

Objectifs

Identifier les coûts environnementaux et financiers de l'extraction et du transport des ressources mondiales

3 MISE À DISPOSITION DES RESSOURCES

Une disparité importante entre les zones géographiques tant pour la consommation totale que pour la consommation par habitant a été relevée. Les ressources en énergie sont également disparates au niveau mondial. Il faut noter que les ressources ne sont pas forcément présentes dans les zones géographiques où elles sont le plus utilisées. Il est donc important de rendre toutes les ressources de notre planète exploitables et disponibles pour tous. Cette mise à disposition des ressources entraîne forcément un coût financier et énergétique important.

1 Les unités utiles

L'unité officielle, dérivée du système international (SI), pour l'énergie est le joule (J). Cette unité est très faible pour mesurer les productions et consommations d'énergie à l'échelle d'un pays ou de l'ensemble de la planète. Pour cette raison, l'unité tonne d'équivalent pétrole (tep) a été mise en place dans la mesure où le pétrole est la source d'énergie la plus utilisée dans le monde.

Dans le domaine des ressources et de la consommation énergétique mondiale, les unités sont souvent préfixées pour indiquer des multiples :

- méga (M) = 10^6 ;
- giga (G) = 10^9 ;
- téra (T) = 10^{12} ;
- péta (P) = 10^{15} .

Chaque type d'énergie possédant sa propre unité privilégiée, le tep ou le Mtep est utilisé pour comparer les différentes ressources entre elles. Ces différentes unités sont présentées ci-dessous :

- unité d'énergie du système international : Joule (J) ;
- pétrole : Baril (bl) ;
- gaz naturel : British Thermal Unit (Btu) ;
- charbon : tonne équivalent charbon (tec) ;
- électricité : kilowatt-heure (kWh).

Il est possible de convertir chaque unité de l'énergie définie ci-dessus dans n'importe quelle autre en utilisant le tableau suivant.

	TJ	Mtep	MBtu	GWh	Mbl	Mtec
TJ	1	$2,388 \cdot 10^{-5}$	947,8	0,2778	$1,751 \cdot 10^{-4}$	$3,411 \cdot 10^{-5}$
Mtep	$4,1868 \cdot 10^4$	1	$3,968 \cdot 10^7$	11630	7,33	1,428
MBtu	$1,0551 \cdot 10^{-3}$	$2,52 \cdot 10^{-8}$	1	$2,931 \cdot 10^{-4}$	$1,8476 \cdot 10^{-7}$	$3,5984 \cdot 10^{-8}$
GWh	3,6	$8,6 \cdot 10^{-5}$	3 412	1	$6,3052 \cdot 10^{-4}$	$1,2279 \cdot 10^{-4}$
Mbl	5711	0,1364	$5,4124 \cdot 10^6$	1586	1	0,1948
Mtec	$2,932 \cdot 10^4$	0,7003	$2,779 \cdot 10^7$	8144	5.133	1

EXEMPLE

Les réserves prouvées européennes et eurasiennes d'énergie primaire sont les suivantes : 136900 Mbl de pétrole, 2217 PBtu de gaz naturel et 272246 Mtec de charbon à la fin de l'année 2009. Afin de comparer ces ressources entre elles, il faut toutes les écrire en Mtep à l'aide du tableau précédent. Ainsi, l'Europe dispose de 18673 Mtep de pétrole, 55868 Mtep de gaz naturel et 190654 Mtep de charbon.

ACTIVITÉ 1

L'Europe (géographique) et l'Eurasie ont consommés en 2009 les ressources suivantes : 37,8 PBtu de gaz naturel, 652 Mtec de charbon, 6,7 Gbl de pétrole, 3,08 PWh d'énergie nucléaire et 2,12 PWh d'énergie hydroélectrique.

Déterminer la ressource énergétique la plus utilisée en Europe.

2 Les différentes sources d'énergie

Afin de réaliser un bilan des ressources énergétiques présentes sur notre planète, il faut faire une différence entre **énergie primaire**, **énergie secondaire** et **énergie finale**.

L'**énergie primaire** est l'énergie disponible dans la nature avant toute transformation. Ces énergies sont classées de la manière suivante :

- ▶ les énergies fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon) ;
- ▶ l'énergie nucléaire (uranium) ;
- ▶ les énergies renouvelables :
 - les énergies renouvelables à haut potentiel énergétique (hydroélectricité, énergie éolienne, énergie solaire photovoltaïque),
 - les énergies renouvelables thermiques (biomasse, déchets, géothermie, énergie solaire thermique).

L'**énergie secondaire** est l'énergie issue de la transformation de l'énergie primaire. C'est sous cette forme qu'elle est transportée et stockée.

L'énergie secondaire est elle-même transformée en **énergie finale** au stade de l'utilisation. On utilise le terme d'énergie finale pour parler de l'ensemble des énergies se situant en fin de chaîne de transformation de l'énergie. Les formes d'énergie finales sont variées :

- ▶ énergie mécanique : utilisée pour l'industrie, l'agriculture, les transports, divers usages mécaniques ;
- ▶ énergie électrique : utilisée pour l'éclairage, la réfrigération, divers équipements domestiques... ;
- ▶ énergie thermique : utilisée dans l'industrie, l'agriculture, pour le chauffage, la réfrigération, la climatisation...

L'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) regroupe 28 pays dont la France. Elle dispense des conseils de politique énergétique à ses membres qui s'emploient à approvisionner ses citoyens en énergie fiable, propre et à prix abordable. L'AIE estime l'état des ressources mondiales comme présenté sur la figure 1.

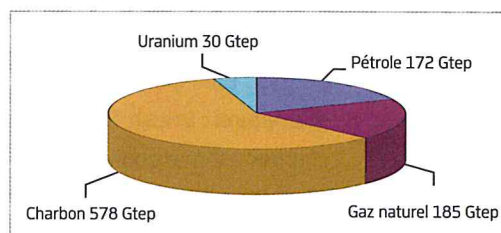


Fig.1 Estimation des ressources mondiales

3 Répartition géographique des ressources

Les ressources sont réparties de façon inégale sur notre planète, soit par leur nature, soit par l'exploitation dont elles ont déjà fait preuve. Ainsi sont présentées ci dessous les répartitions et comparaison de chaque ressource entre leurs réserves et leur utilisation.

- ▶ **Le pétrole** est la ressource la plus utilisée dans le domaine des transports.
En 2009, les réserves prouvées de pétrole représentaient 47 ans de consommation au rythme actuel.

La figure 2 représente la répartition des réserves de pétrole et sa consommation suivant les zones géographiques. Une grande disparité de consommation existe entre les différents pays. Ainsi un citoyen chinois consomme en moyenne moins de 1 tep par an alors qu'un citoyen américain en consomme plus de 8. Situé entre l'Américain du nord et le Chinois, l'Européen consomme en moyenne 4 tep par an de pétrole.

L'Agence internationale de l'énergie considère l'énergie électrique comme une énergie finale. Cela n'est pas totalement exact. L'électricité n'est pas en soit une énergie finale, puisqu'elle n'est pas directement utile à l'utilisateur (l'utilisateur a besoin de lumière, de chaleur...).

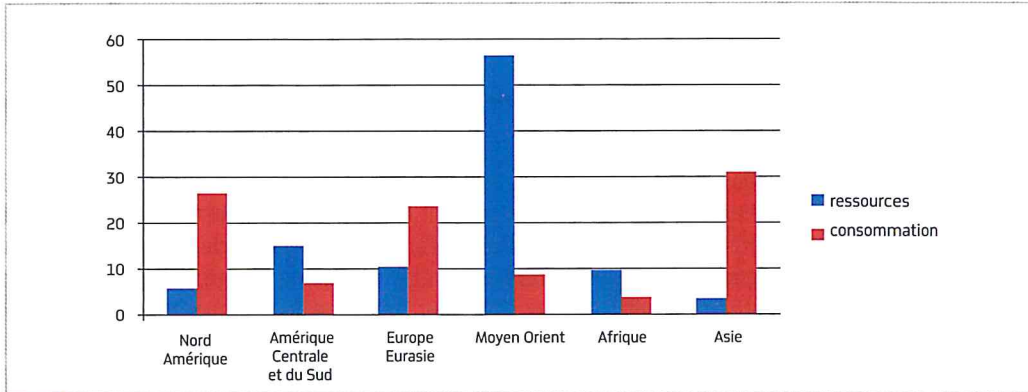


Fig. 2 Estimation des consommations et réserves de pétrole dans le monde

Depuis les années 1960, nous avons pu voir augmenter la part du **gaz naturel** dans le bilan mondial. Ceci s'explique en partie par les politiques de diversification des sources mises en place par les pays développés. Au même titre que le pétrole, le gaz naturel est une énergie non renouvelable. Toutefois, en 2009, les réserves prouvées de gaz naturel étaient de 60 ans de consommation au rythme actuel. Le second problème du gaz naturel est son transport (voir paragraphe 5) qui limite cette énergie à des marchés régionaux séparés ou à l'utilisation de gaz liquéfié.

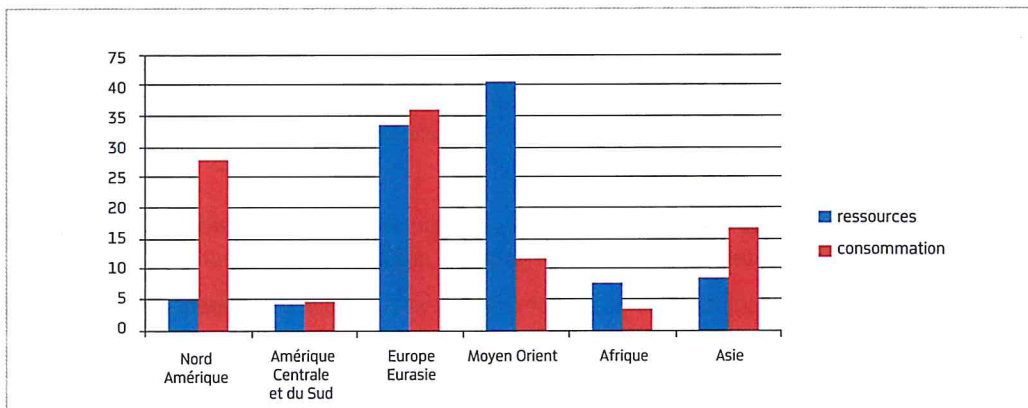


Fig. 3 Estimation des consommations et réserves de gaz naturel dans le monde

Jusqu'à la fin des années 1960, le **charbon** était l'énergie dominante au niveau mondial. Aujourd'hui, il compte encore pour environ 29 % de la consommation d'énergie. Sa part est beaucoup plus élevée dans certains pays dont la Chine et l'Inde. Les réserves représentent 167 années de consommation au rythme actuel. Cette ressource a l'avantage important de permettre de fabriquer à faible coût de l'électricité. Toutefois son principal inconvénient est son coût environnemental et l'empreinte laissée par l'extraction du charbon qui pourrait être réduite par des techniques de captage et de stockage.

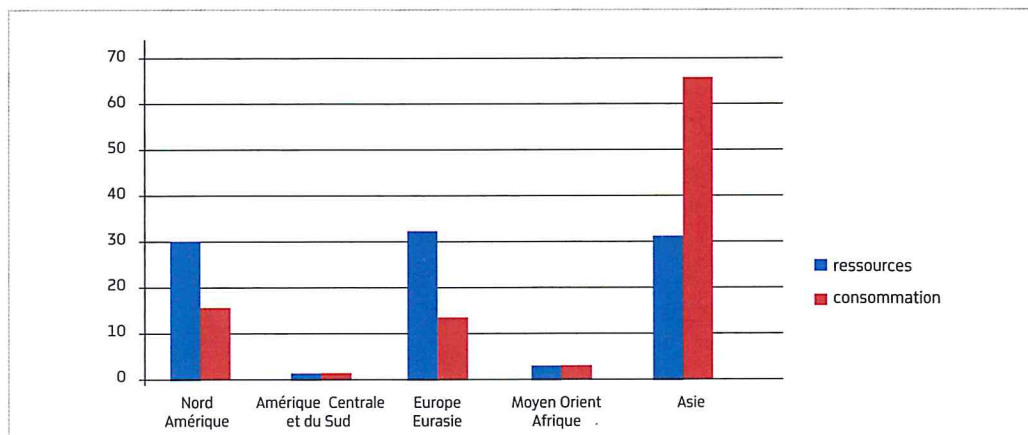


Fig. 4 Estimation des consommations et réserves de charbon dans le monde

4 Extraction des ressources

Toutes les techniques d'extraction des différents minerais entraînent obligatoirement une perturbation, voire une pollution, de l'écosystème dans lequel se trouve la zone d'extraction.

– L'installation de centres d'extraction terrestre (extraction *on-shore* du pétrole et du gaz naturel, mines de charbon) peut provoquer, suivant les cas, des déforestations importantes, des pollutions dues aux déchets rejetés dans la nature voisine... Les pays soucieux de préserver la nature, imposent aux compagnies pétrolières, la remise en état du site de forage, tel qu'il était avant travaux. Cette remise en état n'est hélas pas possible pour les mines de charbon (à ciel ouvert par exemple).

– Dans le cas de l'extraction *off-shore* une pollution importante est également à déplorer : risque de marée noire en cas d'accident (par exemple, la marée noire de 2010 dans le golfe du Mexique), rejet important de gaz à effets de serre lors de l'extraction, et enfin pollution lumineuse lors de l'éclairage des infrastructures qui perturbe la vie marine et les oiseaux migrateurs.

L'extraction des ressources représente alors un coût tant au niveau financier qu'environnemental.

5 Transport des ressources

Comme nous avons pu le voir dans le paragraphe précédent, les ressources ne sont pas forcément consommées dans les lieux où elles sont le plus abondantes. Par conséquent, il est nécessaire de les transporter depuis leur lieu de captage jusqu'à leur lieu d'utilisation. Ce transport engendre pour certaines ressources des consommations énergétiques qui peuvent être relativement importantes.

► **Le transport du pétrole** des lieux de production vers les raffineries peut se faire par voie maritime ou par voie terrestre. Dans les deux cas, le problème principal est le problème de la sécurité.

Pour le transport maritime, près de 8 000 navires pétroliers sillonnent les mers. Le maximum doit alors être fait pour limiter les marées noires et les pollutions volontaires.

Pour le transport terrestre, les oléoducs peuvent transporter plusieurs dizaines de millions de tonnes de pétrole par an. La vitesse du pétrole dans un oléoduc est d'environ 7 km/h. La figure 5 représente la quantité de pétrole transportée en 2009.



Fig. 5 Principaux flux de pétrole en 2009

► Dans l'ensemble, les problèmes de **transport du gaz** sont les mêmes que pour le transport du pétrole. La principale différence est que pour le transport du gaz, le transport par oléoduc est privilégié. On compte deux types de gazoducs, les gazoducs sous-marins (par exemple, les gazoducs entre la Norvège et l'Europe) et les gazoducs terrestres (par exemple, entre la Russie et l'Europe). Quand le transport par gazoducs n'est pas possible, on utilise le transport maritime après transformation du gaz naturel en GNL (gaz naturel liquéfié). La liquéfaction du gaz naturel se fait par cryogénie (à -163 °C). Cette opération produit des déchets (dioxyde de carbone et hydrocarbure). La figure 6 représente les principaux flux de gaz naturel en 2009

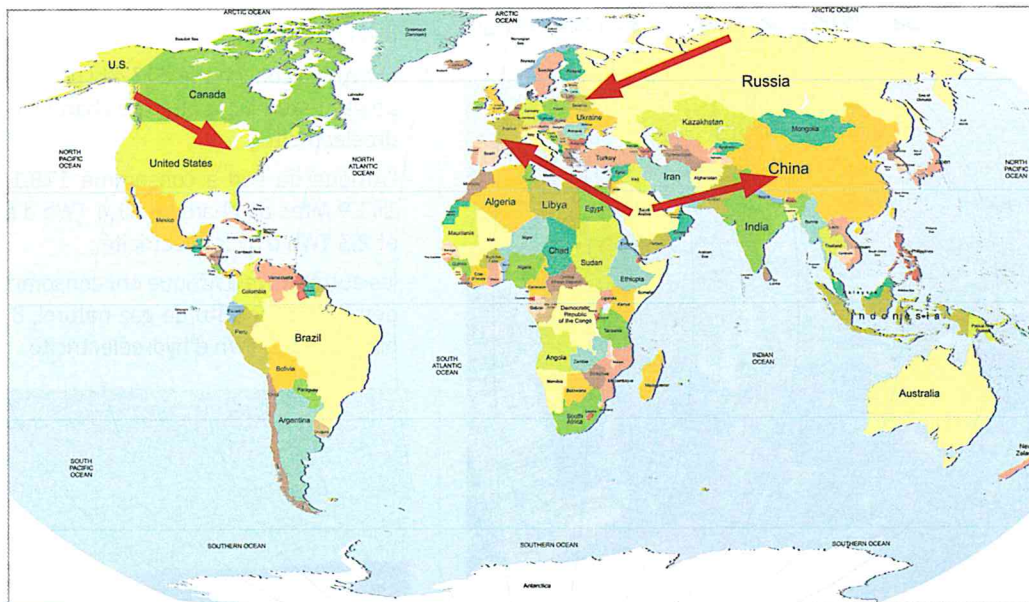


Fig. 6 Principaux flux de gaz naturel en 2009

► Concernant les **autres ressources** (charbon, hydroélectricité, nucléaire, solaire, éolien), le problème de transport concerne davantage le transport de l'électricité créée que le transport des matières premières. Les problèmes liés au transport de l'énergie électrique sont traités dans le Tome 2.

SYNTHÈSE

Le tep (tonne équivalent pétrole) apparaît comme l'unité la plus naturelle pour comparer les réserves et la consommation des ressources au niveau mondial.

De par la localisation des réserves en énergies primaires, l'**extraction** et le **transport** de ces matières premières coûte cher tant au niveau financier qu'environnemental. L'état des réserves mondiales en pétrole, gaz naturel et charbon diminue.

Si la consommation actuelle continue au même niveau, en 2009, il resterait **47 ans de pétrole, 60 ans de gaz naturel, et 167 ans de charbon.**

L'énergie **éolienne** et l'énergie **solaire** sont en bonne place pour remplacer ces énergies qui s'épuisent : en 2009, 159 GW de puissance éolienne et 15 GW de puissance solaire étaient installés sur Terre.

POUR S'ENTRAÎNER

1 Travail sur les unités

La Chine produit 1 385,37 millions de barils de pétrole, 3,043 PBtu de gaz naturel et 2 217,54 millions de tonnes de charbon.

Après avoir converti les trois productions en tonne équivalent pétrole, indiquer la première source d'énergie chinoise.



2 Calcul de la puissance moyenne par Français

La France comptait 64,3 millions d'habitants au 1^{er} janvier 2009. D'après l'Agence internationale de l'énergie, la consommation française d'énergie était, en 2009, répartie de la manière suivante : 641 millions de barils de pétrole, 1 444 TBtu de gaz naturel, 14,42 millions de tonnes de charbon, 1 080 TWh d'énergie nucléaire et 152,35 TWh d'hydroélectricité.

1. Calculer l'énergie totale consommée en 2009 par la France en Mtep.
2. Convertir ce résultat en Wh.
3. En déduire l'énergie consommée par un habitant de la France en 2009 en Wh.
4. En déduire la puissance (en W) équivalente d'un Français.
5. Sachant qu'un cheval est équivalent à une puissance de 735 W, calculer le nombre de chevaux équivalent à un habitant de la France en terme de puissance.

POUR ALLER PLUS LOIN

3 Estimation d'une consommation d'énergie

Estimer la quantité d'énergie consommée par l'Afrique en 2009, sachant que :

- l'Algérie a consommé 109,3 Mbl de pétrole, 952,3 TBtu de gaz naturel, 1 Mtec de charbon et 1,2 TWh d'hydroélectricité ;
- l'Égypte a consommé 247 Mbl de pétrole, 1519,7 TBtu de gaz naturel, 1,6 Mtec de charbon et 36,1 TWh d'hydroélectricité ;
- l'Afrique du sud a consommé 178,1 Mbl de pétrole, 141,9 Mtec de charbon, 31,4 TWh d'énergie nucléaire et 2,3 TWh d'hydroélectricité ;
- les autres pays d'Afrique ont consommés 521,9 Mbl de pétrole, 884,9 TBtu de gaz naturel, 8,7 Mtec de charbon et 215,2 TWh d'hydroélectricité.

