

Le déficit énergétique : l'autre aspect de la problématique de gestion de l'eau.

*(Energetic demolished: the other aspect of the problems of the
management of water).*

M^{me} BOUBOU-BOUZIANI Naima*

*Maitre assistante en management à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Oran - Algérie -
et doctorante à l'université de Tlemcen.

boubou_naima@hotmail.fr

Résumé : La pénurie en eau devient une perspective inquiétante pour l'humanité et un grand nombre de solutions techniques dans le monde, et particulièrement dans les pays du Maghreb, ont été apportées dont celle du dessalement d'eau de mer. La production, le stockage, le transfert ou encore le traitement de l'eau requière 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. Il s'agit d'envisager d'autres sources d'énergie pour les usages de l'eau et de nouveaux modes de consommation et de gestion plus économes pour aller vers un développement durable dans les pays du Maghreb. 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. Ainsi comme l'eau, en tant que capital à mobiliser, à évaluer, à gérer et à préserver, l'énergie apparait bien comme l'enjeu majeur de ce 21^{ème} siècle pour tous les pays du monde.

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

Abstract: The water shortage becomes a worrying prospect for humanity and a great number of technical solutions in the world, and particularly in the Maghreb countries, were brought of which that of the desalination. The production, the storage, the transfer or the water treatment requires the often fossil consumption of energy the majority of electricity marketed and necessary to the sector of water in the world is produced by " traditional " power stations (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 question is to consider other sources of energy for the uses of water and of new fashions of more sparing consumption and management to go towards a durable development in the Maghreb countries. 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. Thus like water, as a capital to be mobilized, to evaluate, manage and preserve, energy seems the major challenge well this 21st century for all the countries of the world.

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.

1. 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 [1]. 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.

Energie 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 [2]. 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.

1.1 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 [3]. 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 tout 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.

1.1.1 Définition et mesure d'énergies :

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* [4] ». 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 études de Joseph FOURIER (1768-1830) sur la *propagation de la chaleur* [5], 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 [5] (1821-1892). 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 **Watt-heure** ou ses multiples (un Watt-heure 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) (Tableau 1). On obtient alors le tableau de correspondance suivant :

Tableau 1 : Équivalences entre les unités d'énergies les plus courantes [5].

Unité de mesure	Giga joules	Giga wattheure GWh	Tonne équivalent pétrole
1 GJ vaut	1	$2,78 \times 10^{-3}$	0,0238
1 GWh vaut	3600	1	85,7
1 TEP vaut	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 notre, mais aussi celui des générations futures, ce qui pose un certain nombre de questions préoccupantes dont celle du réchauffement.

1.1.2 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.*

2.1.2.1 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 (pétrole, gaz, charbon, uranium) [6]. Mais ces énergies ne sont ni éternels 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 [7].

- 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 [8]. À noter que 1 kg de charbon fournit en brûlant 8 kWh [9]. 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 (World Energy Outlook 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 [10], pour se situer autour de 3400 Gm³ en 2012. Au 1^{er} janvier 2011, les réserves de gaz naturel avaient 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 [11].

-

2.1.2.2 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 [12]. 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 [13]. 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 [14].

- Les centrales hydroélectriques peuvent générer de quelques centaines de Watts à plusieurs milliers de gigawatts à plusieurs milliers de mégawatts d'électricité [4]. 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 [15].

2.2.2.3 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 [9]. Elle

est aussi celle qui produit le moins de gaz à effet de serre [16]. 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.

2. 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.

2.1 Les 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) [17]. 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** [17]. 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'Altomira) 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 [18] (OME) avançait en 2007 que **l'Algérie produisait 1million 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** [19].

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 $1 \text{ kWh}/\text{m}^3$) 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 [20]. 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 [13].

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 coûteux 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.

2.2 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 [21].

3. LE DÉFIT 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.

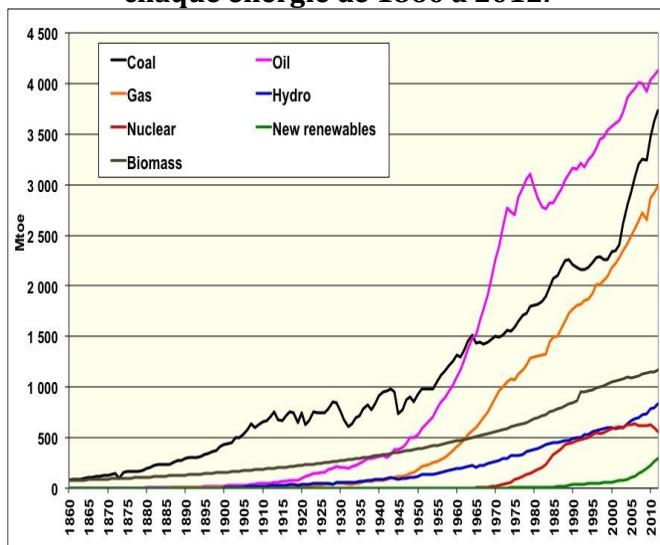
Il n'y a pas d'activité humaine sans un minimum d'énergie et, aujourd'hui, l'accès à l'énergie diffère selon les pays. Si les pays développés peuvent limiter leur consommation d'énergie sans remettre en cause la qualité de vie de leurs citoyens, les besoins de développement donc d'énergie de la majorité 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 déficit 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 [22] (dont une partie est nécessaire au secteur de l'eau).

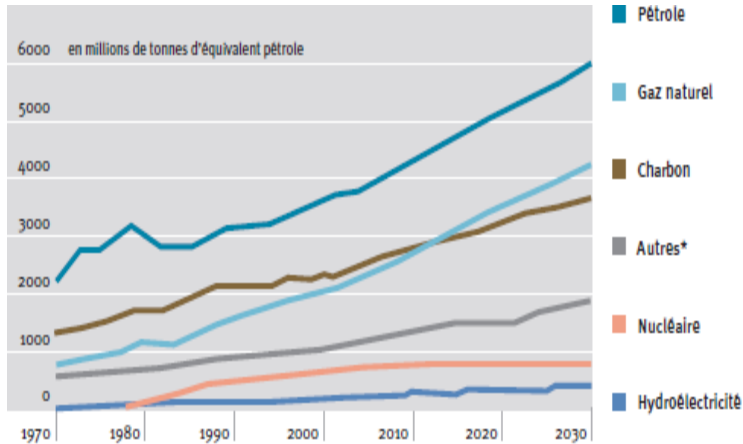
En millions de tonnes équivalent pétrole (une tonne équivalent pétrole = 42 giga joules = 11600 kWh), la consommation moyenne mondiale par personne de chaque énergie significative de 1860 à 2012 a fait un bon extraordinaire en l'espace d'un siècle et demi. Elle est représentée dans la « figure 1 », et en l'espace de 60 (1970 à 2005) Consommation mondiale d'énergie primaire a été multipliée par trois (figure 2). Les énergies renouvelables (éolien, solaire, etc.) sont regroupées sous l'appellation « New Renewable » et sont marginales dans ce total :

Figure 1 : Moyenne mondiale de la consommation par personne de chaque énergie de 1860 à 2012.



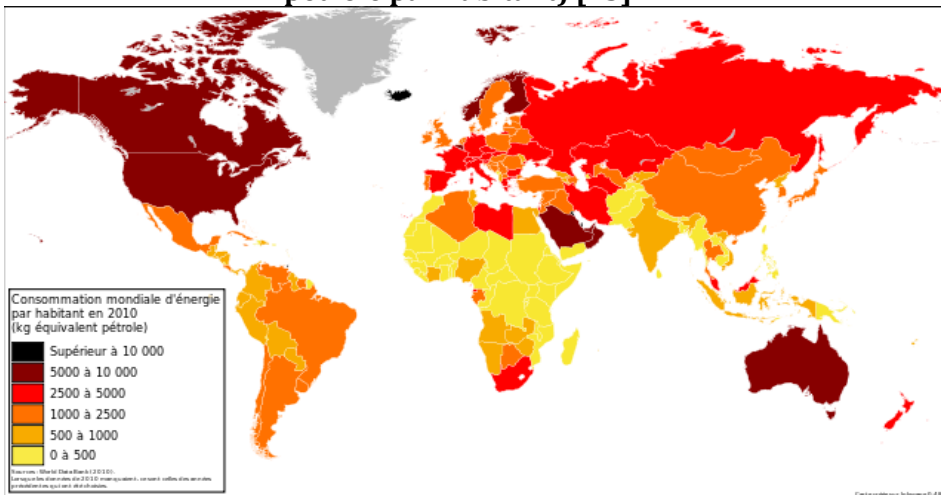
(Source Shilling et al., 1977, et BP Statistical Review, 2013).

Figure 2 : Consommation mondiale d'énergie primaire de 1970 à 2030.



(Source: IEA World Energy Outlook, IEA Resources to Reserves)

Figure 3 : Consommation d'énergie mondiale en 2010 (kg équivalent pétrole par habitant) [23].



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 (World Energy Outlook, 2009).

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** [24]. 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.

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 manipulation de toutes les formes d'énergie pour l'eau produit sur notre environnement des effets plus ou moins néfastes, qu'il importe de savoir apprécier cas par cas. La triple contrainte de la pénurie en eau, de la sécurité énergétique et de sa raréfaction, et de la lutte contre le réchauffement climatique change les grilles d'analyse traditionnelles. Il ne s'agit plus seulement d'utiliser les technologies de l'eau, coûte que coûte, pour soulager du stress hydrique utilisant ainsi de l'énergie fossile sans se préoccuper du devenir du climat et du devenir de la planète, mais d'imaginer de nouveaux outils et méthodes écologique, économique et durables capables de conduire à une utilisation plus rationnelle et à une optimisation des ressources naturelles (hydriques et énergétiques), en un mot, **une gestion intégrée et durable des ressources tant sur le plan hydrique qu'énergétique.**

BIBLIOGRAPHIE :

- [1] VEURET Yvette & JALTA Jacqueline, 2011, « Développement durable tous les enjeux en 12 leçons », Édition autrement, Paris, P196.
- [2] BOYÉ Henri, «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, Août 2008, P5.
- [3] BARRÉ Bertrand, « Atlas des énergies, quels choix pour quels développement? », Édition autrement, Paris, 2007, P44
- [4] WALISIEWICZ Marek, « Les énergies renouvelables », PEARSON Éducation France, 2^e Édition, Paris, 2007, P7.
- [5] BOBIN J.L & HUFFER E. & NIFENECKER H., « L'énergie de demain Techniques Environnement Économie », EDP Sciences, France, 2005, P 37.
- [6] http://lapsuske.brubel.net/IMG/pdf/demande_mondiale_energie_reserves.pdf. Consulté le: 11/06/2014.
- [7] FP – AFHYPAC, Th.A. Mars 2013.
- [8] http://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/charbon_combustible.php4. Consulté le: 07/06/2014.
- [9] « *L'énergie* », le livret énergie : Des sources naturelles aux enjeux de la production, Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA), France, 2002, ISSN 1637-5408, P14.
- [10] Cedigaz, Conférence de presse du 18/12/2012.
- [11] Association Française pour l'hydrogène et les piles à combustible, « Mémento de l'hydrogène », Fiche 2.4, Avril 2013, P6.

- [12] Rapport: « Renewables 2005 - Global status report », financé par le *Renewable Energy and Policy Network for the 21st Century*, 2013.
- [13] Rapport du Programme pour l'environnement des Nations Unies, 2007.
- [14] HASSOUN Claire & GENTNER Pauline, « Accès à l'énergie et à l'eau dans les pays en développement », Facts & Figures ENEA Consulting, Février 2010, P4
- [15] « La production d'électricité d'origine hydraulique », EDF, Note d'information Octobre 2011, P2.
- [16] « Énergies et réchauffement climatique : quelles incidences? », La DOC par l'image, N°174, Édition Nathan, Novembre 2008. P2
- [17] «Eau, énergie, dessalement et changement climatique en Méditerranée », BOYÉ Henri, 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, Août 2008, P6.
- [18] « *Les besoins en énergie pour l'eau en Méditerranée* », ROUYER Jean-Loup & BEN JANNET ALLAL Houda, Atelier Plan Bleu / MEDITEP Eau, énergie et changement climatique en Méditerranée, Carthage, 17 décembre 2007.
- [19] ROUYER Jean-Loup & BEN JANNET ALLAL Houda « *Les besoins en énergie pour l'eau en Méditerranée* », Atelier Plan Bleu / MEDITEP Eau, énergie et changement climatique en Méditerranée, Carthage, 17 décembre 2007.
- [20] EL ANDALOUSSI El Habib, « *Infrastructures et développement énergétique durable en Méditerranée : perspectives 2025* », Plan Bleu, 2010, P 57.
- [21] TAITHE Alexandre, « Eau, agriculture, énergie: une imbrication croissante, Vers une sécurité hydrique étendue », Fondation pour la recherche stratégique, note n°11/09, octobre 2009.
- [22] « L'énergie de demain : techniques, environnement, économie », Ouvrage collectif, EDP science, France, 2005, P569.
- [23] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Consommation_d%27%C3%A9nergie_mondiale_en_2010_%28kg_%C3%A9quivalent_p%C3%A9trole_par_habitant%29.svg. Consulté le : 31/05/2014.
- [24] PENNEQUIN Gilles & MOCILNIKAR Antoine-Tristan, « L'atlas du développement durable », Groupe Eyrolles, Édition d'Organisation, 2011, P 26.