiée par le CNPF.

ENCADRÉ 1

Reste à certifier la démarche pour assurer une monétisation de la tonne de carbone évitée ou séquestrée sur un projet forestier français. Dans cette optique, I4CE développe depuis 2016 un projet de labellisation des projets carbone volontaires. Le potentiel en France a été estimé entre 2 et 2,5 MtCO₂eq/an (Tronquet, Grimault & Foucherot, 2017), soit près de 0,5% des émissions métropolitaines hors UTCATF. La mise en place d'un label bas carbone, issu de ces travaux d'I4CE et avec l'appui du Ministère de la Transition Ecologique et Sociale vise à favoriser l'émergence de ces projets en garantissant la fiabilité des calculs des émissions évitées.

• **DES ACTIONS DE STOCKAGE DE CARBONE DANS LES HAIES ONT ÉMÉRGÉ** • Au-delà du carbone forestier, des actions récentes ont valorisé le carbone stocké dans les haies, bocagères et paysagères. Il s'agit d'augmenter les surfaces de haies et d'enrayer leur déclin, par le soutien aux entreprises de plantations grâce à des compensations volontaires et de s'assurer de leur pérennité (surveillance de l'absence d'arrachage et de dépérissement). En Occitanie, le projet Carbone local a été lancé en 2014 et propose aux entreprises de compenser volontairement leurs émissions par la plantation et l'entretien de haies paysagères. Ce sont ainsi 4,5 km de linéaires de haies qui ont été plantés dans la région par des acteurs privés (ex : Cemex, Crédit Agricole...) et qui ont permis de séquestrer 537 tCO₂.

• **LES COLLECTIVITÉS LOCALES INTÈGRENT DÉSORMAIS LE SECTEUR UTCTATF DANS LEUR STRATÉGIE CLIMAT** • Le CNPF a développé récemment un outil de calcul pour aider les collectivités qui ont l'obligation de réaliser un plan climat-air-énergie territorial (PCAET) à mieux intégrer les forêts dans leur bilan de gaz à effet de serre. Cet outil permet de comparer plusieurs itinéraires sylvicoles pour améliorer le bilan carbone d'un territoire. Ainsi, les collectivités, entreprises et groupements de particuliers disposent désormais d'outils les incitant à maximiser leur puits de carbone.

• **LE BOISEMENT ET LE REBOISEMENT SE DÉVELOPPE** • Les actions visant à ne pas augmenter les taux de coupe, voire à réduire la gestion sylvicole dans certains massifs forestiers, répondent à plusieurs objectifs : le stockage de carbone dans les arbres sur pied ainsi que dans le bois mort, la litière et le sol, l'amélioration de la productivité des essences et leur meilleur usage économique ;



la protection de la biodiversité, notamment via la préservation d'îlots de sénescence et en limitant la présence humaine et le tourisme écologique.

Reforest'action

La société Reforest'action, créée en 2010, est un des principaux acteurs du reboisement issu de fonds privés en France. Elle part du constat d'une diminution des plantations forestières en France et donc d'un renouvellement moindre de la forêt, plus vulnérable aux crises. Elle restaure des forêts dégradées (incendies, inondées, malades, détruites par des tempêtes...), reboise dans des régions peu boisées et soutient des modes de collecte et de valorisation durables du bois récolté. Plus d'un million d'arbres ont été replantés en France depuis 2014.

ENCADRÉ 2

• **L'ESSOR DES CONSTRUCTIONS EN BOIS** • La filière bois d'œuvre est peu compétitive, les acteurs sont fractionnés et peu fédérés entre la production en amont (avec une forêt majoritairement feuillue) et la transformation en aval (avec une demande forte de résineux). Ces dernières années, le bois de construction, porté par le succès de la technique de fabrication de panneaux en CLT (Cross Laminated Timber) permet de créer de nouveaux débouchés et de valoriser le bois-matériau. Quoiqu'il en soit, même issus de forêts étrangères, la construction de meubles et de bâtiments en bois, à longue durée de vie, permet de stocker durablement du carbone en France, en substitution à des matériaux plus émetteurs. L'essor récent de constructions en structure intégralement ou en partie en bois est un signal de l'évolution du secteur de la construction, des solutions techniques et de la demande.

L'essor des constructions d'immeubles en bois dans les années récentes

Les programmes immobiliers en bois, y compris des immeubles de grande hauteur, se multiplient en France depuis 2016. La commission technique d'AdivBois (Association pour le développement des immeubles à vivre bois), cherche depuis 2016 à faciliter ces programmes et à lever les obstacles techniques, économiques et réglementaires, en promouvant par exemple les missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage technique pour la construction des démonstrateurs de la première vague de bâtiments en bois. Ces projets reçoivent aussi l'aide des programmes d'investissement d'avenir (PIA de la loi d'avenir sur l'agriculture et la forêt de 2014.).

En particulier, « *les bâtiments à structure bois et infrastructures béton sont un marché en plein boom* » (O. Messéant, 2017). En 2017, un appel à projets a retenu le projet de deux tours en structure bois à Bordeaux, dont la tour Hyperion qui, avec ses 57 mètres, sera la plus haute tour de France de ce type. Une autre tour de 50 m en bois, WoodUp, a aussi été retenue en 2017 à Paris. A Strasbourg, la plus haute tour de France en structure 100% bois, de 38 m, a été livrée en 2018.

ENCADRÉ 3

• BOIS ÉNERGIE ET CHAUFFERIES BIOMASSE : LES INDUSTRIELS ET COLLECTIVITÉS INVESTISSENT •

Le caractère bénéfique pour le climat de la biomasse énergie est sujet à débat. Les investissements pour accroître son utilisation reposent sur l'idée que le bois est une source d'énergie neutre en carbone et renouvelable. Néanmoins, cette vision répandue ne correspond pas au bilan réel des flux de carbone en jeu (Leturcq, 2011 ; 2013).

En effet, le caractère supposé neutre du bois énergie repose sur l'idée d'une compensation systématique, d'un cycle à l'équilibre entre émissions et séquestration. Or en réalité cet équilibre n'est pas toujours réalisé et, quand il l'est, se produit sur un pas de temps long. Ne pas comptabiliser l'émission du bois énergie sous prétexte que ce carbone avait déjà été capté dans le passé ou sera recapté dans le futur est un biais dans l'estimation du bilan réel UTCATF : à partir du moment où l'on comptabilise les flux de séquestration chaque année, tous les flux d'émissions de l'année doivent aussi être comptabilisés

Le développement au cours des dernières années des installations de combustion de biomasse repose en grande partie sur deux types d'incitation : premièrement, dans le cadre du Système d'Echange de Quotas d'Emissions européen, la consommation de biomasse donne droit à des quotas gratuits mais les émissions associées ne sont pas comptabilisées ; deuxièmement, le Fonds Chaleur, géré par l'ADEME, a soutenu pour 1,6 Md€ une production de 2 Mtep entre 2009 et 2016. De nombreuses installations de biomasse ont été construites ces dernières années et ont permis de se substituer à d'autres énergies. L'ADEME présente dans un document 54 exemples types d'entreprises ayant investi dans la biomasse énergie (chaufferie bois, plaquettes forestières, produits bois en fin de vie ...) (ADEME, 2018).

Quelques exemples d'investissements récents dans la biomasse

- Bordeaux (2015) : création d'une chaufferie bois au centre hospitalier Charles Perrens d'une puissance globale de 9,5 MW, consommant 18 000 t de bois par an et évitant 10 700 t/CO₂/an.
- Nantes (2017) : extension d'un réseau de chaleur sur 57 km et construction de deux chaufferies bois (Malakoff), alimentées à 84% par des énergies locales renouvelables (valorisation des déchets ou biomasse, consommant 45 000 t. de bois par an et évitant 45 000 t/CO₂/an.
- Suez (2018) investit dans la startup CogeBio

qui propose des solutions innovantes de production de chaleur et d'énergie électrique par gazéification de biomasse et de déchets. « *La consommation de biomasse pour la production de chaleur industrielle a doublé ces 5 dernières années en Europe et devrait atteindre 20 millions de tonnes en 2021* » (Suez, 2018).

- Lyon (2018) : création de la plus grande chaufferie biomasse publique de France. L'installation de Surville, gérée par Dalkia, permettra d'éviter 44 000 t/CO₂/an.

ENCADRÉ 4 3 • LES ACTIONS POUR MAINTENIR ET AUGMENTER LE CARBONE DANS LES SOLS

• LE LANCEMENT DE L'INITIATIVE 4P1000 RASSEMBLE SCIENTIFIQUES, DÉCIDEURS ET ACTEURS LOCAUX POUR LE STOCKAGE DE CARBONE DANS LE SOL •

Alors que la biomasse forestière constituait l'enjeu majeur des réflexions stratégiques concernant le stockage du carbone organique, le rôle des sols agricoles en France et dans le monde a été souligné par le lancement du programme « 4 pour 1000 », lors de la COP-21.



Le projet 4 pour 1000

L'initiative 4 pour 1000 vise à augmenter le stockage de carbone organique dans les sols. Elle s'est traduite par la mise en place d'un comité scientifique qui permet de développer les recherches scientifiques pour identifier les pratiques agricoles stockant du carbone et pour les diffuser auprès des agriculteurs, des conseillers agricoles et des chambres d'agriculture. L'Inra a ainsi débuté en 2017 une étude sur la faisabilité de l'objectif 4 pour 1000 dans les sols agricoles de France.

ENCADRÉ 5

Il n'y a pas encore de consensus sur les effets à long terme des pratiques de stockage et sur leur généralisation, et les recherches récentes permettent d'avancer sur ce point (Arrouays, et al. 2002 ; Pellerin, et al. 2013). Des pratiques se développent néanmoins :

- la diminution du labour, voire la mise en place de techniques culturales sans labour,
- la hausse des apports organiques au sol (résidus de culture...),
- les cultures intermédiaires, intercalaires et les bandes enherbées,
- l'agroforesterie et la plantation (ou la préservation) de haies.

La difficulté de la mise en place d'une politique de stockage de carbone dans les terres agricoles tient à plusieurs freins : les incertitudes scientifiques liées à la compréhension et au suivi de dynamiques de long terme et aux variabilités spatio-temporelles, l'imbrication de facteurs, l'immensité des espaces concernés, le nombre d'exploitants, les freins socio-économiques à l'adoption de nouvelles pratiques ; la complexité des normes et dispositifs environnementaux existants touchant l'agriculture, ou encore la prise en compte des autres enjeux environnementaux (pollution de l'air, de l'eau, paysage, qualité des sols, biodiversité, érosion...).

• LA FILIÈRE AGROALIMENTAIRE DÉVELOPPE DES LABELS ET ACTIONS STOCKANT DU CARBONE DANS LE SOL •

Certains agriculteurs rendent indirectement un service écosystémique en stockant du carbone dans le sol, mais leur gestion compose avec de nombreuses contraintes économiques, agronomiques, environnementales, techniques... Au-delà des aides européennes (paiements de la PAC conditionnés à des pratiques écologiques vertueuses sur le plan du carbone des sols, comme le maintien des prairies permanentes, les surfaces d'intérêt écologique et les infrastructures agro-écologiques) et nationales (rétribution des services écosystémiques mentionnés dans les discussions récentes autour du Plan Climat 4 - juillet 2017, des États Généraux de l'Alimentation - 2017, de la révision de la SNBC - 2018 et du Plan biodiversité - 2018, des acteurs privés ont mis en place certaines actions.

Ainsi, des exploitants et des coopératives ont créé des labels permettant au consommateur de privilégier des produits agroalimentaires issus de l'agriculture de conservation des sols, par exemple le label « Ferme Carbone Vert » (deux premières fermes labellisées en Seine-Maritime en 2017) ; ou encore le label « Pour une agriculture du vivant » créé en 2018 pour distinguer les produits issus de l'agroforesterie.

Enfin, les territoires sont de plus en plus concernés par la prise en compte du carbone dans les sols agricoles depuis l'intégration en 2016 du secteur des terres dans les PCAET.

• LES ACTIONS D'ÉLUS, AMÉNAGEURS ET CITOYENS PERMETTENT DE COMMENCER À LIMITER L'ARTIFICIALISATION DES TERRES •

Lutter contre l'artificialisation (étalement urbain, construction d'infrastructures) permet d'éviter de perdre, la plupart du temps pour toujours, le stock de carbone déjà présent dans le sol. L'objectif de « zéro artificialisation nette d'ici 2050 » a été évoqué au niveau européen (COM(2011)571) et national (C. Duflot en 2013 ; N. Hulot en 2018). La construction

de logements et de lotissements périurbains constitue la cause principale de consommation d'espaces agricoles. Les aménageurs, collectivités et les citoyens ont ainsi un rôle à jouer pour limiter les freins à la densification en zone urbaine et limiter l'attrait économique de la construction sur des terrains agricoles.

En 2013 s'est achevé le projet BIMBY (*Build in my BackYard*) qui a rassemblé acteurs de la recherche, bureaux d'études et collectivités. Il a permis de définir une nouvelle filière de production d'habitat, là où les filières « classiques » sont incapables d'intervenir : au sein des tissus pavillonnaires existants. L'identification de ce potentiel de recyclage de l'espace urbain a permis de rassembler différents projets parallèles et de créer un réseau (Bimby+) facilitant les échanges entre professionnels de cette nouvelle filière d'aménagement.

Du côté des promoteurs et des propriétaires, des initiatives ont vu le jour pour densifier des espaces périurbains. Certaines métropoles cherchent à limiter l'étalement urbain, comme Rennes ou Aix-Marseille-Provence (objectif en 2017 de « zéro consommation d'espaces verts en 2040 »).

Du côté citoyens et ONG, les dernières années ont été marquées par l'émergence de mouvements d'opposition forte, très médiatisés, contre des projets fortement consommateurs de terres agricoles et forestières. Notons l'opposition au projet d'aéroport de Notre-Dame-des-Landes, au village vacances de Roybon en Isère, ou encore le grand contournement autoroutier à l'ouest de Strasbourg...

CONCLUSION

Pour conclure, on note que durant ces dernières années, le rôle climatique de la biomasse et des sols est de plus en plus reconnu par les acteurs non-étatiques. Même si de nombreux freins structurels demeurent, les atouts de la France, son patrimoine agricole et forestier, font l'objet de projets de plus en plus nombreux de la part des acteurs de la filière forestière, agricoles et de la part de la recherche. Les années 2016 à 2018 marquent le passage à l'ère post-Accord de Paris, où le grand principe de la neutralité carbone commence à se traduire dans les actes des acteurs forestiers et agricoles.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG

RÉFÉRENCES

RAPPORTS, COMMUNICATIONS, OUVRAGES, THÈSES :

- Madignier M.-L., Benoit G., Roy C. (coord.), 2014. Les contributions possibles de l'agriculture et de la forêt à la lutte contre le changement climatique. Rapport CGAAER, Paris.
- Landmann G., Berger F., 2015. La forêt protectrice face au changement climatique. In : L'arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change. Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. Rapport au Premier ministre et au Parlement. Paris, La documentation française, pp. 65-75.
- Hervé J.C., Bontemps J.D., Leban J.M., Saint-André L., Véga C., 2016. Évaluation des ressources forestières pour la bioéconomie : quels nouveaux besoins et comment y répondre ? Comm. au Carrefour de la recherche agronomique « Une bioéconomie basée sur le bois », Nancy (France), 8 déc. 2016, 28 diapos.
- Dhôte J.-F., Leban J.-M., Saint-André L., Derrien D., Zhun M., Loustau D., Achat D., Roux A., Schmitt B., 2016. Leviers forestiers en termes d'atténuation pour lutter contre le changement climatique. Rapport d'étude pour le Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, Paris : INRA DEPE, 95 p.
- Colin, A. 2014. Emissions et absorptions de gaz à effet de serre liées au secteur forestier et au développement de la biomasse énergie en France aux horizons 2020 et 2030 - Tâches C et D. Contribution de l'IGN aux projections du puits de CO₂ dans la biomasse des forêts gérées de France métropolitaine en 2020 et 2030, selon différents scénarios d'offre de bois (Rapport final, mars 2014 Convention MEDDE.DGEC/IGN n°2200682886). IGN, Nancy (France), 55 p.
- Colin, A., & Thivolle-Cazat, A. (2016). Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035. Rapport ADEME, février.
- Citepa, 2018. Rapport d'inventaire CCNUCC.
- Alexandre S., CGEDD, 2017. Rapport de mission de la déléguée interministérielle à la forêt et au bois. Rapport n°011010-01. Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, Ministère de Logement et de l'Habitat durable. 114 p.
- Puech J., 2009. Mise en valeur de la forêt française et développement de la filière bois. Paris : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 6 avril 2009. 74 p.
- Ballu, J. (2009). Pour mobiliser la ressource de la forêt française : Résumé du rapport du Groupe de travail sur l'insuffisante exploitation de la forêt française. Annales des Mines - Responsabilité et environnement, 53,(1), 35-42. doi :10.3917/re.053.0035.
- Vers une filière intégrée de la forêt et du bois », rapport interministériel de Christophe Attali, Guy Fradin, Charles Dereix, Patrick Lavarde et Catherine de Menthère, avril 2013.
- Faire de la filière forêt-bois un atout pour la France, Rapport d'information de MM. Alain HOUPERT et Yannick BOTREL fait au nom de la commission des finances, n° 382 (2014-2015) - 1 avril 2015
- Roux A., Dhôte J.-F. (Coordinateurs), Achat D., Bastick C., Colin A., Bailly A., Bastien J.-C., Berthelot A., Bréda N., Caurla S., Carnus J.-M., Gardiner B., Jactel H., Leban J.-M., Lobianco A., Loustau D., Meredieu C., Marçais B., Martel S., Moisy C., Pâques L., Picart-Deshors D., Rigolot E., Saint-André L., Schmitt B. (2017). Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois françaises dans l'atténuation du changement climatique? Une étude des freins et leviers forestiers à l'horizon 2050. Rapport d'étude pour le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, INRA et IGN, 101 p. + 230 p. (annexes)
- Colin A, Thivolle-Cazat A (2016) Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035.
- Alexandre, 2017. Rapport de mission de la déléguée interministérielle à la forêt et au bois. Rapport n°011010-01
- Ballu, 2017. Un paradoxe français, une forêt sous-exploitée et un risque d'envol des constructions en bois importés
- Beddington et al. (2018). Letter from scientists to the eu parliament regarding forest biomass (updated January 11, 2018)
- Robert, C. (2016). Comprendre les changements d'utilisation des terres en France pour mieux estimer leurs impacts sur les émissions de gaz à effet de serre. De l'observation à la modélisation (Doctoral dissertation, Université Paris Denis Diderot).
- Iversen, P., D. Lee, and M. Rocha (2014). Comprendre l'utilisation des terres dans la CCNUCC.
- Valade, A., Bellassen, V., Luysaert, S., Vallet, P., & Djomo, S. N. (2017). Bilan carbone de la ressource forestière française-Projections du puits de carbone de la filière forêt-bois française et incertitude sur ses déterminants (Doctoral dissertation, auto-saisine).
- ADEME, forêt et atténuation du changement climatique, 2015, 12 pages.
- ADEME, Propositions de mesures de politiques publiques pour un scénario bas carbone, synthèse de l'étude, 2017, 32 pages.
- Géraud Guibert, La politique climatique européenne : des progrès importants à accomplir, La Fabrique Ecologique, 2017, 6 pages.
- GLEIZES Olivier, Faire un diagnostic carbone des forêts et des produits bois à l'échelle d'un territoire (étude de faisabilité Climafor) – Rapport final, ADEME, 2017, 118 pages.
- Mariana Deheza et Valentin Bellassen, Valorisation Carbone de la filière forêt-bois en France, Etude-Climat n°20, 2010, 52 pages.
- Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, France National Low-Carbon Strategy, 2015, 202 pages
- Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, La France en Action, 2015, 208 pages.
- Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Informations sur les actions prévues dans le domaine de l'utilisation des terres (UTCATF), 2015, 38 pages.
- Ministère de la transition écologique et solidaire, national communication and biennial reports, 2017, 256 pages.
- Réseau Action Climat, Règlement sur le partage de l'effort climatique (ESR), 6 pages.

ARTICLES SCIENTIFIQUES :

- Gasser, T., Guivarch, C., Tachiiri, K., Jones, C. D., & Ciais, P. (2015). Negative emissions physically needed to keep global warming below 2 C. Nature communications, 6, 7958.
- Jonard M., Nicolas M., Coomes D.A., Caignet I., Saenger A., Ponette Q., 2017. Forest soils in France are sequestering substantial amounts of



carbon. *Science of The Total Environment* 574 : 616–628. doi :10.1016/j.scitotenv.2016.09.028.

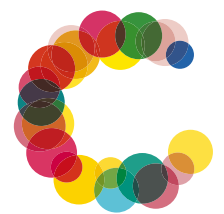
- Hedenus F., Azar C., 2009. Bioenergy plantations or long-term carbon sinks? – A model based analysis. *Biomass and Bioenergy* 33 : 1693–1702. doi :10.1016/j.biombioe.2009.09.003.
- Pekka Kauppi, P. & Mäntyranta H. (2014). To Harvest or to Save. *Forests and Climate Change*, Finnish Forest Association, 51p.
- Grassi G., House J., Dentener F., Federici S., den Elzen M., Penman J., 2017. The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation. *Nature Climate Change* 7 : 220– 226. doi :10.1038/nclimate322.
- Eriksson L.O., Gustavsson L., Hänninen R., Kallio M., Lyhykäinen H., Pingoud K., Pohjola J., Sathre R., Solberg B., Svanaes J., Valsta L., 2012. Climate change mitigation through increased wood use in the European construction sector—towards an integrated modelling framework. *European Journal of Forest Research* 131 : 131–144. doi :10.1007/s10342-010-0463-3.
- Peters, G. P., & Geden, O. (2017). Catalysing a political shift from low to negative carbon. *Nature Climate Change*, 7(9), 619.
- Minx, J. C., Lamb, W. F., Callaghan, M. W., Fuss, S., Hilaire, J., Creutzig, F., ... & Khanna, T. (2018). Negative emissions—Part 1 : Research landscape and synthesis. *Environmental Research Letters*, 13(6), 063001
- Nemet, G. F., Callaghan, M. W., Creutzig, F., Fuss, S., Hartmann, J., Hilaire, J., ... & Smith, P. (2018). Negative emissions—Part 3 : Innovation and upscaling. *Environmental Research Letters*, 13(6), 063003.
- Fuss, S., Lamb, W. F., Callaghan, M. W., Hilaire, J., Creutzig, F., Amann, T., ... & Luderer, G. (2018). Negative emissions—Part 2 : Costs, potentials and side effects. *Environmental Research Letters*, 13(6), 063002.
- Krause, A., Pugh, T. A., Bayer, A. D., Li, W., Leung, F., Bondeau, A., ... & Ciais, P. (2017). Large uncertainty in carbon uptake potential of land based climate change mitigation efforts. *Global change biology*.
- Haszeldine, R. S., Flude, S., Johnson, G., & Scott, V. (2018). Negative emissions technologies and carbon capture and storage to achieve the Paris Agreement commitments. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 376(2119), 20160447.
- Dimassi, B., Mary, B., Wylleman, R., Labreuche, J., Couture, D., Piraux, F., & Cohan, J. P. (2014). Long-term effect of contrasted tillage and crop management on soil carbon dynamics during 41 years. *Agriculture, ecosystems & environment*, 188, 134–146.

PRESSE / DOSSIERS DE PRESSE / SITES :

- bati actu (2018), Construction grande hauteur en bois : toujours plus de connaissances techniques
- Sciences et Avenir (2016) Le bâtiment en bois prend de la hauteur
- Cahiers techniques du bâtiment (2018) : Dossier Construire en CLT.
- FNE, La France veut couper plus et séquestrer moins... en toute discrétion !, 2017, 2 pages.
- FNE, Climat : l'UE en bonne voie sur la comptabilité carbone des forêts, 2017, 2 pages.
- FNE, Climat : l'Europe cédera-t-elle au hold up sur nos forêts ?, 2017, 2 pages.
- France Culture, Trop de CO₂... pas assez de forêt, 2017, 39 minutes

- Florence Roussel, Exploitation forestière ou maintien du puits de carbone : la France face à un casse-tête, *Actu-environnement*, 2017.
- Euractiv, Entre émission et captage de CO₂, l'exercice d'équilibrisme des forêts européennes, 2018.
- Euractiv, France to manage its 'carbon sink' for 2050 goal, 2018.
- La Dépêche (2018) L'agroécologie a trouvé sa marque
- CH Bordeaux : Création de la centrale biomasse, communiqué de presse
- Nantes, ERENA. Extension du réseau de chaleur biomasse, communiqué de presse.
- O. Mésseant, 2017, cité par BatiActu.
- Ademe, 2018
- Observatoire économique interprofession nationale de la filière forêt bois
- Le marché du bois en France situation actuelle et perspectives à court terme. Commission économique pour l'Europe des Nations Unies Comité des Forêts et de l'Industrie Forestière 74eSESSION COFFI, Genève, 18-20 octobre 2016
- Fern, 2016. Why LULUCF cannot ensure that bioenergy reduces emissions. Briefing note.
- <https://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/passer-a-l'action/produire-chaleur/dossier/bois-biomasse/chaufferies-biomasse-entreprises-lindustrie>
- <https://www.engie.com/engie-se-mobilise-pour-le-climat/planete-plus-verte/chaufferie-biomasse/>
- <https://agriculture-de-conservation.com/sites/agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/abadie-couverts-sdscv.pdf>
- <https://www.batirama.com/article/16425-la-construction-bois-grimpe-a-38-metres-a-strasbourg.html>
- <https://www.20minutes.fr/planete/2242171-20180323-strasbourg-plus-haute-tour-france-entierement-bois-construite-servir-exemple>
- <https://www.batiactu.com/edito/construction-100--bois-est-elle-economiquement-pertinente-51453.php>
- <https://www.actu-environnement.com/ae/news/stockage-carbone-exploitation-forestiere-compensation-credit-proprietaires-entreprises-28311.php4>
- <https://www.foretpriveefrancaise.com/publications/voir/610/foret-entreprise-n-230/n :541>
- CNPF, Le Diagnostic Carbone territorial.
- Olivier Gleizes, CNPF-IDF, Que font les forestiers pour le carbone ? Forêt-entreprise - N° 230 - septembre 2016.
- FBIE, Forêt-Bois, une filière d'avenir pour la France. 2014.
- <https://www.actu-environnement.com/ae/news/biomasse-suez-etia-cogebio-participation-30415.php4>
- <https://blogs.grandlyon.com/plan-climat/2018/08/02/la-chaufferie-biomasse-de-surville-sort-de-terre/>





**CLIMATE
CHANGE**