

Sortir du nucléaire : Faux débat !

v4 (ajouts en 2021)

Le clivage est fort. On croit au nucléaire ou on en a peur et les arguments des uns et des autres sont forts. Celui qui reçoit l'argument - pour ou contre - se sent impliqué personnellement et s'oblige à prendre position dans un problème complexe. Du droit pour tous à l'énergie électrique à la sauvegarde de notre terre, quelles peuvent être les bons choix d'aujourd'hui ? Soleil d'aujourd'hui ou soleil d'hier ou soleil artificiel ?

Selon la Banque mondiale, la consommation électrique par habitant en France est de 7700 kWh (13 300 kWh aux Etats-Unis). Cette consommation moyenne inclut l'énergie électrique industrielle. Divisez par 2 notre chiffre (parce que vous voulez consommer moins) et multipliez par 5 milliards (les habitants de la planète) et vous aurez le nombre de kWh qu'il faut produire chaque année. C'est beaucoup !

Nucléaire d'aujourd'hui

Pour la France, c'est environ la moitié de nos besoins d'aujourd'hui.

Risques exogènes

Les risques liés aux centrales à uranium sont partiellement maîtrisés. Au-delà des catastrophes prévisibles comme celle de Fukujima :

- la catastrophe naturelle imprévisible, de probabilité non nulle.
- l'erreur de conception, vice-caché se révélant lors d'une configuration imprévue

(exemple : il est réglementairement impossible de prendre une autoroute à contre-sens et toutes les bretelles de sortie sont conçues pour qu'un conducteur ne puisse être trompé. Sur les milliards de conducteurs qui empruntent les autoroutes, il s'en trouve en France plusieurs centaines qui chaque année roulent à contre-sens. Si l'on équipait toutes les bretelles de sorties de dispositifs anti-contresens, il y aurait encore à se prémunir de ceux qui font demi-tour...)

- l'erreur de maintenance, telle la négligence d'un sous-traitant
(exemple : tous les professionnels des feux tricolores affirmeront qu'il est impossible que les feux soient verts entre deux flux de circulation antagonistes. Il suffit d'une simple inversion

de fil lors d'une action de maintenance pour que la situation impossible se produise - cas vécu)

- la négligence ou l'erreur dans une procédure d'exploitation ayant un effet papillon
- l'ingénieur dépressif ou dérangé mentalement qui organise une défaillance simultanée des sécurités
(par exemple pour se venger d'un harcèlement ou d'une mise à pied).
- l'action terroriste, dont on connaît le pouvoir d'imagination.

Au-delà du risque direct, et sans parler de la disponibilité du minerai d'uranium sur la terre, il faut évoquer le risque de conflit nucléaire, puisque les centrales à uranium peuvent être le vecteur du plutonium militaire - pour ceux qui n'en disposent pas encore et qui peuvent avoir l'énergie du désespoir...

Le risque sur les déchets est une question de principe : des radiations qui dureront des milliers d'années sont une atteinte à l'intégrité de la planète. (le problème des déchets est plus général : l'envahissement de la mer par les plastiques, les métaux lourds dans les engins électroniques, le mercure et les orpailleurs...).

Un autre risque est lié à l'énorme puissance électrique proposée par chaque centrale. Le transport de cette énergie est fragile. Le maillage des lignes à très haute tension peut être soumis à des défaillances simultanées (catastrophes naturelles ou organisation guerrière) provoquant d'énormes coupures. Outre la paralysie économique, trop de vies humaines sont liées à l'impératif électrique.

Risques endogènes

Le risque zéro n'existe pas. Il est techniquement minimisé dans la filière nucléaire actuelle, mais cette filière, qui n'est pas éternelle, coûtera de plus en plus cher face à la complexité croissante de l'anti-risque et des démantèlements. Ceux qui vivent de cette filière ont naturellement leur intérêt à la prolonger... quelque soit le coût et à nos risques et périls.

Les centrales actuelles fonctionnent à l'Uranium 235, fissile, monté dans un jeu de barres représentant un an de combustible, placé dans une cuve d'eau à 155 bars (pour éviter l'ébullition).

Les neutrons des atomes instables bombardent et fragmentent d'autres atomes en produisant une chaleur intense évacuée par l'eau pressurisée devenant vapeur pour turbine. La fission s'auto-entretient (réaction en chaîne). Pour arrêter, il faut enlever toutes les barres et refroidir les effets des radiations résiduelles. L'arrêt n'est pas immédiat.

Les barres de combustible sont rapidement fragilisées par les radiations intenses. Le cœur peut s'emballer, avec possibilité de génération de grandes quantités d'hydrogène explosif. Les déchets sont nombreux et le démantèlement très coûteux. La pression de 155 bars contraint au-delà du raisonnable l'architecture, la tuyauterie et les procédés de sécurisation.

Effets secondaires

La chaîne d'approvisionnement de l'uranium provoque de nombreux effets directs ou indirects tels que l'instabilité de l'Afrique et son cortège de crimes et de corruptions, sans parler des maladies professionnelles liées à l'exposition aux radiations naturelles et à la contamination des sols et des rivières.

Le nécessaire [refroidissement des centrales](#) rejettent de la vapeur d'eau ou de l'eau chaude qui réchauffe les rivières. La quantité d'eau prélevée peut atteindre 50m³/s. (problème lors des canicules pour le Rhône, la Loire, la Vienne,...).

Les contraintes de sécurité à la construction, révisées à chaque nouvel incident majeur (Tchernobyl, Three Miles Island, Fukushima,...), les contraintes sur l'exploitation et la maintenance, les problèmes liés aux déchets recyclables ou ultimes, les contraintes sur le démantèlement,... augmentent le prix de revient, sans totalement éliminer les risques.

Les emplois liés au nucléaire sont hautement qualifiés et concentrés dans des zones peu propices à du ré-emploi, incitant à prolonger la vie des centrales.

Si le nucléaire ne produit pas de CO₂, il produit des calories qui modifient sensiblement l'écologie locale.

La comparaison des coûts respectifs du nucléaire et des autres sources d'énergie, renouvelables ou non, est trop complexe pour éclairer le débat. Saurions-nous aujourd'hui justifier économiquement le chemin de fer ou l'eau potable à tous les étages ? Si aucune recherche sur le nucléaire n'avait été faite, il n'y aurait pas d'électricité nucléaire. La recherche sur la captation de l'énergie solaire relève aussi du progrès.

On conçoit que les ingénieurs du nucléaire défendent leur outil de travail, ce qui se traduit par manipulation contre manipulation. Seuls ceux qui savent auraient le droit de s'exprimer ? Ceux qui voient midi à leur porte ont aussi le droit s'exprimer. Mais chacun a une porte différente... et parfois la porte ouvre sur des intérêts qui n'ont rien à voir avec le bien public.

Il se trouve que les savants eux-mêmes sont partagés et que personne ne peut prétendre avoir en tête la totalité du problème. Alors pourquoi se radicaliser ?

Ajouté en mars 2021 : L'éolien et le photovoltaïque ne semblent pas pouvoir assurer le remplacement des centrales nucléaires actuelles. L'EPR est le choix du gigantisme, qui augmente d'autant le risque de coupure générale et le risque sanitaire.

Solutions ?

La question de l'énergie tourne aussi autour du gigantisme des installations de production, au nom de l'optimisation des servitudes, mais sans doute aussi du fait de notre esprit centralisateur, au détriment de la «localité» des services.

Face à la complexité des grosses productions où les énormes avantages s'opposent à d'énormes inconvénients, pourquoi ne pas progresser vers des productions alternatives ou les multiples inconvénients supportables à échelle humaine sont à opposer à de multiples avantages non seulement en sécurité, mais aussi en socialité : emplois relocalisés, conséquences maîtrisables des pannes, attitudes citoyennes en termes de consommation...

Nucléaire encore

Une centrale au Thorium 232 fonctionne avec du thorium mélangé à un fluide de refroidissement à pression ambiante (sels fondus), bombardé de neutrons pour le transformer en uranium 233 fissile avant d'être injecté au fur et à mesure des besoins (coeur très compact). La fission s'arrête si l'on arrête le bombardement (et si on vidange par gravité le thorium liquide). Le sel fondu chauffe un échangeur qui produit la vapeur pour la turbine.

La réaction produit des déchets dont une grande partie peut être surgénéré et un peu d'uranium 232 (rayonnements gamma très pénétrants), difficile à utiliser en bombe atomique.

Pour faire court :

- Le minerai de thorium est largement répandu dans le monde.
- Le procédé permet des réacteurs de petites taille.
- Le combustible radioactif n'est produit qu'au moment de son utilisation et ne risque pas de réaction en chaîne incontrôlée ni d'explosion d'hydrogène radioactif.
- Les centrales sont plus petites, répartissent mieux la distribution électrique et limitent les conséquences des défaillances.
- Les sujétions de fonctionnement sont faibles (pas de hautes pressions dans les tuyauteries, arrêt immédiat si besoin, ...)
- Les sous-produits sont régénérables et ne sont pas utilisables par les militaires

L'uranium aurait historiquement été préféré au thorium du fait de ses applications militaires, et afin de ne pas revenir sur le choix initial dans lequel l'industrie nucléaire avait commencé à fortement investir.

<http://www.laradioactivite.com/fr/site/pages/combustiblesauthorium.htm>

http://fr.wikipedia.org/wiki/Réacteur_à_sels_fondus

Les centrales au thorium ne risquent pas d'exploser, peuvent être plus petites, moins exigeantes quant à leurs sites d'installation et beaucoup moins coûteuses en terme de construction et de déconstruction.

Plutôt que d'en accoler plusieurs, dans le but de réduire les coûts de fonctionnement, il serait intéressant de les répartir afin de rapprocher la production de la consommation. L'inconvénient d'une multiple distribution géographique serait d'augmenter les coûts salariaux de fonctionnement. Mais ce poste de dépenses reste faible au regard des autres.

Les études se poursuivent, en Chine et ailleurs, ainsi qu'en France...

http://nucleaire.cea.fr/fr/nucleaire_futur/autres_voies.htm

Cependant, cette filière n'est pas aussi propre qu'on le voudrait. Pour "Sortir du nucléaire", le réacteur au thorium serait une [nouvelle impasse](#). Il faut du Plutonium - hautement toxique - pour amorcer la réaction... Il semble que cet inconvénient soit réductible... mais il faudra plusieurs dizaines d'années pour être opérationnel !

D'autres réacteurs de 4ème génération sont à l'étude, sans parler d'ITER, autant de projets générateurs d'emplois hautement qualifiés. Le nucléaire propre est un espoir et sa recherche est une bonne manière de maintenir les emplois de la filière.

La radicalisation anti-nucléaire peut s'exercer sur les défauts et dangers des centrales en fonctionnement qu'il faudra bien arrêter un jour. Doit-on pour autant dire non au nucléaire ? Le monde ne sait plus fonctionner sans énergie électrique. Tout au plus peut-on proposer des critères impératifs pour les choix d'aujourd'hui : accès à l'électricité pour tous, sécurité de fonctionnement et minimisation des déchets ultimes.

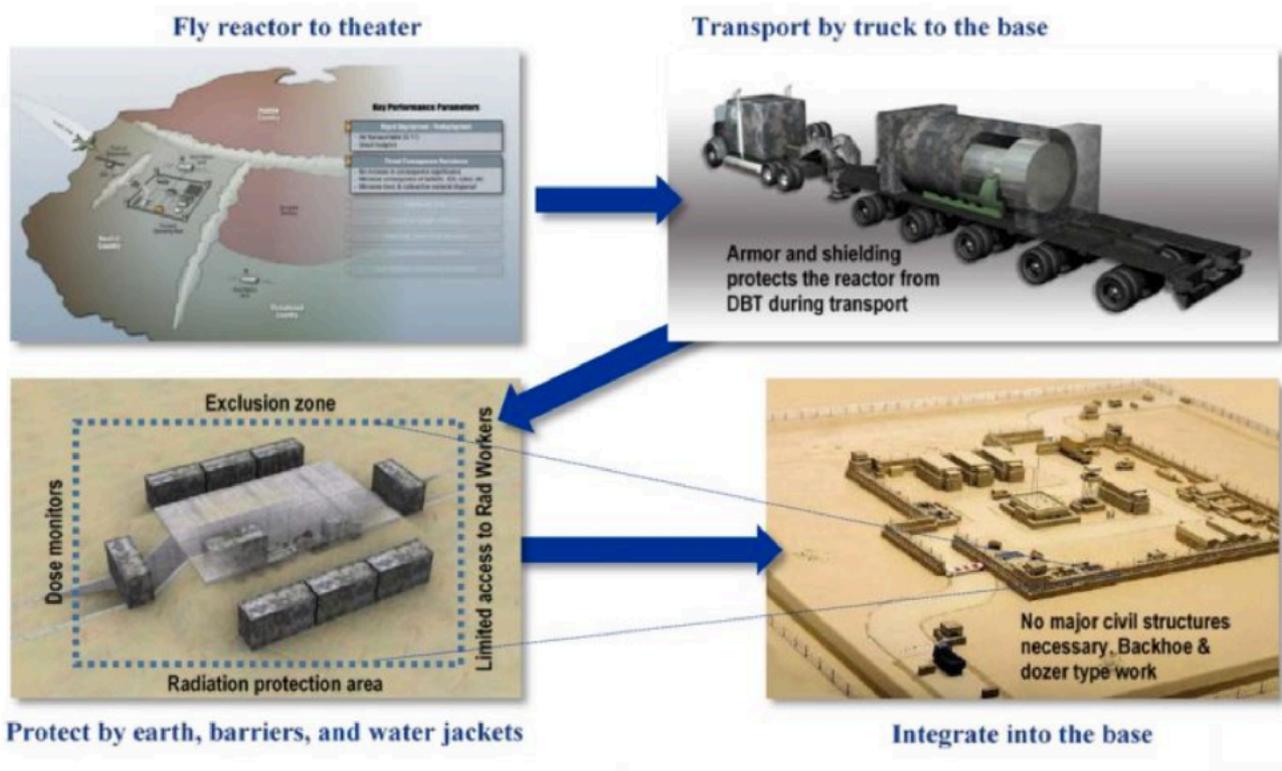
La sécurité d'alimentation en électricité (adéquation des ressources) – la capacité d'un système électrique à approvisionner la consommation en permanence – peut être garantie, même dans un système reposant en majorité sur des énergies à profil de production variable comme l'éolien et le photovoltaïque, si les sources de flexibilité sont développées de manière importante, notamment le pilotage de la demande, le stockage à grande échelle, les centrales de pointe, et avec des réseaux de transport d'interconnexion transfrontalière bien développés. La maturité, la disponibilité et le coût de ces flexibilités doivent être pris en compte dans les choix publics. (Rapport RTE-AIE du 27/1/21 : <https://www.rte-france.com/actualites/rte-aie-publient-etude-forte-part-energies-renouvelables-horizon-2050>)

Ajouté en mars 2021 : mini-réacteurs distribués

Les promesses de la filière thorium semblent s'envoler.

Une tendance se fait jour avec les micro-centrales nucléaires de 10 à 300 MW, par exemple au pentagone avec des mini-réacteurs transportables et projetables, (Project Pele) de 1 à 5 MW

Ces mini-réacteurs ont l'avantage d'une production en série qui minimise les coûts, avec une installation au plus près des utilisations, une sécurité plus facile (Conteneurs enterrés, piscine en surface), supervision plus simple. L'obstacle principal est d'ordre psychologique, pour admettre ces systèmes près de chez soi, avec des risques de pollution radio-active, de réchauffement localisé (L'eau d'un lac ou d'une rivière proche, ou un système d'auto-refroidissement), d'attaque explosive, de vol de combustible (pour une bombe sale), ... Cependant, la large dissémination de la production limitée d'énergie réduit la taille des risques. Le bénéfice/risque apparaît suffisamment important. Le principe de précaution n'a pas ici suffisamment de force pour interdire cette dissémination..



La vision de l'utilisation du « Project Pele » selon le département de La Défense américain

Energies renouvelables

La diversité des modes de production (ou de non consommation) est grande.

Les expressions «non-consommation» et «negawatt» ne reflètent pas toute l'ingénierie et la production de biens destinés à diminuer la consommation. Rapprocher le domicile du travail, densifier les quartiers, optimiser les échanges de marchandises, se déplacer en vélo plutôt qu'en voiture, isoler les toitures, les façades et les fenêtres, cultiver avec du goutte-à-goutte,... suppose la création de services d'études, d'exploitation, de production, d'installation et de maintenance. Optimiser la consommation dans la production de biens et de services suppose que le prix de l'énergie conduise les actionnaires et les chefs d'entreprises à réorganiser les outils de travail, conversion difficile dans le climat de concurrence mondiale. Mais ces conversions sont un énorme gisement de nouveaux emplois. Il est difficile de faire la balance des coûts de ces services et des économies d'énergie qu'ils sont censés produire (on supposera que les emplois induits ont une incidence positive sur l'emploi mais que ces services consommeront à leur tour de l'énergie pour se développer et fonctionner).

***Posiwatt** : ce terme est proposé pour une énergie dont la production ou la consommation apparaît comme (globalement) positive au regard de la maîtrise énergétique et de la réduction de l'effet de serre. A priori, toute énergie directement ou indirectement issu du rayonnement solaire est du PosiWatt (sauf l'agrocarburant dévastateur). S'il en était besoin, on pourrait imaginer un indice associé permettant de qualifier le PosiWatt en fonction de son ratio nuisances/avantages selon des critères à débattre.*

L'énergie solaire est multiforme et permet de ne pas mettre tous ses oeufs dans le même panier. La synthèse chlorophyllienne, les courants marins, la houle, les rivières, la foudre, les tornades sont les sous-produits continus ou discontinus du soleil, tout autant que le pétrole, le charbon et le gaz en sont sous forme de stockage.

L'équation «Production-Stockage-Distribution-Utilisation» est complexe et biaisée par les intérêts financiers. Il s'agit d'une équation politique : qui

peut avoir accès à l'énergie, depuis ceux qui sont trop pauvres pour se chauffer, qui ne savent que déforester des semi-déserts pour chauffer les aliments, à ceux qui consomment près d'un mètre-cube d'eau par jour pour leur besoins domestiques, sans parler des consommations de masse comme la climatisation des bureaux, l'éclairage des villes, l'irrigation à grande échelle, les industries de transformation..., avec deux inconvénients : la course au gigantisme et la complexité croissante.

Photovoltaïque domestique

Une maison individuelle normalement isolée (sans VMA double-flux, ni triple vitrage, ni combles, ni isolant externe, et sans renforcement d'isolation dans le vide sanitaire), abritant 4 personnes consomme annuellement environ 12500 kWh. Une toiture solaire de 20m² (en Provence, au sud, sans ombre) produit annuellement 4400 kWh.

http://ertia2.free.fr/Niveau2/Projets/PV/PV_Analyse.pdf

Les calculs ci-dessous peuvent être sujets à ergoter... Il s'agit d'une approche des ordres de grandeurs.

En transformant la toiture à 2 pentes en une toiture à une pente, la surface solaire pourrait être d'environ 130m² si on prévoit une visière de 1mX10m et l'augmentation de la surface due à l'inclinaison du toit, soit 6 fois la surface solaire actuelle. En mettant des panneaux d'un rendement 1,5 fois plus élevé pour tenir compte des progrès technologiques, la maison pourrait produire environ 40 000 kWh annuels, largement plus que les 12 500 kWh cités ci-dessus.

En maison individuelle, un grand toit solaire à simple pente pourrait couvrir les besoins énergétique d'une famille chez elle et lors de ses déplacements en véhicule électrique.

En ville, les appartements et les immeubles s'isolent - devraient s'isoler - les uns les autres. Les besoins en transports sont - devraient être - plus faibles. L'éclairage public devrait être à base de LED directionnelles (n'éclairant pas le ciel qui n'a guère besoin de nos lumières :-). Il faudra cependant trouver un peu plus d'énergie électrique que ce qu'une couverture photovoltaïque pourra produire, d'autant que la sauvegarde de notre patrimoine architectural et notre sens esthétique sont à

l'encontre de cette évolution. Le photo-voltaïque pourrait par contre être une chance contre la laideur de nos faubourgs.

Les variations de production et de consommation domestique ne sont pas compatibles. L'indépendance suppose une capacité de stockage importante pour que la production estivale soit consommée en hiver, là où la production est environ le tiers de celle de l'été. Il faudra un saut technologique important pour développer un stockage assumant le cycle annuel de consommation. En attendant, le réseau EdF (et donc la production nucléaire pour partie) reste indispensable.

<http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=stockage-technologies>

Le solaire apparaît aussi comme un atout pour le développement des zones tropicales ou désertiques, politiquement impératif, autant pour éviter la dé-ruralisation

<http://ertia2.free.fr/Niveau2/Projets/PV/Coulombier.pdf>

que pour la dignité des populations urbaines ou pour la production d'eau douce.

Consommation des transports individuels :

Si une voiture consomme 60kWh à l'heure (environ 7l au 100km), et qu'une famille utilise 2 voitures pendant 1h chaque jour (1 heure de domicile-travail aller-retour pour l'une et 1 heure de déplacements divers pour l'autre), elle consommera 120kWh chaque jour, soit environ 45 000 kWh dans l'année.

Cependant, 1/3 seulement de l'énergie consommée sert à l'avancement (un autre tiers s'en va dans les gaz d'échappement et le dernier tiers dans l'eau du radiateur).

On peut imaginer qu'une paire de véhicules électriques rechargés directement par le soleil (et non la nuit, car dans ce cas, il faudrait tenir compte du rendement du stockage/déstockage de l'énergie), consommera annuellement 15 000 kWh, 25 000 kWh en admettant un bon peu de pertes.

Si l'une des voitures est un scooter électrique qui consomme en gros 6 fois moins qu'une voiture, l'énergie consommée pour se transporter ne sera plus que de 15000 kWh

Si c'est un vélo électrique, utilisé une heure par jour, à 200Wh, soit, en plus de la santé, 72 kWh par an, l'énergie totale consommée dans la maison et dans ses transports par un foyer sera de l'ordre de 25 000 kWh, largement moins que les 40 000 kWh potentiellement productibles sur le toit d'une maison de 4 personnes.

Consommation des transports collectifs

Un litre de fioul libère 12kWh.

Un bus diesel consomme environ 40 litres soit 500 kWh sur 100km (environ une journée). Avec un remplissage moyen de 25 passagers, le km-passager peut s'estimer à 200Wh par km. Une famille de 4 personnes prenant le bus chaque jour sur 5km (alle et retour) consomme environ 4 kWh soit 1200kWh pour 300 jours par an (30 fois moins qu'en utilisant un véhicule individuel).

Le premier facteur de consommation d'un bus est la durée d'immobilisation (montées/descentes de passagers, feux rouges, bouchons, stationnements aux terminus. Il est étonnant que les bus hybrides ou électriques ne soient pas plus en vogue.

En ville, le bus électrique ou le tram freinent presque autant qu'ils accélèrent. Le stockage/ déstockage rapide de l'énergie cinétique devrait économiser entre 20 et 40% d'énergie (au moins 100kWh/jour et par bus).

Une rame de 20t passant de 10m/s (36 km/h) à 0 produit 1 million de joule soit 277 Wh à absorber en 10 secondes environ. La même rame consommera la même chose pour passer de 0 à 36km/h. En supposant un rendement de l'opération «absorption/restitution» de l'ordre d'au moins 50%, il faudra 10kWh environ pour assumer les pertes liées aux freinages/démarrages sur une ligne sur terrain plat comportant une vingtaine d'arrêts. (environ 1kWh/km).

A quand un [tramway sans fil](#) et sans rail ?

La [gratuité des transports collectifs](#) est une solution qui participe aux économies d'énergie : moins de voitures, meilleure concentration de l'habitat.

Les villes qui ont enterré la vie dans le métro rentrent dans un système de consommation plus complexe, tout autant que les mégapoles. Toute théorie énergétique des grands centres urbains reste une théorie. Malheureusement, c'est là où se consomme la plus grande partie de l'électricité.

Consommation des transports de marchandises

Transporter par avion des denrées périssables pour satisfaire la consommation de luxe, transporter par route du fret qui pourrait/devoir être par le rail, produire très loin des zones d'utilisation,... sont autant de gaspillages d'énergie.

Eolien

L'énergie produite varie comme le cube de la vitesse de l'air qui appuie sur les pales. Cette loi est en faveur des méga-éoliennes. S'ensuit une pollution «psychologique» qui radicalise les pros et les antis. C'est un écueil à leur mise en oeuvre.

La fabrication des éoliennes est coûteuse en énergie, en CO₂, en métal. Leur production par hectare occupé est faible.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Éolienne>

Les champs d'éoliennes marines (fixes ou flottantes) sont peut-être une solution plus discrète.

http://eolienne.f4jr.org/eolien_offshore

Hydrolien

Le potentiel des rivières occidentales est sans doute près du maximum exploitable. Localement, les barrages ont affecté l'environnement. On peut imaginer une alternative aux barrages en posant des conduites forcées dans le lit des fleuves :

http://ertia2.free.fr/Niveau2/Projets/Energie/Alternative_aux_barrages.pdf

L'eau de mer est un milieu actif et corrosif. Il faut attendre le retour d'expérience de nombreux projets pour se faire une idée de l'hydrolien comme transformateur de l'immense puissance de la mer en électricité : énergie de la houle, des courants permanents, des courants de marées, des écarts thermiques. Les hydroliennes pourraient assurer l'indépendance énergétique des façades maritimes (10% de la population française).

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Hydrolienne>

[minesto deep green](#)

http://ertia2.free.fr/Niveau2/Projets/Energie/Hydrolienne_flottante.pdf

Bio-carburants

Les productions d'huile, alcools, méthane, dihydrogène, ont des rendements et des effets secondaires très divers. Ils apparaissent comme dévastateurs (incurie politique, ignorance citoyenne ?), produits au détriment des cultures vivrières, concentrent les terres entre les mains de spéculateurs et souvent produisant plus de CO₂ qu'ils n'en épargnent.

Micro-algues

Les micro-algues qui se «nourrissent» d'eaux usées ou d'eaux de mer et de soleil avec un rendement triple sont peut-être moins injustes, si elles ne se développent pas à l'encontre de la production vivrière. La filière produisant de l'hydrogène reste handicapée par les contraintes de transport et de stockage et de distribution en toute sécurité.

Les deux filières semblent plutôt orientées vers le transport (pile à combustible ou diesel) que vers la production d'électricité.

Géothermie

Le sous-sol est plein de chausse-trappes. Les forages sont à l'ordre du jour, autant pour les gaz de schiste que pour les calories des profondeurs. Il faut attendre les retours d'expérience pour progresser sur le sujet.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Géothermie>

Valorisation des déchets

Moins de déchets est déjà une première action qui, au moins, économisera l'énergie de leur production.

Le compost produit aussi des éléments nutritifs réutilisables. La chaleur et la méthanisation associée peuvent être récupérées.

Le recyclage des verres, des papiers, des chiffons, des plastiques et des métaux sont des emplois utiles au cadre de vie.

Conclusion

L'énergie est un droit pour tous les hommes, au même titre que l'air sain, l'eau potable, la nourriture de base, l'abri, la sécurité physique et morale, l'accès au savoir, et la participation aux décisions collectives. Ces composantes de la vie sont interdépendantes.

La production d'énergie se fait en préservant le futur, sans épuiser les ressources naturelles et sans salir la planète.

Selon ces principes, **la première urgence, bien avant le débat sur le nucléaire, est de préserver les forêts primaires, où les déforestations massives sont liées aux agro-carburants (Brésil, Afrique, Asie...).**

L'inconstance des vents et du soleil rend la production des éoliennes et du photovoltaïque intermittente. Faute de systèmes de stockage de l'énergie produite, ces énergies ne peuvent satisfaire aux pointes de consommation, qui sont toujours croissantes et qu'il faut confier aux productions pilotables (Gaz, nucléaire, charbon) qui doivent donc rester dans leurs capacités de production actuelles.

Les énergies renouvelables, soutenu par les lobbies de l'énergie, est une façade verte (Suez, Engie, Total). En affichant leurs investissements écologiques, ces entreprises, privatisées ou en voie de l'être, savent qu'il faudra cependant assurer une production d'énergie alternative "pilotable" pour satisfaire les pointes de consommation.

Le nucléaire actuel pose de nombreux problèmes. Son remplacement prendra plusieurs décennies. Les futurs EPR sont une course au gigantisme, avec des problèmes non-moins géants. Les centrales à

combustible fossile sont condamnées par l'épuisement des ressources et leur production de CO2. De nombreuses nouvelles filières, y compris la non-consommation et un nucléaire politiquement admissible, sont envisageables sans les jeter les unes contre les autres. La diversité et l'innovation sont les moteurs de la vie. **Les min-centrales nucléaires et les centrales à charbon propres sont matures.** Concrètement, c'est dans ces temps de crise qu'il faut avoir le courage d'investir, c'est à dire de s'endetter et de payer plus d'impôts !!

Education et politique devraient faire comprendre à tous l'intérêt pour tous de diviser par deux la consommation énergétique française (par quatre aux E-U !!?), de créer de nouvelles filières de production d'électricité sans CO2, avec, à la clef, la création de centaines de milliers d'emplois, la stimulation de l'innovation et au bout du compte, un meilleur art de vivre, en France comme ailleurs dans le monde.

Autre blog sur l'énergie : "[Transition énergétique](#)"

Annexes

<https://mouvementutopia.org/site/wp-content/uploads/2020/03/Nucle%CC%81aire-Id%C3%A9es-re%C3%A7ues-et-propositions.pdf>

Quelques chiffres :

- 2000 TWh (2000 milliards de kWh /) d'énergie utilisée en France en 2010, dont 500 électrique et 500 gaz
- 1 litre de diesel = 10 kWh (1 TEP = 10 MWh)
- 1GWnucléaire installé fournit 6 TWh/an : 2GWéolien = 1GWnucléaire
- 1 kWh électrique facturé 0,12€ (particulier) et 1kWh diesel 0,14€
- la France importe pour 60 milliards € de pétrole et 15 milliards de gaz
- Total investit 15 milliards € par an

Estimation du bilan productif du scénario de sortie rapide

Le tableau suivant présente l'évolution de la production électrique en France au début du scénario et à la fin de celui-ci. Les références prises sont 2012 pour un début et 2023 pour la fin.

	Situation initiale (2012) ¹	Estimation après 10 ans (2023)
Économies de consommation envisagées (TWh)	0	205 ²
Modes de production :		
Renouvelable	70	280 ³
Fossile thermique classique	40	23
Gaz cycle combiné	0	64
Fissile (nucléaire)	410	0
Total demande d'électricité (en TWh)	520	367

1. D'après les données 2010.

2. 90 TWh liés à l'arrêt de l'export, réduction du pompage et auto-consommation après l'arrêt de toutes les centrales nucléaires et 115 TWh liés aux premières mesures d'efficacité et de sobriété et lois de réduction.

3. Éolien : 119TWh (+110 TWh /2010) ; Hydroélectricité : 74TWh (+3TWh /2010) ; Photovoltaïque : 15 TWh (+12Twh /2010).

A l'instar de la CSG, contribution sociale généralisée prélevée à la source et affectée à un objectif social ne rentrant pas dans le calcul du budget national, l'enjeu du climat justifierait une CCM, contribution climatique mondiale, prélevée à la source, c'est à dire sur la vente de tous les produits responsables de l'effet de serre, dont la recette seraient affectées directement à la régulation climatique. Une taxe affichée sur la vente des hydrocarbures ou sur la vente d'électricité carbonique serait peut-être facile à mettre en oeuvre, et permettrait de pointer du doigt les producteurs pollueurs récalcitrants, à charge pour les «fermiers généraux» d'éduquer les consommateurs à l'augmentation conséquente des prix pour que la mesure soit bien comprise par tous.

Pour informations, voici une compilation du journal "Le Monde" de Juin 2015

COP21: les débats entre experts et économistes

Le Monde.fr | 30.06.2015 à 17h01 • Mis à jour le 11.12.2015 à 15h48

image: http://s2.lemde.fr/image/2015/07/09/534x0/4677097_6_465b_complexe-industriel-a-kawasaki-sud-de-tokyo_16d628320cf3c642eef095f2f59aa4cd.jpg



La conférence des Nations unies sur le climat se réunit à Paris jusqu'au 11 décembre. Quelle est la meilleure façon de lutter contre le réchauffement climatique ? La COP21 peut-elle aboutir à l'objectif visé ? *Le Monde* publie, ou republie, les principales contributions d'économistes, chercheurs, entreprises, experts, ONG et politiques parues dans ses colonnes et sur son site.

- **Entreprises : « Et si vous passiez à 100 % d'énergie renouvelable ? »**, par **Elisabeth Laville**, fondatrice d'Utopies et de Mescoursespourlaplanete.com et **Emmanuel Soulias**, directeur général d'Enercoop. Entre les aléas du nucléaire, l'urgence climatique et la transition énergétique, des solutions existent déjà, à la portée du plus grand nombre.
- **La transition énergétique est un acte militant**, par **Tristan Lecomte**, fondateur d'Alter Eco et de PUR Projet. La lutte contre le dérèglement climatique exige de boycotter les entreprises qui persévèrent dans l'ancien modèle.
- **Subventionner les énergies vertes n'est pas la solution**, par **Stefan Ambec** et **Claude Crampes**, Chercheur à l'École d'économie de Toulouse. Faire baisser la consommation d'électricité d'origine fossile doit passer par l'augmentation de son prix, et non par la baisse du prix de sources intermittentes.
- **« Les accords sectoriels, une nécessité » pour la COP21**, par **Jean-Pierre Ponsard**, directeur de recherche émérite au laboratoire d'économétrie de l'École polytechnique/CNRS. Comment ce qui ne fonctionne pas dans un cadre national pourrait fonctionner dans un cadre international impliquant des pays totalement hétérogènes en termes de niveau de vie, de ressources ou encore de risques climatiques ?...
- **Les transferts de technologies bas carbone n'ont pas attendu la COP21**, par **Antoine Dechezleprêtre** (Grantham Research Institute for Climate Change and the Environment, London School of Economics) et **Matthieu Glachant** (Mines ParisTech, PSL – Research University). En dépit de l'absence de coordination internationale, les technologies vertes se diffusent déjà largement vers les pays en développement dans lesquels elles sont aujourd'hui utiles. Ainsi, par exemple, 15,5 % des brevets protégeant des technologies bas carbone déposés à l'étranger par leurs inventeurs le sont aujourd'hui en Chine. C'est un résultat très satisfaisant puisque cette « part de marché » est légèrement supérieure au poids relatif de la Chine dans l'économie mondiale (environ 11 % du PIB en 2013).
- **Il est temps pour l'Europe de passer à l'économie circulaire**, par **Frans Timmermans**, premier vice-président de la Commission européenne). Alors que la COP21 s'achève, la logique du « prendre, fabriquer, utiliser et jeter », qui est quasi omniprésente dans notre économie, ne peut perdurer.
- **En matière de « justice climatique », attention aux faux arguments !**, par **Jean-Pierre Bompard**, chercheur honoraire à l'INRA et **Olivier Godard**, chercheur honoraire au CNRS. Les pays du Sud et du Nord ont autant de responsabilités dans le réchauffement de la Terre. Ils disposent des mêmes moyens d'action pour préserver la planète.
- **Le pétrole bon marché, une mauvaise nouvelle pour le climat**, par **Martin Wolf**, Editorialiste économique. L'économie des énergies fossiles et la lutte contre le changement climatique sont absolument contradictoires.
- **N'oublions pas l'agriculture !**, par **Robert Lion** (Président d'Agrisud International et ancien directeur général de la Caisse des dépôts) et **Geneviève Féron Creuzet** (Vice-présidente d'Agrisud International et présidente de Casabee). En Afrique, une agriculture familiale modernisée est la seule solution pour à la fois créer suffisamment d'emplois et améliorer la performance écologique.
- **La « finance verte » est une illusion**, par **Noël Amenc**, président de ERI Scientific Beta et de EDHEC Risk Institute. Les investisseurs n'ont aucun intérêt objectif à financer une économie plus « durable », si on ne les y incite pas.
- **Les énergéticiens veulent-ils vraiment développer le renouvelable ?**, par **Laetitia Liebert**, directrice de Sherpa. Les producteurs d'énergie fossile ou nucléaire contrôlent l'industrie de l'éolien et du solaire, ainsi que la politique publique censée la promouvoir. Est-ce vraiment compatible ?

- **Les entreprises veulent montrer qu'elles passent à l'action**, par **Arielle Schwab**, directrice associée d'Havas Paris. La communication des sociétés, sortie des incantations du « greenwashing », valorise des solutions concrètes pour lutter contre le réchauffement,
- **Cette funeste conférence climatique ne changera rien**, par **Fabrice Nicolino**, journaliste et essayiste. Les espoirs d'un monde débarrassé des effets du dérèglement climatique seront déçus, car nombre de négociateurs sont complaisants à l'égard des industries et entreprises les plus polluantes.
- **« Un succès à la COP21 est plus important que jamais »**, par **Friederike Röder**, directrice de ONE France, et **Guido Schmidt-Traub**, directeur exécutif de Sustainable Development Solutions Network. Si le financement de la lutte contre le changement climatique est au cœur des négociations, la question de sa juste répartition en fonction des besoins n'a pas encore reçu l'attention qu'elle devrait.
- **L'Afrique est la clé du succès de la COP21**, par **Jean-Joseph Boillot** (coauteur de « L'Afrique pour les nuls ») et **Thierry Téné** (Institut Afrique RSE). L'Afrique pèse peu sur la scène politique de la conférence de Paris sur le climat. La prise en compte de ses intérêts sera pourtant la condition d'un accord effectif.
- **Le modèle énergétique nordique n'est pas une utopie**, par **Nicolas Escach**, docteur et agrégé de géographie, enseignant-chercheur à l'Institut d'études culturelles et internationales, université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines. La Scandinavie montre l'importance de penser localement et d'agir localement en mobilisant au plus petit niveau les compétences des acteurs et habitants. La France a les moyens de s'en inspirer.
- **La norme au secours du dérèglement climatique**, par **Olivier Peyrat**, directeur général d'Afnor. Il est nécessaire de miser sur les normes volontaires pour atteindre les objectifs attendus lors de la COP21.
- **« Que les économistes peuvent-ils dire sur l'environnement ? »**, par **Pascal de Lima**, économiste, fondateur d'Economic Cell. La valeur que l'on attribue à une ressource naturelle ou à un bien environnemental dépend de nombreux paramètres incertains qui mettent les économistes face à leurs limites, quand ils ne sont pas confrontés à des considérations éthiques qu'ils ne peuvent pas trancher.
- **L'illusion d'une électricité 100% renouvelable**, par **Sébastien Balibar**, physicien au département de physique de l'Ecole normale supérieure. Un scénario à 100% solaire, éolien et hydroélectrique d'ici trente-cinq ans est tout simplement impossible.
- **« Cessons d'investir dans les énergies fossiles ! »**, par **Thomas Piketty** et **Tim Jackson**, économistes. Alors que la menace climatique doit conduire l'industrie des combustibles à réorienter son activité vers les énergies renouvelables, celle-ci extrait au contraire davantage de pétrole, de charbon et de gaz. Un autre modèle de développement est possible.
- **Les Etats doivent tenir leur promesse de suppression des aides aux énergies fossiles**, par **Jeffrey Sachs**, **Roberto Lavagna**, **Nouriel Roubini**, **Mark Jaccard**, **André Lara Resende**, **Frank Jotzo**. Six économistes internationaux appellent les dirigeants du G20 à supprimer les aides publiques à la recherche et à l'exploration de nouveaux gisements d'énergies fossiles.
- **La fiscalité écologique doit bénéficier aux régions**, par **Nicolas Bouzou**, économiste, et **Alain Rousset**, président de l'Association des régions de France. Les conseils régionaux ont la responsabilité de la transition énergétique sur leurs territoires ; ils doivent gérer les financements correspondants.
- **Quelles politiques publiques pour sauver la forêt amazonienne ?**, par **Sylvain Chabé-Ferret** (Ecole d'économie de Toulouse), **Eduardo Souza-Rodrigues** (université de Toronto), **Julie Subervie** (Inra) et **Arthur Van Benthem**, (université de Pennsylvanie). Etablir des zones protégées ? Interdire les coupes ? Subventionner la

gestion « durable » ? Les évaluations manquent pour déterminer les outils les plus efficaces.

- **15% d'énergie renouvelable produite par les citoyens en 2030**, par **Frédéric Tiberghien**, président de Finansol. les citoyens peuvent jouer un rôle dans la transition énergétique, en se réappropriant la production et la consommation d'énergie.

- **Tous les Etats doivent taxer le carbone**, par **Christine Lagarde**, directrice générale du Fonds monétaire international, et **Jim Yong Kim**, président du groupe de la Banque mondiale. Pour appliquer le principe du « pollueur-payeur » sans fausser la concurrence, tous les Etats doivent instaurer une taxe sur les émissions de gaz à effet de serre.

- **Et si la solution était une hausse massive du pétrole**, par **Henri Prévot**, consultant en énergie. Pour contribuer à la lutte contre le réchauffement, le meilleur apport des pays producteurs d'énergie fossile serait... de faire grimper leurs prix.

- **Lutter contre le changement climatique sans aggraver les inégalités**, par **Mireille Chiroleu-Assouline** et **Mouez Fodha**, professeurs d'économie de l'environnement, université Paris-1 Panthéon-Sorbonne et Ecole d'économie de Paris). Mettre en œuvre une fiscalité écologique juste nécessite une réforme fiscale plus large.

- **Climat : les idées fausses de bons économistes**, par **Olivier Godard**, directeur de recherche honoraire au CNRS. La proposition d'un prix mondial unique du carbone accompagné d'un système de bonus-malus se révèle surréaliste dans le contexte des négociations en vue de la COP21.

- **COP21 : Christine Lagarde a raison !**, par **Jean-Michel Naulot**, ancien membre du Collège de l'Autorité des marchés financiers (AMF). Les dirigeants européens devraient s'engager en faveur d'une taxe carbone applicable à partir de 2020, dans l'hypothèse où d'ici là le prix du carbone ne se stabiliserait pas au-dessus de 30 euros.

- **L'Europe doit défendre une position commune sur la compensation carbone**, par **Guntram B. Wolff** et **Georg Zachmann**, de l'Institut Bruegel (Bruxelles). L'engagement financier et technologique de l'Union européenne pèsera plus lourd dans la négociation que les engagements isolés de chaque Etat membre.

- **Pour un prix du carbone équitable et progressif**, par les économistes **Raphaël-Homayoun Boroumand** et **Thomas Porcher** et par **Thomas Stocker**, professeur de physique climatique à l'université de Berne (Suisse) et co-président du groupe « Sciences » du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Pour dépasser l'opposition entre pays riches et pauvres, le prix du carbone doit être lié au niveau de développement.

- **Le commerce des produits « verts », allié du climat ?** Par **Vincent Champain** et **Adrien Rivierre**, membres de l'Observatoire du long terme. Pour minimiser le coût de la transition climatique, il faut cibler les biens et services environnementaux les plus abordables et accélérer leur développement.

- **Produisons nous-mêmes notre énergie!**, par **Pascal Canfin**, **Corinne Lepage** et **Hugues Sibille**. En Allemagne, les habitants produisent la moitié de l'énergie renouvelable. La France doit viser 15 % de tels « projets citoyens » en 2030, estiment les anciens ministres et le président du Labo de l'économie sociale et solidaire.

- **L'accord sur le climat devra étendre le marché carbone à l'échelle mondiale**, par **Pierre-André Juvet** (Professeur à l'université Paris-Ouest Nanterre-La-Défense, chaire Economie du climat) et **Christian de Perthuis** (Professeur à l'université Paris-Dauphine, chaire Economie du climat). Un prix unique du carbone, accompagné d'un système de bonus-malus profitable aux pays en développement, permettrait d'étendre la lutte contre le réchauffement à toute la planète, selon les deux universitaires.

- **Evaluer le risque climatique, un défi pour les économistes**, par **Christoph Rheinberger** et **Nicolas Treich** (Ecole d'économie de Toulouse). Pour investir de façon

efficace dans la lutte contre le réchauffement, évaluer le coût du risque d'une extinction de l'humanité est une question économique pertinente, même si elle peut paraître moralement étrange.

- **Climat : la taxe sur les carburants plus efficace que les normes anti-pollution**, par **Arthur van Benthem** (Université de Pennsylvanie) et **Mathias Reynaert** (Ecole d'économie de Toulouse). N'osant accroître la fiscalité sur l'essence, les gouvernements préfèrent imposer des normes anti-pollutions... dont les effets induits sont nocifs pour le climat.

- **Le principe pollueur-payeur, tout simplement**, par **Christian Gollier** (Ecole d'économie de Toulouse). Les critiques contre l'objectif d'un prix mondial du carbone oublient qu'il s'agit du principe le plus simple pour combattre les égoïsmes des Etats.

- **Le prix mondial du carbone est une fausse bonne idée**, par **Marianne Fay** et **Stéphane Hallegatte** (Banque mondiale). La lutte contre les émissions de CO2 doit prendre des modalités différentes selon chaque pays, mêlant normes, fiscalité et marchés d'échanges en fonction du contexte local, loin de toute solution « unique ».

- **COP21 : le marché mondial du carbone n'aura pas lieu**, par **David Martimort** (Ecole d'Economie de Paris et EHESS) et **Wilfried Sand-Zantman** (Ecole d'Economie de Toulouse et ESSEC). Le marché unique d'échanges de quotas de gaz à effet de serre est un mythe ; d'autres modes d'incitation à un comportement plus « durable » des acteurs peuvent être mis en place de façon pragmatique.

- **Pour un accord efficace sur le climat**, par **Christian Gollier et Jean Tirole** (Ecole d'économie de Toulouse). Seule la fixation d'un prix mondial du carbone au travers d'un marché de permis d'émission pourra les contraindre les Etats à s'engager sur la baisse des émissions de gaz à effet de serre.

- **Le climat ne se réduit pas à un prix**, par **Dominique Dron**, ancienne Commissaire générale au développement durable. Les économistes demandent la création d'un prix unique du carbone pour lutter contre le réchauffement. Mais l'incitation par le marché ne suffira pas à changer nos comportements.

- **Un accord sur le climat utile à Paris, mais sans les théoriciens**, par **Dominique Finon**, directeur de recherche CNRS émérite. Il ne sert à rien de fantasmer sur un accord qui reposerait sur la contrainte. Il faut rechercher un nouveau régime international créant une dynamique d'adhésion progressive et d'approfondissement des engagements volontaires, en se basant sur une coopération financière Nord-Sud solide.

- **Le « dictateur bienveillant » et le climat**, par **Roger Guesnerie**, professeur honoraire au Collège de France et président de l'Ecole d'économie de Paris. Répartir les « quotas » qui permettraient à un marché mondial du carbone de fonctionner est politiquement impossible. Il faut, pragmatiquement, favoriser des accords régionaux et partiels, en espérant leur convergence future.

- **La réponse au réchauffement climatique est aussi culturelle**. Vingt-cinq dirigeants de grandes entreprises, chercheurs et artistes, parmi lesquels le sociologue **Philippe d'Iribarne**, la présidente d'Arte **Véronique Cayla**, le PDG d'Engie **Gérard Mestrallet** ou le directeur général d'HEC **Bernard Ramanantsoa**, appellent à plus de créativité pour lutter contre les défis climatiques.

En savoir plus sur http://www.lemonde.fr/idees/article/2015/06/30/climat-le-debat-entre-economistes-s-echauffe_4664873_3232.html#4e4Fd4AxxDCbjgvX.99