

**PROBLEMATIQUE DE GESTION DE L'EAU ET DEFIT
ENERGETIQUE**
**PROBLEMS OF WATER'S MANAGEMENT AND DEMOLISHED
ENERGY**

BOUBOU-BOUZIANI Naima. *École Nationale Polytechnique d'Oran. Algérie.*
boubou_naima@yahoo.fr

RÉSUMÉ : Nombre de solutions techniques dans le monde et particulièrement dans les pays du Maghreb ont été apportées pour soulager du stress hydrique, dont celle du dessalement. La production, le stockage, le transfert ou encore le traitement de l'eau requièrent aussi la consommation d'énergie souvent fossile, car la quasi-totalité de l'électricité commercialisée et nécessaire au secteur de l'eau dans le monde est produite par des centrales thermiques « classiques » (fonctionnant au charbon, au fioul, au gaz naturel ou aux gaz de hauts fourneaux) ou des centrales nucléaires (faisant appel à la fission d'uranium) ainsi qu'aux centrales hydroélectriques (barrages). Les autres énergies renouvelables n'interviennent que pour une faible part dans le bilan mondial. L'objectif de ce travail est d'apporter une réflexion pour envisager d'autres sources d'énergie (renouvelables) pour les usages de l'eau et de nouveaux modes de consommation et de gestion plus économes pour aller vers un développement durable. Réduire les émissions de CO₂ impose une inflexion sur l'évolution de consommation des énergies fossiles et une réflexion sur le développement et l'utilisation des énergies renouvelables pour le secteur de l'eau.

Mots clefs: Eau, énergie, énergies renouvelables, énergies fossiles, effet de serre, énergie pour l'eau.

ABSTRACT: A many technical solutions in the world and particularly in the Maghreb countries were brought to relieve of the hydrous stress, of which that of desalination. The production, storage, the transfer or the water treatment require also the often fossil consumption of energy, because the near total of electricity marketed and necessary to the sector of water in the world is produced by power stations " traditional " (coal-fired, with the fuel, natural gas or gases of blast furnaces) or of the nuclear thermal power stations (calling upon the fission of uranium) like to the hydroelectric power stations (stopping). Other renewable energies intervene only for one weak share in the world assessment. The objective of this work is to bring a

reflexion to consider other sources of energy (renewable) for the uses of water and of new fashions of more sparing consumption and management to go towards a durable development. To reduce the CO₂ emissions imposes an inflection on the evolution of consumption of fossil energies and a reflexion on the development and the use of renewable energies for the sector of water.

Key Word: Water, energy, renewable energies, fossil energies, effect of greenhouse, energy for water.

INTRODUCTION

La pénurie en eau semble devenir une perspective inquiétante pour l'humanité. Aujourd'hui les pays en situation de stress hydrique sont de plus en plus nombreux tandis que les besoins ne cessent de grandir. Face à ce constat, nombre de solutions techniques ont été apportées dont celle du dessalement d'eau de mer. La production, le stockage, le transfert ou le traitement de l'eau requière la consommation d'énergie souvent fossile, donc non renouvelable et polluante.

Pour un pays ou une région donnée, eau et énergie sont indispensables simultanément pour un développement durable. En effet, il existe une relation étroite entre l'eau et l'énergie. Tandis que l'accès à l'eau est largement reconnu depuis plusieurs décennies comme une priorité de l'aide au développement, l'énergie a dû attendre le sommet de Johannesburg en 2002 pour avoir une réelle place dans les débats.

L'énergie est un élément fondamental de l'histoire de l'humanité depuis la découverte du feu. Bien plus tard, l'utilisation du charbon, de l'électricité, du pétrole a contribué au développement économique et à l'amélioration des conditions de vie des hommes. Cependant, les énergies fossiles ne sont pas sans effets sur l'environnement. En outre, les principales sources d'énergies non renouvelables posent la question de la poursuite du développement des sociétés fondées sur leur usage. Il s'agit d'envisager d'autres sources d'énergie pour les usages de l'eau et de nouveaux modes de consommation plus économes pour aller vers un développement durable.

LE DÉFIT ÉNERGÉTIQUE DE L'EAU

La quasi-totalité de l'électricité commercialisée et nécessaire au secteur de l'eau dans le monde est produite par des centrales thermiques « classiques » (fonctionnant au charbon, au fioul, au gaz naturel ou aux gaz de hauts fourneaux) ou des centrales nucléaires (faisant appel à la fission

d'uranium) ainsi qu'aux centrales hydroélectriques (barrages). Les autres énergies renouvelables n'interviennent que pour une faible part dans le bilan mondial.

Depuis deux siècles, la consommation de combustibles fossiles n'a cessé d'augmenter ce qui pose de façon évidente le problème de l'épuisement des ressources mais aussi de réchauffement climatique qui menace l'équilibre écologique de la planète (Veuret & Jalta, 2011). En effet, l'utilisation de ces combustibles produit une pollution très importante et est à l'origine de l'émission de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (notamment de gaz carbonique) entraînant une augmentation de la température moyenne de la terre. Il est donc indispensable de valoriser les sources d'énergies renouvelables non polluantes, et d'économiser les sources d'énergies fossiles.

Énergie et eau sont liées, les besoins en énergie pour l'eau augmentent fortement, pour le pompage, les transferts, les traitements et le dessalement. Ils sont sur une pente de doublement en 10 ans et dépasseront en 2025, à 10% de la demande globale d'électricité pour les pays riverains de la Méditerranée (Boyé, 2008). Cette tendance spécifique amplifie la tendance générale à la croissance de la demande d'énergie dans ces pays alors même que les tensions du côté de l'offre sont croissantes. La détérioration climatique est déjà sensible. Au Maroc par exemple, on constate dans les 20 dernières années une baisse de 20% des précipitations et des apports d'eau dans les barrages hydroélectriques. Cela engendre un déficit supplémentaire allant jusqu'à 45% de la production d'électricité. Ce déficit doit être compensé par de l'électricité d'origine thermique, ce qui aura pour conséquence négative l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre amplifiant ainsi le « cercle vicieux » climatique.

Énergies et énergies renouvelables

Tout au long de son histoire, l'homme a employé les ressources végétales et animales de son environnement à divers usages. À partir du milieu du XIX^e siècle, beaucoup de ces utilisations ont été concurrencées par les combustibles fossiles et leurs dérivés (Barré, 2007). La croissance démographique s'est accompagné d'une augmentation encore supérieure de la consommation énergétique, et les nuisances environnementales croissent dramatiquement. Quels efforts entreprendre pour économiser l'énergie ? Comment prendre en compte tous les impacts environnementaux, économiques et sociétaux des différentes énergies dans un contexte de développement durable ? Garantir l'approvisionnement en énergie est donc une responsabilité fondamentale d'un état.

Définition et mesure d'énergie

Les scientifiques définissent l'énergie comme « *la capacité de produire un travail, c'est-à-dire d'arracher un objet à sa force d'inertie* » (Walisiewicz, 2007). Au cours de la première moitié du XIX^e siècle, les découvertes se sont succédé dans un ordre opposé à celui que nous estimons actuellement logique ou pédagogique. C'est ainsi qu'avec les travaux de Fourier (1768-1830) sur la *propagation de la chaleur* (Bobin et als., 2005), la notion de flux d'énergie, qui sous-tend la dynamique des processus irréversibles, est apparue une cinquantaine d'années avant celle d'énergie. Le concept d'énergie ne fut introduit en toute généralité qu'en 1847 par le médecin prussien Hermann VON HELMHOLTZ (1821-1892) cité dans BOBIN et als (2005). D'après le dictionnaire de l'Académie française, énergie vient du grec **energeia**, «force en action».

Pour les scientifiques et les ingénieurs, ce terme désigne la capacité qu'a un corps, un système, de produire un travail susceptible d'entraîner un mouvement, une production de chaleur ou d'ondes électromagnétiques (dont la lumière). En thermodynamique, on distingue deux principales formes d'énergie : *le travail et la chaleur*.

En économie, on désigne par énergie tant la matière première ou le phénomène naturel pouvant fournir un travail, que le travail ainsi produit et le secteur d'activité chargé de sa conversion.

Pour les physiciens, l'énergie se mesure simplement en **joules** ou en ses multiples : méga, giga, Téra (soit 1000 gigas). Pour un électricien, on utilisera plutôt le **Wattheure** ou ses multiples (un Wattheure WH vaut 3600 joules). Concernant les économistes, ces derniers utilisent comme unité de mesure **la tonne équivalent-pétrole** (TEP), qui est l'énergie dégagée par la combustion d'une tonne de pétrole. Une TEP vaut environ 42 giga joules (GJ). Les équivalences entre les unités d'énergies les plus courantes sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1.Équivalences entre les unités d'énergies les plus courantes (Walisiewicz, 2007).

Unité de mesure	Giga joules	Giga wattheure (GWh)	Tonne équivalent pétrole
1 GJ	1	$2,78 \times 10^{-3}$	0,0238
1 GWh	3600	1	85,7
1 TEP	42	0,0117	1

L'énergie permet de satisfaire des besoins de chaleur, de force motrice, d'éclairage...Aujourd'hui, cette énergie sert aussi pour le pompage, les

transferts, les traitements et le dessalement de l'eau. Nécessaire au développement économique, elle ne peut être consommées sans impact sur l'environnement, non seulement le nôtre, mais aussi celui des générations futures, ce qui pose un certain nombre de questions préoccupantes dont celle du réchauffement.

Les types d'énergies

Au cours de l'histoire, c'est la maîtrise de l'énergie qui a piloté le développement des technologies. Nos sociétés industrielles dépendent entièrement d'une alimentation croissante en énergie. Aujourd'hui l'énergie utilisable par l'homme se présente sous de formes multiples : *Les énergies fossiles, nucléaires et renouvelables.*

Les énergies fossiles

L'énergie fossile désigne l'énergie produite à partir de composés issus de la décomposition sédimentaire des matières organiques, c'est à dire principalement composés de carbone. Elle englobe le pétrole, le gaz naturel et le charbon qui proviennent de la décomposition de végétaux et d'organismes vivants qui ont été enfouis sous la terre. Ces ressources diminuent quand on les utilise car il leur faut des millions d'années pour se former et sont donc *des sources d'énergies non renouvelable.*

La consommation d'énergie primaire (l'énergie qu'il faut transformer avant de la consommer), a fait un bond de 49 % en vingt-cinq ans (1980-2005). Cette progression, reprend de plus belle depuis le début du siècle (+ 21 % entre 1980 et 1989, + 7 % entre 1989 et 1997, + 14 % entre 1997 et 2005). L'énergie primaire consommée chaque jour dans le monde provient en grande partie de matières premières que l'on extrait du sous-sol comme le pétrole, le gaz, le charbon et l'uranium (<http://lapsuske.brubel.net/IMG/pdf>). Mais ces énergies ne sont ni éternelles ni sans effets sur l'environnement.

- Au niveau mondial, la production de pétrole a connu un recul lors des deux chocs pétroliers en 1973 et 1979 : elle a atteint son point bas en 1985 à la veille du contre-choc pétrolier. Depuis 1986, la tendance est à la hausse et la production mondiale a atteint 3 913 Mt (88 Mb/j) en 2011. L'idée *d'une valorisation du pétrole durablement élevée* constitue désormais une hypothèse crédible (AFHYPAC, 2013).

- La production mondiale de charbon est de 3,5 milliards de tonnes auxquelles s'ajoutent 900 millions de tonne de lignite. 50% du charbon produit sert à la production d'électricité, 16 % à la sidérurgie, 5 % aux cimenteries, le solde (29 %) au chauffage et aux autres industries, dont la carbochimie (<http://www.actu-environnement.com>). À noter que 1kg de charbon fournit en brûlant 8 kWh (CEA, 2002). En 2010, la consommation

mondiale était 25,6% plus élevée que 10 ans auparavant. Sur une année, entre 2009 et 2010, elle est en hausse de 7,6%, la Chine comptant pour les deux tiers de cette augmentation (IEA, 2007). Les réserves sont estimées à environ 1.000 milliards de tonnes, soit entre 200 et 250 ans de consommation au rythme actuel.

- Le gaz naturel représente plus de 20 % (contre 40 % pour le pétrole) de la consommation énergétique globale. Depuis 1970, la demande gazière a progressé régulièrement à un rythme de 2,8 % par an (Cedigaz, 2012), pour se situer autour de 3400 Gm³ en 2012. Au 1^{er} janvier 2011, les réserves de gaz naturel ont atteint 195 308 Gm³ (ou 175 Gtep). Au niveau mondial, le ratio réserves/production s'établissait, au 1^{er} janvier 2011, à 58 ans pour le gaz naturel contre 53 ans pour le pétrole brut (AFHP, 2013).

Les énergies renouvelables

L'énergie étant une grandeur physique, on parlera en théorie de *sources d'énergies renouvelables*. Elles présentent l'avantage d'être disponibles en quantité illimitée. Leur exploitation est un moyen de réponse aux besoins en énergie tout en préservant l'environnement.

En 2005, les énergies renouvelables ont totalisé une puissance de 190 GW, soit 4 % de la puissance énergétique dans le monde (Renewables, 2005). Elles représentent environ 18 % de l'investissement mondial dans la production énergétique, avec en tête l'énergie éolienne qui attire les plus gros investissements, puis le solaire et les biocarburants (PENU, 2007). Les pays de l'OCDE figurent en tête (les États-Unis et l'UE ayant représenté à eux deux plus de 70 % de cette activité en 2006), mais la part des pays en développement est en hausse notable : 21 % du total mondial en 2006, contre 15 % en 2004. La Chine a investi à hauteur de 9 % du total (éolien et biomasse), suivie par l'Inde, l'Amérique latine (5%, principalement dans des usines de bioéthanol brésiliennes). **L'Afrique sub-saharienne est restée en retrait des autres régions.** À noter que :

- la biomasse représenterait la 4^{ème} source d'énergie sur le plan mondial, et constitue la 1^{ère} source d'énergie dans les pays en développement en répondant à 80% des besoins énergétiques (Hassoun & Gentner, 2010).

- Les centrales hydroélectriques peuvent générer de quelques centaines de Watts à plusieurs milliers de gigawatts à plusieurs milliers de mégawatts d'électricité (Walisiewicz, 2007). Avec des coûts de production très bas, l'hydraulique est l'énergie renouvelable la plus compétitive.

- Aujourd'hui, 10% de l'électricité française est produite à partir de l'énergie hydraulique, ce qui contribue à son indépendance énergétique et

permet de lui réaliser une économie de 13 millions de tonnes de pétrole par an (EDF, 2011).

L'énergie nucléaire

L'énergie nucléaire est de loin une forme d'énergie beaucoup plus concentrée, puisque 1 kg d'uranium naturel fournit une quantité de chaleur de 100000 kWh dans une centrale électrique courante (Commissariat à l'Énergie Atomique, 2002). Elle est aussi celle qui produit le moins de gaz à effet de serre (GARNIER Cécile, 2008). Mais malgré son fort rendement, l'énergie nucléaire produit des déchets très polluants et peu dégradables. De plus elle fait peur en raison des graves accidents qui peuvent se produire (catastrophe de Tchernobyl), et en raison du risque de prolifération nucléaire.

L'EAU ET L'ÉNERGIE

Tandis que l'accès à l'eau est largement reconnu depuis plusieurs décennies comme une priorité de l'aide au développement, l'énergie a dû attendre le sommet de Johannesburg en 2002 pour avoir une réelle place dans les débats. Au-delà de satisfaire les besoins primaires, ces services essentiels sont désormais au cœur de la lutte contre la pauvreté et pour l'amélioration des conditions de vie. Intrinsèquement liées par des enjeux et problématiques communs, l'énergie et l'eau présentent également d'intéressantes synergies.

Pour un pays ou une région donnée, eau et énergie sont indispensables simultanément pour un développement durable. En effet, il existe une relation étroite entre l'eau et l'énergie. L'eau est nécessaire en tant que fluide de refroidissement des centrales électriques. Aux États Unis, par exemple, environ 40% de l'eau consommée par le secteur industriel est utilisée par les centrales électriques. On prévoit que d'ici 2030, 31% de l'eau à usage industriel sera consacrée aux centrales électriques. De surcroît, l'eau est encore nécessaire à la prestation de services des eaux et de services sanitaires.

Besoins en énergie pour l'eau

De grandes quantités d'énergie sont nécessaires au puisage et au pompage de l'eau sur de longues distances, du fait de sa pesanteur. Le coût d'approvisionnement en eau en vue d'irrigation est relativement élevé par rapport aux retours sur investissement générés par les produits agricoles. Il est essentiel, par conséquent, que les systèmes de traitement et de distribution de l'eau fournie en vue d'activités agricoles, le soient à des tarifs raisonnables, en particulier dans les pays en voie de développement.

La dépendance en énergie pour la mobilisation de l'eau est particulièrement forte dans les pays à climat arides. Le niveau des prélèvements d'eau y est très important, d'abord pour les besoins d'irrigation. Pompage et transfert génèrent une dépendance extrêmement forte à l'énergie électrique, qui croît à mesure que les besoins s'amplifient et se reportent de plus en plus sur des ressources plus coûteuses en énergie (ressources souterraines, transfert de ressources lointaines, traitement, dessalement).

La consommation d'électricité pour la mobilisation et le traitement de l'eau varie selon les pays et les régions. Elle se situe à environ 5% de la consommation d'électricité dans les pays du Nord de la Méditerranée et entre 8,5 et 13% (soit environ 10%) dans les pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée (elle avoisine 15% en Israël) (BOYÉ Henri, 2008). Ces ratios croîtront dans les pays en développement qui auront, pour faire face à la croissance de leur population, à recourir à des forages plus profonds, barrages et transferts plus complexes et à un appel grandissant au dessalement de l'eau de mer.

Pour le dessalement seul, si l'on raisonne en termes de puissance électrique, **un volume d'eau dessalée de 30 millions de m³/j en Méditerranée à l'horizon 2030, avec un ratio de 3,3 kWh/m³, équivaut à une puissance électrique dédiée au dessalement de 5000 MWe, soit 8 à 10 centrales à cycle combiné gaz, ou 4 à 5 tranches nucléaires** (BOYÉ Henri, 2008). Les pompages et transferts d'eau consomment beaucoup d'énergie comme le prouvent quelques grandes réalisations comme le projet « Great Man-Made River » en Libye ; en Tunisie, la SONEDE a comptabilisé environ 200 GWh en 2004 pour la gestion de l'eau, en Espagne, l'élévation initiale du "Trasvase Tage-Segura" (66 m³/s, prélevés au barrage d'Altamira) consomme une puissance de 202 MWe. Le coût énergétique de transport de l'eau en Israël a été chiffré à 1,3 GWh annuels. En France, la consommation d'électricité pour la mobilisation et le traitement l'eau était de 15 TWh en 2003, soit 3,4% de la consommation nationale d'électricité. L'Observatoire Méditerranéen de l'Énergie (Rouyer et al., 2007) (OME) avançait en 2007, que **l'Algérie produisait 1 million de m³/j par le dessalement d'eau de mer et que pour se faire elle consommait 4KWh Par m³.**

En 2000, pour les pays du Sud Est de la méditerranée (PSEM), on pouvait estimer la consommation d'électricité pour l'eau entre 32 TWh et 48 TWh (160 km³/an x 0.2 ou 0.3 kWh/m³), soit entre 9 et 14 % de la demande d'électricité. Pour les pays du nord de la méditerranée (PNM), la consommation d'électricité pour l'eau était alors estimée à (290 –160)

$\text{km}^3/\text{an} \times 0.4 = 52 \text{ TWh}$, soit $52/1150 = 4.5 \%$ de la demande d'électricité (Rouyeret al, 2007).

Dans la même année et pour l'ensemble des pays méditerranéens, la consommation d'électricité pour l'eau était estimée entre **5,6% et 6,7% de la demande d'électricité**. En 2030, pour les pays du sud-est de la méditerranée (PSEM), il y aurait 48 km^3 d'eau supplémentaire à gérer, soit au total 200 km^3 . La consommation électrique pourrait atteindre (en prenant un ratio de 1 kWh/m^3) 250 TWh pour la gestion de l'eau, soit environ 20% de la consommation d'électricité. Pour l'ensemble des pays méditerranéens, la consommation d'électricité pour l'eau pourrait donc se situer à 294 TWh , ce qui représenterait environ **10% de la consommation électrique totale voir plus**.

Les pays de la zone méditerranéenne, du Nord au Sud, gagneront 80 millions d'habitants d'ici 2025, dans un contexte d'urbanisation rapide. Les besoins en eau augmenteront considérablement et inexorablement ceux en énergie augmenteront de ce fait de façon très importante et généreront des investissements colossaux (El Andaloussi, 2010). L'étude prospective du Plan Bleu, « Infrastructures et développement énergétique durable en Méditerranée : perspectives 2025 » montre que l'essentiel de l'énergie fournie alors sera d'origine fossile. Le bouclage euro-méditerranéen assuré par neuf gazoducs importants induit aussi une nouvelle importance de cette source d'énergie gazière (El Andaloussi, 2010).

La décision d'utiliser un système de récupération d'énergie élaboré améliorant les performances et la consommation spécifique d'énergie par m^3 d'eau douce produit dépend des conditions économiques et particulièrement du coût de l'énergie. Ces systèmes performants mais couteux en investissements, sont à recommander particulièrement quand l'énergie se renchérit et si l'on veut encourager la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Développement économique, eau et énergie

L'eau est un facteur indispensable au développement et à la croissance d'une économie. Sans eau, il n'y a pas de production industrielle. Quand bien même l'usage industriel de l'eau est nettement moindre que l'usage agricole, la pénurie d'eau affecte la capacité d'un état à s'industrialiser et peut l'obliger à procéder à des arbitrages difficiles entre ces deux secteurs d'activités, avec des conséquences majeures sur sa population, son aménagement du territoire, et partant le tissu social. **À titre d'exemple, une voiture demande 400 000 litres d'eau pour sa fabrication.** L'industrialisation est à la fois la condition du développement économique

et la conséquence d'une demande en augmentation de la part des classes moyennes et aisées qui émergent par suite de ce développement. Il faut également de l'eau pour produire de l'énergie, quand bien même elle est ensuite pour l'essentiel restituée au milieu. Il faut ainsi 22,3 m³ par mégawatt issu du pétrole et 80,2 m³ par mégawatt hydroélectrique.

À cela s'ajoute la consommation d'énergie nécessaire pour mobiliser et produire de l'eau. L'énergie peut représenter jusqu'à 75 % des coûts de fonctionnement et de maintenance des services d'eau et d'assainissement. Les pompes permettant l'irrigation ou l'exploitation des nappes sont fortement consommatrices d'énergie. Les prélèvements, les transferts et l'irrigation elle-même nécessitent en moyenne 1 kWh/m³, mais cette consommation augmente lorsqu'il s'agit de mobiliser des eaux souterraines ou si l'irrigation utilise des canaux pressurisés (Taithe, 2009).

DÉFIT ET TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Notre société se caractérise par une soif d'énergie intarissable, la demande mondiale ayant triplée depuis les années cinquante pour franchir la barre des 10 Milliards de TEP dès 2003. Selon l'agence internationale de l'énergie, la consommation d'énergie devrait augmenter d'environ 52% d'ici 2030. La majorité de cette énergie est d'origine fossile.

Il n'y a pas d'activité humaine sans un minimum d'énergie et, aujourd'hui, l'accès à l'énergie diffère selon les pays. Si les pays développés peuvent limiter leur consommation d'énergie sans remettre en cause la qualité de vie de leurs citoyens, les besoins de développement donc d'énergie de la majorité de l'humanité sont immenses. Or, qu'il s'agisse du charbon, du gaz, du pétrole, du nucléaire, de l'hydraulique ou des énergies renouvelables..., il n'y a pas d'énergie sans nuisances, et la façon dont nous la produisons et l'utilisons pèse de plus en plus sur notre environnement, d'autant que la population ne cesse d'augmenter menaçant ainsi la qualité et la disponibilité de l'eau. C'est pourquoi les questions d'énergie font souvent la une de l'actualité.

Des inégalités persistantes et une interdépendance croissante dans un contexte de raréfaction et de renchérissement des énergies fossiles et d'évolution de la notion de sécurité énergétique sous la contrainte climat : ainsi se pose le défi de la géopolitique de l'énergie.

Pétrole, gaz naturel et charbon minéral entrent pour plus de 80% dans le bilan énergétique mondial dont ils satisfont la totalité des usages carburants, la plus grande partie des usages chaleur directe et plus de 60% des usages d'électricité (Bobin et Al., 2005) (dont une partie est nécessaire au secteur de l'eau).

La consommation mondiale de chaque énergie significative de 1860 à 2012, en millions de tonnes équivalent pétrole (une tonne équivalent pétrole = 42 giga joules = 11600 kWh) est représentée dans le schéma qui suit. Les énergies renouvelables (éolien, solaire, etc.) sont regroupées sous l'appellation « New Renewable » et sont marginales dans ce total :

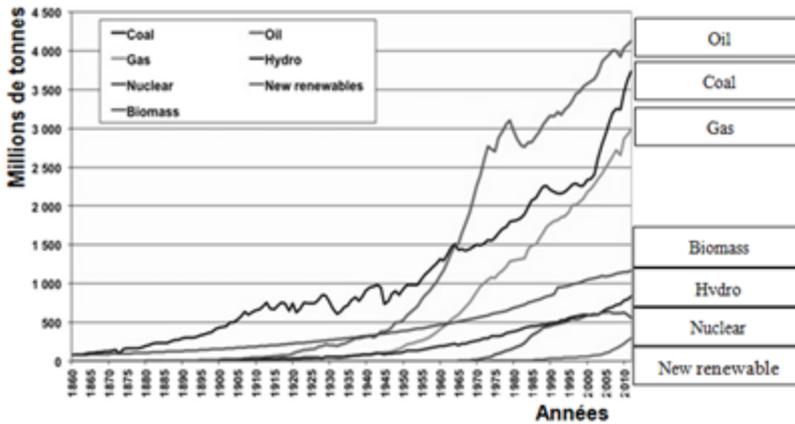


Fig.1. Moyenne mondiale de la consommation par personne de chaque énergie de 1860 à 2012. (Shilling et al, 1977 et BP Statistical Review, 2013).

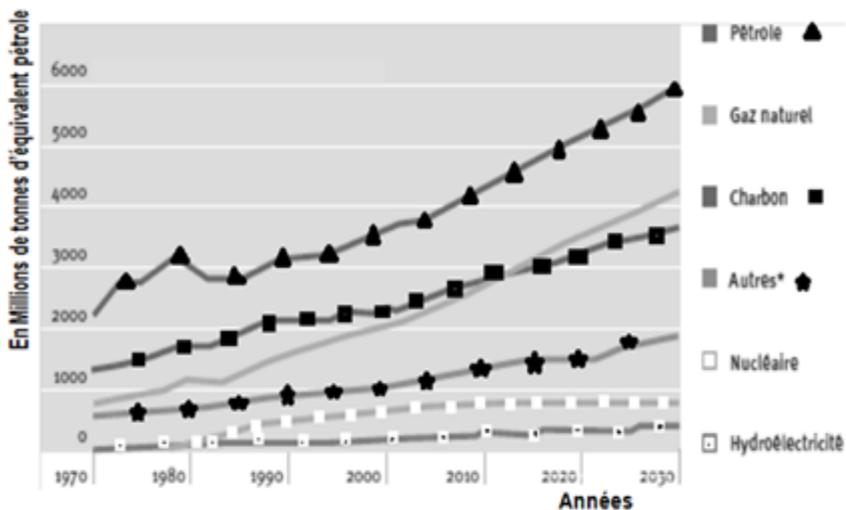


Fig.2. Consommation mondiale d'énergie primaire de 1970 à 2030. (IEA World Energy Outlook, 2013).



Fig.3. Consommation d'énergie mondiale en 2010 en Kg équivalent pétrole par habitant (<http://commons.wikimedias.org>)

La demande en énergie va continuer à augmenter fortement en dépit du sursis suscité par la crise économique : +40% d'ici à 2030 selon le scénario « business as usual » de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) qui prévoit également que les trois principales sources d'énergie fossile (pétrole, gaz naturel et charbon) resteront dominantes. La consommation de pétrole brut augmenterait de 1% par an, passant de 85 à 105 millions de barils/jour. Celle de charbon et de gaz croîtrait plus vite encore. Au bilan, les énergies fossiles couvriraient les besoins d'énergie à 75% en 2030 (IEA, 2009).

L'accroissement de la part des sources renouvelables dans l'offre énergétique diminue le risque de hausse et d'instabilité des prix des combustibles fossiles et présente des avantages en termes d'atténuation du changement climatique. Le système énergétique actuel basé sur les combustibles fossiles est à l'origine du changement climatique. Le secteur de l'énergie est responsable des deux tiers des émissions de gaz à effet de serre et le coût de l'adaptation au changement climatique est estimé à 50 à 170 milliards de dollars d'ici 2030, dont les pays en développement pourraient supporter la moitié (CCNUCC, 2009). Un grand nombre d'entre eux sont également confrontés à la hausse et à l'instabilité des prix des combustibles fossiles en tant qu'importateurs de pétrole nets. Par exemple, le pétrole représente 10 à 15 % du total des importations des pays africains importateurs de pétrole et absorbe en moyenne plus de 30 % du revenu de

leurs exportations (CNUCED, 2006). Certains d'entre eux, tels que le Kenya et le Sénégal, consacrent plus de la moitié du revenu de leurs exportations aux importations d'énergie et l'Inde, 45 %. Investir dans des sources d'énergie renouvelable disponibles localement, et très souvent en abondance, pourrait accroître de manière significative la sécurité énergétique et, par extension, la sécurité économique et financière (GNESD, 2010).

Les énergies renouvelables ouvrent des opportunités économiques majeures. Le verdissement du secteur de l'énergie requiert de substituer aux investissements dans des sources d'énergie grosses émettrices de carbone des investissements dans les énergies propres et des gains d'efficacité. De nombreuses opportunités d'amélioration de l'efficacité énergétique s'autofinancent, tandis que les investissements dans les technologies basées sur les énergies renouvelables augmentent déjà aujourd'hui, à mesure qu'elles gagnent en compétitivité. De 2002 à mi-2009, le total des investissements dans les énergies renouvelables a atteint un taux de croissance annuel composé de 33 % (PNUE/SEFI, 2010). En dépit de la récession mondiale, ce secteur est très florissant. En 2010, les nouveaux investissements dans l'énergie propre devaient atteindre une hausse record de 180-200 milliards de dollars contre 162 milliards en 2009 et 173 en 2008 (PNUE/SEFI, 2010), (Fig. 4).

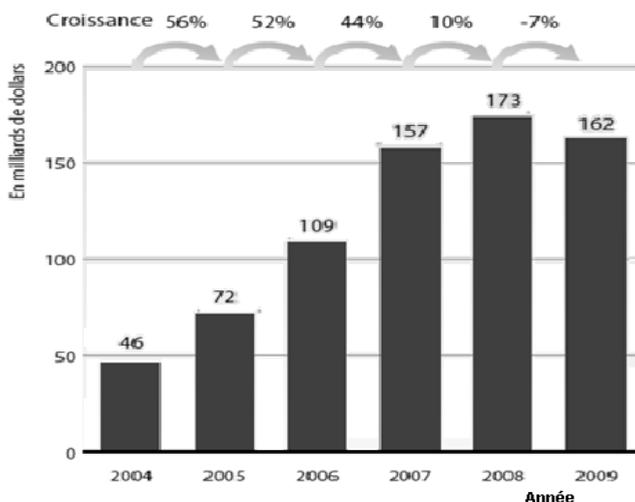


Fig.4. Investissement dans l'énergie durable, 2004-2009 (milliards de dollars). (PNUE, 2011 et Bloomberg New Energy Finance, 2010).

Les locomotives de cette croissance sont de plus en plus des pays non membres de l'OCDE (en particulier le Brésil, la Chine et l'Inde), dont la part de l'investissement mondial dans les énergies renouvelables est passée de 29 % en 2007 à 40 % en 2008 (PNUE/SEFI, 2010). Les technologies renouvelables sont encore plus concurrentielles lorsque l'on tient compte du coût sociétal de celles faisant appel aux combustibles fossiles, partiellement repoussé dans l'avenir. À cet égard, la signature d'un accord international sur les émissions de carbone et donc l'assurance de la création à venir d'un marché et de prix du carbone incitent fortement les entreprises à poursuivre leurs investissements dans les énergies renouvelables.

Les politiques gouvernementales jouent un rôle essentiel dans le renforcement des incitations à investir dans les énergies renouvelables. Des mesures incitatives limitées dans le temps, notamment les tarifs de rachat d'électricité, les subventions directes et les crédits d'impôts, peuvent rendre plus attractif le profil de risque/revenu des investissements dans les énergies renouvelables. Elles peuvent être renforcées par des programmes d'échange de quotas d'émissions ou des taxes capturant l'intégralité des coûts sociaux de l'utilisation des combustibles fossiles. Diverses études de l'AIE démontrent qu'un plan concerté d'investissements liés à des politiques dans la fourchette générale de 1 à 2 % du PIB mondial peut faire basculer l'économie mondiale vers une croissance bas carbone (Agence internationale de l'énergie, 2009). À titre de comparaison, cet investissement supplémentaire est du même ordre que les subventions aux combustibles fossiles, qui équivalaient *grosso modo* à 1 % du PIB en 2008. Les conclusions de ces études sont confortées par la modélisation effectuée pour le rapport sur l'économie verte, qui indique que la substitution d'investissements dans des sources d'énergies à fort taux d'émission de carbone par des investissements dans l'énergie propre triplerait quasiment le taux de pénétration des énergies renouvelables dans la production d'électricité (de 16 à 45 % d'ici 2050) (PNUE, 2011). Tous types d'énergies confondus, la part des renouvelables pourrait doubler et grimper à plus de 25 % de l'offre totale.

Moins denses et moins pratiques à utiliser que les énergies fossiles, les énergies renouvelables ne seront aptes à s'y substituer que dans le cadre d'une planification énergétique territoriale systématique qui coordonne dans la concertation l'efficacité globale des filières énergétiques (La revue durable, 2010). Préparer l'avenir pour protéger les ressources naturelles c'est sortir au plus vite de l'ère éphémère du pétrole, et d'une manière générale, des énergies fossiles et développer les énergies dites propres ou renouvelables.

CONCLUSION

La quasi-totalité de l'électricité commercialisée et nécessaire au secteur de l'eau dans le monde est produite par des centrales thermiques « classiques » (fonctionnant au charbon, au fioul, au gaz naturel ou aux gaz de hauts fourneaux) ou des centrales nucléaires (faisant appel à la fission d'uranium) ainsi qu'aux centrales hydroélectriques (barrages). Les autres énergies renouvelables n'interviennent que pour une faible part dans le bilan mondial, et restent peu compétitives (unités de production plus coûteuses à produire et faible productivité). Résultant de la transformation d'énergies primaires, les impacts de l'électricité en termes d'émissions de CO₂ se situent en amont de la chaîne, lors de sa production. Ses caractéristiques environnementales, et notamment son contenu en CO₂, dépendent donc totalement de la manière dont l'électricité est produite.

La sécurité énergétique s'impose désormais à l'ordre du jour international. Elle ne se définit plus seulement comme la sécurité d'approvisionnement en hydrocarbure, mais s'entend comme l'équilibre mondial entre l'offre et la demande d'énergie. Un équilibre qui doit prendre en compte le changement climatique et la question du développement. C'est dans ce contexte que les besoins en énergie d'un pays pour l'eau évoluent et se retrouvent confrontés, en plus du problème de pénurie, à celui de la sécurité énergétique et au développement durable de la région. C'est pour cela que la géopolitique de l'énergie est devenue progressivement **une géopolitique de l'énergie durable sous contrainte climatique** (Pennequin & Mocilnikar, 2011). Il s'agit d'imaginer les nouveaux outils et de trouver les nouvelles formes de coopérations internationales capables de conduire à une gestion et à une utilisation plus rationnelle et plus durable des ressources énergétiques. En un mot, d'organiser **la transition énergétique globale**. Préparer l'avenir pour protéger les ressources naturelles c'est alors sortir au plus vite de l'ère éphémère des énergies fossiles et développer les énergies dites propres ou renouvelables.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Association Française pour l'hydrogène et les piles à combustible (AFHP), 2013. *Mémento de l'hydrogène*. Fiche 2.4. 49p.
- Association Française pour l'Hydrogène et les Piles à Combustible (AFHYPAC). Mars 2013. *Le pétrole : une énergie incontournable*. Mémento de l'Hydrogène. FICHE 2,3. 6p.
- Barré B, 2007. *Atlas des énergies, quels choix pour quel développement?* Édition autrement. Paris. 63p.

- Bloomberg New Energy Finance. 2010. *Result Book*. London. 32p.
- Bobin J.L & Huffer E. & Nifenecker H, 2005. *L'énergie de demain : techniques, environnement, économie*. EDP science. France. 634p.
- Boyé H, 2008. *Eau, énergie, dessalement et changement climatique en Méditerranée*. Conseil général de l'Environnement et du Développement Durable. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire. France. Plan bleu. 39p.
- CCNUCC. 2009. *Recommendations on Future Financing Options for Enhancing the Development, Deployment, Diffusion and Transfer of Technologies under the Convention*. 21p.
- CEDIGAZ. 2012. Conférence de presse du 18/12/2012. Rueil-Malmaison. France.
- CNUCED. 2006. *Meeting Trade and Development Challenges in an Era of High and Volatile Energy Prices: Oil and Gas in LDCs and African Countries*. 40p.
- Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA), 2002. *L'énergie*. Le livret énergie : Des sources naturelles aux enjeux de la production. France. 19p.
- EDF. Octobre 2011. *La production d'électricité d'origine hydraulique*. Note d'information. 7p.
- El Andaloussi E.H, 2010. *Infrastructures et développement énergétique durable en Méditerranée : perspectives 2025*. Plan Bleu. 57p.
- Garnier C, 2008. *Énergies et réchauffement climatique : quelles incidences? La DOC par l'image*. Supplément. N°174, Édition Nathan. pp: 1-4.
- GNESD. 2010. *Policy Brief: Achieving Energy Security*. In Developing Countries. 8p.
- Hassoun C & Gentner P. 2010. *Accès à l'énergie et à l'eau dans les pays en développement*. Facts & Figures. ENEA Consulting. 8p.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). 2007. *World Energy Outlook 2007*. France. 674p.
- International Energy Agency (IEA), 2009. *World Energy Outlook 2009*. France, 698p.
- International Energy Agency (IEA). 2013. *World Energy Outlook 2013*. France. 671p.
- La revue durable, 2010. *Énergie : les territoires sur la voie de la transition*. N°38. pp:15-19.
- Pennequin G & Mocilnikar A.T. 2011. *L'atlas du développement durable*. Groupe Eyrolles, Édition d'Organisation. 450p.

- PNUE. 2011. *Vers une économie verte pour un développement durable et une éradication de la pauvreté*. France. 52p.
- PNUE/SEFI. 2010. *Global Trends in Sustainable Energy Investment 2010: Analysis of Trends and Issues in the Financing of Renewable Energy and Energy Efficiency*. 61p.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 2011. *Vers une économie verte Pour un développement durable et une éradication de la pauvreté*. Synthèse à l'intention des décideurs. 52p.
- Rapport du Programme pour l'environnement des Nations Unies (PENU). 2007. 21p.
- Renewable Energy and Policy Network for the 21st Century. 2013. *Renewables 2005 - Global status report*. 178p.
- Rouyer J.L & Ben Jannet Allal H. 2007. *Les besoins en énergie pour l'eau en Méditerranée*. In Atelier Plan Bleu / MEDITEP Eau : énergie et changement climatique en Méditerranée. Carthage Tunisie.
- Schilling Et Al, 1977 in par Jancovici J.M. 2013. *Quelques réflexions sur la transition énergétique*. 24p.
- Taithe A, 2009. *Eau, agriculture, énergie: une imbrication croissante, Vers une sécurité hydrique étendue*. Fondation pour la recherche stratégique. note n°11/09. 8p.
- Veuret Y & Jalta J. 2011. *Développement durable tous les enjeux en 12 leçons*. Édition autrement. Paris. 235p.
- Walisiejewicz M, 2007. *Les énergies renouvelables*. Pearson Éducation France. 2^e Édition. Paris. 72p.

DOCUMENTS EN LIGNE

- <http://commons.wikimedia.org>.
- <http://lapsuske.brubel.net/IMG/pdf>.
- <http://www.actu-environnement.com>.

&&&&&