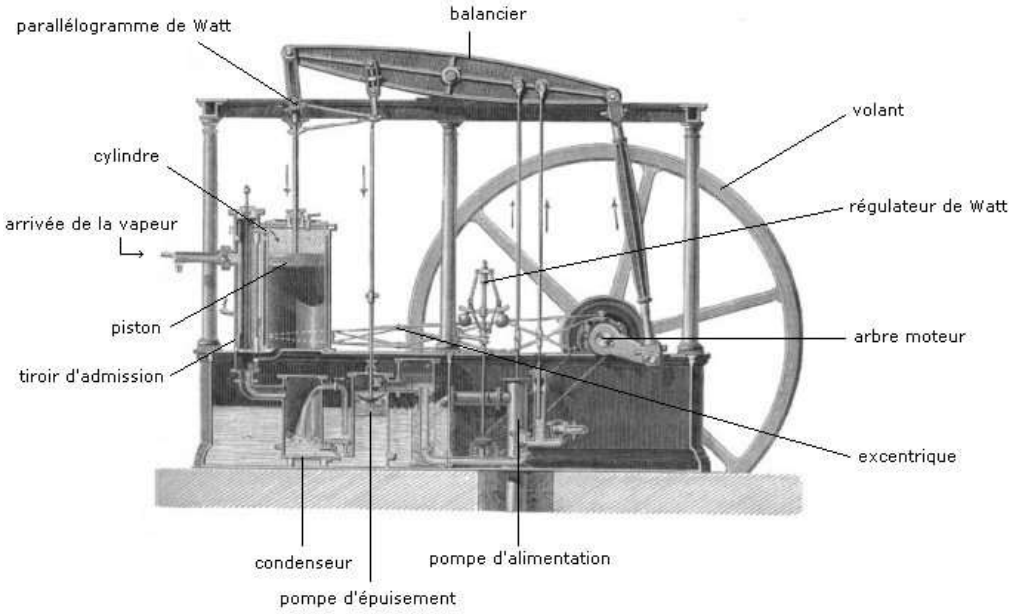
3 - Efficacité et sobriété

[MAJ1] N°3 IMT SudTelecom 2021 /
Stratégies Energétiques /

Antoine Bonduelle
contact@ee-consultant.fr

E&E Consultant

Définition



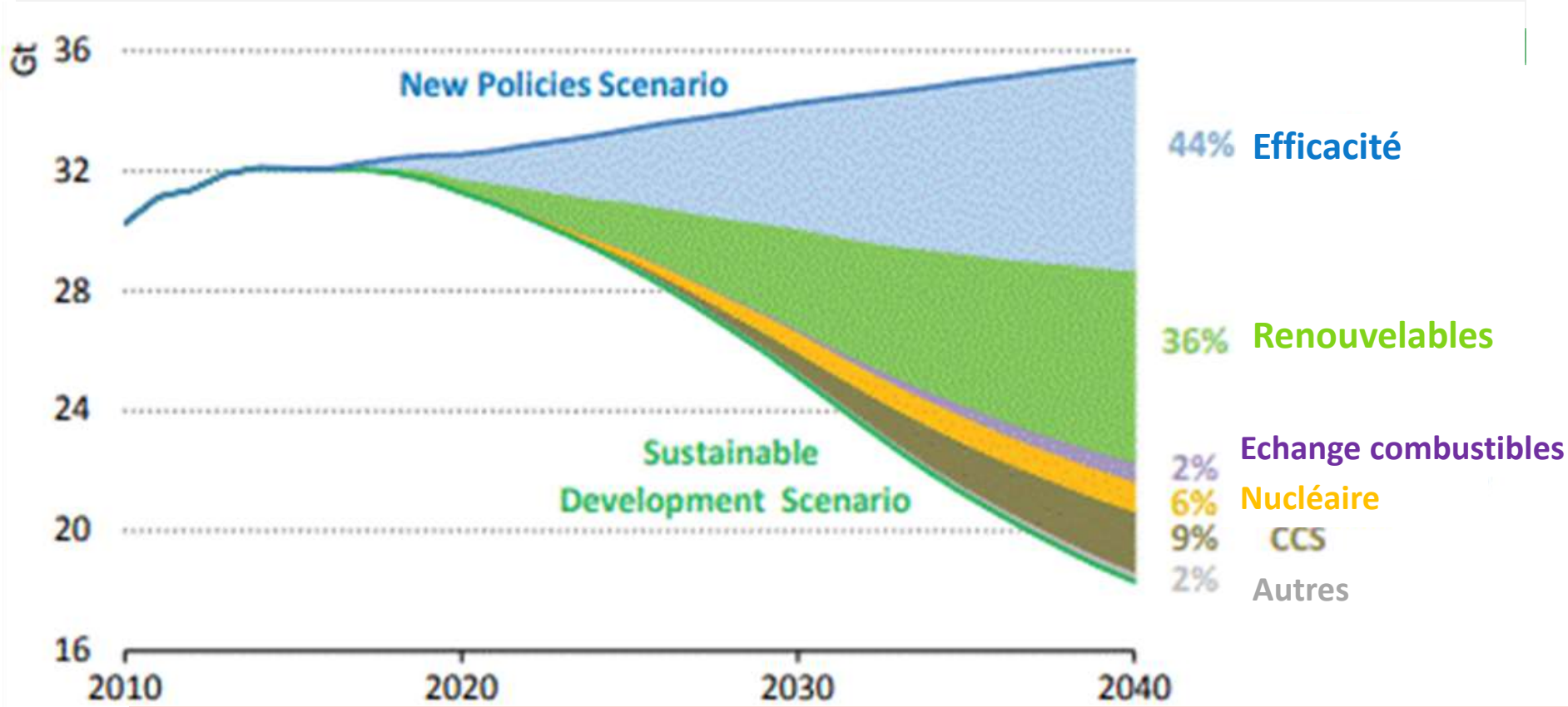
La machine de Watt de 1769 fonctionne en continu grâce au volant d'inertie et au condenseur séparé ainsi que son régulateur de vitesse centrifuge. Son rendement est de 10% environ.

Une première definition de l'efficacité, celle de l'ingénieur, est le "**ratio de l'énergie de sortie sur l'énergie entrante**".
Ici il s'agit de l'efficacité vis à vis des usages utiles, qui renvoient au confort, à l'éclairage, la mobilité, une puissance mécanique…
La question de l'efficacité d'extraction (du pétrole…) renvoie au rendement entre le puits de pétrole et l'énergie primaire. Une centrale électrique, une raffinerie, un transformateur… ont aussi une efficacité technique. Le système dans son ensemble a aussi une efficacité

Plan

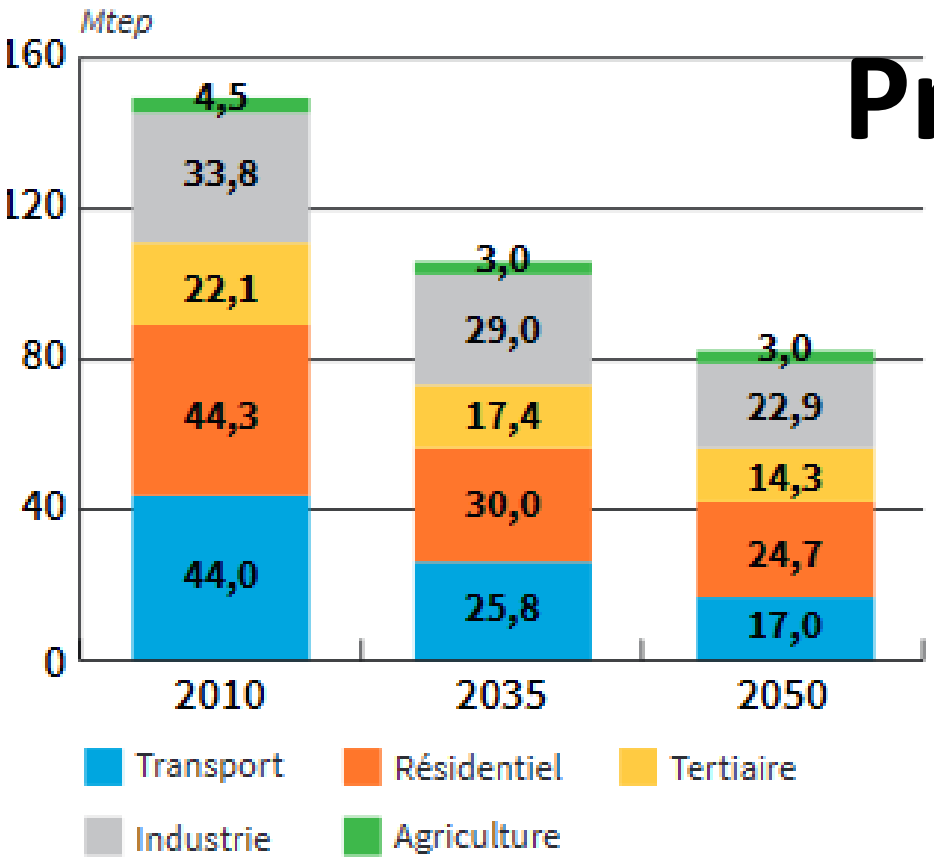
- **La première ressource disponible**
- Sobriété et efficacité
- [hors CF/DS] Le thermostat et l'usager L'éclairage et les co-bénéfices
- Les veilles et le numérique
- Economies d'électricité, efficacité matériaux
- Autres exemples: industrie…
- Les barrières à l'efficacité et les effets rebond
- La carotte d'or de Californie
- [Hors CF/DS] La tarification progressive ou dégressive; La gestion par la demande, les effacements; Problèmes divers

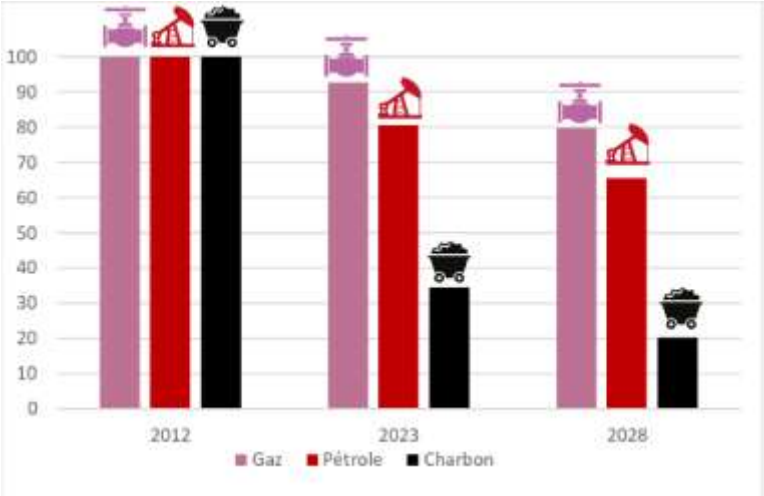
« First Fuel », dit l'AIE



Les scénarios climatiques de l'AIE décrivent un objectif d'efficacité accrue ici le New Policies Scenario, élaboré par l'International Institute of Applied Systems Analysis (IIASA) de Vienne (modèle WEM)]. L'efficacité est la première ressource de changement vers les scénarios réussis (44% du potentiel de gains carbone). La plupart des scénarios récents de l'AIE décrivent des trajectoires similaires.

Projections France





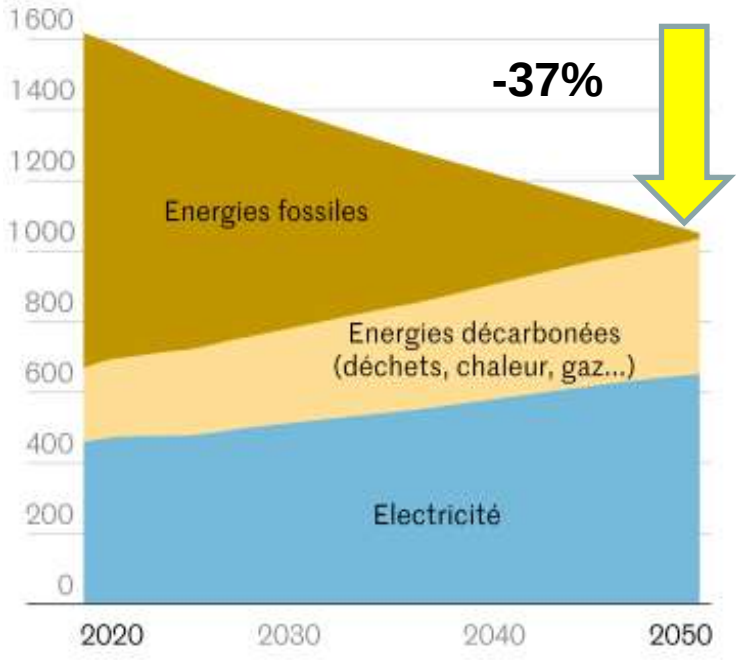
Les **visions ADEME 2035-2050** projettent une France qui consomme environ **la moitié de la consommation** de 2010
https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe_visions2035-50_010305.pdf

A plus court terme, la **Programmation Pluriannuelle de l'Energie** (PPE) prévoit en 2030 une baisse substantielle des **énergies fossiles**
https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20200422%20Synthe%CC%80se%20de%20la%20PPE.pdf

Aussi le scénario negaWatt ici
https://negawatt.org/scenario/vecteurs

Basé sur une contribution aux 2/3 de sobriété-efficaicité

La baisse de la demande est actée



Décarboner la France suppose d'abord une baisse des consommations (quel que soit le scénario d'offre). Présentation de la **Stratégie Nationale Bas Carbone de la France (SNBC)** [Infographie du Monde le 25/10/2021 d'après RTE].

La focalisation des débats sur le « match nucléaire-renouvelables » n'aide pas à comprendre une réalité bien plus puissante. Pour décarboner la France ou même le monde, une majorité d'experts et d'organismes ne proposent **plus de scénario de croissance des consommations d'énergie**.
Ce n'est pas nécessairement la « décroissance », car une partie de cette baisse est inscrite dans la modernisation de l'industrie et du transport (cf « AIE zéro »). Elle provient aussi de la multiplication des convertisseurs sans pertes thermiques. Le reste vient de la sobriété et de l'efficacité, deux notions avant tout collectives et systèmiques.

Sortir des fossiles

La pompe à chaleur (ici une eau-eau géothermique) est presque aussi symbolique de la transition sur la demande d'énergie que l'auto électrique

Tous secteurs: le défi climatique c'est de neutraliser les émissions carbonées de l'ensemble du bilan énergétique, tout en créant les conditions d'un développement durable. L'évolution du système électrique s'inscrit dans ce cadre de transformation globale incluant la sortie du pétrole (les transports) mais aussi du gaz fossile (habitat et industries).
Les scénarios étudiés par le GIEC sont en grande majorité en augmentation – absolue ou relative- de la part d'électricité, dans un contexte de baisse du reste de la demande. Ils sont dominés côté production par les énergies renouvelables.

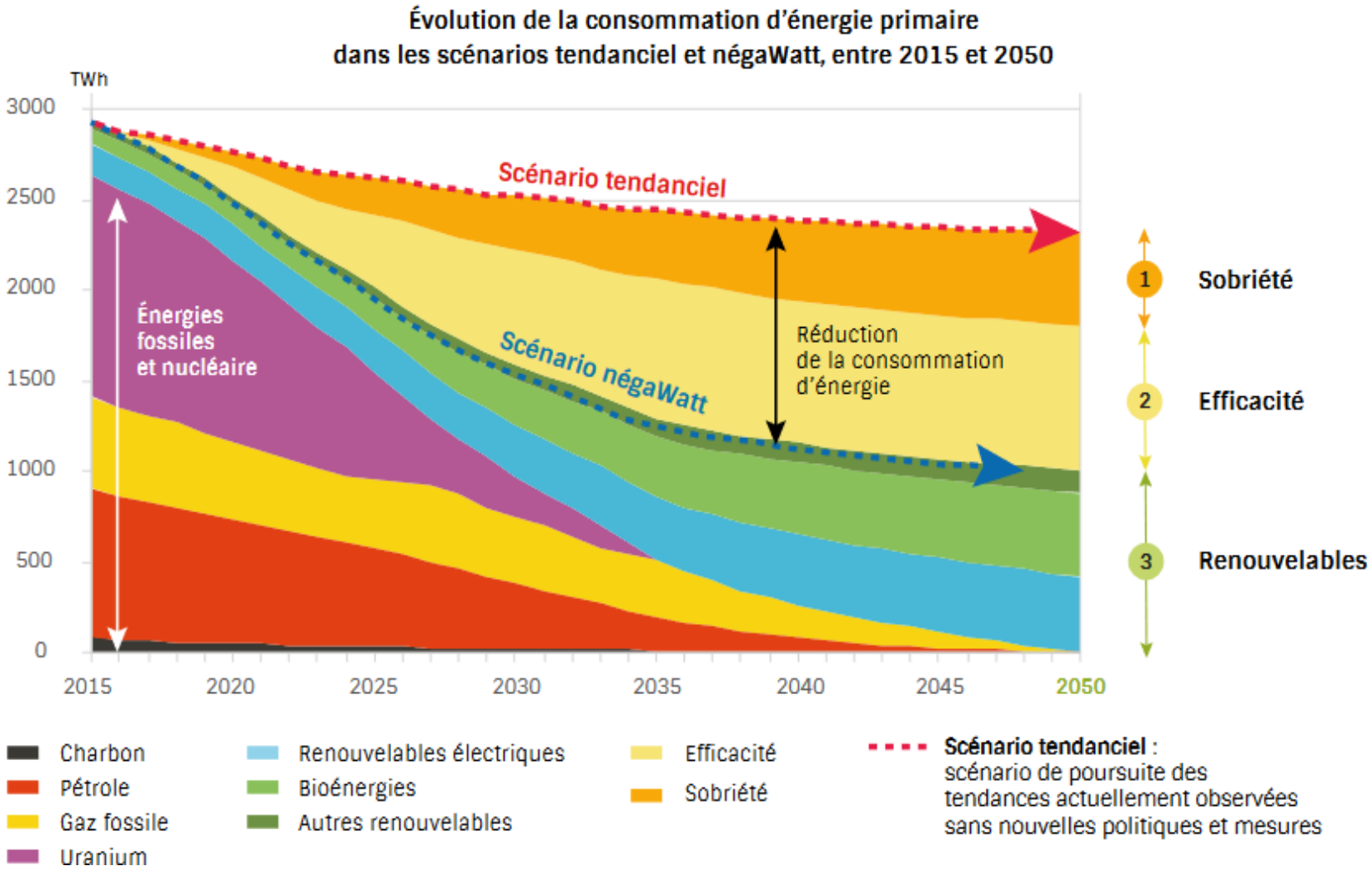
« Il faut doubler la production… »

[La TESLA Modèle 3]. En réalité, le véhicule électrique est encore loin d'être optimisé, et surtout le système de transport va vers une utilisation plus collective (et possiblement sobre) des véhicules. Pour le transport lourd, on s'oriente plus vers l'hydrogène (importé), le biogaz…

Si on remplace tous les véhicule légers (particuliers et professionnels) par de l'électrique, quelle consommation supplémentaire de courant?

- Pour remplacer environ 30 Mt de carburants pétroliers pour des véhicules particuliers et des camionnettes (VUL) électriques, il faudrait de l'ordre de 160 TWh de courant électrique soit une forte baisse de l'énergie finale engagée.
- L'électrification massive du transport augmente la consommation de l'ordre de +20% à +25% [100 TWh dans la référence RTE].
- (*) Par exemple, un VE typique substitue 6,5 l/100 km par 25 kWh soit 2,6 fois moins d'énergie (hors pertes du système)

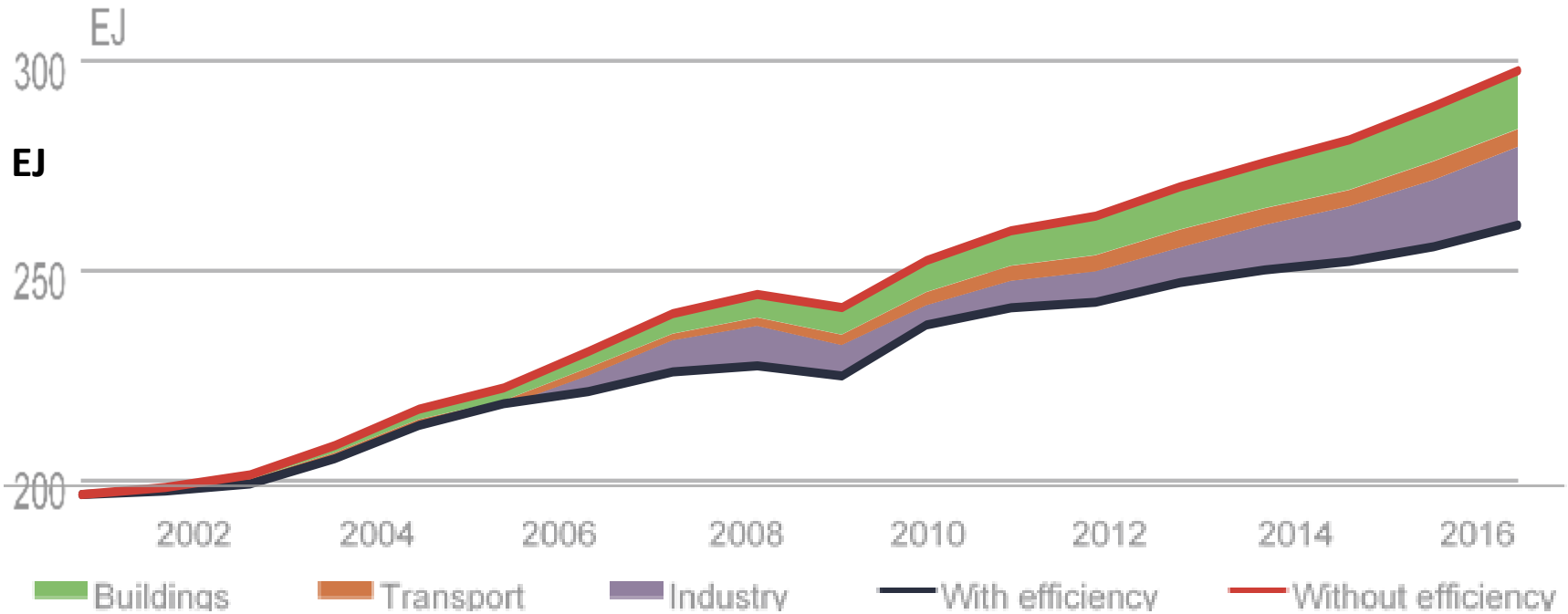
Autre exemple, le scénario negaWatt



Toutes énergies: Voir le scénario negaWatt ici https://youtu.be/i3Ih-AAxELo

Sans l'efficacité, où en serait-on?

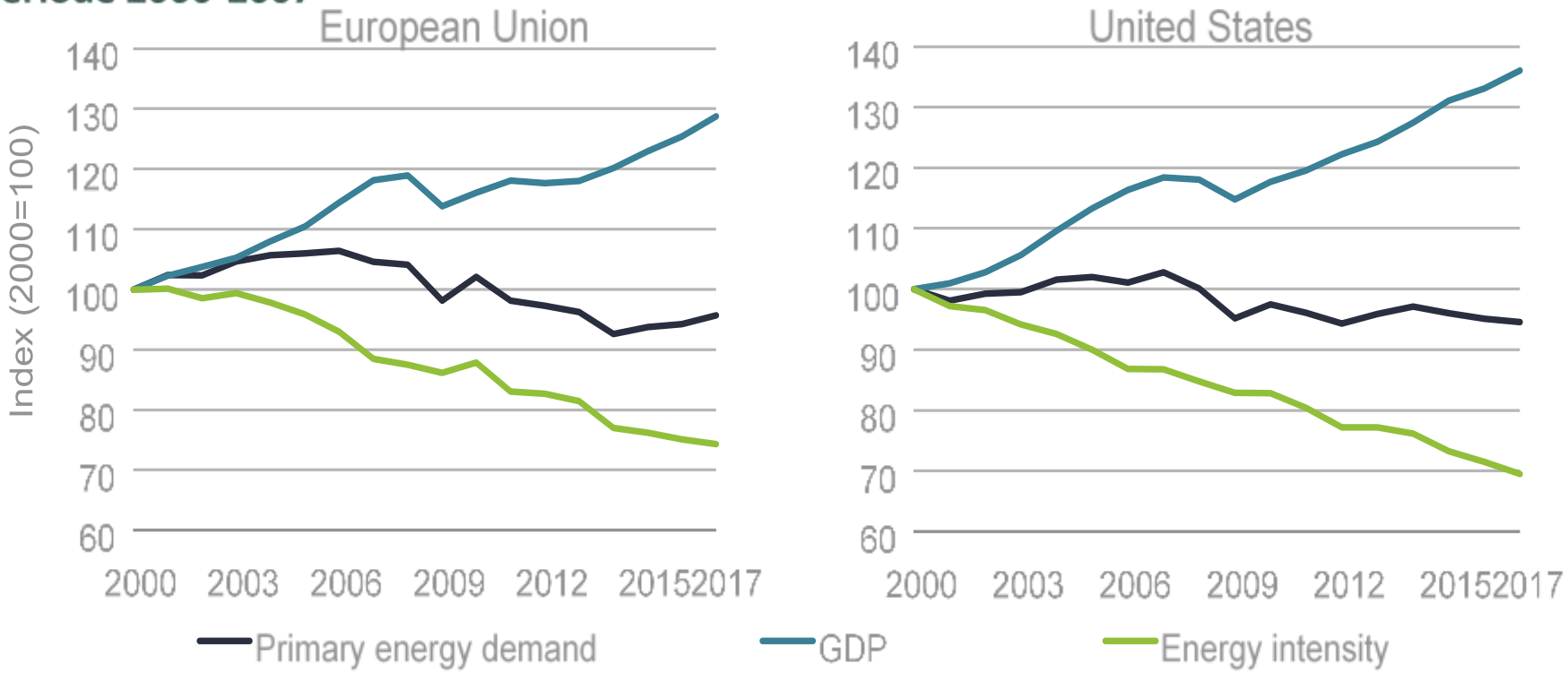
Energie finale des pays AIE avec et sans l'amélioration de l'efficacité depuis l'année 2000. L'efficacité représente environ **la moitié** de l'augmentation **effective** globale de la demande finale.



Notes: Attention le point de départ se trouve à 150 EJ. Les pays couvert sont les membres de l'AIE plusla Chine, l'Inde, le Brésil, l'Indonésie, la Russie, l'Afrique du Sud et l'Argentine. Le chiffre n'inclut pas les usages non énergétiques ni la perte dans le système énergétique.

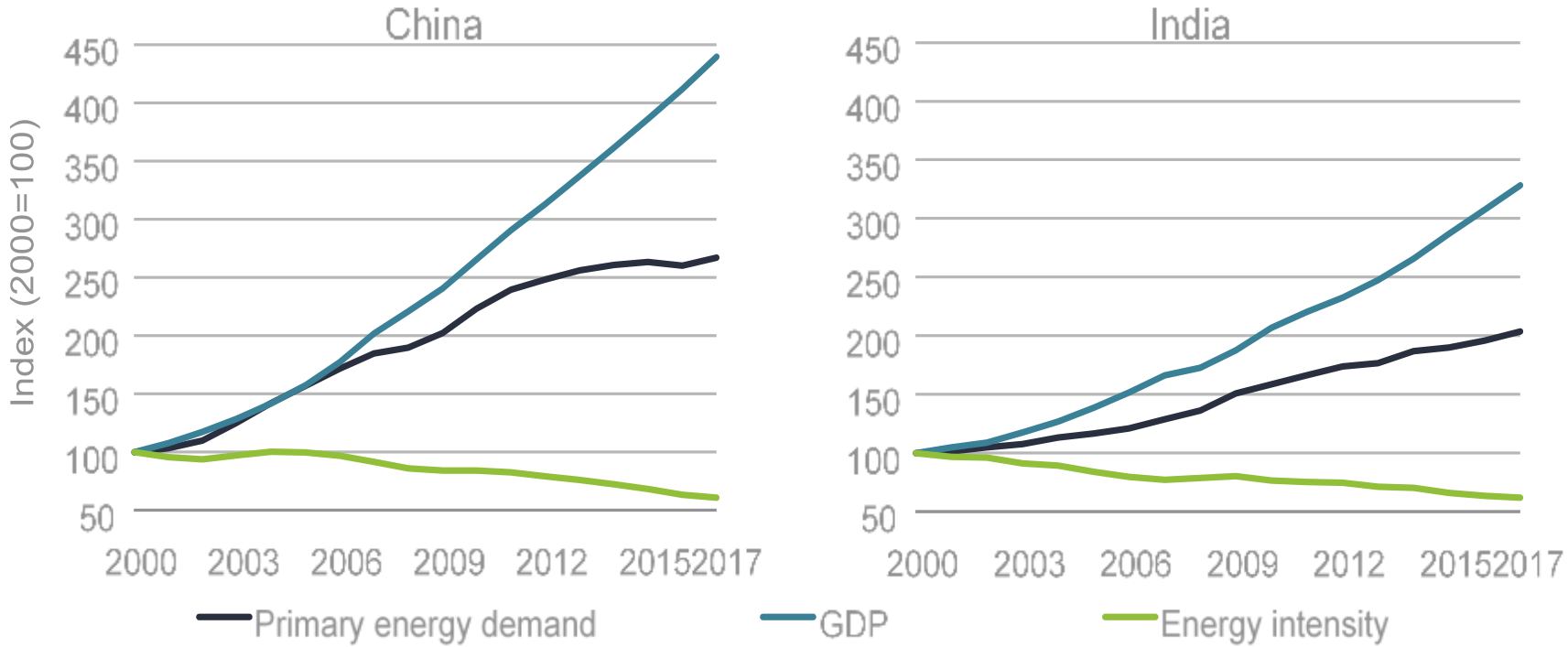
Evolution des intensités

Demande en énergie primaire, Produit intérieur brut et intensité énergétique sur la période 2000-2007



L'intensité énergétique est une grandeur macro-économique obtenue en **divisant la demande d'énergie primaire par la richesse** (ici le produit intérieur brut). Ce ratio permet des comparaisons d'évolution entre pays. Ici, ces données sont considérées de façon relative en valeur 100 à l'année 2000.

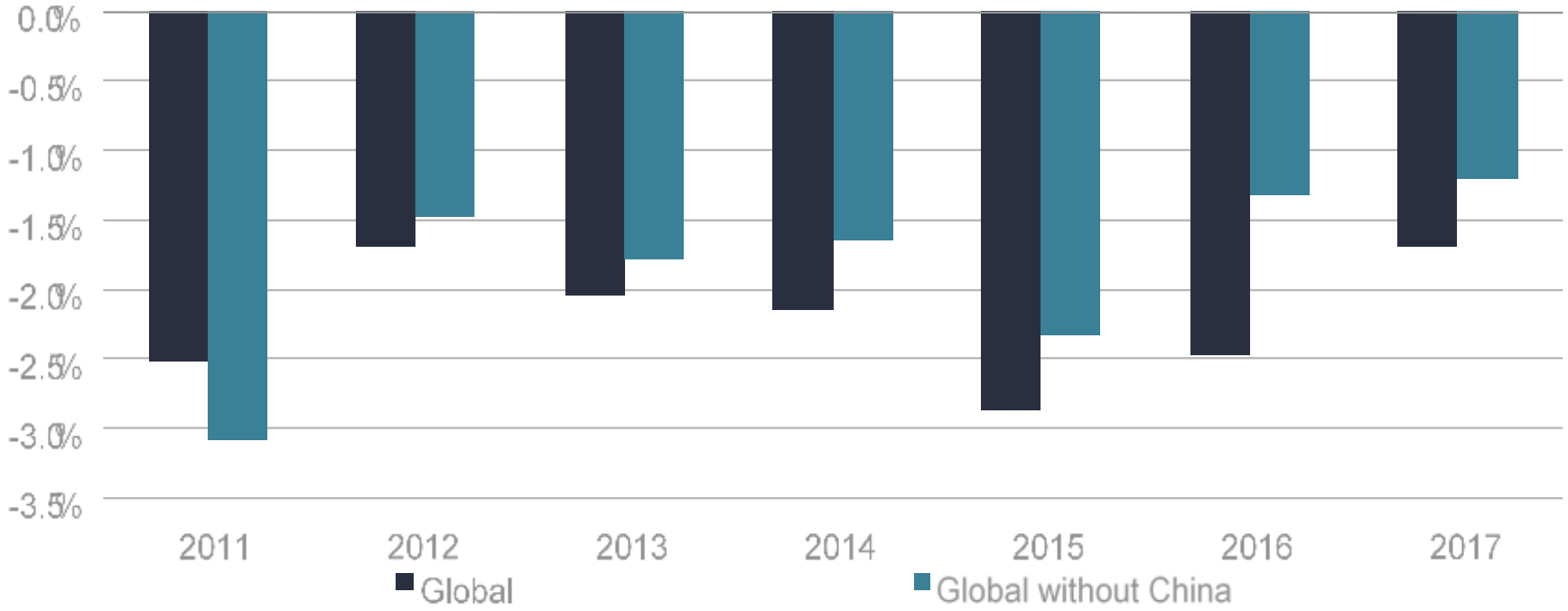
Chine et Inde aussi…



Le « découplage » relatif entre demande d'énergie et PIB n'est pas un mythe. L'économie (ici le Produit Intérieur Brut) et la demande d'énergie sont en partie liés, pour environ la moitié.

Le rythme du découplage

Avec ou sans la Chine, le découplage énergie/PIB (en parité de pouvoir d'achat)



Source AIE 2019. Même si la croissance mondiale s'arrêtait, le rythme du découplage ne suffit pas pour les objectifs de l'Accord de Paris. Mais il reste que l'efficacité énergétique est la première ressource contribuant à la transition énergétique.

Ce qu'il y a dans le « découplage »

Le terme découplage est parfois devenu un marqueur idéologique lié aux croyances en une croissance verte ou –à l'inverse- une décroissance inéluctable.
En réalité le découplage partiel ou relatif est bien observé dans de nombreux secteurs.
Attention cependant que l'observation globale masque des disparités entre secteurs plus économes ou plus gaspilleurs. Ainsi, l'efficacité s'est dégradée dans l'automobile (SUV) ou dans les navire marchands.

L'intensité croissante de l'énergie à l'échelle de l'économie provient en réalité de trois déterminants imbriqués:

- **Efficacité et sobriété**: De l'amélioration, mais pas que…
- **Changement structurel** des productions de l'industrie ou de la consommation, par exemple moins d'industries lourdes pour des pays déjà équipés.
- **Délocalisation** d'une partie de la production industrielle ou agricole sur d'autres continents.

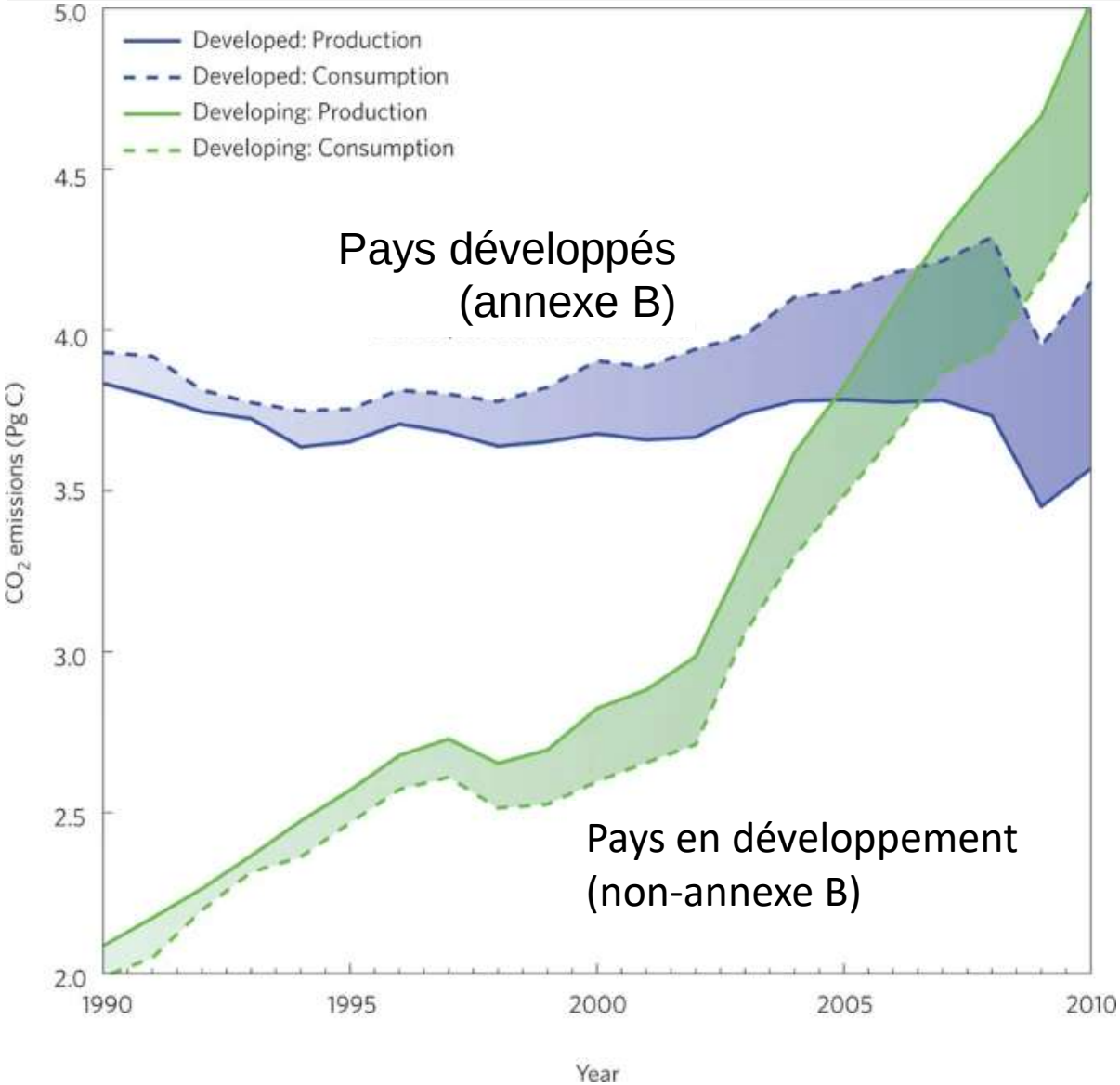
Détail du découplage

- **Structurel**: Pour partie il s'agit d'un glissement vers moins d'infrastructures, moins d'autos... C'est donc est une évolution liée au développement. Le nouveau rapport du GIEC AR6 (déjà cité au cours N°1) va dans ce sens du lien entre ODD et scénarios climatiques réussis.
- **Importations**: L'importation vient, elle, pour partie de pays développés (Allemagne…) mais aussi de pays plus émetteurs. Les pays du Sud (cf. Chine) évoluent aussi vers une production plus efficace, et ceci peut être accentué par les politiques type taxe carbone aux frontières.

https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es803496a Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis

Glen P. Peters, Gregg Marland, Corinne Le Quéré, Thomas Boden, Josep G. Canadell & Michael R. Raupach Nature Climate Change volume 2, pages 2–4 (2012)

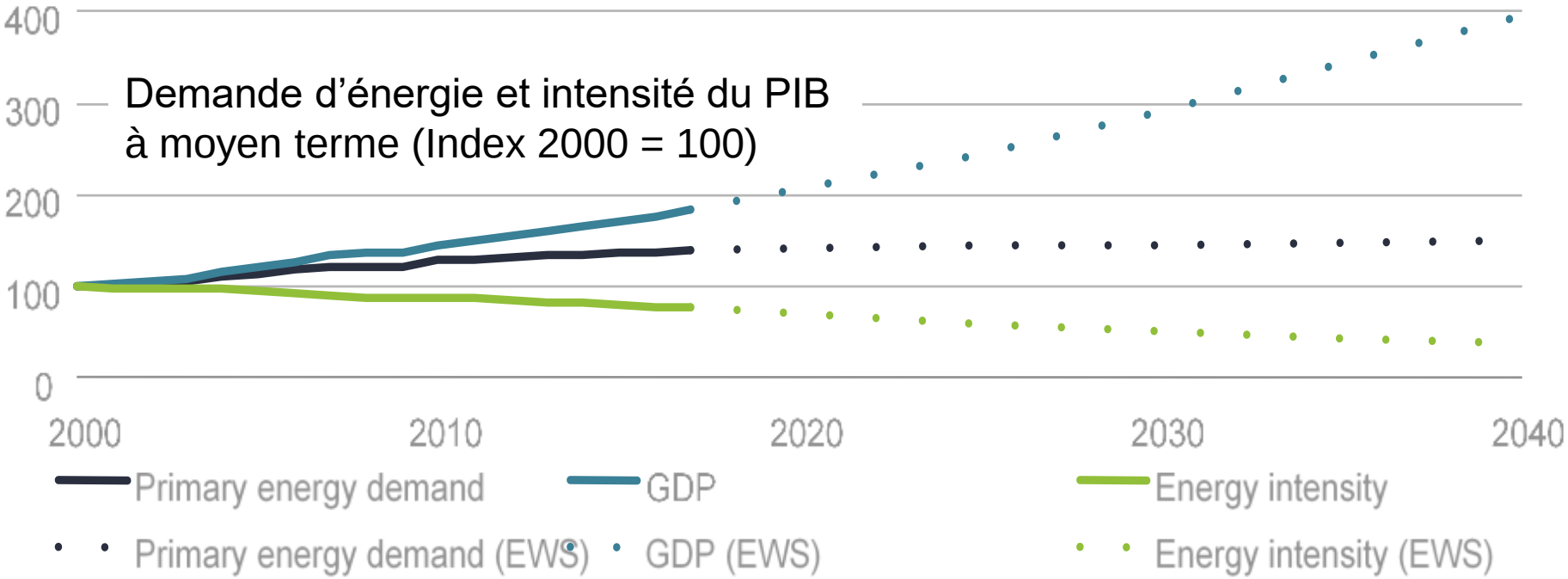
Et les échanges?



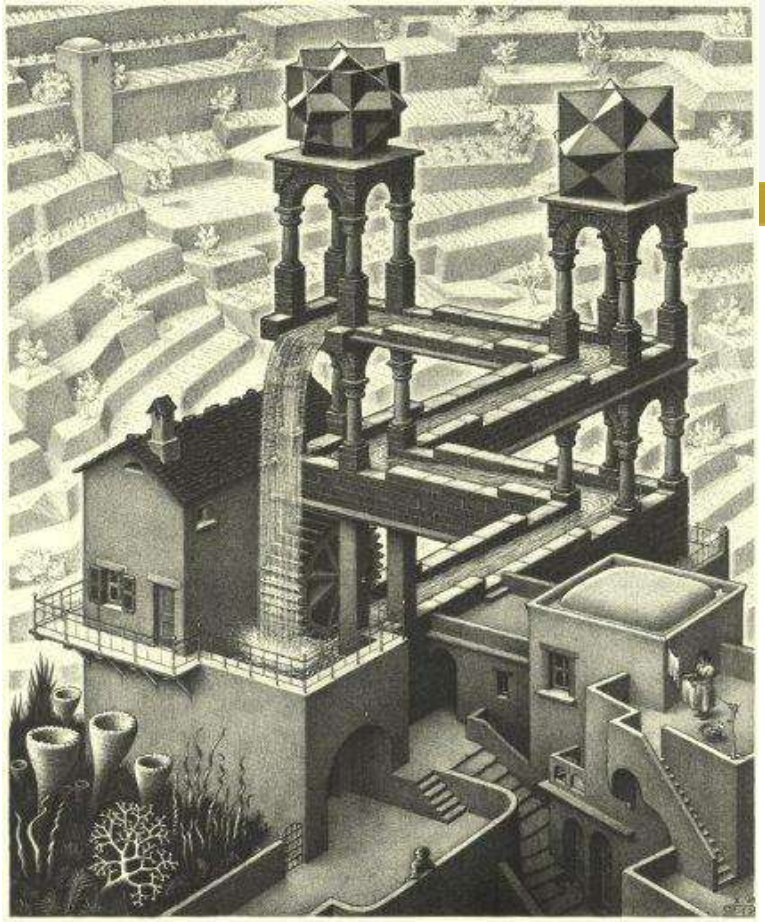
Le graphe présente les émissions historiques de 1990 à 2010 entre pays développés (Annexe B) et en développement (non-Annex B).
A ces émissions directes territoriales, le graphe ajoute les émissions de la consommation de biens et de services (production plus imports minus exports).

L'AIE ne voit pas de limite dans le temps.

Courbe: Demande d'énergie primaire, produit intérieur brut et intensité énergétique dans le scenario d'efficacité "EWS" à 2040 de l'AIE. Dans ce scenario, la demande primaire (en noir) est stable pour une hypothèse de croissance mondiale (en bleu) qui reste élevée sur le long terme (AIE 2020). De façon contre-intuitive, le "reservoir" d'efficacité n'est pas limité dans le temps.



Un potentiel « renouvelable »

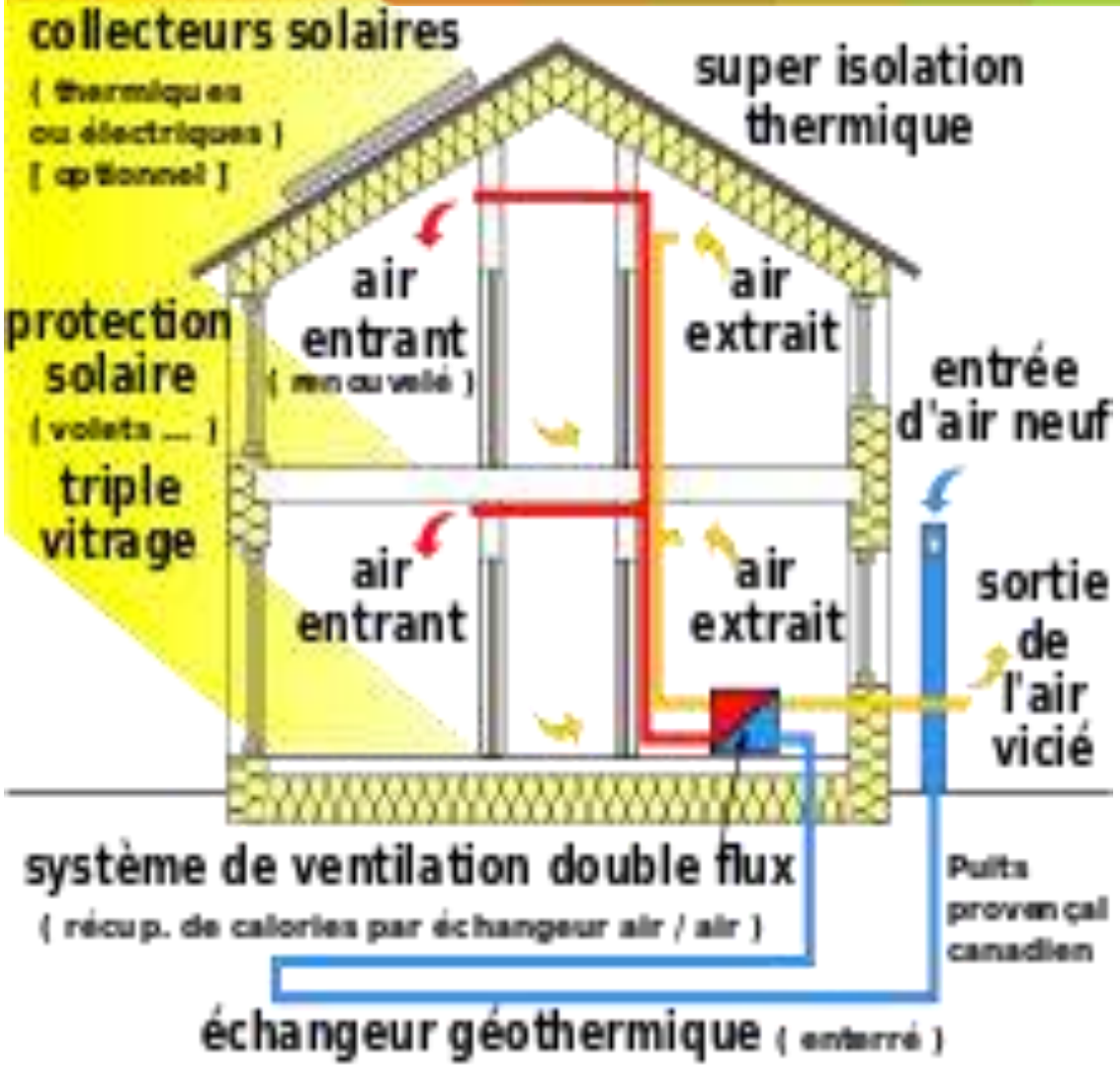


Mouvement perpétuel, ici « la cascade ». L'artiste néerlandais Maurits Cornelis Escher est né le 17 juin 1898. Il est connu pour ses constructions impossibles, l'exploration de l'infini, ou des combinaisons de motifs qui se transforment graduellement en des formes totalement différentes

L'efficacité n'est pas figée même à moyen terme, car **la productivité des équipements augmente** de façon générale. Le potentiel (comme « la réserve » dans le cas du pétrole) n'est décrit qu'à l'instant t, il va encore évoluer en fonction de l'offre technique, de la demande, des prix de l'énergie et du carbone. Ainsi, **le gisement d'économies n'est pas une grandeur "physique"** mais dépend de l'économie et de l'état technique de la société, deux grandeurs qui continuent d'évoluer.

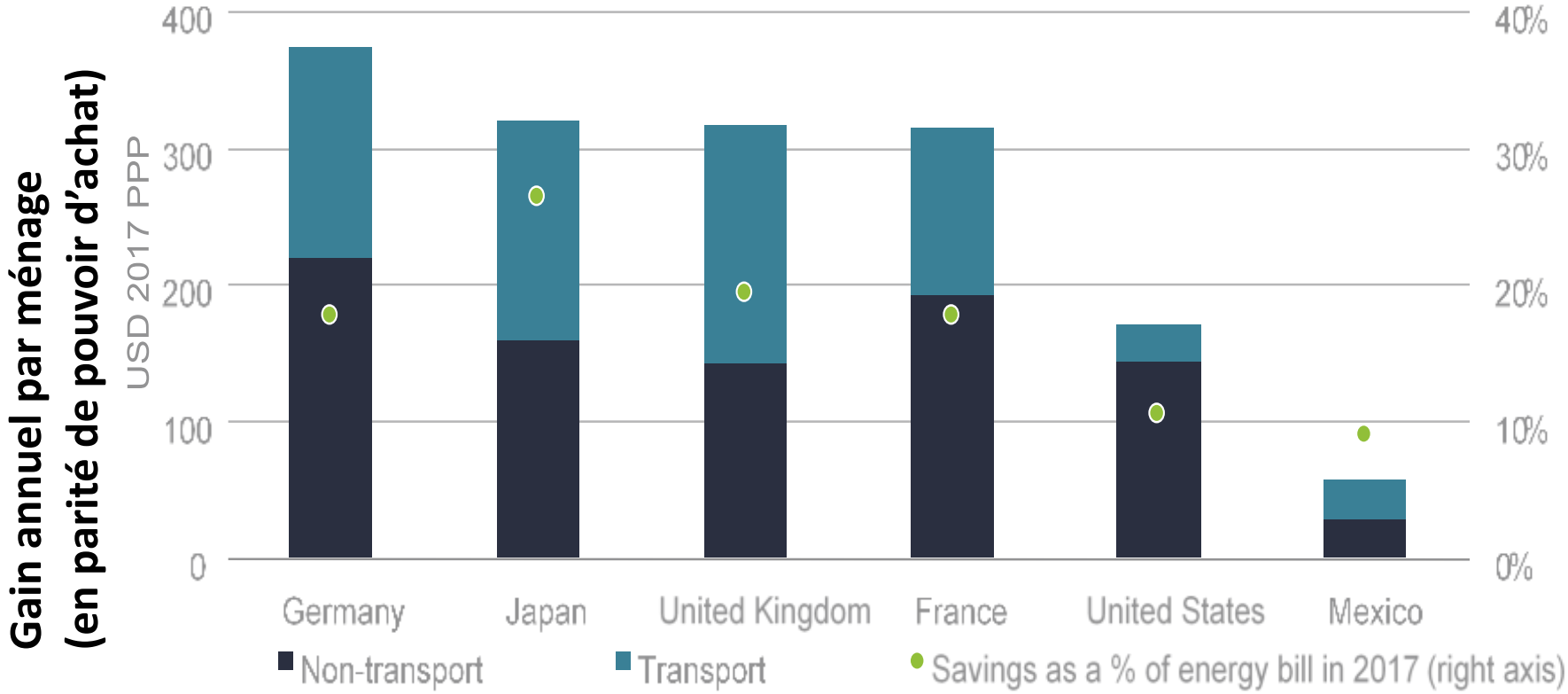
Extrait A. Lovins: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aad965/meta

Exemple de potentiel « illimité »



La consommation de chauffage du bâtiment peut descendre… jusqu'à zéro. Les apports « gratuits » (cuisine, équipements, chaleur des occupants…) peuvent en effet compenser les besoins dans une maison « passive ». Mais le compromis coût-énergie grise-gains reste complexe (voir annexes) pour créer une maison passive confortable et bon marché

Les consommateurs sont gagnants



Gain par habitant sur les énergies en 2017 par rapport à 2010 liés à l'efficacité (AIE), en parité de pouvoir d'achat (PPA) et en part du coût des énergies. La question du recyclage de ces sommes économisées, et des effets rebond est abordée par la suite. Le prix des énergies joue peu dans ce différentiel (AIE 2019).

RWGWGWARAHHH-HWWRGGWRWRW.

Des questions ?

Plan

- La première ressource disponible
- **Sobriété et efficacité**
- Le thermostat et l'usager
- L'éclairage et les co-bénéfices
- Les veilles et le numérique
- Economies d'électricité, efficacité matériaux
- Autres exemples: industrie…
- Les barrières à l'efficacité et les effets rebond
- La carotte d'or de Californie
- La tarification progressive ou dégressive
- La gestion par la demande, les effacements
- Problèmes divers (hors DS)

Sobriété et efficacité

Le triptyque Négawatt

Le concept « Négawatt » ou de « Virage Energie » par exemple sur
http://www.virage-energie.org/rapports/mieux-vivre-en-hauts-de-france/
Rapport complet sur http://www.virage-energie.org/rapports/mieux-vivre-en-nord-pas-de-calais/
Et aussi https://www.energysufficiency.org/

L'austérité incarnée. Diogène de Sinope était un mendiant barbu, vêtu d'un simple manteau crasseux, armé d'un bâton avec lequel il molestait ceux qui l'approchaient. Diogène rencontre Alexandre à Corinthe. Le roi de Macédoine, qui a entendu parler de lui, vient le trouver dans son tonneau. « Demande moi ce que tu veux, je te le donnerai ». Diogène, à terre, lève les yeux vers Alexandre et lui rétorque avec panache : « Ôte-toi de mon soleil ! ». [Diogène et Alexandre par Gaetano Gandolfi (1792)]

Sobriété/efficacité

- Comment **distinguer** les deux concepts?
- À l'ONU, ou encore dans les syndicats (FO, CGT…), on est passé en moins de dix ans du **refus viscéral** des « restrictions », de l'« austérité » ou de la « décroissance » à d'idée de l'évolution des **modes de vie** sous la contrainte climatique. Le GIEC AR6 [en cours] a même un chapitre [le N°5] sur la demande et la consommation…

François d'Assise (1181-1226). Il s'habille d'un vêtement gris et se ceint la taille d'un cordon. Il porte ainsi le vêtement du pauvre de son époque. Toute sa vie, il fait la promotion de la solidarité aux pauvres, aux démunis, aux marginalisés. Il dénonce les injustices et s'oppose à toute appropriation.

Sobriété, c'est quoi?

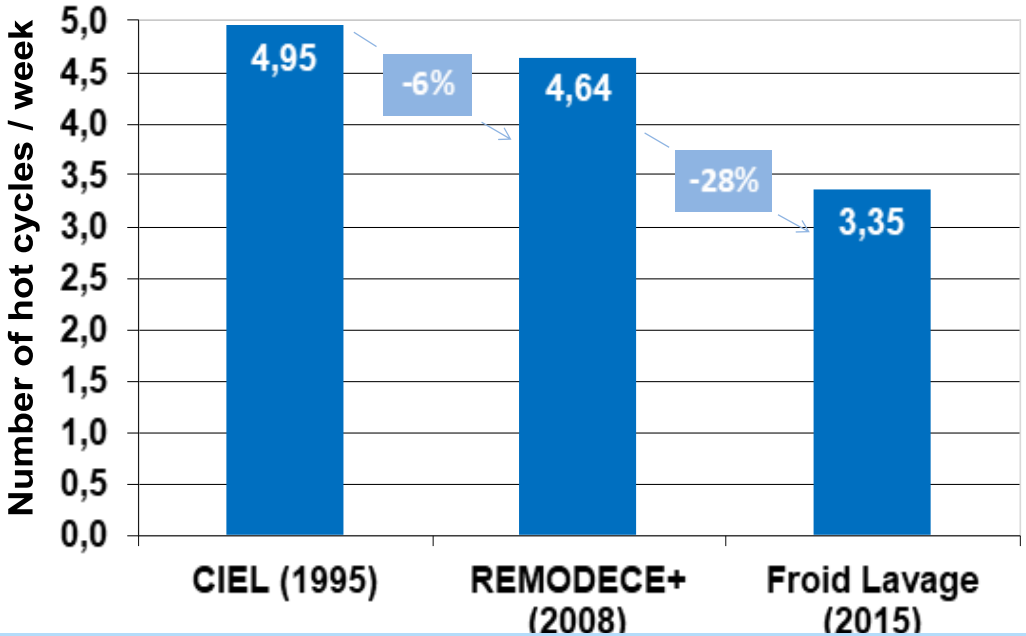
Avant tout, **<u>réfléchir à la demande (consommation) avant l'offre (production)</u>**:

- ✓ Besoins en matière première
- ✓ Besoins en capitaux (fabrication, construction, maintenance…)
- ✓ Eviter les infrastructures inutiles (réseaux…)
- ✓ Concevoir les équipements sans excès dimensionnel
- ✓ Rendre plus facile d'accéder à l'énergie (indépendance, réduction des inégalités…)
- ✓ Éviter les conflits sur les ressources

Sobriété ou efficacité?

Machine à laver (France),

évolution du nombre de cycles hebdomadaires à chaud



Ce n'est qu'à 79 ans que la Mère Denis connaît la gloire en devenant l'emblème de la marque Vedette. En 8 films publicitaires, elle devient une figure légendaire de la publicité, connue alors par 80% des français ! Son fameux « Ch'est ben vrai cha ! » fera grimper la notoriété de la marque Vedette de la 9ème place à la 2ème en un temps record ! Elle meurt en 1989.

Technologie. Evolution sur 20 ans du nombre de lavages à chaud par semaine (consummation > 100 Wh/cycle (Dupret, 2017). Dans cet exemple, le service rendu est identique, mais les lessives et les machines ont change, de même que les textiles.

Exemples de sobriété

1955. Le moteur monocylindre quatre-temps de 247 cm3 développe 12 ch. De quoi emmener la voiture jusqu'à 80 km/h en… 40 secondes. L'Isetta 250 est bruyante, souffre d'une commande de boîte de vitesses dure (le levier est placé à la gauche du conducteur), mais elle est pratique, assez fiable et fait sourire ceux qu'elle croise.

- Eclairage (besoins nocturnes inutiles, arrangement de l'espace)
- Chauffage des bâtiments (arrêt du chauffage quand inoccupé, pas de surchauffe…), voire partage du bâtiment sur la semaine entre usagers différents.
- Limitations des vitesses des voitures ou de leur taille, trajets partagés type BlablaCar…
- Régime alimentaire (moins de viande et plus de légumes de saison)

De manière générale, la sobriété repense ou transforme le service rendu au consommateur

La sobriété n'est pas qu'individuelle

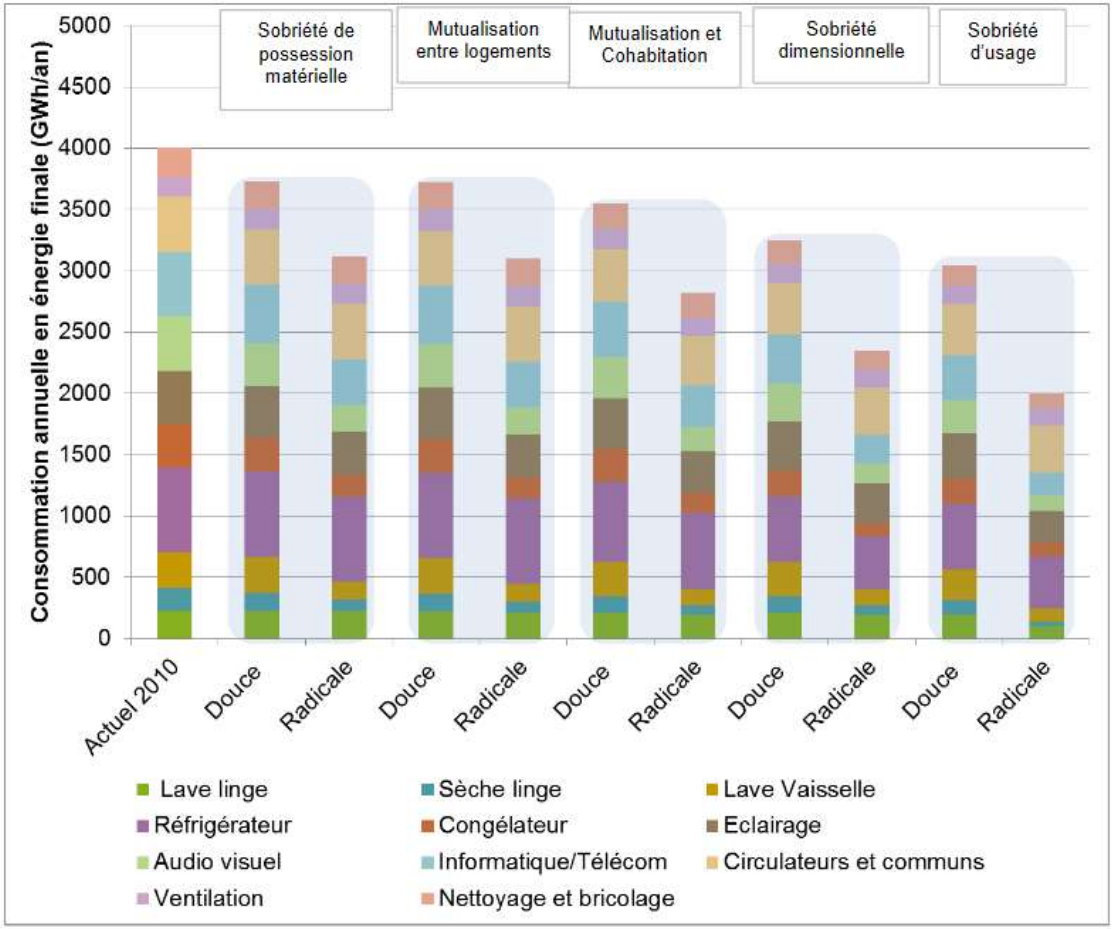
En 2012, Virage Energie –en coopération avec l'Université Lille 1- recense des politiques de sobriété, sur lesquelles la puissance publique peut agir.

Étapes	Description
Sobriété organisationnelle	Ajustement des activités des différentes branches selon l'évolution des modes de vie induite par la sobriété
	Conciliation des activités marchandes et non marchandes
	Télétravail et espaces de travail collaboratifs (coworking)
	Décentralisation, diversification, densification (territoires, commerces et services)
Sobriété comportementale	Pratiques sportives accrues et peu énergivores
	Tourisme basé sur la proximité et le ralentissement
Sobriété conviviale	Pratiques culturelles, touristiques et de loisirs accrues
	Echanges de logements entre particuliers
Sobriété dimensionnelle	Ajustement de la taille des équipements du tertiaire à l'usage
Sobriété d'usage	Réévaluation des normes de confort et réduction de l'usage des équipements

Source Virage Energie 2012

Le potentiel est distinct de l'efficacité

Figure 76 : Gisement d'économies d'énergie, par usage et par levier, pour l'électricité spécifique

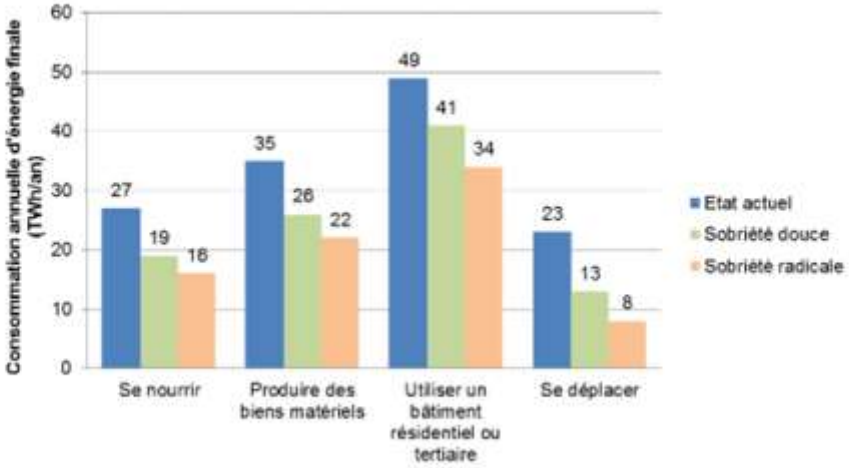


Source : Virage-énergie Nord Pas de Calais, 2013

<u>Electroménager</u>: Mutualisations, cohabitations entre générations, sobriété dimensionnelle, sobriété d'usage… Des concepts qui se diffusent aussi dans les <u>transports</u> (blabla car, autopartage, co-voiturages…)

Virage Energie: 16 à 30% de gains

Figure 106 : Deux scénarios de sobriété pour réduire les consommations annuelles en énergie finale selon les usages et les besoins de la population régionale



Source : Virage-énergie Nord-Pas de Calais, 2013

Tableau 93 : Résultats cumulés des scénarios en résidentiel et en tertiaire

	Actuel 2010 (GWh/an)	Sobriété douce (GWh/an)	Sobriété radicale (GWh/an)
Résidentiel	31 700	26 327	21 276
Tertiaire	17 000	14 785	12 206
Total	**48 700**	**41 112**	**33 482**
Potentiels d'économies d'énergie		-16%	-31%

Source : Virage-énergie Nord Pas de Calais, 2013

Sur quatre postes: la nourriture, la production de biens, le bâtiment, les déplacements, les propositions de VE estiment entre 16% (sobriété « douce ») et 31% (sobriété « radicale ») les gains possibles.

RWGWGWARAHHH-HWWRGGWRWRW.

Des questions ?

Plan

- La première ressource disponible
- Sobriété et efficacité
- **Le thermostat et l'usager [Hors CF/DS]**
- L'éclairage et les co-bénéfices
- Les veilles et le numérique
- Economies d'électricité, efficacité matériaux
- Autres exemples: industrie…
- Les barrières à l'efficacité et les effets rebond
- La carotte d'or de Californie
- La tarification progressive ou dégressive
- La gestion par la demande, les effacements
- Problèmes divers (hors DS)

Thermostats et programmateurs

1950's

1970's

2000's

Alan Meier (LBL et ACEEE) étudie avec son équipe l'usage d'un simple **thermostat programmable**. Les résultats sont édifiants…

https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2011/6-innovations-in-buildings-and-appliances/facilitating-energy-savings-through-enhanced-usability-of-thermostats/

https://www.eceee.org/all-news/columns/Alan_Meier/deconstructing-folk-labels/

Thermostats et programmateurs

Mauvaises representation de l'usager
Chauffer tout le temps c'est plus efficace
Les usagers ne connaissent pas le prix payé
Les usagers ne comprennent pas la température demandée sur leur thermostat
Les usagers connaissent peu leurs appareils de chauffage ou de climatisation
Les usagers ignorent l'impact du suchauffage
Mauvaises représentations du thermostat
Le thermostat c'est juste un interrupteur
Le thermostat c'est un gradateur qui ne réduit pas la consommation
Le thermostat de la chaudière va changer la température dans la pièce
Les appareils programmables sont trop compliqués
Les boutons sont trop petits

Problèmes sur le mode d'emploi
Pas assez de dessins compréhensibles
Trop de détails ça prend du temps
C'est pour les plombiers
Il devrait rester attaché au robinet

Problèmes liés à l'énergie
Les abbréviations et le vocabulaire sont complexes
L'interface n'est pas logique
Le thermostat est peu accessible
C'est compliqué de s'en occuper
La date et l'heure sont compliquées
L'appareil ne confirme pas ce qu'il va faire
Ce n'est pas pratique

Barrières à l'usage
« Le prix n'en vaut pas la chandelle »
« On préfère réguler par d'autres appareils (poêle) »
« On est trop vieux pour ça »
Emploi du temps imprévisible
« On ne sait pas la température qu'on veut vraiment »
« On n'est pas d'accord entre nous »
Le thermostat n'est pas élégant
« On préfère commander directement »
« Le système ne marche pas »

ACEEE 2010 "How People Actually Use Thermostats"
Alan Meier, Lawrence Berkeley National Laboratory

Ça ne vous rappelle rien?

Cet appareil est un magnétoscope. Pour les personnes nées après 1995, il date d'avant le streaming et les plate-formes. A cette époque, les films ou les séries étaient conservées sur des supports magnétiques (puis optiques). Leur programmation était réservée à une catégorie d'humains « mutants », incluant les auteurs des notices elles-mêmes. Cet exemplaire de marque Sony fait partie des appareils alors les plus « simples » à programmer.

Test : que veulent dire ces mots ?

D.R. Hôtel Belhambra
Hières (Var), ECEEE 2013

Pre-set
One--touch
Quiet
Swing
Fix
Comfort
Sleep

Aux Etats-Unis, le label « Energy Star a mesuré que les maisons équipées de thermostats programmables **utilisaient plus d'énergie** que celle équipées de thermostat manuels. En 2008 la norme ES a supprimé la spécification de ces appareils en attendant une amélioration de leur « **facilité d'utilisation** » [usability].

Facilité d'utilisation (1)

Le protocole de recherche (Meier et al.) de l'équipe californienne :

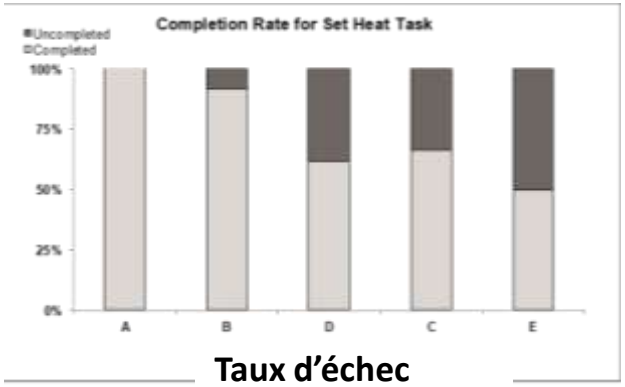
1. Passer le thermostat de « off » à « on »
2. Régler l'heure correcte sur l'appareil
3. Identifier la température visée par le thermostat
4. Identifier la température prévue jeudi à 9h du soir
5. Mettre le thermostat en vacances
6. Programmer une température du lundi au vendredi

Pour voyager dans le temps, Doc Emmet Brown (Christopher Lloyd) a bricolé sa De Lorean… mais les difficultés ne sont pas finies et il doit passer par le paradoxe d'une boucle temporelle pour finaliser sa machine

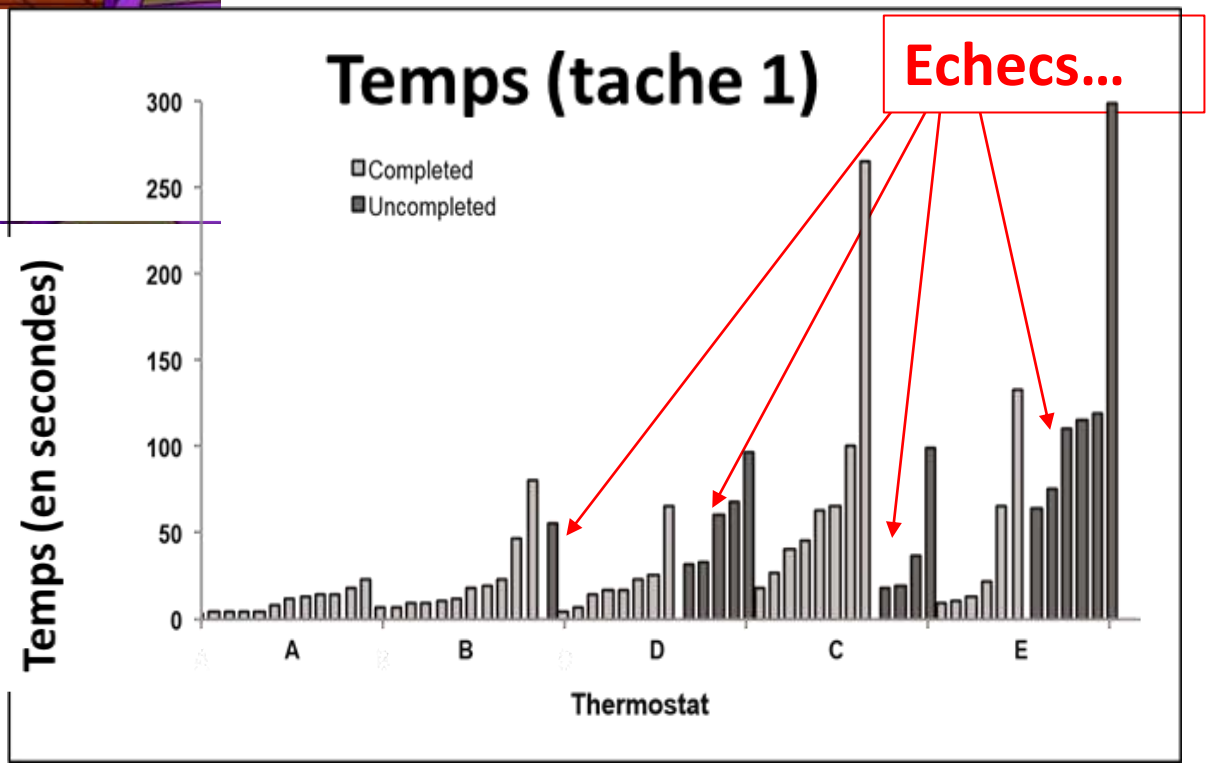
Facilité d'utilisation? (2)

Première question posée à l'échantillon sur 5 appareils : Passez de « <u>off</u> » à « <u>on</u> ».

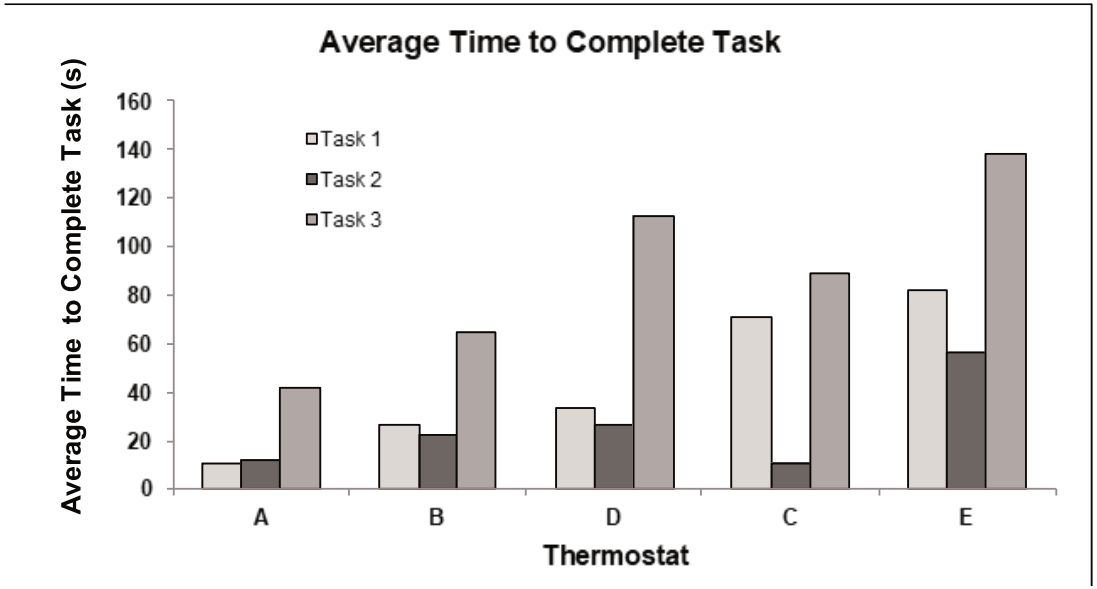
<u>Recalé!</u>



Taux d'échec



Les taches 1-2-3….



Le banc d'essai

Les tâches suivantes ne sont pas plus brillantes! Les constructeurs restent sur ce défi non résolu (!) même si les « grands » comme Google investissent…

Idiot tu es!

Chez les pros aussi

Figure 2. Folk label on a dimming light switch at Sun Labs.

(http://lawsofsimplicity.com/2007/06/10/how-many-engineers-does-it-take-to-turn-on-a-light-bulb/)

Figure 3. Folk label on a hotel thermostat

https://faculty.washington.edu/aragon/pubs/FolkLabeling2012.pdf

Chez les professionnels, on trouve souvent des « étiquettes maison » sur les automates. Selon Meier, elles signent l'incompréhension, souvent les bugs de fonctionnement et la mauvaise pédagogie.

Automatisme intégral

- Le bâtiment tertiaire a l'obligation d'installer une Gestion Technique Centralisée (GTC).
- Alliée à l'isolation en neuf ou ancien, la consommation devrait baisser –on l'espère.
- Mais la tentation de l'automatisme intégral (« économies actives » proposées par des opérateurs ou des équipementiers électriques) sans action sérieuse sur le bâti peut rester une illusion dont le potentiel est limité

Les décrets tertiaires: L'enjeu général du décret d'obligation est la sobriété énergétique (bâtiments de plus de 100 m²). Déclaration de consommation, améliorations obligatoire (label « Eco-énergie Tertiaire »). En gros pour l'ancien : – 40% en 2030, – 50% en 2040 et -60% en 2050. Un second arrêté donne des objectifs de consommations pour 2030 en valeur absolue, selon l'usage et la localisation (environ 110 kWh/m²). *https://cler.org/decret-tertiaire-avancees-timides-apres-sept-ans-dattente/*

En attendant la réhabilitation

Comment éviter la régulation « **par ouverture des fenêtres** » ?
Comment se comprendre avec les techniciens des chaufferies collectives?
Le **Défi Crèche** visait le partage des gains financiers entre les équipes gagnantes.
Une mini-formation et un kit comprenant un thermomètre installent **un langage commun** et plus des « il fait trop chaud ici » ou « on caille »!
L'opération pose aussi la question de « qui est le client » (usager final, gestionnaire du parc, collectivité?)

Outil de dialogue…

En 2010 à Lille, deux élus [Lise Daleux (petite enfance) et Philippe Tostain (énergie)] lancent une opération originale pour économiser l'énergie dans les bâtiments utilisés pour la petite enfance. L'opérateur Dalkia, concessionnaire des chaufferies urbaines, joue le jeu et distribue des « kits » aux responsables: thermomètres, contacts directs avec les opérateurs. Un concours de la crèche la plus innovante en matière de geste pour réduire la consommation de chauffage a été organisé à cette époque avec des prix remis par Dalkia et la ville dans le cadre de son plan climat .

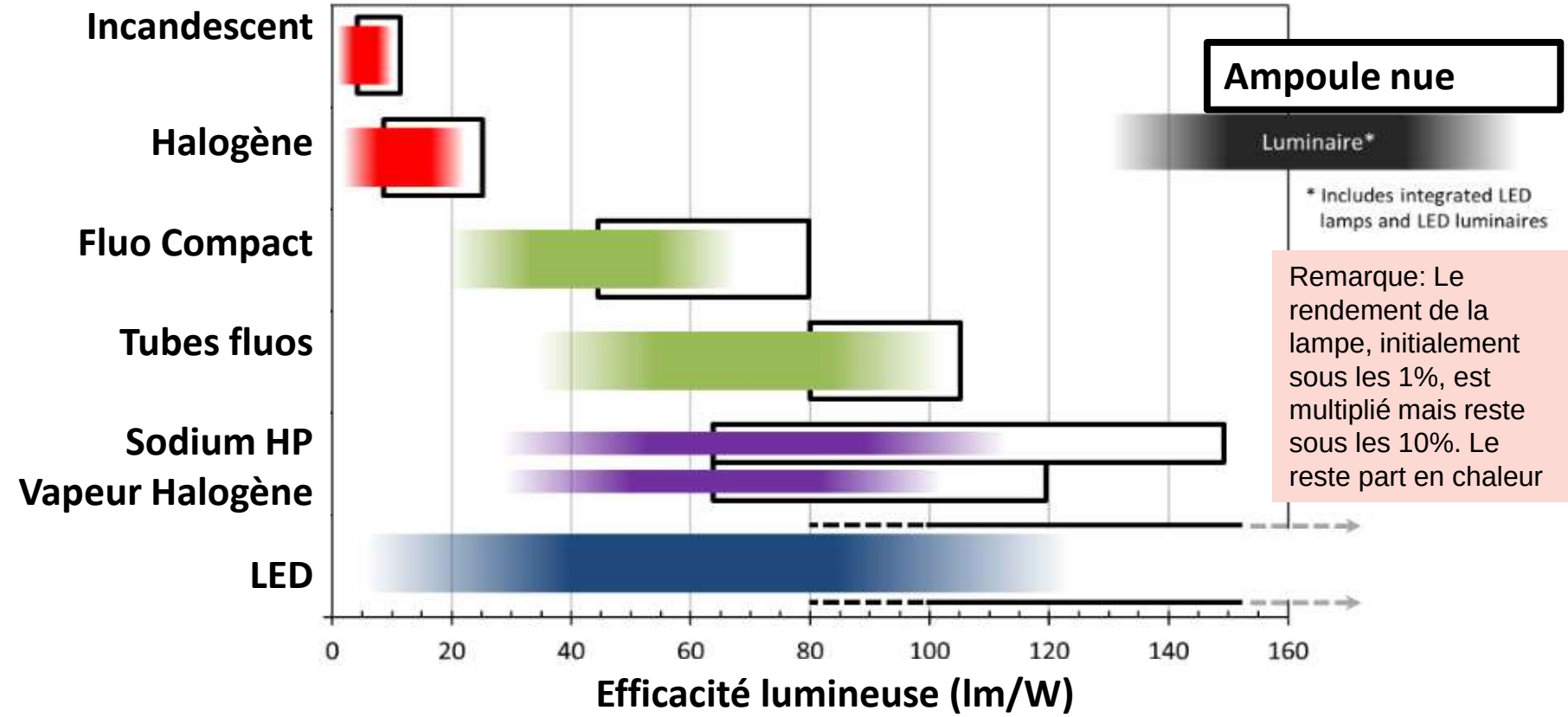
WWWRRRRRRGWWWRRRR.

Des questions ?

Plan

- La première ressource disponible
- Sobriété et efficacité
- Le thermostat et l'usager
- **L'éclairage et les co-bénéfices**
- Les veilles et le numérique
- Economies d'électricité, efficacité matériaux
- Autres exemples: industrie…
- Les barrières à l'efficacité et les effets rebond
- La carotte d'or de Californie
- La tarification progressive ou dégressive
- La gestion par la demande, les effacements
- Problèmes divers (hors DS)

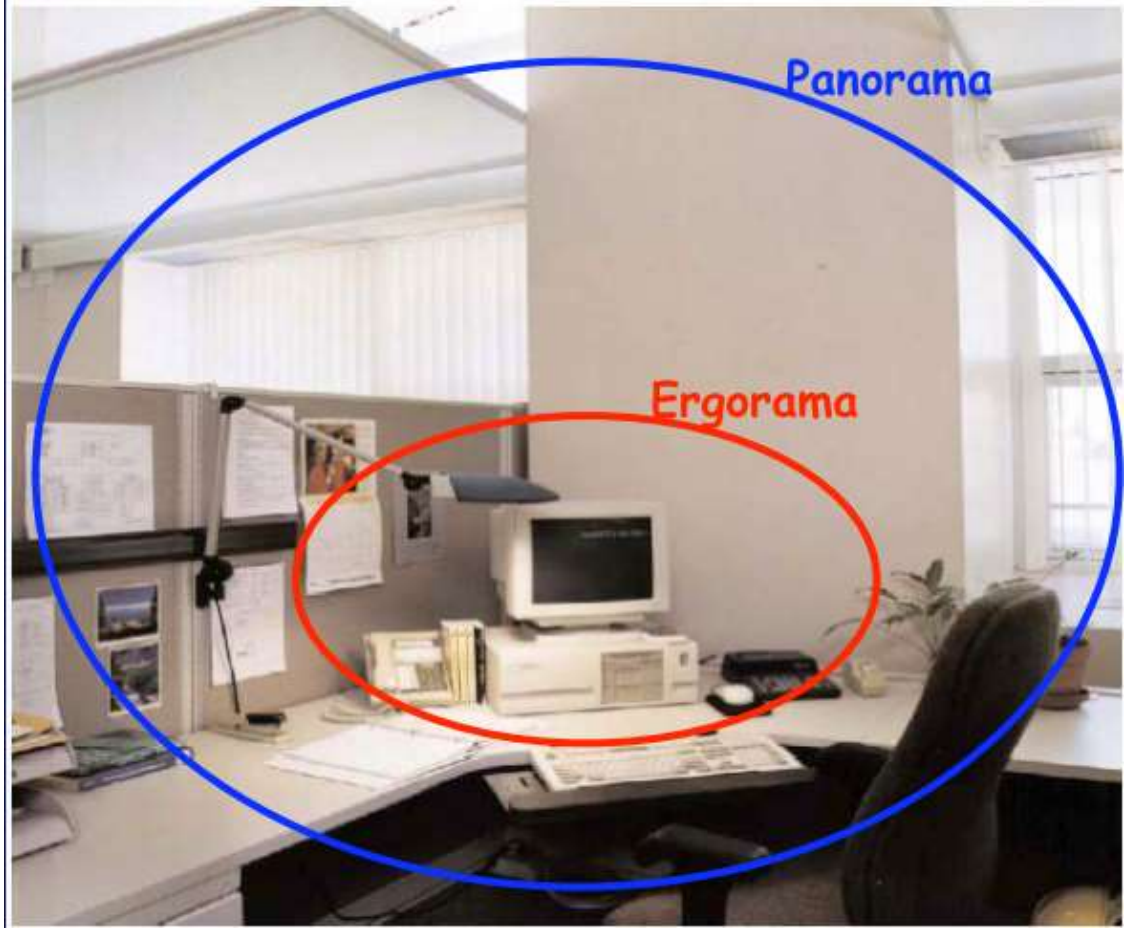
Eclairage : révolution technique…



Remarque: Le rendement de la lampe, initialement sous les 1%, est multiplié mais reste sous les 10%. Le reste part en chaleur

Source: Berkeley National Laboratory. La révolution technique : les photons de lumière sont soit chimiques (lampe à gaz; liés à un arc électrique ou une décharge en tension sous vide ou sous gaz; liés à la fluorescence d'une surface chimique réactive; ou à l'émission directe de photons dans un semi-conducteur (« Light Emitting Diod » ou LED)

Le poste de travail ergonomique repensé pour l'éclairage (sobriété ?)



La révolution technique du rendement se combine à l'utilisation de lumière adaptée (matin, soir, couloir, chambre…) moins agressives pour l'œil, ou encore à une étude –rémunératrice- du poste de travail et de son éclairement.
L'efficacité des nouveaux équipements peut aller de pair avec une optimisation du confort et de l'efficacitié.

Co-bénéfice :l'éclairage naturel

Un commerce bio « Whole Foods ». Les rayons ont gagné 30% sur les ventes… il y a bien une valeur ajoutée vis-à-vis de l'éclairage artificiel et pas seulement un gain énergétique. La lumière naturelle est aussi bénéfique pour la santé.

Curitiba : éclairage naturel en rénovation

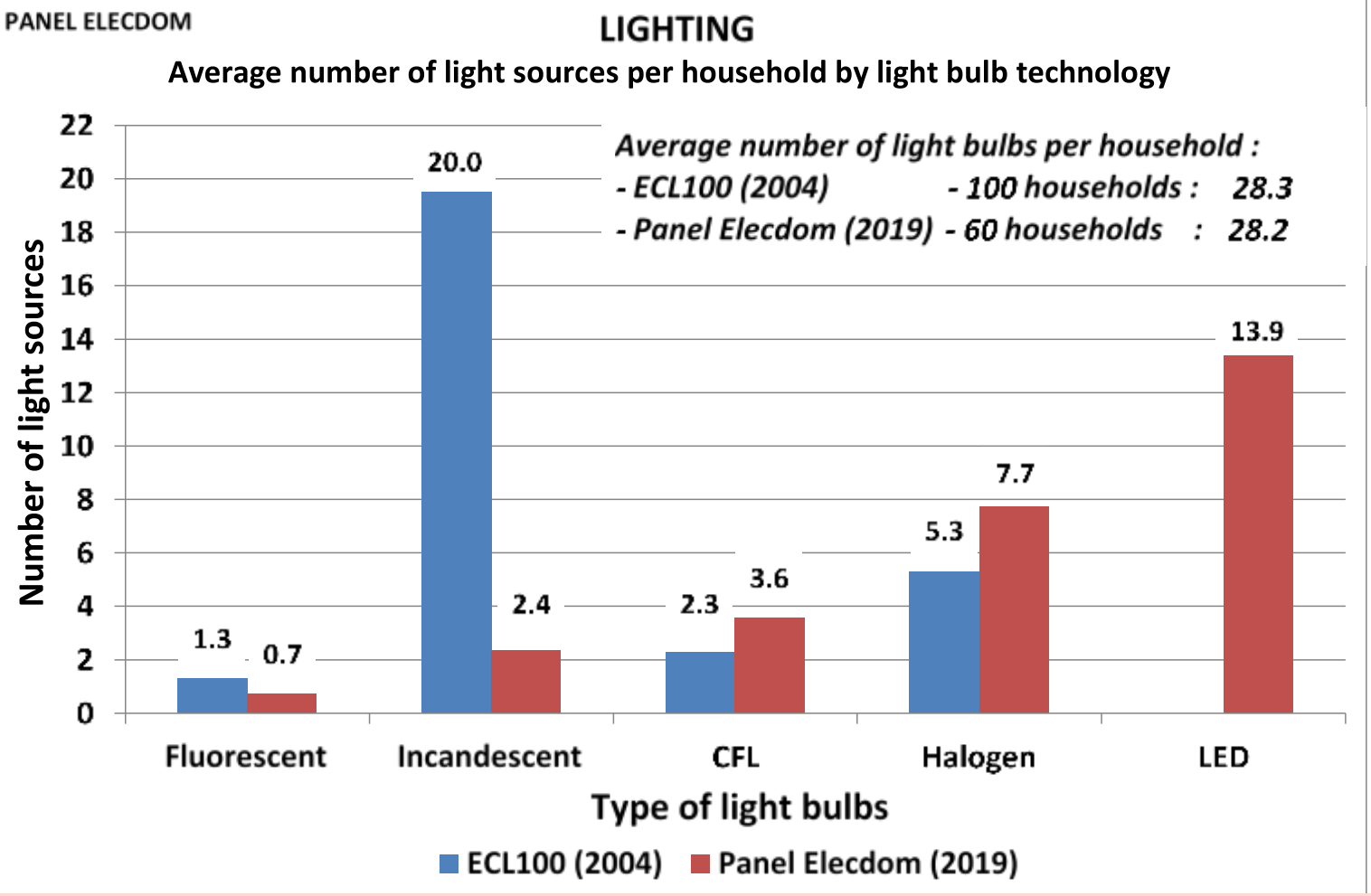
Dans le sud du Brésil, deux classes sans réseau électrique –très similaires- sont équipées ou non d'une « casquette » en rénovation (« retrofit »).

Avec la même orientation

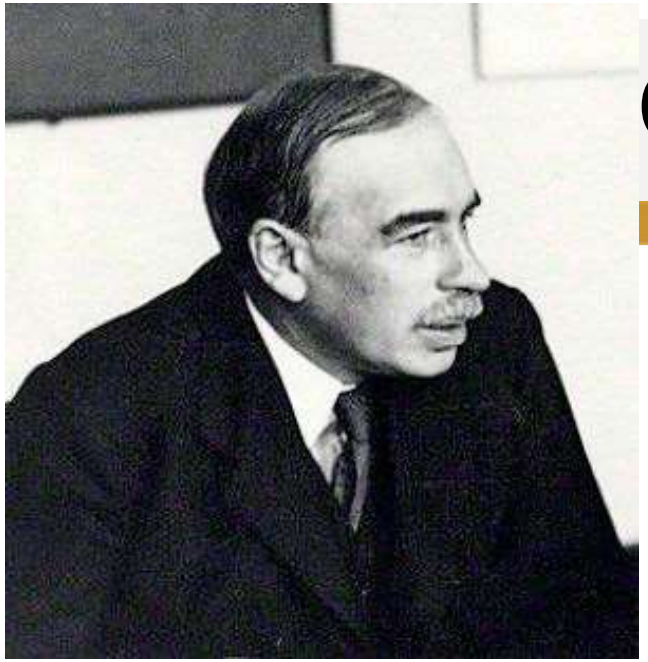
Contre jour…

Il y a bien « révolution de l'intelligence » c'est-à-dire que le travail des professionnels des économies d'énergie dépasse l'investissement matériel.

Les LED s'imposent



Le panel ELECDOM (RTE-ADEME-Enertech) montre la domination des LED en France en moins de quinze ans (Ducret et al. 2019 ECEEE)



Court terme, long terme

« Réfléchir à long terme est une mauvaise méthode pour résoudre les problèmes économiques. Car à long terme, nous serons tous morts » John Meynard Keynes

https://www.youtube.com/watch?v=JPFC6PoAVx0

Vision classique https://www.youtube.com/watch?v=CVh11C0c0sM

Pour calculer des potentiels d'économies d'énergie, on utilise cette notion issue de l'économie:

- A **court terme** (sans investissement) les économies sont dites « marginales ». Le consommateur ne gagne pas plus que l'énergie qu'il économise
- A **long terme**, c'est-à-dire au renouvellement de l'équipement, il peut choisir un modèle plus performant d'auto, de frigo ou de maison, et économiser bien plus
- Autre « long terme », le fabricant va aussi changer ses produits s'il y est incité.
- L'élasticité aux prix (et la quantité économisée) est donc **étagée entre des niveaux immédiat et différés**.

Lumière du Nord : l'aurore boréale

Eurêkà!

L'exemple des LED introduit plusieurs concepts:

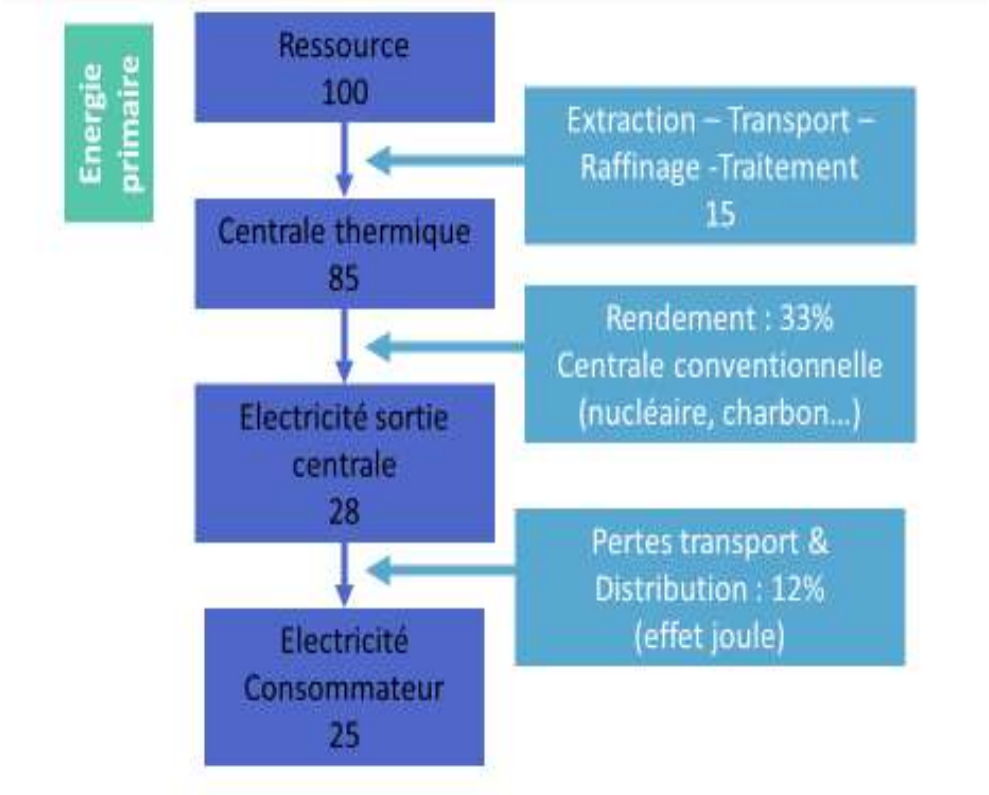
- Les co-bénéfices incluent le **gain de maintenance** (la LED dure longtemps) et les fortes **économies en climatisation** (à court et moyen terme cf diapo précécente)
- Le gain d'énergie est tel que la LED est un **test très fiable pour détecter le greenwashing** ou le manque de sérieux de Monsieur le Maire ou Monsieur le Directeur (diapo suivante)
- La cascade énergétique montre aussi très bien les **bénéfices collectifs** (les diapos suivantes)
- Dans d'autres cas, les co-bénéfices sont mal partagés et l'usager va être moins gagnant, d'autant plus si les économies n'énergie sont moins rentables ou plus incertaines (voir l'annexe sur les « **effets rebond** »)

Fruits faciles

Feux repeints en vert…

- **Greenwashing**. Si le maire, le gestionnaire ou leurs « stratèges climat » et leur « assistance maîtrise d'ouvrage AMO » centrent la présentation de leurs actions sur l'éclairage (ou les feux de signalisation) c'est qu'ils n'ont pas d'effort climat très sérieux à montrer. Il s'agit en effet d'opérations très rentables.
- **Tiers Payant**. Ces projets peuvent être prises en charge par un organisme « tiers-payant » qui va investir à la place du consommateur et se payer sur les économies d'énergie. L'air comprimé en PME, certaines chaudières vont aussi intéresser ces fonds.
- **Epuisement du gisement**. En réalisant ces opérations « faciles » (« low hanging fruit ») isolément, on risque d'économiser moins qu'en combinant les gestes. Un paquet plus large peut rester rentable –ou bénéficier d'aides- et permettra d'aller bien plus loin vers la neutralité carbone.

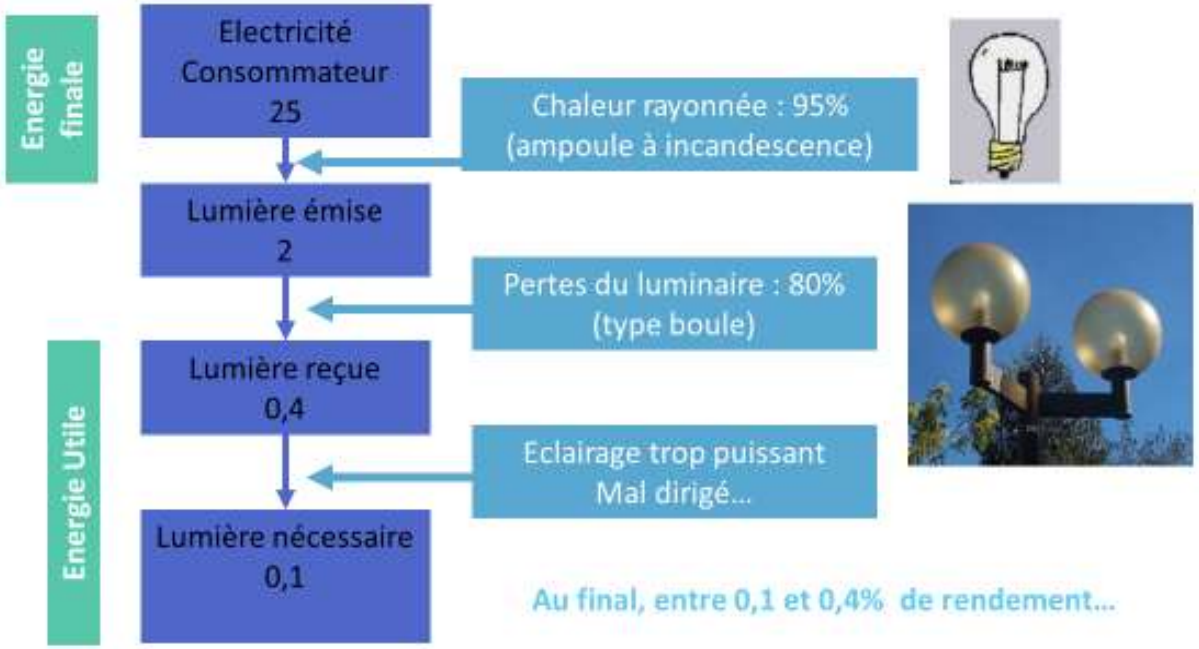
Du primaire à l'énergie finale



D'après T. Salomon, Negawatt (revu par S. Métivier, E&E Consultant)

Derrière la prise : De la ressource (par exemple le gaz ou le nucléaire) au consommateur (énergie finale), le rendement est faible pour la production électrique

De l'énergie finale à l'énergie utile

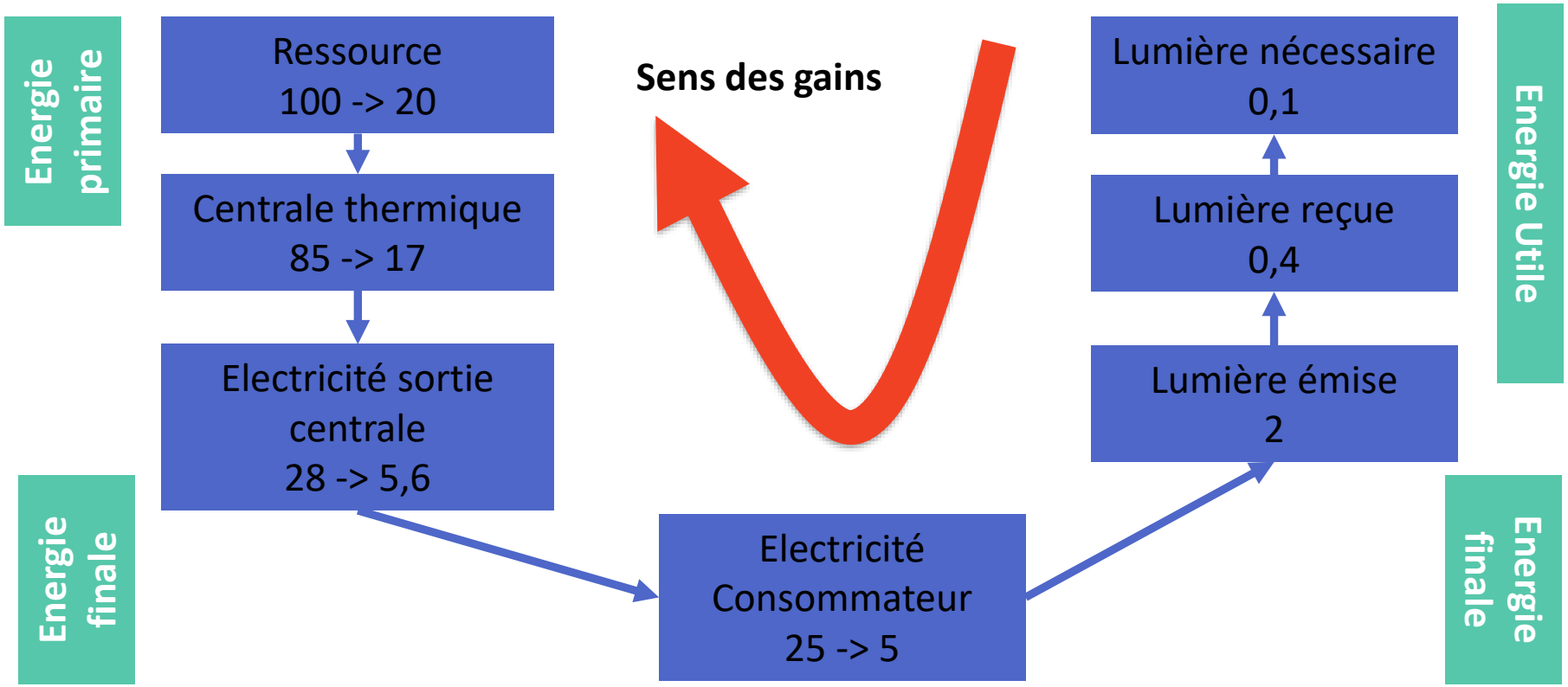


D'après T. Salomon, Negawatt (revu par S. Métivier, E&E Consultant)

Même passage en revue des stades de l'énergie, mais « devant » la prise, chez le consommateur

L'éclairement des surfaces provient de la source de lumière (ici une ampoule à incandescence que l'on remplace par une LED) mais aussi passe par un lampadaire plus ou moins efficace, et un réglage de la lumière adapté à l'usage ou au poste de travail. Dans l'exemple, l'énergie utile reste au final 1000 fois plus faible que l'énergie primaire mise en oeuvre (!)

Cascade énergétique



En multipliant l'efficacité de la source LED (ici par cinq par rapport à un halogène), pour un même service, on a divisé d'autant le besoin de centrale et de réseau. Cela signifie que le réseau (= « la collectivité ») investira cinq fois moins. Ce gain important (co-bénéfice) n'est pas crédité au consommateur.

Curitiba : éclairage naturel en rénovation

Deux classes équipées ou non d'une « casquette » en rénovation (« retrofit »).

Avec la même orientation

Il y a bien « révolution de l'intelligence » c'est-à-dire que le travail des professionnels des économies d'énergie dépasse l'investissement matériel. Un savoir-faire complexe et le temps d'un technicien est nécessaire, en plus du coût –faible- d'investissement « brut » dans le réflecteur.

Avec ou sans casquette, c'est « le jour et la nuit ».

"RAWRGWAWGGR."

Merci Chewbacca pour ta franchise.

Tu as d’autres questions ?

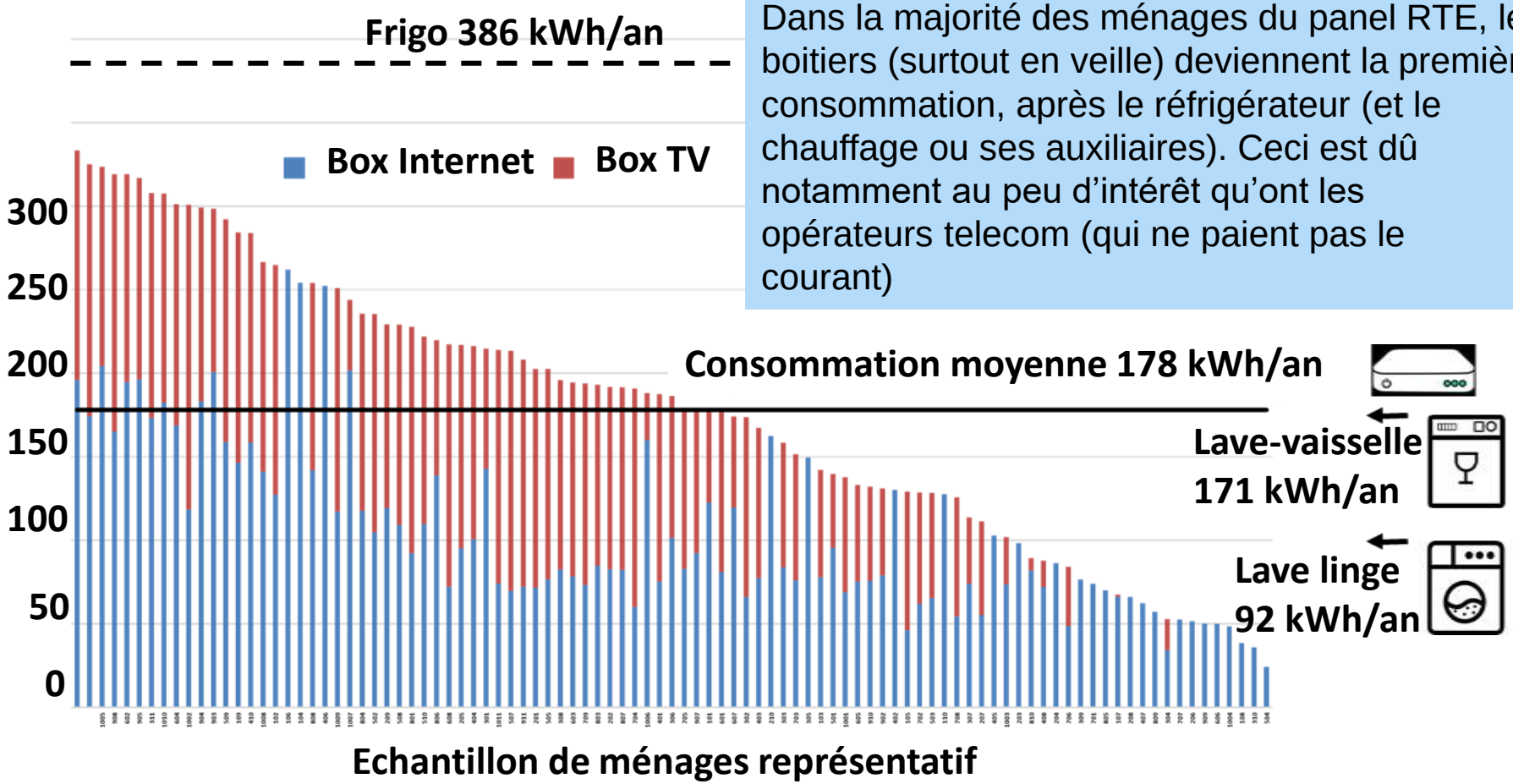
Plan

- La première ressource disponible
- Sobriété et efficacité
- Le thermostat et l'usager
- L'éclairage et les co-bénéfices
- **Les veilles et le numérique**
- Economies d'électricité, efficacité matériaux
- Autres exemples: industrie…
- Les barrières à l'efficacité et les effets rebond
- La carotte d'or de Californie
- La tarification progressive ou dégressive
- La gestion par la demande, les effacements
- Problèmes divers (hors DS)

Efficacité: exemple des veilles

Pour ne pas réveiller les zombies endormis, une veille automatique est conseillée

Les boxes dépassent le lave-vaisselle…



Dans la majorité des ménages du panel RTE, les boitiers (surtout en veille) deviennent la première consommation, après le réfrigérateur (et le chauffage ou ses auxiliaires). Ceci est dû notamment au peu d'intérêt qu'ont les opérateurs telecom (qui ne paient pas le courant)

M. Ducret, ECEEE 2019. Ces mesures sur l'échantillon RTE-ADEME réalisée par Enertech se basent sur des consommations 2018-2019.

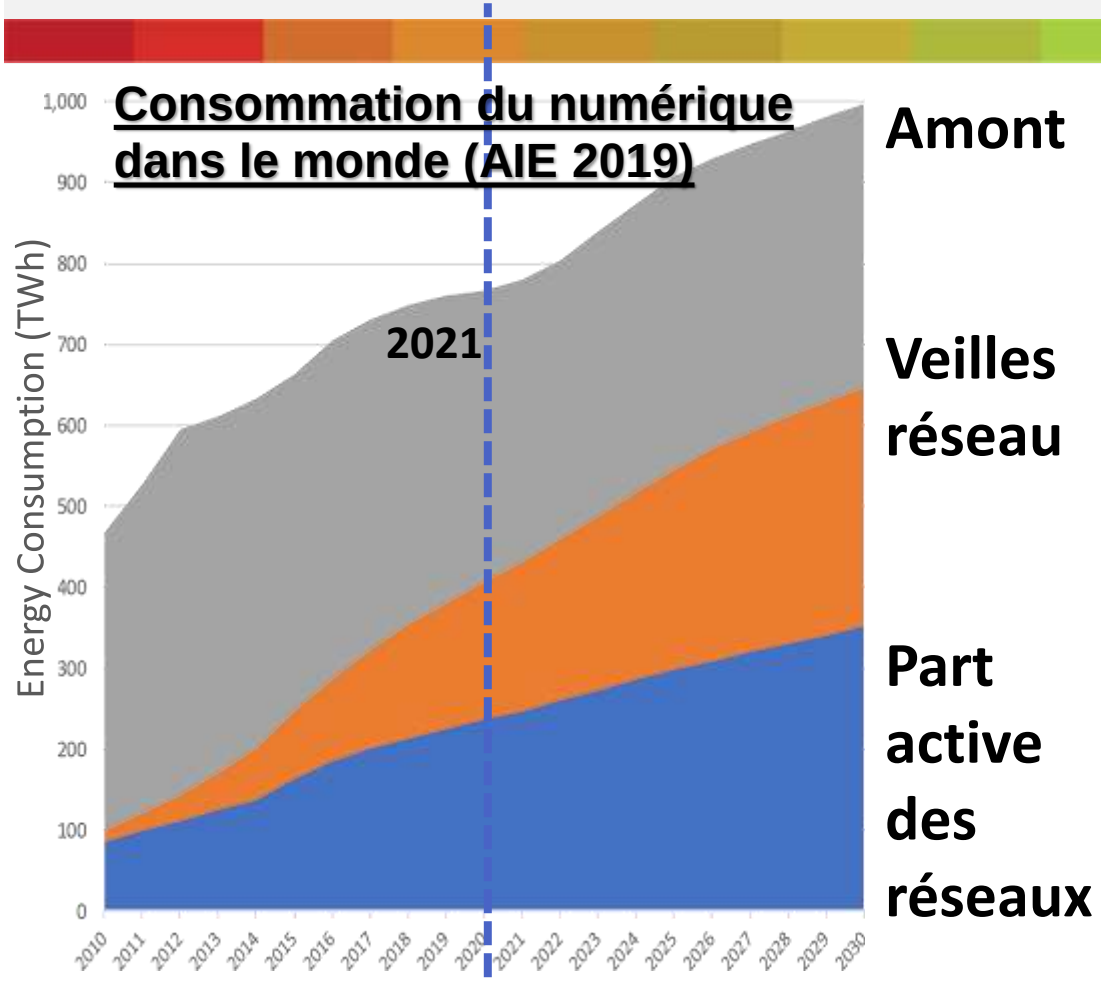
Chasseurs de vampires

Alan Meier

- Le plus fameux des chasseurs de vampires énergétiques, Alan Meier (Berkeley). Il a fait passer aux Etats-Unis (via les normes) des consommations de veille… de +40W à <1W

Meier, A. (2005). Vampire Slaying and Other New Directions for Efficiency Standards. Home Energy Magazine

Veilles: le tiers du numérique



Sans action plus résolue, les réseaux locaux (LAN) utiliseraient l'équivalent des deux tiers de l'amont d'internet en 2030. Selon Ryan et al. ils sont basés sur le protocole Ethernet de 1985
Depuis 2010 elles disposent pourtant d'un mode wifi ou économie (optionnel). Si on les branche « par défaut » dans tous les équipements livrés, alors l'économie est de 70% pour les réseaux câblés et 50% pour le sans-fil.

Voir Ryan et al. dans https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2019/9-improving-energy-efficiency-in-ict-appliances-and-products/

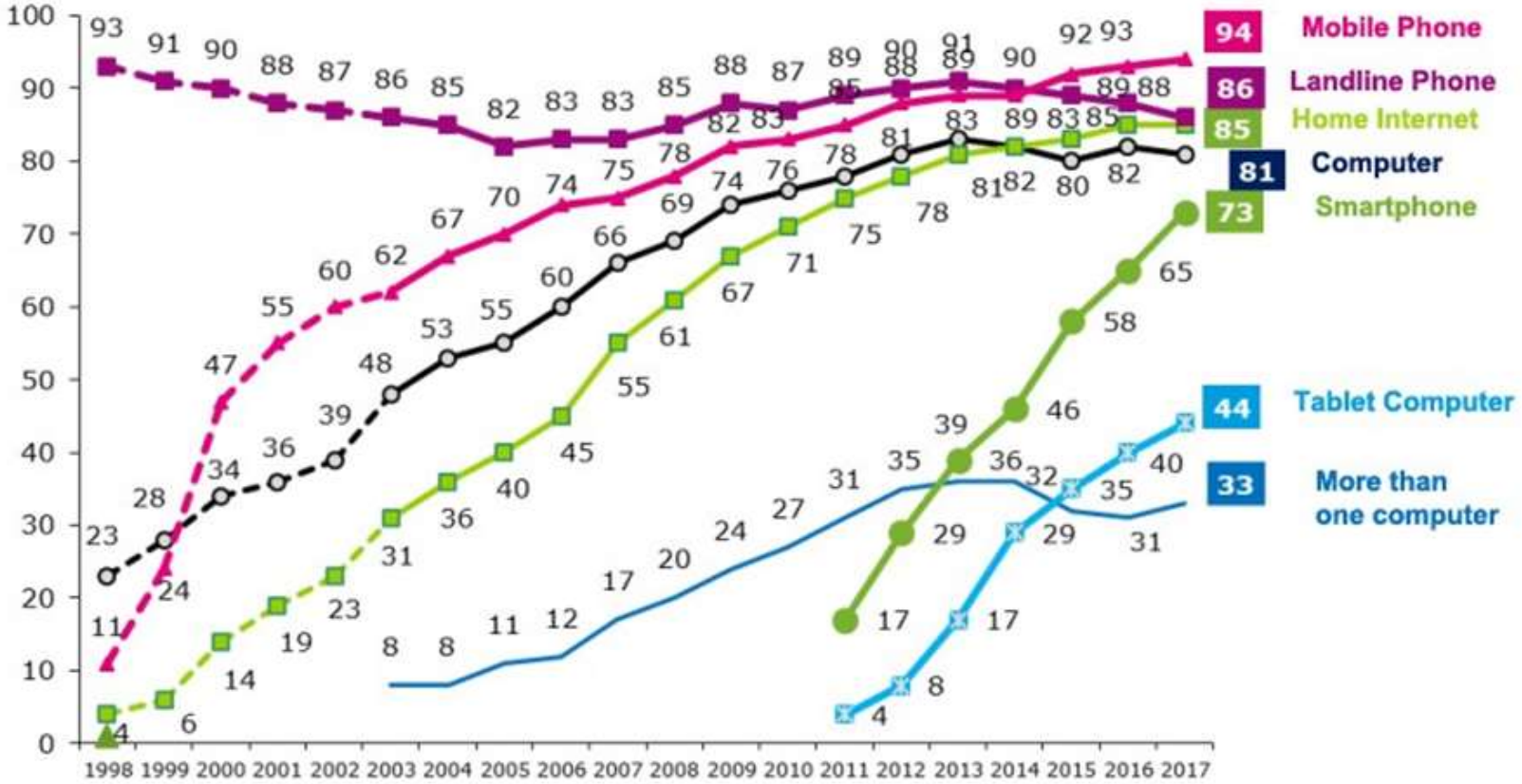
Ils veillent…

Les objets “en veille” comme les capteurs, les TVs, les assistants vocaux, les appareils connectés vont passer de 64 TWh en 2014 (0,3% de l’électricité) à 300 TWh soit 1% de la demande (sans nouvelle norme et action). Autant que les reseaux locaux (LAN), ou les réseaux mondiaux et data-centers (chacun 350 TWh en 2030)

Pour l’essentiel, les corrections potentielles relèvent du réglementaire et de la normalisation.

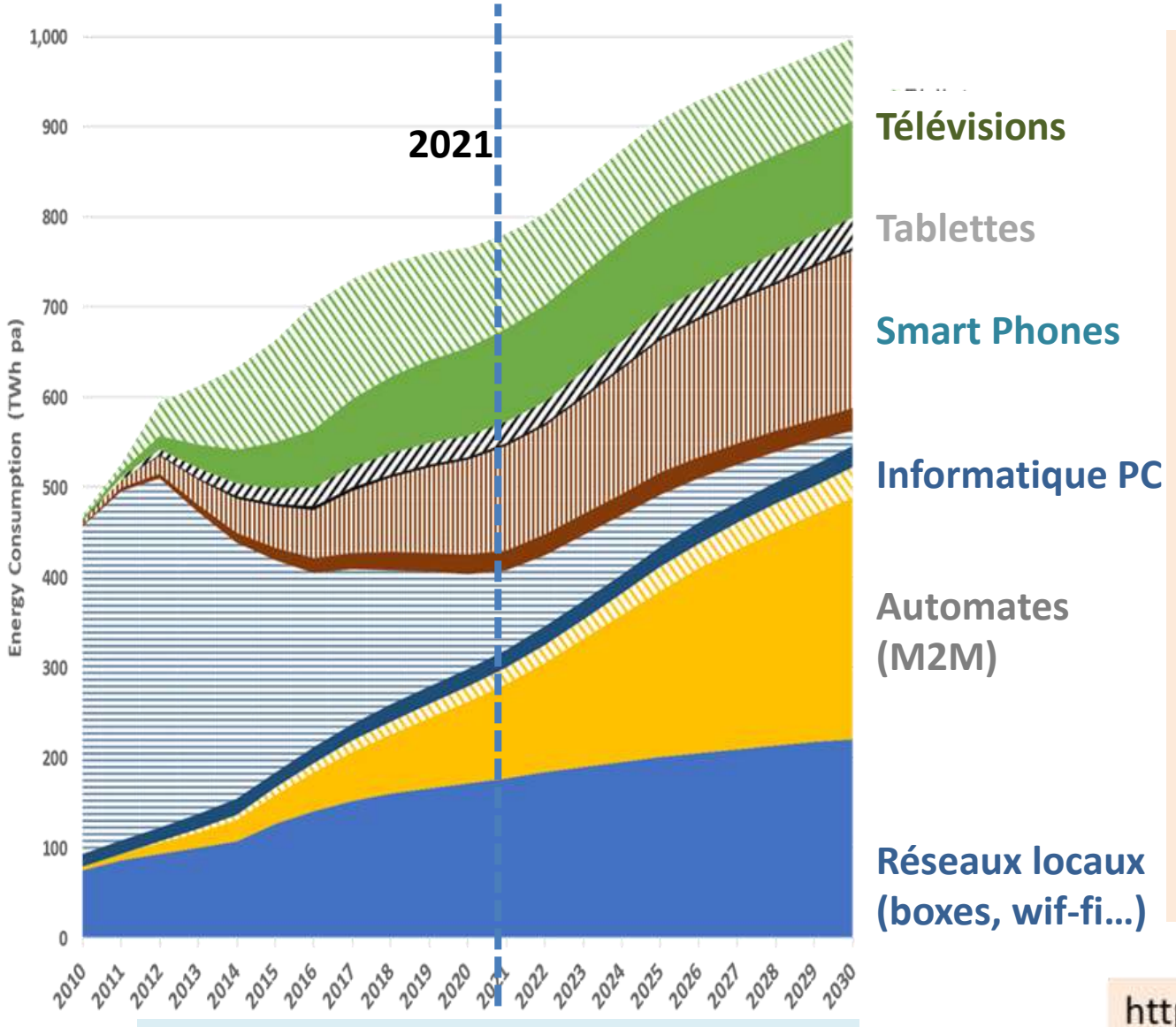
La consommation du numérique

La consommation dépend d'abord des taux d'équipement de nos appareils, souvent en saturation (ici dans le cas de la France).



Ducret et al. 2019 http://proceedings.eceee.org/

Une reconstruction mondiale d'internet

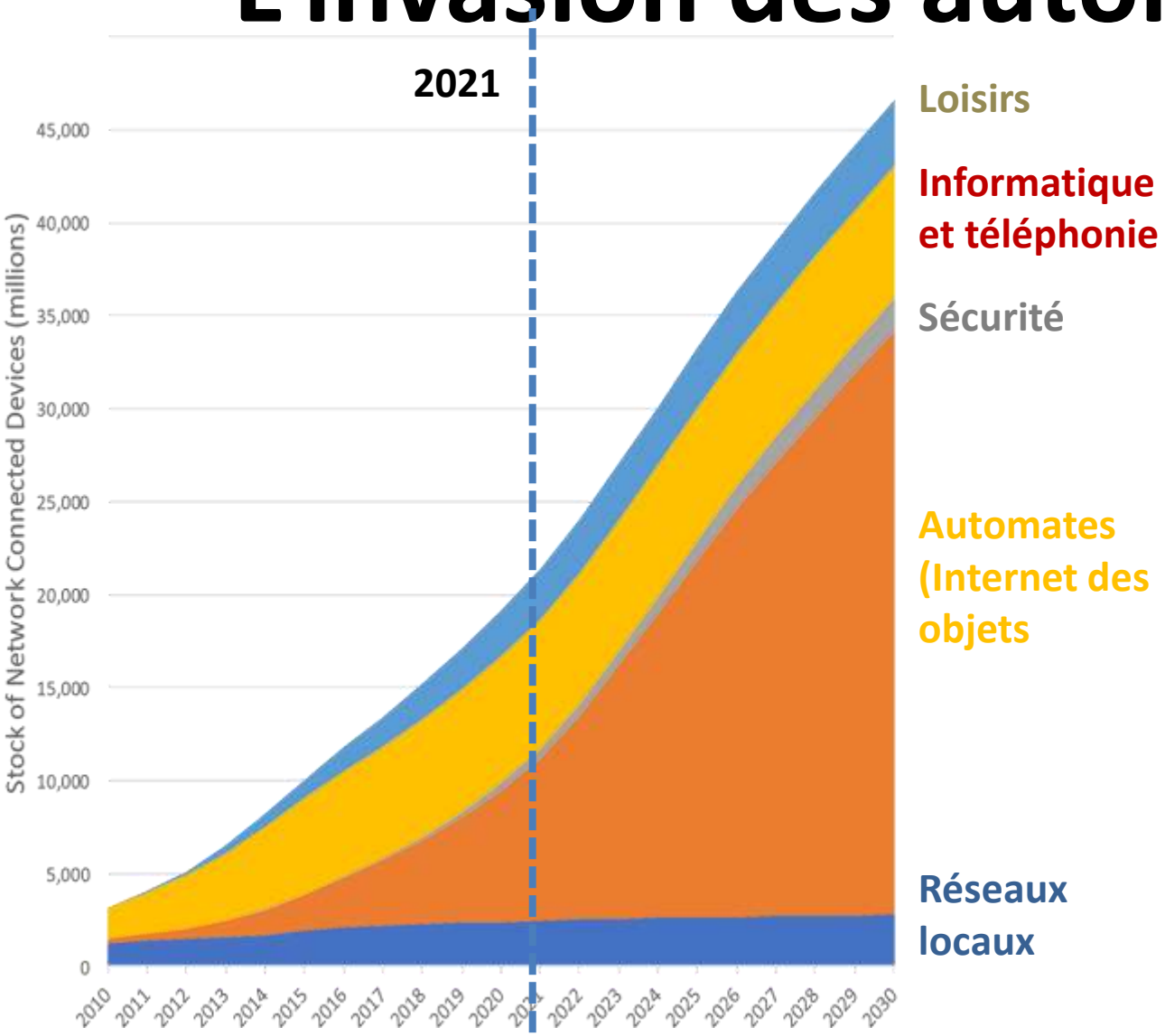


Ryan et al, ECEEE 2019 (même source)

Consommation électrique
Reconstruction mondiale de la consommation de l'internet « sans action d'efficacité ». Elle montre la répartition amont aval des consommations, la saturation des équipements informatiques, et l'importance (déjà signalée) des réseaux locaux). Paradoxalement le data-center en amont reste stable.
AIE/IEA task force

https://edna.iea-4e.org/library

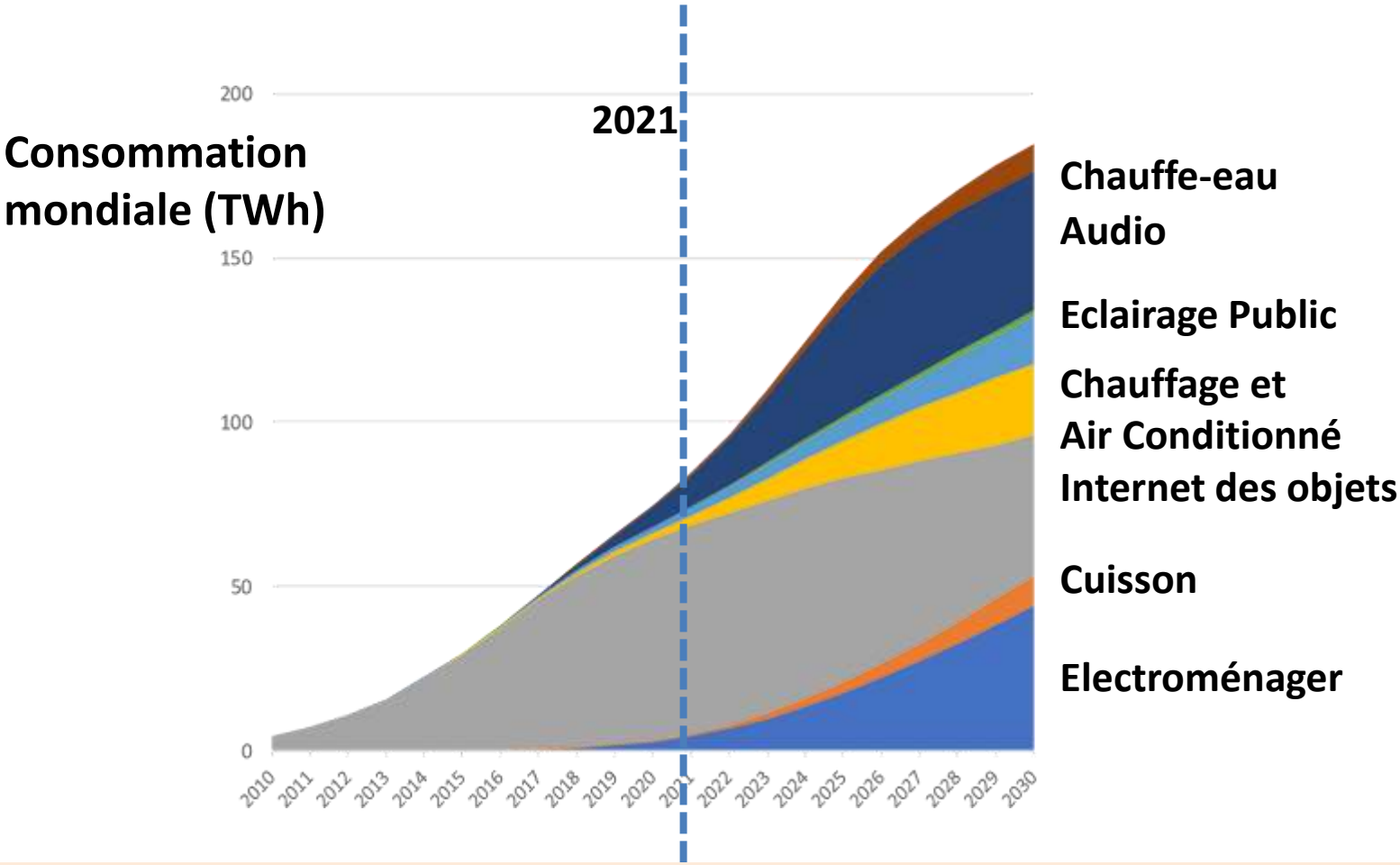
L'invasion des automates



Nombre d'appareils
En projection, les **automates** reliés aux réseaux représentent d'ici dix ans la majorité des équipements
Graphe: Nombre d'appareils mondiaux.
Source: Task Force AIE

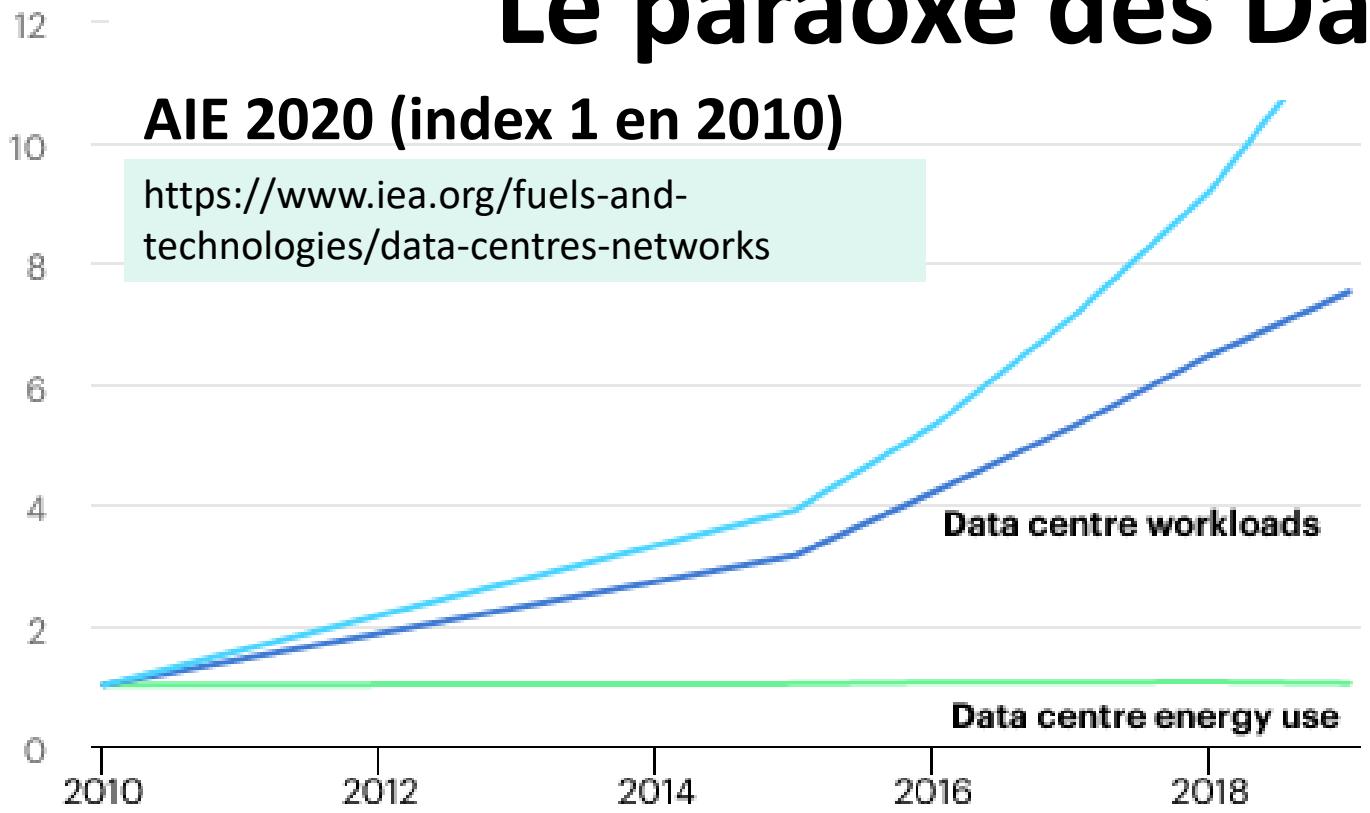
https://edna.iea-4e.org/library

Les automates ?



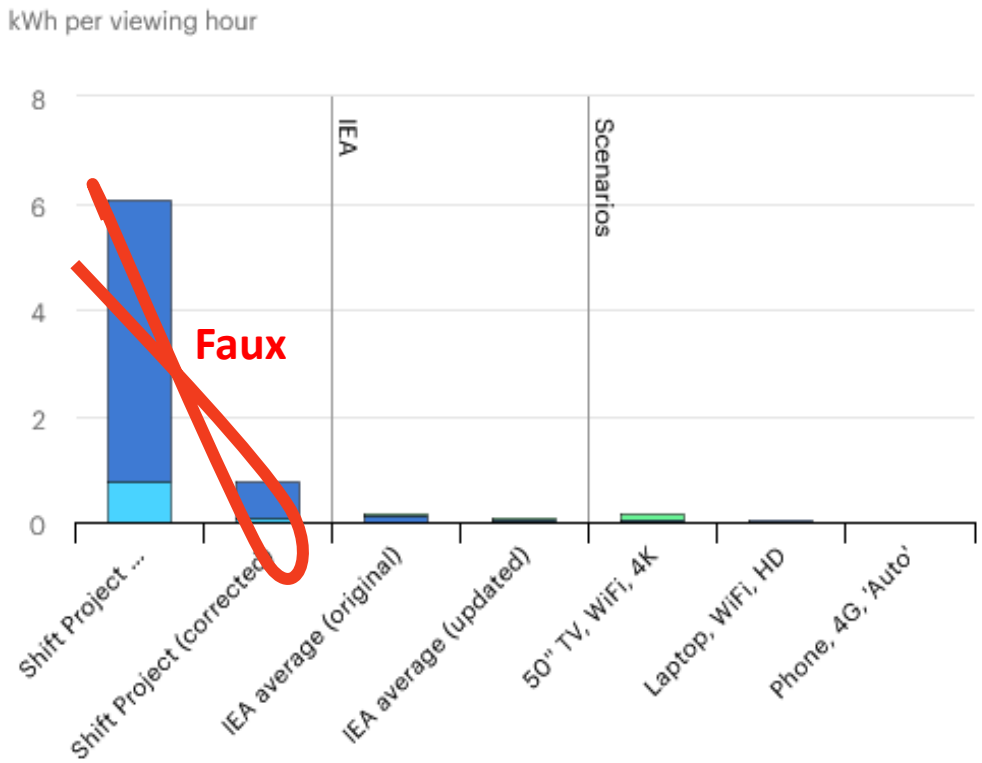
La consommation liée aux automates (hors normalisation forte) est actuellement en forte augmentation. Ceci est notamment lié à une redondance forte des communications et des protocole (> 1000!), en plus de la multiplication des équipements.

Le paraoxe des Data-Center



Les **data-center** explosent les débit et les usages… mais pas les consommations d'énergie qui restent globalement stables. Les réseaux locaux et les équipements en veille augmentent nettement plus (vues précédentes). Ceci est dû aux déterminants économiques et technologiques du réseau : les opérateurs ont **intérêt à optimiser** massivement leurs propres équipements mais pas les appareils domestiques. **L'évolution technique** leur est aussi très favorable.

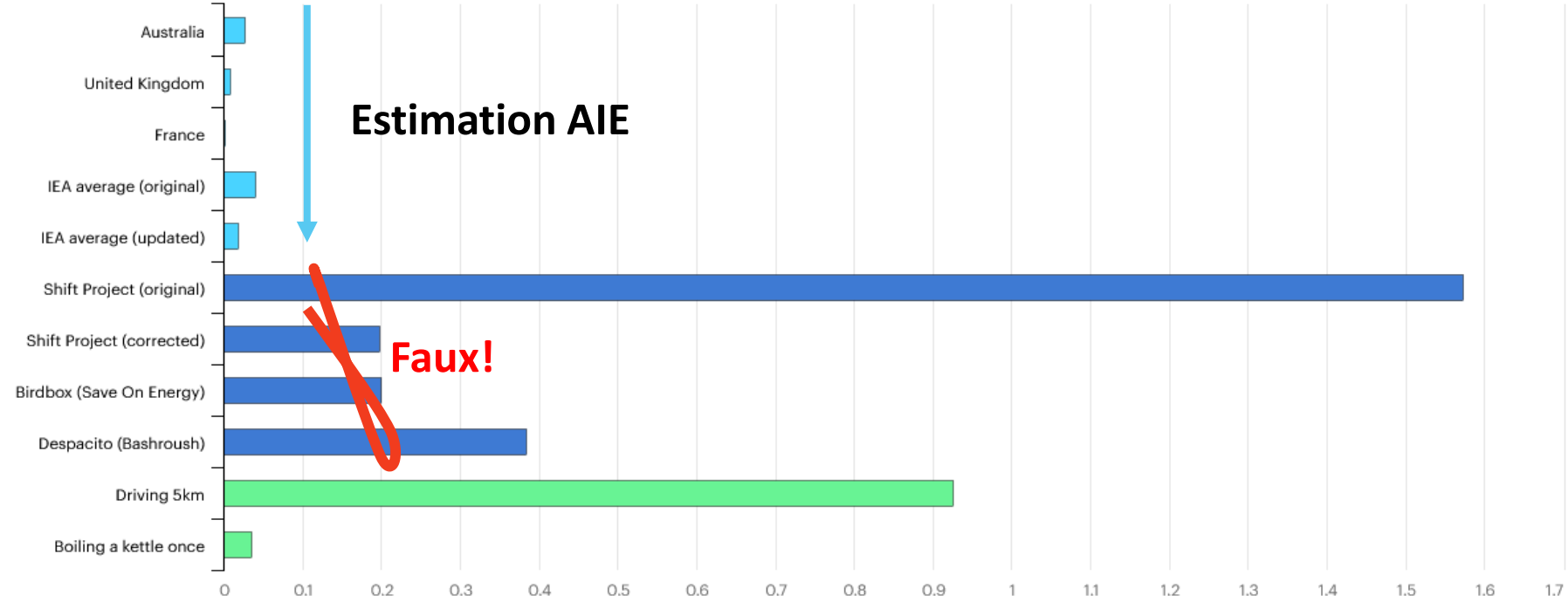
Attention aux bugs



Combien d'énergie pour un **streaming** ?L'Agence Internationale de l'Energie aboutit à **une fraction de la consommation** estimée par le Shift, **même après correction** d'erreurs relevées à l'été 2020. Parmi les erreurs relevées, une confusion entre byte et bit, et entre court et moyen terme.

https://www.iea.org/commentaries/the-carbon-footprint-of-streaming-video-fact-checking-the-headlines
Rapport initial de The Shift https://theshiftproject.org/article/climat-insoutenable-usage-video/ Réponse (partielle) de The Shift https://theshiftproject.org/article/shift-project-vraiment-surestime-empreinte-carbone-video-analyse/ voir aussi Malmodin, J., 2020: The power consumption of mobile and fixed network data services - The case of streaming video and downloading large files. Electricity Goes Green, Berlin, 1 September 2020 https://online.electronicsgoesgreen.org/wp-content/uploads/2020/10/Proceedings_EGG2020_v2.pdf

10 mètres, pas 2km ou 20 km.



La comparaison entre la vidéo en streaming (1/2 heur de film sur Netflix) et la conduite auto aboutit pour la France (électricité très décarbonée) à conduire « dix mètres en auto » par vision, et pas « deux kilomètres » comme indiqué par un rapport récent de The Shift (corrigé par rapport à une version 2018 très diffusée mondialement, qui donnait 15-20 km. (même source). Voir aussi la référence Carbon Trust brittanique sur

What is the point?

Basé sur le rapport Shift erroné cité, le livre de Guillaume Pitron est certes moins truffé de complotisme et de fakes que son « La guerre des métaux rares » ou le film d'ARTE éponyme. Mais l'argument est clairement opposé à la transition énergétique.

Deux problèmes dérivent de cette affaire:

- D'abord la difficulté à démentir réellement et à gérer un gros bug, métastasé dans les média mondiaux.
- Ensuite, plus important pour les mouvements climatiques, la comparaison fallacieuse avec l'impact de **l'aviation au niveau global**, dont la dynamique est bien plus dangereuse [*et dont l'impact global est triple voir cours 1]*. Cette comparaison a été par exemple utilisée par les promoteurs de l'extension de l'aéroport de Lille.

Certains lecteurs vont jusqu'à poser l'équivalence individuelle des abus du numérique **avec un trajet en l'avion ou en auto**, une confusion qui arrange bien les tenants du statu quo. En réalité, le numérique a désormais une importance économique bien plus grande que l'avion, et surtout –au moins en partie- il se substitue à des usages carbonés. A l'inverse, l'aviation a une clientèle potentielle encore immense et croissante, et un potentiel technique de décarbonation limité à court terme…

[Photo Citiz – Lilas Auto Partagée SCIC Ville de Lille/Keolis]

Carbone 4, ADEME ou FNH concordent : le véhicule électrique émet 2 à 4 fois moins d'émissions par km que les versions thermiques. Mais ce chiffre est encore augmenté s'il est mis au service d'une mobilité plus collective. Ainsi, le Wuppertal Institut -parmi ses nombreux travaux- a montré qu'un véhicule partagé induit des consommations moindres de transport chez les usagers.

https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2007/Panel_8/8.250/

Sobriété numérique 2.0

Pour dépasser la « déconstruction » précédente, le numérique est un domaine « matériel » qui doit être jugé comme tel, sur sa capacité à substituer des émissions ou à faciliter la transition.

- Plutôt que de fantasmer sur les consommations de l'amont d'internet, il vaut mieux s'attaquer à l'**obsolescence** et au **gaspillage** des terminaux (boxes, smartphones) dont la fabrication est le principal impact carbone du numérique.
- Il y a des raisons sérieuses de critiquer l'invasion du numérique. Mais sur l'empreinte climat il s'agit de comparer des usages ou des pratiques, soit délétères (le bitcoin, la publicité ciblée omniprésente…) ou au contraire favorables (substitution de réunions physiques, blablacar, maintenance à distance…).

Par exemple https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/7436

Hyperespace. "*Traveling through hyperspace ain't like dusting crops, boy! Without precise calculations we could fly right through a star or bounce too close to a supernova, and that'd end your trip real quick, wouldn't it?*"
—Han Solo à Luke Skywalker

« AAARARRRGWWWH.»

- Oui, tu as raison.

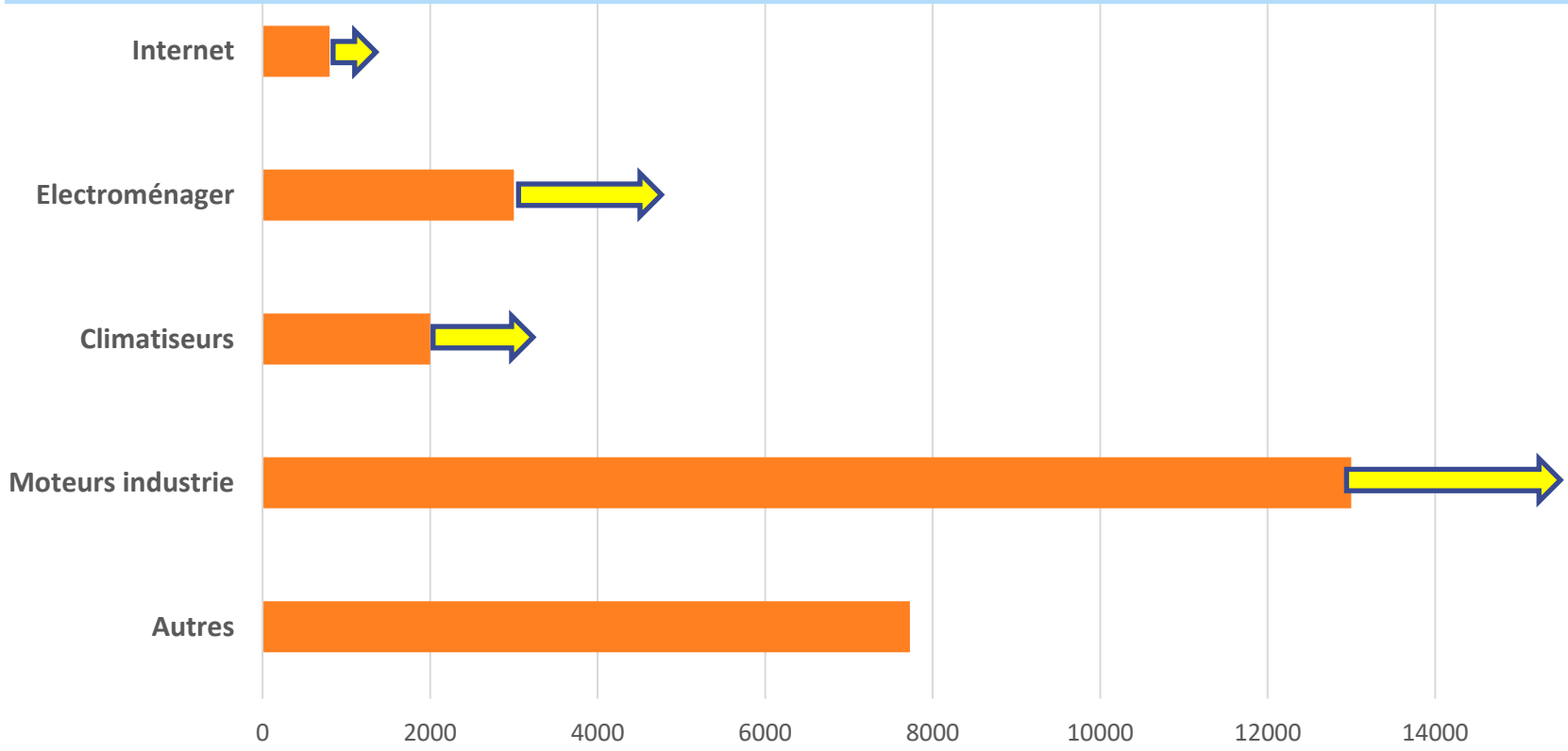
- D’autres questions?

Plan

- La première ressource disponible
- Sobriété et efficacité
- Le thermostat et l'usager
- L'éclairage et les co-bénéfices
- Les veilles et le numérique
- **Economies d'électricité, efficacité matériaux**
- Autres exemples: industrie…
- Les barrières à l'efficacité et les effets rebond
- La carotte d'or de Californie
- La tarification progressive ou dégressive
- La gestion par la demande, les effacements
- Problèmes divers (hors DS)

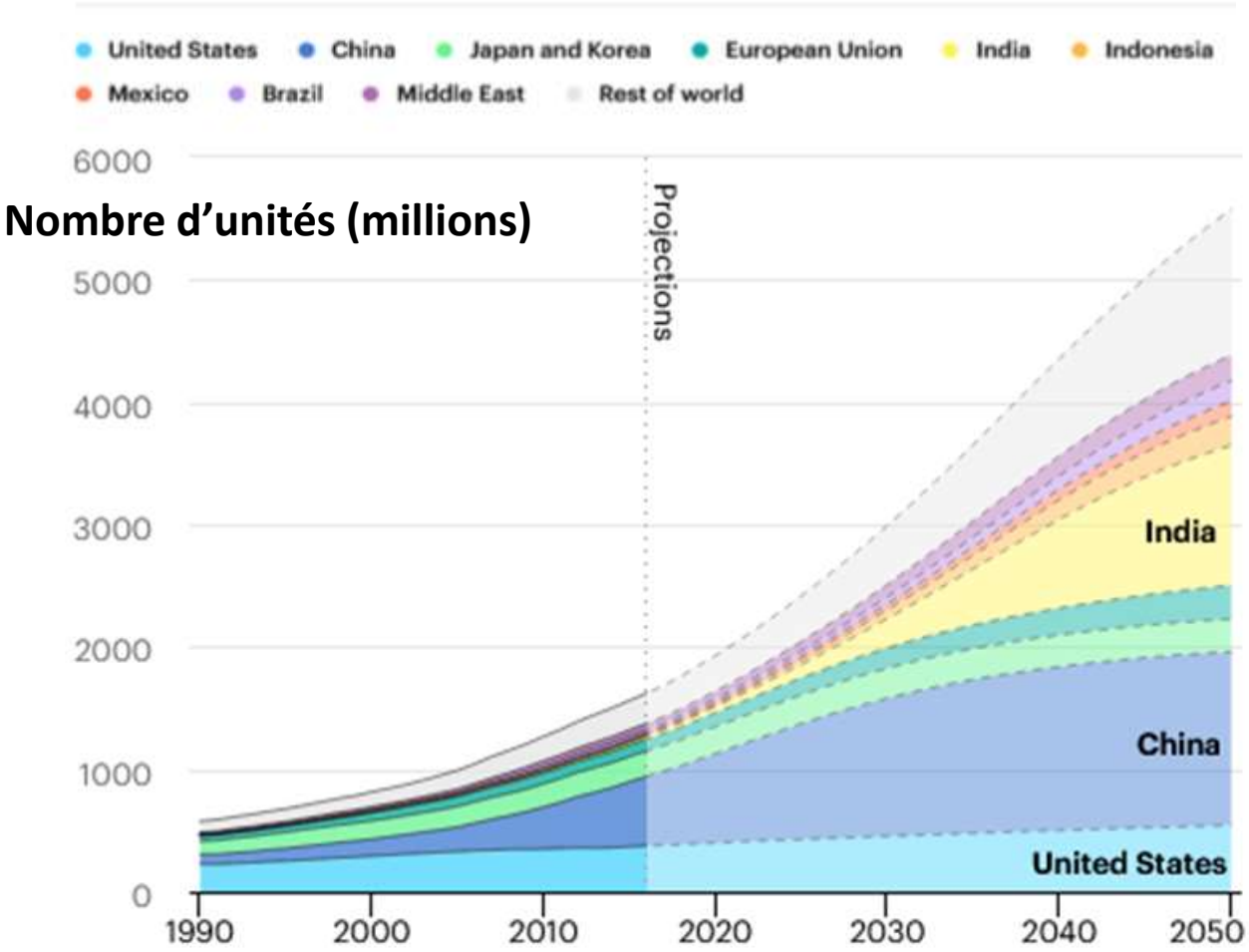
Electricité: les secteurs en expansion

Evolution des demandes électriques d'ici 2030.
Evolution « laisser-faire » entre l'année 2019 et projection sur 2030 (flèches)[projections AIE – traitement E&E]



Internet est important… mais la climatisation, l'électroménager ou les moteurs ont des croissances mondiales tout aussi préoccupantes…

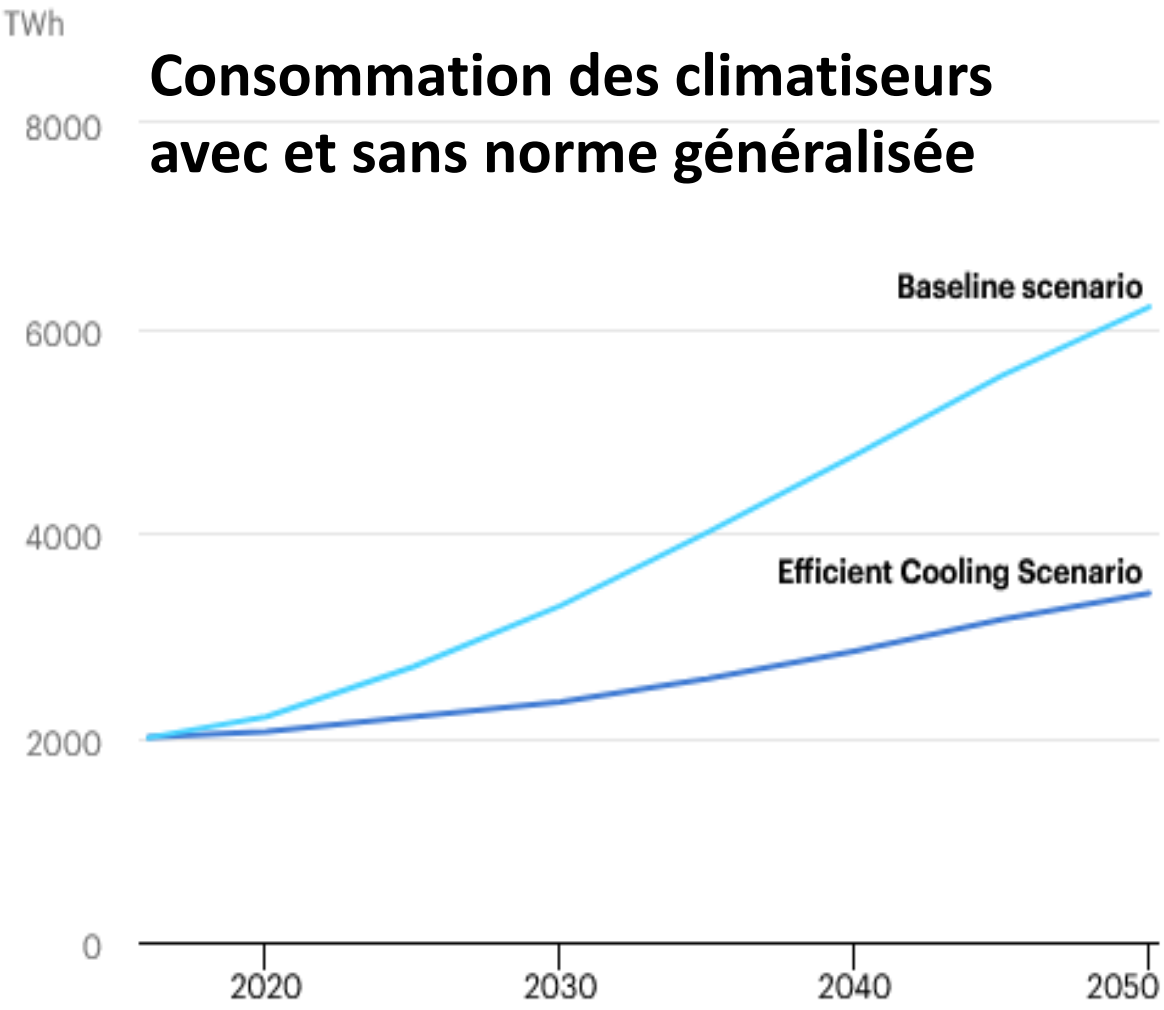
Les climatiseurs



Dans l'habitat, le principal determinant de l'augmentation de la consommation est la climatisation (environ 2 milliards d'unites en service), qui determine aussi la pointe de consommation dans la majorité des pays. 68% des appareils sont domestiques. Mais seulement 10% des ménages ont un climatiseur dans les pays où la temperature Moyenne dépasse 25°C. L'augmentation à 2030 pourrait dépasser 70% de consummation globale.

https://www.iea.org/reports/cooling#tracking-progress

L'outil de la normalisation



La croissance de l'air-conditionné et les potentiels d'efficacité entre 2016 et 2050. La plus grande partie de la croissance se produit dans les pays émergents.

Seuls un tiers des climatiseurs sont concernés par une norme… C'est l'un des plus importants potentiels techniques au monde (hors sobriété)

Les moteurs consomment la moitié de l'électricité mondiale

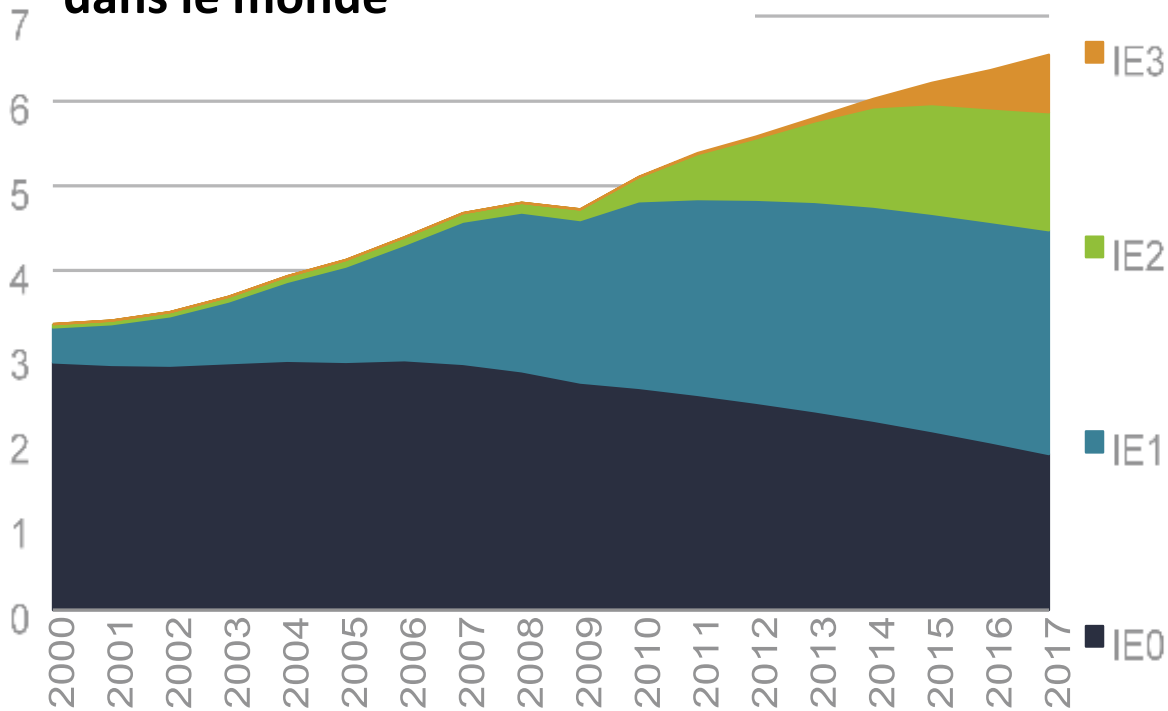
Des moteurs partout!

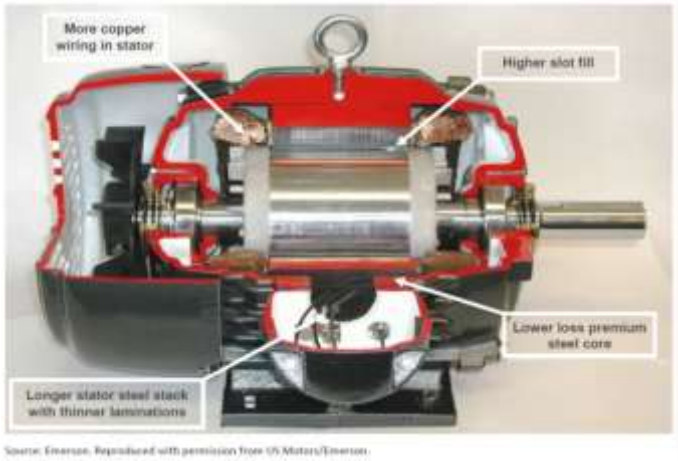
- Deux tiers de l'électricité des industries dans le monde (soit **la moitié** du courant total) sont le fait des moteurs sous diverses formes : processus de fabrication, convoyeurs, ventilateurs, pompes…
- Le bâtiment et les services utilisent aussi une proportion élevée de moteurs électriques.

Selon la commission européenne, les 8 milliards de moteurs électriques de l'union consomment la moitié de l'électricité produite dans l'UE.
https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign/energy-efficient-products/electric-motors_en

Les moteurs

Consommation des moteurs dans le monde





Moteur performant IE4 (Emerson)

La majorité des moteurs sont soit non-normés (30% soit dans les catégories inférieures comme IE1 (40%), les moteurs « supérieurs » ne sont apparus que récemment. La norme IE4, qui s'applique désormais aux Etats-Unis et au Canada, n'apparaît pas dans le graphe. Ces pays ont souvent des équipements de performances supérieures à celles des européens, grâce à l'existence d'accords volontaires chez leurs fournisseurs.
Note: Sur 2,5 milliards de moteurs, seuls une infime fraction consomme des terres rares pour leurs aimants.

Les gains potentiels sur les moteurs industriels et tertiaires

Les gagnants Lotto-Motors

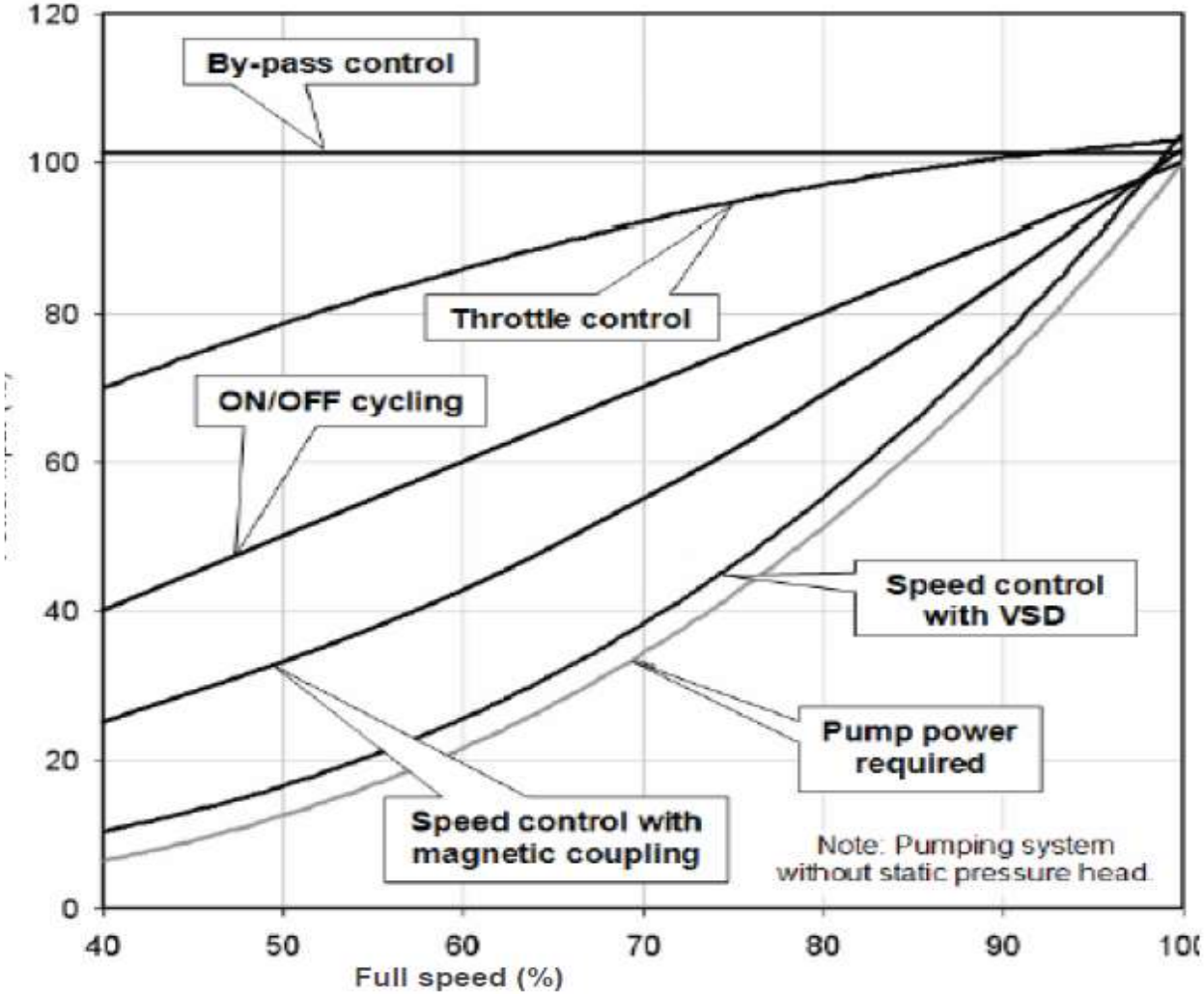
- i. Meilleur moteur (**15%**...)
- ii. Variation de vitesse (**30%** et plus)
- iii. Redimensionnement du système et adaptation des tailles (**50%** de gain et plus)

Attention, le total ne fait pas 95% car ces trois axes de travail ne sont pas indépendants ni toujours compatibles. Même si c'était le cas, on multiplie les gains d'efficacité (en %), on ne les additionne pas.

i.Les pertes du moteur lui-même

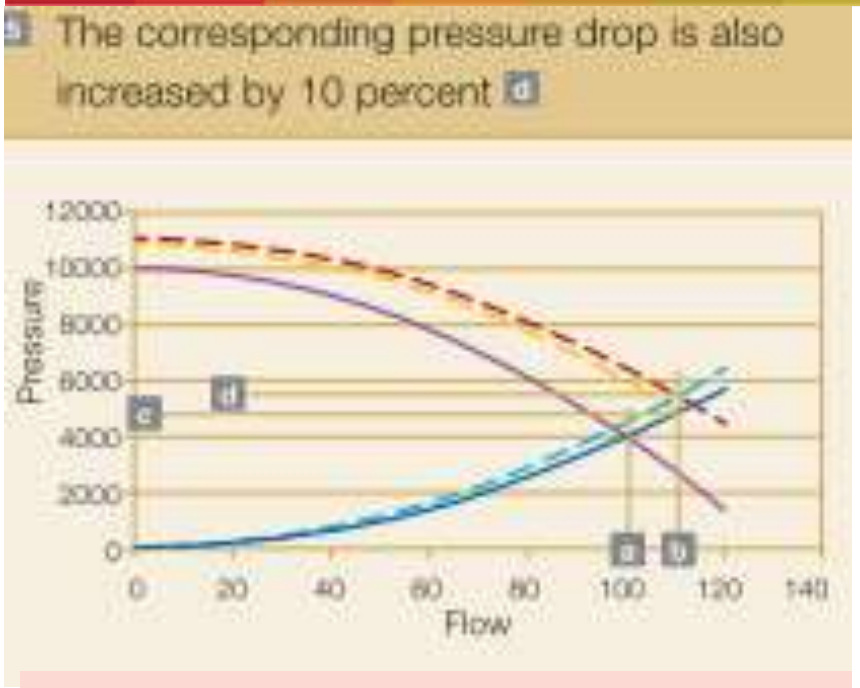
no-load losses	iron losses in core	18%
	windage & friction losses	10%
load losses	stator copper losses	34%
	rotor losses	24%
	stray load losses	14%

ii. Impact de la variation de vitesse



Le besoin réel de puissance (en abcisses) varie suivant la charge ou la vitesse (ici en ordonnées).

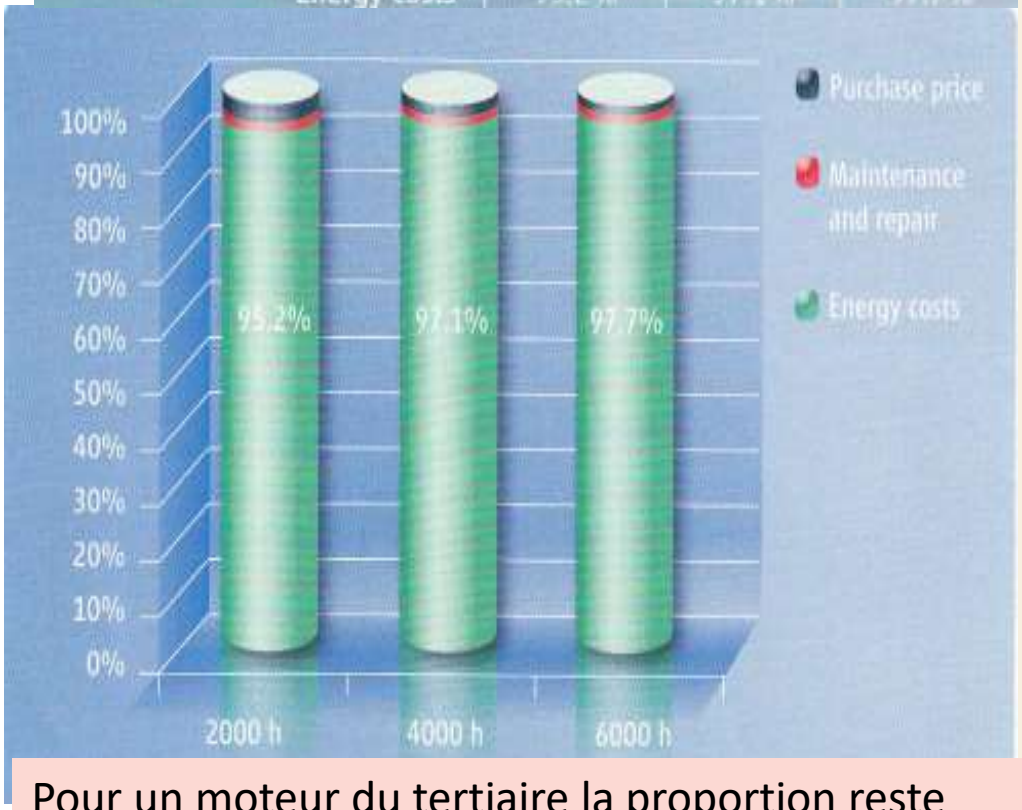
iii. Surdimensionnement : +50% de trop par sécurité mal placée et marges à tous les étages



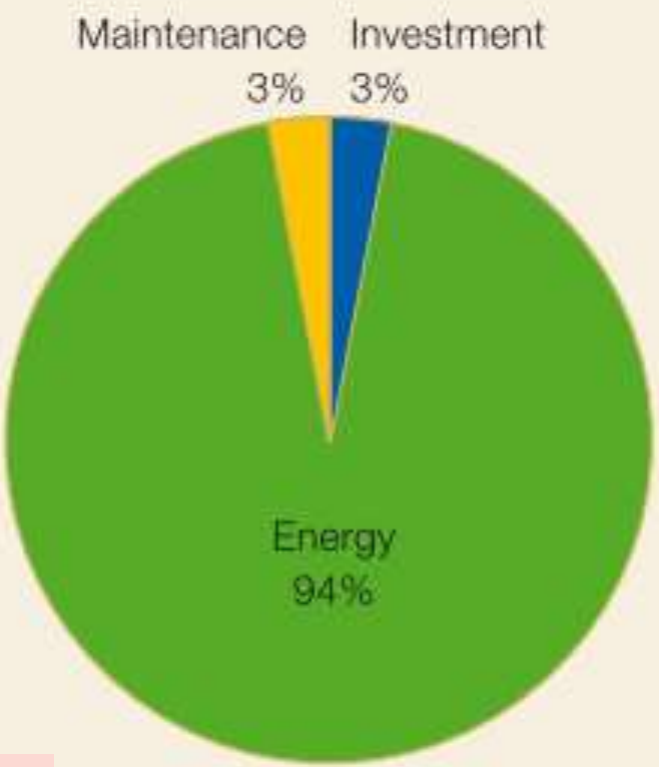
Le surdimensionnement (source ABB) généralisé concerne les ensembles pompe ou ventilateurs (notre exemple), mais aussi les ascenseurs par exemple… il résulte d'une prise de marge à tous les stades. L'ascenseur est calculé pour travailler à charge pleine et non à son vrai usage moyen.

L'énergie domine les coûts du moteur industriel

Operating hours per year	2000 h	4000 h	6000 h
Purchase price	3.8%	1.9%	1.3%
Maintenance and repair	1.0%	1.0%	1.0%
Energy costs	95.2%	97.1%	97.7%



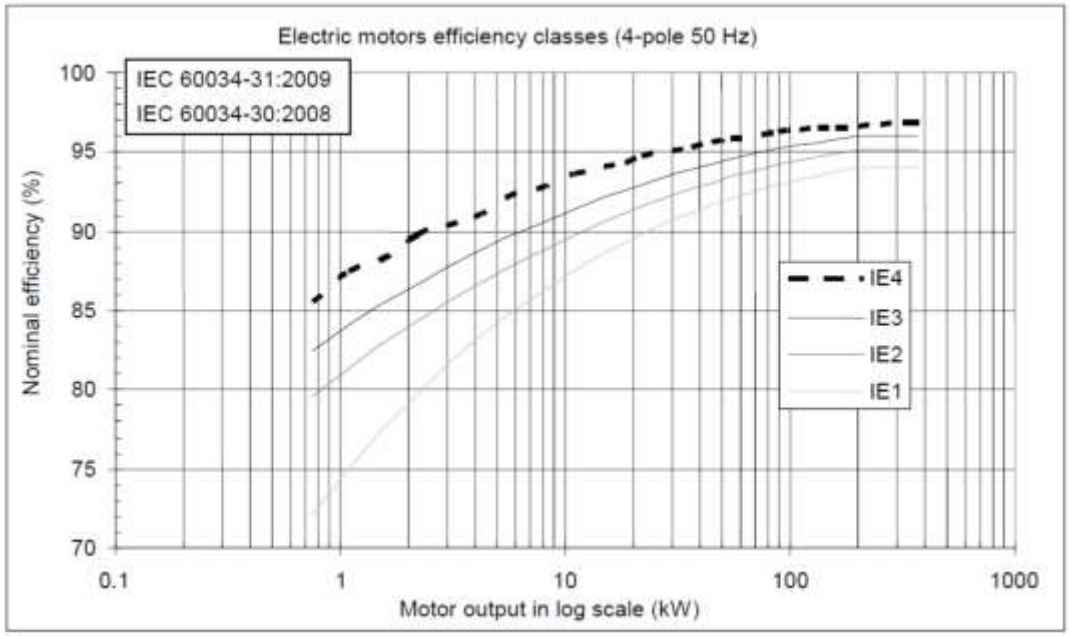
Coût total de possession d'un moteur dans l'industrie (+6000h)



Pour un moteur du tertiaire la proportion reste similaire avec moins de 5-10% pour l'investissement et la maintenance (du moteur seul).

Les gains de rendement

Figure 3: Efficiency classes for four-pole motors of standard IE3, IE2 and IE1 classes, and the new IE4 class



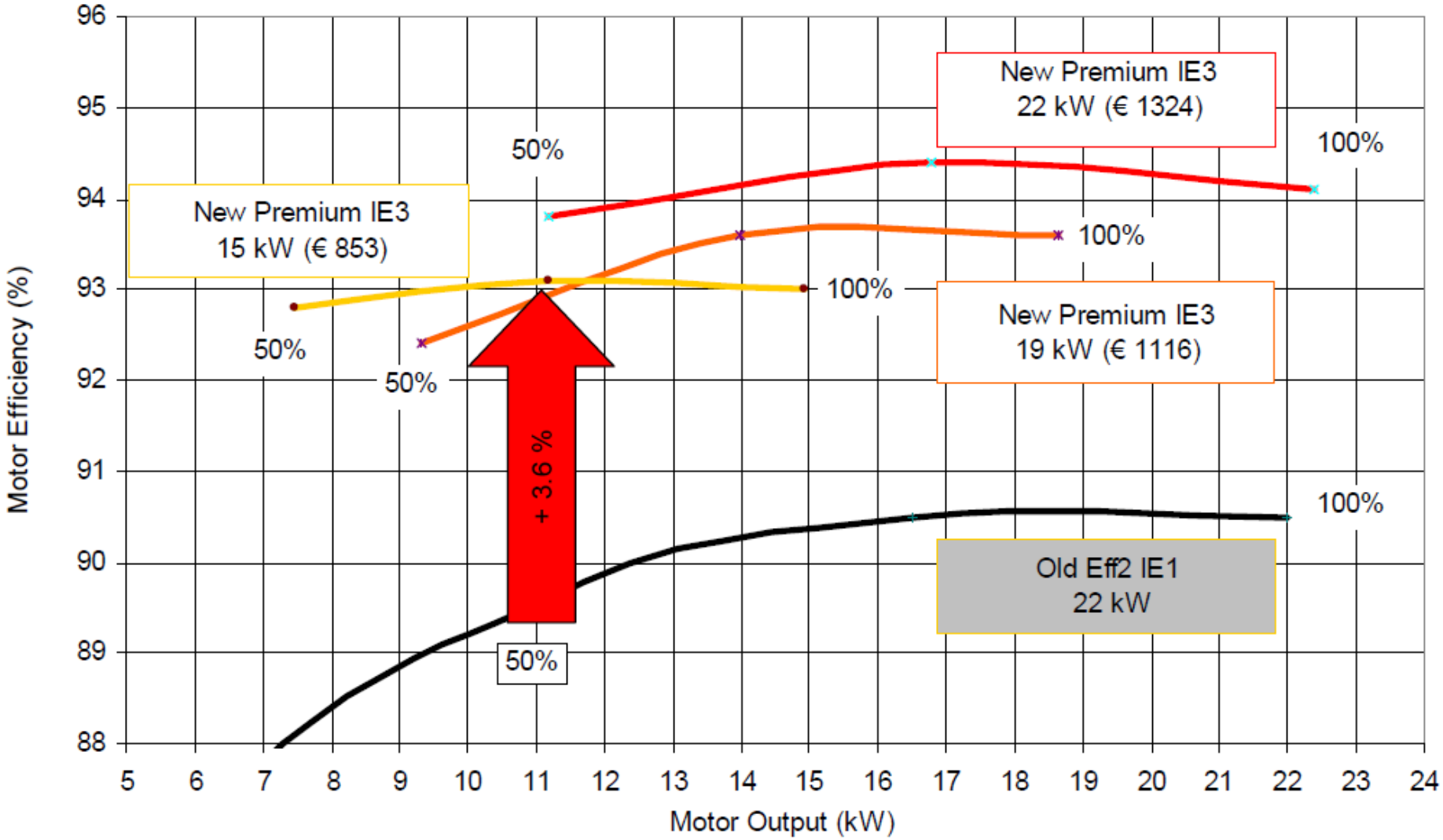
Source: IEC 60034-30 and IEC 60034-31, draft 2009.

IE2, IE3, et IE4 fonction de la taille du moteur

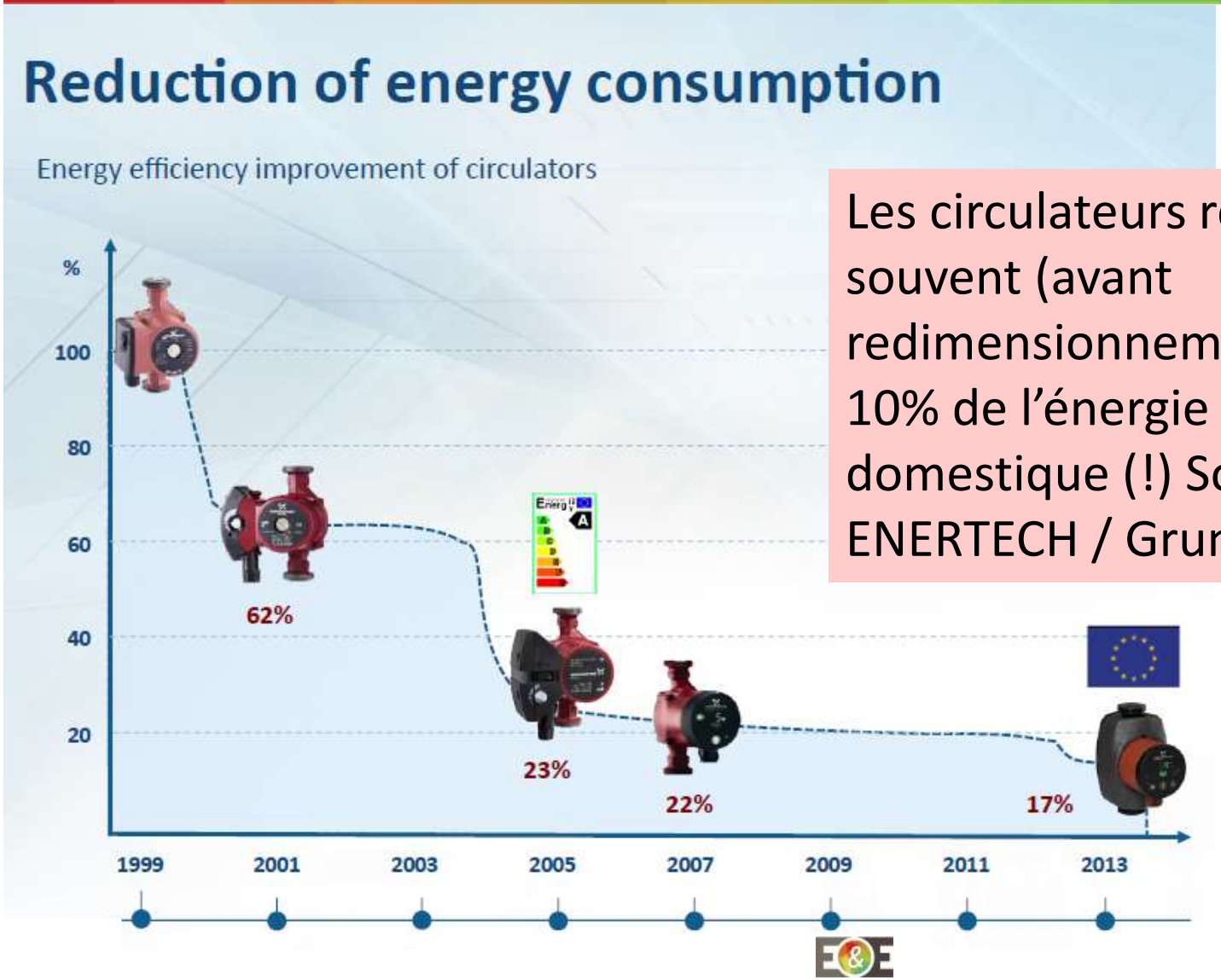
IE2 (adapté à la variation de vitesse) et IE3 sont obligatoires en Europe depuis janvier 2017, déjà aux USA depuis quelques années.

- **IE4 se répand rapidement en pays développés**
- **Le gain est fonction de la taille et du type de moteur**
- **Quelques points de rendement modifient la donne économique**

Changer de moteur ?



Gains des moteurs aussi dans l'habitat



Les circulateurs représentent souvent (avant redimensionnement) plus de 10% de l'énergie du chauffage domestique (!) Source ENERTECH / Grundfoss

Les produits industriels visés par l'éco-conception

Standard motors

Special motors

Standard pumps

Special pumps

Industrial fans

Compressors

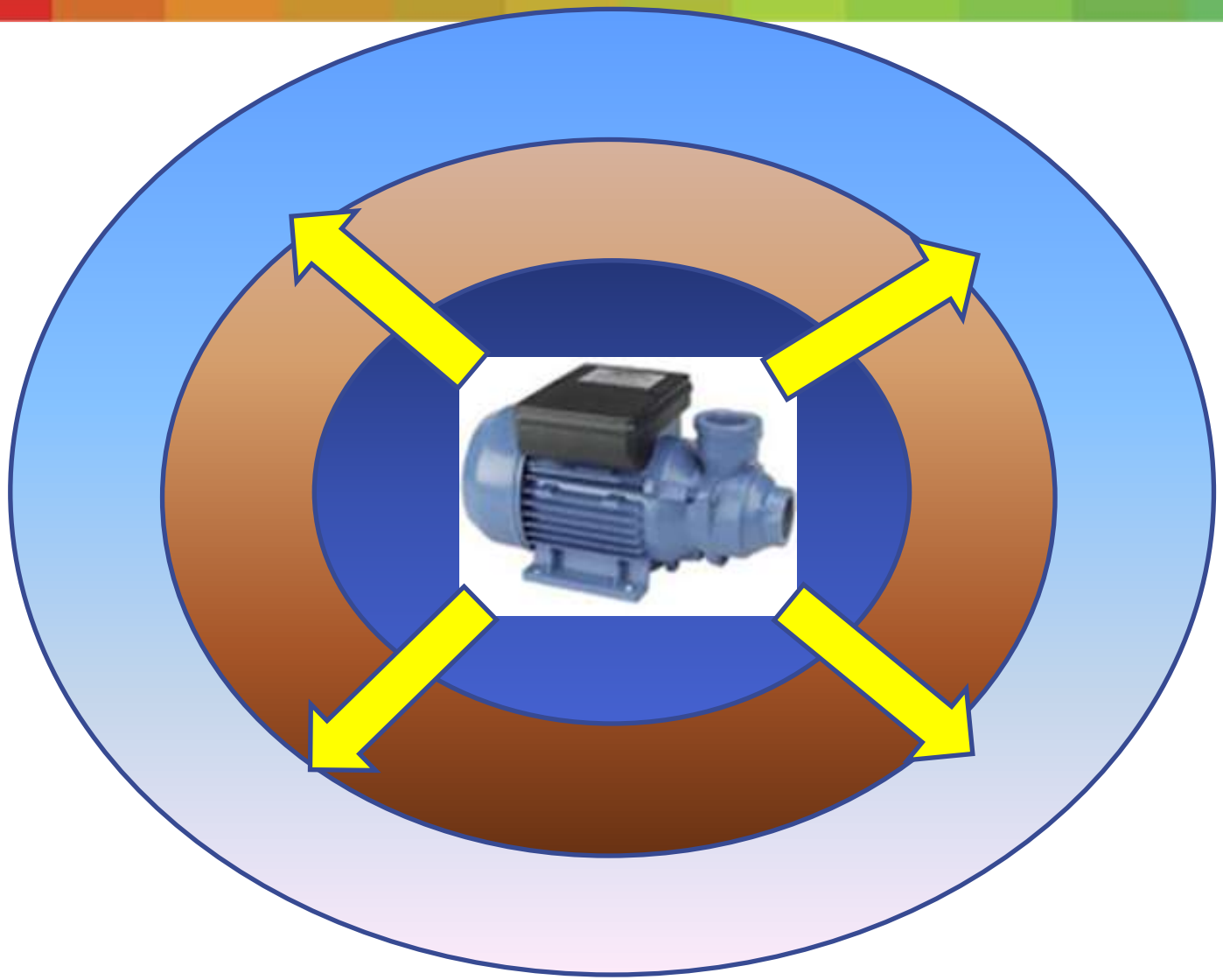
Refrigerating & condensing units

Transformers

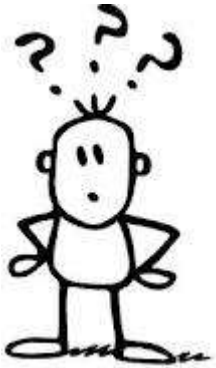
Industrial ovens & furnaces

Machine tools

Le défi de normaliser un ensemble



Défi du contrôle et des sanctions



Comment vérifier que cette machine respecte la norme? Et comment faire appliquer les sanctions en cas de défaut?

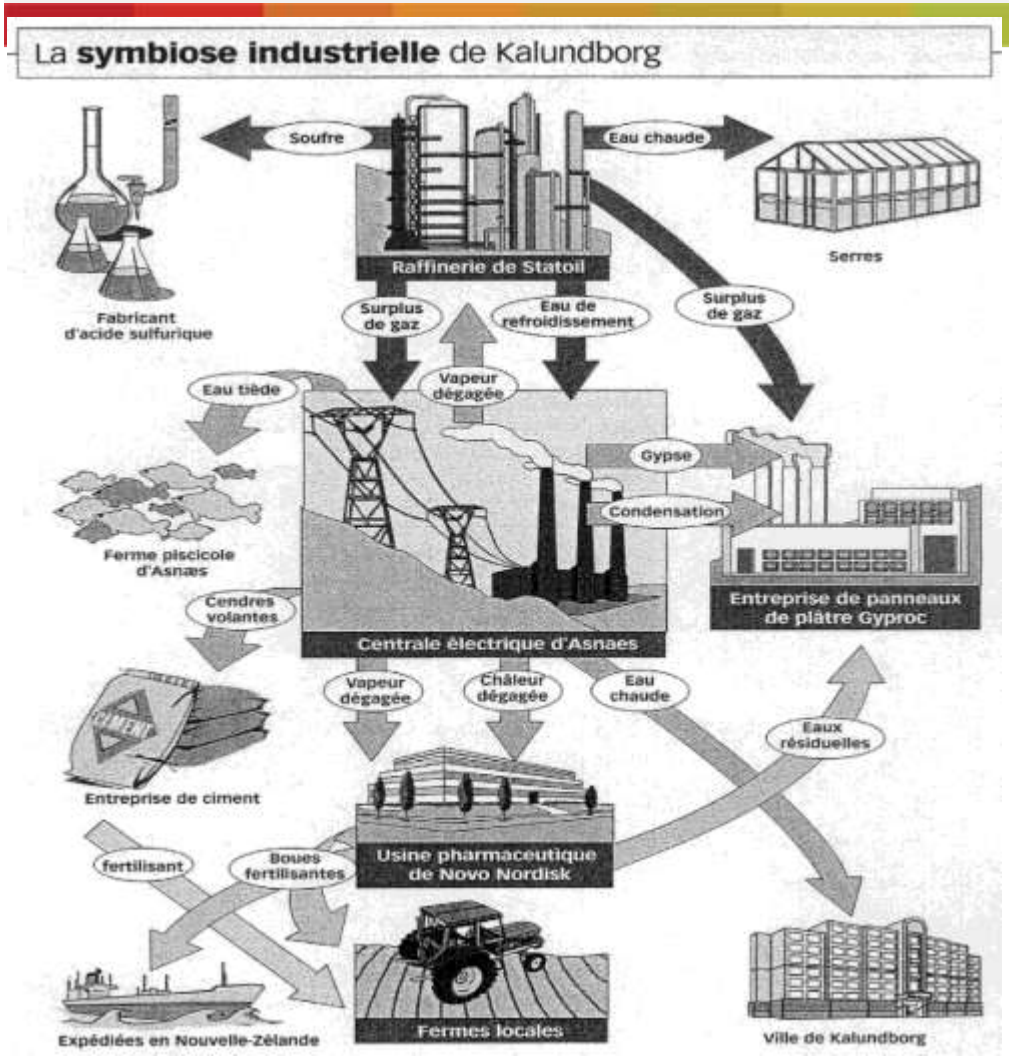
"RRRAARRWHHGWWR."

Questions ?

Plan

- La première ressource disponible
- Sobriété et efficacité
- Le thermostat et l'usager
- L'éclairage et les co-bénéfices
- Les veilles et le numérique
- Economies d'électricité, efficacité matériaux
- **Autres exemples: industrie…**
- Les barrières à l'efficacité et les effets rebond
- La carotte d'or de Californie
- La tarification progressive ou dégressive
- La gestion par la demande, les effacements
- Problèmes divers (hors DS)

Industrie: Le niveau collectif



Le ***CLUSTER*** de Kalundborg, l'agglomération de Dunkerque, le port de Rotterdam. Il permet les services communs, les cascades énergétiques, les changements de vecteur (H2, électricité…) voire la capture du carbone CCS. (**cf cours « écologie industrielle »)**

Lent…

- Seules 14% des industries lourdes semblent en route pour les Accords de Paris, sur un échantillon de 111 entreprises.

https://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/only-fractions-of-global-heavy-industry-are-on-track-to-hit-the-2c-target/

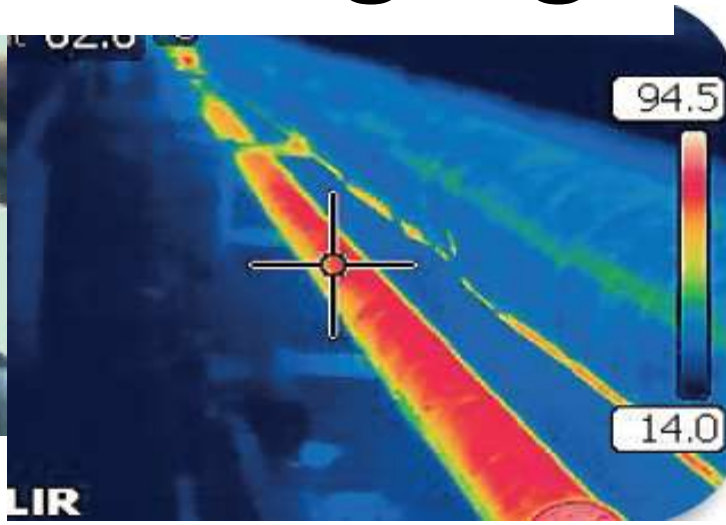
D’abord des gains sur la conception

- Cette boucle industrielle, soi-disant “optimisée”, a pu être reconfigurée en passant de 71 kW à 5,3 kW de pompes, soit un gain de 92% sur la puissance nécessaire.
- (source RMI)

Tuyaux plus gros, pompes plus petites

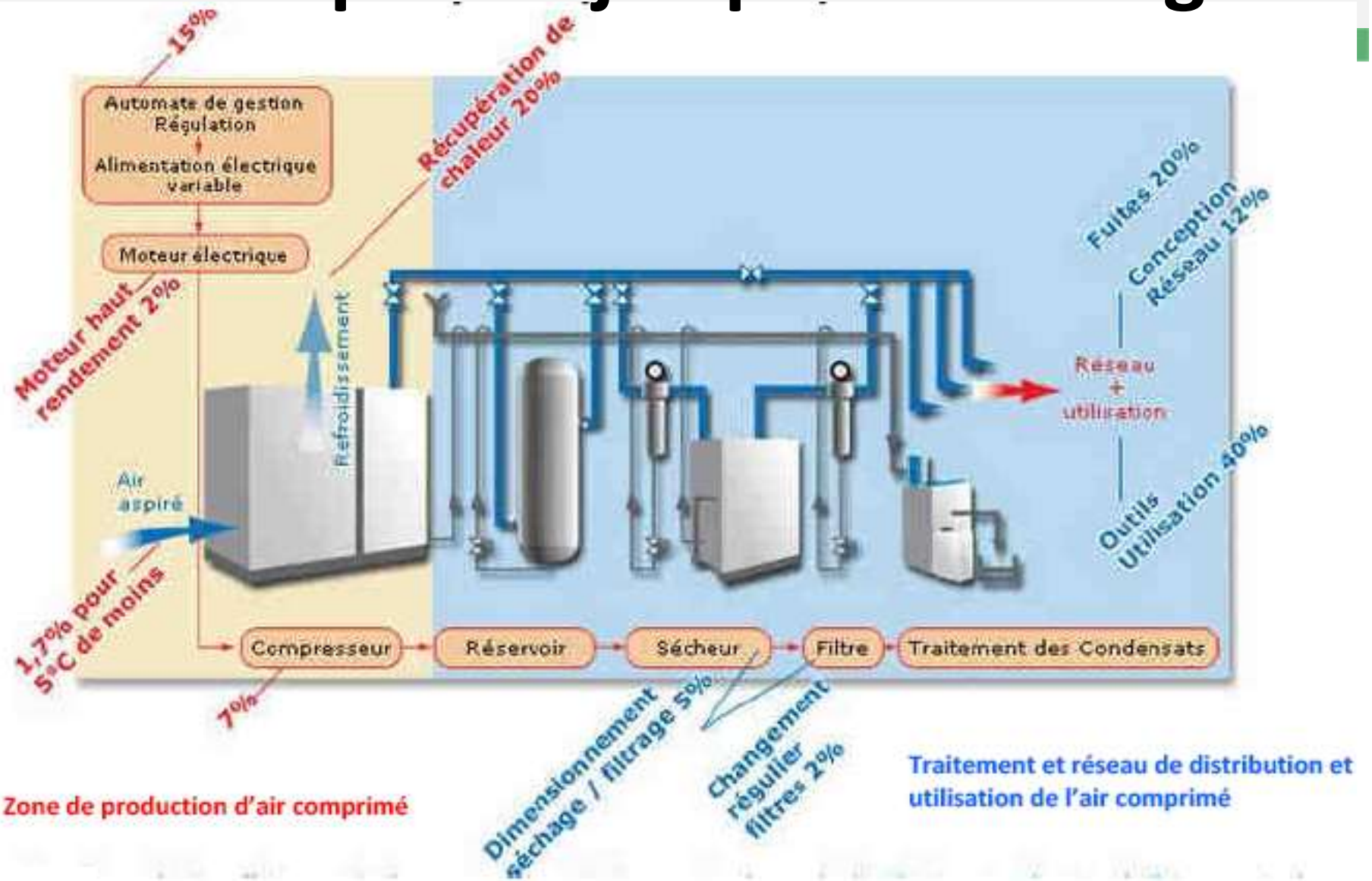
Petites pompes et gros tuyaux (et pas l’inverse…)

Calorifugeage

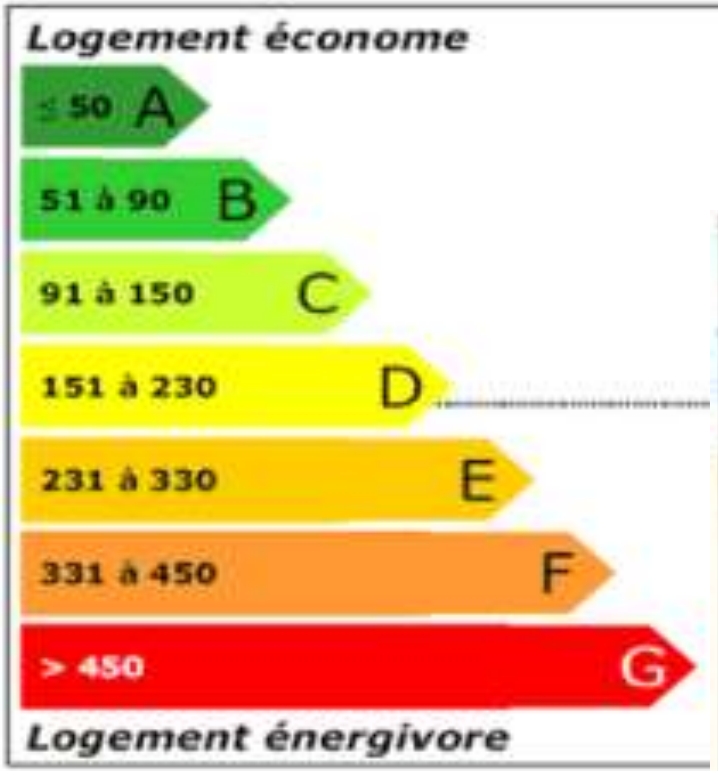


Extrait de la bande dessinée « Le nucléaire détrôné », B. Khelifi et al. 1994, préface de Hélène Crié [Silence/GVPE/GPF/CEFE]

Air comprimé: jusqu'à 80% de gains



Incitation, information….



"RRRAARRWHHGWWR."

Questions ?

Plan

La première ressource disponible
Sobriété et efficacité
Le thermostat et l'usager

- L'éclairage et les co-bénéfices
- Les veilles et le numérique
- Economies d'électricité, efficacité matériaux
- Autres exemples: industrie…
- **Les barrières à l'efficacité (hors CF/DS) et les effets rebond**
- La carotte d'or de Californie (hors CF/DS)
- La tarification progressive ou dégressive (hors CF/DS)
- La gestion par la demande, les effacements (hors CF/DS)
- Problèmes divers (hors CF/DS)

Pour les PME

Rapport du CESE
https://www.lecese.fr/travaux-publies/tpe-pme-comment-reussir-le-passage-la-neutralite-carbone

L'efficacité représente une amélioration des marges des entreprises et un gain de pouvoir d'achat pour les ménages. De nombreuses barrières restent spécifiques aux PME:

- Peu d'offres spécifiques d'équipements par rapport aux industries fortes consommatrices
- Réseau gaz-électricité, assurances, vérificateurs de sécurité… sont réticents.
- Une attention faible des pouvoirs publics et de l'ADEME
- Enfin c'est aussi le temps limité du dirigeant ou du gestionnaire qui limite l'action.

L’avis CESE « PME-TPE »

Vote au **Conseil Economique Social et Environnemental**. L’avis a été voté par consensus de la plupart des groupes dont syndicats de salariés et d’employeurs.
Les vidéos et témoignages sur https://www.lecese.fr/travaux-publies/tpe-pme-comment-reussir-le-passage-la-neutralite-carbone

Il marque un consensus fort vis-à-vis de l’action climatique et de l’accord de Paris, même si les entreprises y voient avant tout la question de l’énergie.

Les entreprises y voient une nécessité tôt ou tard dans leur chaîne de valeur, avec l’idée de reprendre du contrôle sur les approvisionnements ou les produits

L’efficacité représente une amélioration des marges des entreprises et un gain de pouvoir d’achat pour les ménages.

A noter un consensus en faveur de trajectoires carbone ambitieuses, sans aller sur le terrain de la compensation.

Non négligeables, les TPE-PME

274 grandes entreprises, 5322 ETI, représentent 99,5% de l'énergie de procédé en France.
En face, 4 millions de TPE, 4,8 millions de camionnettes, la moitié des salariés du privé, deux tiers du tertiaire en cafés, restaurants, boutiques, une grande part des bureaux, et un tiers des routiers. Côté approvisionnement, le maçon est le premier acheteur de ciment…

Les émissions des PME-TPE représentent une part non négligeable de 12 à 14% des GES en France (soit la moitié de l'industrie). Cela inclut le chauffage des bureaux, le trajets des salariés, les véhicules utilitaires, les fournitures de la construction, la cuisson des artisans dans le tertiaire.
https://www.ee-consultant.fr/?Combien-emettent-les-PME-TPE

Les barrières

De nombreux freins existent vis-à-vis de l'efficacité énergétique, qui limitent la mise en œuvre des potentiels ou la renchérissent.

De nombreuses barrières restent **spécifiques aux PME**:
Peu **d'offres spécifiques d'équipements** par rapport aux industries fortes consommatrices (exemple de la papeterie avec quatre acteurs… et zéro en PME). Réseau gaz-électricité, assurances, banques, vérificateurs de sécurité… sont **réticents** et retardent l'action.
Une attention **encore faible** des pouvoirs publics et de l'ADEME
Enfin c'est l'**attention limitée du dirigeant ou du gestionnaire** qui limite l'action.
L'action CO2 peut être une vraie **marque de différenciation** pour des entreprises qui veulent attirer des jeunes : transports routiers, agro-alimentaire, bureaux d'études…

Effets Rebond

Un tir à trois points lors de la finale du Eurocoupe féminine en 2005 (wikipedia)

L'amélioration de l'efficacité peut-elle s'annuler par **un rebond de la consommation** ?

Les effets rebond (1)

Document Fondation Abbé Pierre (FAP). 12 millions de Français sont en précarité énergétique. Les mauvaises performances thermiques des logements et la vétusté des équipements de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire gonflent leurs factures énergétiques. Qu'ils renoncent à les payer ou préfèrent se priver pour en limiter le montant, cette réalité quotidienne des plus modestes est intolérable.

L'amélioration du bâti, ou les **équipements supplémentaires** efficaces apporte d'abord **du confort à ceux qui n'en ont pas:** précaires en Europe, nouvelles électrifications dans les pays en développement…

Pour les autres, la littérature suggère que les **effets rebond directs** –c'est-à-dire l'énergie consommée en plus dans le même usage- sont le plus souvent faibles (inférieurs à 10% des gains nets).

Le rebond indirect est plus ambigu. Ainsi, dans l'exemple d'une nouvelle ligne TGV, la réorganisation induite par le temps gagné, va avoir des impacts contradictoires de relocalisation ou de consommation.

Effets rebond (2)

Effets rebond : avant et après…
[Autovia Vacia / La Voix du Nord]

La baisse de prix d'un usage lié à son efficacité croissante va avoir un effet rebond faible.
Par contre la création d'une infrastructure peut avoir un effet bien plus important : parking, nouvelle bretelle d'autoroute, augmentation de la capacité du réseau de données… vont induire une demande très accrue à situation égale.
L'inverse est également vrai : une grosse partie du trafic auto « s'évapore » en quelque temps, lorsque des voies sont supprimées.

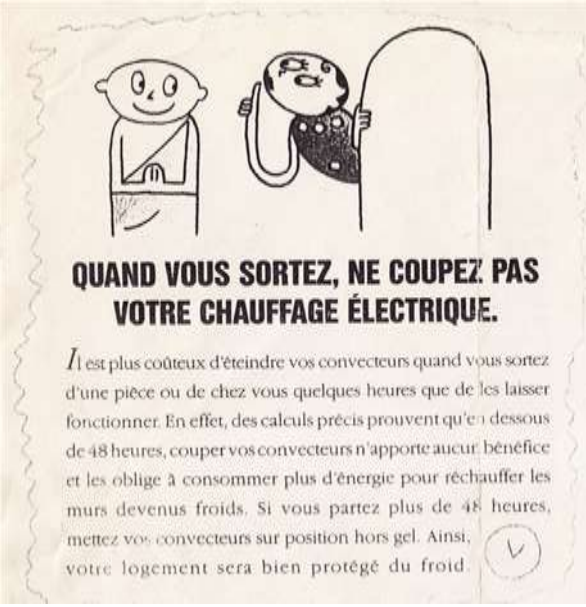
https://www.paris.fr/pages/le-saviez-vous-le-trafic-automobile-peut-s-evaporer-4080

Rebond pour qui?

GMC-Hummer électrique 2021. 0 à 96 km/h en 3 secondes. Puissance 1000 chevaux... Et poids non mentionné.

Les progrès techniques continus tendent à **être capturés par les fournisseurs d'équipement ou d'énergie**. C'est le cas pour les SUV et pour leurs avatars électriques. Même si les prix n'augmentent pas, l'accroissement des performances des appareils (par exemple l'ordinateur) est absorbée en partie par les couches logicielles successives et l'inflation des tailles des applications.

Rebond dans le temps



Pub EDF 91-92 grande diffusion

Le problème du chauffage électrique est la pointe induite, qui mobilise des moyens de production (et désormais émet plus de CO2).

Le rebond de consommation peut se produire aussi **dans le temps** (pointe électrique, gaz, eaux usées).
La tentation des distributeurs est alors de mettre leur intérêt avant celui du consommateur.
Dans un exemple célèbre de 1994, le concessionnaire (EDF) visait à réduire la pointe, tout en augmentant la facture du consommateur… incité à garder son chauffage ouvert même en son absence…

L'intérêt du consommateur est ici piétiné par le besoin du concessionnaire d'énergie (vendre plus sauf en pointe). Le régulateur (à l'époque l'Etat) intervient pour exiger l'inversion de la publicité.

Pub 92-93 après intervention DGEC

Dassault Aviation

Le Falcon 7X. Un fleuron de l'industrie aérienne française - l'avion rêvé de tout chef d'entreprise pour se rendre aussi facilement à Londres qu'à Hong Kong. Il transporte jusqu'à 14 passagers et se pose aussi simplement à l'aéroport de la City que sur n'importe quel aéroport international. Il n'y a plus aucune limite à vos déplacements. Il franchit 11000km à 953km/h. Occasion 32M€ à 55 M€, neuf à partir de 63 M€

Recyclage des gains

- Le **gain net** de l'efficacité sur la facture des usagers va être économisé ou réinjecté dans l'économie. Il contribuera donc à **la croissance**, soutenable ou non.
- Pour la majorité des acteurs il ne s'agit pas d'un surplus mais d'une **moindre dépense** dans un poste en augmentation.
- Pour améliorer le bénéfice collectif, le fonds revolving réinvestit les gains [*cf. les Services Industriels de Genève (SIG)].* Mais ce principe séduisant pose le problème des règles comptables (publiques ou d'entreprise). **L'échelle des besoins** rend aussi difficile une priorisation très optimisée…

Les incertitudes

Le jeu des économies d'énergie

Les potentiels techniques et économiques d'économie rentables ne sont jamais connus avec une **totale précision**.
L'efficacité sera en effet calculée entre deux termes incertains:
Au **numérateur**, le gain financier dépend du **prix futur** de l'énergie, mais aussi de la **réalisation de travaux** pas toujours bien maîtrisés à l'avance, voire du **bon fonctionnement des techniques et des équipements**.
Au dénominateur, la consommation actuelle d'énergie n'est pas toujours non plus bien appréhendée.

Incertitude radicale

Document maison Phénix

Pour un particulier même aisé, sans le coup de pouce de la réglementation ou une aide substantielle, l'investissement dans l'efficacité n'est pas toujours une très bonne affaire, et encore moins une efficacité radicale type BBC. Il faudrait aussi pour cela que les opérations envisagées soient devenue très courantes et concurrentielles.

Pour les consommateurs modestes (ménages ou PME-TPE), l'efficacité reste une proposition incertaine :

- ✓ La réalité des travaux (et pas le devis) ainsi que le gain d'énergie nette ne sont pas bien connus à l'avance.
- ✓ Le gain financier dépend de la **trajectoire du prix de l'énergie** qui est inconnue
- ✓ L'influence de l'isolation ou de la réhabilitation sur le **prix de vente à terme de la maison** est lui aussi incertain, or c'est une motivation importante pour les ménages
- ✓ Le **taux implicite d'actualisation** lorsqu'on dispose de peu de crédit est très supérieur à celui des institutions

Le « sans regret »

La Caisse des Dépôts et Consignations (CDC).
L'investissement institutionnel, par exemple dans les HLM, réduit considérablement les incertitudes et les coûts de transaction par rapport aux mêmes opérations réalisées par des particuliers ou des PME.
La CDC dispose aussi d'un crédit élevé, gagé sur la garantie de l'Etat.

Les opérations d'amélioration de l'efficacité gagnent à être faites **à grande échelle**:

- ✓ Amélioration de la **productivité**, rationalisation des coûts et des fournitures, ingénierie et devis
- ✓ Les échecs inéluctables ou les opérations moins réussies sont **mutualisées** avec les gains majoritaires
- ✓ Les bénéfices du « **sans regret** » c'est-à-dire **des choix valides quel que soit la réalité future** (adaptation aux changements climatiques, protection contre l'inflation de coûts d'énergie) sont **plus collectifs**.
- ✓ La balance commerciale, la moindre pollution ou l'emploi bénéficient **à la société plus qu'aux individus**.

RWGWGWARAHHH-HWWRGGWRWRW.

Des questions ?

Plan

- La première ressource disponible
- Sobriété et efficacité
- Le thermostat et l'usager
- L'éclairage et les co-bénéfices
- Les veilles et le numérique
- Economies d'électricité, efficacité matériaux
- Autres exemples: industrie…
- Les barrières à l'efficacité et les effets rebond
- **La carotte d'or de Californie**
- La tarification progressive ou dégressive
- La gestion par la demande, les effacements
- Problèmes divers (hors DS)

La carotte d’or de Californie

La carotte d’or (« golden carrot ») est un « pot commun » de **30 millions de dollars** d’un groupe d’électriciens US en 1992 qui souhaitent se lancer dans la maitrise de l’électricité de façon innovante. La cagnotte est gagnée par Whirlpool et Frigidaire qui proposent de mettre sur le marché des appareils efficaces mais aussi attractifs.

https://www.aceee.org/files/proceedings/1994/data/papers/SS94_Panel3_Paper08.pdf

Winner takes all

https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=92cwKCU8Z5c

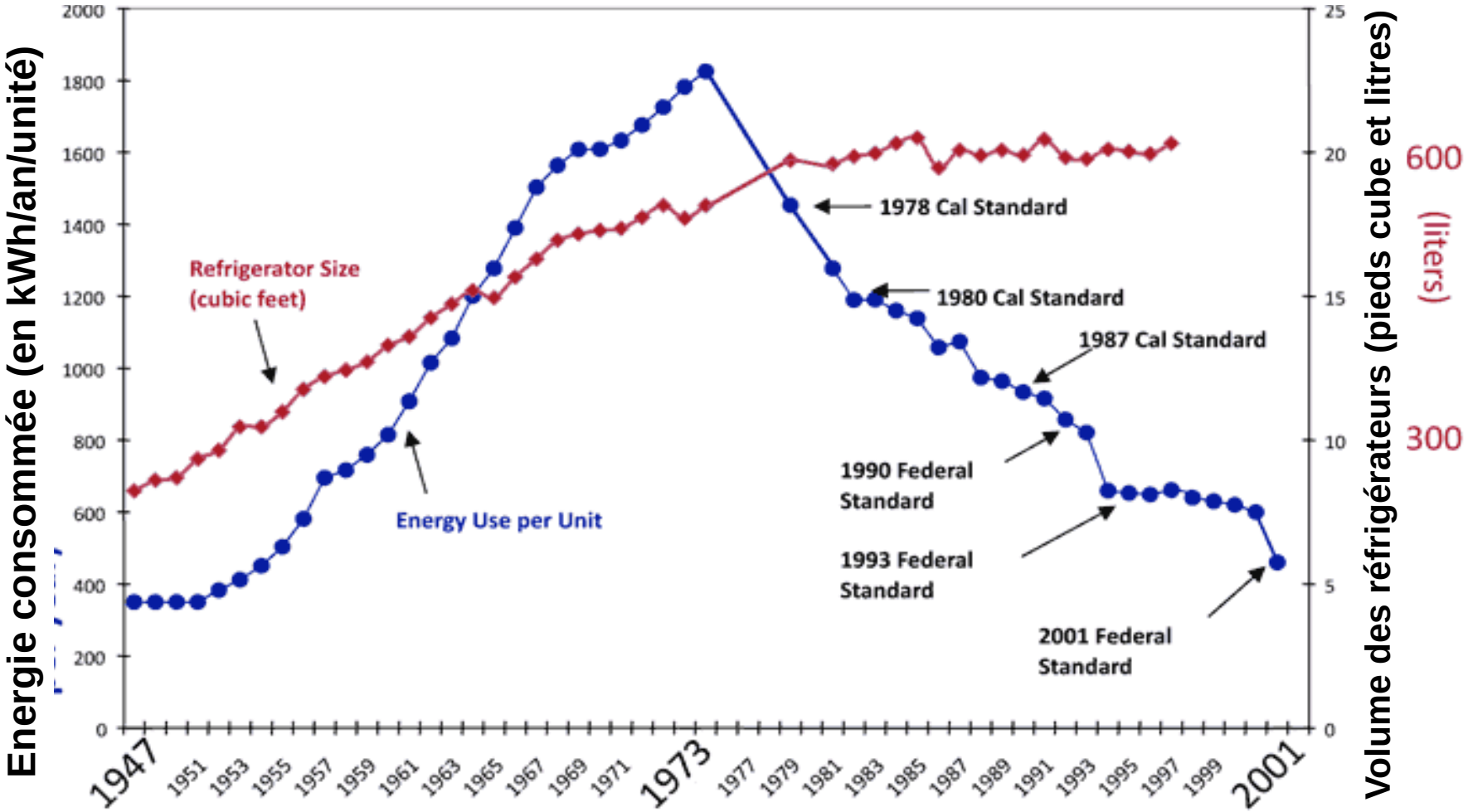
Whirlpool, principal vainqueur avec Frigidaire, reçoit la prime et la publicité médiatique. Sa principale motivation dans l'opération est de gagner des points de part dans les ventes –dans un marché de remplacement très stable comme le réfrigérateur. Ceci vaut en réalité bien plus que les 30 M$ du **golden carrot** qui ne sont que l'amorce.
Ce programme « winner takes all » a aussi permis de limiter l'effet des profiteurs, les « passagers clandestins » parmi les industriels non participants.

Les vainqueurs de la « carotte » gagnent tout le pot lors de la mise sur le marché à grande échelle des nouveaux modèles. L'objectif d'économie a été déterminé par les laboratoires de Berkeley en partant d'un « **réfrigérateur de synthèse** » comprenant les meilleurs éléments existants ou disponibles.
Atout vis-à-vis d'une subvention : faible coût administratif, peu d'argent public (recherche seule), forte incitation pour les constructeurs qui veulent capter une part de marché.

Best Small:
Frigidaire
FFET1022UV 10.1 cu. ft. Top Freezer Refrigerator

Les réfrigérateurs US

Ils **continuent à grossir**, mais leur consommation baisse après 1978 d'environ **4%/an**, soit une division par cinq en trente ans, grâce aux normes fédérale, souvent entraînées par les exigences spécifiques de Californie.



Types de normalisation

Deutsche Qualität mit **Deutsche Industrie Normen (D.I.N.),** ou compromis économique **CE** ? la norme allemande DIN a pour principe traditionnel de s'aligner sur la « meilleure technologie disponible ». Cela coûte un peu plus cher mais va donner un atout à l'industrie nationale, par exemple pour la dépollution

Choupette 53 est *« Un amour de coccinelle »* (the love bug, Disney), un film de Robert Stevenson en 1968

- La « carotte d'or » illustre bien aussi les cultures différentes entre continents. Le laboratoire de Berkeley y expérimente et calcule un frigo « de synthèse » basé sur l'amélioration de chaque composant discret. Il vise ainsi un modèle « futuriste mais réaliste »
- Les politiques japonaises se basent plutôt sur le « benchmarking ». Elles s'alignent sur le meilleur appareil existant.
- Les politiques Nord-Américaines, imitées depuis par l'UE, vont plutôt choisir un optimum économique : la norme doit donner un bénéfice financier à la société. C'est un problème si le calcul se fait lors d'un contre-choc pétrolier.

L'effet Rosenfeld

https://artrosenfeld.lbl.gov/

Dans une contribution à Environmental Research Letters, un groupe de physiciens proposent de définir le Rosenfeld comme l'économie d'électricité de 3 TWh/an, soit le remplacement d'une centrale charbon de 500 MW par de l'efficacité.

Art Rosenfeld (1926-2017) a été le dernier thésard de Enrico Fermi *[cf. cours N°5]*. Il fonde les laboratoires de maitrise de l'énergie au Lawrence Berkeley Laboratory (http://eetd.lbl.gov/ ou http://www.lbl.gov/) qui restent une référence mondiale pour les technologies et des méthodes de mise en œuvre de la maîtrise de l'énergie.

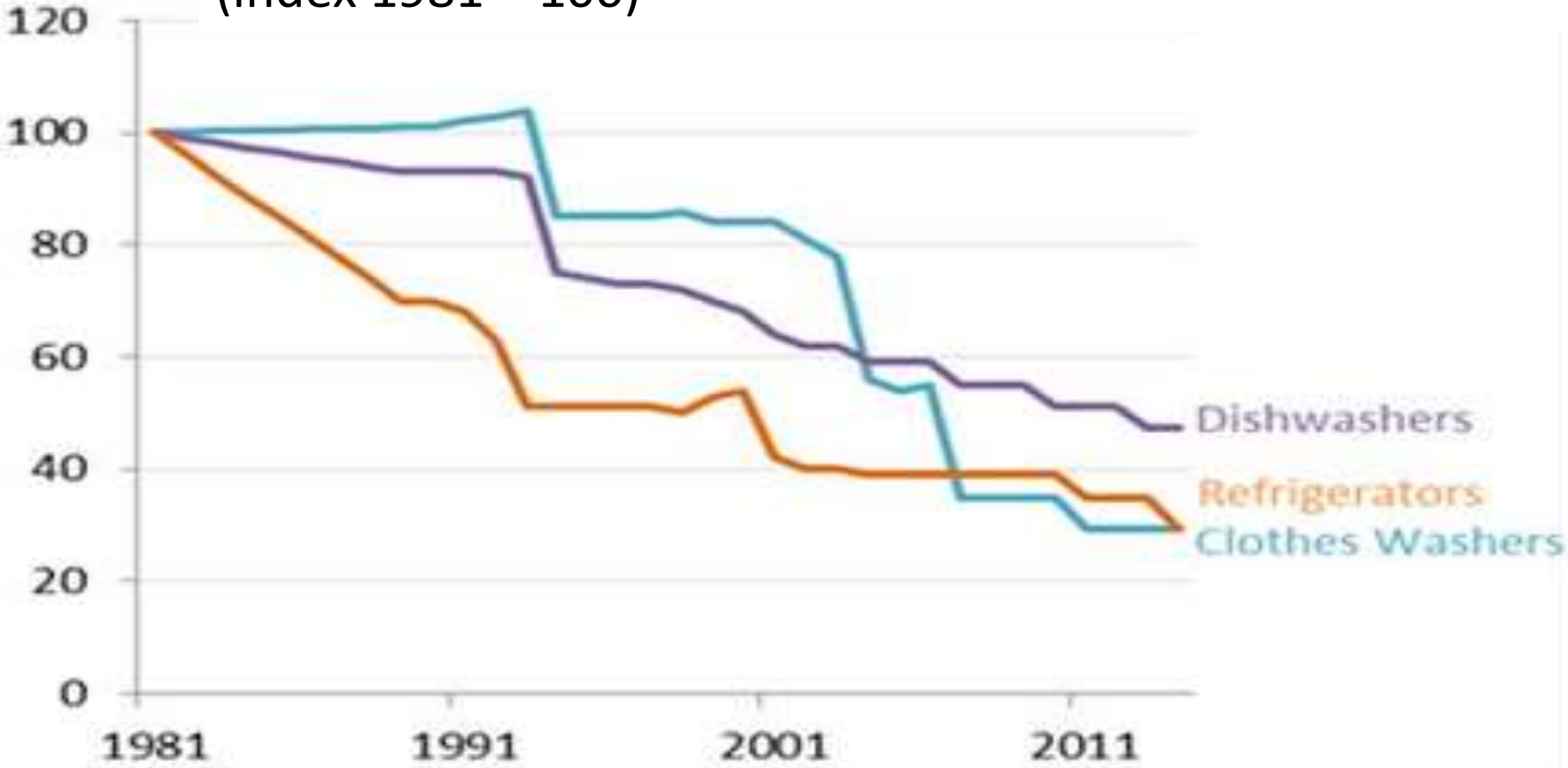
A U.S. Department of Energy National Laboratory Managed by the University of California

BERKELEY LAB

ENERGY STAR

La normalisation négociée

Consommation des appareils en Europe
(index 1981 = 100)



[publicité EAS] La Guadeloupe a instauré –difficilement- **des règles spécifiques** sur son marché, qui dérogent aux normes européennes.

Tableaux de produits sélectionnés par Topten
PAC 35°C : https://www.guidetopten.fr/grand-public/products/heat_pumps_lt
PAC 55°C : https://www.guidetopten.fr/grand-public/products/heat_pumps_ht
Climatiseurs : https://www.guidetopten.fr/grand-public/products/air_conditioners

Le A+++ devient C…

Un des outils puissant d'évolution du marché a été l'étiquette énergie européenne.
Ci-dessous un webinaire du CLER sur l'évolution de cet outil, réalisé par l'équipe Topten avec le soutien de l'ADEME. Pompes à chaleur et climatiseurs sont désormais la cible des campagnes comme « Topten ».

Première partie : https://cler.org/les-cles-de-notre-energie-tout-sur-la-nouvelle-etiquette-premiere-partie/
Deuxième partie : https://cler.org/les-cles-de-notre-energie-tout-sur-la-nouvelle-etiquette-deuxieme-partie/

WWWRRRRRRGWWWRRRR.

Des questions ?

Plan

La première ressource disponible
Sobriété et efficacité
Le thermostat et l'usager

- L'éclairage et les co-bénéfices
- Les veilles et le numérique
- Economies d'électricité, efficacité matériaux
- Autres exemples: industrie…
- Les barrières à l'efficacité et les effets rebond
- La carotte d'or de Californie (hors CF/DS)
- **La tarification progressive ou dégressive (Hors CF/DS)**
- La gestion par la demande, les effacements; Problèmes divers (hors CF/DS)

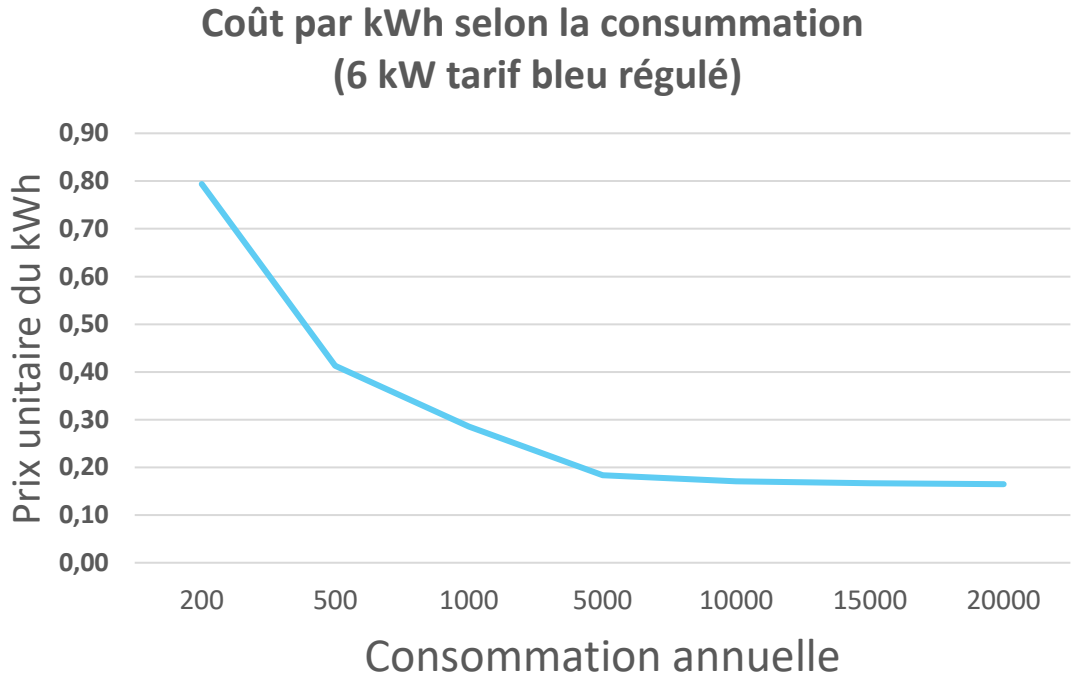
Le tarif dégressif ou progressif

Vidéo publicitaire de Enercoop, sur https://youtu.be/RDGCZV-V1yk

- Dégressif : plus un usager consomme, moins il paie cher son électricité (ou son eau)
- Progressif : un usager qui s'éloigne d'un profil d'utilisation sobre va payer de plus en plus cher son surcroît de courant ou d'eau…

En France les tarifications sont déterminées en bonne part par le monopole de la distribution de ENEDIS/EDF. La facture comprend une partie liée au réseau de transport et de distribution (le « TURPE ») qui est imposé par les régulateurs, et une partie d'énergie fournie. Cette dernière est elle aussi le plus souvent calée sur les tarifications historiques de l'EDF. Des tarifications plus innovantes (le « quantum » pour la première fourniture) sont possibles pour la distribution des eaux, qui fonctionne de façon plus décentralisée.

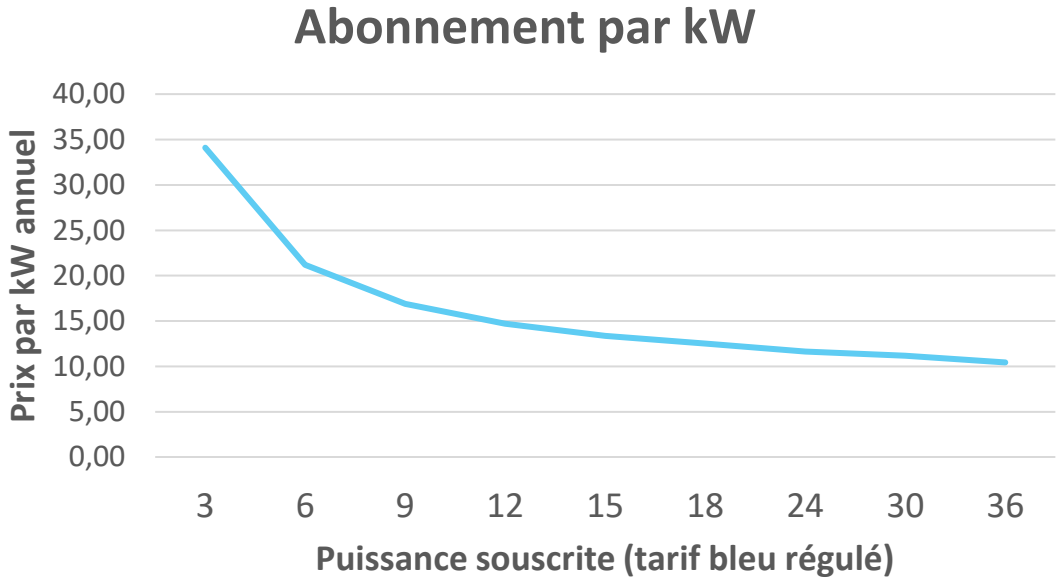
En France



Les premiers kilowatts d'un ménage… sont les plus chers, tandis que si l'on consomme beaucoup ce prix va baisser fortement. Il y a dégressivité car le prix est une fonction de la puissance (base fixe) et de la quantité (variable).

- La tarification des ménages (tarif régulé « bleu ») est **dégressive à cause de son caractère binôme**. [Le prix unitaire du kWh est constant pour une puissance donnée]
- Cela induit que plus on consomme, moins on paye…

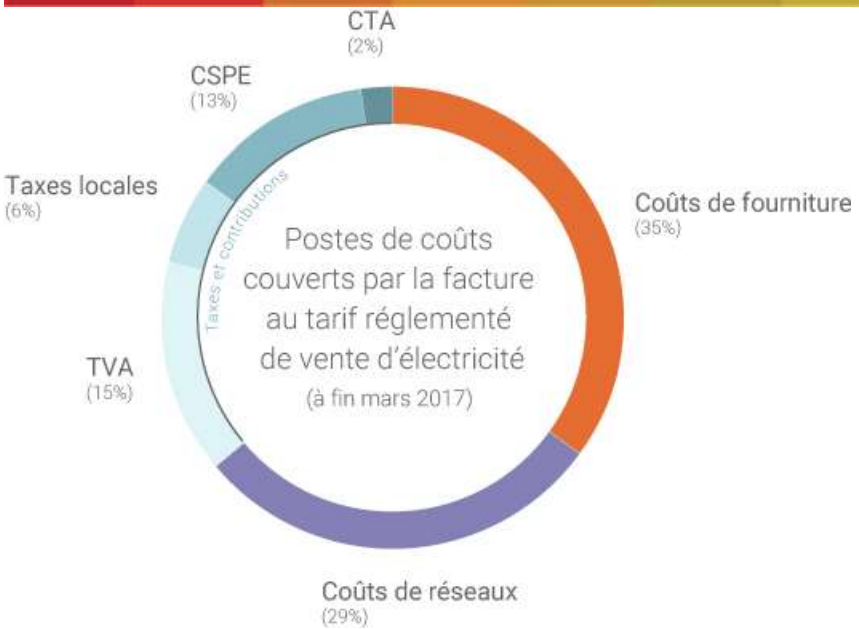
Le prix de la puissance est dégressif



Ceci pose la question du coût de la pointe électrique puisque les abonnements les plus importants donnent « droit » à une garantie de puissance très onéreuse en hiver.
Ce « coût système » est notamment lié à la partie la plus émettrice du système.
Le chauffage électrique est inexistant, voire interdit dans une moitié des pays d'Europe

- Pour encourager le chauffage électrique, le prix de la puissance (=tarif fixe) est **dégressif**.
- Un abonné modeste va souvent payer son courant plus cher qu'une autre client plus fortuné
Un **ménage précaire** va aussi se ruiner s'il se chauffe à l'électricité

Composition de la facture



Source Connaissance des énergies 2020

Le système tarifaire est dit « en timbre poste », parce que le prix est très similaire quel que soit le lieu où on se trouve, tant pour la consommation que pour la petite production locale.
En théorie, un consommateur de mêmes volume et profil de consommation aura la même facture (hors énergie).

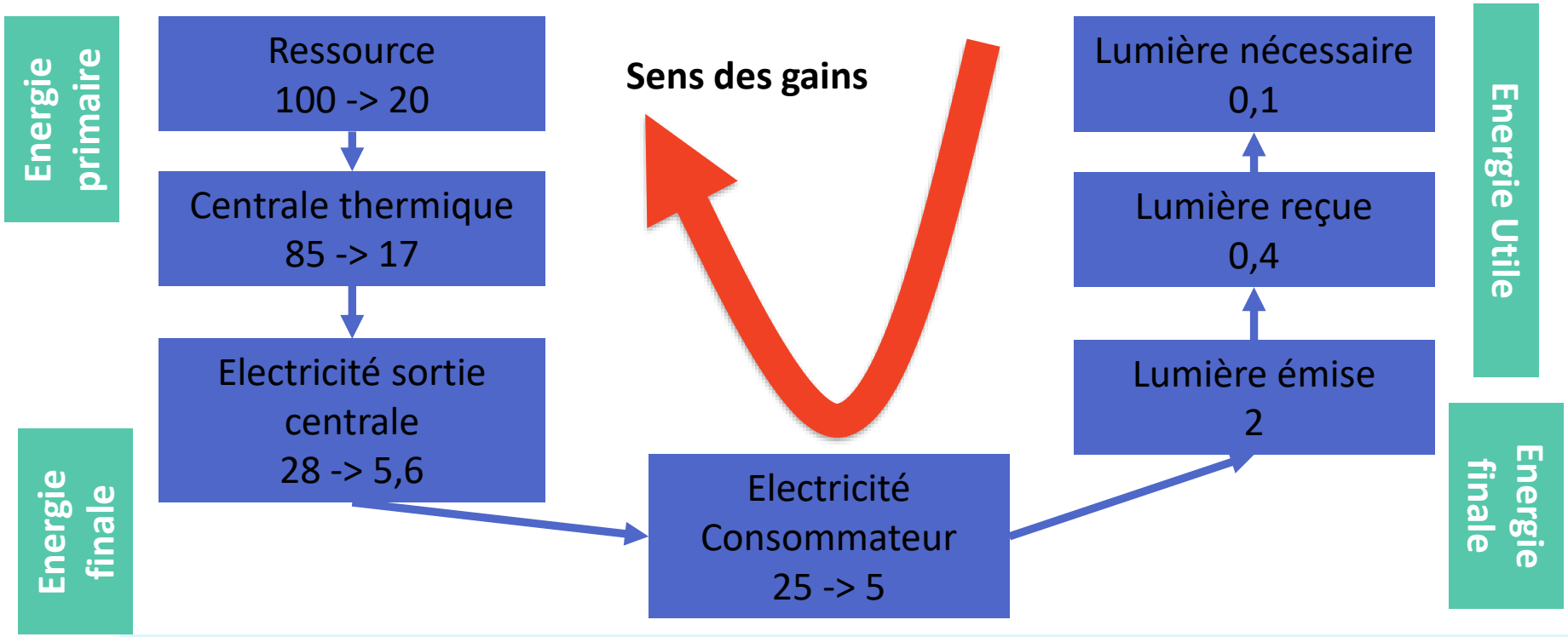
- En France, les fournisseurs indépendants ne maîtrisent que **le tiers de la facture** d'un particulier.
- Le coût du réseau est **plutôt élevé** par rapport à d'autres pays
- L'auto-production est devenue possible mais **encore peu encouragée** par la structure de tarification

Résumé

La « prime de transmission » n'est pas valorisée. Pour 1 kWh livré, près de un dixième s'évapore en transports (c'est encore plus pour le gaz).
Par rapport aux économies sur la facture, en réduisant la consommation d'énergie, on paye toujours l'abonnement (et donc le réseau ENEDIS dont les coûts sont très liés à la congestion et représente la grande majorité des pertes).

- Le tarif binôme est **dégressif.** A cela s'ajoute une gamme de puissances dont le prix diminue avec la puissance. La loi Brottes n'a corrigé cela qu'à la marge
- **Impact Social** : les ménages aisés paient leur courant moins cher que les ménages modestes
- **Impact Ecologique** : le kWh supplémentaire revient de moins en moins cher, incitant au gaspillage et décourageant les ménages sobres.
- **Impact Economique** : L'équilibre économique des substitutions (économies d'énergie, énergies renouvelables) reste inégal sans aide ou subvention: « *Si j'économise 10% d'énergie, je ne gagne que 7% sur ma facture…* »

Rappel : la cascade énergétique



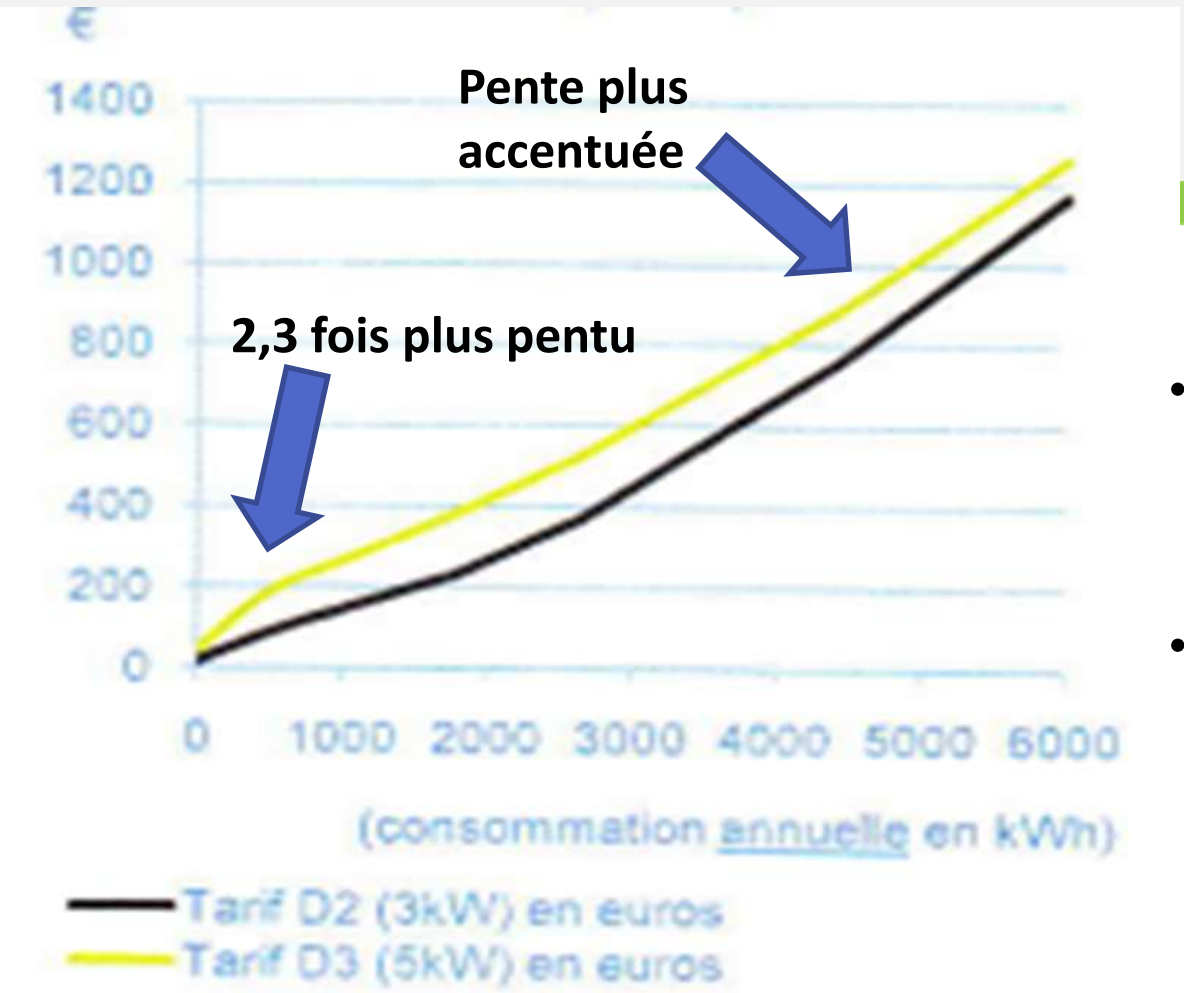
En multipliant l'efficacité de la source LED (ici par cinq par rapport à un halogène), pour un même service, on a divisé d'autant le besoin de centrale et de réseau. Cela signifie que le réseau (= « la collectivité ») investira cinq fois moins. Ce gain important (co-bénéfice) n'est pas crédité au consommateur, qui est même pénalisé de sa « prime manquante ». C'est une justification pour la subvention ou le CEE.

Tarifications progressives

Le café italien est célèbre… mais moins son système tarifaire électrique qui incite à la modération. Malgré un système électrique sans nucléaire, ce pays continue d'émettre moins de GES qu'en la France par habitant, malgré aussi une industrie très vivante.

- Deux exemples comparables à la France. En **Californie** (tarification régulée) ou en **Italie** (via la tarification du réseau).
- Dans les deux cas, **la consommation a été stabilisée** (via aussi d'autres politiques).
- La **précarité énergétique** relève de mécanismes distincts. Il s'agit surtout d'inciter les ménages à moins consommer.
- La régulation est complexe pour assurer **l'équilibre économique des concessions** ou éviter les distorsions de concurrence.

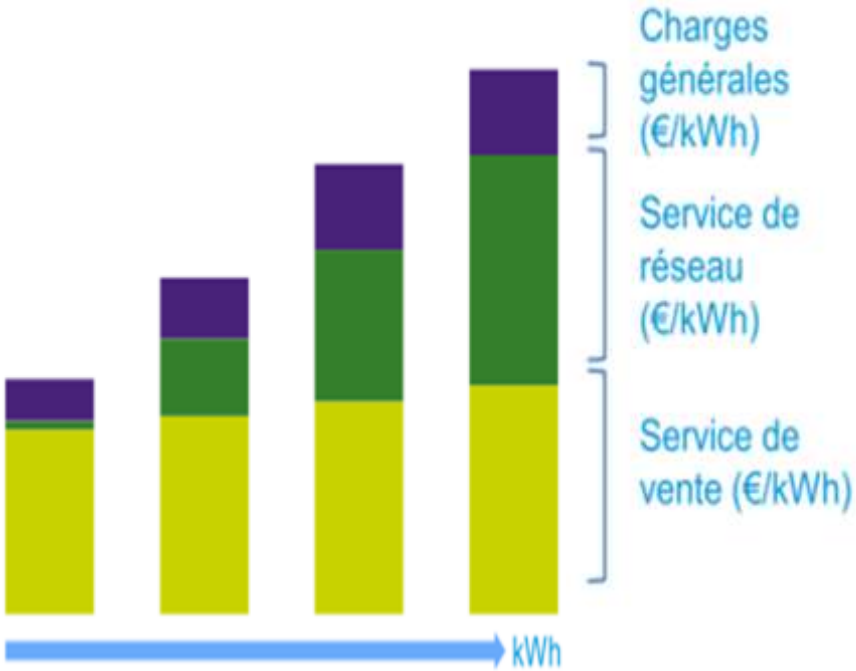
L'Italie



- En Italie, la tarification est **progressive** (la courbe est orientée vers le haut).
- Les kWh supérieurs sont payés 2,3 fois plus cher que les premiers kWh (quantum).

Facture annuelle €/kWh pour les tarifs usuels italiens
Pour des raisons historiques, les particuliers n'ont droit qu'à 3 kW ou à 5 kW ce qui suffit avec un électro-ménager performant, et désormais une électronique associée.

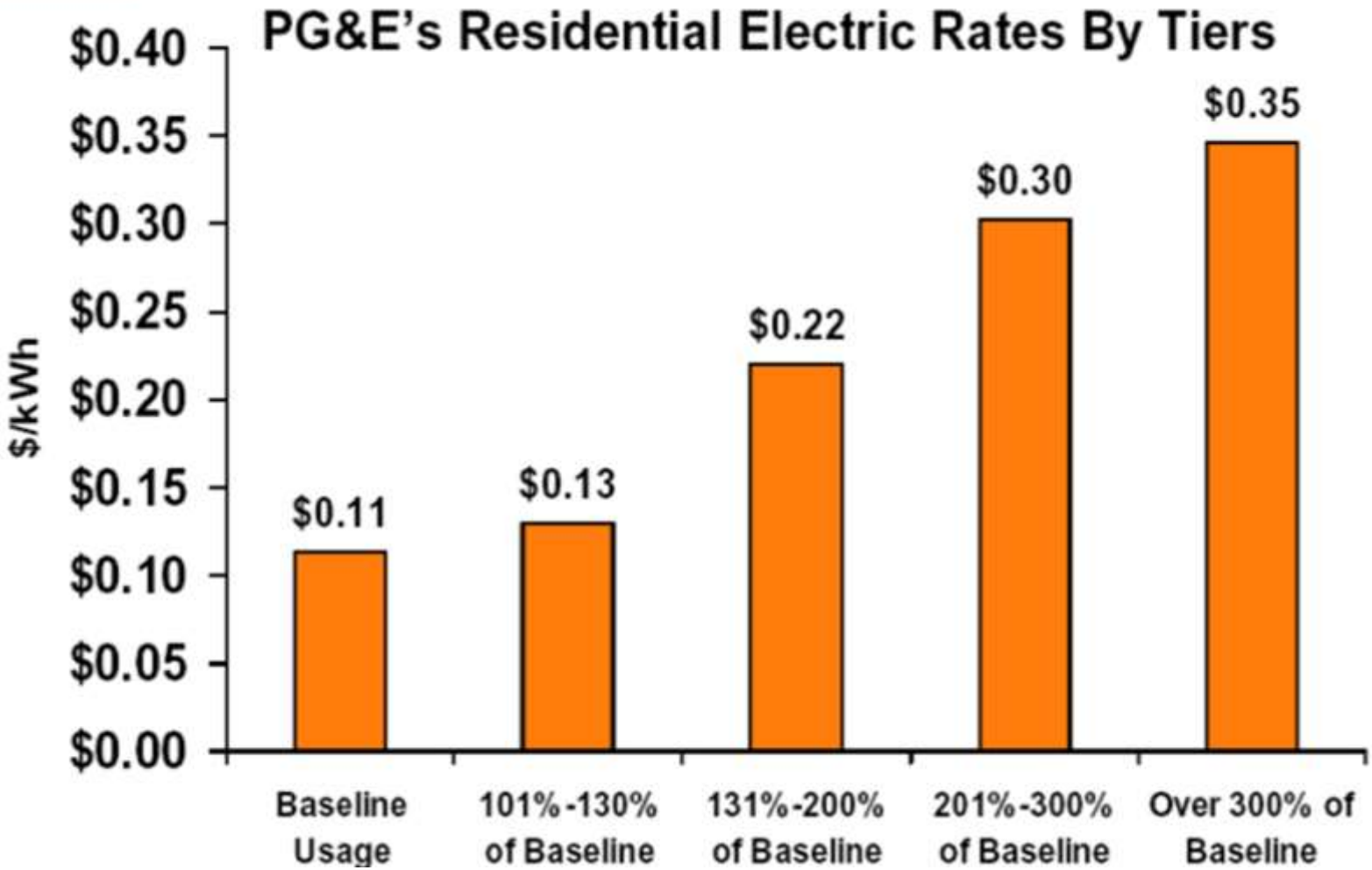
Italie : via « *TURPE* »



- Les Italiens ont **des puissances limitées (3 kVA et 5 kVA**), au dessus le tarif fixe est bien plus élevé. Cette différence avec la France fait qu'ils **paient souvent moins que nous** à situation égale (il n'y a pas de chauffage électrique).
- C'est **la part du réseau** (en France ce serait le TURPE) qui est progressive. Ceci est répercuté sur la facture par le fournisseur, ce qui évite toute distorsion de concurrence sur l'énergie.

Petits cafés, petites consommations d'électricité, petites autos… et émissions de GES moindres que les Français. Viva l'Italia!

Tarif Californien (hors tarifs sociaux)



La pente de progressivité du tarif (ci-dessus) est imposée dans tout l'état pour les consommateurs les plus importants

La Californie

Le système de concessions est très hétérogène avec des coopératives locales, des concessions privées et du public.

- Des zones de concession à tarification distincte, mais **une « pente » de progressivité minimale** commune, imposée par les régulateurs
- Une incitation forte à **moins consommer en pointe**. La pointe de climatisation d'été est similaire à notre pointe de chauffage électrique.
- Un **pilotage fin par le régulateur** des marges autorisées aux concessionnaires et des types de tarif
- Par choix, pas de grande centrale vapeur (charbon ou nucléaire) construite depuis 1973

Stabilisation des consommations

Economiseur californien radical

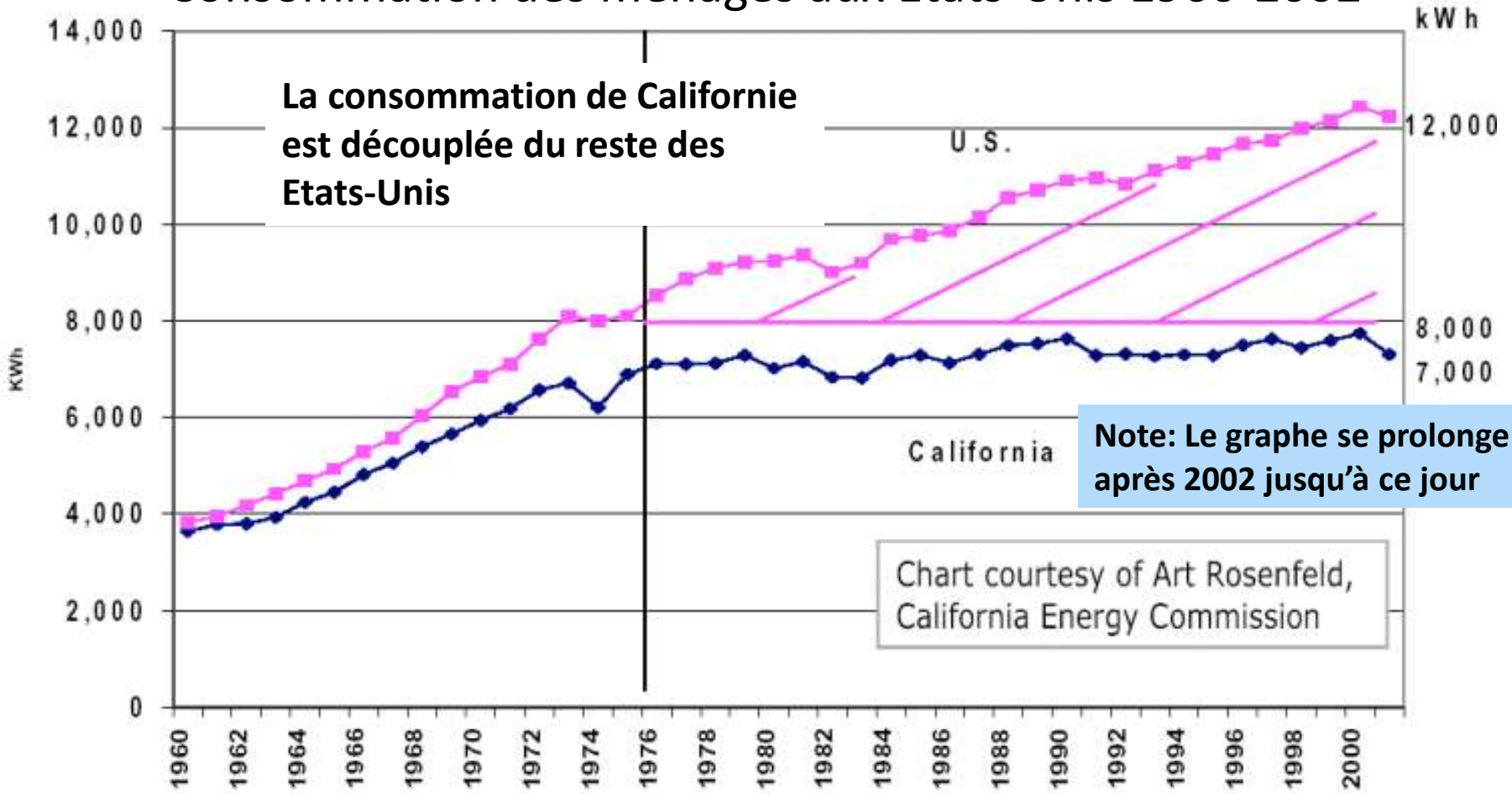
Tarifications innovantes, innovation dans l'efficacité… la Californie **arrête toute construction de grande centrale électrique dès 1973** et stabilise sa consommation unitaire depuis, alors que le reste des Etats-Unis continue d'augmenter sa consommation.

La **construction de lignes** nouvelles est aussi bloquée par les processus judiciaires et politiques.

La stabilisation des consommations par ménage de cet état s'est prolongée à ce jour…

Découplage US-Californie

Consommation des ménages aux Etats-Unis 1960-2002



La consommation de Californie est découplée du reste des Etats-Unis

Note: Le graphe se prolonge après 2002 jusqu'à ce jour

Chart courtesy of Art Rosenfeld, California Energy Commission

Débats et réponses sur le découplage californien:
file:///C:/Users/user/Downloads/CEC-500-2012-081.pdf https://energyinnovation.org/2015/03/03/energy-innovation-responds-to-california-building-codes-study/

Autres choix de tarifs

La CPUC (California Public Utilities Commission) a role tarifaire depuis 1912, mais aussi celui de la **protection du consommateur** et de la **verification** des programmes d'économie d'énergie. Ces derniers doivent **prouver leurs résultats** et leurs coûts de façon objective. Cela représente environ 1 Mds$/an à quoi s'ajoutent les programmes destinés aux précaires. Le Massachussets a des institutions similaires.
https://www.cpuc.ca.gov/

- Outre la distinction progressif-dégressif, marginal-moyen, on distingue aussi des tarifications très variables dans le temps, avec réductions incitatives ou déclenchées. Certains tarifs privilégient nettement les **entreprises** (Allemagne, Belgique) ou les **fermiers** (Inde).
- Les régulateurs sont indépendants ou un service intégré de l'Etat. Ils sont proches des énergéticiens ou quasi-judiciaires. Ils vont se préoccuper d'abord de concurrence (cas de la CRE en France ou de l'OFGEN au Royaume-Uni), ou de l'équité entre consommateurs (Etats-Unis)

Pertes de revenus des fournisseurs d'énergie

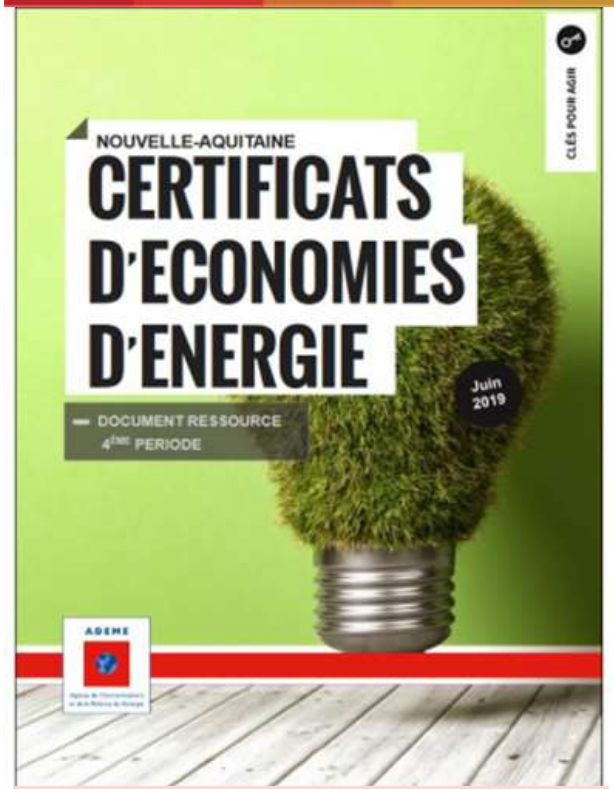
Diplomates saoudiens. Les textes adoptés dans la négociation climatique contiennent des articles prévoyant l'indemnisation des producteurs de pétrole (dits « response measures ») si les politiques d'économie touchent à l'excès leurs économies (!)

La perte de revenu ou « Loss of Revenue » (LOR) a été théorisée notamment aux Etats-Unis lors de l'introduction de tarifications progressives. En effet, on oblige les fournisseurs d'énergie régulés à baisser leurs ventes. Si la politique d'économie est massive, et hors cas particuliers rentables (le « DSM »), comment compenser cette perte du chiffre d'affaire?

La Californie tente de rémunérer les pertes pour la concession en acceptant une augmentation des tarifs en fonction de la diminution des ventes.

En pratique en France, les compagnies distributrices d'eau font face à une telle **diminution structurelle de leurs ventes**, depuis deux décennies, sans trop de problèmes avec leur tutelle, souvent des départements ou des villes.

Pertes de revenus et rentes (ex. CEE)



Les CEE sont mesurés en kWh CUMA, c'est-à-dire actualisés sur la durée de vie de l'économie (de façon normative)

Les **certificats d'économie d'énergie (CEE)** utilisés en France sont une des réponse à la question du LOR. Les fournisseurs d'énergie (y.c. carburants) doivent s'y soumettre, mais ils s'appliquent à toutes les énergies pas qu'à eux.

Le système a pris de l'ampleur même si le « marché » reste peu dynamique. Par ex. Leclerc va transformer son obligation sur ses ventes d'essence en « bons d'achat » dans ses supermarchés.

Il reste aussi la question de l'inertie du »catalogue des opérations agréées » qu'il faut remettre à jour régulièrement pour éviter des rentes indues. Par exemple la chaudière gaz à condensation n'est plus « innovante » depuis longtemps. La subventionner incite à émettre des GES évitables.

"RAWRGWAWGGR."

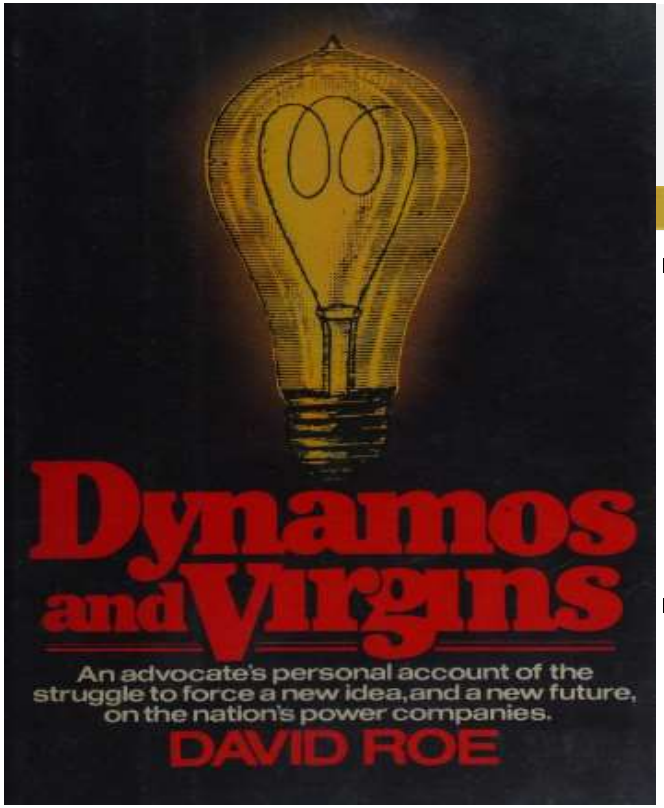
Merci Chewbacca pour ta franchise.

Tu as d’autres questions ?

Plan

- La première ressource disponible
- Sobriété et efficacité
- Le thermostat et l'usager
- L'éclairage et les co-bénéfices
- Les veilles et le numérique
- Economies d'électricité, efficacité matériaux
- Autres exemples: industrie…
- Les barrières à l'efficacité et les effets rebond
- La carotte d'or de Californie (Hors CF/DS)
- La tarification progressive ou dégressive (Hors CF/DS)
- **La gestion par la demande (hors CF/DS)**
- Problèmes divers (hors CF/DS)

Le DSM et le DR



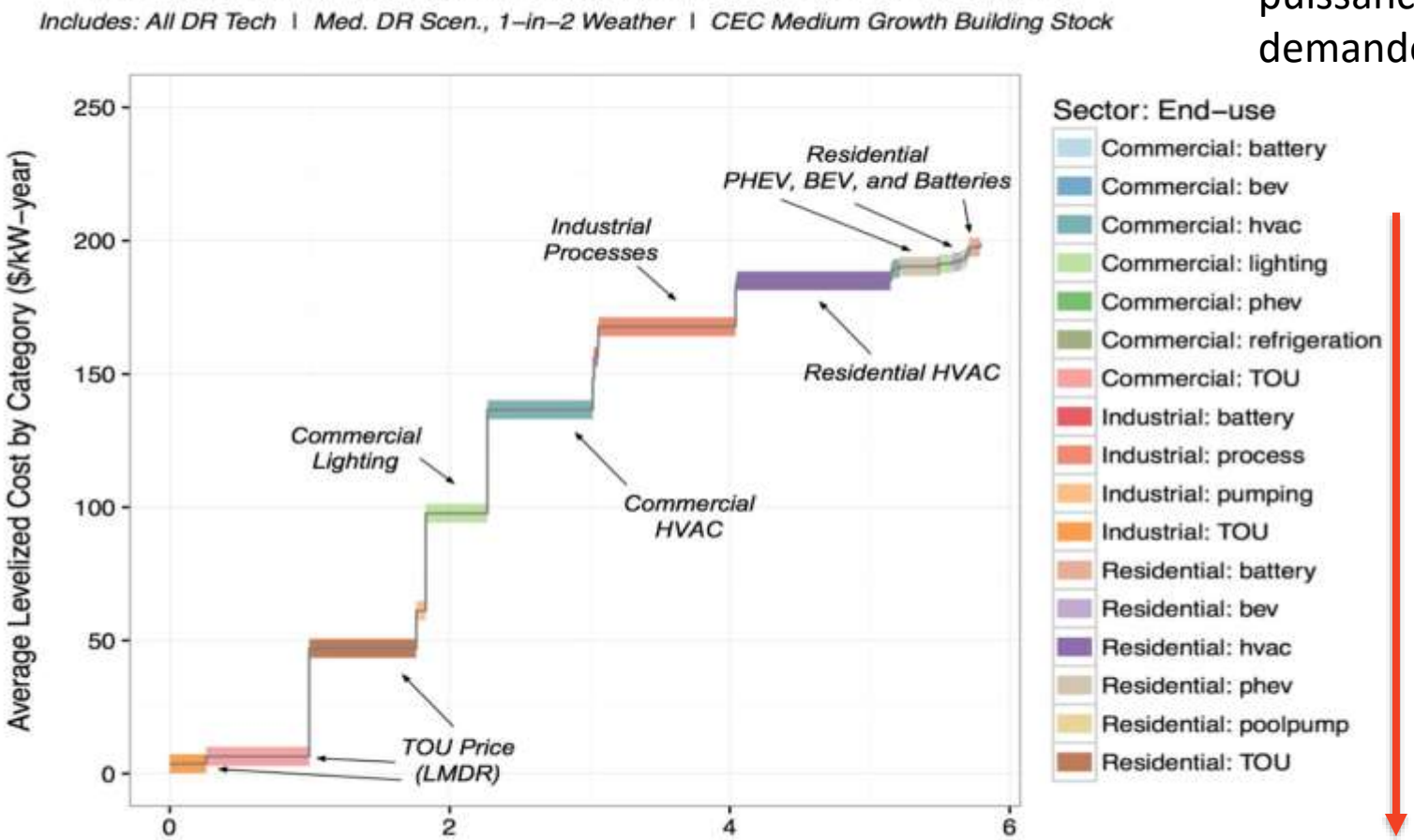
Au début des années 90, les juristes de Environmental Defense Fund (EDF) imposent à PG&E, l'électricien de San Francisco, la cogénération, l'éolien et l'efficacité sous peine d'astreinte lourde. Plus tard, Florentin Krause et l'IPSEP imposent au Michigan une « centrale d'économie ».

- Le **Demand Side Management (DSM)** et le **Demand Response (DR)** s'imposent au départ pour faire face au blocage des constructions de centrales et à l'inflation délirante des centrales aux Etats-Unis. Pour les concessionnaires il est moins cher de payer pour des économies.
- Cela devient une véritable industrie des « centrales de demande », dont l'écho nous parvient dans les Certificats d'Economie d'Energie (CEE) imposés aux énergéticiens en France. Dans le cas présent il s'agit d'économies « pilotées », distinctes des politiques de normalisation qui s'imposent par ailleurs.
- Une négociation est engagée avec les producteurs indépendants potentiels: industriels, communes, pour qu'ils engagent des cogénérations ou des effacements temporaires moins chers que la turbine à gaz de référence

Les potentiels « DSM »

La courbe des potentiels disponibles en 2025 (objectif 200$/kW/an

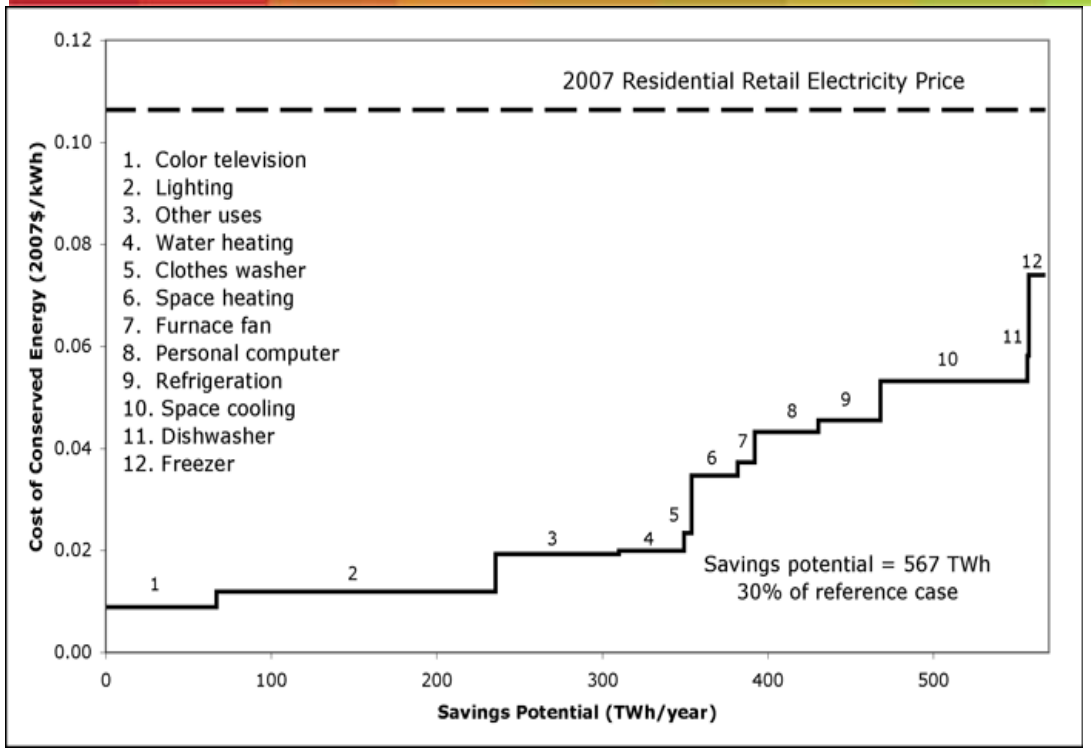
La ressource de puissance côté demande en Californie



Effacements cumulés (GW-an)

TOU (= Time of Use, tarifs variables horaires poussés)
BEV (=Battery Electric Vehicle, auto électrique)
PHEV (=Plug-in Hybrid Electric Vehicle, auto hybride-réseau)
HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning, climatisation

Focus : Courbes MAC



La courbe précédente est une « MAC » (Marginal Abatement Costs). Elle a notamment été développée par le consultant Mac-Kinsey pour synthétiser les potentiels. Elle consiste à poser en abcisse le potentiel cumulé, et en ordonnées les coûts annuels de chaque technologie.

Dans cette courbe MAC de 2007, on voit que les mesures proposées sont toutes très inférieures au prix de vente de l'électricité.

Bottom-up et top down

Empilage d'appareils, ni « bottom-up » ni « top-down », juste désordonné.

La courbe Mac est dite « **bottom-up ».** Elle est préférée des ingénieurs. Ce point de vue sur l'efficacité consiste à empiler les usages et à recenser les appareils consommateurs. Partant, on estime les gisements techniques individuels, par exemple « si on remplace tous les réfrigérateurs par du A+++ ».

Le **top-down** est préféré des économistes. Il s'agit de définir la réponse du marché à un stimulus de coût. Il est réalisé dans un modèle d'équilibre partiel ou total.

La construction des potentiels

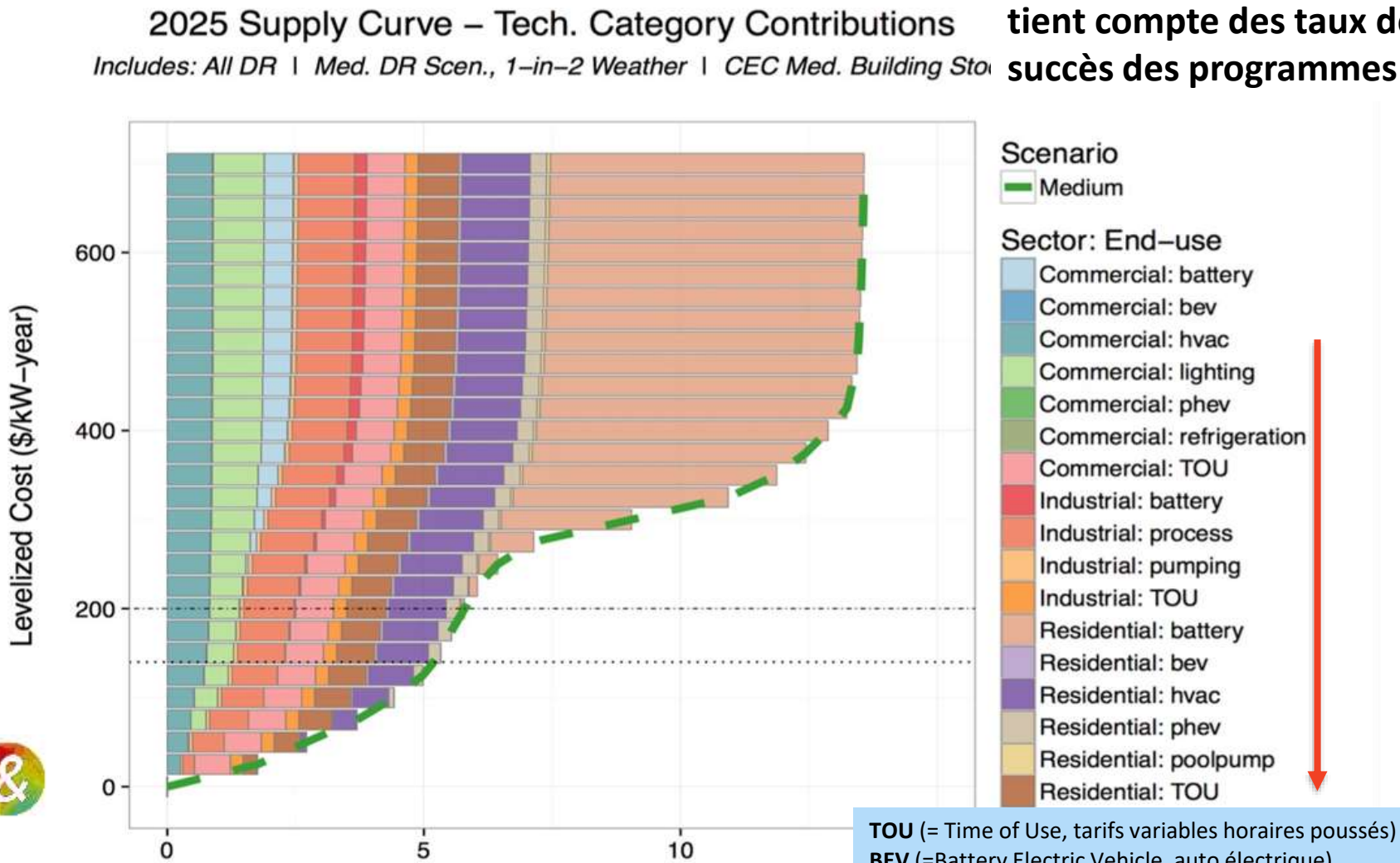
La courbe MAC pose cependant plusieurs problèmes:

- ✓ Les **horizons** de chaque opération ne sont pas homogènes
- ✓ Les opérations ne sont **pas forcément indépendantes**, l'ordre des choix peut changer le résultat (non transitivité).
- ✓ La courbe ne dit pas le **niveau de l'investissement** (le « capex ») et donc de l'endettement qui intéresse aussi l'entreprise
- ✓ Les mesures d'**animation**, de **recherche-développement** voire d'**ingénierie** ne sont pas toujours incluses dans le débat
- ✓ La courbe dit pas quelles mesures seront adoptées « **à coup sûr** », seulement leur coût.

Document ECOS https://ecostandard.org/
Recyclage voir https://www.ecosystem.eco/fr/article/process-recyclage

DR : Ressources côté demande

La courbe coût-puissance tient compte des taux de succès des programmes



Puissance disponible en fonction du coût

TOU (= Time of Use, tarifs variables horaires poussés)
BEV (=Battery Electric Vehicle, auto électrique)
PHEV (=Plug-in Hybrid Electric Vehicle, auto hybride-réseau)
HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning, climatisation

« Même les consoles… ». L'opération EcoWatt en Bretagne, purement volontaire, vise quelques pourcents de la pointe… non négligeables pour l'équivalent d'une ville de 50 à 100 000 habitants

Texte et vidéo de ENGIE sur le Demand Response ici: https://www.engie.be/fr/business/blog/energy-market/cest-quoi-le-demand-response/

DR, ressource d'avenir

- En bonne partie en France, il s'agit de potentiels importants encore mal utilisés **ou abandonnés** pour raisons diverses comme la moindre surcapacité, la séparation comptable à EDF, les règles de l'UE, les évolutions industrielles :
- Chauffe-eau pilotés, tarification EJP-Tempo du chauffage électrique, effacements industriels pilotés, tarifs « **effaçables-non-effaçables** »(*)

** Permettait à l'EDF de vendre sous le tarif « Vert TLU » sans déroger aux règles européennes sur la concurrence, tout en s'engageant à ne pas effacer l'industriel (!)*

L’effacement Tempo

Poele à Granulés et boitier Tempo 3.
Tempo comprend trois postes sur l’année (en heures pleines et creuses)

- 300 jours bleus à un prix du kWh particulièrement bas ;
- 43 jours blancs à un prix du kWh un peu plus élevés (+13,5% par rapport aux HP des jours blancs) ;
- 22 jours rouges à un prix du kWh particulièrement prohibitif (x4 par rapport aux HP des jours blancs) ;

N’est disponible qu'à partir d'une puissance de 9 kVa, et bien sûr pas Outre-Mer.

L'option Tempo [*l’option EJP similaire n’est plus proposée]* vise les ménages disposant d'un **mode de chauffage alternatif** (bois, gaz, etc) pendant 120 heures.

- Ces dernières années, les prix du kWh pendant les jours bleus ont nettement augmenté, ce qui rend cette offre moins avantageuse que par le passé. Elle servait au départ à **éponger la surcapacité**.
- L’effacement représentait plusieurs GW ce n’est plus le cas.

Déboires de Tempo

Extrait de la campagne « chasse au gaspi » du Ministère de l'Industrie à la fin des années 70.
Le prix de l'énergie au tarif Tempo est si bas que les abonnés EJP peuvent se permettre de jeter l'énergie par les fenêtres… au point qu'un tel programme aujourd'hui tomberait sous le coup de la loi. Les EJP des particuliers entraînent la gabegie sur l'année (piscines chauffées, résidences secondaires…)

Outre la surcapacité déclinante, les écueils de Tempo-EJP sont liés aux difficultés de la prévision, en **l'absence de mécanismes d'enchère** ou de marché:

- Les EJP professionnels ont été contournés massivement (notamment par les groupes type Veolia). Les coûts pour EDF sont enfoncés (moteurs thermiques « EJP »…) faute de prévision fiable des technologies
- Les exercices de « coûts de référence » d'EDF et de l'Etat (DGEMP devenue DGEC) tombent à côté des évolutions techniques rapides

« GGWWWRGHH. » « RRWWWGG. »

"GGGWARRRHHWWWW."

« Entendu, là-dessus je te suis bien, Chewbacca. »

Est-ce clair ? Questions ?

Plan

- La première ressource disponible
- Sobriété et efficacité
- Le thermostat et l'usager
- L'éclairage et les co-bénéfices
- Les veilles et le numérique
- Economies d'électricité, efficacité matériaux
- Autres exemples: industrie…
- Les barrières à l'efficacité et les effets rebond
- La carotte d'or de Californie
- La tarification progressive ou dégressive
- La gestion par la demande, les effacements
- **Logique de l'action collective (hors CF/DS)**

Economies, ça n’existe pas!

Le problème de l’efficacité, c’est que le gain se présente sous forme de milliers ou millions de petits gestes. Il faut les **agréger** en politiques cohérentes.
Pour prolonger la métaphore de l’argent au sol, on a besoin d’un aspirateur ou au moins d’une balayette et d’une pelle… pour ne pas attraper un tour de reins.

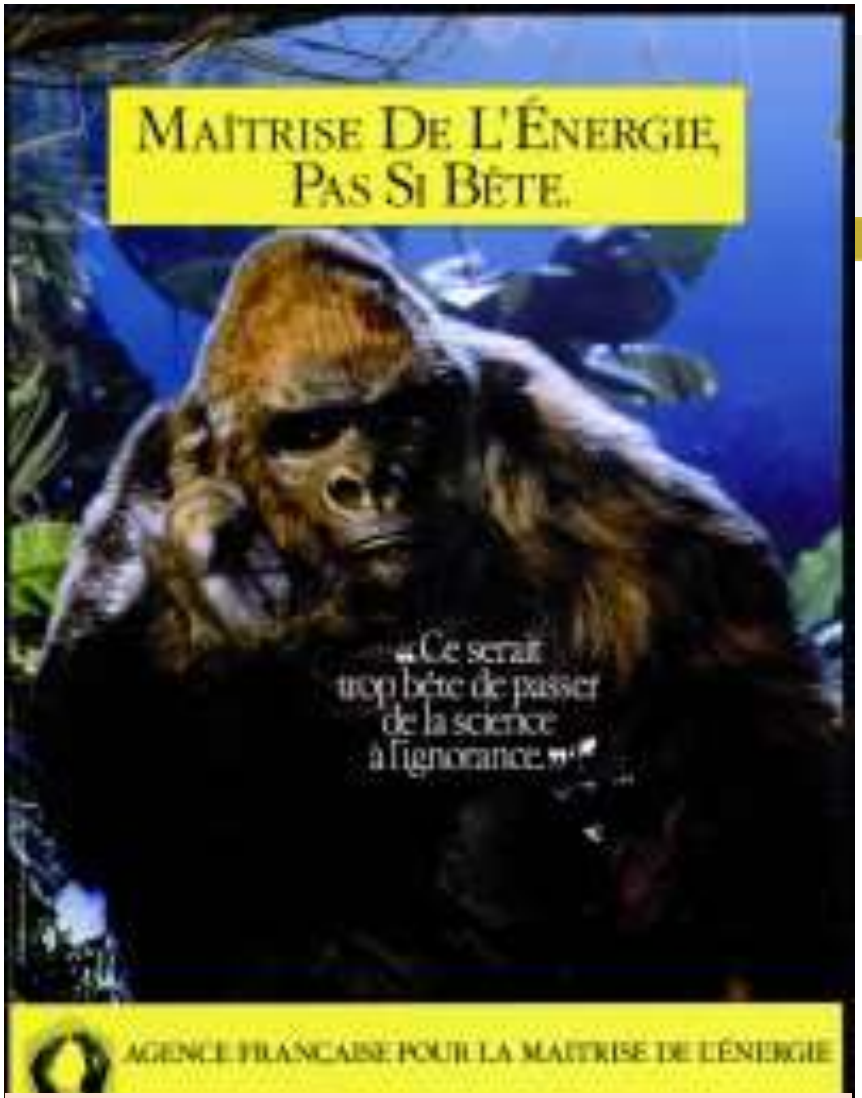
Pour les économistes néo-classiques, l’efficacité énergétique va se produire « naturellement » si les prix sont bien ajustés. Selon eux, il n’y a donc pas de « potentiel non réalisé ».
C’est la parabole de l’économiste qui voit un billet sur le trottoir. « Si c’était vrai, quelqu’un l’aurait déjà ramassé »! Et il passe son chemin.
Plus sérieusement, les économistes estiment que le « coût politique » ou le « coût de transaction » équilibre le gain et explique la situation.

Non au soutien public ?

Agnès Verdier-Molinié (AVM), directrice de l'IFRAP, a défendu régulièrement la fin du soutien public à la maîtrise de l'énergie.
https://www.ifrap.org/agriculture-et-energie/economies-denergie-un-rendement-decroissant
https://www.marianne.net/economie/l-ifrap-d-agnes-verdier-molinie-faux-institut-de-recherche-et-vrai-lobby-ultra-liberal
https://charliehebdo.fr/2020/05/economie/agnes-verdier-molinie-la-pretresse-du-marche-qui-prone-la-dette-publique/

Ces idées ultra-libérales sont portées par exemple par IFRAP*, qui réclame régulièrement la **suppression** de l'ADEME.
Selon ce groupe, l'économie d'énergie est un leurre.
Des notes –par exemple issues de Bercy- tentent régulièrement de montrer qu'il n'y pas de corrélation entre les budgets de la maîtrise de l'énergie et le progrès de l'efficacité.

Bien public



Campagne de 1986. L'Agence Française de Maîtrise de l'Energie (AFME, 1982) introduit le concept de maîtrise de l'énergie. L'économie des matériaux, un confort raisonné pour moins de pollution, remplacent la simple idée de « chasse au gaspi ».

- La littérature la plus récente, par exemple le GIEC, suggère que l'efficacité énergétique est **un bien public collectif** que les pouvoirs publics ont intérêt à encourager.
- Elle amène une économie pour les ménages, une amélioration de marges pour l'entreprise.
- Le pays améliore la balance commerciale et sa situation vis-à-vis des pays producteurs d'énergie fossile (gaz, pétrole, charbon).

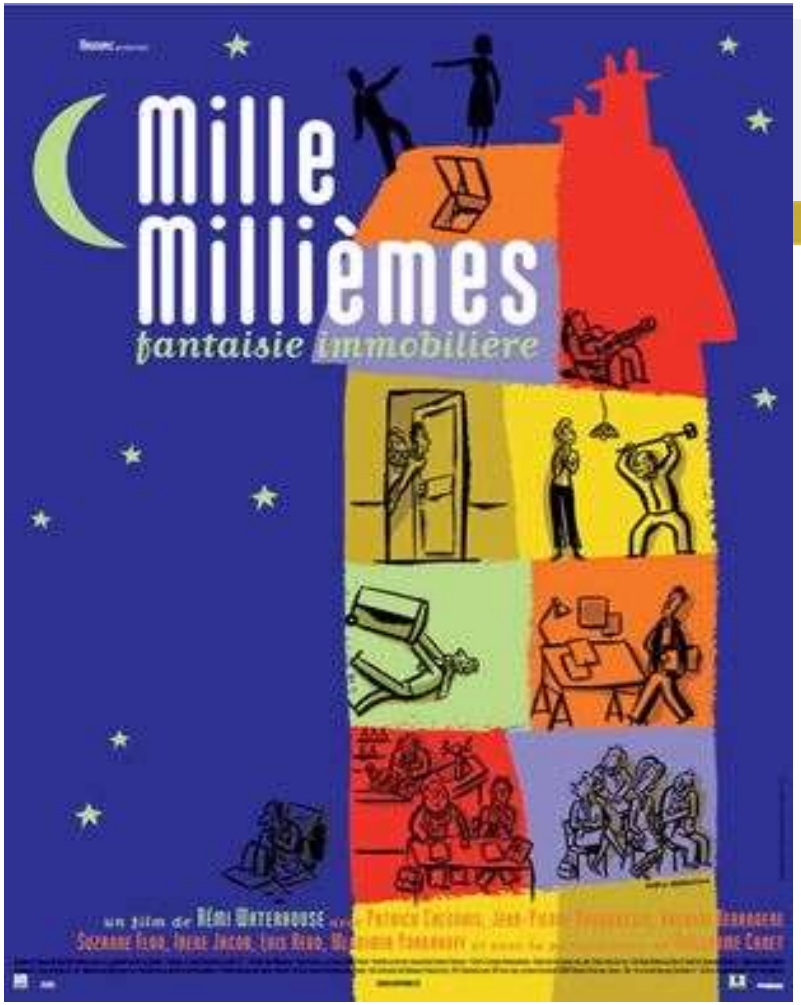
Partager un manteau **en le coupant par la longueur** n'est sans doute pas la meilleure solution thermique. C'est pourtant ce que fait dans la légende Martin de Tours. Le futur saint partage son manteau d'officier romain avec un déshérité transi de froid aux portes de la ville d'Amiens.

Aide efficace?

Le soutien public est donc justifié, à condition qu'il soit bien conçu, mesuré, évalué, revu régulièrement et transparent. Il passe par exemple par:

- Recherches et développement
- Subventions
- Prêts bonifiés
- Labels et certifications
- Crédits ou réduction d'impôt
- Bonus-malus d'achat
- Péages différentiés

Le passager clandestin et l'action collective



L'assemblée annuelle des copropriétaires est la scène où se dénouent les drames dont un immeuble est le vivier. Sous la houlette de Jean-Louis, syndic roublard et dépressif, s'affrontent les copropriétaires du 28 rue des Oursins. Un film de Rémi Waterhouse.

- Pourquoi l'assemblée de co-propriétaires se révèle incapable de voter l'isolation de l'immeuble si celle-ci n'est pas obligatoire, même si c'est l'intérêt économique des habitants?
- Pourquoi une chaudière collective au bois –la solution la plus écologique et la plus économique- n'est jamais installée dans les lotissements?
- Une navette mini-bus coopérative ou un service de co-voiturage vers la ville peut-elle s'organiser hors des pouvoirs publics ?

Des politistes à la rescousse

Document AB

Mancur Olson (1932-1998) suggère que plus on est nombreux, **moins on va se lancer** dans une action qui serait pourtant de notre intérêt. A l'inverse, si un acteur est dominant dans un groupe, une « auto-organisation » peut se produire dans l'intérêt de tous. En effet, le « gros » aura **intérêt à agir** même si les autres ne suivent pas.

Par exemple, une lutte collective fructueuse contre une autoroute ou une ligne électrique démarrera si un gros propriétaire (ou un châtelain) se mobilise avec les autres habitants.

L'explication d'Olson c'est le « **passager clandestin** » majoritaire, qui n'a pas envie « d'en faire plus que les autres ». Selon lui, un groupe homogène et nombreux n'agira pas spontanément.

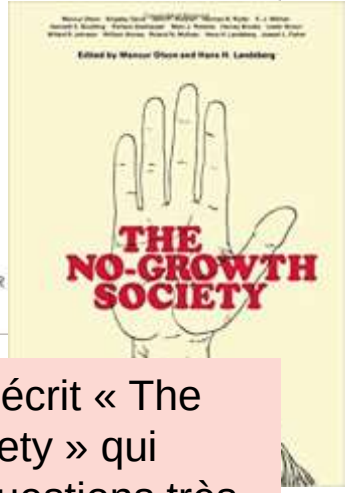
La motivation des acteurs

En haut, intérêt **égoïste**. En bas, **eschatologique** « L'Agneau mystique » des frères Van Eyck, présenté dans la cathédrale Saint-Bavon de Gand, représente toujours six siècles après le symbole chrétien du paradis.
https://www.beauxarts.com/expos/lincroyable-destin-du-retable-de-gand/

Olson se rattache à une vision « utilitariste » d'acteurs sociaux mus par leur **intérêt individuel**. Sa théorie fonctionne bien pour expliquer le taux de syndicalisation au Danemark ou en Belgique (et celle du New Deal aux Etats-Unis), ou encore le pouvoir des coopératives agricoles (l'adhésion obligatoire…). Selon lui, les adhérents idéologiques ou militants voire «**eschatologiques**» (*) seront en minorité, les autres s'arrangent pour ne pas dépenser trop d'énergie… quitte à perdre, ou à céder sans rapport de force.

(*) *En gros, on propose un paradis pour plus tard*

Mancur Olson



En 1975, Olson écrit « The No-Growth Society » qui pose déjà des questions très actuelles. Olson est parfois approprié par des auteurs plutôt « réactionnaires » parce qu'il s'opposait aux marxistes et au bloc communiste durant la guerre froide.

Une partie des sociologues –dont les marxistes- attribuent aux groupes une volonté, voire une conscience avec des stratégies bien définies. Selon Olson au contraire, un groupe inorganisé de personnes ayant un intérêt commun, conscientes de cet intérêt et ayant des moyens de le réaliser **ne fera rien** pour le promouvoir dans des conditions générales. La **communauté d'intérêt** ne suffit pas à provoquer l'action commune, contrairement à ce qu'affirme Marx. Dans d'autres ouvrages, Olson développe la logique des lobbys et leur caractère peu efficace voire contre-productif pour l'intérêt général.

Mobilisation

ARMÉE DE TERRE ET ARMÉE DE MER

ORDRE
DE MOBILISATION GÉNÉRALE

Le premier jour de la mobilisation est le

TOUS LES HOMMES

1° ARMÉE DE TERRE ; TROUPES COLONIALES

2° ARMÉE DE MER ; INSCRITS MARITIMES

Affiche « Ordre de mobilisation générale » datée du 2 août 1914,

L'action collective se heurte cependant à une autre observation des sociologues, celle de la mobilisation ou non. Celle-ci suppose –selon des politistes- que les acteurs en lutte soient « marginaux, isolés voire désespérés » vis-à-vis des autorités ou même du débat public.

Dans l'exemple d'une lutte locale de Olsen, le « gros propriétaire » risque d'être le maire, ou une personnalité puissante qui pourrait **penser qu'un simple coup de fil** à son député va régler le problème… et qui ne va pas se mobiliser avec la force nécessaire.

Erin Brockwitch (jouée par Julia Roberts) dans le film de Soderberg, gagne… en restant en marge du système et aussi grâce à cela.
https://fr.wikipedia.org/wiki/Erin_Brockovich,_seule_contre_tous

Organisateurs et leaders

1974. Crystal Lee Jordan est licenciée de son usine de Caroline du Nord. Expulsée par la police, elle déclenche un movement de solidarité de ses collègues qui paye. Le syndicat s'implante dans son atelier textile. En 1979 le film **Norma Rae de Martin Ritt** avec Sally Fields et Beau Bridge, est basé aussi le personnage réel du syndicaliste Eli Zivkovich, **un « organiseur » itinérant**.

- Pour **déclencher** l'action collective, intervient aussi le personnage de **l'organisateur de lutte**, un véritable mythe de la gauche aux Etats-Unis. L'***organizer*** est un « ferment extérieur ». Comme Lantier dans Germinal de Zola, il a la fonction d'ingénierie dans le rapport de force.
- Le rôle du **leader** est distinct. Il est déjà présent dans sa communauté et il se révèle à l'occasion de la lutte. Ce rôle est raconté avec brio par Saul Alinsky, le « roi des radicaux ».

Comment agir?

- Politistes et sociologues confirment ainsi que la coopération nécessite des personnalités impliquées, tandis qu'au niveau plus large, les participants ont besoin de gains concrets.
- Un maire ou un gestionnaire d'hôpital qui développe la distribution de chaleur pour son **équipement de taille moyenne ou grande** aura une bonne chance de rallier des « petits » utilisateurs.
- Les habitants d'un lotissement ne vont pas créer **par eux-mêmes** de telles installations collectives de chauffage ou des transports coopératifs, sans coup de pouce extérieur et implication d'un noyau initial d'habitants très décidés.
- Les coopératives d'habitation réussies ont reçu un **soutien institutionnel**, et n'ont rallié au final **qu'une faible partie** des participants initiaux.

"WAGRRRRWWGAH HHHWWWRRGGAW WWWWWRR » (*)

(*)Des questions?

Sources des citations :
"RRWWWGG." - Return of the Jedi
"GGWWWRGHH."- The Empire Strikes Back
"RAWRGWAWGGR." - A New Hope
"RRRAARRWHHGWWR." - The Empire Strikes Back
"AAARARRRGWWWH." - Return of the Jedi
"GGGWARRRHHWWWW." - A New Hope
"WWWRRRRRRGWWWRRRR." - Revenge of the Sith
"WWWWWWWWGGGGHHHRRRRW." - Revenge of the Sith
"RWGWGWARAHHHHWWRGGWRWRW." - The Empire Strikes Back
"WAGRRRRWWGAHHHHWWWRRGGAWWWWWWRR." - The Empire Strikes Back

A droite, Peter Mayhew l'interprète de Chewbacca dans les films de Star Wars, décédé en 2020