



**HAL**  
open science

# L'électricité et les sources d'énergie renouvelables ; quels enjeux de durabilité? Document 2 du MOOC Développement et durabilité, juin-juillet 2015

Jean-Christophe Simon

## ► To cite this version:

Jean-Christophe Simon. L'électricité et les sources d'énergie renouvelables ; quels enjeux de durabilité? Document 2 du MOOC Développement et durabilité, juin-juillet 2015. Licence. MOOC Développement et durabilité, France. 2015. cel-02159128

**HAL Id: cel-02159128**

**<https://hal.science/cel-02159128>**

Submitted on 18 Jun 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Document 2 Storyboard

Module : L'électricité et les sources d'énergie renouvelables ; quels enjeux de durabilité ?

Enseignant : J-C SIMON

### Rappel :

Votre cours = **Module**

Les différents chapitres de votre cours = **Séquences**

Chaque vidéo que vous allez tourner = **Capsule**

Une séquence peut comporter : plusieurs minis capsules si besoin (cf : séquence 3)

**Module** : total de 60 à 70mn de vidéos

Introduction	Séquence 1	Séquence 2	Séquence 3		Séquence 4	Séquence 5	Séquence 6	Séquence 7
Capsule 1	Capsule 2	Capsule 3	Caps 4	Caps 5	Capsule 6	Capsule 7	Capsule 8	Capsule 9

### Recommandations :

Pour la rédaction : privilégier les phrases courtes

#### I. Séquence d'introduction

1. Faire une présentation générale du thème de la semaine.
2. Introduire le lien avec le fil directeur du MOOC
3. Introduire la problématique du module
4. Présenter les objectifs pédagogiques de la semaine
  - le but du cours, vos intentions (ex : ce cours vise à vous familiariser..., vise à initier...)
  - exprimer les objectifs liés aux capacités des étudiants (ex : A la fin de ce cours vous devriez être capable de...)
5. Annoncer votre plan de façon structurée

## II. Pour les autres séquences

1. Présenter la thématique que vous allez aborder
2. Introduire les questions auxquelles vous allez répondre
3. Annoncer votre plan
4. Développer la thématique
5. Faire une synthèse de ce que l'étudiant doit retenir

Capsule 1 : Introduction du module / Pourquoi les Energies renouvelables sont-elles importantes pour un Développement Durable ?	Temps	Paramètres cinématographiques
		Décrire le contenu qui s'affiche à l'écran : Texte des diapos, films, objets, docs, images, alternance des intervenants.
<p>L'énergie est au centre de l'organisation et du fonctionnement des sociétés humaines. Elle permet de répondre aux besoins de production, de consommation, de transport, de santé, et aussi de sécurité locale et collective... Mais l'énergie fait aussi problème pour la pérennité de notre mode de vie – elle conditionne notre avenir.</p> <p>Pour explorer un champ d'étude restreint nous ferons un focus sur l'électricité puisque c'est une source d'énergie majeure pour le fonctionnement des sociétés contemporaines</p> <p>Comme vous le savez, l'électricité est un pilier de la 2e révolution industrielle au début du XXe siècle ; elle a transformé les modes de vie, les rapports entre humains et vis-à-vis de l'environnement terrestre. Le déploiement de l'électricité a permis l'émergence de grappes d'activités telles que : les industries lourdes, les transports urbains et continentaux, les réseaux de télécommunications, de services et de media. Bien plus elle a façonné nos paysages urbains, notre ambiance domestique, notre rapport à la santé, au savoir, à l'art.</p>		<p>Quelques images flash (suggestion) ?</p> <p>Utilisation de l'électricité</p> <p>individuelle : produits électro ménager</p> <p>Collective : transports, médical, éducation</p> <p>Divers secteurs : siderurgie, électronique banque,</p>

<p>Nous pouvons l'obtenir avec des sources d'énergies variées : il s'agit majoritairement de sources fossiles telles que le charbon, les hydrocarbures - gaz et pétrole. Leurs réserves mondiales sont limitées. Leur usage intensif et croissant cause des pollutions locales et aussi des émissions de gaz à effet de serre dont l'effet est global. Pour le nucléaire la production et les déchets présentent de très grands risques et une forte incertitude. C'est une situation systémique insoutenable à long terme.</p> <p>Cependant, il existe aussi des sources électriques renouvelables et décarbonées : l'hydraulique qui a fondé le décollage de la production et des réseaux électriques. Mais cette source est sauf exception minoritaire. D'autres sources propres sont en émergence telles que le vent, le solaire, la biomasse.</p>		
<p>Trois aspects vont nous intéresser tout particulièrement dans ce cours:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout d'abord le déploiement de l'énergie électrique, sa place centrale dans l'utilisation d'énergie pour les activités humaines Mais aussi l'enjeu de sa généralisation puisque une grande partie de la population mondiale n'y a pas accès. Pourtant, elle est un élément crucial pour le développement social.</li> <li>- Ensuite l'expansion des sources d'électricité renouvelables qui contribuent à une transformation de nos systèmes énergétiques. Cette transformation est activée par un double ressort : technique et économique.</li> <li>- Enfin la réflexion sur la transition énergétique : une « décarbonation » de nos activités est cruciale. Cette réduction de la consommation des énergies fossiles doit permettre de réduire nos émissions de gaz à effet de serre. L'électrification peut être un élément de la préservation de l'environnement et de la lutte contre le changement climatique, pour un futur durable donc vivable des sociétés humaines.</li> </ul> <p>Nous vous proposerons une analyse en cinq étapes :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Dans un premier temps nous allons explorer le système électrique pour mieux comprendre quelle place occupent les sources renouvelables.</li> <li>2) Dans un deuxième temps nous éclairerons la situation des pays industriels, avec des exemples de l'union Européenne. Nous verrons comment la modification de leur système énergétique s'appuie sur l'électricité renouvelable pour conforter une transition énergétique.</li> <li>3) Dans un troisième temps nous braquerons le projecteur sur les pays en développement, du Sud – l'expansion de leur électrification est impérative pour faire</li> </ol>		<p>Affichage progressif du titre des 5 capsules à venir</p>

<p>face au défi d'un développement plus généralisé mais aussi plus durable que dans les dernières décennies.</p> <p>4) Dans un quatrième temps nous examinerons les interactions entre électrification, production d'électricité et changement climatique.</p> <p>5) Et enfin dans un cinquième temps, nous analyserons les formes d'intervention pour promouvoir cette énergie électrique durable – en faisant un aperçu des outils des politiques énergétiques publiques disponibles. Et nous réfléchirons aux perspectives à long terme.</p>		

**Capsule 2 : Electricité ; vers une énergie durable ?  
De la production aux réseaux, quelques éclairages.**

Temps

Paramètres  
cinématographiques

**L'électricité dans le monde contemporain**

La fée électricité est présente partout: c'est la super star de nos sociétés, à la fois omniprésente et invisible, à part quelques étincelles. Dans les sociétés industrialisées nous la considérons comme un élément de base de notre mode de vie – comme l'eau domestique, propre et fraîche. La représentation de l'éclairage urbain sur un planisphère est révélatrice (photo) des zones de lumière mais aussi des zones d'ombre qui en sont dépourvues ;

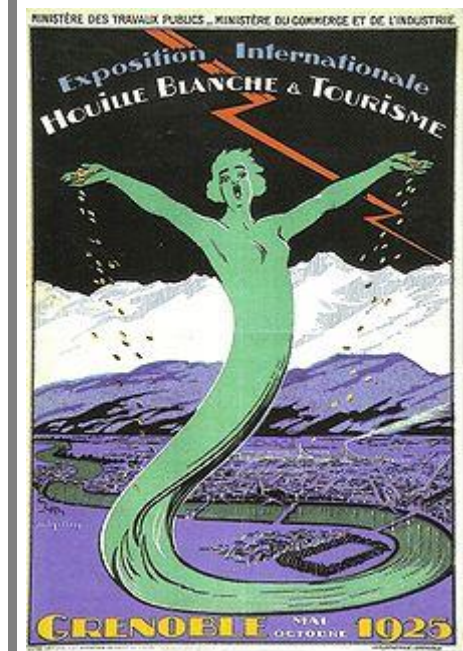
Dans nos pays industriels, plus de 100 ans après l'arrivée de la « fée électricité », elle est abondante et on observe encore une progression de la demande électrique. Dans les pays du Sud, sa demande est en forte expansion et les réseaux s'étendent. Mais ces réseaux sont loin d'atteindre toutes les populations; En moyenne dans les PVD le quart de la population n'en dispose pas encore – 70% en Afrique sahélienne et 25 % en Inde.

Pour autant, est-ce vraiment une énergie 'propre', l'énergie durable par excellence ?  
**Nous verrons dans cette séquence certaines caractéristiques du système électrique ; la diversité des sources d'énergie, et en particulier les sources renouvelables - leur place dans la demande globale d'électricité, leurs avantages et inconvénients sur un plan technologique et de durabilité.**

Comme la ressource en eau, l'électricité fait partie de notre système économique et social, de notre biotope. L'enjeu d'un système électrique durable est de continuer à satisfaire nos besoins humains croissants, sans contribuer à un épuisement de ressources rares ni provoquer des pollutions ou contribuer à peser sur l'effet de serre. Dans ce contexte les sources d'énergie électrique renouvelables sont un des éléments fondamentaux de la transition énergétique.

Nous utilisons massivement de l'énergie pour éclairer l'atmosphère céleste !!! (photo planète « éclairée » !).

Et si on s'offrait la fée de l'exposition Grenobloise de 1925 ? ou celle de Dufy



<p>Cette grande transformation contemporaine dépend certes d'éléments économiques, mais aussi largement des évolutions technologiques. Nous allons en découvrir quelques aspects.</p>		<p>Images possibles :</p> <p>Les réseaux de transport</p> <p>Les principales sources renouvelables pour l'électricité:</p> <p>Barrages (diverses tailles et situations, chutes d'eau)  Petite hydraulique  Eolien  Photovoltaïque  Geothermie  Biomasse</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comment produit on l'électricité actuellement et quelle place pour les renouvelables ?</li> </ul> <p>Nous considérons le mix électrique de grandes régions de la planète : c'est la combinaison de différentes sources d'énergie permettant de produire de l'électricité.</p>	<p>I</p>	<p>Tableau 2.1:  Le mix électrique des grandes régions du monde  place des fossiles  Monde / Am du Sud / Afrique /  Asie / Europe (source Enerdata)  1990 2010</p>

Actuellement, sur la planète, l'électricité est largement produite par des sources fossiles – elles assurent 80% de la production. Les 20 % restant sont renouvelables !

Voyons les sources fossiles : Le charbon abondant, source bon marché mais polluante se trouve en tête, plus de 40 % de avec la production électrique mondiale, suivi par le gaz naturel (20%) et énergie nucléaire (10% environ).

Certaines sources s'épuisent et sont polluantes donc 'non durables' : charbon et gaz de schiste posent de graves problèmes environnementaux. L'électricité d'origine nucléaire pose aussi problème. Elle provient d'un minerai en voie d'épuisement et produit des déchets extrêmement polluants.

Pour les renouvelables nous trouvons actuellement l'hydro-électricité (15% du total) l'éolien et la géothermie (5%).

Comme les sources d'énergie sont variées, on observe des mix électriques contrastés sur la planète. Le trait commun des diverses régions reste la place minoritaire des sources d'énergie renouvelables (3% au Moyen Orient, 15% en Asie, 17 % en Afrique contre 70 % en Amérique Latine).

#### Tableau 2

- Nous allons prendre le cas d'une source renouvelable bien établie – c'est l'hydro-électricité, également appelée « houille blanche ».

Depuis le début du XXe siècle l'hydro-électricité a été promue comme source renouvelable emblématique : Cette énergie permet de générer une production électrique abondante, puissante et propre ; Elle est installée sur le lieu d'exploitation de la ressource en eau – qu'il s'agisse du torrent de montagne ou du grand fleuve. En valorisant les technologies de la 2<sup>e</sup> révolution industrielle – acier et béton – elle est ancrée dans le territoire, le biotope. C'est particulièrement vrai pour la houille blanche dans les Alpes au tout début du XXe siècle.

#### Graphique : mix mondial en 2013

Tableau 2.2 :  
la répartition des sources de production 'électricité  
hiérarchie des principales sources renouvelables

Enerdata / AIE à vérifier

Tableau 2.3:  
la production hydraulique mondiale  
Par continent 1990- 2010

Graphique Principaux producteurs / capacité et évolution 1990 -2010



Au départ c'est du local ; considérons la région grenobloise et l'équipement de la vallée de la Romanche. Il permet de faire fonctionner les usines qui viennent chercher l'énergie. La houille Blanche éclaire la ville de Grenoble en XXX . Elle génère aussi une nouvelle activité économique locale à grande échelle. Actuellement les installations électriques et les chutes hydrauliques de montagne sont toujours utilisées et même revalorisées. D'une part l'équipement en barrages a pu être multiplié sur les principaux cours d'eau de la région. D'autre part la technologie du pompage en période creuse permet de pratiquer un stockage de l'eau. Ceci offre une réserve pour produire l'énergie électrique lors des pics de demande.

Cette ressource hydraulique exploitable présente des limites évidentes. Il faut disposer de l'espace et gérer la ressource en eau. Ceci crée des controverses dans certaines régions des Alpes. Ce problème se pose aussi dans de grands espaces en développement, comme en Amazonie ou en Asie du sud-est. De très grands barrages y sont programmés. Ils font face à l'opposition des populations locales.

- A côté de la grande hydraulique quelle place pour d'autres sources d'électricité renouvelable ?

Les autres sources majeures qui connaissent un déploiement actuellement sont : La petite hydraulique (il s'agit des petites centrales locales), l'énergie éolienne (les éoliennes terrestres ou marines), l'électricité produite à partir de géothermie ou de biomasse (bois et produits ligneux) et l'énergie solaire. Leur développement dépend beaucoup des conditions environnementales locales mais aussi de l'acceptabilité par les régions où elles sont installées.

Nous voyons la place relative des sources renouvelables dans le monde sur le graphique : L'hydraulique et l'éolien reste les plus importantes sources, mais à l'horizon 2050 les sources nouvelles d'énergie électriques auront une place substantielle : elle devrait être supérieur à celle de l'hydraulique.

- La durabilité du système électrique dépend aussi de trois autres dimensions :

D'abord la proportion des renouvelables liées à des sources intermittentes comme le soleil ou le vent. Produire à partir de ces sources présente une contrainte particulière selon la météo ou l'heure de la journée. La production électrique doit être stable et réactive pour satisfaire la demande. Toutes les sources de production électrique ne sont pas également efficaces sur ces critères.

D'autre part la qualité et l'ampleur du réseau de transport sont aussi un élément de durabilité: L'atout de l'énergie électrique est de pouvoir être transportée instantanément sur longues distances. Elle voyage au delà des frontières, si les réseaux sont bien conçus et les contrats commerciaux bien établis... ; Il faut aussi prendre en compte le développement de sites isolés dont le coût de raccordement au réseau serait trop élevé. Dans les pays en développement, on estime que la moitié de la demande, actuellement non satisfaite, pourrait être approvisionnée par des sources locales avec les nouvelles énergies renouvelables.

Enfin le défi du stockage : actuellement il est difficile ou coûteux de stocker l'électricité. Certes nous disposons de batteries pour nos téléphones portables, nos ordinateurs et pour les réseaux de secours. Mais le stockage éprouvé pour l'électricité renouvelable c'est le réservoir d'eau : Lac de montagne ou réservoir artificiel, il est réapprovisionné depuis l'aval par des (STEP) Station de transfert d'énergie par pompage. Elles fonctionnent la nuit. Ceci permet lors de pics de demande, ou de pénurie d'offre de relancer rapidement la production en utilisant la puissance de chute.

Ces éléments permettent de développer complémentarité, sécurité et approvisionnement à coût optimisé – en évitant aussi les surinvestissements.

### **Acquis de la réflexion**

Au départ de la transition énergétique il y a donc la volonté d'augmenter très fortement la place des sources renouvelables. Nous avons vu que la production actuelle reste fondée sur les sources fossiles – elles ne seront minoritaire qu'à l'horizon 2050 selon les estimations admises.

Pour favoriser une électricité plus durable il faut un mix pertinent et aussi à l'avenir le déploiement d'une nouvelle vague de technologies électriques.

**Capsule 3 : Le système électrique des pays de l'Union Européenne ; vers une transition ?**

Temps

Paramètres cinématographiques

Les systèmes électriques actuels des grands pays industriels résultent de choix et d'orientations vieilles de plusieurs décennies: ils reflètent certains héritages de nos sociétés post industrielles, mais aussi nos habitudes - et notre appétit - de consommation énergétique.  
 Cependant depuis le début du XXIe siècle une préoccupation de durabilité du système énergétique a conduit à mettre en avant l'idée de transition énergétique. Ce thème mobilise à la fois les préoccupations d'une politique énergétique durable et celles d'une politique de lutte contre le changement climatique. Il est débattu et porté de manière volontariste par l'Union Européenne, qui nous servira donc de référence.

Nous en versons quelques aspects:

- L'impact de la transition énergétique sur le mix électrique
- L'intégration croissante des sources renouvelables
- Les perspectives des prochaines décennies
- Et enfin nous évoquerons quelques débats actuels

**Pourquoi cette transition énergétique a-t-elle un impact sur le mix électrique ?**

Les objectifs de la transition énergétique dans le secteur électrique visent une transformation, avec plusieurs composantes: augmenter l'efficacité des systèmes énergétiques, maîtriser la consommation, et surtout réduire la part des énergies fossiles. Ces objectifs ont un impact à deux niveaux : d'une part ils conduisent aussi les collectivités, les entreprises et les citoyens à adopter des attitudes de consommation électrique plus responsables. D'autre part ils exigent de restreindre la place des sources d'énergie fossile dans la production donc dans le mix électrique.

Tableau 3.1 : les grandeurs énergie U.E. Energie et / cons électricité par tête Pays significatifs Evolution 1990-2010

Par le passé, dans l'Union Européenne plusieurs pays ont pu s'appuyer sur des ressources fossiles abondantes : gaz de la mer du nord en Grande Bretagne en Allemagne et Hollande, charbon en Pologne. En France le choix du nucléaire pour l'électricité a été une réponse pour une indépendance face au manque de sources nationales d'énergie. Cet héritage encadre le processus et les possibilités de choix pour rendre effective la transition du système électrique.

Actuellement cette préoccupation de décarbonation du mix électrique répond à trois impératifs :  
Premièrement, réduire les activités polluantes (en particulier les centrales à charbon), et deuxièmement réduire les émissions de GES, héritées de notre industrialisation carbonée; En plus on peut voir une possibilité de desserrer la contrainte des importations extra-européennes, à travers la valorisation des sources renouvelables domestiques.

### **Quel recours aux nouvelles énergies renouvelables ?**

Les technologies permettant de produire de l'électricité renouvelable sont utilisées de façon croissante depuis une décennie en Europe.

Mais leur place reste globalement limitée, une peu plus de 20% dans la production électrique en moyenne pour les 27 membres de l'Union Européenne. C'est une moyenne qui dissimule des disparités importantes : en 2010, il s'agit de moins de 10% au Royaume Uni, en Belgique et en Pologne, seulement 13% en France, contre plus de 55% en Autriche et en Suède.

Dans l'Union Européenne, le premier rang reste détenu par l'hydro électricité qui assure environ la moitié de la production renouvelable. Elle est suivie par les nouvelles énergies renouvelables, dans l'ordre éolien, biomasse et solaire.

Mais il faut surtout souligner la progression des nouvelles énergies renouvelables au cours de la dernière décennie.

D'une part elles bénéficient de politiques volontaristes et d'autre part leurs performances s'améliorent et leur cout relatif baisse.

D'autre part elles sont un vecteur de la transition énergétique à long terme.

Le graphique montre bien l'évolution de la part des nouvelles énergies renouvelables depuis le début du siècle. La production d'électricité éolienne a été multipliée par un

### **Tableau 3.2**

Les EN Ren dans la production électrique

8 pays de l'Union Européenne  
4 grands Allemagne, Italie U-K et France et 4 petits Autriche Danemark, Belgique, Pol

<p>facteur 10, celle utilisant la biomasse par 5. Le solaire photovoltaïque, quasi inexistant en 2000 a pris le 3<sup>e</sup> rang en 2014. b</p> <p>Les efforts nationaux ont été contrastés : parmi les grands pays producteurs ayant développé ces sources nouvelles on relève en 2012: L'Allemagne (50% de sa production renouvelable avec biomasse et éolien), la France (25% avec l'éolien et 5% de biomasse), l'Italie (plus de 40% en additionnant éolien, biomasse et solaire), l'Espagne (où plus de 50% provient de l'éolien). Parmi les petits producteurs, le Danemark, la Hollande et le Portugal arrivent aussi à plus de 50% de part des nouvelles énergies renouvelables dans leur production électrique avec éolien et biomasse.</p>		<p>Tableau 3.3 part des Nlles EnRen et leur évolution 1990 -2030</p>
<p><b>Voyons maintenant quelles sont les ambitions européennes à long terme pour le développement des sources renouvelables ?</b></p> <p>Globalement les pays membres de l'Union Européenne ont progressivement construit une politique commune de développement durable. Cette politique inclut les dimensions énergie et changement climatique. Cela traduit l'impératif d'une articulation de la politique énergétique avec la politique de lutte contre le changement climatique. Cela a conduit à fixer en 2007 un objectif global de durabilité du système énergétique « objectifs 20-20-20 » pour 2020. Cela se traduit par une directive réglementaire qui oblige les Etats membres à mobiliser les ressources nécessaires. Cet objectif vise trois buts spécifiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une réduction de 20% des émissions de GES (par rapport à 1990)</li> <li>• Une progression de la part des énergies renouvelables pour la porter à 20 % du total, secteur électrique inclus – contre 11% en 2010.</li> <li>• Une amélioration de l'efficacité énergétique de 20%</li> </ul> <p>Au-delà de cet objectif assez proche, la perspective de long terme est ambitieuse pour l'Europe puisqu'il est envisagé de porter la part des renouvelables à 30% en 2030, et de la faire progresser ultérieurement à l'horizon 2050. Ceci dépendra de façon cruciale de l'introduction de nouvelles technologies. Cela sera aussi conditionné par la place assignée à l'énergie nucléaire.</p>		<p>Les pays leaders pour les renouvelables :</p> <p>Hydro électricité : Suède (66 TWh) France (45TWh) Italie (45Twh) Eolien : Allemagne (50TWh) Espagne (44TWh) UK (15TWh) Biomasse : Allemagne (33TWh) UK (12 TWh) Geothermie : Italie (6TWh)</p>

### **Quelques débats et controverses éclairent la complexité de cette transition du secteur électrique :**

- Malgré l'attrait de l'énergie propre, on trouve des renouvelables indésirables : la production d'électricité renouvelable est globalement souhaitable mais pas toujours acceptable localement. L'impact des sites de centrales hydrauliques et d'éoliennes sur les paysages et les biotopes est débattu. Les habitants des zones d'installation de centrales photovoltaïques contestent leur localisation (le syndrome NIMBY).
- La biomasse comme source d'électricité durable peut se révéler une « fausse bonne idée ». En effet lancer des productions végétales pour des carburants ou pour la production électrique n'est pas forcément durable – les impératifs d'intensité du système de culture peuvent se révéler non durable – à cause des intrants utilisés ou des pollutions occasionnées.
- Le débat sur l'électricité nucléaire reste marqué par la controverse, et les divergences dans les politiques nationales. Le nucléaire est une source majeure d'électricité en France, en cours de restructuration au Royaume uni, mais interdite en Autriche et actuellement bannie en Allemagne.

### **Acquis de la réflexion**

Nous avons constaté une progression très forte des énergies renouvelables, inégale selon les pays de l'U.E. Elle oriente le système électrique sur la voie d'une décarbonation programmée. Cette transition requiert des efforts substantiels sur 4 technologies principales, hydraulique, éolien terrestre et maritime, et solaire PV, et géothermie.

Derrière cette diversité se trouvent des choix nécessaires, appuyés par des politiques volontaristes.

Nous verrons dans la dernière séquence quelques outils des politiques publiques pour favoriser cette transition du système électrique.

Capsule 4 : Développement, durabilité et électricité dans les Pays en Développement : A la recherche d'une électrification décarbonée	Temps	Paramètres cinématographiques
<p>La question de l'évolution actuelle des systèmes énergétiques peut être éclairée de manière particulière en considérant les pays du Sud.</p> <p>Les pays en développement présentent des spécificités du fait de leurs évolutions particulièrement rapides sur divers plans :</p> <p>Certains d'entre eux font par exemple encore face à une croissance forte de la population. Et la plupart sont toujours affectés par de profondes mutations économiques et sociales, provoquées entre autres par la diversification des activités productives, la transformation des villes ainsi que les changements des structures de l'emploi ou des familles.</p> <p>Ces évolutions marquent leurs écosystèmes, leurs modes de production et de consommation, ainsi que les espaces et territoires ruraux et urbains... Mais toutes ces mutations convergent vers une explosion de leurs besoins énergétiques, et plus particulièrement d'énergies dites modernes : carburants et électricité...</p> <p>Cette augmentation de la demande est génératrice de tensions et de crises parfois aiguës:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les prélèvements sur la biomasse détruisent les écosystèmes,</li> <li>- l'importation de l'énergie grève les réserves en devises,</li> <li>- l'investissement dans de nouvelles capacités de production nécessite de lourds financements,</li> <li>- l'insuffisance et le coût de l'électricité marginalisent certaines populations et freinent le développement.</li> </ul> <p>Nous allons dans un premier temps revenir sur la notion de développement et y resituer la place, fondamentale de l'énergie.</p> <p>Puis nous évoquerons la diversité des systèmes électriques des Pays en développement (PED) ainsi que les composantes de leur mix de production. Nous y analyserons notamment la place des sources électriques renouvelables...</p> <p><b><i>Quelle place de l'énergie dans le développement dans les pays du Sud ?</i></b></p> <p>Rappelons ici que le fond de scène du développement est caractérisé par des dotations en ressources énergétiques très contrastées : dans de nombreux pays l'énergie principale est la biomasse – le bois les déchets végétaux ou animaux... Les</p>		<p>Décrire le contenu qui s'affiche à l'écran : Texte des diapos, films, objets, docs, images, alternance des intervenants.</p>

énergies modernes, comme le charbon ou les hydrocarbures, doivent fréquemment être importés, ce qui les rend très chères.

L'accès à l'énergie montre donc des disparités énormes entre les pays comme entre les grandes régions de la planète.

Mais ces inégalités se reproduisent souvent au cœur de chaque pays, au détriment des zones rurales ou des quartiers urbains marginalisés, comme cela est présenté dans le module dédié à l'accès à l'énergie.

#### **Tableau : Energie et population dans les PED**

Le tableau ci-contre atteste du contraste des situations sur la planète : en 2010,

- un africain consomme 5 fois moins d'énergie par tête qu'un européen.
- Quant à l'Amérique du Sud et à l'Asie, leur consommation d'énergie par tête demeure inférieure à la moyenne mondiale.

Il en va de même pour l'électricité : malgré des progrès substantiels au cours des dernières décennies, les disparités demeurent. Certes, le niveau de consommation par tête a plus que triplé en Asie entre 1990 et 2010. Il a augmenté de près de 50% en Afrique et en Amérique Latine – ce dernier continent se situant à un niveau largement supérieur. Mais les trois continents présentent toujours une consommation inférieure à la moyenne mondiale.

Ce déséquilibre persistant situe bien l'enjeu de l'expansion actuel du déploiement des systèmes électriques au Sud . Nous pouvons souligner trois aspects :

- Un/ l'impératif de la satisfaction d'une demande fortement croissante,
- Deux/ le défi de larges espaces nationaux à équiper,
- Trois/ l'existence de fortes inégalités de revenu à prendre en compte.

Il faut rappeler qu'aujourd'hui, des millions d'humains n'ont pas encore accès à l'électricité et subissent la nuit dans leurs foyers, des millions d'humains n'ont pas plus accès à des sources d'électricité stables ou suffisantes pour assurer le fonctionnement d'activités productives, de services publics de base, comme les écoles ou les dispensaires médicaux...

Dans le même temps, des populations toujours plus nombreuses dépendent de l'électricité pour leurs transports, leurs communications, leur confort ou leur hygiène, toute activité compromise par les défaillances d'approvisionnement et de réseaux qui touchent des régions entières et même des grandes villes.

#### **Tableau4.1 : Energie dans les PED tableau global: continents**

Ordres de grandeur des continents :  
PIB/tête, énergie prod et cons élec par  
tête



### ***Penchons-nous maintenant sur les mix électriques dans les PED :***

La transformation des systèmes électriques des pays en développement est d'abord quantitative, pour accroître les capacités installées et les productions. Elle est aussi qualitative puisqu'il convient souvent de diversifier les sources d'électricité. L'étude des évolutions des systèmes électriques de quelques pays sélectionnés révèle en effet plusieurs traits saillants :

- D'une part l'expansion phénoménale de la production, ainsi que de la consommation par habitant, puisqu'il s'avère que la consommation d'électricité des P.E.D. croît plus vite en volume que leur PIB.
- On note d'autre part que l'utilisation des sources d'énergie fossiles est prépondérante partout, sauf au Brésil. C'est évidemment logique pour les nombreux pays producteurs de charbon, de gaz et de pétrole. C'est encore accentué par la bonne maîtrise industrielle des technologies requises, avec une forte concurrence des vendeurs d'installations. Les équipements de grande capacité des centrales à charbon ou à gaz sont donc beaucoup plus accessibles qu'une installation nucléaire...

tableau des PED / indicateurs production électrique, sources fossiles / ren 1990 - 2010-2020

v Brésil, Mexique, Egypte, Inde, Indonésie, Af subSaharienne

### **Pourquoi, dans ces conditions, intégrer les énergies renouvelables dans le mix électrique ?**

Rappelons en préalable que c'est d'abord l'hydro-électricité qui a fait l'objet des investissements les plus importants, et ce dès les premières étapes des programmes de développement – y compris dans les périodes coloniales, les barrages faisant parties des infrastructures fondamentales.

Mais on assiste depuis quelques décennies au déploiement de nouvelles sources d'énergie électrique renouvelables. Pourquoi ?

Les nouvelles énergies renouvelables – telles que l'éolien et le solaire valorisent la ressource domestique nationale et diversifient les sources. Elles permettent de privilégier l'ancrage local de la production au plus près de certaines formes de demande : habitats dispersés, territoires montagneux ou régions insulaires disposant de ressources en espace, soleil et vent.

Tableau 4.2

Continents et PED choisis

Production électrique/ cons par tête et demande, sources fossiles / /

part REN 1990 - 2010-2020

part de l'hydro élec

Ceci justifie les progrès récents de ces énergies dans divers pays, présentés dans le tableau : les taux de croissance ont été remarquables, même si la part de ces énergies renouvelables reste modeste.

Cependant elles ont des limites : nous avons déjà évoqué la question de l'intermittence.

On peut souligner aussi des coûts relativement plus élevés, tant pour l'installation que la maintenance.

**Tableau ; Part des renouvelables / mix de renouvelables 2010 -2030 - 2050**  
*v Brésil, Mexique, Egypte, Inde, Indonésie, Af subSaharienne*

**Quels sont donc, en conclusion, à la fois les principaux enjeux et défis adossés à l'avenir électrique au Sud ?**

Dans les pays en développement, la croissance de la demande va durablement se prolonger. Cela implique des politiques de planification et des investissements considérables.

A ce titre, l'engagement dans la voie des énergies renouvelables détient une pertinence indéniable, pour les systèmes électriques dans la mesure où :

- Les ressources énergétiques se font inéluctablement de plus en plus rares et plus incertaines d'accès.
- Les énergies renouvelables sont en phases de déploiement rapide, permettant d'entrevoir une réduction des 'coûts d'apprentissage' de même qu'une baisse des coûts d'investissements unitaire, selon l'AIE.
- Les énergies renouvelables apportent des solutions opérantes aux questions lancinantes de couverture électrique des territoires en rapprochant le lieu de production du lieu de consommation.
- Les énergies renouvelables garantissent une diversification des sources, et contrebalancent de ce fait le risque de dépendance énergétique.

Finalement, et ce n'est pas le moindre, les sources électriques renouvelables viennent contribuer à l'indispensable effort économique et social pour réduire l'intensité carbone des activités humaines. A cette aune, électricité et renouvelables dans les PED exigent autant d'anticipations que d'ambition dans la définition de TOUTES les politiques publique.

<p>A l'issue de ce bref tour d'horizon, il semble manifeste qu'il existe une singularité des attentes et besoins des PED en matière de développement: les populations de ces pays veulent un mieux-être et la satisfaction de besoins fondamentaux. Cela passe notamment par le déploiement d'un système électrique fondé sur une politique nationale ambitieuse. Ce système doit être à la fois inclusif pour les populations et flexible pour intégrer plus de sources renouvelables d'électricité. Un système électrique peut donc être programmé et orienté pour contribuer au développement durable.</p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Quelques exemples de déploiement des renouvelables</b></li> </ul> <p>Nous nous référerons à quatre types de pays, selon le niveau de revenu par habitant et la place des renouvelables</p> <p><b>Brésil</b></p> <p><b>Maroc</b></p> <p><b>Indonésie</b></p> <p><b>Vietnam</b></p> <p><b>Sénégal</b></p>		<p><b>Tableau 4.3</b></p> <p><b>PED choisis / mix de renouvelables 1990 2010 -</b></p> <p><b>v Brésil, Mexique, Egypte, Inde, Indonésie, Af subSaharienne</b></p>



/au premier rang desquelles on trouve les énergies fossiles, comme le charbon ou le pétrole.

#### Tableau : AIE Emission CO2 par secteur

Les estimations de la production de CO2 au niveau mondial en 2010 placent justement le secteur électrique au premier rang des activités émettrices/ avec plus de 11 milliards de tonnes produites en 2010.

Comme le montre le graphique, avec une part de 38%/ce secteur électrique devance de loin le secteur des transports,/mais aussi ceux des services, de l'agriculture, de l'habitat.

Cela dit, on ne peut que constater l'inégalité planétaire des productions de CO2, /selon les continents,/ ou même selon les pays /: Mais il faut souligner que les pays industrialisés incontestables « leaders » historiques ont été rejoints par certains pays émergents, comme le montre le classement des principaux émetteurs de GES. En revanche, les émissions de CO2/ tant en valeur absolue que pondérées par habitants/ demeurent très faibles pour un très grand nombre de pays du Sud.

#### Tableau : AIE Enerdata Emission par continents et pour grands pays (totales / p cap)

Approfondissons maintenant ce dilemme entre énergie et climat et ces caractéristiques par grandes régions du monde.

Quelle est la situation des pays industrialisés ?

Un certain nombre d'entre eux ont déjà pris des engagements internationaux quantifiés de réduction. Ces engagements les obligent à mettre en œuvre des politiques de réduction de leurs émissions de GES. On désigne ce volet de la politique climatique sous le terme d'atténuation ou de mitigation. Il vise en effet à ralentir l'élévation de la température terrestre, par le ralentissement puis la réduction des émissions de la planète.

Ainsi l'Union Européenne est-elle partie prenante de la Convention des Nations Unies sur le Changement Climatique - /et en particulier du protocole de Kyoto entré en vigueur en 2005).

Tableau 5.3 Estimations tableau sur perspectives émission secteur électrique  
Groupes pays continents  
2010 2020 2030

Pourtant dans l'Union Européenne / *la consommation électrique par tête va encore augmenter à l'avenir (KWh/cap 2010-2030), de même que la production globale; il s'agit donc, faute d'enrayer cette progression, d'impérativement la ralentir.*

Pourquoi la situation est-elle différente pour les PVD ?

Les PVD ont besoin de satisfaire leur demande croissante en électricité, /étroitement liée à leur processus de croissance, /et plus généralement à leur développement économique et social. Leur production d'électricité va donc fortement progresser et leurs émissions de CO2 vont logiquement augmenter. Comme nous l'avons évoqué, le volume global de ce GES dépendra de la place des sources fossiles dans leur mix électrique.

Cependant on peut considérer que parmi les PED, les principaux pays émetteurs ont un intérêt à maîtriser leur demande d'énergie dont l'énergie électrique, et en même temps leurs émissions de CO2 :

- D'une part parce que la consommation d'énergies fossiles est coûteuse tant pour l'environnement que pour les comptes nationaux s'il s'agit d'énergies importées..
- D'autre part parce que l'accumulation mondiale du CO2, aggrave le changement climatique, changement climatique qui affecte TOUS les pays et TOUS les continents.

Pris globalement, les PVD ont donc tout intérêt à ne pas aggraver le phénomène du changement climatique. D'autant plus que certains seront plus affectés que d'autres : la survie des pays insulaires est menacée. Et les pays les plus pauvres auront des moyens réduits dans leur gestion de crises environnementales. Cela justifie le renforcement d'une solidarité et de formes d'aides accrues.

Cette intervention publique pour permettre aux sociétés humaines de faire face à ces crises produites par le changement climatique constitue le volet adaptation de la politique climatique.

Il y a donc un BENEFAICIAIRE pour tous les pays à prendre une bonne orientation DES A PRESENT – choisir de s'engager dans des systèmes électriques bien dimensionnés, et limitant les sources carbonées chaque fois que possible. Cela doit surtout conduire à rechercher les économies d'énergie et à renforcer vigoureusement la place des énergies renouvelables dans la production d'électricité.

Le cadre de cette transition est déjà devant nous. Nous voyons plusieurs scénarios proposant un plafonnement des émissions globales mondiales au plus tard en 2020, puis une réduction d'ici à 2030 et 2050! Cependant les émissions du secteur

électrique continueront de progresser d'ici le milieu du siècle. Ici également les contrastes sont forts entre les continents.

**Tableau 5.3 Estimations tableau sur perspectives émission secteur électrique 2010 2020 2030**

Mais peut-on d'ores et déjà prévoir l'impact du changement climatique sur le système électrique ?

Les scientifiques du GIEC estiment qu'une planète Terre plus chaude connaîtra de nouveaux phénomènes météorologiques, qui auront un impact direct sur les activités humaines. Ainsi les saisons sèches seront plus accentuées dans certaines régions. La température moyenne sera plus élevée mais on pourra aussi observer de plus fortes amplitudes et des pics plus marqués. Les phénomènes orageux et les tempêtes pourront être plus fréquents et plus intenses. Les phénomènes régionaux, comme les moussons pourront aussi se trouver modifiés.

En quoi cela peut-il affecter le système électrique ? Prenons quelques exemples :

Des conditions météo incertaines, avec plus d'accidents d'orages et de tempêtes sont fragilisent les réseaux électriques : ces réseaux sont exposés, avec des lignes de transport vulnérables aux coups de vent comme aux accumulations de neige. Dans ces conditions la production d'électricité éolienne peut aussi être neutralisée.

Des agglomérations soumises à des températures plus élevées vont devoir modifier leur habitudes antérieures ; Cela peut impacter la demande d'électricité de diverses manières

On peut par exemple déjà observer une généralisation de la climatisation domestique – et ce dans les pays industriels comme les pays du Sud. Ensuite chaleur et pollutions liées aux transports pourraient inciter à déployer davantage de systèmes collectifs ou partagés – type autolib- basés sur la motorisation électrique....et donc à recharger pendant les heures creuses.

Dernier point crucial, la gestion de nos ressources en eau. Aurons-nous des volumes de pluies plus erratiques et plus imprévisibles avec le changement climatique? Cela peut avoir des conséquences très directes sur la production

électrique. On peut évidemment penser au fonctionnement de l'hydro-électricité. Mais des évaluations actuelles soulignent aussi que l'augmentation de la température moyenne des fleuves en France pourrait poser des difficultés pour refroidir les centrales électriques (thermiques et surtout nucléaires qui constituent la grande majorité de la capacité de production !).

Le défi du changement climatique revêt une dimension planétaire. Les enjeux sociaux, économiques et environnementaux sont vitaux.

Au-delà d'une estimation des efforts dès à présent nécessaires pour y faire face, il demeure deux lueurs d'espoir :

- Des actions ciblées de décarbonation des systèmes énergétiques sont à l'œuvre au Nord comme au Sud. Des actions nationales se déploient effectivement. Le secteur électrique en fournit de bons exemples avec les énergies renouvelables.
- La négociation internationale est à la recherche d'un nouveau souffle. Elle le trouvera peut-être dans un nouvel accord, accord qui pourrait bien émerger des travaux de la COP 21 de Paris en novembre 2015. On espère y déceler un nouvel élan des coopérations technologiques et financières. La trajectoire corrigée pour un développement décarboné en dépend !



Capsule 6 : Soutien et promotion de l'électricité renouvelable : Le rôle des politiques publiques .....	Temps	Paramètres cinématographiques
<p>Le déploiement renforcé d'une électricité tirée de sources renouvelables est porteur d'une triple promesse pour notre avenir : un, contribuer à la satisfaction de besoins en électricité non couverts ; deux, limiter les dommages sur l'environnement causés par les sources fossiles, et permettre la transition vers un mix énergétique moins carboné; trois, réorienter nos systèmes économique et sociaux vers une sobriété énergétique. Mais le renforcement des évolutions que nous avons présentées nécessite des choix politiques forts.</p> <p>Nous réfléchissons ici à la mise en œuvre de politiques publiques, dans les pays industriels comme dans les pays du Sud.</p> <p>Nous donnerons d'abord un aperçu des outils de politique publique. Au cours de la dernière décennie une gamme d'instruments est effectivement utilisée pour appuyer, promouvoir le déploiement de l'électricité basée sur les sources renouvelables. D'autre part nous réfléchissons aux conditions de sélection des politiques. En effet, les politiques volontaristes en faveur des énergies renouvelables font face à des oppositions et des controverses. Nous évoquerons les niveaux pertinents de débat sur les orientations et les décisions.</p> <p>A/ Comment les politiques peuvent-elles favoriser le déploiement de l'électricité renouvelable ?</p> <p>Les politiques publiques pour encadrer et favoriser le développement des activités économiques – et des comportements sociaux - sont fondées sur des principes généraux divers :</p> <p>Règlementation, des incitations économiques avec des taxes ou des subventions) Elles cherchent en général à trouver un compromis entre autorité publique et fonctionnement des marchés. Il s'agit donc de concilier encadrement et encouragement, promotion et répression.</p> <p>Les politiques en faveur de l'électricité renouvelable ont été élaborées sur une double base : D'un côté des mesures classiques visant le système électrique, et de l'autre des outils sélectionnés pour promouvoir la transition énergétique. Ces politiques publiques sont du ressort de plusieurs autorités étatiques : Etat - fédéral ou central, ses agences spécialisées, ou encore les administrations provinciales ou locales.</p>		<p>Tableau des instruments de politique énergie / climat</p> <p>Film : débat national TE Voir ministère MEDDE</p> <p>Images</p> <p>Niveaux de débat</p> <p>UE/ Gouv/ Coll loc / Assemblé locales de citoyens</p>

<p>Selon leurs compétences, elles disposent de divers outils pour régler et inciter au déploiement de l'électricité de sources renouvelables ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elles peuvent définir un cadre réglementaire : loi cadre fixant des objectifs globaux, programmes finalisés visant par exemple les éoliennes marines.</li> <li>- Les autorités peuvent prendre des mesures de soutien économique : subvention ou facilités de financement pour les productions à base de photovoltaïques par exemple.</li> <li>- Elles peuvent promouvoir les activités favorables au secteur des nouvelles énergies renouvelables. L'Etat et ses agences peut encourager la recherche-développement, financer des programmes d'expérimentation, démonstrations. Les politiques peuvent aussi déployer des projets internationaux, entre pays développés ou avec des pays en développement.</li> </ul>		
<p>On peut distinguer deux cibles d'intervention publique en faveur de ces nouvelles énergies renouvelables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Premièrement, il est possible d'agir sur l'offre, c'est-à-dire les producteurs et les distributeurs d'électricité renouvelable.</li> </ul> <p>On peut donc distinguer deux types d'instruments : les instruments prix (prix ou prime garantis) et les instruments quantités (enchères concurrentielles ou marchés de quotas). Dans le premier cas, les autorités fixent le prix de vente de l'électricité renouvelable pour une certaine source par exemple pour l'éolien. La variante c'est un tarif qui garantit la rémunération du producteur et peut comprendre une subvention fixée par l'Etat. Dans le deuxième cas, les autorités émettent un appel d'offre pour installer des capacités nouvelles en énergie éolienne ou solaire. Cela permet de sélectionner des entreprises qui auront une autorisation d'investir et produire sur une base stable et rentable. Des appuis financiers sont aussi possibles et permettent d'offrir des conditions avantageuses pour les investisseurs.</p> <p>Ces dispositifs ont été utilisés en Allemagne pour l'énergie solaire, en France pour le déploiement de l'éolien. (tableau 2000-2014) De façon remarquable le Brésil a multiplié par 4 sa capacité de production d'électricité éolienne, portée à 9 GW en 2014, grâce à son programme incitatif pour les nouvelles énergies renouvelables.</p>		

- Deuxièmement, on peut agir sur la demande ; On vise les consommateurs de tous profils - les entreprises, les collectivités, les ménages ou foyers domestiques. Ils peuvent être incités à choisir l'électricité verte pour son prix favorable - ou pénalisés par une surtaxe visant la consommation de sources 'carbonées'.

Quels principes fondent ces mesures ? Ils sont multiples –donnons quelques exemples  
Créer des distorsions de marché favorables aux renouvelables, ou au contraire

pénalisant les sources fossiles/carbonées

Améliorer la rentabilité des investissements, ou en garantir une rentabilité minimale à long terme

Mettre en vigueur le principe du pollueur payeur

Mettre en œuvre le principe de substitution – visant à éliminer des énergies ou des biens polluants

Favoriser une dynamique d'apprentissage technologique en faveur des énergies renouvelables.

B/ Quels niveaux de débat et de décision ?

Les politiques publiques tiennent compte des contraintes et perspectives de la demande finale, des enjeux de ressources, de mix électrique. Mais elles résultent aussi dans une large mesure de compromis politiques et sociaux. La transition énergétique en est un très bon exemple.

La notion de compromis n'est pas surprenante dans ce cadre. En effet, les acteurs stratégiques sont situés à des niveaux multiples :

L'Etat central, avec ses ministères, ses conseils et assemblées – délibératives ou législatives.

Mais aussi les collectivités territoriales.

Les acteurs économiques privés et publics. Ils peuvent être producteurs, consommateurs d'électricité et aussi régulateurs !

Mais interviennent aussi les groupes de pression, les lobbys, les associations, et les citoyens et ménages. Ils ont des perceptions variées de la durabilité et donc des attitudes diverses face à l'enjeu des sources renouvelables.

On peut considérer que le compromis permettant la décision résulte de la qualité du débat, et de l'intervention des acteurs.

<p>Dans un système autoritaire, le débat sur l'avenir énergétique sera limité. Une décision sera peut être rapidement prise... mais ne rencontrera guère d'adhésion collective. Ceci limitera son impact sociétal – même si à court terme une décision satisfaisante peut être trouvée (prix favorable par exemple) la dimension durable ne sera pas intégrée. Une décision autoritaire pour un choix stratégique – tel que le lancement d'un programme nucléaire, ou l'expansion des capacités éoliennes ou encore pour un grand barrage – peut permettre de gagner du temps. Mais elle peut avoir un cout politique à l'avenir.</p> <p>Dans un système davantage fondé sur la participation, ou même la démocratie, le débat prépare la décision. Il est couteux en efforts et en temps. Il n'accélère pas la prise de décision bien sûr – il la ralentit plutôt. Il permet de mettre en place plus de transparence, de diffuser plus d'information. Et de proposer aussi une vision collective, globale comme toile de fonds des décisions à prendre. Cela aboutit à une meilleure acceptation et à de réels changements de mentalités et de comportements. On peut considérer que la mobilisation collective pour un enjeux sociétal – place des renouvelables ou plus largement transition énergétique ne peut se dispenser d'une longue phase de débat, d'explicitation pour une décision collective. Même si cette décision ne peut recueillir un consensus complet.</p> <p>Un économiste qui travaille à faire émerger la transition énergétique m'a souvent répété que les politiques publiques sont un compromis particulièrement exigeant car elles doivent rendre possible ce qui est souhaitable - souhaitable car durable pourrions-nous dire!</p>		
<p><b>Final : petit récapitulatif</b></p> <p>Vous avez pu entrevoir l'écart entre les possibilités technologiques de déploiement des énergies renouvelables d'une part, et d'autre part, le choix des outils de promotion et la décision de mise en œuvre.</p> <p>Les conditions d'un débat ne sont pas toujours remplies. Mais le débat sur l'énergie durable est sans conteste décisif pour tracer les perspectives du futur, sur le long terme.</p>		

<p>Le système énergétique se façonne progressivement. Dès à présent les enjeux de l'introduction des sources renouvelables sont plus larges qu'il n'y paraît – tout particulièrement pour l'électricité. Car nos modes de vie quotidiens seront transformés par la décarbonation d'un système électrique. Et nous devons faire face à la question pressante de l'émergence d'une nouvelle 'Economie Verte'. Son périmètre et ses principes restent flous. Et ses fondements restent à définir en particulier pour ce qui concerne l'énergie.</p> <p>Dans ce contexte les énergies renouvelables apparaissent comme une promesse pour un développement durable. Cependant elles ne sont actuellement ni une solution miracle pour desserrer la contrainte énergétique, ni une panacée pour satisfaire les besoins humains au nord comme au sud, ni une boîte à outil facile d'emploi pour la coordination des politiques énergie / climat ...</p> <p>Ces énergies interrogent notre responsabilité et notre capacité collective ...</p>		