



# ECLAIRAGE SUR....

LES NOTIONS DE L'AXE 1 EGP#2 : LE DEPARTEMENT FACE AUX TRANSITIONS ET  
AUX CRISES

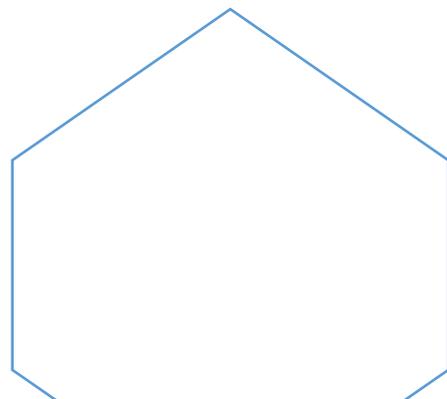
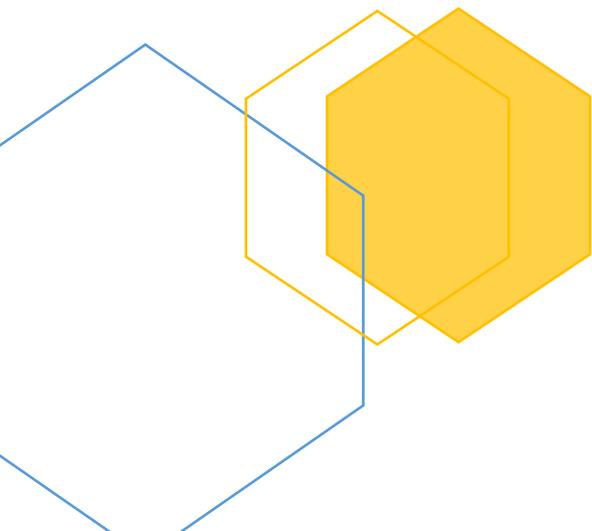
---

## TRANSITIONS

Délégation Générale du Conseil de Provence

Sous le pilotage de : Magali BENCIVENGA

Rédacteurs : Victoria LEMETTRE, Thomas VERCELLONE, Magali BENCIVENGA





## SOMMAIRE

<b>1. TRANSITIONS, APPROCHE GENERALE</b>	<b>p4</b>
<b>1.A – Définitions</b>	<b>p4</b>
Source : <i>transition(s) en question. Quelles approches géographiques de la notion de transition ? Cadrage épistémologique de la notion de transition en sciences humaines et en géographie</i> , Stéphanie Beucher et Marion Mare, 97-4   2020 <i>Transition(s)</i>	
<b>1.B - Transitions et progrès ?</b>	<b>p8</b>
Sources : <i>Il existe une multiplicité de visions du progrès</i> , Uzbek et Rica, 23 avril 2022 (Olivier Desbiey)	
<b>2 - TRANSITION ECOLOGIQUE ET CLIMATIQUE</b>	<b>p9</b>
<b>2.A - Transition écologique</b>	<b>p9</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>La transition écologique en France, un défi sans précédent. Source : Timsit Sébastien, Grandjean Alain, <i>Futuribles</i>, vol. 435, n°2, 2020, pp. 5-23</li> <li>Initiatives citoyennes et transition écologique : quels enjeux pour l'action publique ? Source Commissariat Général au développement durable – Délégation au développement durable</li> </ul>	<p>p9</p> <p>p16</p>
<b>2.B - Transition énergétique</b>	<b>p20</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le progrès technique, clef de la transition énergétique ? Quelles technologies, pour quelles filières, à quel horizon temporel ? source : Papon Pierre, <i>Futuribles</i>, vol. 436, n°3, 2020, pp. 23-39</li> <li>Les obstacles à la transition énergétique. Les résistances idéologiques et sociopolitiques. Source : Haëntjens Jean, <i>Futuribles</i>, vol. 436, n°3, 2020, pp. 41-54</li> <li>Les perspectives énergétiques mondiales, horizon 2040. Les scénarios de l'agence internationale de l'énergie. Source : Cozzi Laura, <i>futuribles</i>, vol. 438, n°5, 2020, pp. 49-67</li> <li>Prospective des transitions énergétiques : entre modélisation économique et analyse des scénarios stratégiques, Source : Criqui patrick, Waisman Henri, <i>Futuribles</i>, Vol 438 N° 5, 2020</li> <li>Transition énergétique : Chine, Etats-Unis et Union européenne. Les technologies bas carbone à l'épreuve de la géopolitique. Source : Eyl-Mazzega Marc Antoine, Matthieu Carole, <i>Futuribles</i>, Vol 436 N° 5, 2020</li> </ul>	<p>p21</p> <p>p26</p> <p>p29</p> <p>p38</p> <p>p45</p>
<b>2.C - Transition climatique</b>	<b>p48</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Les nouveaux scénarios du GIEC, encore plus alarmants ! Source : Ségur Marie, <i>Futuribles</i>, Vol 445 N° 6, 2021</li> </ul>	<b>p48</b>
<b>2.D - Circularité, soutenabilité</b>	<b>p49</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pour une métropole circulaire, ici et maintenant. Source : Grosse François, <i>Futuribles</i>, Vol 436 N° 5, 2020</li> <li>Soutenabilité. Extraits de <i>Soutenabilités ! Orchestrer et planifier l'action publique</i>, France stratégie</li> </ul>	<p>p49</p> <p>p55</p>
<b>3. TRANSITION NUMERIQUE ET TECHNOLOGIQUE</b>	<b>p57</b>
<b>3.A - Transition numérique ; définition</b>	
Source : <i>Les impacts de la transition numérique</i> , CNFPT	<b>p57</b>
<b>3.B - Intelligence artificielle</b>	<b>p63</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le géant mondial Meta choisit Marseille pour installer sa première académie du métavers au monde.</li> <li>Bibliographie rapports IA</li> </ul>	<p>p63</p> <p>p65</p>

Les contributions « Eclairages sur... » de la Délégation Générale du Conseil de Provence visent à éclairer, nourrir et irriguer l'ensemble des travaux EGP#2 des diverses configurations de travail CDP/Délégation, en présentant des éclairages notionnels (conceptuels et/ou théoriques) ; analytiques ou d'actualité.

# 1 - TRANSITIONS, APPROCHE GENERALE

## 1.A - DEFINITION(S)

Source : *Transition(s) en question. Quelles approches géographiques de la notion de transition ? Cadrage épistémologique de la notion de transition en sciences humaines et en géographie*, Stéphanie Beucher et Marion Mare, 97-4 | 2020 *Transition(s)*

P. Chabot (2015), Transition = « esprit de l'époque ».

### 1- DEFINITION DE LA TRANSITION : UN NOUVEAU PARADIGME ?

#### 1.1 – Les 1ers travaux

En SHS, la transition a d'abord désigné le passage d'un état d'équilibre à un autre supposé.

- Originellement, notions de :
  - transition démographique qui montre imbrication entre différents processus de transition cad transition démographique pouvant être interprétée comme une conséquence des transformations économiques majeures de l'ère industrielle.(années 20/30)
  - transition épidémiologique, étudiée à partir du modèle de la transition démographique (années 40/50)
  - transition économique (William Rostow 1960, *Les étapes de la croissance économique*, identifie cinq étapes par lesquelles passeraient les sociétés en transition vers l'âge de la consommation de masse).  
=> cette vision linéaire du développement est critiquée.
- Années 80 : Courant de la « transitologie » vise à comprendre les transformations politiques et économiques (Europe du Sud, Amérique latine, Europe centrale et de l'Est, Afrique subsaharienne) à la fin de la guerre froide. Critiques :
  - Travaux sur transition démocratique mettent en évidence *un des risques de l'utilisation de la notion de transition = tentation téléologique et la volonté de construire des modèles de transition sur fond idéologique.*
  - Notion ne faisant pas consensus : remise en cause de l'idée d'un modèle universel transférable partout et non prise en compte des « héritages » (ici, plutôt parler de transformations) [Stark & Bruszt 1998] + importance sur la pluralité des transitions.
- A partir années 90 : autres acceptations imposées dans champ environnemental.

#### 1.2 – Transition, nouveau paradigme après le développement durable ?

- Dès années 70 : émergence de l'idée de transition écologique sans être un concept mobilisateur (1972 : rapport Meadows).
- Années 90' et 2000' : intérêt pour notion de transition dans contexte de changement global. Nouveaux problèmes environnementaux (changement climatique, raréfaction des ressources, ...) => intérêt pour transitions sociotechniques nécessaires pour aboutir à des modes de développement durable ⇔ travaux sur *sustainability transitions* + à partir de 2009 : structuration avec création du *Sustainable Transitions Research Network* (STRN et de sa revue (à p. 2011) : *Environmental Innovation and Societal Transitions*.
  - Publications sur transition énergétique, dans cadre passage système énergétique dominé par énergies fossiles à un autre, majoritairement renouvelable.
    - ⇒ notion de transition décrit des **changements majeurs, des mutations profondes sans pour autant que ceux-ci soient brutaux ou rapides**, il s'agit d'une transition sur un temps long (40 à 50 ans) qui

implique de nombreux acteurs. Ces travaux interdisciplinaires liés aux recherches sur le paradigme du développement durable : **la transition est interprétée comme le passage vers des sociétés plus durables. Ces travaux reposent enfin sur l'idée que les trajectoires de transition passent par l'innovation technologique (« innovation de rupture »).**

- Autre approche émergente d'initiatives citoyennes d'échelle locale (ex : transition towns). **Transition apparaît comme la réponse à une nécessité d'inventer et de promouvoir, à l'échelle des communautés, des modes de vie « post-carbone ».** ⇔ transition alimentaire (ex : permaculture), transition énergétique ou économique (monnaie locale, décroissance, ...) + justice sociale.
- Approche plus globale globale : « **sociétés en transition** » = écologique, sociale, économique, politique, énergétique, alimentaire, territoriale, etc. Se substitue au DD, critique approche avec durabilité faible, sans ruptures (ie sans remise en cause principes de mondialisation, ...)

### 1.3 – Institutionnalisation notion de transition et glissement sémantique

Succès notion en Europe occidentale => En France :

- création conseil national de la transition écologique (2012),
- « loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte » (août 2015),
- ministère Transition écologique et solidaire (2017),
- Haut Conseil pour le climat (2018).

On note des changement sémantiques mais les politiques définies s'inscrivent dans la continuité des politiques antérieures de développement durable.

## 2- PLACE DE LA GEOGRAPHIE DANS LES TRAVAUX SUR LES NOUVELLES APPROCHES DE LA TRANSITION

### 2.1- Travaux de géographes sur la transition : spatialisation et prise en compte de l'espace-temps

- *Transition démographique* pour analyse comportements démographique et pour le mettre en lien avec d'autres types de transition.
- *Transition épidémiologique* = marqueur inégalités socio-spatiales.
- *Transition mobilitaire* = croissance des mobilités résidentielles à toutes les échelles (migrations internationales, exode rural, migrations inter et intra-urbaines) correspondant aux différentes phases de la transition démographique. La transition mobilitaire caractérise des mutations des sociétés contemporaines, passant progressivement d'une sédentarité dominante à une hypermobilité dominante. En outre, l'analyse des « systèmes de mobilité » témoigne d'une variété des pratiques sociales de mobilité et de la mise en évidence des inégalités socio-spatiales engendrées par la transition mobilitaire.
- 1990 : *transition urbaine* = passage d'une société majoritairement rurale à une société majoritairement urbaine. « *La transition urbaine est bien plus qu'un passage statistique : c'est aussi un passage dans le fonctionnement et l'organisation des territoires ; dans leur gestion et dans celle des citoyens qui les habitent ; c'est enfin un passage politique* » [Steck 2006] => ouverture champ d'étude sur idée de transition dans l'organisation-même de la ville (pluralité d'acteurs).
- *Réflexions sur les temporalités* : articulation dynamiques spatiales et temporelles pour mettre en évidence le « *temps spatial* » (C.Gratatou, 1994).  
La transition n'est pas processus linéaire mais est fait de ruptures, de bifurcations, de cycles, de retours en arrière  
⇔ réflexions sur poids structures spatiales héritées et donc sur conservation et reconversion => notion de « *recomposition des territoires* »

Etude champs productifs => mise en évidence d'interactions complexes et articulation des temporalités. Elle souligne les impacts sociaux, paysagers, économiques de la transition et interroge les modalités de la prise en compte du temps et de la mémoire dans les politiques de reconversion.

**CAD l'approche systémique est nourrie des réflexions sur les discontinuités ⇔ limites non nécessairement des discontinuités franches mais pouvant être des transitions graduelles cad analyse des gradients et effets de seuil mettant en évidence diversité des processus de transition.**

2000' : réflexion sur les dynamiques géographiques à l'œuvre dans les processus de transition vers le développement durable => en quoi la spécificité du lieu est un élément indispensable pour comprendre les processus de transition ?

+ travaux sur transition énergétique analysent le changement de système énergétique mais aussi la transformation en profondeur des structures sociales, économiques et territoriales (ex : territorialisation système électrique et énergies renouvelables comme condition de la durabilité transition énergétique [Duruissieu 2014]).

## 2.2 – Importance travaux en géographie de l'environnement et en géographie des risques

- Géographie environnementale et géographie des risques :

Pas de véritable conceptualisation de la notion de transition mais **approche systémique** permettant de **travailler sur concepts indispensables pour penser notion de transition** :

- **Analyse interface nature/société et géosystème** (G. Bertrand) = nécessité de soumettre les spatialités et temporalités de la nature au filtre des représentations et des valeurs des sociétés.

- Mobilisation par **géographie des risques** de notions et concepts permettant de comprendre transition écologique : **crise, vulnérabilité, résilience, adaptation ⇔ risque systémique**

- ⇒ Travaux sur **résilience** [Reghezza-Zitt & Rufat 2015] appuyés sur modèle de « panarchie » [Gunderson & Holling 2002] = **remise en question de l'idée de retour à l'équilibre ou à la stabilité après une perturbation, perçue comme une rupture cad au contraire réinscription de l'événement que constitue la crise ou la catastrophe au sein d'un continuum temporel qui tient compte des héritages du passé et au sein d'un système spatial constitué de sous-systèmes eux-mêmes plus ou moins instables et évoluant selon des temporalités très différentes** (≠linéarité des processus de transition, notamment parce que éléments composant système n'évoluent pas selon les mêmes temporalités) ⇔ **Notion de transition renvoie alors au passage continu entre des situations d'équilibre instable et la résilience est alors une propriété intrinsèque du système territorial pour faire face, dans le temps long, à l'instabilité permanente ou aux changements majeurs.** »
- ⇒ Modèle avec intégration des échelles spatiales = disparition d'un sous-système peut révéler et nourrir la capacité de résilience d'un méta-système.
- ⇒ « *Le modèle de panarchie permet ainsi de représenter les interactions et les rétroactions entre le système englobant (global) et le système englobé (local), les deux niveaux co-évoluant tout en conservant leur propre dynamique* » [Reghezza-Zitt 2016].
- ⇒ **Caractère transcalaire des risques, simultanément locaux et supra-locaux dans contexte de mondialisation** ⇔ Limites d'une approche multiscalaire (passant par décomposition des systèmes de risques en différents sous-systèmes analysés séparément selon les échelles) // Difficulté = penser l'imbrication des échelles, le va-et-vient entre le local et le global. (Ex : Haut Conseil du Climat, rapport juillet 2020 = pertinence de l'échelle régionale, comme échelle de planification, pour penser la transition territoriale. L'échelle urbaine, dans la lignée des travaux sur la ville durable peut également être une échelle intéressante d'analyse des stratégies d'adaptation des sociétés.

### 2.3 – De la géo de l’environnement à la géopolitique : la « transition juste »

- *Travaux écologie politique* = penser les modalités de l’adaptation des sociétés humaines face aux risques
- ⇒ Tension, voire contradiction, entre la nécessité pour les experts et les politiques de définir des cadres pour des mutations globales et systémiques et le besoin de définir des stratégies socialement acceptables qui impliquent l’ensemble des populations.
- ⇒ Critique des travaux sur la transition sociotechnique : trop de concentration sur les élites politiques et économiques et les experts, appréhendés comme les seuls capables s’impulser des processus collectifs de transition.  
« Pour eux, penser la transition implique de répondre aux questions suivantes : qui (et qui n’est pas) représenté et inclus dans les processus de décision concernant la transition ? ; qui possède le savoir (reconnu comme tel) ? ; où et à quelle échelle les décisions sont-elles prises ? ; comment les rapports de force et les jeux de pouvoirs influencent-ils les processus ? ; quelles sont les conséquences sociales de l’adoption d’une nouvelle technologie ? ; pourquoi les processus de transition se mettent-ils en place de manière très inégale au sein d’un même pays ou d’une même région ? »
- ⇒ Question transition au centre des processus actuels de transition territoriale, afin d’engager des transformations menant à des modes de développement plus résilients => nécessité d’envisager des solutions aux défis énergétiques et environnementaux partagées par l’ensemble de la société. CAD réinscription des impératifs environnementaux de la transition dans débat démocratique, par-delà les discours catastrophiques sur l’urgence ou la menace climatique. **La transition est alors une transition géopolitique qui intègre l’ensemble des acteurs et des jeux de pouvoirs.**

#### TRANSITION COMME NOUVEL OBJET GEOGRAPHIQUE

##### La transition comme nouvelle grille de lecture des dynamiques spatiales

- Notion descriptive qui permet d’analyser des changements territoriaux à toutes les échelles ainsi que les modalités de ces changements dans le cadre de systèmes complexes et instables
- Permet d’approfondir les travaux sur la résilience, les crises, les bifurcations spatiales, la justice sociale/environnementale
- Réflexion épistémologique sur la transition territoriale

- Identification des grands défis contemporains (ressources, risques, etc.)
- Contextualisation/territorialisation des différentes transitions
- Mise en évidence des rythmes, des temporalités
- Analyse des conséquences des processus de transition (recompositions spatiales)

##### L’importance de l’articulation des échelles

- Quelle échelle pertinente de mise en œuvre ?
- Penser l’articulation des échelles, les imbrications local/global
- Étude des modalités de gouvernance des transitions
- Analyse et interprétation des conflits scalaires

Approches multiscalaires et mise en évidence des articulations entre ces différentes échelles : échelle locale, nationale (en particulier la France), régionale (Arctique, UE) et mondiale

#### TRANSITION COMME CONCEPT CRITIQUE (= GRILLE D’INTERPRETATION)

- Mise en évidence des limites de la notion
- Analyse des transitions qui sont des échecs
- Réflexion sur les modèles et leur transférabilité, sur les coûts
- Définir des outils de mesure et d’analyse de la transition territoriale (limite des indicateurs de développement durable)

## 1.B - TRANSITION ET PROGRES ?

---

*Sources : Il existe une multiplicité de visions du progrès, Uzbek et Rica, 23 avril 2022 (Olivier Desbief)*

### Enseignements tirés de la séquence historique récente :

- Black swans : événements imprévisibles mais aux effets puissants ;
- Nécessité de préparer avenir.
  - ⇒ **Ere de l'hybridité**, caractérisée par de nouvelles manières de travailler et d'occuper l'espace géographique.
  - ⇒ **Risques nouveaux, imbriqués et systémiques**.

### Exploration de 4 axes thématiques liés au « progrès » :

- **Futur des entreprises** dans un monde caractérisé par des crises perpétuelles : rôle de la technologie par rapport à humain ? alignement mission et modèle éco entreprise ?
- **Défi environnemental** : croissance verte (confiance dans innovation technologique censée permettre découplage entre croissance et réduction de l'impact environnemental) versus décroissance (changements de comportement dans logique de frugalité) ?
- **Fragmentation de la société** : pressions pesant sur la cohésion sociale, rôle des réseaux sociaux et mécanismes issus de la cancel culture ?
- Enjeu du **bien-être et de la santé mentale** : véritables indicateurs de progrès ?

Idée de progrès => **mouvement** (et donc prospective et futur) + **qualité du mouvement** qui lui imprime une direction préférable et/ou désirable => ouverture espaces de controverses ou de visions contrastées => multiplicité visions et interprétations du progrès qui se confrontent.

Sur quoi se fonde le progrès ? « **Derrière ces confrontations se pose la question de savoir sur quoi doit être fondé le progrès : est-il nécessairement technologique ? L'approche individuelle de cette notion l'emporte-t-elle sur son acception plus collective ? Comment concilier performance et quête de sens ? Il existe une multiplicité de visions et d'interprétations du progrès, basées sur des facteurs historiques, idéologiques, culturels et géographiques qui ne sont d'ailleurs pas statiques. C'est à partir de leur confrontation que se construit aussi le « monde d'après** ». »

Cette dynamique n'est pas nouvelle mais les tensions autour de la notion exacerbées en période de crise.

## 2 - TRANSITION ECOLOGIQUE & CLIMATIQUE

### 2.A - TRANSITION ECOLOGIQUE

#### LA TRANSITION ECOLOGIQUE EN FRANCE : UN DEFI SANS PRECEDENT

Source : Timsit Sébastien, Grandjean Alain, *Futuribles*, vol. 435, n°2, 2020, pp. 5-23

**Résumé :** Les auteurs présentent ici le *vaste défi que constitue la transition écologique et sa mise en œuvre en France*. Après avoir rappelé *l'ampleur de ce défi à l'échelle mondiale, européenne et française*, ils rappellent la *situation actuelle* en matière d'émissions de CO2 et *les baisses drastiques qu'il faudrait opérer* pour espérer limiter le réchauffement climatique en dessous des 2 °C à l'horizon 2100 (comparé au niveau préindustriel).

La France s'est fixé une feuille de route très ambitieuse en la matière, visant la neutralité carbone à l'horizon 2050. Pour tenir cet objectif, il est urgent selon nos auteurs d'engager de *grandes évolutions sectorielles dans le pays* — exploitations forestières, bâtiment, transports, énergie... Ils en précisent les grandes lignes avant de montrer *comment la décarbonation de l'économie française pourrait être mise en œuvre en limitant au maximum les dégâts collatéraux* sur le plan de l'emploi et des équilibres sociaux. Ils montrent ainsi *combien la finance et l'orientation de l'investissement* sont déterminantes, de même que la *fiscalité carbone*, indispensable mais qui nécessite un réel effort de *mise en œuvre et de pédagogie* pour qu'elle ne soit pas vécue comme une injustice sociale. Ils pointent enfin les *secteurs qui seront particulièrement affectés* par la transition écologique en France, et *ceux sur lesquels celle-ci doit miser*, qui pourraient contrebalancer les effets (notamment en termes d'emploi) de ce vaste chantier, sans précédent et dont la mise en œuvre est désormais urgente.

Alors que la France s'est fixé l'objectif très ambitieux de la neutralité carbone à l'horizon 2050, les événements récents (moratoires sur la hausse de la taxe carbone, échec de la COP25) réinterroge la capacité du pays à relever le défi.

#### I. LES GRANDS DEFIS DE LA TRANSITION ENERGETIQUE EN FRANCE

La transition énergétique en France suppose des efforts à fournir :

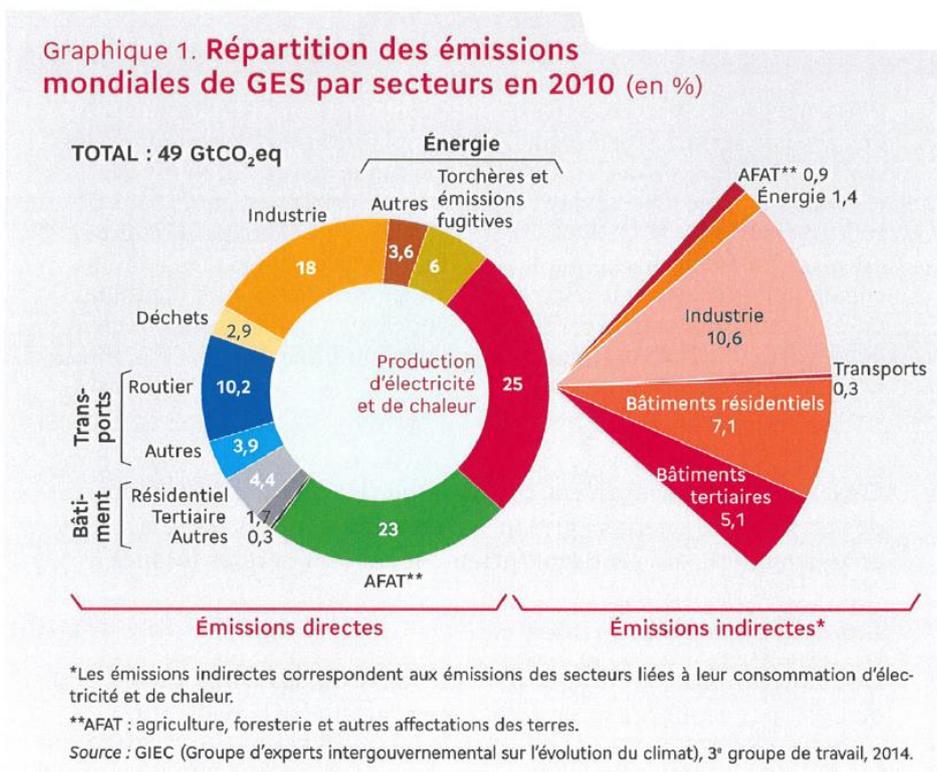
- tant individuels, par les particuliers et les ménages (changement des modes de consommation de biens et services, notamment alimentaire, rénovation de l'habitat, priorisation des sources d'énergie renouvelables...)
- que collectifs, par les secteurs publics et privés, et notamment par :
  - une stratégie forte de décarbonation des secteurs :
    - ✓ industriel, par une priorisation de l'énergie électrique ;
    - ✓ du transport, notamment par le report modal ou la mobilité douce, une réinvention du transport collectif, l'investissement + R & D dans les transports aériens et maritimes ;
    - ✓ agricole, par le désendettement des agriculteurs, une rénovation des modèles économiques, la lutte contre la spéculation foncière,...
  - la préservation des espaces naturels, notamment par une meilleure gestion des forêts, plus dynamique, plus agile et plus résiliente (notamment production plus propre du bois, optimisation du stockage dans le temps...) ;
  - l'activation de leviers politiques, stratégiques ou financiers :
    - ✓ la fixation de l'enjeu environnemental comme pilier du système politique, diplomatique et fiscal national afin d'y soumettre la définition de l'ensemble des politiques publiques du pays ;
    - ✓ le doublement de l'investissement climatique par des leviers économiques (fiscalité climat) ou réglementaires (ex : obligations de rénovations), principalement dans les secteurs du logement, des transports, des énergies renouvelables et nucléaire, l'agriculture et l'industrie ;
    - ✓ une lutte accrue contre les inégalités sociales (et corrélativement énergétique).
  - une posture volontariste et la priorisation des enjeux environnementaux et climatiques dans le cadre des négociations d'accords internationaux et européens.

## II. ETAT DES LIEUX

### 2.1. Etat des émissions mondiales

A l'échelle mondiale, il reste entre 15 et 20 ans d'émissions annuelles avant de dépasser le seuil raisonnable permettant de cantonner le réchauffement climatique en dessous des +2°C. Et, selon le GIEC, pour avoir une probabilité raisonnable (66%) d'atteindre cette objectif, le budget carbone restant avoisinait les 1170 Gt de CO<sub>2</sub>, et seulement 470 Gt pour limiter le réchauffement à 1,5°C.

Ces émissions de GES<sup>1</sup> (directes ou indirectes, associées à la production d'électricité et de chaleur) sont principalement le fait des secteurs industriels, agricoles, puis du bâtiment et du transport).



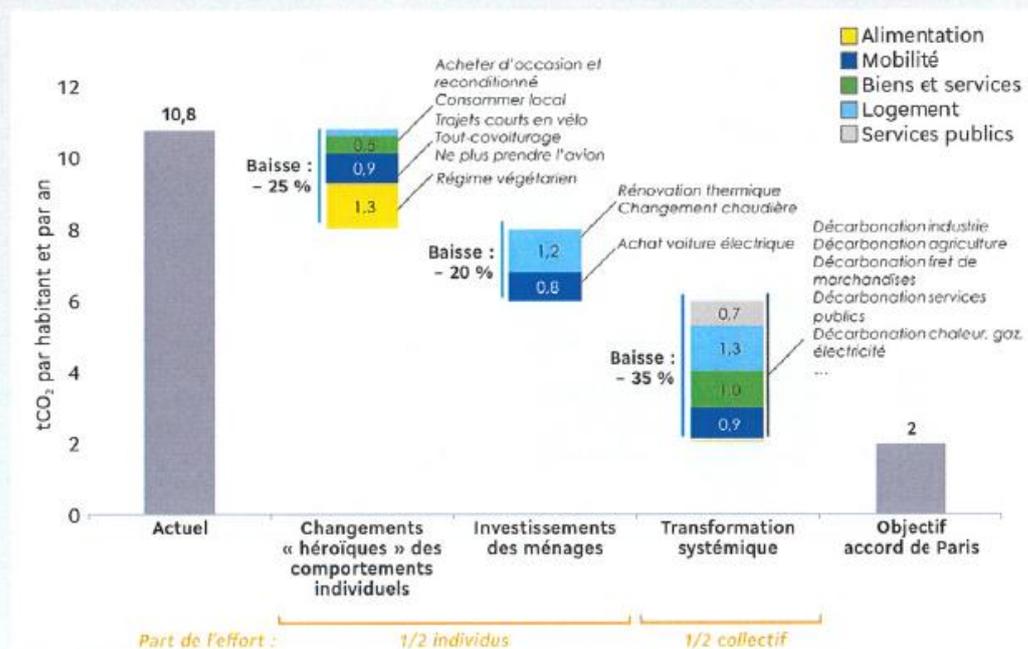
### 2.2. Etat des émissions en France

En France, pour atteindre en 2050, l'objectif zéro carbone posé par la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC), il conviendrait de diviser par 5 les émissions des GES nationales par rapport à leur niveau actuel, pour les faire tomber à 80MtCO<sub>2</sub>eq (actuellement, 450Mt). Cette estimation ne prend en compte ni les émissions liées aux produits importés de l'étranger ou des DROM-COM, ni les émissions de CO<sub>2</sub> séquestrées annuellement sur le territoire.

Il est à noter que 50 % de ces réductions pourraient être réalisées directement par les ménages si chaque français parvenait à faire tomber son bilan carbone de 11tCO<sub>2</sub>eq annuelles à seulement 2t. Or, cela impliquerait, outre une acculturation aux bons gestes et un changement dans les modes de consommation, des investissements individuels (cf. graphique ci-après) qui ne sont pas nécessairement à la portée de tous.

<sup>1</sup> Plusieurs gaz sont responsables de l'effet de serre dont les trois principaux sont le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) – principalement dû à la consommation d'énergie (électricité, chaleur, transport...) – ainsi que le méthane (CH<sub>4</sub>) et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) – essentiellement issus du secteur agricole. Toutefois, ces émissions sont toutes rapportées en équivalent CO<sub>2</sub> afin de permettre de les comparer ou de les agréger, notamment dans le cadre des études prospectives.

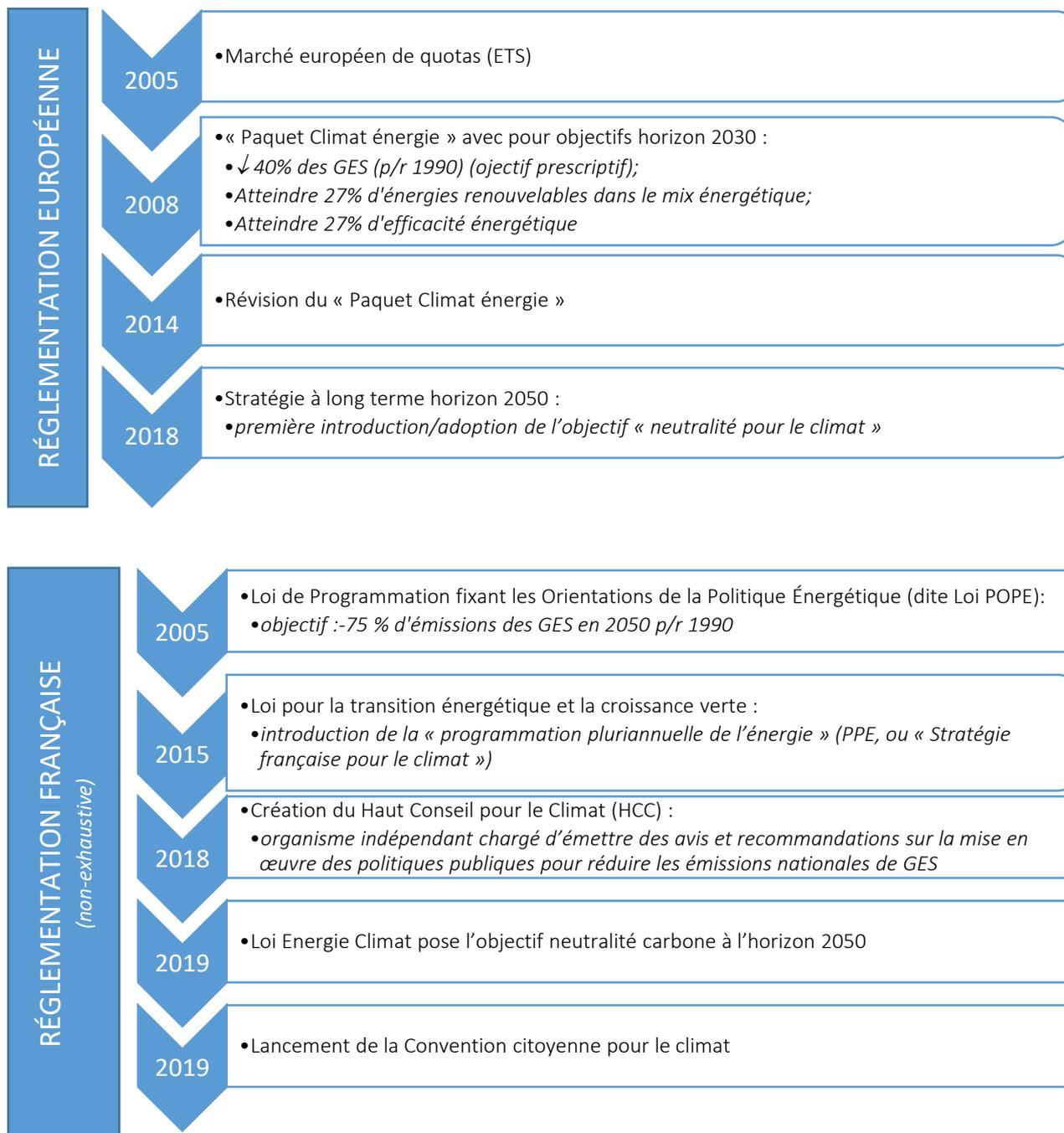
**Graphique 3. Leviers de réduction de l’empreinte carbone moyenne d’un Français**  
 (hypothèse d’un « engagement personnel et “héroïque” des individus »)



Source : DUGAST César et SOYEUX Alexia, *Faire sa part ? Pouvoir et responsabilité des individus, des entreprises et de l'État face à l'urgence climatique*, Paris : Carbone 4, juin 2019, p. 17 (analysé en p. 134 de ce numéro).

n° (JP : 138 124 244 351)

### 2.3. Evolution du cadre réglementaire

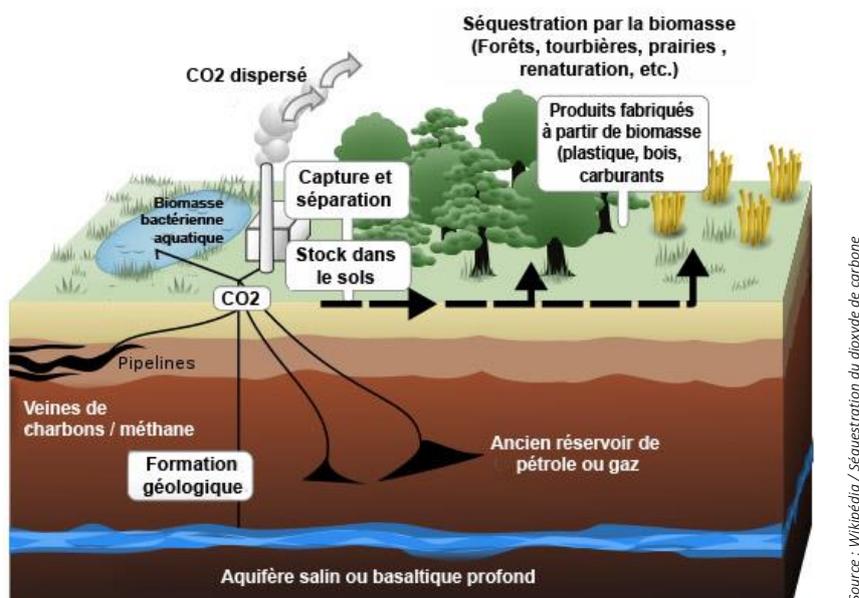


### III. LES GRANDS EVOLUTIONS SECTORIELLES EN FRANCE

Des évolutions majeures dans quelques grands secteurs de l'économie française seront déterminantes pour atteindre l'OZC 2050 et peuvent être interrogées sous le prisme de la SNBC qui fait reposer à 50% sur les ménages l'objectif neutralité carbone ainsi qu'à la lumière de l'étude EPE ZEN<sup>2</sup> qui préconise plutôt un large déploiement des technologies existantes et une pression limitée sur les ménages.

#### 3.1. La séquestration du carbone

Figurant parmi les techniques et mesures envisagées pour réaliser les Accords de Paris, la séquestration de carbone vise à capter et stocker à long terme du dioxyde de carbone hors de l'atmosphère ; par exemple :



Les efforts à fournir porteraient sur :

- principalement, la redynamisation de la composition tissu forestier, gisement essentiel du puits de carbone national, et l'amélioration de sa résilience au changement climatique ;
- la cessation de l'artificialisation des sols doublée de la requalification de sols et friches agricoles en prairies et de prairies en forêts ;
- la mise en œuvre d'une stratégie de capture et stockage industriel du carbone.

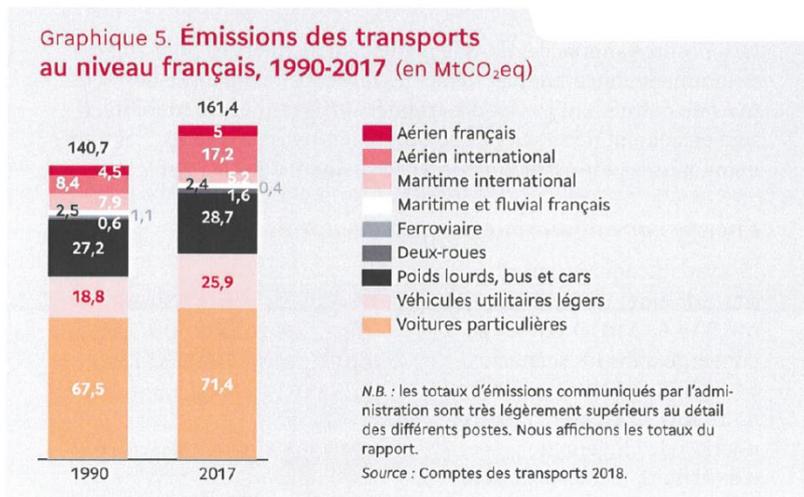
#### 3.2. L'impératif de progrès d'ampleur dans le secteur du bâtiment

Suivant les scénarii, il est nécessaire de réduire les émissions directes de ce secteur de 90 (EPE ZEN) à 95 % (SNBC) par rapport à leur niveau actuel. Cela supposerait la rénovation de 500.000 à 700.000 par an entre 2030 et 2050 pour espérer atteindre 90, voire 100 % du parc rénové à des niveaux performants. La décarbonation passerait ici par l'isolation des logements, changements des modes de chauffage, optimisation des consommations, voire mesures de sobriété énergétique.

A cet égard, les mesures prises (aides financières, obligations de rénovations avant 2028) sont largement insuffisantes, voire inadaptées (ex : soutien de la conversion vers le gaz, énergie dont la part de renouvelable est inférieure à 1 % et l'empreinte carbone supérieure à beaucoup d'autres).

<sup>2</sup> Conduite par les cabinets Carbone 4 et Enerdata pour l'association Entreprises Pour l'Environnement (ZEN = Zéro Émission Nette)

### 3.3. Le transport, premier poste d'émissions à réduire



Dans ce secteur, les émissions devraient diminuer, selon les trajectoires, pour tomber de 10 (EPE ZEN) à 30 (SNBC) fois moins que leur niveau actuel, ce qui suppose des efforts drastiques dans les usages individuels et les moyens collectifs, plus particulièrement en matière de transport terrestre : report modal et changement d'usages, électrification et optimisation de la performance des véhicules, maîtrise des flux notamment logistiques,... le tout, sous des contraintes lourdes liées à l'urbanisation ou encore des enjeux d'équité socio-économique.

Les mesures existantes (politiques urbaines liées à la qualité de l'air, bonus/malus écologiques et primes à la conversion, réglementation sur la vente de véhicules neufs, fiscalité sur les carburant...) vont dans le bon sens mais sont insuffisantes à la décarbonation de la mobilité. Des mesures plus solides devront être prises et des investissements nettement plus lourds (infrastructures, plan Vélo...) engagés.

### 3.4. Energie : vers une décarbonation presque totale

Selon les projections d'EPE ZEN et SNBC, les émissions du système énergétiques s'orientent vers une baisse de 80 % minimum à l'horizon 2050.

Toutefois, si l'électricité française (qui représente plus de la moitié des émissions du secteur) est actuellement peu carbonée et que la LEC prévoit de ramener à 50 % la part du nucléaire dans la production électrique, le succès de la décarbonation de la production énergétique implique un développement massif des énergies renouvelables bien au-delà de la seule production d'électricité.

En effet, même en cas de montée en puissance des EnR, la capacité de production électrique française ne suffirait pas à couvrir la totalité des besoins en énergie faisant ainsi obstacle à un éventuel passage au tout-électrique. Dans cette perspective – et si elle est en bonne voie pour la production de chaleur – la décarbonation totale reste une gageure pour ce qui concerne la production de gaz. Car, au-delà des difficultés à produire du gaz décarbonné (liées à l'accès aux nouvelles technologies et au foncier ou encore à l'usage de la biomasse), la conversion des systèmes à gaz demeure problématique en soi.

Ainsi et en son état actuel, l'équation énergétique – notamment l'objectif sus-évoqué de "*sobriété nucléaire*" – induit de relever d'importants défis (gestion de la biomasse agricole et forestière / séquestration du carbone ; accélération conséquente du développement des EnR, moratoire sur la baisse du recours au nucléaire couplée au lancement du « *grand carénage*<sup>3</sup> »...).

## IV. AU CŒUR DE LA DECARBONATION, LES GRANDS ENJEUX ECONOMIQUES, FINANCIERS ET SOCIAUX

### 4.1. La place de la finance dans la décarbonation de l'économie

Outre les leviers liés aux agents émetteurs de carbone, l'un des leviers majeurs vers l'OZC repose sur un nécessaire engagement écoresponsable des acteurs du secteur financier. En effet, si la Commission européenne s'est attachée en 2019 à conceptualiser le « *financement durable* » dans le cadre d'un accord sur la finance verte, les mesures actuelles demeurent essentiellement informatives, au mieux incitatives, non-prescriptives.

A l'heure actuelle, les acteurs du secteur – parmi lesquels réseau NGFS, réseau financier international créé sous l'impulsion de la BDF – explore toutes sortes de pistes et leviers potentiels d'action tels que :

- l'introduction d'une pondération écoresponsable des besoins en fonds propres des prêts bancaires (incitatif tant pour les porteurs de projets que pour les établissements bancaires qui verraient diminuer la rentabilité sur fonds propre des projets préjudiciables à l'OZC) ; une expérimentation du dispositif est actuellement à l'étude chez Natixis ;
- une réorientation des activités de la BCE, via une valorisation des projets relativement à leur caractère plus ou moins écologique ou encore le verdissement du *quantitative easing* ;
- les choix d'investissement des banques publiques d'investissement (ex : BPI) ou de développement (ex : BERD) en faveur de projets favorables au climat et le potentiel effet de levier de ces dépenses publiques.

### 4.2. Quid de la fiscalité carbone ?

La fiscalité carbone est un levier dont le caractère incitatif a fait ses preuves (ex : Suède). Elle se matérialise par l'instauration d'une taxe sur les solutions émettrices de CO2 assortie :

- d'une exonération sur les solutions non-émettrices qui incite les fabricant à les privilégier et soutenir ainsi la décarbonation progressive des activités émettrices ;

---

<sup>3</sup> Vaste projet industriel visant le renforcement des installations de production d'électricité nucléaire en France

- une augmentation du coût de l'énergie qui permet de limiter l'effet rebond en responsabilisant le consommateur final dans ses usages ;

Toutefois, son caractère inéquitable suscite largement l'hostilité de l'opinion publique dès lors que :

- son poids relatif pour les ménages est inversement proportionnel à leur niveau de revenus et que les solutions non-émettrices => inégalité économique ;
- elle ne peut être compensée par le recours à des solutions alternatives (desserte des transports collectifs, achat de véhicules non-polluants...) => inégalités d'accès ;
- plus les revenus des ménages sont faibles, plus la mesure contraint les choix de vie et d'usage des individus => restriction inégalitaire de libertés ;

Ainsi, le succès d'une telle mesure implique une mise en récit et une pédagogie spécifique permettant de :

- remettre l'objet de la taxe au centre des débats (lutte contre le changement climatique) afin de dépassionner le débat, redonner confiance à l'opinion et susciter l'adhésion, et permettre ainsi la prise des décisions fortes et urgentes qui s'imposent pour atteindre l'OZC et, plus généralement, faire face à l'urgence climatique ;
- opérer une redistribution "juste" des recettes de la taxes carbone :
  - pour rééquilibrer le poids relatif de la taxe carbone dans le budget des ménages (sous critère de revenus, localisation...);
  - soutenir l'investissement bas carbone (habitat, véhicules...);
- accélérer l'investissement en faveur du transport et de la transformation du parc automobile afin de soustraire au plus vite la charge de la taxe carbone sur ce poste de dépense (privée et publique).

#### **4.3. La transition énergétique : les secteurs sensibles et les secteurs-clé**

L'impératif climatique et environnemental de la transition énergétique emporte un enjeu socio-économique majeur dans certains secteurs car elle induit également la disparition massive d'emplois dans certains secteurs qu'il est nécessaire de prendre en compte sans délai. Il s'agit notamment de :

- la fin du charbon et la disparition progressive du recours au fioul et à l'essence (disparition inéluctable, en tout ou partie, des centrales, raffineries, distributeurs de carburants...);
- la mutation de l'industrie automobile (électrification, numérisation, s'accompagnant d'un accroissement de la performance des véhicule et une simplification de leur entretien/réparation);
- la diminution de la part du nucléaire dans la production électrique (cf. *supra*) ainsi que les conséquences financières du retard de livraison de l'EPR de Flamanville (qui pourraient toutefois être compensées par la mise en œuvre du projet « *grand carénage* »)

Cela dit, la croissance verte est également génératrice d'activité économique, nouvelle et/ou transformée, et donc créatrice d'emploi (le verdissement de l'agriculture/l'agriculture soutenable, les investissements attendus dans la gestion forestière, la rénovation des logements, le développement des EnR et leur mise en réseau).

Par ailleurs, il serait stratégique de redéployer en France certains chantiers produits hors-Europe (notamment en Asie) afin de répondre cumulativement à l'objectif OZC et aux enjeux socio-économiques de la transition énergétique française. Il s'agit de la production de véhicules électriques et batteries, des compresseurs utilisés par pompes à chaleur, des cellules de panneaux photovoltaïques, de biens industriels (ex : ciment...) qui présentent un bilan carbone très défavorable.

Ce rééquilibrage, pour être mené à bien, pourrait en premier lieu reposer sur un petit groupe de pays européens et faciliter ainsi la gestion des impératifs d'équité sociale, fiscale et environnementale entre pays producteurs et pays importateurs.

## INITIATIVES CITOYENNES ET TRANSITION ECOLOGIQUE : QUELS ENJEUX POUR L'ACTION PUBLIQUE ?

Source Commissariat Général au développement durable – Délégation au développement durable

### LES INITIATIVES DE TRANSITION SOCIO-ECOLOGIQUE : CARACTERISATION ET CONDITIONS D'EMERGENCE

#### DÉFINIR LES INITIATIVES ET LA TRANSITION

La transition relève d'un changement social, dans la mesure où elle contribue à redéfinir les lignes de partage entre individus et sociétés et conduit à considérer la relation des êtres humains aux milieux comme un enjeu démocratique. Les habitants et le milieu associatif, en s'engageant dans d'autres façons d'habiter (habitat partagé coproduit...), de consommer (achats locaux et équitables), d'entretenir leur milieu de vie (agriculture urbaine, aménagements urbains participatifs), de produire de l'énergie (« énergie citoyenne ») font du rapport à l'environnement un élément de consolidation d'autres liens et d'autres rapports sociaux dans la société. Ainsi, la transition implique une dynamique d'action collective pour s'imbriquer dans des pratiques de vie et des formes de coopération plus soutenues entre l'État, les collectivités locales et les acteurs de la transition. Insister sur le lien entre le social et l'écologie consiste à reconnaître que ces initiateurs de transition s'appuient sur le lien social et une économie plus coopérative pour poursuivre des visées écologiques. Cela consiste aussi à veiller à ce que la transition ne soit pas inégalitaire, c'est-à-dire qu'elle n'évince pas les plus pauvres et les plus précaires, ni ne mette pas à l'écart de la transition certains territoires.

Cette notion s'ancre dans plusieurs courants de pensée :

- ✓ La première, a étudié, dans une perspective historique, les interactions qui se structurent sur le long terme entre le développement des régimes socioéconomiques des sociétés occidentales et l'impact des activités humaines sur la Terre. Ces interactions ont été synthétisées en quatre phases : accumulation, déstabilisation, effondrement, expérimentation-transition. Au sein de ces cycles longs, la transition apparaît comme une phase d'expérimentation et de reconstruction des interactions entre société et environnement, après des phases de déstabilisation.
- ✓ La seconde montre que des changements sur trois niveaux structures, cultures et pratiques, sont nécessaires pour impulser une dynamique sociétale de transition écologique.
- ✓ La troisième, analyse les dynamiques territoriales et multi-acteurs de transition. Des niches d'expérimentations émergent, à l'échelle locale. Ces expérimentations peuvent essaimer si elles s'associent à d'autres expérimentations complémentaires, si elles sont relayées par une multitude d'acteurs et si elles s'articulent aux initiatives des collectivités. Selon cette école, la rigidité de certaines structures sociotechniques, économiques et institutionnelles peuvent freiner la diffusion des expérimentations vers des échelles plus vastes.
- ✓ La quatrième se focalise sur l'approche bottom-up consistant à partager un certain nombre d'enjeux et d'incertitudes, afin de développer une mobilisation de l'action collective autour de ces enjeux, pour trouver des moyens d'y répondre collectivement et concrètement.

#### CARACTÉRISATION ET TYPOLOGIE DES INITIATIVES DE TRANSITION SOCIOECOLOGIQUE

- Caractérisation des processus d'émergence des initiatives de transition écologique

Des démarches de transition au point de rencontre des expérimentations sociales et des dynamiques territoriales donnant lieu à une mobilisation de l'action collective dans la durée, des initiatives d'intérêt collectif poursuivant des finalités sociales et écologiques contributives de biens communs coproduites et gérées en commun avec les bénéficiaires ou en lien avec eux, dont l'émergence tient à la constitution partenariale d'acteurs et à l'accompagnement par des politiques publiques redéfinies.

- Caractérisation des systèmes d'acteurs et des cultures d'intervention

L'état d'esprit initial et la « culture » d'intervention des acteurs sont élargis à de nouveaux horizons. Des initiatives de transition issues d'une culture d'intervention sociale, de participation citoyenne ou d'une culture économique sont alors davantage mises au service d'une vision et de finalités écologiques.

- ✓ Des initiatives à dominante socio-écologique portées par les acteurs associatifs
  - ✓ Des initiatives citoyennes à dominante politico-écologique
  - ✓ Des initiatives à dominante économique-écologique portées par des entreprises
- Caractérisation des rapports entre initiateurs de transition et acteurs publics

Les initiateurs de la transition développent vis-à-vis de l'action publique les stratégies suivantes :

- ✓ Une stratégie de complémentarité
- ✓ Une stratégie de lobbying (influencer sur les cadres de l'action publique)
- ✓ Une stratégie alternative
- ✓ Une stratégie de prise de distance avec les institutions, voire d'opposition

Les acteurs publics adoptent des postures différenciées vis-à-vis de ces initiatives de transition. Cette situation crée une distance entre élus, experts et citoyens, plutôt que de favoriser des zones de dialogue et d'acculturation réciproque sur les perceptions des milieux et leurs devenir, qui seraient nécessaires à l'orientation des projets. L'émergence des initiatives de transition « en marge du politique » ou à « côté de la politique publique » peut en être une conséquence de cette situation.

Les acteurs publics adoptent des postures différenciées vis-à-vis de ces initiatives de transition :

- ✓ Certaines collectivités accueillent et cultivent les initiatives citoyennes sur leur territoire, afin de ne pas se couper des expérimentations locales potentielles, les incorporent progressivement dans l'adaptation de leurs politiques publiques
- ✓ Certaines collectivités tentent d'utiliser les initiatives de transition au service de leurs orientations politiques ; certaines reprennent à leur compte les expérimentations initiées par les acteurs de la transition
- ✓ D'autres collectivités ignorent les initiatives de transition
- ✓ D'autres collectivités les considèrent « en parallèle de leur action »
- ✓ D'autres enfin considèrent qu'elles ne sont pas légitimes dans leurs revendications.

Les acteurs de la transition sont multiples. Ils viennent des milieux citoyens, associatifs, économiques, mais aussi des élus et des collectivités. Les motivations et les postures des uns ne recourent pas forcément celles des autres.

Les acteurs citoyens de la transition ne sont qu'une petite fraction à pouvoir se mobiliser et s'engager dans une action collective. Il est reconnu que ceux qui se mobilisent sont des personnes avec un capital culturel et social conséquent, qui connaissent plutôt bien le territoire et ses acteurs mais aussi les rouages publics.

Les acteurs de la transition et en particulier de l'ESS ont des capacités pour mobiliser, s'auto-organiser, interpellier les pouvoirs publics et faire du lobbying auprès d'eux, faire appel aux financements publics mais aussi à la finance solidaire. Ils contribuent à faire connaître des projets citoyens, créent des espaces d'échanges multi-acteurs.

## **ESSAIMAGE ET CHANGEMENT D'ECHELLE DES INITIATIVES DE TRANSITION SOCIO-ÉCOLOGIQUE**

L'essaimage est un processus de reconnaissance, de déploiement d'initiatives et/ou d'expérimentations, de transmission qui vise le changement d'échelle territorial d'initiatives ayant atteint une certaine maturité, c'est-à-dire ayant fait leurs preuves, apporté des réponses nouvelles, complémentaires, porteuses de transition.

Cinq stratégies, qui peuvent s'articuler et se combiner entre elles dans un processus d'essaimage, sont les suivantes :

- ✓ La diversification : créer une nouvelle activité pour enrichir son modèle.
- ✓ La duplication : répliquer son modèle sur d'autres territoires.
- ✓ La fertilisation : diffuser son savoir-faire à une plus grande échelle.
- ✓ La coopération : se rapprocher d'autres structures pour faire mieux et plus.
- ✓ La fusion : regrouper son patrimoine avec une autre structure.

Les différentes formes d'essaimage :

- L'essaimage franchisé et l'essaimage souple : dans ces deux déclinaisons, l'essaimage repose sur la transposition d'une initiative ayant fait ses preuves et dite « mère » par des porteurs de projet qui vont la répliquer sur de nouveaux territoires. La différence entre les deux modes d'essaimage tient généralement dans l'existence ou non de documents à valeur contractuelle liant les deux initiatives.

- L'essaimage par dissémination ou fertilisation : c'est le mode de diffusion le plus libre, le plus spécifique aux organisations de l'ESS, mais également aux initiatives de transition socio-écologiques, qu'elles soient portées par des citoyens ou par des associations. Il consiste en une mise à disposition volontaire, par l'initiateur du projet, d'informations permettant à d'autres de s'en inspirer.

### LES FACTEURS DE L'ESSAIMAGE

- ✓ Un écosystème d'acteurs
- ✓ Des affinités (autour de valeurs et de modes de fonctionnement)
- ✓ La consolidation par le maillage des structures et actions sur un territoire plus large
- ✓ La contribution à des politiques publiques et initiatives publiques
- ✓ Le partage, la valorisation et capitalisation de compétences, de savoir-faire et méthodes
- ✓ L'accompagnement des porteurs de projets
- ✓ La mise en réseau, l'animation territoriale d'un cercle de partenaires
- ✓ La contribution à la structuration d'une filière
- ✓ La diversification des sources de financement, la mutualisation de moyens
- ✓ La capacité de lobbying auprès des collectivités, des financeurs, des instances publiques.

### QUELS SONT LES FREINS A L'ESSAIMAGE ET LES LEVIERS D'ACTION POUR LA PUISSANCE PUBLIQUE ?

- ✓ Un fonctionnement souvent fragile des structures porteuses
- ✓ La posture de certains acteurs ou initiateurs de transition qui se positionnent en marge du politique
- ✓ Le manque de savoir-faire pour orienter l'expérimentation dans le sens du respect des normes, afin de créer les conditions financières et juridiques favorables aux initiatives
- ✓ La diminution des budgets de soutien qui génère de la concurrence entre les porteurs de projet peu propice à la coopération et mutualisation
- ✓ L'insuffisante capitalisation des savoir-faire et des modalités de transfert
- ✓ Le manque de dialogue entre les acteurs (acteurs publics, privés, associatifs, citoyens...)
- ✓ Le manque d'animation territoriale et d'accompagnement des territoires

## QUELS AXES DE TRANSFORMATION POUR L'ACTION PUBLIQUE ?

### LES ENJEUX DE TRANSFORMATION DE L'ACTION PUBLIQUE VIS-A-VIS DES DYNAMIQUES DE TRANSITION

- ✓ Adapter les formes d'intervention publique pour soutenir les initiatives locales
- ✓ Enrichir les démarches territoriales publiques par les initiatives locales
- ✓ Progresser dans la pratique du dialogue environnemental

Vers des postures d'intervention publique favorables à la transition :

- ✓ L'appui aux territoires : l'appui aux porteurs de projets, le recensement des initiatives de transition, le recours au nouveau conseil aux territoires
- ✓ L'accompagnement d'expérimentations au sein de l'État<sup>26</sup> » et de collectivités<sup>27</sup>, ou à destination des territoires
- ✓ Le soutien aux démarches collectives issues de la société civile
- ✓ La délégation par l'action publique de la gestion en commun de ressources locales.

### LES AXES DE TRANSFORMATION DE L'ACTION PUBLIQUE ET LES PISTES D'ACTION

- Faciliter l'essaimage des initiatives de transition et les dynamiques collectives territoriales :
  - ✓ Mieux connaître les initiatives de transition, les porteurs de projet et dynamiques collectives adossées, progresser dans l'évaluation
  - ✓ Mettre en lien les porteurs de projet et les territoires pour organiser des transferts de compétences et des mutualisations
  - ✓ Coordonner des dispositifs de financement et d'accompagnement des porteurs de projets
  - ✓ Sensibiliser et former à la transition et à la coopération
  - ✓ Veiller à ne pas accroître les inégalités territoriales et sociales
- Soutenir l'expérimentation et l'inscrire dans une dynamique d'action collective :
  - ✓ Utiliser les appels à projets comme des opportunités d'expérimentation collective multi-acteurs et de coopération territoriale
  - ✓ Favoriser des conduites de projets collaboratives en s'appuyant sur des recherches-actions
  - ✓ Faciliter les expérimentations
- Progresser dans le dialogue territorial et environnemental :
  - ✓ Développer l'animation territoriale sous toutes ses formes
  - ✓ Coproduire des visions territoriales favorables à la transition et des démarches participatives
  - ✓ Renforcer le rôle de médiateur de l'action publique notamment dans le dialogue environnemental
- Aller vers de nouvelles modalités de gestion des communs :
  - ✓ Favoriser des délégations de service public qui sollicitent l'initiative et la participation
  - ✓ Promouvoir une gouvernance démocratique des biens communs

## 2.B - TRANSITION ENERGETIQUE

---

### LE PROGRES TECHNIQUE, CLEF DE LA TRANSITION ENERGETIQUE ? QUELLES TECHNOLOGIES, POUR QUELLES FILIERES, A QUEL HORIZON TEMPOREL ?

Papon Pierre, *Futuribles*, vol. 436, n°3, 2020, pp. 23-39

**Résumé :** Si la réalité du changement climatique fait aujourd'hui l'objet d'un très large consensus scientifique, la façon dont nous pouvons y faire face, en revanche, n'est pas envisagée de la même manière par tout le monde. Comme dans toute crise de grande ampleur, les regards divergent suivant que l'on est du côté des *pessimistes* qui envisagent le pire et vont parfois jusqu'à adopter des positions "survivalistes", ou des *optimistes* qui considèrent que l'on finira par s'adapter et trouver des solutions, notamment grâce au progrès technique. Ces convaincus du « *solutionnisme technologique* » ont-ils raison ? Le progrès technique sera-t-il au rendez-vous pour accompagner la transition énergétique ?

Ici, Pierre Papon examine les différentes voies ouvertes par le progrès technologique pour faire évoluer nos modes de production énergétique. Après avoir rappelé la lenteur (constatée historiquement) des transitions énergétiques, il souligne que la « *décarbonation* » de l'énergie est intimement liée à celle de la production électrique dont un élément clef concerne le *stockage* pour faire face à l'intermittence des énergies renouvelables. Il précise les différentes *évolutions ou ruptures techniques envisageables* en ce domaine, ainsi qu'en matière d'*énergie nucléaire* (qui fait partie des énergies non carbonées), l'*horizon* auquel elles pourraient se concrétiser (rarement antérieur à 2050) et les *obstacles* qu'elles pourraient rencontrer. Une *incertitude* majeure subsiste : comment réaliser la neutralité carbone de l'industrie ? En somme, un peu d'espoir, une longue attente...

Le progrès technique et technologique comme clé de la transition énergétique divise, entre les pessimistes, chantres des positions « *survivalistes* », et les optimistes convaincus sur « *solutionnisme technologique* ».

En effet, malgré l'accélération constante du progrès technologique, son impact sur l'impérative transition énergétique à accomplir à travers le monde demeure extrêmement aléatoire. En cela, l'histoire des évolutions – lentes – et des ruptures – non-linéaires – nous rappelle que les avancées scientifiques sont une chose mais que leur généralisation en est une toute autre.

Différentes contraintes se posent en effet : la rentabilité de la technologie, ses implications environnementales, sociétales ou sécuritaires, la disponibilité des ressources nécessaires à sa massification, etc.

Cela dit, l'état de la recherche et les expérimentations en cours sont très nombreuses et pourraient permettre, à la faveur d'une politique énergétique internationale (et corrélativement de politiques nationales conformes), de tendre progressivement vers le succès de la transition énergétique.

### LE FUTUR SERA-T-IL ELECTRIQUE ?

En 2018, sur les 33 Gt de CO2 émis dans le monde du fait de l'énergie, près de la moitié provenaient des centrales électriques, ce qui rend incontournable la décarbonation de l'électricité.

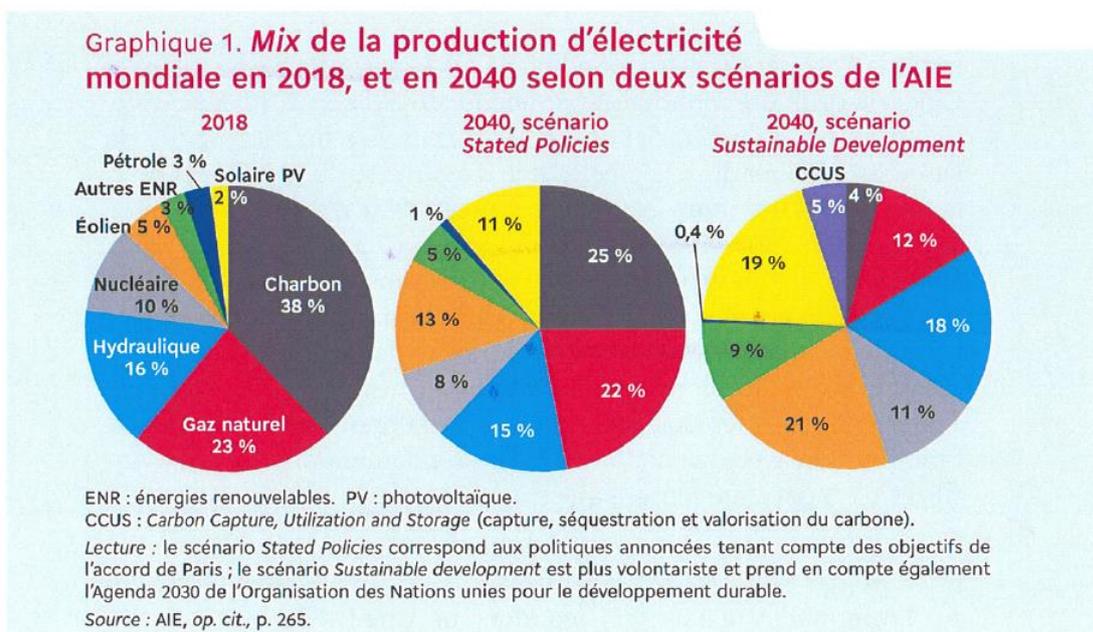
Or, comme pour toute filière énergétique, la viabilité de la filière électrique suppose de combiner un ensemble de techniques dont le rendement global assure une rentabilité économique.

Ainsi se pose donc l'incontournable défi de la filière électrique : comment répondre aux enjeux environnementaux tout en permettant de répondre aux besoins énergétiques et à sa nécessaire rentabilité, d'une part dans ses modes de production, d'autre part dans les moyens utilisés pour son stockage et son acheminement ?

**I - LES DEFIS DE LA DECARBONATION DE LA PRODUCTION ELECTRIQUE**

La décarbonation de la production électrique suppose de substituer les énergies fossiles par des filières renouvelables, soit principalement les énergies solaires et éoliennes.

L'ENERGIE EOLIENNE			
Production terrestre		Production off shore	
Avantages/opportunités	Inconvénients / obstacles	Avantages/opportunités	Inconvénients / obstacles
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Techniquement mature</li> <li>- Coût compétitif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emprise au sol (terres agricoles, zones protégées)</li> <li>- Forte opposition sociétale (paysages, tourisme...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compétitive à l'horizon 2030</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Défi technique du gigantisme des turbines (résistance, coût...)</li> <li>- Problématique de la longueur des câbles</li> <li>- Risques liés à l'installation sur plateformes flottantes</li> </ul>
L'ENERGIE SOLAIRE (PHOTOVOLTAÏQUE <sup>4</sup> )			
Avantages/opportunités		Inconvénients / obstacles	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploration d'une solution de production prometteuse (tandem pérovskite-silicium)</li> <li>- Possibilité de prendre pied sur le marché du PV actuellement dominé par la Chine</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rendement maximum 25 %</li> <li>- Instabilité chimique de certaines solutions techniques</li> <li>- Augmentation substantielle du rendement pas avant 2040</li> </ul>	



<sup>4</sup> Ici, n'est évoquée que la principale filière, celle « à concentration ».

## II. LA QUESTION CENTRALE DU STOCKAGE DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

L'enjeu central de la substitution des modes de production de l'énergie électrique par les filières renouvelables réside dans leur intermittence, celles-ci étant soumises aux impératifs naturels (production diurne, aléas météorologiques...), et corrélativement de la capacité à stocker et acheminer l'énergie pour répondre aux besoins.

### Solution 1 : la décentralisation de la production vers des petites centrales locales de faible production

Il s'agirait ici de déployer le réseau électrique (inchangé en France depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle) sur l'ensemble du territoire et d'assurer une distribution "intelligente" en s'appuyant sur les technologies numériques (*smart grid*) ;

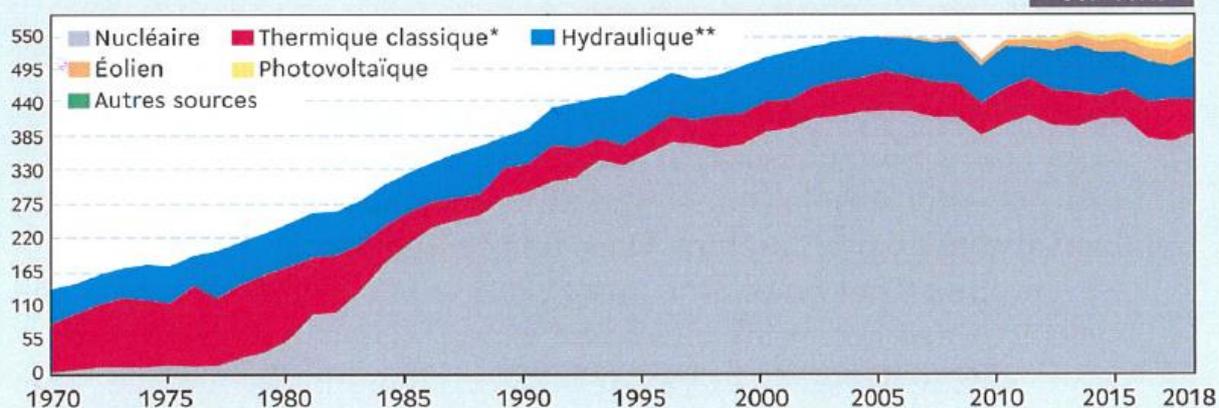
### Solution 2 : des nouvelles générations de batteries

Le développement de nouvelles batteries constitue un défi à la fois technique, économique et environnemental. En effet, selon les combinaisons de métaux utilisés, nombreuses sont celles qui présentent des avancées vers une nouvelle génération de batteries (stockage stationnaire, augmentation de la densité énergétique des batteries et/ou de leur durée de vie, diminution des durées de charge, diminution des coûts de production,...).

Cependant, à ce stade, toutes induisent parallèlement des inconvénients majeurs tels que la quantité d'énergie nécessaire à leur production, des risques liés à leur instabilité, rentabilité insuffisante...). Par exemple, la pile à hydrogène, produit par électrolyse (qui présente le double-avantage de pouvoir être distribuée par gazoduc et d'alimenter une pile à combustible) est prometteuse mais nécessite des progrès complémentaires (amélioration du rendement/de la rentabilité, découverte d'un nouveau catalyseur) qui, jusqu'à présents, ont été relativement lents.

Ainsi, la mise sur le marché de nouvelles génération de batteries ne devrait pouvoir intervenir qu'au mieux au cours de la prochaine décennie.

Graphique 2. Production nette d'électricité en France, 1970-2018 (en TWh)



\*Thermique à combustibles fossiles (charbon, fioul, gaz naturel), biomasse ou déchets.

\*\*Y compris énergie marémotrice.

Champ : France entière (y compris départements d'outre-mer).

Source : Chiffres clés de l'énergie. Édition 2019, Paris : CGDD (Commissariat général au développement durable), 2019.

## REQUIEM OU TE DEUM POUR LE NUCLEAIRE ?

La filière nucléaire de fission pourrait constituer l'une des options en vue de la décarbonation de la production électrique et devrait se maintenir son niveau actuel de production mondiale nette (10%) à l'horizon 2040. Ces projections sont toutefois très incertaines car, d'un côté, l'avenir de cette filière pose question en raison des nombreux inconvénients qu'elle présente mais, d'un autre côté, certaines avancées technologiques seraient susceptibles de changer drastiquement la donne en matière de transition énergétique.

### I. L'AVENIR DU NUCLEAIRE DE 3<sup>EME</sup> GENERATION

Bien que la majorité des réacteurs en cours de construction à travers le monde relèvent de cette catégorie, ils posent plusieurs problèmes :

- L'investissement de départ colossal couplé, le plus souvent, à des retards et dépassements élevés (ex : coût de la construction EPR Flamanville déjà x4 par rapport au devis initial) ;
- Aucun retour d'expérience à ce jour (seuls deux réacteurs déjà en fonction à Taishan, Chine) ;
- Les normes de sécurité contraignantes et entraînant corrélativement un surcoût.

### II. LA POSSIBILITE DE FILIERES ALTERNATIVES AUX REACTEURS ACTUELS ?

D'autres options sont concomitamment envisagées, visant à développer des alternatives aux réacteurs actuels permettant d'améliorer le niveau de sûreté tout en abaissant les coûts d'investissement.

- **Option 1 : construire en série des petits réacteurs classiques (test en cours de préparation aux USA)** : cette option est intéressante en ce qu'elle permettrait de générer une puissance modulable à moindre coût mais également de produire *in situ* de nouvelles charges de plutonium et corrélativement de disposer de plusieurs années de réserve de combustible. Il n'est pas certain toutefois que cette option, induisant l'essaimage de réacteurs nucléaires sur le territoire, soit accepté.
- **Option 2 : développer des réacteurs à sels fondus** : alternative aux réacteurs actuels qui fonctionnent à l'uranium, cette technologie présenterait le triple avantage d'être moins risquée, d'être alimentées par une ressource (thorium) trois fois plus disponible que l'uranium mais également d'être moins féconde en déchets à vie longue.

Cela dit, pour l'une ou l'autre de ces options, seul un retour d'expérience permettra d'en confirmer l'efficacité et la rentabilité, ce qui porterait à 2050 l'horizon de déploiement envisageable.

### III. LE STOCKAGE DES DECHETS NUCLEAIRES RADIOACTIFS

A ce jour, cette question reste éminemment problématique. En France, le stockage des déchets s'effectue en sous-sol. Toutefois, des recherches visant à transformer les déchets longue durée en déchets à vie plus courte et plus facile à stocker sont en cours et permettraient une véritable percée technologique.

### IV. LA FUSION THERMONUCLEAIRE (PROJET ITER)

Le projet international ITER, basé à Cadarache (Bouches-du-Rhône) plus grand projet scientifique mondial actuel. Il vise à explorer une option alternative de la fission nucléaire basée sur la fusion thermonucléaire comme source d'énergie à très grande échelle et non-émettrice de CO<sub>2</sub>. Les premières phases d'expérimentations sont attendues pour 2025 et 2035 avec une industrialisation possible des premiers prototypes de réacteurs à l'horizon 2050. Ainsi, bien que son issue demeure très incertaine, le succès de ce projet constituerait une véritable révolution énergétique.

\*\*\*

Ainsi, en toute hypothèse et quels que soient les espoirs permis par la recherche et l'innovation en matière de nucléaire, ce type de technologies qui mobilise de très importantes compétences techniques et industrielles outre de lourds investissements capitalistiques. Cette solution ne peut être envisagée que sur du long terme. Les projections actuelles du GIEC imposent donc de développer parallèlement – et prioritairement – des solutions de court terme en vue de réaliser la transition énergétique.

## L'OBJECTIF ZERO CARBONE EST-IL REELLEMENT POSSIBLE ?

Face aux engagements de la France, dans le cadre de l'accord de Paris mais également de ses propres objectifs tels qu'énoncés par la loi de 2019 relative à l'énergie et au climat, l'objectif zéro carbone comme celui de contenir le réchauffement climatique à +1,5 % se heurte à de nombreux obstacles. Il en va ainsi de l'électrification du transport routier, excessivement lente, mais aussi et surtout du transport aérien et maritime. Il en va de même pour la délicate question de la décarbonation des domaines de la sidérurgie, de la métallurgie et autres secteurs de l'industrie (ex : production de matières plastiques).

Différents procédés sont en cours d'exploration (hydrogène, biomasses, électrochimie, etc.) mais ne sont ni au point, ni rentables à ce jour. La solution la plus crédible reste donc la captation des émissions de CO<sub>2</sub> et leur stockage, voire, dans le scénario le plus optimiste, leur transformation en composés chimiques réutilisables permettant une incidence climatique neutre voire négative.

\*\*\*

À ce jour et bien qu'il n'existe encore aucune réponse évidente, des alternatives susceptibles de contribuer à solutionner la crise climatique sont connues et nombreuses. Mais elles sont également excessivement complexes, souvent aléatoires, coûteuses, exposées à l'aléa de la disponibilité des matières premières (notamment, métaux critiques) et nécessitent encore de nombreuses années de préparation avant d'être opérationnelles.

Au-delà de la question du progrès uniquement technologie, des questions également sociétales, sociales, voire éthiques ou encore philosophiques viennent se surajouter aux arbitrages politiques

En toute hypothèse, leur prise en compte dans les différents scénarii prospectifs – et corrélativement dans l'élaboration de stratégies énergétiques nationales et internationales – devrait être incontournable. En effet, dans l'hypothèse où la rupture technologique espérée par tous ne se produirait pas, il nous revient de trouver au plus vite la meilleure des combinaisons possible entre les solutions disponibles pour enrayer le réchauffement climatique, c'est-à-dire suffisamment efficace et qui combine « *le souhaitable, le possible et l'acceptable* » pour chaque pays et pour l'avenir du monde.

## LES OBSTACLES A LA TRANSITION ENERGETIQUE. LES RESISTANCES IDEOLOGIQUES ET SOCIOPOLITIQUES

Haëntjens Jean, *Futuribles*, vol. 436, n°3, 2020, pp. 41-54

**Résumé :** Fin août 2018, le ministre français de la Transition écologique, en poste depuis un peu plus d'un an, Nicolas Hulot, jetait l'éponge. Force était de constater, selon lui, qu'avec la meilleure volonté du monde (et on ne pouvait la lui dénier), il était impossible de mettre en œuvre une transition écologique digne de ce nom sans la mobilisation de tous les acteurs, y compris économiques et institutionnels, de tous les secteurs. *Opérer la transition écologique est bien une entreprise systémique ; elle implique un soutien et une coordination de tous, faute de quoi elle ne peut aboutir.*

La France et l'Europe ont de grandes ambitions en matière de transition vers la neutralité carbone. Pour autant, comme le montre ici Jean Haëntjens, confirmant le constat de Nicolas Hulot, **les obstacles à la réussite d'une telle transition sont encore bien nombreux, et très souvent d'ordre idéologique et sociopolitique.** Au-delà des *comportements individuels*, qui certes doivent changer (et qu'il faut inciter à évoluer), c'est bien au niveau des *transformations des systèmes sociotechniques* (transport, énergie, agriculture...), **et de leur financement**, que se situent les blocages. Face à ce constat et à des jeux d'acteurs complexes, l'urgence écologique fera-t-elle enfin bouger les lignes ?

Au cours des dernières décennies, la transition énergétique a progressivement acquis une place centrale dans le débat public et les préoccupations citoyennes. La faisabilité technique des scénarios énergétiques en France est pourtant établie depuis un demi-siècle et leur crédibilité économique n'a cessé de s'accroître au gré des l'inversion des dynamiques économiques de l'énergie – les prix ayant sensiblement augmenté dans les secteurs conventionnels quand ils ont spectaculairement diminué dans le secteur du renouvelable.

Or, malgré la multiplication des annonces politiques et des programmes visant à accélérer la transition énergétique, la consommation d'énergie n'a pas sensiblement diminué et reste majoritairement dépendante des ressources fossiles. Ainsi, outre les questions techniques, technologiques ou économiques, le succès de la décarbonation énergétique repose sur une mutation d'envergure dans les comportements et usages des acteurs dont il est impératif de faire tomber les résistances idéologiques et sociopolitiques, dont quatre majeures :

### I - LES MODES DE VIE, LES CHOIX DE CONSOMMATION'

En France, 2/3 des consommations d'énergie finales sont mobilisées par les seules filières du logement, du transport et de l'alimentation. Ainsi, une profonde transformation dans les usages des ménages – dont les efforts pourraient peser jusqu'à 50 % dans la décarbonation de l'énergie – apparaît incontournable : les effets seraient directs et substantiels sur les émissions de GES. De plus, de nombreuses solutions étant déjà disponibles, ce poste d'économie n'impliquerait pas (ou peu) de dépense d'investissement.

Selon une étude BVA datant de 2019, une large majorité des Européens reconnaît la part d'efforts qui lui incombe individuellement dans la lutte contre le changement climatique, au-delà de l'intervention publique (gouvernementale ou relevant de la coopération internationale) ou encore des avancées permises le progrès technique et technologique. Cela dit, si les chiffres semblent témoigner d'un gain de "maturité environnementale" en Europe, ils n'expriment qu'un potentiel qu'il reste à traduire en actes.

L'inertie tendancielle que l'on observe en effet pourrait s'expliquer notamment par :

- l'absence de consensus autour de qu'est un usage ou un comportement « *climato-compatible* » : les perceptions et approches sont en effet extrêmement variées voire contradictoires, selon le degré de connaissance du sujet, les intérêts individuels ou systémiques impactés, la disparité des doctrines (ex : décroissance, frugalité heureuse, société du partage,...) ;
- à mesure qu'elle est devenue une question politique, l'écologie semble s'être affranchie de sa vision systémique en suscitant des positions idéologiques contrastées, tour à tour et suivant les forces en présence, libérales ou non (taxe carbone), technophobiques ou non (véhicule électrique), ruralistes ou non... le tout exacerbé par une certaine indétermination entre la tradition libérale des partis écologiques et la tentation normative, voire dirigiste ; ainsi, l'offre politique en matière d'écologie est progressivement devenue illisible et, corrélativement, peu attractive.

- les autorités politiques se limitent souvent à des recommandations ou incitations marginales, que ce soit pour des motifs tactiques ou idéologiques (ex : dissensus autour de la taxe carbone...).

## II. LES SYSTEMES SOCIOTECHNIQUES

Le progrès technique est l'un des leviers majeurs de la transition énergétique. Or, son caractère multidirectionnel demeure peu ou mal appréhendé par les décideurs. En effet, la diversité des systèmes d'acteurs et de leurs intérêts et modes de pensée propres entraîne des disparités dans la mise en œuvre des solutions et une absence de cohérence entre les stratégies de transition qui coexistent. Deux approches en particulier se sont avérées bloquantes en raison des biais qui les sous-tendent :

### → Le pilotage par le marché :

Appliqué aux secteurs de l'énergie ou du transport, cette approche présente deux inconvénients majeurs au déploiement d'un marché réellement libre et concurrentiel :

- les spécificités de ces secteurs sont difficilement conciliables avec les mécanismes des marchés concurrentiels (volatilité des prix incompatible avec les délais d'amortissement des investissements nécessaires ; effets du phénomène de massification des flux sur l'équilibre concurrentiel) ;
- une régulation stratégique par la puissance publique est incontournable (nécessité d'obtenir des autorisations pour la construction d'infrastructures, financements publics soumis à conditions...)

### → Le technosolutionnisme :

Le technosolutionnisme consiste à croire que l'innovation peut tout résoudre, une approche qui s'est largement développée avec l'avènement du tout-numérique et de l'intelligence artificielle, faisant prospérer la croyance dans une « troisième révolution industrielle »<sup>5</sup> en cours. Or :

- d'une part, les investisseurs ont finalement choisi d'exploiter le numérique dans les filières préexistantes (ubérisation,...) plutôt que les filières de la croissance *smart* et verte. Ainsi, si les modes de consommation et de production ont bel et bien changé, non seulement la profonde transformation des marchés vers une économie déconnectée des énergies fossiles et favorable à la transition écologique ne s'est pas produite mais de surcroît le numérique s'est avéré être une source de pollution supplémentaire (e-commerce, obsolescence programmée...)<sup>6</sup> ;
- d'autre part, les consommateurs, par leurs choix et usages, n'ont pas permis aux avantages environnementaux du numérique de porter leurs fruits (effet rebond) ; ainsi, par exemple, les économies de GES permises par le perfectionnement des moteurs automobiles (optimisation, électrification, numérisation,...) ont été plus qu'annulés par une augmentation de la puissance des véhicules ou un allongement des distances parcourues.

Ces deux approches illustrent l'importance de faire converger choix techniques/technologiques et choix de société (politiques, modes de vie...) pour parachever la transition énergétique.

## III. LE RAPPORT AU CAPITAL : LE MONDE DE LA FINANCE FACE A L'ECOLOGIE

L'un des freins majeurs à la transition énergétique réside dans l'idée que les investissements ne sont pas (ou peu suffisamment) rentables et, corrélativement, du fait que les importants capitaux à mobiliser ne seraient plus disponibles pour des activités plus lucratives. Or, la tendance actuelle étant à la surabondance de liquidités (cf. déflation, prêt à taux négatifs), l'argument purement économique tombe.

En réalité, le manque d'engagement du monde de la finance relèverait plutôt d'un décalage culturel important vis-à-vis du monde de l'écologie :

- d'une part, un grand nombre de projets liés à la transition énergétique peuvent paraître risqués car trop petits ou trop innovants pour un secteur dont l'activité est pratiquement oligopolistique et soumise à des règles prudentielles particulièrement lourdes ;

---

<sup>5</sup> Jérémy Rifkin, *La Troisième Révolution Industrielle. Comment le pouvoir latéral va transformer l'énergie*, 2012, Les Liens qui Libèrent, Paris

<sup>6</sup> Ex : la consommation des serveurs et appareils numériques représente entre 3 et 5 % de la consommation énergétique mondiale, soit l'équivalent du transport aérien, et elle augmente à un rythme de +8 % par an.

- d'autre part, l'opposition que l'on retrouve fréquemment en écologie politique de la *défense du capital naturel* face au *capitalisme* traduit la méfiance de monde écologique vis-à-vis de la finance ;

Corrélativement, la question du rapport au capital (modèle économique, financement de la transition, etc.) ont longtemps constitué un impensé des stratégies énergétiques. Depuis quelques années néanmoins, le monde de la finance commence à se saisir de la question, via par exemple des « *produits financiers verts* » qui, malgré une dimension parfois cosmétique, laisse entrevoir la possibilité d'un changement de paradigme.

L'enjeu est d'autant plus stratégique qu'à ce jour, 80 % du patrimoine national en capital est constitué par l'épargne des ménages au travers de banques, assurances et caisses de retraites, laquelle par l'effet des circuits financiers, se trouve réinvestie massivement dans les énergies fossiles par des sociétés de gestion d'actifs. Ainsi, le fléchage de l'épargne vers l'économie verte constitue un enjeu stratégique pour l'environnement et au-delà et pourrait passer par une stratégie de circuits courts inspirée de ce qui existe dans la filière alimentaire. En France, ces dispositifs sont marginaux notamment car le cadre juridique, financier et fiscal n'est pas favorable, mais ils ont déjà fait leurs preuves, au Danemark notamment.

#### IV - JEUX D'ACTEURS ET SYSTEME D'AUTORITE : QUI DOIT PILOTER LA TRANSITION ?

Jusqu'à présent, les pouvoirs publics (et les quelques grands groupes industriels associés) ont toujours préempté la question de l'énergie en raison de son importance stratégique de premier plan. Pour autant, ces acteurs semblent avoir freiné la transition plutôt qu'ils ne l'ont portée. A l'inverse, les mouvements écologistes, conformément à leur tradition libertaire, ont toujours privilégié une approche *bottom up* reposant sur les micro-initiatives (*théorie du colibri*), plutôt que d'envisager une stratégie associant les institutions et acteurs économiques influents.

Aujourd'hui, c'est l'échelon intermédiaire qui semble être le plus pertinent en faveur de la transition énergétique : il permet l'innovation, notamment par la possibilité d'expérimenter, permet une certaine souplesse, et occupe une place privilégiée pour la gestion des circuits courts ou encore des boucles énergétiques.

#### V - ET SI L'URGENCE ECOLOGIQUE REBATAIT LES CARTES

Outre les défis techniques et technologiques à surmonter, le succès de la transition énergétique repose bel et bien sur la nécessaire mutation des approches idéologiques ou sociopolitiques. Pour simplifier, il s'agirait de réconcilier :

Les forces politiques conventionnelles qui...	Les forces pro-écologiques qui...	Les acteurs de rang intermédiaire (CT, PME...)
<ul style="list-style-type: none"><li>•misent principalement sur l'innovation technologique</li><li>•et se tiennent en recul vis-à-vis des modes de vie, circuits financiers et gouvernance de la transition.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•échouent à élaborer une offre politique globale et transversale en faveur de la transition</li><li>•le décrochage des systèmes socio-techniques, financiers et politiques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•débordent d'idées et de forces vives</li><li>•mais ne disposent pas des moyens nécessaires pour faire une réelle différence (cadre juridique, fiscal, financier, institutionnel)</li></ul>

Les récentes mutations du paysage politique français, bien que déroutantes, semblent cependant ouvrir la voie à la recomposition des pensées et projets politiques et des marqueurs partisans. Les thèses localistes des partis écologistes rejoignent les positions de l'ancienne droite conservatrice quand les libéraux entendent poser l'écologie comme pilier de la nécessaire réinvention du capitalisme. Et bien que les jeux d'alliances et postures électoralistes n'y soient pas étrangères, cette redistribution des cartes pourrait permettre des avancées en matière d'écologie et transition énergétique. Il n'en reste pas moins que les obstacles idéologiques et socio-politiques devront nécessairement être dépassés pour faire de cette opportunité une réalité.

## LES PERSPECTIVES ENERGETIQUES MONDIALES, HORIZON 2040. LES SCENARIOS DE L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE.

Cozzi Laura, *Futuribles*, vol. 438, n°5, 2020, pp. 49-67

**Résumé :** « Le coronavirus (Covid-19) a provoqué la plus grande crise mondiale depuis des générations, affectant les systèmes de santé, les économies et les sociétés du monde entier. Face à une situation sans précédent, les gouvernements s'attachent à maîtriser la maladie et à relancer leur économie. Le secteur de l'énergie est également gravement touché par cette crise, qui a ralenti les transports, le commerce et l'activité économique dans le monde. Il est encore trop tôt pour déterminer les impacts à plus long terme, mais le secteur de l'énergie qui sortira de cette crise sera sensiblement différent de celui qui l'a précédée. Les implications de la pandémie pour les systèmes énergétiques et les transitions énergétiques sont toujours en évolution, mais deux sujets en particulier se distinguent :

- la **sécurité et la résilience des systèmes énergétiques**, et plus particulièrement électriques, sont plus indispensables que jamais pour les sociétés modernes ;
- le **rôle des gouvernements** sera central pour éviter le rebond des émissions de gaz à effet de serre après la reprise économique, comme observé lors des précédentes crises » (Extrait résumé du Cairn).

Partant d'une analyse diagnostique de la situation mondiale, l'AIE pose et confronte deux scénarii prospectifs sur la transition énergétique à l'horizon 2040-2050 : le premier, dit "Politiques annoncées", part des décisions réellement prises par les gouvernements dans le monde (soit les moyens concrets engagés) ; le second, dit "Développement durable", vise la pleine réalisation des ODD et objectifs fixés par les Accords de part (soit les intentions, les résultats visés). En second lieu, il s'intéresse aux pistes de solution pour permettre de passer, de façon écologiquement valide, technologiquement accessible et socio-économiquement soutenable, d'un scénario à l'autre.

### I. ELEMENTS DE CONTEXTE

- Urgence climatique qui s'intensifie dans le temps et objectifs climatiques internationaux (ODD + Accords de Paris) ;
- Grands bouleversements induits par la crise du Covid-19r, et notamment la grave crise économique qui a fortement affecté le secteur de l'énergie (ralentissement des transports, du commerce et de l'activité économique en général) ;

### II. DISCUSSION

(Eléments d'abréviation : « ↑ » : Augmentation, croissance ; « ↔ » : Stabilisation ; « ± » : Maintien ; « ↓ » : Baisse, diminution)

<b>TENDANCES ECONOMIQUES ET DEMOGRAPHIQUES A L'HORIZON 2040-2050</b>			
↑ des revenus ↑ de la population mondiale : + 1,7 mds de personnes ( ++en zones urbaines + économies en développement)			
Poursuite de l'urbanisation Vieillesse démographique dans les sociétés industrialisées			
⤵			
↑ de la demande énergétique mondiale => +1/4			
Energies bas carbone	50 % de la hausse (principalement solaire photovoltaïque)		
Gaz naturel	1/3 de la hausse (stimulée par l'intensification des échanges de gaz naturel liquéfié)		
Pétrole	↔		
Charbon	↓ légère		
<b>Inversion des équilibres de la demande énergétique mondiale</b>		<b>2020 (situation)</b>	<b>2040 (projections)</b>
Part totale de la demande en énergie en...	Europe et Amérique du Nord	40 %	20 %
	Asie	20 %	40 %
Part dans la hausse de la demande incombant à l'Asie	<i>Gaz naturel</i>		50 %
	<i>Eolienne / solaire photovoltaïque</i>		60 %
	<i>Pétrole</i>		80 %
	<i>Charbon</i>		100 %
	<i>Nucléaire</i>		100 %
Localisation des 10 premières entreprises électriques mondiales		Europe	6/10 en Chine

**A. Les scénarii du World Energy Outlook (Agence internationale de l'énergie - AIE)**

**1) Le scénario « Politiques annoncées » (SPA)**

⇒ REALISATIONS DES INTENTIONS ET OBJECTIFS POLITIQUES <u>CONFIRMES A CE JOUR</u>			
<b>EFFORTS CONSENTIS SUIVANT CE SCENARIO</b>		<b>⇒ RESULTATS &lt; OBJECTIFS</b>	
Transformations rapides des filières énergétiques Refonte de l'approvisionnement et de la consommation		↑ des besoins > ↑ des technologies bas carbone = ↑ des émissions de CO <sub>2</sub> > objectifs de plafonnement	
↑ Accès à l'électricité	Nb de personnes sans accès	<i>En</i> 2040	<i>En</i> 2050
		840 M	<b>740 M</b>
↓ Recours aux biomasses traditionnelles comme combustible de cuisson (charbon, kérosène)	Nb de personnes dépendantes	<i>En</i> 2020	<i>En</i> 2050
		2,6 Mds	<b>1,5 Mds</b>
	Nb de décès prématurés dus à la pollution de l'air chaque année	<i>En</i> 2050	
		<b>1,8 M</b>	
↑ Qualité de l'air ↓ Émissions des principaux polluants	± des indicateurs de santé liés aux effets de la pollution => <i>impact &lt; effets du vieillissement démographique sur la vulnérabilité des population</i>		
↑ Technologies antipollution	↑ des décès prématurés liés à la pollution de l'air : <b>3M / an en 2020 → 5,1M / an en 2050</b>		
↑ Gains d'efficacité + décarbonation du mix énergétique	=> <i>impact &lt; effets de l'urbanisation</i>		

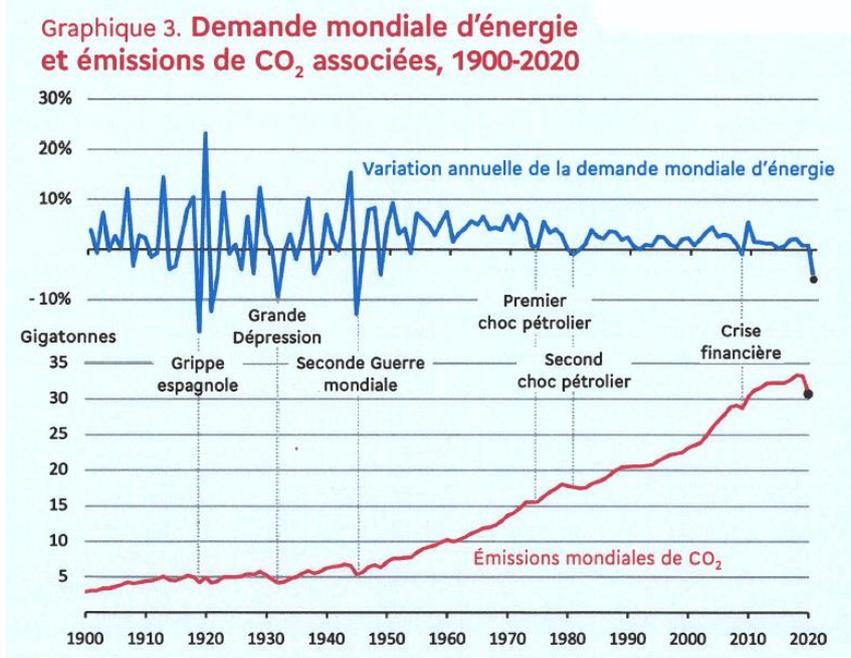
2) Le scénario « Développement durable » (SDD) :

TRAJECTOIRE : ATTEINTE DES O.D.D. ET OBJECTIFS FIXES PAR L'ACCORD DE PARIS			
EFFORTS CONSENTIS SUIVANT CE SCENARIO	➡ RESULTATS = OBJECTIFS ODD + COP21		
Mutations profondes et structurelles du système énergétique	± de la demande globale en 2040 ↓ des émissions de CO <sub>2</sub> ↔ réchauffement climatique à +1,5°C  Accès universel à l'énergie atteint dès 2030 (principalement grâce aux énergies renouvelables)		
Exploration de l'ensemble des voies d'amélioration de l'efficacité énergétique  Déploiement de moyens de production bas carbone dans le secteur de l'électricité + important & + rapide,  Dont, notamment, mesures strictes dans le secteur des transports (notamment fret routier)	↓ demande de charbon ± demande de pétrole ↑ de l'électrification des utilisations finales ↑ usage direct d'énergies renouvelables (bioénergies, solaire thermique, géothermie)  Généralisation de l'usage des véhicules électriques		
	<i>Evolution de la part des énergies renouvelables dans le mix électrique entre 2020 et 2040 :</i>		
	Part totale	1/4	2/3
	pour la fourniture de chaleur	10 %	30 %
dans les transports	2 %	23 %	

## B. L'impact de la crise sanitaire sur le système énergétique mondial

### Baisse de la mobilité\* :

- -50 à -75 % de la demande transports de biens et de passagers dans les pays ayant confiné ;
- Baisse de 55 % prévue dans le transport aérien de voyageurs. ...ayant entraîné :
- une **baisse drastique de la demande** (charbon, pétrole, gaz) ;
- une **baisse de la consommation d'électricité** (sauf issue de sources renouvelables) ;
- une **chute historique des émissions de carbone** (-8 %)



3. *Global Energy Review 2020: The Impacts of the Covid-19 Crisis on Global Energy Demand and CO<sub>2</sub> Emissions*, Paris : AIE / OCDE, avril 2020. URL : <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>. Consulté le 30 juin 2020 (brièvement présenté in *Futuribles*, n° 437, juillet-août 2020, p. 148 [NDLR]).

---

57 % des besoins mondiaux en pétrole sont affectés à la mobilité

### 1) **Conséquences probables de la chute de la demande d'énergie**

- **Manque à gagner de 1.000 Mds\$ de revenus** issus de la vente d'énergie tous secteurs confondus
- **Chute de la capacité de financement public des investissements** => projections de diminution de production :
  - => pétrole + gazier -1/3 ; => charbon -15 % ; => pétroles de schiste => -50 %
  - => production mondiale de pétrole horizon 2025 -9M de barils/ jour < projections d'avant-crise

**OR, si rebond de la demande similaire à celui d'après crise 2008 => important risque de contraction des marchés.**

### 2) **Conséquences possibles de l'affaiblissement du dynamisme de production des énergies renouvelables**

- Même si ces sources accusent une certaine résilience pour le secteur électrique => **croissance < années précédentes** ; il en va de même pour la production d'énergie nucléaire -3 % / niveau record de 2019 ;
- **Impact plus important encore dans les autres secteurs** (ex : baisse de la mobilité = baisse de la consommation de biocarburants).

\*\*\*

*Ainsi, si une chute des émissions de carbone a été constatée, elle était uniquement conjoncturelle et non pas structurelle ; on peut en effet s'attendre à ce que, à l'instar de ce que l'on a observé par le passé, le rebond économique à venir s'accompagne d'un rebond massif des émissions de CO<sub>2</sub>.*

⇒ *Or, pour atteindre la neutralité carbone en 2070 (COP21), **il faudrait une diminution annuelle de -3,8 % des émissions mondiale, soit 0,9 gt / an ;***

⇒ *Et si cet objectif devait être avancé à 2050, et sans recourir aux technologies à émissions négatives (càd permettant de dissoudre les émissions), **il faudrait une réduction annuelle de 1,3 Gt / an.***

## III. PISTES DE SOLUTION

---

### A. **S'attaquer aux émissions « verrouillées »**

A l'horizon 2030 et sans transformation de leur fonctionnement, 95 % du budget carbone aura été consommé par les centrales électriques, usines, bâtiments et autres infrastructures en activité.

Ainsi au-delà de l'installation d'équipements nouveaux, l'une des clés du succès de la transition énergétique reposera sur notre capacité à faire diminuer drastiquement les émissions issues de ces infrastructures, au premier rang desquelles les centrales à charbon dont il serait nécessaire de réduire les émissions de soit 60 % à l'horizon 2030, et dans leur totalité horizon 2050.

## 1) L'enjeu majeur des centrales à charbon

Pourquoi est-ce un enjeu ?

1/ **Poids dans les émissions de CO<sub>2</sub>** liées à l'énergie : 10 Gt en 2019 = 30 % des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie

2/ **Longévité des infrastructures** (/amortissement des investissements) = niveau d'émission qui devrait donc se maintenir si pas de changement

Quels sont les freins à l'abolition des centrales ?

**L'existence d'impératifs concurrents** ; ex : 90 % des nouvelles constructions sur les 20 dernières années concentrées en Asie => donc présence de centrales très récentes ( $\mu \approx 12$  ans) dans des économies en développement qui doivent, dans le même, faire face à de lourds défis (croissance, emploi, sécurité énergétique...). C'est notamment le cas de l'Inde où 70 % de la production électrique repose sur des centrales à charbon (et qui prévoit encore de nouvelles constructions).

Quelles sont les pistes de résolution possibles ?

- **Modernisation des centrales** => technologies de capture, stockage et valorisation des émissions ou de cocombustion de biomasse ;
- **Réduction de leur production** favorisée par une plus grande flexibilité et une meilleure mise en adéquation de leur usage à l'écosystème énergétique ;
- **Préparer leur fermeture.**

Envisagées dans le SDD, la majorité des 2080GW de capacité de production mondiale par les centrales seraient affectées par l'une ou l'autre de ces solutions et leurs implications financières et sociales, amortissables par des plans d'accompagnement justement dimensionnés.

Exemple de pays engagés dans cette voie :

Alors que 30 % de sa production électrique repose encore sur le charbon+lignite, l'Allemagne a arrêté un plan de sortie total à l'horizon 2038, soit redéploiement de 45 GW vers d'autres sources énergétiques => si, à elle seule, l'Allemagne représente une faible proportion du parc mondial (2060 GW), son **effort relatif est proportionné aux objectifs climatiques.**

Proposition opérationnelle d'alternative à la construction de nouvelles centrales :

**L'augmentation du stockage par batterie (favorisée par la baisse continue de leurs coûts de fabrication) associé à des installations solaires photovoltaïques permettrait :**

- La création de 120 Gw de stockage d'ici 2040 (SPA)
- Une augmentation vertueuse et continue du recours à cette solution favorisée par baisse complémentaire du coût de production des batteries, envisageable jusqu'à -40 % horizon 2040 (économies d'échelle + avancées scientifiques)

## 2) Autre levier de transformation : le renforcement des réseaux gaziers

- A ce stade, **le réseaux réseaux de transport de de distribution de gaz** présente le double avantage de :  
=> permettre un acheminement d'énergie plus performant que les réseaux électriques  
=> transporter un combustible moins polluant que de nombreux autres (gaz naturel)

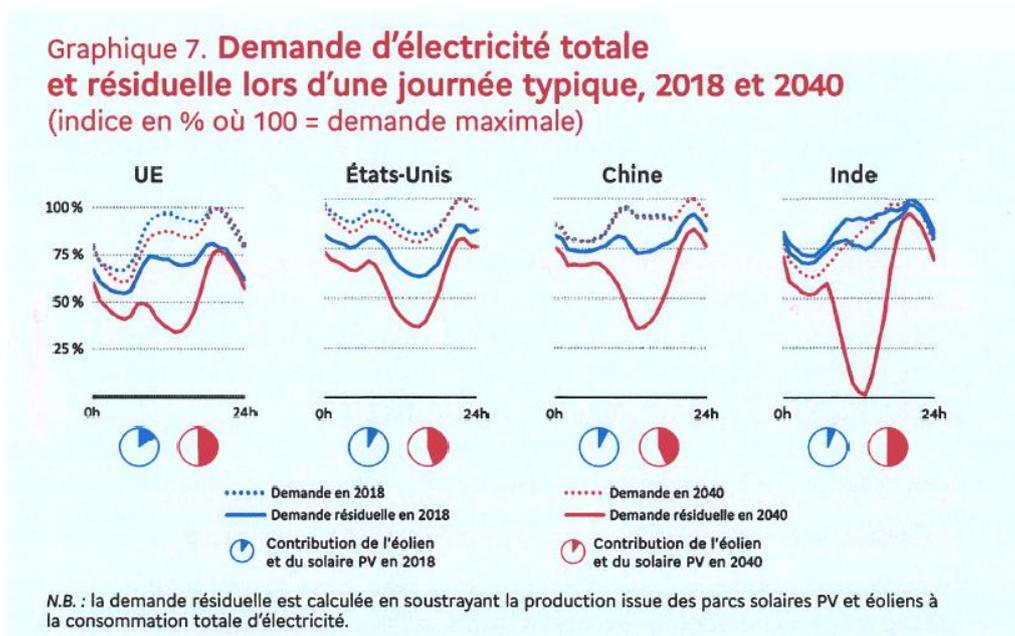
- Le développement de ces réseaux, notamment en les préparant à accueillir et déployer d'autres sources d'énergies zéro (ou très bas) carbone favoriserait :
  - une **montée en puissance de l'hydrogène bas carbone** (coûts de production moins élevés, intensification de la production et de l'acheminement) ;
  - la **réalisation du potentiel de production durable de biométhane** qui pourrait couvrir environ 20 % de la demande de gaz actuelle

## B. La dimension stratégique de la question électrique dans la transition énergétique

La pandémie a révélé combien la **sécurité de l'approvisionnement électrique est essentiel** : elle est indispensable au bon fonctionnement des systèmes de santé (ex : respirateurs) et de communication (ex : entre gouvernements, vers les citoyens), des entreprises (ex : télétravail, e-commerce), des équipements du quotidien (ex : électroménager, éclairage).

Face à cet impératif, l'enjeu climatique posé dans les accords de Paris **emporte la nécessité d'une nette augmentation de la part d'énergie renouvelable dans l'approvisionnement électrique**, de 25 % aujourd'hui à environ 2/3 en 2040.

Or, compte-tenu de l'aléa structurel inhérent à la production des sources d'énergie renouvelables intermittentes (éoliennes, photovoltaïque), la capacité à répondre à la demande résiduelle d'énergie repose sur des sources d'énergies dont la production, dans une approche de développement soutenable, doit être ajustable au plus près des besoins :



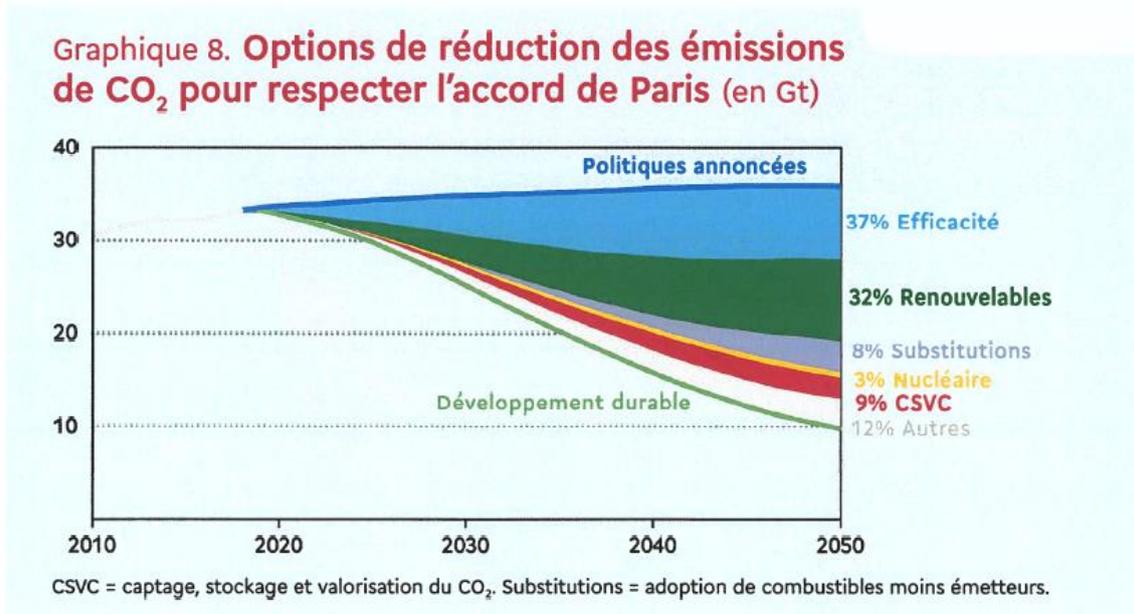
Dans la poursuite des objectifs de *verdissement* de la production électrique, la réponse à cet impératif de **flexi-sécurité** pourrait passer par :

- un **meilleur pilotage de la demande**, une meilleure interconnexion des réseaux (coopération internationale du pilotage, développement de nouvelles technologies) ;
- un **recours croissant au stockage**, notamment par batterie (dont les coûts de production ne cessent de baisser).

### C. Un large éventail de solutions pour passer du scénario Politiques annoncées au scénario Développement durable

Les plans de relance qu'ont rendu nécessaires les crises sanitaires et économiques pourraient constituer une formidable opportunité de répondre au triple impératif – environnemental, économique et social – du développement durable.

Ainsi, en déployant une stratégie d'investissements massifs, principalement en faveur de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables, c'est près de 70 % du delta entre les scénarii *Politique annoncée* et *Développement durable* qui pourrait être réalisé :



Ainsi, la réduction de l'intensité énergétiques pourrait être réduite de 3 % / an, notamment par :

- **promotion de la production, l'utilisation et le recyclage de matériaux renforcés** (acier, aluminium, ciment, plastiques) ;
- **recours accru aux outils numérique** (ex : smartgrid)

Pour ce qui concerne le déploiement des énergies renouvelables, deux technologies, consistant à convertir l'électricité en énergie chimique et inversement, se distinguent : les batteries et les électrolyseurs producteurs d'hydrogène. En effet, au-delà de leurs vertus intrinsèques, il est possible de tirer avantage de leur mise en synergie.

### D. Le Plan pour une relance durable AIE-FMI

Résultats escomptés :

- Stimuler la croissance économique d'environ 1,1 % / an en moyenne ;
- Préserver ou créer 9M d'emplois / an ;
- Réduire structurellement les émissions de GES
- Accroître la résilience des systèmes énergétiques.

Efforts à consentir :

- Investissements : 3.000 Mds US\$ en 3 ans ( $\approx 0,7$  % du PIB mondial) ;
- Dépenses publiques : <10 % ;
- Mesures gouvernementales en faveur de l'investissement et l'innovation.

## E. Progrès technique et décarbonation

De nombreux travaux de prospective tablent sur une forte croissance de l'électricité décarbonnée ; pour y répondre, deux pistes de recherches et innovation sont à explorer.

### 1) **Les filières renouvelables (éolien, solaire, hydroélectricité)**

- Amélioration de la rentabilité du solaire à concentration et de l'éolien *offshore*<sup>7</sup> ; ex :
  - ↳ Améliorer rendement des cellules solaires photovoltaïques grâce à la recherche sur les matériaux ;
- Stockage de l'électricité ; ex :
  - ↳ Trouver une alternative aux batteries lithium-ion, telle que couples lithium-air, zinc-air, sodium-soufre...
  - ↳ Développer des batteries à électrolyte solide.
- Stockage et emploi de l'hydrogène.

### 2) **Le nucléaire**

- Plutôt par le développement des filières nouvelles ; ex :
  - ↳ EPR ;
  - ↳ Surgénérateurs fonctionnant au plutonium ;
  - ↳ Réacteurs au thorium...

### 3) **Autres pistes**

- Utilisation de l'électricité dans les procédés industriels ; ex :
  - ↳ Utilisation de fours électriques en sidérurgie ;
  - ↳ Remplacement du coke (minerais de fer) par de l'hydrogène (électrolyse) ;
  - ↳ Développement d'une électrochimie utilisant une énergie décarbonnée pour produire de l'éthylène à partir de CO<sub>2</sub> avec catalyseurs.
- Sécuriser la filière électrique dont la dépendance aux métaux<sup>8</sup> pose deux problème :
  - ↳ Leur consommation pourrait augmenter, à l'horizon 2050, de +100 % à +200 % ;
  - ↳ Leur recyclage n'est pas satisfaisant et très coûteux.

---

<sup>7</sup> Selon l'Agence Internationale pour les Energies Renouvelables, les coûts de production du kWh par la moitié des nouvelles centrales (2019) solaires photovoltaïques et éoliennes terrestres seraient déjà inférieurs à ceux produits par les centrales thermiques les plus compétitives.

<sup>8</sup> Exemples : cobalt et lithium pour les batteries ; platine pour les piles à combustible ; terres rares, telles que le néodyme pour les éoliennes.

## PROSPECTIVE DES TRANSITIONS ENERGETIQUES : ENTRE MODELISATION ECONOMIQUE ET ANALYSE DES SCENARIOS STRATEGIQUES.

Criqui Patrick, Waisman Henri, *Futuribles*, vol. 438, n°5, 2020, pp. 29-48

*Cet article se propose de dresser un panorama de l'évolution de la prospective des transitions énergétiques pour exposer les principes de l'approche actuelle et d'en démontrer l'intérêt par l'exemple et la mise en scène.*

**Résumé :** Si la complexité des défis climatique et environnemental qui se posent à l'humanité, de par leur ampleur, leurs temporalités diverses et les incertitudes qu'ils recèlent, la crise du coronavirus en a révélé de nouveaux aspects majeurs, et notamment l'existence de risques géopolitiques, économiques et sociaux concurrents ou encore la vulnérabilité des sociétés et dépendance aux interconnexions, etc. Face à cela, pour satisfaire à l'ensemble de ces préoccupations et faire des futurs plans de relance économique une opportunité pour l'environnement, les décideurs politiques devront poser un cap clair et congruent, alliant vision long-termiste, mesures d'urgence et pilotage politique agile. Dans cette perspective, les approches prospectives, qui n'ont cessé de s'adapter, passant progressivement de simples modélisations de scénarii à de véritables outils d'analyse transversale et d'aide à la décision, sont aujourd'hui devenues incontournables à la définition de toute stratégie climatique et environnementale.

### I L'ÉVOLUTION DES TRAVAUX DE MODELISATION : DE LA STRUCTURATION D'UN PROBLEME SCIENTIFIQUE A LA PROBLEMATISATION POLITIQUE DE L'ENJEU ENVIRONNEMENTAL

Depuis la création du GIEC, le processus observable de coévolution entre modélisation économique, régime climatique international et politiques de transition bas carbone illustre comment le rôle-clé qu'ont pu jouer les modèles d'évaluation intégrés pour l'énergie et le climat (IAMs) au fil du temps et explique leur déclin relatif.

#### A/1972-1992 : genèse des modèles intégrés énergie-économie-environnement

1972	Rapport Meadows (rapport du MIT au Club de Rome sur les limites de la croissance)														
<p>Premier exercice de modélisation complet, ce rapport interroge les impacts de l'activité humaine sur l'environnement et postule que la croissance économique pourrait entraîner, à l'horizon 2100, une chute brutale de la population liée à la pollution, l'appauvrissement des sols cultivables et la raréfaction des ressources énergétiques</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>Ouvre un intense flux de recherche sur « l'économie de la durabilité », portant par exemple sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- conditions de la substituabilité à long terme du capital naturel et du capital artificiel ;</li> <li>- équilibres coûts-avantage dans la lutte contre le changement climatique (DICE-RICE, William Norhaus)</li> </ul>															
1973-1979	Chocs pétroliers														
<p>Déstabilisation des marchés mondiaux et enjeux de la sécurité énergétique</p> <p style="text-align: center;"></p>															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="border-right: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Modélisation économique pour des politiques en faveur de la sécurité énergétique :</p> </td> <td colspan="2" style="padding: 5px;"> <p>Développement successif de deux modèles macro-économiques concurrents :</p> </td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px; vertical-align: top;"> <p>Approche par l'offre</p> </td> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px; vertical-align: top;"> <p>...se concentre sur l'<b>approvisionnement au moindre coût</b> (méthodes de recherche opérationnelle, algorithmes d'optimisation linéaire ; voir Markal, Ecom...)</p> </td> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px; vertical-align: top;"> <p>Années 1970</p> </td> <td style="padding: 5px; vertical-align: top;"> <p>modélisations, majoritairement d'influence keynésienne, explorant les <b>enjeux des déstabilisations des marchés internationaux et des politiques d'indépendance énergétique</b></p> </td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px; vertical-align: top;"> <p>Approche par la demande</p> </td> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px; vertical-align: top;"> <p>...s'intéresse aux <b>déterminants et leviers d'action de la demande énergétique</b>, (premiers modèles de simulation de long terme « MEDEE »...)</p> </td> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px; vertical-align: top;"> <p>Années 1980</p> </td> <td style="padding: 5px; vertical-align: top;"> <p>travaux d'inspiration walrassienne permis par des progrès mathématiques (algorithmes de résolution, capacité de calcul des ordinateurs) proposant des <b>modèles « d'équilibre général calculables (CGEM) »</b></p> </td> </tr> </table>				<p>Modélisation économique pour des politiques en faveur de la sécurité énergétique :</p>		<p>Développement successif de deux modèles macro-économiques concurrents :</p>		<p>Approche par l'offre</p>	<p>...se concentre sur l'<b>approvisionnement au moindre coût</b> (méthodes de recherche opérationnelle, algorithmes d'optimisation linéaire ; voir Markal, Ecom...)</p>	<p>Années 1970</p>	<p>modélisations, majoritairement d'influence keynésienne, explorant les <b>enjeux des déstabilisations des marchés internationaux et des politiques d'indépendance énergétique</b></p>	<p>Approche par la demande</p>	<p>...s'intéresse aux <b>déterminants et leviers d'action de la demande énergétique</b>, (premiers modèles de simulation de long terme « MEDEE »...)</p>	<p>Années 1980</p>	<p>travaux d'inspiration walrassienne permis par des progrès mathématiques (algorithmes de résolution, capacité de calcul des ordinateurs) proposant des <b>modèles « d'équilibre général calculables (CGEM) »</b></p>
<p>Modélisation économique pour des politiques en faveur de la sécurité énergétique :</p>		<p>Développement successif de deux modèles macro-économiques concurrents :</p>													
<p>Approche par l'offre</p>	<p>...se concentre sur l'<b>approvisionnement au moindre coût</b> (méthodes de recherche opérationnelle, algorithmes d'optimisation linéaire ; voir Markal, Ecom...)</p>	<p>Années 1970</p>	<p>modélisations, majoritairement d'influence keynésienne, explorant les <b>enjeux des déstabilisations des marchés internationaux et des politiques d'indépendance énergétique</b></p>												
<p>Approche par la demande</p>	<p>...s'intéresse aux <b>déterminants et leviers d'action de la demande énergétique</b>, (premiers modèles de simulation de long terme « MEDEE »...)</p>	<p>Années 1980</p>	<p>travaux d'inspiration walrassienne permis par des progrès mathématiques (algorithmes de résolution, capacité de calcul des ordinateurs) proposant des <b>modèles « d'équilibre général calculables (CGEM) »</b></p>												

## B/1992-2014 : l'âge d'or des modèles d'évaluation intégrée

Avec l'avènement de la modélisation économique des questions énergétiques et environnemental, l'approche prospective permet ainsi une avancée majeure dans la compréhension des enjeux et l'élaboration de solutions adaptées et devient alors incontournable.

Années 1990	Travaux de la Commission européenne sur la recherche en économie de l'environnement	
Portent sur deux axes structurants : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluation des coûts externes des différentes technologies énergétiques (programmes ExterneE) ;</li> <li>- Elaboration d'une ligne de modèles énergétiques susceptibles de répondre à ≠ hypothèses de contrainte climatique (économie européenne : GEM-E3, NEMESIS ; système énergétique : PRIMES, POLES)</li> </ul>		
Travaux du GIEC, et plus particulièrement sur l'analyse des options d'évaluation (Groupe III)		
Multiplication des modèles d'évaluation disponibles (IMAGE, MESSAGE, REMIND, WITCH, IMACLIM...) Rapprochements progressifs de ces dispositifs en vue d'élaborer des scénarii communs abordant les questions-clé de l'économie politique		
Années 2000	Négociations internationales, de Kyoto (1997) et Copenhague (2009)	
Formation d'un paradigme stabilisé sur la construction d'un « régime climatique international » et ses enjeux économiques caractérisé par le tryptique : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instauration d'un <b>plafond mondial des émissions</b> ;</li> <li>- Répartition des <b>droits d'émission</b> entre les Etats ;</li> <li>- Mise en place d'un <b>marché international des quotas</b>.</li> </ul>		
<p style="text-align: center;"></p> <p style="text-align: center;"><b>Au niveau national</b></p> Elaboration de politiques d'égalisation des coûts marginaux de réduction, à travers, soit une taxe carbone, soit un système d'échange des droits d'émission.		<p style="text-align: center;"></p> <p style="text-align: center;"><b>Au niveau international</b></p> Instauration de taxes et quotas afin d'optimiser le caractère coût-efficacité des politiques décrites

Ces schémas simples et conformes à la théorie économique de l'environnement vont cependant se heurter à plusieurs obstacles liés, d'une part, à la complexité de passer les nécessaires accords et engagement internationaux *ex ante* et, d'autre part, aux considérables enjeux financiers induits (cf. 15<sup>ème</sup> conférence des parties – COP15 Copenhague ; mise en place de la taxe carbone au niveau national).

## C/Après 2014 : les modèles, du Capitole à la roche Tarpéienne ?

L'accord de Paris (2015) consacre un changement de paradigme : alors qu'ils reposaient essentiellement sur des schémas théoriques, ces schémas vont désormais explorer également la dimension d'économie politique pour l'élaboration des scénarii de transition.

A partir de 2013	Préparation de la COP 21
<p>On passe d'une perspective <i>top-down</i> à une approche <i>bottom-up</i> =&gt; <b>création des « contributions déterminées au niveau national (CDN<sup>9</sup>) »</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ nécessaire prise en compte des spécificités nationales (ressources, défis, opportunités, capacités propres...)</li> <li>↳ dans l'élaboration d'un plan d'action global + réaliste, + pertinent, + légitime, + mobilisateur</li> </ul>	
<p>Les paradigmes traditionnels sont ré-interrogés pour passer d'une approche simplifiée à une logique d'objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ la fixation prix du carbone n'est plus un objet en soi mais une variable des politiques climatiques, par exemple un instrument d'incitation ;</li> <li>↳ les instruments d'évaluation sont revisités (ex : l'efficacité sociale des politiques climatiques est mesurée au-delà du seul PIB) ;</li> </ul> <p>Une tendance qui se vérifie particulièrement dans les stratégies nationales multidimensionnelles de développement des pays émergents.</p>	

## II . NOUVELLE PROSPECTIVE DE LA TRANSITION ENERGETIQUE

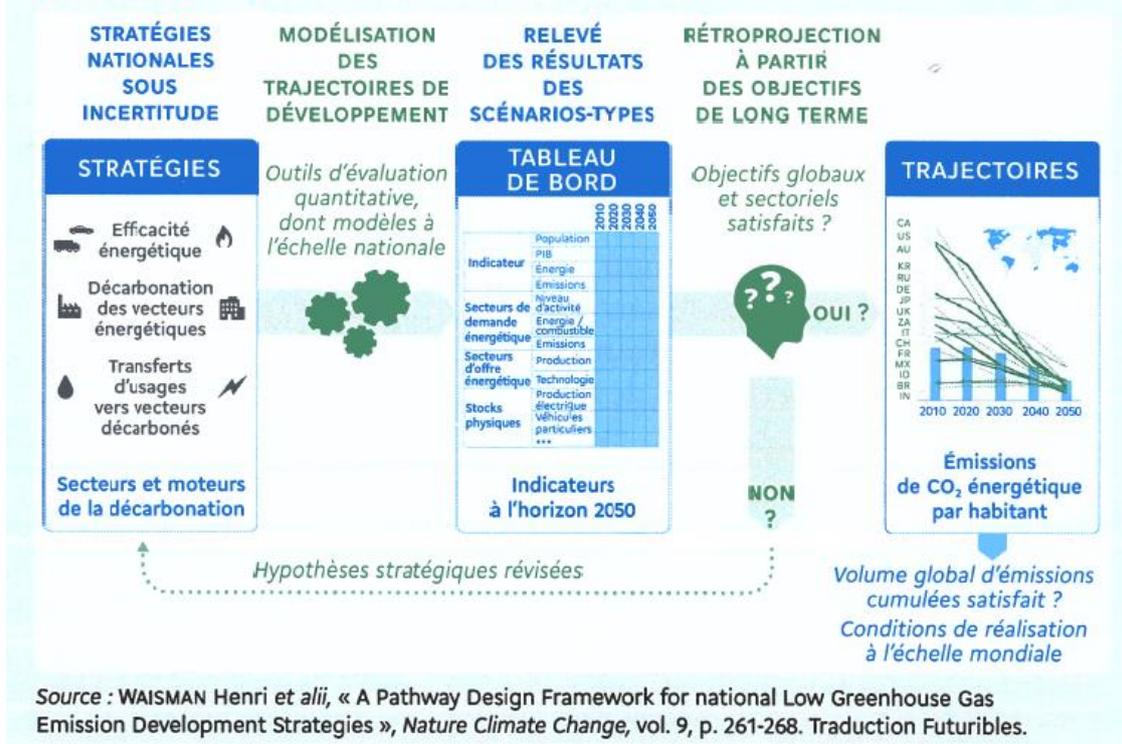
A partir de 2014, et bien que leur valeur diagnostique demeure reconnue, les approches modélisées des questions climatiques perdent de l'influence au profit d'approches plus globales et transverses prenant en compte toute une série de dimensions relevant de l'économie politique : co-bénéfices environnementaux des politiques climatiques ; mise en cohérence avec les stratégies nationales de développement économique ; hétérogénéité des impact des transition pour les différents types d'agents économiques (et notion d'équité)... Un changement d'approche qui s'inscrit dans la démarche onusienne des ODD.

### A/Les principes directeurs

La prospective ne se nourrit donc plus uniquement de schémas normés, construits par des experts, mais va s'enrichir de toute une série d'autres dimensions apportées par l'ensemble des parties entrant en jeu dans la définition et le déploiement des politiques climatiques. Cette nouvelle approche se construit autour de 4 aspects structurants :

<sup>9</sup> CDN : documents nationaux décrivant les orientation et actions en faveur du climat à réactualiser tous les 5 ans ;

## Graphique 1. Une nouvelle méthodologie pour la prospective des transitions



Cette nouvelle méthodologie présente plusieurs intérêts ; d'une part, la prise en compte des intérêts – parfois concurrents – des parties prenantes dans la poursuite les objectifs (ODD), permet

### B/Exemple de mise en pratique

DEEP DECARBONATION PATHWAYS PROJECT (2017)		
OBJET	Démarche	Initiative de recherche internationale collaborative / dispositif d'intelligence collective
	Inspirations	→ Débat National sur la Transition Énergétique- DNTE (France, 2012-2013) → Contributions déterminées au niveau national- CDN (Trav. prép. COP21)
	Objectif	Elaborer des scenarii de décarbonation profonde construits pays par pays
CADRE	Légitimité scientifique	Comité de chercheurs
	Représentativité	...issus de 16 pays
	Intérêt à agir	...industrialisés et émergents
	Potentiel d'impact significatif	...et regroupant 75% des émissions mondiales du secteur énergétique
	Neutralité	Chaque équipe nationale ne représente pas le gouvernement national dont elle relève
	& engagement	...mais sont toute engagées dans le débat politique national
	Approche transversale	Travaux par scenarii + analyse transversale (croisement des scenarii)
RESULTATS DE L'ANALYSE	Par scenario	→ L'hétérogénéité des contextes nationaux (situation initiale, contexte, enjeux) ne fait pas obstacle à l'élaboration de scenarii réalisables → Dans chacun des scenarii, on retrouve des cobénéfices potentiels, environnementaux et au-delà (qualité de l'air, sécurité énergétique, emplois, pauvreté...)
	Trans-scenarii	→ 3 piliers communs aux scenarii: - efficacité et sobriété énergétique - décarbonation des vecteurs énergétiques - transferts d'usage vers ces vecteurs décarbonnés
	Clés de réussite	→ Géométrie variable: mise en place des politiques adéquates au niveau adéquat → Transformation/consolidation du parc d'infrastructures existantes

### III VERS LA NEUTRALITE CARBONE, POINT FOCAL DES POLITIQUES CLIMATIQUES, ET DECLINAISONS STRATEGIQUES

Si la notion de neutralité climatique est présente dans la littérature scientifique comme dans les débats politiques, ce n'est qu'à partir de l'accord de Paris (2015) qu'elle apparaît dans un traité international, exprimé par l'objectif de « *Parvenir à un équilibre entre les émissions anthropiques par les sources et les absorptions par les puits de gaz à effet de serre dans la seconde moitié de ce siècle* ».

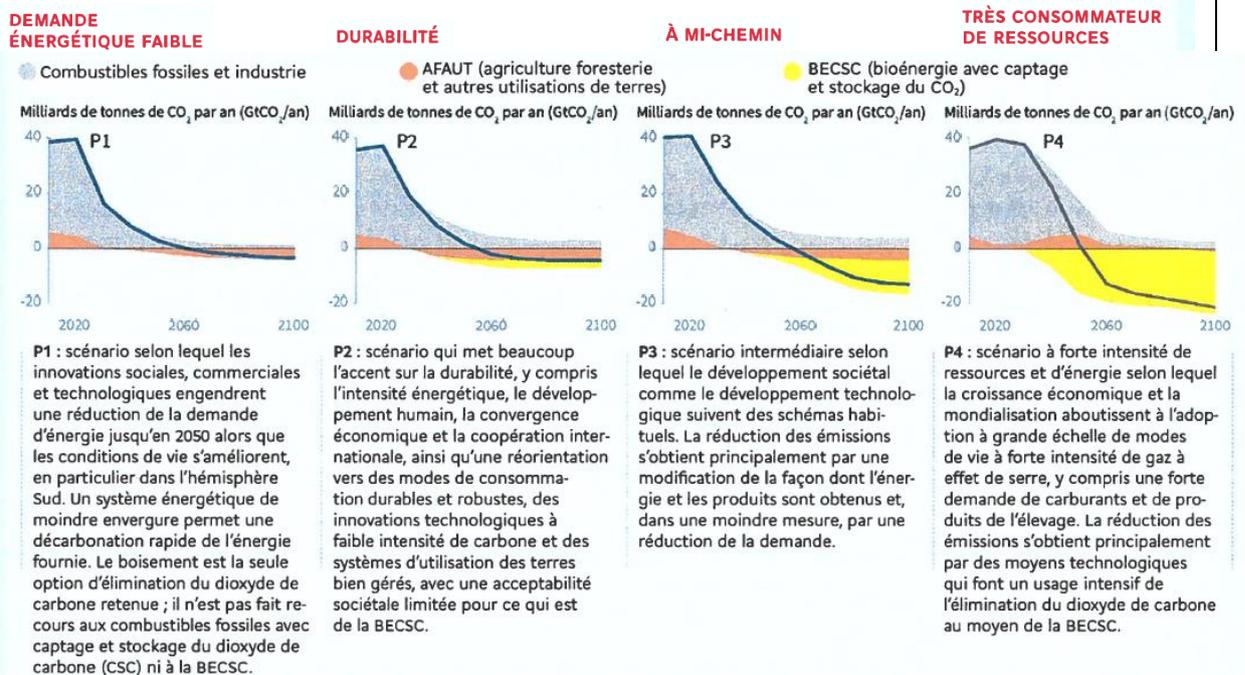
En 2018, dans son « rapport 1,5°C », le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat pose la neutralité carbone à l'horizon 2050-2070 comme nouveau point focal des politiques climatiques et condition de succès de l'accord de Paris, quel que soit le scénario envisagé. Dans cette perspective, il propose quatre familles de trajectoires possibles, de la plus économe en énergies fossiles à la plus efficace en technologies à émissions négatives, et compte-tenu des usages agricoles et utilisations des sols (cf. « *graphique 2* » ci-après).

Par la suite (2017-2018), l'objectif se décline en stratégies :

- ↳ Fin 2018, et bâtie à partir du Rapport 1,5°C, la Stratégie européenne est adoptée fin 2018 ;
- ↳ En France, le plan Climat (2017) et la stratégie nationale bas carbone (2018) visent l'OZC à l'horizon 2050.

Graphique 2. Les scénarios du Rapport 1,5 °C du GIEC

Détail des contributions aux émissions nettes mondiales de CO<sub>2</sub> pour quatre exemples de trajectoires modélisées



Cela dit, et bien qu'ils conservent une place centrale dans le milieu académique, les modèles d'évaluation intégrés peinent à simuler l'ensemble des changements nécessaires, sectoriels comme systémiques, sans recourir à des leviers exogènes ; dans ce cadre, différentes approches doivent être conjuguées.

## A/La transformation des systèmes socio-techniques

Dans un rapport dit « ZEN 2050 » en 2019<sup>10</sup>, l'association EPE propose un schéma des transformations nécessaires, notamment dans leurs dimensions stratégiques et systémiques, reposant sur 6 *nexus* majeurs et complémentaires :

1. Le *nexus* « Alimentation-agriculture-forêts-bioénergies-utilisation des sols », ou encore l'enjeu des usages des sols consacrés à l'alimentation, l'énergie et le stockage du carbone compte-tenu :
  - des effets, notamment concurrentiels, des (nouvelles) productions de matériaux, bioénergies, technologies de stockage dans les sols et forêts ;
  - des évolutions des productions, des pratiques et modes de consommation.
2. Le *nexus* « Urbanisme-logement-transport-accessibilité des services » : enjeux des usages urbains et de la mobilité (zonage urbain, systèmes de transports, freins et leviers liés aux coûts financiers ou environnementaux, accessibilité)
3. Le *nexus* « Industrie-matériaux-économie circulaire », c'est-à-dire les activités productives (nouveaux processus de production, gains d'efficacité dans les activités traditionnelles, gestion prudente des matériaux structurels et nouvelles technologies) ;

<sup>10</sup> EPE (Entreprises pour l'environnement), ZEN 2050. Imaginer et construire une France neutre en carbone, 2019

4. Les **systèmes énergétiques décarbonés** (décarbonation des principaux vecteurs énergétiques et pénétration de ces vecteurs dans les utilisations finales des filières, modération des consommations) ;
5. Les **comportements et modes de consommation** (acculturation à la sobriété et l'efficacité énergétique...) ;
6. Une **nouvelle macroéconomie** (équilibres structurel entre consommation/investissement et création de nouveaux canaux pour l'investissement vert.

### **B/La transformation des modes de vie et de consommation**

Des changements sociétaux seront indispensables à la réalisation des transformations systémiques requises par l'OZC. Il s'agit, en premier lieu, de changements dans la demande de services. En effet, bien que considérée comme exogène en prospective climatique et dès lors qu'elle résulte des interactions entre les systèmes sociétaux et technologiques, alors une exploration de changements importants dans la demande de service est susceptible de révéler de nouveaux leviers :

- ↳ Une diminution de la demande d'énergie (efficacité, sobriété) = besoins en émissions négatives moindres ;
- ↳ Changements alimentaires = clé de l'agroécologie + nouveaux modèles productifs ;
- ↳ Transformation des mobilités.

### **C/La construction de politiques acceptables et équitables**

Les transformations nécessaires à l'OZC supposent également l'intervention des pouvoirs publics, via un policy mix adapté aux spécificités nationales :

- ↳ Une tarification carbone par une fiscalité adaptée pour encourager les changements là où le signal prix est applicable (comportements de consommation, innovation technologique...) ;
- ↳ Des normes et réglementations pour les secteurs dans lesquels la mise en œuvre d'un signal prix est difficile via normes de performances ou autres (notamment bâtiment, efficacité des transports...) ;
- ↳ Politiques de soutien à l'innovation + financement des infrastructures : R&D, politique d'achat public, création de marchés de niches, expérimentations...
- ↳ Création d'institutions chargées d'assurer le suivi des progrès et d'ajuster les politiques.

\*\*\*

Le défi des nouvelles méthodes prospectives permettant de guider la décision publique consiste à rendre compte d'une multiplicité de paramètres, de leur intégration et leur conjugaison (échelles, temporalités, systèmes, objectifs, disciplines scientifiques...) tout en restant réaliste. Cela suppose donc d'adopter une approche holistique mais détaillée, stratégique mais déclinée, des politiques nécessaires à l'OZC.

## TRANSITION ENERGETIQUE : CHINE, ÉTATS-UNIS ET UNION EUROPEENNE. LES TECHNOLOGIES BAS CARBONE A L'EPREUVE DE LA GEOPOLITIQUE

Eyl-Mazzega Marc-Antoine, Mathieu Carole, *Futuribles*, vol. 436, n°3, 2020, pp. 55-66

**Résumé :** Extrait de l'étude « La dimension stratégique de la transition énergétique. Défis et réponses pour la France, l'Allemagne et l'Union européenne », cet article rédigé par les auteurs nous semble en effet particulièrement éclairant sur **les chaînes de valeur européennes des technologies bas carbone**.

Après avoir rappelé *l'urgence de la transition énergétique et ses inégales avancées*, Marc-Antoine Eyl-Mazzega et Carole Mathieu montrent combien les politiques de l'énergie et du climat renvoient aujourd'hui à des **enjeux géopolitiques et géoéconomiques majeurs**. Ce texte révèle particulièrement la relative **faiblesse de l'Union européenne au regard de la Chine et des États-Unis**, en raison d'une part de sa **dépendance vis-à-vis de l'extérieur** pour ses approvisionnements en métaux critiques ; d'autre part de **son positionnement dans les chaînes de valeur des technologies bas carbone**, qui jouent un rôle essentiel dans le déploiement des énergies renouvelables.

### LES ENJEUX GEOPOLITQUES, ECONOMIQUES ET TECHNOLOGIQUES DE LA TRANSITION ENERGETIQUE :

- ↳ Ressources et leur enrichissement/traitement : gaz naturel, métaux critiques et terres rares, minerais conventionnels (cuivre, fer, uranium...), sable, eau, etc.
- ↳ Technologie, innovation, propriété intellectuelle : mobilité autonome, nucléaire, énergies renouvelables dont éolien offshore, batteries et techs de stockage, techs numériques de pilotage (production, consommation, réseaux), gaz renouvelables (hydrogène, biométhane)...
- ↳ Marchés d'exploitation : transports publics, nucléaire, éolien, solaire, infrastructures hydroélectriques, ville durable ;
- ↳ Actifs : investissements et prises de participations (électricité, gaz, tech. numériques, *datas*) ;
- ↳ Normes : électricité, batteries, mobilité électrique, interconnexions, réseaux, protection des données ;
- ↳ Information et image.

### I.GEOPOLITIQUE DE LA TRANSITION ENERGETIQUE, PANORAMA

Si l'**Union Européenne** n'accuse pas réellement de retard quant au déploiement des énergies renouvelables, sa maîtrise insuffisante de différentes dimensions des chaînes de valeur l'affaiblit considérablement face aux leaders chinois et nord-américain dont elle dépend encore très largement. **L'Afrique, l'Amérique latine et une partie du Moyen-Orient** accusent un certain retard et constituent corrélativement des zones à fort potentiel, et notamment les pays producteurs d'hydrocarbures. Ainsi, c'est essentiellement entre **les USA et la Chine** que se livre actuellement la bataille industrielle de la transition énergétique.

**Les USA** conservent une position de prédominance, notamment grâce au leadership des GAFAMI qu'ils s'emploient à pérenniser ; ils déploient en outre diverses mesures, principalement protectionnistes, pour lutter contre la concurrence chinoise (pillage technologique ; *dumping* sur les coûts).

**La Chine**, en effet, est en situation de maîtrise (ou en passe de l'être) de tous les éléments-clés des chaînes de valeurs de la transition énergétique, et ce grâce à une combinaison de facteurs :

- ↳ Des atouts de départ déterminants :
  - ressources naturelles importantes (en interne et chez partenaires cciaux) : métaux critiques, terres rares... ;
  - savoir-faire + infrastructure/industrie adaptée : raffinage, alliages spéciaux, innovation, fabrication et assemblage de technologies (90% des panneaux solaires, >50% des éoliennes terrestres), réacteurs nucléaires de 3<sup>ème</sup> G, batteries, véhicules électriques et hydrogènes, équipements réseaux *smarts* (5G, numérique, IA...)
  - marché intérieur vaste et peu concurrentiel + importante capacité d'investissement ;
- ↳ Une stratégie proactive :
  - visant 5 objectifs :
    - ✓ se garantir un approvisionnement en métaux non-disponibles sur son propre sol ;

- ✓ préempter des marchés ;
  - ✓ faire face aux problèmes environnementaux auxquels elle se heurte actuellement ;
  - ✓ développer des ressources plus compétitives ;
  - ✓ contenir la baisse de ses propres réserves ;
- et poursuivie via plusieurs leviers :
- ✓ technologique, par le soutien à l'innovation (1/3 des brevets techs bas carbone sont chinois), le pillage technologique ou l'assujettissement des IDE à des transferts de technologie ;
  - ✓ industrielle, par des financements publics et le soutien à la demande sur l'ensemble de la chaîne ;
  - ✓ d'investissement, par des acquisitions majeures à l'étranger, la conquête de marchés capitaux...

Mais l'accès de la Chine à cette position dominante a aussi été largement favorisée par les erreurs de la concurrence, notamment de l'UE qui notamment a opéré le transfert de ses industries polluantes sur le sol chinois et insuffisamment négocié les conditions d'accès aux marchés chinois (ex : en acceptant des IDE chinois contre transferts de technologies).

Cette configuration emporte un certain nombre d'enjeux cruciaux :

Menaces	Opportunité																																
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Représailles commerciales et replis protectionnistes =&gt; mesures financières et fiscales (ex : tarifs douaniers aux USA et en Inde sur l'importation de cellules photovoltaïques)</li> <li>- Tensions sur les marchés mondiaux ;</li> <li>- Tensions géopolitiques, notamment recours commerciaux internationaux (pillage tech)</li> <li>- Puis, si coût de la transition énergétique (éco ou politique) devient trop important (emploi local, coût de la vie...) =&gt; perte du soutien et désengagement des citoyens.</li> </ul>	<p>Dynamisation du secteur =&gt; baisse des coûts =&gt; développement des TBC :</p> <p><b>Graphique 1. Coût global actualisé de l'électricité produite à partir de larges projets de production d'électricité bas carbone, 2010-2020 (en dollars US par kilowattheure)</b></p> <table border="1"> <caption>Données estimées du Graphique 1 (en dollars US par kilowattheure)</caption> <thead> <tr> <th>Technologie</th> <th>2010</th> <th>2017</th> <th>2020*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Éolien terrestre</td> <td>~0,08</td> <td>~0,06</td> <td>~0,05</td> </tr> <tr> <td>Éolien en mer</td> <td>~0,15</td> <td>~0,10</td> <td>~0,08</td> </tr> <tr> <td>Solaire thermique à concentration</td> <td>~0,25</td> <td>~0,18</td> <td>~0,15</td> </tr> <tr> <td>Solaire photovoltaïque</td> <td>~0,35</td> <td>~0,10</td> <td>~0,05</td> </tr> <tr> <td>Hydraulique</td> <td>~0,05</td> <td>~0,04</td> <td>~0,04</td> </tr> <tr> <td>Géothermie</td> <td>~0,08</td> <td>~0,07</td> <td>~0,07</td> </tr> <tr> <td>Biomasse</td> <td>~0,08</td> <td>~0,07</td> <td>~0,07</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Estimation. Source : IRENA, Renewable Power Generation Costs in 2017, Abou Dabi : IRENA, janvier 2018.</p>	Technologie	2010	2017	2020*	Éolien terrestre	~0,08	~0,06	~0,05	Éolien en mer	~0,15	~0,10	~0,08	Solaire thermique à concentration	~0,25	~0,18	~0,15	Solaire photovoltaïque	~0,35	~0,10	~0,05	Hydraulique	~0,05	~0,04	~0,04	Géothermie	~0,08	~0,07	~0,07	Biomasse	~0,08	~0,07	~0,07
Technologie	2010	2017	2020*																														
Éolien terrestre	~0,08	~0,06	~0,05																														
Éolien en mer	~0,15	~0,10	~0,08																														
Solaire thermique à concentration	~0,25	~0,18	~0,15																														
Solaire photovoltaïque	~0,35	~0,10	~0,05																														
Hydraulique	~0,05	~0,04	~0,04																														
Géothermie	~0,08	~0,07	~0,07																														
Biomasse	~0,08	~0,07	~0,07																														
Réponse possible																																	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obligations de contenus locaux dans les programmes de déploiement des ENR ;</li> <li>- Introduction de conditions de production locale des équipements en cas souscription de contrats énergétiques longue durée</li> </ul>																																	

## II. L'ENJEU MAJEUR DES METAUX CRITIQUES

Indispensables à la production industrielle (défense, électronique, technologies de communication ou de la transition énergétique...) et difficiles à substituer en raison de leurs propriétés spécifiques (optiques, catalytiques, chimiques, magnétiques,...), la disponibilité d'une trentaine de matériaux (dits « métaux critiques » et « terres rares ») constitue un enjeu central et stratégique dans la géopolitique de la transition énergétique, tant pour leur

rareté et leur répartition géographique qu'en raison des contraintes techniques, technologiques, économiques ou environnementales liées à leur extraction, leur transformation ou leur distribution.

Cette criticité s'explique notamment par :

- le rapport excessivement faible entre quantité de métaux extraits / quantité de ressource exploitée (par exemple pour la production de platine, de gallium ou de lithium) qui, pour certains, plafonne à 0,5% ;
- la nécessité de consommer d'importantes quantités de ressources intermédiaires nécessaires pour leur production ou leur transformation (ex : eau, électricité pour le raffinage...) ;
- les contractions sur les marchés, et corrélativement la volatilité des prix, dues à la rareté des matériaux et la concentration de l'offre entre les mains d'un petit nombre de pays<sup>11</sup> (pour la plupart non-membres de l'OCDE) ;
- la préemption d'une partie de la production mondiale qui se trouve *de facto* distribuée hors-marchés (ex : 60% de la production mondiale de cobalt par la RDC est directement récupérée par les réseaux de société intégrée chinoise) ;
- des investissements à haut risque de par l'inadéquation entre le caractère long-termiste (ex : miniers) et l'accès incertain aux matériaux (disponibilité et fluctuation des prix sur les marchés, normes douanières...)

En somme, cet enjeu est fondamental puisque l'investissement dans les nouvelles sources d'énergie – et corrélativement l'accomplissement de la transition énergétique mondiale – nécessitent pour la plupart l'accès à ces matériaux. Cela conforte d'autant plus les acteurs qui, tels que la Chine, ont anticipé la prise en compte ces impératifs afin de sécuriser la maîtrise de l'ensemble de la chaîne de valeur et les place ainsi en position bien plus favorable que le reste du monde. Une situation qui risque, au surplus, d'être confortée dans l'avenir avec la raréfaction probable de ressources aujourd'hui disponibles, telles que le cuivre, le fer ou encore le sable.

Il est en outre d'autant plus crucial que cette prépondérance de la Chine sur ce secteur induit également des risques considérables, en termes notamment de dépendance économique, industrielle, ou encore d'emploi, et susceptibles d'impacter, donc, l'indépendance politique de la région.

Face à cela et bien qu'elle dispose de réserves non-négligeables notamment en France, la stratégie de l'UE apparaît tout-à-fait insuffisante. Et, bien que quelques exceptions puissent être mentionnées, elles demeurent marginales (ex : raffinage de lithium en Finlande) et/ou de moindre importance à l'échelle mondiale (quelques projets miniers au Portugal ou encore en Allemagne).

Ainsi, et bien que la faiblesse actuelle des taux d'intérêt constitue incontestablement un levier favorable à l'investissement, de conséquents efforts dans la maîtrise de la chaîne d'approvisionnement, la réforme des cadres d'investissement et la conquête de l'opinion publique seront indispensables à la sécurisation et la confiance des investisseurs permettant ainsi d'impulser une véritable dynamique européenne, nécessaire à son émancipation énergétique.

En somme, transversalement aux défis technologiques, écologiques, économiques qu'implique la transition énergétique pour l'U.E., d'autres enjeux, notamment géopolitiques ou encore liés aux risques sanitaires et sociaux des travaux du secteur, rendent incontournable la conquête de sa souveraineté énergétique.

---

<sup>11</sup> Canada, Chili, Australie (OCDE) et Chine, RDC, Argentine, Bolivie, Russie, Afrique du Sud, Kazakhstan, Brésil (non-OCDE)

## 2.C - TRANSITION CLIMATIQUE

---

### LES NOUVEAUX SCENARIOS DU GIEC : ENCORE PLUS ALARMANTS !

Séгур Marie, *Futuribles*, vol. 445, n°6, 2021, pp. 44-47

Cet article s'attache à souligner, en synthèse, les grandes lignes du rapport du Groupe I du GIEC dans le cadre de son 6<sup>ème</sup> cycle d'évaluation sur le climat.

#### ELEMENTS DE CONTEXTE

---

- Elaboré par plus de 230 chercheurs à travers le monde et validé par 195 gouvernements, cet opus daté du 9 août 2021 est présenté comme la plus importante contribution scientifique en matière climatique et environnementale, non pas pour son contenu innovant mais pour proposer un état des lieux cohérent et synthétique des travaux réalisés sur le climat depuis plusieurs décennies dans le monde.
- Ce document avait vocation à alimenter les travaux de la COP26 qui s'est tenue en novembre dernier à Glasgow.
- Ce 6<sup>ème</sup> cycle d'évaluation sera complété par les rendus des groupes II et III attendus pour 2022.

#### POINTS SAILLANTS

---

- L'influence de l'espèce humaine sur le réchauffement climatique au cours des dernières décennies est « sans équivoque » (= entrée dans l'ère de l'Anthropocène) et les effets sur l'environnement, déjà perceptibles, vont s'intensifier dans les années à venir avec la démultiplication d'événements météorologiques et climatiques extrêmes (précipitations, canicules, incendies, sécheresses) ;
- Même en cas de réduction immédiate des émissions de gaz à effet de serre, la barre des +1,5°C sera atteinte, voire dépassée, d'ici 2040 ; d'ici 2100, le réchauffement pourrait atteindre entre +2,7°C et +4,4°C selon les scénarii ;
- Certaines conséquences du réchauffement climatique sont d'ores-et-déjà irréversibles :
  - ↳ Réchauffement et acidification des océans ;
  - ↳ Fonte des glaciers et calottes polaires
  - ↳ Montée du niveau des mers.
- Certaines conséquences pourraient rapidement devenir irréversibles sans une réduction rapide des émissions GES – et corrélativement avoir des effets majeurs sur les conditions d'habitabilité de la terre :
  - ↳ Disparition de la calotte glaciaire
  - ↳ Disparition de la forêt amazonienne
- Parmi les 5 scénarii prospectifs établis (horizon 2100) – et qui tiennent compte, désormais, de paramètres et hypothèses socio-économiques incontournables comme l'éducation, la démographie ou encore la coopération internationale – seul le SSP1 permet d'envisager un plafonnement du réchauffement climatique au seuil de +1,5°C (voire même, inférieur), mais à la seule condition que :
  - ↳ La conception actuelle de la croissance soit totalement transformée ;
  - ↳ Les plus grands pays émetteurs de carbone soient contraints de respecter un budget strict ;
  - ↳ Des garde-fous soient posés afin d'assurer une justice socio-climatique.

Ainsi, et suivant les conclusions de ce premier opus, la seule voie valide pour sortir de l'urgence environnementale et climatique induit des efforts globaux presque illusoire, au premier rang desquels une coopération internationale beaucoup plus intégrée et soutenue.

Face à cela et outre les défis scientifiques et diplomatiques, d'autres types de questionnements se posent ?

- La passivité collective repose-t-elle exclusivement sur la malveillance d'une minorité ?
- Y aurait-il, dans la sévérité et la froideur des discours scientifiques, un effet contreproductif sur la capacité à agir des populations, alors tétanisée face à l'ampleur du problème, des systèmes à renverser, de la révolution à opérer ?

En somme, il est urgent de s'interroger... faut-il attendre que les planètes s'alignent pour commencer à agir ?

## 2.D - CIRCULARITE, SOUTENABILITE, ...

### POUR UNE METROPOLE CIRCULAIRE, ICI ET MAINTENANT

Grosse François, *Futuribles*, vol. 436, n°3, 2020, pp. 5-22

**Résumé :** Comme le soulignait Jean Haëntjens (...), face à la *lenteur sinon l'inertie des États* en matière de lutte contre le changement climatique, *les échelons locaux, et les villes en particulier, pourraient bien prendre les choses en main* et devenir « locomotives » pour enclencher des actions concrètes. François Grosse va ici dans le même sens : il **plaide pour la mise en place rapide de « métropoles circulaires » en France** afin de transformer au plus vite l'économie et les modes de vie et répondre aux défis qu'impose l'objectif de contenir le réchauffement sous la barre des +2°C d'ici la fin du siècle.

Après avoir montré *combien ces défis sont énormes* (et largement sous-estimés en France faute de prendre en compte les émissions indirectes, importées) *et urgents*, et combien la *stratégie française est « inconséquente »* pour y répondre, FG montre qu'il est devenu *impérieux d'agir là où il est possible de le faire*, là où l'ensemble des acteurs peuvent mobiliser leur intelligence et leur énergie autour d'un *projet collaboratif efficace*. C'est *donc* à l'échelon des métropoles et de leur périphérie immédiate, en allant bien au-delà de la notion de ville durable qui a émergé ces dernières décennies, en développant de véritables *métropoles circulaires*, que l'on pourra atteindre les objectifs nécessaires à une véritable transition écologique appréhendée au travers de toutes ses dimensions, et ainsi transformer radicalement *le système socio-économique de sorte qu'il devienne compatible avec notre écosystème*.

Face aux rapports sans cesse plus alarmants sur la dérive climatique et à l'intensification exponentielle, à mesure que le temps passe, des efforts à fournir pour parvenir à l'endiguer, l'apparente prise de conscience de l'urgence climatique à l'échelle mondiale ne se traduit pas en actes.

En France, les plans successifs pour le climat se sont révélés, jusqu'à présents, insuffisants, voire inefficaces. Et, bien qu'apparemment ambitieuse puisque posant l'objectif « *zéro émission de carbone* » à l'horizon 2050, la Stratégie nationale bas carbone présente un impensé majeur.

En effet, à l'instar de toutes les mesures antérieures, l'objectif ZEC2050 porte exclusivement sur les émissions « *nationales* », excluant de faire l'empreinte carbone importée de l'étranger ; or, ce paramètre est loin d'être anecdotique car, une fois réintégrées dans le calcul des émissions totales, ces émissions indirectes annulent les économies réalisées au niveau des seules émissions nationales ; cela est d'autant plus problématique que cette part relative est en constante augmentation depuis près de 30 ans et avoisine aujourd'hui la moitié des GES émis par la France.

Dans cette perspective, et même si la SNBC permettrait de remplir, sur le plan des indicateurs, les engagements pris par la France dans le cadre des Accords de Paris, elle ne permettra pas en l'état de répondre à l'enjeu climatique lui-même, à savoir contenir le réchauffement climatique sous la barre des +2 %.

Et il en va de même pour l'effort incombant aux acteurs locaux dont, selon une estimation de l'ADEME, les actions et décisions en matière de réduction des GES, principalement dans le cadre de l'élaboration de PCAET<sup>12</sup>, devraient peser pour environ 70 % dans l'effort global à fournir<sup>13</sup>. Et bien que le guide méthodologique d'élaboration et mise en œuvre des PCAET énoncent la possibilité d'une prise en compte des émissions indirectes, le périmètre d'action (prescriptif) arrêté par le législateur n'en demeure pas moins celui des seules émissions nationales.

Dans ces conditions, on peut se demander quelle est réellement la capacité d'action des pouvoirs publics face à des enjeux planétaires aussi urgents qu'importants.

<sup>12</sup> Plans "Climat-Air-Energie" territoriaux

<sup>13</sup> PCAET : *comprendre, construire et mettre en œuvre*, Angers, ADEME, 2016

## I. UN ETAT PARALYSE

Selon Dominique Bourg et Kerry Whiteside, dans les démocraties, « *ce n'est pas une représentation défectueuse mais la représentant en tant que telle qui pose problème par rapport aux grands défis environnementaux* » ; en effet :

Dès lors que les dirigeants au pouvoir ne sont pas des acteurs neutres, il existe une concurrence des intérêts au sein même de la mission qui leur a été confié dans le cadre de leur mandat électif : d'une part, ils ont pour mission d'œuvrer en faveur de l'intérêt général de tous les français mais, d'autre part, de représenter la majorité qui les a placés au pouvoir suivant un projet politique donné.

Captifs en outre des enjeux électoraux qui les rendent comptables à court-terme de leur bilan, les dirigeants politique ont naturellement tendance à faire primer les « *droits du présent* » sur ceux du long terme. Or, une politique écologique permettant de répondre de façon efficiente à l'enjeu environnemental induit nécessairement des mesures à la fois fortes et coercitives qui cependant ne permettent pas la valorisation immédiate de leurs impacts (économiques, sociaux, environnementaux...).

Par ailleurs, et parce qu'elle induit une nécessaire prise de risque liée aux aléas naturels non-maîtrisables ou encore déploiement de solutions non-encore éprouvées, une telle politique serait susceptible de générer des oppositions massives, qu'elles soient citoyennes ou propres à des écosystèmes spécifiques de nature à paralyser l'action publique.

Ainsi, en l'état actuel des dynamiques sociales et électorales, les dirigeants politiques semblent être acculés à n'agir que lorsqu'ils peuvent légitimer leur action par des effets délétères visibles des phénomènes incriminés, c'est-à-dire trop tard.

## II. LES LIMITES DU POUVOIR LOCAL FACE A DES ENJEUX PLANETAIRES

Depuis sa conceptualisation dans les années 1980, les politiques publiques ont progressivement intégré de la notion de « *ville durable* », définie comme étant un modèle de ville « *qui préserve nos ressources, nos paysages et notre territoire, pour que chaque citoyen bénéficie d'une qualité de vie convenable et des avantages économiques d'une urbanisation maîtrisée* »<sup>14</sup>.

Ce nouveau paradigme a conduit les villes à décloisonner ses silos thématiques pour tenir compte des priorités environnementales et sociales de la ville durable ; à titre d'exemple, la Métropole de Lyon a recensé pas moins de 7 plans stratégiques transversaux au PCAET. Ainsi, dès lors que l'on s'appuie sur le concept de ville durable qui, tel que défini, converge avec l'enjeu de la qualité de vie des habitants, l'intervention de l'échelon communal et intercommunal peut sembler tout-à-fait cohérent.

Toutefois, les enjeux de la Stratégie Nationale Bas Carbone dépassent très largement la question de la qualité de vie sur un territoire donné. Si l'on considère en effet la dimension réelle des problématiques dont l'on confie aux territoire le soin d'apporter des solutions, plusieurs types de limites apparaissent.

### A/Des objectifs échappant au ressort des pouvoirs publics locaux

D'une part, la légitimité à agir du territoire est circonscrite par les textes : l'action publique locale est en effet fondée à se déployer sur un territoire donné (compétence territoriale), sur un champs d'action donné (compétences d'attribution obligatoires ou facultatives), et conformément à l'intérêt local ; or, la réponse à l'enjeu écologique, qui emporte une dimension par essence planétaire devrait donc revenir à l'Etat.

---

<sup>14</sup> Voir <https://www.ecologie.gouv.fr/ville-durable-0>

**Tableau 1. Quelques catastrophes annoncées ou en cours de concrétisation**

	Impact actuel ou perspective en l'absence de changement profond	Origine
<b>Le changement climatique</b>	+ 2 °C dans 30 ans (2050) + 3,5 °C à + 4 °C à la fin du siècle <sup>1</sup> Dégradation : agriculture, biodiversité, santé, neige et glaciers, régime des fleuves, géographie littorale... Dès aujourd'hui : sécheresses, canicules, inondations, tempêtes, incendies, perte de biodiversité	Combustibles fossiles Déforestation Agriculture industrielle Transports Extraction de matières premières
<b>Les insectes pollinisateurs</b>	Biomasse d'insectes volants effondrée de 75 % en 25 ans en Europe Conséquences potentielles majeures à court terme sur les rendements agricoles des plantes à pollinisateurs, et sur l'équilibre biologique de tout l'espace naturel <sup>2</sup>	Pesticides systémiques en usage prophylactique sur semences <sup>3</sup> Autres pesticides
<b>Les oiseaux</b>	Perte de 421 millions d'individus en Europe entre 1980 et 2009 <sup>4</sup> Effondrement de 92 % en 30 ans de la population européenne des 25 % des espèces les plus abondantes	Impact de l'agriculture sur le paysage (haies...) Artificialisation des sols Chute de la biomasse d'insectes Réchauffement climatique
<b>Les matières premières minérales et métalliques</b>	Épuisement d'ici à la fin du siècle des ressources métalliques estimées <sup>5</sup> Recyclage inopérant pour préserver les ressources dans les conditions actuelles de consommation Forte dégradation à venir des impacts environnementaux de l'extraction minière, déjà considérables aujourd'hui Consommation annuelle de fer actuellement supérieure à la consommation cumulée de l'espèce humaine depuis la préhistoire jusqu'à 1900 <sup>6</sup>	Teneur en recyclés très insuffisante dans les matières premières des produits et des constructions : 60 % à 80 % seraient nécessaires selon les matériaux Croissance trop importante des consommations mondiales
<b>Les plastiques et microplastiques</b>	Les océans se révèlent imprégnés de micro-particules de plastique <sup>7</sup> Amplification accélérée du phénomène <sup>8</sup> L'homme ingère jusqu'à 52 000 microparticules de plastique par an <sup>9</sup> La neige de l'Arctique contient 14 400 microparticules de plastique par litre 100 % des échantillons d'eau collectés par le navire Tara dans les fleuves français contiennent du plastique <sup>10</sup>	Rejet de plastiques dans la nature (déchets échappant à la collecte pour traitement) Usure, déchetage en microparticules dans la nature Universalité des usages du plastique
<b>Résistance aux antibiotiques</b>	Les superbactéries résistantes pourraient tuer 10 millions de personnes par an en 2050	Surprescription auprès des humains et des animaux domestiques

Deux exemples permettent notamment d'illustrer cette antinomie :

- L'économie circulaire peut se définir comme modèle économique et visant à faire converger de façon optimale les enjeux du développement humain avec ceux de la préservation de l'environnement planétaire. Avant de se décliner en moyens d'action (gestion des déchets, urbanisme circulaire...), elle relève donc bien d'une approche systémique, d'un objectif stratégique, qui échappe aux ressorts des pouvoirs publics locaux ; plus concrètement, si la Métropole peut concevoir, sur la base des principes de l'économie circulaire, un modèle vert(ueux) de gestion des déchets ; pour autant, s'agissant des choix et comportements des ménages ou des entreprises de son territoire, elle ne peut jouer, au mieux, qu'un rôle incitatif ;
- Il en va de même pour les stratégies (et plans) alimentaires des territoires : l'échelon local peut contribuer à l'accès à une alimentation de qualité pour tous, à la promotion d'une agriculture locale responsable ou encore au développement des circuits courts mais elle n'a pas la capacité d'influer à elle seule sur la disparition des

insectes pollinisateurs ou encore la propagation des résidus de pesticides dans l'air entre les frontières de son territoire.

Une approche confiant aux collectivités et établissements publics locaux le soin de traiter des problèmes planétaire s'inscrit en opposition au principe de subsidiarité<sup>15</sup> qui permet de définir une répartition des compétences et des responsabilités optimales suivant la superficie du problème à traiter. Dans cette perspective, si la mise en œuvre d'actions y contribuant peut revenir aux acteurs locaux, en aucun cas la responsabilité d'atteindre les objectifs globaux d'une politique publique à dimension planétaire n'a vocation à leur revenir.

### B/Des objectifs inadaptés à l'enjeu

D'autre part, pour confier le soin à des territoires aux potentialités extrêmement contrastés de prendre leur part dans la lutte contre le changement climatique, il est impossible de déterminer une obligation de résultat atteignable par tous ; ceci explique que la stratégie ne pose que des orientations et objectifs, soit une obligation de moyens.

Or (et au-delà du biais dans les objectifs tels que posés par la SNBC, voir *supra*), lorsque l'enjeu - l'urgence environnementale - n'est plus seulement souhaitable mais vital, cette approche devient totalement hors-sujet.

### III AGIR DANS LE MONDE REEL

Les limites de l'action ainsi posées et suivant un principe de réalité, il semble que même si la responsabilité de toute politique écologique devrait revenir à l'Etat, c'est bien là où elles sont « *effectivement vécues* » que les « *finalités prennent leur sens* ». En d'autres termes, si elle ne peut pas reposer sur l'action locale, elle jouera un rôle décisif dans la conduite et la réussite de la transition écologique.

Nous savons que « *la décision humaine est par le registre de l'émotion : nous agissons différemment au sein d'un collectif, qu'il constitue une multitude abstraite ou un ensemble dénombrable et proche* », ou encore selon qu'un changement nous est imposé ou non ; ainsi, sans l'adhésion des acteurs privés (ménages, entreprises, etc.), rien n'est possible : « *on ne modernise pas plus les relations sociales qu'on ne change la société par décret* »<sup>16</sup>.

Une progression de cette adhésion à la nécessité de mesures climatiques est observable, tant chez les citoyens français qu'au sein des entreprises et mais également par le succès des stratégies territoriales élaborées par les acteurs publics en concertation avec les acteurs privés ou semi-privés. Mais, bien au-delà de cela, on observe une forme d'impatience parmi les acteurs, citoyens ou monde économique, qui ont modifié leurs modes d'engagement, se montrant souvent proactifs par rapport aux pouvoirs publics dans la réalisation de projets environnementaux.

### IV. VERS UNE METROPOLE CIRCULAIRE ?

Dans ce contexte favorable, les Métropoles disposent d'atouts déterminants pour devancer l'action publique qui les placent en position favorable pour déployer les politiques publiques environnementales.

#### A/Plutôt que la loi, le contrat

En premier lieu parce qu'elles sont le niveau de l'action publique qui offrent aux acteurs impliqués ou concernés par les politiques qu'elle déploie la meilleure capacité d'identification au collectif. Ceci s'explique notamment par la spécificité de ces institutions dont l'action est encadrée par un « projet métropolitain », permettant de prendre en

---

<sup>15</sup> Le principe de subsidiarité est une maxime politique et sociale selon laquelle la responsabilité d'une action doit être exercée par l'organisation la plus proche de ceux qui sont concernés par cette action, le but étant de ne pas déconnecter la prise de décision collective de son exécution. En d'autres termes, cela signifie que l'autorité centrale ne doit effectuer que les tâches qui ne peuvent pas être réalisées à un niveau décentralisé ; il sert ainsi de clé de répartition des compétences dans le cadre d'une gouvernance multiniveau.

<sup>16</sup> Michel Crozier, *Etat Moderne, Etat modeste. Stratégies pour un autre changement*, 1987

compte les spécificités du territoire qu'elles recouvrent et de fédérer les énergies autour d'enjeux stratégiques et d'un projet commun et structuré susceptible d'y répondre.

### B/Plutôt que l'euphémisme, la réalité scientifique et le sens

En second lieu, et paradoxalement, l'un des atouts du niveau métropolitain réside dans son incompétence légiférer. Dès lors que cette compétence revient à l'Etat, il est acculé à la mettre en œuvre lorsque cela est nécessaire ; ceci conditionne donc la transparence de son discours aux intérêts économiques, sociaux qui se trouvent par ailleurs en jeu. La Métropole quant à elle ne se trouve pas contrainte par ce cadre et peut donc expliciter librement son action et partager le sens.

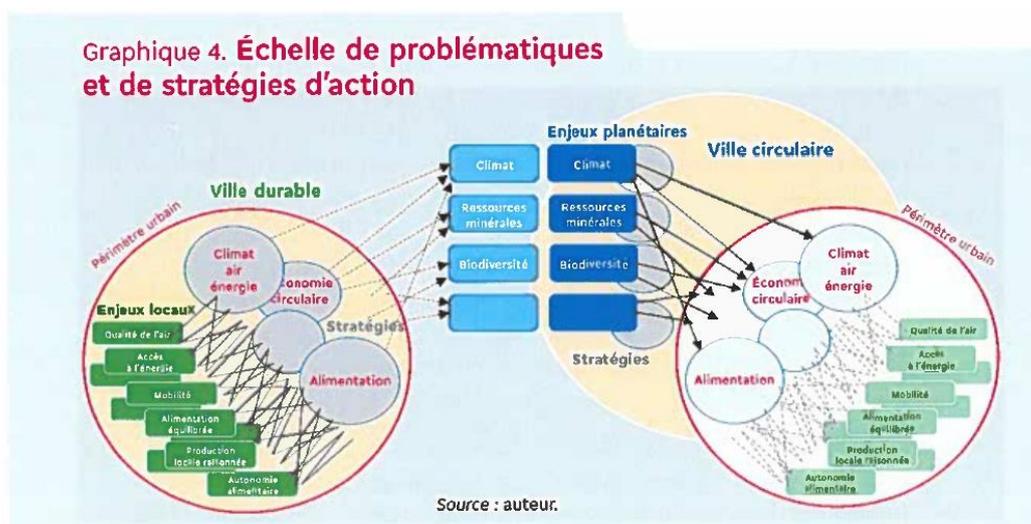
### C/Plutôt que le pouvoir, le leadership

Enfin, les 22 métropoles françaises représentent la moitié du poids économique et démographique du pays. Leur impact potentiel en matière d'environnement, notamment sur les comportements et usages des ménages et entreprises, l'emploi, l'investissement etc. pèse d'autant dans la balance générale de l'enjeu écologique français.

Corrélativement, ces particularités leurs donnent :

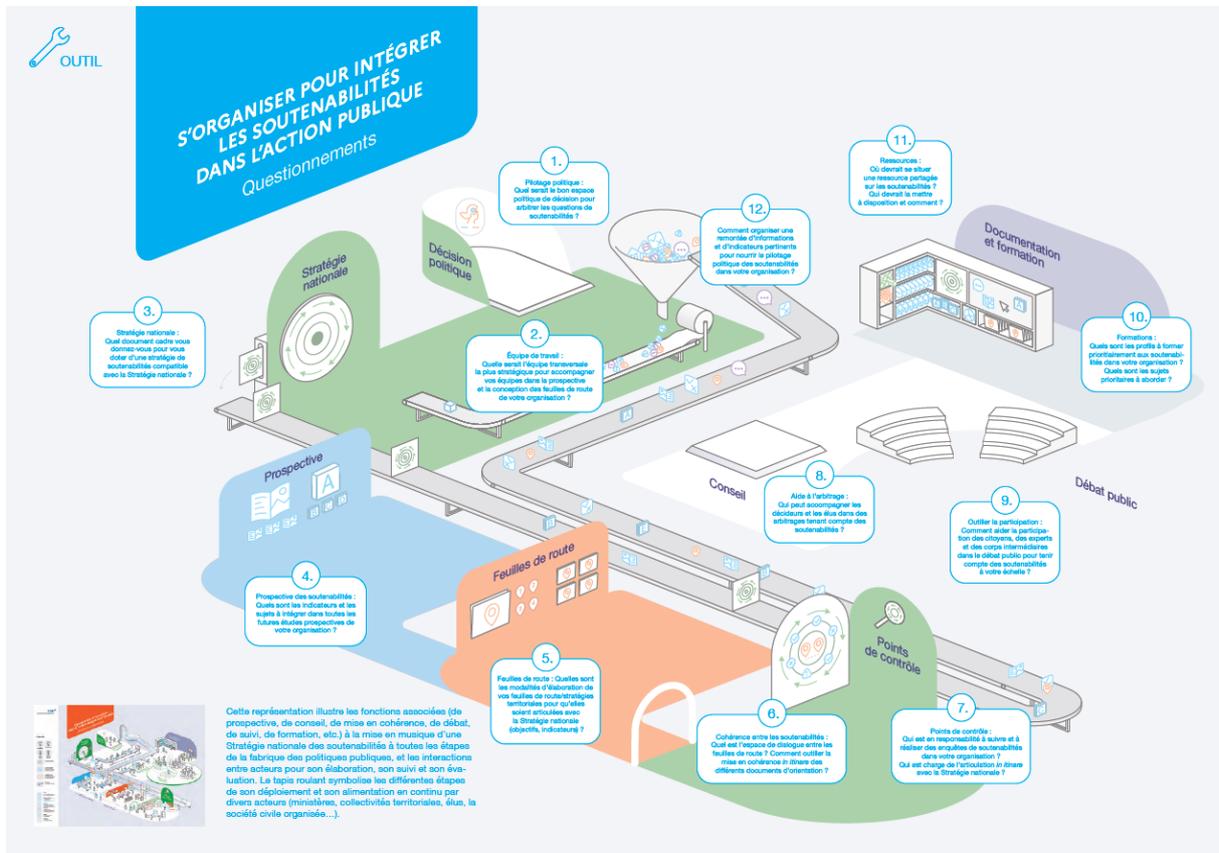
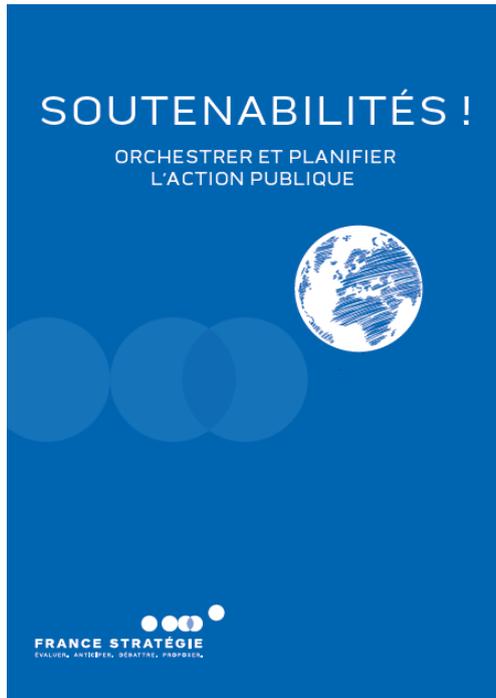
- **la légitimité à agir** puisque son champs d'action repose sur une délégation d'enjeux stratégiques et non pas par un transfert de compétences données ;
- **l'aptitude à concevoir, non plus des stratégies sectorielles (comme c'est le cas pour la ville durable) mais des stratégies globales**, transversales, par projets, bâties pour répondre aux enjeux environnementaux et globaux qui les irriguent ;
- **la possibilité d'agir non plus suivant une logique de moyens mais suivant une logique de résultat** puisque reposant sur un projet bâti en concertation avec les parties prenantes et sur une base « contractuelle » ;

En matière d'environnement donc, et tel qu'illustré ci-dessous, il est possible d'envisager le passage du paradigme de « ville durable » - dont la contribution écologique est irriguée par les compétences et enjeux locaux - au paradigme de « métropole circulaire » qui, à l'inverse vient irriguer son champs d'action par les enjeux et stratégies qu'elle entend poursuivre.



Au-delà de l'opportunité que cela pourrait représenter, cette approche tend à démontrer que la révolution écologique ne se joue pas tant sur les champs technologiques ou politiques qu'elle constitue d'abord une révolution du sens de l'action publique et du leadership.

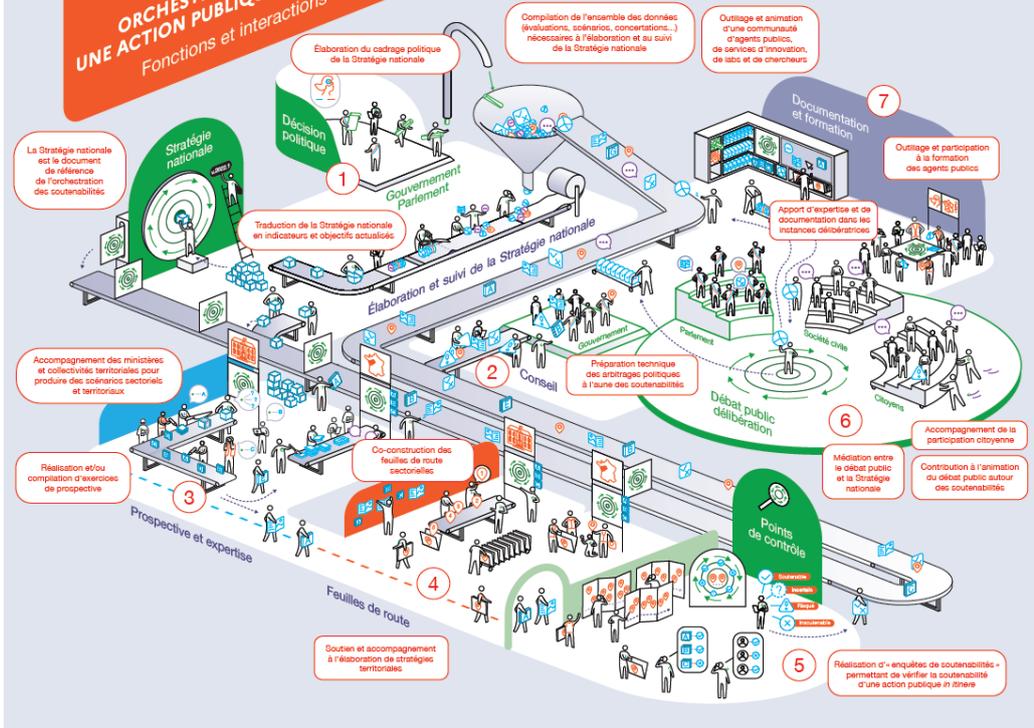
SOUTENABILITE



**ORCHESTRER ET PLANIFIER  
 UNE ACTION PUBLIQUE SOUTENABLE**  
 Fonctions et interactions

Légende

- Routes  
Soutien
- Administrations
- Maires  
politiques
- Collectivités  
territoriales
- La Stratégie nationale  
Document de planification
- Les grands scénarios  
à court terme  
permettant de choisir des  
orientations stratégiques
- Les feuilles de route  
Traductions sectorielles  
ou territoriales des objectifs  
de la Stratégie nationale
- Outils de suivi  
de la Stratégie nationale
- Iniques
- Prospective  
Méthodes, modèles et projections
- Indicateurs de suivi  
des performances
- Évaluation  
État d'avancement, indicateurs  
quantitatifs et qualitatifs des  
objectifs, retour de terrain  
et experts
- Panels citoyens  
Résultats des délibérations et  
de la participation citoyenne
- Risques  
Identification de risques  
d'incertitude
- Inconnues  
Aspects moins  
des politiques publiques



## 3-TRANSITION NUMERIQUE & TECHNOLOGIQUE

### 3.A TRANSITION NUMÉRIQUE : DEFINITION

Source : *Les impact de la transition numérique, CNFPT*

La transition numérique renvoie à tout un ensemble de changements et de processus qui sont technologiques mais aussi environnementaux, cognitifs, sociétaux, économiques. Il serait juste de parler à ce propos d'un processus de coévolution continue qui, par son caractère systémique, a pu être quelquefois assimilé à une véritable « révolution », pour autant qu'on ne la restreignait pas à sa seule dimension technologique.

La transition numérique résulte en effet de la combinaison d'une diversité de facteurs (scientifiques, technologiques, sociétaux, idéologiques et économiques). Ils dépendent eux-mêmes, dans leur évolution et leurs impacts, de choix à proprement parler politiques, de rapports de force, et de l'acceptabilité sociale de cette transition.

Les technologies du numérique sont dans un développement accéléré : ce qui peut sembler un enjeu aujourd'hui, pourrait ne plus en être un demain. Parallèlement, de nouveaux enjeux pourraient émerger.

#### Une transition technologique

La transition numérique regroupe une grappe d'innovations technologiques qui s'inscrivent dans un processus continu. La transition numérique se caractérise par la diffusion massive et le développement accéléré de nouvelles technologies (internet des objets, géolocalisation, big data, intelligence artificielle, réalité virtuelle, cloud, block chain, à terme : ordinateurs quantiques, biologiques, optiques...).

Les technologies qui sont déployées apparaissent comme facilitantes, capacitantes. Elles décuplent les moyens de calcul, d'information, d'innovation (...). Elles interrogent parallèlement la maîtrise des risques qu'elles induisent : la protection et l'usage des données, la cybersécurité, le cadre éthique...

Les innovations technologiques liées au numérique s'inscrivent majoritairement dans une approche solutionniste : la réponse technique à une situation, à un problème donné. Pourtant, elles posent tout autant la question du sens, des finalités, du bénéfice attendu de leur mise en œuvre dans la conduite de l'action publique locale.

#### Une transition environnementale et responsable

Pointée encore comme une tendance émergente, la prise en compte des impacts environnementaux du cycle de vie des objets numériques, du développement des flux numériques et du stockage des données (...) s'affirme peu à peu comme une tendance lourde. Les enjeux de la transition numérique rejoignent les problématiques et les objectifs des transitions énergétique et climatique.

L'obsolescence rapide des technologies numériques oblige à des mises à niveau et des renouvellements permanents dont le coût financier et l'impact environnemental sont importants.

De nouvelles pratiques « responsables » émergent. Elles vont de l'éco-conception des ordinateurs et des logiciels et d'une attente croissante des consommateurs en la matière, à l'utilisation d'énergies propres pour alimenter les data center, en passant par des usages plus conscients et responsables des impacts du numérique sur l'environnement.

Une partie de l'opinion publique, des citoyens, des associations, sont en attente d'une transparence et d'un débat démocratique quant au niveau de prise en compte par les collectivités (et les pouvoirs publics) de l'impact

environnemental de leur transition numérique et quant à l'évaluation des risques collectifs liés à l'utilisation de certaines technologies (5G, vidéosurveillance, big data).

La composante environnementale de la transition numérique est de plus en plus présente dans les politiques publiques de transition numérique.

Le numérique et l'exploitation des données offrent eux-mêmes des opportunités pour réduire l'empreinte environnementale. Inversement, le coût énergétique et environnemental des data center pose de vraies questions concernant leur installation et leur gestion.

### Une transition cognitive

Les évolutions technologiques transforment nos processus cognitifs : les données explosent, l'accès à l'information devient infini, les langages, avec l'image, se diversifient, de nouvelles infrastructures et modalités d'apprentissage se multiplient.

Le recours au virtuel et à l'intelligence artificielle nourrit les activités, les capacités et les performances de nos systèmes de conception, modifiant ainsi notre rapport au temps et à l'espace physique.

Différents constats et études dénoncent et alertent sur les effets négatifs du numérique sur la concentration, la qualité du sommeil, le stress et la « charge mentale ». L'utilisation intense des outils numériques présente un risque de dégradation de nos capacités de mémorisation et de distanciation, comme de notre proactivité et diminuerait nos capacités à résoudre des problèmes.

Le numérique fait de plus en plus débat sur l'équilibre à trouver entre ses bénéfices et ses risques au plan cognitif. À terme, les risques inhérents à son usage massif et les impacts sur les modes de vie collectifs pourront faire évoluer le rapport et la confiance des individus vis-à-vis des nouvelles technologies.

### Une transition sociétale et comportementale

La transition numérique nourrit et accompagne des évolutions sociétales profondes. Parmi elles, l'un des effets les plus marquants du numérique est qu'il renforce simultanément le processus d'individuation – en favorisant notamment l'accès à l'information et à la connaissance et l'expression de positionnements individuels – et les logiques coopératives en favorisant la communication instantanée, massive et sans frontières.

Les évolutions technologiques déterminent des évolutions comportementales qui accélèrent les mutations sociétales tout autant qu'elles les orientent. Pour la sphère publique, elles contribuent en particulier à faire évoluer les comportements des usagers et leurs attentes.

La transition numérique participe à des changements culturels profonds (développement de l'image, du partage généralisé, circulation massive de l'information et de la désinformation, exposition de la vie privée, du consumérisme, de l'instantanéité...).

La démultiplication des usages et la « surexposition au numérique » ne sauraient faire oublier l'amplification des phénomènes d'exclusion liés à la transition numérique et par voie de conséquence, les difficultés d'accès aux droits pour une part importante des usagers-citoyens éloignés du numérique.

Combinées aux évolutions sociétales, les évolutions technologiques transforment la place et le rôle social des institutions et des organisations traditionnelles (nouveaux rapports à l'élu, à l'enseignant, au manager, au service public) et impactent le jeu démocratique (lobbying des géants du numérique, rôle des réseaux sociaux lors des élections ou encore dans la structuration des mouvements sociaux).

## Une transition économique et entrepreneuriale

La transition numérique concerne l'ensemble des secteurs d'activité et engendre de nouveaux modèles d'affaire (multiplication des plateformes de services, élargissement des échelles de concurrence, mondialisation accrue des échanges, développement de l'innovation et de nouvelles formes de commercialisation).

La transition numérique contribue à valoriser l'expérience utilisateur et son implication directe et continue dans la conception des produits en misant notamment sur leur personnalisation.

La localisation des activités et des emplois directement liés au numérique se concentre sur certaines régions et grandes métropoles. Le numérique tend à accentuer la polarisation du marché du travail et peut renforcer les inégalités territoriales et sociales.

Le numérique n'est pas systématiquement synonyme de gains d'efficacité au niveau macro-économique pour les secteurs privé et public (redéploiement des métiers sur des activités à plus forte valeur ajoutée, remplacement effectif de l'intervention humaine par des systèmes automatisés, augmentation de l'efficacité économique du service rendu...).

« L'ubérisation » du marché du travail et de nouveaux produits et services obligent les pouvoirs publics et les collectivités à réguler/corriger les effets de ces nouvelles pratiques économiques (occupation de l'espace public par les pratiques de drive, nouveaux modes de mobilité urbaine, régulation des locations entre particuliers vis-à-vis du marché de l'hôtellerie traditionnelle...).

## LES POLITIQUES INSTITUTIONNELLES MISES EN OEUVRE AU NIVEAU NATIONAL ET LE CADRE RÉGLEMENTAIRE

L'action de l'État et sa déclinaison dans différents programmes (dont récemment le plan de relance relatif à la transformation numérique de l'État et des territoires - octobre 2020) s'inscrivent dans des perspectives qui placent la transition numérique comme une réalité incontournable. Face à cette transformation inéluctable, il est de la responsabilité des pouvoirs publics de préparer la société aux évolutions technologiques.

La transition numérique induit de façon concomitante une transformation des politiques publiques et de l'administration, et ce d'autant plus que le numérique est considéré par l'État comme un puissant levier d'amélioration de la qualité des services publics et de réduction de leurs coûts (Programme DCANT 2018-2020). Le rapport des habitants au numérique constitue un volet prioritaire de l'action de l'État. Les mesures de l'État ont pour objectif :

- de réduire la fracture numérique ;
- de former les personnes pour leur permettre de bénéficier des opportunités offertes ou facilitées par le numérique (emploi, éducation, pouvoir d'achat, lien social, culture...) ;
- de déployer des solutions de médiation aux usages numériques et d'accès aux services dématérialisés.

L'action de l'État consiste également à favoriser l'accès et l'accessibilité au numérique dans une visée d'égalité territoriale et de cohésion sociale. L'objectif est d'achever le déploiement du très haut débit sur tout le territoire d'ici 2022 et la mise aux normes des conditions d'accès au numérique (site internet, applications mobiles, e-services...) pour les personnes en situation de handicap.

Plus récemment et notamment dans le cadre du Fonds de transformation numérique des collectivités territoriales, l'État renforce son soutien dans le développement des projets de e-services, de cybersécurité, de médiation numérique, d'écosystèmes numériques.

## L'ACTION DES COLLECTIVITÉS DANS LE DOMAINE DU NUMÉRIQUE

Au travers des possibilités offertes par le numérique, les collectivités sont invitées à repenser les conditions d'accès aux services publics, les modes d'exercice de la citoyenneté et les modalités de construction et de mise en œuvre du service public local et, plus largement, les modalités et priorités de développement des territoires.

Bien que très diverse, l'action des collectivités en matière de transition numérique tend à se focaliser sur cinq axes prioritaires :

1. L'aménagement du territoire en infrastructures très haut débit et en télécommunication ;
2. La gestion numérisée des équipements publics ;
3. La numérisation exponentielle de l'action publique et la modernisation du service public (dématérialisation, e-services, traitement de données et open data, intelligence artificielle...) ;
4. La mise en œuvre croissante de projets locaux d'inclusion et de médiation numérique ;
5. La cybersécurité.

L'action des collectivités en matière de transition numérique est considérée comme porteuse de nombreuses opportunités : progression du dialogue démocratique et de la communication avec les citoyens sur les choix en matière de politiques publiques locales, amélioration et gains d'efficacité dans la conduite de l'action publique, diffusion de l'information et gains d'expertise notamment à travers le déploiement de la donnée...

Cette action n'est pas sans risques. Parmi ces risques, peuvent être cités l'accentuation de la fracture numérique pour certaines catégories d'utilisateurs et d'agents, la perte de souveraineté de l'action publique locale (infrastructures et équipements, applications mobiles, données...), la déshumanisation des villes, la relégation du citoyen au rang d'un « client et fournisseur de données. » Dans ce cadre, le positionnement des collectivités territoriales comme « tiers de confiance », garantes du service public et de la cohésion sociale, est une question primordiale.

## LES PRATIQUES ET LES BESOINS DES HABITANTS

Alors que les pratiques numériques « privées » sont en pleine expansion et malgré l'action volontariste en faveur d'une numérisation de l'administration, la fréquence d'utilisation des différents e-services publics (qui concerne principalement les actes d'état-civil, les déclarations fiscales et les télépaiements) est révélatrice d'une relation encore conventionnelle entre les habitants et leur administration.

Les applicatifs et outils de la Civic Tech mis en œuvre par les collectivités sont, quant à eux, faiblement utilisés par les citoyens qui semblent même les percevoir avec une certaine défiance. Un décalage semble s'opérer entre un recours croissant aux e-services à finalité privée et marchande et l'usage des e-services publics.

Les usagers attendent de la transition numérique qu'elle contribue à une meilleure qualité du service public local. À l'épreuve des faits, une part importante d'utilisateurs considère à ce jour que le numérique n'a pas induit de changement notable dans les relations avec l'administration et qu'au contraire, il les a complexifiées.

L'accès et l'usage du numérique par les habitants demeurent des marqueurs sociaux forts et des facteurs persistants d'exclusion sociale. Alors que les disparités territoriales d'accès et d'équipement tendent à se réduire, en revanche, le rapport des habitants au numérique reste fortement marqué par les inégalités socioculturelles au sein de la population.

La réduction de l'illectronisme, la progression des capacités d'usage du numérique parmi les habitants et la garantie du maintien de l'accès au droit de tous les usagers placent les collectivités face à deux impératifs dans la conduite de leur transition numérique : répondre à un besoin massif de médiation et repenser globalement le service public à l'utilisateur.

## LES ACTEURS ET PARTENAIRES PUBLICS ET PRIVÉS DU NUMÉRIQUE

Les opérateurs publics et privés du numérique interviennent dans la gestion des infrastructures (réseaux et stockage), sur la sécurisation des systèmes et des données, en proposant aux collectivités des solutions servicielles en lien avec la dématérialisation des process administratifs, la gestion des données...

Les entreprises de service numérique (ESN), les éditeurs de logiciels et les sociétés de conseil ont ainsi largement adapté leur offre en direction de solutions plus intégrées (équipements informatiques, stockage de données, conseil, accompagnement aux projets d'administration numérique) et souvent plus en phase avec les attentes et les spécificités « métiers » des collectivités territoriales.

Initialement très présents sur les questions d'infrastructures réseaux (très haut débit, fibre, télécommunication), les acteurs et partenaires publics du numérique (syndicats mixtes, centres de gestion, agences techniques départementales) se positionnent de plus en plus sur le marché des solutions servicielles. En partenaires des collectivités, ils favorisent et promeuvent des logiques de mutualisation entre elles en proposant des groupements d'achat, des plateformes de services en lien aux obligations réglementaires de dématérialisation, des solutions techniques de stockage, de sécurisation des systèmes et de traitement des données...

Forts de leur ancrage territorial, ces acteurs publics apparaissent comme un relais entre les politiques nationales de transformation numérique et le local, comme un maillon possible dans le déploiement de la transition numérique territoriale.

Entre le niveau régional, départemental et intercommunal, leur échelle d'intervention interroge la pertinence de l'existence et de la désignation d'un chef de file qui assurerait sur les territoires l'accompagnement et la mise en cohérence des projets de transition numérique.

## LES MÉTIERS, LES ORGANISATIONS ET LES CONDITIONS D'EXERCICE

L'ensemble des études et rapports récents sur la question des métiers souligne les fortes incertitudes quant aux conséquences des nouvelles technologies en termes de destruction/ création d'emplois. Les tendances observées jusqu'à maintenant relèvent moins d'une hypothétique disparition massive d'emplois que d'une évolution ou transformation des métiers et des activités qui, à leur tour, induisent celles des compétences attendues pour les réaliser. Par ailleurs et même si leur quantification reste difficile, les nouvelles technologies sont elles-mêmes créatrices d'emplois directs (métiers du numérique et de la donnée) ou indirects (emplois liés dans le secteur privé au développement des plateformes de e-commerce et de e-services).

En dehors des compétences numériques directes liées à la transition numérique et à sa technicité, l'ensemble des métiers sont impactés soit par une transformation et une évolution des activités existantes, soit par l'émergence de nouvelles.

Ces activités font apparaître un besoin croissant de compétences d'adaptation, d'anticipation, d'innovation et de création, d'analyse. S'ajoutent à ces besoins, ceux liés à l'acquisition d'une culture numérique et à la maîtrise d'usage des nouvelles technologies. Ces « briques » de compétence sont très inégalement acquises par les agents territoriaux.

Les impacts du numérique sur les organisations du travail arrivent sur fond d'évolutions plus profondes déjà à l'œuvre depuis quelques années (progression de l'emploi tertiaire, croissance des emplois d'encadrement, individualisation du travail...). Les transformations technologiques semblent accélérer ces évolutions, voire les déterminer, ou, à tout le moins, les accompagner.

Le recours aux nouvelles technologies se traduit souvent dans les organisations par la diffusion de méthodes de travail plus collaboratives et participatives. Les organisations elles-mêmes se transforment en devenant plus «

poreuses », ouvertes sur l'externe, plus plastiques et moins cloisonnées, plus diffuses avec le déploiement du travail à distance et le recours accru au travail en réseau.

Les transformations des métiers, des compétences et des organisations incitent à plus de discernement quant aux impacts de la transition numérique sur les conditions de travail. Dans des changements souvent guidés par l'optimisation des organisations et process de travail, la transition numérique nécessite d'identifier en amont, les nouveaux risques professionnels et psychosociaux que certains projets peuvent induire.

## 3.B - INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

---

### LE GEANT MONDIAL META CHOISIT MARSEILLE POUR INSTALLER SA PREMIERE ACADEMIE DU METAVERS AU MONDE

#### Les métavers, qu'est-ce que c'est ?

Le terme « *métavers* » est issu d'une contraction des termes « *meta* » et « *universe* » et désigne ainsi un méta-univers, un univers allant au-delà de celui déjà connu. Une définition relativement exhaustive consiste à caractériser le métavers comme :

*« Un gigantesque réseau interopérable de mondes virtuels affichés en 3D en temps réel, qui peut être vécu de manière synchrone et persistante par un nombre illimité d'utilisateurs, avec une sensation de présence individuelle et une continuité de données, comme l'identité, l'histoire, les droits, objets, communications et paiements »<sup>17</sup>.*

Le métavers désigne donc, d'une part, une version d'Internet où des espaces entièrement virtuels, persistants et partagés sont accessibles via des interactions 3D (ou 2D en visioconférence). Il peut être compris, d'autre part, comme l'ensemble des mondes virtuels connectés à Internet et perçus en réalité augmentée.

Le concept trouve ses sources dans différentes évolutions des jeux vidéos en ligne développés à partir du début des années 2000. Le terme est définitivement démocratisé en 2021 lorsque la société Facebook, rebaptisée Méta, annonce son intention d'orienter une part majeure de ses activités au développement d'un métavers baptisé Horizon Worlds.

Dans ces univers numériques, les individus, personnifiés par des avatars, évoluent et interagissent donc de façon virtuelle ou mixtes (i.e. combinant une expérience réelle avec l'expérience virtuelle). Ils permettent la réalisation de transactions avec des jetons non fongibles (ou NFT pour « *non-fungible token* »), des cryptomonnaies ou toute autre monnaie numérique s'appuyant sur une blockchain. Ils constituent une nouvelle entrée du marché de produits et des services et ouvrent par ailleurs l'accès à une nouvelle expérience client via la reconstitution 3D.

L'univers des métavers supposent l'utilisation de nombreuses technologies numériques telles que la modélisation 3D, la réalité augmentée et la réalité virtuelle, les blockchains (NFT, cryptomonnaies), l'intelligence artificielle ou encore l'internet des objets (Web 3.0).

Outre les volet matériel et technologique, le métavers est également innovant en ce que, contrairement aux innovations antérieures qui étaient présentées une fois éprouvées, il s'agit ici d'une technologie en création perpétuelle.

#### La première Académie du Métavers au monde s'installe à Marseille

Dans le cadre de sa stratégie de développement de ses activités liées au métavers, le géant américain Méta<sup>18</sup> ambitionne de créer et nourrir des écosystèmes locaux de compétences numériques d'avenir. Ainsi, il s'agit pour le groupe de diversifier ses propres activités en s'appuyant sur des professionnels dûment formés mais également de dynamiser le secteur et développer son réseau de partenaires potentiels, en se positionnant comme pourvoyeur

---

<sup>17</sup> Matthew Ball, *Framework for the Metaverse*, 29 juin 2021

<sup>18</sup> Maison-mère de Facebook, Instagram, WhatsApp et Messenger.

de compétences à l'international pour les entreprises et start-up déployant des activités liées aux monde des métavers.

C'est ainsi que Meta a annoncé en juin 2022 la création d'une Académie du Métavers, gratuite et inclusive, spécifiquement dédiée à la formation vers ces nouveaux métiers. Dans cet objectif, elle s'est associée à l'entreprise du numérique Simplon.co qui dispose actuellement d'un réseau de 130 écoles dédiées à travers le monde et présente d'ores-et-déjà un bilan de 20.000 personnes formées et insérées dont 50 % peu ou pas qualifiées à l'entrée, 45 % de femmes, 20 % de réfugiés ou encore 10 % de personnes en situation en handicap.

Pour le lancement mondial de ce nouveau dispositif, Meta a décidé de s'implanter à Marseille, choisie notamment pour :

- son réseau dense et qualitatif de start-up du numérique et la présence de grands groupes qui ont été nombreux se positionner pour contribuer au projet (CMA-CGM, Wiwar, Abim, Cross the Age...);
- une configuration propice du marché de l'emploi avec ses 8.000 entreprises régionales tirant leur croissance du numérique, 40.000 emplois liés et encore 6.000 postes restant à pourvoir faute de personnels qualifiés.

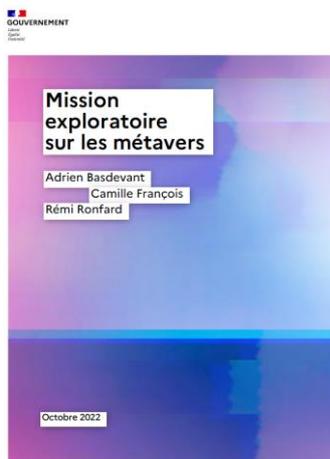
Pour la suite, Meta a annoncé l'installation d'autres promotions à Paris, Lyon et Nice et la formation d'une centaine de professionnels pour ces premières promotions.

Sur la base d'un coût moyen estimé à 10.000 € par apprenant, le projet (ingénierie pédagogique, développement des partenariats, fourniture des équipements, mise en œuvre du dispositif et suivi...) devrait s'élever à un coût total de plusieurs centaines de milliers d'euros. Lors de son Assemblée Plénière d'octobre 2022, le Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur a voté sa contribution au projet par l'octroi d'une subvention d'un montant de 350.000 € dans le cadre de son Fonds d'Innovation pour la Formation.

Conformément à sa stratégie tournée vers l'inclusion, les 20 candidats sélectionnés par Meta pour cette première promotion marseillaise sont des décrocheurs scolaires, chômeurs de longue durée ou profils en reconversion professionnels. A l'issue d'une formation initiale intensive de 4 mois, ils poursuivront leur cursus en alternance pour une durée de 15 mois au sein d'entreprises locales.

Les métiers visés sont divers mais les besoins actuels portent plus particulièrement sur ceux de *développeur spécialisé en technologies immersives/métavers* et de *technicien support-assistance* qui présentent d'ores-et-déjà des symptômes de tension sur le marché de l'emploi. Les formations porteront donc sur des compétences *softs* (codage, programmation...) et *hard* (connaissance des matériels) et déboucheront sur la délivrance de certifications professionnelles de niveau bac+2 à bac+3 agréées par l'Etat. Ces professionnels dûment formés pourraient prétendre à des salaires excédant les 35.000 € annuels.

## BIBLIOGRAPHIE IA / RAPPORTS







# CONSEIL DE PROVENCE

52 avenue de Saint Just

13004 MARSEILLE

Tel : 04 13 31 27 03

Mail : [conseil.de.provence@departement13.fr](mailto:conseil.de.provence@departement13.fr)

Site web : <https://www.departement13.fr/conseildeprovence/>



---

Délégation Générale du Conseil de Provence