

Introduction aux effets rebond

Jacques COMBAZ

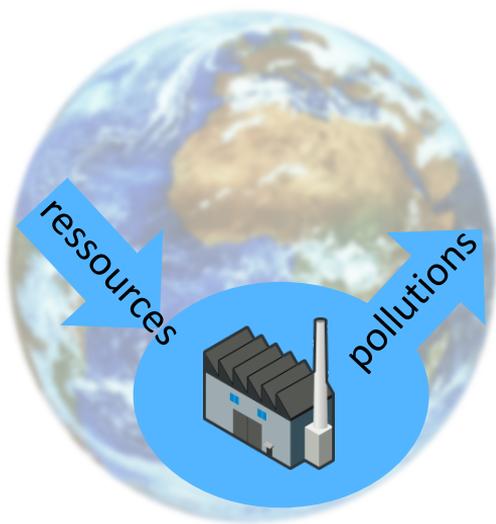
Jacques.Combaz@univ-grenoble-alpes.fr

ecoinfo.cnrs.fr

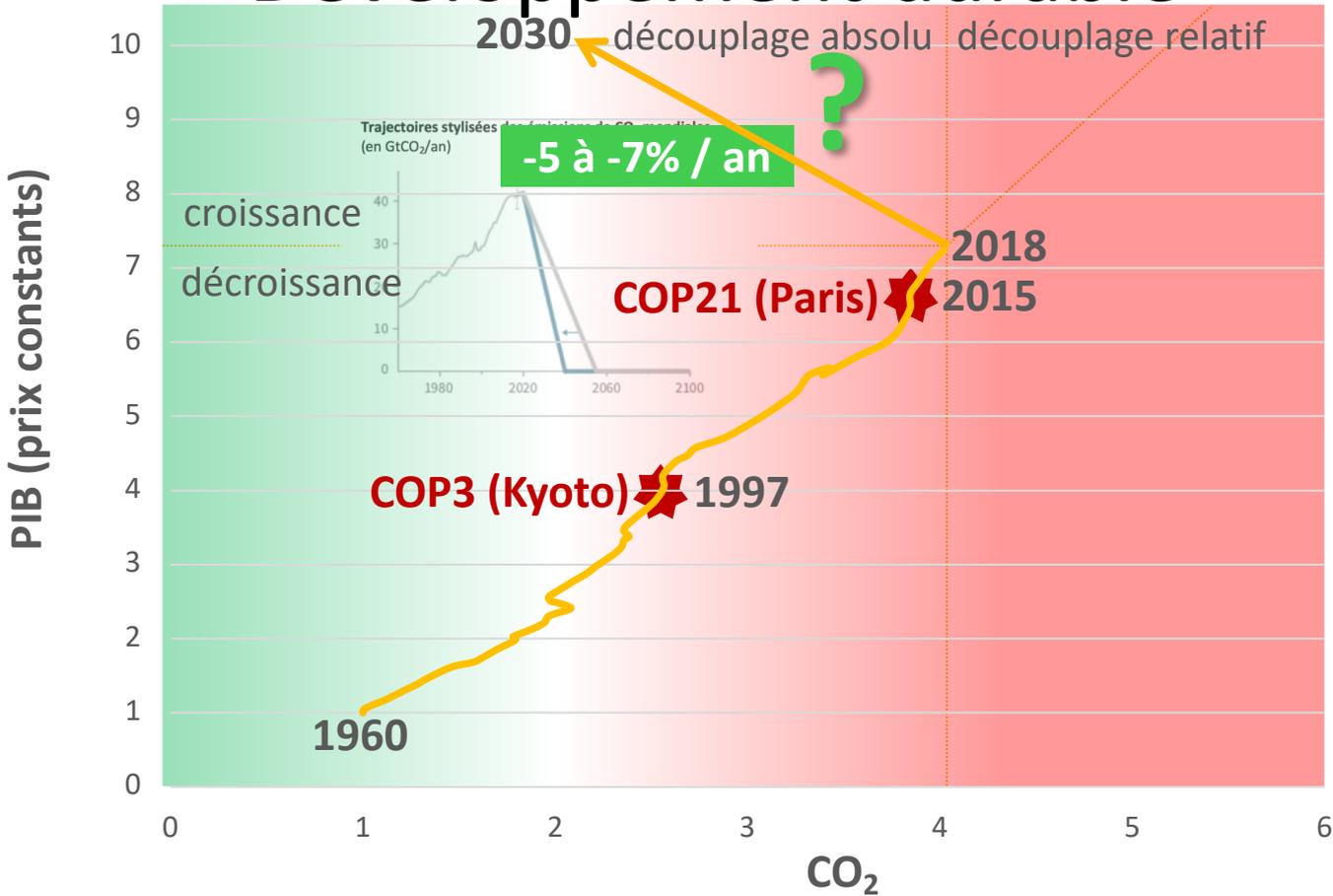


Les enjeux environnementaux de l'effet rebond

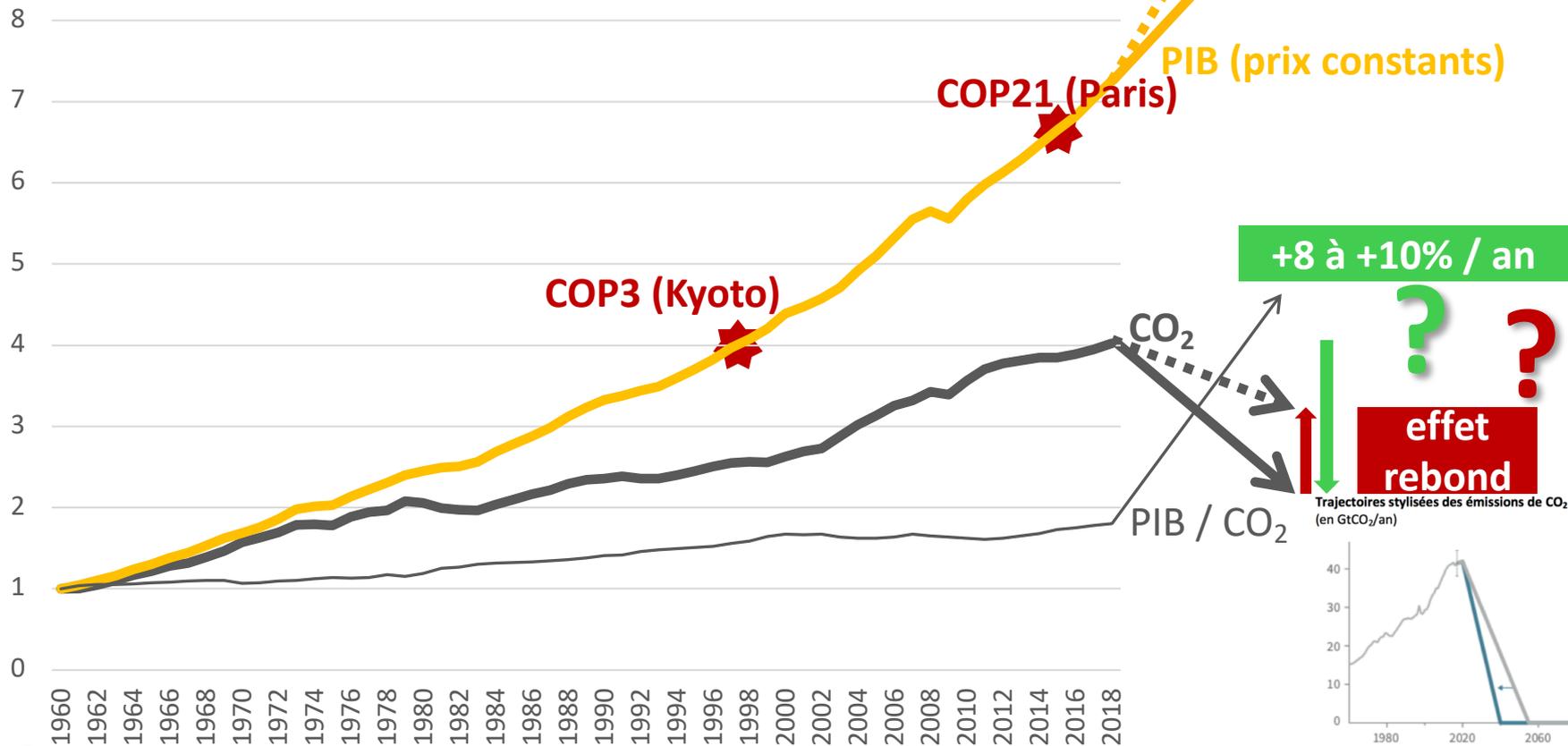
- Mise en échec des politiques environnementales basées sur :
 - l'efficacité
 - et/ou la sobriété
- Effet rebond : ne pas réduire mais faire un usage différent :
 - des ressources extraites
 - des [quotas] de pollution



« Développement durable »



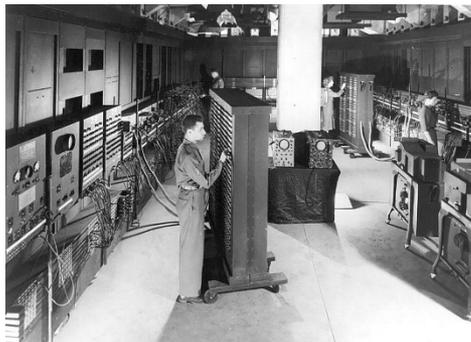
L'effet rebond = « recouplage »



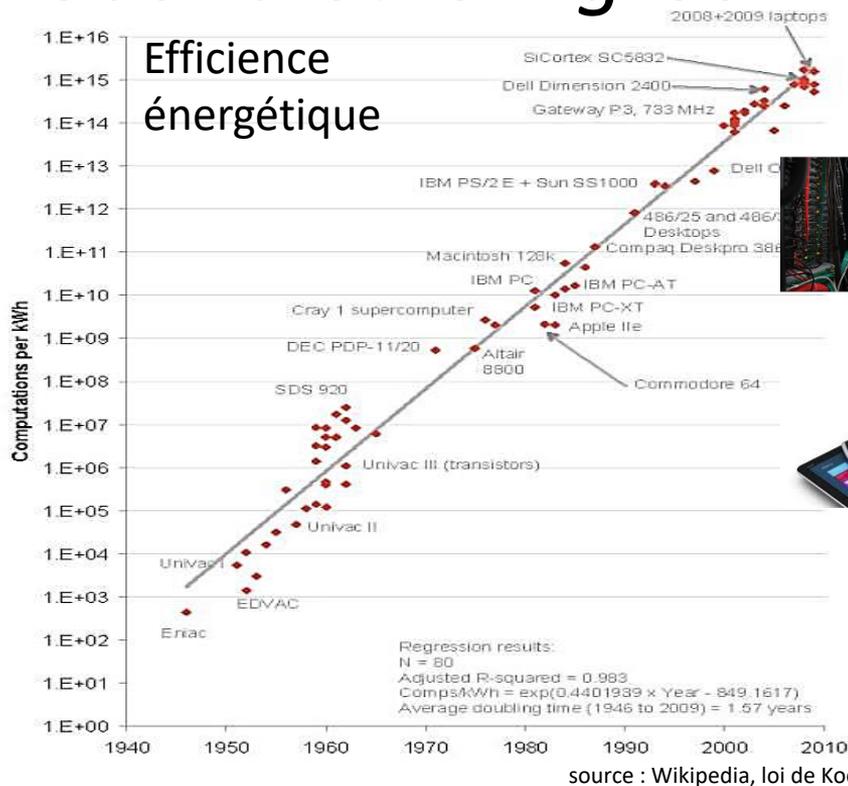
source: World Bank

Effets rebond dans « le numérique » ?

Effet rebond et le « green IT » ?



ENIAC



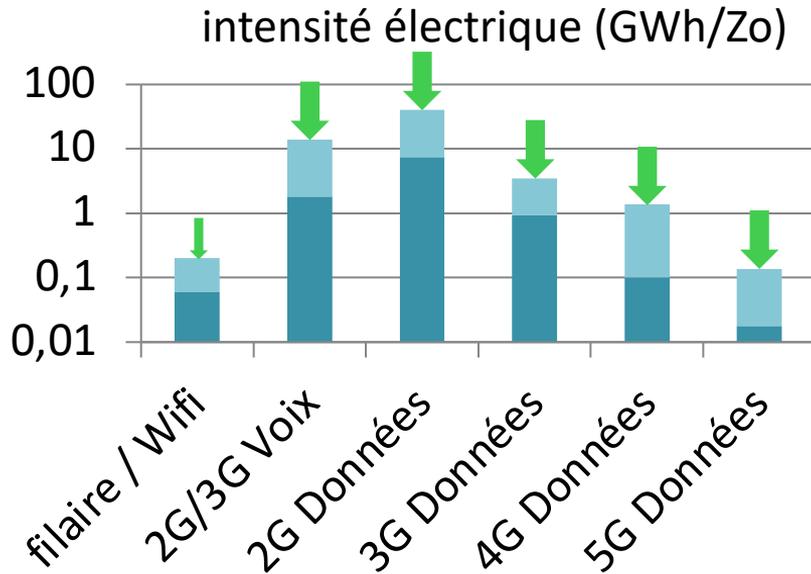
150 kW



260 GW

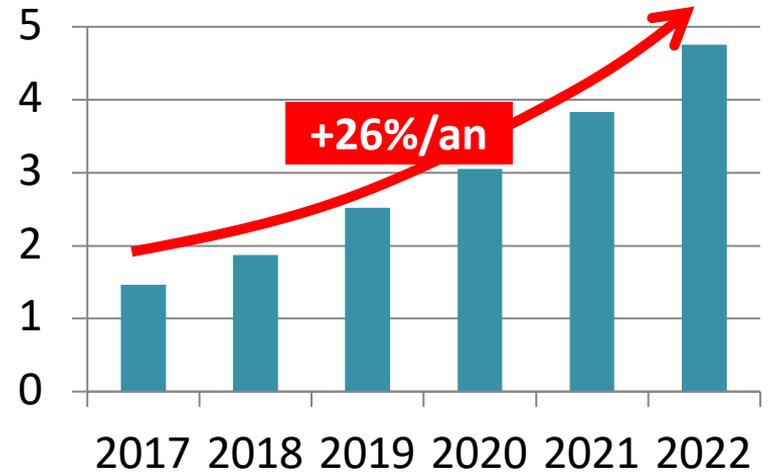
(en continu)

Effet rebond et le « *green IT* » ?

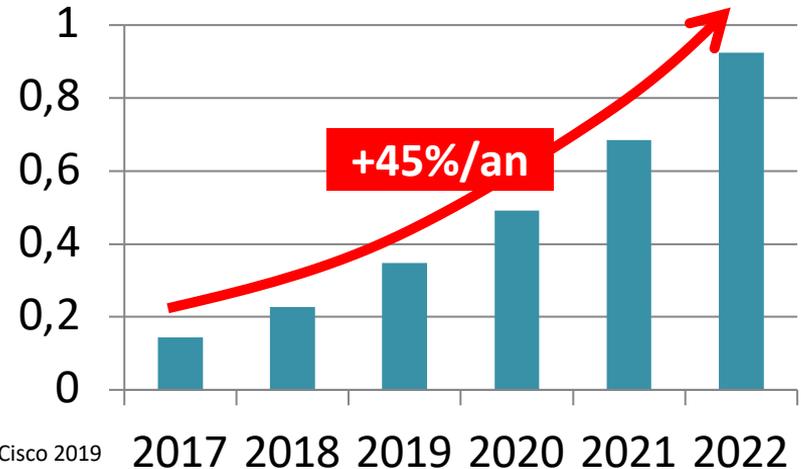


sources: calculé à partir de Andrae 2015 et IAE 2017 Digitalization&Energy

trafic (IP) (Zo/an)

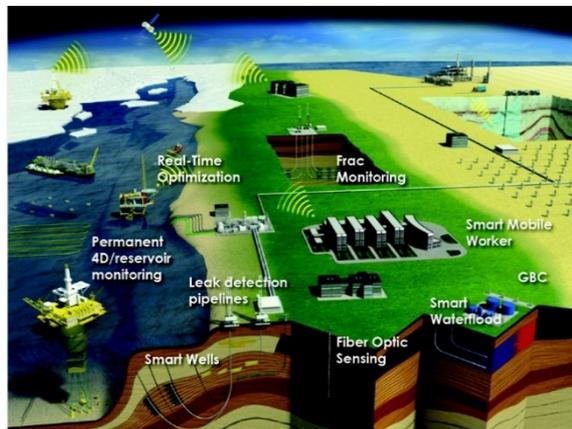


trafic (mobiles) (Zo/an)

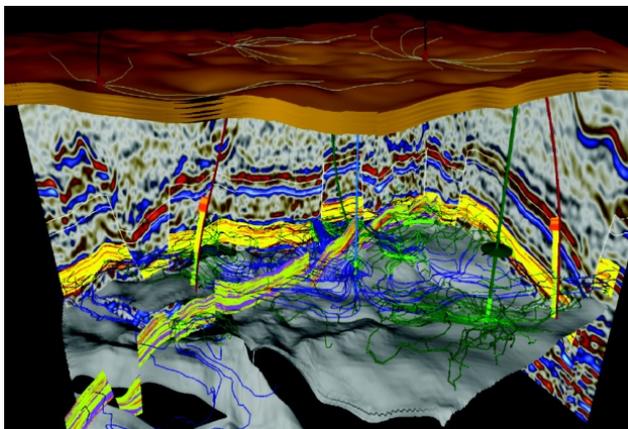


sources: Cisco 2019

Effet rebond et « l'IT for green » ?



source : Shell Global Solutions International B.V.



© Schlumberger, 2017

- **+5%** sur les réserves fossiles exploitables !
- soit **10 ans** de consommation mondiale !

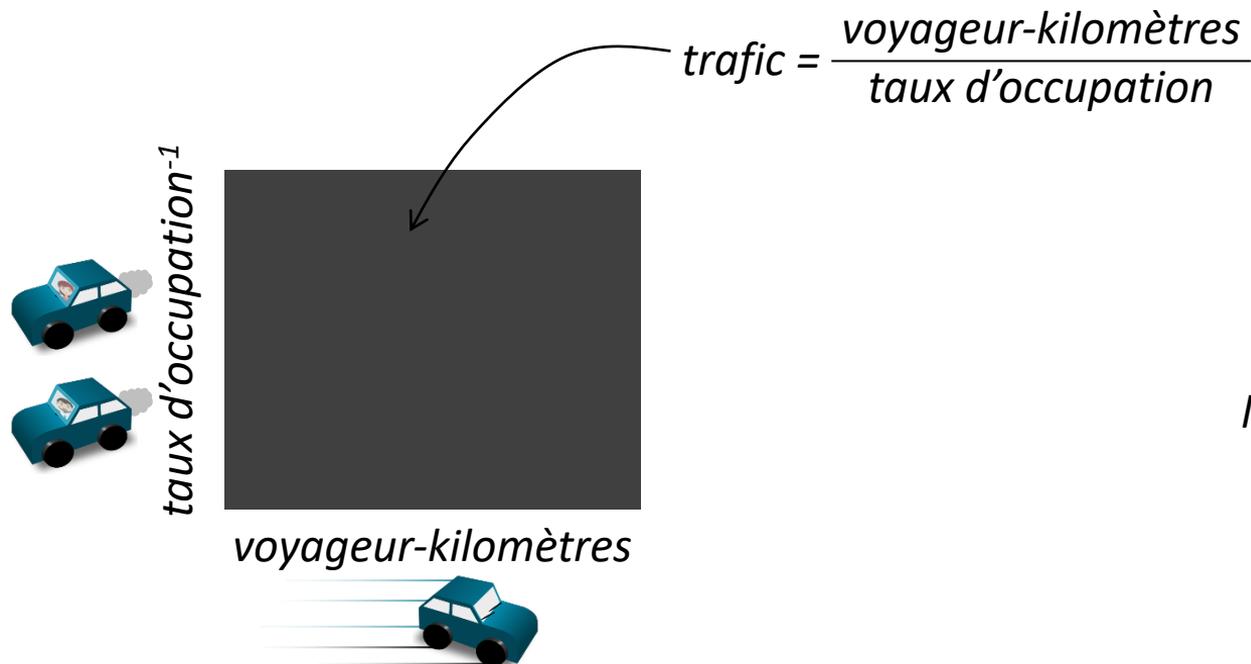
source : IEA 2017

« **More evidence is needed** on how digital technologies could combine to deliver system-wide improvements, and how **rebound effects** might curtail their benefits if the spread of digital devices increases energy use. »

source : IEA novembre 2019

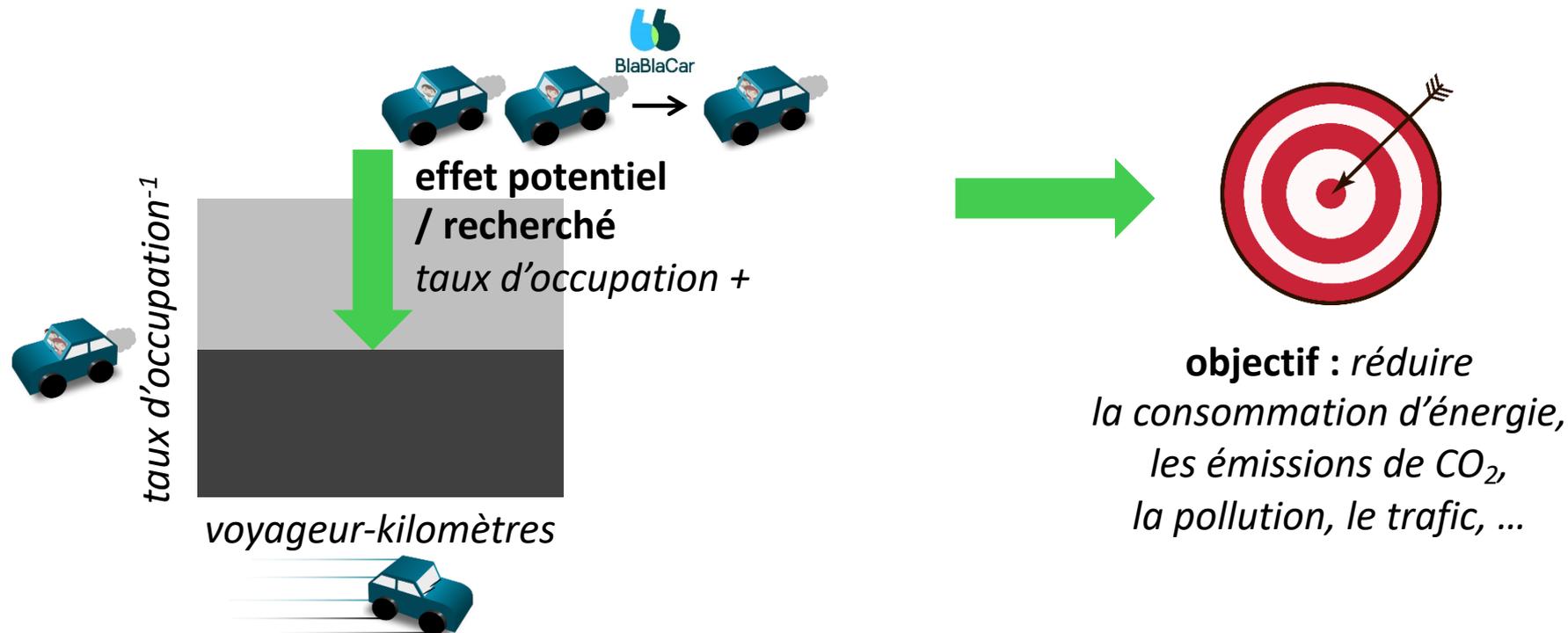
Qu'est-ce que l'effet rebond ?

L'exemple du covoiturage

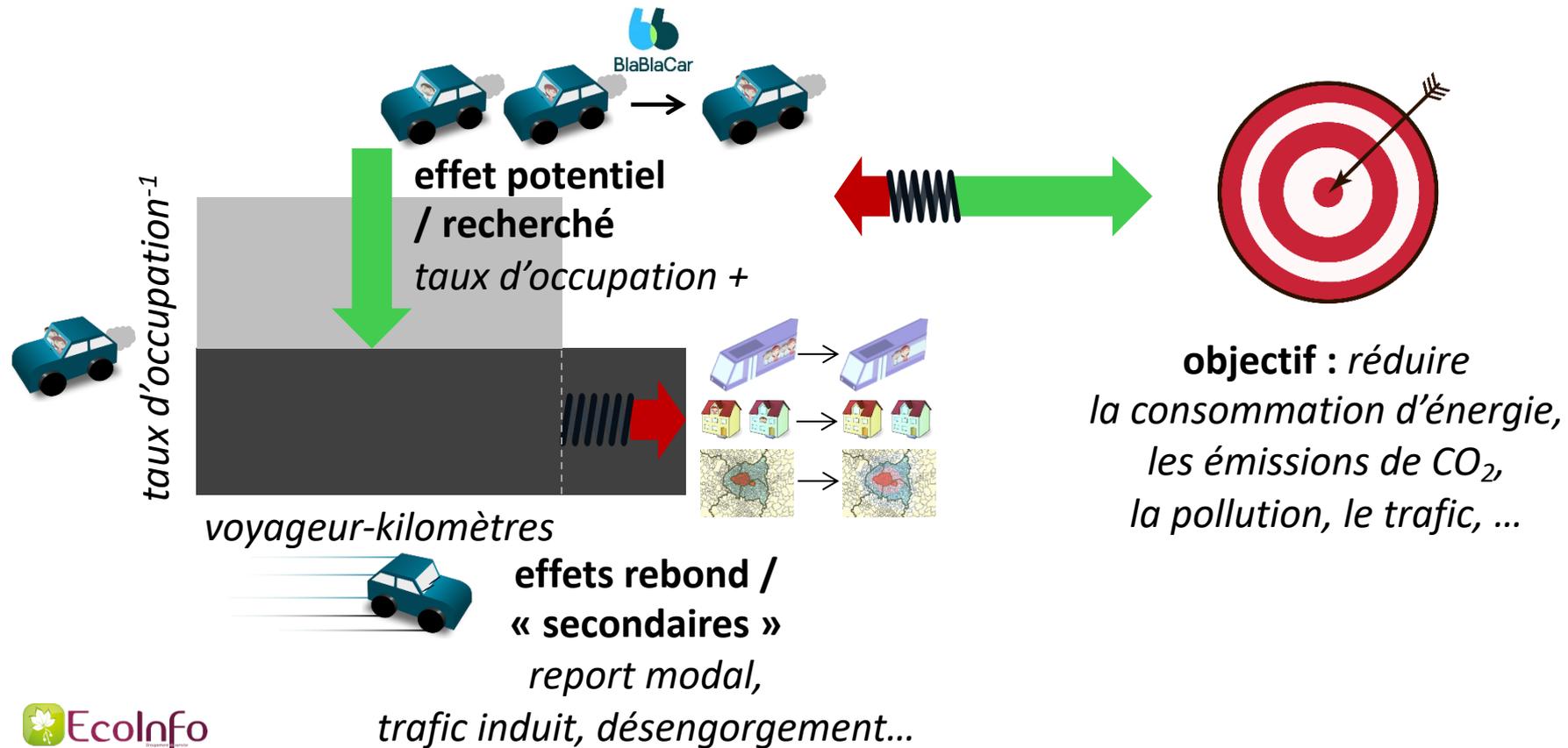


objectif : réduire
*la consommation d'énergie,
les émissions de CO₂,
la pollution, le trafic, ...*

L'exemple du covoiturage



L'exemple du covoiturage



L'exemple du covoiturage

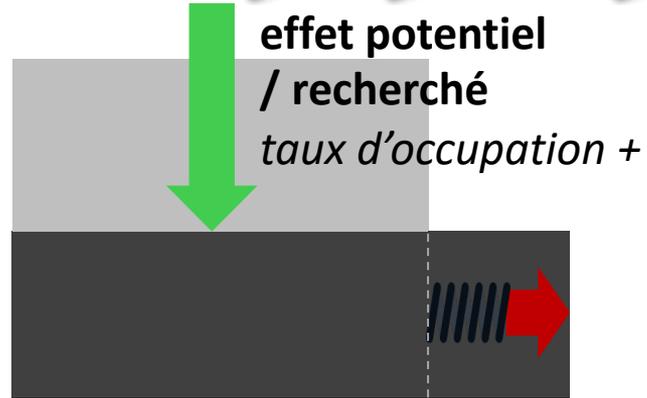


[Jevons, Khazzoom-Brookes, Saunders]

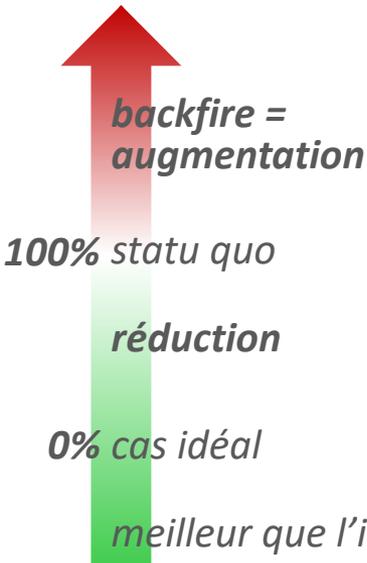


objectif : réduire le trafic, ...

taux d'occupation⁻¹



effet potentiel / recherché
taux d'occupation +



voyageur-kilomètres



effets rebond / « secondaires »
report modal,
trafic induit, désengorgement...

$$\text{mesure} = \frac{\text{effet secondaires}}{\text{effet potentiel}} =$$

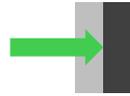
[Berkhout]

Effet rebond : cadre général

effets recherchés

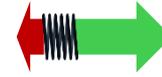


ou



+ d'efficacité /
d'efficience
la même chose
avec -

+ de sobriété
(suffisance)
- avec -



objectif
réduire les émissions de CO₂

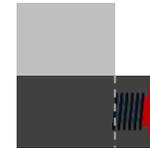


+ de voyageurs
par voiture

ou

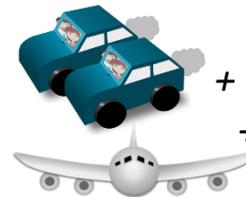


- de
voyageur-kilomètres

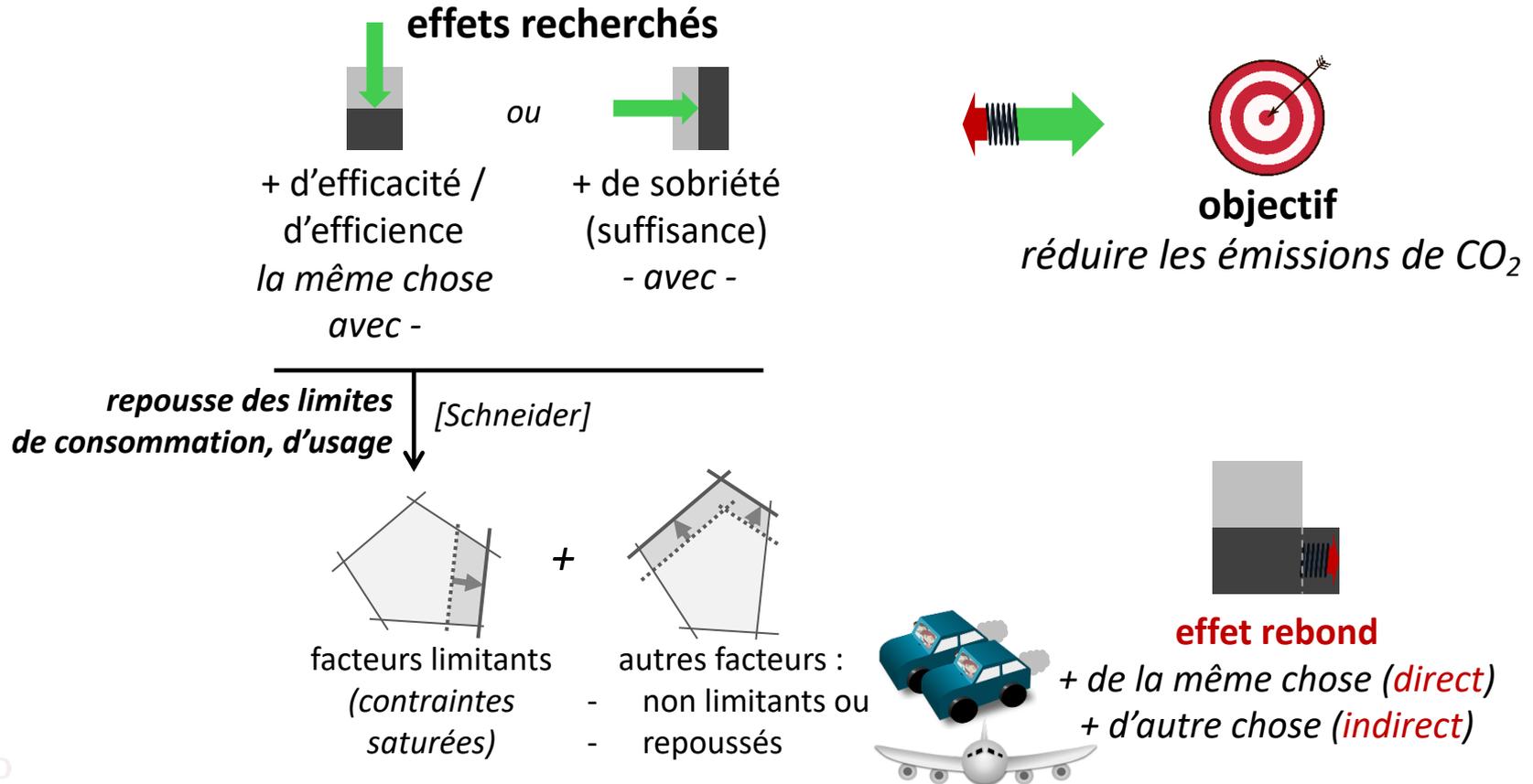


effet rebond

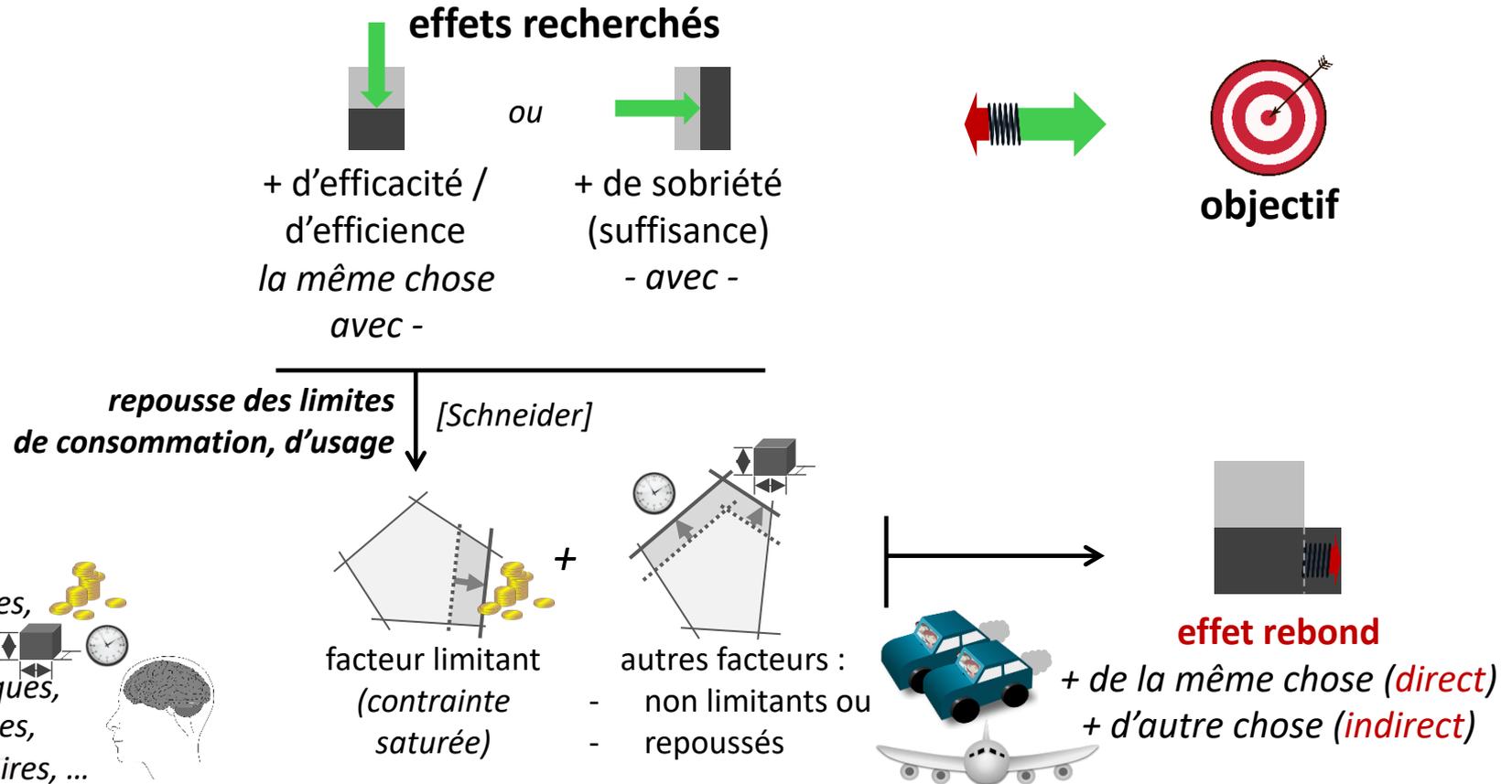
+ de la même chose (*direct*)
+ d'autre chose (*indirect*)



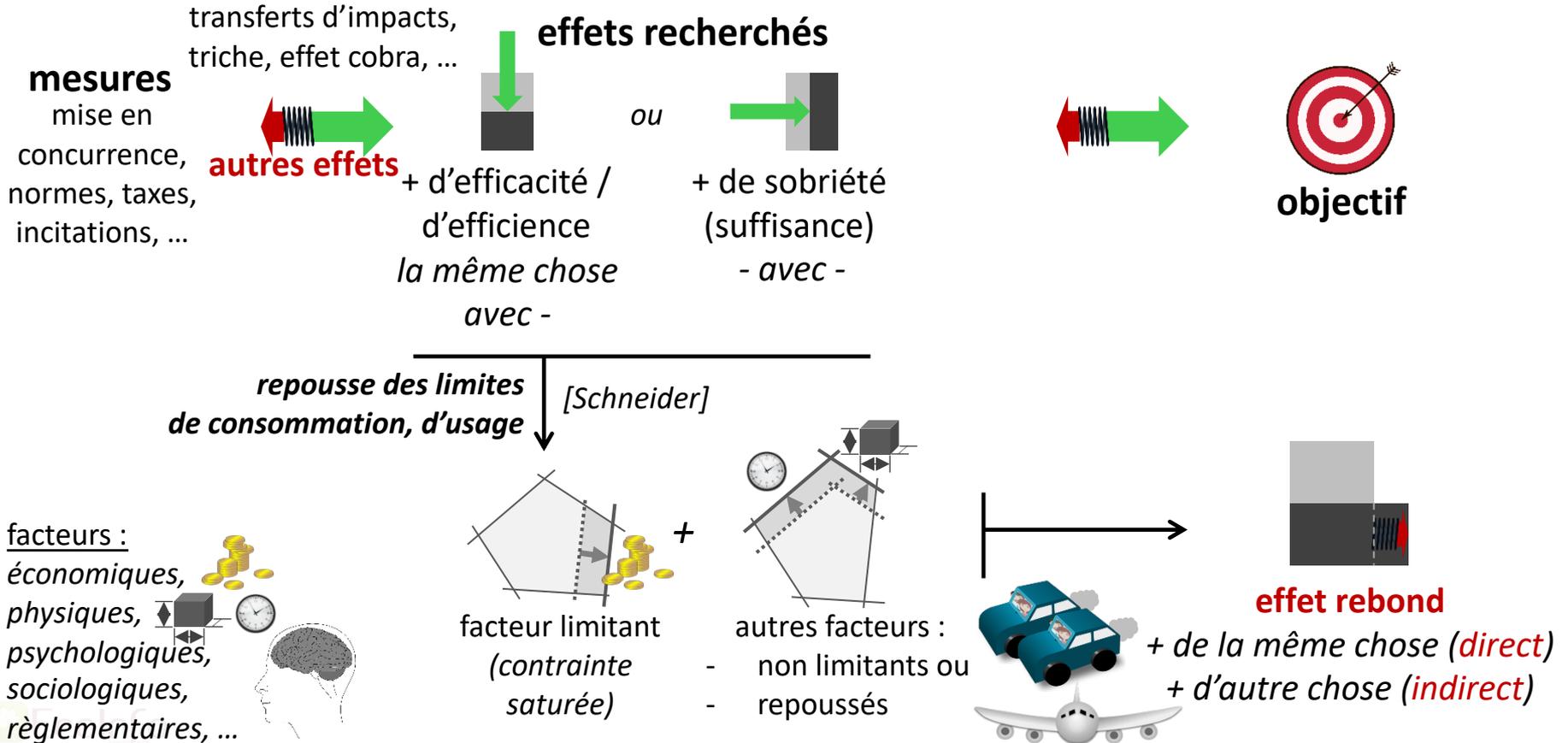
Effet rebond : cadre général



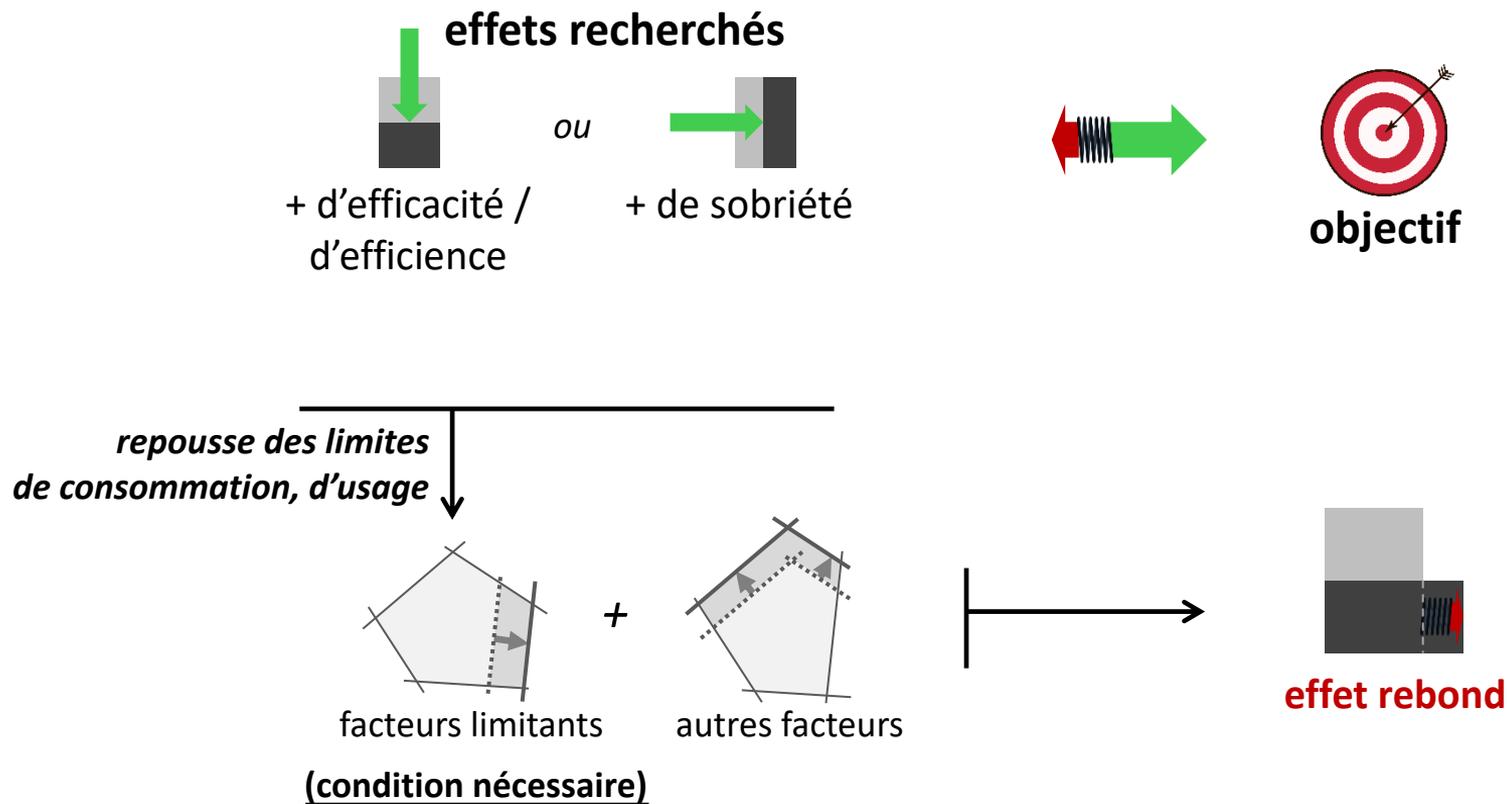
Effet rebond : cadre général



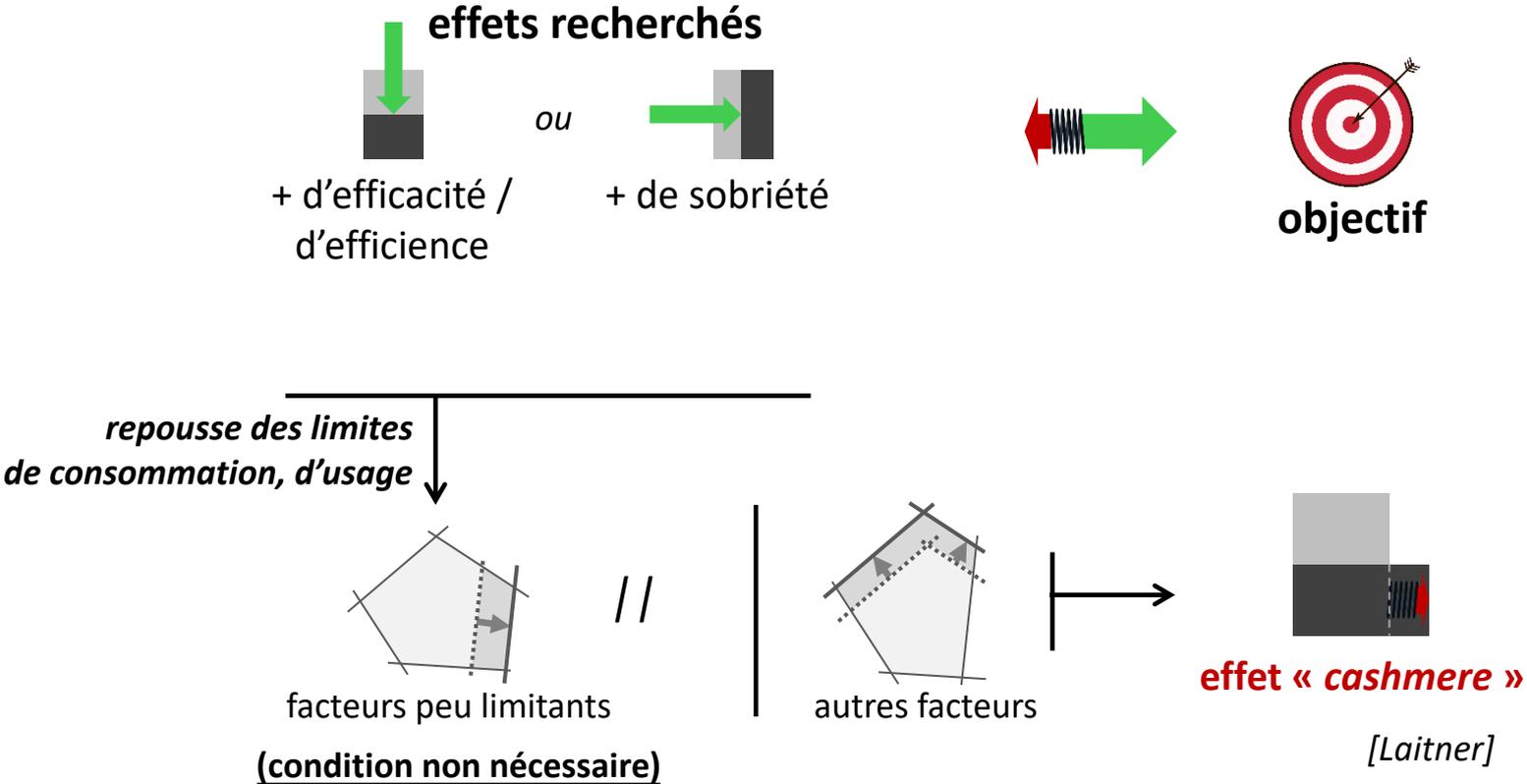
Effet rebond : cadre général



Effet rebond vs effet « *cashmere* » [Laitner]

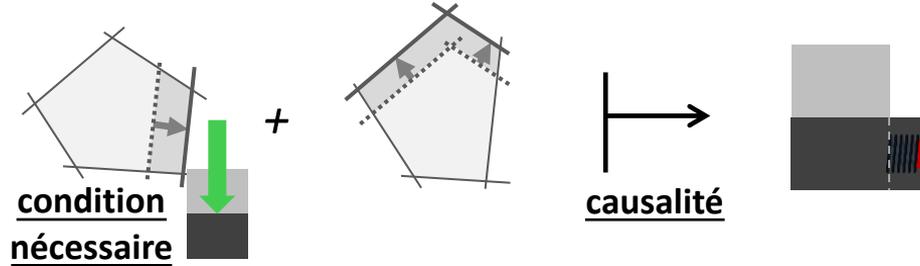


Effet rebond vs effet « *cashmere* » [Laitner]



Analyser l'effet rebond

1. Comprendre les mécanismes :



2. Estimer l'ampleur : comparer deux trajectoires, dans le futur ou le passé :

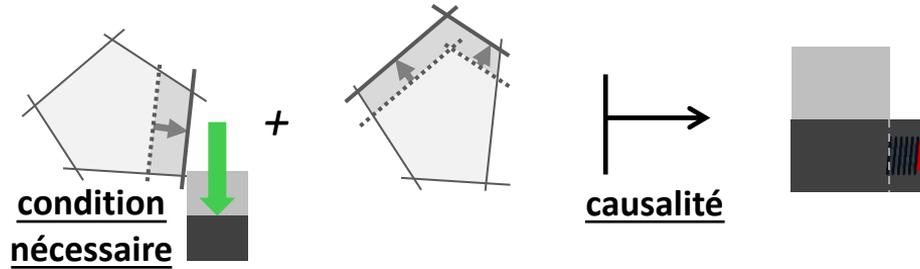
sans la solution efficace / sobre vs avec la solution efficace / sobre



outils : enquêtes, sondages, modèles numériques, économétrie ...

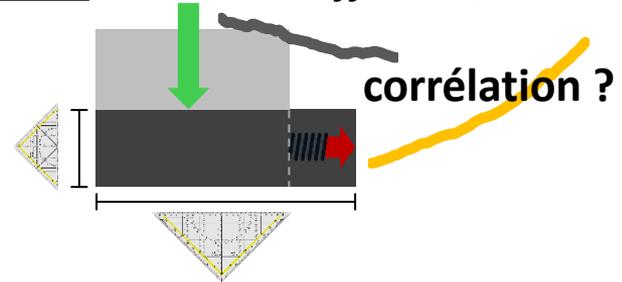
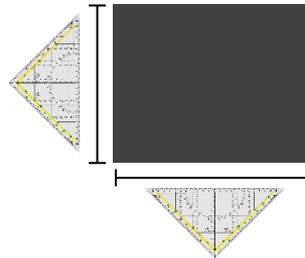
Analyser l'effet rebond

1. Comprendre les mécanismes :



2. Estimer l'ampleur : comparer deux trajectoires, dans le futur ou le passé :

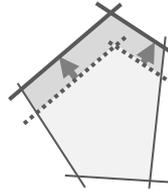
sans la solution efficace / sobre vs avec la solution efficace / sobre



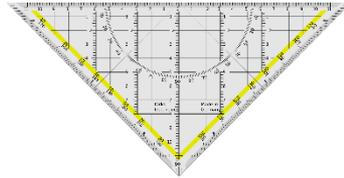
outils : enquêtes, sondages, modèles numériques, économétrie ...

Plan

1. Les mécanismes

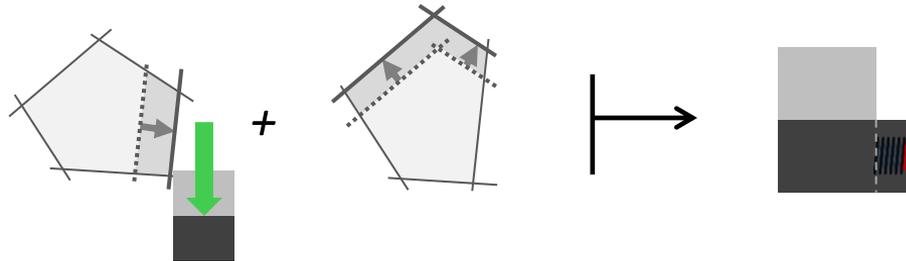


2. Mesurer

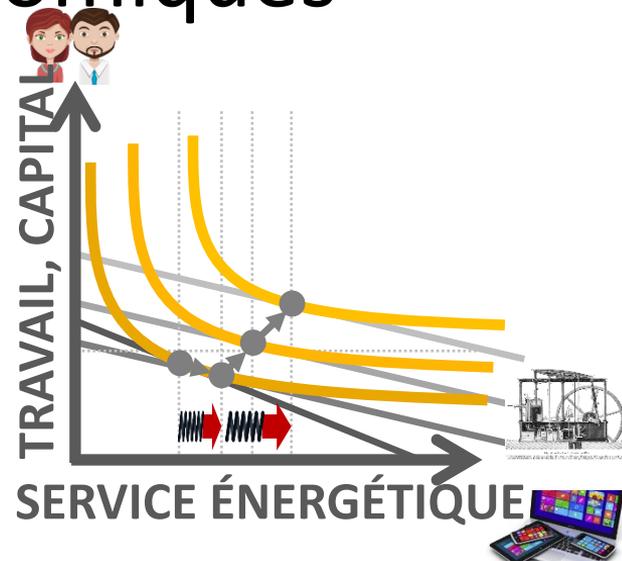
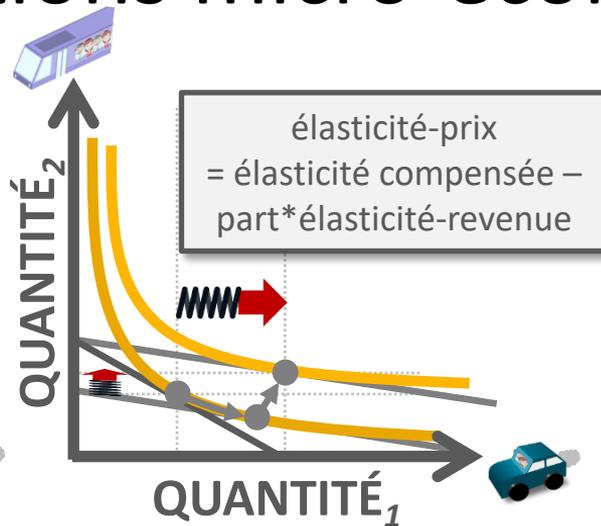
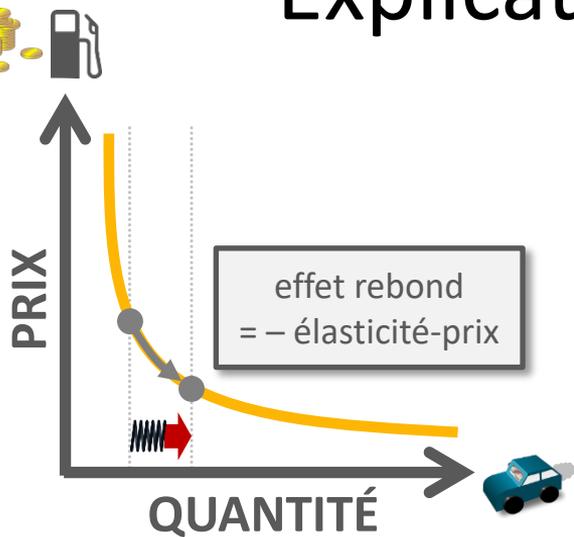


3. Quelques exemples

1. Les mécanismes



Explications micro-économiques



Théorie du consommateur

- Elasticité-prix
- Rebond direct

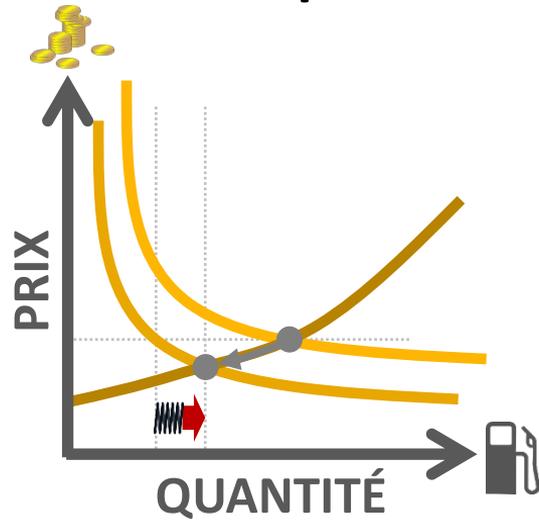
[Berkhout,
Greening, Greene,
Sorrell, Herring]

- *Homo œconomicus*
- Rebond direct
- Rebond indirect
- Effet de substitution
- Effet de revenu

Théorie du producteur

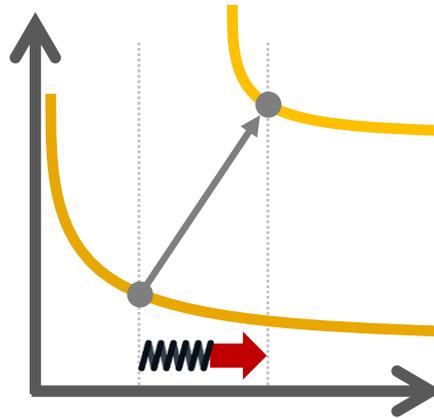
- Substitution des facteurs de production
- Baisse des coûts de production
- Maximisation des profits

Explications macro-économiques



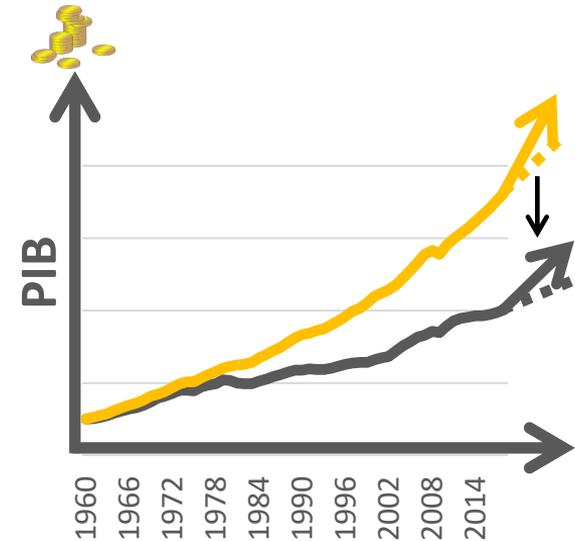
Équilibre offre/demande

- Modèles d'équilibre général calculables (CGE)
- Réajustement de l'ensemble de l'économie (demande/offre/prix)



Effet de frontière

- Applications & marchés totalement nouveaux
- Modification très importantes de la production



Croissance économique

- Stimulation de l'activité économique croissance (accélération)
- Couplage PIB et impacts, énergie, ...

[Jenkins, Nordhaus]

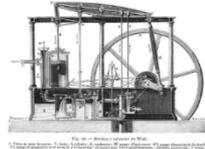
[Jevons, Khazzoom-Brookes, Saunders]

Explications « techniques »

- Qualité dans la réalisation de la fonction :

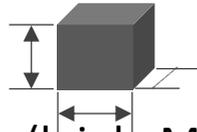
- qualité de l'énergie  
- qualité de l'acier dans le procédé Bessemer 
- machine à vapeur : fiabilité, puissance, régularité, transmission du mouvement...

[Sorrell]



- Encombrement :

- miniaturisation (loi de Moore)



- Temps :

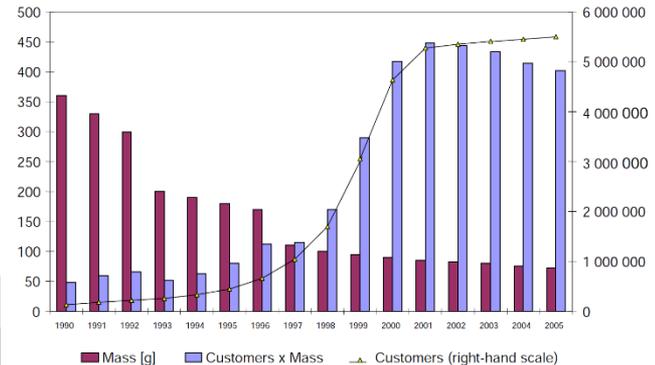


- disponibilité permanente des TIC
- phénomènes d'accélération

- Rôle clé [Wallenborn]

- des standards
- des infrastructures

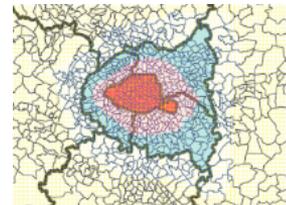
- 0.5x
- 0.75x
- 1x (Normal)
- 1.25x
- 1.5x



Explications sociologiques et psychologiques

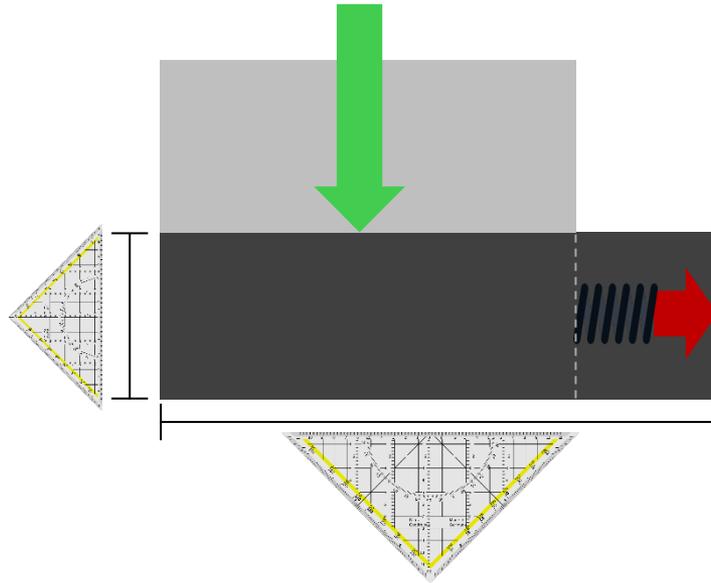
- Transformation/reconfiguration des pratiques sociales
 - intégrative ou dispersive
 - norme sociale et technique
 - délégation des tâches aux machines (rebond temporel)
 - décalage du point de référence / élévation des standards de vie
 - dépendance au chemin
 - irréversibilité
- Désirs, besoins, culpabilité
 - publicité
 - obsolescence (au sens large)
 - inégalités

[Shove]

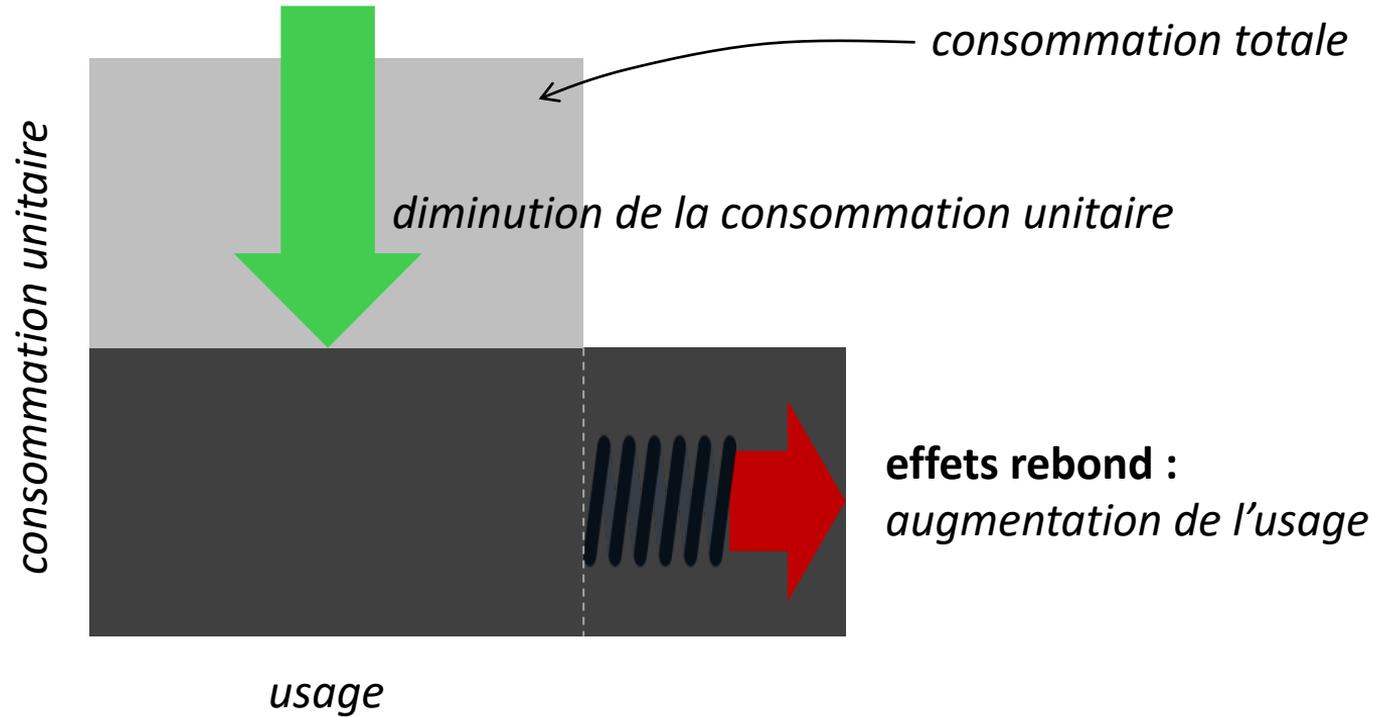


[Wallenborn]

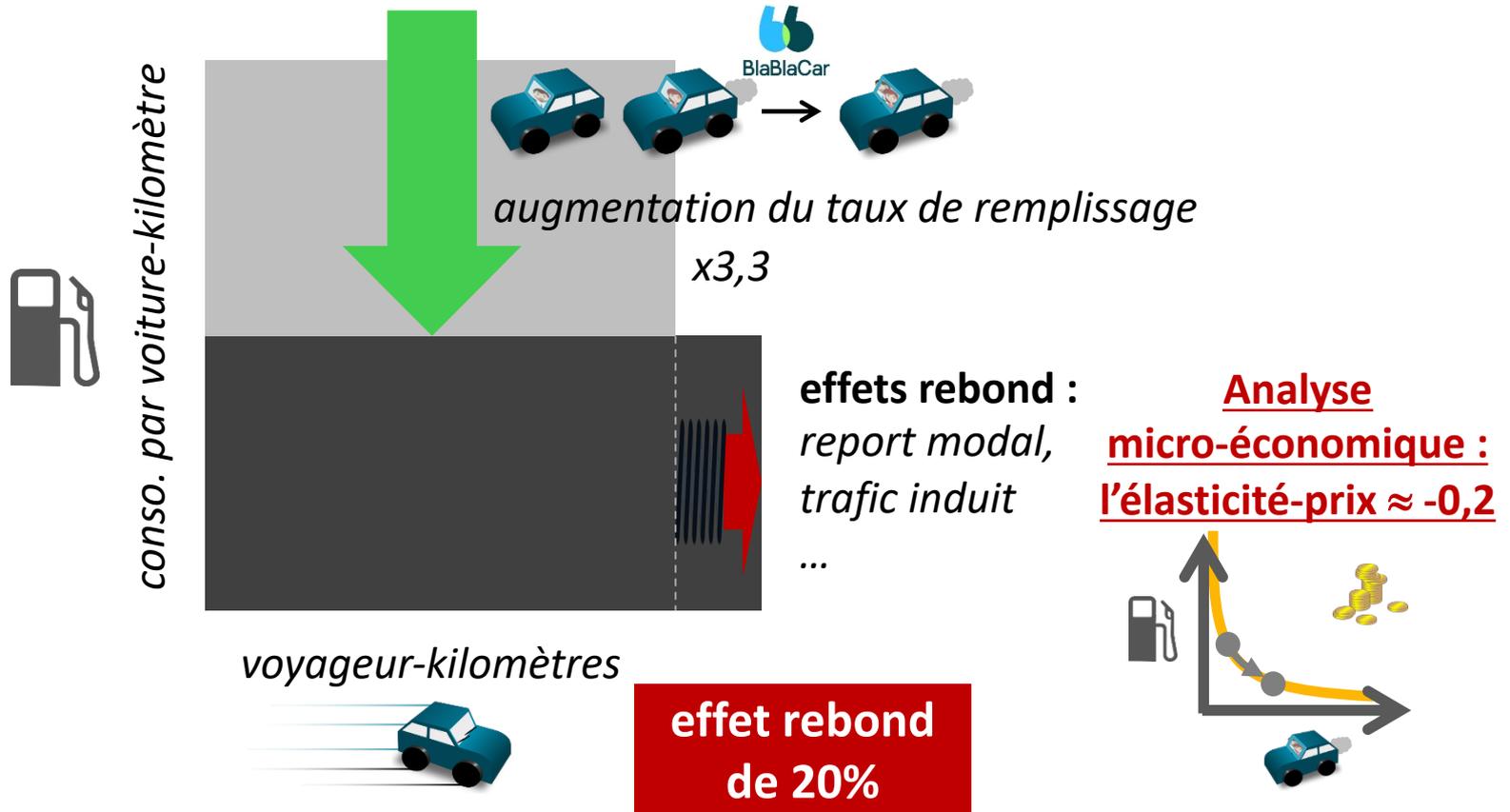
2. Mesurer



Effets rebond : mesurer



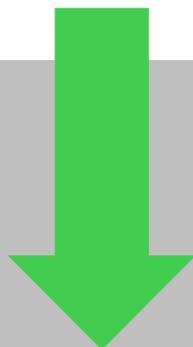
Exemple : covoiturage



Exemple : covoiturage



conso. par voiture-kilomètre



80%
60%
40%
20%
0%

voiture

train

car

avion

nouveau trajet

■ conducteur
■ passager

moyen de déplacement qui
aurait été utilisé sans la
plateforme de covoiturage

Enquête de l'Adème

effets rebond :
report modal : 80%
trafic induit : 15 %

voyageur-kilomètres

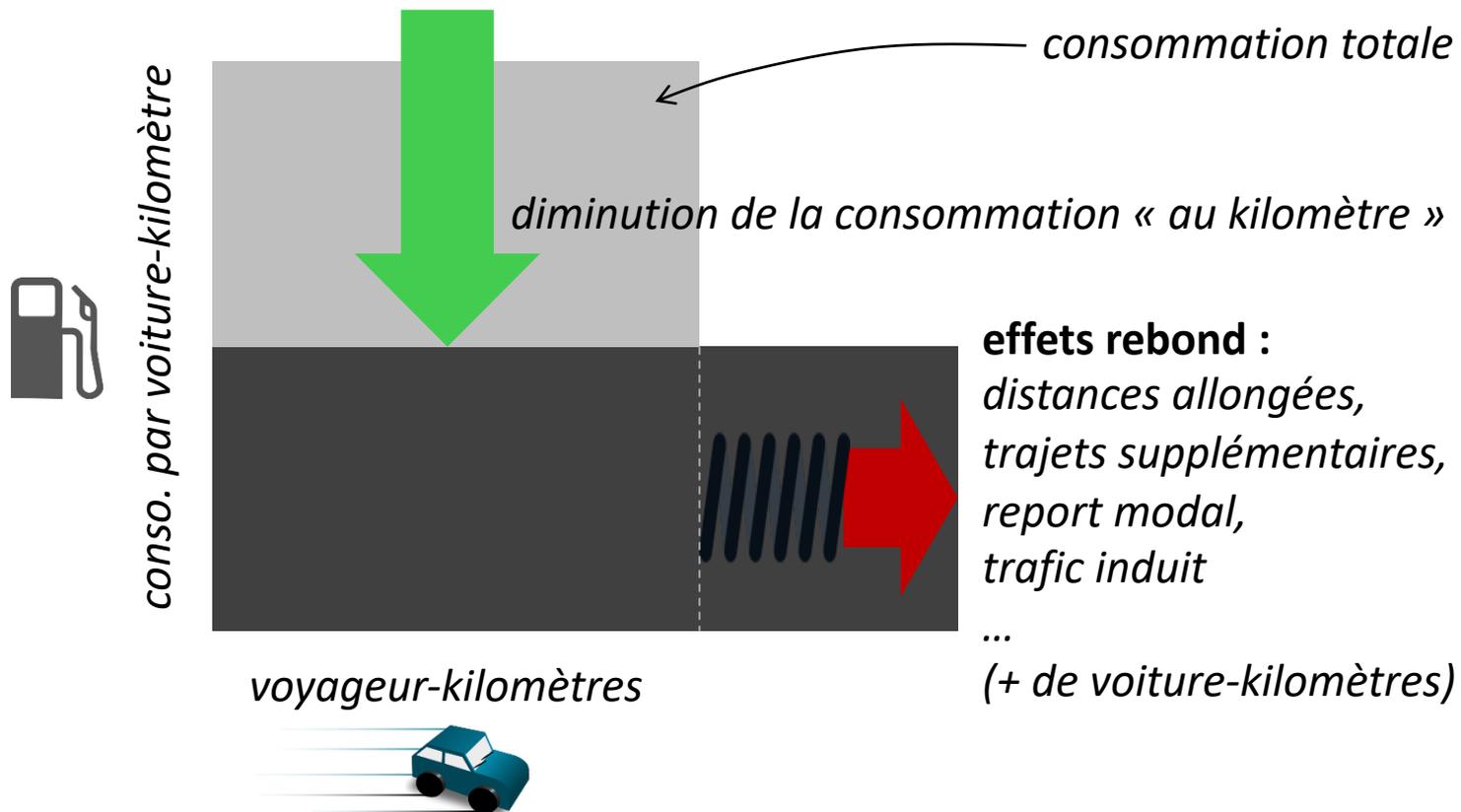


**effet rebond
de 95%**

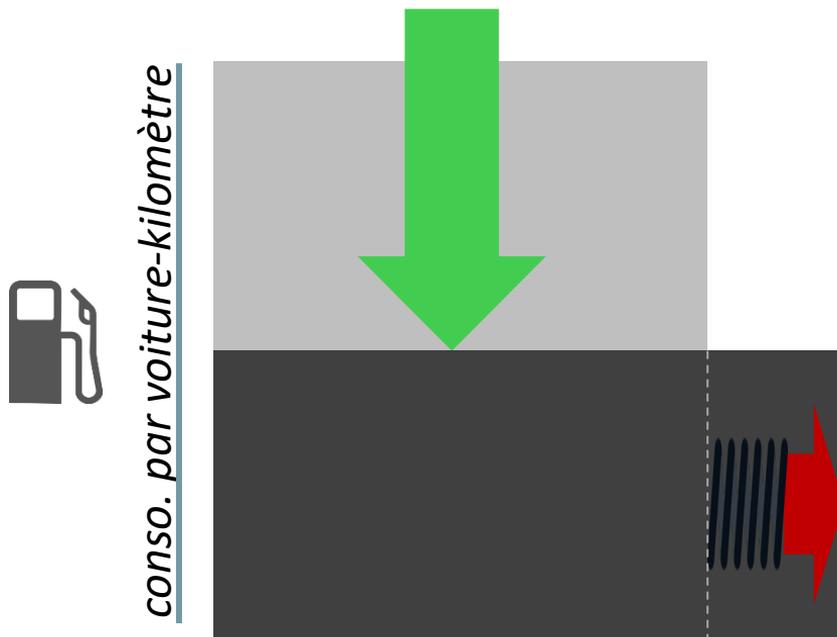
Motivations économiques (69%)
et convivialité (87%)

Attention aux métriques

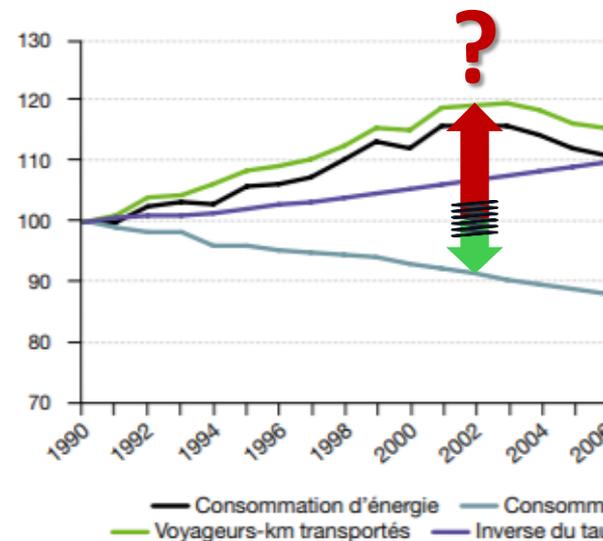
Exemple : trajets en voiture



Exemple : trajets en voiture

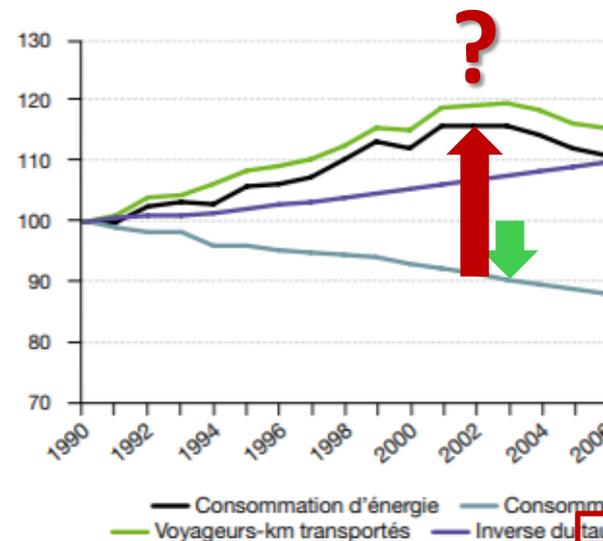
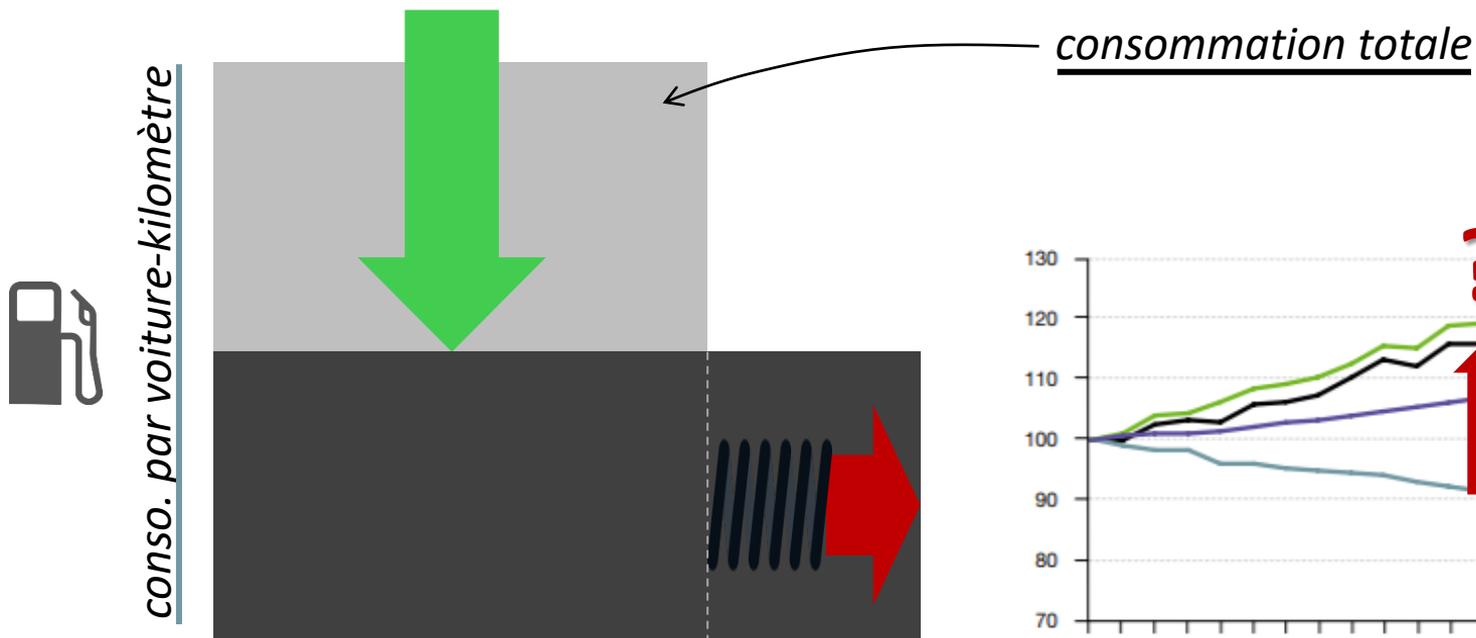


voyageur-kilomètres



Note : la consommation d'énergie est égale, à un facteur 100 près, au produit des autres g
Champ : voitures particulières immatriculées en France, roulant en France.
Source : calculs SDES

Exemple : trajets en voiture



voyageur-kilomètres * taux d'occupation⁻¹



Note : la consommation d'énergie est égale, à un facteur 100 près, au produit des autres g
 Champ : voitures particulières immatriculées en France, roulant en France.
 Source : calculs SDES

Exemple : trajets en voiture

Applied Energy 172 (2016) 207-216

Contents lists available at ScienceDirect

Applied Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apenergy

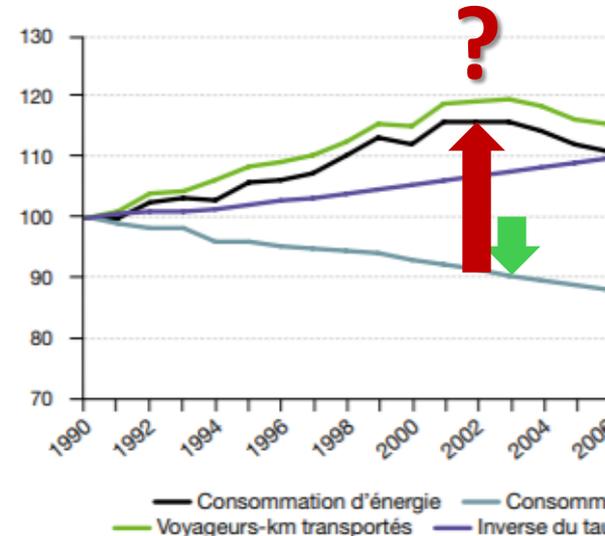
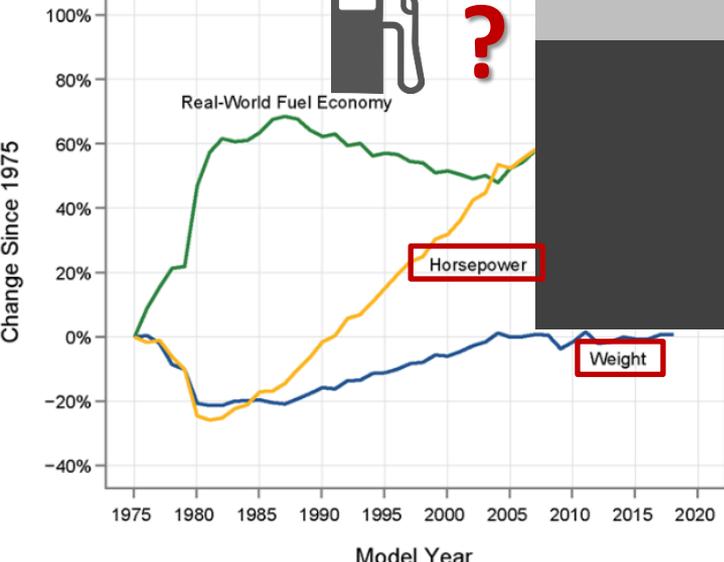
Rebound effects from speed and acceleration in electric and internal combustion engine cars: An empirical and conceptual investigation

Ray Galvin

School of Business and Economics/E.ON Energy Research Center, Institute for Future Consumer Energy Needs and Behavior, RWTH Aachen University, 52074, Germany

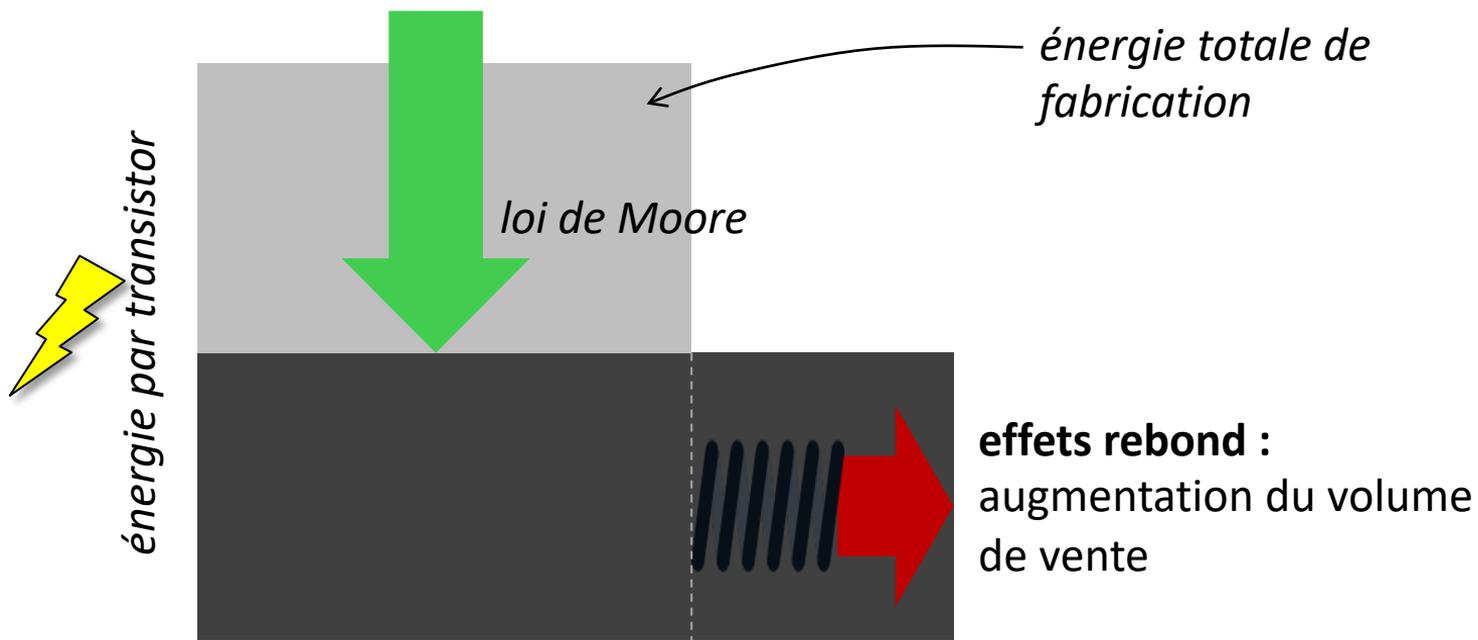
HIGHLIGHTS

Vehicle rebound effects have been investigated for distance but not speed.



Note : la consommation d'énergie est égale, à un facteur 100 près, au produit des autres g
 Champ : voitures particulières immatriculées en France, roulant en France.
 Source : calculs SDES

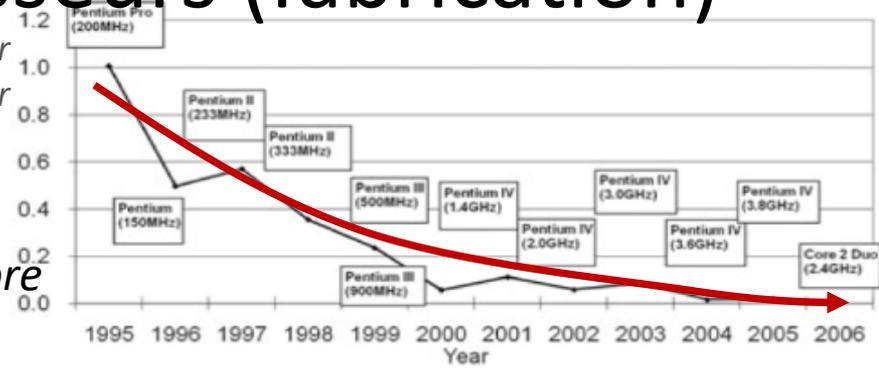
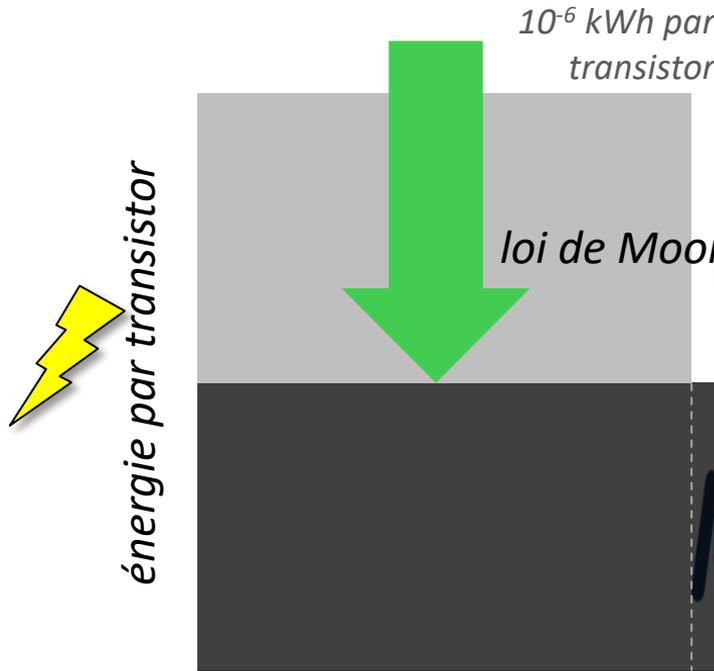
Exemple : microprocesseurs (fabrication)



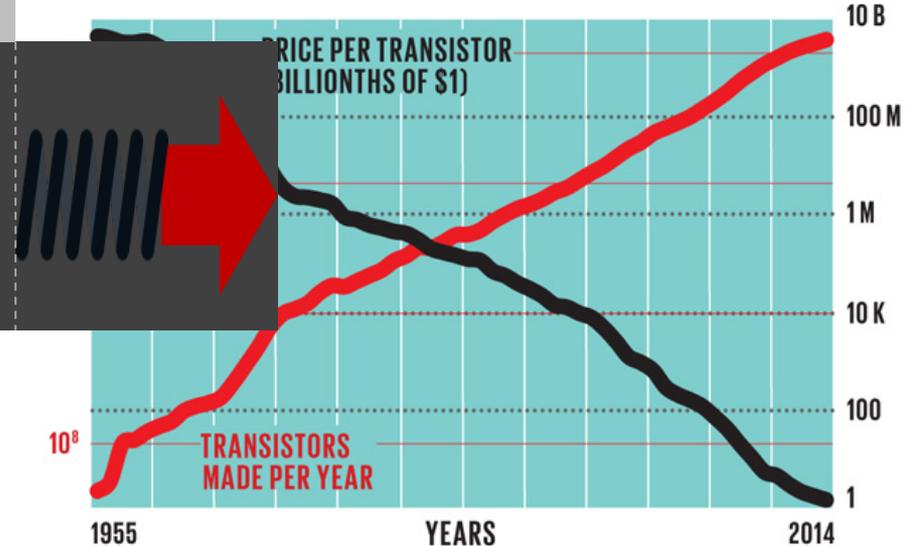
nombre de transistors



Exemple : microprocesseurs (fabrication)



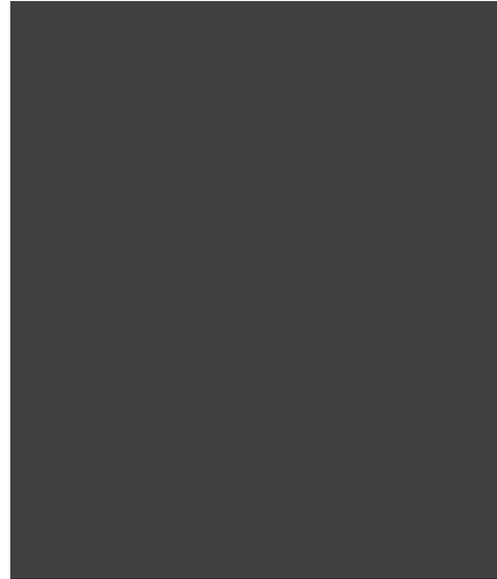
nombre de transistors



Exemple : microprocesseurs (fabrication)

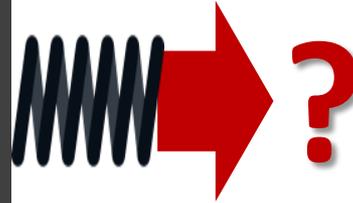
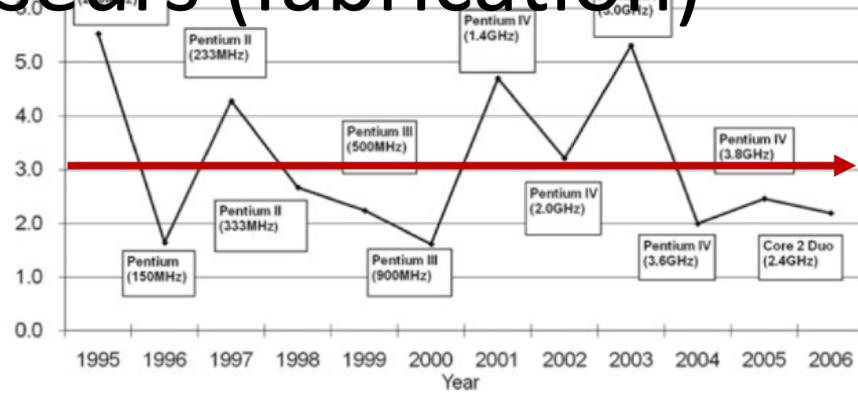


énergie par processeur

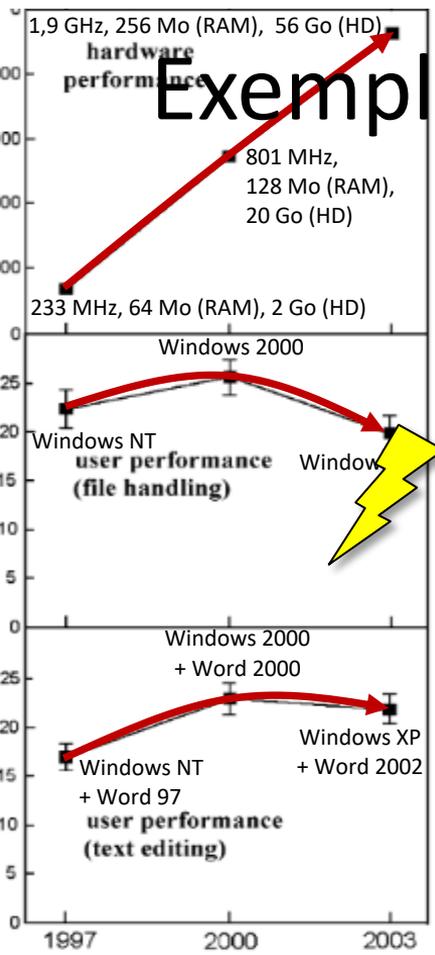


nombre de processeurs

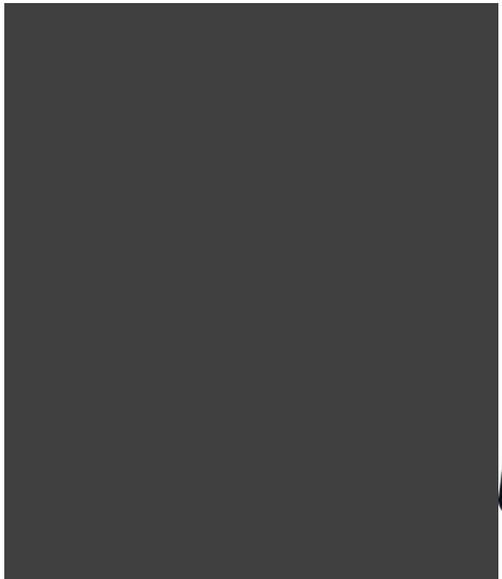
kWh par
processeur



Exemple : microprocesseurs (fabrication)

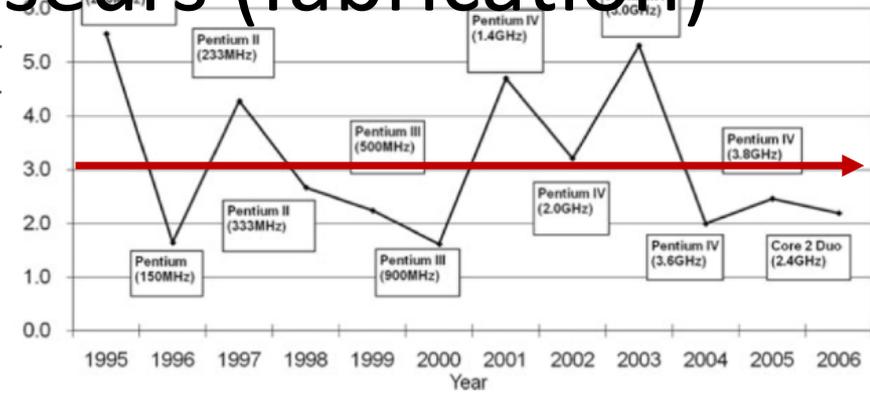


énergie par processeur

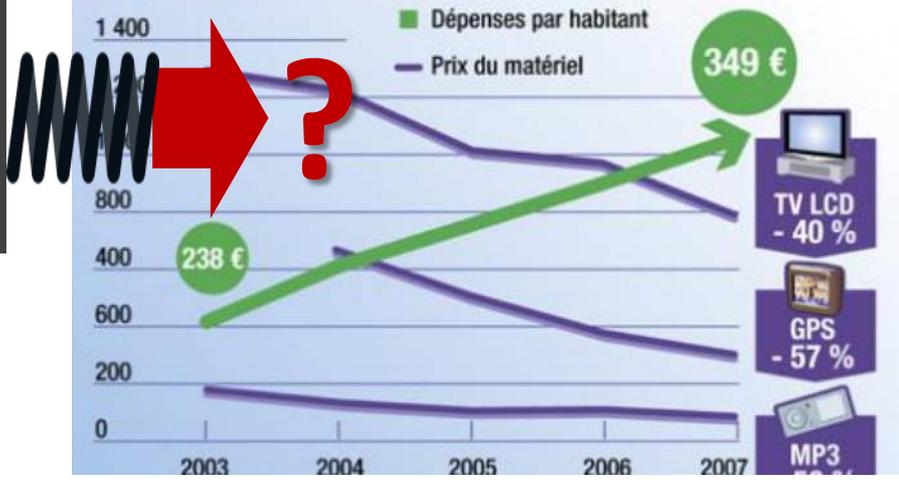


nombre de processeurs

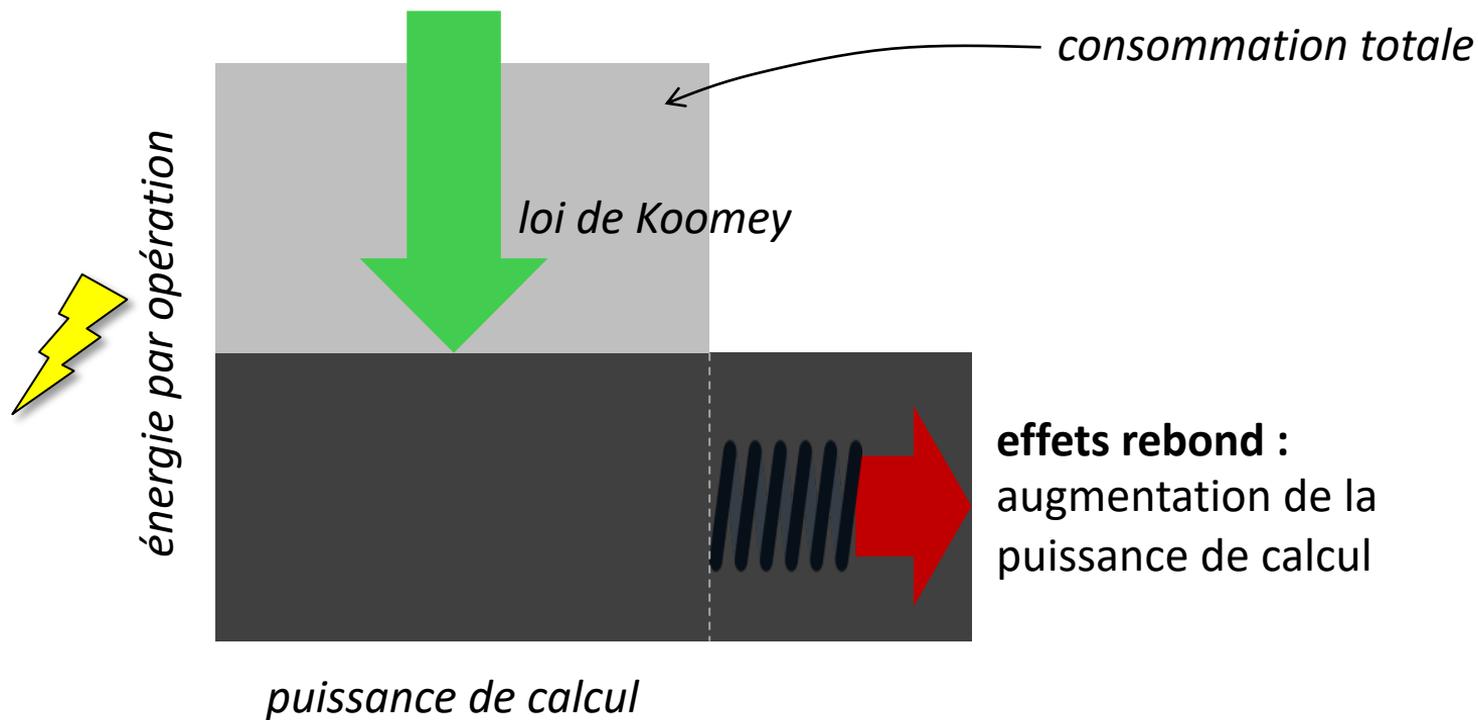
kWh par processeur



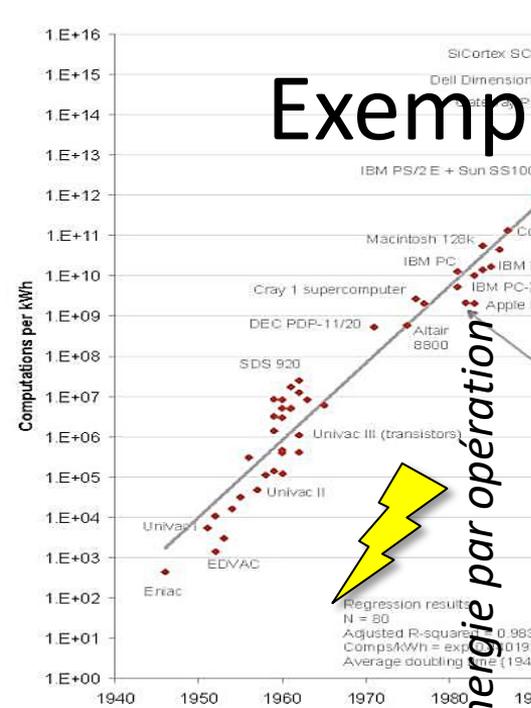
Les prix chutent, les achats s'envolent en France



Exemple : microprocesseurs (usage)



Exemple : microprocesseurs (usage)



ENIAC

150 kW

(en fonctionnement)

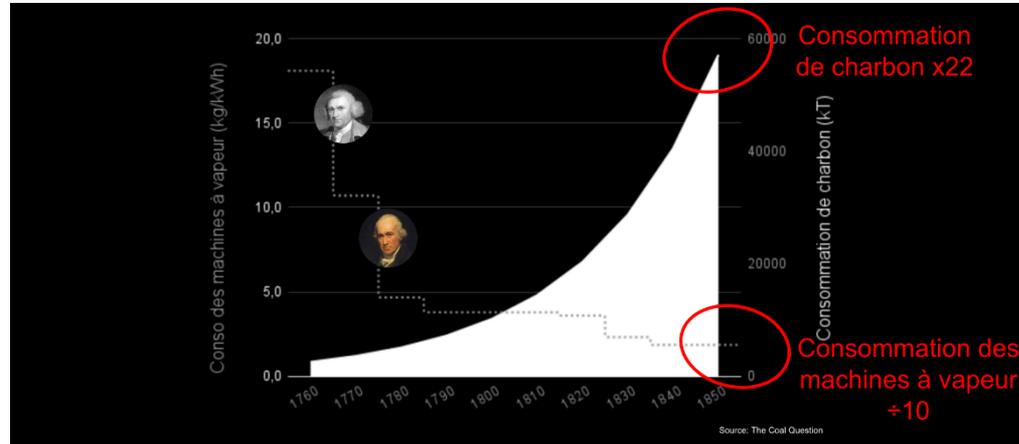


260 GW

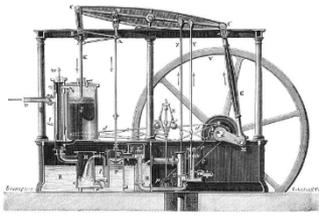
(en continu)

puissance de calcul

3. Quelques exemples



La révolution industrielle (le paradoxe de Jevons)

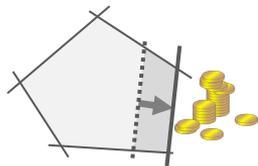
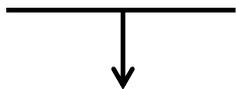


« Traité de physique de Laplace. T. II. Mécanique. Ch. 10. Moteurs. 1829. Paris. M. Bachelier. »

effet recherché

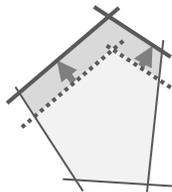


+ d'efficacité /
d'efficience



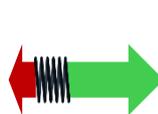
baisse des coûts
d'utilisation

+

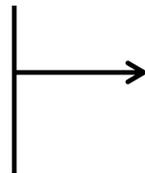


autres facteurs :

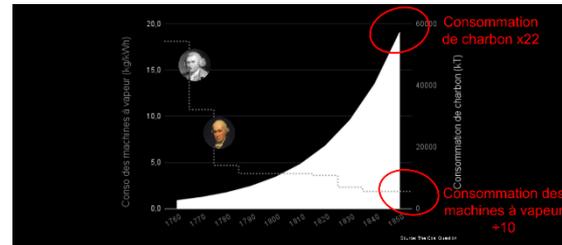
- puissance
- régularité
- transmission
- fiabilité
- maintenance



**économiser le charbon ?
en faire le meilleur usage**



effet rebond



Le paradoxe de Jevons

machines à vapeur

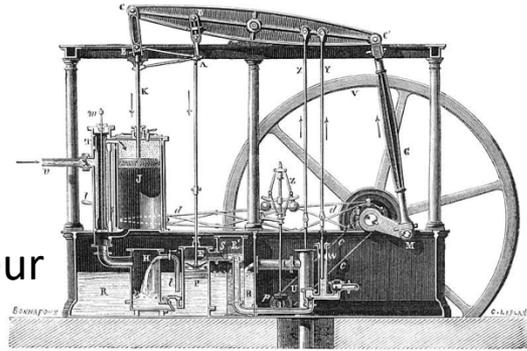
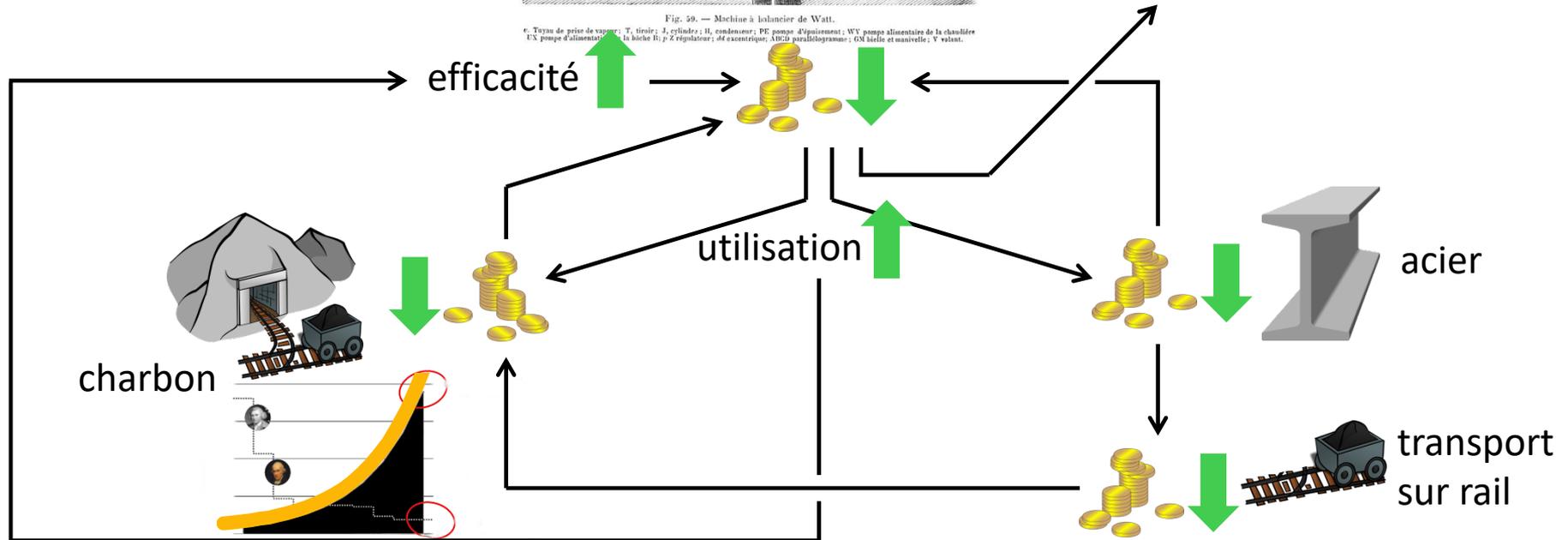
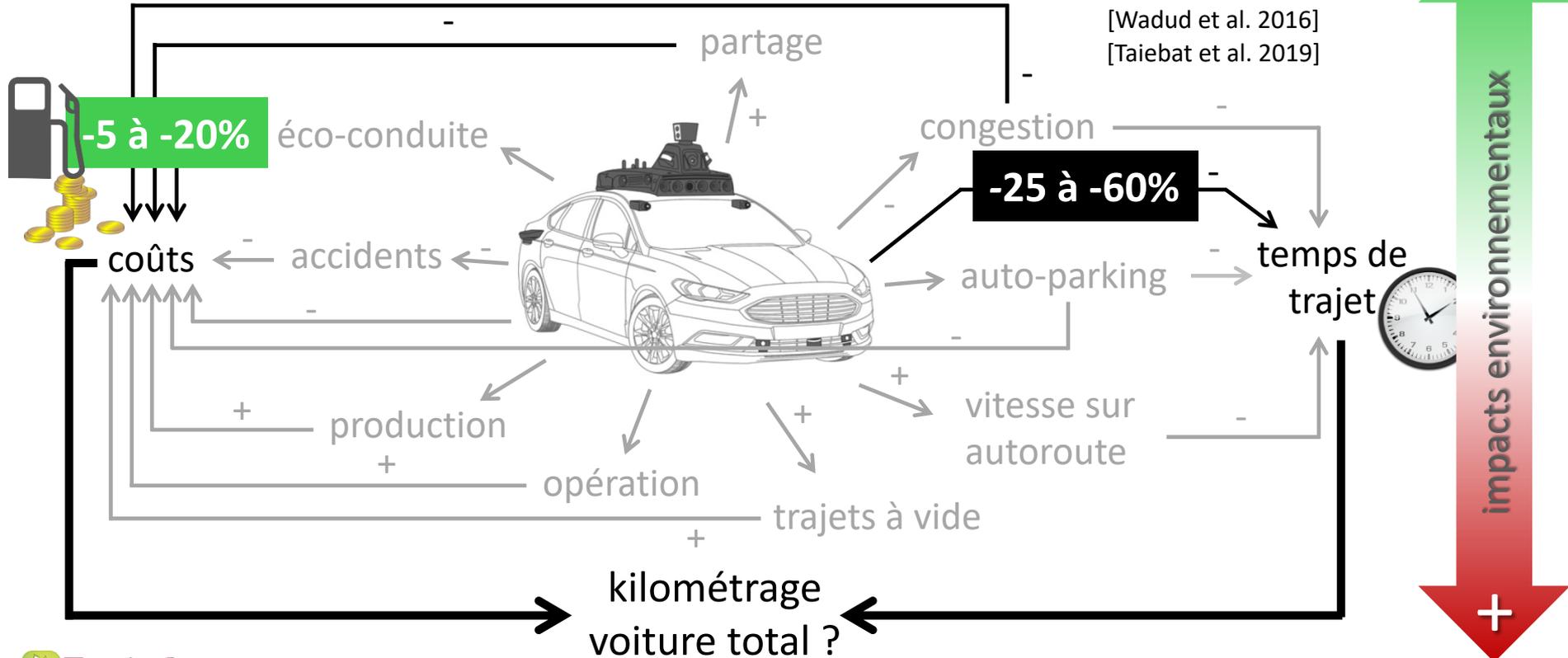


Fig. 59. — Machine à balancier de Watt.
C. Tuyau de prise de vapeur; T. tiroir; J. cylindre; H. condenseur; PE pompe d'épuisement; WY pompe alimentaire de la chaudière; UX pompe alimentaire de la boîte H; p. Z régulateur; AB'D'B parallélogramme; GM bielle et manivelle; V volant.

textile



Le véhicule autonome

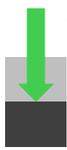


Le véhicule autonome

éco-conduite

-5 à -20%

effet recherché

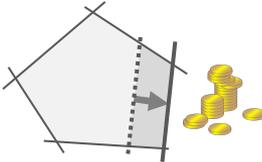
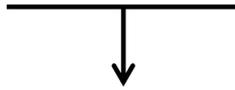
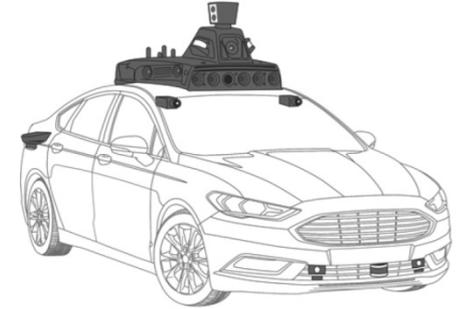


+ d'efficacité /
d'efficience

x10-100



objectifs
écologiques ?



diminution des coûts
liés au carburant

-5 à -20%



élasticité-prix $\approx -0,2$



+1 à +4%

effet rebond **20%**

[Wadud et al. 2016]

[Taiebat et al. 2019]

élasticités à long terme [Litman 2019]

Le véhicule autonome

éco-conduite

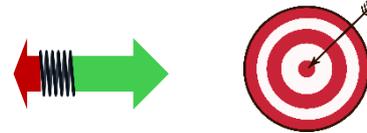
-5 à -20%

effet recherché

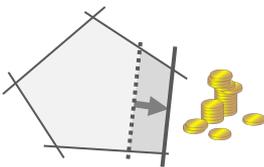
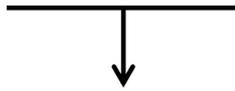
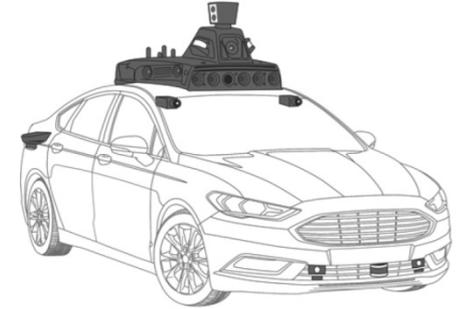


+ d'efficacité /
d'efficience

x10-100



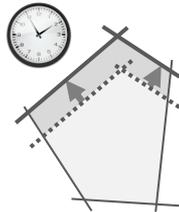
objectifs
écologiques ?



diminution des coûts
liés au carburant

-5 à -20%

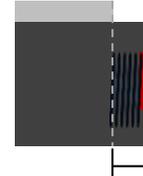
//



autres facteurs :
valorisation du temps de trajet

-25 à -60%

élasticité-temps
 $\approx -1,0$



+25 à +60%

effet rebond temporel **100%**

[Wadud et al. 2016]

[Taiebat et al. 2019]

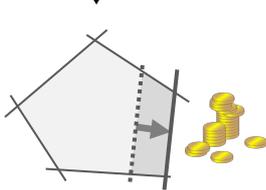
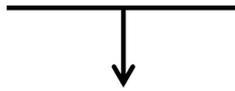
élasticités à long terme [Litman 2019]

Réseau mobile 5G

effet recherché

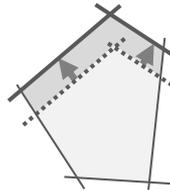


+ d'efficacité / d'efficience **x10-100**



limite la hausse des coûts d'opération (OPEX)

+

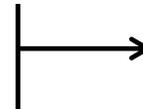


autres facteurs :

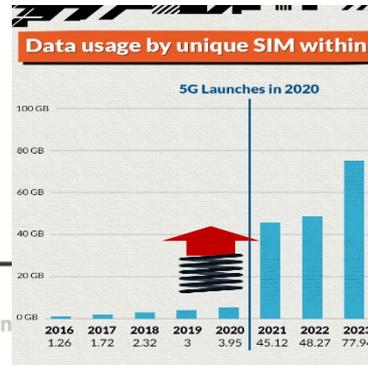
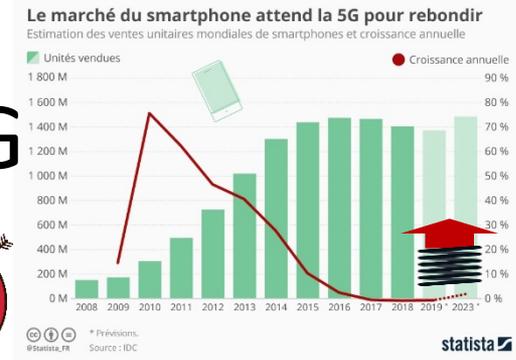
- trafic : **x1000**
- connexions : **x10-100**
- latence : **÷10**
- débit : **x10**
- connexions à **500 km/h**



objectifs écologiques ?



effet rebond ?



Industry analysis #3 2019

Mobile data – first half 2019

Mobile data consumption continues to grow as the majority of operators now rewarded with A

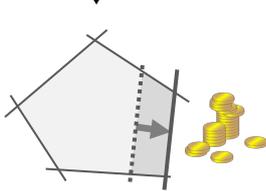
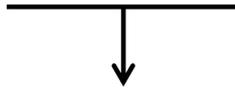
Taiwan: Unlimited is so last year – Korea: 5G boosts usage

Réseau mobile 5G

effet recherché

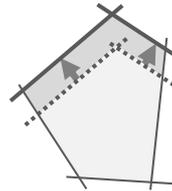


+ d'efficacité / d'efficience **x10-100**



limite la hausse des coûts d'opération (OPEX)

+

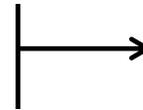


autres facteurs :

- trafic : **x1000**
- connexions : **x10-100**
- latence : **÷10**
- débit : **x10**
- connexions à **500 km/h**

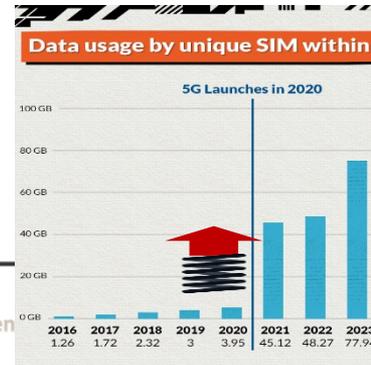
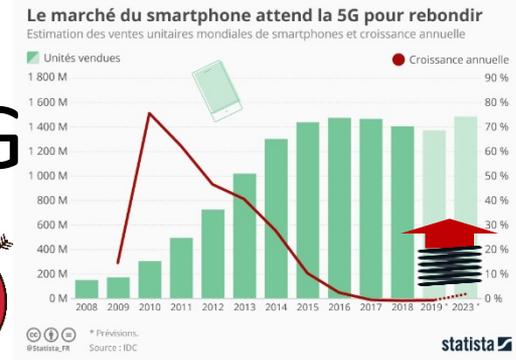


objectifs écologiques ?



effet rebond potentiel :

2-3x plus de stations qui consomment **2-3x plus** (au max) par rapport à la 4G



Industry analysis #3 2019

Mobile data – first half 2019

Mobile data consumption continues to grow, with a majority of operators now rewarded with A

Taiwan: Unlimited is so last year – Korea: 5G boosts usage



Air France



+ d'efficacité /
d'efficience



**objectifs
écologiques ?**

Air France Horizon 2030

-50%
D'ÉMISSIONS DE CO₂ **PAR PASSAGER** D'ICI À 2030

#AirFranceTakesCare

100%
D'ÉMISSIONS DE CO₂ COMPENSÉES SUR LES VOLS
EN FRANCE MÉTROPOLITAINE, DÈS 2020

#AirFranceTakesCare

**TRI SÉLECTIF DES
DÉCHETS À BORD**
POUR RECYCLAGE EN FRANCE ET EN EUROPE

AIRFRANCE 
FRANCE IS IN THE AIR



**1 MILLION DE SIÈGES À 40 €*
Plus la température monte, plus les prix baissent sur la France et l'Europe !
Les sièges sont bien au frais mais à ce prix là, ils fondent comme neige au soleil...**

Profitez-en jusqu'au **1er juillet 2019 !**

Effets rebond et publicité



usage++, déconnexion-- (Orange)

renouvellement++ (Blackmarket)



LES JOURNÉES SANS MALUS

DÉCOUVREZ NOTRE GAMME DE SUV COMPACTS ET PROFITEZ DU MALUS OFFERT SUR UNE SÉLECTION DE MODÈLES EN STOCK. DISCOVERY SPORT HYBRIDE MHEV À PARTIR DE 439 €/MOIS* AVEC APPORT DE 4 900 €, SOUS CONDITION DE REPRISE.

DÉCOUVREZ LES OFFRES

472 851 XCB 978

SUV++
(Range Rover)

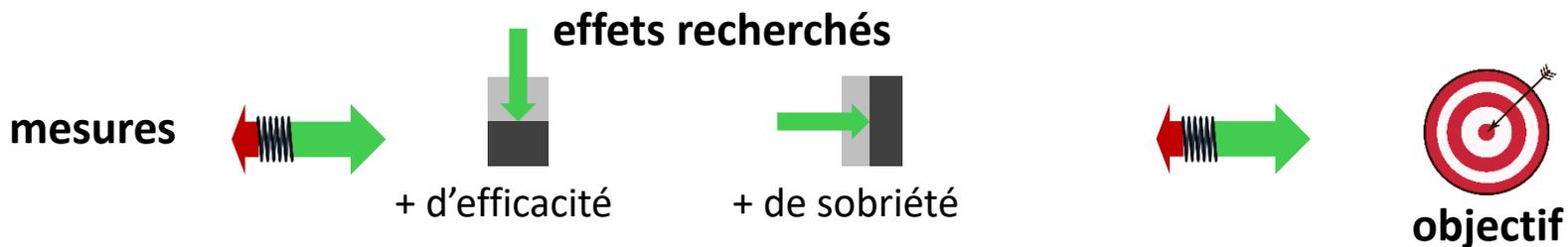
TESCO Every little helps

Turn lights into flights.

Earn a £2.50 Clubcard Voucher at Tesco and turn it into 60 Airmiles.

avion++ (Tesco)

Politiques de croissance et effet rebond



politiques de croissance

dette et création monétaire
acquisition des ressources
circulations économique (infrastructures)
temps de travail, horaires d'ouverture
...



effet rebond

... économique 
physique (temps, espace, ressources, infrastructures...) 
psychologique (culpabilité, besoins, désirs, danger...) 
sociologique (habitudes, pratiques, normes, ...) 
règlementaire

Conclusion

- Ne pas se limiter aux approches quantitatives, s'intéresser aussi :
 - aux aspects qualitatifs
 - à d'autres disciplines
- Faire attention aux métriques !
- Problème de l'intention réelle :
 - dans la politiques de croissance des États, des entreprises
 - dans le marketing
 - dans nos comportements
- Peut-on transformer l'effet rebond en effet « *débond* » ? [F. Schneider]