

Empreinte environnementale de la recherche scientifique

Bastien Boussau
@bastounette

bastien.boussau@univ-lyon1.fr

Contributions de Eric Tannier (Inria, LBBE)
Equipe Le Cocon

Sommaire

1. Motivation : le changement climatique
2. L'empreinte environnementale de la recherche
 - a. Indirecte
 - b. Directe
 - i. Exemple de l'EPFL
 - ii. Exemple du LBBE
3. La recherche scientifique et son rôle dans la crise environnementale
 - a. Le mythe d'Icare
 - b. La chrématistique du savoir
4. Quelques exemples d'initiatives en route à l'EPFL et à Lyon

Le changement climatique nous met en danger

- Ecosystèmes perturbés



- Productions agricoles en baisse



- Evénements météorologiques extrêmes plus nombreux



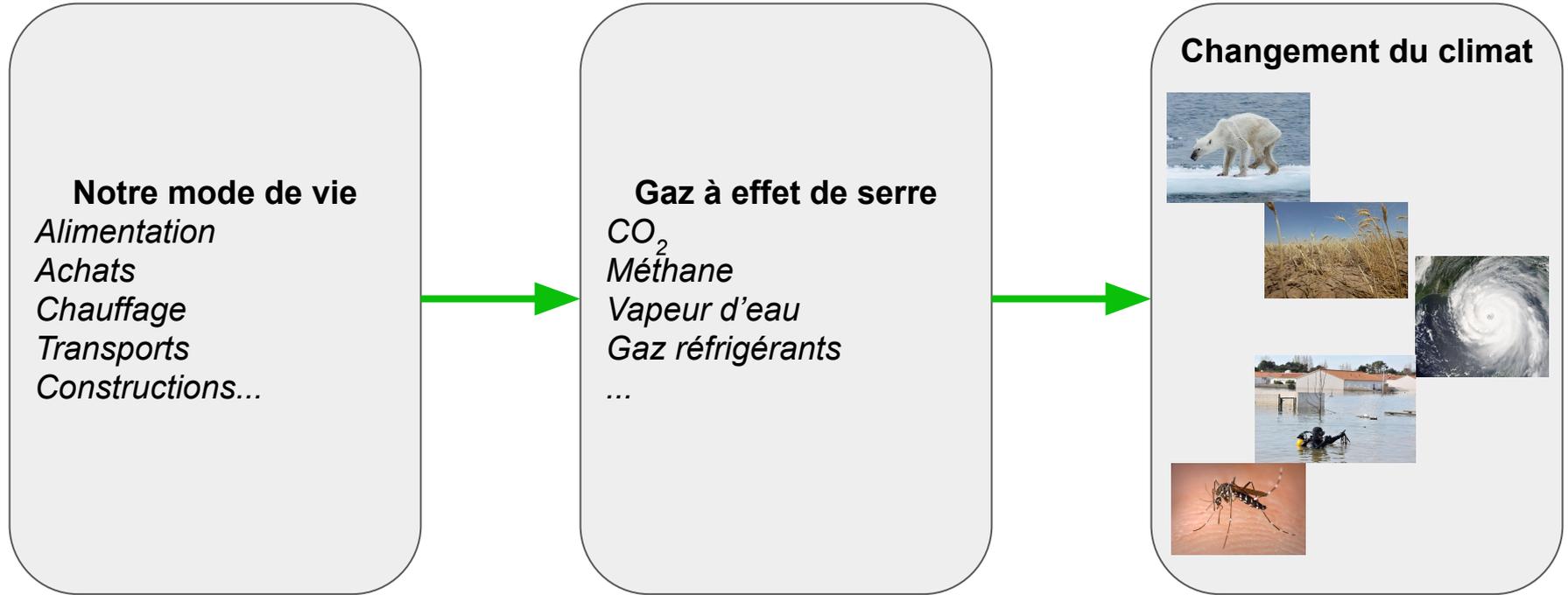
- Montée du niveau des océans



- Risques sanitaires accrus



Pourquoi le climat est-il en train de changer si vite ?



Beaucoup de nos activités produisent des gaz à effet de serre qui en s'accumulant dans l'atmosphère causent un réchauffement climatique planétaire.

De nombreuses activités génèrent des gaz à effet de serre (CO₂)



: ~15-20kgs de CO₂



: 50-100 kg de CO₂



: >5kgs de CO₂



: ~6 tonnes de CO₂

1 km en voiture neuve : ~118g de CO₂

1 aller-retour Paris-Barcelone en avion : ~0.4 tonne de CO₂

Chauffage : ~1.5 tonne/an de CO₂

1 tonne de ciment : 900kgs de CO₂

**Emissions durables
par personne :
2 tonnes CO₂ / an
= 5.5 kg / jour**

Belkhir et Elmelighi, 2017

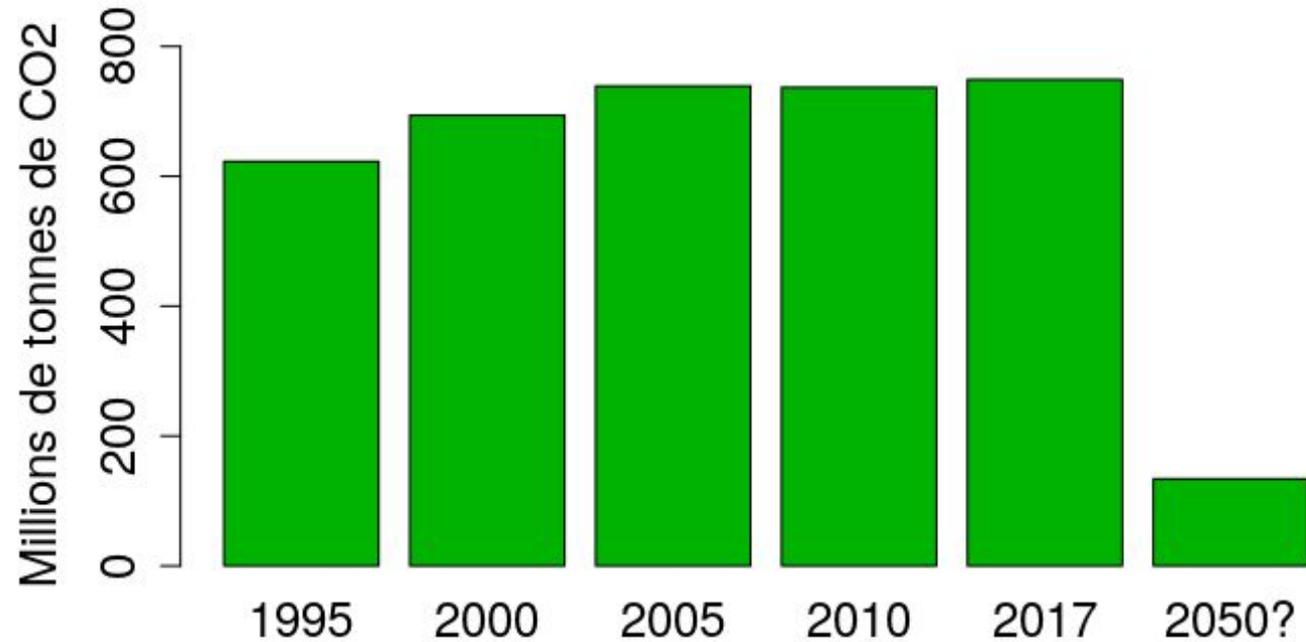
Poore et Nemecek 2018

<https://www.theguardian.com/environment/green-living-blog/2010/sep/23/carbon-footprint-new-car>

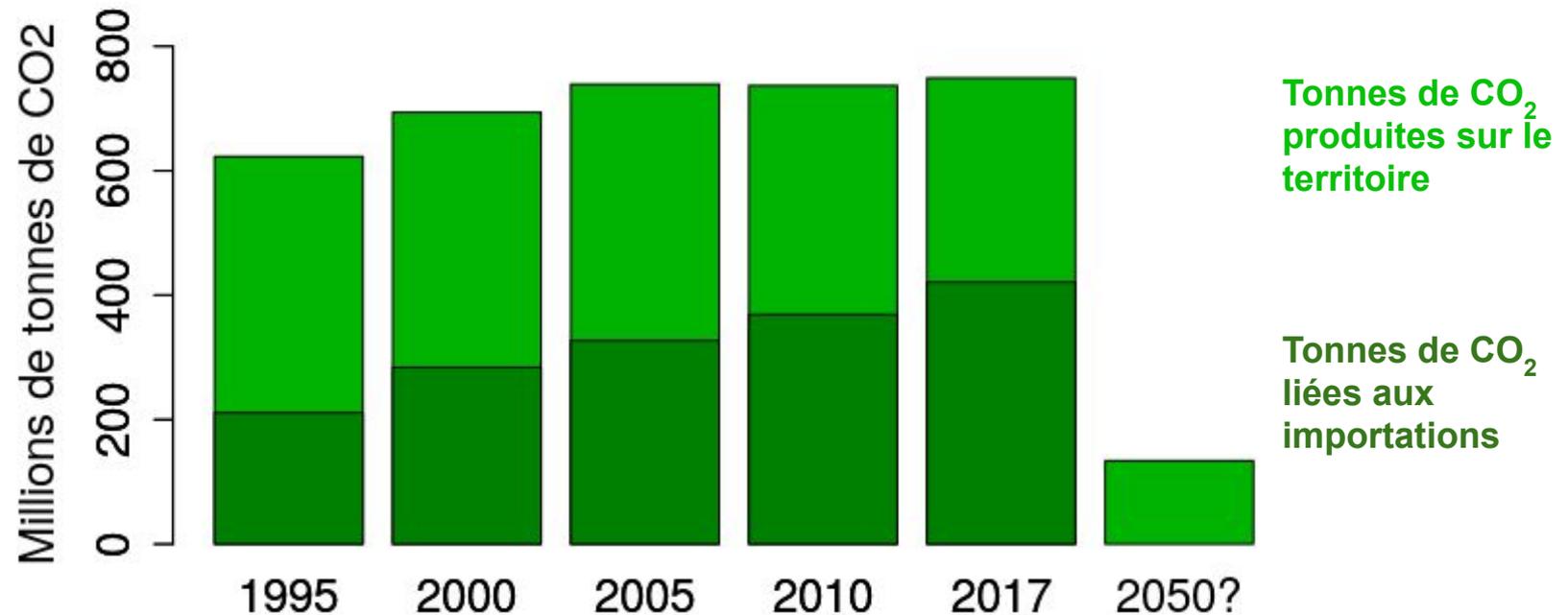
<https://www.climatmundi.fr/>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080442761501574?via%3Dihub>

Les émissions de carbone de la France ne diminuent pas



Les émissions de carbone de la France ne diminuent pas, à cause des importations



Des chercheurs qui s'engagent

WORLD SCIENTISTS' WARNING TO HUMANITY

INTRODUCTION Human beings and the natural world are on a collision course. Human activities inflict harsh and often irreversible damage on the environment and on critical resources. If not checked, many of our current practices put at serious risk the future that we wish for human society and the plant and animal kingdoms, and may so alter the living world that it will be unable to sustain life in the manner that we know. Fundamental changes are urgent if we are to avoid the collision our present course will bring about.

THE ENVIRONMENT The environment is suffering critical stress:

The Atmosphere Stratospheric ozone depletion threatens us with enhanced ultraviolet radiation at the earth's surface, which can be damaging or lethal to many life forms. Air pollution near ground level, and acid precipitation, are already causing widespread injury to humans, forests, and crops.

Water Resources Heedless exploitation of depletable groundwater supplies endangers food production and other essential human systems. Heavy demands on the world's surface waters have resulted in serious shortages in some 80 countries, containing 40 percent of the world's population. Pollution of rivers, lakes, and groundwater further limits the supply.



person in five lives in absolute poverty without enough to eat, and one in ten suffers serious malnutrition.

No more than one or a few decades remain before the chance to avert the threats we now confront will be lost and the prospects for humanity immeasurably diminished.

WARNING We the undersigned, senior members of the world's scientific community, hereby warn all humanity of what lies ahead. A great change in our stewardship of the earth and the life on it is required, if vast human misery is to be avoided and our global home on this planet is not to be irretrievably mutilated.

WHAT WE MUST DO Five inextricably linked areas must be addressed simultaneously:

1. We must bring environmentally damaging activities under control to restore and protect the integrity of the earth's systems we depend on. We must, for example, move away from fossil fuels to more benign, inexhaustible energy sources to cut greenhouse-gas emissions and the pollution of our air and water. Priority must be given to the development of energy sources matched to Third World needs—small-scale and relatively easy to implement.

LE TEMPS

SE CONNECTER SERVICES LABORATOIRES

RUBRIQUES - EN CONTINU - BLOCS - VIDEOS - MULTIMÉDIA - ÉMAGAZINE RECHERCHES

Accueil Options Appel de chercheurs à la grève climatique mondiale du 15 mars



OPINION
Appel de chercheurs à la grève climatique mondiale du 15 mars

6 Auteurs

Opinion

10 mars 2019
10 mars 2019

OPINION. Plus de 260 chercheurs suisses, français et belges dénoncent l'inaction des pouvoirs publics face au dérèglement climatique. Ils appellent à descendre dans la rue le 15 mars à l'occasion de la grève mondiale pour le climat.

Help us improve our products. Sign up to beta test.

nature > nature ecology & evolution > world view > article

a natureresearch journal

MENU

nature
ecology & evolution

World View | Published: 02 September 2019

Scientists must act on our own warnings to humanity

Charlie J. Gardner & Claire F. R. Wordley

Nature Ecology & Evolution 3, 1271–1272 (2019) | Download Citation &

29k Accesses | 1 Citations | 2096 Altmetric | Metrics >

We face interconnected planetary emergencies threatening our climate and ecosystems. Charlie J. Gardner and Claire F. R. Wordley argue that scientists should join civil disobedience movements to fight these unprecedented crises.

Labos 1 point 15



NO FLY CLIMATE SCI

Sommaire

1. Motivation : le changement climatique
2. L'empreinte environnementale de la recherche
 - a. Indirecte
 - b. Directe
 - i. Exemple de l'EPFL
 - ii. Exemple du LBBE
3. La recherche scientifique et son rôle dans la crise environnementale
 - a. Le mythe d'Icare
 - b. La chrématistique du savoir
4. Quelques exemples d'initiatives en route à l'EPFL et à Lyon

Quelle est l'empreinte environnementale de la recherche ?

Empreinte directe et empreinte indirecte :

- Directe : directement imputable à l'activité de recherche
- Indirecte : imputable à des activités hors recherche mais qui dépendent elles-mêmes de la recherche

Empreinte environnementale indirecte de la recherche

La recherche scientifique permet de découvrir de nouveaux matériaux, de nouvelles techniques. Elle est à la base de l'innovation, et contribue à créer de nouveaux besoins.

L'empreinte indirecte est difficile à estimer : quelle serait l'empreinte de l'humanité sans recherche scientifique ?

Empreinte environnementale directe de la recherche

Peu connue

Difficile à estimer car très diverse :

- Grands équipements
- Expériences en chimie/biologie moléculaire
- Expériences sur le terrain
- Calculs sur ordinateurs
- Activités normales des chercheurs (alimentation, déplacements)
- ...

Quelques exemples sont disponibles

L'empreinte de l'EPFL

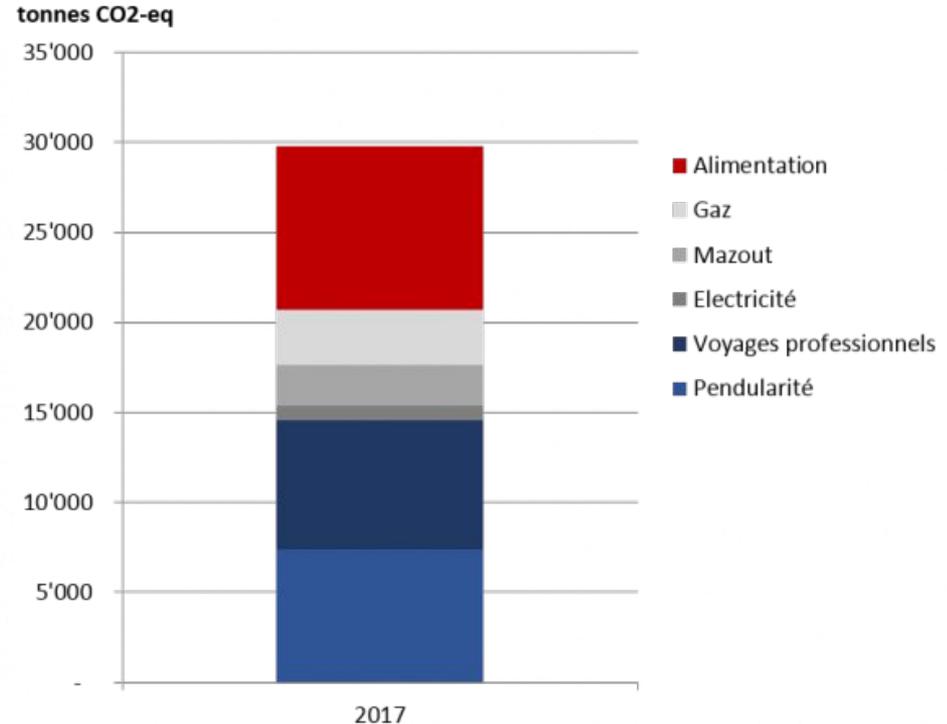
EPFL :

- 3,971 chercheurs
- 1,195 administratifs
- 10,536 étudiants

(Université Lyon 1:

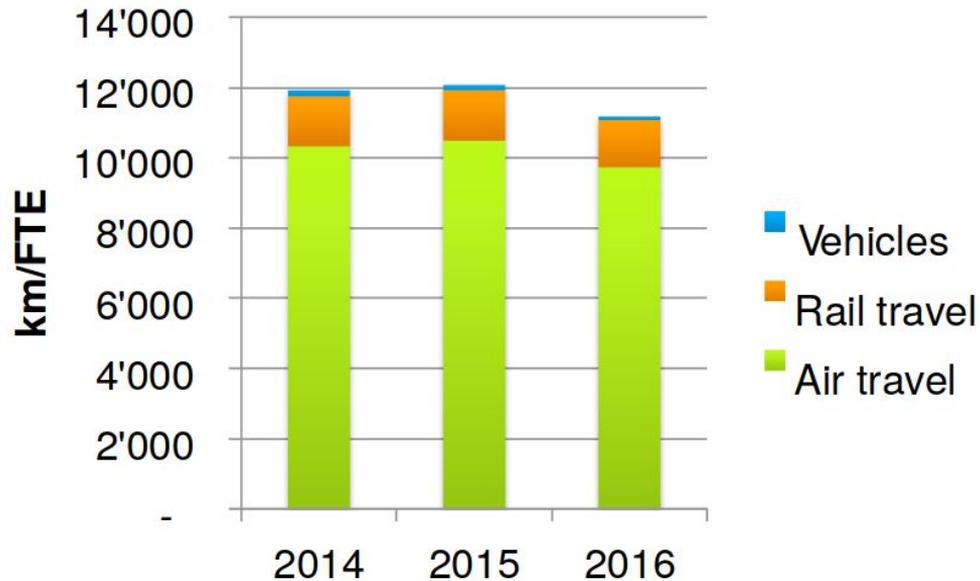
- 2,630 chercheurs
- 5,000 administratifs
- 40,000 étudiants)

(Source : wikipedia)

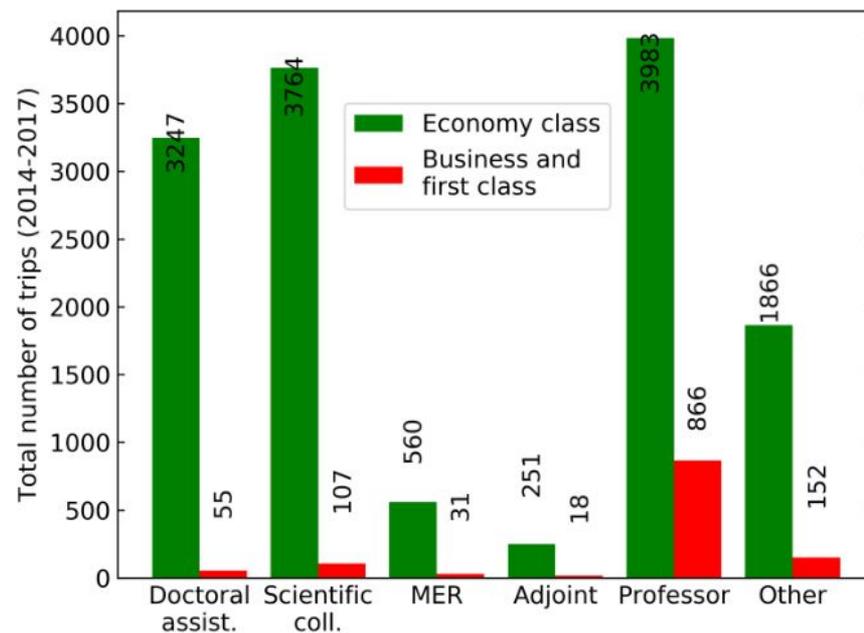
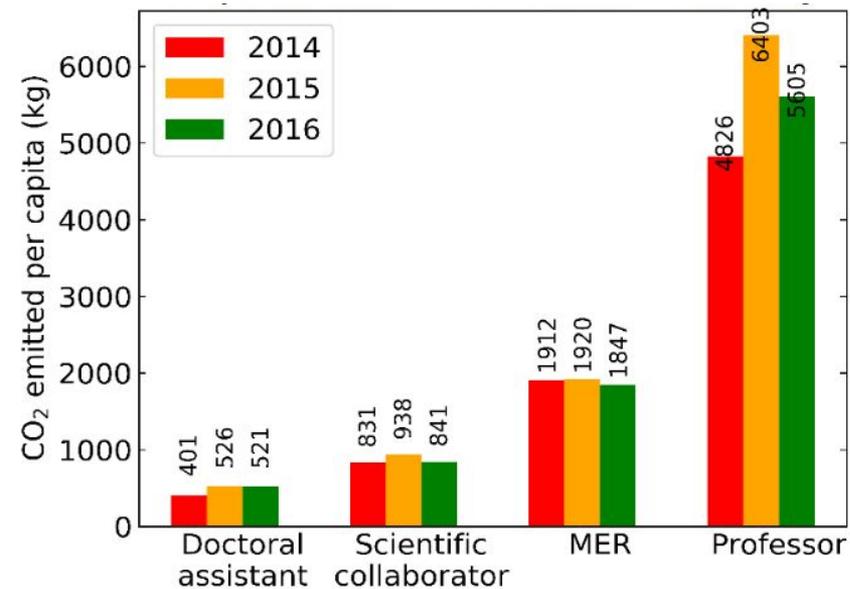


Les voyages pour le travail à l'EPFL

87 % of business travel is done by plane



Plus on est "senior" plus on voyage



LBBE-Doua : 142 personnes

- 115 Tonnes eCO₂ dues au transport en avion pour le LBBE
- 61.5 TeCO₂ pour le calcul au LBBE, hors machines personnelles
- 16.6 TeCO₂ pour l'achat d'ordinateurs individuels
- 7,2 TeCO₂ pour le chauffage
- 12.36 TeCO₂ due à sa flotte de voitures

Total : 222.6 TeCO₂ pour le LBBE,

Soit 1.57 TeCO₂ par membre du LBBE-Doua, hors alimentation, hors déplacements pendulaires, hors consommables.

Analyse (approximative) au LBBE



LBBE-Doua : 142 personnes

- 115 Tonnes eCO₂ dues au transport en avion pour le LBBE
- 61.5 TeCO₂ pour le calcul au LBBE, hors machines personnelles
- 16.6 TeCO₂ pour l'achat d'ordinateurs individuels
- 7.2 TeCO₂ pour le chauffage
- 12.36 TeCO₂ due à sa flotte de voitures

Total : 222.6 TeCO₂ pour le LBBE,

Soit 1.57 TeCO₂ par membre du LBBE-Doua, hors alimentation, hors déplacements pendulaires, hors consommables.

**Emissions durables
par personne :
2 tonnes CO₂ / an**

Sommaire

1. Motivation : le changement climatique
2. L'empreinte environnementale de la recherche
 - a. Indirecte
 - b. Directe
 - i. Exemple de l'EPFL
 - ii. Exemple du LBBE
3. La recherche scientifique et son rôle dans la crise environnementale
 - a. Le mythe d'Icare
 - b. La chrématistique du savoir
4. Quelques exemples d'initiatives en route à l'EPFL et à Lyon

Le mythe d'Icare comme allégorie de la recherche scientifique



<https://en.wikipedia.org/wiki/Icarus#/media/File:Gowy-icaro-prado.jpg>

Dédale est un célèbre ingénieur travaillant au service du roi de Crète, [Minos](#). La reine de Crète, [Pasiphaé](#), s'éprend d'un taureau blanc donné par le dieu Poséidon et demande à l'**inventeur de créer un artifice** lui permettant de s'accoupler avec l'animal sacré, requête à laquelle il accède. De cette union naît le [Minotaure](#). **Pour cacher le fruit de ce déshonneur, Dédale construit le labyrinthe** qui enferme la bête. **Dédale et son fils Icare** s'échappent de Crète grâce à [Athènes](#) et [Thésée](#), lui permettant de fuir le [labyrinthe](#) après avoir tué le Minotaure.

À cause de ses trahisons répétées, Dédale ne peut emprunter ni la voie des mers ni la voie des terres. **semblables à celles des oiseaux**...

s'approche trop près de la mer.

Il prend de plus en plus d'altitude. La chaleur fait fondre la cire jusqu'à ce que ses ailes finissent par le trahir. **Il meurt précipité dans la mer qui porte désormais son nom : la [mer Icarienne](#)**¹.

Capture du carbone ?

Géoingénierie ?

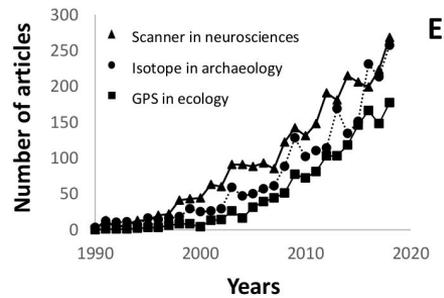
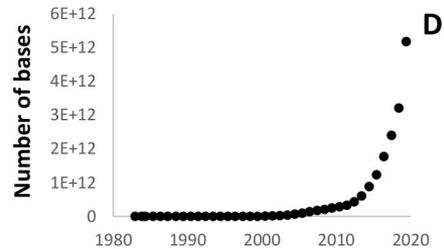
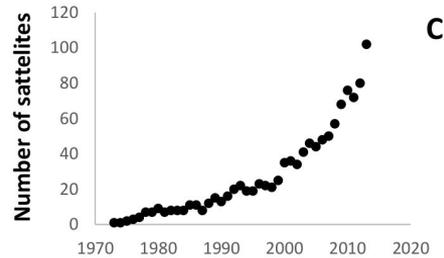
Drones pour polliniser les fleurs ?

...

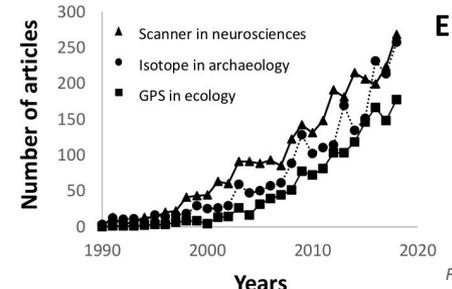
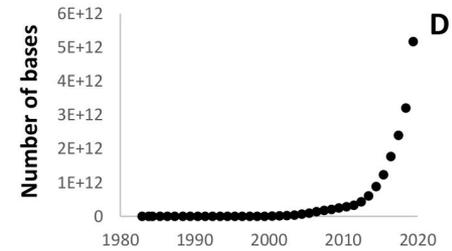
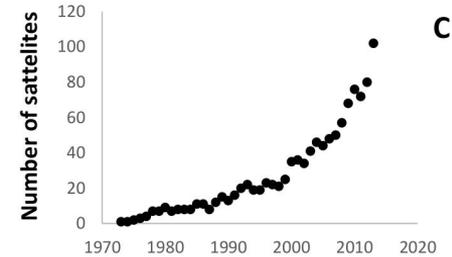
dont il est l'architecte. Ne pouvant fuir la Crète, de **fabriquer des ailes** **garde son fils**, lui interdisant de s'approcher trop près de la mer.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Icare#Mythe>

Le savoir scientifique peut-il croître sans faire croître son empreinte ?



La “Chrématisation du savoir”



Philippe et al. in prep.

Credo : Les bénéfices de la recherche sont si difficiles à anticiper qu’on cherche dans toutes les directions : on ne sait jamais d’où viendra le prochain “progrès”.

Chrématisation : l’accumulation de la monnaie pour la monnaie.

“Chrématisation du savoir” (Philippe, 2009) : serait-on en train d’accumuler les connaissances pour les connaissances ?

Est-ce que l’idée de l’infini des connaissances nous a fait croire que les ressources du monde physique sont elles aussi infinies ?

Sommaire

1. Motivation : le changement climatique
2. L'empreinte environnementale de la recherche
 - a. Indirecte
 - b. Directe
 - i. Exemple de l'EPFL
 - ii. Exemple du LBBE
3. La recherche scientifique et son rôle dans la crise environnementale
 - a. Le mythe d'Icare
 - b. La chrématistique du savoir
4. Quelques exemples d'initiatives en route à l'EPFL et à Lyon

A l'EPFL, "EPFL Sustainability"

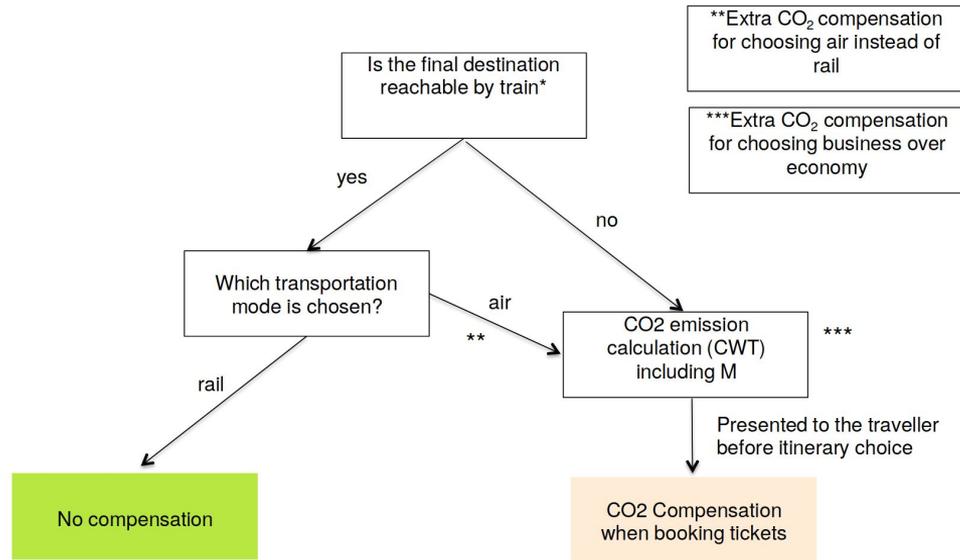


Projets phares sur le campus

- Rénovation complète de la Centrale de chauffe pour 100% d'énergie renouvelable en 2021
- Plus grand parc solaire urbain de Suisse
- Plans de mobilité pendulaire et professionnelle exemplaires
- Déploiement de la vaisselle lavable sur tout le campus
- Aménagements extérieurs labellisés pour la biodiversité
- Une communauté active au sein du programme Act for Change et des projets concrets dans Act for Change Lab

Des recommandations à suivre à l'EPFL pour les déplacements des chercheurs

Carbon footprint compensation policy



A l'université de Lyon



L'UNIVERSITÉ DE LYON, ENGAGÉE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET ÉCOLOGIQUE

L'Université de Lyon et ses membres, en partenariat avec le Crous de Lyon et avec le soutien de la Caisse des Dépôts, sont engagés collectivement pour réussir la transition énergétique et écologique du site universitaire Lyon Saint-Etienne et se mobilisent pour réduire son impact sur l'environnement.

La transition du site universitaire, en raison de ses besoins en chauffage et en électricité, des déplacements qu'il génère ou des déchets qu'il produit, est un enjeu d'importance dans la lutte contre le changement climatique du territoire.

Par sa stratégie immobilière, déployée notamment dans le cadre de Lyon Cité Campus et du Contrat de Plan État Région, qui consacre un niveau d'investissement sans précédent à la transition énergétique et écologique, l'Université de Lyon s'affirme déjà comme un acteur important de la transition énergétique du territoire régional.

Le site représente environ 500 bâtiments soit 1,4 million de mètres carrés, où sont accueillis près de 150 000 personnes, étudiants, enseignants, enseignants-chercheurs et personnels.



PARTENARIATS



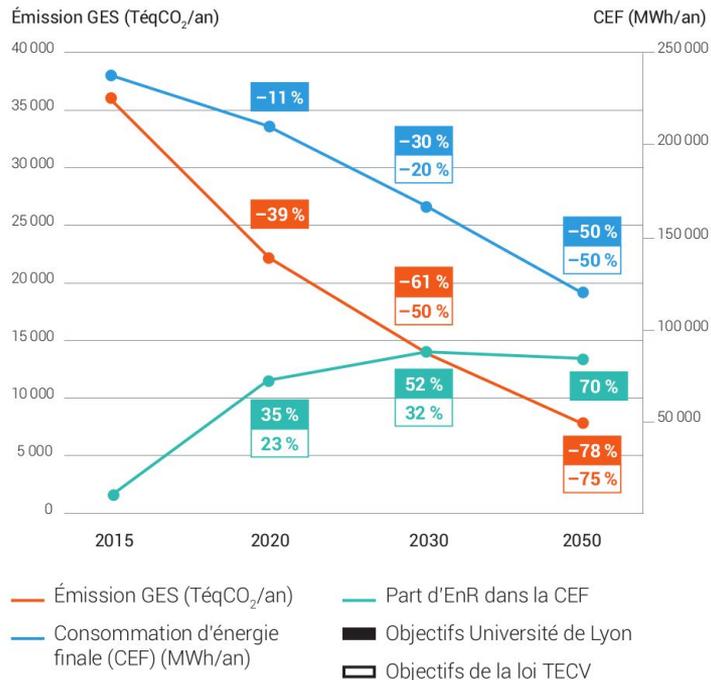
TÉLÉCHARGEMENT



LA CAMPAGNE ÉCO-GESTES



Trajectoire de l'Université de Lyon



Exemples de projets de recherche

LABEX IMU
UNIVERSITÉ DE LYON

QUI SOMMES NOUS - RECHERCHE - RELATIONS PARTENARIALES - DOMAINES D'INVESTIGATION - FORMATION - ANIMATION SCIENTIFIQUE - CAPITALISATION SCIENTIFIQUE - INTERNATIONAL - APPELS EN COURS ET BILANS

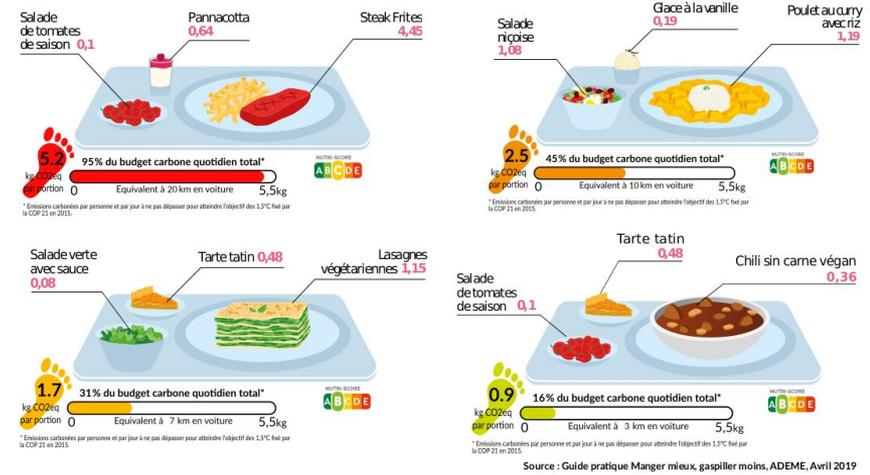
DOMAINES D'INVESTIGATION : **VILLE ET MOBILITÉ**

PROJETS : CHOISIR UN PROJET...

MOBICAMPUS-UDL - Articulier recueil de données d'enquêtes web et suivi de traces de téléphonie mobile pour comprendre et manager la mobilité des universitaires du Campus de l'Université de Lyon (2016)

- MOTS CLÉS**
- ↳ Services
 - ↳ Intégration systèmes
 - ↳ Usages
 - ↳ Climatologie
 - ↳ Publics universitaires
 - ↳ Transport
 - ↳ Usages de cycle

Comparaison de la qualité nutritive et des émissions de gaz à effet de serre (en kg équivalent CO2) de 4 menus



Affichage de l'empreinte carbone de la nourriture dans les restaurants universitaires
alimco2@univ-lyon1.fr
 Maude Gallimard et col.

Merci !

- La recherche a une empreinte directe non négligeable
- Les transports en avion en constituent une bonne partie
- Les campus universitaires cherchent à réduire leur empreinte
- Plus fondamentalement, il n'est pas interdit de réfléchir à la place et au rôle de la recherche dans notre société.



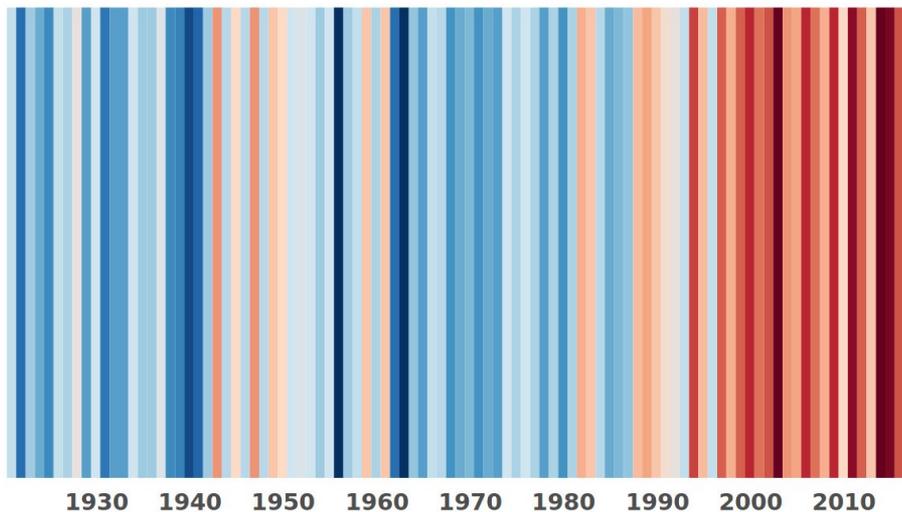
Lien vers la présentation :
<http://bit.ly/empreinterecherche>

Matériel supplémentaire

... et locale

CHOISISSEZ UNE STATION MÉTÉO : **69 - Lyon** ∨

10 °C  14 °C

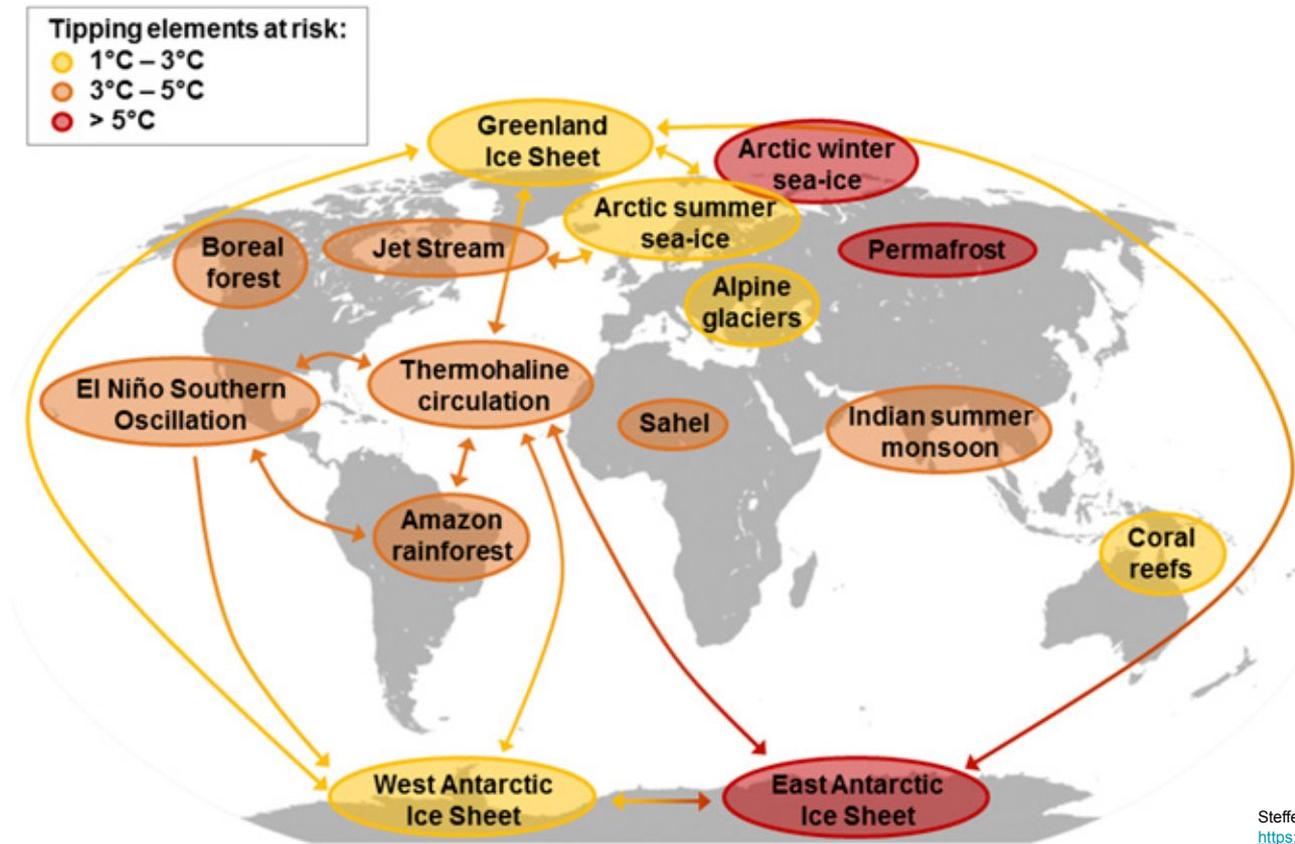


Evolution de la température par année depuis 1921

Ce que vous pensez peut-être

1. “Tout est déjà fichu”
2. “La science va nous sauver”
3. “L’Europe n’est pas responsable (mais ce sont les Etats-Unis, la Chine...)”
4. “C’est tout le système qu’il faut changer, mes actions n’ont aucune importance”

1. Tout n'est pas fichu : chaque dixième de degré compte



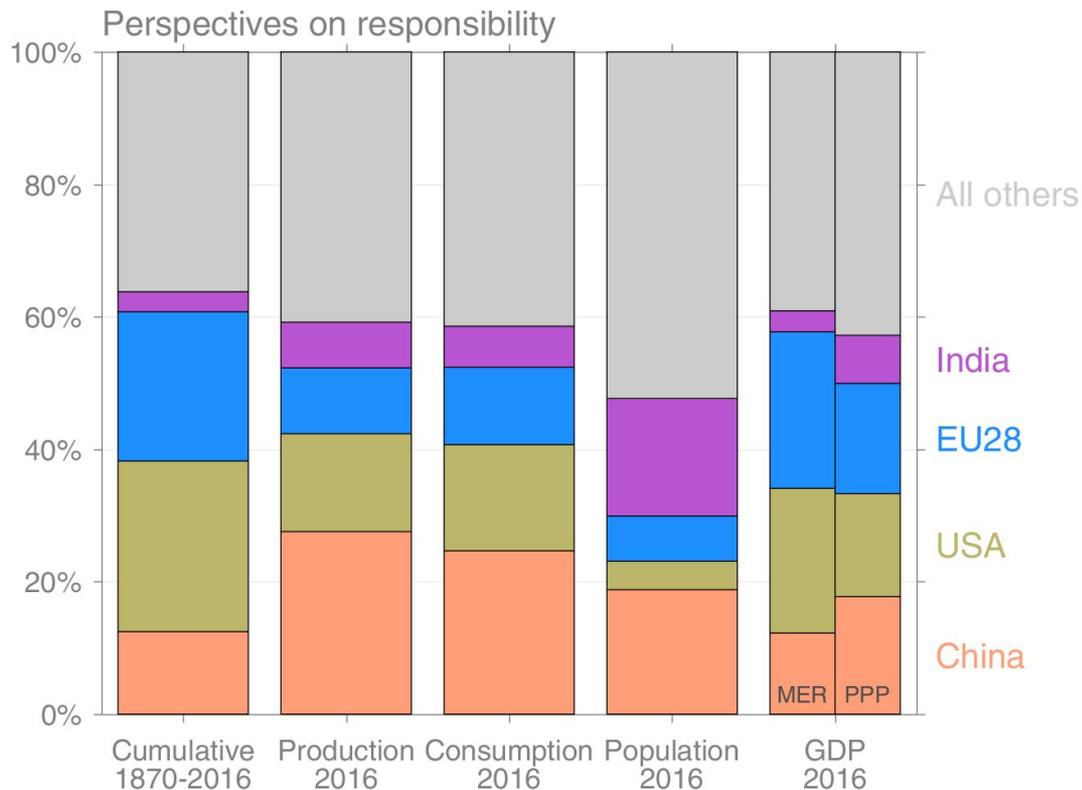
2. Il est trop risqué de croire que la science va nous sauver

Même si on trouve une technologie révolutionnaire, il sera très compliqué de la déployer à une échelle suffisante rapidement

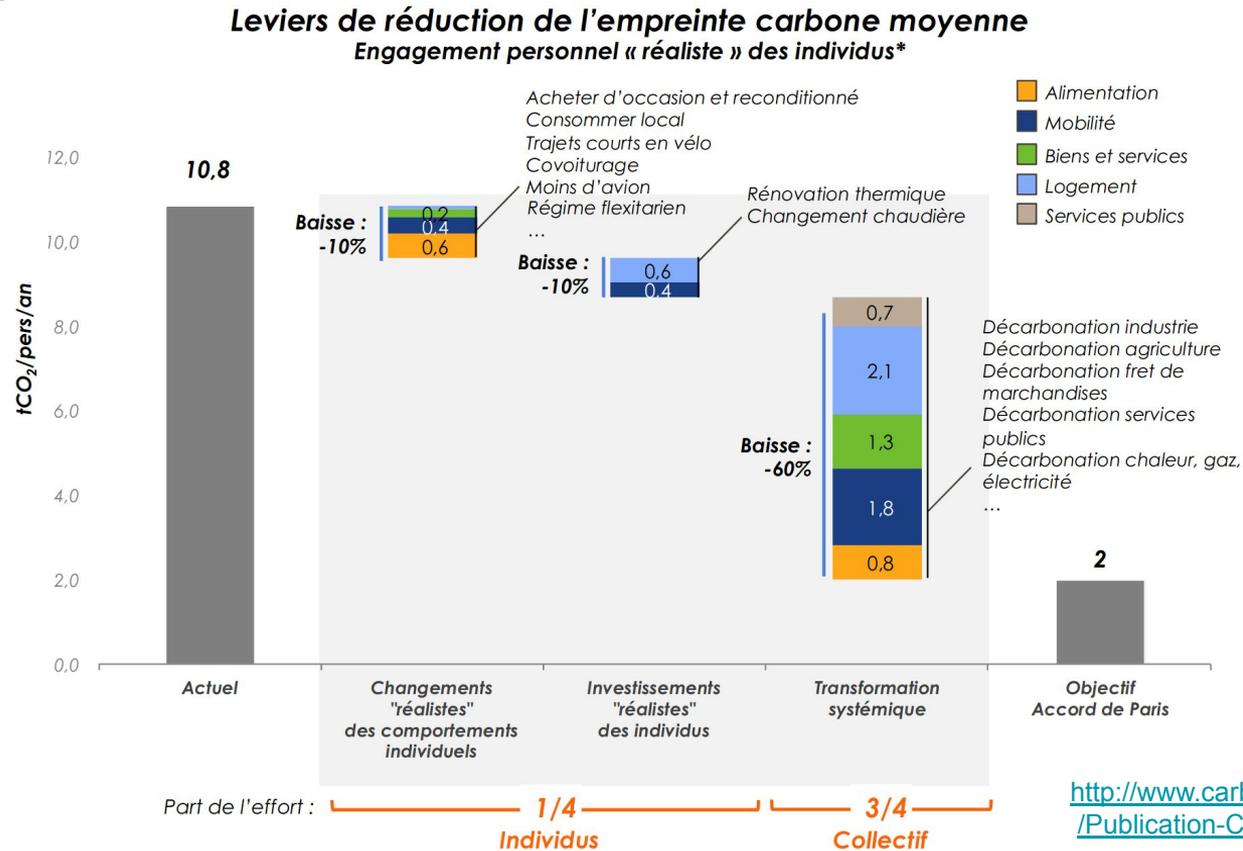
Exemple : la capture du CO₂:

- Capture du CO₂ à la sortie des usines
- Bioénergie couplée à la capture du CO₂ produit } Requierit **25-80%** des terres agricoles
- Reforestation
- Capture du CO₂ dans l'air } Requierit **8 à 29%** de l'énergie mondiale produite en 2013

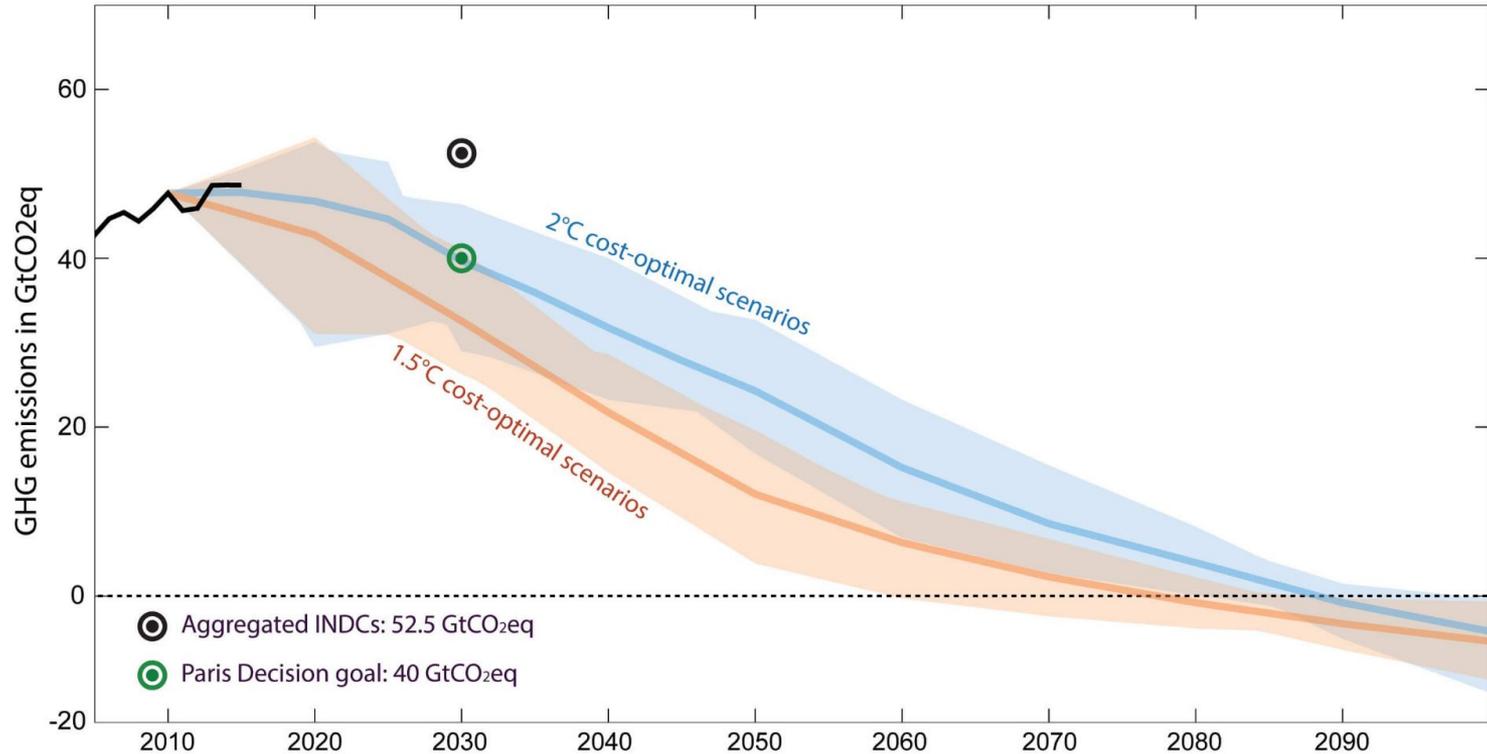
3. L'Europe est responsable d'importantes émissions de gaz à effet de serre



4. Il faut changer à la fois le système et son comportement

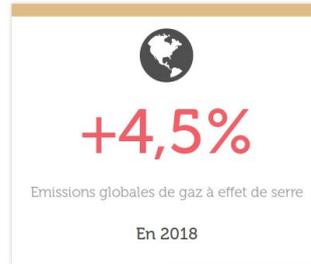


Les accords de Paris, 2015



Range and average of global cost-optimal emissions scenarios, including land-use and bunker emissions, consistent with the Paris Agreement goals.

La France ne tient pas ses engagements, tout comme le reste du monde



Notre mode de vie va changer

COMMENT S'ALIGNER SUR UNE TRAJECTOIRE

1,5°C?
GLOBAL WARMING

- 63% d'émissions de CO2 entre 2017 et 2030

Mobilité -76%



- . Interdiction de vendre des véhicules neufs pour un usage particulier dès maintenant
- . Réduction de 5 % par an des kilomètres parcourus par les particuliers
- . Interdiction des voitures thermiques en centre urbain en 2024, les voies urbaines étant dédiées aux vélos
- . Généralisation du télétravail 2 jours par semaine à partir de 2025 pour tout salarié habitant à plus de 10 km de son travail

TRAJETS EN VOITURE /2

TRAJETS EN TRANSPORTS EN COMMUN X2

TRAJETS EN VÉLO X6

Résidentiel -74%



- . Interdiction du chauffage au fioul en 2026
- . Les constructions neuves sont exclusivement de l'habitat collectif avec une surface max. par habitant de 30 m²
- . En 2025, couvre-feu thermique entre 22h et 6h pour atteindre une température moyenne de 17° C dans les logements
- . Instaurer une taxation progressive pour décourager de consommer plus de 3 à 4 kWh d'électricité par jour

Biens et services -73%



- . Normalisation de la location
- . Interdiction de la publicité en ligne intégrée aux sites internet
- . Le flux vidéo consommé doit être divisé par trois d'ici 2030
- . Limitation à 1 kg de vêtements neufs mis sur le marché par an et par personne dès 2022
- . Relocalisation de la production

Vols -72%



- . Suppression des vols intérieurs disposant d'une alternative par la route ou le fer en moins de 4h dès 2022
- . Interdiction de tout vol hors Europe non justifié dès 2020
- . Autorisation de deux vols aller/retour long courrier par jeune de 18 à 30 ans
- . Instauration d'une loterie nationale distribuant 500 000 vols par an

Alimentation -58%

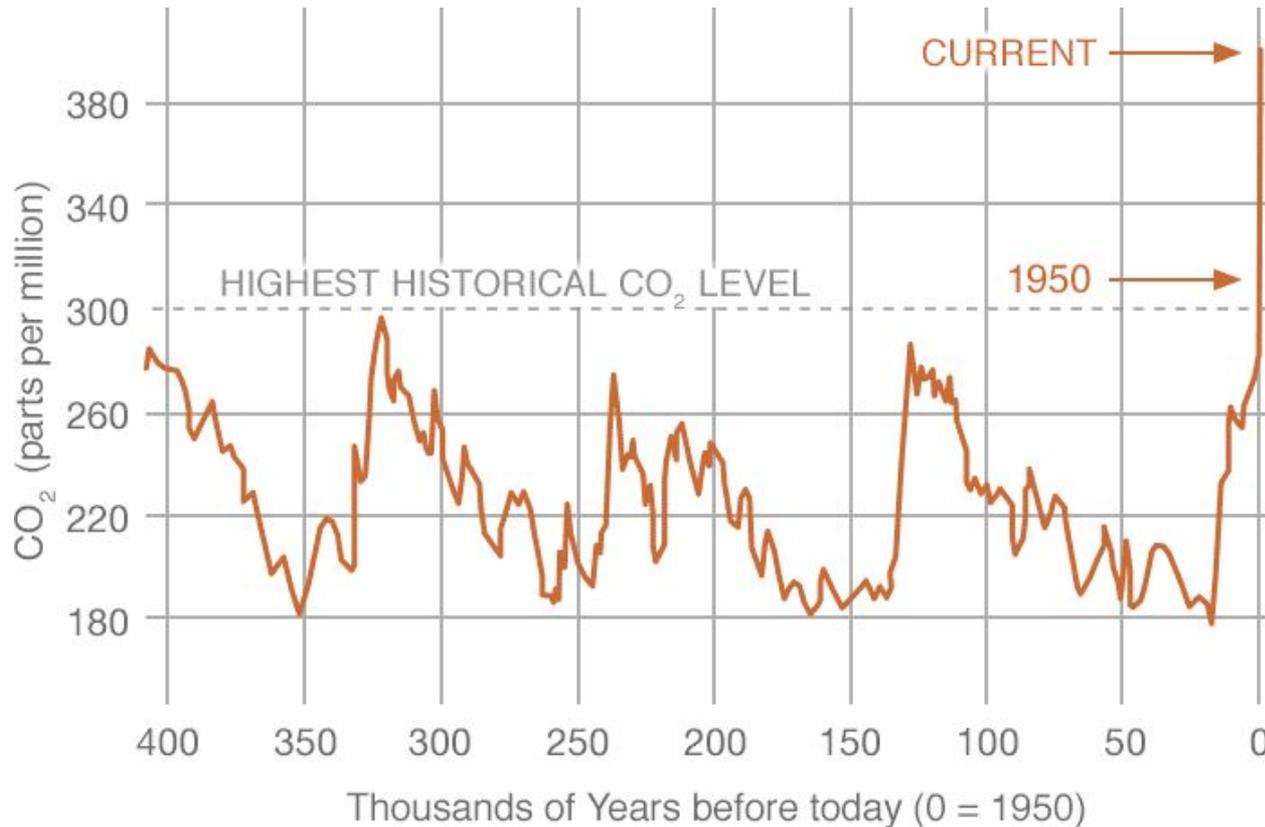


- . Toute parcelle de jardin doit devenir productive
- . Interdiction du labour profond
- . La consommation de viande doit passer de 90 kg à 25 kg par personne et par an
- . Interdiction progressive des produits transformés substituables
- . Instauration de quotas sur les produits importés (café, chocolat, thé, fruits exotiques...)
- . Le nombre d'agriculteurs doit être multiplié par deux d'ici 2030 et les parcelles en bio multipliées par cinq

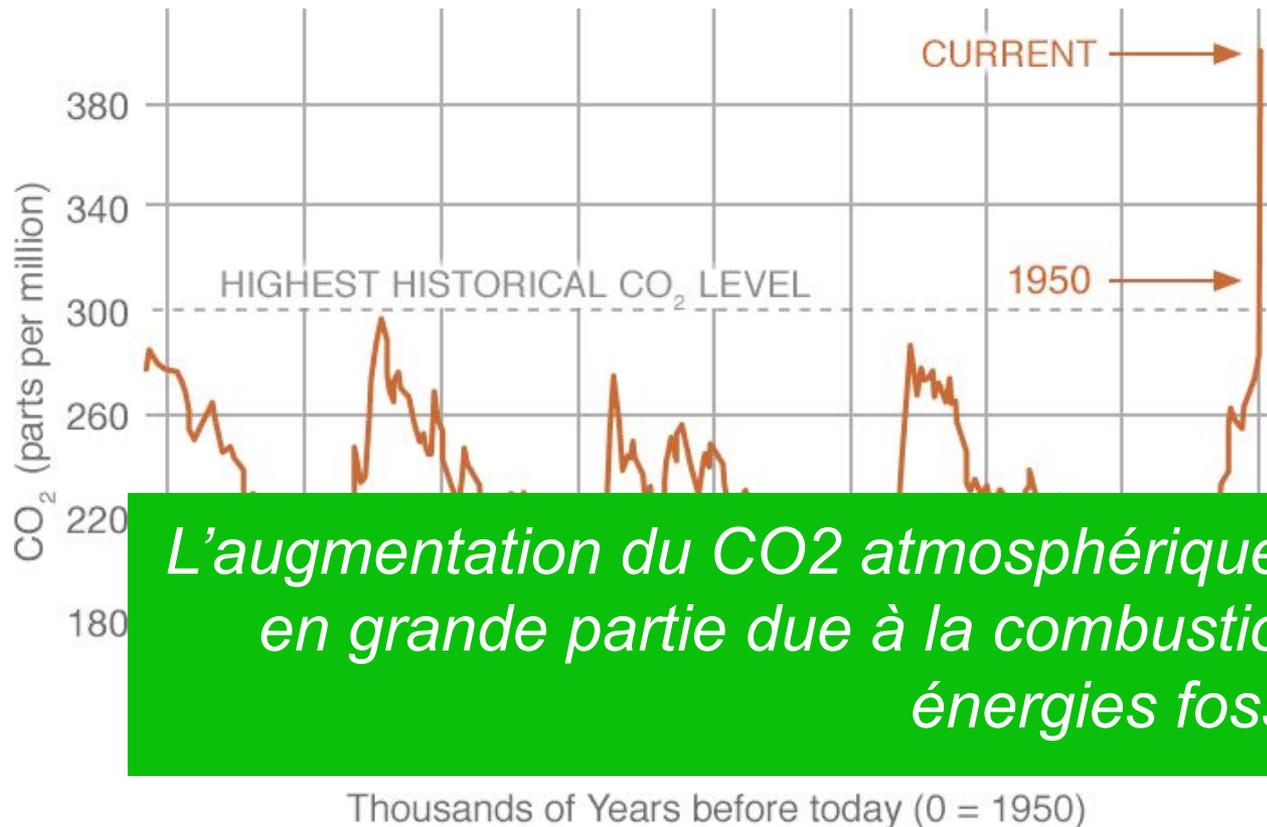
Source : étude B&L Evolution (décembre 2018)
Réalisation : Conception Alvarez

novethic.fr

Le changement climatique est lié au CO₂ atmosphérique



Le changement climatique est lié au CO₂ atmosphérique



L'augmentation du CO₂ atmosphérique est en grande partie due à la combustion d'énergies fossiles

De nombreuses activités génèrent des gaz à effet de serre (CO₂)

Paire de baskets : ~15-20kgs

Smartphone : 50-100 kg

Belkhir et Elmelighi, 2017

Steak 100g: >5kgs de CO₂ ; **3 steaks par semaine : ~0.8 tonne/an**

Poore et Nemecek 2018

Nouvelle Citroën C1 : ~6 tonnes

<https://www.theguardian.com/environment/green-living-blog/2010/sep/23/carbon-footprint-new-car>

1 km en voiture neuve : ~118g CO₂. → **13000km/an : 1.56 tonne/an**

1 aller-retour Paris-Barcelone en avion : ~0.4 tonne

<https://www.climatmundi.fr/>

Chauffage : ~1.5 tonne/an

1 tonne de ciment : 900kgs

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080442761501574?via%3Dihub>

Du pétrole et des énergies fossiles partout

- Transport
- Chauffage
- Electricité
- Construction : on émet 900kg de CO₂ par tonne de ciment
- Plastiques
- Lubrifiants
- Médicaments (99% des matières premières issues du pétrole)
- Agriculture : machines agricoles, pesticides, herbicides, engrais dépendent d'énergies fossiles. 1 calorie de nourriture requiert entre 7 et 10 calories fossiles !

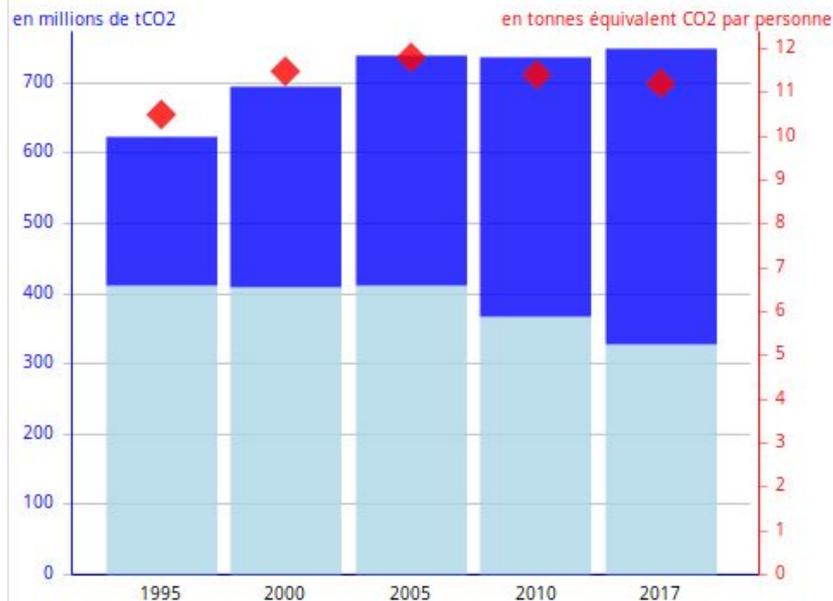
Il faut utiliser de l'énergie pour extraire de l'énergie



L'empreinte carbone des Français ne diminue pas

Émissions de gaz à effet de serre selon l'approche empreinte carbone

- ◆ Empreinte carbone par personne
- Émissions associées aux importations
- Émissions du territoire métropolitain¹



Qu'est-ce qu'un mode de vie durable ?

Un mode de vie qui peut être gardé pendant longtemps.

Une génération qui vit de façon durable permet aux générations futures d'avoir le même mode de vie.

Gestion durable:

- Des ressources : eau, pétrole, métaux, bois, terres, poissons, gibier...
- **Du climat**

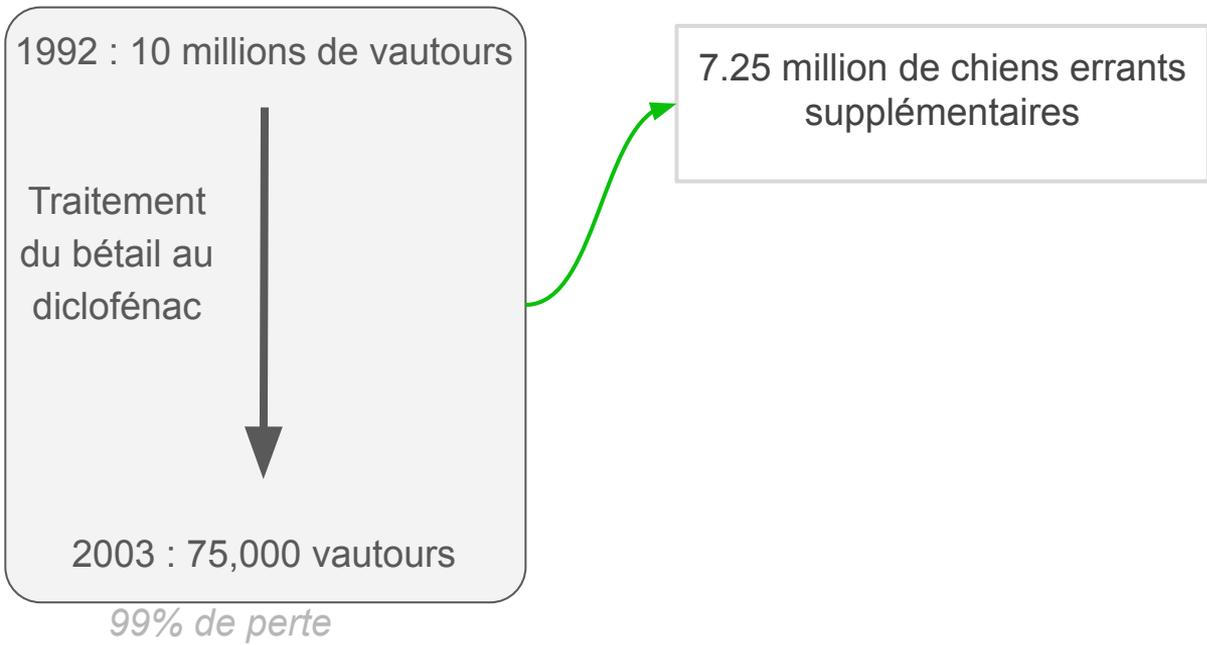
Vautours en Inde et services éco-systémiques



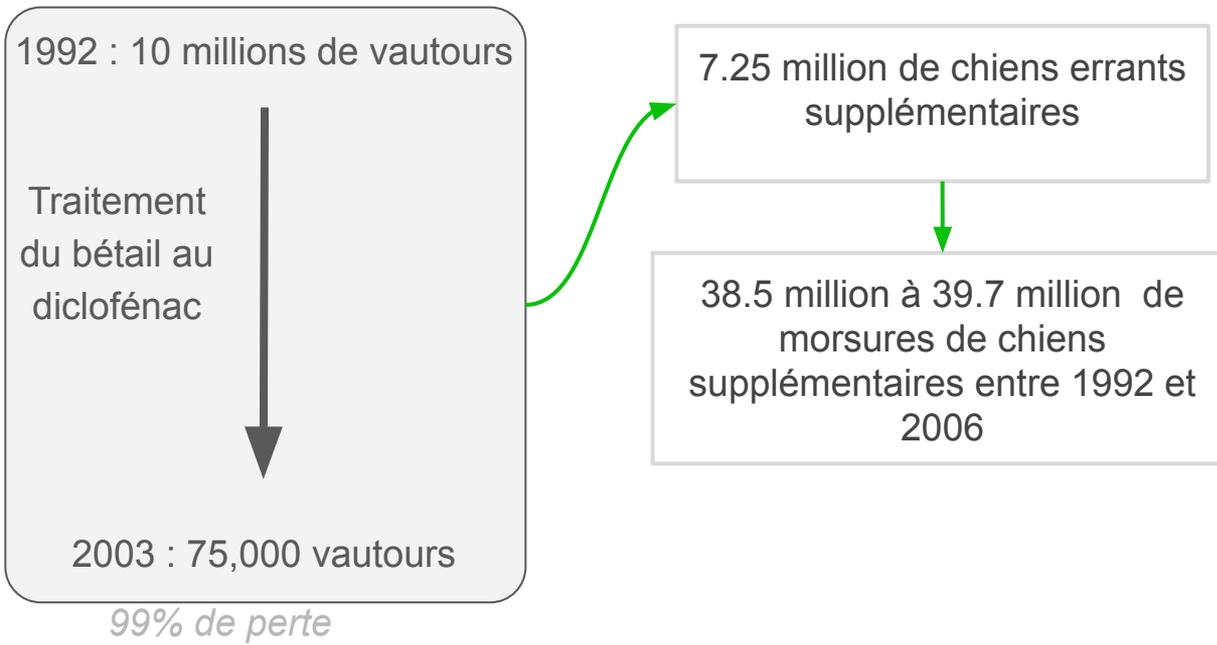
Vautours en Inde et services éco-systémiques



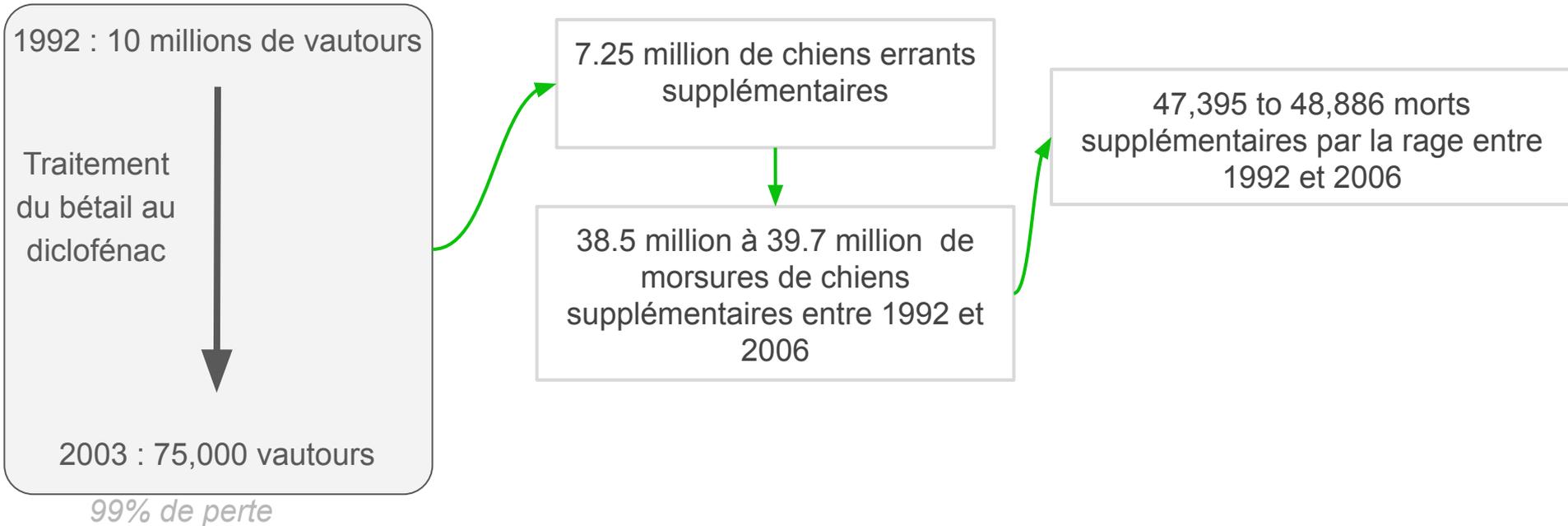
Vautours en Inde et services éco-systémiques



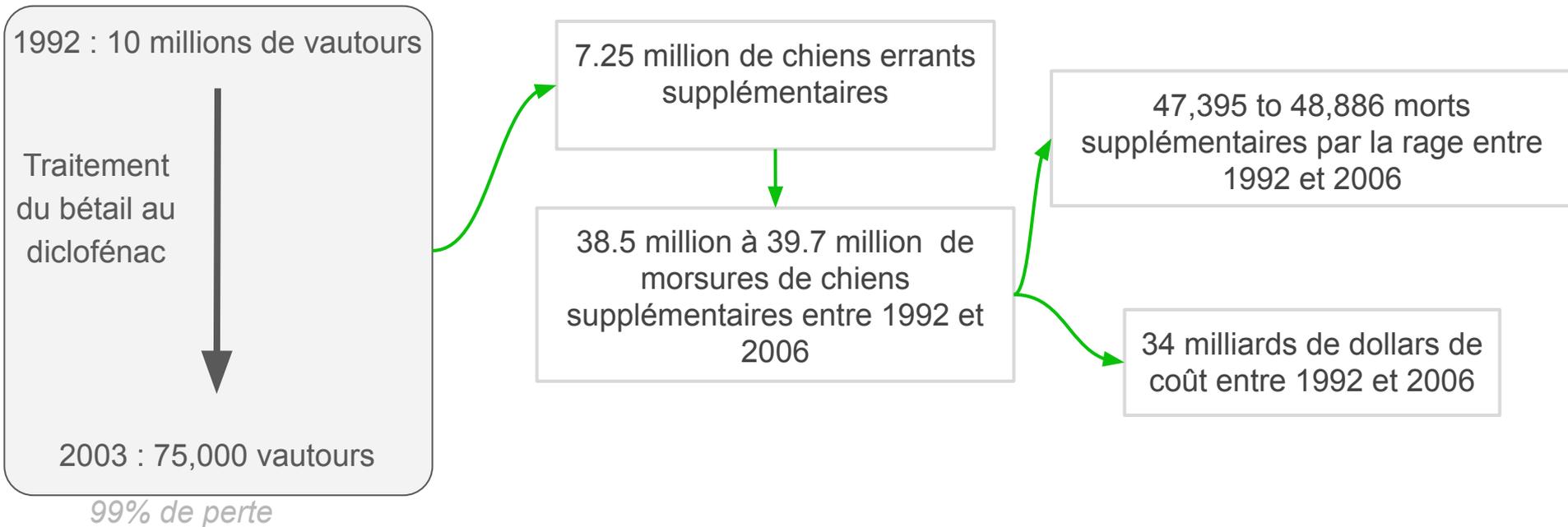
Vautours en Inde et services éco-systémiques



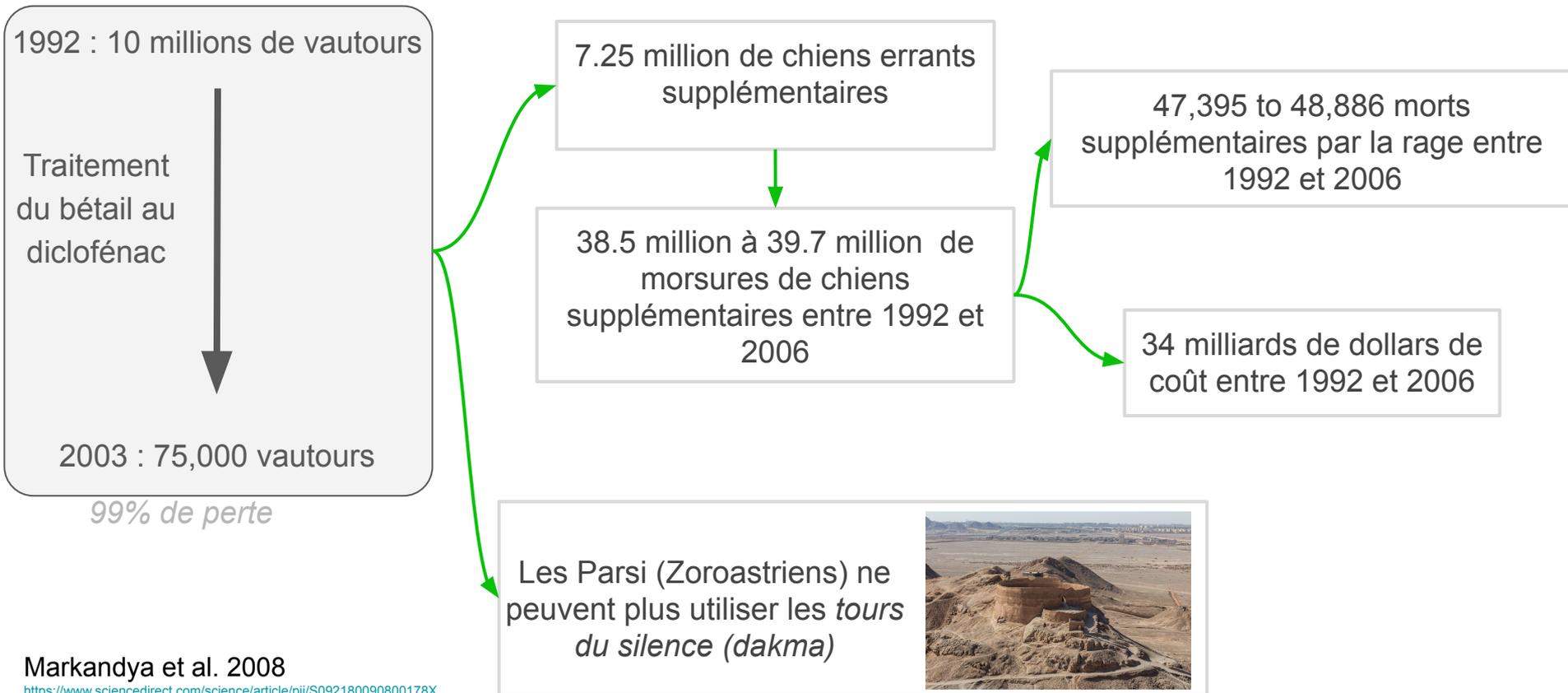
Vautours en Inde et services éco-systémiques



Vautours en Inde et services éco-systémiques



Vautours en Inde et services éco-systémiques



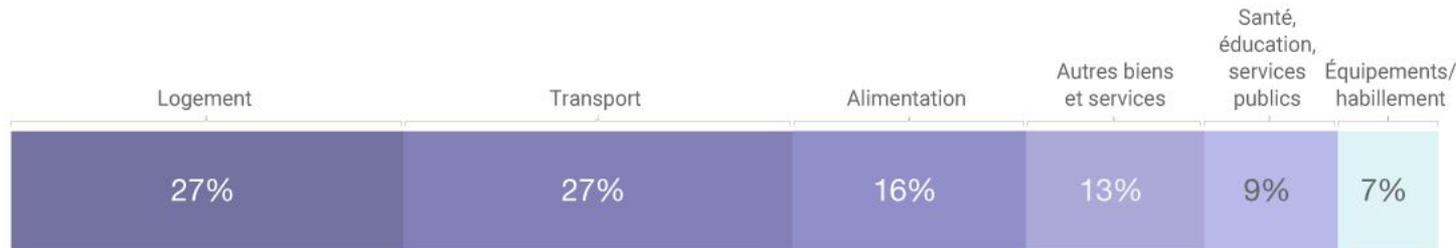
Que faire ?

Accepter la magnitude des changements à opérer :

Budget annuel par personne pour limiter le réchauffement à 2°C : **~2 tonnes de CO₂ par an.**

Un Français, aujourd'hui : **~10 tonnes de CO₂ par an.**

L'empreinte carbone des Français par poste de consommation



Note : empreinte calculée pour les trois principaux gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O), selon la nouvelle méthodologie 2017.

Sources : AIE, Citepa, Douanes, Eurostat, Insee

<https://www.connaissancedesenergies.org/les-chiffres-cles-sur-votre-impact-environnemental-171019>