



**Le Mans  
Université**

Notre ambition,  
c'est vous.

# UEO « Limites planétaires et risques d'effondrement »

Dominique Py

2022-2023

# Plan de l'UEO

- I. Les limites de la planète
- II. L'effondrement des sociétés complexes
- III. Fausses solutions et vrais blocages**
- IV. Se préparer et s'adapter

+ intervention SNE sur les déchets et leur gestion

# III Fausses solutions et vrais blocages

## 1. Fausses solutions

1. Climat
2. Énergie
3. Croissance verte, développement durable, économie circulaire...
4. Éco-citoyenneté et « gestes verts »

## 2. Vrais blocages

# 1. Climat

## **Géo-ingénierie, ou ingénierie du climat:**

intervenir volontairement à grande échelle sur le système climatique pour contrer ou atténuer le réchauffement

Deux familles de méthodes:

- Capture du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère
- Réduction du rayonnement solaire reçu

# Quelques exemples de géo-ingénierie

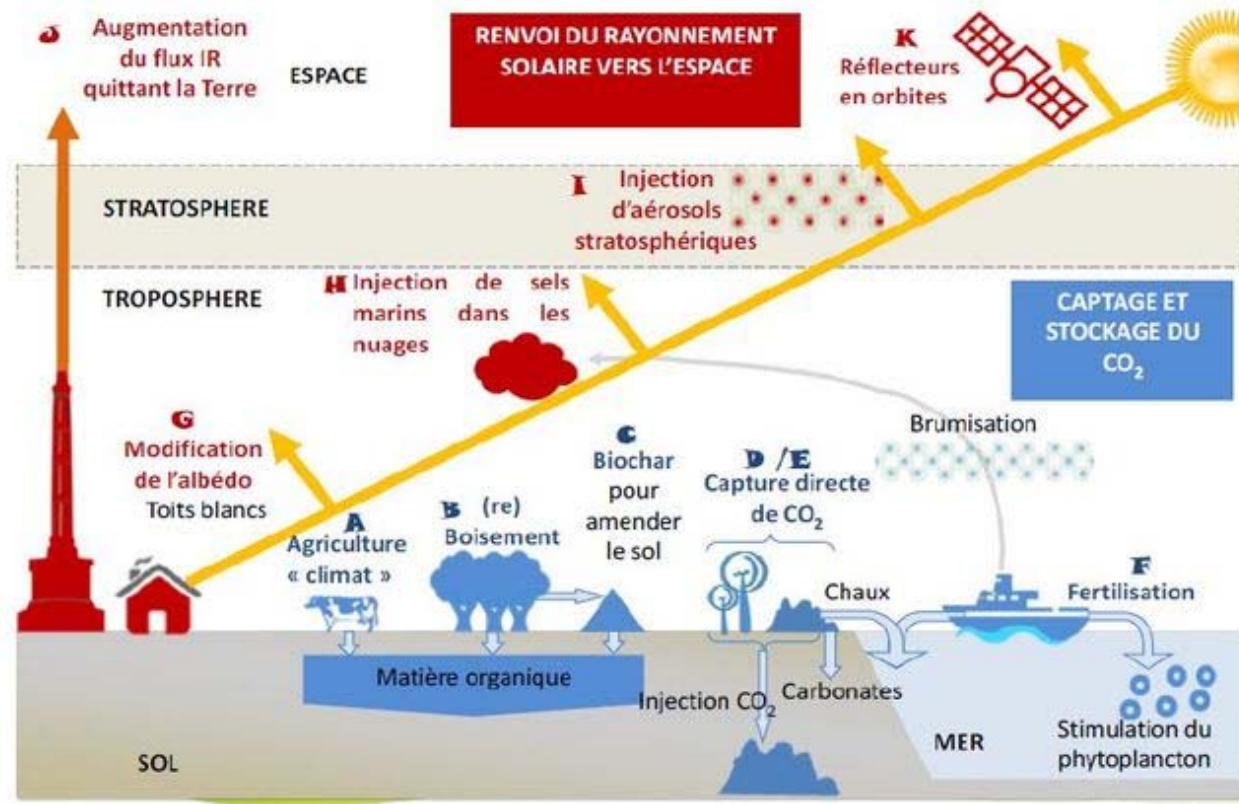


Figure 7.2 - Les principaux concepts de la géo-ingénierie du climat. La figure ci-dessus présente les principaux concepts de la géo-ingénierie du climat. Les voies de captation et de stockage du CO<sub>2</sub> atmosphérique (en bleu) sont différenciées des voies de gestion de l'équilibre radiatif de la planète, en particulier via le rayonnement solaire (en rouge). D'après de Guillebon et al., 2014 [54].

# Où est stocké le carbone?

Réservoir de carbone	Montant stocké à l'ère préindustrielle (gigatonnes)	Evolution depuis l'ère préindustrielle (gigatonnes)
Atmosphère	590	+ 219
Terre (sols, végétation)	3 800	- 16
Carbone fossile	> 6 000	- 363
Océans	38 000	+ 160

# Capture du carbone

- Ensemencer les océans avec du fer
  - Stimuler la croissance du plancton en déversant de la poussière de fer
- Injecter de la chaux dans les océans
  - Ralentir l'acidification en dispersant de la chaux (CaO) ou de la poussière calcaire
- Accélérer l'érosion des roches
  - Pulvériser des roches afin qu'elles absorbent le CO<sub>2</sub> de l'air (2 t. de roches pour 1 t. de CO<sub>2</sub>)
- Puits de carbones: arbres, sol, algues
  - Plantations, fabrication de biochar, cultures d'algues
- Capture et stockage du CO<sub>2</sub> (CSC)

# Réduction du rayonnement solaire

- Éclaircir les nuages marins avec des gouttelettes d'eau
  - Augmenter le pouvoir de réflexion des nuages et projetant des gouttelettes d'eau en altitude
- Modifier les cirrus par injection de produits chimiques (*chemtrails*)
  - Réduire la surface des cirrus qui retiennent la chaleur
- Pulvériser du soufre dans la haute atmosphère
  - Augmenter la réflexion de l'énergie solaire au niveau de la stratosphère
- Créer un parasol spatial
  - Placer des réflecteurs en orbite autour de la Terre



# Limites et critiques

Certains scientifiques et industriels promeuvent la géo-ingénierie et le GIEC l'inclut dans ses scénarios « bas carbone » mais

- La plupart des techniques sont spéculatives
- Quels financements?
- Quelle gouvernance mondiale?
- Impossible d'expérimenter en vraie grandeur
- Risque de réactions imprévues du système
- Nécessité de la maintenir indéfiniment
- Décourage les efforts de réduction d'émissions
- Fuite en avant technologique

# Capture et stockage du CO2 (CSC et CSUC)

Techniques soutenues par les industries fossiles qui leur ont consacré beaucoup de recherche-développement et de lobbying depuis une trentaine d'années

- Principe
  - capturer le CO2 émis dans l'installation industrielle
  - le transporter et le stocker dans le sous-sol
  - ou bien le réutiliser dans l'industrie ou l'extraction pétrolière (bilan parfois négatif!)
- Difficultés
  - applicable uniquement à de grosses installations (trois sites potentiels en France)
  - coût financier élevé, nécessite des subventions publiques
  - très consommateur en énergie (~25% de plus)
  - construction de gazoducs pour le transport
  - disponibilité des sites de stockage stables, acceptation sociale

Très peu développé (~20 installations au niveau mondial), résultats dérisoires sur les émissions, beaucoup d'abandons faute de rentabilité

Or, tous les scénarios « optimistes » du GIEC et les stratégies « neutres en carbone » à l'horizon 2050 reposent sur le *déploiement massif* de cette technologie

# 1. Climat

Développer l'énergie nucléaire, moins carbonée que les énergies fossiles (4 g. eq CO<sub>2</sub>/kWh selon EDF)

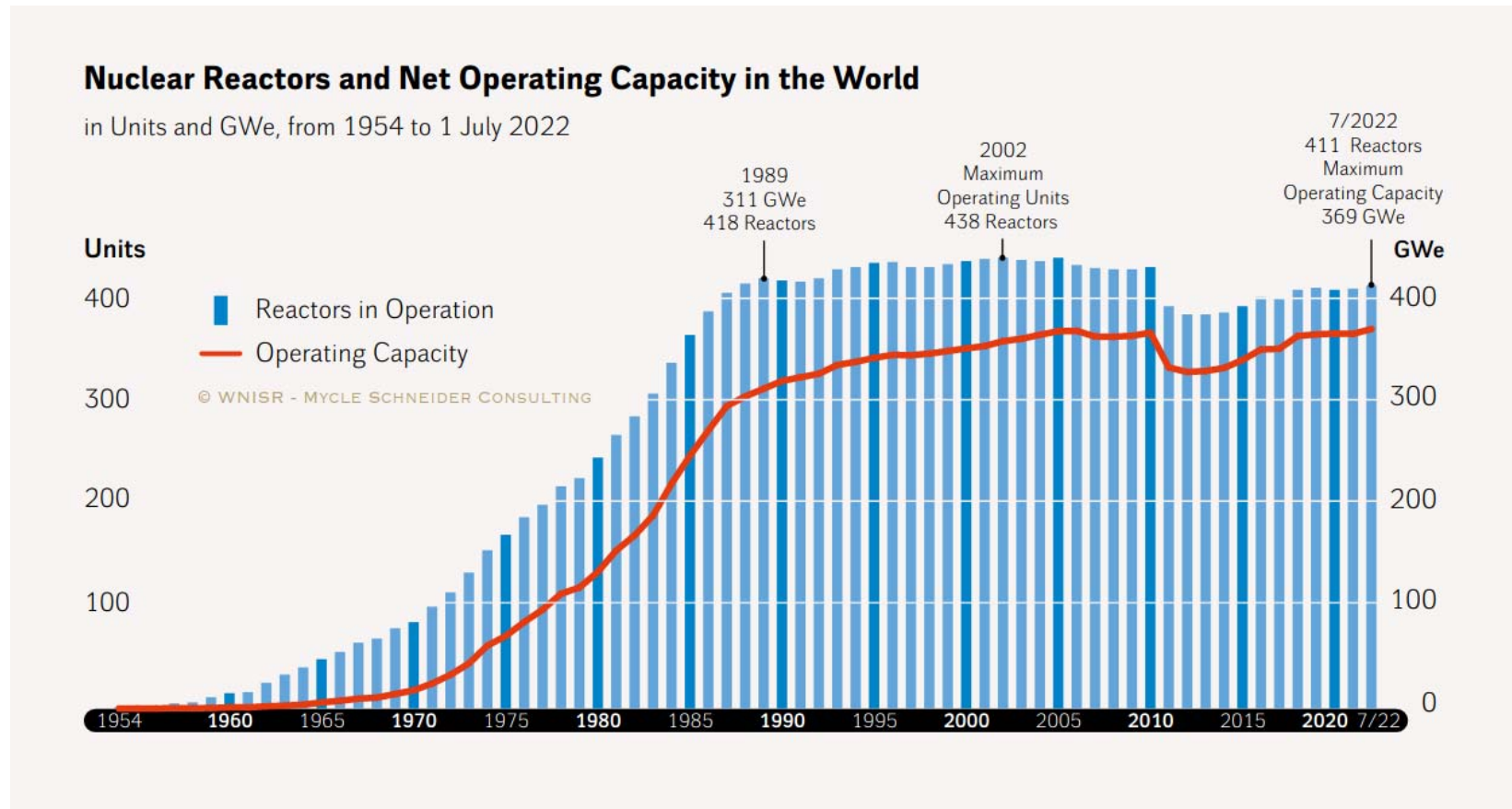


Réacteurs nucléaires en activité (Wikipédia, données 2015) <sup>11</sup>

# Limites

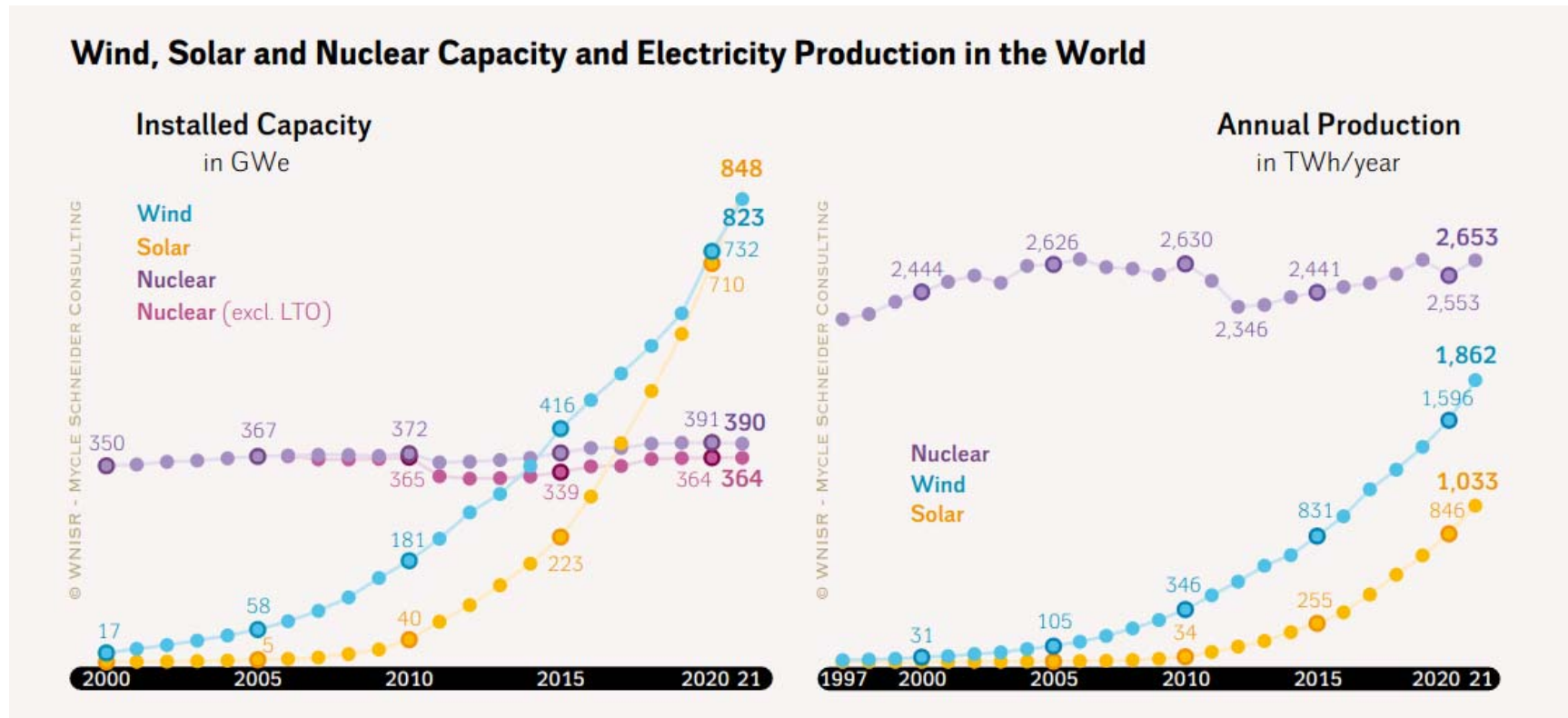
- Sur l'ensemble du cycle de vie, l'énergie nucléaire émet du CO<sub>2</sub> (au niveau mondial, 66g. eq CO<sub>2</sub> / kWh en moyenne)
- « Substitut » au charbon et au gaz, pas au pétrole
- Uranium: ressource non renouvelable
- Faible part du nucléaire dans le mix électrique mondial (~10%)
- Technologie complexe qui ne peut pas être déployée dans tous les pays
- Coûts de plus en plus élevés et rentabilité incertaine
- Vieillesse et diminution du parc en Europe, stagnation du nucléaire dans le monde

# Nombre de réacteurs en activité



(World nuclear industry report 2022)  
<https://www.worldnuclearreport.org/>

# Capacité installée et production: nucléaire vs éolien et solaire



(World nuclear industry report 2022)  
<https://www.worldnuclearreport.org/>

## 2. Énergie

Les énergies fossiles **non conventionnelles** (pétrole offshore, sables bitumineux, gaz ou pétrole de schiste...)

- Insuffisantes pour compenser le déclin
- Coûteuses à extraire, peu ou pas rentables
- Coût environnemental et fortes émissions GES

La plupart des sources ou techniques **alternatives aux fossiles** se heurtent à un ou plusieurs problèmes liés au:

- Taux de retour énergétique (TRE) et rentabilité
- Déploiement industriel
- Passage à l'échelle, généralisation

# Éolien et solaire

- L'énergie du vent et du soleil est renouvelable... mais pas sa transformation en électricité, ni sa distribution
- « Énergie grise » et pollutions dues à la fabrication, au transport et au démantèlement, impacts sur la biodiversité
- Durée de vie des installations
  - 15-20 ans pour une éolienne
  - 20-25 ans pour un panneau photovoltaïque
- Métaux nécessaires pour améliorer les performances
- Recyclage très imparfait
- Production intermittente qui nécessite des capacités de stockage ou des interconnexions et des réseaux intelligents (*smart grids*) gourmands en métaux







# Véhicules électriques

- L'autonomie est limitée par la taille et le poids des batteries
- Le temps de recharge est long (10h) ou réclame beaucoup de puissance (600 kW) et une borne coûteuse
- Les batteries nécessitent des métaux rares (lithium, cobalt, nickel, manganèse)
- L'industrie n'est pas en mesure de produire assez de batteries au rythme nécessaire (et combien de cycles?)
- Quelques chiffres:
  - Parc mondial: ~ 1 milliard de voitures
  - Taux de renouvellement: ~ 10% par an
  - Véhicules électriques en Europe: ~ 12% des ventes (2022)
- Avions, cargos, engins de chantier: stade du prototype

NB: le plastique représente la moitié du volume d'une voiture, les revêtements routiers consomment 100 millions de tonnes de bitume par an.

# Les limites de l'électrification

- Électricité mondiale =  $\sim 70\%$  d'énergies fossiles
- Les sources renouvelables ont aussi leurs limites: intermittence (éolien, solaire) , matières premières (bois, métaux), sites favorables (hydroélectrique, éolien)
- Problèmes de stockage: l'électricité est un flux, pas un stock
- Capacité et couverture des réseaux de distribution

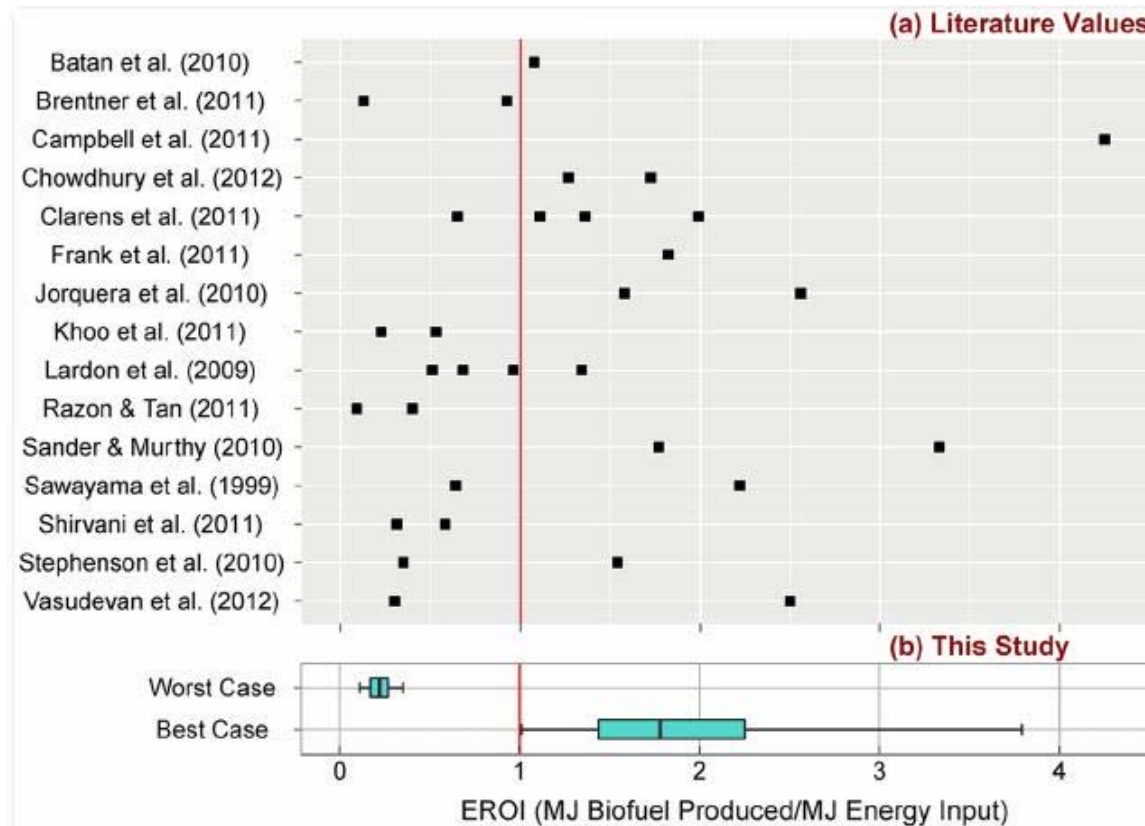


# Agrocarburants



- Deux filières principales:
  - Huile (diester): tournesol, colza, palme...
  - Alcool (éthanol): canne à sucre, maïs, blé...
- Taux de retour énergétique (TRE) très faible
- Concurrence avec les cultures alimentaires
- Impact sur biodiversité, déforestation, pesticides
- Développement en raison de politiques de soutien volontaristes (réglementation, défiscalisation) mais peu ou pas rentable

# Taux de retour énergétique des pétroles à base d'algues



Les agrocarburants à base d'algues sont coûteux, complexes à produire et leur TRE est trop faible pour présenter un intérêt

# Hydrogène (H)

- Un gaz industriel produit à partir de gaz ou charbon (pas de gisements naturels), qui sert au raffinage du pétrole et à la production d'ammoniac
- Il permet de produire de l'électricité efficacement via une pile à combustible ( $H + O_2 \rightarrow H_2O$ )
- Une solution pour décarboner les transports?

## Limites

- Nécessite de produire cet hydrogène avec des surplus d'électricité d'origine renouvelable (« hydrogène vert ») → perte de rendement: utiliser directement cette électricité est plus efficace
- Difficultés de transport (corrosif pour le métal) et de stockage à l'état gazeux (très volumineux) ou liquide (maintenir à  $-250^\circ$ )
- Risques de fuites et d'explosions

Les usages réellement pertinents de l'hydrogène vert sont limités (décarboner le raffinage et la production d'ammoniac, stocker de l'énergie), il devrait être réservé aux usages pour lesquels il n'y a pas d'alternative satisfaisante

# 3. Croissance verte

« Croissance verte », « développement durable », « économie circulaire », « transition écologique / énergétique », etc.

« Promouvoir la croissance et le développement tout en réduisant la pollution et les émissions de gaz à effet de serre, en limitant le plus possible la production de déchets et le gaspillage des ressources naturelles, en préservant la biodiversité et en renforçant la sécurité énergétique »  
(définition OCDE)

Une même hypothèse forte (et non démontrée) derrière ces termes: le découplage entre PIB et impact écologique serait possible au niveau mondial

# Limites

La croissance verte joue sur l'**offre** (avancées technologiques, efficacité énergétique), pas sur la **demande** (réduction de la consommation)

☞ les gains obtenus par la technique sont atténués voire annulés par la hausse de la consommation: c'est l'**effet rebond**

# Effet rebond (paradoxe de Jevons)



En 1865, William Jevons, économiste anglais, observe que la consommation de charbon augmente après l'invention d'une machine à vapeur plus efficace.

Paradoxe: toute augmentation de l'efficacité d'utilisation d'une ressource entraîne une hausse de l'usage qui peut réduire ou annuler le gain d'efficacité



# Effet rebond

L'efficacité joue sur un paramètre limitant: coût, temps, espace, poids, pollution...

Lever cette limite permet d'augmenter l'usage (isoler sa maison → chauffer à une température plus élevée)

L'argent économisé peut aussi être réinvesti ailleurs (moins de frais de chauffage → aller plus loin en vacances)

L'amélioration de l'efficacité peut être compensée par

- la hausse des usages
- les nouveaux usages
- les nouveaux consommateurs

# Exemple

Supposons que l'efficacité du moteur permette une baisse de la consommation de carburant d'une voiture.

Effets rebond possibles:

- Aller plus loin en week-end ou en vacances
- Utiliser sa voiture là où on prenait le bus, le vélo
- Utiliser l'argent économisé pour prendre des vacances en avion
- La voiture devient accessible à de nouveaux utilisateurs

En pratique, l'efficacité accrue des moteurs thermiques n'a pas permis de baisse moyenne de la consommation des voitures ces quarante dernières années. Pour quelle raison?

# Troisième révolution industrielle et économie du partage

Jeremy Rifkin, économiste et essayiste américain,  
auteur du livre

« La société du coût marginal zéro » (2014)

<https://youtu.be/eZYuo2FlVI0>

Regarder les cinq premières minutes de l'interview

# Limites

Le point de vue strictement économique élude la question de la disponibilité physique des matériaux et de l'énergie. Par exemple

- Les imprimantes 3D ne peuvent pas fabriquer des objets multi-matériaux ou assemblés, des vêtements...
- Le « dématérialisé » nécessite des métaux, de l'énergie, des câbles, des *data centers*...

Le partage s'applique difficilement à tous les objets (brosse à dents, frigo...)

# 4. Éco-citoyenneté et gestes verts

## Les 15 gestes verts

 <p><b>Le robinet</b> Il ferme le robinet pendant qu'il se brosse les dents, se savonne et se rince.</p>	 <p><b>Panneaux solaires</b> Il favorise les énergies renouvelables.</p>
 <p><b>Vêtements</b> Il consigne ses vêtements, objets qui n'ont plus, à une adresse caritative plutôt qu'à la poubelle.</p>	 <p><b>Electroménager</b> Il utilise des appareils électroménagers à faible consommation d'énergie et d'eau.</p>
 <p><b>La douche</b> Il prend des douches plutôt que des bains.</p>	 <p><b>WC</b> Il possède une chasse d'eau à double capacité.</p>
 <p><b>Télévision</b> Il éteint la veille de ses appareils électro.</p>	 <p><b>Ampoule</b> Il utilise des ampoules « économie d'énergie ».</p>
 <p><b>Diplôme</b> Il s'inscrit dans la voie associative et participe à ces initiatives pour protéger l'environnement.</p>	 <p><b>Poubelles</b> Il trie ses déchets afin que les emballages puissent être recyclés.</p>
 <p><b>Thermostat</b> Il adapte la température de la pièce et contrôle son chauffage.</p>	 <p><b>Produits</b> Il consomme l'agriculture locale.</p>
 <p><b>Vélo et skateboard</b> Il ne prend pas sa voiture pour les petits déplacements. Il voyage avec le transport en commun.</p>	 <p><b>Panier</b> Il utilise des produits pratiques.</p>



**Geste après Geste**  
AGISSONS

En choisissant  
**LES PRODUITS QUI PORTENT  
CE SIGNE**  
vous agissez en faveur de  
l'environnement.

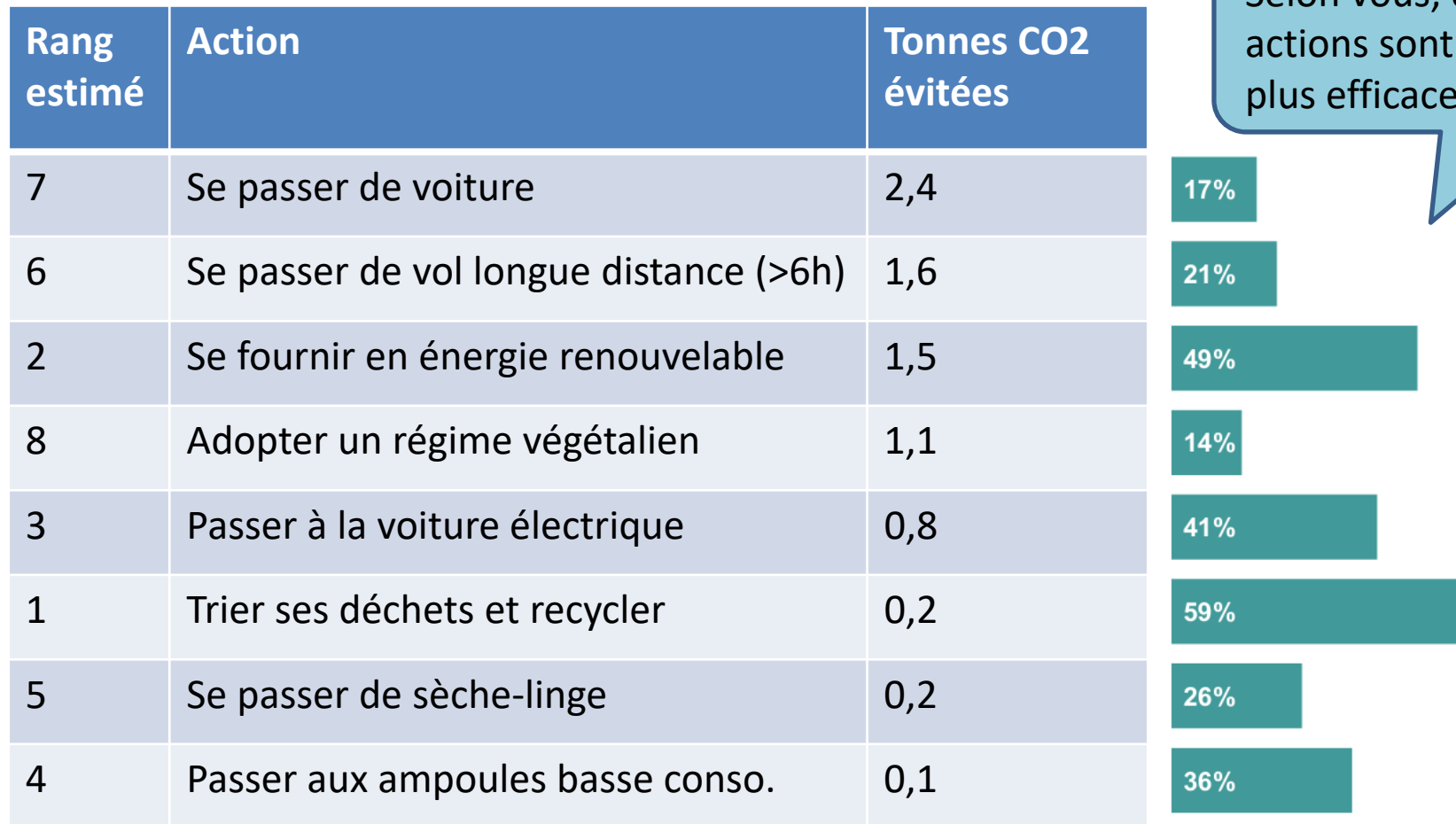
**AVEC LA  
DÉCHETTERIE  
j'adopte le geste  
éco-citoyen**

# Ce qu'il faudrait vraiment faire

Rang réel	Action	Tonnes CO2 évitées
1	Se passer de voiture	2,4
2	Se passer de vol longue distance (>6h)	1,6
3	Se fournir en énergie renouvelable	1,5
4	Adopter un régime végétalien	1,1
5	Passer à la voiture électrique	0,8
6	Trier ses déchets et recycler	0,2
7	Se passer de sèche-linge	0,2
8	Passer aux ampoules basse conso.	0,1

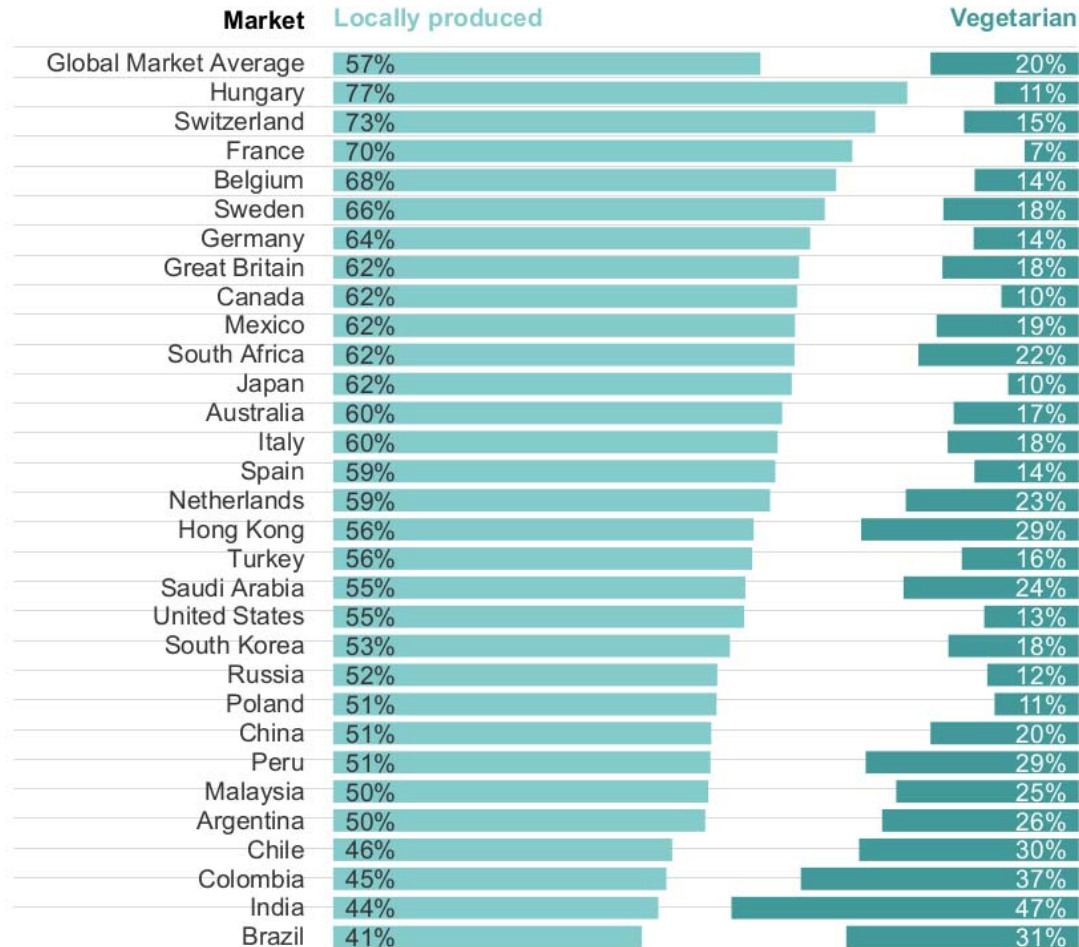
(Wynes et Nicholas 2017)

# Ce qu'on pense qu'il faut faire



(IPSOS Perils of perceptions: climate change, 2021)

« Selon vous, est-il plus efficace de manger local ou de manger végétarien pour réduire ses émissions individuelles? »

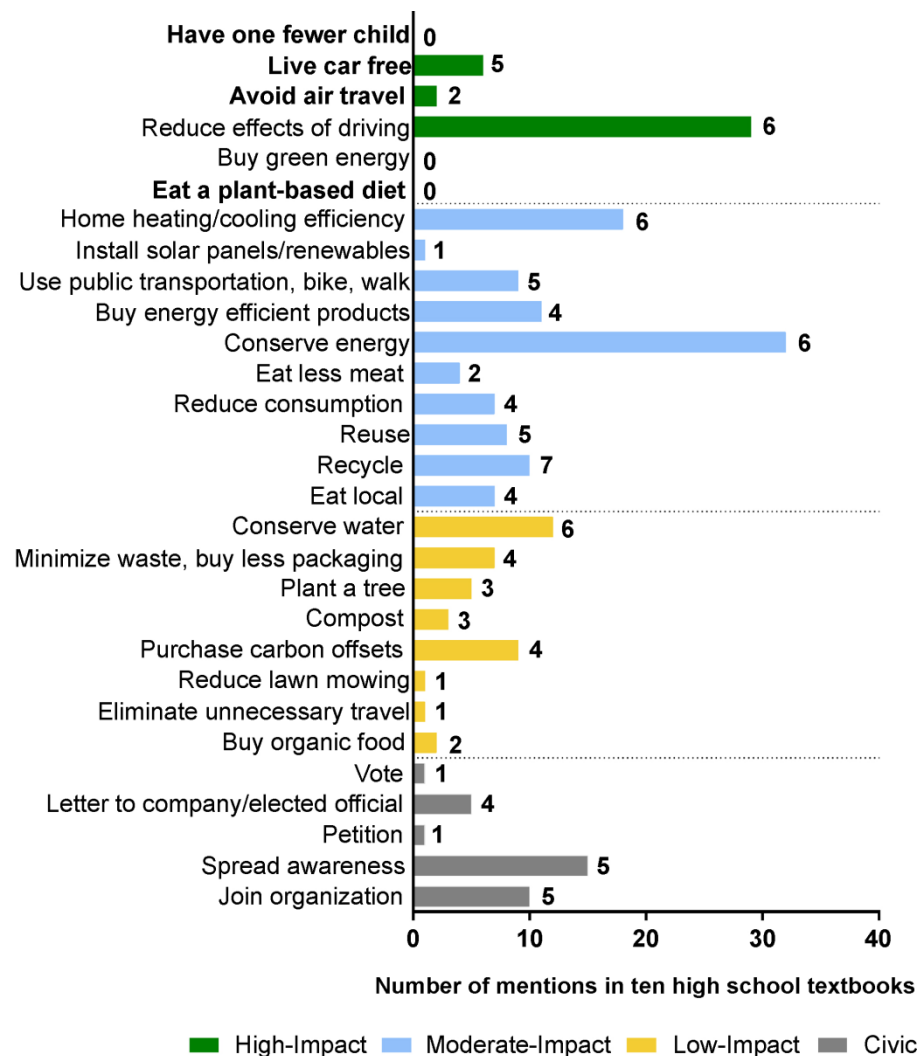


Base: 21,011 online adults aged 16-74 across 30 markets, 19 Feb – 5 Mar 2021

(IPSOS Perils of perceptions: climate change, 2021)



# Ce qui est recommandé officiellement



Recommandations dans des manuels scolaires au Canada

En vert: les actions les plus efficaces, en jaune: les actions les moins efficaces

La taille de chaque bâton indique le nombre de mentions

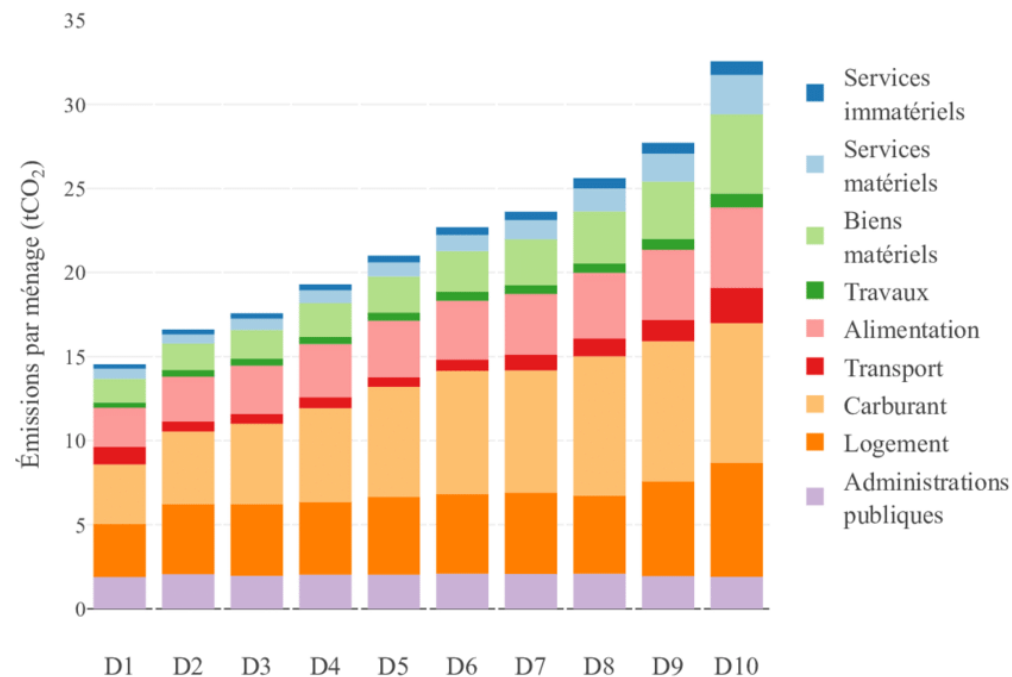
(Wynes et Nicholas 2017)

# Limites

- Les recommandations officielles visent ce qui est acceptable par le public, pas ce qui est efficace
  - Compromis acceptabilité/efficacité réalisé au détriment de l'efficacité
  - Méconnaissance des enjeux et des échelles
- Les leviers d'action individuelle représentent  $\frac{1}{4}$  (effort moyen) à  $\frac{1}{2}$  (effort héroïque) de ce qu'il faudrait pour atteindre les objectifs climatiques. Le reste ne peut être atteint que par des mesures collectives publiques [Carbone 4, 2019]

# Limites

Attention: c'est le niveau de revenu qui est le premier déterminant de l'empreinte écologique, bien avant les comportements individuels



Niveau d'émissions des ménages français en fonction du revenu, du plus faible (D1) au plus élevé (D10)

# En résumé

- Les “solutions” techniques sont partielles, aggravent d’autres problèmes, ont des effets rebond
- Les “solutions” méthodologiques oublient les limites physiques et les ordres de grandeur

Le problème est systémique: dans un monde fini, il n’y a pas d’issue compatible avec la poursuite infinie de la croissance

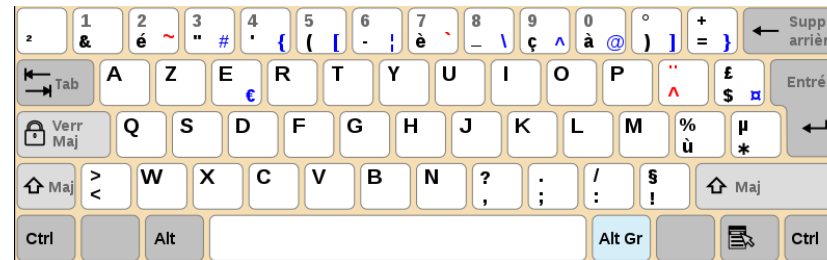
# III Fausses solutions et vrais blocages

1. Fausses solutions
2. Vrais blocages
  1. Blocages structurels
  2. Blocages psychologiques

# 1 - Le verrouillage (*lock-in*)

## Origine du clavier AZERTY (ou QWERTY)

empêcher les tiges des lettres fréquentes de s'accrocher sur les machines à écrire



Ce problème n'existe plus sur un clavier numérique

☞ invention d'autres claviers (ZHJAY, DVORAK-fr, Bépo...), plus ergonomiques mais... très peu utilisés

# Le verrouillage (*lock-in*)

En économie de l'innovation, on parle de  
« verrouillage socio-technique »

Le système socio-technique existant freine la diffusion des innovations incompatibles avec lui, même lorsqu'elles sont nettement avantageuses

Système socio-technique: ensemble des relations entre acteurs économiques, culturels, sociaux

# Causes du verrouillage

- Effet de réseau

Chaque individu a intérêt à utiliser les mêmes outils que les individus avec qui il interagit le plus souvent

- Effet d'apprentissage

Chaque individu a tendance à utiliser l'outil avec lequel il a fait son apprentissage, et à le conseiller aux autres

Normes, législations et institutions confortent et renforcent la **stabilité** du système

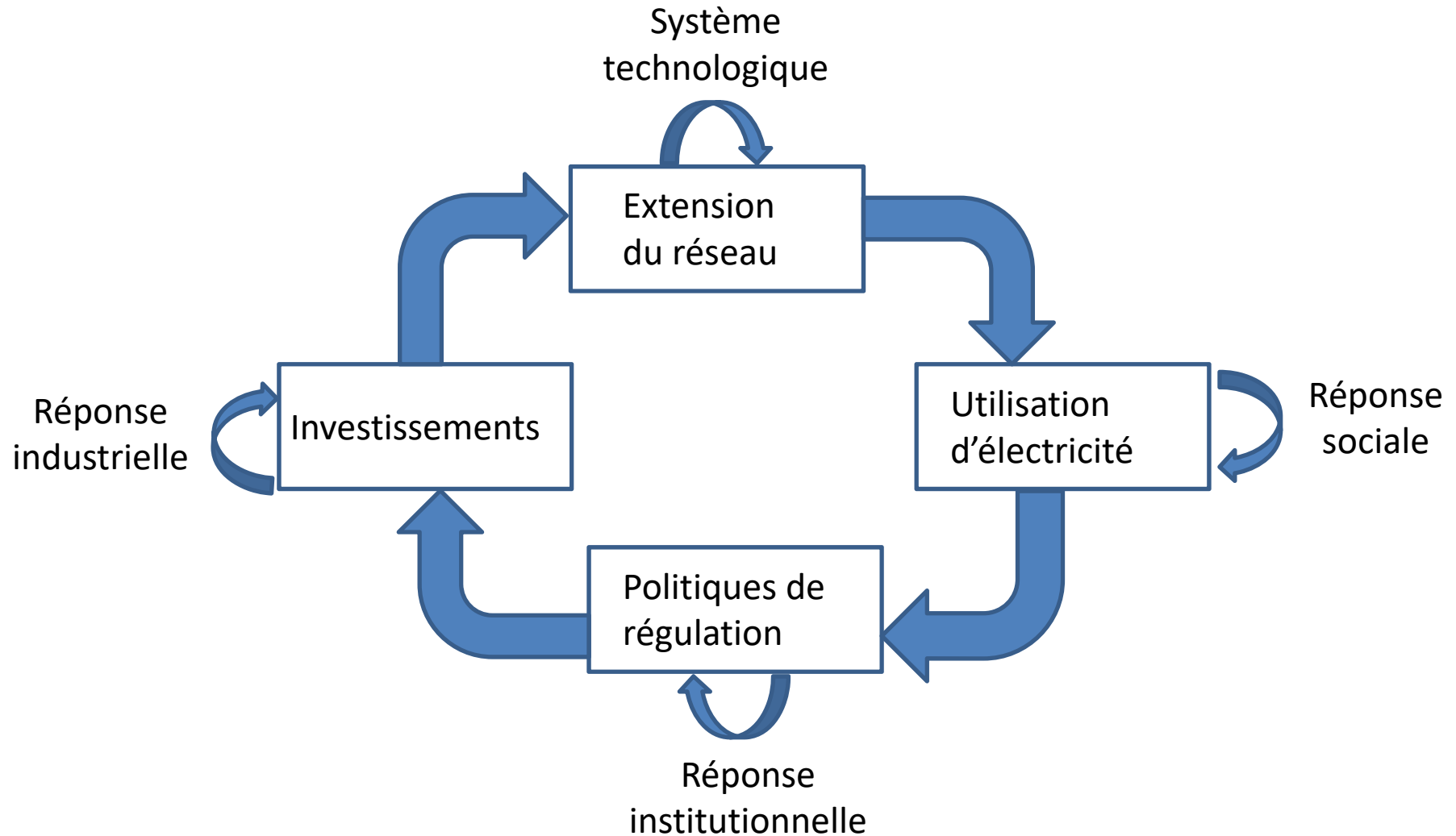


# Exemples en agriculture

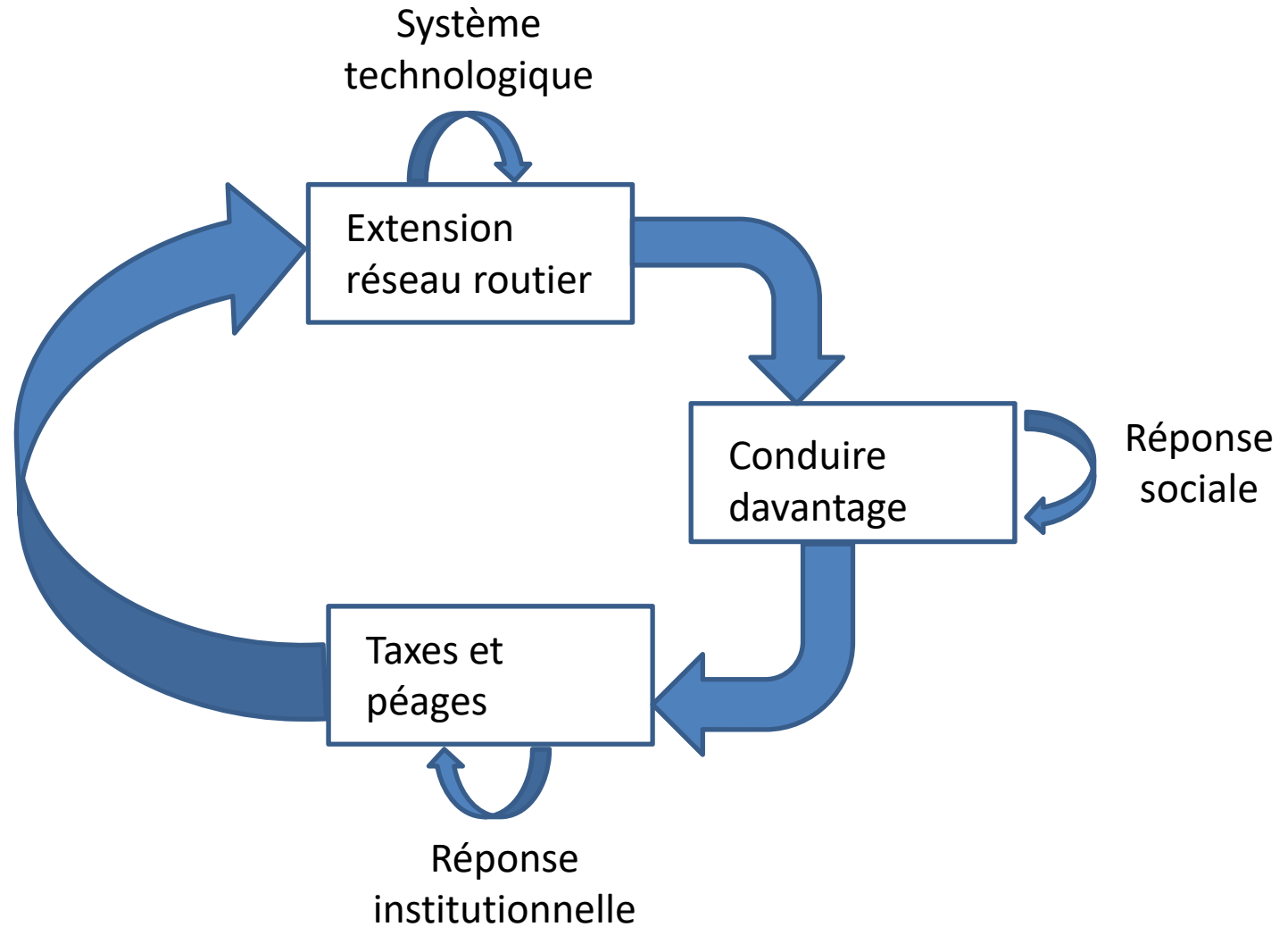
« dépendance au sentier »

- Usage des pesticides
  - Les alternatives (rotations, associations) peinent à se diffuser même quand leur efficacité est démontrée
  - Les outils d'ajustement des traitements, compatibles avec le système en place, sont préférés
- Spécialisation des productions
  - La spécialisation par filières (lait, céréales) et bassins de production a supplanté la polyculture-élevage
  - Le conseil, les équipements de collecte, de stockage, de transformation sont spécifiques à une production

# Exemple du réseau électrique



# Exemple du réseau routier



# Sortir du verrouillage?

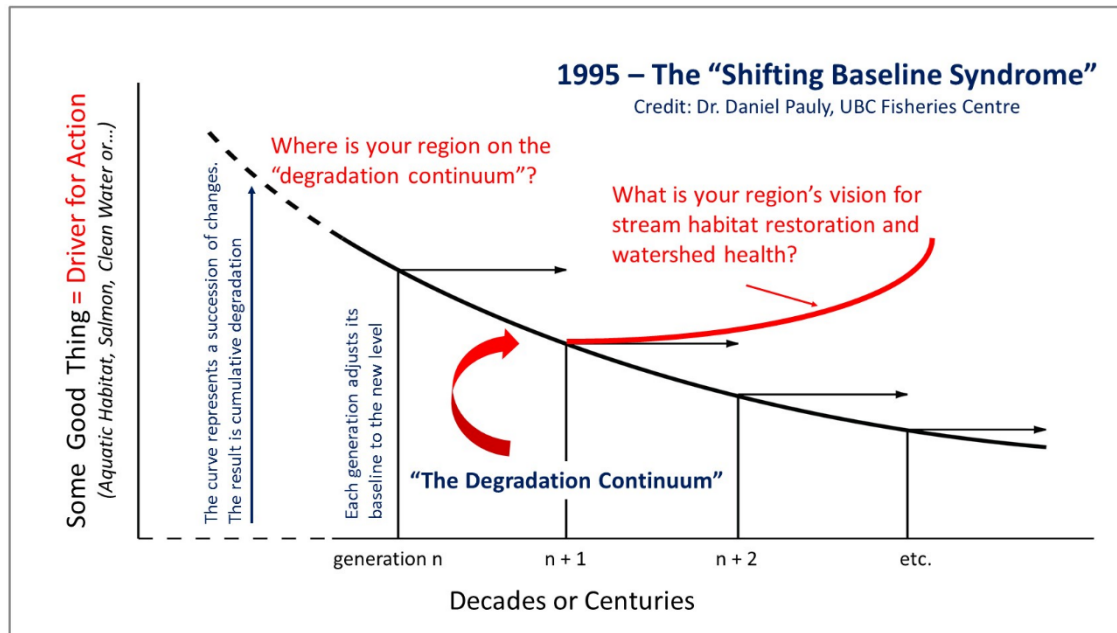
Lever un verrouillage demande une action coordonnée des acteurs à tous les niveaux

- technique
- institutionnel
- politique
- sociologique

Il existe des exemples de réussite à petite échelle, mais qui nécessitent une forte volonté politique

## 2 – Amnésie environnementale (*shifting baseline*)

- Notion proposée par le biologiste marin Daniel Pauly
- Constat: les scientifiques qui étudient les poissons prennent comme référence l'état des populations de poissons et de leurs habitats *au début de leur carrière*  
→ ils ne voient pas le déclin sur le long terme



# L'oubli au fil des générations

- Incapacité à transmettre l'expérience personnelle vécue de la réalité du monde
- Ce qui est perçu comme un état « dégradé » pour une génération devient un état « normal » pour la suivante (déclin de la biodiversité, pollution...)
- Plus généralement, nous décalons nos références
  - « à la hausse » pour le confort minimum (chauffage, logement, voiture individuelle...)
  - « à la baisse » pour les nuisances subies (bruit, embouteillages, pollution atmosphérique...)

# 3 – Distance, désastre, dissonance, déni, identité

Paradoxe: plus le consensus scientifique autour de l'influence de l'homme sur le climat augmente, moins le grand public semble concerné

Comment les sciences sociales expliquent-elles ce phénomène?

Des barrières psychologiques: les « 5D »

# La distance

Notre cerveau traite les dangers immédiats, or le danger climatique semble lointain et abstrait

- distance dans le temps
- distance dans l'espace
- CO2 non accessible aux sens (vue, odorat...)
- décrit en termes abstraits (ppm, GES...)
- responsabilités diluées et éloignées → sentiment d'impuissance

La sensibilité du public varie selon... les événements météo



# Le désastre, le coût et les sacrifices

- Le message sur le climat évoque souvent des **catastrophes** (sécheresses, ouragans...) et les **coûts** élevés des moyens à mettre en œuvre pour les éviter
- Le message est perçu comme moralisateur (« faites ceci », « ne faites pas cela ») et demandant des **sacrifices** (or l'humain a une aversion à la perte)
- Les actions semblent exiger d'importants efforts à court terme pour des gains abstraits et éloignés
- Un message catastrophiste attire l'attention mais ne motive pas sur le long terme; la répétition de ce message crée une accoutumance



# La dissonance cognitive

- Attitude = affects + comportement + cognition (savoirs)  
Les trois composants ne doivent pas être en conflit pour que le sujet s'engage
- Les messages sur le climat jouent sur la cognition mais négligent les deux autres
- Si le comportement est en contradiction avec la cognition: dissonance cognitive
- Il est plus facile d'adopter un discours qui justifie son comportement que de changer de comportement!





# Exemples

- « Il n'est pas prouvé que le réchauffement est d'origine humaine »
- « Cet hiver il a fait froid: les modèles climatiques du GIEC sont sûrement faux »
- « Le discours sur le climat a été inventé par des politiciens pour imposer plus de taxes et d'impôts »
- « Mes émissions sont faibles, ce sont les Américains (ou les Chinois, ou les milliardaires...) qui devraient réduire les leurs »
- « J'ai bien isolé ma maison (ou je suis allé au travail en vélo...), j'ai mérité de m'offrir des vacances en avion cette année »

La dissonance cognitive crée une demande pour le discours climato-sceptique : on préfère changer ses croyances plutôt que son comportement

# Le déni



- Concept issu de la psychanalyse
- Le cerveau humain a une forte capacité à refuser d'affronter une réalité déplaisante, difficile: il se défend contre l'anxiété, la honte
- Le déni est plus fort que la dissonance: c'est le refus de voir
- Déni passif (se contenter d'ignorer les informations déplaisantes) / déni actif (nier énergiquement les faits)

# L'identité

- Chaque individu passe le message sur le climat au filtre de son identité personnelle
- Le message sera mieux accepté s'il est déjà conforme aux convictions du sujet
- **Biais de confirmation:** tendance à sélectionner les informations conformes à nos croyances
  - Aux USA, un électeur démocrate sera plus sensible au discours sur le climat qu'un électeur républicain

# Comment communiquer efficacement?

Quatre groupes de personnes sont incités à économiser l'énergie pour des raisons différentes

1. pour préserver la planète
2. pour vos enfants, pour les générations futures
3. parce que vous ferez des économies
4. parce que vos voisins le font dans votre quartier

Quel groupe a le plus réduit sa consommation?

# Comment communiquer efficacement?

Quatre groupes de personnes sont incités à économiser l'énergie pour des raisons différentes

1. pour préserver la planète
2. pour vos enfants, pour les générations futures
3. parce que vous ferez des économies
4. parce que vos voisins le font

Rendre le message simple, positif et jouer sur **le mimétisme social**

# Comment faire changer les comportements?

Ce qu'on croit

« Il faut faire changer les attitudes pour faire changer les comportements »

La réalité

« Les attitudes suivent les comportements »

On peut adopter des gestes « bas carbone » sans être convaincu du changement climatique, pour d'autres raisons: habitude inculquée par les parents, économie de temps ou d'argent ...

=> prendre en compte les valeurs du public visé



# Comment faire changer les comportements?

Ce qu'on croit

« Les gens savent ce qui les motive à faire une action »

La réalité

« Ils ne le savent pas toujours: la norme sociale est plus forte que tout »

Exemple: une personne sera plus encline à donner une pièce à un musicien de rue si elle voit quelqu'un le faire avant lui

# Exemple: comment inciter les clients d'un hôtel à réutiliser leur serviette de toilette?



Message sur les économies d'eau  
**38% d'effet**

Message sur les autres clients  
**58% d'effet**

# L'expérience de Asch

Solomon Asch, psychologue social, mène dans les années 1950 des expérimentations sur le conformisme dans les groupes. L'expérience de Asch (1956):

<https://www.youtube.com/watch?v=NmGjQQvAHWc>

Autre exemple célèbre: l'expérience de l'ascenseur

<https://www.youtube.com/watch?v=6W-Zil-clww>

D'autres expériences du même type

<https://www.youtube.com/watch?v=I925BKUkQp8>

<https://www.youtube.com/watch?v=wqofO4OBXR0>

# Références

- Clive Hamilton, « Les apprentis sorciers du climat », Seuil
- Benjamin Sovacool "Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey." *Energy Policy* 36.8 (2008)
- World Nuclear Industry Status Report 2020 (<https://www.worldnuclearreport.org/-World-Nuclear-Industry-Status-Report-2020-.html> )
- Les batteries limiteront l'électrification des transports (<https://voir.ca/philippe-gauthier/2016/05/09/les-batteries-limiteront-lelectrification-des-transports/>)
- « Le captage et stockage géologique de CO2 (CSC) en France. Le CSC, un potentiel limité pour réduire les émissions industrielles », ADEME, 2020
- Philippe Bihouix, « L'âge des low-tech », Seuil
- Jean Gadrey, Aurore Lalucq « Faut-il donner un prix à la nature? », Seuil
- Seth Wynes, Kimberly Nicholas, « The climate mitigation gap: education and government recommendations miss the most effective individual actions », *Environmental Research Letters*, vol 12 no 7, 2017
- Carbone 4 « Faire sa part? Pouvoir et responsabilité des individus, des entreprises et de l'État face à l'urgence climatique» (<https://www.carbone4.com/wp-content/uploads/2019/06/Publication-Carbone-4-Faire-sa-part-pouvoir-responsabilite-climat.pdf>)
- Ipsos, *Perils of Perception: Climate change*, 2021 (<https://www.ipsos.com/en/ipsos-perils-perception-climate-change>)

# Références

- P. Servigne et R. Stevens « Alors, ça vient? Pourquoi la transition se fait attendre », 2014, [www.barricade.be](http://www.barricade.be)
- J.M. Meynard, A. Messéan, A. Charlier, F. Charrier, M. Fares, M. Le Bail, M.B. Magrini, I. Savini, « Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières », INRA, 2013
- G. Unruh, « Understanding carbon lock-in » *Energy policy* no 12 vol. 28 (2000)
- I. Illich, « La convivialité », Seuil, 1973
- I. Illich, « Energie et équité », Seuil, 1975
- J.P. Dupuy, « A la recherche du temps gagné », 1975
- G. Chambaz, « Dossier Blackout », Revue militaire suisse, no. 5, 2018
- R. D. Holcomb, « When trucks stop, America stops », American trucking association, 2006
- S. Latouche, « Bon pour la casse – Les déraisons de l’obsolescence programmée », Ed. Les liens qui libèrent, 2012
- D. Pauly, « Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries » *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 10, no 10, 1995
- F. Roddier, « Le syndrome de la reine rouge », Institut Momentum, 2012
- P. Stoknes, « Rethinking climate communication and the psychological climate paradox », Energy Research and Social Science, 2014
- J. Cross, “Three Myths of Behavior Change - What You Think You Know That You Don't”  
<https://www.youtube.com/watch?v=l5d8GW6GdR0>
- K. M. Norgaard, « Living in denial: climate change, emotions, and everyday life », MIT Press, 2011.
- Dilemme du prisonnier: <http://www.apprendre-en-ligne.net/jeux/dilemme/home.html>

# TD : le dilemme du prisonnier

Énoncé par A. Tucker en 1950 dans le cadre de la théorie des jeux, puis appliqué à de nombreux domaines (économie, biologie, politique...)



# Dilemme du prisonnier

Deux prisonniers, accusés d'avoir commis un crime ensemble, sont retenus dans des cellules séparées où ils ne peuvent pas communiquer.

Ils sont interrogés séparément et ils ont le choix suivant:

- si un des deux prisonniers dénonce l'autre, il est remis en liberté alors que le second obtient la peine maximale (10 ans) ;
- si les deux se dénoncent entre eux, ils seront condamnés à une peine plus légère (5 ans) ;
- si les deux refusent de dénoncer, la peine sera minimale (6 mois), faute d'éléments au dossier.

# Dilemme itératif du prisonnier

Par groupes de deux joueurs, répéter dix fois le dilemme en cherchant à obtenir la peine cumulée la plus faible possible.

Noter les résultats au fur et à mesure et faire le total cumulé pour chaque joueur

	No 2 se tait	No 2 dénonce
No 1 se tait	6 mois chacun (= 0,5 an)	10 ans pour no 1 Rien pour no 2
No 1 dénonce	Rien pour no 1 10 ans pour no 2	5 ans chacun



# Quelques stratégies possibles

1. **Donnant-donnant** - Coopérer, puis jouer comme le dernier coup de l'adversaire
2. **Donnant-donnant soupçonneux** - Comme donnant donnant, mais commencer par trahir
3. **Sondeur naïf** - Jouer comme le dernier coup de l'adversaire, mais parfois trahir au lieu de coopérer.
4. **Pacificateur naïf** - Jouer comme le dernier coup de l'adversaire, mais parfois coopérer au lieu de trahir.
5. **Rancunier** - Coopérer jusqu'à ce que l'adversaire trahisse, ensuite toujours trahir.
6. **Aléatoire** - Trahir ou coopérer au hasard
7. **Toujours trahir**
8. **Toujours coopérer**

		Suspect n°2	
		Se tait	Dénonce
Suspect n°1	Se tait	6 mois pour 1 et 2	1 est condamné à 10 ans 2 est relâché
	Dénonce	2 est condamné à 10 ans 1 est relâché	5 ans pour 1 et 2

# Dilemme itératif du prisonnier

- Chaque joueur choisit secrètement une stratégie
- Les joueurs effectuent dix tours en appliquant leur stratégie
- Noter les résultats au fur et à mesure, faire le total et regarder quelle stratégie a été plus efficace
- Recommencer avec de nouveaux choix de stratégies
- Pour obliger à varier le jeu, chaque joueur ne doit pas choisir plus de deux fois la même stratégie
  
- Conclusion: quelles sont les stratégies
  - à l'avantage du joueur qui l'utilise?
  - à l'avantage commun des deux joueurs?

# Le dilemme classique

Chaque prisonnier tient le raisonnement suivant:

- Si mon complice me dénonce
  - si je me tais, je fais 10 ans de prison
  - mais si je le dénonce, je ne fais que 5 ans de prison
- Si mon complice se tait
  - si je me tais, je fais 6 mois de prison
  - mais si je le dénonce, suis libéré

Individuellement, chaque joueur a donc intérêt à trahir, alors que leur intérêt commun est de coopérer

☞ parallèle avec les négociations sur le climat: les pays ont intérêt à coopérer mais un intérêt encore plus fort à ne pas coopérer si les autres coopèrent, et aucun moyen de contraindre l'autre à coopérer

# Le dilemme itératif

Quand le jeu se répète (sans limite de temps) et que les joueurs gardent en mémoire l'historique des tours précédents :

- la meilleure stratégie individuelle est celle du « donnant-donnant » (jouer comme le coup précédent de l'adversaire)
- ou encore mieux, celle du « pacificateur naïf » (idem en coopérant parfois au lieu de trahir) qui permet de ne pas rester bloqué dans un cycle trahir/coopérer

En revanche si le nombre d'itérations est connu à l'avance, la meilleure stratégie est de toujours trahir