

7.

ACCÉDER À UNE ÉNERGIE PROPRE ET FAVORISER LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

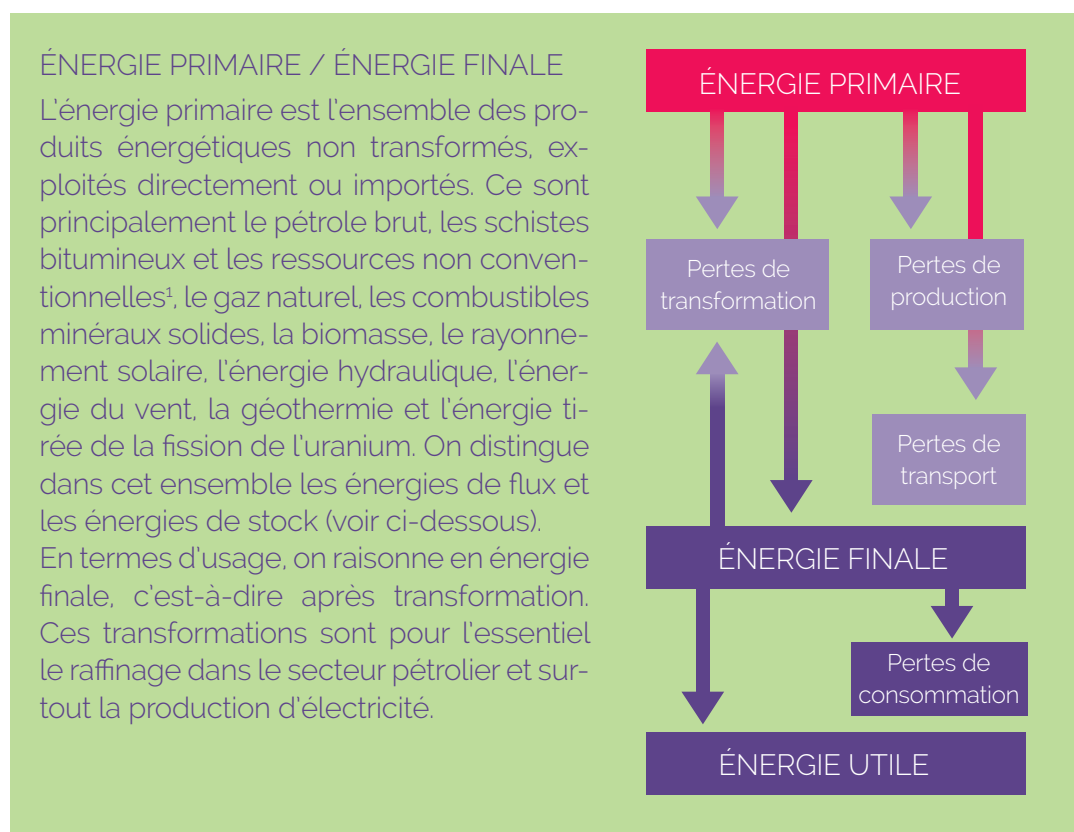
L'énergie est au cœur des modes de vie, au quotidien : pour se déplacer, se chauffer, s'éclairer, cuisiner produire et distribuer les biens de consommation, communiquer à distance. Pourtant, si les ressources énergétiques restent abondantes, elles sont inégalement réparties, qu'il s'agisse des énergies renouvelables ou des énergies fossiles, et les infrastructures existantes ne garantissent pas encore un accès pour tous. Surtout, les usages des ressources fossiles (charbon, pétrole, gaz), majoritaires dans le mix mondial, ont des impacts environnementaux croissants : pollution de l'air, de l'eau, production de déchets, émissions de gaz à effet de serre (80% approximativement de l'augmentation annuelle du réchauffement de l'atmosphère terrestre). À ce titre, le changement climatique remet fondamentalement en cause l'usage des ressources fossiles : non plus seulement parce qu'elles sont limitées, mais par nécessité de stabiliser le climat sur Terre. En ce qui concerne l'énergie nucléaire, elle présente des risques ayant des conséquences graves en exploitation, et nécessite

7 • 1

ACCÉDER
À L'ÉNERGIE

de trouver une solution viable sur le très long terme à la question du stockage des déchets.

Des services énergétiques fiables, durables et modernes à un coût abordable sont indispensables pour le développement durable des sociétés et le bien être de chacun. Le 7e Objectif de Développement durable vise à en garantir l'accès pour tous dans les décennies à venir, soulignant ainsi deux enjeux majeurs : répondre à des besoins croissants de l'humanité en garantissant l'égalité d'accès, et accompagner la transition énergétique des sociétés dans leur diversité vers des sources renouvelables (éolien, solaire, biomasse etc.).



Énergies de "stock" et énergies de "flux"

- ● ● Pétrole, charbon, gaz et uranium sont des **énergies de "stock"**, provenant de gisements limités. Aujourd'hui la très grande majorité de l'énergie provient de l'exploitation des **énergies de stock fossiles**, des ressources extraites du sous-sol : charbon, pétrole, gaz. L'énergie est obtenue en brûlant ces combustibles, qui se transforment en gaz carbonique et eau, en émettant également des polluants liés aux impuretés présentes (soufre, métaux lourds...). Une réelle limite physique existe donc puisqu'elles disparaissent lors de leur utilisation. Par ailleurs, c'est de très loin la première source d'émissions de gaz à effet de serre produits par les activités humaines.

7 • 2

ACCÉDER
À L'ÉNERGIE

1. Gaz et pétrole de schiste et roches mères : gaz et pétrole de réservoir étanche (tight oil and gaz)

Concernant **le pétrole**, la consommation est supérieure aux nouvelles découvertes, autrement dit le stock diminue. Les nouvelles découvertes ne feront que retarder un peu la date de l'épuisement. Le gaz suit le même chemin, si l'on ne prend pas en compte les "gaz de schiste" et autres ressources non conventionnelles.



- ● ● **L'uranium** des centrales nucléaires est également une énergie de stock et s'épuisera. Au coût économique actuel et sans recyclage les stocks sont estimés à 50 ans (selon l'Association mondiale pour le nucléaire, WNA). La production d'énergie nucléaire génère peu d'émissions de gaz carbonique (uniquement dans les phases entre l'extraction de la mine, l'élaboration du combustible et le démantèlement) mais produit des déchets radioactifs dont la durée de vie de certains est très supérieure à 25 000 ans. L'acceptation sociale de ces risques, à court moyen et long termes reste très controversée sur les territoires les plus exposés et à l'échelle mondiale. La responsabilité liée à l'exploitation de ces ressources et les coûts économiques liés aux impacts mettent en cause leur utilisation pérenne.

S'y opposent les **énergies renouvelables**. Ce sont les **énergies de flux** : flux solaire direct ou indirect (éolien, hydraulique, biomasse), flux géothermique, ou flux lié à la rotation de la terre ou celle de ses satellites (marée). Ces flux trouvent leur origine dans le rayonnement solaire, dans la chaleur résiduelle de formation des astres ou dans les forces de gravitation du système solaire, et sont donc inépuisables à l'échelle de l'humanité. En tant que flux d'énergie, les énergies renouvelables ne produisent pas de déchet. L'exploitation de ces ressources génère cependant des nuisances environnementales indirectes ou lors de la construction des systèmes d'exploitation. Ces énergies sont beaucoup mieux réparties sur la planète que les énergies de stock et leur potentiel énergétique est globalement très supérieur à nos besoins.

Les énergies de flux présentent, en contrepartie de leurs avantages incontestables, deux difficultés :

- **Ces flux sont fatals et variables** : le flux solaire, par exemple, est nul la nuit et faible pendant l'hiver. Pour un usage continu, il est nécessaire de stocker l'énergie produite quand les flux sont forts pour la restituer quand ils sont faibles. **Le stockage** est réalisable dans le cas de la géothermie ou de l'hydraulique mais dépendant des technologies qui restent à améliorer. Dans le cas de la production d'électricité, les batteries, dispositifs hydrauliques, magnétiques ou autres ne sont pas du tout à l'échelle de nos besoins actuels de stockage ; il en est de même des stockages de chaleur. Le développement de ces énergies de flux ne peut donc se faire d'une part qu'en lien avec une politique d'économie d'énergie importante, et d'autre part en utilisant des combustibles intermédiaires stockables tels l'hydrogène ou le méthane. On notera aussi que si les cellules

photovoltaïques et les chauffe-eau solaires permettent une valorisation énergétique immédiate du rayonnement solaire, les voies indirectes sont plus lentes. Ainsi, il est important de respecter le temps de renouvellement dans l'exploitation de la biomasse, d'autant qu'elle est la source d'une large part de la biodiversité.

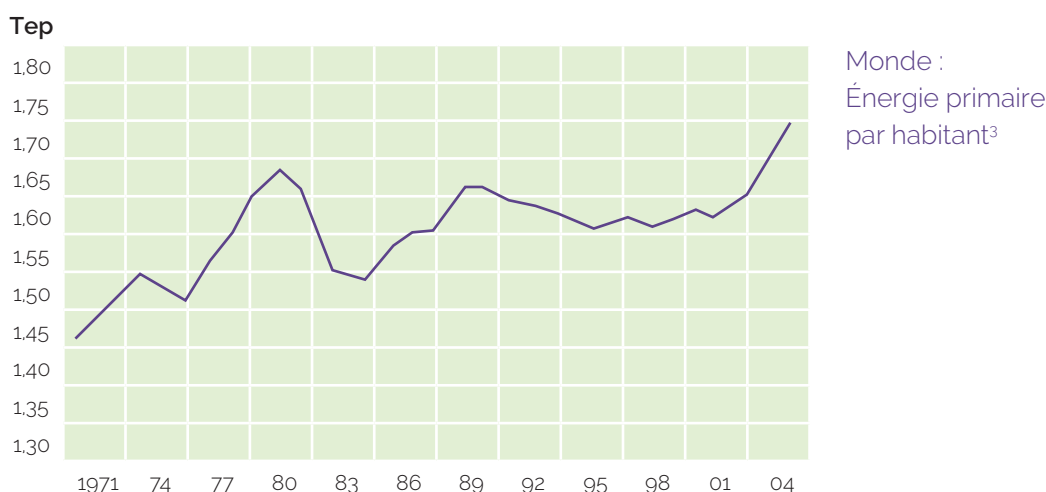
- **Leur densité spatiale est relativement faible.** Aussi, s'appuyer sur ces flux renouvelables pour satisfaire les besoins actuels suppose la mobilisation de surfaces non négligeables.



La croissance des consommations d'énergie

La consommation mondiale d'énergie primaire est en croissance presque continue depuis 40 ans. Elle est ainsi passée de 5,4 à 13 milliards de tep² entre 1972 et 2012, soit une croissance annuelle moyenne de 2,1%. Cette évolution correspond de fait à un modèle de développement qui a pu saisir l'opportunité d'une énergie relativement peu chère, malgré quelques tensions géopolitiques, et sans contrainte dans son usage.

La croissance de la consommation mondiale est maintenant clairement tirée par la zone Asie Pacifique, les pays du Moyen Orient, l'Amérique du sud et centrale et l'Afrique pour une moindre part. Ce phénomène est le résultat d'un légitime rattrapage des consommations par habitant conjugué à la croissance démographique.



2. tep : tonne équivalent pétrole.

3. Bernard Laponche : "les consommations d'énergie dans le monde". Encyclopédie du développement durable. <http://encyclopedie-dd.org/encyclopedie/sciences-et-techniques/a-3-faits-et-chiffres/les-consommations-d-energie-dans.html>

L'amélioration de l'efficacité énergétique

Depuis 30 ans, la plupart des pays ont réduit de manière significative leur consommation totale d'énergie primaire par unité de PIB⁴. Cette amélioration de **l'intensité énergétique** s'explique en grande partie par l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules, des appareils électriques, du chauffage des locaux et des processus industriels. Outre les progrès technologiques, ce sont les politiques publiques (normes de performance énergétique, campagnes d'information, incitations financières) qui ont drainé cette tendance.

Les pays ont des niveaux d'intensité énergétique variables, en fonction de plusieurs facteurs : structure de l'industrie, part des secteurs à haute intensité énergétique, prix de l'énergie. L'Union européenne, comme le Japon, est performante du point de vue de l'efficacité énergétique et se distingue de nombreux autres pays développés. Dépendante de ressources énergétiques qu'elle importe, elle a en effet mis en place un panel de dispositifs (Eco-conception, Étiquetage écologique, directive relative à l'efficacité énergétique et autres telle que la norme sur les émissions de CO₂ pour les véhicules).

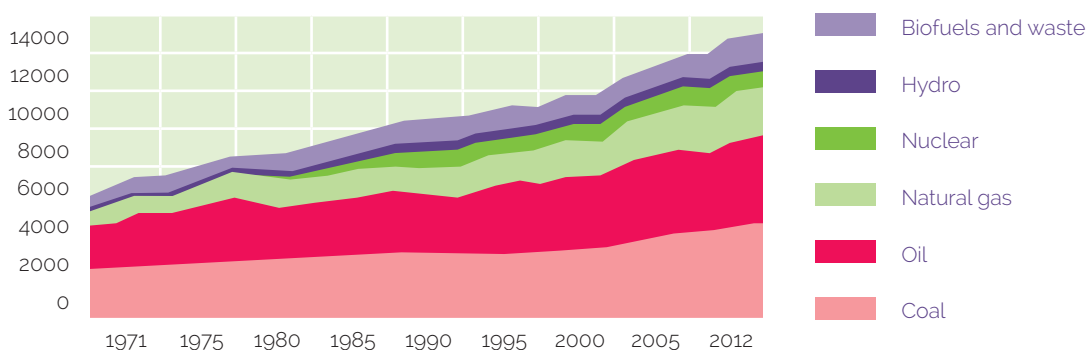
La consommation énergétique finale des bâtiments, au niveau mondial toujours, a augmenté d'environ 1 % par an depuis 2005 et de 3 % par an pour l'électricité⁵. Néanmoins, la consommation d'énergie par ménage a baissé de 0,8% par an. Dans les pays de l'OCDE, le principal moteur de l'amélioration de l'efficacité énergétique a été l'application de réglementations thermiques pour les bâtiments, et de normes de performance énergétique pour les appareils. Dans les pays émergents, la substitution de la biomasse traditionnelle par des combustibles modernes a permis cette baisse, et aujourd'hui les normes et règlements de construction se généralisent pour poursuivre cette tendance.

La prédominance des énergies fossiles

La part des énergies fossiles dans le mix mondial s'est maintenue, notamment en faveur du charbon et du gaz naturel. Entre 1971 et 2011, la part du pétrole dans ce mix a baissé de douze points au bénéfice du gaz et du nucléaire (plus cinq points chacun). La production d'énergies renouvelables ayant augmenté au même rythme que la production totale, sa part dans le mix énergétique mondial n'a pas évolué en quarante ans. Les énergies renouvelables restent pour l'essentiel de la biomasse en usage traditionnel.

Consommation d'énergie primaire, 1973-2012

Source : Agence Internationale de l'Énergie 2014



7 • 5

ACCÉDER
À L'ÉNERGIE

4. "Perspectives énergétiques mondiales Les politiques d'efficacité énergétique dans le Monde". Ademe et World Energy Council (WEC), 2014.

82%

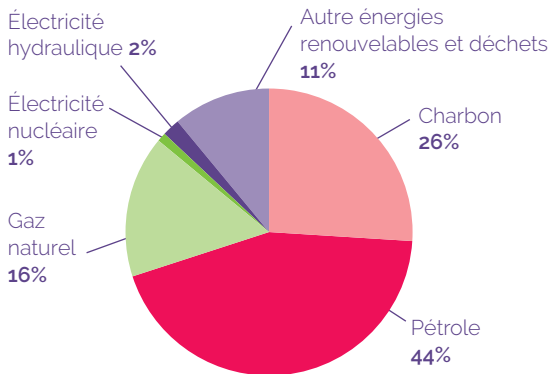
la part des énergies fossiles (charbon, gaz naturel et pétrole) dans le mix énergétique mondial en 2011 (soit cinq points de moins qu'en 1971).

29%

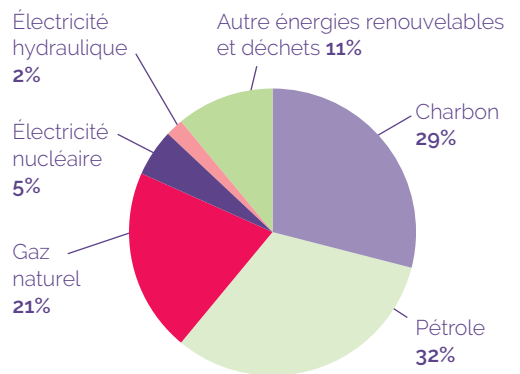
la part du charbon dans le mix en 2010, soit la seconde source d'énergie après le pétrole, mais la première en termes d'émissions de CO₂ (43 %). En effet, son facteur d'émission est nettement supérieur à ceux du gaz et du pétrole. La part du charbon est en croissance constante notamment dans la dernière décennie, notamment pour la production

Mix énergétique primaire dans le monde

En 1971 (5526 Mtep)



En 2011 (13113 Mtep)

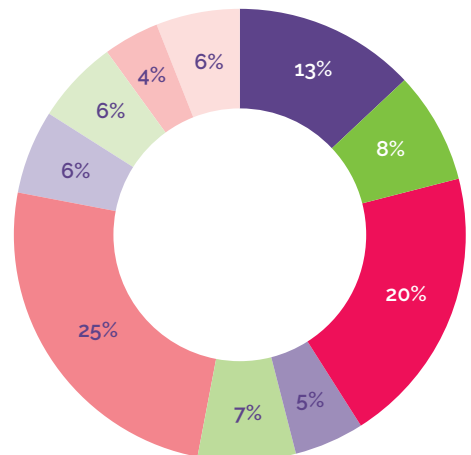


Source : Ademe / WCE

Plus de 80% des émissions mondiales de dioxyde de carbone sont dus à la combustion des énergies fossiles, ce qui représente approximativement 80% de l'augmentation de la capacité de réchauffement de l'atmosphère terrestre. Dès lors, le maintien d'un système énergétique basé sur les énergies fossiles n'est pas compatible avec la stabilisation du climat sur Terre.

Répartition des émissions mondiales de CO₂, due à la consommation d'énergie 2011

Source : CME/ENERDATA



7 • 6

ACCÉDER À L'ÉNERGIE

Les inégalités d'accès

3 milliards de personnes sont tributaires de la biomasse traditionnelle pour la cuisson⁵ dont les effets de pollution atmosphérique entraînent 600 000 décès prématurés par an.

1,5 milliard de personnes ne disposent pas de l'électricité et, donc des services spécifiques que peut procurer cette énergie (télécommunication, éclairage, production de froid, force motrice propre...).

95% d'entre eux habitent en Afrique subsaharienne.

Sans investissement suffisant dans les infrastructures énergétiques,

500 millions de personnes devraient encore subir la précarité énergétique d'ici 2040 (source AIE).

Les "pauvres de l'énergie" subissent les conséquences sanitaires de la combustion inefficace de combustibles solides de mauvaise qualité, ainsi que les contraintes de la productivité insuffisante de leurs activités vivrières (eau, agriculture...) ou d'échange (transformation, artisanat, industrie...).

En l'absence d'un accès adéquat à l'électricité ni les hôpitaux, ni les écoles par exemple ne peuvent fonctionner correctement. De même, l'accès à l'eau potable et l'assainissement sont dépendants de capacités de pompage. Les femmes et les filles dans le monde en développement sont disproportionnellement affectées à cet égard puisque c'est essentiellement sur elles que pèse le fardeau de la collecte des ressources de substitutions traditionnelles (bois mort, bouses séchées...) tout comme elles subissent en première ligne les nuisances liées à leur exploitation (fumées des foyers).

 **Voir Objectif 5 : "Atteindre l'égalité des sexes et l'autonomie des femmes dans le monde"**

Au delà de l'accès à des formes durables d'énergie, efficaces et respectueuses de l'environnement, la précarité énergétique est une dimension essentielle, et croissante, des situations de pauvreté dans le monde dans les pays en développement comme dans les pays développés.

La question énergétique majeure au niveau mondial reste donc l'accès à l'énergie pour tous.

 **Voir Objectif 1 : "Mettre fin à la pauvreté partout dans le monde."**

7 • 7

ACCÉDER
À L'ÉNERGIE

Les tensions sur les prix des énergies

Les tensions sur les prix des énergies jouent un rôle important dans nos économies et nos sociétés basées sur un usage important de celles-ci, autant que pour les économies basées sur une rente énergétique.

La hausse des **prix du pétrole** a connu un maximum en août 2008 à 147 US\$/baril⁶. Cette hausse, simultanée avec une augmentation générale des prix des matières premières et une hausse des cours des céréales a fortement impacté le budget des ménages dans les pays les plus consommateurs d'énergie.

L'évolution des prix traduit l'évolution des rapports entre producteurs et consommateurs, ainsi que les phénomènes de rareté et la manière dont les acteurs économiques les anticipent. Cette hausse a été suivie par une chute spectaculaire des prix à la suite de la crise économique de 2009 et la mise sur le marché de pétrole et de gaz non conventionnels. En janvier 2014, le prix de référence du pétrole était inférieur à 50 US\$/baril.

Il faut retenir que ces prix ne reflètent pas les coûts de production, mais résultent d'une pluralité de facteurs, en particulier de nature géopolitique. La baisse des cours actuels a pour effet une baisse nette de rente pour plusieurs pays, qui pourra avoir des impacts économiques bien sûr, mais également sociaux, voire politiques.



Voir Objectif 16 : "Vivre dans des sociétés pacifiques"

La prédominance des énergies fossiles dans le mix énergétique mondial pose la question de sa soutenabilité tant sur le plan des impacts environnementaux que sur celui de l'approvisionnement en matières premières. Si les réserves mondiales d'énergies fossiles apparaissent encore abondantes, les conditions de leur accès sont de plus en plus difficiles : les investissements en infrastructures nécessaires pour l'utilisation des ressources sont massifs, le contexte géopolitique est par nature incertain et les risques écologiques de plus en plus importants (exploitation à grande profondeur, dans les régions arctiques...). Ces conditions conduisent à des tensions, voire des conflits.

Les perspectives pour un développement durable

Il n'existe pas de solution unique et mondiale pour répondre aux enjeux environnementaux, de sécurité énergétique et d'accès. La transition énergétique doit correspondre à une prise en compte des ressources et des besoins de chaque territoire en propre, s'appuyer sur de nouvelles formes de coopération, technologiques, financières et techniques, entre territoires et au niveau international. Les deux axes de la transition : maîtriser la demande, sortir des énergies fossiles pour développer les renouvelables. Tous les acteurs sont concernés : états, collectivités, entreprises, citoyens, associations, syndicats.

La maîtrise de la demande en énergie

La maîtrise de la demande, via notamment les économies d'énergie, est la première exigence de la transition énergétique. L'énergie la moins chère ou la moins polluante est celle que l'on ne consomme pas.

7 • 8

ACCÉDER
À L'ÉNERGIE

6. Baril : unité de mesure des volumes de pétrole, équivalent à 159 l.

Pourtant, la majorité des travaux de prospectives et des scénarii mondiaux montrent une tendance à la hausse de la demande en énergie pour les décennies à venir. Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), l'augmentation de la demande énergétique mondiale serait de 37% d'ici à 2040. Cette augmentation est tirée par la croissance démographique, la volonté légitime de chaque personne de vivre bien et d'accéder aux services énergétiques : mobilité croissante, confort résidentiel (besoin en chauffage et climatisation), industrie...

La répartition mondiale de la demande énergétique devrait ainsi être transformée dans les années à venir : si la consommation d'énergie reste stable dans la majeure partie de l'Europe, ainsi qu'au Japon, en Corée du Sud et en Amérique du Nord, elle augmente dans le reste de l'Asie (60% du total mondial), ainsi qu'en Afrique, au Moyen Orient et en Amérique latine.

Il faut relativiser cette hausse de la demande : après s'être maintenue à plus de 2% par an pendant les vingt dernières années, l'AIE parie sur un ralentissement de la croissance, de 1% par an après 2025, en raison de choix politiques, des prix pratiqués ainsi que d'une réorientation structurelle de l'économie mondiale vers les services et les secteurs industriels légers.

L'efficacité énergétique sera fondamentale pour limiter cette hausse de la demande. Pour cela, les politiques publiques, et les progrès techniques, sont au premier plan. Deux secteurs clés de ce point de vue :

- **Le transport**, qui est l'un des secteurs les plus difficiles pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire la croissance de la demande en énergie, et ce en raison de la croissance de la mobilité. L'efficacité énergétique des véhicules légers augmente, néanmoins, la croissance du parc au niveau mondial, et notamment dans les pays émergents fait croître la demande. Dans les années qui viennent, l'efficacité énergétique des véhicules passera par des normes sur les composants hors moteurs notamment, et devra compter sur les mesures contraignantes (taxes) et incitatives.
- **Le bâtiment**, où il y a des marges de progression envisageables, tant via la rénovation des bâtiments, que par les nouveaux outils technologiques de gestion intelligente. En revanche, la climatisation qui connaît une croissance rapide dans les pays émergents, constitue une source de consommation de plus en plus importante.

L'évolution des modes de vie

Cela ne sera pas suffisant pour relever le défi énergétique : il faudra compter sur l'évolution des comportements et des modes de vie des personnes, en premier lieu dans les pays où les niveaux d'émission par tête sont élevés. Les marges de manoeuvre se situent aujourd'hui sur trois registres de pratiques principaux :

- **les modes de transports utilisés et la nature de leur usage** : le recours aux modes de transports doux/ sobres pour les courtes distances, la suppression progressive des déplacements inutiles ; la limitation de la fréquence des déplacements longues distances...
- **les systèmes de chauffage et de climatisation** : réhabilitation des bâtiments pour s'adapter aux conditions climatiques, d'aujourd'hui et de demain, optimiser les usages du chauffage et de la climatisation.

7 • 9

ACCÉDER
À L'ÉNERGIE



Voir Objectif 9 : "Construire des infrastructures résilientes, soutenir une industrialisation durable."

- **les régimes alimentaires**⁷ : limitation de la consommation de viande et des plats cuisinés par exemple, optimisation de la chaîne du froid et des équipements de cuisson, choix des circuits courts, recyclage et gestion des déchets sur l'ensemble de la chaîne.



Voir Objectif 2 : "Accéder à une alimentation saine et soutenir une agriculture durable"

Il faut également anticiper sur les usages énergivores de demain, en premier lieu l'usage des technologies de l'information et de la communication. Les connexions multiples aux réseaux mondiaux par les citoyens, consomment, de manière invisible, d'importantes quantités d'énergie. On estime que 10 milliards de mails envoyés par heure, consomment l'équivalent de 4 000 tonnes de pétrole, de 4 000 allers-retours Paris/New York ou encore l'équivalent de la production de 15 centrales nucléaires pendant une heure...

L'évolution des comportements vis-à-vis de l'énergie impose de porter un nouveau regard sur l'énergie. Cela se fera en lien avec l'évolution des modes de production, des politiques d'aménagement des territoires, et des formes d'organisation sociales et temporelles.

Cette évolution des modes de vie s'inscrit dans un contexte qui doit se transformer, des modes de production aux politiques publiques, du local au global. L'ère des énergies fossiles touche à sa fin, la transition énergétique ouvre la voie d'une nouvelle civilisation, sobre en carbone et résiliente.



Voir Objectif 12 : "Consommer et produire durablement"

Voir Objectif 11 : "Habiter des villes et territoires durables."

Sortir des énergies fossiles

Outre l'augmentation de la demande, les scénarios prévisionnels mondiaux ne prévoient pas de changement majeur dans le mix énergétique, avec le maintien de la prédominance des énergies fossiles dans le bilan mondial (75% selon l'AIE). Ces perspectives ne sont conciliables ni avec les limites de la planète et la nécessité de réduire fortement les émissions de gaz à effet de serre, ni avec le souci de garantir un accès à l'énergie pour chacun.

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), si l'on veut conserver au moins une chance sur deux de contenir la hausse des températures à la fin du siècle sous la barre de 2°C par rapport à la période préindustrielle, les émissions mondiales cumulatives de CO₂ ne devront pas dépasser, 820 milliards de tonnes de Carbone, ou gigatonnes Carbone (GtC), dont 515 GtC ont déjà été émises en 2012. Entre 2002 et 2011, l'humanité a relâché dans l'atmosphère 8,3 Gt Carbone par an en moyenne. Par ailleurs, les réserves fossiles du globe représentent un stock d'environ 2 900 GtC – près de trois fois plus que les émissions tolérables. Selon l'AIE, la prolongation des tendances actuelles conduirait à épuiser le budget carbone "tolérable" d'ici 2040.

Conclusion : d'ici 2050, un tiers des réserves de pétrole, la moitié de celles de gaz et plus de 80 % de celles de charbon devront rester inexploitées, si l'on veut éviter la surchauffe de la planète. En ce qui concerne les hydrocarbures non conventionnels (pétrole et gaz de schiste, sables bitumineux), la hausse de leur production est logiquement incompatible avec la volonté de juguler le réchauffement.

7 • 10

ACCÉDER
À L'ÉNERGIE

⁷ Les régimes alimentaires, et notamment la consommation de viande, ont un impact significatif sur la consommation indirecte d'énergie (engrais, agriculture, transport), mais aussi d'eau et sur l'usage des sols.

L'impérative préservation des ressources fossiles est à l'origine d'une campagne mondiale de "désinvestissement"⁸, initiée par l'organisation 350.org, et à laquelle répondent des États et des collectivités. Cette campagne pointe du doigt les subventions aux énergies fossiles (550 milliards de dollars pour la seule année 2013, soit plus de quatre fois le montant des subventions allouées aux énergies renouvelables selon l'AIE) et incite à réorienter les investissements vers les énergies renouvelables. Certains États s'y sont déjà engagés. C'est une première étape nécessaire dans la transition énergétique qui sera également une mutation économique.

Déployer les énergies renouvelables.

Les énergies de flux – hormis pour la construction des infrastructures de production – permettent d'investir dans les ressources locales et de réduire la dépendance aux combustibles fossiles et fissiles. La production locale d'énergie fait émerger les "smart grids" ou réseaux intelligents, qui permettent d'être tantôt producteur tantôt consommateur, de réduire les pertes dans les réseaux et d'optimiser la consommation locale.



La Chine, les États-Unis, le Brésil, le Canada et l'Allemagne restent aux premiers rangs des pays en matière de capacité installée totale pour les énergies renouvelables.

La construction de nouvelles capacités de production d'énergie renouvelable de la Chine a, pour la première fois, dépassé celles utilisant les combustibles fossiles ou nucléaire.

Un nombre croissant de Villes, d'États et de Régions envisagent d'assurer la transition vers une économie ou des secteurs économiques 100% énergies renouvelables. Djibouti, l'Écosse et le petit État insulaire des Tuvalu ambitionnent par exemple d'obtenir 100% de leur électricité de sources d'énergie renouvelables d'ici à 2020, l'île de la Réunion a un projet ambitieux en ce sens.

8. <http://gofossilfree.org/fr/>

En 2050 : un mix 100% renouvelable ?

Le passage d'un système énergétique majoritairement basé sur les énergies fossiles vers un système 100% renouvelables (ou qui pourra comprendre une part minimale –inférieure à 10%– de ressources fossiles) ne se fait pas en quelques années. Cela nécessite quelques décennies, pour permettre la transformation des systèmes techniques, organisationnels et professionnels. L'augmentation des investissements publics et privés dans les renouvelables, l'efficacité et la sobriété énergétique, le rôle des émergents dans ce déploiement sont autant de marqueurs d'une transition déjà engagée, mais qui doit être accélérée pour rester dans la perspective d'un réchauffement inférieur à 2°C. Par ailleurs une telle évolution aura des effets bénéfiques sur l'environnement (qualité de l'air, de l'eau) tant au niveau des lieux de consommation (villes) que de production (sable bitumineux, gaz de schiste).

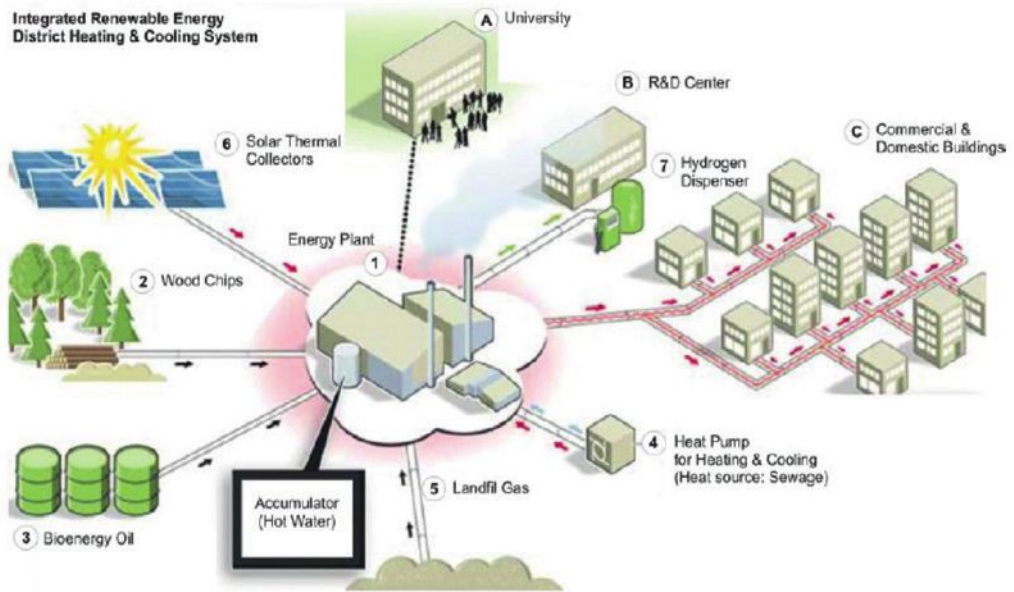
Vers une nouvelle organisation de l'énergie

L'utilisation locale de l'énergie ne peut se faire que grâce un réseau transportant soit le combustible (cas de l'essence, du gaz) soit une énergie intermédiaire (en l'occurrence énergie électrique) qui amènera l'énergie à l'endroit de sa consommation. L'électricité est devenue une énergie indispensable car non seulement elle se transporte facilement dans des fils, mais elle se contrôle également facilement et de plus elle peut être utilisée pour des usages très divers : chauffage, force motrice éclairage. La seule contrainte, mais elle est de taille, imposée par l'utilisation de l'électricité est que sa production doit toujours être exactement et à chaque instant égale à la consommation.

L'exemple du réseau électrique

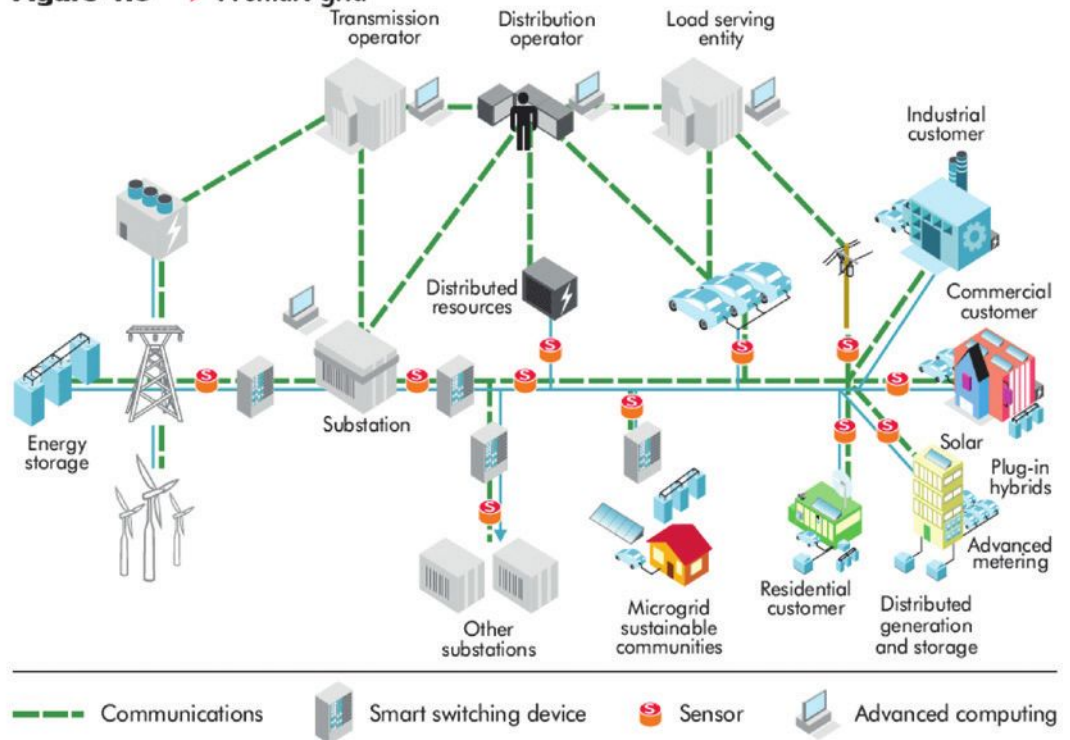
Jusqu'à ce jour le réseau électrique fonctionnait de manière très centralisée avec le schéma suivant : des centrales de production qui suivaient les grandes variations tandis qu'un ajustement rapide est assumé par des turbines à gaz ou hydrauliques.

Aujourd'hui avec l'utilisation des énergies de flux, par nature décentralisées et intermittentes, le réseau doit évoluer : les petites variations d'un utilisateur à un autre peuvent se compenser par effet statistique au niveau local, les grandes variations concomitantes (par exemple l'alternance jour nuit) nécessitent l'utilisation de sources d'électricité à base de combustible. À terme, et sous la double condition d'un usage très économe de l'électricité et d'un progrès des moyens de stockage, il sera possible d'avoir assez de réserve d'énergie pour assurer l'autonomie la nuit pour les particuliers. Mais pour les grandes variations (par exemple les saisons) ainsi que pour l'usage industriel le recours à des centrales à base de combustion restera indispensable. La présence d'un grand réseau électrique, interconnecté au niveau européen, reste aussi indispensable dans tous les cas pour assurer une continuité de la fourniture d'électricité.



Source : Akershus Energi (2010), Norway

Figure 4.6 ▶ A smart grid



Source : Wang (2009)

EXEMPLE : LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE, AU CŒUR DE LA TROISIÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE ?

Au-delà de la première nécessité qui est de réduire les consommations d'énergie inutiles, la transition énergétique suggère une transformation de l'organisation du système énergétique, et en quelque sorte, une véritable révolution économique. Un potentiel développé par le prospectiviste Jeremy Rifkin. Selon lui en effet, la seconde révolution industrielle, basée sur l'exploitation du pétrole et de l'énergie électrique, en lien avec les systèmes de communication centralisés, s'essouffle. Il souligne l'obsolescence des infrastructures du pétrole, le déclin des économies avancées sous l'effet de la dette, du chômage etc. Plus globalement, il prend acte du réchauffement climatique et intègre l'obligation de décarboner l'économie, ainsi que de s'adapter aux impacts sur le long terme, dans son raisonnement économique. Selon lui, les technologies de l'Internet et les énergies nouvelles sont au cœur de la troisième révolution industrielle. Il met en avant **5 piliers qui doivent être mis en œuvre** :

1. Le développement des énergies renouvelables à grande échelle (champs éoliens, centrales photovoltaïques, énergies marines).

2. La généralisation des énergies renouvelables à l'échelle de chaque bâtiment transformé en mini-centrales électriques.

3. Le déploiement des technologies de stockage, par le biais de l'hydrogène ou d'autres moyens, dans chaque bâtiment et dans toute l'infrastructure, pour emmagasiner et réguler la production de ces énergies intermittentes.

4. L'utilisation de la technologie de l'Internet pour transformer le réseau électrique en système intelligent de distribution décentralisée de l'énergie.

5. La transformation de la flotte de transport en véhicules électriques rechargeables ou à piles à combustible, pouvant acheter ou vendre de l'électricité sur un réseau électrique intelligent.

Ces 5 piliers visent à transformer l'économie, dans une perspective de regain des activités, de l'industrie, de l'emploi, plus largement du développement socio-économique des territoires.

Des projets pilotes allant dans le sens de cette 3^e révolution industrielle sont en cours à l'échelle des territoires dans plusieurs pays, en France dans le Nord-Pas de Calais.

"La 3^e révolution industrielle sera le fruit d'une synergie détonante entre les énergies renouvelables et les technologies internet, qui modifiera les modes de distribution de l'énergie au XXI^e siècle. Dans l'ère à venir, des centaines de millions de personnes produiront leur propre énergie verte à la maison, au bureau et à l'usine, et elles se la partageront via un système d'Internet de l'énergie"... Jeremy Rifkin



Voir Objectif 8 : "Accéder à l'emploi dans une économie inclusive"

7 • 14

ACCÉDER
À L'ÉNERGIE

Crise économique et limites de la planète obligent, l'économie intègre progressivement les préoccupations environnementales et les acteurs cherchent à limiter les impacts directs. Pour autant, les préoccupations sociales pour un nombre croissant ne trouvent d'écho ni dans les politiques économiques, marquées par le libéralisme et/ ou l'austérité, un monde de plus en plus concurrentiel vécu dans ses inégalités... ni même dans les discours écologistes, marqués trop souvent par le catastrophisme et une autre forme d'austérité, ainsi que par un certain élitisme.

L'enjeu du 21^e siècle, économiser les ressources épuisables et protéger l'environnement, répond à des intérêts économiques et à l'exigence de productivité de la ressource, à la recherche de nouvelles sources d'épanouissements, pour chacun et pour tous. Les défis écologiques, notamment énergétiques et climatiques rendent nécessaire la recherche de solutions communes pour une gestion de la planète, appelant ainsi à de nouveaux modes de coopération entre les hommes, les territoires, les sociétés. Le dépassement de la société de consommation devra passer par une autre promesse à la personne, amorçant une nouvelle relation entre économie - nature - société.

**UNIVERSAL ENERGY ACCESS BY 2030
CAN BE ACHIEVED WITH LESS THAN
\$50 BILLION PER YEAR**

CLEAN COOKING SOLUTIONS
A World Bank energy access project in Ethiopia led to the adoption of improved cookstoves by 2.6 million households in just five years.

MINI/MICRO GRIDS
Husk Power Systems provides power to 25,000 Indian households through biomass based mini-power plants that use discarded rice husks.

DECENTRALIZED SOLUTIONS
The company ToughStuff will provide up to 33 million people in Africa & Asia with low-cost solar technologies, saving consumers \$520 million.

GOVERNMENT LEADERSHIP
Vietnam has increased electricity access by **1,960% IN 35 YEARS.**

SMALL-SCALE LIGHTING SOLUTIONS
Solar Sister has trained nearly 150 women entrepreneurs across Africa to start businesses selling solar lamps.

**SUSTAINABLE ENERGY IS
POWERING the future we want.** www.SustainableEnergyForAll.org

Sources: IEA, 2011 | SDG Sustainable Energy for All Vision Statement 2019 | Global Alliance for Clean Cookstoves | UN-SEFA Framework for Action, 2012 | Practical Action, 2012 | UNDP 2012 | Husk Power of systems | The World Bank, 2011 | Solar Sister



EN FRANCE

Les cycles énergétiques en France

La situation de la France est à la fois spécifique à l'histoire et aux politiques nationales et doit être interprétée dans son contexte européen.

1^{er} cycle : La reconstruction après-guerre

Dans les années 60-70, la France a déployé son économie en s'appuyant sur les ressources énergétiques nationales et extérieures : relance de l'exploitation du charbon, nationalisations et structuration des grands réseaux, rôle central de l'État, et conversion massive de l'économie au pétrole dans les années 60, avec notamment la découverte des gisements en Algérie.

2^{ème} cycle : Après le choc pétrolier de 1973, la recherche d'indépendance énergétique

Après le choc pétrolier de 1973, une politique nucléaire (réacteurs à eau pressurisée) a été mise en place pour répondre aux enjeux et objectifs (y compris militaires) d'une société centralisée, dotée de forts groupes industriels. Elle donne la priorité à une production d'électricité abondante et nationale, dans un but d'indépendance énergétique. La nécessité de faire des économies d'énergies progresse dans les consciences et dans les politiques publiques, en même temps qu'apparaissent les premiers développements des énergies renouvelables. Les prix des énergies baissent fin 1985, et les marchés de l'énergie se libéralisent dans les années 90-2000 dans un cadre européen.

3^{ème} cycle : la transition énergétique

50 ans après, l'environnement industriel a changé, la situation politique également. Cette évolution doit être comprise en interdépendance avec l'environnement européen. Nous sommes au début d'un nouveau cycle, celui de la transition vers un système énergétique, où la priorité sera donnée aux économies d'énergies et aux sources d'énergies renouvelables.

Outre la nécessité de devoir **construire la résilience énergétique de demain**, la France, comme l'Europe se trouve face à un **défi économique majeur** : la production énergétique européenne étant faible et en déclin, le coût de l'importation des ressources énergétiques pèsent de manière croissante dans son équilibre économique. Cela d'autant plus que les fluctuations à court terme des prix, ne sont pas maîtrisables, et qu'à long terme la tendance des prix est à la hausse si le système économique global ne se transforme pas. Cette nouvelle politique énergétique est également **génératrice d'activités et d'emplois** en particulier pour les économies d'énergie et pour augmenter les performances des exploitants chauffage et plus généralement de l'énergie.

Concernant l'électricité et pour la France, les équipements nucléaires mis en service dans les années 80 arrivent en fin de vie, et le débat sur le nucléaire s'est accentué suite à l'accident de **Fukushima** en 2011, le prix des énergies augmente sur



les marchés mondiaux alors que la situation économique du pays se dégrade. La plupart des réacteurs atteindront 40 ans entre 2017 et 2030. Le coût de construction est évalué à 100 milliards d'euros. Le coût de la prolongation de vie (de 40 à 60 ans) est lui de 50 milliards. L'adaptation des centrales à partir des enseignements de Fukushima nécessitera un investissement complémentaire de 10 à 20 milliards d'euros... Enfin la facture du remplacement des réacteurs

dépendra avant tout du niveau d'efficacité énergétique et du coût des autres énergies. Il faut donc choisir et optimiser entre quatre postes de dépenses : prolonger ou non la durée de vie des réacteurs, développer les économies d'énergie, valoriser les renouvelables ou construire de nouveaux réacteurs.

Il est évident que la fin de l'énergie peu chère aura des implications socio-économiques majeures en France comme plus largement au sein des sociétés occidentales. Les enjeux climatiques et l'épuisement des ressources fossiles induisent une augmentation des tarifs et nécessitent une réduction des consommations, ajustées en fonction des usages (domestiques, industriels, agricoles). La politique énergétique évoluera dans les années à venir dans une logique de mise en adéquation avec les nouveaux enjeux sociétaux : c'est la **"transition énergétique"**.



66 milliards

d'euros de pétrole et de gaz importés en France en 2014.



30%

d'augmentation du coût de l'électricité

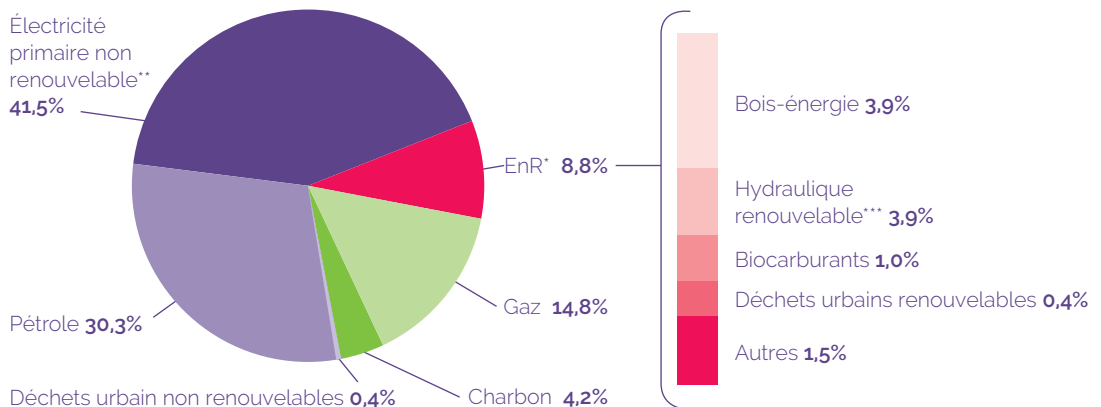


50%

d'ici 2020.

Répartition de la consommation d'énergie primaire en France métropolitaine

Données corrigées des valeurs climatiques (259,4 Mtep en 2012)



Notes :

* EnR : Énergies renouvelables

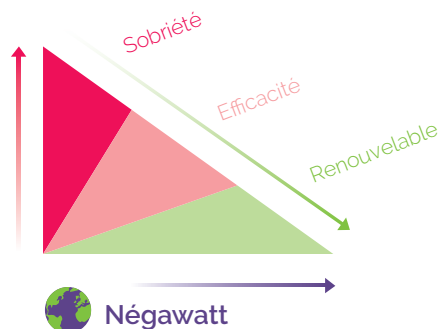
** Comprend la production nucléaire, déduction faite du solde exportateur d'électricité (pour simplifier, le solde exportateur est retranché de l'électricité nucléaire) et la production hydraulique par pompage.

*** Hydraulique hors pompage

Source : Calcul SOe5, d'après les données disponibles par énergie

Les énergies renouvelables en France

- La France, riche en ressources énergétiques renouvelables, bénéficie d'un fort potentiel hydraulique, éolien et géothermique et bois ; cela en fait un des premiers producteurs européens d'énergies.
- En 2012, la production primaire d'énergies renouvelables totalise 22,4 Mtep.
- Le bois-énergie et la biomasse représente 45 %, l'hydraulique 22 %, les bio-carburants 11 % et les pompes à chaleur 6 %.



La transition concerne tous les acteurs : industrie, tertiaire, particuliers, collectivités, etc. Elle est le passage d'un système – avec ses règles – à un autre, avec de nouvelles modalités. Ce passage se met en place sur le temps long, selon des trajectoires prédéfinies pour permettre aux acteurs de s'organiser / se réorganiser. Les gisements de sobriété, d'efficacité et d'énergies renouvelables sur lesquels repose la transition énergétique se situent au niveau des territoires.

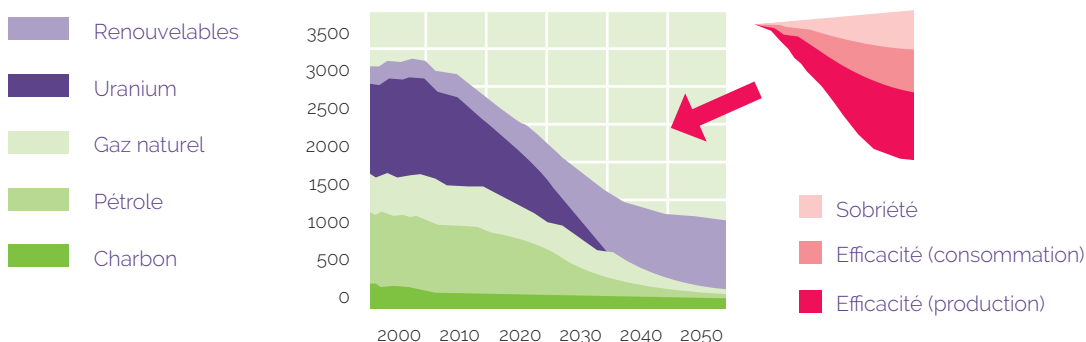
Les gisements d'emplois de la transition énergétique⁹

- 330 000 créations d'emplois d'ici à 2030 et 825 000 d'ici à 2050 (selon les scénarii de l'Ademe, étude Ademe /OFCE) ;
- 240 000 emplois d'ici à 2020 et 630 000 d'ici à 2030 (générés par le scénario negaWatt selon le CIRED).

Scénario de type "faire mieux avec moins"

Extrait du scénario Négawatt

Dans le mix énergétique, **apparaît une nouvelle variable : les économies d'énergie**. Elles doivent être traitées au même titre qu'une énergie



Les économies d'énergie ce sont :

- Très peu de matière première
- Une absence de pollution
- Des ressources préservées

Et surtout

- Beaucoup d'intelligence, donc de l'emploi, réparti dans tous les domaines, non délocalisable
- D'autres comportements

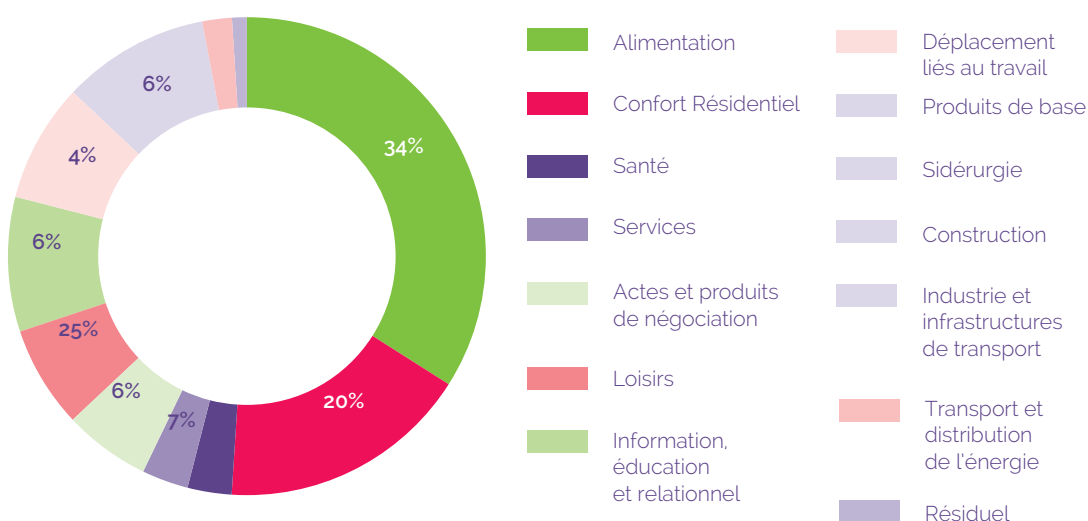
L'énergie, cest :

136 000

emplois (en équivalent temps plein), soit 0,6 % de l'emploi intérieur total (chiffres 2012). Un secteur en expansion, qui ne connaît pas la crise et qui s'élargit.

Les usages de l'énergie

Consommation d'énergie en France par catégorie d'usage en 2010



La consommation énergétique finale française de 2010 était de 152,97 millions de tep (toutes énergies confondues). Dans cette représentation, les transports sont considérés comme un moyen, et donc non représentés en tant qu'usage en tant que tel. Les consommations d'énergie qui leur sont liées sont réparties en fonction du but du trajet.

- 51% des consommations d'énergie sont les deux besoins fondamentaux : le confort résidentiel et l'alimentation. Ces deux usages de base seront en très faible croissance dans l'avenir, et présentent par contre de très importants potentiels d'efficacité énergétique.
- Un tiers des consommations concernent les autres produits de consommation courante, les services, les produits électroniques, les loisirs. Ces usages sont en croissance, en lien avec l'explosion des outils de communication, mais également la mobilité liée aux loisirs, ou encore le vieillissement de la population en ce qui concerne la santé.
- 24% concernent les activités productives en amont, non affectées dans les usages finaux, représentant y compris les déplacements domicile-travail. Cette troisième catégorie tend à se contracter alors que celle des transports de marchandises induites par les importations de produits manufacturés (comptées dans les deux premières catégories) sont en nette augmentation.
- Les services tertiaires, les produits de consommation, hors NTIC et multimédia, et la mobilité quotidienne présentent des besoins en faible croissance.

Alimentation : une priorité pour l'action

- L'alimentation représente 32 % de l'empreinte énergétique (tous GES) d'un français en 2010, avec un poids important de l'alimentation carnée et des produits cuisinés et importés. Être végétarien permet d'abaisser la moyenne des consommations, d'environ 20 à 30%.
- On constate l'importance des consommations pétrolières, essentiellement dues au transport et au matériel agricole (10 Mtep sur les 26 Mtep du secteur).
- Avec l'évolution des pratiques alimentaires, une part des consommations ther-

- miques (cuisson) équivalentes à 8,8Mtep a été déplacée du domicile vers l'industrie agro-alimentaire
- La chaîne du froid s'allonge (2,3Mtep).
 - En 50 ans, le contenu en énergie d'un kg d'alimentation a doublé, essentiellement par allongement des chaînes logistiques.



Les politiques publiques préconisées sont :

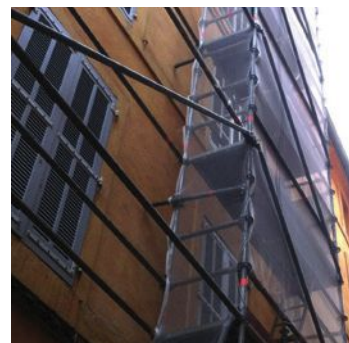
- Le développement des circuits courts,
- La réduction du gaspillage alimentaire,
- La réduction de la part d'alimentation carnée issue de ruminants (qui génèrent des émissions de méthane),
- La nécessité de recycler la matière organique en réduisant la consommation d'engrais,
- La nécessité de développer les véhicules de livraison électriques, hybrides ou à gaz.
- La part (modérée) de production d'agro-carburants doit être réservée aux transports longues distances.



Voir Objectif 2 : "Se nourrir, accéder à une alimentation de qualité, et soutenir des réseaux de production agricole soutenables"

Confort résidentiel : des potentiels forts d'économie d'énergie

- Le poids massif du chauffage apparait clairement avec une consommation de plus de 30 Mtep, dont 2,8Mtep d'électricité en énergie finale, soit 6 en énergie primaire.
- **D'ici 2030**, les consommations d'énergie liées au confort résidentiel devraient baisser de 28% d'ici 2030, notamment grâce aux politiques de rénovation urbaines et aux nouvelles réglementations thermiques.
- **D'ici 2050**, les progrès d'efficacité énergétique permettront de :
 - diviser par trois les consommations d'énergie de chauffage si l'on réhabilite tout le patrimoine de logements existants,
 - réduire les consommations d'eau chaude sanitaire par généralisation de la production d'eau chaude solaire et des pompes à chaleur,
 - réduire les consommations liées à l'éclairage (LED).



Les politiques publiques dès lors nécessaires sont : la réglementation thermique des constructions neuves (celle de 2012 et une nouvelle en 2020) ; la réhabilitation progressive d'ici le milieu du siècle du patrimoine bâti existant ; la production d'énergie à partir des énergies renouvelables (solaire thermique, photovoltaïque, géothermie moyenne et basse température, biomasse locale). Cela conduira à des bâtiments à énergie positive ; l'optimisation de la ventilation en veillant à la qualité de l'air intérieur.

Ces évolutions du bâti devront s'accompagner d'une évolution des comportements des usagers, conscients des enjeux énergétiques et de l'impact de leurs pratiques sur le niveau de consommation.



Voir Objectif 11 : "Habiter des villes et territoires durables"

Transport : une sobriété nouvelle à inventer

- La mobilité quotidienne et locale représente 70 % des émissions de CO₂.
- Les déplacements locaux quotidiens et les déplacements longue distance correspondent à 2 tonnes de CO₂ par an/habitants.
- Les mobilités longue distance connaissent la plus forte augmentation des émissions de CO₂ : de 26,6 % à 29,2 % du total des émissions entre 1994 et 2008.
- Les émissions liées aux transports aériens connaissent une augmentation de 3% par an.
- Les émissions par personne et par an pour les déplacements en voiture ont baissé de 1% depuis 5 ans, même si le parc automobile est en augmentation.
- Une voiture partagée en remplace 3
- Les distances parcourues augmenteraient de 25% d'ici 2030, par le biais de l'accélération des vitesses.
- Les consommations d'énergie liées aux déplacements domicile/travail devraient baisser de 40% d'ici 2030.

Les perspectives pour des transports sobres

- **Une sobriété dimensionnelle** : taille et remplissage des véhicules.
- **Une sobriété organisationnelle** : optimisation des services et nouveaux services de mobilités, applications intelligentes; suppression des déplacements "inutiles".
- Des moyens de transport plus légers et plus flexibles, grâce notamment aux progrès technologiques : voitures hybrides, véhicules électriques.
- **La sobriété des comportements.**

SELON LE SCÉNARIO DE L'ADEME :

Les émissions des véhicules neufs diminuent :

2010 : 130g CO₂/km

2030 : 49g CO₂/km

2050 : 25g CO₂/km

En 2050 en ville, il pourrait y avoir :

30% véhicules partagés

20% véhicules individuels

25% transports collectifs

15% vélo

10% deux roues motorisés



Voir Objectif 9 :

"Construire des infrastructures résilientes, soutenir une industrialisation durable"



Vers un mix 100% ENR ?

La perspective d'un mix 100% renouvelables est techniquement possible, et le coût global serait vraisemblablement du même ordre de grandeur qu'un mix 40% renouvelable, comme le prouve une étude récente publiée par l'Ademe¹⁰. Plusieurs mix sont identifiés, mais donnent largement la priorité à l'éolien. Ce mix nécessiterait des adaptations importantes du système électrique, avec un besoin important de développement du réseau, impliquant une relocalisation de la production.

La loi sur la transition énergétique¹¹

La loi sur la transition énergétique a été adoptée le 17 août 2015.

Les grands objectifs

- Réduire de 40 % des émissions de gaz à effet de serre en 2030 par rapport à 1990 ;
- Diminuer de 30 % la consommation d'énergies fossiles en 2030 par rapport à 2012 ;
- Porter la part des énergies renouvelables à 32 % de la consommation énergétique finale d'énergie en 2030 et à 40 % de la production d'électricité ;
- Réduire la consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à 2012 ;
- Diminuer de 50 % le volume de déchets mis en décharge à l'horizon 2050 ;
- Diversifier la production d'électricité et baisser à 50 % la part du nucléaire à l'horizon 2025.

Les axes d'action

Rendre les bâtiments et les logements économes en énergie (crédit d'impôt ; éco-prêt à taux zéro ; plates-formes de rénovation énergétique ; obligation de réaliser des travaux de rénovation énergétique)

Donner la priorité aux transports propres : incitation à acheter des véhicules propres ; plans de mobilité d'entreprise ; crédit d'impôt pour l'installation de points de recharge pour un véhicule électrique ; indemnité kilométrique vélo et aides fiscales aux entreprises).

Viser un objectif zéro gaspillage : affichage de la durée de vie pour certains produits de consommation ; contrôle de l'obsolescence programmée ; interdiction des sacs plastique jetables et non compostables ; obligation de don des invendus alimentaires.

Développement des énergies renouvelables : possibilité de financer des projets d'énergies renouvelables pour les citoyens et les collectivités locales ; généralisation du permis unique pour l'éolien, la méthanisation et l'hydroélectricité ; soutien au développement de 1 500 méthaniseurs en 3 ans ; tarifs d'obligation d'achat pour financer l'électricité renouvelable autoproduite et consommée par les particuliers et les entreprises.

La stratégie nationale bas-carbone (SNBC)¹² prévue dans la loi définit la marche à suivre pour réduire nos émissions de gaz à effet de serre (GES). À partir de l'objectif de division par 4 des émissions de gaz à effet de serre, elle fixe des budgets carbone, c'est à dire des plafonds d'émissions de gaz à effet de serre de la France, exprimés en

¹⁰. <http://mixenr.ademe.fr>

¹¹. Ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie, <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-La-transition-energetique-pour-la->

millions de tonnes de CO₂eq par an. Ils sont fixés par périodes de 4 à 5 ans afin de permettre un pilotage des évolutions structurelles des émissions de gaz à effet de serre tout en diminuant certains impacts conjoncturels, telles que les variations de rigueur hivernale. Cette stratégie sera accompagnée de programmes sectoriels.

