

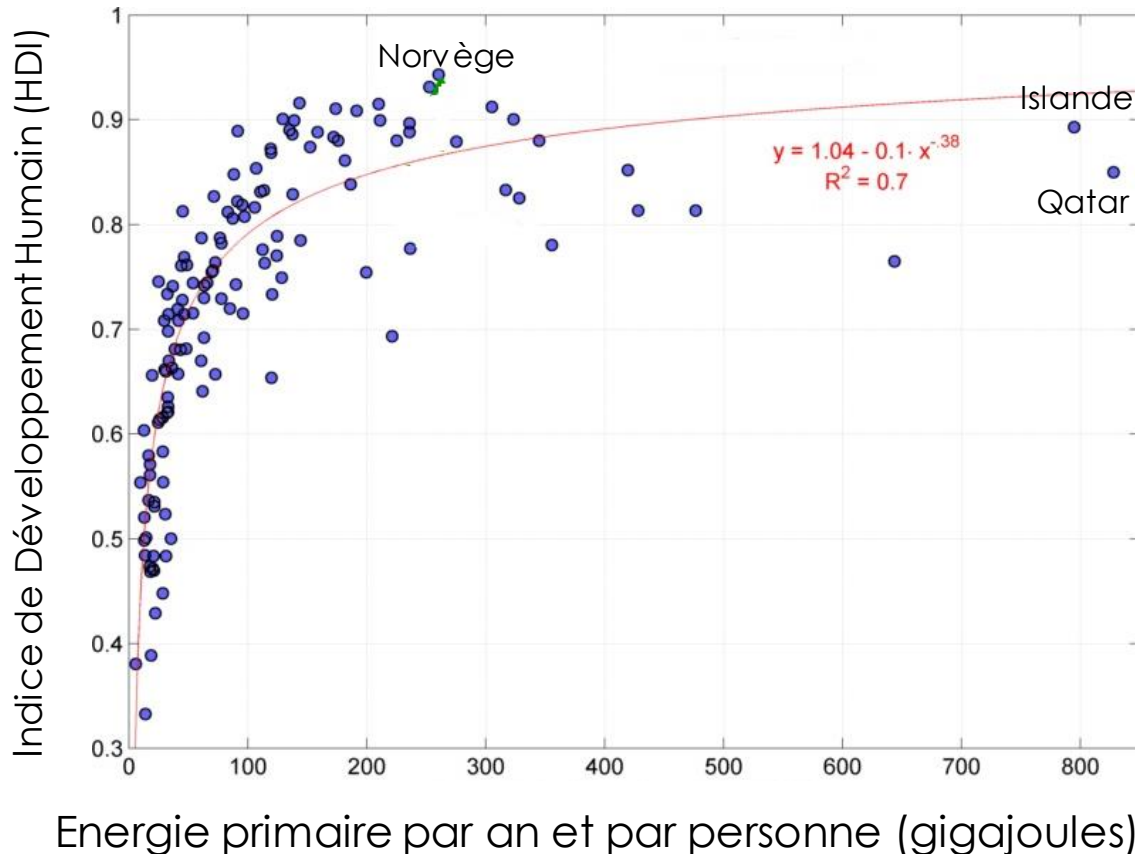
UE Energie – Climat - Société

Séance n°7

Les leviers d'action,
Les freins à la transition
[quelques éléments]

Energie et développement

Indice de Développement Humain et énergie primaire
(par personne et par an) pour différents pays en 2012



[Human Development Index](#) (HDI) des Nations Unies :

Combine des critères portant sur :

- L'économie (PIB)
- La santé (espérance de vie à la naissance)
- L'éducation (durée de scolarisation)

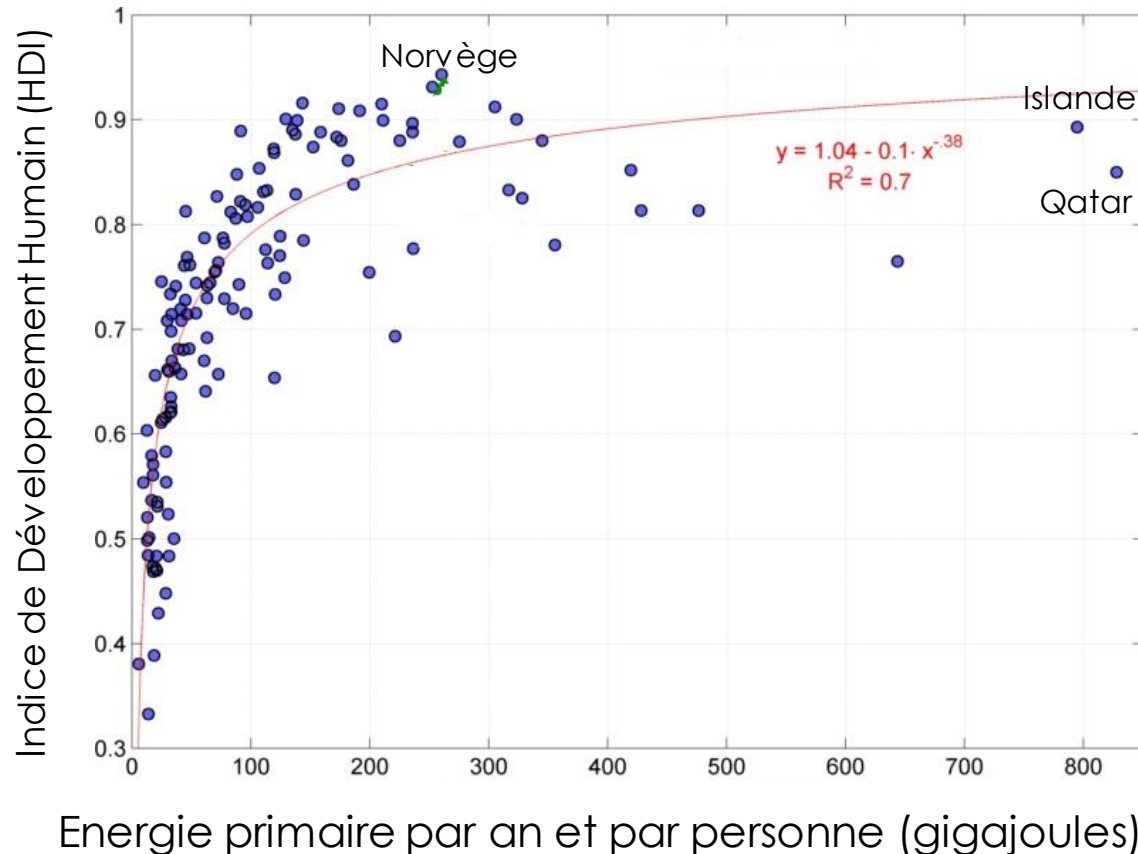
Indice composite dont la définition s'est enrichie progressivement (ex. : inégalités : IHDI).

Il prête nécessairement à discussion (il n'existe pas d'indicateur unique parfait).

N. B. : l'énergie primaire ne nous dit rien de l'efficacité avec laquelle on s'en sert, ni de la nécessité de l'usage

Energie et développement

Indice de Développement Humain et énergie primaire
(par personne et par an) pour différents pays en 2012



[Human Development Index](#) (HDI) des Nations Unies :

Combine des critères portant sur :

- L'économie (PIB)
- La santé (espérance de vie à la naissance)
- L'éducation (durée de scolarisation)

- ✓ Les premiers 100 GJ semblent très importants
- ✓ *Saturation* ensuite (entre ~ 100 et 800 GJ)

Perspectives et questions ouvertes :

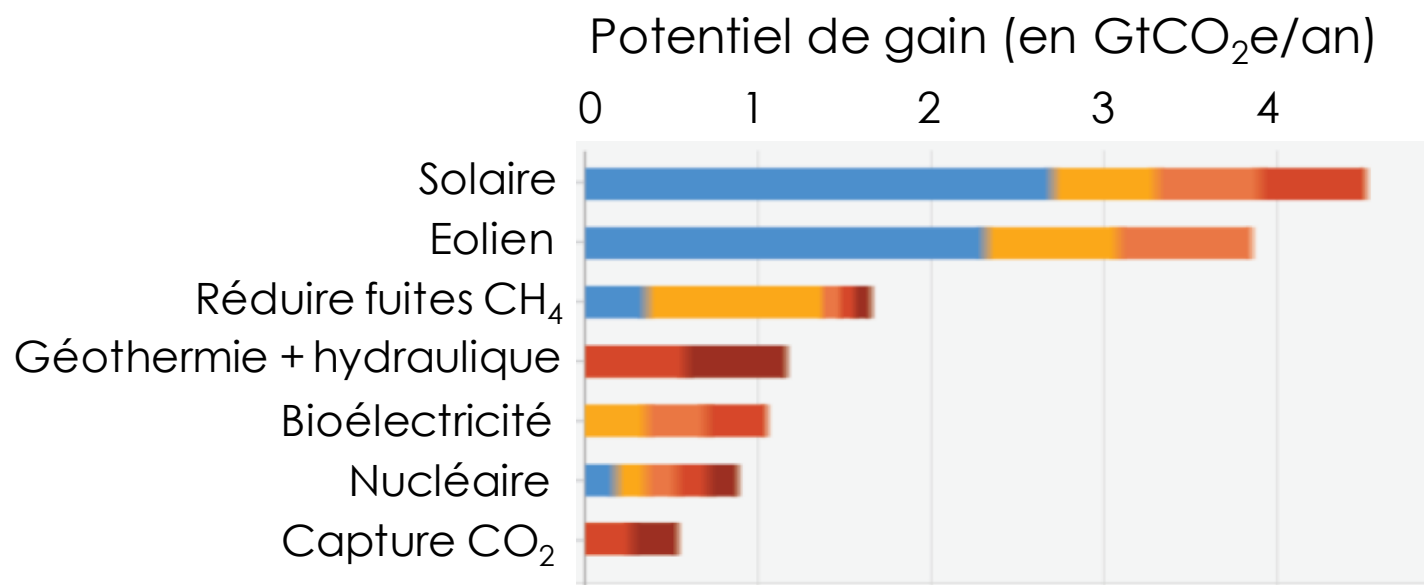
- Pays de faible HDI pourraient l'augmenter avec « peu » d'énergie
- Pour les autres, quels leviers pour réduire leur consommation d'énergie en maintenant un HDI élevé ?

Options d'atténuation du changement climatique

Ce qu'en dit le GIEC

Emissions GES actuelles (2021)
55 tCO₂e

Production d'énergie :

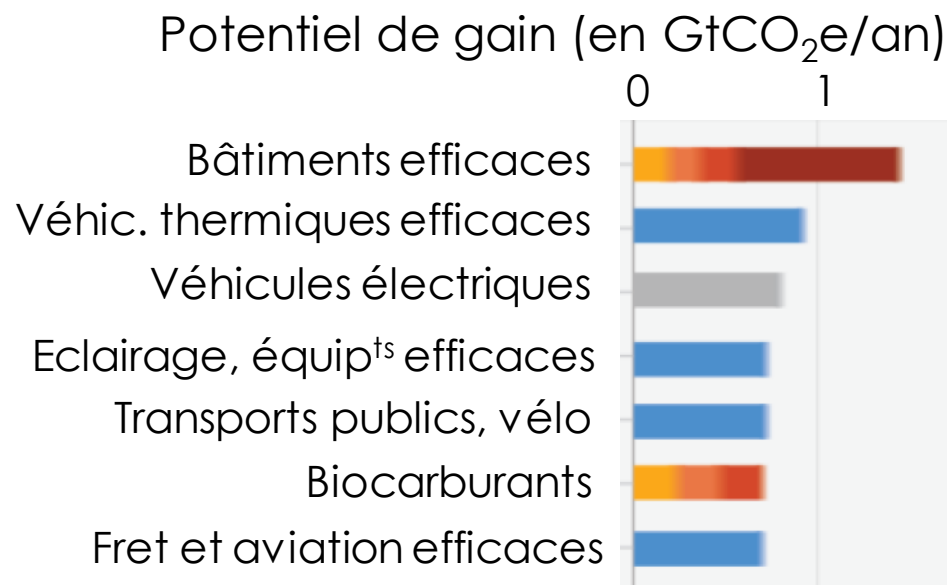


→ potentiel de gain ~ 10 à 20 %
des émissions

Coût des mesures (\$ par tCO₂e évitée)



Habitat, transports :



→ potentiel de gain ~ 5 à 10 %
des émissions

Options d'atténuation du changement climatique

Ce qu'en dit le GIEC

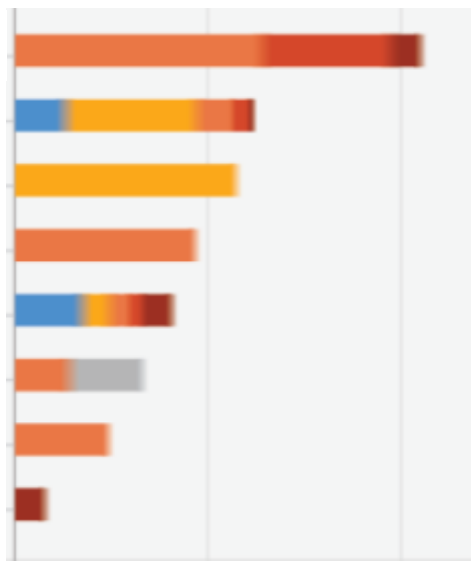
Emissions GES actuelles (2021)
55 tCO₂e

Industrie :

Potentiel de gain (en GtCO₂e/an)

0 1 2

Changement carburants
Réduire gaz fluorés
Efficacité énergétique
Efficacité matériaux
Rejets CH₄ déchets
Chgt matériaux construction
Davantage recyclage
Captage carbone



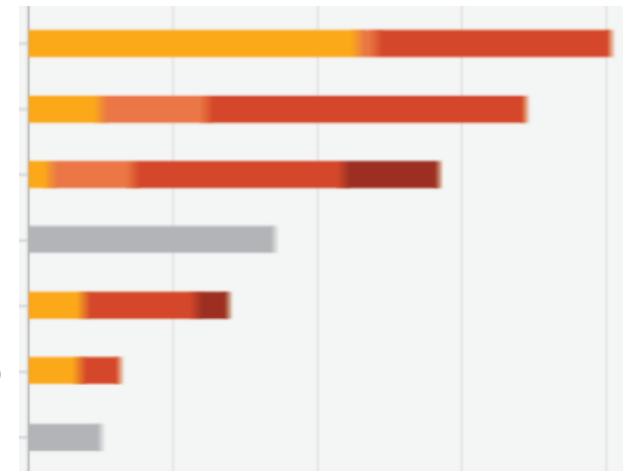
→ potentiel de gain ~ 13 % des émissions ??

Territoires, agriculture :

Potentiel de gain (en GtCO₂e/an)

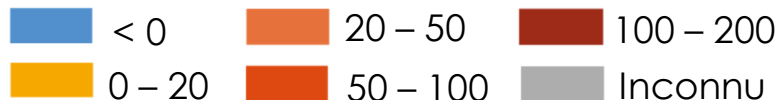
0 1 2 3 4

Préserver écosystèmes naturels
Séquestration carbone
Restaurer écosystèmes, forêts
Régime alimentaire plus sain
Gestion forêts durable
Réduction CH₄ et N₂O
Gaspillage alimentaire



→ potentiel de gain ~ 20 % des émissions ???

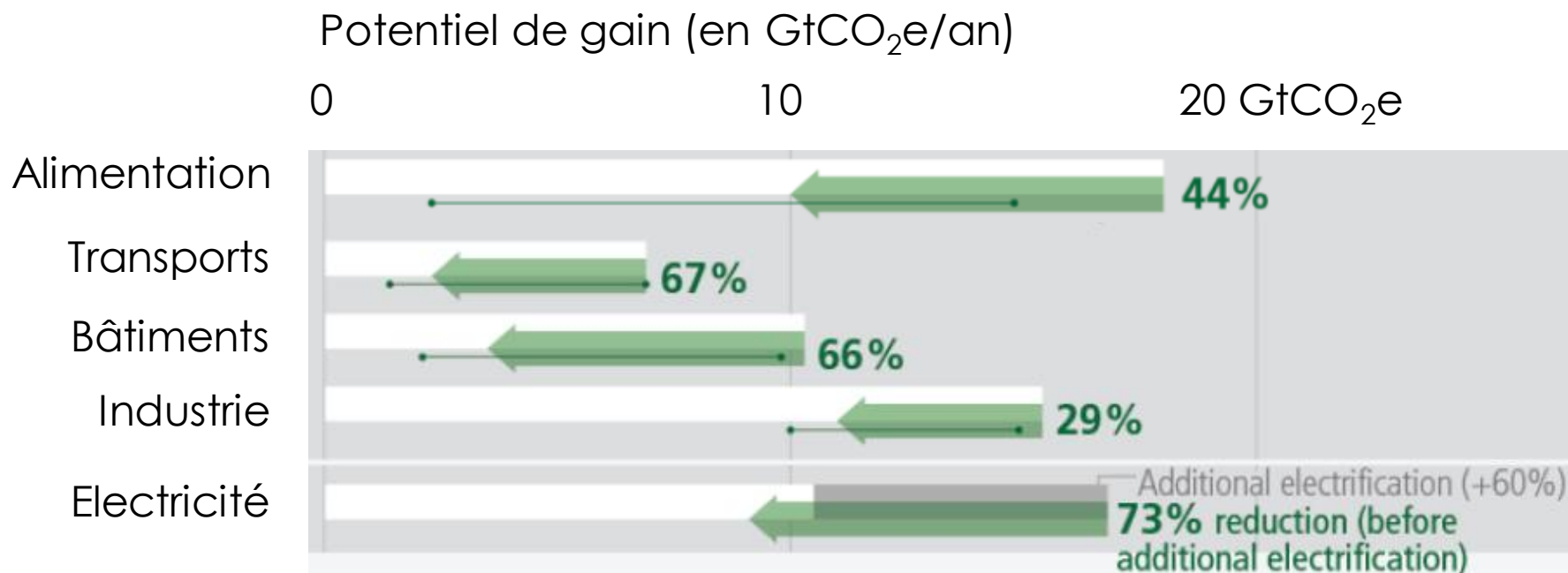
Coût des mesures (\$ par tCO₂e évitée)



Options d'atténuation du changement climatique

Ce qu'en dit le GIEC

Potentiel lié à une baisse de la demande :



“La réduction des émissions par la demande peut être obtenue par des changements des facteurs socio-culturels, la conception et l'utilisation des infrastructures, et les changements d'usage des technologies d'ici 2050”.

Les leviers

Ce qu'en disent les Français

Sondage ADEME 2020 sur le changement climatique :

Solutions à mettre en œuvre :

14 % : le progrès technique permettra de trouver des solutions

59 % : il faudra modifier de façon importante nos modes de vie

16 % : c'est aux Etats de réglementer

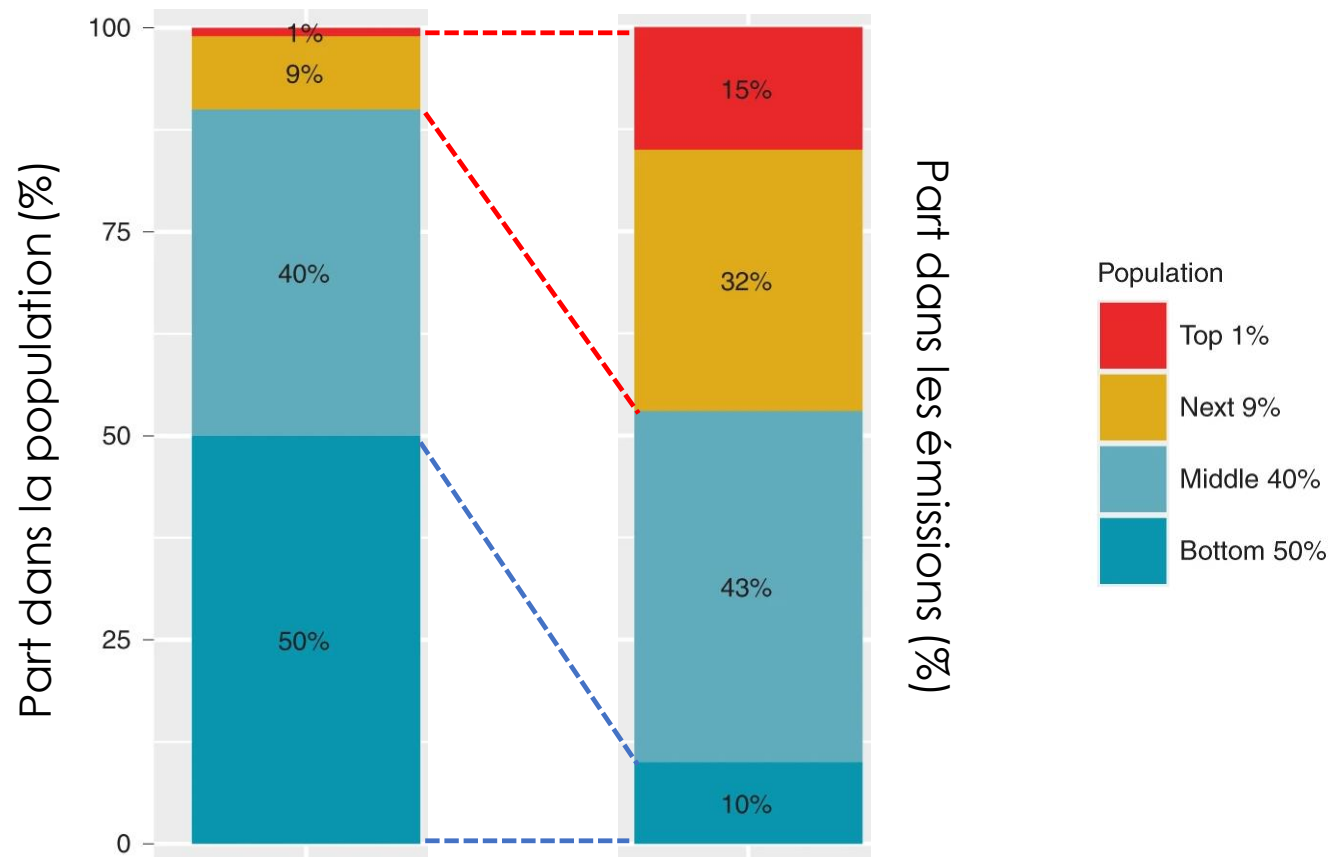
11 % : il n'y a rien à faire, le changement climatique est inévitable

A quelles conditions accepteriez-vous des changements importants de modes de vie ?

46 % : si les changements sont partagés de façon juste entre tous les membres de la société

Inégalités d'émission

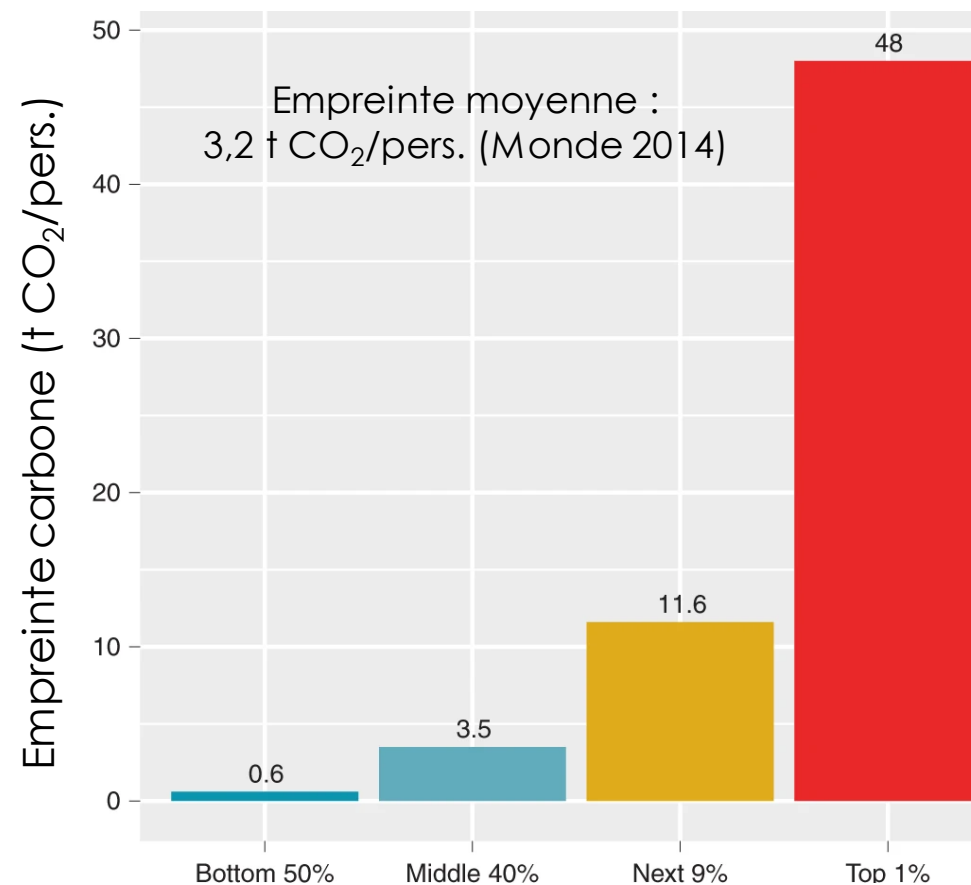
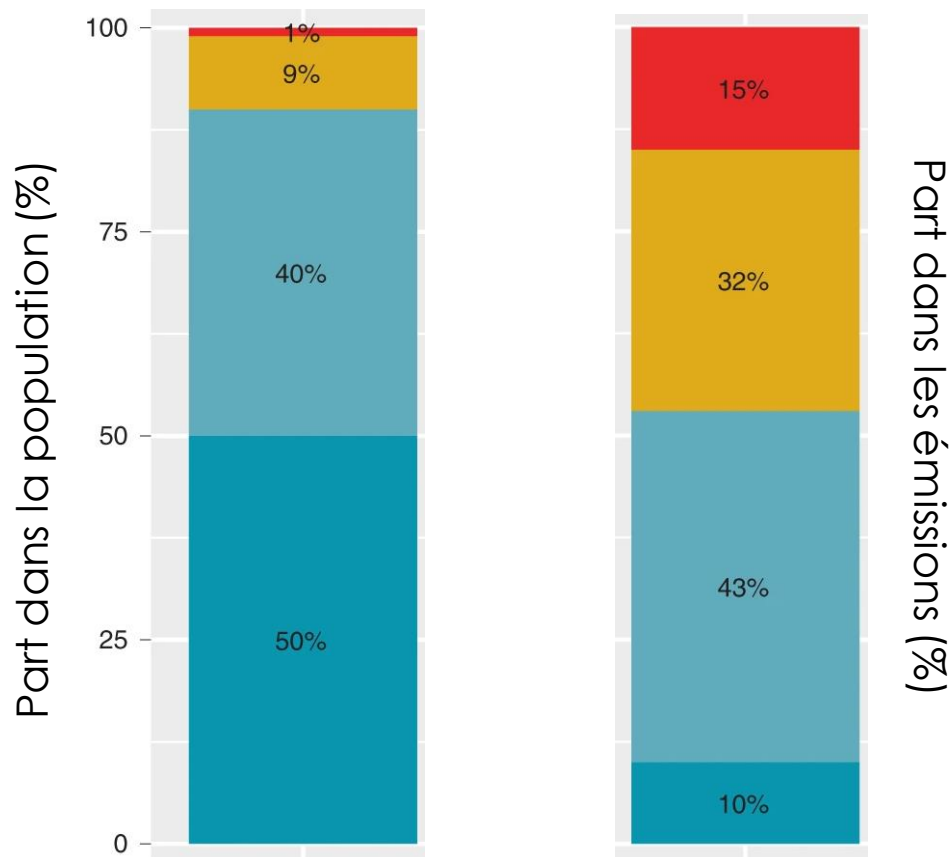
Part dans les émissions CO₂ par catégorie de revenus
(Monde 2014)



Les 10 % de la population aux revenus les plus élevés représentent 47 % des émissions
Les 50 % de la population aux revenus les plus faibles représentent 10 % des émissions

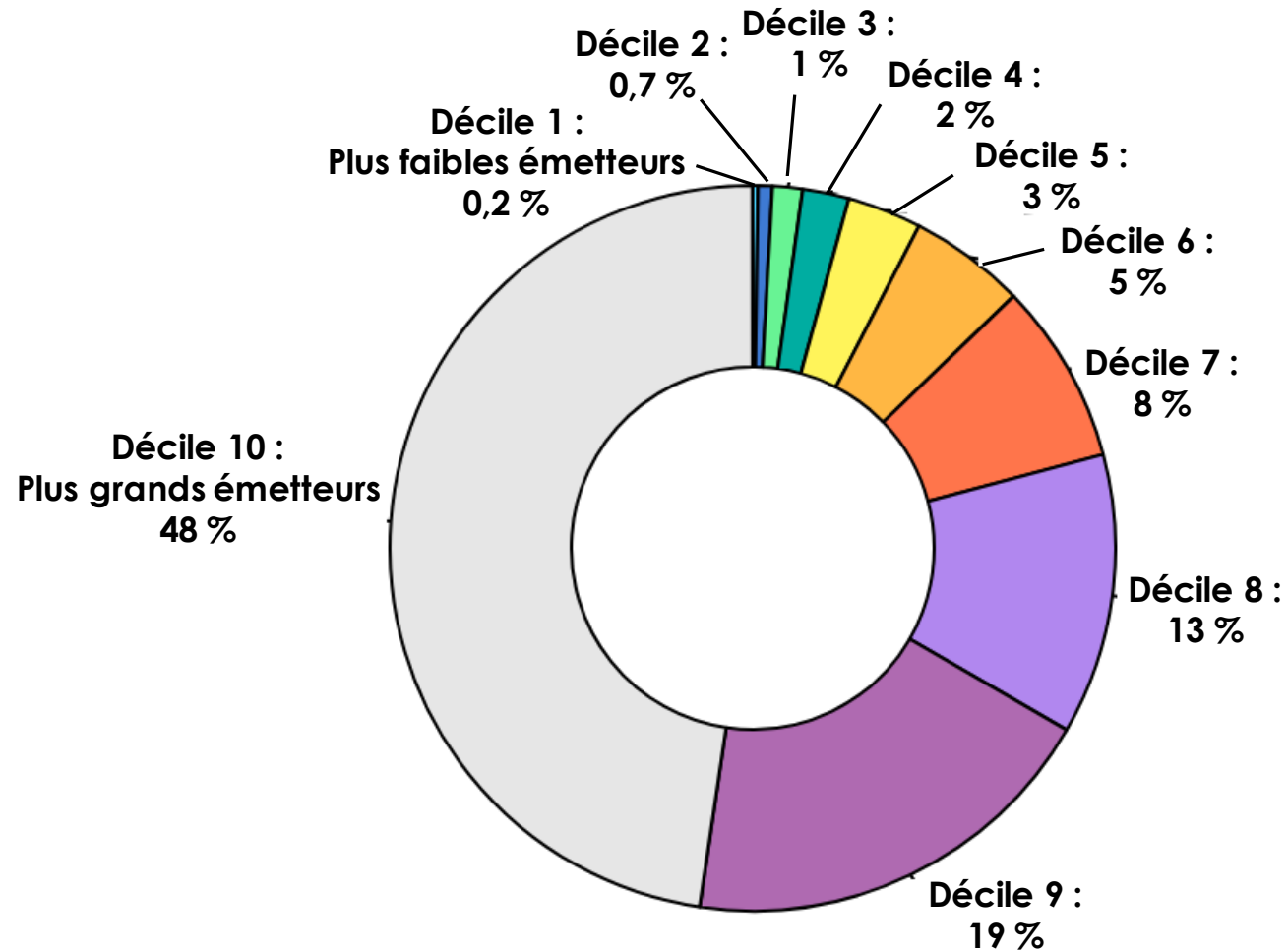
Inégalités d'émission

Part dans les émissions CO₂ par catégorie de revenus
(Monde 2014)



Inégalités d'émission

Part dans les émissions CO₂ (liées à l'énergie)
par décile (Monde 2021)

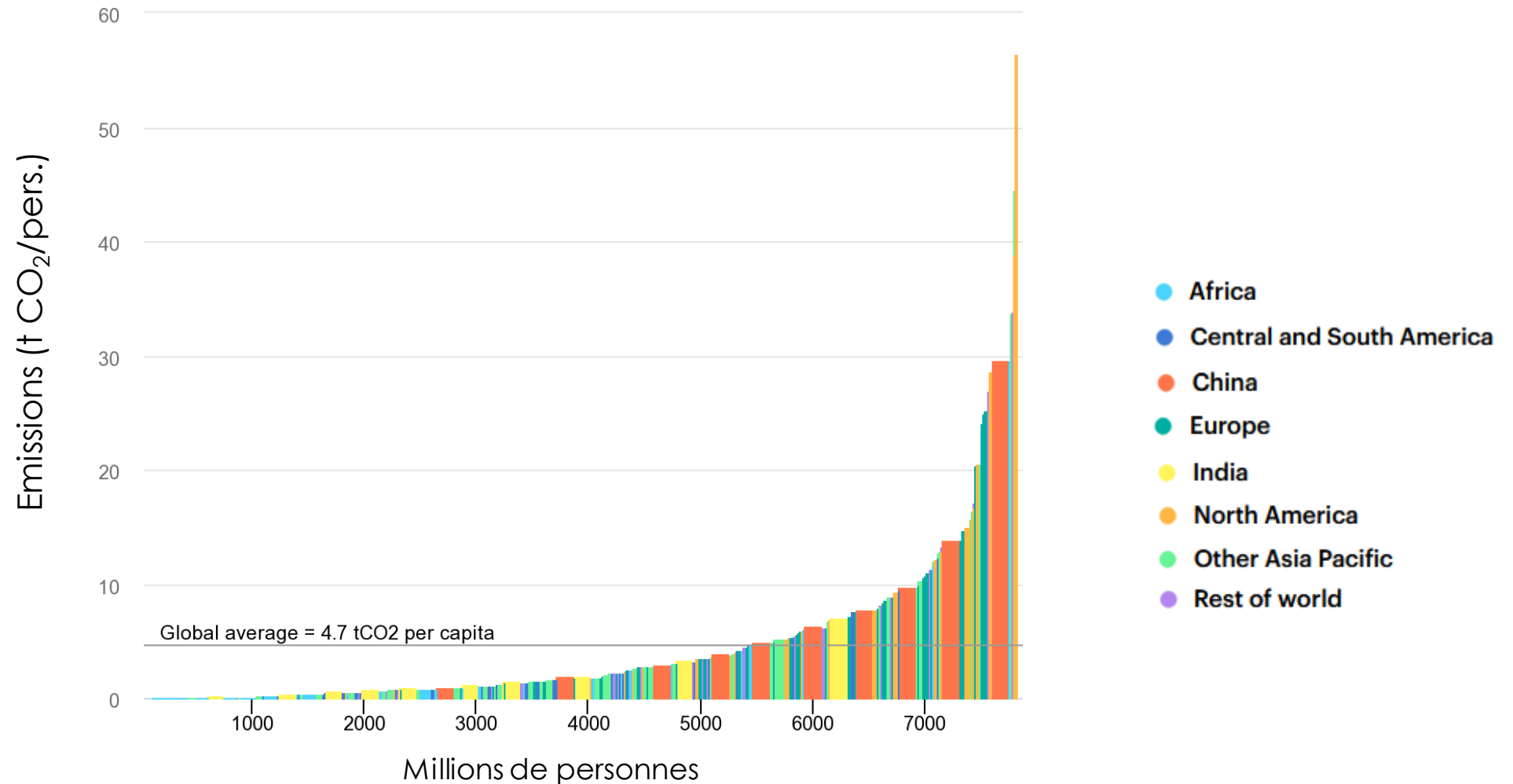


Déciles 1 à 5 cumulés :
(50 % de la population)
6,9 %

Déciles 1 à 7 cumulés :
(70 % de la population)
19,9 %

Inégalités d'émission

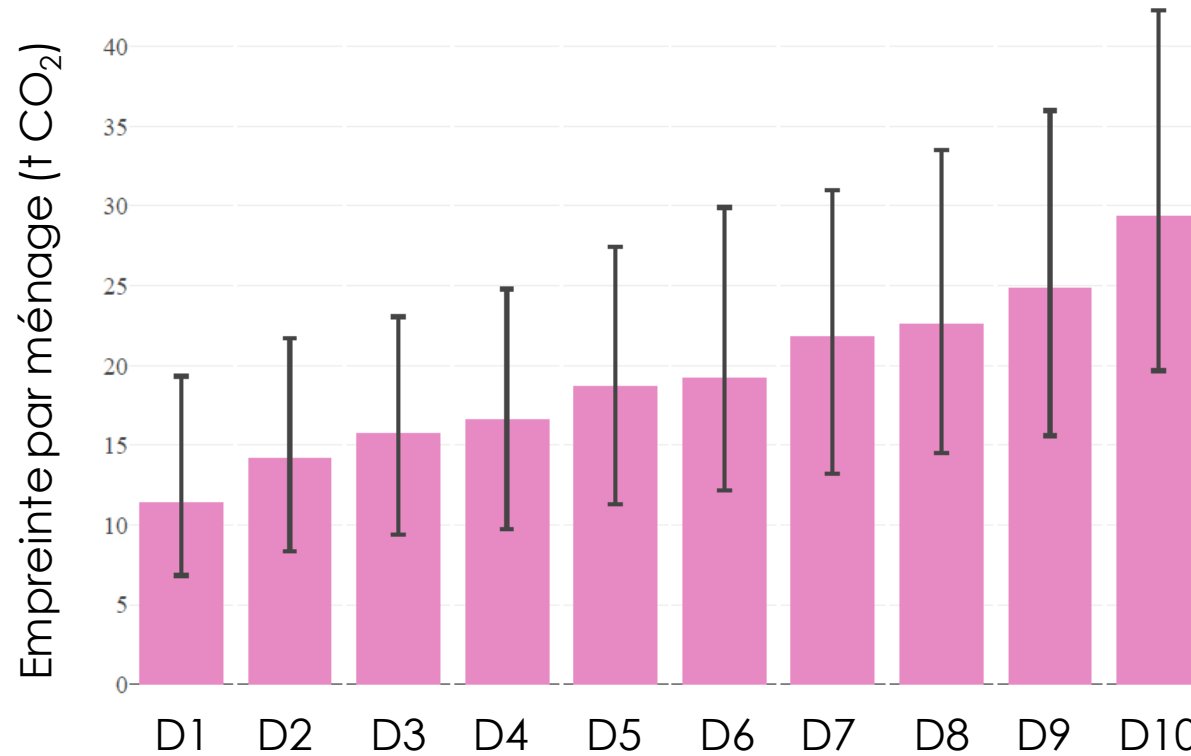
Émissions CO₂ (liées à l'énergie) par habitant,
par décile de revenu et par région (2021)



[The world's top 1% of emitters produce over 1000 times more CO₂ than the bottom 1%, IEA \(2023\)](#)

Empreinte carbone

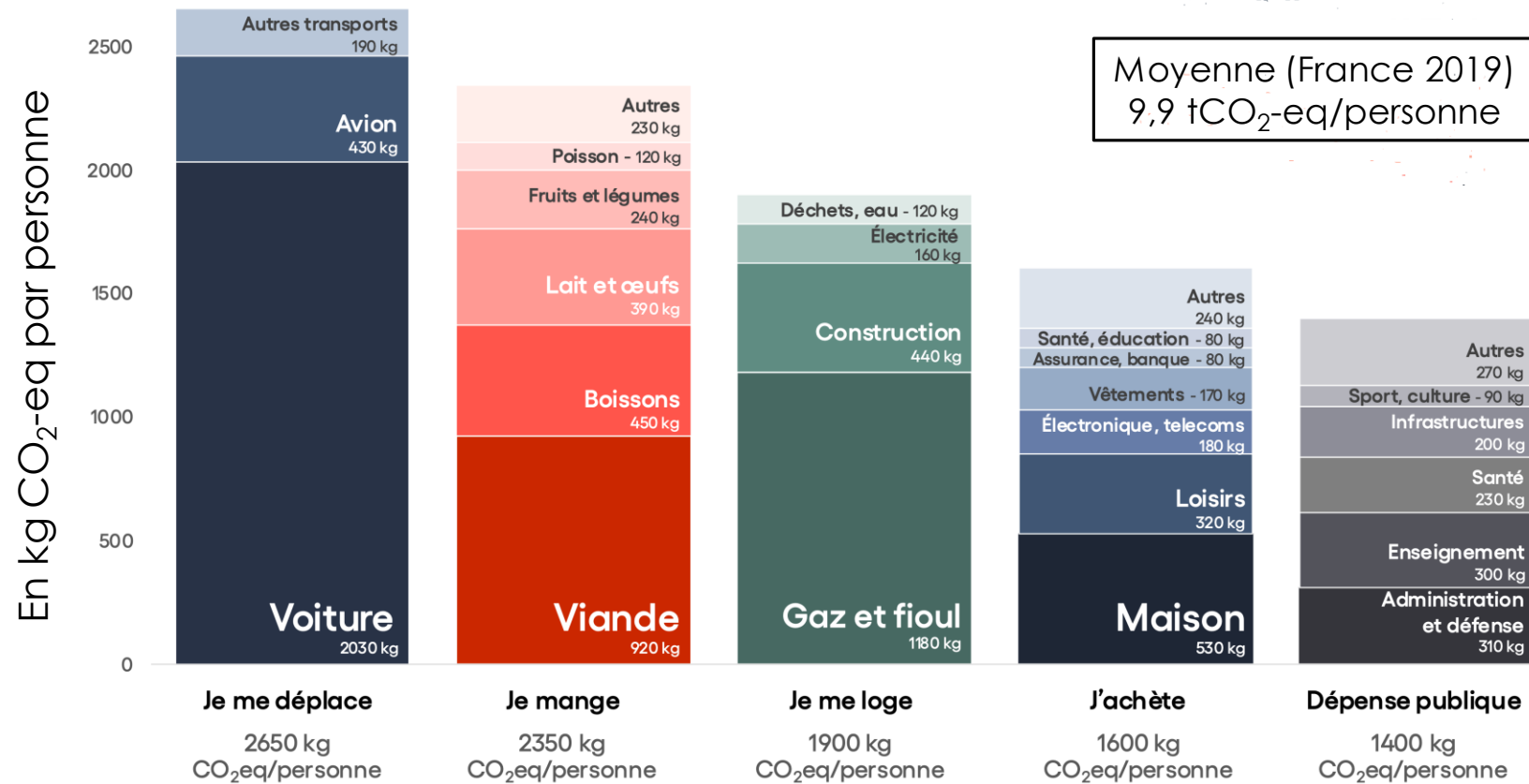
France (2011)



Empreinte carbone par ménage : premier quartile, médiane et troisième quartile par décile de niveau de vie

Empreinte carbone

Selon les postes de consommation



Pour estimer son empreinte carbone : [Nos gestes climat \(ADEME\)](#)

Quelques leviers de réduction

a) Efficacité énergétique

Transport : abandon du moteur thermique. Petite voiture. Train pour grande distance.

Chauffage : isolation + pompe à chaleur plutôt que convecteur électrique, géothermie ou solaire en appoint quand c'est possible.

b) Changement et/ou réduction d'usage

Transport : covoiturage, vélo.

Chauffage : réduction de la température intérieure.

Alimentation : régime avec peu ou pas de protéines animales.

Achats : produits d'occasion, extension de la durée d'usage, limiter les objets *high-tech*.

Les choix individuels sont très importants. Mais ils peuvent rencontrer des obstacles (obsolescence programmée, verrouillages sociotechniques, effet rebond, ...).

L'effet rebond

On parle d'*effet rebond* quand une amélioration d'efficacité (ex. : rendement énergétique d'un moteur) débouche sur un gain plus faible que prévu du fait d'un renforcement de l'usage (plus de km parcourus) ou d'un transfert du gain sur un usage plus consommateur (véhicule plus lourd ou climatisé).

Ce gain peut même être plus que compensé par le rebond, donnant lieu à un accroissement du volume global de ressources consommées (*paradoxe de Jevons*).

Amélioration du rendement des machines à vapeur : hausse de la consommation de charbon (Jevons, 1865).

Amélioration de l'efficacité de l'éclairage (filament → LED) : augmentation de la consommation électrique pour l'éclairage (par exemple la nuit pour les collectivités).

Source : [Science Advances \(2017\)](#)

Observé dans de nombreux domaines (transport, numérique, ...).

Effet multifactoriel, aux effets direct et indirects souvent durs à démontrer. Estimation à l'échelle macroéconomique : 50 % des gains d'efficacité érodés par ces effets.

[Renewable and sustainable Energy Reviews \(2021\)](#)

L'effet rebond

Autres formes de détournement des gains d'efficacité :

- la tendance au surdimensionnement (d'objets, d'infrastructures ou de services),
- la progression de la complexité technique et fonctionnelle de nos objets (devenus en quelques décennies considérablement plus compliqués, en nombre de composants et en complexité technologique).

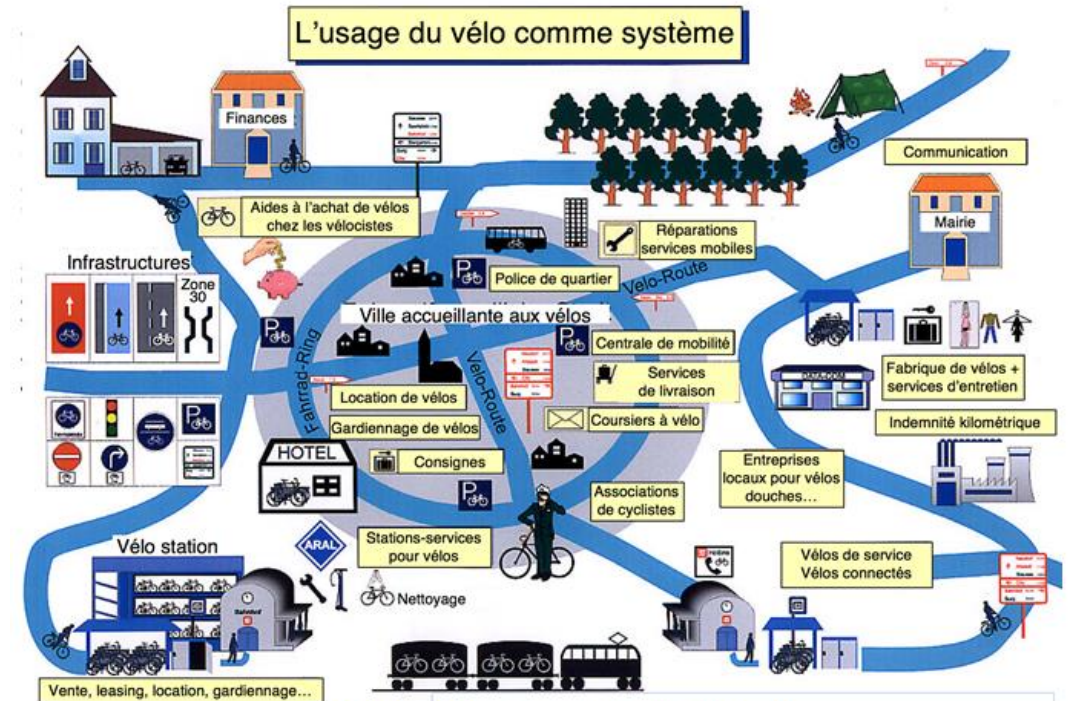
Ex. : augmentation de l'électronique embarquée dans les voitures, internet des objets, ...

Cela soulève différents enjeux : recyclage de l'objet, traçabilité de sa chaîne de fabrication, réparabilité plus faible, dépendance accrue de l'utilisateur au réparateur ou vendeur), etc.

Cela n'invalide pas la démarche d'efficacité mais cela appelle au discernement et à la vigilance : les gains technologiques ne servent à rien s'ils ne s'accompagnent pas de changements des comportements et de politiques environnementales.

Les verrouillages sociotechniques

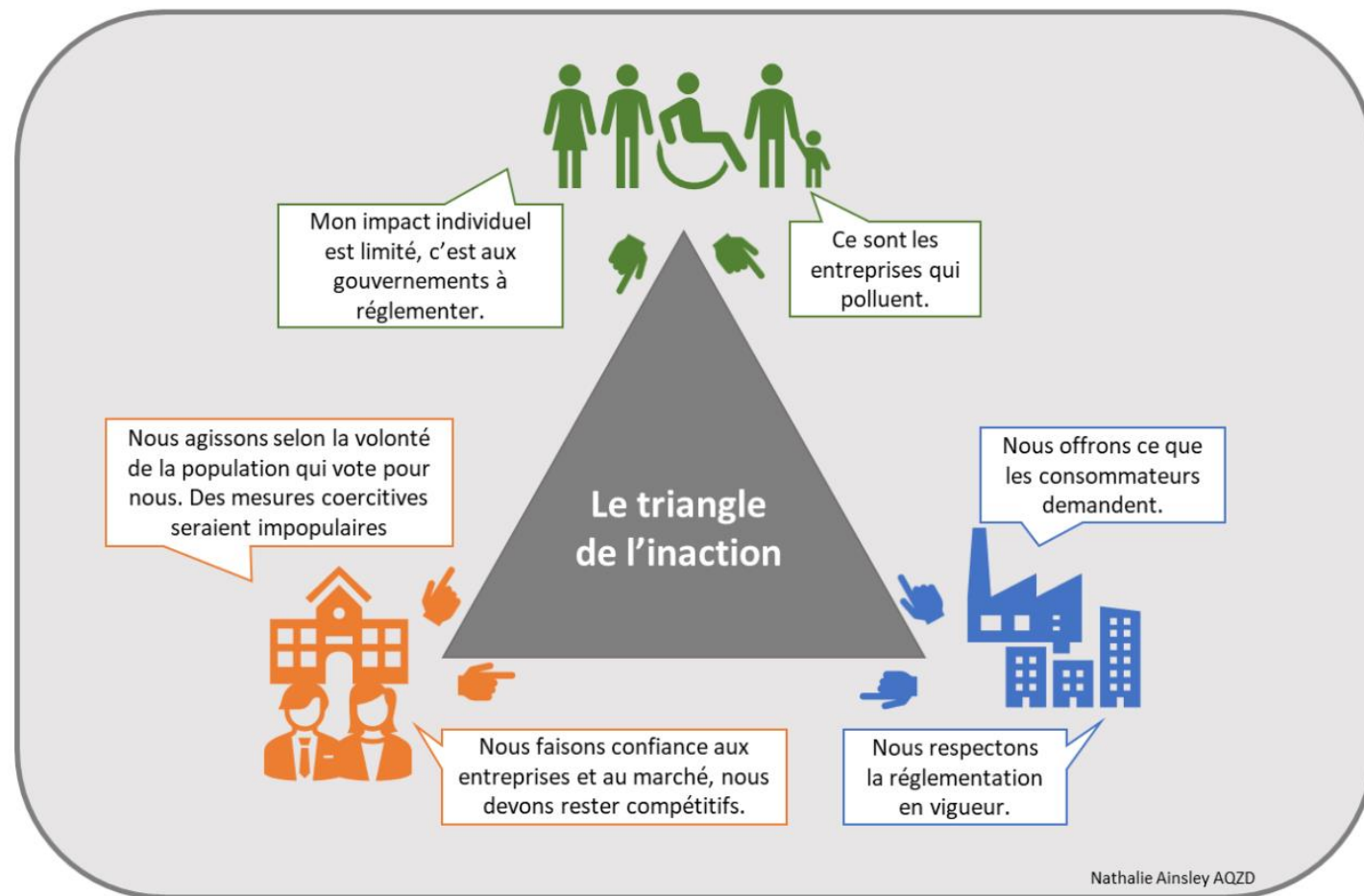
Comment passer de l'un à l'autre ?



(BMVBW, 2002, p. 28, traduction : F. Héran)

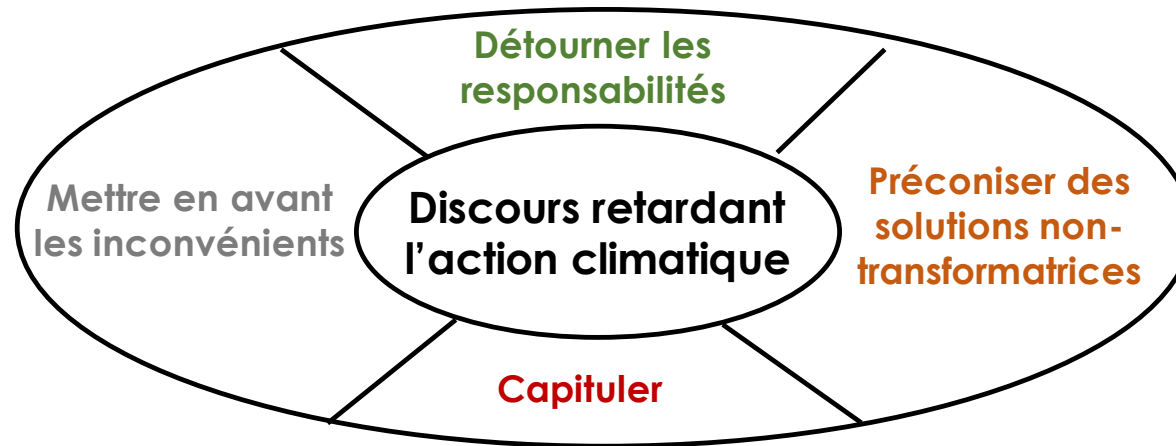
Atteindre la masse critique (politique publique, changement des représentations, etc.)

Le triangle de l'inaction

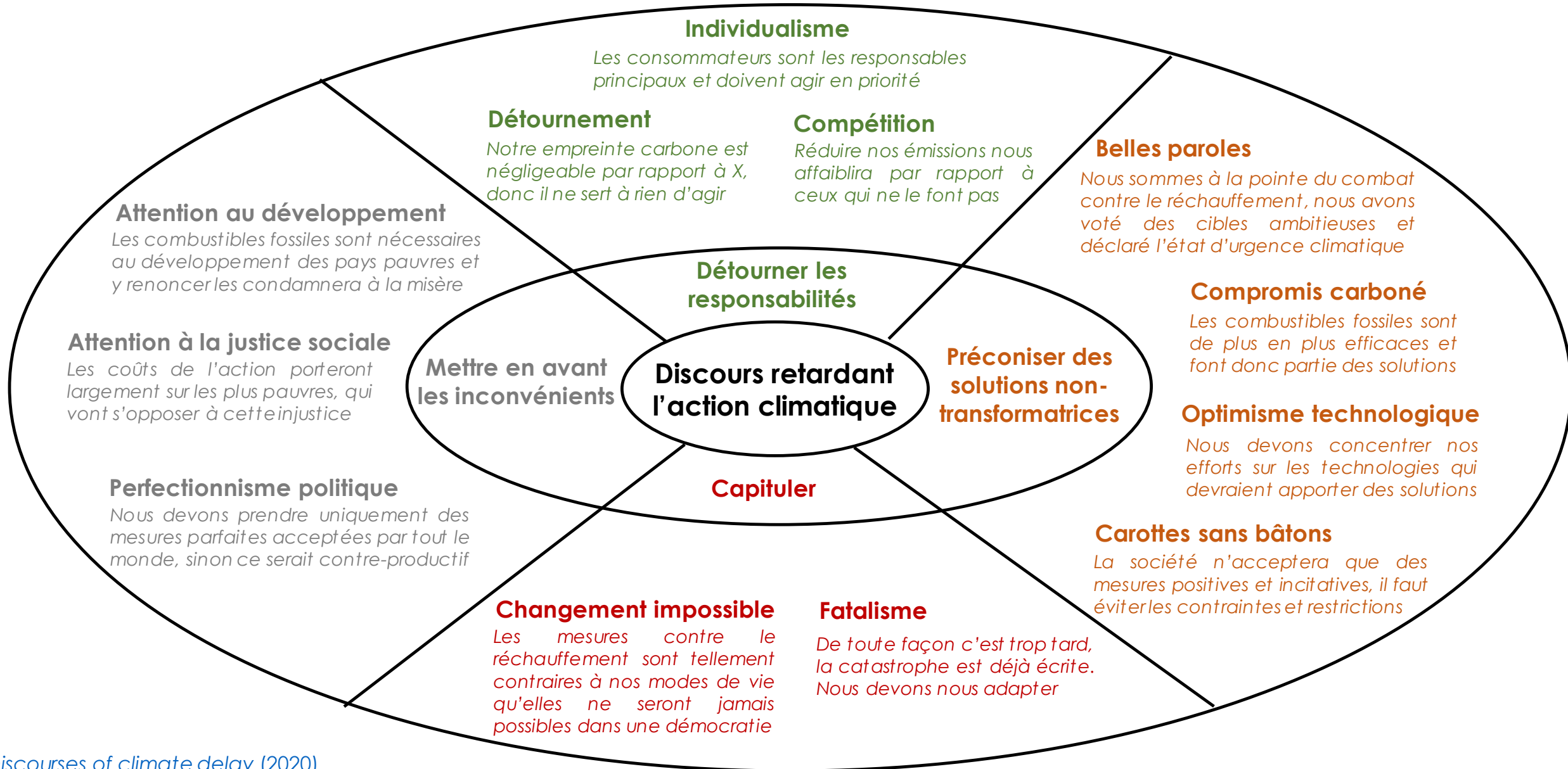


Les discours retardant l'action

Oui, le changement climatique est un problème, mais il y a toujours une bonne excuse pour ne rien faire ...



Les discours retardant l'action

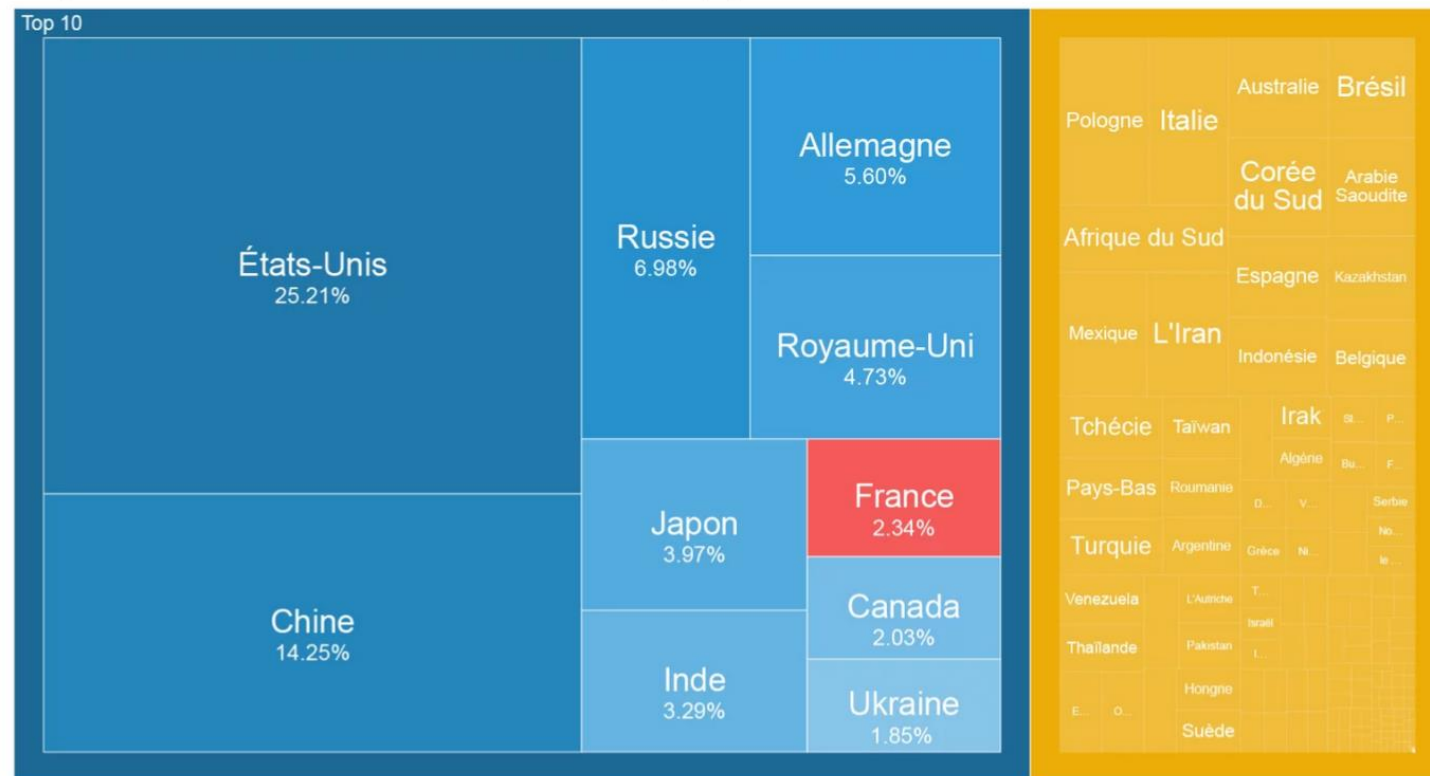


Détournement

« la France, c'est 1 % des émissions mondiales »

- Oui mais il existe 195 pays, chacun pouvant en dire autant en ordre de grandeur ...
- Plus précisément, c'est **1,5 %** (en empreinte carbone) pour une part de la population de **0,8 %**.
- De plus, en émissions cumulées, c'est **2,3 %** ce qui fait de la France le 8^e contributeur historique.

Proportion des émissions de CO2 territoriales cumulées par pays entre 1750 et 2020



Détournement

« l'avion, c'est 3 % des émissions mondiales »

- Oui mais pour un nombre de *km.passager* très inférieur aux autres modes de transport ...

Part de la population mondiale prenant l'avion :

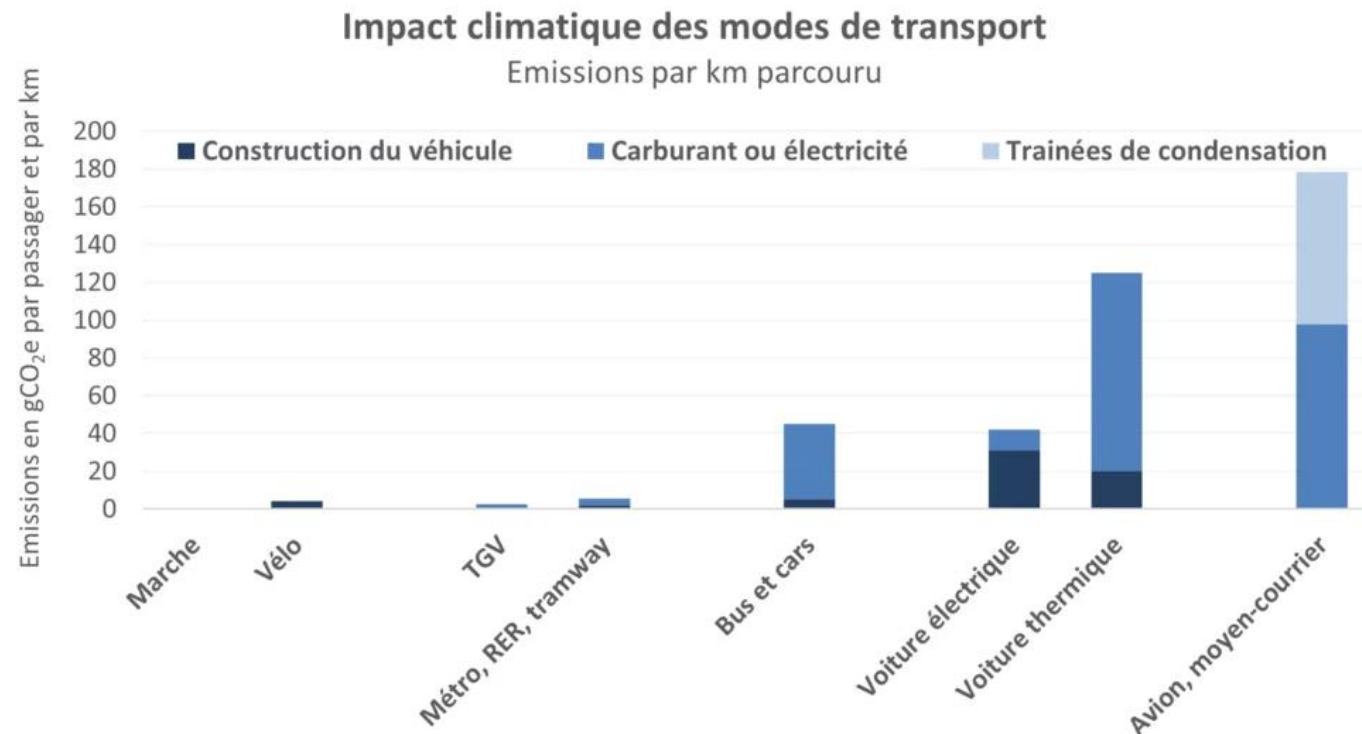
0 ou 1 fois par an : 90 %

2 fois par an : 6 %

Plus de 5 fois par an : 1 %

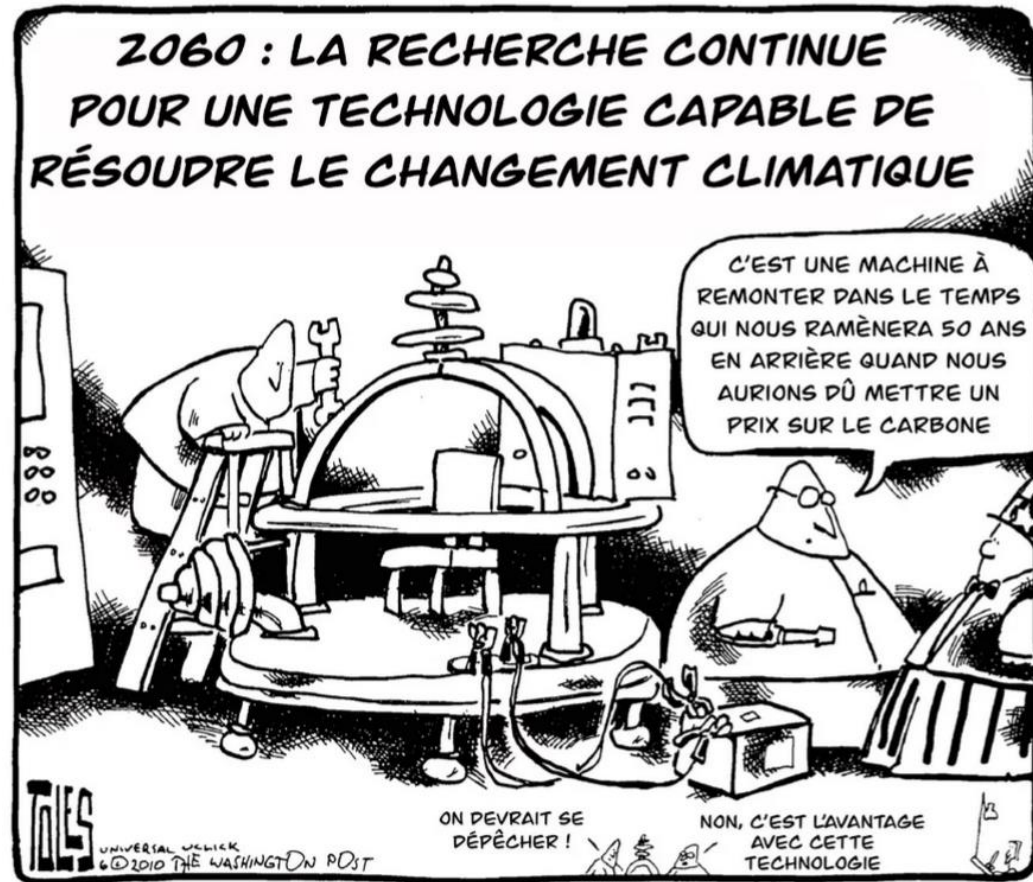
[Source : IEA \(2023\)](#)

- Normalisé au service rendu, ça donne :



L'optimisme technologique

« On va trouver ... »



6-19-10 DESSIN ORIGINAL TOM TOLES - THE MADHOUSE EFFECT TRADUCTION : @LAYDGEUR

Peut-être, peut-être pas ... Cela ne doit pas nous détourner des leviers (techniques et non-techniques) disponibles maintenant.

Actionner tous les leviers

Exemple du transport

Un levier technique ambivalent : La voiture électrique

Permet a priori de :

- 1) Réduire les émissions CO₂
- 2) Réduire les polluants (NO, ...) et aérosols (particules fines)
- 3) Réduire le bruit du moteur
- 4) Servir au stockage d'électricité : ensemble des N voitures = N batteries pour lisser la production des sources intermittentes (régulation du réseau électrique)

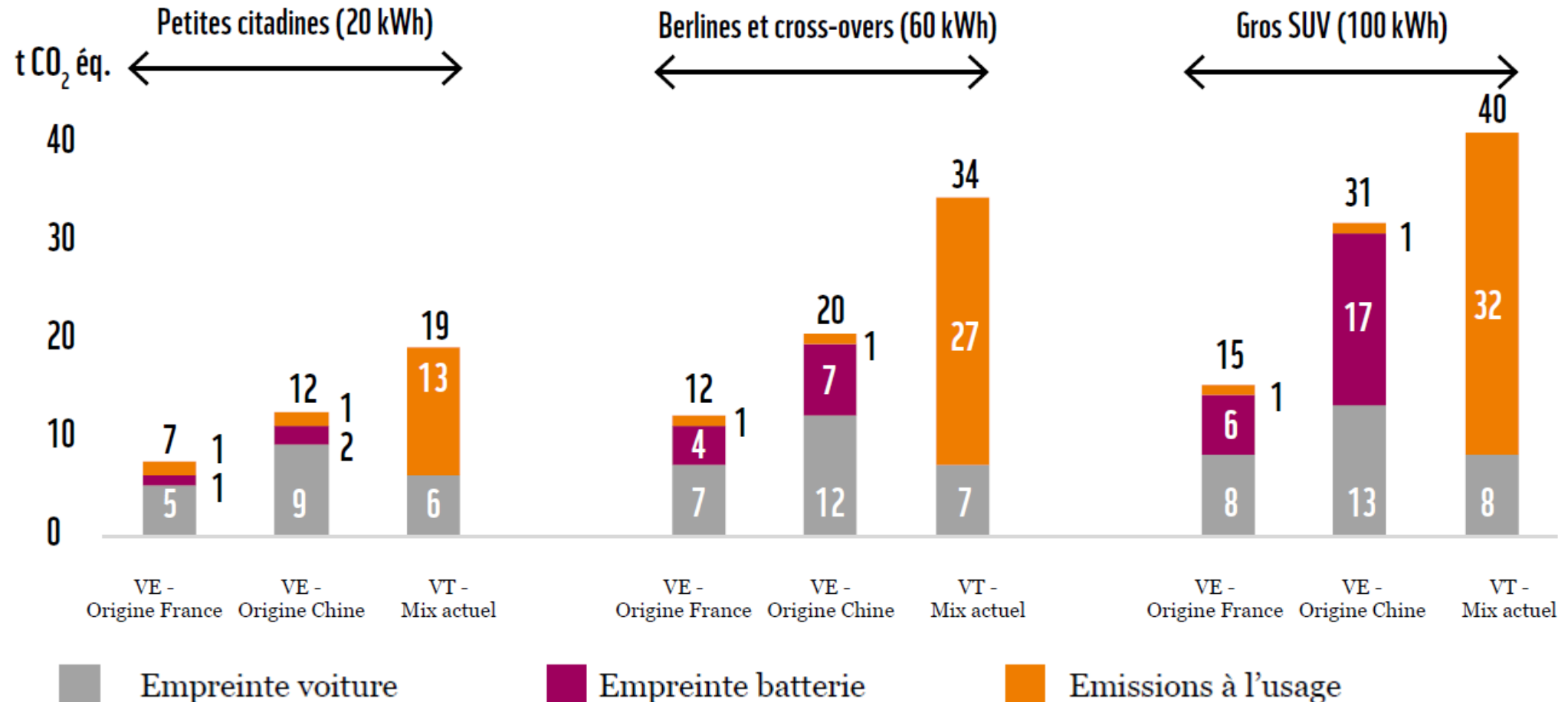
Mais :

- le gain 1) est significatif pour un modèle de taille équivalente ou inférieure ; il peut être annihilé sinon (impact CO₂ de la batterie). Vrai aussi pour 2) dans une moindre mesure (abrasion des pneus = source d'aérosols, qui croît avec la masse).
- l'avantage 3) est amoindri au-delà de 50 km/h (frottements de l'air qui dominant).
- l'impact en extraction de métaux critiques est doublé par rapport à la voiture thermique (voir transparents suivants).
- La nuisance en terme d'occupation d'espace (par les infrastructures) reste la même.

Au final, l'impact écologique de la voiture électrique sera très dépendant de l'usage qui en sera fait (donc des choix individuels et collectifs).

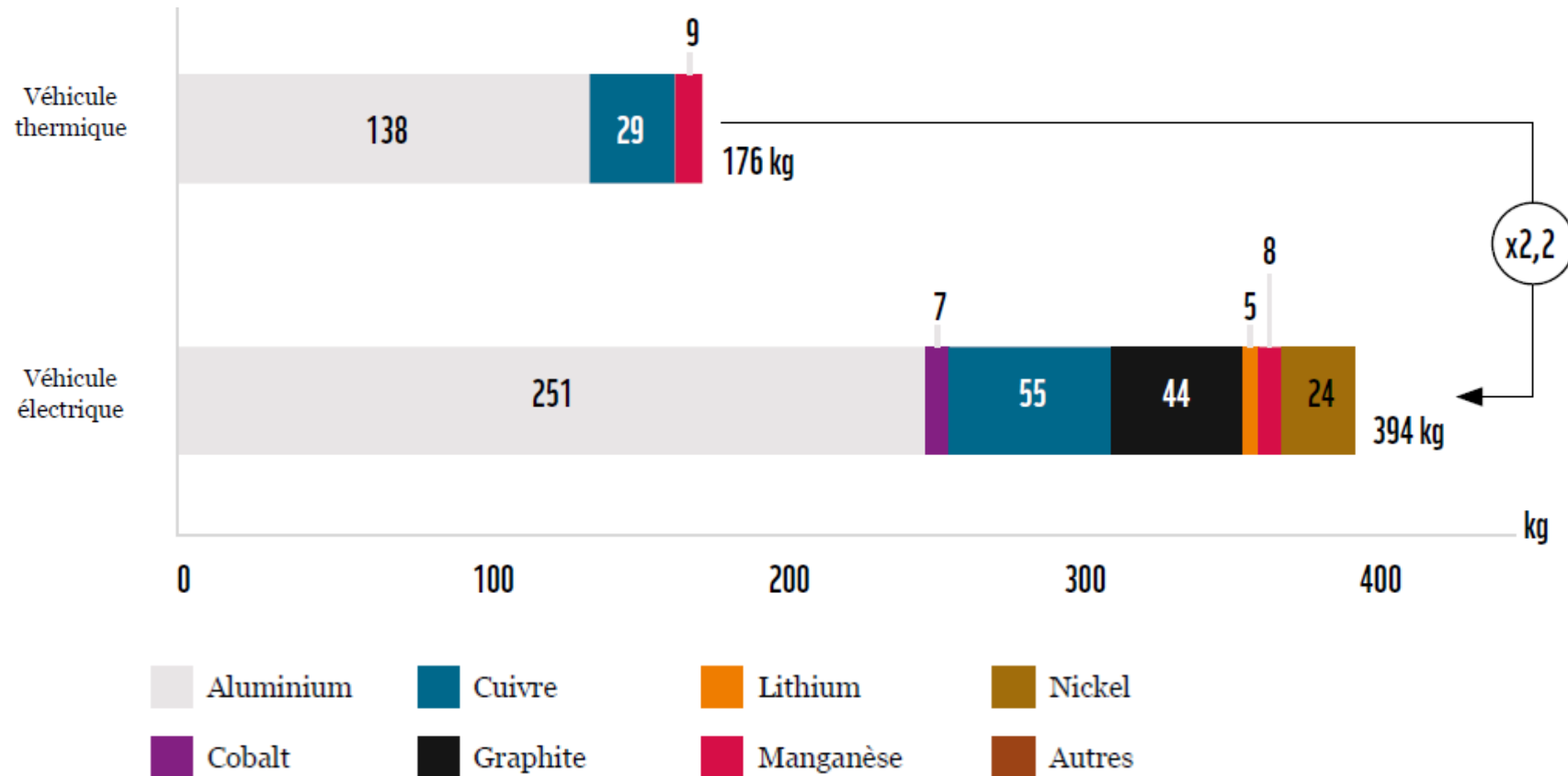
La voiture électrique

Comparaison de l'empreinte carbone de différents véhicules selon leur taille, origine et motorisation (SGPE 2023, traitement EY/WWF France). Kilométrage retenu : 200 000 km



La voiture électrique

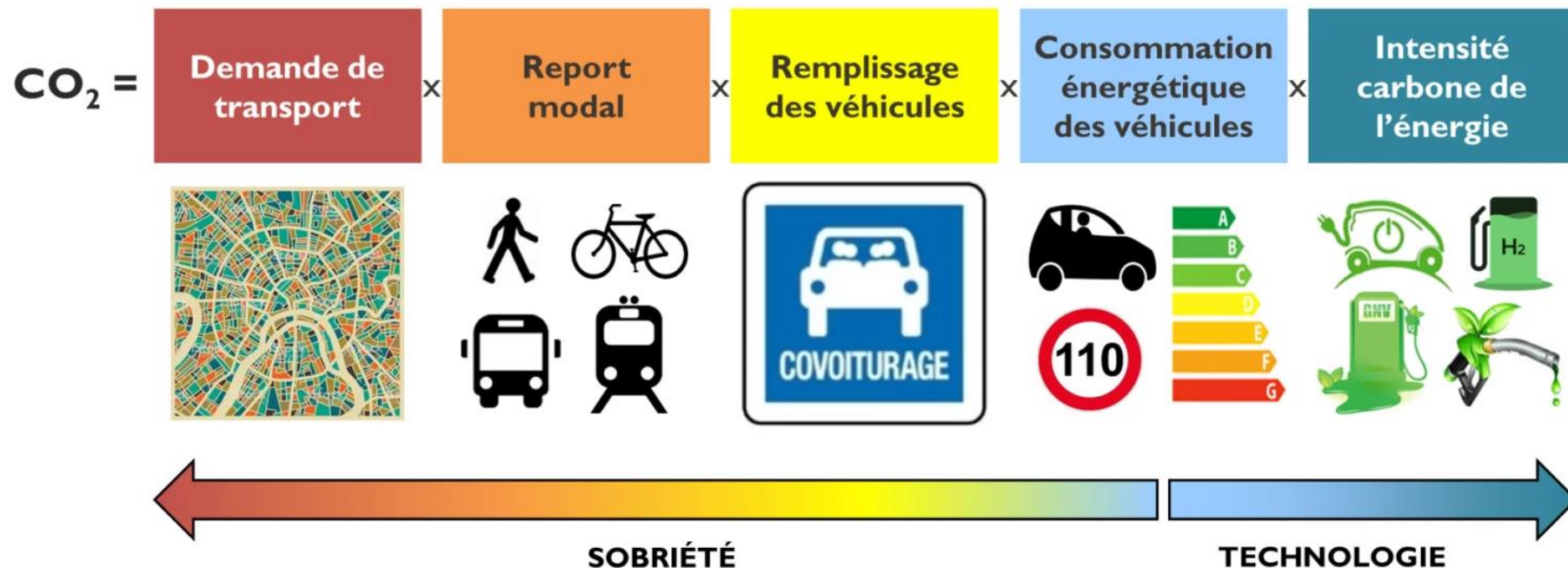
Quantité de métaux critiques d'un véhicule en fonction du type de motorisation
(GREET 2020, IEA 2021, T&E 2021, ADEME 2022, traitement EY/WWF France)



Actionner tous les leviers

Exemple du transport

sollicitation simultanée de l'ensemble des leviers de transition, aussi bien technologiques que de sobriété : baisse des distances, report modal vers les modes actifs et les transports en commun, meilleur partage des véhicules, limitation de la vitesse et du poids des véhicules, électrification...



Plan en 10 points pour réduire la consommation de pétrole

iea.org

1 Abaisser les limitations de vitesse d'au moins 10 km/h sur les autoroutes



2 Instaurer le télétravail jusqu'à trois jours par semaine quand cela est possible



3 Instaurer des dimanches sans voiture dans les villes



4 Rendre les transports en commun plus abordables et encourager les mobilités douces, la marche et le vélo



7 Promouvoir l'écoconduite pour les camions et la livraison de marchandises



6 Développer le covoiturage et adopter des pratiques permettant de réduire la consommation de carburant



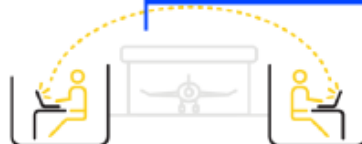
5 Adopter la circulation alternée pour les voitures particulières dans les grandes villes



8 Privilégier le train à grande vitesse ou les trains de nuit plutôt que l'avion quand cela est possible



9 Éviter l'avion pour les voyages d'affaires lorsque d'autres solutions de transport existent

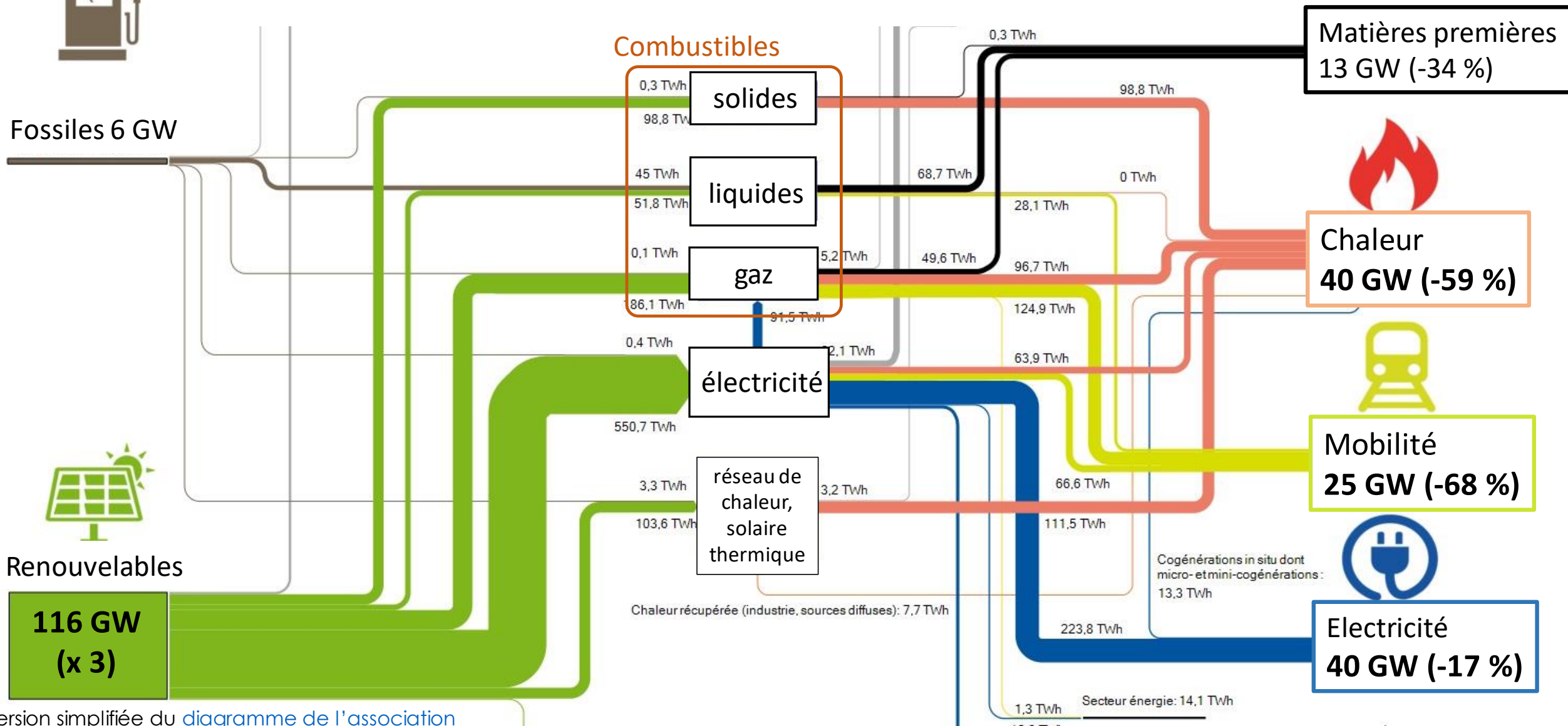


10 Renforcer l'adoption de véhicules électriques et plus économes en carburant



Exemple de scénario *bas carbone*

Association française **NégaWatt** (efficacité + renouvelables + sobriété)



Version simplifiée du [diagramme de l'association](#)