

Ecologie & développement durable :

Quelques questions « pièges »

Avril 2011

Résumé

« La scène se passe dans un café. La salle est comble. Sur la scène improvisée pour l'occasion, un expert vient de terminer son exposé sur les menaces écologiques et les défis du développement durable. C'est le moment des questions. Les mains se lèvent. On prend la parole. Les questions fusent... »

Cette scénette d'introduction permet de présenter quelques-unes des questions qui émergent systématiquement lors des débats publics portant sur le développement durable ou l'écologie. « Le changement climatique est-il d'origine humaine ? » « Le développement durable n'est-il pas un luxe, une préoccupation de riches ? » « La science et la technique ne résoudront-elles pas l'essentiel des problèmes ? » « Sommes-nous trop nombreux sur Terre ? »

Ces questions « pièges » témoignent du regard que nous portons sur quelques-uns des enjeux majeurs du 21^{ème} siècle. A ce titre, elles méritent d'être abordées avec sérieux... d'autant que la réponse n'est pas toujours aussi tranchée qu'il n'y paraît de prime abord.

Ce dossier identifie neuf de ces questions « pièges ». En s'appuyant sur un panorama de la littérature disponible, il tente de faire une synthèse des arguments et des points de vue qui s'affrontent.

Sommaire

Introduction... en forme de brève de comptoir !	2
1. La biodiversité est-elle réellement menacée (...et si oui, est-ce si grave) ?	4
2. Le changement climatique est-il vraiment dû aux activités humaines ?	11
3. Le développement durable et le principe de précaution sont-ils un frein au « progrès » ?	19
4. La croissance économique est-elle compatible avec la protection de l'environnement ?	25
5. Le développement durable coûte-t-il plus cher ? L'exemple de l'alimentation biologique	32
6. Jusqu'à quel point la technique peut-elle régler nos problèmes ? L'exemple de la « voiture propre »	38
7. Le social est-il la dimension oubliée du développement durable ?	46
8. L'aménagement du territoire doit-il être plus dense pour être durable ?	54
9. Sommes-nous trop nombreux sur Terre ?	62

Rédaction : **Aurélien Boutaud**

Relectures et compléments : **Philippe Jury (CIRIDD) et Claire Harpet**
pour le compte de la Communauté urbaine de Lyon (DPDP)

GRANDLYON
communauté urbaine

Direction de la Prospective et du Dialogue Public
20 rue du Lac – BP3103
69399 Lyon Cedex 03
www.milenaire3.com

Introduction... en forme de brève de comptoir !

Imaginez.

La scène se passe dans un café. La salle est comble. Sur la scène improvisée pour l'occasion, un expert vient de terminer son exposé sur les menaces écologiques et les défis du développement durable. C'est le moment des questions. Les mains se lèvent. On prend la parole. Les questions fusent.

D'abord, il y a les sceptiques. Bras croisés, ils ont froncé les sourcils durant l'essentiel de l'exposé. Et puis, d'un coup, ils explosent : « *Manipulations !* » clament-ils. « *La biodiversité ? Mais qui nous prouve qu'elle est vraiment menacée ? Regardez, en France : la forêt ne cesse de gagner du terrain ! Et puis, quoi, on ne va pas arrêter de construire des routes pour sauver des scarabées ou des salamandres !* »

Lors des débats publics sur l'écologie et le développement durable, certaines questions reviennent de manière systématique. Elles témoignent de la vision que nous portons collectivement sur quelques-uns des défis essentiels du 21^{ème} siècle...

Quant aux changements climatiques, ils n'en croient pas un mot : « *Regardez : l'hiver dernier a été rude, souvenez-vous de la neige ! C'est bien la preuve qu'il n'y a pas réchauffement. Et puis, même si tel était le cas : rien ne prouve que ce soit la faute des activités humaines, pas vrai ? Le climat a toujours changé, ce n'est pas nouveau.* »

Sur son cahier, l'expert prend des notes. Il griffonne les questions afin de s'en souvenir. Mais à l'autre bout de la salle, déjà, les bras se lèvent. De ce côté-ci, on est persuadés que le problème est

bien réel. Mais on ne se contente pas d'un tel constat, on dénonce ouvertement les responsables : « *Tout ça, c'est à cause de notre modèle de croissance économique. La faute à la société de consommation ! La faute au 'toujours plus' érigé comme modèle ! Il faut revenir à un mode de vie plus simple.* »

L'idée fait bondir une partie du public qui se met à réagir avec vigueur. « *Vous, les écolos, vous voulez le retour à l'âge de pierre !* » s'écrie une personne. « *Le développement durable, le principe de précaution, tout ça, c'est le retour en arrière. Ça va à l'encontre du progrès !* » Un peu plus loin, une autre personne renchérit : « *C'est vrai. Vous raisonnez à technologie constante ! Mais qui vous dit que la science et la technique ne vont pas permettre de faire face à l'essentiel des problèmes écologiques ? Tenez, la voiture propre, par exemple...* »

Mais une autre voix s'élève déjà dans le public : « *Moi, je pense que les gens ne sont pas prêts à changer. Et puis de toute façon, le développement durable, l'écologie... tout ça c'est trop cher. Regardez l'alimentation biologique par exemple : c'est un luxe réservé aux 'bobos', tout le monde ne peut pas se le permettre...* » Une partie de la salle acquiesce. « *Et le volet social, alors ?* » demande quelqu'un. « *Moi, ajoute une autre personne, je pense que le problème, c'est qu'on est trop nombreux sur cette planète, et puis c'est tout.* »

Bruissements dans la salle. Un élu local prend la parole. « *Je vais vous dire : le problème qu'on a, nous, les élus, c'est que le développement durable, eh bien tout le monde en parle mais personne n'en veut. Tenez, regardez les documents d'urbanisme : on nous demande de densifier la ville, de la rendre plus compacte. Mais la ville dense, monsieur, personne n'en veut !* »

A présent, tout le monde se tourne vers l'orateur. Ce dernier se gratte la tête en observant son cahier sur lequel il a noté en vrac les questions du public :

1. *La biodiversité est-elle réellement menacée ? (et si oui, est-ce si grave ?)*
2. *Le changement climatique est-il majoritairement dû aux activités humaines ?*
3. *Le développement durable et le principe de précaution sont-ils un frein au développement et à la recherche ?*
4. *La croissance économique est-elle compatible avec la protection de l'environnement ?*
5. *Le développement durable coûte-t-il plus cher ? (Le cas de l'alimentation : le bio)*
6. *Jusqu'à quel point la technique peut-elle résoudre nos problèmes ? (Le cas des déplacements : la voiture propre)*
7. *Le social est-il la dimension oubliée du développement durable ?*
8. *L'aménagement du territoire doit-il être plus dense pour être durable ?*
9. *Sommes nous trop nombreux sur Terre ?*

La scène est fictive. Et pourtant, ceux qui ont l'expérience des réunions publiques sur le développement durable reconnaîtront sans doute quelques-unes des questions qui sont systématiquement soulevées. Elles témoignent du regard que nous portons sur certains des enjeux majeurs du 21^{ème} siècle. A ce titre, ces questions méritent d'être abordées avec sérieux... d'autant que la réponse n'est pas toujours aussi tranchée qu'il n'y paraît de prime abord.

1. La biodiversité est-elle réellement menacée (...et si oui, est-ce si grave) ?

La préoccupation à l'égard des espèces vivantes a longtemps été réservée aux naturalistes. Avec l'émergence du développement durable dans les années 1980, cet intérêt porté à la préservation des milieux et des espèces s'est toutefois considérablement élargi. C'est précisément durant cette période qu'est apparue la notion de biodiversité – dont la préservation est depuis devenue un objectif central du développement durable.

Comme le constate Jacques Blondel (2010), « *Le concept a donc largement débordé de la sphère des sciences de la vie pour envahir celle des sciences de l'homme et de la société* ». Faut-il croire, comme Edward Wilson (2007) l'affirme, qu'il est urgent de changer radicalement nos comportements sans quoi, « *si nous continuons à détruire certains environnements naturels, à la fin du 21^{ème} siècle nous aurons éliminé la moitié ou davantage des plantes et animaux de la planète* ». Ou alors, comme Christian Lévêque (2010), faut-il se méfier des discours alarmistes et considérer que « *parler de manière globale de sixième extinction, relève plus d'un mode de communication que d'un fait scientifique* » ? Devenue un enjeu politique et économique, la biodiversité soulève de nombreuses questions : La diversité du vivant s'épuise-t-elle réellement ? A quoi sont dues ses variations ? Quelle valeur accorde-t-on à la biodiversité ?

Mais au fait... qu'appelle-t-on biodiversité ?

Le terme « biodiversité » est un néologisme utilisé pour la première fois par Walter Rosen en 1985, et repris en 1988 dans une publication par Edward Wilson. Il s'agit de la contraction de « diversité biologique », terme lui-même proposé dans sa définition actuelle au tout début des années 1980 par un biologiste et activiste américain, spécialiste de l'Amazonie : Thomas Lovejoy. Le terme de biodiversité sera repris en 1988 par la 18^{ème} Assemblée générale de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), puis définitivement officialisé en 1992 lors du Sommet de la Terre de Rio, dans le cadre de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB).

La biodiversité désigne la diversité du vivant, à différentes échelles : diversité des gènes, diversité des espèces, mais aussi diversité des écosystèmes.

La CDB donne une définition officielle de la biodiversité comme « *variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes* » (CDB, 1992).

Plus généralement, la biodiversité peut s'entendre comme la diversité du monde vivant. On distingue généralement trois niveaux d'analyse de cette biodiversité :

1. **La diversité des gènes**, ou diversité génétique : il s'agit de la variabilité des gènes au sein d'une même espèce, ou d'une sous-espèce (on parle de diversité intraspécifique pour désigner la diversité de variétés au sein d'une même espèce) ;
2. **La diversité des espèces**, ou diversité spécifique (ou inter-spécifique) : il s'agit de la diversité des espèces, notamment animales et végétales ;
3. **La diversité des écosystèmes** : il s'agit de la variabilité des écosystèmes, entendus comme systèmes au sein desquels interagissent les différents organismes entre eux et avec leur environnement physique. Certains de ces

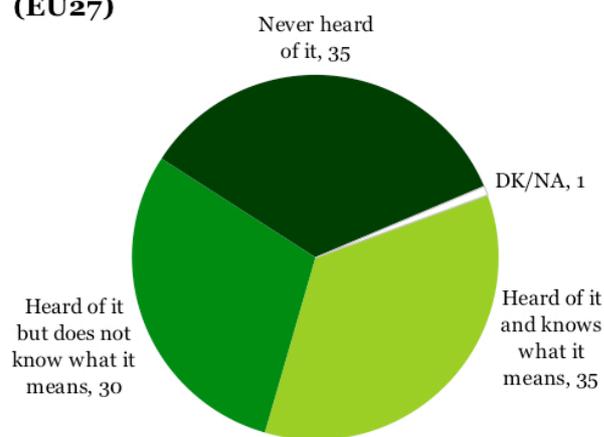
écosystèmes, concentrant une vaste quantité d'espèces, sont qualifiés de « points chauds ».

Ces trois niveaux s'emboîtent et sont évidemment interreliés : par exemple des modifications de l'environnement physique (partie abiotique de l'écosystème) peuvent favoriser ou défavoriser certaines espèces, qui peuvent par ailleurs plus ou moins s'adapter à ces changements en fonction de la diversité des gènes et leur circulation au sein de l'espèce. Néanmoins, le terme de biodiversité est le plus généralement utilisé dans le grand public pour définir la **diversité des espèces**.

Zoom sur... la compréhension du terme biodiversité par le grand public

A la fin 2007, une étude menée par l'organisation Gallup pour Eurobaromètre montrait que le terme biodiversité était encore relativement peu connu des européens. Parmi ces derniers, seuls 35% avaient entendu le terme et

Familiarity with the term "biodiversity" (EU27)



Q1. Are you aware of the term "biodiversity"?
%, Base: all respondents

étaient capables d'en donner une définition satisfaisante. 65% de la population était donc incapable de définir la biodiversité – soit parce qu'ils n'en avaient jamais entendu parler (35%) soit parce qu'ils l'avaient entendu mais ne savaient pas ce que signifiait ce mot.

L'étude montrait également que la compréhension du terme renvoyait en général à la disparition d'espèces vivantes ou la dégradation de milieux naturels. Une fois le concept expliqué, la plupart des européens considèrent que la perte de biodiversité est un problème grave, mais davantage à l'échelle globale que nationale ou locale.

L'identification des causes de cette perte de biodiversité est difficile pour la plupart des européens, qui ne savent d'ailleurs généralement pas quoi faire pour enrayer cette perte, ni comment celle-ci pourrait effectivement les impacter au quotidien. Enfin, la plupart des européens pensent qu'il faut enrayer cette perte de biodiversité, et citent avant

tout des raisons morales – avant les motifs de qualité de vie ou les motifs économiques (source : [The Gallup Organization, 2007](#))

La diversité biologique est-elle réellement menacée ?

Répondre à cette question n'est pas aussi aisé qu'il y paraît de prime abord.

Les espèces n'ont-elles pas toujours évolué ?

La biodiversité est le résultat d'évolutions perpétuelles : l'apparition et la disparition d'espèces sont donc des phénomènes naturels...

La première difficulté tient au fait que la diversité biologique, tant animale que végétale, s'inscrit dans une dynamique temporelle marquée par de nombreuses évolutions. Pour [Robert Barbault \(2006\)](#) « *Le changement est apparu comme la condition omniprésente de toute manifestation vivante : la vie se déploie dans un monde changeant et il lui faut sans cesse changer pour s'y adapter.* » Autrement dit, la diversité est le fruit, sur le très long terme, de l'évolution des espèces face à des contraintes environnementales ; et cette évolution est marquée par des extinctions d'un côté, et par l'apparition de nouvelles espèces de l'autre – on parle de « spéciation » pour désigner ce processus biologique menant à la création de nouvelles espèces. Le paysage de la biodiversité mondiale est donc en perpétuelle évolution, et cette évolution de très long terme est naturelle.

Par exemple, même si la biodiversité actuelle est extrêmement riche, avec plus d'1,7 millions d'espèces identifiées, on estime pourtant qu'elle ne représente qu'environ 1% de toutes les espèces qui ont vécu dans le passé, sur des périodes se comptant en centaines de millions d'années – 99% des espèces ont donc disparu ! Il y a même eu dans l'histoire de la Terre des périodes où la diversité biologique était bien plus importante qu'aujourd'hui – notamment lors du Cambrien (-600 à -520 millions d'années).

Il faut donc distinguer deux types de phases d'évolution de la biodiversité : des moments d'évolution « normale », durant lesquels les espèces apparaissent et disparaissent sans cesse sur des périodes très longues ; et des moments de ruptures, marqués par des extinctions très rapides et massives. Les paléontologues considèrent généralement **5 grandes phases d'extinction**¹, dont la dernière remonte à la fin du Crétacé (-66,4 Ma). Probablement due à un bouleversement majeur de l'écosystème terrestre², cette extinction verra notamment la disparition des dinosaures, tandis que survivront certains petits mammifères. Chaque grande crise se traduit donc par une perte importante de biodiversité, mais pour un temps limité seulement : après 10 à 15 millions d'années, un nouvel équilibre dynamique se constitue.

Depuis l'extinction du Crétacé Tertiaire, un nouveau cycle s'est donc mis en place. Mais son équilibre dynamique semble aujourd'hui menacé...

Le rythme actuel d'extinction des espèces est-il anormal ?

En effet, certains spécialistes de la biodiversité n'hésitent pas à affirmer que nous connaissons à l'heure actuelle les prémices d'une **sixième phase d'extinction**, dont la particularité est qu'elle serait provoquée par les activités humaines.

Le CNRS résume la situation de la manière suivante : « Toute espèce a une durée de

...Toutefois, le rythme actuel de disparition des espèces est très largement supérieur au rythme de disparition « naturel » : certains évoquent une sixième crise d'extinction, dont l'origine serait cette fois-ci liée à l'activité humaine.

vie limitée qui est de l'ordre de 5 à 10 millions d'années. A partir de l'espérance de vie des espèces et de leur nombre, il est possible de calculer un taux d'extinction global. Celui-ci correspond à la proportion d'espèces qui disparaît pendant un intervalle de temps donné. (...) Au cours des 65 derniers millions d'années, le taux d'extinction moyen a tourné autour d'une extinction par an pour un million d'espèces. Aujourd'hui, ce taux serait entre 50 et 60 fois supérieur au taux d'extinction attendu pour une biodiversité stable, mais beaucoup affirment que ce taux serait en fait 100 fois plus important et qu'il continue d'augmenter. Ce qui laisse à penser que nous allons vers une sixième crise d'extinction, d'autant plus qu'on sait que l'extinction d'espèces peut en entraîner bien d'autres en cascade.

Pour évaluer les taux d'extinction actuels, on utilise des modèles dans lesquels sont représentées les forces qui influent sur cette biodiversité. Ils tendent à montrer que la richesse du nombre d'espèces (dite richesse spécifique) va s'effondrer dans les années à venir. Le rapport du Millenium Ecosystem Assessment (2005), évoque la disparition de 12% des oiseaux, 25% des mammifères et 32% des amphibiens d'ici à 2100. Et il ajoute que 20% des récifs coralliens et 35% des superficies de mangroves ont récemment disparu. Selon d'autres études, les deux tiers de l'ensemble des espèces vivant sur Terre risquent de s'éteindre d'ici 100 ans simplement sous l'effet de

¹ à la fin de l'Ordovicien (-440 Ma) ; à la fin du Dévonien (-367 Ma) ; à la fin du Permien (-245 Ma : c'est la plus grande extinction puisque plus de 90% des espèces ont alors disparu) ; à la fin du Trias (-208 Ma) et, enfin, à la fin du Crétacé (-66,4 Ma)

² Eruptions volcaniques ou choc avec une météorite sont les explications les plus souvent évoquées

la destruction de leurs habitats. Si l'on ajoute les récents travaux concernant l'extinction possible de 15% à 37% des espèces de la planète d'ici 2050 sous l'effet du réchauffement climatique, il est possible d'affirmer, même si ces études donnent encore lieu à des discussions, que l'on se trouve dans une période d'extinction massive. » (Aufrey & Rovillé, 2009). Une étude publiée en 2006 dans la revue *Science* estimait que, au rythme actuel, les espèces actuellement pêchées (poissons et crustacés) pourraient quasiment toutes disparaître d'ici à 2050 si des mesures supplémentaires de préservation n'étaient pas prises. En 2006, 29 % des espèces pêchées étaient déjà sur le point de disparaître (Worm et coll., 2006)

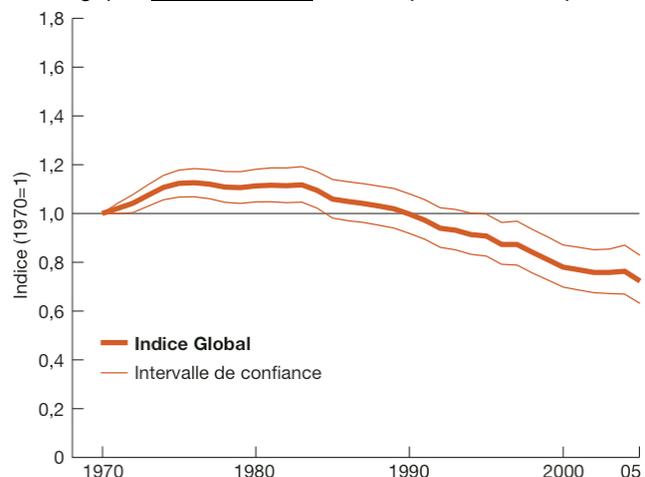
Zoom sur... la quantification et la classification des espèces : encore de nombreuses inconnues !

Une autre difficulté de l'évaluation de l'érosion de la biodiversité tient au fait qu'on connaît très mal cette diversité.

La première étape consiste avant tout en la classification des espèces (ou systématique) : un immense travail qui vise à classer chaque espèce connue en fonction de son appartenance à un genre, qui lui-même appartient à une famille, un ordre, une classe, un embranchement et un règne. L'ensemble de ces groupes constitue ce que les spécialistes appellent l'arbre phylogénétique du vivant, qui recense toutes les espèces connues à ce jour. Pour l'Homme, cela donne la classification suivante : Règne animal ; Embranchement des chordés ; Classe des mammifères ; Ordre des primates ; Famille des hominidés ; Genre *Homo* ; Espèce *sapiens*.

Chaque espèce découverte est ainsi classée. Mais on n'a évidemment pas recensé toutes les espèces vivantes existantes. Par exemple, même au sein du règne animal, si tous les mammifères ont probablement été identifiés, il n'en va pas de même concernant les invertébrés. Christian Lévêque en conclue pour sa part que « nous sommes bien loin d'avoir fait l'inventaire de la biodiversité, et les chiffres quelquefois avancés pour quantifier l'érosion de la biodiversité n'ont qu'une valeur anecdotique sur le plan scientifique tant les méthodes utilisées sont rudimentaires. Il faut donc se méfier de leur utilisation. Dans ce contexte, parler de manière globale de sixième extinction, relève plus d'un mode de communication que d'un fait scientifique. La réalité de l'érosion, évidente pour certains groupes, reste en effet à démontrer pour d'autres » (Lévêque, 2010). Mais malgré les incertitudes concernant encore une partie importante de la diversité biologique, Edward Wilson n'hésite pas à affirmer pour sa part que « Tous les biologistes qui travaillent sur la biodiversité s'accordent à dire que, si nous continuons à détruire certains environnements naturels, à la fin du 21e siècle nous aurons éliminé la moitié ou davantage des plantes et animaux de la planète » (Wilson, 2007).

L'Indice Planète Vivante (IPV) confirme cette impression : il est construit à partir du suivi de populations de 1686 espèces de mammifères, oiseaux, amphibiens, reptiles et poissons à travers le monde. Une moyenne de l'évolution de ces populations est effectuée par rapport à l'année 1970 (indice 1). On pourra rétorquer qu'il ne s'agit que d'une proportion infime et non représentative de la biodiversité. Cela étant dit, les informations apportées sont intéressantes à analyser puisque l'indice montre clairement un déclin moyen des populations, de l'ordre de 28% sur la période étudiée (1970-2005, figure ci-dessus : WWF-UNEP, 2008).



Quelles sont les causes de cette perte de biodiversité ?

Il ne fait donc aucun doute que le rythme d'extinction des espèces vivantes est largement supérieur au rythme d'extinction « naturel ». Et ce rythme ne cesse de s'accélérer. Savoir si, oui ou non, ce rythme est suffisamment important pour parler de sixième extinction est donc relativement secondaire, et cela ne doit pas empêcher d'identifier les causes de cette perte de biodiversité. Là encore, il ne fait plus guère de doutes que celles-ci sont majoritairement dues à l'activité humaine. Le groupe de scientifiques du Millenium Ecosystem Assessment (2005) identifie cinq causes principales de l'érosion de la biodiversité :

- **la destruction ou la dégradation des écosystèmes** et des habitats (déforestation, changement d'affectation des sols, urbanisation, fragmentation des habitats, etc.) ;
- **le changement climatique**, qui est pour partie dû aux activités humaines (rejet de gaz à effet de serre) et qui perturbe le fonctionnement des écosystèmes ainsi que les principaux cycles biogéochimiques ;
- **la surexploitation de la biodiversité**, c'est-à-dire le prélèvement d'espèces au-delà de leurs capacités de régénération (surpêche, exploitation forestière intensive...) ;
- **la prolifération d'espèces invasives** (algues ou espèces cultivées envahissantes, espèces végétales ou animales importées ou introduites accidentellement) ;
- **la pollution** de l'air, de l'eau ou encore des sols (pollutions chimiques, organiques, etc.).

Les raisons de cette perte de biodiversité sont à trouver du côté de l'activité humaine : destruction des écosystèmes, changement climatique, surexploitation, introduction d'espèces invasives, pollution...

Ces facteurs interagissent fortement et tendent souvent à se renforcer. Le *Millenium Ecosystem Assessment* (2005) prévoit par ailleurs que l'intensification agricole et le changement climatique, qui sont déjà les principales causes d'érosion de la biodiversité aujourd'hui, devraient s'accélérer au cours des décennies à venir, laissant présager une multiplication par dix du taux d'extinction des espèces.

Zoom sur... la biodiversité domestique et agricole : l'homme créateur de biodiversité ?

Il est important de noter que les relations entre l'activité humaine et la biodiversité ne sont pas toujours négatives. Par exemple, si l'agriculture moderne est devenue l'une des principales causes de réduction de la diversité biologique (changement d'affectation des sols, intensification, uniformisation des milieux et des pratiques), il n'en a pas toujours été ainsi. En effet, l'homme, par ses pratiques culturelles, a également souvent favorisé la biodiversité : soit parce qu'il a façonné des écosystèmes propices à l'épanouissement et à la diversité de la vie (c'est typiquement le cas des oasis, mais aussi de nombreux finages agricoles) ; soit parce qu'il a créé, par un long travail de sélection, de nouvelles espèces et/ou de nouvelles races d'animaux ou de végétaux domestiques. Cet aspect de la biodiversité est généralement assez peu évoqué, alors même que de nombreuses espèces et races domestiques traditionnelles sont aujourd'hui menacées de disparition. A ce propos, le *Millenium Ecosystem Assessment* (2005) montre que l'intensification et l'uniformisation des modes de culture à travers le monde est responsable d'une inquiétante réduction de la biodiversité génétique parmi les espèces domestiques, ce qui entraîne des problèmes de résilience des écosystèmes agraires (qui deviennent plus sensibles à des attaques de parasites, par exemple).

Est-il important de sauver la biodiversité ?

Après tout, est-ce si grave ? En quoi cette érosion de la biodiversité peut-elle impacter nos vies quotidiennes ?

Les raisons de protéger la biodiversité peuvent relever de valeurs utilitaristes (services effectivement ou potentiellement rendus) ou non utilitaristes (éthique, morale).

Des raisons non utilitaristes - La préservation de la biodiversité peut être souhaitée pour des raisons très différentes, dont certaines relèvent de **la morale** ou de **l'éthique** : reconnaître un droit de vie aux autres espèces, attribuer à cette biodiversité une valeur intrinsèque (dans l'esprit de l'éthique environnementale ou de l'écologie profonde), ou désirer léguer aux générations futures un monde dont la diversité biologique est intacte, au nom de la solidarité intergénérationnelle. Ce sont d'ailleurs ces arguments d'ordre « moral » qui sont prioritairement cités par les citoyens lorsqu'ils sont amenés à se prononcer sur les raisons qui devraient

motiver la préservation de la biodiversité (The Gallup Organization, 2007).

Des raisons utilitaristes - Mais les raisons plus **pragmatiques**, voire **utilitaristes**, sont beaucoup plus souvent mises en avant dans le cadre, par exemple, des négociations internationales. Selon la Commission Européenne (2010) « *La biodiversité n'est pas seulement précieuse en tant que telle, mais elle est également la source de services écosystémiques qui contribuent utilement à l'économie, même si cette contribution n'est souvent pas reconnue par les marchés* ». La biodiversité peut donc être considérée comme une richesse, et ce par plusieurs aspects :

- **Une richesse effective liée aux services rendus** : Le Millenium Ecosystem Assessment (2005) a réalisé un important travail d'évaluation des services rendus par les écosystèmes et la biodiversité. 24 services ont ainsi été identifiés et analysés. A l'échelle mondiale, il ressort que les modifications des écosystèmes ayant entraîné une réduction de la biodiversité ont permis d'améliorer 4 de ces services : la production des cultures, celle du bétail, celle issue de l'aquaculture et la fonction de séquestration du carbone. Au contraire, 15 autres services fournis par les écosystèmes se sont dégradés, incluant la production issue de la pêche, la production forestière, l'approvisionnement en eau, la fonction de traitement et de dépollution des écosystèmes, la purification de l'eau, la protection contre les risques naturels, nombre de fonction de régulation (de l'érosion, de la qualité de l'air ou du climat) ainsi que de nombreux services « culturels » (spirituels, esthétiques, récréatifs, etc.). Le rapport insiste sur le fait que la plupart des impacts négatifs sont généralement mal évalués, notamment parce que les interactions sont nombreuses et les effets souvent dilués dans le temps, avec parfois des seuils d'irréversibilité aux effets redoutables (par exemple, certaines populations ne se reconstituent plus à partir d'un certain niveau, même en arrêtant complètement les prélèvements). Ces impacts sont particulièrement mal pris en compte par les indicateurs économiques : par exemple, « *un pays pourrait décimer ses forêts et épuiser ses ressources halieutiques, cela ne se traduirait que par une augmentation de son PIB malgré la perte évidente de capital naturel* » (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). La Commission Européenne (2010) estime par exemple que la perte annuelle de services écosystémiques est d'environ 50 milliards d'euros par an. Les services rendus par les insectes pollinisateurs, indispensables dans de nombreuses cultures, ont récemment été estimés à plus de 150 milliards d'euros chaque année (Gallai et coll., 2009). Mais de nombreux aspects restent toutefois très difficiles (voire impossibles) à évaluer correctement avec une approche monétaire...

La modification des écosystèmes a permis d'améliorer certains services écologiques, mais elle a également entraîné la dégradation de très nombreux autres services, dont le coût est difficile à estimer. La disparition de certains de ces services pourrait s'avérer catastrophique pour l'économie humaine (insectes pollinisateurs par exemple).

- **Une richesse potentielle d'informations et de connaissances** : La perte de biodiversité équivaut également à une perte irréversible d'informations qui ont une valeur sur le plan scientifique. Ainsi, pour Edward Wilson (2007) « *chaque espèce est une bibliothèque d'informations acquises par l'évolution sur des centaines de milliers, voire des millions d'années. Ce sont des bibliothèques entières que nous brûlons. Or (...), nous n'avons aucune idée de la valeur pour l'humanité de ce que nous perdons* »

La biodiversité représente aussi une richesse potentielle : de nombreuses molécules peuvent disparaître à jamais.

en termes d'informations ». Cela signifie également que de nombreuses molécules peuvent disparaître, alors même qu'elles auraient pu avoir une grande utilité pour l'humanité. Cet argument est d'ailleurs central dans les négociations internationales et les textes issus de la CDB, qui tentent avec difficulté d'organiser un marché de la biodiversité entre pays du Sud et multinationales afin de lutter contre la biopiraterie (Aubertin et coll., 2007).

En conclusion : la biodiversité s'érode sous l'effet des activités humaines, et cela représente une perte irréversible

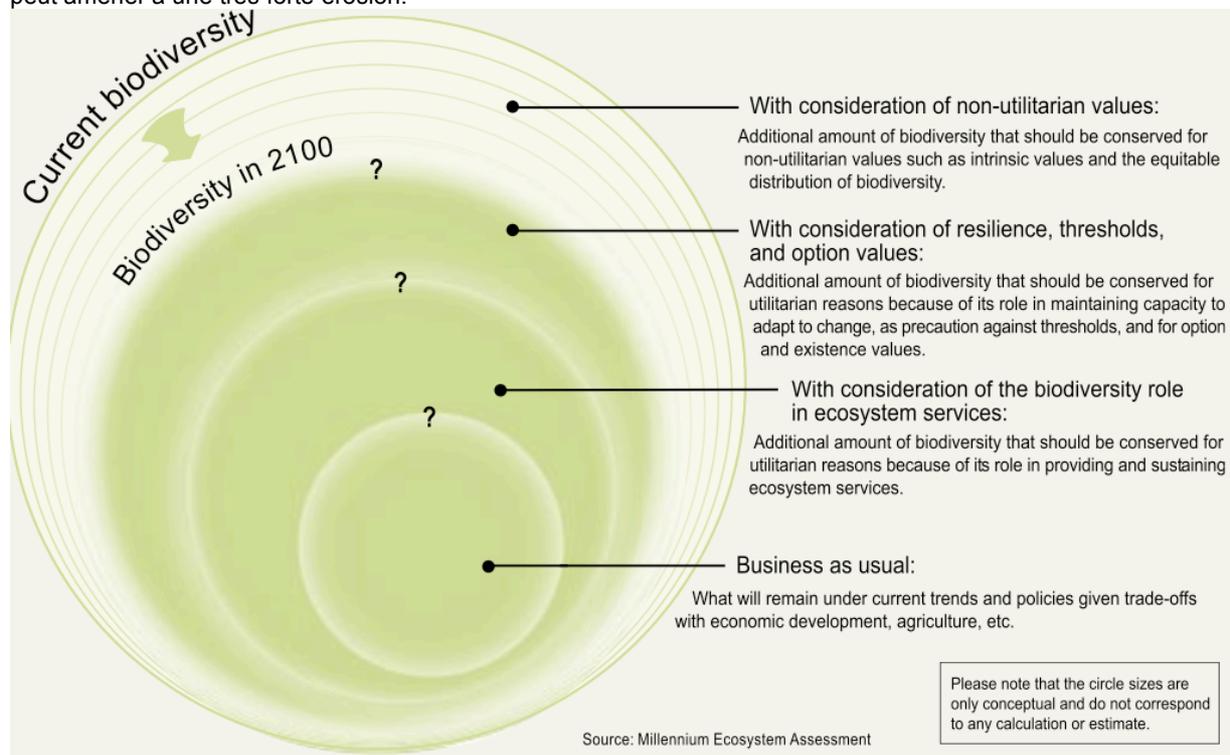
Il ne fait donc pas de doute que la biodiversité s'érode du fait de l'activité humaine. La seule inconnue concerne l'ampleur de ces disparitions, puisque nous ne connaissons qu'une partie de la diversité du vivant.

S'il est indéniable que la biodiversité s'érode du fait des activités humaines, sa préservation relève au final d'un choix de société.

Les raisons pour lesquelles nous désirons protéger la biodiversité détermineront en grande partie le degré de protection : des valeurs non utilitaristes, basées sur l'éthique et la morale, amènent à fixer des objectifs de préservation ambitieux. Les valeurs utilitaristes, qui ne considèrent la biodiversité qu'à des fins de production, nécessitent des objectifs moins forts. Ce que nous ferons de la biodiversité est donc un choix politique.

Zoom sur... les scénarios d'érosion de la biodiversité au 21^{ème} siècle selon les schémas de valeurs qui guideront les politiques de préservation (source : Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

Sur la figure suivante, le cercle le plus large représente l'étendue de la biodiversité aujourd'hui. Chaque cercle à l'intérieur figure l'étendue de la biodiversité à la fin du vingt-et-unième siècle, en fonction des valeurs qui auront guidé nos politiques à l'égard de la biodiversité : les schémas de pensée non utilitaristes mènent à une exigence de protection forte ; les schémas utilitaristes intégrant tout de même la valeur des services rendus aux écosystèmes amènent à une plus forte érosion ; la non prise en compte de la biodiversité (« business as usual ») peut amener à une très forte érosion.



2. Le changement climatique est-il vraiment dû aux activités humaines ?

L'influence de l'homme sur le climat est au cœur de nombreuses polémiques. Le débat a d'ailleurs largement été relancé au cours des dernières années, avec en particulier la mise en lumière médiatique d'un certain nombre de personnalités s'avérant particulièrement sceptiques quant à la responsabilité humaine dans ces évolutions. Le

Pour le GIEC, il n'y a plus de doutes : l'évolution de la température du globe au 20^{ème} siècle est probablement attribuable aux émissions de GES anthropiques. Pourtant, certains sont encore sceptiques...

Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), qui regroupe plusieurs centaines de scientifiques affirme pourtant que « *L'essentiel de l'élévation de la température moyenne du globe observée depuis le milieu du 20^{ème} siècle est très probablement attribuable à la hausse des concentrations de Gaz à effet de serre (GES) anthropiques* » (GIEC, 2007). Mais certains chercheurs, dont des climatologues tels Richard Lindzen (2007) ou Marcel Leroux, n'hésitent pas à affirmer qu' « *il est tendancieux de faire ressortir le facteur anthropique alors qu'il est, clairement, le moins crédible parmi tous les autres facteurs* » (Leroux, 2005).

Mais qu'entend-on exactement par changement climatique ? Quels sont les éléments déterminants de ce changement ?

Quelle part joue l'effet de serre dans ces phénomènes ? Autant de questions sur lesquelles il faut revenir pour mieux comprendre les controverses en cours...

Le changement climatique n'est-il pas un phénomène naturel ?

Après tout, n'y a-t-il pas toujours eu de tels changements ?

Depuis plus de 4 milliards d'années, le climat de la Terre a constamment évolué, et ses caractéristiques ont totalement changé à plusieurs reprises, faisant se succéder des périodes de glaciation avec des périodes plus chaudes. L'ère quaternaire (env. - 2 Ma) se caractérise par un retour des cycles glaciaires : le climat de la Terre est alors

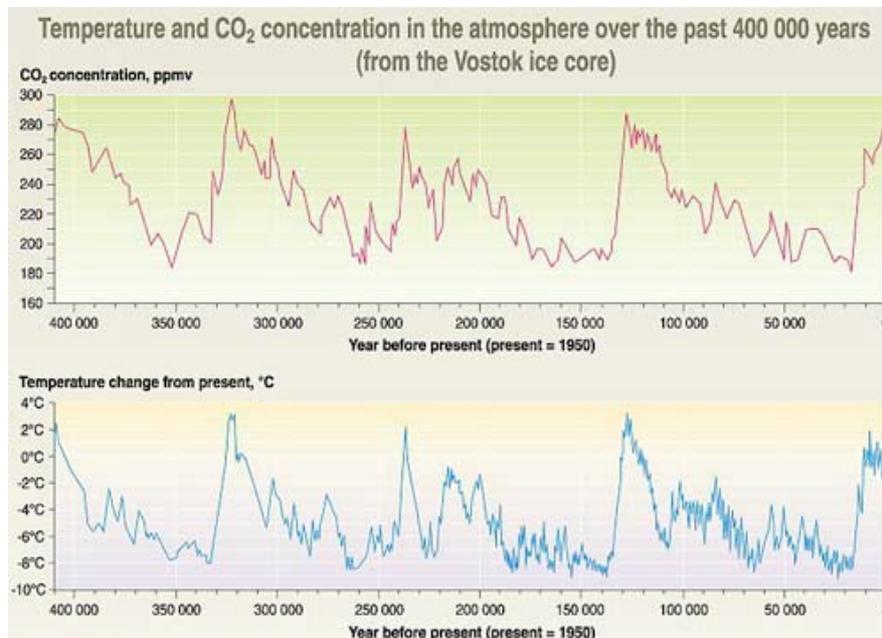
Le climat évolue sur le long terme. Au cours de l'ère quaternaire, se sont succédées environ tous les 100.000 ans de longues périodes glaciaires, interrompues par des périodes de réchauffement plus courtes.

marqué par des successions de longues périodes glaciaires (de plusieurs dizaines de milliers d'années) interrompues par des pics de périodes plus chaudes et plus courtes, dites interglaciaires (Jouzel, 2008). Les prélèvements de glace réalisés dans l'Antarctique ont par exemple permis de retracer l'évolution des températures au cours des 400.000 dernières années (Petit et coll., 1999 ; figure 1), évolution clairement marquée par ces successions d'ères glaciaires.

Il est donc important de noter dès à présent que le climat n'est pas stable sur le long terme : à l'échelle des temps géologiques il est naturellement en perpétuelle évolution. Il faut toutefois noter que nous sommes actuellement dans une période interglaciaire, avec donc une température « naturellement » élevée en

comparaison de la moyenne des 400.000 dernières années – et ce en dehors de toute influence humaine.

Figure 1 : Estimation des variations de températures et de concentration en CO₂ depuis 420.000 ans en Antarctique, d'après les analyses de glace de Vostok (Petit et coll., 1999)



Note : il s'agit des données estimées en Antarctique, et pas à l'échelle mondiale. La référence 0°C correspond au climat actuel (année 1950).

Quels sont les principaux déterminants « naturels » du changement climatique ?

Au cours des 400.000 dernières années, plusieurs éléments peuvent expliquer le passage d'une ère glaciaire à une ère interglaciaire, dont les principaux sont les suivants :

La position de la Terre sur son orbite - L'insolation (c'est-à-dire la quantité d'énergie solaire reçue par la Terre) varie en fonction de la position orbitale de la Terre. Celle-ci évolue dans le temps en fonction de trois facteurs connus sous le nom de paramètres de Milankovic, dont le principal est l'excentricité (modifications de la forme de l'ellipse formée par le mouvement de la Terre autour du soleil) suivant des cycles d'environ

Sur le long terme, les facteurs influant l'évolution de la température sont notamment : la position de la Terre par rapport au soleil, l'activité solaire, mais aussi la composition de l'atmosphère.

100.000 ans. Il semble que ces conditions astronomiques soient le facteur d'explication primordial dans l'évolution du climat au cours de l'ère quaternaire : les successions entre ères glaciaires et interglaciaires sont donc dues avant tout à cette évolution de la position de la Terre par rapport au soleil. L'excentricité joue un rôle particulièrement important, qui correspond aux cycles de 100.000 ans observables sur la Figure 1.

Les fluctuations de l'activité solaire - Le soleil connaît des variations d'activité, à court et long terme ; les rayonnements émis par le soleil étaient par exemple beaucoup plus faibles il y a deux ou trois milliards d'années (mais l'effet de serre plus fort). Et

aujourd'hui encore, le soleil connaît des variations cycliques de l'intensité de son rayonnement (caractérisé par le nombre de taches solaires) ; ces variations sont notamment marquées par des cycles de onze ans. Ces cycles ont eux-mêmes une intensité qui peut varier. On note par exemple une corrélation entre un minimum

d'activité solaire et l'apparition du petit âge glaciaire au 17^{ème} siècle en Europe³ ; certains pensent que ces variations pourraient être en grande partie responsables des fluctuations climatiques du dernier millénaire. Nous verrons que cet argument est central chez les « sceptiques » de l'effet de serre.

Les modifications de la composition de l'atmosphère, et l'effet de serre - Enfin, le climat peut évoluer du fait de modifications de la composition de l'atmosphère, notamment via l'effet de serre, qui est un phénomène naturel (Cf. partie suivante). Les modifications naturelles peuvent être lentes : les teneurs en CO₂ dans l'atmosphère ont par exemple fortement baissé suite à l'apparition de la vie sur Terre, pendant des millions d'années. Certains événements naturels peuvent également avoir un impact plus brutal sur cette composition (volcans, météorites). Enfin, au quaternaire, on constate que les changements de température sur le long terme ont été fortement corrélés aux teneurs en gaz à effet de serre, et en particulier en CO₂ (ligne rouge sur la figure 1). Cela étant dit, il semble difficile de savoir quel a été jusqu'à présent le facteur déclenchant sur le long terme : est-ce le changement de température qui entraîne une augmentation des teneurs en CO₂ dans l'atmosphère, ou est-ce le contraire ? (Jouzel, 2008) Il s'agit là d'un élément de controverse important dans les débats sur l'effet de serre : les « sceptiques » comme Marcel Leroux ou encore Vincent Courtillot affirment par exemple que sur le long terme, la teneur de l'atmosphère en CO₂ est une conséquence du réchauffement (Courtillot, 2009).

Quelle est la part de l'augmentation de l'effet de serre dans le changement climatique actuel ?

Avant d'essayer de répondre à cette question centrale, il faut s'entendre sur l'ampleur du changement récent... là encore, les débats font rage.

Au cours du millénaire passé, les températures ont relativement peu varié, mais un net réchauffement est observable depuis le début du 20^{ème} siècle, et plus encore depuis 1970...

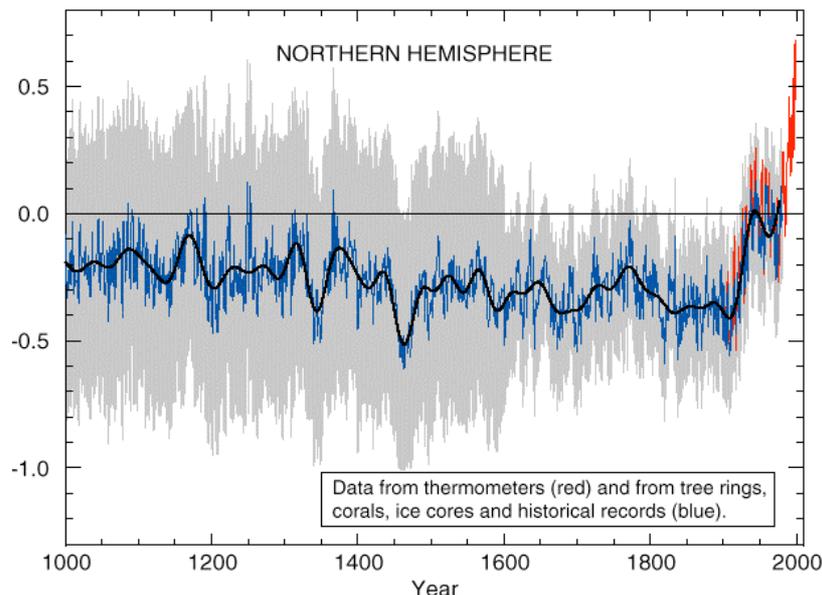
Quelle est l'ampleur du changement climatique récent ?

Pour le savoir, il s'agit d'opérer un zoom de la Figure 1 sur une période beaucoup plus courte et récente, concernant par exemple les 1000 dernières années. On obtient alors la Figure 2. Sujettes à de nombreuses controverses, les tendances de cette courbe, connue sous le nom de « courbe de Mann » (ou « crosse de Hockey »), très utilisée dans le rapport du GIEC de 2001 (GIEC, 2001) ont été nuancées mais globalement confirmées dans le rapport 2007 (GIEC, 2007). Elle montre que les niveaux de température actuellement atteints ne l'ont probablement jamais été au cours des 1000 dernières années. Par ailleurs, les

températures enregistrées depuis 1870 ont connu une très forte hausse, de l'ordre de 0,75°C depuis 1870 (avec une marge d'erreur de +/- 0,2°C), avec une accélération spectaculaire depuis 1970.

³ <http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadate/LOMsoleil-climat.xml>

Figure 2 : Estimations des évolutions de la moyenne des températures dans l'hémisphère nord depuis l'an 1000 (Giec, 2001)



Note : les valeurs en rouge sont des mesures directes enregistrées (thermomètres) ; les valeurs en bleu sont construites à partir de données concernant les cernes des arbres (dendrochronologie), les carottages de glace, les cernes ou l'analyse isotopique des coraux. La marge d'erreur estimée figure en gris.

A noter que les « sceptiques » critiquent cette courbe, lui reprochant notamment de sous estimer le niveau de réchauffement connu lors de l'optimum climatique du Moyen-Âge, qui apparaîtrait plus clairement dans les données reconstituées à partir des isotopes des sédiments (Moberg et coll., 2005). Selon ces données, la température du milieu du vingtième siècle aurait donc eu un équivalent autour de l'an 1100, suivie d'un petit ère glaciaire dont nous n'aurions fait que sortir au vingtième siècle. Mais qu'il soit sceptique ou non, chacun admet une nette augmentation de la température depuis le début du vingtième siècle, et plus encore entre 1970 et 2000.

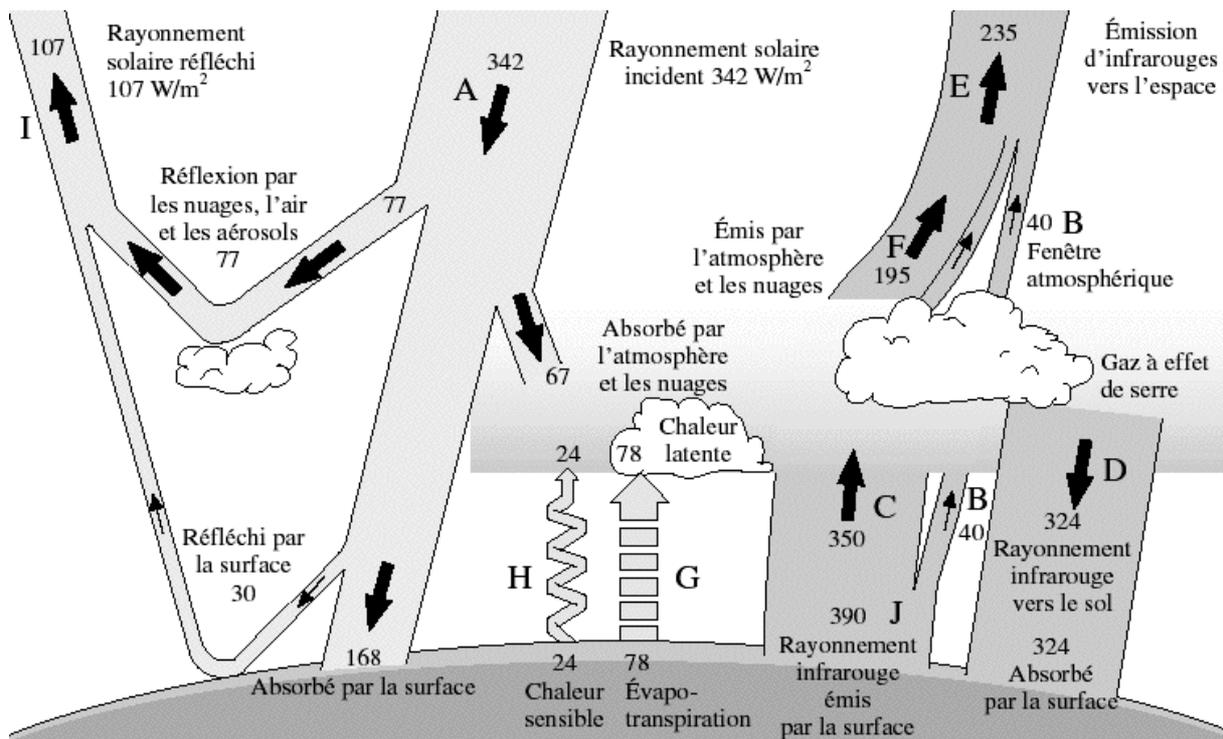
Et quelle est la part de l'effet de serre dans cette évolution récente ?

La grande question est donc de savoir quelle est la part du renforcement de l'effet de serre dans le changement climatique que nous connaissons – en particulier au cours des 40 dernières années.

Zoom sur... l'effet de serre : de quoi s'agit-il exactement ?

Lorsque les rayons du soleil atteignent la couche superficielle de l'atmosphère terrestre, ils se composent de différentes formes de rayonnements électromagnétiques, dont une faible partie seulement est visible à notre œil - ce que l'on appelle communément « la lumière ». Une partie de ces rayons solaires (environ 30 %) ne franchit pas complètement la barrière de l'atmosphère car elle rencontre des obstacles comme, par exemple, les nuages. Ce rayonnement est alors réémis vers l'espace. Le reste des rayons solaires finit quant à lui par être absorbé par les différents éléments constituant la planète (les océans, les sols, les forêts, etc.). Au contact des rayons solaires, les éléments présents à la surface de la planète vont se « réchauffer », c'est-à-dire qu'ils vont utiliser cette énergie et la dégrader pour émettre à leur tour des rayons infrarouges (de longueur d'onde plus faible) vers l'espace. La planète reçoit donc une quantité de rayons et en renvoie une partie « dégradée » en direction de l'espace. Or, certains gaz constitutifs de l'atmosphère ont la particularité de laisser passer sans encombre les rayons visibles qui nous viennent du soleil, mais de faire obstacle aux infrarouges qui sont réémis de la planète vers l'espace. Ces gaz vont donc réverbérer à leur tour l'essentiel des infrarouges émis par la planète en les renvoyant vers la surface de la Terre, provoquant ainsi une seconde phase de réchauffement « différé ». Grâce à ce phénomène fondamental, la température moyenne de la Terre atteint les 15°C... alors que sans lui cette température serait seulement de -18°C ! Ces gaz aux particularités exceptionnelles sont communément appelés *gaz à effet de serre*. Il en existe plusieurs, dont en particulier la vapeur d'eau, le gaz carbonique (CO₂) et le méthane (CH₄).

Figure 3 : Le bilan radiatif de la Terre (Jancovici, 2002)

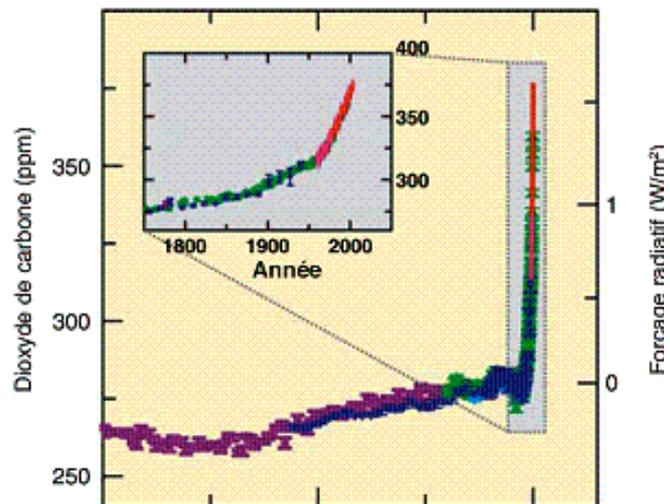


Note : « Les chiffres représentent la valeur moyenne, temporelle (sur l'année) et géographique (sur la surface de la planète) en Watts par mètre carré, de chaque flux d'énergie représenté. Le "réchauffement climatique" peut, en première approximation, être résumé de la manière suivante : quand on augmente la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, cela augmente son opacité au rayonnement terrestre, et donc le terme B (le rayonnement infrarouge terrestre qui parvient à s'échapper directement vers l'espace) diminue. Corrélativement le terme C augmente, ce qui conduit l'atmosphère à recevoir plus d'énergie. Elle rayonne donc plus, et le terme D augmente aussi. Le sol va donc recevoir une énergie accrue et sa température moyenne va monter » (Site Internet de J-M. Jancovici⁴).

La grande majorité de la communauté scientifique impute le réchauffement actuel au renforcement de l'effet de serre...

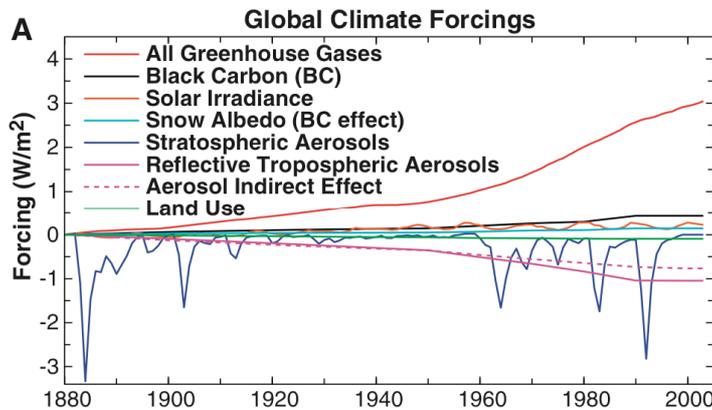
La théorie actuellement dominante explique cette augmentation récente des températures essentiellement par le renforcement de l'effet de serre (Cf. Figure 4). Les niveaux de GES actuels n'auraient jamais été atteints au cours des 400.000 dernières années (Petit et coll., 1999 ; Figure 1), et

l'augmentation récente des teneurs en GES dans l'atmosphère est par ailleurs très bien documentée et peu remise en cause. La figure ci-contre montre par exemple l'évolution des teneurs en CO₂ dans l'atmosphère au cours du dernier millénaire, avec une forte augmentation notable au cours du vingtième siècle (GIEC, 2007). Entre 1875 et 2005, les teneurs en CO₂ ont donc augmenté de plus de 30% (passant de 280 à plus de 380 ppm). La forte corrélation entre la hausse des



⁴ <http://www.manicore.com/documentation/serre/physique.html>

températures et celle des teneurs en CO₂ (et/ou en GES) au cours des 150 dernières années, et plus encore au cours des 40 dernières années (avec pour ces dernières années des mesures directes dans l'atmosphère, et non des estimations comme pour les périodes précédentes) confirme donc l'hypothèse d'un rôle prédominant du renforcement de l'effet de serre dans l'évolution récente du climat.



Les chercheurs ont évidemment tenté de mesurer la part des différents facteurs potentiellement responsables de l'évolution du forçage radiatif (gaz à effet de serre, soleil, aérosols, albédo, volcanisme⁵, etc.). Hansen et coll. (2005) en déduisent que les gaz à effet de serre sont prioritairement responsables du changement observé

depuis un siècle (Figure ci-contre). Le GIEC en conclue que « *L'essentiel de l'élévation de la température moyenne du globe observée depuis le milieu du 20^{ème} siècle est très probablement attribuable à la hausse des concentrations de GES* » (GIEC, 2007).

...mais certains sceptiques pensent que le rôle des facteurs naturels est plus important, notamment le soleil.

Zoom sur... les « sceptiques » : le soleil davantage responsable que les GES ?

Les « sceptiques » ont de nombreuses critiques à formuler à l'égard des travaux du GIEC ; nous en avons déjà cité quelques-unes. Peu nombreux sont ceux qui remettent en cause le réchauffement des dernières décennies, qui semble être un fait acquis (de 1970 à 2000 en particulier). Il en va de même des augmentations des teneurs en gaz à effet de serre : celles-ci sont bien documentées, et les méthodes de mesure « directes » sont peu critiquées. Autrement dit, le lien entre la hausse des températures depuis les années 1970 et l'augmentation des teneurs en GES dans l'atmosphère est assez largement admis. Toutefois, certains considèrent les concentrations supérieures de GES dans l'atmosphère comme étant probablement secondaires en terme de causalité. D'abord parce que la corrélation entre concentration de GES et températures ne serait pas aussi bonne que celle annoncée par le GIEC (Cf. plus haut, concernant les controverses sur l'estimation des températures au cours des siècles passés). Mais aussi parce que, sur la période du vingtième siècle, l'évolution des températures serait davantage corrélée à l'irradiation solaire et aux champs magnétiques (Le Mouél et coll., 2005. ; Courtillot et coll., 2007). Les températures mondiales ont d'ailleurs légèrement baissé depuis 1998, ce qui coïnciderait si on en croit par exemple Jean-Louis le Mouél et Vincent Courtillot (2009) avec une réduction de l'irradiation solaire, alors que les concentrations de GES continuent effectivement leur croissance après 1998.

Cette théorie pose problème à la plupart des spécialistes du climat, en particulier parce que les évolutions récentes de l'irradiance solaire semblent n'avoir qu'un rôle très marginal dans le changement du forçage radiatif tel qu'il est modélisé jusqu'à présent (Cf. figure précédente). Mais Courtillot (2009) explique ce phénomène par une « grossière erreur » qui serait intervenue dans la mesure satellitaire de l'irradiance du soleil, et qu'une récente étude, au cœur de nombreuses polémiques, aurait révélé (Scafferra & Wilson, 2009). Selon ces auteurs, le soleil aurait un effet radiatif largement supérieur à celui jusqu'à présent estimé. Dans un compte-rendu de l'Académie des sciences, Jean-Louis Le Mouél et Vincent Courtillot (2009) concluent donc pour leur part « *que l'influence du Soleil a été sous-estimée et celle du CO₂ surestimée dans les modèles* ».

L'augmentation de l'effet de serre est-elle majoritairement d'origine humaine ?

Oui ! Contrairement à la précédente question, celle-ci fait beaucoup moins débat : l'augmentation des concentrations en GES dans l'atmosphère au cours des décennies

⁵ Il est à noter que certains évènements entraînent une réduction du forçage radiatif : c'est notamment le cas des volutes de volcan ou des aérosols (particules carbonées, composés organiques...) qui réfléchissent les rayons du soleil.

passées est en effet très documentée, largement admise par la communauté scientifique. Elle est très majoritairement due à l'activité humaine (GIEC, 2007).

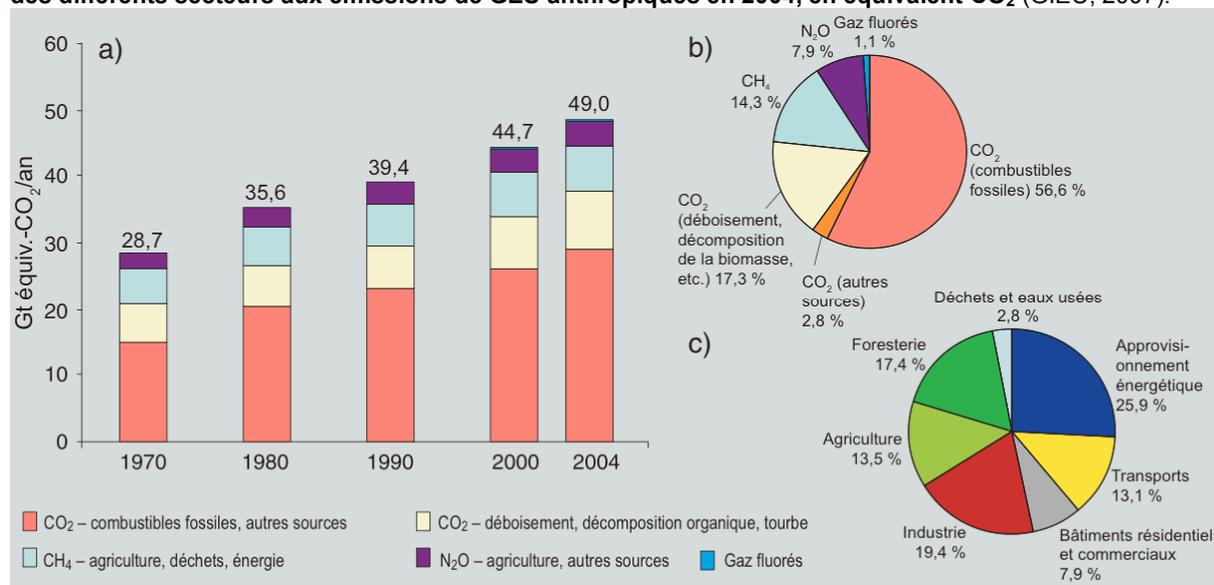
Emissions de CO₂ – La teneur atmosphérique en CO₂ a augmenté de plus de 30% depuis la fin du 19^{ème} siècle, et cette hausse a été pour l'essentiel provoquée par les activités humaines (ce qui est particulièrement prouvé et documenté pour les dernières décennies⁶). Cette augmentation des concentrations tend d'ailleurs à s'accélérer : elle est presque de 2 ppm par an au cours des dernières années. Environ trois quarts du CO₂ d'origine anthropique sont dus à la combustion de carburants fossiles (pétrole, charbon, gaz...). Le reste est dû à la déforestation ou aux pratiques agricoles.

Le rôle des activités humaines dans le renforcement de l'effet de serre est beaucoup moins sujet à discussion (c'est son rôle dans le réchauffement qui est surtout discuté).

Emissions de CH₄ – La teneur en méthane a quant à elle augmenté de 150% depuis la révolution industrielle. Les émissions anthropiques sont aujourd'hui devenues plus importantes que les émissions naturelles, et sont essentiellement dues à l'utilisation de combustibles fossiles et à l'activité agricole (bétail et rizicultures notamment).

Autres émissions – La concentration de protoxyde d'azote (N₂O) a également crû d'environ 20% depuis l'ère industrielle (élevage, engrais azotés, industries chimiques) ; celle d'ozone troposphérique a cru de 36% (CoV, oxydes d'azote).

Figure 4 : a) Émissions annuelles de GES anthropiques dans le monde, 1970–2004. b) Parts respectives des différents GES anthropiques dans les émissions totales de 2004, en équivalent-CO₂ c) Contribution des différents secteurs aux émissions de GES anthropiques en 2004, en équivalent-CO₂ (GIEC, 2007).



Note : les équivalents CO₂ sont une unité de mesure qui permet d'agréger les différents GES en les pondérant en fonction de leur potentiel de réchauffement global (prg).

Conclusion : quelques certitudes, des désaccords... et encore pas mal d'incertitudes

En conclusion, on retiendra qu'il y a de plus en plus de **certitudes** : nous faisons bel et bien face à un réchauffement climatique important depuis plusieurs décennies à

⁶ notamment en observant les variations opposées de CO₂ et d'oxygène dans l'atmosphère (pour une molécule de CO₂ apparaissant, il disparaît une molécule d'oxygène, ce qui renforce l'idée que le CO₂ injecté provient bien d'une combustion).

l'échelle du globe (en moyenne des températures : +0,75°C depuis l'ère industrielle) ; les concentrations en GES se sont accrues de manière très significative sur cette même période ; et cette augmentation des teneurs en GES est en grande majorité due à l'activité humaine.

Au final : oui, il y a eu un réchauffement rapide au cours des dernières décennies ; oui, il y a également eu une forte augmentation des teneurs en GES dans l'atmosphère ; et oui, les activités humaines sont majoritairement responsables de cette augmentation des GES. Mais de nombreuses incertitudes demeurent quant au reste.

Les **désaccords** ont réémergé fortement depuis 2009. Ils portent d'abord sur les températures passées : la majorité de la communauté scientifique pense que le niveau de température actuel n'a pas été connu au cours des mille dernières années, tandis qu'une partie pense que les températures étaient proches de celles d'aujourd'hui il y a mille ans de cela environ. Le second désaccord, plus important, porte sur les raisons du réchauffement récent : la majorité des scientifiques pense aujourd'hui que l'augmentation des émissions de GES due à l'activité humaine est le premier facteur explicatif du réchauffement que nous avons connu au cours des décennies passées. Une minorité pense au contraire que ce facteur anthropique est surestimé, et que le soleil est plus probablement responsable de cette évolution récente des températures (comme il l'a été sur les périodes longues de l'ère quaternaire).

Enfin, les **incertitudes** sont encore très nombreuses et largement reconnues par les deux camps. Car la complexité du climat rend au final le travail de modélisation particulièrement difficile et sujet à de nombreuses critiques, en particulier lorsqu'il s'agit de faire des projections pour les décennies à venir. Cependant, dans l'état actuel des connaissances, les travaux du GIEC anticipent tous une augmentation moyenne des températures à la surface du globe du fait de l'augmentation à venir des teneurs en GES dans l'atmosphère. L'incertitude concerne surtout l'amplitude du phénomène : de 1,8 à 4°C (GIEC, 2007) selon les scénarios d'émissions retenus – soit des niveaux jamais atteints dans l'histoire de l'humanité.

Zoom sur... Quelques éléments d'incertitude concernant le climat

Il existe encore de nombreuses incertitudes concernant l'évolution du climat. Citons-en quelques-unes (Bard, 2007) :

Le rôle des nuages est encore assez mal identifié et difficilement prévisible. Les nuages ont un double effet : effet de serre qui réchauffe la planète, mais aussi effet « parasol » (ils renvoient dans l'atmosphère une partie du rayonnement solaire) ce qui refroidit la planète. Le bilan radiatif est d'autant plus difficile à prévoir que les nuages de haute et basse altitude n'ont pas le même effet. Et comme le réchauffement peut entraîner davantage d'évaporation, cela signifie que les nuages peuvent être un facteur d'aggravation ou au contraire de stabilisation du climat : on parle de rétroaction positive (aggravation) ou négative (régulation).

Il en va de même des aérosols, ces fines particules qui réfléchissent une partie du rayonnement solaire et dont on estime que les rejets d'origine anthropique ont participé à limiter le réchauffement climatique –compensant ainsi pour partie l'augmentation de l'effet de serre.

La fonte de la banquise peut également entraîner une réduction de la fraction réfléchie du flux solaire (albédo), pouvant entraîner cette fois une rétroaction positive (réchauffement).

Les capacités des puits de carbone naturels peuvent être amenées à se réduire à l'avenir, notamment parce que la solubilité du CO₂ chute lorsque les eaux deviennent plus chaudes et plus acides – or les océans constituent le principal puit de carbone atmosphérique (risques de rétroaction positive).

Enfin, de nombreuses incertitudes concernent par exemple les stocks de CH₄ piégés dans le pergélisol, qui en cas de réchauffement pourraient être massivement relâchés dans l'atmosphère, faisant peser un risque d'emballement du système (rétroaction positive forte). La modification des courants marins pourrait également avoir des conséquences locales importantes (le ralentissement possible du *Gulf Stream* est souvent évoqué, ce qui entraînerait un refroidissement local, en particulier en Europe).

3. Le développement durable et le principe de précaution sont-ils un frein au « progrès » ?

Qu'il s'agisse de biodiversité ou, plus encore, de changements climatiques (Cf. chapitres 1 & 2) la plupart des enjeux du développement durable se caractérisent par leur ampleur, mais aussi par une grande incertitude. Ainsi, la science, qui devait nous rendre selon les Lumières « *maîtres et possesseurs de la nature* » (Descartes), a

Le principe de précaution fait débat. Certains voient dans son application une menace pour le développement technologique. D'autres y voient au contraire une opportunité pour l'amélioration de la connaissance scientifique...

également créé de nouvelles zones d'ombre, de nouveaux risques... générant donc, paradoxalement, moins de maîtrise. Nous sommes par exemple en mesure de perturber le climat ou d'éradiquer une partie du vivant sans pour autant pouvoir en mesurer précisément les conséquences, ni savoir si ces phénomènes sont (ou seront) maîtrisables.

Comment agir dans un tel contexte d'incertitude ? C'est la question à laquelle tente de répondre le principe de précaution, aujourd'hui indissociable du développement durable. Depuis bientôt 20 ans, ce principe a connu un succès retentissant et fait l'objet d'un vigoureux débat. Le principe de précaution serait-il l'archétype de l'idéologie de ceux que Guy Sorman (2001) qualifie d'« *ennemis du progrès* » ? Ou bien s'agit-il tout au contraire, comme l'évoquent par exemple Dominique Bourg, Olivier Godard

et Jean-Charles Hourcade (2004), d'un principe d'action qui appelle à « *un effort de recherche et d'innovation accru* » ?

D'où vient le principe de précaution ?

Un contexte nouveau

Les origines du principe de précaution ne sont pas si évidentes à retracer. Certains, comme Jean-Jacques Salomon (cité par Lecourt, 2003) pensent qu'il ne s'agit ni plus ni moins que l'équivalent de la prudence aristotélicienne. Pourtant, la plupart des

Le principe de précaution apparaît dans un contexte de prise de conscience du renversement du rapport de force entre l'homme et la nature. La puissance de la technique fait reposer sur l'homme de nouvelles responsabilités.

auteurs ayant écrit sur le sujet y voient bel et bien « *quelque chose de plus sérieux, de plus nouveau, que la réactualisation d'une sagesse millénaire* » (Lecourt, 2003). De fait, le principe de précaution est apparu dans un contexte complètement propre au monde moderne, marqué par le renversement progressif du « rapport de force » entre l'Homme et la Nature – une situation qu'Aristote pouvait difficilement imaginer ! C'est précisément ce contexte qui a inspiré le philosophe allemand Hans Jonas (1979), l'un des auteurs les plus cités lorsqu'il s'agit d'évoquer les origines du principe de précaution.

La surpuissance de la technique, et la nécessité d'une nouvelle forme de responsabilité

Que dit Hans Jonas ? Il constate d'abord que l'extension de la technique a permis à l'Homme de développer une puissance inégalée et que cette puissance (symbolisée par le nucléaire civil ou militaire par exemple) est susceptible d'engendrer, volontairement ou non, des menaces pour la pérennité de la vie humaine sur Terre. Le contexte est donc radicalement nouveau : pour Jonas, cette puissance inédite fait peser sur l'Homme une responsabilité nouvelle, notamment à l'égard des générations futures, car nos actes d'aujourd'hui peuvent avoir des conséquences

graves et irréversibles dans l'avenir. Jonas en appelle donc à une forme de maîtrise de la technique, conditionnée par un principe éthique visant à assurer « *la permanence d'une vie authentiquement humaine sur Terre* ».

C'est dans ce contexte que le principe de « prévoyance » (*Vorsorgeprinzip*) est apparu pour la première fois en Allemagne, dans le courant des années 1970. Ce principe va évoluer et sera précisé, puis popularisé dans les années 1990 sous le vocable de « principe de précaution », en particulier suite à son introduction dans la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement (1992).

Qu'entend-on exactement par principe de précaution ?

Ce que dit la Loi...

En 1992, le principe de précaution est défini dans l'article 15 de la déclaration de Rio. Celui-ci précise que, « *Pour protéger l'environnement, des mesures de précaution doivent être largement appliquées par les Etats selon leurs capacités. En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement* ».

Zoom sur... 1992, l'appel de Heidelberg : premières réticences de la part du monde scientifique à l'égard de la précaution ?

En juin 1992, alors que plus de 170 chefs d'Etat et de gouvernement réunis à Rio s'apprêtaient à signer les textes de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (dont la fameuse déclaration de Rio), fut rendu public un texte signé par plusieurs centaines de personnalités et une cinquantaine de prix Nobel. Initié par Michel Salomon, directeur des relations publiques du laboratoire pharmaceutique Sterling-Winthrop, l'Appel d'Heidelberg se disait inquiet « *d'assister, à l'aube du 21^{ème} siècle, à l'émergence d'une idéologie irrationnelle qui s'oppose au progrès scientifique et industriel et nuit au développement économique et social.* » L'Appel d'Heidelberg fit alors grand bruit. On peut toutefois s'étonner, comme Francesco di Castri (1997) d'une telle attaque à l'égard du processus de Rio. Car après tout, « *personne à Rio n'a prôné le retour à une société pré-industrielle* » ! Il est possible que ce soit l'émergence dans le droit international du principe de précaution qui ait été particulièrement visée par cette attaque, d'autant qu'il apparaissait déjà aux yeux de certains comme une remise en cause de la place centrale des scientifiques dans les processus de décision. Car comme le signale Benjamin Dessus (1996), le message d'Heidelberg pouvait à peu de choses près se résumer à cette déclaration : « *Messieurs les politiques, donnez-nous les moyens de travailler, nous vous dirons, et nous serons les seuls à le faire, quels sont les choix rationnels que vous devriez effectuer* ».

En cas de risques graves, l'absence de certitude scientifique ne doit pas empêcher l'adoption de mesures effectives pour prévenir la dégradation de l'environnement.

En 2003, le même genre de débat anima cette fois-ci la commission Coppens, chargée par le Président de la République française de rédiger le projet de charte de l'environnement. C'est sur le principe de précaution que les débats furent les plus houleux, les représentants du MEDEF, de l'académie des sciences et de l'académie de médecine s'opposant à son introduction dans la charte. Deux versions de la charte furent finalement remises au Président : avec et sans mention du principe de précaution. C'est finalement Jacques Chirac qui trancha les débats en faveur de l'introduction du principe de précaution (Godard, 2003).

En 1995, la Loi Barnier sur les espaces naturels intègre cette notion avec une définition assez proche : « *l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable* ».

Quelques notions centrales : incertitudes, risques, gravité/irréversibilité

On retiendra dans ces définitions la présence de quelques notions importantes, qui rendent le principe de précaution très particulier : il s'agit d'un principe censé s'appliquer dans un contexte marqué par un **risque** qui est à la fois :

- **incertain** (le risque est supposé, mais pas démontré) ;
- mais potentiellement **grave** et/ou **irréversible**.

Précaution, prévention, prudence : est-ce la même chose ?

Devenu ultra-médiatisé, le principe de précaution fait le plus souvent l'objet d'un abus de langage. En effet, dans la grande majorité des cas le principe de **précaution** est utilisé dans les médias (et par le commun des mortels) pour désigner la **prévention** ou la **prudence**. Qu'est-ce qui différencie ces termes ?

Victime de son succès, le principe est la plupart du temps dévoyé. La précaution est relative à des risques potentiels et la prévention à des risques avérés. En cas de risques potentiels et graves, il faut appliquer le principe de précaution, qui consiste en une série de procédures de gestion du risque.

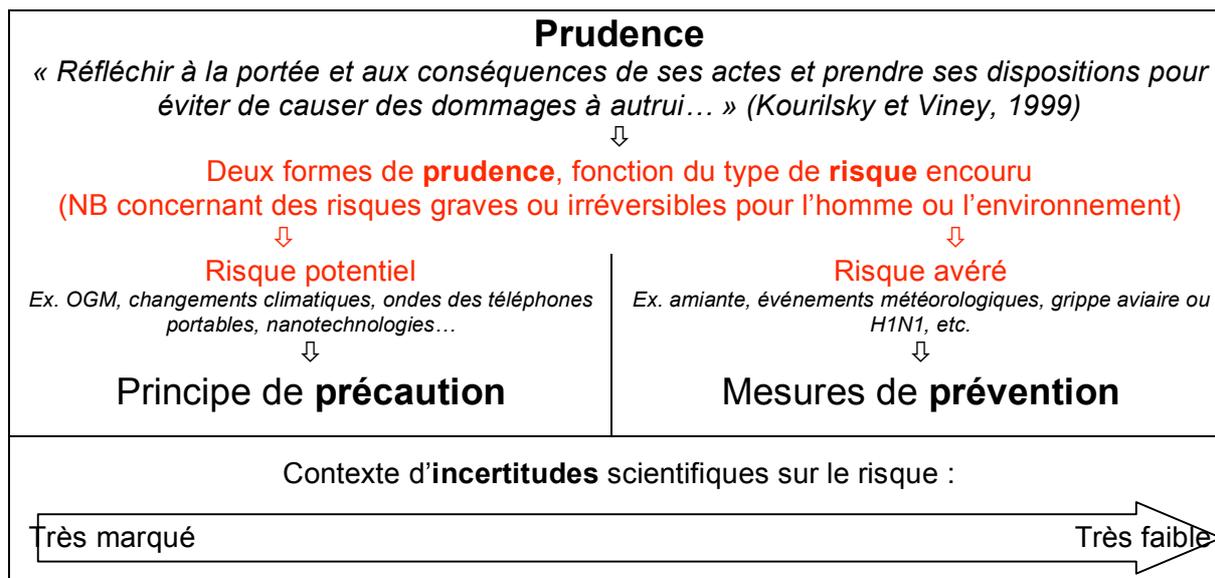
Philippe Kourilsky et Geneviève Viney (1999) résument la situation de la façon suivante : « *La distinction entre risque potentiel et risque avéré fonde la distinction entre précaution et prévention. La précaution est relative à des risques potentiels et la prévention à des risques avérés* ». Le président de l'Académie des sciences, Jean Salençon (cité par Marie Verdier, 2010) confirme cette distinction importante : « *C'est l'incertitude sur le risque qui fait qu'un problème relève de la précaution. Dès lors que le risque est avéré, il entre dans le registre de la prévention.* »

Le cas de l'amiante est symptomatique de cette évolution d'un risque potentiel vers un risque avéré (et donc de la nécessité qu'il y aurait eu à appliquer d'abord la précaution, puis la prévention) : « *On aurait pu agir au nom du principe de précaution dès 1910 au moment où commencent à être évoqués les risques liés à son usage. À partir des années 1960, le lien de cause à effet étant établi entre l'exposition aux fibres et la survenue de cancers et pathologies respiratoires, on en sait assez sur le risque pour prendre des mesures de prévention* » (Denis Bard, cité par Marie Verdier).

Cette simple distinction suffit à comprendre que la majorité des événements récents dans lesquels les médias ont parlé de principe de précaution relevaient en fait de la prévention : interdiction des vols suite à l'éruption du volcan islandais Eyjafjöll, tempête Xynthia ou encore virus H1N1⁷.

Enfin, pour Kourilsky et Viney (1999), prévention et précaution sont filles de la prudence, terme plus générique qui « *implique de réfléchir à la portée et aux conséquences de ses actes et de prendre ses dispositions pour éviter de causer des dommages à autrui* ».

⁷ « *Le risque d'inondation en zone inondable et ses conséquences sont connus, tout comme le fait que les cendres volcaniques soient à même d'endommager des réacteurs d'avion. Quant au virus H1N1, Alain Grimfeld, médecin, président du comité d'éthique et du CPP, expliquait devant les parlementaires le 1er octobre dernier, lors d'une audition sur le principe de précaution : 'La cause est connue, elle est virale ; la prévention est vaccinale. Le risque concernant la prévention va dépendre du pouvoir pandémique du virus (...), on entend beaucoup parler du principe de précaution dans l'application du vaccin, ce qui est un non-sens'* » (Verdier, 2010).



Comment se traduit concrètement la mise en œuvre du principe de précaution ?

Le principe de précaution n'est-il pas un principe d'immobilisme ?

Là encore, il semble y avoir unanimité parmi les auteurs qui ont écrit sur le principe de précaution pour dire qu'il ne s'agit surtout pas d'un principe d'inaction ou d'abstention.

Le principe de précaution est donc un principe d'action, qui vise à la prise de décision dans un contexte d'incertitudes...

« Il doit être entendu comme une incitation à l'action. Au dicton 'dans le doute abstiens-toi', le principe de précaution substitue l'impératif 'dans le doute, mets tout en œuvre pour agir au mieux' » (Kourilsky & Viney, 1999). Le principe de précaution vise donc à mettre en place une gestion dynamique du risque dans un contexte d'incertitude, en adoptant des procédures adaptées.

Quels types de procédures faut-il développer pour appliquer le principe de précaution ?

« En absence de certitudes, la précaution consiste à privilégier la rigueur des procédures. Dès lors, le principe de précaution ne peut être efficace que s'il est assorti d'un jeu de procédures ». Mais quelles sont (ou devraient être) ces procédures ? Pour l'instant, les points de vue divergent encore sur les structures à mettre en place et leur mode de fonctionnement (voir par exemple Kourilsky & Viney, 1999 vs CFDD, 2000). Il y a toutefois consensus sur un certain nombre d'objectifs qu'il conviendrait d'atteindre :

Améliorer la connaissance : mieux évaluer le risque – Lorsque la précaution doit s'appliquer (Cf. conditions énumérées ci-dessus : risques potentiellement grave, incertitudes...) alors la première décision doit consister à mettre en place des moyens

...il consiste à mettre en œuvre des actions pour : améliorer la connaissance du risque (expertise scientifique)...

visant à réduire l'incertitude. Il s'agit donc de faire appel à la science pour améliorer le degré de connaissance sur le risque potentiel. Certains auteurs insistent également sur la nécessité d'évaluer non seulement le risque, mais également les bénéfices espérés (afin de pouvoir présenter un bilan coûts / bénéfices). Par ailleurs, les points de vue contradictoires doivent pouvoir s'exprimer et se confronter.

Assurer la transparence et le débat public – Le processus « scientifique » doit alimenter le débat au sein de la société civile : qu'il s'agisse de la sphère des décideurs, des médias ou même du grand public. Les divergences sont ici plus fortes concernant le degré d'ouverture de ces processus. En 2000, tandis que le rapport de

...assurer la transparence et organiser le débat entre scientifiques, décideurs et société civile...

Kourilsky et Viney (1999) proposait la création d'une Agence d'Expertise Scientifique et Technique dans laquelle les experts garderaient une certaine prédominance, la Commission Française du Développement Durable proposait de son côté de créer un Comité Consultatif pour l'Evaluation des Technologies, composé de citoyens tirés au sort et volontaires pour s'informer sur tous les aspects de l'innovation en cause (sur le modèle des conférences de consensus). C'est également le genre de

propositions développées par certains sociologues des sciences, comme Michel Callon et ses collègues (2001), qui proposent de faire entrer les profanes dans les processus de décision.

Zoom sur... l'entrée des profanes dans les processus de décision, le cas des conférences de consensus : un gage de précaution à l'égard des générations futures ?

« Les conférences de consensus s'inspirent grandement de ce qui existe depuis bien longtemps en matière de justice, notamment dans les tribunaux d'assises où siègent des jurés qui doivent juger, entourés d'experts judiciaires ou techniques, de questions parfois extrêmement complexes. Ce lien permet de ne pas déconnecter la justice du citoyen et éviter ainsi qu'une justice d'experts se crée, qui dicterait la loi sans avoir de comptes à rendre. Le même schéma est donc utilisé dans le cadre des conférences de consensus : un certain nombre de citoyens lambda sont tirés au sort puis confrontés durant plusieurs jours à des avis d'experts contradictoires, avec l'idée de recréer un lien entre les citoyens et la sphère technocratique.

La conférence de citoyens organisée en France entre 2001 et 2002 à propos du réchauffement climatique illustre assez bien cette volonté. (...) Après avoir entendu une pluralité de points de vue contradictoires, l'avis donné par les citoyens s'avère assez radical, remettant en cause le mode de développement actuel au nom d'une forme de solidarité intergénérationnelle : « Soit nous continuons dans la voie actuelle d'une croissance économique forte et nous sacrifions les générations futures », nous préviennent-ils, « soit nous modifions radicalement nos comportements et nous garantissons un développement durable de notre planète ». Y a-t-il eu manipulation de la part des organisateurs, créant ainsi les conditions artificielles d'une heuristique de la peur favorisant une certaine radicalité ? Ou alors les conditions du 'voile d'ignorance' ont-elles été réunies, permettant des prises de position détachées de tout intérêt individuel ou de pouvoir – ce qui expliquerait cette relative radicalité des propos et la part importante qui est faite au principe de précaution ? » (d'après Boutaud, 2007)

Prendre des mesures proportionnées et révisables – Enfin, le processus doit

...afin d'aboutir à des décisions « dynamiques », c'est-à-dire révisables en fonction de l'avancée des connaissances.

aboutir à des mesures qui s'inscrivent dans un certaine dynamique, c'est-à-dire révisables en fonction de l'évolution de la connaissance du risque. Il peut s'agir d'une interdiction provisoire, comme pour le cas de certains OGM en France. Cette interdiction étant révisable en fonction de l'évolution des connaissances : par exemple si le risque est confirmé après expérimentation, alors ce sont les mesures de prévention qui s'appliquent (par exemple

l'interdiction des OGM dans certaines conditions).

Le principe de précaution est quasi systématiquement détourné de son sens juridique. Correctement entendu, il invite à l'action dans un contexte d'incertitude.

Conclusion : la précaution, ennemie du progrès ? Et si tout dépendait de ce que l'on appelle progrès...

En résumé, on retiendra que le principe de précaution n'a rien à voir avec un principe d'abstention ou de risque zéro, même s'il est régulièrement utilisé dans ce sens dans les médias. Il s'agit au contraire d'un principe invitant à l'action dans un contexte où l'incertitude règne et où les risques potentiels sont graves. Le principe de précaution « se place dans une perspective procédurale et renvoie à un dialogue entre les responsables, les

experts et la société » (Godard, 1999) : à une légitimité de la prise de décision reposant sur une information censée être parfaite (rationalité substantive) succède une légitimité de procédure (rationalité procédurale). C'est en tout cas comme tel que le principe de précaution a été pensé... et qu'il a encore bien du mal à s'appliquer.

Zoom sur... Les dérives possibles du principe de précaution dans un contexte marqué par la peur des responsabilités : de la précaution à l'abstention ?

Pour François Ewald (2010), il faut penser le principe de précaution dans un contexte de prise de décision marqué par les incertitudes et par la crainte du politique de devoir assumer les conséquences de sa décision. En France, en particulier, « le principe de précaution a d'abord été entendu comme principe de responsabilité de l'Etat, notamment à l'occasion de l'affaire du sang contaminé. Ce principe a été réfléchi en fonction des responsabilités qu'il pourrait engager. » La pression médiatique et populaire amène alors les décideurs à se munir d'outils pour se prémunir d'éventuels problèmes. Dans ce contexte, le principe de précaution serait « devenu à la fois un épouvantail et un principe de couverture. En faire trop semble vous protéger d'une mise en cause éventuelle. » Ainsi, à l'opposé de Jean-Pierre Dupuy (2002) qui pense qu'il faut imaginer le pire afin de s'en prémunir, François Ewald pense quant à lui que le principe de précaution oblige « à en faire trop » : à la fois de la part des opposants à certaines technologies qui seraient amenés à exagérer les risques encourus pour faire pression sur les décideurs ; et en réaction, de la part des décideurs qui auraient tendance à en faire trop pour se protéger.

Olivier Godard (2003) résume la situation en affirmant qu'à l'origine le principe de précaution « a été l'expression d'une volonté collective internationale d'aller de l'avant afin d'éviter des évolutions dangereuses pour l'environnement. (...) Tout cela ne prête guère à contestation sérieuse au niveau des principes. D'où viennent les problèmes ? Le principe de précaution s'est trouvé mobilisé en France pour des questions de santé publique et de sécurité alimentaire, qui plus est en contexte de crise. Il a fait alors l'objet de tentatives d'instrumentalisation. Des organisations militantes et des associations de victimes ont voulu en faire une sorte de droit au risque zéro, pour bloquer des innovations qui leur déplaisent ou faire reconnaître leur état de victimes et la faute des responsables supposés. De façon symétrique, différents cercles influents dans les milieux industriels et médicaux sont partis en campagne, brandissant l'autorité de la science pour donner à croire que ce principe serait antagoniste du progrès des connaissances et de l'innovation technologique. Les deux bords ont convergé pour entretenir la confusion entre deux concepts distincts : d'un côté, le principe de précaution proportionné, tel que défini par la loi Barnier (...); de l'autre côté, une indéfendable 'règle d'abstention', dénuée de base juridique, qui voudrait qu'une activité, un produit ou une technique ne puissent être autorisés que lorsque la preuve scientifique préalable de leur innocuité à long terme aurait été apportée »

Compris dans son sens premier (sens juridique), **le principe de précaution ne peut évidemment pas être entendu comme un obstacle à la recherche**, puisqu'il nécessite au contraire de faire appel à davantage de connaissances (notamment pour réduire les incertitudes).

Mais peut-il être considéré comme un obstacle au progrès ? Sans doute, si l'on considère le progrès comme l'avancée libre et sans entraves de la technoscience

Le principe de précaution ne peut être entendu comme un obstacle à la recherche : son application appelle à davantage de connaissances.

(point de vue probablement partagé par Guy Sorman). Mais si le progrès est entendu comme une meilleure connaissance et maîtrise du monde qui nous entoure, alors le principe de précaution en est le meilleur allié. C'est le point de vue défendu par Olivier Godard (2003) lorsqu'il affirme que, « Lorsque le principe de précaution est compris correctement (...), il ne peut plus être présenté comme un obstacle au développement des connaissances et de l'innovation. Au contraire, il en est devenu la condition dans une société qui pourrait être tentée par une logique du refus si ses interrogations légitimes ne faisaient l'objet que d'un déni ; il en est aussi un puissant stimulus. Les avancées concrètes à réaliser pour atteindre un développement durable appellent un formidable développement des connaissances et des techniques. »

4. La croissance économique est-elle compatible avec la protection de l'environnement ?

Cette question est depuis longtemps au cœur du débat écologique. Et le moins que l'on puisse dire, c'est qu'elle fait l'objet d'avis tout aussi tranchés que controversés. Par exemple, l'ancien président de l'*American Economic Association*, Kenneth Boulding, affirme que la croissance est fondamentalement incompatible avec la préservation des ressources naturelles. Stigmatisant avec humour ses collègues économistes qui imaginent le contraire, Boulding n'hésite pas à affirmer que « *celui qui croit que la croissance peut être infinie dans un monde fini est soit un fou, soit un économiste*⁸ ».

Peut-être pas fou, mais incontestablement économiste, Wilfred Beckerman lui répond du tac au tac en affirmant au contraire que la croissance est le meilleur moyen pour une société de protéger au mieux l'environnement. Dans un article paru au début des années 1990, il pouvait ainsi affirmer que « *le meilleur moyen – et sans doute le seul – d'atteindre un environnement décent dans la plupart des pays consiste [pour ces derniers, nda] à devenir riches*⁹ ».

Une controverse ancienne : la remise en cause de la croissance pour des raisons écologiques dans les années 1970

Les économistes classiques du début du 19^{ème} siècle évoquent déjà la perspective, inévitable à leurs yeux, d'un « état stationnaire », dû aux facteurs naturels qui limiteraient à terme la croissance économique.

Le débat entre croissance et environnement n'a jamais vraiment été absent des réflexions des économistes. Franck-Dominique Vivien (1994) montre que cette question a traversé toute l'histoire de l'économie, en partant des physiocrates (pour qui la seule richesse était issue des fruits de la terre et du travail du sol dont les ressources sont par définition limitées) jusqu'aux pionniers de l'économie écologique des années 1970. Entre les deux, les débats furent également vifs parmi les pionniers de l'économie dite classique : ainsi, constatant la finitude des ressources, David Ricardo théorisa la notion d'état stationnaire dès le début du 19^{ème} siècle ; fortement marqué par la pensée de Thomas Malthus, Ricardo voyait d'un mauvais œil cet état stationnaire qu'il présentait comme inéluctable. Contrairement à John Stuart Mill qui imaginait quant à lui la fin de la croissance comme l'aboutissement d'un long processus d'émancipation qui permettrait enfin à l'homme de se consacrer à autre chose qu'au travail et à la production de richesses (autrement dit, moins travailler pour profiter davantage des plaisirs immatériels).

Plus ou moins mise de côté, du fait notamment d'un développement technologique qui aura donné à l'humanité l'illusion de pouvoir s'affranchir de la réalité des limites physiques, cette réflexion va se trouver largement renouvelée à la fin des années 1960. Cette époque correspond à la prise de conscience des dégradations dont l'environnement est victime, ainsi que des dangers que cela représente pour l'Homme. Ce constat va être largement étayé par les travaux de nombreux intellectuels, dont certains tels Eugène Odum (1964), Kenneth Boulding (1966), Barry Commoner (1971), Nicholas Georgescu-Roegen (1971), Herman Daly ou encore René Passet (1971) qui

⁸ Cité sur le site Internet de l'Institut d'Etudes Economiques et Sociales pour la Décroissance Soutenable (IEESDS) : <http://www.decroissance.org/>

⁹ "in the end the best – and probably the only – way to attain a decent environment in most countries is to become rich" in Beckerman, 1992.

n'hésiteront pas à remettre en cause le dogme alors dominant de la croissance.

Au début des années 1970 la publication du rapport du Club de Rome sur les limites de la croissance relance les débats. Une croissance infinie est-elle possible dans un monde aux ressources finies ?

Développant une vision systémique de l'économie humaine, et constatant à la fois l'inclusion et la dépendance de celle-ci à l'égard d'un système écologique dont les ressources sont limitées, ces auteurs s'acharnent à démontrer l'impossibilité d'une croissance infinie. Mais il faudra attendre le tout début des années 1970 pour que la controverse explose au grand jour avec la publication du Rapport du Club de Rome sur les limites de la croissance (Meadows et coll., 1971).

Zoom sur... le rapport du Club de Rome

« (...)L'équipe du MIT cherchait non pas à fournir des prévisions précises, mais plutôt à établir un modèle mathématique fondé sur quelques variables caractéristiques du 'système humain'. Démographie, croissance économique, production industrielle et agricole, pollutions et disponibilité des ressources naturelles, font partie de ces éléments fondamentaux qui furent mis en relation par les membres de l'équipe Meadows afin d'en étudier les interactions. Même s'il n'est pas exhaustif, le modèle qu'ils établissent tente de tester les relations de cause à effet entre ces différents facteurs fondamentaux, en insistant sur les phénomènes d'action et de rétroaction (effets régulateurs) : par exemple la croissance économique a un effet positif sur la croissance industrielle, qui agit sur la production agricole, voire la démographie, avec en revanche des effets potentiellement négatifs sur la disponibilité des ressources ou sur les pollutions générées. Une fois les différentes variables choisies et les différentes interrelations validées par des experts et testées sur les années 1900-1970 (afin de valider le modèle par l'expérience), les membres du MIT ont ensuite fait fonctionner leur modèle mathématique sur ordinateur en proposant différents scénarios qui jouent successivement sur des variables discriminantes différentes. Par exemple, un scénario étudie l'évolution des différentes variables en fonction de l'épuisement prévu des ressources fossiles d'ici à quelques décennies, menant à un effondrement économique et démographique. Ensuite l'évolution de cette variable est modifiée à partir d'un scénario de disponibilité des ressources beaucoup plus optimiste : que se passe-t-il si ces ressources sont quasiment inépuisables ? Ce sont cette fois-ci les pollutions qui posent problème et deviennent un facteur limitant de l'expansion humaine. Mais imaginons à présent que l'énergie et les ressources fossiles soient à la fois très disponibles et que les pollutions générées soient négligeables : c'est alors la disponibilité des terres agraires et leur épuisement suite à l'intensification de l'agriculture qui finissent par s'imposer comme limite à la croissance démographique et économique...

(...) Les phénomènes de régulation et de rétroaction qui caractérisent le modèle aboutissent à plus ou moins long terme à un effondrement économique et démographique. La conclusion qu'il faut en tirer est relativement simple : la recherche d'une croissance continue de certaines de ces variables (comme la production et la consommation industrielle) ne peut mener à terme qu'à l'effondrement, et ce quel que soit le degré d'optimisme qui prévaut dans l'établissement des scénarios concernant les autres variables. » (extraits de Boutaud & Gondran, 2009)

Le retentissement provoqué par la parution du Rapport du Club de Rome va évidemment susciter de nombreuses critiques, notamment de la part des libéraux et des économistes néoclassiques, parmi lesquels Gottfried Haberler (1974) ou encore Wilfred Beckerman (1974).

Un débat réactualisé dans les années 1990 : mieux comprendre les points de vue à travers les « courbes environnementales de Kuznets » (CEK)

Les débats se sont aiguisés au début des années 1990. A cette époque, les questions écologiques reviennent sur le devant de la scène, avec notamment la préparation par les Nations Unies du Sommet de la Terre qui aura lieu en 1992 à Rio de Janeiro. Changement climatique, extinction de la biodiversité, désertification, épuisement des ressources fossiles et de certaines ressources renouvelables : le bilan se précise, et le mode de développement industriel est de plus en plus largement pointé du doigt. C'est ce moment que la Banque Mondiale (1992) choisit pour publier dans le cadre de son rapport annuel une étude visant à étudier les corrélations entre PIB et dégradations de l'environnement. Cette étude va largement lancer les débats sur ce que l'on appelle depuis les « courbes environnementales de Kuznets » (CEK).

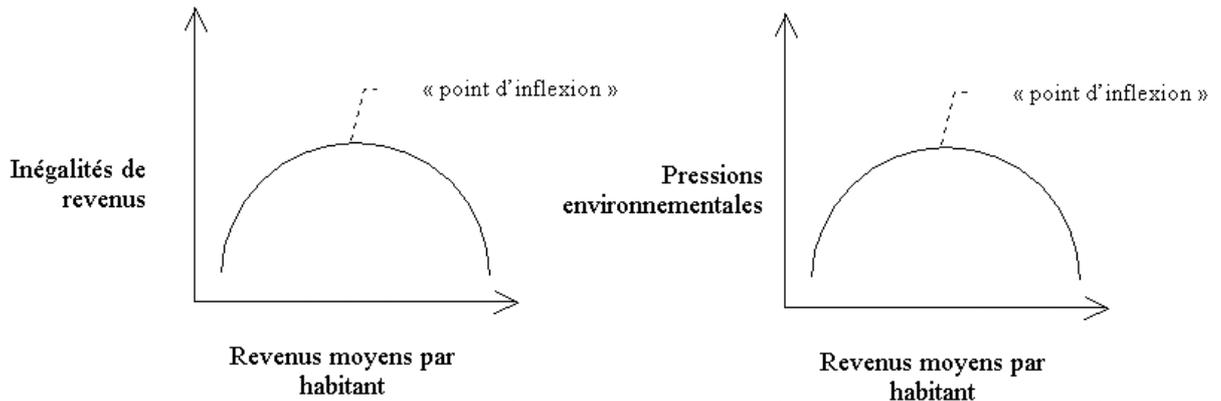
La croissance, vecteur d'amélioration de l'environnement ? L'hypothèse des CEK

L'hypothèse des CEK suggère que la dégradation de l'environnement n'est qu'une phase primaire du développement économique. Passé un certain stade, la situation en viendrait à s'améliorer, si bien qu'à terme la croissance économique pourrait être le meilleur allié de l'environnement.

Dans un célèbre article paru dans les années 1950, l'économiste américain Simon Kuznets (1955) émettait l'hypothèse d'une relation positive entre développement économique et équité entre individus au sein d'une nation. En représentant sur un graphique l'évolution du revenu ou du PIB (en abscisses) et des inégalités sociales (en ordonnées), Kuznets suggérait qu'on verrait alors se dessiner une courbe dite « en U inversé » (cf. figures ci-après) : la période d'augmentation des inégalités ne serait qu'une première phase propre au développement industriel, préalable à un rééquilibrage de la répartition des revenus.

L'hypothèse – jamais véritablement démontrée – a évidemment séduit certains économistes qui ont tenté de l'appliquer aux questions environnementales : la pression qu'une nation exerce sur l'environnement naturel serait ainsi « naturellement » amenée à diminuer lorsqu'un niveau élevé de développement est atteint. Si cela était vérifié, cela tendrait à démontrer ce que Wilfred

Beckerman (1992) affirmait (cf. citation d'introduction). Qu'en est-il réellement ?



Représentation schématique des courbes de Kuznets « sociales » et « environnementales » (d'après Boutaud et coll., 2004)

Croissance et richesse améliorent certains aspects de l'environnement « local »...

En fait, ce sont essentiellement les impacts locaux qui diminuent, et la qualité du cadre de vie (protection des milieux) qui s'améliore...

Le rapport de la Banque Mondiale ne mentionnait une corrélation de type CEK que sur un nombre très restreint d'indicateurs – d'où une conclusion mitigée, à mille lieues de celle qu'en fit Wilfred Beckerman. Les multiples études qui s'ensuivirent aboutirent toutes plus ou moins au même type de résultats (Selden et Song, 1994 ; Grossman et Krueger, 1995 ; Stern et coll., 1996). Que retenir de ces études ?

D'abord, il faut noter que certains éléments semblent en effet s'améliorer à partir d'un haut niveau de développement économique. Par exemple, la part des surfaces d'aires naturelles protégées augmente généralement à partir d'un certain niveau de revenus et d'éducation (Bimonte, 2002).

Ensuite, ces études montrent également dans les pays riches des réductions de certaines pollutions, mais qui sont à la fois peu nombreuses et pour la plupart liées aux industries (SO₂, NO_x, particules). Cela peut s'expliquer par un renforcement des législations environnementales et une amélioration des techniques de production. Mais

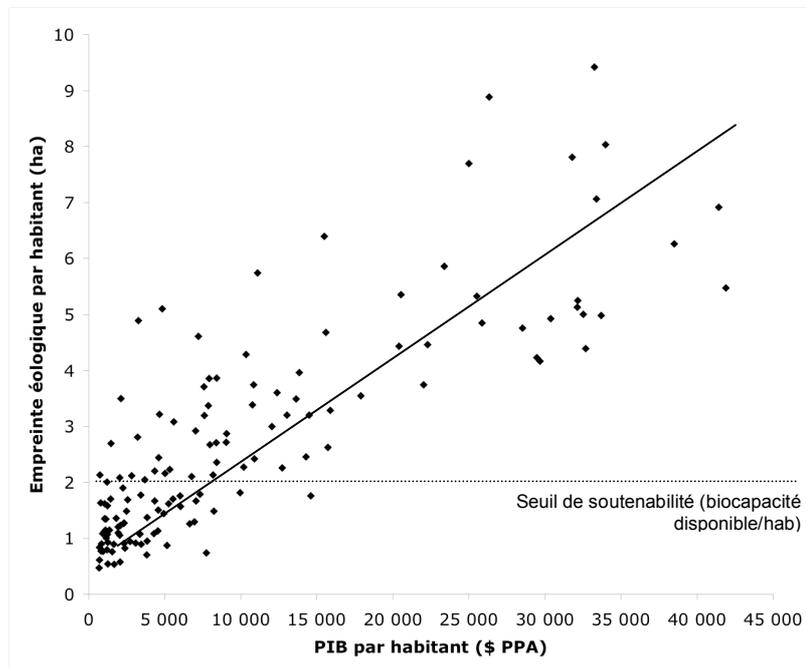
certaines économies ont également noté que ces améliorations avaient lieu alors même que s'opéraient de nombreuses délocalisations des industries les plus lourdes vers les pays pauvres. L'amélioration ne pourrait alors être qu'une illusion, un simple transfert de pollution : c'est l'hypothèse dite « du havre de pollution » (voir notamment Arrow et coll., 1995).

...Mais elles augmentent les pressions sur les ressources « globales »

Dale Rothman (1998) en conclut que les CEK ne se vérifient que lorsqu'on considère des pressions dont les impacts environnementaux sont particuliers, locaux, réversibles ou pouvant être réduits grâce à des modifications de l'appareil de production (adaptations techniques). Par contre l'hypothèse des CEK ne se vérifie pas si l'on considère des pollutions plus globales et ayant des effets à plus long terme, ou impliquant des changements importants de modes de vie et de consommation. Les émissions de CO₂ et les consommations d'énergie sont ainsi très significativement corrélées à la richesse telle que mesurée par le PIB/hab.

Les impacts globaux restent quant à eux très corrélés au niveau de richesse.

Et si, qui plus est, on impute les impacts au consommateur final (et non pas au producteur, afin d'éviter le phénomène de « havre de pollution » cités ci-dessus) alors la corrélation avec le PIB/hab est encore plus forte. L'empreinte écologique, qui mesure la surface de sols biologiquement productifs qu'il faut mobiliser pour répondre au besoin de consommation d'une nation (quelque soit le lieu de production de ce qui est consommé), est ainsi corrélée de manière très spectaculaire au PIB.



Empreinte écologique et PIB des nations en 2005
(sources des données : Hails, 2008 ; UNDP, 2006)

Mais au fait... a-t-on besoin de croissance pour être prospères ? Quelques pistes vers une autre économie

Ces constats ont amené certains auteurs à questionner la notion de croissance. C'est le cas récemment de Jean Gadrey (2010) dans un ouvrage intitulé « *Adieu à la croissance : bien vivre dans un monde solidaire* » ; ou encore de Tim Jackson (2010)

Passé un certain seuil de richesse, la croissance n'augmente plus le bien être.

dans un rapport rédigé pour la Commission du Développement Durable du Gouvernement britannique intitulé « *La prospérité sans croissance* ». Ces deux auteurs font le procès de la croissance économique, constatant que, une fois passé un certain seuil de richesse, la croissance économique n'augmente plus la prospérité et le bien-être, et peut même leur nuire. Sans remettre en cause la croissance dans les pays pauvres (là où elle est utile) ces deux auteurs dessinent chacun à leur manière un cheminement qui pourrait mener les pays industrialisés vers une forme de prospérité écologiquement soutenable et sans croissance.

Au-delà des solutions de la décroissance ou du découplage ...

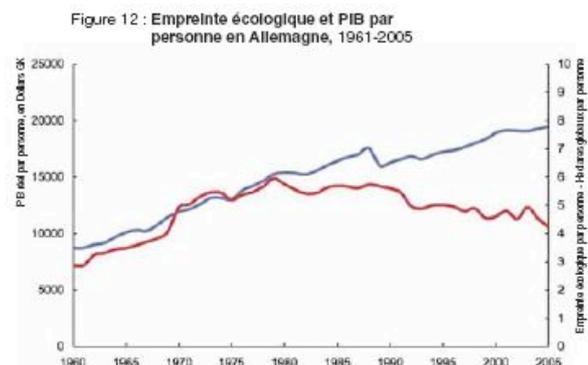
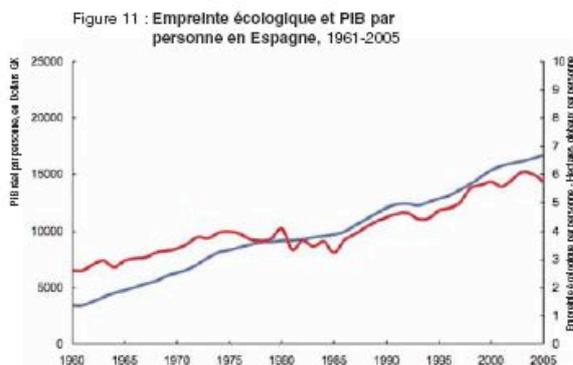
Ces deux auteurs récusent la solution d'une décroissance – Jean Gadrey préfère parler d'a-croissance ou de post-croissance. La décroissance générerait selon eux des instabilités profondes dans nos économies, avec des conséquences humanitaires difficiles à gérer du fait de la place centrale qu'occupe dans notre modèle le travail – non seulement sur le plan économique, mais aussi sur le plan social en tant que participation des individus à la société. Mais ces deux auteurs ne croient pas non plus aux scénarios de découplage qui chercheraient à conserver une croissance économique en la découplant de ses impacts environnementaux (scénarios de « croissance verte »).

Plusieurs auteurs proposent d'inventer une forme d'économie de prospérité post-croissance...

Zoom sur... le découplage : une illusion ?

Une croissance durable n'est-elle pas possible à terme ? N'est-il pas envisageable de voir émerger une forme de croissance économique complètement décorrélée de notre empreinte écologique ?

Un découplage entre empreinte écologique et croissance est en effet envisageable. Pour tout dire ce phénomène est même déjà observable dans certains pays comme l'Allemagne (contrairement par exemple à l'Espagne, cf. graphique ci-joint, WWF, 2010). C'est encourageant – même si le cas de l'Allemagne est particulier puisque le découplage apparaît au moment de la réunification. Mais le problème tient au fait que, pour atteindre un seuil « soutenable » (c'est-à-dire équitable et écologiquement pérenne) il ne s'agit pas de réduire de 10 ou 20 % l'empreinte écologique des pays les plus riches : il faut la diviser par deux ou trois – en particulier en ce qui concerne l'empreinte carbone.



De fait, pour que le découplage offre une échappatoire au dilemme de la croissance, il faut que ce découplage soit absolu : une situation dans laquelle l'impact écologique diminue alors que la production augmente. C'est ce

découplage qui permettrait à un modèle économique de devenir soutenable. Si nous désirons que les neuf milliards d'habitants qui peupleront la Terre en 2050 jouissent d'un revenu comparable aux citoyens de l'union Européenne aujourd'hui, la taille de l'économie devrait être multipliée par six entre 2010 et 2050. Atteindre l'objectif du GIEC en matière d'émissions d'équivalent CO₂ fixé à 450 ppm signifierait abaisser l'intensité en carbone de la production économique mondiale de 9 % par an durant les 40 prochaines années. Il faudrait en 2050 que l'intensité en carbone soit 55 fois inférieure à celle d'aujourd'hui (soit 14 g de CO₂ par \$). Et ce scénario ne tient pas compte d'une croissance des revenus dans les pays développés : si on imagine partout dans le monde un niveau de l'ordre de ce que donnerait une croissance annuelle de 2 % des revenus, il faudrait alors que l'intensité en carbone soit 130 fois inférieure à celle d'aujourd'hui (soit 6 g de CO₂ par \$).

Sur son site Internet, Jean-Marc Jancovici¹⁰ apporte des éléments de réponse très intéressants et détaillés à ces questions en utilisant l'équation de Kaya (particulièrement utilisée dans les scénarios du GIEC). Cette dernière mesure les émissions de CO₂ d'une société donnée en mettant en relation la population, le PIB et le contenu en carbone de l'énergie. Manipulant différents scénarios, ce polytechnicien pragmatique, peu susceptible de connivence intellectuelle avec les mouvements écologistes les plus radicaux, en conclue que, pour diviser ne serait-ce que par deux nos émissions de CO₂, « *la décroissance sera très difficile à éviter, non par idéologie, mais parce que, hélas pour nous, le monde est fini* ».

... la transition vers une économie durable pour une prospérité sans croissance.

Partant de ce constat, Tim Jackson propose une nouvelle théorie macroéconomique qui cherche à stabiliser l'emploi sans passer par la case croissance, en tout cas en cassant le consumérisme. Pour lui, les trois interventions macroéconomiques clés nécessaires pour atteindre la stabilité économique sont :

- la transition structurelle vers des activités de service : il s'agit de « *trouver une version fonctionnelle de la prospérité* » qui reposerait sur une double exigence : l'épanouissement des personnes dans le respect des limites écologiques. « *Plus de sens, moins de choses* ».
- l'investissement dans des actifs écologiques. Le rôle des pouvoirs publics sera ici crucial : chaque euro investi devra non plus expulser le moins de carbone mais en absorber le plus possible !
- une politique du temps de travail comme mécanisme de stabilisation.

Zoom sur... des modèles émergents pour un « développement économique durable »

Au-delà des analyses macroéconomiques exposées, la question de l'émergence de nouveaux modèles économiques se pose au niveau des territoires et des métropoles. Un rapport publié par Millénaire 3 en 2010, intitulé « *Des modèles de développement économique pour la métropole - Etude de différents modèles économiques pour le Grand Lyon* »¹¹, explore ainsi différentes pistes d'évolution du modèle économique actuel, qui permettraient d'introduire de la durabilité au sein du système économique.

Cinq « modèles de développement économique durable » ont ainsi été examinés :

- **L'économie de fonctionnalité**, modèle d'échange marchand dans lequel la vente de l'usage d'un bien se substitue à la vente du bien lui-même.
- **L'écologie industrielle**, qui propose de considérer l'ensemble des activités industrielles comme un écosystème particulier au sein de la biosphère.
- Le modèle des **circuits courts** alimentaires qui réinterroge la relation producteur-consommateur. et consiste à renforcer la captation de valeur au bénéfice de la production en rétablissant une relation de proximité entre le producteur et le consommateur.
- Le modèle de la **téléactivité**, qui peut être défini comme étant le travail qui s'effectue, dans le cadre d'un contrat de travail, au domicile ou à distance de l'environnement hiérarchique et de l'équipe du salarié à l'aide des technologies de l'information et de la communication.
- Le modèle de **l'économie collaborative ouverte**, qui consiste à s'appuyer sur l'intelligence collective de groupes ouverts pour assurer la conception et la production de biens ou de prestations de services.

Au-delà de leurs contributions respectives aux objectifs d'un développement économique durable, les modèles présentés dans ce rapport semblent pouvoir faire système et participer à l'émergence d'une « économie du lien » plutôt que l'« économie des biens » actuelle. L'économie de fonctionnalité paraît jouer un rôle plus prééminent de « mise en route » de la machine car elle constitue un cadre incitatif donnant une motivation économique aux acteurs pour agir dans une logique de développement durable.

¹⁰ <http://www.manicore.com/documentation/serre/kaya.html>

¹¹ <http://www.millenaire3.com/Quels-modeles-economiques-pour-le-developpement-d.122+M5933caf35e4.0.html>

Au-delà de ce rapport, les perspectives ouvertes par l'économie de fonctionnalité ne relèvent pas de signaux faibles mais bien d'une tendance de fond. Pour différents observateurs (Cohen, 2009 ; Debonneuil, 2007 et 2009 ; Moati, 2008 ; Bourg, 2005), l'économie de fonctionnalité apparaît comme un stade avancé de servicialisation du système économique, comme le paradigme émergent de l'économie du 21^{ème} siècle.

En conclusion : la nécessité d'une autre économie !

Que retenir, au final, de cette étude des relations entre croissance et environnement ? Peut-être, avant toute chose, qu'il s'agit de s'entendre sur la notion d'environnement.

En effet, les corrélations positives (gagnant-gagnant) entre croissance et environnement se vérifient essentiellement avec des indicateurs reflétant la qualité du cadre de vie local ou national : plus un pays est riche, et plus il semble se préoccuper

La croissance s'accompagne parfois d'une amélioration de la qualité du cadre de vie local, mais également d'une augmentation de l'empreinte écologique globale. Ce constat invite à imaginer un autre modèle économique, permettant l'épanouissement humain dans le respect des limites écologiques.

de la préservation de la qualité de son environnement naturel. Inversement, considérer l'environnement comme un capital naturel ou une ressource dont dépend toute activité humaine revient à créer un lien de cause à effet inverse entre développement et environnement : plus la consommation par habitant est élevée et plus la pression exercée sur les ressources (l'empreinte écologique) est potentiellement forte.

Dans la première acception du terme « environnement », Wilfred Beckerman a donc potentiellement raison : la croissance est un gage de plus grande préoccupation pour l'environnement. Dans la seconde acception du terme, il est probable que ce soit Kenneth Boulding qui ait vu juste : même à considérer des progrès technologiques inouïs, une croissance infinie a peu de chances d'être possible dans un monde dont les ressources (et les capacités d'épuration de nos déchets) sont limitées.

Le défi consiste donc à mettre en place dans les pays les plus industrialisés et tertiariés une transition vers un modèle économique alternatif, moins dépendant de la croissance, et surtout capable de concilier cette double exigence : l'épanouissement des personnes et le respect des limites écologiques.

5. Le développement durable coûte-t-il plus cher ? L'exemple de l'alimentation biologique

Ce sont les riches qui ont l'empreinte écologique la plus forte. Pourtant, certains affirment au contraire que la protection de l'environnement est une affaire qui n'intéresse que les riches...

Force est de constater que ce sont les plus riches qui ont l'empreinte écologique la plus forte. Eux encore qui tirent l'ensemble de la société vers un modèle dispendieux en matière de ressources naturelles, comme Hervé Kempf (2007) le suggère dans son ouvrage le plus connu : « *Comment les riches détruisent la planète* ».

Pourtant, certains n'hésitent pas à affirmer au contraire que le développement durable, et plus encore la protection de l'environnement, sont des préoccupations réservées aux pays les plus riches. Appliqué à l'échelle des individus, ce raisonnement revient à dire que le développement durable ne préoccupe que les personnes les plus aisées, seules aptes à supporter les coûts d'une meilleure gestion des ressources naturelles. C'est peu ou prou ce qu'affirme par exemple Luc Ferry (2010) lorsqu'il dit que « *l'écologie est une affaire de bobos* ».

Alors, l'écologie et le développement durable sont-ils des préoccupations réservées aux riches – comme par exemple l'alimentation biologique ?

Zoom sur... le poids de l'alimentation dans notre empreinte écologique

L'alimentation représente environ 30% de l'empreinte écologique d'un français (Hails, 2008). Le secteur agricole émet environ 20% de nos émissions de gaz à effet de serre (CITEPA, 2010) et même 30% si l'on prend en compte les circuits de distribution et les emballages (selon J-M. Jancovici¹²). A cela s'ajoutent la dégradation des sols et des nappes phréatiques, les pollutions diverses liées à certaines pratiques, etc. Pour réduire ces impacts, une alternative semble s'imposer : l'agriculture biologique. Même si elle reste minoritaire, elle est de plus en plus sollicitée par les Français, qui sont aujourd'hui 46% à consommer au moins une fois par mois des produits issus de cette forme d'agriculture (CSA & Agence Bio, 2009). Toutefois, le reproche qui vient systématiquement est le suivant : « le bio, c'est trop cher ! » Et presque aussitôt, l'image de produits réservés aux cadres supérieurs vient à l'esprit. Qu'en est-il exactement ?

Le bio : plus cher et réservé aux « bobos » ? Oui...

Des produits plus chers – Les quelques enquêtes réalisées en France sur le sujet montrent toutes que l'alimentation issue de l'agriculture biologique est effectivement plus chère que celle issue de l'agriculture intensive. Mais les comparaisons sont difficiles à réaliser, et les écarts peuvent être très différents selon les enquêtes.

Le magazine Terra Eco a ainsi réalisé en 2009 un test en remplissant un caddie « type » constitué de plusieurs produits sensiblement équivalents dans quatre configurations différentes : un caddie de supermarché « premier prix », un caddie de supermarché « produit de marque », un caddie de supermarché « bio », et un caddie de magasin spécialisé « bio ». Pour les 32 produits achetés, le prix total du caddie varie de 63,14 euros (supermarché premier prix) à 185,97 euros (magasin bio). Soit un rapport de 1 à 3 (le bio 200% plus cher) ! La comparaison est toutefois douteuse, car les modes de production et de distribution n'ont rien à voir entre ces deux extrêmes. Elle est peut-être un peu plus pertinente entre produits de marque et produits bio au sein d'une même enseigne : on atteint alors une valeur de caddie de 93,83 euros pour

¹² <http://www.manicore.com/documentation/serre/assiette.html>

les produits de marque, et 156,18 euros pour les produits bio. Soit un rapport de 1,66 (le bio 66% plus cher).

Ce dernier chiffre, mené sur seulement quelques dizaines de produits, est forcément approximatif. Mais il semble confirmé par une étude plus exhaustive menée en 2008

L'alimentation issue de l'agriculture biologique est effectivement plus chère : de 50 à 70% environ en moyenne...

par le magazine Linéaires, le mensuel des professionnels de la distribution alimentaire. Les journalistes ont alors comparé les prix de 332 produits étiquetés bio avec 332 produits équivalents, de même marque et vendus dans les mêmes enseignes (pour éviter les comparaisons entre marques différentes et/ou distributeurs différents). Verdict : les produits bio sont vendus en moyenne 72% plus cher au sein de la grande distribution. Sur une base d'étude encore plus large,

l'UFC/Que choisir annonce quant à elle un surcoût moyen de 57% en 2010...

Et des clients au profil « CSP+ » - L'Agence Bio réalise régulièrement, en partenariat avec l'institut de sondage CSA, une enquête sur la consommation des produits issus de l'agriculture biologique en France. Si ces produits sont de plus en plus sollicités, et si leur image est très bonne auprès de la population, il faut toutefois noter que les Français consommant régulièrement ces produits (46%) présentent un profil assez

...et le profil type des consommateurs de produits bio correspond à des personnes un peu plus aisées que la moyenne, plutôt issues des catégories socioprofessionnelles supérieures.

proche de l'image à laquelle on s'attend : une population plutôt féminine que masculine, active (la plus grande proportion de consommateurs de produits bio se situe dans la tranche 35 à 64 ans) exerçant souvent des professions libérales ou des fonctions de cadres (63% d'entre eux consomment des produits bio), davantage représentée dans les grandes villes de plus de 100 000 habitants et en région parisienne (où 55% de la population consomme bio) (Agence Bio, 2009).

Au final, tout laisse à penser que les produits issus de l'agriculture biologique sont effectivement nettement plus chers et que, par conséquent, ils attirent prioritairement une clientèle assez aisée et citadine.

Zoom sur... les « non consommateurs » de produits issus de l'agriculture biologique : des raisons financières, certes, mais aussi socioculturelles.

Le baromètre de consommation et de perception des produits biologiques, réalisé chaque année par l'Agence Bio et le CSA, fournit des informations intéressantes pour comprendre à la fois le profil et les motivations des consommateurs mais aussi des non consommateurs de produits issus de l'agriculture biologique.

Les personnes qui consomment le moins de produits biologiques sont plus souvent des ouvriers ou des inactifs (62% des ouvriers et 77% des inactifs ne mangent jamais ou que rarement des produits biologiques). Les raisons invoquées pour expliquer cette faible consommation sont intéressantes à analyser.

Sans grande surprise, le prix trop élevé des produits issus de l'agriculture biologique arrive en tête des explications (79% des personnes achètent peu ou pas de produits biologiques). Cela renforce l'idée selon laquelle les CSP dont les revenus sont les plus faibles seraient moins enclins à acheter des produits biologiques pour des raisons financières.

Toutefois d'autres facteurs socioculturels semblent jouer de manière aussi importante, notamment le contexte lié aux habitudes. Ainsi les deux tiers de ceux qui consomment peu ou pas de produits biologiques avouent ne pas avoir le réflexe d'en acheter, et 20% déclarent ne pas les trouver facilement sur leur lieu d'achat habituel. Le manque d'information ou d'intérêt est également souvent avancé : 29% du public concerné déclare ne pas être suffisamment informé sur les produits biologiques, et 23% affirme ne pas être intéressé par la question (L'Agence Bio, 2009).

Base : « n'a pas acheté de produits biologiques ces 4 dernières semaines ou n'en achète jamais » = 606

Pour ceux qui n'achètent jamais de produits Bio : 77%
 Pour ceux qui n'en ont pas acheté les 4 dernières semaines : 84%

	2008 b=621	2007 b=604	2006 b=603	2005 b=569	2004 b=573
prix des produits biologiques trop élevé 79%	75%	78%	78%	77%	74%
pas le réflexe d'en acheter 64%	68%	69%	65%	62%	59%
manque d'information sur les spécificités 29%	31%	34% ↓	41% ↑	30%	35%
pas intéressé par l'agriculture 23%	22%	23%	22% ↑	17%	/
pas confiance dans les produits biologiques du commerce 22%	22%	21% ↓	28%	32% ↑	26%
ne les trouve pas facilement dans le magasin habituel 20%	25%	20%	/	/	/
qualité pas satisfaisante 16%	14%	14% ↓	19%	24%	20%
pas intéressé par l'alimentation en général 15%	16%	18% ↓	23% ↑	11%	/
magasin habituel n'en vend pas 11%	12%	13% ↓	19%	21%	18%

...mais il faut relativiser : les comparaisons de prix sont difficiles

Malgré tout, les prix élevés des produits étiquetés bio doivent être relativisés, car pour effectuer des comparaisons pertinentes il faudrait pouvoir prendre en compte les très nombreux aspects qui ne sont jamais quantifiés, ainsi que l'aubaine dont se saisissent certains distributeurs pour augmenter leurs marges. Et ne pas oublier que « manger bio », c'est également très souvent « manger autrement »...

Le label Bio entraîne des surcoûts – Tout d'abord, la moindre productivité de l'agriculture biologique ainsi que son contenu plus élevé en travail (et en emplois) entraînent logiquement des surcoûts de production. Mais il faut y ajouter les coûts directs, liés par exemple à la période de conversion des terres (durant laquelle l'agriculteur ne peut bénéficier du label AB) et les coûts liés à la certification et au contrôle, qui sont pris en charge par l'agriculteur.

L'agriculture conventionnelle a de nombreux coûts cachés – A l'opposé, la Fédération Nationale de l'Agriculture Biologique (FNAB) souligne que l'agriculture intensive génère de nombreux coûts indirects qui ne sont pas reflétés dans les prix car

Ces coûts plus élevés s'expliquent : soit par le mode de production plus qualitatif (plus d'emplois, plus de contrôles, moins de pollution générée), soit par le mode distribution (marges plus importantes dans la grande distribution).

ils sont « socialisés » - c'est-à-dire pris en charge par l'ensemble de la société : dépollution de l'eau, des sols, traitement des conséquences des pesticides sur la santé, etc. Ces externalités négatives sont malheureusement très difficiles à estimer.

Les subventions ne jouent pas en faveur du Bio – Un autre handicap souvent dénoncé par les agriculteurs biologiques tient dans le système de subvention de l'agriculture, qui a toujours favorisé les systèmes de culture à forte productivité. La Fédération Nationale de l'Agriculture Biologique (FNAB) dénonce régulièrement ce phénomène : en France, 60 000 exploitations se partagent 80 % des subventions, et parmi ces

très grosses exploitations, très peu pratiquent l'agriculture biologique. La FNAB dénonce également régulièrement l'énorme écart de subvention entre les modes de production intensifs et non intensifs – jusqu'à 400 % entre le maïs irrigué et l'herbe des prairies naturelles. « Pour simplifier, nous dit Lylian Le Goff (2006), on peut dire que

les aides agricoles sont distribuées au prorata des surfaces et des quantités produites ».

Les marges pratiquées sur le bio sont supérieures – Il existe des phénomènes encore plus pervers : une étude de l'association de consommateurs UFC/Que choisir montrait récemment que les grands distributeurs profitaient de l'engouement pour les produits issus de l'agriculture biologique pour augmenter considérablement leurs marges. Les données de l'Observatoire des prix et des marges indiquent que la grande distribution peut aller jusqu'à doubler ses marges pour certains produits étiquetés bio comparativement aux mêmes produits non bio. Pour Jean-Paul Geai (2010), rédacteur en chef du magazine Que Choisir, la situation est claire : « *Les hypers se goinfrent au bio* ».

La part de l'alimentation dans les dépenses des ménages n'a jamais été aussi faible – A cela, il faut ajouter que la part de l'alimentation dans le budget des ménages n'a jamais été aussi faible qu'aujourd'hui. L'alimentation représentait 27,5% des dépenses des ménages en 1960¹³. En 2008, ce pourcentage est tombé à 12,6%.

Par ailleurs, manger bio invite à manger différemment : par exemple moins de viande, moins de produits transformés... deux secteurs qui pèsent lourd dans le budget alimentaire.

Autrement dit, même en augmentant le budget moyen des ménages alloué à l'alimentation de 50% (pour manger bio) la part de ce budget serait encore largement inférieure à ce qu'elle était dans les années 1960-70. Problème : pendant cette même période, la part du logement a elle été multipliée par deux...

Manger bio, c'est manger autrement – Enfin, il faut noter que, en France, la consommation de viande a plus que doublé entre 1950 et 1990, passant de 44 à 91 kg/an/habitant. Selon le Ministère de la santé, la consommation annuelle de poisson durant cette même période a suivi le même chemin, passant de 10 à 25 kg/an entre 1950 et 1996¹⁴. La consommation de produits transformés a également très fortement augmenté. Or ces produits pèsent lourd dans le budget alimentaire (la restauration représente par exemple 23% de ce budget en 2001, et la viande 18%). Cela signifie qu'une moindre consommation de produits carnés et/ou transformés peut évidemment permettre de dégager de la marge pour manger bio. En conclusion, le magazine Terra Eco (2009) résume assez bien la situation en citant France Guillain, auteure de *Manger bio, c'est pas cher*, lorsqu'elle affirme que « *Manger bio, c'est manger autrement ! Continuer à se gaver de sodas et de chips – mais bio – n'a pas le moindre sens !' Car, pour faire du bien à son portefeuille, il faut limiter les plats cuisinés chers (et trop salés), les friandises coûteuses (et trop sucrées), laisser moins de place à la viande et plus à des légumineuses abordables et gorgées de protéines. Bref, comme dirait le slogan : le bio, à vous d'inventer la vie qui va avec !* »

Au fait... pour réduire notre empreinte écologique : manger bio ou manger autrement ?

On retiendra que le fait de manger bio coûte plus cher si on ne change pas le contenu de son alimentation. A ce propos, et en guise de conclusion, il faut se souvenir que manger bio a un impact positif sur l'environnement à de nombreux points de vue : biodiversité, respect de la vie biologique des sols, protection des nappes phréatiques, etc. Toutefois cela n'a pas une influence si forte sur notre empreinte carbone. Jean-Marc Jancovici le montre sur son site Internet¹⁵ : il estime que le passage à l'agriculture biologique permettrait de supprimer les émissions de gaz à effet de serre (GES) liées à

¹³ <http://www.statapprendre.education.fr/insee/cons/quoi/tendanceslongues.htm>

¹⁴ <http://www.sante.gouv.fr/htm/actu/nutri2000/nutri022.htm>

¹⁵ <http://www.manicore.com/documentation/serre/assiette.html>

la production de produits phytosanitaires et d'engrais de synthèse. Les émissions totales seraient ainsi réduites d'environ 30% par kilogramme produit. Mais pour lutter efficacement contre les émissions de GES, tout comme pour soulager notre porte-monnaie, mieux vaut changer le contenu de notre assiette, notamment parce que la consommation de viande et de produits laitiers, qui a doublé depuis 50 ans, a un impact environnemental très fort : « *La triste vérité est donc la suivante : manger bio c'est bien, mais pour le climat il faut surtout manger moins de viande (ce qui du coup rend plus facile de la manger bio, et autant ne pas s'en priver !). En outre manger autant de viande que maintenant interdit la conversion d'une large partie de l'agriculture au bio, car à cause de la baisse des rendements (pour la culture des céréales et*

Enfin, manger bio ne suffit pas à réduire suffisamment notre empreinte carbone. Il faut également manger différemment : pour économiser des gaz à effet de serre... et de l'argent !

fourrages mangés par les animaux) il faudrait bien plus de surface agricole que nous n'en avons de disponible. »

fourrages mangés par les animaux) il faudrait bien plus de surface agricole que nous n'en avons de disponible. »

Zoom sur... une question importante : l'agriculture biologique peut-elle nourrir l'humanité ?

Dans un colloque organisé en 2007, la FAO reconnaissait certains avantages de l'agriculture biologique et se demandait si cette dernière permettrait de nourrir l'humanité¹⁶. Même si la question porte encore à polémique, plusieurs études sont depuis venues apporter des éléments de réponse, confirmant le potentiel de l'agriculture biologique. Jacques Caplat (2010) résume la situation ainsi :

Des rendements inférieurs d'environ 15-20% dans les pays tempérés – Dans les pays tempérés, comme la France, le rendement du blé est passé de 12 quintaux à l'hectare en 1900 à 60 quintaux aujourd'hui dans une ferme biologique de polyculture élevage. « *Même dans les conditions tempérées occidentales, la bio permet des rendements inférieurs en moyenne de 15% à ceux de l'agriculture conventionnelle chimique... mais supérieure de 500% à ceux de l'agriculture du début du 21^{ème} siècle* ». Il ne s'agit donc pas de revenir à l'âge de pierre ! D'autant que les rendements du bio ne cessent de s'améliorer comparativement au conventionnel chimique. Une étude menée en Suisse depuis 1978 sur des parcelles en conventionnel, en bio et en biodynamie montre que sur trente ans les rendements bio équivalent à plus de 80% de ceux du conventionnel. L'Université de Californie a constaté des rendements de 94 à 100% de ceux du conventionnel sur la culture de blé, maïs, soja et tomate.

Des rendements supérieurs dans les milieux tropicaux – En milieu tropical, les résultats du bio sont plus impressionnants et dépassent d'ores et déjà ceux de l'agriculture conventionnelle. En Inde, à Maiikal, le passage en Bio de 3200 ha a par exemple permis une augmentation des rendements de 20%. Au final, deux études menées séparément ont récemment montré que le passage à une agriculture biologique sur l'ensemble de la planète permettrait de répondre aux besoins de l'humanité (études citées par Caplat, 2010). L'Etat indien du Kerala, comptant plus de 30 millions d'habitants, a ainsi annoncé sa volonté de passer l'intégralité de sa production en biologique d'ici une dizaine d'années.

Un autre levier d'action pour réduire l'empreinte carbone de l'alimentation consiste à consommer des productions locales afin de réduire l'impact lié au déplacement – sachant que le transport de l'alimentation en France est estimé à environ 4 millions de tonnes équivalent carbone. Là encore, cela signifie des économies financières potentielles.

Enfin, plusieurs études montrent que le bilan carbone de l'agriculture dépend en grande partie du mode de production choisi : chimique ou biologique. Alors que l'agriculture intensive a vidé pour partie les stocks de carbone contenus dans le sol sous la forme de matière organique, le principe même de l'agriculture biologique consiste à substituer les engrais chimiques par des apports organiques, en réenrichissant la vie biologique des sols, ce qui augmente la séquestration de carbone (Aubert, 2010)

¹⁶ http://www.fao.org/organicag/ofs/index_fr.htm

Conclusion : manger Bio, une question (un peu) financière et (beaucoup) socio-culturelle ?

Au final, on retiendra que les produits issus de l'agriculture biologique sont aujourd'hui plus chers, pour des raisons plus ou moins justifiées ; ils sont également davantage consommés par des personnes actives, plutôt urbaines, issues des catégories socioprofessionnelles supérieures. Les personnes qui consomment peu de produits bio avancent en premier l'argument économique pour se justifier ; mais les facteurs liés aux habitudes de consommation et à la disponibilité de l'information sont également très souvent cités.

Le choix de manger bio s'explique pour des raisons financières mais aussi (et peut-être surtout) culturelles. Car pour manger bio (et durable) sans surcoût, il faut être prêt à changer certaines habitudes.

La consommation bio semble donc être conditionnée par le niveau des revenus et par des facteurs culturels. Car pour manger bio (et durable) sans grever son budget, il faut être prêt à changer le contenu de son assiette et ses habitudes d'achat : manger moins de viande, moins de produits transformés, davantage de produits frais, de saison et locaux. Pour Jean Gadrey (2010), la situation peut se résumer ainsi : « *Une généralisation soutenable du Bio n'a de sens que si la structure de la production et de la consommation (le panier alimentaire) est modifiée en profondeur. On n'imagine pas que cette extension conserve par exemple la même proportion de la production et de la consommation de viande rouge. Donc, si l'on raisonne en termes de panier bio durable contre panier de consommation insoutenable actuelle, on peut encore réduire l'écart des prix* ». Cela signifie bien que, en

matière d'alimentation, la prise en compte de l'écologie et du développement durable n'est pas qu'une question d'argent, mais aussi (et peut être surtout) une question de culture et de capacité à changer nos habitudes.

Zoom sur... Une question de fond : manger bio = manger durable ?

Manger « bio », est-ce manger « durable » ? Sans doute pas, comme en témoigne par exemple le numéro que la revue Silence a consacré à cette question en novembre 2010. Car l'alimentation issue de l'agriculture biologique peut également avoir une lourde empreinte écologique et sociale ! Par exemple si elle parcourt des milliers de kilomètres et qu'elle est produite, transformée, transportée ou vendue dans des conditions sociales qui laissent à désirer. Ainsi, au-delà de l'alimentation biologique, le citoyen a bien d'autres possibilités de participer au développement d'une alimentation durable : en favorisant les circuits courts (AMAP, marchés fermiers, points de vente collectifs ou coopératifs, épiceries solidaires), en préférant les produits locaux et de saison, en choisissant des filières équitables pour les produits poussant sous d'autres climats (café, chocolat, ...), en réduisant sa consommation de produits nocifs pour sa santé, et sans doute encore de bien d'autres manières !

6. Jusqu'à quel point la technique peut-elle régler nos problèmes ? L'exemple de la « voiture propre »

La technique joue un rôle central dans les débats sur le développement durable. C'est notamment la maîtrise technique qui a permis de renverser le rapport de force entre l'homme et la nature. Aujourd'hui montrée du doigt par certains comme la cause

En matière d'écologie, le développement de la technique est tout autant porteur d'espoirs que de craintes. Les débats entourant la « voiture propre » sont symptomatiques de cette relation ambiguë.

principale des déséquilibres écologiques qui nous menacent, le développement technologique est au contraire invoqué par d'autres comme la solution à tous les problèmes.

Ces débats sont par exemple très prégnants dans le domaine de l'énergie ou, plus encore, dans le domaine des déplacements de personnes. Pour Nicolas Baverez, par exemple, il ne fait pas de doute que « *L'EPR et la voiture électrique sont les deux mamelles du développement durable* ». Pour Céline Mesquida et Arnaud Gossement, de France Nature Environnement (2009), au contraire, les solutions techniques sont marginales : « *La voiture électrique est un objet de fantasme !* » « *Il faut arrêter de nous*

parler de voiture propre ! » car « *L'urgence est de repenser l'usage de la voiture.* »

Révolution technique... ou révolution dans les comportements et les modes d'organisation ? Voiture propre... ou transports alternatifs ?

Zoom sur... le poids du transport dans notre empreinte écologique : une hausse régulière

Le secteur des transports est le premier secteur en terme de consommation de pétrole en France et en Europe : il représente environ les deux tiers (64%) de la consommation pétrolière au sein de l'Union Européenne (57% en France). Cette combustion d'énergie fossile se traduit par des émissions de CO₂ qui représentent un quart des émissions totales de l'Union Européenne, et un tiers des émissions totales de la France.

Par ailleurs, le secteur des transports est celui qui connaît la plus forte progression au cours des dernières années ; en France, les émissions de CO₂ des transports ont ainsi progressé de 19% entre 1990 et 2007. Le secteur des transports est ainsi passé en France de la troisième à la première place en matière d'émissions de gaz à effet de serre, devant les secteurs de l'industrie et de l'agriculture. Les transports routiers (de personnes et de marchandises) représentent 94% des émissions du secteur des transports. Enfin, les émissions liées à l'utilisation de la voiture individuelle ont augmenté de 10% sur cette même période. (CGDD, 2010).

La technique : un élément de l'équation de la durabilité... parmi d'autres

Au début des années 1970, Paul Ehrlich et John Holdren (1970) proposèrent dans un article devenu célèbre de considérer l'impact (I) qu'une société exerce sur l'environnement comme relevant de trois facteurs : la population (P), l'opulence (ou le niveau de vie matériel, *affluence* en anglais = A) et la technologie utilisée (T). En résumé l'équation d'Ehrlich et Holdren s'exprime donc de la manière suivante $I = P.A.T$

Par exemple, l'empreinte écologique de la France dépend du nombre d'habitants (P), de leur niveau de vie matériel moyen (A), et des moyens techniques qu'ils utilisent pour atteindre ce niveau de vie matériel (T). Pour le transport, on sait que le niveau d'équipement en véhicules individuels est globalement corrélé au niveau de vie matériel (plus un pays est riche, plus les distances parcourues sont importantes et font appel à des véhicules individuels). Cet impact peut être plus ou moins important selon le nombre de personnes équipées (P) et la cylindrée moyenne des véhicules ou le mode de motorisation, etc. (T)

A population égale, il est donc possible de réduire l'empreinte écologique des transports individuels essentiellement de deux manières : soit en réduisant les besoins de transport individuel (c'est-à-dire en décorrélant niveau de vie et nombre de km

Les progrès techniques sont un élément incontournable pour alléger l'empreinte écologique des transports individuels. Mais la technique peut-elle à elle seule résoudre les défis énergétiques et climatiques du 21^{ème} siècle ?

parcourus en véhicules individuels : par exemple en développant un urbanisme adapté associé à des transports collectifs), soit en améliorant la performance énergétique et environnementale des véhicules. Evidemment, la tentation est grande d'imaginer que la seconde solution d'ordre technique suffira à résoudre le problème. Mais qu'en est-il exactement ?

La « voiture propre »... est-elle plus propre ? Oui, mais sous certaines conditions

Les différents types d'alternatives à la voiture à moteur thermique : l'électricité sous différentes formes

La voiture à moteur thermique traditionnel (essence, gasoil) présente le grand avantage de pouvoir stocker de l'énergie facilement, lui assurant une grande autonomie. A contrario, elle consomme des formes d'énergie fossile dont les stocks devraient s'épuiser dans le courant du siècle avec un rendement énergétique médiocre ; elle produit également du fait de cette combustion des quantités importantes de polluants atmosphériques, dont des gaz à effet de serre. Pour faire face à ces inconvénients, plusieurs alternatives de motorisation sont aujourd'hui proposées. Si l'on excepte les agroc carburants, l'essentiel des alternatives se concentre autour d'applications et d'utilisations diverses de l'électricité : voiture électrique « classique » (munie de batteries), voiture à hydrogène (ce dernier pouvant être produit à partir d'électricité ou d'hydrocarbures, puis produisant ensuite de l'électricité pour alimenter le moteur électrique), voiture brûlant de l'éthanol embarqué dans un réformeur alimentant une pile à combustible (qui fournit à son tour l'électricité

Quel est, par exemple, le bilan écologique de la voiture électrique ?

pour un moteur électrique), véhicules hybrides (mariant électricité et carburant classique) ou encore moteur à air comprimé (nécessitant la compression d'air... le plus souvent à partir d'électricité). On s'attend pour le moins à ce que le bilan en énergie et en gaz à effet de serre de ces différentes alternatives soit meilleur. Est-ce le cas ?

Un bilan énergétique global plus performant... sous certaines conditions

En préambule : l'énergie grise - Il faut d'abord souligner qu'avant même d'avoir été utilisée, une voiture a nécessité la consommation d'une grande quantité d'énergie pour être produite : on estime que 5,4 tonnes de CO₂ sont émises en moyenne pour la fabrication d'une tonne de voiture (Ademe, 2007). Cela équivaut à deux fois et demi le quota annuel d'émission de CO₂ qu'il faudrait ne pas dépasser en moyenne par habitant de la planète pour ne pas augmenter l'effet de serre ! Pour une durée de vie de 200.000 km, cela signifie qu'il faut ajouter aux émissions directes de la voiture environ 27g de CO₂ par km liés à l'énergie grise (énergie incorporée dans la voiture) pour une voiture d'une tonne.

Il faut émettre plus de 5 tonnes de CO₂ pour construire une tonne de voiture (quelle que soit sa motorisation).

On partira ici du principe que ces valeurs sont à peu près équivalentes quel que soit le mode de propulsion de la voiture... même si la question mériterait d'être éclaircie.

Zoom sur... Une question d'énergie grise : le Hummer plus propre que la Prius?

En mars 2007, une compagnie américaine nommée CNW Marketing Research Inc. publiait un rapport qui fit grand bruit. L'étude visait à analyser dans le détail l'impact énergétique d'un large panel de voitures en intégrant une démarche d'Analyse de Cycle de Vie exhaustive des véhicules : c'est-à-dire en considérant le cycle de la conception à la fin de vie, en passant par l'extraction des matériaux, la construction et bien entendu l'utilisation. En intégrant toutes ces variables, CNW prétendait alors que le Hummer, cet énorme 4x4 produit par la marque

américaine Jeep, avait un coût énergétique global inférieur à celui d'une Toyota Prius, le modèle de véhicule hybride le plus connu et supposé l'un des plus économes du marché. Argument avancé : malgré une consommation d'énergie bien supérieure lors de l'utilisation, le Hummer serait plus simple de conception et plus durable dans le temps (CNW, 2007).

L'étude de CNW fit grand bruit. Mais les critiques furent toutefois nombreuses. Le Pacific Institute publia par exemple une analyse critique exhaustive du rapport, montrant de graves manquements (aucune relecture par des pairs) et de nombreux biais méthodologiques (par exemple, le Hummer était supposé rouler pendant 35 ans, contre 12 ans pour la Prius). Le Pacific Institute aboutit donc à des conclusions inverses. Le principal avantage de ce débat aura été de rappeler que le bilan énergétique d'une voiture ne peut se limiter à sa consommation au kilomètre, et que la prise en compte de l'énergie incorporée dans le véhicule pour sa conception et fabrication pouvait changer le bilan de manière significative (Gleick, 2007).

Ceci étant dit, il faut ensuite s'intéresser à la consommation d'énergie à deux niveaux : « du moteur à la roue », et en « amont du moteur ».

Un bilan très favorable à l'électrique « du moteur à la roue » : la chaîne de traction - Benjamin Dessus (2009) admet que, « dans tous les cas, l'introduction d'un moteur électrique et d'une batterie dans la chaîne de traction présente deux intérêts : le premier est l'excellent rendement mécanique d'un moteur électrique (supérieur à 90%) quel que soit le régime auquel il travaille. C'est un point important puisqu'on sait

« Du moteur à la roue », le bilan énergétique de la voiture électrique est excellent. Mais une bonne partie de ces gains est perdue « en amont du moteur » : pour produire, transporter et stocker l'électricité.

qu'un moteur thermique ne dépasse guère 40% de rendement nominal et que ce rendement dépend très largement des conditions d'usage (démarrage à froid, accélérations brutales, ralenti, etc.) ; le second est la possibilité de récupérer l'énergie de freinage pour recharger partiellement la batterie du véhicule ». Il faut également noter que des gains peuvent encore être attendus en plaçant les moteurs électriques directement dans les roues, ce qui permet d'éviter les frottements mécaniques liés à la transmission – technologie qui est déjà opérationnelle. Le bilan énergétique est donc très favorable pour ce qui concerne la chaîne traction, c'est-à-dire la consommation d'énergie du « moteur à la roue ». Reste à savoir si ce bilan positif n'est pas annihilé par les pertes en amont, c'est-à-dire lors des processus

de production et de transport de l'électricité...

Un bilan nettement moins bon « en amont du moteur » : la chaîne de production, de transport et de stockage d'électricité – Toujours selon Benjamin Dessus, « C'est en amont du moteur électrique que le tableau s'inverse. Alors que la mise à disposition du carburant dans le réservoir d'une voiture s'effectue avec un rendement de 80 à 85% pour l'essence et de 85 à 90% pour le diesel (en tenant compte des dépenses énergétiques d'extraction du pétrole, du raffinage et du transport jusqu'à la pompe), il en va bien différemment pour la mise à disposition de l'électricité nécessaire au véhicule à traction électrique ». En effet, l'électricité nécessite d'être produite, transportée, avant d'être stockée dans les batteries d'une voiture électrique ; et chacune de ces étapes entraîne des pertes : les centrales électriques thermiques ont des rendements de 30 à 60% (c'est-à-dire que 40 à 70% de l'énergie primaire est « perdue »), le transport d'électricité entraîne des pertes en moyenne de 7%, et le rendement de charge des batteries est de l'ordre de 65 à 75% (donc, 25 à 35% de l'électricité est perdue). Au final, selon le mode de production de l'électricité, le rendement de l'énergie « en amont du moteur » varie donc, selon les estimations de Benjamin Dessus, de 18 à 42%.

Filière	Rendement de Production	Rendement de Transport distribution	Rendement de charge et décharge des batteries	Rendement global
Nucléaire	30 - 35%	93%	65-75%	18 - 24%
Charbon	35 - 40%	93%	65-75%	21 - 28%
Fuel	40 - 45%	93%	65-75%	24 - 31%
Gaz naturel	50 - 60%	93%	65-75%	30 - 42%

Tableau : Rendement global de la mise à disposition de l'électricité aux bornes du moteur d'une voiture électrique selon les filières de production d'électricité (Source : Dessus B., 2009)

Au final, le bilan énergétique est au pire équivalent au moteur classique (avec électricité nucléaire), et au mieux deux fois meilleur (avec électricité gaz naturel).

Un bilan final plutôt positif : mais de combien ? - Prenant en compte le rendement du groupe motopropulseur (du moteur à la roue), et le rendement de production-transport-stockage de l'électricité (de l'usine de production d'électricité au moteur), on obtient donc un rendement global de 15 à 36% pour un véhicule à moteur électrique central et de 17 à 40% pour un véhicule à « moteur roue ».

Les rendements d'un véhicule thermique actuel varient de 17-18% (essence à injection) à 22% (diesel injection directe) (Dessus, 2009 ; Kendall, 2008). Le bilan énergétique est donc au minimum équivalent et, plus probablement, meilleur avec un véhicule électrique – voire jusqu'à deux fois meilleur si l'on prend les scénarios les plus optimistes¹⁷.

	Rendement jusqu'au moteur	Rendement du groupe motopropulseur	Rendement total
Véhicule électrique à moteur central	18 à 42%	85%	15 - 36%
Véhicule électrique « moteur roue »	18 à 42%	95%	17 - 40%
Véhicule pile à combustible hydrogène compressé (électrolyse)*	15 à 25%	55%	8 - 14%
Véhicule pile à combustible hydrogène compressé (ex gaz naturel)*	55 à 60%	55%	30 - 33%
Véhicule pile à combustible ex méthanol*	50 à 60%	45%	22-27%
Hybride essence 2005	80 à 82%	35 à 40% (cycle urbain)	28 - 33%

Tableau : Fourchettes de rendement « du puits à la roue » des différents véhicules non conventionnels susceptibles d'être mis sur le marché dans les 10 années qui viennent, utilisés en cycle urbain (Source : Dessus B., 2009)

Enfin, il faut noter que les véhicules à pile à combustible ont un rendement énergétique qui peut être catastrophique lorsque l'hydrogène compressé est produit par électrolyse (autour de 10%) ou performant lorsque l'hydrogène est produit à base de gaz naturel (autour de 30%). Les véhicules hybrides essence ont quant à eux un rendement global également positif, tournant autour de 30%.

Un bilan en émissions de CO₂ qui dépend en grande partie du mode de production de l'électricité

Au final, il est relativement facile de déterminer les émissions de gaz à effet de serre générées, « du puits à la roue » par les différentes options évoquées ci-dessus. Benjamin Dessus, mais aussi l'ADEME (2009) se sont prêtés à ce petit jeu. L'ADEME avance les résultats suivants.

¹⁷ C'est notamment un tel scénario optimiste que retient l'auteur du site « Objectif Terre », dont les analyses sont souvent très enthousiastes à l'égard des nouvelles technologies et des véhicules électriques : <http://www.electron-economy.org/ext/http://www.electron-economy.org/article-36222565.html>

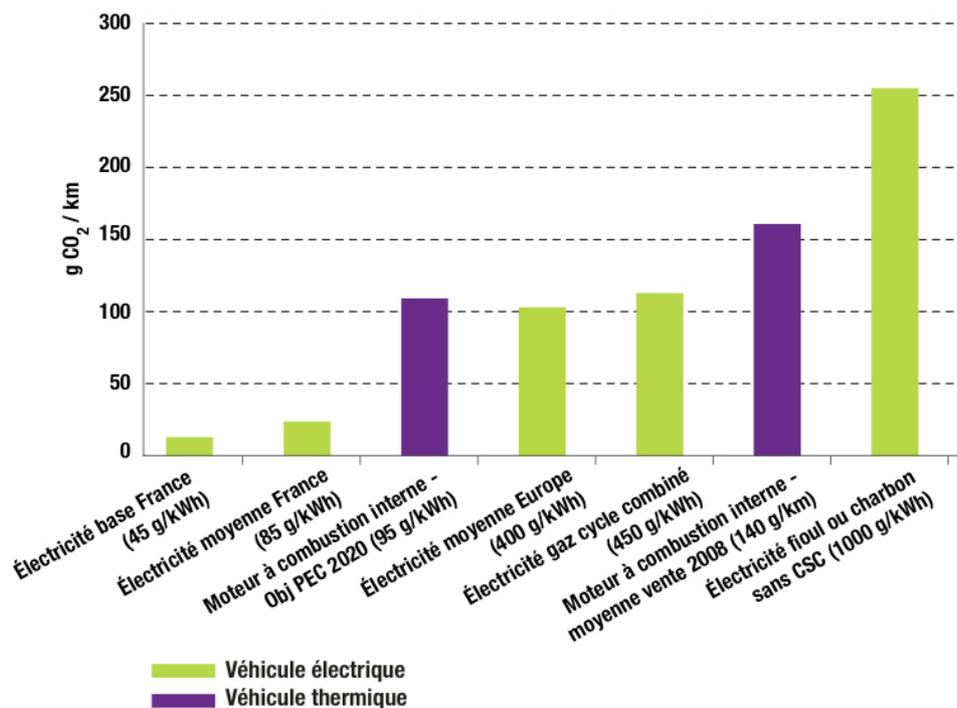
Pour une voiture classique émettant par exemple 140 g de CO₂ par km (« du moteur à la roue »), il faut ajouter les émissions « du puits au moteur », c'est-à-dire les émissions liées à l'extraction, le raffinage et le transport de l'essence. On augmente le bilan d'environ 15%, soit à peu près 160 g/km.

Le bilan en émissions de GES peut s'avérer pire (si l'électricité est produite à partir de fioul ou charbon) ou nettement meilleure (si l'électricité est produite à partir du nucléaire ou de renouvelables).

Une voiture très économe (telle une voiture hybride actuelle et/ou une petite citadine) ou encore une voiture moyenne telle qu'on peut l'imaginer selon les normes prévues en 2020, avec un système de combustion interne, émettra au total un peu moins de 110 g/km.

Quant aux voitures 100% électriques, tout dépend bien évidemment du mode de production de l'électricité : autour de 10 g/km pour le mixe énergétique français actuel basé à 80% sur une production nucléaire (avec les inconvénients bien connus de ce mode de production) ; jusqu'à plus de 250 g/km s'il faut produire cette électricité à base de fioul ou de charbon, ce qui est le mode de production largement majoritaire au niveau mondial.

Autrement dit, à puissance égale, à l'horizon 2020 la voiture électrique peut émettre dix fois moins ou deux fois plus de CO₂ qu'une voiture à moteur thermique.



Emissions de CO₂ « du puits à la roue » des véhicules électriques ou thermiques (Source : ADEME, 2009)

Au final, un bilan écologique en demi-teintes

Au final, les gains écologiques des véhicules alternatifs sont donc assez modestes.

Le véhicule électrique, alimenté par une électricité majoritairement produite sur base nucléaire, a un impact très favorable en matière d'émissions de CO₂, mais son bilan énergétique (en énergie primaire) est médiocre du fait du rendement de production assez faible des centrales nucléaires. D'autre part, cette énergie pose d'autres problèmes (risques, déchets, prolifération, etc.). l'ADEME (2009) convient que pour ne pas outrepasser les capacités de production d'électricité prévues à l'horizon 2020, il faudrait contenir le développement des véhicules électriques au maximum à 4 millions

de véhicules en France, et ne charger les batteries majoritairement qu'à certaines périodes de consommation creuses et si possible sur de longues périodes pour ne pas générer un appel de puissance trop élevé (par exemple, pour charger une voiture en 1 heure, il faut une puissance d'appel équivalente à celle d'un immeuble ; il faudrait donc privilégier des temps de charge supérieurs à 6h ; Global Chance, 2010).

Le bilan énergétique est plus favorable du côté de la production d'électricité à partir de gaz naturel, mais le bilan en émissions de CO₂ est alors évidemment moins intéressant. Cette alternative est tout de même celle privilégiée par Benjamin Dessus dans son analyse, dans une perspective de moyen terme.

Evidemment, chacun s'accorde à dire que l'idéal serait une production d'électricité sur base d'énergies renouvelables, mais les productions actuelles (et prévisibles à l'horizon d'une ou deux décennies) ne permettent pas d'envisager de répondre à une demande provenant des véhicules électriques : en effet, l'augmentation de la production d'électricité renouvelable au sein de l'UE depuis 20 ans parvient à peine à compenser l'augmentation des consommations d'électricité, hors transport (autrement dit, la part du renouvelable dans le total tend à stagner malgré une augmentation de la production).

En bref : le véhicule électrique permet d'espérer un gain global (énergie et CO₂) dans le meilleur des cas de 30 à 40 % à l'horizon des décennies à venir.

La « voiture propre » est-elle suffisante pour faire face aux défis du développement durable ? Non, il faut aussi des changements d'organisation et de comportement

Au regard de cette analyse, on peut conclure que les gains énergétiques assurés par les évolutions techniques à l'horizon 2050 permettraient dans le meilleur des cas une amélioration

globale des performances énergétiques du parc automobile français de 30 à 40%. Dans le même temps, il convient de diviser en France les émissions de gaz à effet de serre d'un facteur 4 pour répondre aux exigences des traités internationaux et aux politiques nationales de développement durable. Pour le secteur du transport individuel, cela signifie que les gains technologiques permis par une hypothétique « voiture (un peu plus) propre » ne seront probablement pas suffisants : d'autant qu'il faut également penser à l'évolution des deux autres facteurs : quel sera notre comportement de mobilité (jusqu'à présent corrélé au niveau de richesse) ? et combien serons-nous à utiliser une voiture ?

Le risque d'effet rebond : pourquoi ne pas en profiter pour rouler davantage (ou avec de plus grosses voitures) ?

Ces gains technologiques peuvent être annulés par une augmentation du nombre de kilomètres parcourus (ce qui est arrivé en France au cours des 20 dernières années)...

La première question renvoie à un phénomène bien connu que certains économistes appellent l'effet rebond : les gains écologiques induits par une amélioration technique sur un bien ou un service peuvent être annulés par la simple augmentation de la consommation de ce bien ou service. C'est ce qui a été constaté au cours des décennies passées dans de nombreux domaines, dont celui des transports individuels : ainsi, le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD, 2010) constatait très récemment que les gains réalisés en matière de rendement énergétique des moteurs à combustion depuis 1990 ont été largement dépassés par :

- l'alourdissement des voitures (environ + 1,5% par an entre 1990 et 2007),
- leur niveau d'équipement (par exemple la climatisation peut augmenter la consommation d'énergie de 3 à 25% ; ADEME, 2003)
- et, surtout, l'accroissement du nombre de kilomètres parcourus.

Ainsi, « la baisse de la consommation moyenne de carburant par kilomètre amoindrit le prix de chaque kilomètre parcouru, de telle sorte qu'elle permet une augmentation de la mobilité pour un coût équivalent » (CGDD, 2010). Sans cette augmentation du nombre de kilomètres parcourus, les émissions des véhicules individuels auraient alors diminué d'environ 13% depuis 1990. Au lieu de cela, elles ont augmenté de 10% !

Les comportements ont donc suivi la courbe du PIB, se traduisant par une augmentation du nombre de kilomètres parcourus et un alourdissement des voitures vendues, compensant largement les gains technologiques réalisés sur la motorisation. Rien ne prouve que le phénomène ne continuera pas à se développer à l'avenir, et ce facteur doit être pris en compte dans les scénarios technologiques.

Zoom sur... L'effet rebond en matière de déplacements : paradoxe de Jevons et conjecture de Zahavi

L'effet rebond est également connu dans le domaine énergétique sous le nom de « paradoxe de Jevons ». Dès le milieu du 19^{ème} siècle, l'économiste britannique William S. Jevons constatait que l'introduction de la machine à vapeur de James Watt, plus économe en charbon que les modèles précédents, avait pourtant entraîné une forte augmentation de la consommation de charbon en Grande-Bretagne. Les industriels avaient en effet trouvé un intérêt plus grand à utiliser la machine à vapeur, impliquant une augmentation importante du nombre de machines ; la consommation globale de charbon avait donc augmenté.

Dans le domaine de l'urbanisme et des déplacements, un phénomène comparable peut être observé, connu sous le nom de « conjecture de Zahavi » : celle-ci stipule que les déplacements de la vie quotidienne (domicile-travail, typiquement) se font à budget-temps constant ; ce qui revient à dire qu'une augmentation de la vitesse de déplacement entraîne le plus souvent un éloignement dans l'espace (les gens vont habiter plus loin de leur lieu de travail, par exemple). Lorsque la vitesse de déplacement augmente (création d'une autoroute par exemple), plutôt que gagner du temps, les gens préféreraient faire davantage de kilomètres.

...et que se passe-t-il si nous sommes plus nombreux à posséder une voiture ?

Evidemment, les gains technologiques peuvent également être annulés si davantage de personnes se mettent à posséder et conduire une automobile. Par exemple, une amélioration de 30% du rendement énergétique des voitures (hors effet rebond) serait annulée par une augmentation d'environ 43% du nombre de voitures circulant.

...ou encore par l'augmentation du nombre de véhicules (+ 400% prévus à l'horizon 2050 au niveau mondial).

600 millions de voitures individuelles circulent aujourd'hui dans le Monde. Un récent rapport du Fond Monétaire International (FMI, cité par Jean-Pierre Robin, 2008) estime que, sur la base des projections de croissance économique et démographique, le nombre de voitures devrait passer à 2,9 milliards d'ici à 2050. Soit

une augmentation de... 383%. Pour ne serait-ce que stabiliser les consommations d'énergie et/ou les émissions de GES du transport à l'échelle mondiale, dans cette hypothèse de croissance, il faudrait donc trouver de nouvelles technologies « *que nous sommes incapables d'imaginer* », selon les termes du FMI.

Les problèmes que la « voiture propre » ne résoudra pas : encombrement, bruit, embouteillages, matières premières, déchets...

Enfin, même dans les scénarios les plus optimistes, chacun s'accorde à constater que la « voiture la plus propre » ne permettrait toutefois pas de résorber nombre de problèmes environnementaux. Par exemple se pose la question des impacts liés à la construction et l'entretien du véhicule, déjà évoquée plus haut, les voitures électriques nécessitant en plus des batteries qui posent encore de nombreuses questions : disponibilité sur le long terme des matières premières, gestion des déchets générés, etc. La question du bruit n'est que partiellement résolue : au-delà d'une certaine vitesse (environ 50 km/h) l'essentiel du bruit d'une voiture provient non plus du moteur mais du roulement. Enfin, Jean-Marc Jancovici fait remarquer à juste titre que les

voitures électriques ne résoudrait pas certains problèmes « *comme par exemple la congestion, la nécessité de disposer d'espaces importants pour la voirie (ce qui pénalise les transports en commun (...)) et les parkings, etc.* »¹⁸

Conclusion : les progrès techniques sont utiles, mais il faut aussi changer les comportements et les modes d'organisation

Les progrès techniques font donc indubitablement partie de la réponse à apporter aux défis écologiques gigantesques que sont, par exemple, la raréfaction des ressources fossiles et le changement climatique. Néanmoins, tout laisse à penser que ces progrès ne suffiront pas. Le cas des déplacements de personnes en véhicules individuels est de ce point de vue symptomatique :

- dans le passé et ici : on constate que l'amélioration des rendements énergétiques au cours des 20 dernières années n'a pas permis en France de réduire les consommations de pétrole, du fait de l'augmentation des distances parcourues et de la montée en gamme des voitures vendues (plus lourdes, mieux équipées) ;
- dans l'avenir et à l'échelle mondiale : l'amélioration des rendements espérée du fait des nouvelles technologies ne permettront probablement pas de réduire l'impact global de la voiture, du fait de l'augmentation prévue du nombre de véhicules sur la planète (cinq fois plus qu'aujourd'hui en 2050, si on en croit les projections du FMI).

Pour être véritablement « propre », la voiture du futur devra donc sans doute être petite, légère, électrique, alimentée par un système de production renouvelable...

Zoom sur... Une voiture « vraiment propre » nécessiterait de revoir en profondeur notre vision de l'automobile : le cas de la Twike

Une voiture vraiment propre ? C'est peut-être possible... mais à condition de revoir complètement notre définition de l'automobile. Car il faudrait qu'elle soit à la fois beaucoup plus légère, souple, électrique, très peu gourmande en énergie (car il faudrait qu'elle puisse être rechargée à partir d'électricité renouvelable), occupant peu de place sur la voirie, et pouvant répondre à l'essentiel des besoins quotidiens attendus d'une voiture : aller au travail, faire ses courses, emmener les enfants à l'école, etc. C'est à partir de ce cahier des charges qu'est née la Twike¹⁹ : un tricycle caréné pesant à peine plus de 200 kg, pouvant accueillir deux adultes et un enfant, et équipé d'un moteur électrique permettant d'atteindre les 90 km/h pour une autonomie de 60 à 200 km selon les modèles et le type d'utilisation, et un coût inférieur à 50 centimes par plein (hors coûts d'usure des batteries). La Twike permet ainsi de répondre à l'essentiel du cahier des charges de la « voiture vraiment écolo ». Mais si elle a séduit

déjà près de 1000 personnes en Europe, la Twike est-elle encore vraiment une voiture ?



Et surtout, l'utilisation de la voiture devra être évitée autant que possible, substituée par des modes de déplacements doux ou des transports en commun, dont l'efficacité énergétique et écologique est incomparablement plus forte !

Les progrès techniques doivent être accompagnés de mesures de changements dans les comportements et les modes d'organisation.

On notera pour conclure que le raisonnement appliqué ici pour le domaine du transport individuel de personnes est transposable dans tous les secteurs émettant massivement des gaz à effet de serre (logement, production d'énergie, agriculture, industrie, transports de marchandise, etc.). La technique est un élément de réponse à ne pas négliger, mais il ne suffit quasiment jamais à

faire face aux défis qui nous sont posés. Les progrès d'efficacité technique doivent être accompagnés d'efforts en matière de sobriété des comportements et de progressive substitution des énergies fossiles par des énergies renouvelables (négaWatt, 2005).

¹⁸ http://www.manicore.com/documentation/voit_elect.html

¹⁹ <http://www.twike.com/>

7. Le social est-il la dimension oubliée du développement durable ?

Les textes fondateurs du développement durable le mentionnent sans détours : le but du développement durable est de favoriser « *un état d'harmonie entre les êtres humains et entre l'homme et la nature* » (CMED, 1988). Pour

Les débats sur le développement durable se focalisent souvent sur les liens entre économie et écologie. Mais que dire du volet social ?

Sandrine Rousseau (2004), « *Si l'on devait résumer sa philosophie, on pourrait dire qu'il s'agit d'un développement qui économise la nature sans nuire à la cohésion sociale ou, dans un autre sens, un développement qui respecte l'homme tout en ne sacrifiant pas son environnement* ». En ajoutant une dimension intergénérationnelle à l'exigence de solidarité entre les humains, le développement durable définit les frontières d'une nouvelle forme de justice entre les hommes. Pourtant, Sylvie Brunel

n'hésite pas à affirmer que le développement durable tel qu'il est promu aujourd'hui « *est une machine à exclure les pauvres (...) qui s'exerce au détriment du social* ». Et d'ajouter : « *Tout se passe comme si le devenir de la planète avait occulté celui de l'humanité* » (Brunel, 2005).

Il est vrai que les débats sur le développement durable tendent souvent à opposer écologie et économie – par exemple dans les controverses sur la croissance et la décroissance. Léa Sébastien et Christian Brodhag (2004) résument assez bien la situation en affirmant que « *Lorsqu'on parle de développement durable, les aspects sociaux ne sont abordés que du bout des lèvres, ou dans un désordre inextricable.* » Le volet social serait-il le parent pauvre du développement durable ?

1. La question sociale est à la croisée des enjeux économiques et écologiques

Pourtant, dans les faits, force est de constater que les enjeux écologiques et économiques sont intimement liés à la question du social.

Sur le plan de la répartition des richesses économiques, pour commencer, il y a deux façons de voir les choses à l'échelle mondiale, selon que l'on préfère voir le verre à moitié plein ou à moitié vide. D'un côté, on peut comme le fait Sylvie Brunel dénoncer les discours catastrophistes du développement durable en constatant que depuis 50 ans la pauvreté a reculé dans nombre de régions du monde, que

A l'échelle mondiale, la pauvreté a reculé, mais les inégalités économiques se sont accrues.

« *l'espérance de vie a augmenté de moitié et la mortalité infantile a été divisée par deux. Le nombre de pauvres a diminué, même sans tenir compte de la Chine où il a été divisé par dix depuis la fin des années 70. De tels progrès humains sont incompatibles avec l'affirmation que l'état du monde ne cesse d'empirer* » (Brunel, 2005) ; mais on peut également remarquer qu'il reste un

milliard de personnes qui ne mangent pas à leur faim, et que dans le même temps les inégalités mondiales n'ont quasiment jamais cessé d'augmenter, comme le démontre par exemple Branco Milanovic (2006). En effet, l'augmentation du niveau de développement moyen du monde (et le recul de la pauvreté absolue) n'empêche en rien l'augmentation des inégalités mondiales : il suffit pour cela que les riches s'enrichissent plus vite que les pauvres... et il en va de même à l'intérieur des nations. Que l'on parle de justice sociale, d'inégalité ou de pauvreté, le constat « social » n'est donc pas forcément exactement le même.

Les enjeux écologiques ne font qu'exacerber et rendre plus urgent encore la question de la pauvreté, des inégalités et de la justice sociale. En posant la question des limites (en termes de disponibilité des ressources ou de capacité d'épuration des pollutions) l'enjeu écologique renvoie inévitablement à la question de la répartition des

Les 15% de la population des pays riches est responsable de 78% de l'empreinte carbone mondiale. Mais ce sont les pays pauvres qui subiront le plus violemment les effets du changement climatique et de la dégradation des écosystèmes.

services écologiques rendus par la nature. Or, à l'échelle mondiale, plusieurs rapports ont récemment clairement démontré que les pauvres seront les premières victimes de la dégradation des écosystèmes et du changement climatique. Le rapport dirigé par l'économiste indien Pavan Sudhkey (2008) rappelle par exemple que « *les bénéficiaires immédiats de la majeure partie des services rendus par les écosystèmes et la biodiversité sont principalement les pauvres* », c'est-à-dire ceux qui tirent l'essentiel de leurs moyens de subsistance de la nature. Conséquence logique : la dégradation des écosystèmes pèsera davantage sur les plus démunis. Il en va de même du changement climatique, dont les Nations-Unies rappellent qu'il frappera davantage les plus misérables ; déjà, entre 2000 et 2004, 98% des victimes de catastrophes climatiques habitaient

des pays en développement. Mais le phénomène pourrait s'aggraver puisque les changements climatiques vont toucher plus gravement ces mêmes pays : du fait de la montée des mers, du stress hydrique, de la modification des structures agricoles ou encore à cause des risques d'étalement des aires de diffusion de certaines maladies comme le paludisme (PNUD, 2007). L'injustice est ici d'autant plus criante que les pays les plus pauvres sont historiquement ceux qui sont le moins responsables de ces dégradations climatiques. Ainsi, les pays à hauts revenus représentent seulement 15% de la population mondiale, mais sont responsables de 78% de l'empreinte carbone²⁰ liée à la consommation d'énergies fossiles (Global Footprint Network, 2010).

A une échelle plus locale, ces inégalités écologiques sont également très fortes. Elles se constatent d'abord dans l'accès à la qualité du cadre de vie, sujet qui dans les

A l'échelle infranationale, les inégalités écologiques sont également fortes. Les injustices environnementales sont multiples : dans l'accès à un cadre de vie de qualité (exposition aux risques, aux nuisances) ; mais aussi dans le degré de vulnérabilité énergétique et la capacité d'accéder à certaines ressources.

pays anglo-saxons a fait l'objet d'une littérature assez abondante autour de la notion de « justice environnementale » ; car le constat est malheureusement incontournable : la qualité du cadre de vie, l'exposition aux risques et aux nuisances sont des facteurs importants de discrimination socio-spatiale (Matinez-Alier, 2002). Plusieurs auteurs, dont en France Jacques Theys (2000 ; 2002), ont également souligné à quel point injustice sociale et injustice environnementale en viennent souvent à se superposer sur les territoires. Cette inégalité dans l'accès à un environnement de qualité se double d'une vulnérabilité des plus pauvres à l'égard de certaines ressources qui vont se raréfier ; une récente étude menée sur la région lyonnaise mesure par exemple la vulnérabilité énergétique du territoire, montrant que les communes périurbaines et rurales, où les classes moyennes sont souvent allées chercher un accès à des logements moins chers, sont également plus dépendantes des énergies fossiles (pour les déplacements et le chauffage notamment). Les variations de prix de ces ressources, qu'elles soient dues à leur raréfaction ou à d'éventuelles taxes, vont donc toucher

prioritairement les classes les plus modestes vivant en périphérie urbaine ou en milieu

²⁰ L'empreinte carbone correspond à la consommation nette d'énergie fossile d'un pays exprimée en émissions de CO₂ : il s'agit des émissions de CO₂ territoriales, desquelles est retranchée la partie d'émissions de CO₂ incluse dans les produits ou services exportés, et auxquelles on ajoute enfin la partie incluse dans les produits importés. Par exemple, un produit fabriqué en Asie mais consommé en France voit ses émissions de fabrication imputées à la France.

rural (Dijoux & Rosales-Montano, 2009). Une étude menée en région parisienne à la fin des années 1990 montrait déjà que le budget moyen consacré au transport passait de 5 % pour les ménages habitant le centre-ville à 26 % pour les ménages accédant à la propriété en grande périphérie (Polacchini & Orfeuill, 1999).

Pour toutes ces raisons, Jean Gadrey (2010) n'hésite pas à écrire que « *la première des conditions pour surmonter la crise écologique qui s'approfondit est... une réduction des inégalités sociales* ».

2. Mais la question des inégalités divise : controverses autour de la notion de solidarité

Le développement durable a donc logiquement intégré la dimension sociale en se focalisant sur la question des solidarités. De ce point de vue, la principale plus-value du développement durable est probablement d'avoir su ajouter une dimension temporelle à cet enjeu de solidarité : il s'agit non seulement de penser la solidarité aujourd'hui (entre individus et entre régions du monde) mais aussi à l'égard des générations futures.

Zoom sur... le développement durable et la question des solidarités

Les textes fondateurs du développement durable sont parsemés de références au principe de solidarité, décliné de trois manières : solidarité entre individus, entre nations et entre générations.

Le principe de solidarité intergénérationnelle est le principe fondateur du développement durable, défini dans le Rapport de la Commission Brundtland comme un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs (CMED, 1989).

Le principe de solidarité internationale est également central. La déclaration de Rio reconnaît notamment que les responsabilités dans la dégradation de l'environnement ne sont pas équitablement réparties : « *Les pays développés admettent la responsabilité qui leur incombe dans l'effort international en faveur du développement durable, compte tenu des pressions que leurs sociétés exercent sur l'environnement mondial* » (Principe 7).

Le principe de solidarité entre individus et plus généralement la lutte contre la pauvreté sont enfin maintes fois mentionnés comme « *une condition indispensable du développement durable* » (Déclaration de Rio de Janeiro, principe 5). Le Rapport Brundtland précise par ailleurs l'importance de prendre en compte « *le concept de besoin, et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité* » ; « *Le développement soutenable présuppose un souci d'équité sociale entre les générations, souci qui doit s'étendre, en toute logique, à l'intérieur d'une même génération* » (CMED, 1989).

Le social est rarement au cœur des discours sur le développement durable. Pourtant, les clivages idéologiques sont forts, par exemple sur la question de la solidarité intergénérationnelle et intragénérationnelle...

A ce propos, la question de la **solidarité intergénérationnelle** est celle qui a fait le plus l'objet de discussions académiques pour qualifier les divergences idéologiques autour du développement durable. Elle est au cœur de la différenciation entre durabilité *faible* et *forte*, et permet de comprendre à quel point le recours au vocable « développement durable » peut en fait renvoyer à des visions bien différentes.

Zoom sur... Les controverses concernant la solidarité entre générations : durabilité faible vs forte

Les économistes ont pris l'habitude de différencier deux courants de pensée opposés autour de la question de la durabilité. Ces deux mouvements sont en désaccord sur l'importance relative à accorder à l'économie et à l'environnement, mais aussi et surtout sur la question du legs intergénérationnel.

Les tenants de la **durabilité faible** défendent une approche du développement durable dans laquelle la sphère économique reste largement prépondérante. Les économistes néoclassiques avancent l'hypothèse selon laquelle la nature peut être considérée comme un capital substituable par d'autres formes de capitaux ou d'actifs « artificiels » (financiers, techniques, humains, etc.). L'important étant de léguer aux générations futures une somme équivalente de capital « total », la dégradation de la nature n'est donc pas considérée comme une limite

absolue à la durabilité, puisque ce capital naturel est utilisé pour produire d'autres formes de capitaux « artificiels », en particulier du capital technique et technologique censé résoudre l'essentiel des problèmes – par exemple en augmentant la productivité des services rendus par la nature (OGM, nanotechnologies, nucléaire, etc.). Cette position est défendue par les tenants de la croissance « durable », ou « verte ».

Les tenants de la **durabilité forte** défendent au contraire une approche du développement durable dans laquelle la biosphère occupe une place prépondérante, partant du principe que la nature n'est pas substituable et qu'elle fournit des services qui ne sont pas extensibles à l'infini. Les générations présentes ont par conséquent le devoir de léguer aux générations futures la nature dans un état au moins égal à celui dont elles ont hérité. Les capacités limitées de l'environnement doivent guider l'action humaine dans la perspective de ce maintien dans le temps des capacités écologiques de la planète, quitte à modifier profondément les modes de vie et d'organisation dans les pays les plus riches. Cette position est défendue par les tenants de la décroissance.

Toutefois, il semble que la question de la **solidarité intragénérationnelle** soit l'objet de controverses tout aussi fondamentales. Pour simplifier, on distinguera ici deux types de discours.

Agrandir le gâteau : une approche productiviste et « orthodoxe » – Les tenants de la soutenabilité faible (Cf. encart ci-dessus), ont un argument social « massue » pour disqualifier les discours des tenants de la soutenabilité forte tentés par la décroissance : le chômage et la pauvreté. Les discours critiques de la décroissance

Pour les « orthodoxes », la croissance économique est nécessaire à la redistribution des richesses, notamment parce qu'elle permet la création d'emplois. Concilier environnement et social passe donc par la « croissance verte », qui repose sur l'émergence de technologies visant à augmenter la productivité de la nature.

pleuvent sur ce sujet. Le philosophe Luc Ferry affirme par exemple que « *Les théoriciens de la décroissance sont totalement incapables d'assumer les conséquences humaines et sociales de ce projet qui est le leur. Pourquoi ? Parce que la décroissance organisée, et même bien organisée c'est les faillites d'entreprises, c'est le chômage et c'est la misère humaine*²¹ ». Les économistes Jean-Paul Fitoussi et Laurent Eloi (2008) affirment que la décroissance pourrait « *figer les inégalités dans leur état actuel* ».

Profondément ancrés dans le modèle productiviste, ces discours font le constat de l'impossibilité dans un tel système de créer de l'emploi sans croissance économique²². Ce sont ici les règles de l'économie qui sont jugées indépassables, et qui invitent à transcender les limites écologiques, au nom de la lutte contre le chômage et/ou contre la pauvreté. Dans une attaque contre les écologistes, le chroniqueur économique Eric Le Boucher l'affirme haut et fort : « *la première cause de la persistance des inégalités est l'absence de croissance*²³ ». Pour prendre une métaphore, l'idée est qu'il faut agrandir le gâteau pour que les plus pauvres puissent en obtenir une part – dans

la lignée de la pensée des économistes classiques comme Adam Smith et sa théorie du ruissellement, selon laquelle l'enrichissement des plus fortunés profite finalement aux plus pauvres, par effet de « ruissellement » (*trickle down effect*). La croissance est alors vécue comme la condition *sine qua non* de la distribution des richesses et la lutte contre la pauvreté.

C'est la technologie qui est alors invoquée pour susciter cette « croissance verte » qui permettra toujours davantage de production malgré la raréfaction des ressources, assurant ainsi le maintien des emplois nécessaires à un certain équilibre social. Les tenants de cette approche considèrent ainsi que les limites écologiques ne sont pas un

²¹ Interview de Luc Ferry dans l'émission « Les retours du dimanche », France Culture, 20 décembre 2009

²² En situation d'augmentation de la productivité du travail, et à volume horaire de travail constant, il faut de la croissance économique (davantage de production et de consommation) pour maintenir le taux d'activité et donc le nombre d'emplois.

²³ Chronique d'Eric Le Boucher dans « Le Monde » du 29/10/2006

obstacle insurmontable : il « suffit » d'améliorer la productivité des services rendus par la nature (OGM, nanotechnologies, nucléaire), et ainsi « agrandir le gâteau de la nature » pour que les plus pauvres y aient accès sans remettre en cause la taille de la part du gâteau qu'ont acquis les plus riches.

Partager le gâteau : une approche antiproductiviste et « hétérodoxe » – Les tenants de la soutenabilité forte ont un argument social tout autre pour défendre leur

Pour les « hétérodoxes », les limites écologiques invitent à « consommer moins et répartir mieux ». Cela signifie que la justice sociale ne passe pas par la croissance du gâteau, mais par un partage plus équitable des parts (décroissance des plus riches, revenu maximum admissible, etc.).

point de vue : partant du principe que les limites écologiques rendent impossible l'hypothèse d'une croissance éternelle, cela rend à leurs yeux plus urgent que jamais la redistribution et le partage. Autrement dit, puisque « le gâteau de la nature » ne peut pas s'accroître éternellement, il faut en partager plus équitablement les parts (« *consommer moins et répartir mieux* »). Paul Ariès le dit explicitement : « *On sait que le gâteau, le PIB mondial, ne peut plus grossir. Donc on ne peut plus refouler la grande question du partage*²⁴ ». En particulier, cela signifie que les plus riches (individus ou nations) doivent réduire leur ponction sur la nature par une baisse de leur consommation matérielle. Dans son ouvrage au titre explicite (« *Comment les riches détruisent la planète* ») Hervé Kempf (2007) affirme que cette nécessité de réduire l'empreinte écologique des riches est d'autant plus urgente que ces derniers se posent en modèle à la société, et qu'ils tirent l'ensemble de celle-ci vers un mode de vie ostentatoire et insoutenable. Par exemple, si chaque habitant de la planète vivait sur le modèle étasunien, il faudrait près de trois

planètes supplémentaires pour répondre de manière pérenne à nos besoins (Global Footprint Network, 2010).

L'hypothèse technologique qui sous-tend le discours des orthodoxes est ici rejetée : « *l'avenir n'est pas dans la technologie, mais dans un nouvel agencement des relations sociales* » (Kempf, 2007). Partant du principe que le moteur de la destruction de la planète est l'avidité, l'idée est donc de limiter celle-ci. C'est dans ce cadre d'une réflexion renouvelée sur le partage des richesses et des ressources naturelles que réapparaît depuis quelques années l'idée d'un Revenu maximum admissible, défendue par Hervé Kempf (2010) mais aussi par de très nombreux auteurs proches des mouvements altermondialistes et écologistes, incluant des économistes plus ou moins hétérodoxes comme Serge Latouche ou Jean Gadrey (2010) mais aussi des politologues tels Paul Ariès ou André Gorz qui n'hésitent pas à accompagner cette proposition d'un revenu social garanti pour tous les citoyens, permettant à ceux-ci de s'émanciper de la sphère aliénante du productivisme : « *quand on parle de partage, ça passe par un certain nombre d'outils très simples : c'est, par exemple, l'adoption d'un revenu garanti, permettant à chacun de vivre certes frugalement, mais de façon totalement sécurisée* » (Ariès, 2010).

3. Il n'y pas que les inégalités ! Vers une nouvelle approche du développement humain ?

Il serait toutefois erroné de limiter la question sociale du développement durable à un affrontement binaire sur l'enjeu des inégalités et de la solidarité. Les défis écologiques renvoient également à des questionnements plus profonds, plus culturels, et peut-être également plus consensuels à propos de la définition même du développement, du progrès ou encore de l'épanouissement.

²⁴ Interview de Paul Ariès sur Europe 1, le 27 août 2010

Du développement économique au développement humain

Le développement durable invite à repenser des notions comme le développement, le progrès, l'épanouissement. Il s'agit de ne plus confondre les moyens (le développement économique) et la finalité (l'épanouissement humain).

La vague d'intérêt suscitée par le développement durable a en effet généré toute une réflexion critique à l'égard de l'utilitarisme et du matérialisme. C'est notamment sur le terrain des *chiffres* que ce débat s'est porté depuis le début des années 1990 ; la critique des indicateurs de croissance économique²⁵ s'est alors accompagnée d'un travail de fond sur la définition d'indicateurs alternatifs pour mesurer le bien-être. Ce constat concernant les limites du PIB a amené les Nations Unies à adopter une vision plus qualitative du développement (qualifié d'*humain* en opposition au développement *économique*). C'est dans ce contexte qu'a été créé en 1990 l'Indice de Développement Humain (IDH). Le concept repose sur les travaux de plusieurs économistes du développement tels Amartya Sen, qui expriment à travers la notion de *capabilités* l'idée selon laquelle le plus important est d'offrir aux individus une capacité d'émancipation nécessaire pour ouvrir les possibilités de leur épanouissement – ce qui inclut des moyens matériels, certes, mais aussi et surtout des aspects immatériels comme l'accès à la santé, aux connaissances, etc. L'IDH des Nations Unies pondère ainsi le niveau de vie matériel tel que mesuré par le PIB par des données relatives à l'éducation (taux de scolarisation et taux d'alphabétisation) et à la santé (espérance de vie).

La prise en compte des aspects immatériels du développement humain permet de jeter un regard nouveau sur le Monde. Par exemple, la corrélation entre développement et empreinte écologique, linéaire lorsqu'on utilise le PIB, devient logarithmique lorsqu'on utilise l'IDH. Cela signifie qu'à partir d'un certain niveau, développement humain et empreinte écologique ne sont plus du tout corrélés. Et le plus surprenant est de constater que certaines régions du Monde parviennent à un niveau de développement humain très élevé malgré un niveau de vie matériel (et donc une empreinte écologique) très modeste. Si on en croit William Rees (2000) la condition pour parvenir à de tels résultats consiste à investir davantage dans le capital « humain » que dans le capital manufacturé.

Zoom sur... l'Etat du Kérala (Inde) : un modèle de développement humain durable ?

Le Kérala est une région du Sud de l'Inde qui compte environ 30 millions d'habitants. L'Etat du Kérala a attiré l'attention de nombreux observateurs au cours des dernières décennies, notamment parce que les faibles revenus des habitants (environ 350 \$/an en moyenne) n'ont pas empêché cette région d'atteindre un niveau de développement humain digne de celui constaté dans les pays les plus riches : une espérance de vie proche de 75 ans, un niveau d'alphabétisation très important et un taux de scolarisation avoisinant les 100%.

Le niveau de développement humain élevé de cet Etat étant caractérisé par un niveau de vie matériel paradoxalement assez faible, son empreinte écologique est également modérée. Par ailleurs, l'Etat du Kérala a récemment pris la décision de convertir l'intégralité de ses terres cultivées en agriculture biologique dans un délai de quelques années. Pour le géographe et environnementaliste canadien William Rees (2000), le cas du Kérala est la démonstration typique qu'il est possible d'atteindre une qualité de vie très élevée avec un impact minimal sur la planète, à condition d'investir davantage dans le capital social que dans le capital manufacturé.

L'innovation sociale : avenir du développement durable ?

L'innovation est donc également à chercher du côté de l'organisation sociale. Sur cette question, les pays du nord de l'Europe attirent l'attention car ils font partie des rares

²⁵ Le récent Rapport de la Commission Stiglitz-Sen-Fitoussi (2009) présente une synthèse des critiques qu'écologistes et spécialistes des sciences humaines dénonçaient depuis longtemps à l'encontre du PIB, comme par exemple le fait que le PIB comptabilise positivement toutes les dépenses (qu'elles soient favorables ou non pour l'humanité et/ou la nature) ou encore que cet indicateur ignore les activités ou les services qui ne font pas l'objet d'un échange monétaire.

L'innovation est donc à chercher aussi du côté de l'organisation sociale. C'est ce dont témoignent en Europe de nombreuses expériences dans le domaine foisonnant de l'innovation sociale : habitat coopératif, auto-partage, AMAP, ressourceries, etc.

pays à être parvenus depuis quelques années à stabiliser puis à réduire leur empreinte écologique sans pour autant entamer leur niveau de développement humain – qui reste parmi les plus élevés au monde. C'est également dans cette partie de l'Europe que se sont développées au cours des dernières années les politiques les plus actives en matière d'innovation sociale, entendues comme « *l'émergence de groupes de gens actifs et entrepreneurs qui inventent et concrétisent des façons originales de gérer leurs problèmes quotidiens* » (EMUDE, *Emerging User Demand in sustainable solutions*, 2011²⁶). Il s'agit le plus souvent de solutions inventées par des citoyens, des utilisateurs de services ou des habitants (des « communautés créatives ») afin de répondre à une demande qui est souvent en relation avec les enjeux sociaux et écologiques du développement durable. Parmi les centaines de projets recensés par le programme européen

EMUDE, on peut citer quelques exemples d'actions entrant typiquement dans cette dynamique d'innovation sociale :

- l'habitat coopératif et l'autopromotion, très développés dans les éco-quartiers européens, qui permettent à des habitants de se réunir afin de piloter eux-mêmes l'élaboration et la construction de leur projet d'habitat collectif et écologique ;
- les systèmes d'autopartage, qui ont pour but de favoriser une utilisation plus rationnelle de la voiture ;
- les Associations pour le Maintien de l'Agriculture Paysannes (AMAP) qui permettent de relocaliser la production agricole et favoriser les circuits courts tout en permettant aux producteurs de disposer d'une avance sur trésorerie ;
- les ressourceries et/ou recycleries, qui permettent de valoriser ou réparer de vieux objets tout en proposant des postes d'insertion pour des publics en difficulté ;
- les jardins ouvriers ou communautaires, qui permettent à des citoyens de profiter d'un espace de nature pour auto-produire une partie de leur alimentation ;
- les ateliers collectifs ou municipaux, qui fournissent aux habitants la possibilité d'accéder à des outils et un savoir-faire afin de réparer ou auto-construire des objets (cette solution d'auto-construction encadrée a par exemple permis à l'Autriche de voir ses surfaces de panneaux solaires thermiques exploser dans les années 1990-2000) ;
- les coopératives de consommateurs, notamment développées dans le domaine des produits écologiques et/ou biologiques.

Les projets d'innovation sociale sont de plus en plus souvent intégrés dans les stratégies locales de développement durable (type agenda 21 local).

Ce n'est sans doute pas un hasard si ces pratiques sont de plus en plus souvent intégrées dans des démarches territoriales de développement durable, tels que les agendas 21 locaux. Car, pour Antonella Noya, l'innovation sociale « *devient un aspect déterminant du développement durable et un élément essentiel de la prospérité* » (Place Publique, 2008). Ces actions permettent donc d'aborder le volet social du développement durable de manière pragmatique et concrète, en impliquant directement les acteurs du territoire et en venant compléter l'approche « descendante » qui caractérise traditionnellement les politiques sociales – l'intervention publique étant le plus souvent limitée ici à un accompagnement, dans une

logique d'augmentation des capacités, entendues comme capacités des personnes à mener à bien leurs projets.

²⁶ <http://www.sustainable-everyday.net/EMUDE/index.php?paged=2>

Conclusion : le social au cœur du développement durable

Au final, il apparaît clairement que les enjeux sociaux sont absolument indissociables des problématiques économiques et environnementales :

- d'abord parce que les inégalités écologiques ne font bien souvent que renforcer les inégalités économiques et touchent en priorité les plus pauvres, plaçant la question de la **justice sociale** au cœur du développement durable.

- ensuite parce que, en posant la question des limites, l'enjeu écologique réinterroge la notion de **solidarité** : les menaces sur la biosphère obligent à repenser la solidarité intergénérationnelle (que laisserons-nous aux générations futures ?), mais aussi intragénérationnelle (ne faut-il pas repenser notre système de redistribution fondé sur la croissance ?)

La question sociale n'est-elle pas reléguée au second plan car elle est éminemment politique... là où on aimerait peut-être voir le développement durable comme un débat technique ?

- enfin, parce que ces débats sur le développement durable ont permis de relancer des questions de fond sur la **finalité du développement** : à savoir l'épanouissement humain.

Malgré tout, la question sociale n'est abordée que timidement dans le cadre des politiques se réclamant du développement durable. Peut-être parce que, au lieu de cantonner les débats à des enjeux de spécialistes (économistes contre environnementalistes) l'enjeu social pose inévitablement une question plus politique : quelle société voulons-nous, pour nous et pour les générations futures ? De ce point de vue, les nombreuses actions initiées par la société civile dans les domaines de l'économie sociale et solidaire et de l'innovation sociale offrent une perspective d'avenir intéressante, que les acteurs publics pourraient plus largement accompagner et encourager.

8. L'aménagement du territoire doit-il être plus dense pour être durable ?

Si on en croit le CREDOC (2004), en France, « *la maison individuelle représente une aspiration quasi unanime* ». 82 % des personnes interrogées souhaitent résider dans

Le rêve de la maison individuelle s'est transformé en cauchemar pour les urbanistes. L'étalement urbain est en effet souvent considéré comme le symbole d'un développement territorial insoutenable. Alors, faut-il densifier ?

ce type de logement, et la grande majorité aspire en particulier à un jardin et un cadre de vie plus naturel. Pourtant, cette recherche d'une proximité plus grande avec la nature s'avère être l'un des principaux facteurs d'étalement urbain, un phénomène qu'un rapport de l'Agence Européenne de l'Environnement (2006) identifie comme l'une des menaces écologiques les plus importantes pour l'Union Européenne, à cause « *de ses impacts majeurs évidents en matière de consommations d'énergie, de terres et de sols agricoles (...) qui menacent à la fois les environnements naturels et ruraux, augmentent les émissions de gaz à effet de serre responsables du changement climatique, et produisent des pollutions auditives et atmosphériques qui dépassent souvent les seuils autorisés* ».

Le rêve des français se serait donc progressivement transformer en cauchemar pour les urbanistes, les élus et les écologistes ? Ces derniers, aidés en cela par la loi, proposent de plus en plus souvent de contrer la tendance à l'étalement urbain en densifiant l'habitat. Alors, l'aménagement doit-il être plus dense pour être durable ?

L'étalement urbain pose-t-il réellement problème ?

Pour François Ascher (1995) la voiture et le frigidaire sont les deux inventions techniques qui ont le plus impacté l'aménagement du territoire dans les pays industrialisés au cours des dernières décennies : la voiture, en permettant d'éloigner considérablement les lieux d'habitat, de travail et de récréation ; et le frigidaire, en permettant aux ménages de ne faire leurs achats qu'une fois par semaine dans des hypermarchés situés en périphérie de ville. Marc Wiel (1999) insiste quant à lui plus particulièrement sur le rôle central des modes de déplacements dans la genèse des formes urbaines, montrant comment la ville des piétons s'est mue en une métropole de transports publics, elle-même substituée depuis quelques décennies par une métropole de l'automobile. C'est ainsi que l'étalement urbain a pris une ampleur inédite avec la généralisation progressive de l'automobile comme moyen de déplacement individuel.

Cette tendance à l'étalement, mue par des intérêts individuels (le rêve du pavillon), s'est progressivement traduite par des impacts négatifs pour l'ensemble de la société.

Un coût écologique particulièrement lourd

Consommation de sols agricoles, fragmentation des milieux naturels et perturbation du cycle de l'eau – La caractéristique première de l'étalement urbain, c'est évidemment sa très forte emprise au sol. En France, 90% de l'espace artificialisé est occupé par du tissu urbain discontinu (logement), des zones commerciales et industrielles, et des infrastructures de transport²⁷. Plus de 82.000 hectares de sols ont ainsi été artificialisés entre 2000 et 2006 (CGDD, 2010), ce qui représente environ 1,5 ha (2 terrains de football) par heure ! Cette augmentation des sols artificialisés est bien supérieure à la croissance démographique puisque, entre 1982 et 2003, alors que la

²⁷ Les surfaces artificialisées peuvent inclure des zones végétalisées, qui cohabitent étroitement avec des zones recouvertes artificiellement, par exemple dans le tissu urbain discontinu de périphérie urbaine.

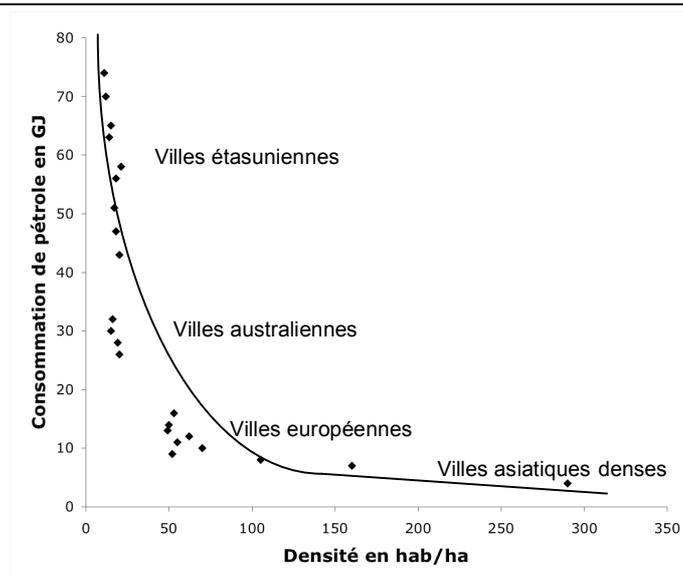
population française n'a progressé que de 10 % environ, les surfaces artificialisées ont quant à elles augmenté de 42 % au détriment majoritairement des espaces agricoles périurbains, mais aussi des milieux semi-naturels, dont l'artificialisation accroît la fragmentation. Les surfaces urbanisées sont en général d'une grande qualité agricole, puisque l'implantation des villes et villages a souvent été conditionnée par ce facteur. Par ailleurs, « *l'imperméabilisation des sols associée perturbe le cycle de l'eau, en qualité et quantité* » (CGDD, 2010).

Consommation d'énergie & émissions de gaz à effet de serre – L'autre conséquence écologique néfaste de l'étalement urbain est la consommation croissante de matières premières et d'énergie qu'elle génère. Le mode d'habitat proposé est en effet grand consommateur d'espace, d'eau et d'énergie. Mais surtout, ce modèle

L'étalement génère une forte consommation de sols agricoles, une fragmentation des écosystèmes, une imperméabilisation des sols, des dégradations paysagères. Il génère aussi de plus fortes consommations d'énergie pour les transports quotidiens, avec des émissions de CO₂ corrélatives.

urbain constitué de zonages fonctionnels s'est accompagné d'une dépendance croissante des habitants à l'égard de l'automobile. Les enquêtes ménages menées dans différentes agglomérations montrent clairement que les taux de motorisation sont par exemple beaucoup plus élevés en périphérie qu'en centre-ville, en raison de l'éloignement des principaux services et du coût plus élevé des transports en commun dans les territoires périurbains. Un habitant de Lyon ou Villeurbanne réalise en moyenne 0,8 déplacement en voiture par jour, tandis qu'un habitant de la couronne sud-est du SCoT Lyonnais en réalise 2,7. Inversement, les transports en commun sont beaucoup plus utilisés en centre-ville qu'en périphérie (Sytral, 2007). C'est particulièrement vrai lorsque l'étalement s'est fait en « tâche d'huile », de manière extrêmement dispersée, ce que permet facilement la voiture mais qui rend ensuite l'organisation des transports en commun très difficile, renforçant d'autant l'avantage comparatif de l'automobile. Jacques Theys (2010) cite par exemple le cas d'Atlanta, l'une des

villes les plus étalées d'Amérique du Nord, dans laquelle il faudrait créer plus de 3500 km de réseaux nouveaux pour rendre les transports collectifs accessibles à tous. En France, en 1960, un actif parcourait trois kilomètres par jour en moyenne. En 1975, il en parcourait vingt. Aujourd'hui il en sillonne près du double (Pochet & Routhier, 2002) et les distances parcourues continuent de croître.



Consommation de pétrole (en gigajoules) et densité urbaine (repris de Newman et Kenworthy, 1989)

Au final, on constate donc une très forte corrélation entre le niveau de densité urbaine et la quantité d'énergie consommée pour les déplacements (Newman & Kenworthy, 1989, Cf. graphique ci-dessus). Ce n'est pas un hasard si les pays dont l'empreinte écologique est la plus forte (USA, Canada, Australie) sont également ceux dont les modèles urbains sont les plus étalés. Les villes européennes, au centre historique plus dense, résistent mieux... mais la tendance des cinquante dernières années à l'étalement et à la spécialisation fonctionnelle engage ces villes sur une voie largement insoutenable.

Impact paysager – Enfin, l'étalement urbain a un impact paysager qu'il est très difficile d'estimer de manière quantitative, mais que chacun peut aisément constater en parcourant les périphéries des grandes villes ou leurs principaux points d'entrée. L'association Paysages de France présente par exemple sur son site Internet des photographies comparatives prises à 30 ou 40 ans d'intervalle, afin de montrer les évolutions du paysage dues à l'étalement urbain – ci-joint le cas de Montauban²⁸. Aux



Etats-Unis, le photographe Alex MacLean (2009) a publié un ouvrage remarquable montrant les impacts dévastateurs de l'urbanisation sur les paysages, au titre évocateur : « *Over : Visions aériennes de l'American Way of Life : une absurdité écologique* ».

Une fracture sociospatiale préoccupante



L'étalement urbain se réalise également au prix d'une ségrégation sociospatiale de plus en plus marquée : les riches se concentrent dans certaines zones, les pauvres dans d'autres. A l'échelle mondiale, les Nations Unies constatent que « *l'étalement urbain accentue la fracture urbaine, favorisant la ségrégation sociale en fonction des catégories économiques et se traduisant par des écarts géographiques de la*

richesse et de la qualité de vie entre les diverses parties des villes et zones métropolitaines » (UN Habitat, 2010). En France, Jean-Michel Roux (2007) résume ainsi la situation : « *Les inégalités se radicalisent sur le territoire. (...) En résumant : il y a encore des pauvres partout, y compris dans les quartiers chic des grandes villes. (...). Mais les hauts revenus, eux, sont beaucoup plus concentrés. Ils disparaissent*

L'étalement se fait également au gré d'une ségrégation socio-spatiale importante : quartiers riches d'un côté, quasi ghettos de l'autre.

des zones en crise. Les classes moyennes, pour leur part, se déplacent vers les périphéries, là où le terrain reste abordable. Le résultat le plus visible est que les ghettos de pauvres sont de plus en plus marqués. » En Île-de-France, en 2000, on constatait un écart d'espérance de vie moyenne de 17 ans entre les communes les plus aisées et les plus pauvres ; le niveau de revenus moyens des ménages variait quant à lui d'un rapport de 1 à 4. Autrement dit, les habitants des communes les plus riches ont donc des revenus en moyenne plus élevés de 300% par

rapport aux revenus des habitants des communes les plus pauvres... et ils vivent en moyenne jusqu'à 15 ans de plus ! (IAURIF, 2007)

²⁸ <http://paysagesdefrance.org/spip.php?article280>

Zoom sur... le coût économique de la périurbanisation : une question délicate

L'étalement urbain a également un coût économique important pour la société ou pour les individus, même si ce coût est parfois difficile à évaluer. Ce coût participe d'ailleurs de la ségrégation sociale dans le sens où l'éloignement des lieux de vie et de travail tend à rendre les plus fragiles dépendants des modes de déplacement, ce qui implique un coût important en temps ou en argent. Par exemple, un ouvrier résidant en périphérie aura seulement 15% de chance de trouver un emploi à moins d'une heure de trajet en transports en commun, alors qu'un cadre vivant à Paris a 79% de chances de trouver un emploi dans les mêmes conditions de transport (chiffres cités par Marc Endeweld, 2009). Toujours en Île-de-France, le budget moyen consacré au transport passe de 5 % pour les ménages habitant le centre-ville à 26 % pour les ménages accédant à la propriété en grande périphérie (Polacchini & Orfeuill, 1999). Amenés à s'éloigner des centres villes pour accéder à un foncier moins cher, les classes moyennes ou populaires se trouvent ainsi plus dépendantes du prix des transports.

En ce qui concerne les coûts socialisés, à l'échelle d'une opération, la densité est généralement associée à des coûts de viabilisation plus faibles par logement, du simple fait d'économies d'échelles (inversement l'étalement provoque des coûts de viabilisation plus élevés). Au contraire, les coûts d'obsolescence ou de maintenance, ou encore les coûts de sécurisation sont plus élevés lorsque l'urbanisme est dense. Jean-Charles Castel (2005) rappelle à ce propos que « *la comparaison centre-périphérie est inégale parce que les déséconomies du périurbain, constituées principalement de coûts de transport, sont à la charge des usagers, tandis que les déséconomies de la densité sont en grande partie à la charge de la collectivité* ».

La densification est-elle une réponse suffisante ?

La densité est une solution à certains enjeux : réduction des émissions de gaz à effet de serre, économie de surfaces

Les tendances largement insoutenables de l'étalement urbain laissent à penser que la solution la plus évidente pour y remédier consiste à contrecarrer cette tendance en proposant une forme de densification urbaine. C'est ce que proposent les tenants de la ville compacte. Et, de fait, une ville compacte se définit avant tout comme une ville qui cherche à optimiser l'utilisation des sols, en consommant le minimum de terres

La densification apparaît comme une solution évidente pour faire face aux dérives de l'étalement...

agricoles ou naturelles (« *a main goal of the compact city model is to reduce the impact of urban development upon the countryside* », in Arbury, 2005). Par ailleurs, dans une ville compacte, l'utilisation de la voiture perd pour partie son avantage comparatif, et l'accessibilité aux différents services est globalement améliorée du fait des distances réduites. Les

transports en commun sont plus faciles à organiser et plus performants, ainsi que les modes de déplacement doux (vélo, marche à pied). Certains auteurs estiment, à partir de comparaisons entre villes, que la consommation liée aux transports pourrait dans certains cas être divisée par quatre en multipliant par deux la densité (Newman &

Mais dans les faits, la densification pose aussi certains problèmes : la ville dense est plus vulnérable aux changements climatiques (îlots de chaleur) et elle concentre les nuisances (trafic, bruit, pollutions) ce qui renforce l'attractivité du modèle pavillonnaire.

Kenworthy, 1998) ce qui donnerait à la ville compacte un avantage certain sur le plan environnemental. Guillaume Pouyanne (2004) constate que « *de nombreuses études empiriques apportent une confirmation à la relation inverse entre densité et consommation d'énergie due aux transports mise en évidence par cette courbe, tant au niveau inter-urbain qu'intra-urbain* ».

Mais d'autres problèmes apparaissent : vulnérabilité au changement climatique, acceptation sociale... et effet barbecue !

La densification pose néanmoins certains problèmes. Par exemple, si la ville dense émet moins de gaz à effet de serre par habitant, elle est également, et paradoxalement, plus exposée aux effets du changement climatique. La densité est en effet souvent synonyme de création d'îlots de chaleur, c'est-à-dire des

zones urbanisées caractérisées par des températures estivales plus élevées que l'environnement immédiat. Lors de la canicule de 2003 « *Météo France a relevé pour les températures moyennes minimales observées en région Île-de-France une différence de température positive de 8°C à Paris par rapport à sa banlieue Nord Ouest* » (Lauffenburger, 2010). Cela s'est traduit par une surmortalité à Paris, mais aussi plus généralement dans les zones urbaines denses et les immeubles collectifs.

Un autre problème évident tient à la très forte attractivité de la maison individuelle dans la population ; cette aspiration très forte pour le mode d'habitat périurbain serait pour certains auteurs la raison principale de l'échec des politiques de densification (Filion et coll., 1999 ; Gordon & Richardson, 1997). D'autant que la densité entraîne de son côté une concentration de certaines nuisances comme le bruit, la pollution atmosphérique ou le trafic routier, qui participent à la dégradation du cadre de vie et renforcent l'image négative de l'habitat dense dans la population... si bien que les plus vertueux en matière de déplacement (ceux qui habitent en milieu dense) deviennent également les premières victimes des nuisances des transports.

Zoom sur... Densité = grandes tours ? Une équation peu pertinente

Les débats sur le degré de densité à atteindre et la forme de l'habitat optimums sont nombreux, mais il faut préciser d'emblée que la densité n'est presque jamais assimilée par ses partisans à des formes architecturales très hautes. En effet, les tours présentent un certain nombre de caractéristiques qui rendent leur bilan énergétique global médiocre en comparaison de bâtiments plus bas. Matthias Schuler et Ulrich Rochard, (2009) qui ont participé à l'édification de la Post Tower à Bonn, reconnue comme la plus « verte » des tours, reconnaissent que ces édifices ont des handicaps certains : ils « possèdent une surface de façade relativement grande par rapport à la surface utile, qui est souvent plus difficile à traiter thermiquement qu'un plancher vers sol ou une toiture. Les transports verticaux des personnes et des fluides nécessitent plus d'énergie et de surface que dans des bâtiments bas. Les exigences structurelles entraînent la mise en œuvre de plus de matériels, donc une énergie grise plus élevée que pour des bâtiments bas ». Ces deux ingénieurs pensent que « Les tours resteront des exceptions dans la construction » même s'ils admettent que leurs performances peuvent s'améliorer.

Olivier Sidler (2009), du BET Enertech, semble encore plus pessimiste : prenant comme base les chiffres de consommation de la Post Tower, il montre que dans tous les cas la plus « verte » des tours ne peut pas être compatible avec les objectifs du Grenelle de l'Environnement. Au contraire, des bâtiments plus bas, comme le bâtiment de l'INEED situé à proximité de la gare de Valence, consomment jusqu'à 6,6 fois moins d'énergie au m² que la tour allemande. Et ce bilan ne prend pas en compte l'énergie grise, unanimement reconnue comme étant le point noir des tours, car leurs matériaux de construction nécessitent énormément d'énergie pour être produits et s'usent plus rapidement.

Les quartiers d'habitat durable les plus réputés en Europe comportent des bâtiments de trois à six niveaux en moyenne, ce qui semble un bon compromis entre une forme urbaine peu consommatrice de sols et de bonnes performances énergétiques des bâtiments.

Enfin, les objectifs environnementaux de la densification ne sont pas toujours atteints. Par exemple, si les urbains partent plus souvent en week-end ou en vacance, alourdissant alors leur empreinte transport par rapport aux périurbains.

Enfin, il faut noter que si la densité des villes est corrélée à la consommation d'énergie et aux émissions de GES, certains auteurs mettent en doute que la densification amène à réduire significativement les consommations d'énergie. Il faut en effet différencier le fait que les villes plus denses soient moins consommatrices de ressources et d'énergie pour les transports (ce qui est un fait constaté), et l'idée selon laquelle la densification amènerait à réduire les déplacements automobiles (ce qui est une hypothèse). En effet, les politiques menées en matière de densification ne semblent pas avoir systématiquement démontré leur efficacité de ce point de vue (Garcia and Riera, 2003) : la densification ne serait donc pas un gage à elle seule de réduction des émissions de CO₂. C'est en particulier vrai si on observe les consommations d'énergie dans les transports à l'année, et non seulement au quotidien pour les transports domicile-travail : Jean-Pierre Orfeuill (2002) parle à ce propos d'effet « barbecue » pour expliquer le fait que les périurbains

partent globalement moins en escapade le week-end (ils profitent de leur lieu de vie) par rapport aux urbains (qui « fuient » la ville). Le bilan pourrait alors s'équilibrer, voire s'inverser...

Que faut-il en plus ?

La densification en tant que telle est donc loin d'être suffisante. Pour que la densité soit effectivement un élément de durabilité, il faut l'accompagner d'un certain nombre de mesures « qualitatives ».

Mixité fonctionnelle

La densification doit d'abord être au minimum accompagnée par une exigence de mixité fonctionnelle (Pouyane, 2004). Cela nécessite de remettre en cause la segmentation des espaces et le zonage qui sont le fondement de l'urbanisme moderne de type fonctionnaliste, et qui a mené à une spécialisation à outrance des territoires sous la forme de zones d'activité économique, zones commerciales, zones résidentielles, etc. A la place, il faut privilégier le mélange des fonctions, rapprocher et mélanger les lieux de vie, de travail, de commerce et de récréation, afin que les besoins quotidiens puissent être assouvis dans un rayon de quelques kilomètres susceptible d'être parcouru à pied ou en vélo – c'est ce que Hans Stollein appelle « la ville de la pantoufle » (cité par Philippe Madec, 2009)

Qualité du cadre de vie : moins de voitures et plus d'arbres

La mixité fonctionnelle est une condition indispensable pour que la place de la voiture puisse être réduite dans les centres de vie, réduisant ainsi les effets négatifs de la circulation sur la qualité du cadre de vie (bruit, pollution atmosphérique) et libérant également une place considérable permettant de créer des espaces publics de qualité et des coulées vertes visant à faire pénétrer la nature en ville – autant de conditions indispensables pour rendre la densité désirable. Emmanuel Bouttefeu (2008) rappelle

La densification doit s'accompagner de mesures qualitatives : mixité fonctionnelle, limitation de la place de la voiture, pénétration de la nature en ville, qualité environnementale et énergétique du bâti, polycentrisme et structuration de l'urbanisme autour des réseaux de transport en commun.

par ailleurs que la pénétration de la nature en ville permet aussi de limiter les îlots de chaleur : par exemple, « à partir d'images satellitaires (...) et d'une analyse des températures de surface émises à la mi-journée et la nuit, Stephen Pauleit et Friedrich Duhme soulignent qu'une augmentation de 10 % de la surface végétalisée abaisse la température de 1°C dans un rayon de 100 mètres de profondeur ».

Qualité environnementale et efficacité énergétique du bâti

Densité et mixité des fonctions ont pour but de réduire les besoins de transport ; mais les transports ne sont qu'une partie du problème (ils représentent environ un tiers des émissions de CO₂ tous transports compris, et 13 % des émissions de GES). Ces mesures doivent s'accompagner d'efforts sur la qualité environnementale et architecturale du bâti. Les gains d'empreinte écologique sont potentiellement importants en la matière. Le respect des nouvelles réglementations thermiques devrait par

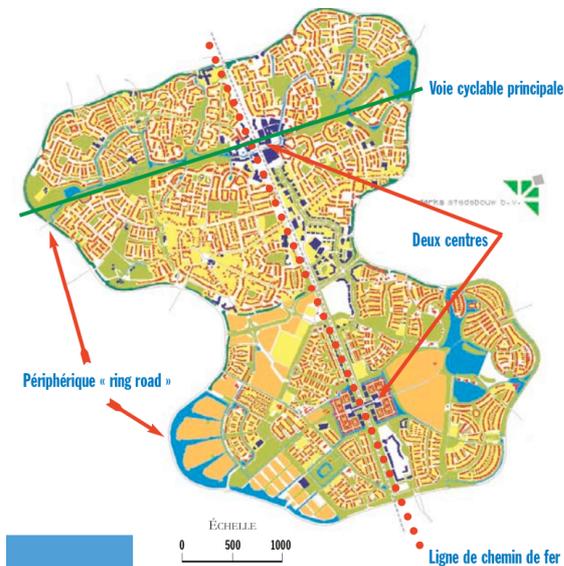
exemple permettre de ramener les besoins de chauffage des logements neufs à environ 50 kWh/m²/an, alors même que les moyennes de performance actuelles dans l'existant sont proches des 200 kWh/m²/an. Cela signifie au passage que le gros des efforts doit aujourd'hui consister à réhabiliter le parc de logements et de bureaux pour en améliorer les performances – et non pas à créer de nouveaux bâtiments performants en périphérie, qui participeraient de l'étalement urbain.

Et enfin... le polycentrisme : l'avenir de la ville durable ?

Densité, qualité du cadre de vie, mixité des fonctions et qualité environnementale du bâti constituent la recette de base de la plupart des projets d'éco-quartiers les plus réussis en Europe. Très souvent cité en exemple, le quartier Vauban, à Fribourg, illustre bien la manière avec laquelle ces exigences peuvent être articulées et concrétisées. Mais si l'engouement pour les éco-quartiers est fort, il faut constater qu'il y a encore un pas à franchir pour passer de l'éco-quartier à la ville durable. Il faut alors aborder la question de l'interaction entre les différentes parties de ce qui doit constituer un véritable ensemble urbain. Le courant du « nouvel urbanisme » propose par exemple l'idée d'une ville polynucléaire, qui serait constituée de noyaux urbains denses à forte mixité fonctionnelle (qui pourraient ressembler à des éco-quartiers), inter-reliés par des infrastructures de transports publics efficaces. Ces dernières serviraient ainsi de colonne vertébrale à l'aménagement du territoire.

Zoom sur... De l'éco-quartier à la ville durable : quelques exemples

De l'éco-quartier : Le quartier Bedzed est très souvent cité par les tenants de l'urbanisme et de l'habitat soutenables. Situé dans la banlieue de Londres, ce quartier de 80 logements a été conçu afin de diviser par deux l'empreinte écologique de ses habitants par rapport à un quartier classique : architecture bioclimatique, isolation, lumière naturelle, centrale de production d'électricité photovoltaïque, système d'autopartage, proximité des transports en commun, mise en place de circuits de distribution courts pour les produits agricoles, mixité fonctionnelle (habitat, commerces, bureaux) : là encore, tout a été pensé pour optimiser l'utilisation des ressources et améliorer le confort de vie des habitants. De plus, un tiers des logements est mis à disposition en loyer modéré afin de favoriser une certaine mixité sociale.



...à la ville durable : Houten est quant à elle une ville nouvelle d'environ 40.000 habitants située à la périphérie d'Utrecht, aux Pays-Bas. Elle illustre assez bien ce que pourrait être une forme d'aménagement du territoire soutenable basée sur le principe de polycentralité. Houten a en effet été construite autour d'une gare ferroviaire qui permet l'accès ultra-rapide au centre d'Utrecht. L'urbanisation compacte a été pensée dans la perspective d'offrir à tous les habitants un accès pratique au centre-ville et à la gare par des moyens non motorisés. La ville s'étend de manière concentrique sur un ovale d'environ 2 km sur 3, cerclé d'une route périphérique, tant et si bien que la distance maximale entre la gare et les résidences n'excède pas 1,5 km. Au sein de cet ovale, la circulation automobile est interdite (seul l'accès aux lotissements par « l'extérieur » de l'ovale est possible, ce qui favorise les déplacements doux entre quartiers et en direction du centre). L'absence de circulation automobile au sein de la ville rend le cadre de vie particulièrement agréable, d'autant que la ville est

traversée de corridors végétaux qui permettent à la nature de se faire une place parmi les habitants (FNAUT, 2006). (extrait de Boutaud, 2008) (Images : Paul Miller/Bedzed, Certu/Houten)

Conclusion : la densité, un élément de réponse parmi d'autres qui nécessite un nouveau rapport à la ville

Au final, on retiendra que l'étalement urbain est assez largement reconnu comme un élément ne favorisant pas la durabilité, en particulier pour des raisons socio-économiques (ségrégation sociospatiale) et surtout écologiques (consommation de terres arables, fragmentation des espaces naturels, impact paysager, imperméabilisation et perturbation du cycle hydrique, consommations importantes de

ressources et d'énergie liées au transport, et augmentation corrélative des émissions de CO₂).

Pour autant, la densification n'est pas en soi une réponse suffisante. Celle-ci peut même avoir des effets négatifs, en concentrant les nuisances, amenant à un rejet plus important encore de la part des populations.

Pour fonctionner, de nombreux auteurs soulignent l'importance d'accompagner la densification par des mesures comme la mixité fonctionnelle, la limitation de la place de la voiture, la pénétration de la nature en ville, la qualité environnementale et l'efficacité énergétique du bâti, le polycentrisme et la structuration de l'urbanisme autour des réseaux de transport en commun. Au final, se dégage l'image d'un aménagement du territoire dont les principes semblent prendre le contre-pied systématique des règles de l'urbanisme fonctionnaliste qui a marqué la seconde moitié du vingtième siècle. Mais cette forme urbaine « durable », pour réussir, devra également parvenir à séduire en changeant le regard que nous portons sur la ville, entendue comme lieu du « vivre ensemble ».

Zoom sur... Réinventer le vivre ensemble : l'autopromotion, une forme d'habitat groupé et néanmoins individuel !

L'habitat individuel reste un rêve pour de nombreux français, qui associent au logement collectif des images négatives telles que la promiscuité, le manque d'espace extérieur ou l'aspect impersonnel et standardisé des bâtiments. L'autopromotion est une manière efficace de surmonter ces obstacles. Le principe est simple, puisqu'il s'agit de réunir au sein d'une structure (par exemple associative) des personnes qui, accompagnées d'un architecte, vont prendre en charge la conception et la réalisation d'un bâtiment collectif dans lequel chacun trouvera l'exacte réponse à ses besoins. Les avantages de l'autopromotion sont nombreux :

- les habitants partagent un projet, apprennent à se connaître et à vivre ensemble avant l'emménagement (voisinage choisi vs subi) ;
- le bâtiment et ses aménagements répondent exactement aux attentes de chacun, ce qui assure une forte appropriation du logement et des parties communes ;
- une économie de 15 à 20% sur les frais et bénéfices du promoteur. Cette économie peut être plus importante si une partie des travaux de finition est réalisée par les futurs habitants. Ces économies permettent souvent d'investir dans la qualité environnementale du bâti ;
- la formule permet de prévoir une mutualisation de certains équipements : des chambres pour accueillir des personnes de passage, une salle commune pour les fêtes, une buanderie, etc.

En Allemagne, de nombreux projets d'autopromotion ont vu le jour depuis une quinzaine d'années, notamment dans des éco-quartiers. Certaines villes réservent jusqu'à 15% du foncier constructible aux projets d'autopromotion (par exemple plus de 150 projets ont été initiés dans la seule ville de Fribourg).

Source : <http://cdurable.info/L-autopromotion-une-nouvelle-voie-vers-l-habitat-durable,1236.html>

9. Sommes-nous trop nombreux sur Terre ?

Célèbre pour ses prises de position en faveur de la protection de la nature, le commandant Cousteau n'hésitait pas affirmer que, en matière d'écologie, "*la surpopulation est le plus grand problème*". Dans une interview donnée en 1991, il estimait d'ailleurs que la Terre ne pouvait pas accueillir décemment plus de 700 millions de personnes (Cousteau, 1991, cité par Le Bras, 2009). Au contraire, certains économistes tels Robert Brown pensaient dans les années 1950 que la population mondiale pourrait un jour culminer à 50 milliards d'individus (cité par Hervé le Bras, 2009). Nous sommes aujourd'hui près de 7 milliards d'êtres humains, et la montée en

La croissance démographique est au cœur de bien des polémiques en matière d'écologie et de développement durable. Mais qu'en est-il réellement de son poids dans notre empreinte écologique ?

puissance des problématiques écologiques au cours des dernières années a remis sur le devant de la scène la question démographique. Au-delà des clichés, des tabous et des idées reçues, qu'en est-il réellement du poids de la démographie dans l'évolution de notre empreinte écologique ?

La démographie est-elle un facteur majeur de l'augmentation de notre empreinte écologique ?

La population mondiale a connu depuis le début du 19^{ème} siècle une phase d'explosion sans précédent (Cf. partie suivante). Etant plus nombreux, il est normal que notre empreinte écologique ait globalement augmenté. Si l'on se concentre sur l'évolution de l'empreinte écologique de l'humanité au cours des 50 dernières

années, il est facile de constater que la démographie est un facteur important de l'augmentation de notre impact sur l'environnement.

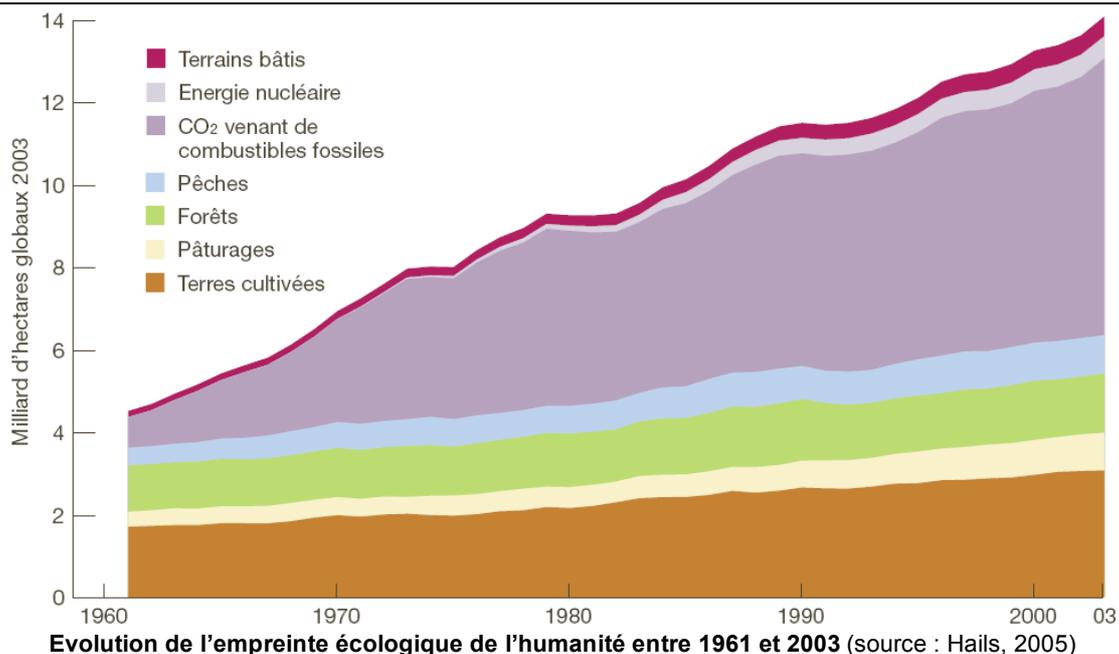
Zoom sur... L'empreinte écologique : de quoi s'agit-il ?

L'empreinte écologique est une méthode comptable qui permet de comptabiliser de manière synthétique l'impact des activités humaines sur l'environnement. Le principe consiste à traduire un ensemble de consommation sous la forme d'une surface biologiquement productive (de terre ou de mer) qu'il convient de mobiliser pour permettre cette consommation. Par exemple, il faut une certaine surface de pâturage ou de terres arables pour produire chaque année une tonne de viande de boeuf, ou une certaine surface d'espaces marins pour produire une tonne de sardines, etc. Le principe est simple, mais le mode de calcul est évidemment très complexe puisque, pour calculer l'empreinte écologique de chaque pays, il convient de prendre en compte des centaines de données relatives à la consommation ou à la productivité agricole ou marine (Wackernagel & Rees, 1999 ; Boutaud & Gondran, 2009). Ces calculs, qui font évidemment l'objet de vives discussions au sein du monde académique, ont le mérite de permettre d'agréger des milliers de données statistiques brutes en unité de mesure unique : l'hectare global (ha_g), c'est-à-dire un hectare de surface ayant une productivité biologique équivalant à la moyenne mondiale.

L'empreinte écologique d'un habitant de la Terre était en moyenne en 2003 de 2,3 ha_g (près de 4 terrains de football) (Hails, 2005) ; c'est davantage que les surfaces biologiquement productives disponibles, ce qui signifie un déficit écologique (épuisement de certaines ressources renouvelables et/ou dépassement des capacités de séquestration du carbone dans la biosphère).

L'empreinte écologique de l'humanité a été multipliée par 3 en 40 ans

L'empreinte écologique de l'humanité était estimée au début des années 2000 à environ 14 milliards d' ha_g – c'est-à-dire que l'humanité devait mobiliser 14 milliards d'hectares de surfaces biologiquement productives pour répondre de manière pérenne à ses besoins en matière de production de ressources renouvelables ou pour séquestrer ses émissions de CO_2 dans la biosphère (Hails, 2005). En 1960, l'empreinte écologique de l'humanité était de moins de 4,5 milliards d' ha_g . En un peu plus de 40 ans, l'empreinte écologique de l'humanité a donc été multipliée par 3,1 (soit 210 % d'augmentation).



La croissance de la population explique majoritairement cette augmentation de notre empreinte écologique

Entre 1960 et 2003, l'empreinte écologique moyenne par habitant a augmenté, passant de 1,7 ha_g/hab à 2,3 ha_g/hab, soit une hausse de 35%. Cette augmentation de l'empreinte écologique par habitant s'explique par une hausse des niveaux de vie et de

La croissance démographique explique pour deux tiers environ l'augmentation de l'empreinte écologique entre 1960 et aujourd'hui

consommation, se traduisant en particulier par une augmentation importante des consommations d'énergie fossile (empreinte carbone). Le reste de l'augmentation est donc dû à la croissance démographique, la population ayant été doublée sur cette période : « *Autrement dit, en moyenne, de 1961 à 2003, (beaucoup) plus de personnes se sont mises à solliciter chacune, en moyenne, un peu plus de services issus de la biosphère. Plus précisément, ce sont deux fois plus de personnes sur cette période qui se sont mises à solliciter chacune en moyenne 35%*

de services supplémentaires en provenance de la nature ». (Boutaud & Gondran, 2009) La croissance démographique explique donc pour près des deux tiers l'augmentation de l'empreinte écologique de l'humanité au cours des 50 dernières années. Mais ce qui était vrai hier le sera-t-il demain ?

La population mondiale va-t-elle continuer de croître ?

La population mondiale a donc été un facteur majoritaire de l'augmentation de l'empreinte écologique de l'humanité au cours des décennies passées. Et pour cause, puisque la population mondiale a connu une véritable explosion depuis le dix-neuvième siècle. Pour autant, ce facteur est en passe de devenir minoritaire, car les scénarios de croissance démographique prévoient une probable stabilisation de la population mondiale dans les décennies à venir : c'est ce qu'on appelle la transition démographique.

Trois grandes phases de l'évolution démographique : équilibre, explosion et transition

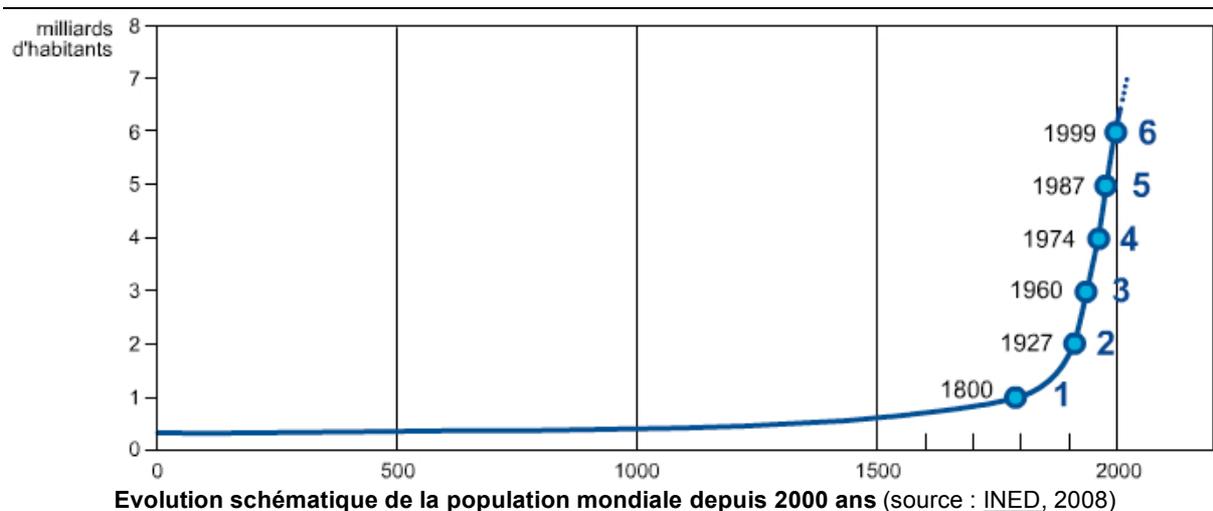
La population mondiale a connu plusieurs phases d'évolution. Les démographes en distinguent généralement trois :

La population mondiale a connu une phase d'explosion depuis le début du dix-neuvième siècle du fait d'une baisse des taux de mortalité. Mais une phase de transition démographique s'engage, avec la réduction des taux de natalité.

- **une phase d'équilibre démographique**, qui se caractérise par une relative stabilité du nombre d'habitants, ou alors une évolution très lente. Le nombre de naissance équivaut alors grosso modo au nombre de décès – cette phase se caractérise généralement par des taux de mortalité et de fécondité élevés. Cette relative stabilité n'empêche pas à l'échelle locale des ruptures brutales dues à des événements spécifiques (épidémies, guerres, famines) mais l'équilibre se reconstitue en quelques générations, et à l'échelle globale il n'est pas perturbé.
- **une phase d'explosion démographique**, généralement liée aux progrès techniques et aux avancées de la médecine. Celles-ci génèrent une baisse du taux de mortalité, tandis que les taux de fécondité restent élevés. Ce déséquilibre entraîne une augmentation notable de la population.

- **une phase de transition démographique**, liée à une évolution des comportements et une maîtrise de la natalité. Les taux de fécondité baissent, jusqu'à atteindre des niveaux proches de l'équilibre démographique (deux enfants par femme). La population se stabilise alors à nouveau.

Cette phase d'explosion démographique a duré environ deux siècles en Europe ; entre temps, la population du continent a été multipliée par quatre ! Au niveau mondial, toutefois, la transition démographique n'est pas achevée. Entamée au dix-neuvième siècle, l'explosion démographique mondiale continue encore aujourd'hui : nous étions 1 milliard d'êtres humains en 1800, deux milliards en 1927, 3 milliards en 1960 et nous serons 7 milliards en 2011 ou 2012 (INED, 2008).



Après la transition : vers un nouvel équilibre ?

Les taux de fécondité se rapprochent de l'équilibre dans la plupart des pays et continents en développement. Si on en croit les projections des Nations Unies (2004), la transition démographique devrait donc être achevée partout d'ici à 2050 environ. La population mondiale devrait alors atteindre environ 9 milliards d'habitants.

En fait, les Nations Unies retiennent quatre hypothèses majeures, dont trois seulement sont crédibles :

La première hypothèse prolonge les taux de fécondité des décennies passées, c'est-à-dire le prolongement au cours du siècle à venir de l'explosion démographique

mondiale... mais ce **scénario de fécondité constante** est impossible. Nous serions alors près de 15 milliards en 2050, et plus de 40 milliards à la fin du siècle. Trois autres scénarios sont proposés.

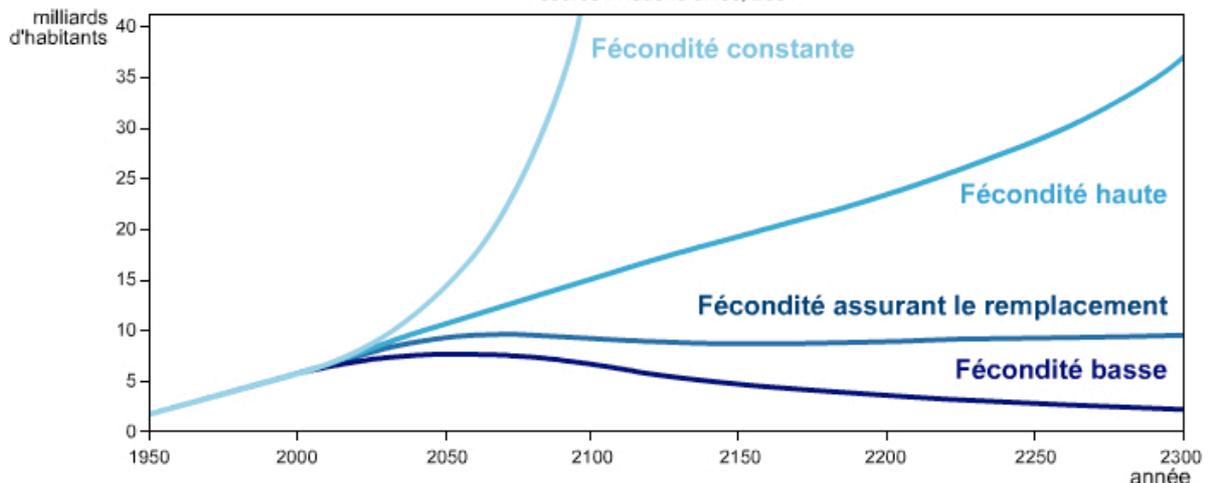
Les scénarios les plus probables consistent en un retour à l'équilibre démographique d'ici 2040-2050. La population mondiale pourrait alors se stabiliser aux alentours de 8 à 10 milliards d'habitants...

Le premier prend l'hypothèse d'une **fécondité haute**, qui augmenterait même dans certaines régions du Monde – ce qui est peu probable au regard des tendances actuelles. Nous serions alors 10,6 milliards en 2050. Le second scénario, basé sur l'hypothèse d'une **fécondité assurant le remplacement** des générations, est celui le plus souvent considéré. Il permettrait de stabiliser la population autour de 9 milliards d'habitants après 2050. Enfin, un troisième scénario est possible : il consiste en l'hypothèse d'une **fécondité basse**, c'est-à-dire un non renouvellement des générations tel que nous le connaissons dans certains pays européens ou au Japon, par exemple ; la population stagnerait alors vers 2040 aux alentours de 8 milliards d'habitants, avant de lentement décroître.

Si le scénario médian est le plus souvent utilisé, il n'est pas pour autant le plus crédible aux yeux de tout le monde. Hervé le Bras (2009) considère par exemple que le scénario de fécondité basse est le plus probable d'ici à 2050, notamment parce que nombre d'évolutions récentes vont dans le sens de ce scénario – notamment la baisse des taux de fécondité dans de très nombreux pays et continents.

Projections de population mondiale jusqu'en 2300 selon différents scénarios

source : Nations unies, 2004



Projections de population mondiale jusqu'en 2300 selon différents scénarios (source : Nations Unies 2004, cité par INED, 2008)

La démographie ne sera donc pas l'enjeu écologique primordial à l'avenir...

Au final, si la croissance de la population a été un facteur important de l'augmentation de l'empreinte écologique de l'humanité dans le passé, cela ne sera probablement pas aussi vrai dans le futur. En effet, la transition démographique prévisible à l'échelle mondiale devrait entraîner une stabilisation assez rapide de la population. Pour savoir si la planète sera vivable à 9 milliards, il faut alors se demander quels sont les autres facteurs qui déterminent

l'empreinte écologique de l'humanité.

Quels sont les autres facteurs qui déterminent notre empreinte écologique ?

Population, modes de vie et technologie

Notre empreinte écologique est déterminée par plusieurs facteurs, dont la population n'est qu'une variable. Dans un célèbre article publié au début des années 1970, Paul Ehrlich et John Holdren (1971) proposèrent de réunir tous ces facteurs en trois grandes catégories : la population, la richesse (ou le niveau de vie, l'opulence) et enfin la technologie.

En anglais, l'équation d'Ehrlich et Holdren est résumée de la façon suivante : $I = P.A.T$, où I = Impact, P=Population, A= Affluence et T=Technology.

Zoom sur... L'empreinte écologique et les facteurs de l'équation d'Ehrlich & Holdren

« L'aspect démographique est un élément fondamental dans le bilan comptable de l'empreinte écologique. (...) Cela ne signifie pas pour autant que la baisse de la démographie est la seule clé du problème, loin de là. La FAO estime par exemple que les capacités agricoles actuelles suffisent potentiellement à satisfaire les besoins alimentaires de 12 milliards d'individus (...). Par contre, cette capacité agricole ne permet pas à chacun de consommer tout et n'importe quoi.

On aborde alors le second facteur de l'équation, qui est au moins aussi important que le premier : le mode de vie et de consommation des individus. (...) Pour un même niveau de développement humain, des pays peuvent avoir des modes de vie – et donc des performances d'empreinte écologique – très variables. Cela tient à un ensemble de choix individuels et collectifs extrêmement divers tels que, par exemple, le mode d'aménagement du territoire (plus ou moins dense), l'organisation des transports (plus ou moins collectifs), les types de bâtis (plus ou moins économes en surface et en énergie), ou encore le régime alimentaire (plus ou moins carné). Par exemple, si chaque habitant de la planète en venait simplement à vouloir manger de la viande chaque jour, les capacités agricoles mondiales seraient insuffisantes pour répondre à cette envie subite.

Enfin, le troisième facteur prépondérant est relatif au type de technologie utilisé pour répondre aux besoins précédemment cités. En effet, pour un même service rendu, des solutions techniques différentes peuvent avoir des impacts très variés. Par exemple, un citadin d'une grande ville peut décider de se rendre à son travail à pied, en bicyclette, en transport en commun, en petite voiture ou en 4x4... son choix « technique » de déplacement aura alors une influence considérable sur son empreinte écologique. Il en résulte que la technique n'est pas neutre. Elle peut à la fois être un facteur d'augmentation de l'empreinte écologique – par exemple si elle est orientée vers une finalité qui consiste à susciter toujours davantage de consommation « à faible utilité ». Mais la technologie peut également être une solution de réduction de l'empreinte écologique – si elle vise à améliorer l'efficacité écologique d'un produit « à forte utilité », comme par exemple les ampoules basse consommation. » (Boutaud & Gondran, 2009)

L'exemple de l'alimentation : nourrir 9 milliards d'humains est largement possible... tout dépend de ce que l'on mange !

Une question fondamentale posée par la croissance démographique est la capacité de répondre aux besoins de base de chacun, et notamment les besoins alimentaires. Pourra-t-on nourrir 9 milliards d'individus demain ? Dans son ouvrage de synthèse sur l'histoire de la population mondiale, Hervé le Bras (2009) montre bien à quel point la

Pour nourrir le monde, la technique peut probablement permettre de produire encore davantage de nourriture, à certaines conditions...

question de la faim dans le monde dépend au moins autant des modes de consommation et des techniques, que du nombre d'habitants.

La question technique : produire encore davantage ? – Pour nourrir davantage de monde, il est possible d'améliorer les techniques de production agricole. Cette augmentation des rendements a permis de répondre à la croissance considérable des besoins au cours des dernières décennies sans augmenter

notablement les surfaces de production agricole. La FAO (2008) estime ainsi que la production agricole globale a augmenté de 72% entre 1980 et 2004, tandis que la population n'augmentait que de 44%. Des perspectives d'amélioration sont encore

sans doute possibles à l'échelle mondiale, mais on est en droit de se demander si elles sont compatibles avec une gestion à long terme des ressources – l'intensification agricole se traduisant par des consommations importantes d'énergie fossile et une dégradation des qualités biologiques et physico-chimiques des sols (cf. partie 5). Dans l'hypothèse d'une stagnation voire d'une légère réduction de la productivité et d'une conversion massive à l'agroécologie, est-il pour autant impossible de répondre aux besoins d'une humanité plus nombreuse ?

La question des modes de vie : consommer autrement ? – Pour répondre à cette dernière question, il faut observer ce qui s'est produit au cours des dernières décennies. Entre 1980 et 2004, la production agricole a augmenté en moyenne de 2,1% par an, tandis que la population augmentait de 1,2% par an. La ration alimentaire

Mais c'est surtout le type de consommation privilégié et le partage des ressources qui détermineront notre capacité à nourrir le monde.

moyenne aurait donc dû augmenter de 1,1% par an... or elle n'a progressé que de 0,4% par an. Comment expliquer la différence ? Tout simplement parce que la consommation de produits alimentaires de moindre rendement a augmenté...

Hervé le Bras prend le cas de l'année 2003 pour expliquer ce phénomène. Cette année-là, la production mondiale de céréales a été de 6,88 pétacalories (Pcal), soit 2990 kcal par jour et par personne. « Or les enquêtes de la FAO n'en trouvent que 1300

dans l'assiette de l'homme moyen. 1690 kcal sur 2990, soit 57% du total, ont mystérieusement disparu entre la récolte et la consommation ». Où sont-elles passées ? « La solution du mystère est simple : près de 60% des céréales produites sur terre ne sont pas destinées aux hommes, mais à la nourriture des animaux domestiques, vaches, porcs, volaille ». Or, du fait de la chaîne écologique, ces calories ne sont pas intégralement rendues en bout de chaîne, lorsque les animaux sont consommés. Entre les deux, il y a un rendement d'environ 1 à 10 : c'est-à-dire que pour produire une calorie animale, il faut en moyenne produire en amont environ 10 calories végétales pour nourrir cet animal. Il devient alors évident que le mode de consommation a un impact majeur sur la disponibilité finale des ressources agricoles : à production végétale égale, une augmentation de la consommation de viande réduit la part totale de calories disponibles pour l'homme. Inversement, une moindre consommation de produits issus des animaux peut permettre de nourrir davantage de personnes.

Par exemple, si toute la production céréalière mondiale de 2003 était destinée à nourrir directement les hommes, nous pourrions nourrir 10 milliards de personnes. Si au contraire toute la production céréalière était destinée à l'alimentation animale, nous ne pourrions nourrir que 3,7 milliards d'êtres humains.

Part de céréales destinées aux animaux	Calories végétales (Pkcal)	Calories animales (Pkcal)	% calories animales	Population maximale (milliards)
Rien (0%)	9,3	0,71	7,6%	10
Situation en 2003 (57%)	5,3	1,11	17,3%	6,3
Tout (100%)	2,3	1,41	38%	3,7

Population maximale que la Terre peut nourrir selon trois hypothèses de répartition de la production céréalière entre l'homme et les animaux domestiques (Source : Le Bras, 2009)

Au final, on peut donc répondre aux besoins alimentaires de 9 milliards de personnes soit en améliorant la productivité agricole (c'est-à-dire en comptant essentiellement sur

des améliorations de type technique), soit en ajustant les comportements de consommation (en mangeant moins de produits issus des animaux par exemple).

Zoom sur... Population, énergie et CO₂

Le cas des consommations d'énergie et des émissions de CO₂ est un peu différent de celui de la production alimentaire. Une version adaptée de l'équation d'Ehrlich et Holdren est utilisée par les experts du GIEC pour réaliser leurs travaux : il s'agit de l'équation de Kaya, selon laquelle :

$$\text{Emissions de CO}_2 = \text{contenu en CO}_2 \text{ de l'énergie} * \text{intensité énergétique de l'économie} * \text{production par personne} * \text{population}$$

On comprend d'emblée que la population n'est qu'un facteur parmi d'autres. Par exemple, au cours du vingtième siècle, la population mondiale a été multipliée par 3,8 tandis que les émissions de CO₂ liées à la combustion d'énergie fossile ont été multipliées par 12 (Marland et coll., 2003). Un terrien de la fin du vingtième siècle émet donc en moyenne 3 fois plus de CO₂ que son ancêtre du début du vingtième siècle. Cela s'explique par une augmentation considérable de la consommation d'énergie fossile par habitant, ce qui a permis une augmentation de la richesse économique (production et consommation). Autrement dit, sur l'ensemble du siècle passé, les changements de mode de vie et de technologie (augmentation de la richesse, mécanisation) sont à peu près autant responsables de l'augmentation des émissions de CO₂ que la croissance démographique.

Pour simplifier, afin de réduire ces émissions de CO₂, il y a donc plusieurs possibilités, non exclusives :

- réduire le contenu en CO₂ de l'énergie (augmenter la part des énergies à faible contenu en CO₂ : énergies renouvelables, nucléaire) ;
- réduire l'intensité énergétique de l'économie (produire de la richesse et des emplois avec moins d'énergie) ;
- produire et consommer moins par personne (changer les modes de vie, renoncer dans certains pays à la croissance économique) ;
- ou bien encore... réduire le nombre de personnes sur Terre.

On comprend bien que la dernière solution n'est pas la plus réaliste sur le plan politique. Pour leurs projections, les experts du GIEC (2007) s'appuient d'ailleurs sur les scénarios démographiques des Nations Unies, privilégiant généralement l'hypothèse d'une stabilisation de la population en 2050 aux alentours de 9 milliards d'habitants. C'est donc essentiellement sur les autres leviers de l'équation que les préconisations sont réalisées : évolutions techniques, scénarios de croissance économique, changements d'organisation, etc.

Conclusion : notre façon de vivre est un facteur plus important que notre nombre

Si la croissance démographique a effectivement été un facteur majeur de l'augmentation de l'empreinte écologique de l'humanité au cours du vingtième siècle, il

La population ne sera probablement pas le facteur écologique primordial au vingt-et-unième siècle. C'est davantage notre façon de vivre qui déterminera l'évolution de notre poids sur l'environnement.

est probable que cela ne sera plus le cas au vingt-et-unième siècle : la transition démographique mondiale en cours devrait en effet se traduire par une stabilisation de la population mondiale d'ici quelques décennies. C'est donc davantage notre façon de vivre et les technologies que nous utiliserons qui feront plus probablement évoluer notre empreinte écologique, dans un sens positif ou négatif. L'Institut National d'Etudes Démographiques résume finalement bien la situation en conclusion de l'un de ses documents pédagogiques réalisé à l'attention du grand public : « Les êtres humains sont en voie de maîtriser la croissance de leur population. Mais pour vivre convenablement à 9 milliards, ils doivent apprendre à mieux gérer les ressources de la planète et à

les partager de façon plus équitable. A long terme, la survie de l'espèce humaine dépend tout autant sinon plus de la façon dont les hommes vivront que de leur nombre » (INED, 2008)

Références

- ADEME, 2003. *La climatisation automobile – impact énergétique et environnemental*, Données et références ADEME, mai 2003, Paris.
- ADEME, 2007. *Bilan carbone entreprises et collectivités : Guides des facteurs d'émissions, version 5.0*, ADEME, MIES, Paris.
- ADEME, 2010. « Les transports électriques en France : un développement nécessaire sous contraintes », *Ademe & vous*, n°21.
- Arbury J., date non précisée. *From urban sprawl to compact cities – an analysis of urban growth management in Auckland*, MA Thesis Geography, Auckland University
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Drasgupta, P., Folke, C., Holling, C.S., Jansson, B-O., Levin, S., Måmer, K.G., Perrings, C., Pimentel, D., 1995. 'Economic growth, carrying capacity, and the environment', *Science*, n° 268, pp. 520-521
- Ascher F., 1995. *Métapolis, ou l'avenir des villes*. Odile Jacob, Paris.
- Aubert C., 2010. « Stocker du carbone dans le sol, un enjeu majeur », *Ecorev'* n° 35, pp. 14-18.
- Aubertin C., Pinton F., Boisvert V., 2010. *Les marchés de la biodiversité*, Ed. IRD, Montpellier.
- Barbault R., 2006. *Un éléphant dans un jeu de quilles*, Ed. du Seuil, Paris.
- Bard E., 2007. « L'effet de serre », *La Recherche*, Hors-Série Les sciences de la Terre, pp. 48-53
- Beckerman W., 1974. *In Defence of Economic Growth*, J. Cape Ed., London
- Beckerman, W., 1992. "Economic growth and the environment: whose growth? whose environment?" *World Development*, n°20, pp. 481-496
- Bimonte, S. 2002. 'Information access, income distribution, and the Environmental Kuznets Curve', *Ecological Economics*, 41, 145-156
- Blondel J., 2010. « Qu'est-ce que la biodiversité ? », sur le Site du CNRS consacré à l'année de la biodiversité : http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/index.php?pid=decouv_chapA&savoir_id=savoir_a1_3 consulté le 29/07/2010
- Boulding K., *The Economics of the Coming Spaceship Earth*, John Wiley and sons, New-York.
- Bourg D., Buclet N., 2005. « L'économie de fonctionnalité. Changer la consommation dans le sens du développement durable », in *Futuribles* n° 313, novembre 2005
- Bourg D., Godard O., Hourcade J-C., 2004. « Charte de l'environnement : jeux et controverses. ».- *Futuribles*, n° 297, pp. 59-86
- Bourg D., Schlegel J-L., 2001. *Parer aux risques de demain : le principe de précaution*. Le Seuil, Paris.
- Boutaud A., Gondran N., 2009. *L'empreinte écologique*, La Découverte, Paris.
- Boutaud A., 2008, « Les changements d'approche liés au concept de développement durable (ou le développement durable est-il une tarte à la crème ?) » in Monteventi Weber L., Deschenaux C., Tranda-Pittion M. (dir.), 2008, *Campagne-ville, le pas de deux. Enjeux et opportunités des recompositions territoriales*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, pp. 111-124.
- Bouttefeu E., 2008. « Quels enseignements tirer de la canicule de 2003 pour atténuer les îlots de chaleur urbain ? » Intervention réalisée dans le cadre du Colloque « Vers une ville bioclimatique : la nature en ville », 11-12 décembre 2008, Montpellier.
- Brunel S., 2005. « Les ambiguïtés du développement durable », *Sciences Humaines*, HS n°49, Sauver la planète ? Les enjeux sociaux de l'environnement, mis en ligne
URL : http://www.scienceshumaines.com/les-ambiguites-du-developpement-durable-sylvie-brunel_fr_13912.html

Callon M., Lascoumes P. Barthe Y., 2001. *Agir dans un monde incertain. Essais sur la démocratie technique*, Le Seuil, Paris.

Caplat J., 2010. « L'agriculture biologique peut-elle nourrir l'humanité ? », *Ecorev* n° 35, pp. 36-41

Castel J-C., 2005. *Les coûts de la ville dense ou étalée*, Certu, Lyon. Texte de synthèse téléchargeable sur Internet :

www.observation-urbaine.certu.equipement.gouv.fr/.../partie_1_cle57fe1b.pdf

CDB - Convention sur la Diversité Biologique, 1992 :

<http://www.cbd.int/convention/about.shtml>

CFDD – Commission Française du Développement Durable, 2000. *Avis de la Commission Française du Développement Durable n°2000-01 sur le principe de précaution*, CFDD, Paris.

<http://sciencescitoyennes.org/spip.php?article72> Consulté le 29/07/2010

CGDD - Commissariat Général au Développement Durable, SOeS, 2010. *L'environnement en France, édition 2010*, Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer, Paris.

CGDD, 2010. *CO2 et activités économiques de la France – tendances 1990-2007 et facteurs d'évolutions*, CGDD, MEEDDM, Paris.

CITEPA, 2010. *Rapport national d'inventaire pour la France au titre de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et du protocole de Kyoto.*, CITEPA CDC, Paris.

CNW Marketing Research Inc., 2007. *Dust to Dust: The Energy Cost of New Vehicles From Concept to Disposal*, CNW

Cohen D., 2009. *Sortie de crise. Vers l'émergence de nouveaux modèles de croissance ?* Ed. Centre d'analyse stratégique, Paris.

Commission Européenne, 2010. COM(2010), *Options possibles pour l'après 2010 en ce qui concerne la perspective et les objectifs de l'Union européenne en matière de biodiversité*, Commission Européenne, Bruxelles.

Commoner B., 1971. *L'encerclement*, Le Seuil, Paris.

Courtillot V., Gallet Y, Le Mouël J-L., Fluteau F., Genevey A., 2007. « Are there connections between the Earth's magnetic field and climate? » *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 253, n°3-4, pp. 328-339

Courtillot V., 2009. « Le réchauffement climatique », Conférence donnée lors des Journées scientifiques de l'Université de Nantes, le 30 septembre 2009.

Vidéo : <http://www.youtube.com/watch?v=N57tx8YeTEM> consultée le 29/07/2010

CREDOC, 2004. « Etre propriétaire de sa maison ; un rêve partagé, quelques risques ressentis », *Consommation et modes de vie*, n°177, septembre 2004, pp. 1-4

CSA, Agence Bio, 2009. *Baromètre de consommation et de perception des produits biologiques en France, Rapport n°0901164*. CSA, Paris.

Debonneuil M., 2007. *L'espoir économique. Vers la révolution du quaternaire* – Bourin Editeur, Paris.

Debonneuil M., 2009. « Pour créer un nouveau cycle de croissance, il est nécessaire d'industrialiser les services à la personne », in *Enjeux les Echos*, n°261, octobre 2009

Déclaration de Rio sur l'Environnement et le Développement, 1992 :

<http://www.un.org/french/events/rio92/rio-fp.htm>

Dessus B., 1996. « La science aux prises avec le politique », pp. 86-92, in Aubert (d') F., 1996. *Le savant et le politique aujourd'hui, un débat sur la responsabilité et la décision*, actes du colloque de la Villette, 7 juin 1996, Albin Michel, Paris.

Dessus B., 2009. « La fée électricité sous le capot ? » *Les cahiers de Global Chance*, n°26, pp. 46-50

- Di Castri F., 1997. *La polémique autour de l'appel d'Heidelberg*, Interview par Jean Spiroux, Institut du management d'EDF et de GDF : http://www-lagis.univ-lille1.fr/~vieren/ecologie/charte_de_la_terre/heidelbergappel.htm consulté le 29/07/2010
- Dijoux A., Rosales-Montano S., 2009. *La vulnérabilité énergétique des ménages de l'aire métropolitaine élargie de Lyon. Première approche*. Agence d'Urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise, Lyon.
- EEA- European Environment Agency, 2006. *Urban sprawl in Europe. The ignored challenge*, EEA Report n°10/2006, EEA, Copenhagen.
- Ehrlich P., Holdren J., 1971. « Impact of population growth », *Science*, n°171, pp. 1212-1217
- Endewald M., 2009. « La fracture sociale de la mobilité », *Le Monde Diplomatique*, article inédit, novembre 2010. Consultable sur Internet : <http://www.monde-diplomatique.fr/2009/11/ENDEWELD/18497>
- FAO – Food and Agriculture Organization, 2008. *Rapport 2006-2007*, Ed. FAO, Rome.
- Ferry L., 2010. « L'écologie est une affaire de bobos », interview, *L'expansion*, 28/01/2010
- Filion, P., Bunting, T. and Warriner, K., 1999. « The Entrenchment of Urban Dispersion: Residential Preferences and Location Patterns in the Dispersed City », *Urban Studies*, 38(8):1317-1347.
- Fitoussi J-P., Eloi L., 2008. *La nouvelle écologie politique : économie et développement humain*, Le Seuil, Paris.
- France Nature Environnement, 2009. *Voiture électrique : la voiture propre n'existe pas*, Dossier de presse, France Nature Environnement, Paris
- Gadrey J., 2010. *Adieu à la croissance. Bien vivre dans un monde solidaire*, Les petits Matins, Paris.
- Gadrey J., 2010. « Les inégalités en France, une réalité multiforme. Les inégalités écologiques », *Cahiers Français*, n° 351, pp. 1-4.
- Gallai N., Salles J-M., Settele J., Vaissière B. « Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline ». *Ecological Economics* /68/ (1), 2009, pp. 810–821.
- Garcia, D. Riera, P., 2003. « Expansion versus Density in Barcelona: A Valuation Exercise » *Urban Studies*, 40(10): 1925-1936.
- Geai J-P., 2010. « Les Hypers se goinfrent au bio », *Que Choisir*, n°478
- Georgescu-Roegen N., 1971. *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge.
- GIEC – Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, 2007. *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. GIEC, Genève.
- Gleick P.H., 2007. *Hummer versus Prius, Dust to dust report misleads the media and public with bad science*, Pacific Institute, Oakland.
- Global Chance, 2010. « Le secteur des transports » (Dossier « du gâchis à l'intelligence : le bon usage de l'électricité), *Les cahiers de Global Chance*, n°27, pp. 56-64.
- Godard O., 1999. « Précaution : un principe à élaborer collectivement », in *Problèmes économiques*, n° 2598, janvier 1999, pp. 21-23
- Godard O., 2003. « Point sur... Le principe de précaution », *Le journal du CNRS*, n° 164-165: <http://www2.cnrs.fr/journal/821.htm> consulté le 29/07/2010
- Gordon, P. Richardson, H., 1997. « Are compact cities a desirable planning goal? » *Journal of the American Planning Association*, 63(1): 95-106.
- Grossman, G.M., Krueger, A.B., 1995. 'Economic growth and the environment', *Quarterly Journal of Economics*, n°110 (2), pp. 353-377
- Haberler G., 1974. *Economic Growth and Stability*, Nash Publishing, Los Angeles.

- Hails C. (ed.), 2008. *Rapport planète vivante*. WWF, ZSL, GFN, Gland.
- IAURIF – Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Île-de-France, 2007. Les indices synthétiques du PNUD en région Île-de-France, IAURIF, Paris. Consultable sur Internet : <http://www.iaurif.org/nos-etudes/detail-dune-etude/etude/les-indices-synthetiques-du-pnud-idh-iph-ipf-en-reg.html>
- INED – Institut National d'Etudes Démographiques, 2008. *La population mondiale*, INED, Paris. Animation consultable en ligne sur Internet : http://www.ined.fr/jeux.php?_movie=/flash/popu2/FR/INED_ANIM.swf&titre=Combien%20la%20Terre%20compte-ra-t-elle%20d%25E2%2580%2599habitants%20demain%20?&lq=fr
- Jancovici, J-M. 2002. *L'avenir climatique. Quel temps ferons-nous ?* Editions du Seuil, Paris.
- Jonas H., 1979. (rééd. 2008) *Le principe responsabilité : une éthique pour la civilisation technologique*, Flammarion, Paris.
- Jouzel, 2008. « La longue histoire des évolutions du climat », *L'Atlas environnement*, Hors-Série Monde Diplomatique, pp.34-35
- Kendall K., 2008. *Plugged in, The end of the oil age*. WWF European Policy Office, Bruxelles.
- Kempf H., 2007. *Comment les riches détruisent la planète*, Le Seuil, Paris.
- Kempf H., 2010. *Le revenu maximum : un levier pour le changement*, Mouvements, n°64, pp.
- Kourilsky P., Viney G., 1999. *Le principe de précaution. Rapport au Premier Ministre*. La Documentation Française, Paris.
- Kuznets, S., 1955. 'Economic growth and income inequality', *American Economic Review*, n°45, pp. 1-28
- Lauffemburger L., 2010. « Peut-on diminuer l'îlot de chaleur ? », Interview, in *La vie des idées.fr*, Consultable sur Internet : <http://www.laviedesidees.fr/Peut-on-diminuer-l-ilot-de-chaleur.html>
- Le Bras H., 2009. *Vie et mort de la population mondiale*, Editions le Pommier, Paris.
- Lecourt D., 2003. *Réglementation et traçabilité : le principe de précaution*, article publié sur le Site Futura Sciences : http://www.futura-sciences.com/fr/doc/t/genetique/d/ogm-un-tour-dhorizon-complet_223/c3/221/p4/ consulté le 29/07/2010
- Le Goff, L., 2006. *Manger bio, c'est pas du luxe*. Editions Terre Vivante, Mens.
- Le Mouël J-L., Courtillot V., 2009. Avis publié in, Bach J-F., Dercourt J., 2009. *Libres points de vue d'Académiciens sur l'environnement et le développement durable*, Académie des Sciences, Paris.
- Leroux M., 2005. *Global Warming - Myth Or Reality? The erring ways of climatology*, Praxis Publishing, Chichester.
- Lévêque C., « Controverses sur la diversité du vivant », sur le Site Futura Sciences : http://www.futura-sciences.com/fr/doc/t/developpement-durable/d/biodiversite_956/c3/221/p1/ consulté le 29/07/2010
- Lindzen R., 2007. « Taking greenhouse warming seriously », in *Energy and Environment*, vol. 18, n° 7-8
- Linéaires, 2009. « 72% plus cher, le vrai prix du bio », *Linéaires*, novembre 2009.
- Madec P., 2009. « La ville de la pantoufle », Trait d'union, Conseil de développement du Grand Lyon / ENS-LSH, Consultable sur Internet : <http://www.millenaire3.com/La-ville-de-la-pantoufle.69+M5190eb36f72.0.html>
- MacLean A., 2009. *Over : vision aérienne de l'américain way of life : une absurdité écologique*, La Découverte, Paris.
- Marland, G., TA. Boden, and R. J. Andres, 2003. *Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions. In Trends: A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge.

- Martinez-Alier J., 2002. *The Environmentalism of the Poor*, Edward Elgar, Northampton.
- Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W.III, 1972. *The limits to growth : a report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, Potomac Associates Books, Londres.
- Milanovic B., 2006. « Global Income Inequality : What It Is And Why It Matters », *DESA working paper*, n°26
- Millenium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human wellbeing. Biodiversity Synthesis*. World Ressources Institute, Washington, DC.
- Moberg A., Sonechkin D.M., Holmgren K., Datsenko N.M., Karlén W., 2005. « Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data », *Nature*, Vol. 433, n° 7026, pp. 613 – 617
- négaWatt, 2005. *Scénario négaWatt 2006 – pour un avenir énergétique sobre, efficace et renouvelable*, négaWatt, Mèze.
- Newman P., Kenworthy J., 1989. « Gasoline consumption and cities : a comparison of US cities with global survey », *Journal of the American planning Association*, n° 55, pp. 24-37.
- Newman P., Kenworthy J., 1998. *Sustainability and cities. Overcoming automobile dependence*, Island Press, Washington D.C.
- Odum, E.P., 1964 (réed. 1971), *Fundamentals of Ecology*, Saunders Company, Philadelphie.
- Orfeuill J-P., Solleyret D., 2002. « Quelles interactions entre les marchés de la mobilité à courte et longue distance ? », *Recherche Transport Sécurité*, n°76, Inrets.
- Polacchini A., Orfeuill J-P., 1999. « Les dépenses des ménages franciliens pour le logement et les transports », *Recherche Transport et Sécurité*, n° 63, pp. 31-46.
- Passet R., *L'économie et le vivant*, Payot, Paris.
- Petit J.R., Jouzel J., Raynaud D., Barkov N.I., Barnola J.M., Basile I., Bender M., Chappellaz J., Davis J., Delaygue G., Delmotte M., Kotlyakov V.M., Legrand M., Lipenkov V., Lorius C., Pépin L., Ritz C., Saltzman E., Stievenard M. (1999). « Climate and Atmospheric History of the Past 420,000 years from the Vostok Ice Core, Antarctica » *Nature*, n° 399, pp. 429-436.
- Place Publique, 2008. « L'innovation sociale au cœur du développement socio-économique du 21^{ème} siècle », article publié sur le site Internet *Place Publique*, le 18/11/2008
URL : <http://www.place-publique.fr/spip.php?article2991>
- PNUD, 2007. *Rapport sur le développement humain 2007-2008. La lutte contre le changement climatique : un impératif de solidarité humaine dans un monde divisé*, Ed. PNUD. Mis en ligne.
URL : <http://hdr.undp.org/fr/rapports/mondial/rdh2007-8/>
- Pochet P., Routhier J-P., 2002. « Mobilité résidentielle et allongement des distances domicile-travail dans la région urbaine de Lyon », pp. 167-184, in Dureau F, Lévy J-P. (éds), *L'accès à la ville. Les mobilités spatiales en question*. L'Harmattan, Paris.
- Polacchini A., Orfeuill J-P., 1999. « Les dépenses des ménages franciliens pour le logement et les transports », *Recherche Transport et Sécurité*, n° 63, pp. 31-46
- Pouyanne G., 2004. *Forme urbaine et mobilité quotidienne*. Thèse de doctorat en sciences économiques, Université Montesquieu Bordeaux IV, Bordeaux
- Robin J-P., « Cinq fois plus de voitures à l'horizon 2050 », *Le Figaro*, 14/04/2008, <http://www.lefigaro.fr/societes-francaises/2008/04/14/04010-20080414ARTFIG00246-cinq-fois-plus-de-voitures-a-l-horizon-.php>
- Rothman, D. S., 1998. 'Environmental Kuznets Curves – real progress or passing the buck ? A case for consumption-based approaches', *Ecological Economics*, 25, pp.177-194

- Rousseau S., 2004. « Dimensions humaine et sociale du développement durable : une problématique séparée du volet environnemental ? », *Développement durable et territoires*, Dossier 3 : Les dimensions humaine et sociale du Développement Durable, URL : <http://developpementdurable.revues.org/1214>
- Roux J-M., 2007. *L'aménagement urbain contre la fracture sociale*, Constructif n°16, février 2007. Consultable sur Internet : http://www.constructif.fr/Article_32_55_391/L_aménagement_urbain_contre_la_fracture_sociale.html
- Rovillé M., Aufray R., 2010. « Erosion de la biodiversité, crises d'extinction : de quoi s'agit-il ? » sur le Site du CNRS consacré à l'année de la biodiversité : http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/index.php?pid=decouv_chapA_p2_f1 consulté le 29/07/2010
- Scafetta, N., Willson, R.C., 2009. *ACRIM-gap and TSI trend issue resolved using a surface magnetic flux TSI proxy model*, *Geophys. Res. Lett.*, n° 36
- Schuler M., Rochard U., 2009. « Vers des tours à haute efficacité énergétique », *Le Moniteur*, Disponible sur Internet : <http://www.lemoniteur.fr/195-batiment/article/point-de-vue/693573-vers-des-tours-a-haute-efficacite-energetique>
- Sébastien L., Brodhag C., 2004. « A la recherche de la dimension sociale du développement durable », *Développement durable et territoires*, Dossier 3 : Les dimensions humaine et sociale du Développement Durable. URL : <http://developpementdurable.revues.org/1133>
- Sidler O., 2009. « Une tour ne peut pas être compatible avec les objectifs imposés par le Grenelle de l'Environnement », *Le Moniteur*, disponible sur Internet : <http://www.lemoniteur.fr/195-batiment/article/point-de-vue/582034-une-tour-ne-peut-pas-etre-compatible-avec-les-objectifs-imposes-par-le-grenelle-de-l-environnement>
- Selden, T.M., Song, D.S., 1994. 'Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?' *Journal of Environmental and Economic Management*, n° 27, pp.147-162
- Silence, 2010. « Sortir de la bio industrielle : une urgence sociale », dossier special, in *Silence*, n°384, novembre 2010, pp. 5-19.
- Stern, D.I., Common, M.S., Barbier, E.B., 1996. 'Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development', *World Development*, 24, 7, pp.1151-1160
- Sorman, 2001. *Le progrès et ses ennemis*, Fayard, Paris.
- Sukhdev P. (dir.), 2008. *L'économie des écosystèmes et de la biodiversité, Rapport d'étape*. Communautés européennes / Ed. Welzel+Hardt, Wesseling.
- Sytral – Syndicat des transports de l'agglomération lyonnaise, 2007. *Enquête ménages déplacements 2006 de l'aire métropolitaine lyonnaise*. Sytral, Lyon.
- Terra Eco, 2009. "Le bio est-il réservé aux riches ?" Dossier, *Terra Eco*, n°4.
- The Gallip Organization, 2007. *Attitudes of Europeans towards the issues of biodiversity*. Flashbarometer n°219, Nov. 2007
- Theys J., 2010. Conférence donnée dans le cadre des Entretiens du Certu sur la ville durable, Séance d'ouverture, février 2010. Compte-rendu : http://www.groupechronos.org/index.php/fre/blog/entretiens-du-certu-fevrier-2010_-compte-rendus-des-echanges
- Theys J., 2000. « Quand inégalités sociales et inégalités écologiques se cumulent. L'exemple du "SELA" ». *Note du CPVS*, n° 13, MELT-DRAST, Paris.
- Theys J., 2002. « L'approche territoriale du "développement durable", condition d'une prise en compte de sa dimension sociale », *Développement durable et territoires*, Dossier 1, mis en ligne le 23 septembre 2002, consulté le 25 novembre 2010. URL : <http://developpementdurable.revues.org/1475>
- UFC/Que choisir, 2010. « Produits bio : beaucoup trop chers ! » Dossier, *Que Choisir*, n° 478
- UN Habitat, 2010. *Les tendances de l'urbanisation : l'étalement urbain constitue désormais un problème mondial*, Communiqué du 18 mars 2010, UN Habitat Settlements Programme, Nairobi.

Verdier M., 2010. « Usages et mésusages du principe de précaution », La Croix, 17/05/10
<http://www.la-croix.com/Usages-et-mesusages-du-principe-de-precaution/article/2425955/5547> Consulté le 29/07/2010

Vivien F-D., 1994. *Economie et écologie*, La Découverte, Paris.

World Bank, 1992. *World Development Report 1992: development and the environment*, The World Bank, Washington D.C.

Worm et coll., 2006. « Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services » in *Nature*, vol. 314, n°5800, pp. 787-790.

Wiel M., 1999. *La transition urbaine, ou le passage de la ville-pédestre à la ville-motorisée*. Editions Mardaga, Wavre.

Wilson E., 2007. « Biodiversité, Les menaces sur le vivant », in Les Dossiers de La Recherche, août-octobre 2007

WWF, UNEP – World Wildlife Foundation, United Nations Programm on Environment, 2008, *The Living Planet Report 2008*, WWF UNEP, Gland.

WWF, UNEP – World Wildlife Foundation, United Nations Programm on Environment, 2010, *The Living Planet Report 2010*, WWF UNEP, Gland