

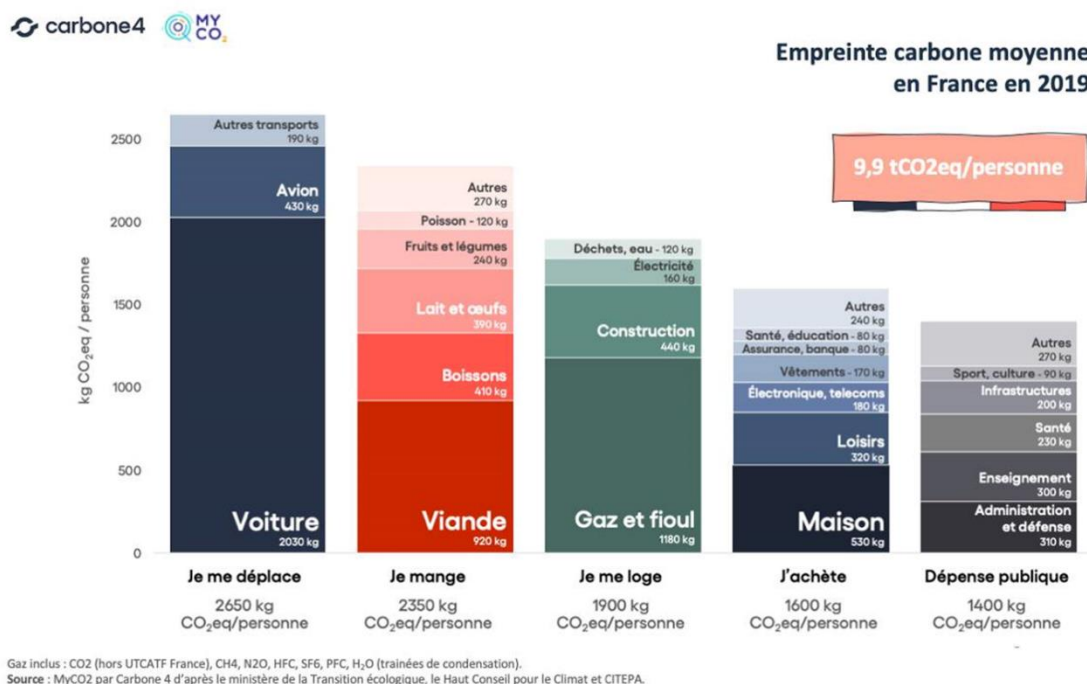
Ordre de grandeurs

Actions de réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre



Nous présentons ici des ordres de grandeurs d'émissions de Gaz à Effet de Serre de différents actes de déplacements, d'achats, d'alimentation... afin de permettre des choix éclairés voir même déconstruire certains a priori. Ces éléments sont tirés de sources dont les liens sont inscrits au fil de l'eau et ont été sélectionnés pour leur qualité et leur sérieux, ils peuvent malgré tout être discutés et revus. La procédure de fact-checking étant intéressante et pouvant être collective, cela peut amener à des éventuelles modifications, de plus les gains d'efficacité énergétique, de décarbonation de certains secteurs années après années sont amenés à faire évoluer les données documentées ici. Ce document sera donc continuellement mis à jour.

Pour avoir une idée générale des émissions moyennes d'un français en 2019, le tableau ci-dessous permet de voir en ordre de grandeur, les postes les plus significatifs.



Le contenu compilé dans ce document à travers le choix de présenter telle ou telle source ou les graphiques construits via des calculs faits en interne n'engagent que Grégoire Destombes.

Table des matières

TRANSPORT	4
Mobilité du quotidien : on compare tout et sur la même base	4
Mobilité du quotidien : la voiture électrique : bonne idée ?	5
Mobilité du quotidien : la voiture hybride : bonne idée ?	6
Mobilité du quotidien : quels leviers sont les plus efficaces ?	7
Mobilité longue distance France : avion ? voiture ? train ?	7
Mobilité internationale : Europe vs non Europe	8
Mobilité internationale : train VS avion	9
Quel impact de la visio sur les émissions de GES ?	11
Plus flex (office) ?	12
ENERGIE	13
Ça chauffe pour le gaz et le fioul.	13
L'électricité en France, carbonée ou décarbonée?	13
Coup de froid sur la climatisation.	14
NUMERIQUE	15
Le numérique c'est dématérialisé donc ça ne pèse rien ?	15
Nos équipements sont importés de pays fortement émetteurs de GES	16
Impact des réseaux.	17
Maîtriser l'évolution de l'empreinte du numérique	17
Fabrication des équipements	17
Impact carbone des réseaux sociaux.	19
Achats	20
Poids-lourds dans le bilan du trafic de marchandises	20
Le mobilier : on s'assoit sur combien de CO2 ?	20
Le recyclage, c'est (pas encore) formidable.	21
Equipements faiblement électroniques	22
Bâtiment	23
Parlons de la construction	23
Les matériaux ?	24
Le béton, résistant à l'épreuve du carbone?	25
Autres matériaux de construction	26
Réhabilitation vs neuf	27
Alimentation	28
Combien de GES dans mon assiette ?	28

Type d'aliment et impact carbone	28
Combien de GES par protéines apportées ?	30
Déforestation	31
Le gaspillage ... de Gaz à Effet de Serre	31
Effet Rebond	32
La technologie permet de réduire les émissions, oui, sauf... ..	32
Exemple de l'Aérien.....	32
Numérique.....	33
Automobile.....	34

TRANSPORT



Mobilité du quotidien : on compare tout et sur la même base

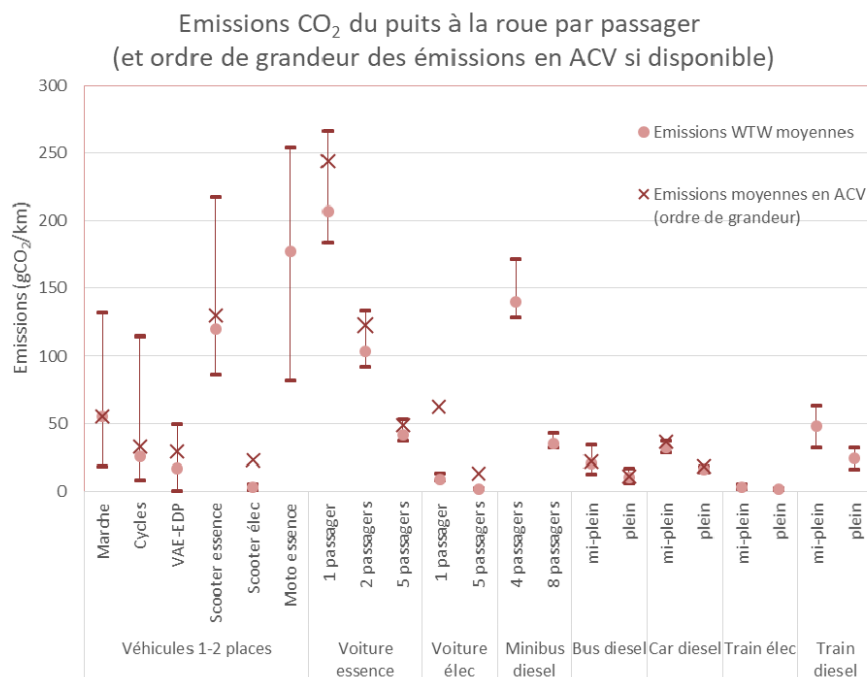
Explications

Les données du graphique à privilégier sont celles où apparaissent les croix puisque la valeur associée est celle comprenant les émissions liées à l'utilisation (carburant, électricité) et celles émises lors de la fabrication de la voiture, du vélo, du train. La définition du puit à la roue signifie que sont prises également en compte par exemple les émissions liées au raffinage du pétrole (puits) et pas uniquement l'utilisation du pétrole dans la voiture (roue).

On en déduit que :

- La voiture électrique émet en moyenne quasiment 4 fois moins sur le périmètre considéré (carburant / fabrication du véhicule) qu'une voiture thermique et ce malgré la fabrication des batteries, cela est dû notamment au fait que l'électricité soit très peu carbonée en France et compense donc l'impact de la fabrication de ces batteries.
- Le vélo à assistance électrique est au même niveau qu'un vélo classique (cela est dû au fait que l'effort d'un cycliste sans assistance entraîne une alimentation plus importante, elle-même émettrice de GES).
- Toutes les solutions de transports doux / en commun sont meilleures que le voiture thermique et électrique sauf en cas de covoiturage à 4-5 personnes.
- Les trains sont a priori à regarder dans la colonne « plein » car les trajets domicile – travail se font majoritairement aux heures de pointes. Les trains TER de la MEL sont a priori tous électriques et donc bien moins émetteurs de GES.

Graphiques



Source : Rapport « étude comparative de l'impact carbone de l'offre de véhicules » - The Shift Project

Mobilité du quotidien : la voiture électrique : bonne idée ?

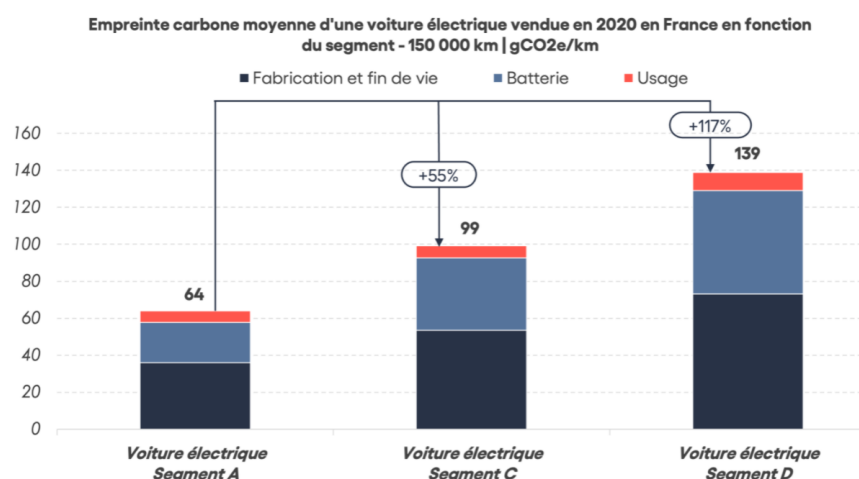
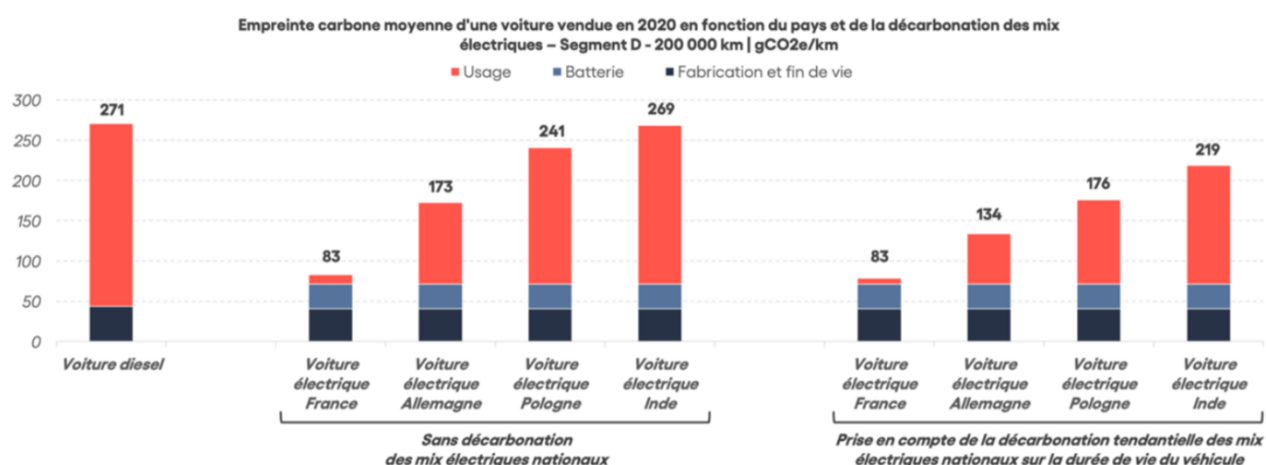
Explications

Les graphiques montrent un net gain de l'usage de la voiture électrique par rapport à une voiture thermique en terme de réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre, ceci même en considérant l'ensemble du cycle de vie c'est-à-dire la fabrication et fin de vie du véhicule et des batteries. On constate bien que la fabrication du véhicule et batteries est supérieure en terme d'émissions de GES à la fabrication d'une voiture diesel amorties sur 200 000km. En revanche, les émissions à l'usage (électricité) sont largement moindres pour la voiture électrique et d'autant plus en France où l'électricité est peu carbonée.

On constate cependant que le segment du véhicule a un impact majeur du fait notamment de son poids (plus le poids est important, plus la consommation d'énergie est importante, plus le véhicule doit être solide et donc consommateur de matériaux et plus la capacité des batteries doit être conséquente).

Le lieu de fabrication des batteries a également un impact certains notamment du fait de mix électriques plus ou moins carbonés dans les pays de fabrication.

Graphiques



Source : carbone 4 - <https://www.carbone4.com/analyse-faq-voiture-electrique>

Emissions GES de production des batteries en 2022 (en kgCO ₂ e/kWhc)	Empreinte totale	Dont phase amont	Part de la phase amont dans l'empreinte
Union Européenne	89	62	70%
Pologne	132		47%
France	67		92%
Chine	119		52%
Corée du Sud	109		57%
Moyenne ACV	114		
Minimum ACV	39		
Maximum ACV	212		

Tableau 11 – Empreinte carbone de la production de batteries selon la zone géographique et contribution de la phase amont (extraction, première transformation, production des matériaux actifs)

Source : calculs de The Shift Project [29] à partir de [28], [30]–[48]

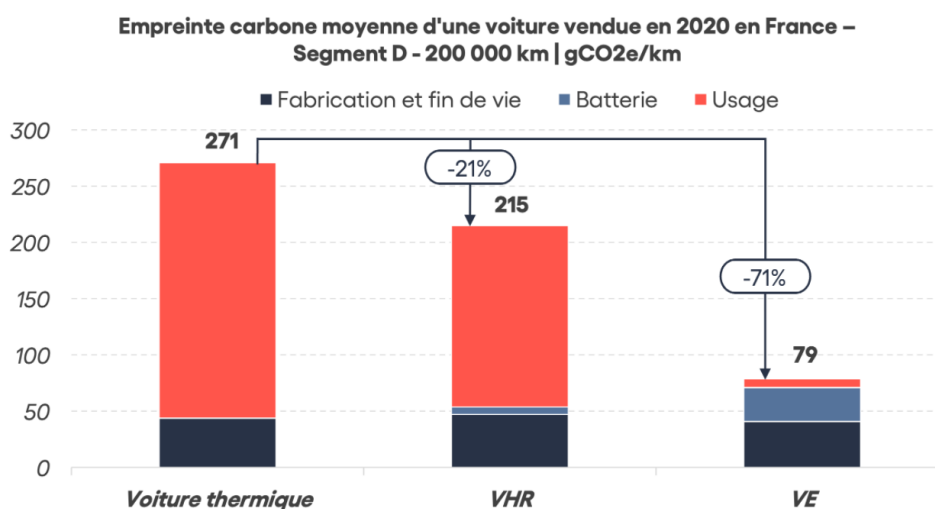
Mobilité du quotidien : la voiture hybride : bonne idée ?

Explications

La voiture hybride ou hybride rechargeable ne semble pas en capacité de permettre une réduction conséquente des émissions de GES. Cela est en partie dû au fait que :

- le mode électrique est peu utilisé en réalité (moins de 40% des kilomètres), du fait de l'existence du moteur thermique,
- son moteur thermique est en général moins performant que l'état de l'art des véhicules essence/diesel comparables...
- ... et ce d'autant plus que la présence de deux motorisations, plus la batterie, augmente significativement la masse d'un tel véhicule, et donc sa consommation (thermique ou électrique).

Graphique



Source : carbone 4 - <https://www.carbone4.com/analyse-faq-voiture-electrique>

Mobilité du quotidien : quels leviers sont les plus efficaces ?

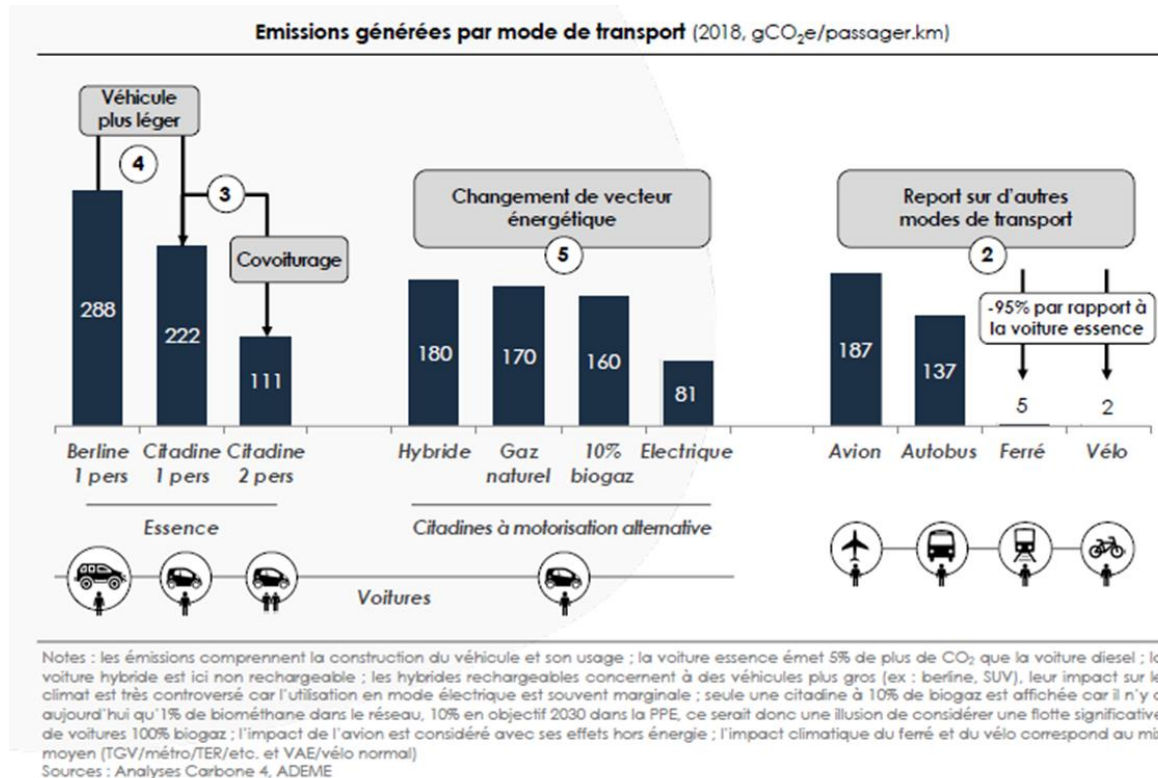
Explications

Le graphique ci-dessous montre quelques leviers activables pour réduire les émissions de GES et leurs ordres de grandeurs. Cela permet ainsi de voir les leviers les plus efficaces :

- Véhicule plus léger
- Covoiturage
- Changement de vecteur énergétique
- Report modal

Les données pour l'avion sont ici considérées sans les trainées de condensation (voir partie sur l'avion pour comprendre cet impact).

Graphique



Source : Rapport « L'Etat français se donne-t-il les moyens de son ambition climat » - Carbone 4

Mobilité longue distance France : avion ? voiture ? train ?

Explications

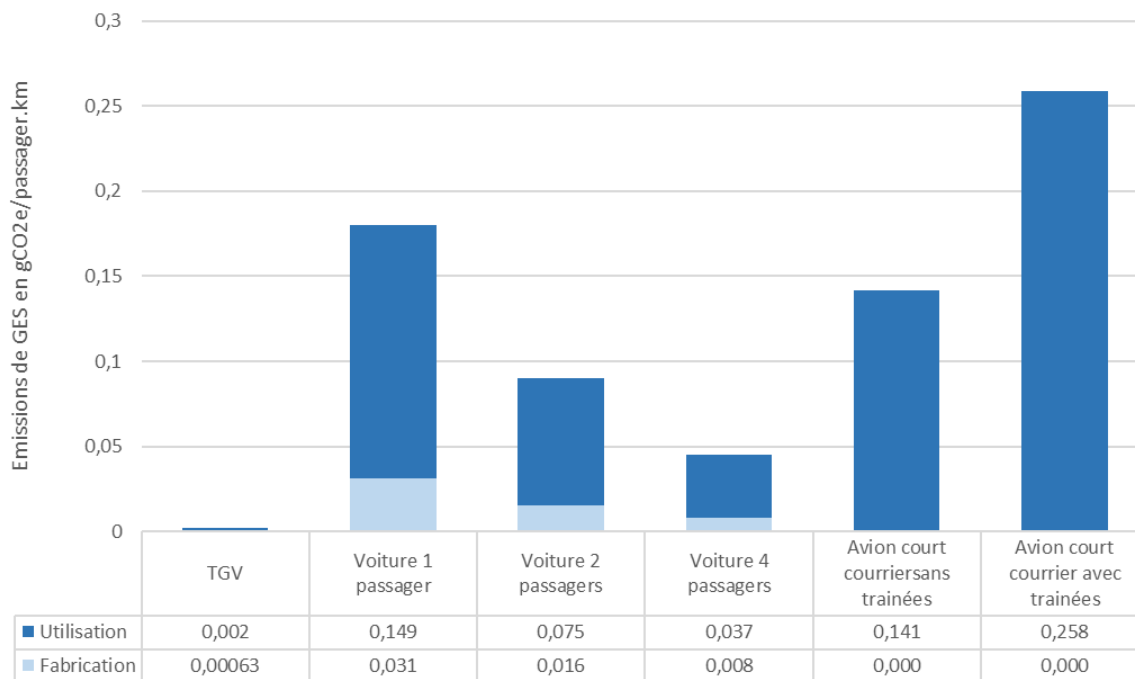
Les émissions de GES pour voyager sur une longue distance en France sont très largement plus faibles en empruntant le TGV ou ouigo que la voiture ou l'avion. On constate un facteur supérieur à 100 entre un trajet fait en avion et un trajet fait en TGV.

On constate que la voiture émet plus de GES par passager.kilomètres que l'avion si on ne considère pas les trainées de condensation. En revanche, en cas de co-voiturage, la solution voiture est plus intéressante, elle l'est dans tous les cas si on considère les trainées de condensation de l'avion.

Focus : trainées de condensation

Les trainées de condensation sont les panaches blancs laissés par les avions derrière eux en phase de vol. Elles ne se forment qu'à une certaine altitude et sous conditions de températures très froides et forte humidité, et ont un impact sur le réchauffement global du fait qu'elles ont la capacité de laisser passer les rayons ultraviolets du soleil mais absorbent les rayons infrarouges réémis par la terre et les réémettent vers la Terre. La littérature scientifique montre un impact certain mais sa quantification est plus incertaine, raison pour laquelle elle n'est pas encore toujours prise en compte. La valeur que l'ADEME préconise de prendre est de doubler l'impact CO₂ ce qui est déjà une approche prudente car certaines études récentes montrent que l'impact pourrait être encore plus grand qu'un facteur 2.

Graphique



Sources : graphiques compilés à partir des données tirées de :

- Site SNCF pour « TGV » Utilisation
- Rapport mobilité longue distance – Shift Project pour « Voiture « utilisation »
- Base carbone Ademe pour l'ensemble des autres valeurs

Mobilité internationale : Europe vs non Europe

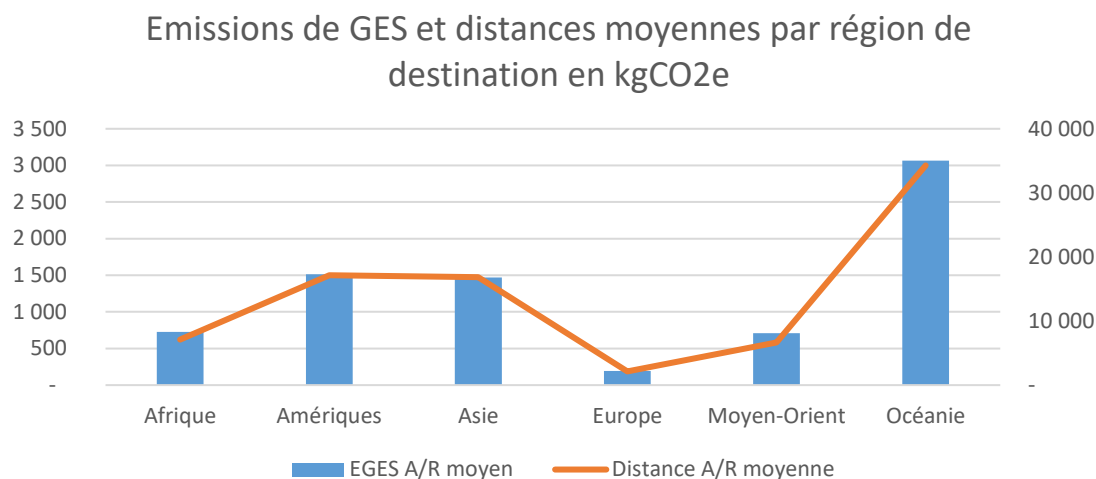
Explications

Nous avons tendance à ne pas dissocier un voyage à l'étranger en fonction de la région de destination mais uniquement en considérant que c'est un voyage à l'étranger. Le tableau suivant montre les émissions moyennes d'un trajet en fonction des destinations de départ des étudiants UCL vers l'étranger et d'étudiants étrangers venant étudier à l'UCL. Ils sont tous en avion sauf pour une partie des destinations suivantes qui sont considérés en train : Belgique, Luxembourg, Suisse, Pays-Bas, Italie et Angleterre.

On constate donc que partir en Afrique ou au Moyen-Orient/Eurasie a un impact 2 fois moindre que de partir en Asie ou Amériques (notamment Amérique du Sud) dont les émissions par trajets sont eux-mêmes 2 fois moindres qu'un trajet pour partir en Océanie. Le graphe donne les émissions de GES en kgCO₂e pour un A/R (axe de gauche) et la distance en km A/R (axe de droite). L'impact de

l'Europe considérant une part conséquente de trains pour les pays limitrophes en est donc réduit, un trajet en Europe en avion est souvent légèrement plus émetteur de GES au km du fait que la phase de décollage est la plus consommatrice d'énergie et est amortie sur une distance plus courte, pour autant, la distance totale parcourue étant plus faible, le raisonnement global reste à l'avantage de l'Europe.

Graphique



Sources : compilation de données via l'éco-calculateur de la DGAC auquel nous avons rajouté un impact des trainées égal à l'impact CO₂ en phase de vol comme le préconise l'ADEME. Pour certaines destinations, les calculs ont été faits en mesurant la distance vol d'oiseau vers la destination (en prenant en compte les éventuelles escales), la conversion a été faite ensuite avec les données de la base carbone ADEME.

Mobilité internationale : train VS avion

Explications

L'impact carbone du train dépend de plusieurs facteurs dont son efficacité mais aussi l'utilisation d'électricité qui peut-être plus ou moins carbonée selon les pays en question. Le graphique montre les émissions de GES pour réaliser 1 km pour un passager, associées à chaque pays étant recensés sur la base carbone ADEME ou sur le site Ecopassenger (dans ce cas, il faut voir la valeur en ordre de grandeur).

On constate que du fait d'une électricité carbonée, faire 1km en train est bien plus émetteur de GES dans certains pays que dans d'autres. Cependant, quelque soit le pays, les émissions par passager.km restent moindres que par avion.

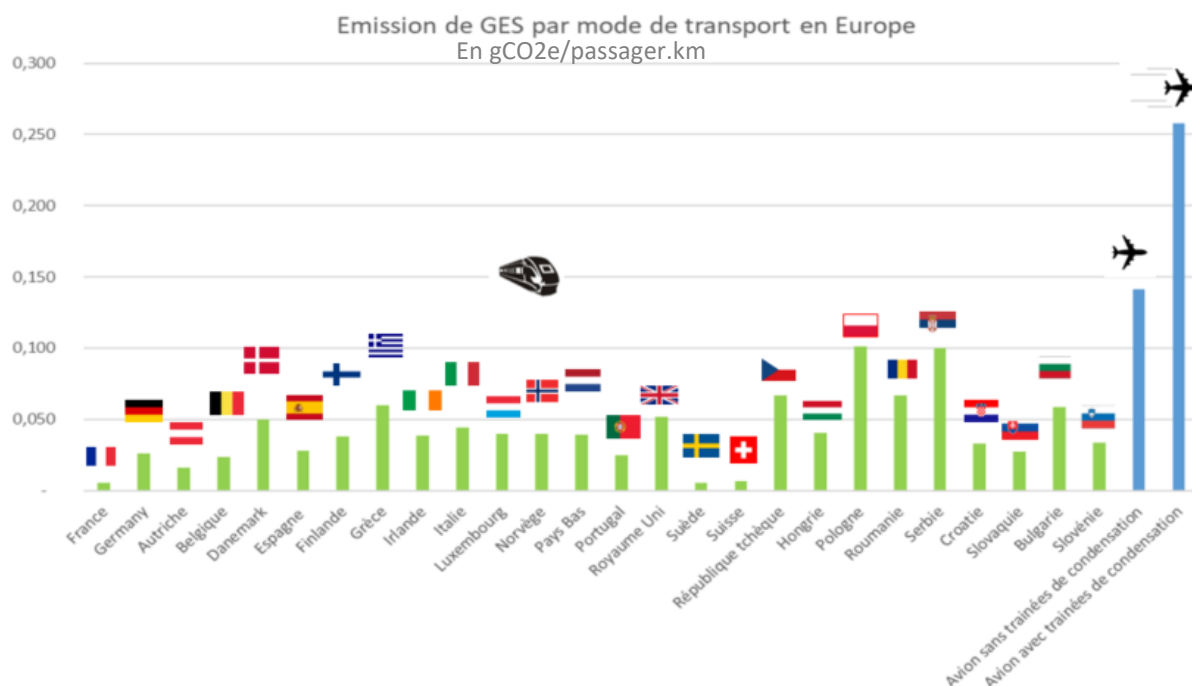
En revanche, les avions font des trajets directs, sans détours alors que pour aller par exemple à Berlin, il faut faire Lille-Bruxelles-Cologne-Berlin, ce qui engendre, en 2021, quelques détours et donc plus de kilomètres parcourus. Pour autant, les résultats sont nettement en faveur du train comme vous pouvez le voir sur le deuxième graphique.

Les résultats ci-dessous ne concernent que la consommation d'énergie de la phase d'utilisation (n'est pas pris en compte la fabrication des trains ou avion mais les valeurs restent très faibles en comparaison de la phase d'utilisation comme vu à la partie « mobilité longue distance »). En revanche, les émissions liées à la consommation de pétrole des bus pour faire les navettes jusqu'à

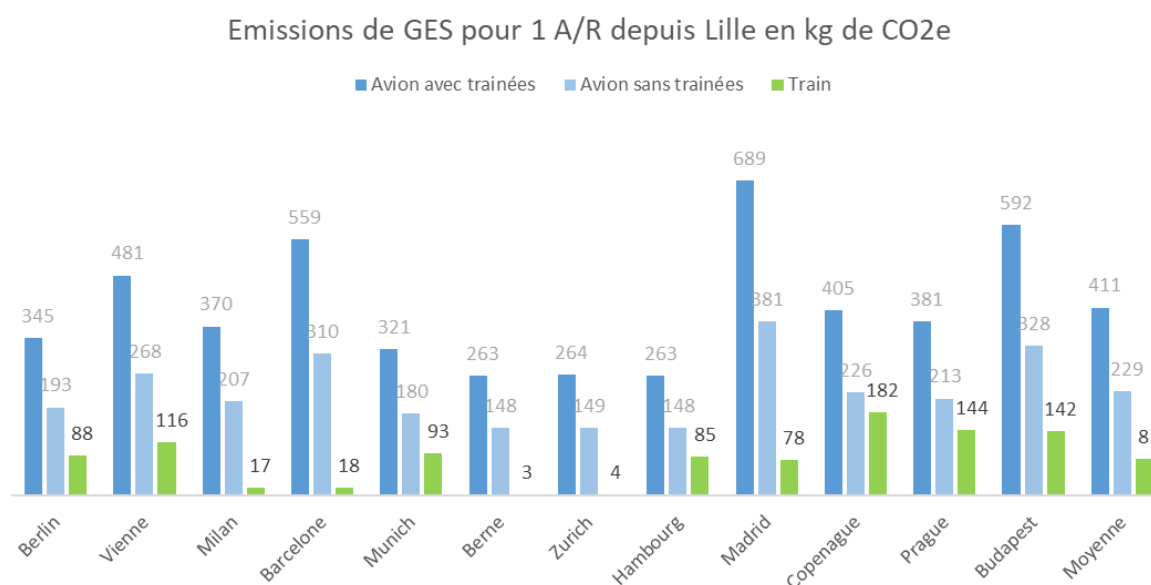
l'aéroport de Bruxelles sont comptées sur le 2^{ème} graphique (même valeur pour chaque ville par soucis de simplification). En effet, toutes les destinations n'étant pas desservies depuis Lesquin, nous considérons que tous les trajets partent de Bruxelles, ce qui ajoute quelques émissions de GES du transport en bus.

On constate qu'en moyenne, les émissions pour voyager vers les pays frontaliers ou proche, est selon que l'on considère l'impact des trainées de condensation des avions entre 3 et 5 fois moins émetteurs de GES en train.

Graphiques



Source : base carbone ADEME ou Ecopassenger si les destinations n'étaient pas recensées sur la base ADEME.



Source : calculs internes

Quel impact de la visio sur les émissions de GES ?

Explications

Depuis le confinement, nos pratiques en terme de travail à distance ont fait émergé une question : l'impact carbone de la visio est-il favorable ou non en terme d'émissions de GES ? Une étude de l'ADEME sortie en septembre 2020 tente de répondre à la question et résume cela par le fait que le gain est en moyenne de 271 kg CO₂e par an par jour de télétravail hebdomadaire et par télétravailleur. Cet impact peut être modulé à la baisse par la prise en compte des effets rebonds mais aussi à la hausse par la prise en compte du flex office.

Cette valeur est une valeur moyenne selon les pratiques de mobilité actuelles des français et pourrait être moindre pour l'université qui jouit d'une position urbaine permettant aux salariés devenir en transport en commun plus facilement. Il n'en reste pas moins intéressant et ce d'autant plus tant que la très grande majorité des personnes venant en voiture le font en voiture thermique.

Il existe plusieurs effets rebonds, nous nous focalisons sur 2 d'entre eux car étant à intégrer au bilan carbone de l'UCL selon nous, les autres étant de l'ordre de la vie privée comme le fait de pratiquer de nouvelles mobilités quotidiennes. Cependant, il faut avoir en tête qu'au niveau global, il faut se prémunir de ces effets rebonds.

Impact de la visio :

Une heure de visio = 60g de CO₂eq

Comparaison déplacements / visio uniquement sans les effets rebonds / en grammes de CO₂eq :

1h	3h	6h	Voiture 10km A/R	Voiture 30kmA/R
60	180	360	2180	6540

Impact des nouvelles consommations d'énergie au domicile des télétravailleurs.

L'ADEME considère dans son étude et en se basant elle-même sur d'autres études (dont certaines considèrent l'impact comme négligeable), que les émissions de GES supplémentaires sont évaluées à 20,7kgCO₂e par an, par jour de télétravail dans la semaine et par télétravailleur en moyenne. En effet, la plupart des études considèrent une consommation d'énergie qui augmente mécaniquement mais limitée du fait que :

- Chez certaines personnes le chauffage reste allumé toute la journée quelque soit la situation
- En télétravail et chez soi, les personnes adoptent une régulation plus responsable car la charge financière incombe au télétravailleur
- Une part significative des logements n'est pas en vide et est donc chauffée, éclairée... (enfants, proches, colocataires...)

Impact nouvelles consommations d'énergie comparé avec l'impact de la mobilité / en grammes de CO₂eq :

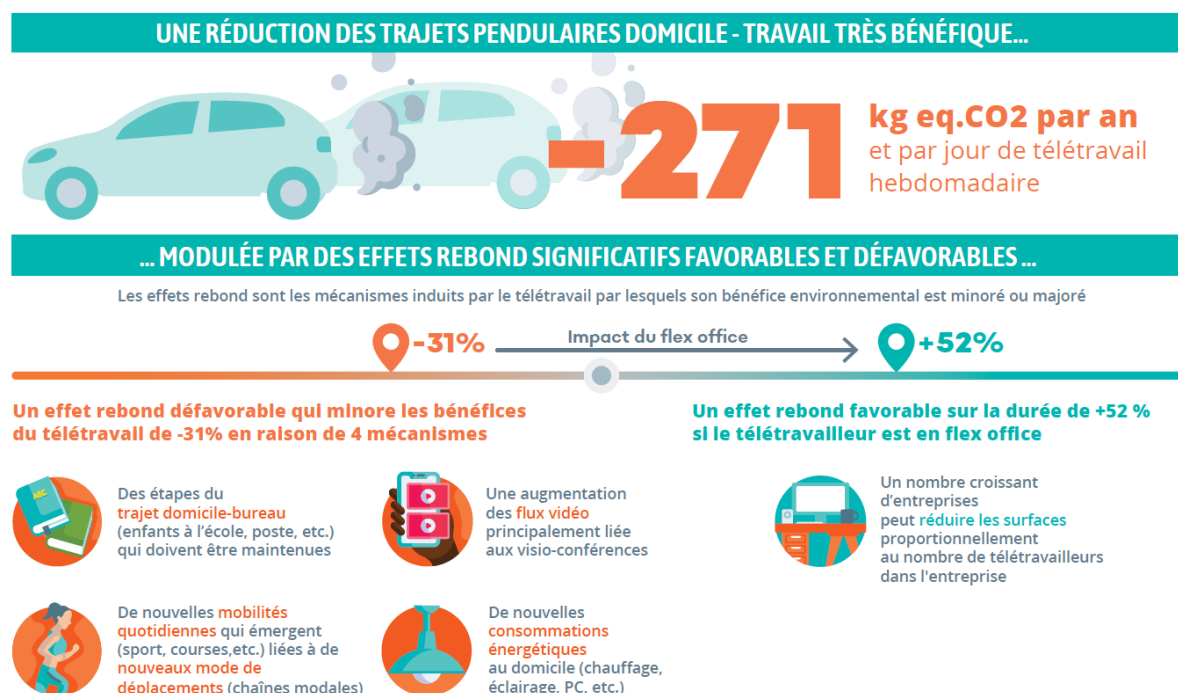
1 journée de télétravail – nouvelles consommations d'énergie	Voiture 10km A/R	Voiture 30kmA/R
470	2180	6540

Les 2 effets rebonds mentionnés ampute le bénéfice moyen de 8,6%, ce qui confirme le bénéfice global.

Visio avec ou sans caméra

Greenspector évalue les émissions de GES par visio audio avec caméra comme étant 2,6 fois plus émetteurs de GES que sans caméra.

Graphique



Rapport « caractérisation des effets rebonds induits par le télétravail » - ADEME

Plus flex (office) ?

L'étude de l'ADEME montre également qu'il n'existe pas que des effets rebonds qui pénalisent l'impact initial mais aussi un effet rebond qui l'amplifie : le flex office. En abaissant le taux d'occupation via le télétravail, il est possible et rentable de pratiquer le flex office (dépersonnalisation des bureaux), les employeurs considèrent cette solution comme très attractives en raison de l'optimisation des surfaces, réduction des coûts et d'impact positif d'un point de vue culturel et managériale (attractivité, image de modernité, agilité...) selon l'ADEME.

L'optimisation du taux d'occupation rend possible ensuite la diminution directe des surfaces de bureaux nécessaire et les consommations d'énergie associées.

Sans mise en place du flex office, l'ADEME évalue une légère baisse des consommations sur site du fait de l'absence ponctuelle des salariés, cela est évalué à 150 gCO2e pour une journée de télétravail et par personne. Avec un flex office organisé, elle évalue un gain allant jusqu'à 5300gCO2e pour une journée de télétravail et par personne.

ENERGIE

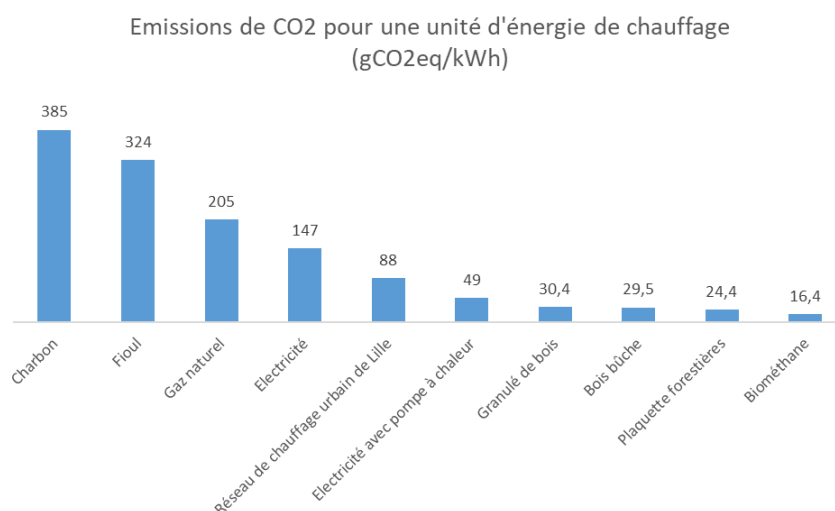


Ça chauffe pour le gaz et le fioul.

Explications

On constate ici que le réseau de chauffage urbain, la biomasse, le biométhane et le chauffage par pompe à chaleur sont les solutions les plus avantageuses en terme de fourniture de chaleur pour limiter les émissions de GES. Le réseau de chauffage urbain de par sa simplicité en terme de maintenance, le fait de ne pas être dépendre de renouvellement de matériels, et son coût qui est compétitif sur la durée en fait une des solutions à privilégier lorsque le réseau est proche. La valeur prise pour le réseau de chaleur urbain est celui de Lille, une fois le raccordement au CVE d'Halluin réalisé (courant 2022). Le chauffage au gaz, encore très présent dans les bâtiments, est de 2 à 7 fois plus émetteurs de GES que les autres solutions type réseau de chaleur urbain, pompe à chaleur et bois.

Graphique



Source : base Carbone ADEME, Résonor pour le réseau de chaleur urbain et Carbone 4 pour l'électricité, rapport « Chauffage électrique en France : une bonne idée pour le climat ? ».

L'électricité en France, carbonée ou décarbonée?

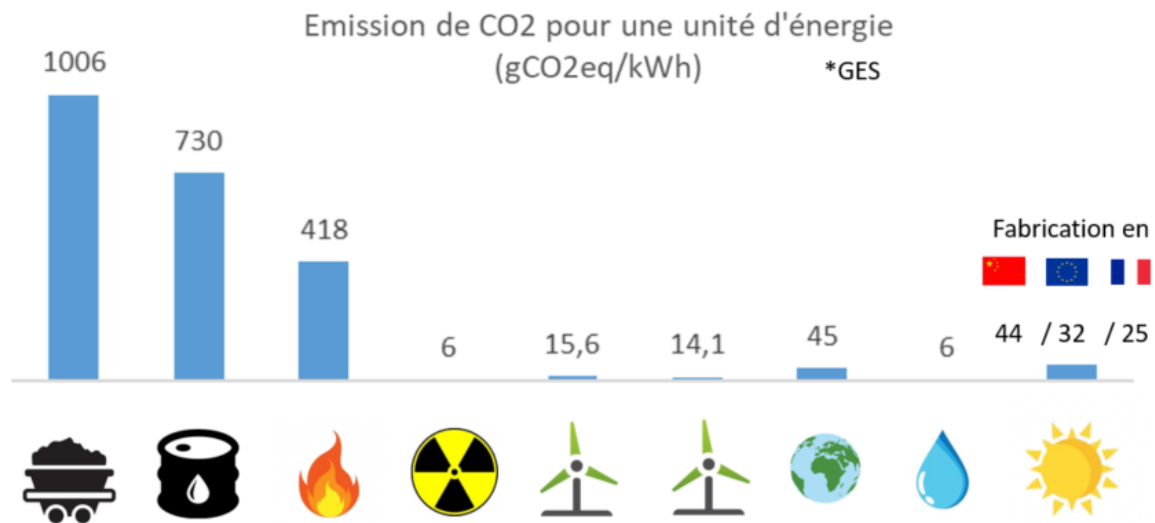
Explications

On constate à travers ce graphe, que l'électricité que consomme l'Université Catholique de Lille est déjà très faiblement carbonée et que même si les gains en valeur relative étaient encore conséquents, les gains en valeur absolue resteraient plutôt faibles. Cela est une spécificité française car la valeur est de 420gCO₂e/kWh en moyenne en Europe.

Les valeurs sont tirées de la base carbone ADEME (ils représentent donc une moyenne en France continentale) et varient donc des résultats que le GIEC peut donner par exemple et qui sont à l'échelle internationale. L'énergie nucléaire étant moins émettrice de GES en France (du fait

notamment de sa méthode d'enrichissement de l'uranium), le solaire et l'éolien ayant des valeurs différentes également car soumis à des conditions météorologiques différentes des autres pays.

Graphique



Source : base carbone ADEME

Coup de froid sur la climatisation

La climatisation a un impact très fort du fait de :

- Sa consommation d'électricité
- L'utilisation de fluides frigorigènes qui lorsqu'ils fuient sont relâchés dans l'atmosphère et sont très émetteurs de gaz à effet de serre. Ces fluides servent à transporter les calories d'une pièce pour les évacuer à l'extérieur à travers une machine frigorifique, le réseau n'étant jamais parfaitement étanche, des fuites ont lieu chaque année (entre 4 et 10% par an selon l'ADEME et selon le type de machine).

Par exemple, une climatisation à air de type « armoire » avec 10kg de fluide, possède un taux de fuite de 10% par an soit 1kg de fluides émis chaque année. Cependant ce kilo a un impact en terme de réchauffement climatique considérable :

$$1\text{kg de fluides (R410a)} = 1924\text{kg d'équivalent CO2} = 8800\text{km en voiture}$$

NUMERIQUE



Le numérique c'est dématérialisé donc ça ne pèse rien ?

Explications

L'empreinte carbone du numérique aujourd'hui c'est près de 4% des émissions mondiales de Gaz à Effet de Serre dans le monde (*The Shift project*), c'est donc autant que la moitié de tous les véhicules personnels en circulation dans le monde, ou autant que l'aérien et un peu plus que l'ensemble du transport maritime international. Du fait d'une électricité peu carbonée en France et donc que l'utilisation du numérique en France émet moins de GES, ce secteur représente environ 2% de l'empreinte carbone de la France, il pourrait attendre 7% des émissions nationales en 2040 si aucune politique publique de sobriété numérique n'était déployée (*rapport d'information Sénat – empreinte carbone du numérique en France – 2019*)

Le numérique est souvent vu comme dématérialisé mais s'appuie pourtant sur plusieurs types d'équipements matériels qui ont engendrés des émissions de GES pour leur fabrication, leur transport et leur utilisation.

Les émissions de GES sont donc liées à la fabrication des équipements en question et également à l'électricité utilisée par ces équipements. On en vient au résultat du graphique qui présente les émissions de GES et la consommation d'énergie selon ces 3 postes.

On constate que la phase d'utilisation en France en ce qui concerne les émissions de GES est faible du fait d'une électricité peu carbonée. En revanche, la phase de fabrication est très importante car la plupart de ces objets sont fabriqués dans d'autres pays dans lesquels l'électricité est plus carbonée. Ainsi, on constate que la réduction de l'empreinte carbone du numérique doit tout particulièrement porter sur la fabrication des terminaux qui constituent 70% de l'empreinte carbone du numérique en France.

Graphiques



Data center



Réseaux

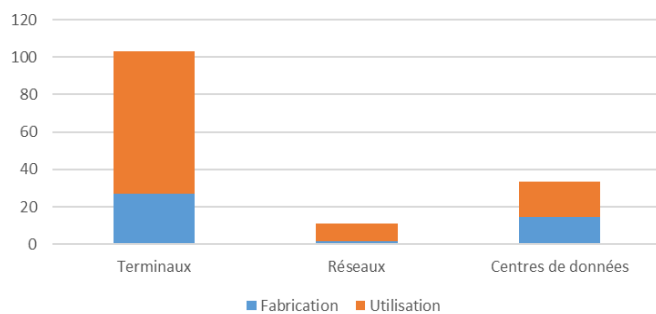
Box particuliers + entreprises
IP / PABX
Point d'accès Wi-Fi
Équipements actifs réseau (routeurs)
Core network



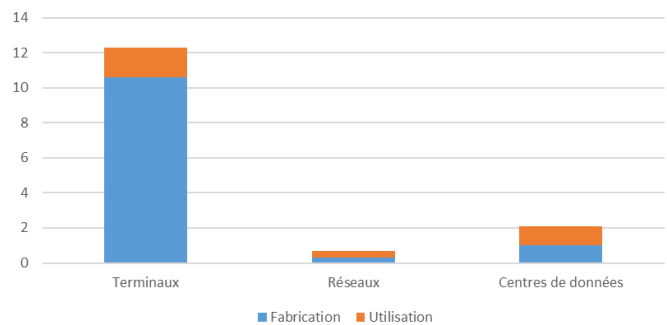
Équipements utilisateurs

Smartphones / Téléphones mobiles
Téléphones filaires et DECT
Tablettes / Ordinateurs portables
Ordinateurs de bureau (UC)
Ecrans / TV / vidéo projecteurs
Boîtier TV (décodeur)
Console de jeu / Imprimantes
Objets connectés

Consommation d'énergie primaire de chaque poste du numérique en 2019 (en TWh)



Emissions de GES de chaque poste du numérique en 2019 (en MtCO2eq)



Graphes tirés du rapport d'information Sénat – empreinte carbone du numérique en France – 2019.

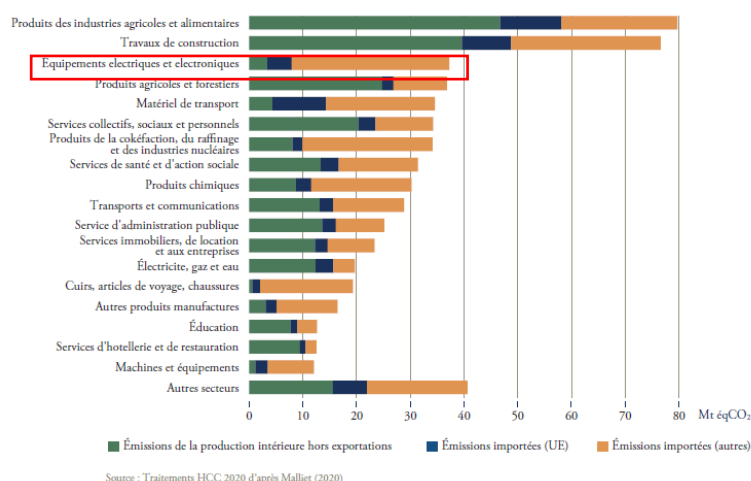
Nos équipements sont importés de pays fortement émetteurs de GES

Explications

Le fait que l'empreinte carbone porte surtout sur les équipements qui sont en majorité importés se retrouvent dans les graphiques suivant du Haut Conseil pour le Climat.

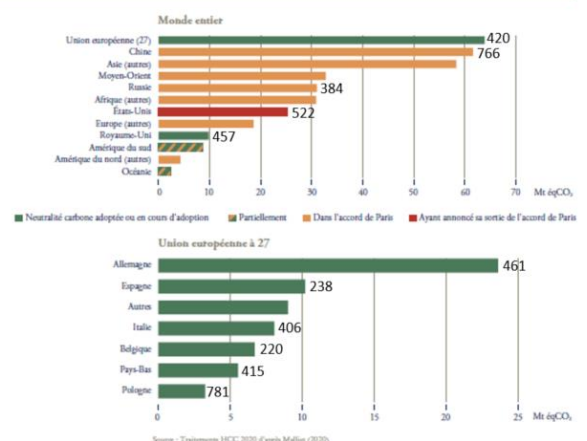
On se rend compte que les équipements électriques et électroniques sont très majoritairement importés et notamment de pays hors UE et donc de pays dont le mix électrique est fortement carboné (ex : USA/Chine). On voit en effet, que nos importations entraînent une délocalisation de nos émissions de GES dans des pays dont le mix électrique est d'ailleurs plus carboné, le graphe de droite montre ainsi les émissions de GES importés par pays (tous secteurs confondus) et le chiffre rajouté à droite montre l'impact carbone de la production d'une unité d'énergie électrique (gCO2e/kWh). Ils sont à comparer à celui de la France qui est de 57gCO2e/kWh.

Graphiques



Source : Traitements HCC 2020 d'après Mallet (2020)

Figure 9 – Localisation des émissions importées par région du monde et de l'Union européenne en 2011



Source : Traitements HCC 2020 d'après Mallet (2020)

Source : Haut Conseil pour le climat – rapport

« Maitriser l'empreinte carbone de la France ». Données rajoutées à la main via base Carbone Ademe.

Impact des réseaux

Explications

La consommation d'énergie et les émissions de GES associés au transport de data dans les réseaux informatiques varie fortement suivant le type de réseau utilisé. On constate qu'il vaut mieux privilégier la fibre optique ou le réseau cuivre plutôt que le 4G.

Graphique

Consommation électrique et impact carbone des différentes technologies de connexion à internet *

Type	Technologie	Consommation électrique par utilisateur par an (en kWh)	Impact carbone par utilisateur par an (en kgCO ₂ e) **		
			Consommation électrique	Infrastructure	Total
Filaire	ADSL	19	1,7	1	2,7
	Câble	16	1,4	1	2,4
	Fibre	5	0,5	1	1,5
Mobile	4G	50	4,5	0,3	4,8
	5G	7 < 35	0,6 < 3,2	0,3	0,9 < 3,5

* Données basées sur le troisième trimestre 2019. Les consommations 4G sont en très forte hausse (près de 50 % entre 2018 et 2019).

** Sur la base d'un facteur d'émissions de l'électricité en France de 90 gCO₂/kWh ¹¹.

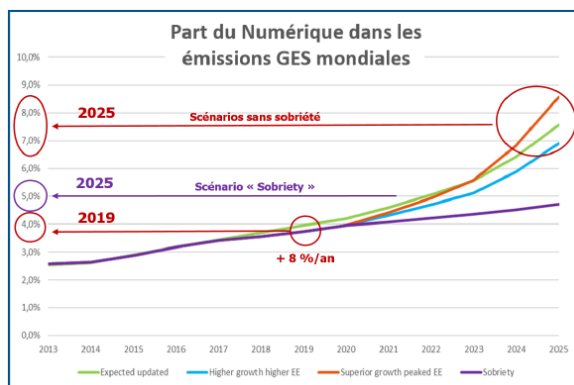
Source : objectif carbone – note numérique

Maitriser l'évolution de l'empreinte du numérique

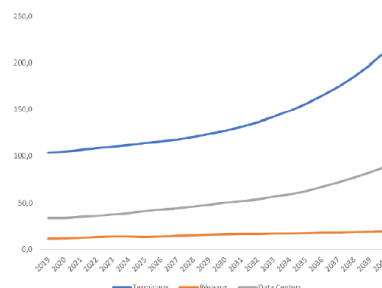
Explications

Les projections amènent à penser que l'impact du numérique va croître et prendre plus de part dans le bilan des émissions de GES. Le Shift Project estime ainsi à l'échelle mondiale, que sans scénario de sobriété, le numérique pourrait représenter 8% des émissions mondiales contre 4% aujourd'hui. La croissance projetée en France par une étude commandée par le sénat est également très conséquente et exponentielle.

Graphiques



Rapport « déployer la sobriété numérique » The Shift Project



Émissions de GES du numérique en scénario central, en tCO₂eq, par type de sous-ensemble : à politiques publiques constantes, les émissions de gaz à effet de serre du numérique devraient croître de 60 % d'ici 2040. Cette hausse serait portée principalement par les terminaux, et dans une moindre mesure, par les centres informatiques

Rapport d'information Sénat

Fabrication des équipements

Explications

Le graphique ci-dessous nous montre l'impact carbone des différents équipements électriques et électroniques en France.

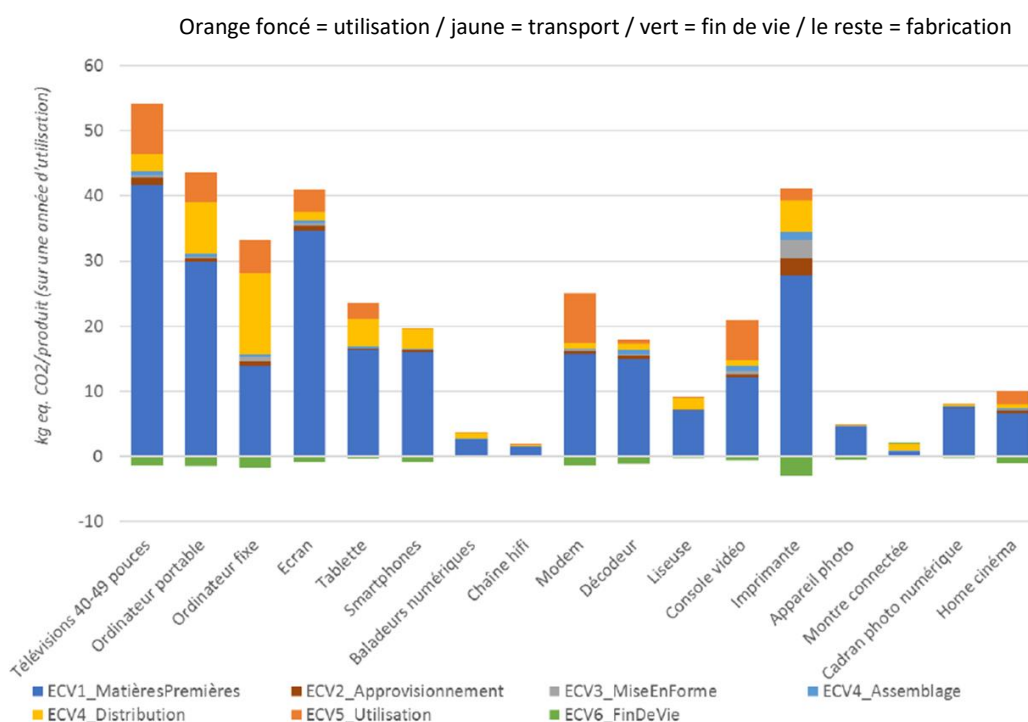
On constate que c'est avant tout la phase d'extraction des matières qui est la plus émettrice, la quantité de matière déplacées et utilisées correspond à 50 à 350 fois la masse mise en œuvre pour les appareils finaux. Les phases d'utilisation et de distribution sont les 2 autres phases significatives.

La phase d'utilisation est notamment importante pour les produits à forte consommation électrique et/ou à longue durée de vie. La phase de distribution ressort principalement pour les produits transportés par avion (smartphones et tablettes notamment).

Globalement, il faut retenir que l'impact de ces équipements est en écrasante majorité dû à leur fabrication, bien plus qu'à leur utilisation (consommation d'énergie en phase d'utilisation).

On observe des variations de résultats pouvant être importantes (jusqu'à 300%) pour une même catégorie de produit du fait des caractéristiques techniques, et notamment de la taille de l'écran ou de la puissance de calcul.

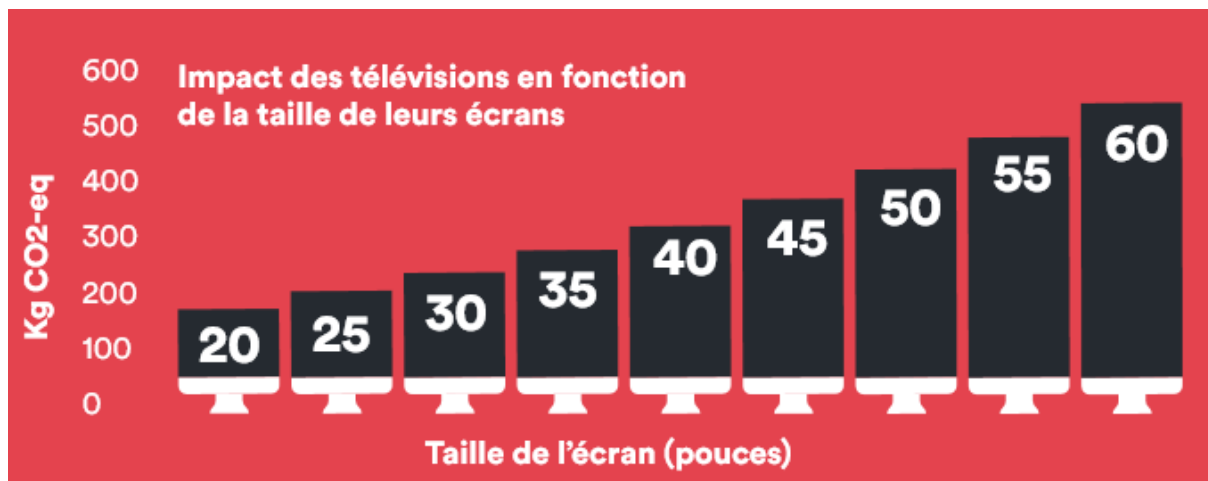
Graphiques



Modélisation et évaluation des impacts environnementaux de produits de consommation et biens d'équipement – Ademe – septembre 2018

Une tendance à des écrans toujours plus grands.

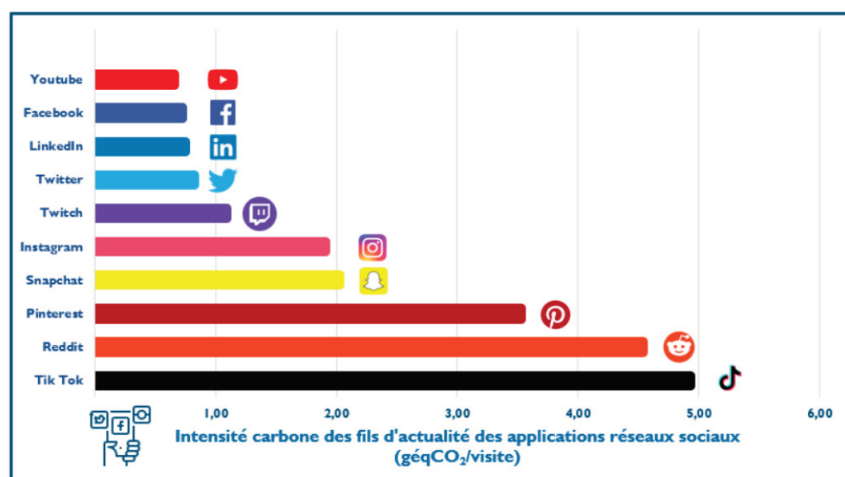
Cette tendance entraîne des émissions de GES supplémentaires, d'autant que l'impact relatif de la taille de l'écran sur l'ensemble du produit (uniquement pour la production) est de 60% pour la télévision, 35% pour les smartphone et 30% pour les ordinateurs portables.



Infographie selon les données de la base carbone ADEME

Impact carbone des réseaux sociaux

Graphique



Impact carbone des réseaux sociaux. Source : Greenspector ⁶⁸.

Achats

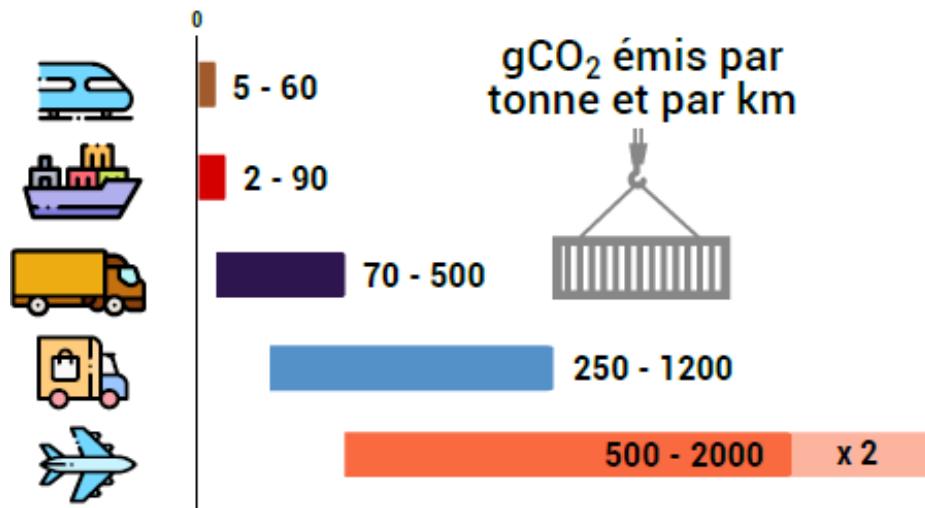


Poids-lourds dans le bilan du trafic de marchandises

Explications

Les données ci-dessus indiquent les émissions de CO₂ pour 1tonne de marchandise transportée sur 1km. Elles sont une moyenne mondiale, ainsi, le train en France sera plus proche de la fourchette basse du fait de son mix peu carboné. Le « X2 » pour l'avion correspond à la prise en compte ou non des trainées de condensation qui comme évoqué plus haut, représentent un impact réel mais encore non pris en compte officiellement faute de consensus sur la manière de le calculer.

Graphique



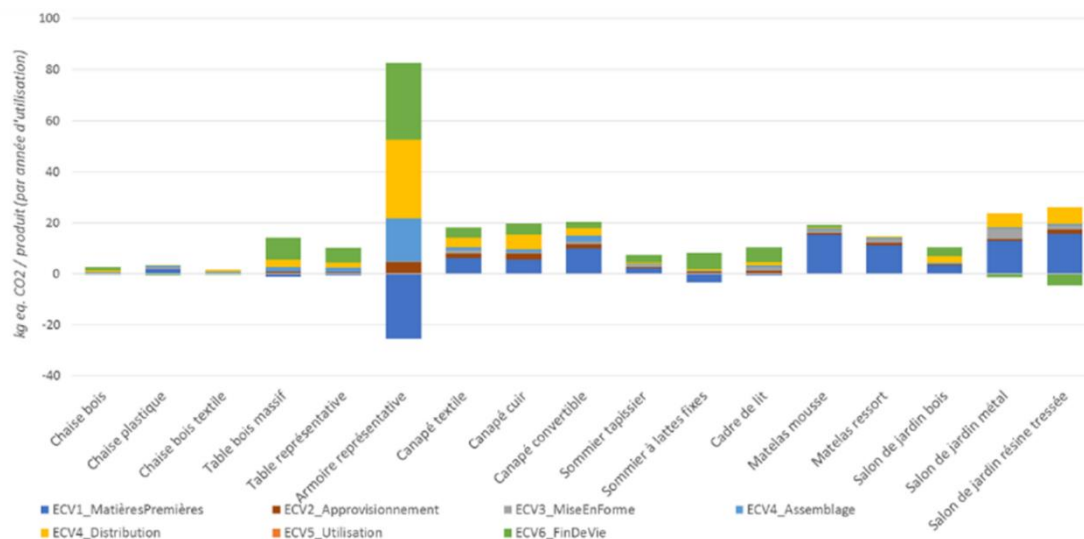
Données pour le monde, GIEC, AR5 (2014), WG3 Chapter 8

Le mobilier : on s'assoit sur combien de CO₂ ?

Explications

On constate pour le mobilier que les émissions de CO₂ peuvent être significatives, elles ont lieu notamment pendant la phase d'extraction des matières premières, de distribution (transport) et de fin de vie. Les données sont tirées de la base carbone ADEME, la donnée pour l'armoire est à regarder avec recul car est calculée pour une armoire de 300kg ce qui n'est probablement pas représentative des armoires de l'UCL.

Graphique



Source : ADEME

Le recyclage, c'est (pas encore) formidable.

Explications

Aujourd'hui l'argument du recyclage est souvent mis en avant mais il faut différencier « recyclable » de « recyclé », aujourd'hui le recyclage se heurte à de nombreuses limites :

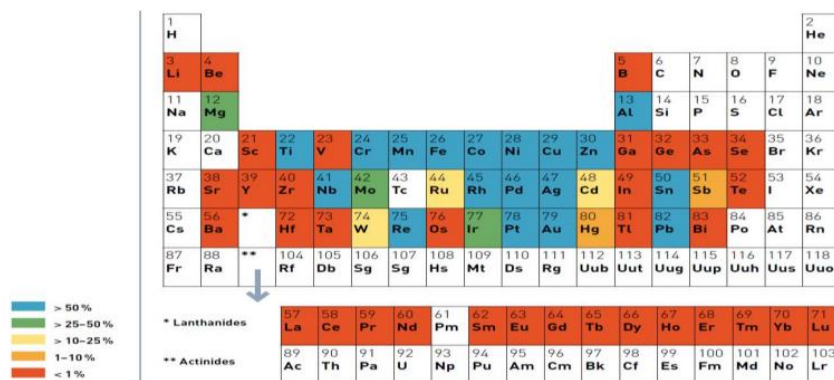
- Perte au feu
- Usages dispersifs comme dans les cosmétiques qui ne peuvent être récupérés ensuite
- Alliages de matériaux qui rendent leur séparation complexe et énergivore
- Problème de tri à la source
- Certains matériaux coûtent moins cher à extraire qu'à recycler.

Une étude de « circularity-gap world » indique que sur l'ensemble des 100 milliards de tonne de matériaux utilisés par l'humanité chaque année seul 8% est dans une boucle d'économie circulaire.

Pour les métaux, le taux de recyclage varie énormément et moins de la moitié des métaux dépasse les 50% de taux de recyclage.

Graphique

Figure 8 – Taux de recyclage de métaux issus de produits en fin de vie



Source : UNEP, « Recycling Rates of Metal. A Status Report », 2011

Pour certains, le taux d'usage dispersif est tellement grand qu'ils sont difficilement recyclables.

Métal	% usage dispersif (chimie hors catalyse)	Exemples d'applications
Cadmium	20 %	Pigments (plastique, verre, céramique), stabilisant (plastique)...
Chrome	~ 10 %	Pigments, tannage des cuirs...
Cobalt	17 %	Pigments, pneus, colles, savons, siccatifs...
Etain	14 %	Stabilisant (PVC), peintures anti-algues, préservation (bois)...
Manganèse	10 %	Piles, additif (céramique), pharmacie, purification (eau)...
Molybdène	~ 30 %	Pigments, lubrifiants...
Plomb	12 %	Additif (verre/cristal, céramique), stabilisant (PVC), pigments...
Titane	95 %	Pigments, cosmétiques, dentifrices...
Zinc	6 %	Pigments, pneus, cosmétiques, pharmacie...

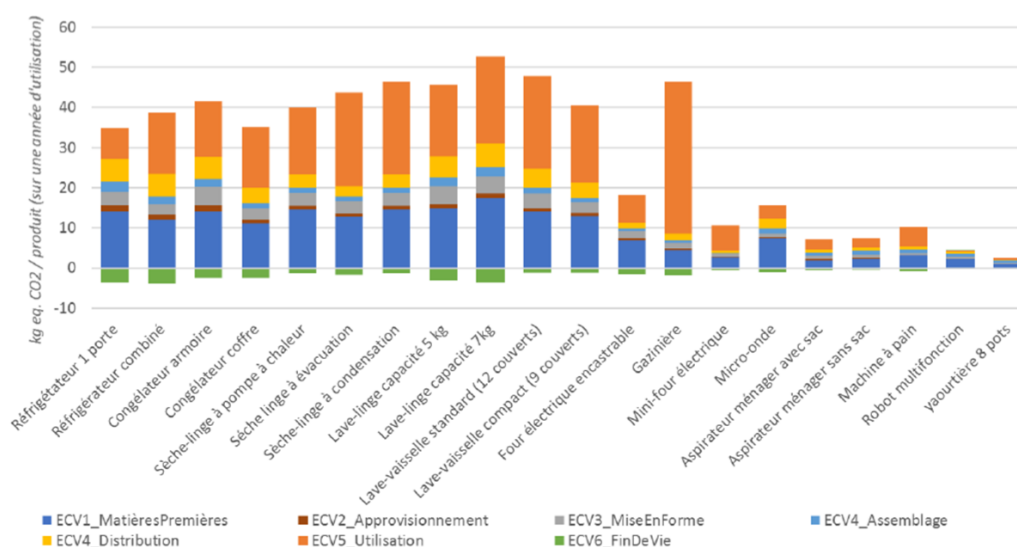
Source:
L'âge des low tech
Philippe Bihoux

Equipements faiblement électroniques

Explications

Concernant les équipements à faible composante électronique, on remarque qu'ils ont un poids carbone conséquent et du même ordre que celui à forte composante électronique. En revanche, les émissions sont ici majoritairement dues à la consommation d'énergie pour les utiliser. Choisir des équipements avec une faible consommation d'énergie est donc ici le plus important.

Graphique



Source : ADEME

Bâtiment



Parlons de la construction

Explications

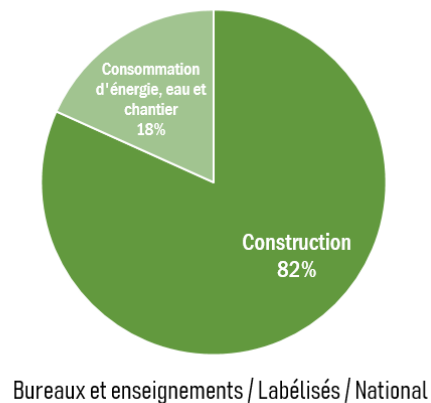
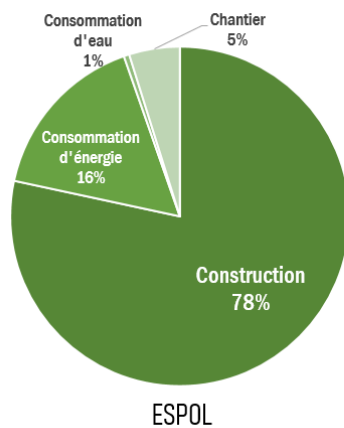
Les émissions de GES d'un bâtiment sont liées à sa construction (matériaux, équipements, transports, chantier...) mais aussi à ses consommations d'énergie (niveau de consommation et type d'énergie utilisée). On constate que les émissions sur 50 ans de la phase de construction d'un bâtiment récent et bien isolé sont bien plus importantes que les émissions de GES liées à la consommation d'énergie sur ces même 50 ans.

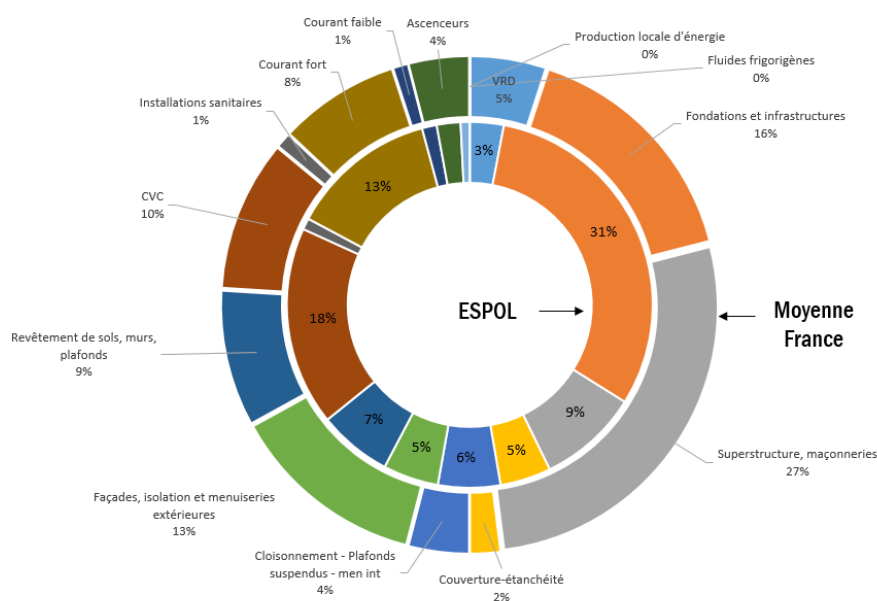
Le 2^{ème} graphe montre le résultat pour le bâtiment neuf ESPOL et la couronne extérieure la moyenne des bâtiments (tous secteurs confondus) qui ont obtenu un label environnemental (E+/C-). Plus des trois quarts des émissions sont liées à la phase de construction.

Vous constaterez à travers ce graphe que les postes les plus importants sont ceux des fondations, infrastructures, superstructures, façades, revêtement de sols, CVC (chauffage-ventilation-climatisation) et CFO/CFA (courant fort-courant faible). Le bâtiment ESPOL ayant un poste bien plus faible sur la superstructure du fait d'une superstructure mixte bois- béton.

⇒ En réhabilitation, les postes orange et gris sont très largement réduits, une réhabilitation peut donc théoriquement faire baisser l'impact d'un bâtiment de 40% environ par rapport à un ouvrage neuf (voir partie « réhabilitation vs neuf » plus bas).

Graphiques





Source : ACV réalisé pour le bâtiment ESPOL.

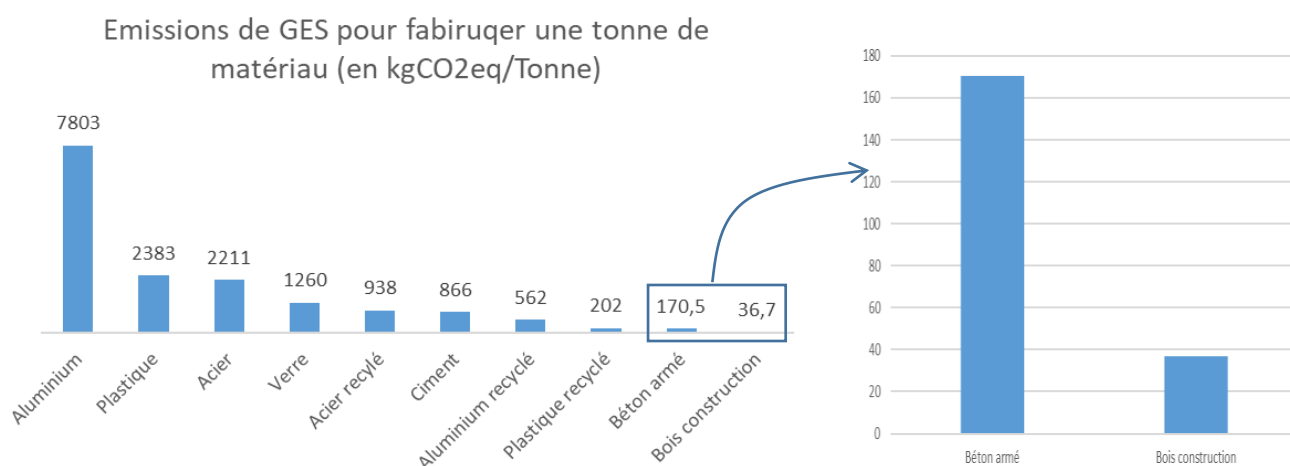
Les matériaux ?

Explications

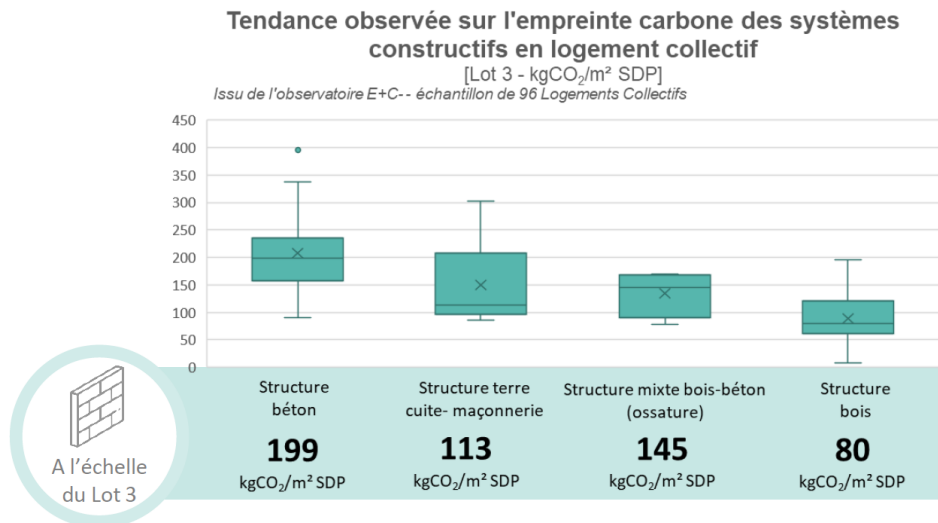
Les graphes ci-dessus montrent les émissions de GES pour fabriquer une tonne de divers matériaux. On constate que les matériaux métalliques et plastiques du moins non recyclés sont les plus impactants. Ils peuvent être mis en œuvre dans des bâtiments (bien qu'assez peu de bâtiment soient en structure métallique) tout comme le béton et le bois de construction. Ces 2 derniers matériaux semblent avoir un impact faible en comparaison mais c'est du fait que la comparaison se fait à tonnage équivalent, or dans le cas d'utilisation de métaux, les volumes et tonnage mis en jeu sont souvent moindres.

On constate déjà une différence conséquente entre la fabrication d'une tonne de bois et d'une tonne de béton. Le Graphique suivant montre la différence d'impact carbone d'un bâtiment en structure béton, structure bois ou mixte. On constate un gain potentiellement conséquent par le choix d'une structure bois, mixte ou en maçonnerie.

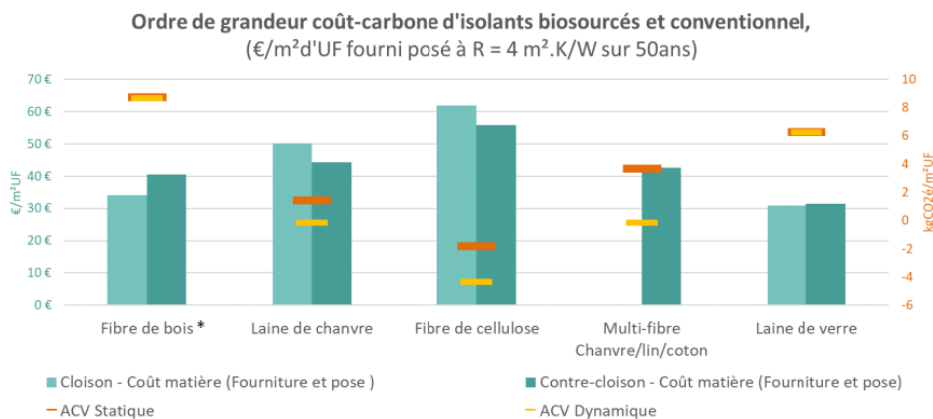
Graphiques



Source : base carbone ADEME



Source : Brief filière biosourcés - IFPEB



Source : Brief filière biosourcés - IFPEB

Le béton, résistant à l'épreuve du carbone?

Explications

Le béton est un matériau très employé pour la construction de bâtiment, il est pourtant très émetteur de GES. Il est en effet composé de divers matériaux dont le ciment qui constitue 11,6% de la composition massique mais 94% de l'empreinte carbone du béton, le ciment émettant des gaz à effet de serre pour deux raisons :

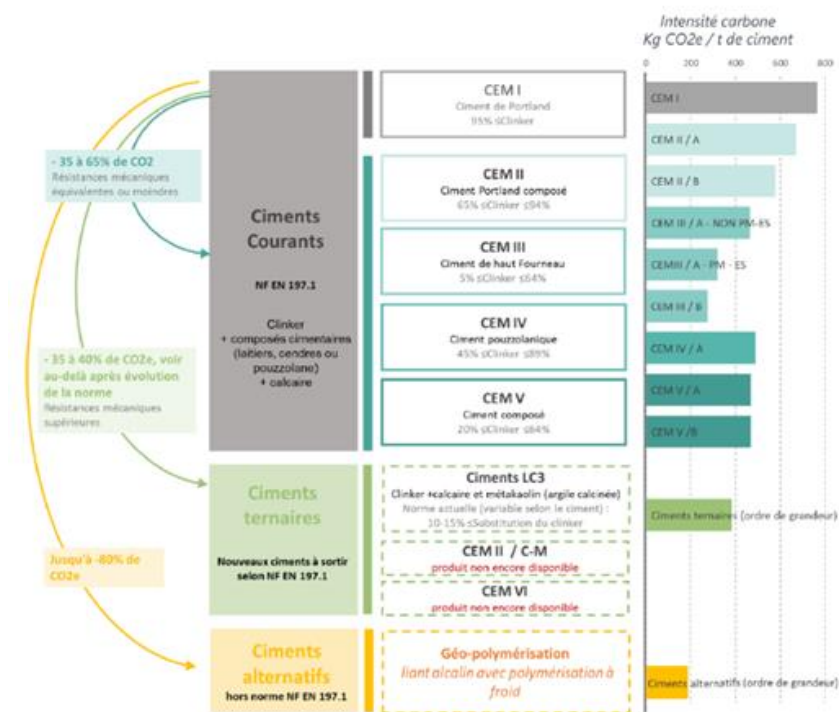
- La cuisson du calcaire à 1450°C via des combustibles fossiles ou de substitution : responsable d'environ 40% des émissions de GES ;
- La décarbonatation du calcaire lors de la cuisson : responsable d'environ 60% des émissions de GES. Le calcaire utilisé comme matière première CaCO₃ donne du ciment Cao mais rejette également CO₂. Ce CO₂ n'est pas récupéré aujourd'hui car les industriels n'ont pas d'intérêts à payer pour récupérer ce CO₂.

Le béton en construction est armé c'est-à-dire constitué de tiges métalliques qui lui apportent plus de résistance, cela ajoute du poids au bilan carbone du matériau.

Le poste fondation – infrastructure est donc le plus impactant du fait du béton, les réponses peuvent-être :

- Construire en bois
- Construire l'infrastructure en mixte bois – béton
- Construire en béton mais en optimisant les volumes mis en jeu
- Eventuellement, utiliser un béton bas carbone de type CEM III-B qui est moins émetteur de GES qu'un béton classique (il existe un débat sur les valeurs affichées ci-dessous, c'est la raison pour laquelle ce point est présenté en dernier, pour autant, le classement reste valable et un béton CEM III-B est meilleur qu'un béton CEM II)

Graphique



Cartographie des ciments et Intensités carbone (ordres de grandeur)

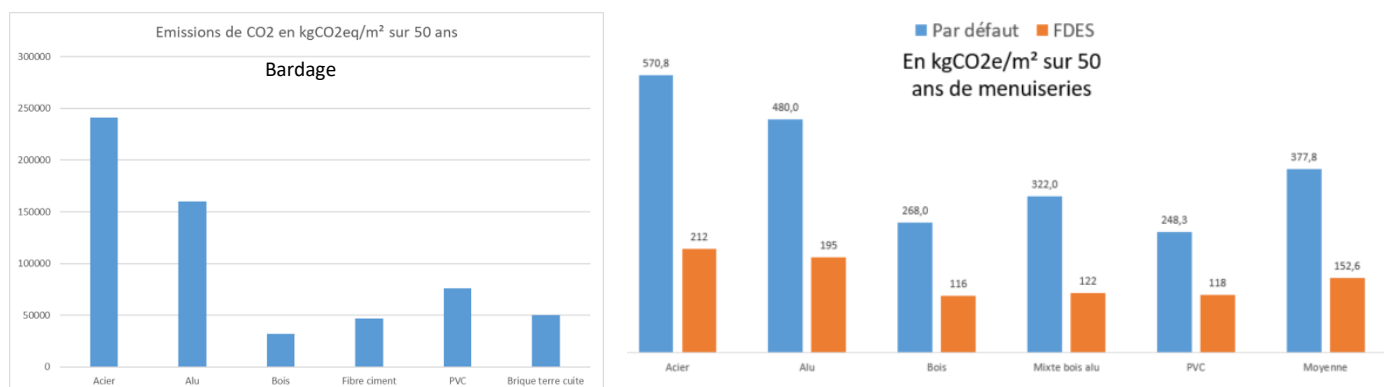
Source : IFPEB : Brief filière – béton – les messages clés

Autres matériaux de construction

Explications

Pour les façades, les bardages non métalliques sont moins impactant, cette logique vaut pour les menuiseries (à savoir qu'un triple vitrage n'est pas forcément intéressant du fait d'émissions supplémentaires pour sa fabrication qui dans certains cas n'est pas compensée par les émissions évitées, cela est donc à regarder au cas par cas).

Graphique



Source : traitement interne sur données de la Base INIES

Réhabilitation vs neuf

Explications

Nous avons réalisé les analyses en cycle de vie des bâtiments ESPOL (neuf) et Rizomm (réhabilitation) qui ont tous les 2 un niveau d'ambition sur la performance énergétique ambitieux et du même ordre, avec des installations techniques, rénovation de l'enveloppe similaire.

Cependant, le bâtiment du Rizomm semble émettre moins de GES pour sa phase de construction comme vous pouvez le voir sur les graphes ci-dessous qui donnent les émissions de GES sur 50 ans et par m².

En intégrant le photovoltaïque (non indiqué ici pour avoir un périmètre identique) et les consommations d'énergie durant 50 ans, l'écart reste du même ordre et montre que la réhabilitation apporte une économie de GES conséquente. Cela est d'autant plus vrai que le niveau d'émissions de GES de la construction du bâtiment ESPOL est remarquablement bas en comparaison d'autres bâtiments labellisés et non labellisés en France. Ce résultat est cohérent avec une estimation de l'IFPEB : institut français pour la performance énergétique du bâtiment qui évalue les gains à 300kgCO2e/m² du fait d'une réhabilitation de l'existant.

Graphique

Attention, pour ESPOL les données sont celles de la phase APD, les données ont pu évoluer.

Donnée en kgCO2e/m² sur 50 ans	PCE Rizomm	PCE ESPOL
Lot 1 : VRD	4	27
Lot 2 / 3 : fondation - structure	17	355
Lot 4 : couverture - étanchéité	13	40
Lot 5 : cloisonnements doublages plafonds suspendus, menuiseries intérieures	49	49
Lot 6 : façades - menuiseries extérieures	62	44
Lot 7 : revêtements de sols et murs - peintures	56	58
Lot 8 : CVC	157	157
Lot 9 : installations sanitaires	9	9
Lot 10 : CFO	116	116
Lot 11 : CFA	12	12
Lot 12 : appareils élévateurs	20	19
Total	514	885

Alimentation

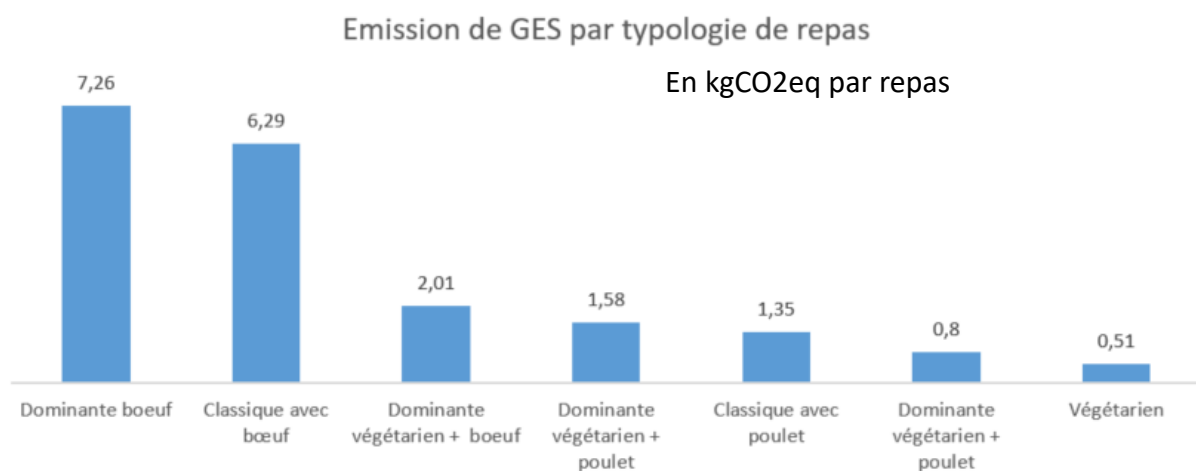


Combien de GES dans mon assiette ?

Explications

Le tableau ci-dessous indique le poids carbone d'un repas en fonction de sa dominante animale ou végétale. Vous pourrez constater que l'influence du bœuf est très forte, le poulet constituant un substitue bien moins carboné.

Graphique



Données tirées de la base carbone ADEME

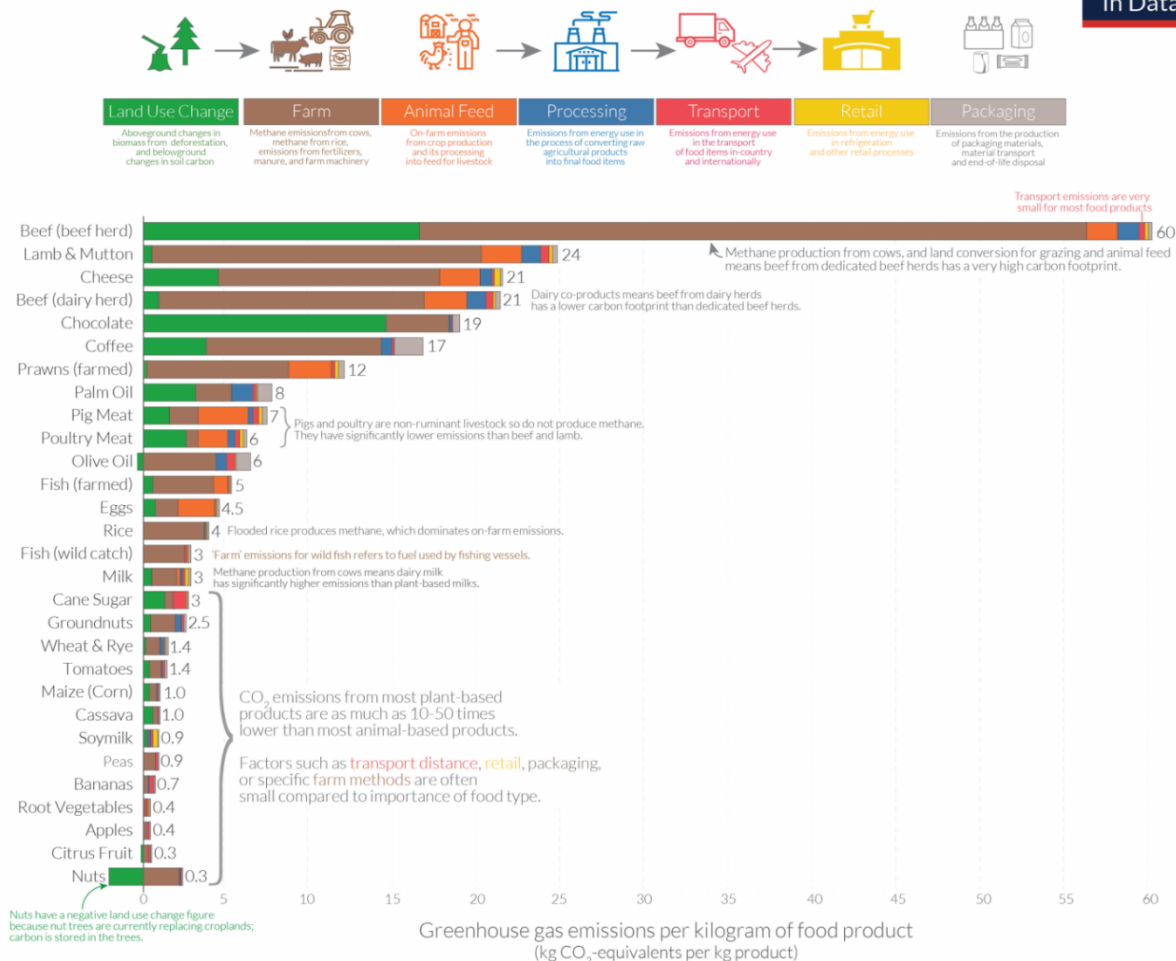
Type d'aliment et impact carbone

Explications

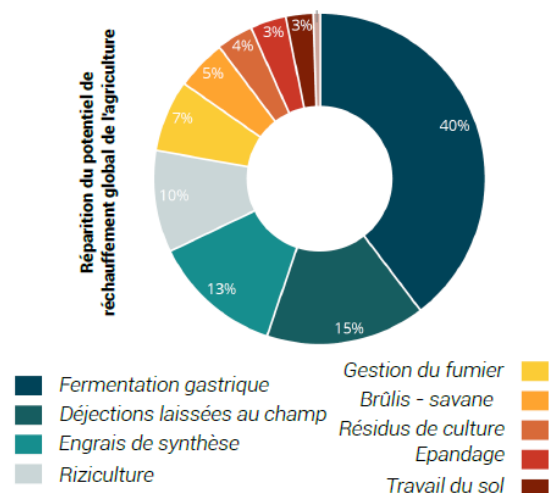
On constate à travers le graphe ci-dessous qui donne les valeurs à l'échelle **mondiale** que ce sont avant tout les phases de changement d'affectation des terres (déforestation pour permettre de cultiver, entraînant relargage de carbone accumulé précédemment) et d'émissions « à la ferme » : (émissions de méthane des vaches notamment, des rizières, engrais chimiques et machines agricoles comme indiqué sur le 3^{ème} graphique) qui sont les facteurs les plus influents du poids carbone des aliments. Le transport est très peu impactant en valeur absolue et en valeur relative (sauf pour les aliments qui ont un poids carbone déjà très faible ou pour les boissons).

On voit donc que les leviers portent surtout sur les pratiques agricoles (déforestation, travail du sol, engrais) et sur les émissions inévitables liées à certaines productions (méthane pour certains animaux et le riz) dont le levier est la sobriété. Le méthane étant un gaz 28 fois plus puissant que le CO₂.

Food: greenhouse gas emissions across the supply chain

Our World
in Data

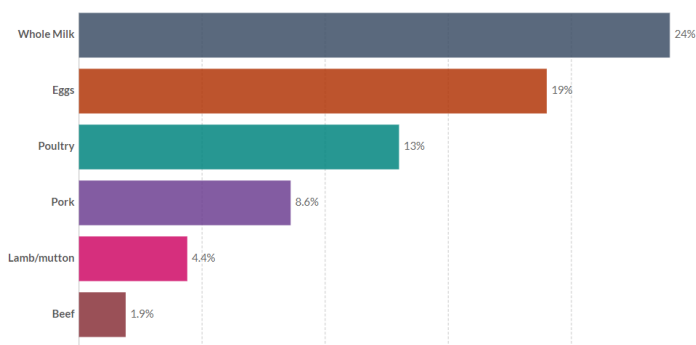
Répartition du potentiel de réchauffement global de l'agriculture



Efficacité énergétique de la production de viande et de produits laitiers

Our World
in Data

L'efficacité énergétique de la production de viande et de produits laitiers est définie comme le pourcentage des intrants énergétiques (caloriques) en tant qu'aliments effectivement convertis en produit animal. Une efficacité de 25% signifierait que 25% des calories des intrants alimentaires pour animaux seraient effectivement converties en produits d'origine animale; les 75% restants seraient perdus lors de la conversion.



Source: Alexander et al. (2016). Human appropriation of land for food: the role of diet. Global Environmental Change. OurWorldinData.org/meat-production • CC BY

Source : citoyens pour le climat

Combien de GES par protéines apportées ?

Explications

Le graphique ci-dessous confirme que les pratiques agricoles ont une influence forte puisqu'il décrit le poids carbone pour produire 100 grammes de protéines en fonction de différents aliments. La largeur d'une bande équivaut à la variabilité d'émissions suivant les pays / producteurs. La hauteur indique la représentativité pour chaque valeur d'émissions de GES et le point blanc la médiane. On voit que certains producteurs de bœuf peuvent proposer du bœuf moins « carboné » que certains producteurs de poulet mais globalement les médianes montrent les tendances et la grande majorité du bœuf produit émet plus de GES pour 100g de protéine fourni que du poulet, des œufs ou des légumineuses.

Les noix peuvent être considérées parfois comme absorbeur de CO₂ du fait que les noyers ont la capacité, par la photosynthèse, d'absorber du CO₂.

Graphique

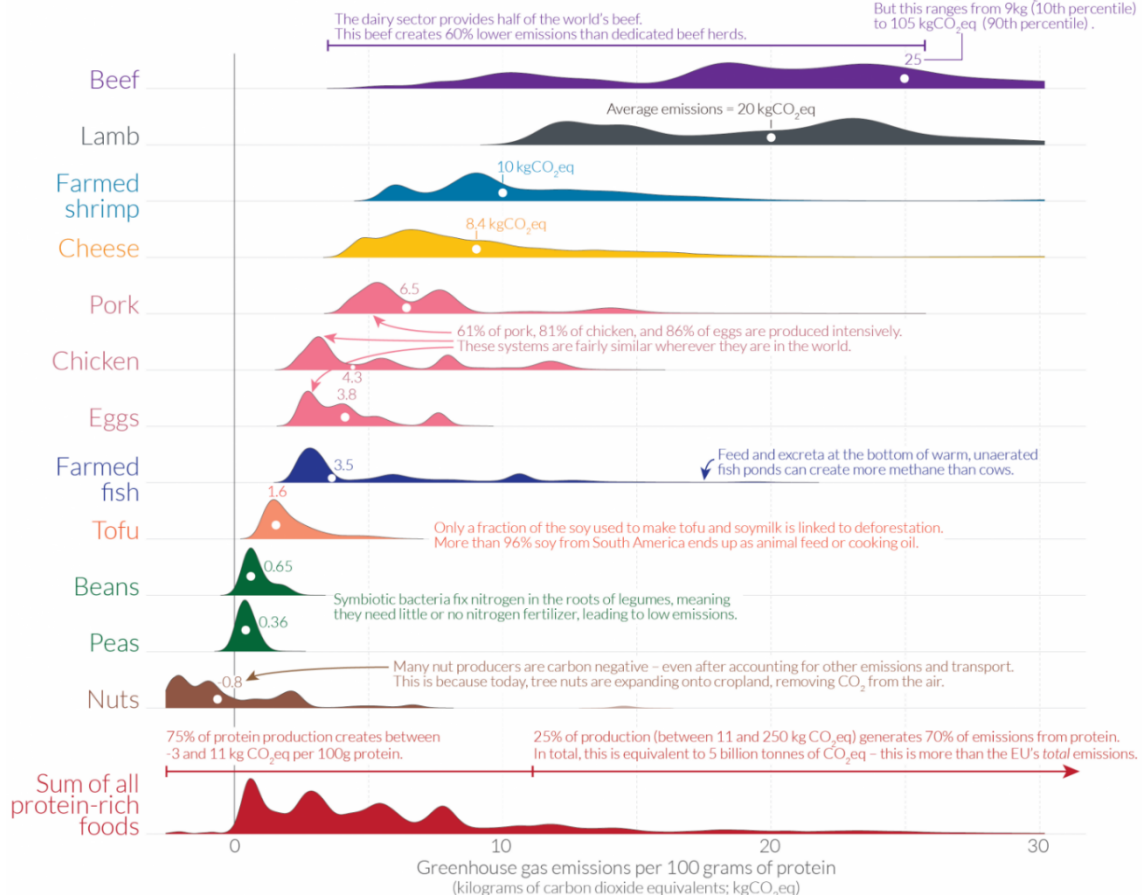
How does the carbon footprint of protein-rich foods compare?

Our World
in Data

Greenhouse gas emissions from protein-rich foods are shown per 100 grams of protein across a global sample of 38,700 commercially viable farms in 119 countries.

The height of the curve represents the amount of production globally with that specific footprint. The white dot marks the median greenhouse gas emissions for each food product.

Producing 100 grams of protein from beef emits 25 kilograms of CO₂eq, on average. But this ranges from 9kg (10th percentile) to 105 kgCO₂eq (90th percentile).



Note: Data refers to the greenhouse gas emissions of food products across a global sample of 38,700 commercially viable farms in 119 countries. Emissions are measured across the full supply-chain, from land use change through to the retailer and includes on-farm, processing, transport, packaging and retail emissions. Data source: Joseph Poore and Thomas Nemecek (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*. OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems. Licensed under CC-BY by the authors Joseph Poore & Hannah Ritchie.

Déforestation

Explications

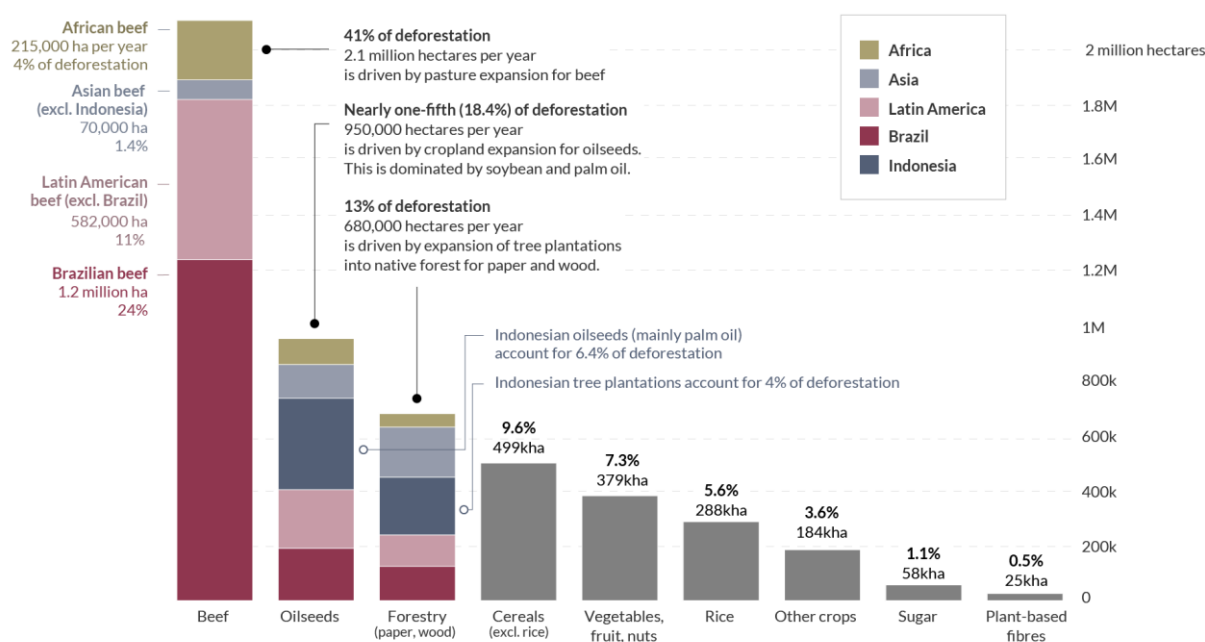
Le graphique montre les déterminants de la déforestation tropicale : ceux-ci sont majoritairement tirés par l'élevage de bovins, l'huile de palme et le papier/bois. La déforestation engendre de nombreux problèmes environnementaux, sociaux et économiques. D'un point de vue carbone, la déforestation empêche à la forêt de continuer à jouer son rôle de régulateur et de puits carbone mais aussi, dans le cas d'agriculture entraînant du labour, ceci participe à relarguer du CO₂ qui était stocké dans les sols.

Graphique

What are the drivers of tropical deforestation?

Our World in Data

Nearly all of global deforestation occurs in tropical and subtropical countries. 70% to 80% is driven by conversion of primary forest to agriculture or tree plantations. Shown is the breakdown of these drivers averaged over the years 2005 to 2013. Further observations since 2013 suggest that drivers have not changed substantially over this period.



Data source: Florence Pendrill et al. (2019). Deforestation displaced: trade in forest-risk commodities and the prospects for a global forest transition.

OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

Le gaspillage ... de Gaz à Effet de Serre

Explications

Les données ci-dessous montrent à quel point le gaspillage a un impact néfaste sur la société et qu'un de ces impacts est celui sur les émissions de GES puisque le gaspillage serait responsable de 8 à 10% des émissions totales de GES selon le GIEC à l'échelle mondiale, en plus de cela, le non gaspillage libérerait des terres permettant de stocker du carbone. Il faut en effet savoir que le carbone se stocke dans le bois des arbres mais aussi et surtout dans le sol (il y aurait 4 fois plus de carbone stocké dans les sols que dans la végétation), l'agriculture est responsable d'une partie importante de la déforestation (déstockage carbone de la végétation) et le labourage rejette le carbone stocké dans les sols.

Graphique



25-30% de la production alimentaire est perdue ou gaspillée



8-10% des émissions totales de GES = pertes et gaspillages alimentaires



Réduire ce gaspillage permettrait de libérer des terres aujourd'hui utilisées en agriculture (et stockant peu de carbone) en forêt (stockant beaucoup de carbone).

Effet Rebond

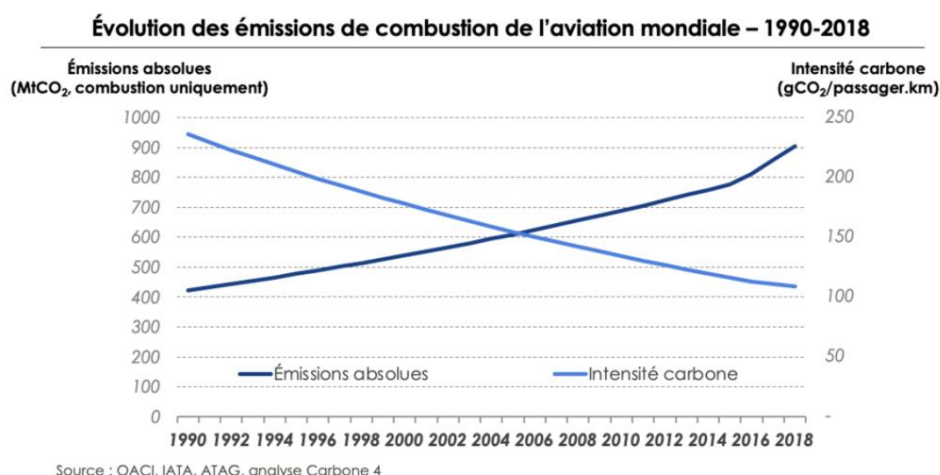


La technologie permet de réduire les émissions, oui, sauf...

... que très régulièrement l'effet rebond pénalise les gains d'efficacité énergétique. En 1865, l'économiste anglais William Stanley Jevons notait que l'augmentation de l'efficacité de l'utilisation du charbon tendait à augmenter la demande de charbon au lieu de la réduire. Une meilleure efficacité peut entraîner des impacts carbone plus forts car elle permet de consommer plus à un coût plus faible.

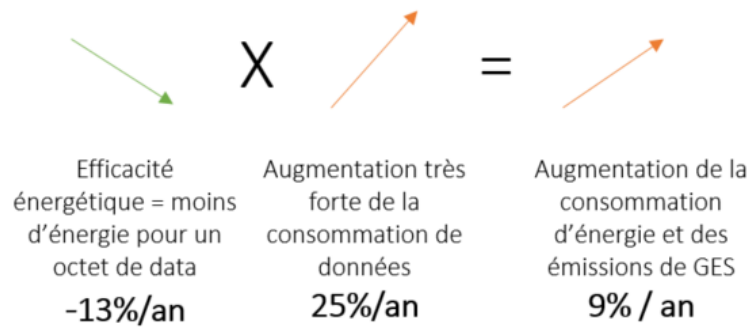
Exemple de l'Aérien

On voit que l'efficacité énergétique a permis de réduire les émissions de GES par passager et par kilomètre d'environ 240gCO₂e/passager.km en 1990 à près de 100 gCO₂e/passager.km en 2018 (sans impact des traînées de condensation). Pour autant, l'augmentation exponentielle du trafic fait que les émissions en valeurs absolues ont augmentées depuis 1990.

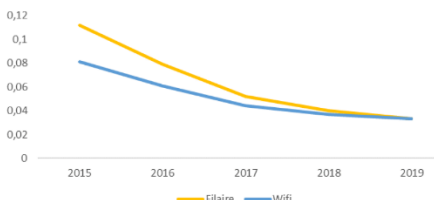


Numérique

Un autre exemple est celui du numérique, secteur dans lequel des progrès très importants ont eu lieu avec une augmentation de l'efficacité énergétique de chaque octet de data très forte qui a cependant été compensée par l'augmentation du volume de data échangé.



Selon rapport « Déployer la sobriété dans le numérique » - The Shift Project – échelle mondiale

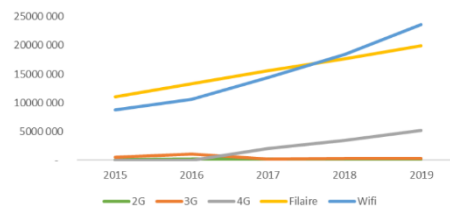


Graphique 6. Efficacité électrique (TWh/EB) des réseaux fixes, par type de réseau fixe, entre 2015 et 2019



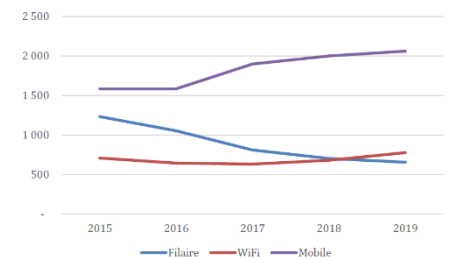
Graphique 5. Efficacité électrique (TWh/EB) des réseaux mobiles, par type de réseau mobile, entre 2015 et 2019

X



Graphique 7. Volumes de données échangées (Téraoctets), par type de réseau, entre 2015 et 2019

=



Graphique 8. Consommation d'électricité en fonctionnement des réseaux français par technologie (GWh)

Amélioration de l'efficacité énergétique des réseaux

Augmentation de la consommation de données

Consommation constante = annule les gains de consommations potentiels

Amélioration du débit

Graphes tirés du rapport d'information du Sénat – Empreinte carbone du numérique en France

Automobile

Pour le secteur de la voiture particulière, on constate que les gains d'efficacité énergétique de plus de 10% depuis 1990 ont été effacés par un taux de remplissage plus faible des véhicules et un trafic qui a augmenté de près de 40% dans le même temps. Cela a donc entraîné une hausse des émissions globales malgré les gains d'efficacité évoqués précédemment.

On voit par ailleurs sur le 2^{ème} graphique que les véhicules sont également plus lourds, plus grands et plus puissants, entraînant des consommations d'énergie supplémentaires.

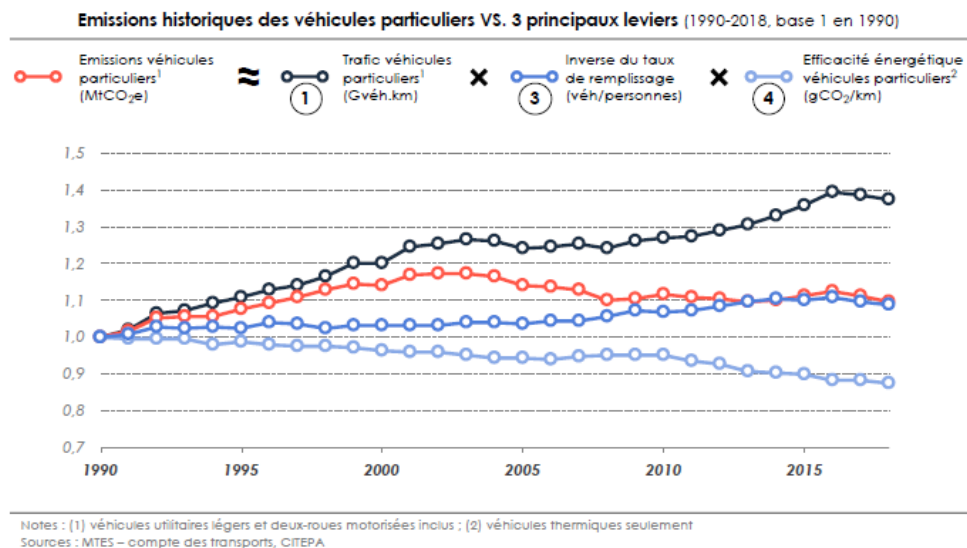
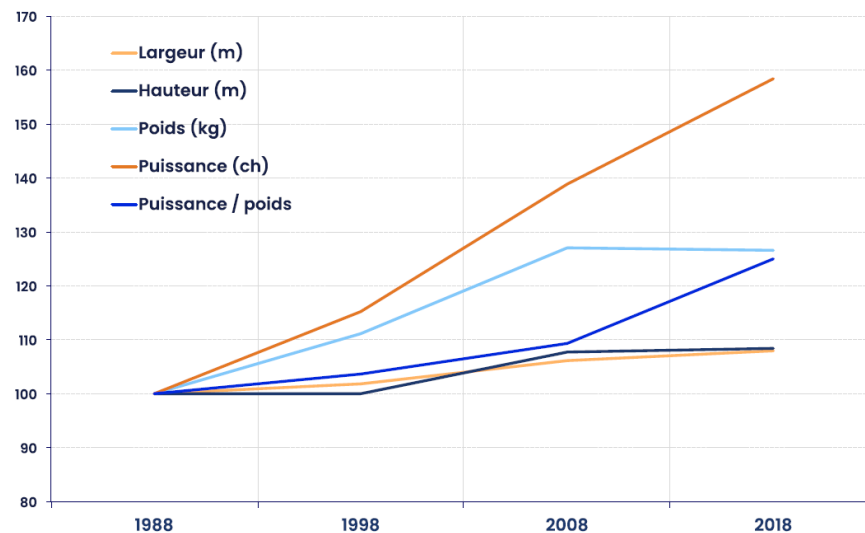


Figure 6 - Evolution des émissions directes des véhicules particuliers ainsi que des leviers sous-jacents



Source : Données L'Argus²¹

Figure 15 : Évolution des caractéristiques du véhicule neuf moyen vendu en France. Base 100 : 1988