

# **A1 - Pour des trajectoires sobriété-efficacité diverses, justes et pacifiques**

## **Cas du transport, du logement et de l'alimentation**

### **Version 2.3**

**Ce document propose des argumentaires scientifiques pour nourrir des articles dans la presse spécialisée et généraliste et interpelle les personnes intervenant dans les politiques publiques .**

*Il démontre que toute consommation d'énergie pour un besoin personnel de transport ou d'alimentation tout comme de logement est le produit d'une empreinte personnelle et d'une performance énergétique du système technique concerné. Il propose un carte pour concevoir et piloter la transition énergétique valable pour toute échelle de territoire ou groupes sociaux. Il explique qu'un plancher (bleu clair) et un plafond (orangé) à nos besoins est nécessaire pour la justice et la paix. Il propose de poursuivre ces travaux par une carte en 3D de la lutte contre le réchauffement climatique.*

*Ce document invite à des publications scientifiques. Si vous êtes chercheur, vous êtes invité à l'enrichir par des publications dans vos revues scientifique.*

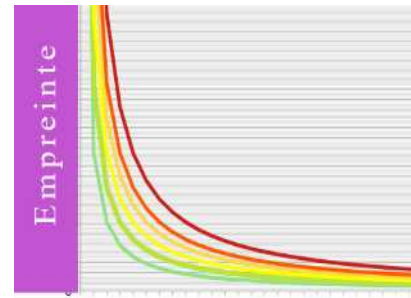
**Le document suivant A2 décline ces enseignements dans le cas du secteur du logement en France**

## Résumé

En prenant pour chaque besoin la consommation énergétique par personne comme Indicateur clef (I [kWh/p]) de la transition énergétique, I s'écrit pour chaque besoin comme le produit d'une Performance énergétique d'un système technique concerné (P) par l' Empreinte de l'usagé<sup>1</sup> (E)  $I = E \times P$ .

L'équation pour réussir la transition énergétique pour un besoin donné s'écrit alors  $I/d = P/e \times E/s$  tel que  $d = e.s$ . La transition consiste à diviser par 'd' l'indicateur I, en agissant sur 'e' l'efficacité et sur 's' la sobriété.

L'expérience semble montrer qu'une politique qui ne se focaliserait que sur l'efficacité risquerait d'échouer par effet rebond ('d' inférieur à l'objectif) en laissant se développer l'ébriété ( $s < 1$ ). Symétriquement une politique qui ne se focaliserait que sur l'empreinte échouerait par l'autre effet rebond, celui de l'inefficacité ( $e < 1$ ). De plus ces politiques nécessitent de recourir à une logique plus contraignante pour les classes défavorisées, alors qu'une politique prenant en compte à la fois l'efficacité et la sobriété permettrait des trajectoires différenciées des acteurs avec toutes les valeurs possible de 'e' et 's' tant que  $d = e.s$  atteint la valeur seuil qui permet d'atteindre nos objectifs.



techno-Performance

Fig 1: Carte de la transition d'un besoin

La représentation graphique (fig.1) de la fonction  $E = I/P$  avec en abscisse la Performance (P) et en ordonnée l'empreinte (E) permet de représenter autant de courbes que de valeurs de I. La plage allant des courbes de rouge foncé (I très élevé des personnes très consommatrices) à vertes foncées (I bien au delà de l'objectif) dessine l'espace pour la transition. La courbe jaune figure l'objectif du pays à 2050. Tel que tous les indicateurs individuels devront être dans l'aire située entre une courbe rouge claire et verte, afin que la moyenne nationale soit la courbe objectif jaune. Une politique de transition à l'échelle d'un individu, d'un groupe ou d'un pays est le passage d'une courbe vers une autre qui peut alors se piloter par cette carte. Un vecteur permet de visualiser des trajectoires possibles entre les deux courbes qui se décomposent en deux vecteurs celui de l'efficacité et celui de la sobriété fig 2. Beaucoup de liberté de trajectoires pour chacun de nos besoins de logement, transport, alimentation, y compris celle de changer de trajectoires aux différents âges de sa vie, est possible si collectivement nous atteignons les objectifs nationaux.

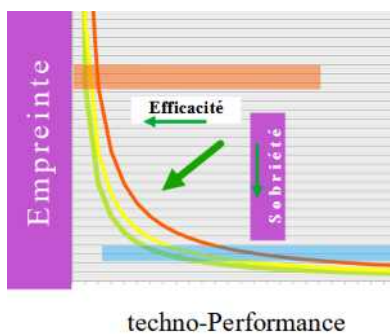


Fig 2: Directions et bornes pour réussir la transition

Ces courbes ont des limites infinies en x comme en y, aussi une transition énergétique peut tout à fait atteindre les objectifs en ayant des groupes situés aux deux extrémités. Une accentuation des inégalités sociales engendrerait un conflit social. La **théorie du Donut** devient alors pertinente. En bornant par un plancher et un plafond l'empreinte individuelle (Cf fig 2 bandes orange et bleue), elle laisse une liberté de choix et d'inégalité dans une plage ayant alors une aire finie (vert /orange /rouge clair / bleu).

Si l'adhésion des citoyens à un plancher semble acquis dans certains pays, celle des plus riches à l'idée de plafond nécessite des arguments en faveur de l'écologie et des générations futures, et marquerait un tournant politique fort. Mais la transition nécessitera aussi une rénovation de la pensée économique, des changements de comportements et la levée des freins de certains acteurs de secteurs impactés économiquement.

<sup>1</sup> Comme les km pour le transport, les m<sup>2</sup> pour les logements et les calories pour l'alimentation

## Table des matières

. 0 – Les deux objectifs de la COP21 .....	4
. 1 - La consommation individuelle comme indicateur clef.....	4
. 2 - L'équation empreinte-performance énergétique.....	4
. <i>Cas du transport</i> .....	5
. <i>Cas du logement</i> .....	5
. Cas de l'alimentation.....	5
. 3 – Les deux types d'effets rebonds et conséquences sur nos politiques.....	6
. <i>Cas du transport</i> .....	7
. <i>Cas du logement</i> .....	7
. <i>Cas de l'alimentation</i> .....	8
. 4 - Carte des trajectoires et risques sociaux.....	9
. Interprétation du graphe « carte aux trajectoires possibles ».....	9
. Liberté de choix de trajectoires pour un secteur.....	9
. Illustration des extrêmes par secteur.....	10
. 5- Concevoir des politiques de transition dans la Paix.....	11
. Liberté de choix de trajectoires entre secteurs et à différents âges de sa vie.....	12
. Politique incitative ?.....	13
. 6- Perspectives.....	13
. Emissions de carbone ?.....	13
. Niveau international?.....	13

## Index des figures

Figure 1: carte de la transition d'un secteur.....	2
Figure 2: Directions et bornes pour réussir la transition.....	2
Figure 3: carte de la transition d'un secteur $E=I/P$ .....	9
Figure 4: trajectoires.....	10
Figure 5: Directions et bornes pour réussir la transition.....	11
Figure 6: carte bornée.....	12
Figure 7: Carte 3D de la trajectoire bas carbone.....	13
Figure 8: Carte 3D de la trajectoire bas carbone.....	13
Figure 9: plancher bleu et plafond orangé.....	13
Figure 10: Carte de la transition énergétique tous besoins confondus.....	14
Figure 11: Comparaison des cartes des pays.....	14

## .0 – Les deux objectifs de la COP 21

Les pays « développés » doivent pour respecter la COP 21 réduire leurs consommations d'énergie primaire (Ep) d'ici 2050 (en France il faut diviser par 2<sup>2</sup>).

Ils doivent également leurs émissions de CO2 d'ici 2050 ( en France , neutralité carbone).

Dans cet article, nous traiterons du premier objectif et nous concluerons sur des perspectives de travaux qui comprendraient les deux objectifs.

## .1 - La consommation individuelle comme indicateur clef

Pour satisfaire certains de nos besoins comme le transport, l'alimentation, le logement, les communications, les vêtements nous consommons de l'énergie. La consommation collective pour ce besoin peut s'écrire comme la somme des consommations individuelles.

Posons la consommation énergétique par personne, comme étant notre indicateur clef I [kWh/p].

Pour intégrer cet indicateur à l'échelle d'un pays :

$$I_{\text{Pays}} = \sum I \text{ [kWh]}$$

En représentant les consommations par secteurs pour mesurer leur poids relatif :

$$I_{\text{Pays}} = I_{\text{transport}} + I_{\text{logement}} + I_{\text{alimentation}} + I_{\text{communication}} + I_{\text{autres}} \text{ [kWh]}$$

En représentant la population par déciles de revenus pour anticiper les mouvements sociaux:

$$I_{\text{Decile}} = \sum I_{\text{individuels}} \text{ [kWh]} \text{ tel que } I_{\text{Pays}} = \sum I_{\text{decile } j} \text{ [kWh]}$$

(j allant du décile 1 les 10 % les plus pauvres au décile 10 les 10 % les plus riches)

## .2 - L'équation empreinte-performance énergétique

En considérant un laps de temps donné le paramètre caractéristique du secteur concerné I s'écrit :

$$I = P \times E$$

avec P la techno-performance énergétique c'est à dire l'énergie dont a besoin le système technique utilisé pour fournir une unité du besoin pendant le laps de temps

et E l'empreinte personnelle liée à la satisfaction du besoin (la quantité d'unités du besoin consommé par la personne pendant le laps de temps).

### **.Cas du secteur du transport**

***L'unité du besoin est le nombre de km parcourus.***

On obtient l'équation sectorielle comme le produit de deux facteurs :

---

<sup>2</sup> <https://www.gouvernement.fr/special-cop-21-les-engagements-nationaux-de-la-france-3390>

$$2.a \quad I_{\text{transport}} = P_{\text{transport}} \times E_{\text{transport}} \quad \text{avec } P_{\text{transport}} [\text{kWh/km}] \text{ et } E_{\text{transport}} [\text{km/p}]$$

Voici un exemple de calcul :

Une personne qui 300 jours dans l'année prend sa voiture (5l /100 km = 0,5 kWh/km<sup>3</sup>) seul pour faire 10 km et une fois dans l'année prend l'avion (300 l/100 km = 30 kWh/km) pour faire 1000 km avec 100 personnes à bord. Son empreinte est de 4000 km (300\*10 + 1000) , sa performance est de 0,45 kWh/km ( = 0,5 \*3000 + 30 \*10)/3010. Alors que s'il prend le vélo au quotidien, elle n'est plus que de 0,08 kWh/km.

Nous pouvons manier cette équation à un niveau individuel, ou par groupes d'individus, ou pour l'ensemble des français(cf.1.a).

Pour réduire notre impact I, nous avons trois façons de faire :

- Réduire le premier facteur, c'est améliorer la performance énergétique des moteurs, c'est agir sur leur efficacité P,
- Réduire le deuxième facteur, c'est agir sur l'empreinte de nos déplacements, un mode de vie plus sobre en diminuant E,
- ou encore réduire les deux.

### **.Cas du secteur du logement**

***L'unité du besoin est le m<sup>2</sup> chauffé et/ou climatisé.***

Contrairement à d'autres secteurs comme l'alimentation, où la logique s'applique directement à l'individu, les consommations de chauffage et de climatisation sont proportionnelles à la surface de bâtiment, quasiment qu'elle qu'en soit leur nombre d'occupants (en prenant ici en considération les habitations à usage principal). Ces dépenses énergétiques représentent plus de 70 % de la consommation à l'échelle du logement.

$$2.b \quad I_{\text{logement}} = P_{\text{logement}} \times E_{\text{logement}} \quad \text{avec } P_{\text{logement}} [\text{kWh/ m}^2] \text{ et } E_{\text{logement}} [\text{m}^2/\text{p}]$$

*Le kilowattheure d'énergie primaire kWh<sub>ep</sub> est communément utilisé dans le secteur du bâtiment. Celui-ci permet de qualifier le contenu en énergies non renouvelables de la source d'énergie utilisée dans le bâtiment, de manière à classer ceux-ci sur une échelle commune. Dans l'analyse présente, P s'exprime bien en kWh/m<sup>2</sup> sans considérer la source d'énergie.*

Réduire le premier facteur (P), c'est améliorer la classe énergétique du logement (notamment par la rénovation). Réduire le deuxième facteur (E), c'est agir sur ce qui nous appelons **l'empreinte surfacique**.

### **.Cas du secteur de l'alimentation**

***L'unité du besoin est la calorie consommée<sup>5</sup>.***

$$2.c \quad I_{\text{alimentation}} = P_{\text{alimentation}} \times E_{\text{alimentation}} \quad \text{avec } P [\text{kWh/cal}] \text{ et } E [\text{cal/p}]$$

<sup>3</sup> Les kWh/km s'expriment plus généralement en litres au 100 km. La conversion pour l'essence ou de kérosène est de l'ordre de 10 kWh/l.

<sup>5</sup> Qu'elle soit d'origine animale ou végétale. La performance énergétique pour fournir des calories de viande est bien moindre que celle pour fournir des calories de végétaux puisqu'il faut en moyenne 10 kg de végétaux pour fournir 1 kg de viande.

$P_{\text{alimentation}}$  est la somme de toutes les énergies nécessaires « de la fourche à la fourchette » cela comprend les énergies consommées pour les : fabrication d'engrais chimiques et de pesticides, labour, transport, stockage, transformation, refroidissement, cuisson, emballage, commercialisation...  $P_{\text{alimentation}}$  varie beaucoup, depuis le cas des fruits sauvages mangés sur place qui ne sont produits qu'avec de l'énergie solaire directe, jusqu'au repas servi à domicile par une liaison froide nécessitant beaucoup d'énergie primaire souvent fossile. Les  $P_{\text{alimentation}}$  de nos aliments sont des données encore insuffisamment étudiées.<sup>6</sup>

Réduire le premier facteur, c'est améliorer la performance énergétique du système de production de nos aliments.

Réduire le deuxième facteur, c'est agir sur la réduction de sa consommation de calories.

1 semaine de consommation d'une famille en Bolivie et aux USA



Diète alimentaire à forte performance énergétique



Diète alimentaire à faible performance

Cela peut paraître contre-intuitif, mais une alimentation « technologisée » est très peu performante. A l'inverse des deux cas précédents où la performance énergétique est liée à une plus grande technologie. Les calories que nous consommons étant de l'énergie, nous pouvons conclure que le rendement de conversion de l'énergie solaire en calories consommées ne cesse de se dégrader depuis le début du XX siècle avec notre « modernisation ».

### .3 – Les deux types d'effets rebonds et conséquences sur nos politiques

La transition énergétique à opérer consiste à diviser par 'd' notre consommation énergétique globale (I), or  $I = P \times E$ , donc agir sur P et/ou E est à envisager.

Réduire le produit de deux facteurs ne passe pas nécessairement par la réduction des deux facteurs. Il peut y avoir augmentation de l'un, à condition que l'on réduise d'autant plus l'autre.

Pour bien séparer les effets de politiques différenciées sur la performance (P) ou l'empreinte (E), posons les coefficients d, e et s tels que suit :

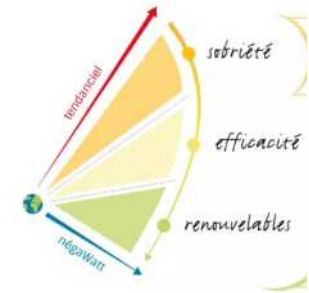
$$3.0 \quad I / d = P / e \times E / s$$

$$d'ou \quad d = e \times s$$

<sup>6</sup> Dans les années 70, les kWh/Cal ont été bien étudiés notamment par l'agronome Soltner. Depuis les années 80, la biblio est rare, il faut aller aux USA pour trouver les travaux de Pimentel (Food Energy and Society). Les travaux sur la transition de l'INRA comme le scénario Aferre mettent beaucoup l'accent sur le secteur amont agriculture agrofournitures. Or il semble que de 1920 à 1980 c'est l'amont de la filière qui a vu décroître la performance énergétique du système de production des calories et que depuis 1980 c'est l'agro-alimentaire, la distribution et la restauration qui font fortement décroître la performance.

avec 'd' le diviseur de l'impact, l'efficacité (e) le diviseur de la performance et la sobriété (s) le diviseur de l'empreinte

Sobriété et efficacité sont les deux premier éléments du triptyque popularisé par l'association négaWatt. On retrouvera le troisième élément le recours aux énergies renouvelables en conclusion.



Rappelons que nous souhaitons P/e et E/s les plus faibles possibles pour limiter I/d.

- Si  $e > 1$ , l'énergie consommée par unité d'action consommatrice décroît.
- Si  $s > 1$ , la quantité d'action consommatrice par personne décroît.
- Si  $0 < e < 1$ , l'« in-efficacité », c'est à dire l'inverse de l'efficacité, augmente.
- Si  $0 < s < 1$ , l'empreinte croît. On peut aussi dire que l'« ébriété », c'est à dire l'inverse de la sobriété, augmente.

**.Cas du transport**

Pour réduire par 2 notre consommation, nous pouvons :

- acheter une nouveau véhicule qui améliore le rendement du moteur par deux ( $e = 2$ ). Sans changer de trajets  $s = 1$ , nous avons bien  $d = 2$ .
- ou, sans changer notre vieux véhicule ( $e = 1$ ), nous réduisons les déplacements par deux ( $s = 2$ ), nous avons alors  $d = 2$ . Notre consommation est réduite de moitié.

Mais, dans le cas a), si du fait de la conscience du peu d'énergie consommée au kilomètre, nous augmentons les trajets et parcourons 4 fois plus de km ( $s = 0,25$ ), nous avons  $d = 2 \times 0,25 = 0,5$ . Au total, notre consommation double. C'est ce que nous appelons l'effet rebond<sup>7</sup>.

Et si dans le cas b), par exemple pour des raison de mode, nous nous déplaçons avec un nouveau véhicule qui pèse plus lourd, et consomme 4 fois plus que l'ancien ( $s = 1/4$ ), nous avons  $d = 1/2$ . Notre consommation double, c'est un autre effet rebond.

Mathématiquement, nous comprenons qu'il y a deux effets rebonds.

	<b>e &gt; 1</b>	<b>e &lt; 1</b>
<b>s &gt; 1</b>	<b>d &gt; 1</b> <b>I baisse</b>	<b>d ? 1</b> Risque I augmente trop côté Performance (P) Rebond de type "in-efficacité"
<b>s &lt; 1</b>	<b>d ? 1</b> Risque I augmente trop côté Empreinte (E) Rebond de type ébriété	<b>d &lt; 1</b> <b>I augmente</b>

Conséquence pour nos politiques, **il est possible de faire la transition énergétique de façon différenciée** en jouant sur e et sur s avec même la possibilité que e ou s soient inférieurs à 1 si et seulement si  $d = e \cdot s > 1$ .

<sup>7</sup> Cet effet rebond est constaté depuis 50 ans, date du premier choc pétrolier.

Mais faire la transition en se focalisant sur la seule performance (ou la seule sobriété), c'est risquer un effet rebond sur l'autre facteur risquant ainsi d'amoindrir, d'annuler voire d'inverser les baisses de consommations souhaités.

### **.Cas du logement.**<sup>7</sup>

Depuis 50 ans, la politique du logement ne s'occupe que de performance énergétique du bâtiment, ce qui revient à dire que les Réglementations Thermiques et les aides publiques n'agissent que sur l'efficacité. Or notre empreinte surfacique ne cesse d'augmenter (l'action sur la sobriété est inférieure à 1)<sup>8</sup>. Cet effet rebond est une des causes de la faible efficacité de notre politique.

Il est fort possible que ce soit là l'explication du phénomène constaté en Allemagne : malgré leur avance dans la rénovation des logements, leur consommation ne baisse pas à cause du rebond de type ébriété surfacique<sup>9</sup>.

Le deuxième effet rebond reviendrait à dégrader la performance de l'enveloppe de son habitat (e inférieur à 1) et réduire sa surface habitée (s grand). Il peut s'agir de sobriété voulue souvent non considérés dans les politiques publiques voire largement découragés : dans le cas des habitats légers et/ou mobiles (van aménagé, yourte peu isolée, mobil-home ancien, cabane...). Ou il peut s'agir de sobriété subie lié à la faiblesse des ressources de la personne et aux prix des loyers localement.

**Conclusion : s'il est possible de faire la transition énergétique de façon différenciée, cela peut-être en accentuant les inégalités. Ce qui sera source de conflits sociaux.**

### **Que signifierait prendre en compte la empreinte surfacique dans nos scénarios pour le logement ?**

Cela signifierait plus de souplesse dans nos scénarios de transition, car cela ouvrirait des alternatives à la seule voie, "le BBC<sup>10</sup> pour tous". Cela signifierait également des coûts moins élevés de rénovation, à la fois pour la population et pour les budgets d'aide à la rénovation.

Ce serait d'une certaine façon de prendre en compte le cri d'indignation des plus pauvres. "Vous les décideurs, vous habitez dans vos grandes surfaces et dans vos scénarios pour la transition, vous ne prenez en compte que la performance alors que mon effort de sobriété est méprisé !"

Cela pourrait réduire les besoins de construction de logement neuf et économiser sur l'énergie grise de la construction.

### **.Cas de l'alimentation**

La nouvelle politique européenne 'Farm to Fork' de l'agriculture et de l'alimentation agit sur e (relocalisation de la production et développement des circuits courts, production de calories végétales plus efficaces énergétiquement que les calories animales, zéro emballage, réduction des engrais chimiques et des produits phytosanitaires, réduction du travail du sol, modes de transformation des produits agricoles moins énergivores...). Elle intègre à juste titre le gaspillage,

<sup>7</sup> Ce chapitre est développé dans la note suivante.

<sup>8</sup> En France la surface moyenne par habitant était de 20 m<sup>2</sup> avant le choc pétrolier. Elle est de 40 m<sup>2</sup> actuellement et la tendance si nous suivons le chemin des Suisses sera de 47 m<sup>2</sup>.. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiken/bau-wohnungswesen/wohnungen/wohnverhaeltnisse/flaechenverbrauch.html>

<sup>9</sup> Le 4 octobre 2020, Le Monde a publié un article intitulé « En Allemagne, les rénovations énergétiques des bâtiments n'ont pas fait baisser la consommation ».

<sup>10</sup> Bâtiment Basse Consommation, classe énergétique B



car ce sont les calories produites consommées qui comptent pour le calcul de  $E_{\text{alimentation}}$ , celles gaspillées au champ, le long de la chaîne de transformation et de transport, en magasin, chez les consommateurs ne viennent qu'accroître la valeur de  $P_{\text{alimentation}}$ . Suivant les pays ou les groupes sociaux en surconsommation calorique (mal bouffe) ou en sous consommation calorique ( sous-nutrition, famine) les politiques sur s sont différentes.

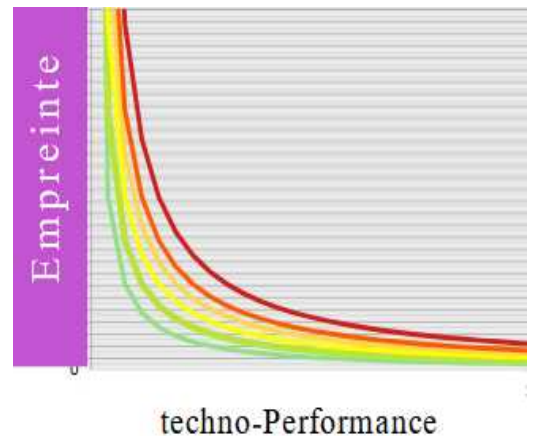
## .4 - Carte des trajectoires et risques sociaux

$$I = P \times E \text{ (cf. 2.0) peut s'écrire } E = I / P$$

Pour une valeur donnée de I, l'empreinte est une fonction inverse de la performance.

$$4.0 \ E = \text{fn} (1/ P)$$

Il est alors possible de tracer des courbes d'iso-consommation personnelle en faisant varier la valeur de I, avec en abscisse la Performance et en ordonnée l'Empreinte. En coloriant ces courbes rouge foncé ( I très élevé) jaune (I objectif de la COP 21) vertes foncées (I bien au delà de l'objectif) on obtient une **carte de la transition**.



### .Interprétation du graphe « carte aux trajectoires possibles »

Chaque courbe représente le groupe de personnes ayant la même valeur de kWh/p. Sur cette courbe, la consommation d'un individu 'i' correspond à un point  $(x_i=P_i, y_i=E_i)$  caractérisé par sa techno-performance énergétique et son empreinte.

Figure 3: Carte de la transition pour un besoin  $E=I/P$

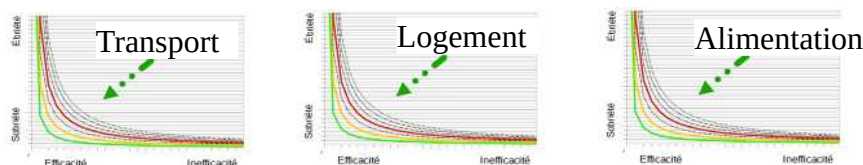
La courbe rouge représente la situation moyenne du pays en 2020.

La courbe verte représente la situation mondiale en 2020.

La courbe jaune représente la situation objectif COP21 du pays en 2050.

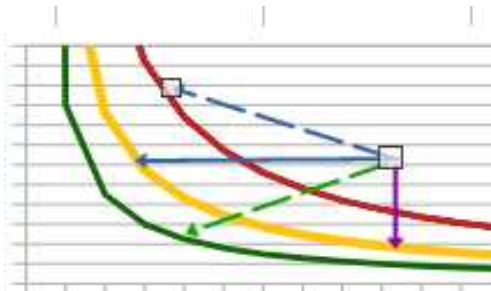
**Grâce à cette vision en deux dimensions performance et empreinte, cette carte ne pourrait-elle servir de représentation pour visualiser les trajectoires de nos changements collectifs et individuels d'ici 2050 ?**

**Réussir la transition revient à déplacer collectivement le nuage de points de nos consommations personnelles suivant la flèche verte de droite à gauche (plus d'efficacité) et du haut vers le bas (plus de sobriété).**—Il y a autant de graphes que de secteurs consommant de l'énergie.



## .Liberté de choix de trajectoires pour un secteur

Prenons le cas d'une personne au-delà de l'isocourbe de la moyenne nationale d'un secteur.



Elle peut atteindre la courbe jaune (l'objectif national) par la trajectoire de la flèche bleue (= gagner en efficacité) ou par la trajectoire de la flèche violette (= gagner en sobriété).

Elle peut atteindre la courbe verte (dépasser l'objectif national) par la trajectoire de la flèche verte pointillée (= gagner en sobriété et en efficacité).

Figure 4: Vecteurs trajectoires

Mais elle peut aussi n'atteindre que la courbe rouge par la trajectoire de la flèche bleue pointillée (=gagner en efficacité mais avoir un effet rebond vers l'ébriété).

**La transition peut se faire de façon différenciée suivant les secteurs à condition qu'en 2050 la courbe jaune tous secteurs confondus soit atteinte.** Pour les pays en développement, le raisonnement est celui du passage d'une augmentation de la consommation d'énergie sans dépasser une courbe jaune.

## .Illustration des extrêmes par secteur

Essayons de comprendre ce que représentent dans notre monde actuel les consommateurs qui s'éloignent toujours plus vers les deux limites de ces courbes.

Plus nous progressons vers la droite sur l'axe des abscisses, plus la performance est faible.

- Pour le transport, nous pouvons illustrer cela par l'image de la fusée de Jeff Bezos (*très peu de km/p et très énergivore/km*).
- Pour le logement, c'est l'image de « la petite fille aux allumettes » dans une cabane de carton fin avec une énergie vite dissipée (*très peu de m<sup>2</sup>/p et très énergivore/m<sup>2</sup>*).
- Pour l'alimentation, c'est l'image d'un restaurant gastronomique à Paris qui importe du bœuf de Kobe au Japon, congelée et transportée par avion (*très énergivore/Cal, peu de Cal/p*).

Plus nous progressons vers le haut sur l'axe des ordonnées, plus nous allons vers l'ébriété.

- Pour le transport, nous pouvons illustrer cela par l'image du tour du monde en avion solaire (*beaucoup de km/p et très économe en énergie/km*).
- Pour le logement, nous pouvons illustrer par l'image du « milliardaire écolo » vivant seul dans une passivhouse de 300 m<sup>2</sup> (*beaucoup de m<sup>2</sup>/p et très économe en énergie/m<sup>2</sup>*).
- Pour l'alimentation, nous pouvons illustrer cela par l'image de Gargantua crudivore mangeant des quantités énormes de produits de sa ferme bio en permaculture (*beaucoup de Cal /p et très économe en énergie/Cal*).

***Nous comprenons alors que la transition peut s'atteindre en augmentant les inégalités. L'inégalité extrême serait d'être collectivement aux objectifs de la COP 21 et n'avoir plus que deux***

groupes situés aux deux extrémités de la courbe jaune. **Les inégalités engendrent les sentiments d'injustice qui génèrent les conflits sociaux.**

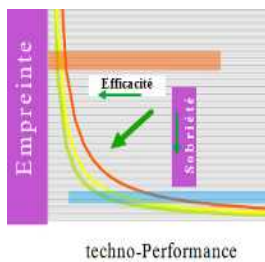


Figure 5: Directions et bornes pour réussir la transition

La tentation serait alors pour le pouvoir public de légiférer. Ce qui serait aussi source de conflits sociaux.

En considérant qu'il n'est pas souhaitable de mener la transition dans un contexte de législation autoritaire, la **théorie du Donut** devient pertinente. En bornant par un plancher et un plafond l'empreinte individuelle (Cf fig bandes orange et bleue), elle laisse une liberté de choix (d'inégalité restreinte).

Kate Raworth a élaboré dans son livre *Donut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist* une théorie qui considère l'économie comme prospère lorsque les fondements sociaux sont réunis sans dépasser aucun des plafonds écologiques. Le donut se représente par une zone entre les deux bornes, à savoir l'espace sûr et juste pour l'humanité.

**Borner cette carte serait un outil pour conduire des politiques de paix sociale et inter-générationnelle.**

Il faudrait alors décider collectivement de valeurs minimum (empreinte minimum de décence) et maximum (ébriété maximum de décence) acceptables pour nos logements, nos transports, notre alimentation :  $E_{\text{logement, min}}$ ,  $E_{\text{alimentation, min}}$  et  $E_{\text{transport, min}}$  ainsi que des  $E_{\text{logement, max}}$ ,  $E_{\text{alimentation, max}}$  et  $E_{\text{transport, max}}$ .

Pour Dasho Karma Ura, <sup>12</sup> le plancher et le plafond d'un besoin (alimentation, logement, transport..) sont une nécessité si l'on considère qu'un individu est corps et esprit. Le plancher est le minimum pour que le corps ne souffre pas, l'espace entre le plancher et le plafond est celui de l'équilibre corps-esprit. Et le plafond est limite au-delà de laquelle l'esprit souffre, car l'individu devient dépendant d'un besoin excessif. Ce dernier ayant pris trop de place dans son existence, l'individu développe des souffrances psychiques, ce qui provoque des comportements défavorable à la bonne harmonie de la société.

<sup>12</sup> Directeur du center for Bhutan Studies, centre qui travaille sur le bonheur national brut du Bhoutan,

## .5- Concevoir des politiques de transition dans la Paix

Pour définir les plafonds et planchers pour chaque secteur, seules négociations entre parties prenantes et des débats démocratiques différents selon les pays (les régions?) écartent les risques autoritaires et de soulèvement populaire.

La carte devenant bornée, les politiques sont alors à conduire sur des segments de courbes.

On peut alors repérer deux zones singulières : la zone de l’empreinte plafond en orange et la zone bleue. De l’empreinte plancher

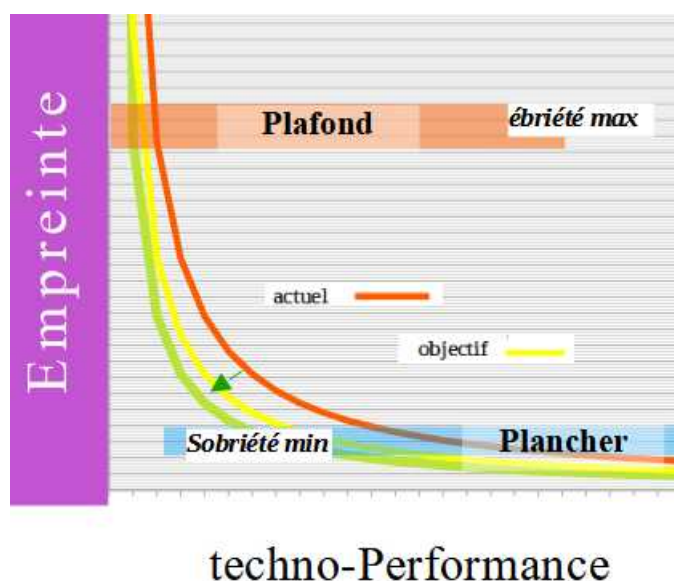


Figure 6: Carte bornée de la transition énergétique

Les zones bleues sont prioritaires pour éviter les conflits sociaux. Et l’action sur les zones oranges et au-delà sont aussi importantes pour la cohésion de la collectivité grâce à des efforts mieux répartis entre tous.

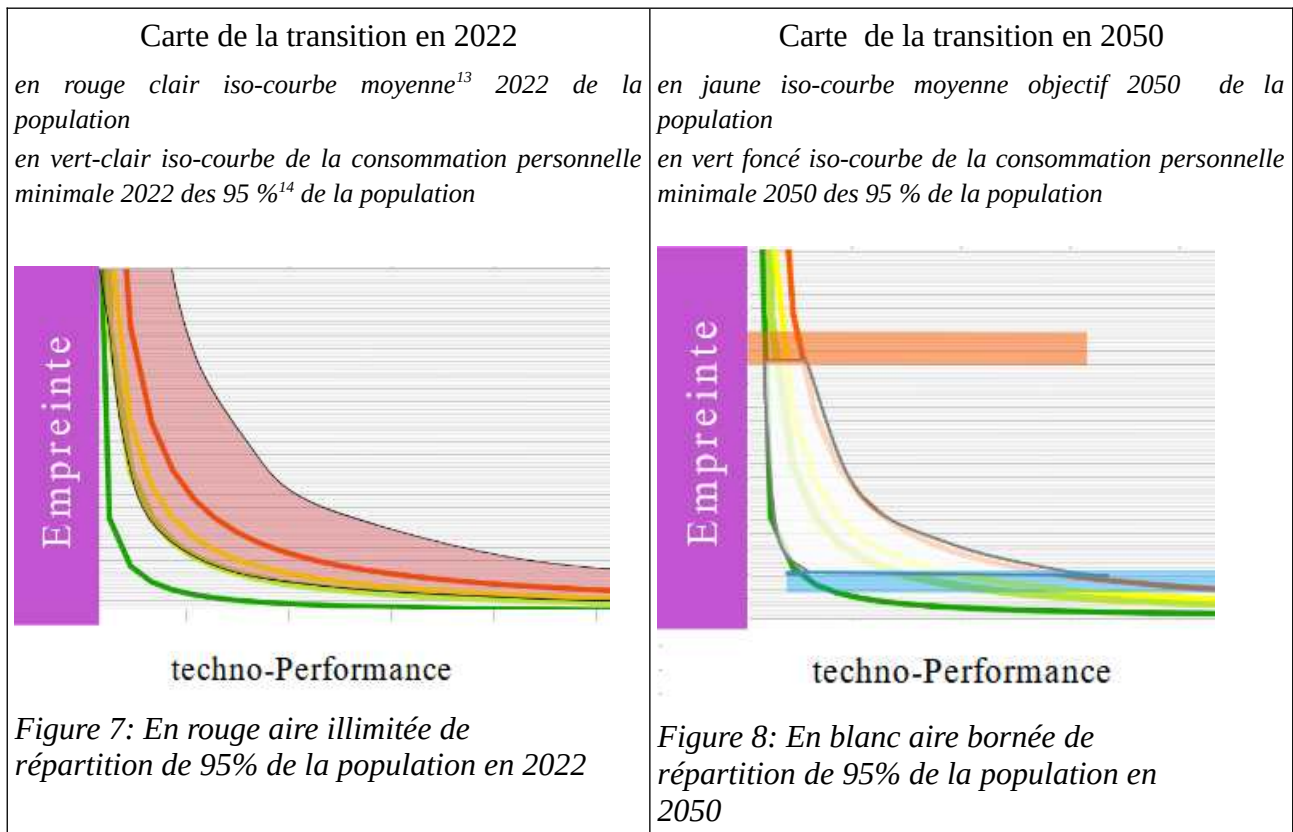
L’économie de la fonctionnalité qui se développe dans le secteur du logement et du transport se comprend sur la carte comme une interaction gagnant-gagnant entre individus de zones différentes par exemple :

- pour le transport, le co-voiturage permet à une personne qui ferait seul un long trajet de réduire son in-efficacité (le kwh/km est réduit de moitié pour cette personne si elle est accompagnée d’un passager) et à une personne sans véhicule de voyager (augmenter son empreinte de déplacement).
- pour le logement, la co-location permet à une personne en zone orange de réduire son « ébriété » surfacique et à une personne sous-logée (« sobriété subie ») de se loger au plancher surfacique.
- 

### .Liberté de choix de trajectoires entre secteurs et à différents âges de sa vie

Réussir collectivement la transition signifierait alors de déplacer le nuage de points des consommations individuelles vers plus de performance et vers plus de sobriété. Cela laisserait ainsi beaucoup de liberté de trajectoires sur chaque secteur, chacun ayant la possibilité de changer de trajectoires aux différents âges de sa vie.

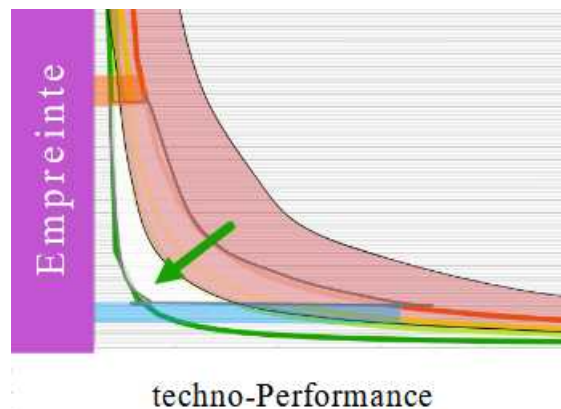
Exemple d'un pays "sur-consommateur". Le raisonnement se transpose facilement pour un pays "sous-consommateur"



**.Politique incitative ?**

Les choix des individus sont mus en grande partie par les règles économiques.

Ainsi, des politiques tarifaires sectorielles pourraient engager le mouvement. Des systèmes de bonus -malus sont aussi envisageables.



*Figure 9: Carte de la politique de transition énergétique : de l'aire rouge à la blanche*

<sup>13</sup> Elle représente une régression non linéaire (selon la fonction inverse) du nuage de points de 100 % de la population

<sup>14</sup> En faisant l'hypothèse que l'exclusion de 5 % des cas extrêmes est valable: des 2,5 % les moins consommateurs et des 2,5 % les plus consommateur. Voir sinon 99 % ou d'autres valeurs.

## .6- Perspectives

.Vers une carte en trois dimension de la trajectoire bas carbone ?

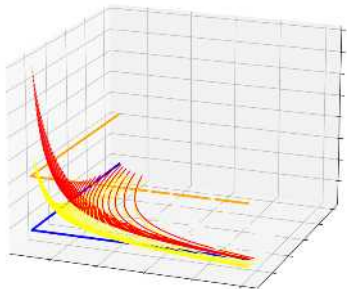


Figure 10: Carte 3D de la trajectoire bas carbone

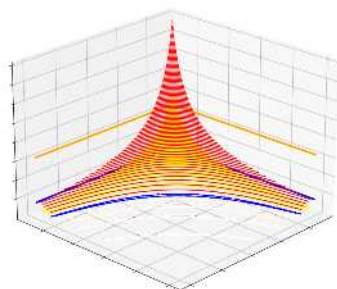


Figure 11: Carte 3D de la trajectoire bas carbone

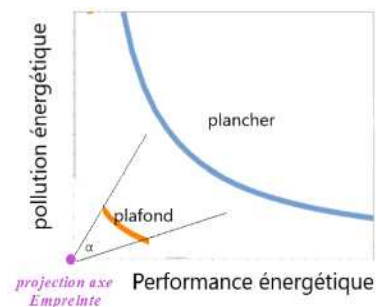


Figure 12: plancher bleu et plafond orangé

Cette carte en 3D représente le chemin pour la neutralité carbone en 2050. La carte de la transition 2D de la transition énergétique y est inscrite.

La formule est  $\text{kg}_{\text{CO}_2}/\text{personne} = \text{kg}_{\text{CO}_2}/\text{kWh} \times \text{kWh}/\text{ub} \times \text{ub}/\text{personne}$   
(ub = unité du besoin : km, calories, m2 ..)

Liens avec l'équation de Kaya<sup>15</sup> d'un secteur

Celle ci peut s'écrire en basculant la variable POP à gauche dans l'équation

$$\text{CO}_2/\text{POP} = \text{CO}_2/\text{E} \times \text{E}/\text{PIB} \times \text{PIB}/\text{POP}$$

avec

$\text{CO}_2/\text{POP}$  : émissions anthropiques de  $\text{CO}_2$  par habitant

$\text{CO}_2/\text{E}$  : intensité carbone, la quantité de  $\text{CO}_2$  émise pour disposer d'une quantité d'énergie donnée. Le ratio dépend de la part des diverses sources d'énergie.

$\text{E}/\text{PIB}$  : intensité énergétique primaire du PIB mondial du secteur, la quantité d'énergie utilisée pour produire un euro de biens ou services

$\text{PIB}/\text{POP}$  : PIB par habitant, une mesure du niveau de vie moyen ;

Ici le besoin est exprimé dans son unité sectorielle et non en devise.

Le troisième axe pourrait s'appeler la pollution carbone de l'énergie . La surface à iso- $\text{CO}_2/p$  ressemble à une voile de spinnaker.

L'objectif de réduction des GES est donc de passer de la voile rouge de 2022 à la voile jaune de 2050. Pour ce faire, la trajectoire est donc le vecteur efficacité-sobriété avec une troisième dimension -décarbonation<sup>16</sup>. Ces trois directions sont mathématiquement d'égale importance et

<sup>15</sup> [https://fr.wikipedia.org/wiki/Identit \\_de\\_Kaya](https://fr.wikipedia.org/wiki/Identit _de_Kaya)

<sup>16</sup>il est important de ne pas confondre sobriété (qui se fonde sur notre rapport   nos besoins et   des choix de mode de vie) et « sobriété carbone » (qui consiste   remplacer les sources d'énergie carbonées par des sources non carbonées sans questionner les besoins ni la performance

peuvent toutes avoir un effet rebond en une (voir maintenant deux dimensions). Mais les coûts et les mises en œuvre sont différents ; c'est là tout l'enjeu de la réflexion politique à mener.

La coupe d'une voile avec le plan horizontal du plancher social bleu et celui du plafond orangé dessinent deux segments (fig 9) d'une fonction inverse bornés sur une carte aux deux axes performance énergétique -pollution énergétique. On remarque que le segment bleu du plancher a un angle d'ouverture ( $\alpha$ ) plus grand que l'orange et il est situé plus loin du point qui représente l'axe de l'empreinte (0,0) . Cela signifie que deux personnes sur une même voile celle au plancher a utilise des techno-performances énergétique moins bonnes et utilise des énergies plus polluantes que la personne au plafond<sup>17</sup> tout en ayant le même impacte sur le réchauffement climatique (même kg<sub>CO2</sub>).

### .Niveau international?

De même qu'il y a des trajectoires différenciées possibles entre individus, cette carte permettrait de concevoir différentes trajectoire entre les pays, en abordant ouvertement à l'échelle internationale les normes et directions des vecteurs efficacité-sobriété, les coûts engendrés, les planchers et plafonds différents , les écarts par déciles au sein des pays.. etc.

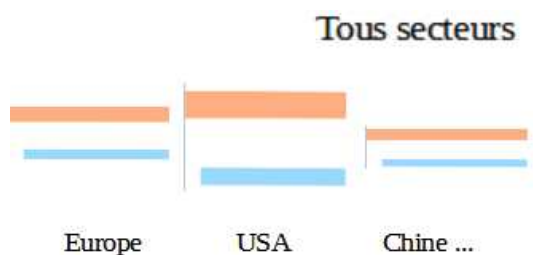


Figure 13: Comparaison internationale des cartes de la transition énergétique tous besoins confondus

<sup>17</sup>Si on cherche un exemple trivial, comme le cas simple d'un seul moyen de transport, cela s'explique ainsi: " la personne au plancher avec un vieux véhicule peu performant comme un diesel bas de gamme très polluant , est a comparer du point de vue de l'objectif 2050 avec une personne au plafond avec un véhicule performant et hybride.