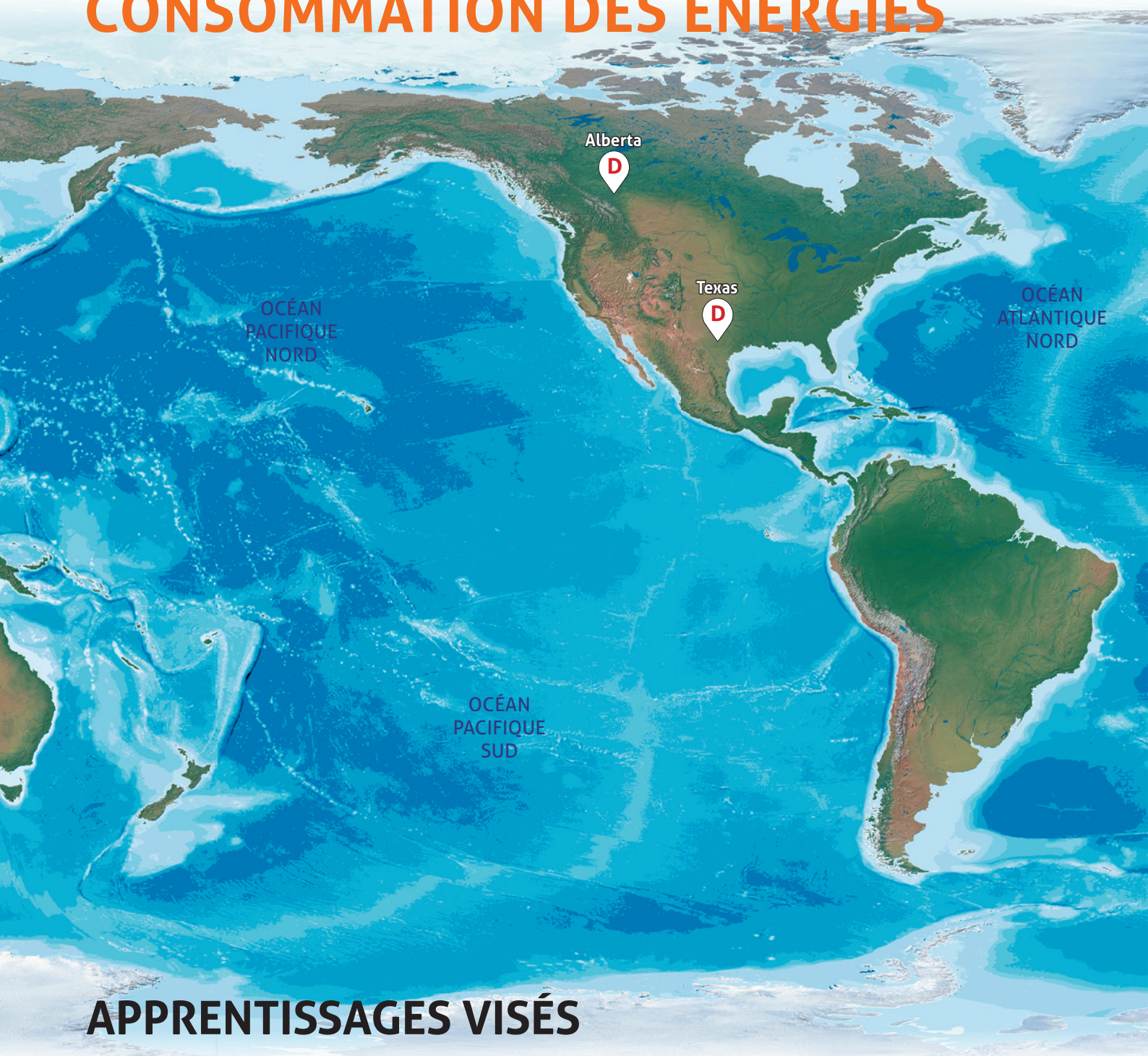


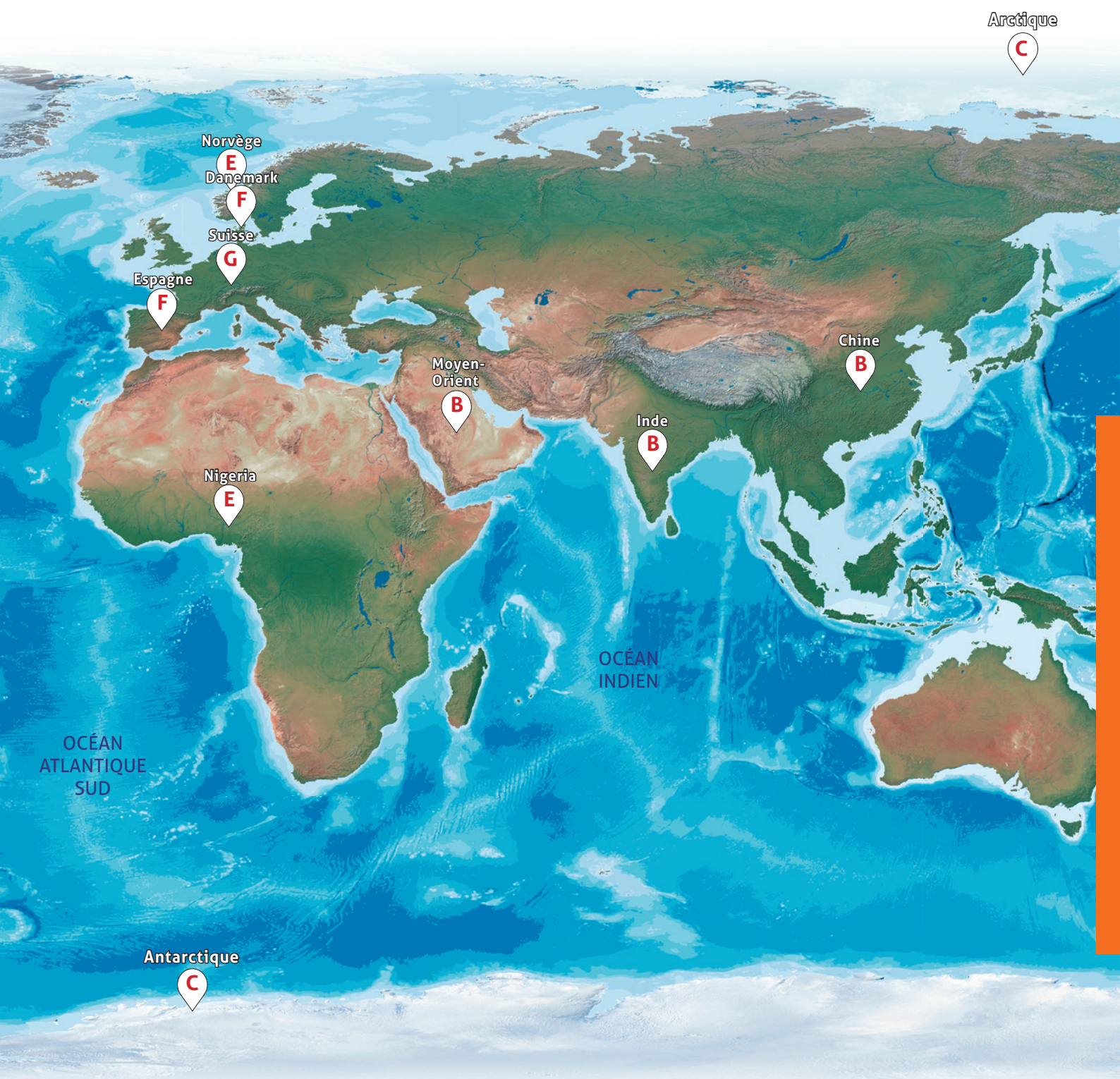
DE LA PRODUCTION À LA CONSOMMATION DES ÉNERGIES



APPRENTISSAGES VISÉS

EN ÉTUDIANT CE THÈME, TU APPRENDRAS À :

- identifier les régions de production et de consommation d'énergie dans le monde et analyser l'inégale répartition de cette consommation d'énergie ;
- identifier des problématiques et des enjeux liés aux flux pétroliers ;
- localiser et identifier les caractéristiques des principales régions disposant des réserves mondiales d'énergies fossiles ;
- distinguer différents acteurs ainsi que les relations qu'ils entretiennent dans la gestion des revenus pétroliers ;
- déterminer quelques conséquences économiques, environnementales et sociales liées à l'exploitation des ressources pétrolières ;
- acquérir et utiliser un vocabulaire spécifique à la thématique énergétique ;



- émettre des hypothèses concernant les moyens de limiter les impacts des énergies fossiles ;
- comparer quelques alternatives aux énergies fossiles ;
- analyser la stratégie énergétique 2050 en Suisse.

AU TRAVERS DU THÈME, TU APPRENDRAS AUSSI PROGRESSIVEMENT À :

- lire des documents de différents types (cartes, dessins, graphiques, etc.), en extraire les informations et les mettre en relation ;
- synthétiser les informations sous la forme de production de documents, en particulier de schéma heuristique, de carte conceptuelle et de texte argumentatif ;
- localiser des espaces en lien avec les problématiques liées aux énergies.

De la production à la consommation des énergies

Quelles sont les sources d'énergie nécessaires pour nos activités quotidiennes ? Depuis la révolution industrielle, nous allons puiser dans des réserves contenues dans les sous-sols de la Terre : charbon, pétrole, gaz naturel. Notre confort s'est nettement amélioré avec la maîtrise de l'électricité, mais rares sont les pays qui produisent entièrement ce dont leur population a besoin.

Les étapes qui vont de la source d'énergie primaire à la consommation finale sont nombreuses et propres à chaque énergie.

À l'échelle mondiale, certaines régions produisent et exportent du charbon, du pétrole, du gaz naturel ou de l'uranium et d'autres les utilisent ; seuls quelques États disposent des principaux gisements de pétrole. Transporter le pétrole implique des conduites (pipelines) ou des bateaux (pétroliers). Son transport n'est pas sans risque, il est donc important d'en saisir les enjeux. Principale source d'énergie, le pétrole est au cœur de nos sociétés, toutefois ses réserves sont limitées. À l'échelle du monde, les pays producteurs et exportateurs de pétrole ont de ce fait une influence considérable. Cependant, à l'échelle locale, on peut se demander comment les revenus du pétrole sont investis dans les pays producteurs.

Notre niveau de vie dépend principalement de sources d'énergies fossiles. Il faut désormais s'assurer

de la durée de notre économie tout en limitant les impacts sur l'environnement, ce sont là les enjeux du développement durable. Aujourd'hui, nous devons chercher, avec les énergies renouvelables, des alternatives à ces ressources limitées. Lors de la transition énergétique, c'est toute la chaîne du producteur au consommateur qu'il va falloir adapter.

Qui consomme et qui produit l'énergie ? Comment prendre l'énergie dans un lieu et l'amener à l'endroit où on la consomme ? Comment gérer ces ressources sans les gaspiller ? Quelles solutions s'offrent à nous ?

Les modules de ce thème te permettront d'apporter quelques éléments de réponses à ces questions.



Quelles sont les sources d'énergie ?



Qui consomme et qui produit ?



Pourquoi le pétrole ?

D



**Transporter
le pétrole : comment ?
Par où ? Quels enjeux ?**

E



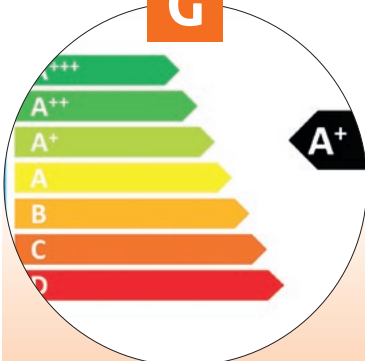
**Les gisements
pétroliers, est-ce
une garantie
de richesse ?**

F



**Vers la fin des
énergies fossiles ?**

G



**Vers une transition
énergétique
durable ?**

QUELLES SONT LES SOURCES D'ÉNERGIE ?

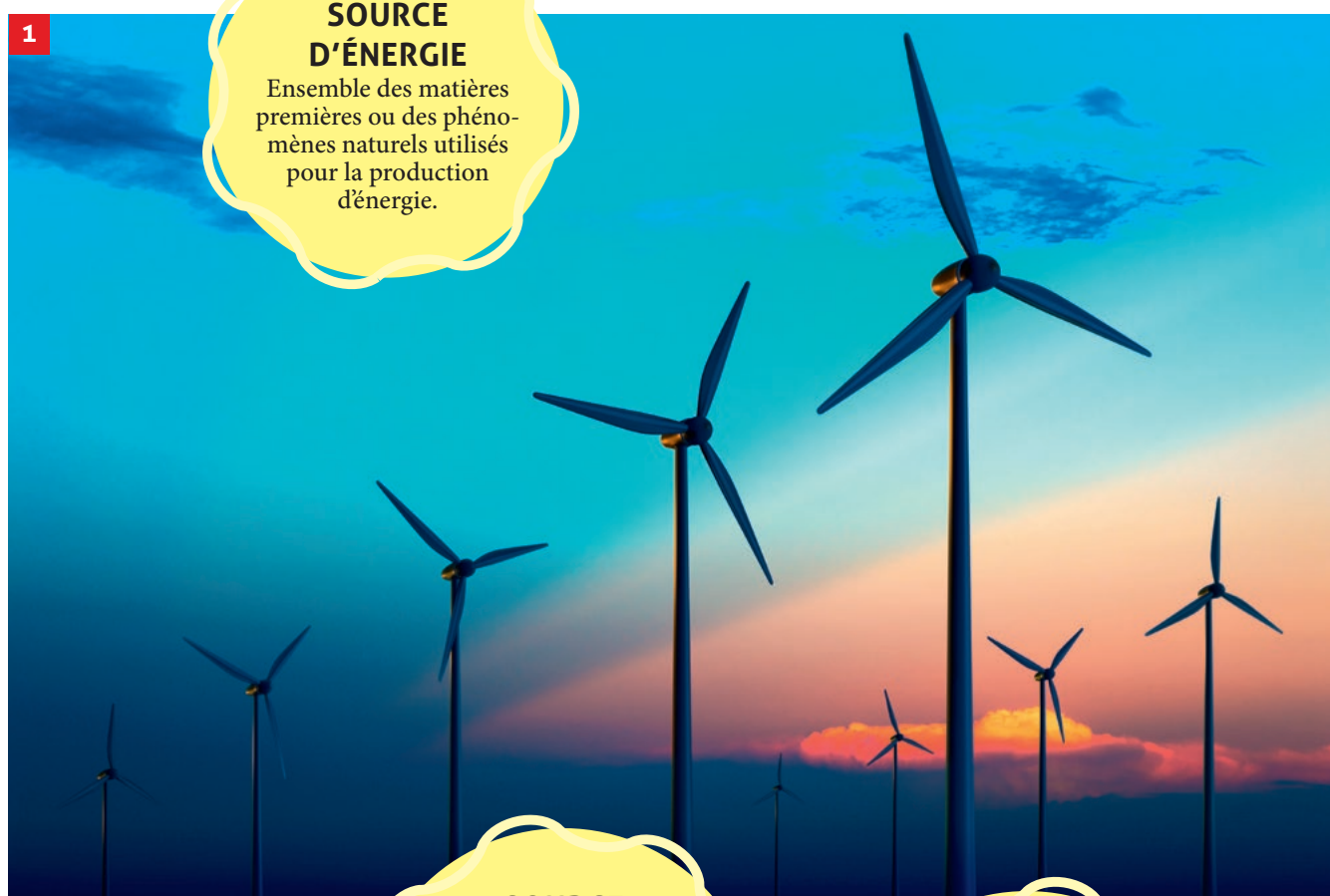
« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme » a dit Lavoisier, un scientifique. Ce principe s'applique parfaitement à l'énergie. En effet, on ne produit pas directement l'énergie, elle est contenue dans l'univers. L'enjeu est de la récupérer sous différentes formes et de la transformer afin de pouvoir la transporter et la stocker là où l'homme en a besoin.

Les étapes qui vont de la source d'énergie primaire à la consommation finale sont nombreuses et propres à chaque énergie.

En tant que consommateurs, ce sont principalement l'électricité et l'essence qui attirent notre attention. Nos questions les plus fréquentes concernent l'emplacement des prises électriques ou la distance qui nous sépare de la prochaine station-service, nous nous interrogeons plus rarement sur la provenance de l'énergie qui se cache derrière l'électricité ou l'essence.

Ce module propose de différencier les **SOURCES D'ÉNERGIE**, d'identifier si elles sont **RENOUVELABLES** ou **NON RENOUVELABLES**.

Comment la société humaine a-t-elle utilisé ces ressources à travers le temps ? Quelles sont les inventions majeures qui ont marqué des étapes du progrès technologique ?



1

SOURCE D'ÉNERGIE

Ensemble des matières premières ou des phénomènes naturels utilisés pour la production d'énergie.

SOURCE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE

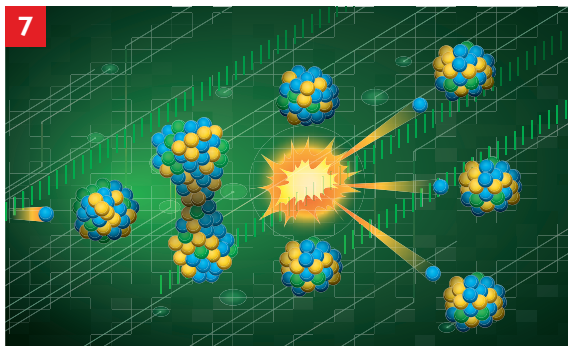
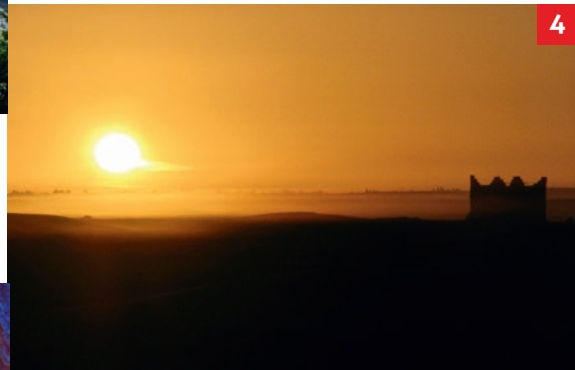
Source générée par un processus dont le renouvellement est rapide et en principe illimité (biomasse, vent, soleil, géothermie, eau).

SOURCE D'ÉNERGIE NON RENOUVELABLE

Source puisée dans le sol et dont le stock est limité (énergie fossile et nucléaire).

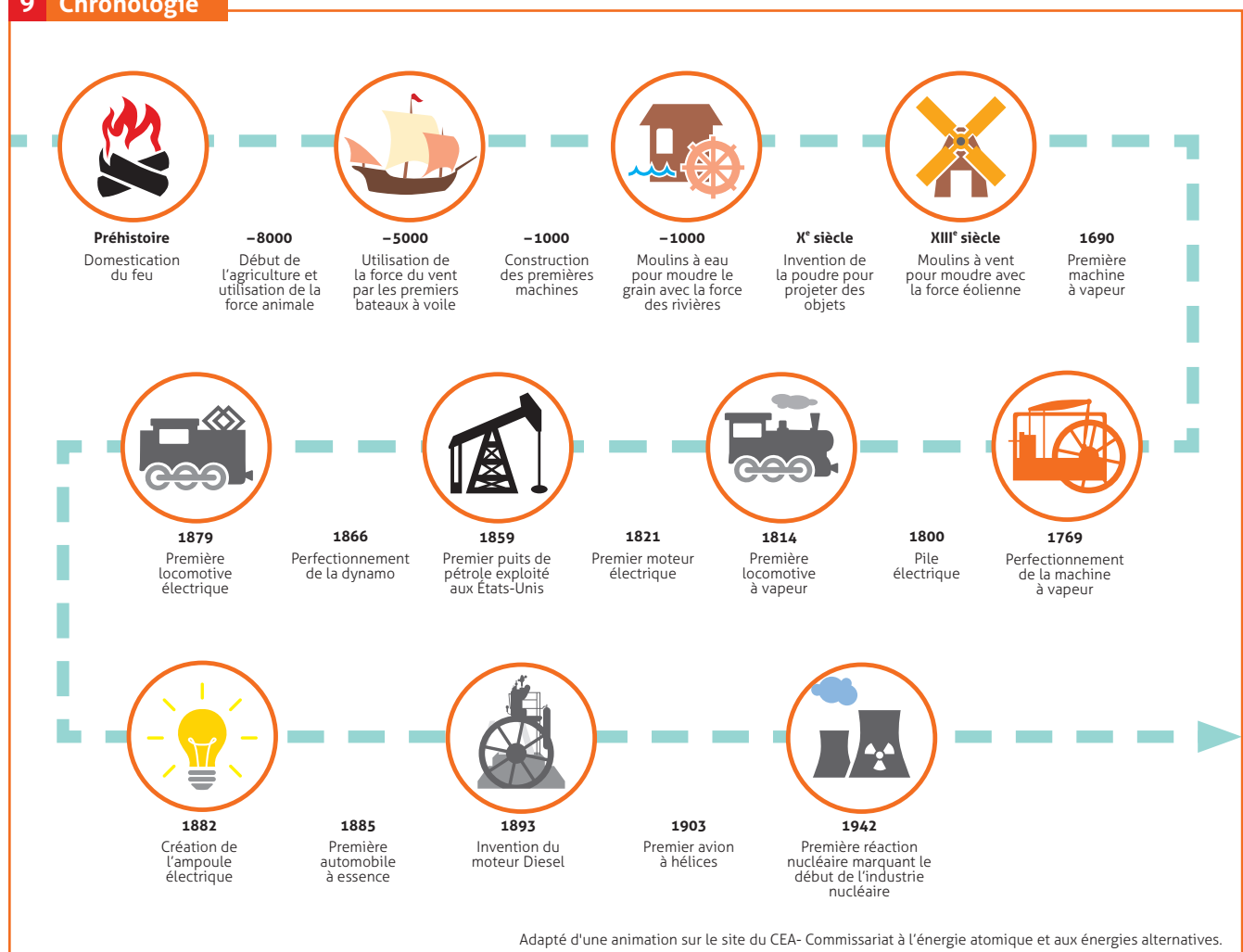


Des sources d'énergie



Les grandes étapes de l'énergie

9 Chronologie



L'énergie fossile

On distingue deux types d'énergie fossile. **L'énergie fossile conventionnelle** est issue de la décomposition de matière organique fossilisée et contenue dans le sous-sol de la Terre en quantité limitée (pétrole, gaz naturel et charbon).

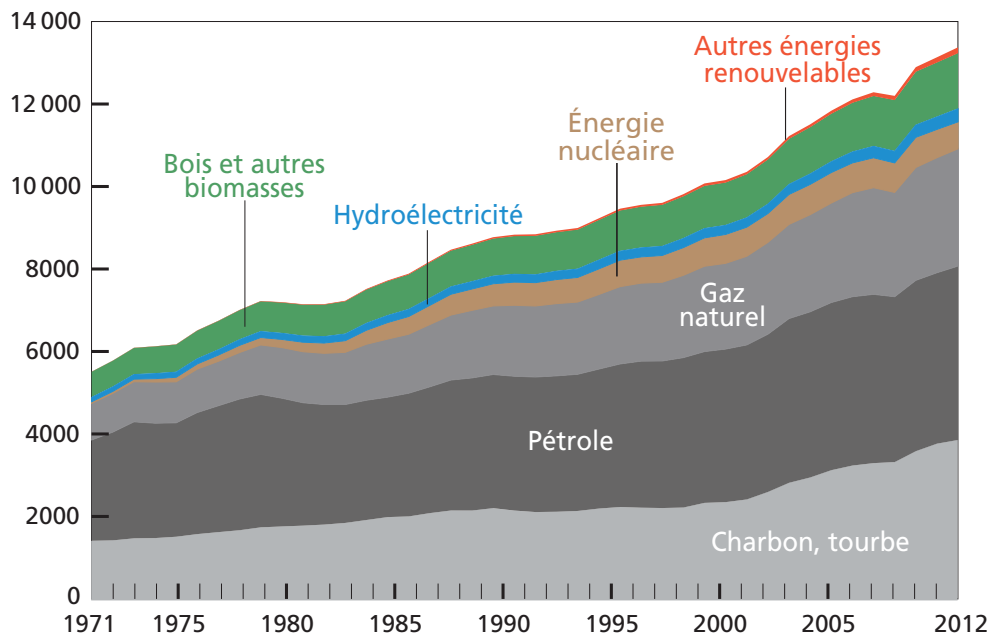
L'énergie fossile non conventionnelle (issue des sables bitumineux, pétroles lourds et gaz de schiste) est une énergie fossile connue depuis longtemps, mais plus difficile à exploiter. C'est pourquoi ce type d'énergie n'a commencé à être recherché et exploité que lorsque les ressources facilement disponibles ont diminué. La phase d'extraction entraîne une grande consommation d'énergie, de ce fait, l'exploitation de ces gisements a un impact environnemental majeur sur les émissions mondiales de gaz à effet de serre.



10 Évolution de la consommation d'énergie mondiale de 1971 à 2012

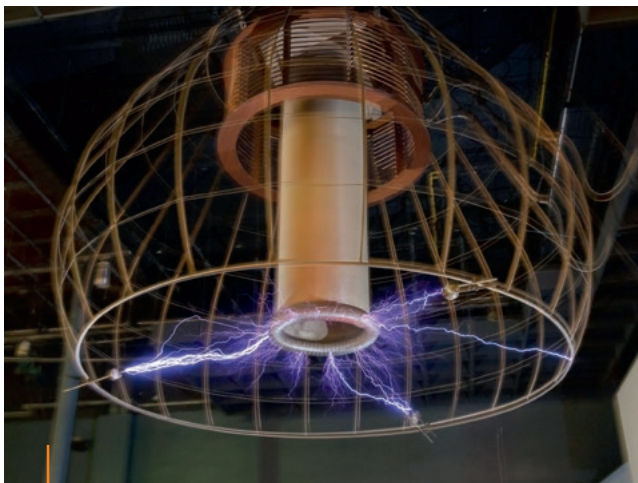
Mtep (Millions de tonnes d'équivalent pétrole)

Source : IOA Key World Energy Statics, 2014.



tep

(tonne d'équivalent pétrole)
Représente la quantité d'énergie contenue dans une tonne de pétrole brut. Unité de mesure qui permet d'exprimer les différentes sources d'énergie en unité commune.



Bobine électrique
Tesla (Paris).

L'électricité est un phénomène physique lié aux différentes charges de la matière. L'Homme a été confronté à l'électricité dès le début de l'humanité, notamment par les éclairs.

L'étude de l'électricité au XIX^e siècle a permis la maîtrise du déplacement des charges électrique et de l'énergie qui leur est associé.

L'énergie électrique se transformant facilement en force, mouvement, lumière, chaleur, information; elle est à l'origine de nombreux progrès technologiques tels que l'éclairage, l'électroménager, la téléphonie, l'informatique, etc.

QUI CONSOMME ET QUI PRODUIT ?

Les sources d'énergie sont variées, leur quantité peut être limitée ou illimitée. Toutes nos activités consommant de l'énergie, il est dès lors nécessaire de distinguer les différentes étapes de la transformation de l'énergie, de son origine à sa consommation finale.

L'ÉNERGIE PRIMAIRE est disponible dans l'environnement et directement exploitable sans transformation: le rayonnement du soleil, la combustion du bois ou du charbon nous réchauffent, le vent fait tourner les ailes du moulin, etc.

On parle d'**ÉNERGIE SECONDAIRE** lorsque l'énergie primaire est transformée en une énergie que l'on peut transporter et utiliser. C'est le cas du pétrole brut qu'il faut raffiner pour permettre sa consommation sous forme de carburant. C'est aussi le cas de l'énergie dégagée par le soleil, l'eau ou le vent, quand elle est transformée en électricité pour satisfaire nos besoins. Enfin, l'énergie consommée correspond à l'**ÉNERGIE FINALE**.

Dans les faits, nous exploitons principalement l'énergie primaire fossile, pour la transformer en énergie secondaire: carburant et électricité.

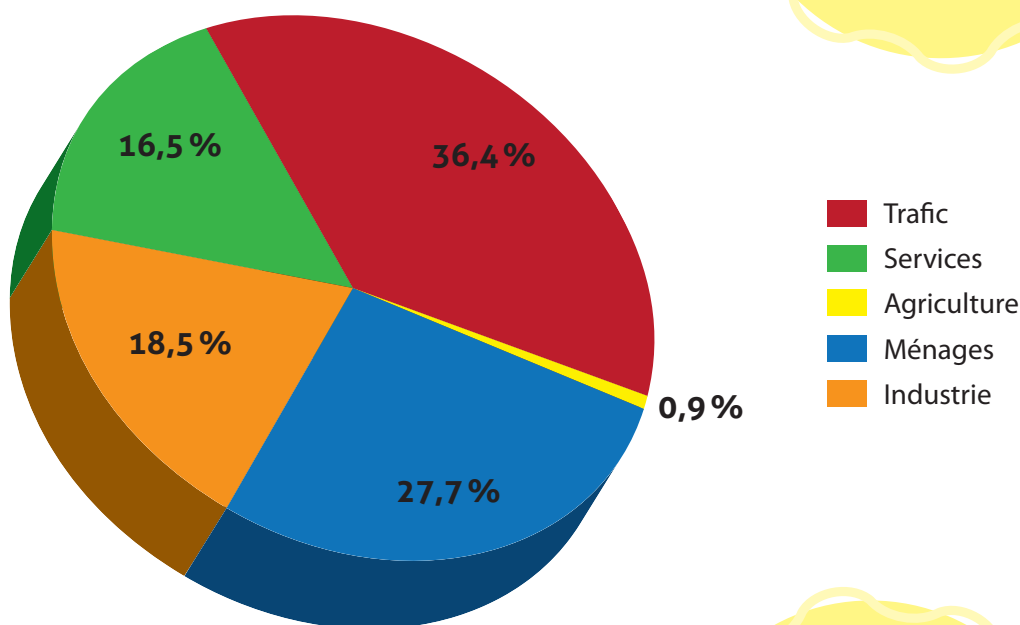
À l'échelle mondiale, les réserves d'énergie primaire sont localisées dans des espaces qui ne correspondent pas systématiquement aux lieux où on les consomme. Quels sont les pays producteurs d'énergie et les pays consommateurs ? Certains pays sont-ils plus gourmands que d'autres ? Pour quelle utilisation finale ?

ÉNERGIE PRIMAIRE

Énergie disponible directement de l'environnement: pétrole brut, gaz naturel, combustibles solides (charbon, biomasse), rayonnement solaire, énergie hydraulique, éolienne, géothermique ou nucléaire.

11 Consommation d'énergie finale en Suisse, part des secteurs en 2015

Source: OFEN, Office fédéral de l'énergie, 2015.



ÉNERGIE SECONDAIRE

Énergie obtenue par transformation à partir d'une énergie primaire. Celle-ci est convertie en électricité ou carburant, dans des centrales électriques ou des raffineries.

ÉNERGIE FINALE

Énergie consommée. La quantité d'énergie finale est inférieure à l'énergie primaire disponible (déperdition aux étapes de transformation, stockage et transport).



12

- Les domaines du trafic, des ménages et de l'économie (industries et services) consomment chacun un tiers de l'énergie finale en Suisse. Au cours des dernières années, la croissance de la population, le développement économique et l'augmentation du trafic ont contribué à ce que l'on consomme toujours plus d'énergie dans tous les secteurs.

Dans les ménages, nous consommons une part prépondérante des énergies (plus de 80 %) pour le chauffage et l'eau chaude. Pour cela, les énergies fossiles sont encore les plus utilisées. Nous employons les 20 % restant sous forme d'électricité pour l'éclairage et les appareils ménagers.

Le domaine du trafic comprend les transports publics et privés, sur la route et le rail, sur l'eau et dans les airs. Ce domaine consomme presque exclusivement des carburants fossiles tels que l'essence, le diesel et le kérosène. L'électricité est réservée uniquement au trafic ferroviaire et aux véhicules électromobiles.

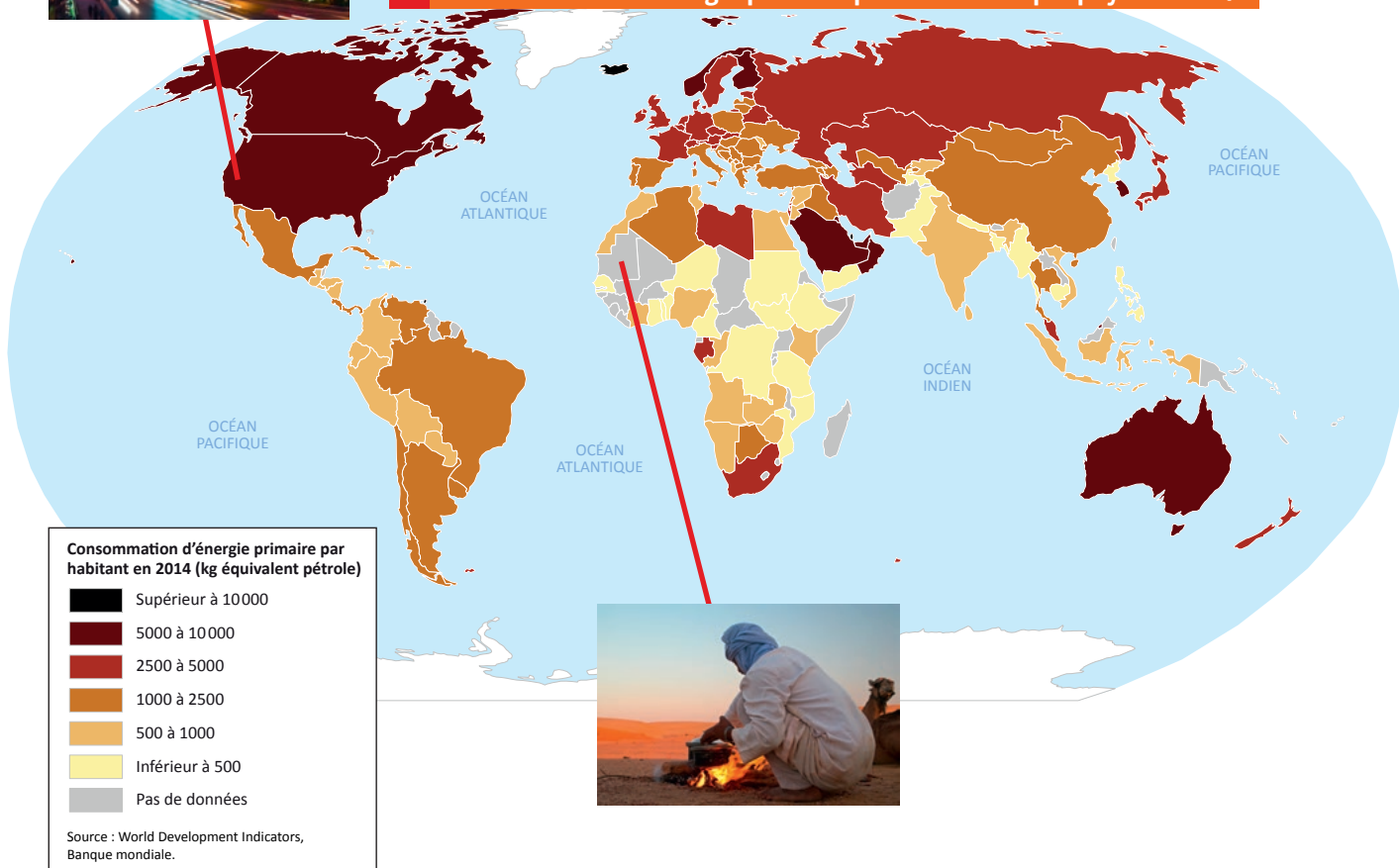
Dans le domaine de l'économie, les industries et l'artisanat utilisent surtout les énergies pour le fonctionnement des machines, ainsi que dans les processus de production du chaud et du froid. Les moyens employés sont en particulier les énergies fossiles et l'électricité. Dans le secteur des prestations de services, de la gastronomie et de l'hôtellerie, ainsi que dans les commerces, la santé, les banques, les assurances et les administrations, 60 % des énergies sont voués au chauffage et à l'eau chaude, principalement en recourant aux énergies fossiles. Le reste, sous forme d'électricité, à l'éclairage, à l'appareillage et à la technique du bâtiment.

Adapté de OFEN, 2015.

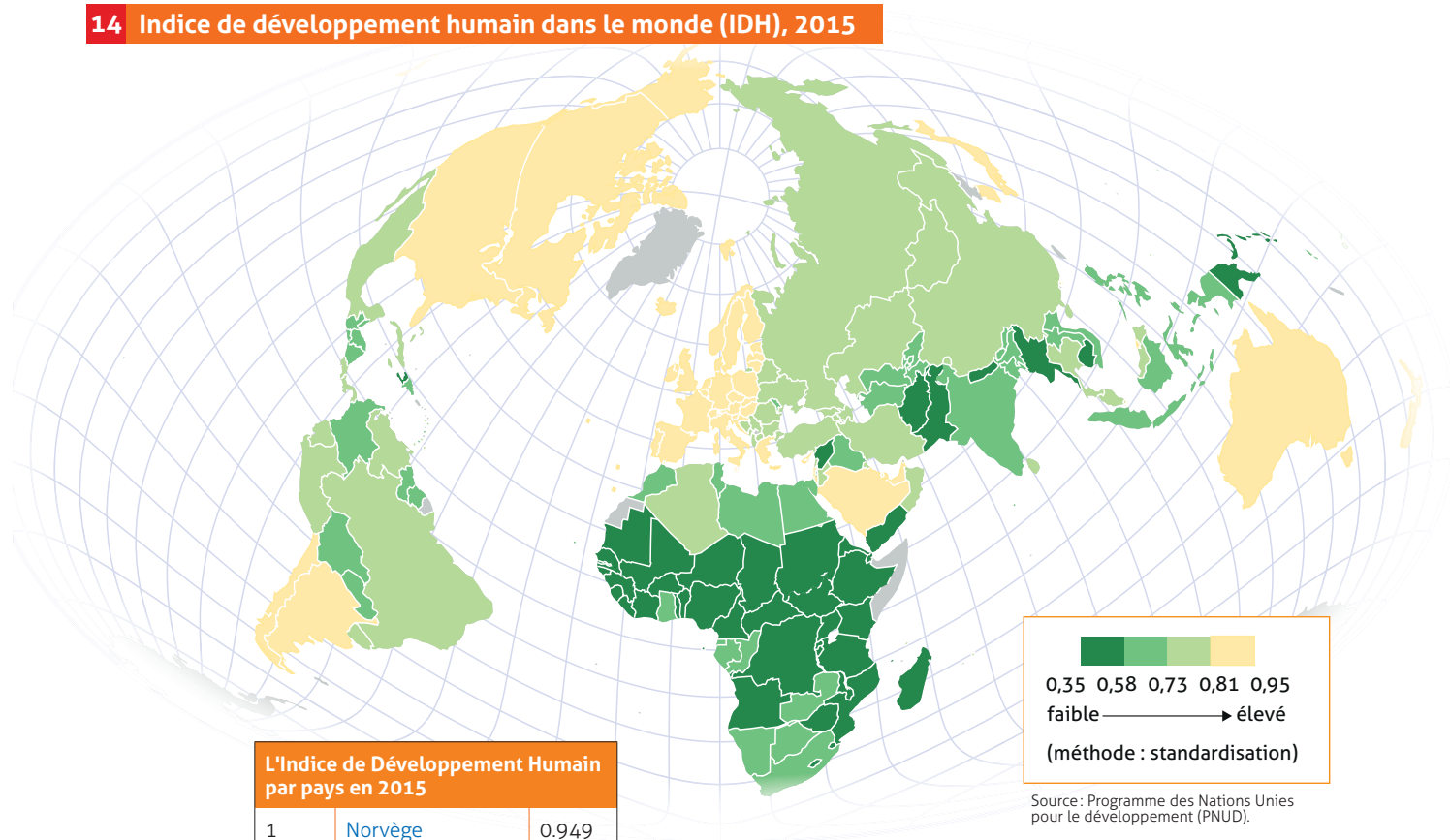
Une consommation très diverse



13 Consommation d'énergie primaire par habitant et par pays en 2014



14 Indice de développement humain dans le monde (IDH), 2015



L'Indice de Développement Humain par pays en 2015

1	Norvège	0.949
2	Australie	0.939
3	Suisse	0.939
...
186	Tchad	0.396
187	Niger	0.353
188	République centrafricaine	0.352

15

La consommation inégale d'énergie par habitant : quelques causes.

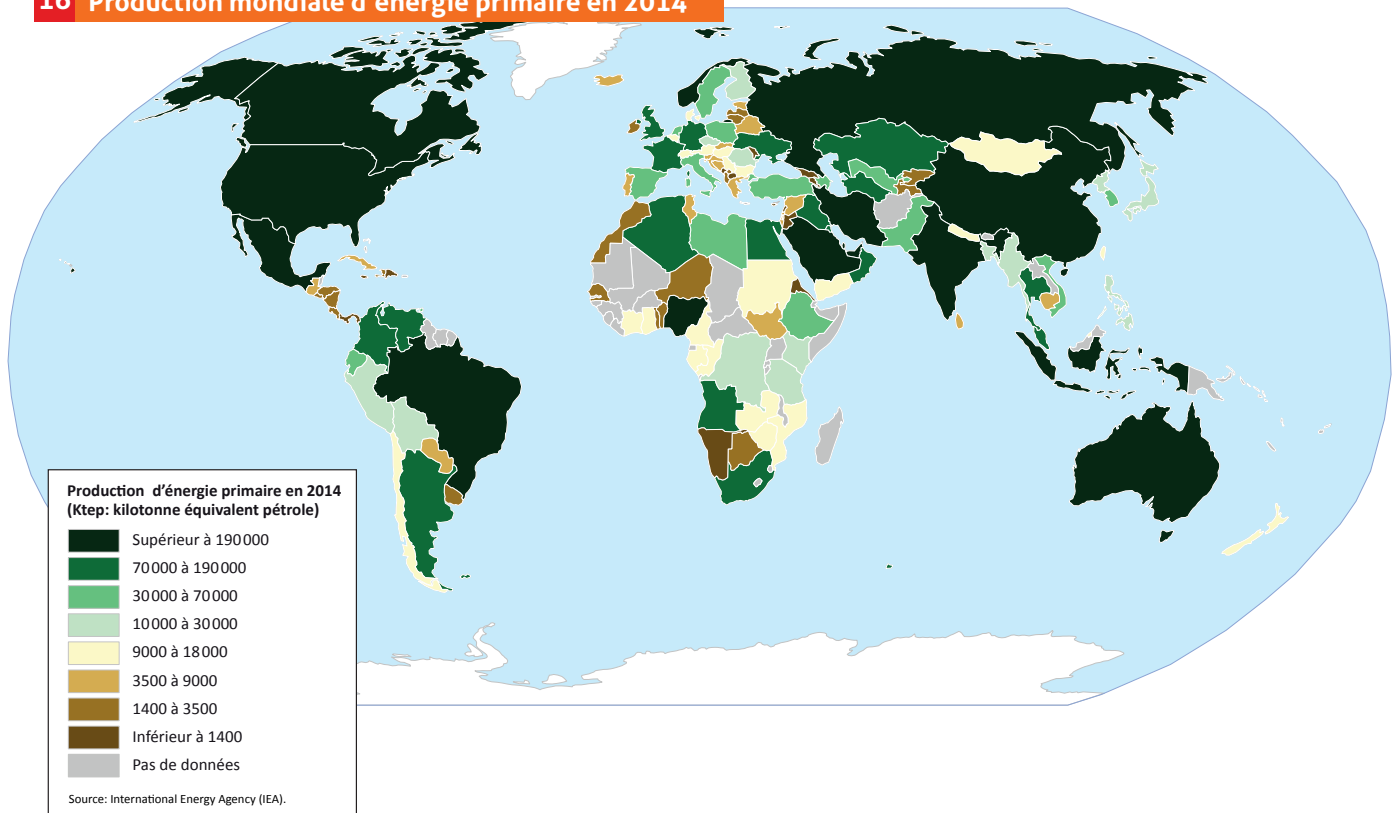
Les différences de niveau de développement ne peuvent pas tout expliquer : il faut prendre en compte les dotations en ressources naturelles, le climat, le mode de vie, la densité de la population, le degré et la structure d'industrialisation. Par exemple, la consommation intérieure de gaz naturel est en forte augmentation au **Qatar** : elle a presque triplé entre 2003 et 2013. Pour l'essentiel, le gaz consommé dans l'émirat est destiné aux secteurs de l'électricité et du dessalement d'eau. Ainsi s'explique la première place du Qatar avec près de 19 tep par habitant. Assez logiquement, on consomme aussi plus en **Islande** (près de 12 tep) ou en **Finlande** (près de 7 tep) que dans les pays méditerranéens de l'Europe (**Grèce** : 2,7 ; **Portugal** : 2,3). Le mode de vie américain est certainement la cause de la plus forte consommation des **États-Unis**, deux fois plus élevée que dans la plupart des pays européens et au **Japon**, pays par ailleurs moins bien doté en ressources.

Adapté de Merenne-Schoumaker Bernadette, *Géographie de l'énergie : acteurs, lieux et enjeux*, 2011 et connaissancedesenergies.org



Une production inégalement répartie

16 Production mondiale d'énergie primaire en 2014



17 Les principaux producteurs d'énergie primaire dans le monde en 2014

Part de la production mondiale

	Pétrole brut	Arabie Saoudite	13.2 %	États-Unis	13.1 %	Russie	12.3 %
	Gaz naturel	États-Unis	21.4 %	Russie	17.8 %	Iran	5.1 %
	Charbon	Chine	45.8 %	États-Unis	10.5 %	Inde	9 %
	Nucléaire	États-Unis	32.8 %	France	17.2 %	Russie	7.1 %
	Hydraulique	Chine	26.7 %	Canada	9.6 %	Brésil	9.4 %
	Éolien	Chine	28.7 %	États-Unis	19.2 %	Allemagne	10.8 %
	Biomasse (biocarburants, déchets)	États-Unis	19.4 %	Brésil	12.8 %	Allemagne	12.7 %
	Solaire (capacités installées)	Allemagne	26.8 %	Italie	18 %	États-Unis	14.3 %
	Géothermie	États-Unis	27.9 %	Philippines	14.6 %	Chine	8.4 %

Source: International Energy Agency (IEA).

POURQUOI LE PÉTROLE ?

Le pétrole joue un rôle important dans le développement économique de notre société depuis le XIX^e siècle. Représentant près du tiers de l'énergie primaire consommée en 2015, le pétrole est la source d'énergie la plus utilisée dans le monde devant le charbon (28 %) et le gaz naturel (21 %). Cependant, les réserves de pétrole sont limitées et ne se renouvellent pas au rythme où nous le consommons.

Le commerce du pétrole constitue le plus important commerce international de matières premières, en valeur et en volume. Il est un produit de l'histoire géologique d'une région. Pour que naisse un gisement de pétrole (de gaz ou de charbon), il faut des concours de circonstances favorables et du temps, beaucoup de temps...

Pour être utilisable, le **PÉTROLE BRUT** doit passer par l'étape du **RAFFINAGE**. En plus de l'énergie combustible utilisée dans la plupart des industries mécanisées, ses dérivés chimiques servent à la fabrication de produits de toutes sortes.

La répartition inégale des **RÉGIONS PÉTROLIFÈRES** dans le monde ainsi la présence incontournable du pétrole dans notre quotidien posent la question de notre dépendance économique et sociale aux sources d'énergie primaire, en particulier au pétrole.

Comment se forme le pétrole ? Comment et où peut-on en extraire ? Comment est-il utilisé ? Et moi qui me déplace à pied ou à vélo, suis-je aussi dépendant(e) du pétrole ?

PÉTROLE BRUT

(du latin *petrum* et *oleum* : huile de roche)
Combustible fossile dont la formation remonte à plusieurs centaines de millions d'années.

18



RAFFINAGE

Ensemble des opérations permettant de fabriquer, à partir du pétrole brut, une large gamme de produits commerciaux (huiles minérales, mazout, carburants, bitume, plastique, etc.)

RÉGION PÉTROLIFÈRE

Zone se trouvant sur la terre, sous la terre ou sous le plancher océanique, contenant des réserves d'hydrocarbures (pétrole et gaz naturel).

Raffinerie de pétrole, Kocaeli, au nord de la [Turquie](#).



La formation du pétrole

19 Les explications d'une géologue

DÉPÔT AU FOND D'UN BASSIN SÉDIMENTAIRE

La formation débute il y a plusieurs centaines de millions d'années. Les micro-organismes qui peuplent le milieu aquatique, en mourant, se déposent au fond des mers. Au fil du temps, ils s'accumulent sur des centaines de mètres, formant une couche de sédiments.

ENFOUISSEMENT DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

Cette couche de sédiments est progressivement recouverte par d'autres couches. Elle «s'enfonce» dans le sol et durcit; on l'appelle roche sédimentaire ou roche-mère. Plus elle s'enfonce, plus la pression et la température augmentent. Lorsque la couche atteint environ 4000 mètres de profondeur, la température atteint 120°C.



TRANSFORMATION EN HYDROCARBURES

Les déchets organiques vont «mijoter» et se transformer lentement sous forme liquide et gazeuse (les hydrocarbures). Toutefois, le gisement ne forme pas un lac souterrain. Les hydrocarbures sont stockés dans la roche mère, ressemblant plutôt à une éponge, la roche sédimentaire est gorgée de pétrole et de gaz.

MIGRATION ET ACCUMULATION DU GAZ ET DU PÉTROLE

Le pétrole se trouve dans la roche-mère où il s'est formé, avec de l'eau et du gaz. Sous l'effet de la pression, le gaz, le pétrole et l'eau ont tendance à remonter à travers la roche poreuse jusqu'à ce qu'ils rencontrent une roche imperméable sous laquelle ils sont piégés. Sous ce piège, ils s'agencent en fonction de leur densité (gaz en haut, puis pétrole et eau tout en dessous). S'il n'y a pas de roche imperméable pour piéger le pétrole, ce dernier remonte suinter à la surface.

GÉOLOGUE: scientifique qui étudie la structure et l'évolution de l'écorce terrestre.

MATIÈRE ORGANIQUE: matière qui compose les êtres végétaux ou animaux ainsi que les micro-organismes, comme le plancton.

ROCHE SÉDIMENTAIRE: roche composée de sédiments (résidus inorganiques très fins tel que sable, boue, etc.) et de résidus de matière organique constituant la roche-mère.

Comment exploiter un gisement ?

20

Comment décide-t-on d'exploiter un gisement ?

Avant d'en envisager l'exploitation, il s'agit d'évaluer la rentabilité du gisement : volume des réserves récupérables et conditions de production ne peuvent être déterminés qu'en procédant à des forages, en vue de délimiter le gisement. Des équipes pluridisciplinaires constituées de géologues, de géophysiciens, etc. sont chargées d'étudier les résultats issus de la phase de prospection. Leurs conclusions sont déterminantes pour limiter les risques financiers que prennent les compagnies pétrolières.

En effet, sur cinq forages d'exploration, un seul, en moyenne, met en évidence une quantité de pétrole brut suffisante pour justifier économiquement son exploitation.

Adapté de ifpenergiesnouvelles.fr, 2018.

21

Litige pétrolier

Le [Ghana](#) et la [Côte d'Ivoire](#), respectivement les deuxième et troisième économies d'Afrique de l'Ouest, se divisent sur le tracé de leur frontière maritime, qui traverse un gisement de pétrole offshore que les deux voisins souhaitent exploiter. Le Tribunal international du droit de la mer (TIDM) a ordonné samedi au Ghana de limiter son activité pétrolière dans l'attente d'un jugement.

Adapté de romandie.com, 25 avril 2015.

22

Et le pétrole marin ?

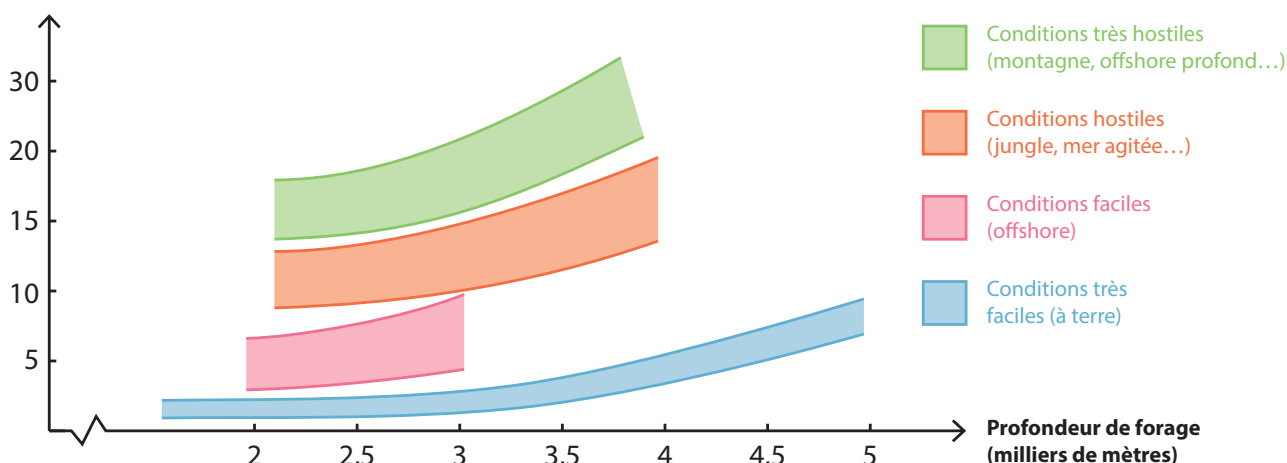
Les bassins sédimentaires offshore situés à moins de 500 mètres de profondeur représentent plus de 30 millions de km², soit une superficie équivalente à celle de l'Afrique. C'est dans cette tranche d'eau que l'on trouve une grande partie des réserves et de la production mondiale actuelles (30 % de la production mondiale, 20 % des réserves). La production offshore est donc indispensable à notre approvisionnement énergétique.

Depuis quelques années, l'exploration mais surtout la production par grande profondeur d'eau (>1000 m d'eau) ont connu des avancées technologiques majeures. Cette production reste cependant particulièrement complexe et coûteuse et représente, encore aujourd'hui, un challenge technologique.

Adapté de ifpenergiesnouvelles.fr, 2018.

23 Coût d'exploitation d'un gisement de pétrole (en millions de dollars)

Coût du puits en mio/\$



Source: Pierre-René Bauquis, Total Professeurs Associés, 2008, mentionné sur le site jancovici.com

OFFSHORE: à l'écart du rivage, en pleine mer.

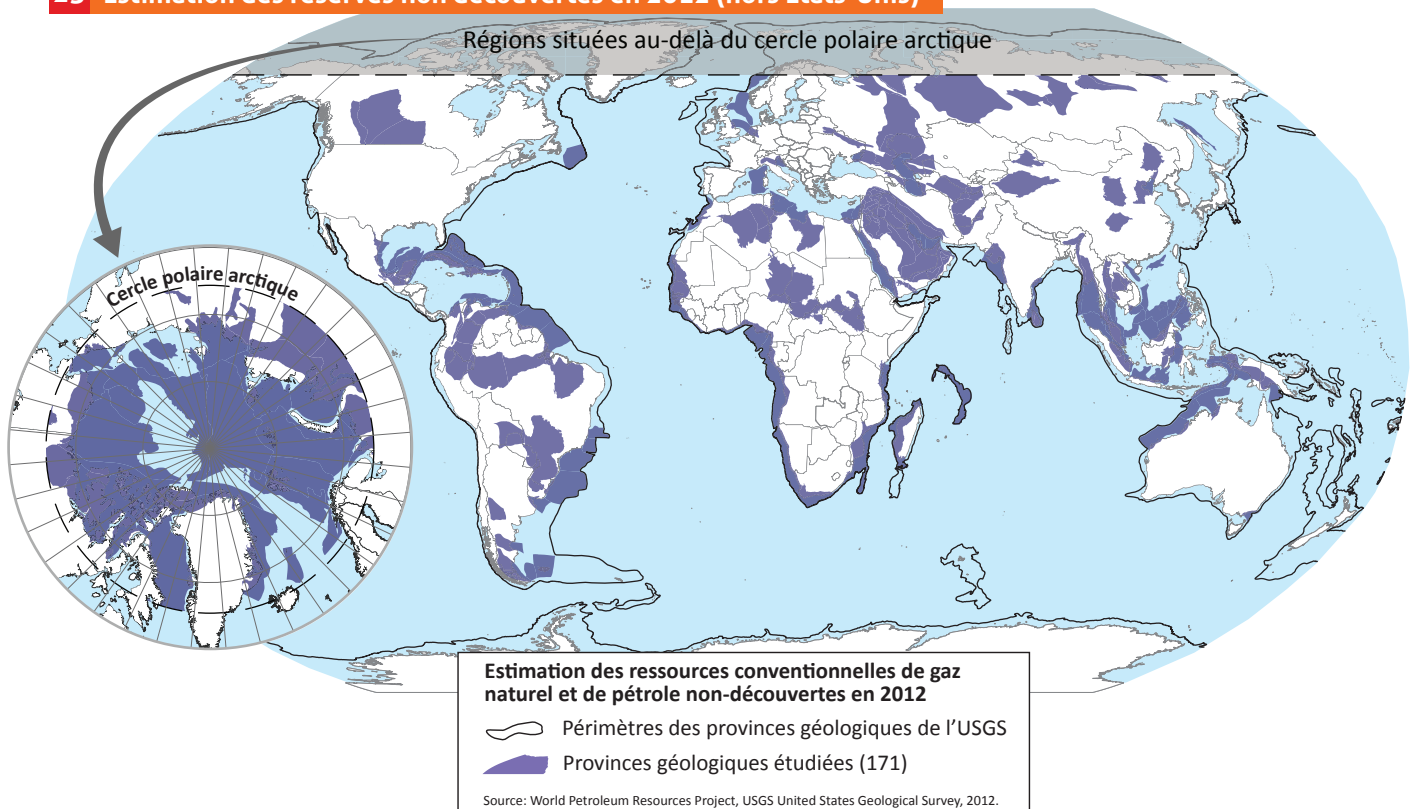


24



Plateforme
pétrolière
au large du
Canada.

25 Estimation des réserves non découvertes en 2012 (hors États-Unis)



Qu'en est-il de l'Antarctique ?

Les ressources potentielles de l'Antarctique ne font aujourd'hui aucun doute. Mais pour en savoir plus sur leur localisation et sur leur intérêt réel, tant en quantité qu'en qualité, il faudrait désormais forer à travers le continent. Or, la zone est protégée depuis 1959 par le traité international qui l'administre collégialement et la préserve de toute mainmise militaire ou économique. C'est dans cet esprit que son complément relatif à la protection de l'environnement, le Protocole de Madrid, adopté en 1991 et entré en vigueur en 1998 pour une durée de 50 ans, interdit la prospection et l'exploitation des minéraux et des hydrocarbures. Son article 7 est on ne peut plus clair: « Toute activité relative aux ressources minérales, autre que la recherche scientifique, est interdite ». Du moins jusqu'en 2048, date d'expiration du protocole.

Source: planete.gaia.free.fr

Que fait-on des produits pétroliers ?

26

En dehors du transport, quels sont les autres usages du pétrole ?

Si près de 59 % du pétrole mondial est consommé par le secteur des transports (fret routier, véhicules, navires, avions), il est également destiné à d'autres usages.

Citons, entre autres :

Les produits du quotidien

Un grand nombre de produits qui nous entourent sont fabriqués à partir de pétrole, par exemple la plupart des matières plastiques, des solvants ou des cosmétiques. Environ 99 % des matières plastiques et une majorité des textiles (nylons, polyesters, etc.) sont issus de la pétrochimie. Par ailleurs, la pétrochimie permet aussi de produire des détergents, des caoutchoucs, des adhésifs et même des médicaments.

L'habitat et les bâtiments publics

Les GPL ou Gaz de Pétrole Liquéfié (butane, propane), issus du raffinage du pétrole ou du traitement de gaz naturel, sont utilisés en bouteilles pour la cuisson des aliments ou le chauffage domestique. Le fioul, qui est également issu du raffinage du pétrole, est encore beaucoup utilisé pour le chauffage.

La production d'électricité

Les centrales thermiques à fioul produisent environ 5 % de l'électricité mondiale.

Les travaux publics

Le secteur de la construction routière utilise 90 % de la production mondiale de bitume, produit issu des pétroles lourds. Par ailleurs, les engins de travaux publics utilisent fréquemment du gazole.

Les secteurs de l'agriculture et de la pêche

De nombreux engrais et pesticides sont issus de transformations pétrochimiques et les machines agricoles fonctionnent souvent au fioul domestique (tracteurs, moissonneuses, etc.) tout comme les bateaux de pêche.



Adapté de energy4me.org

TRANSPORTER LE PÉTROLE : COMMENT ? PAR OÙ ? QUELS ENJEUX ?

Les réserves de pétrole sont inégalement réparties sur la planète, dépendant des conditions géologiques qui ont mené à sa formation. Les régions d'extraction du pétrole ne sont généralement pas les mêmes que les régions consommatrices de cette ressource, il existe donc entre elles des échanges appelés **FLUX** pétroliers.

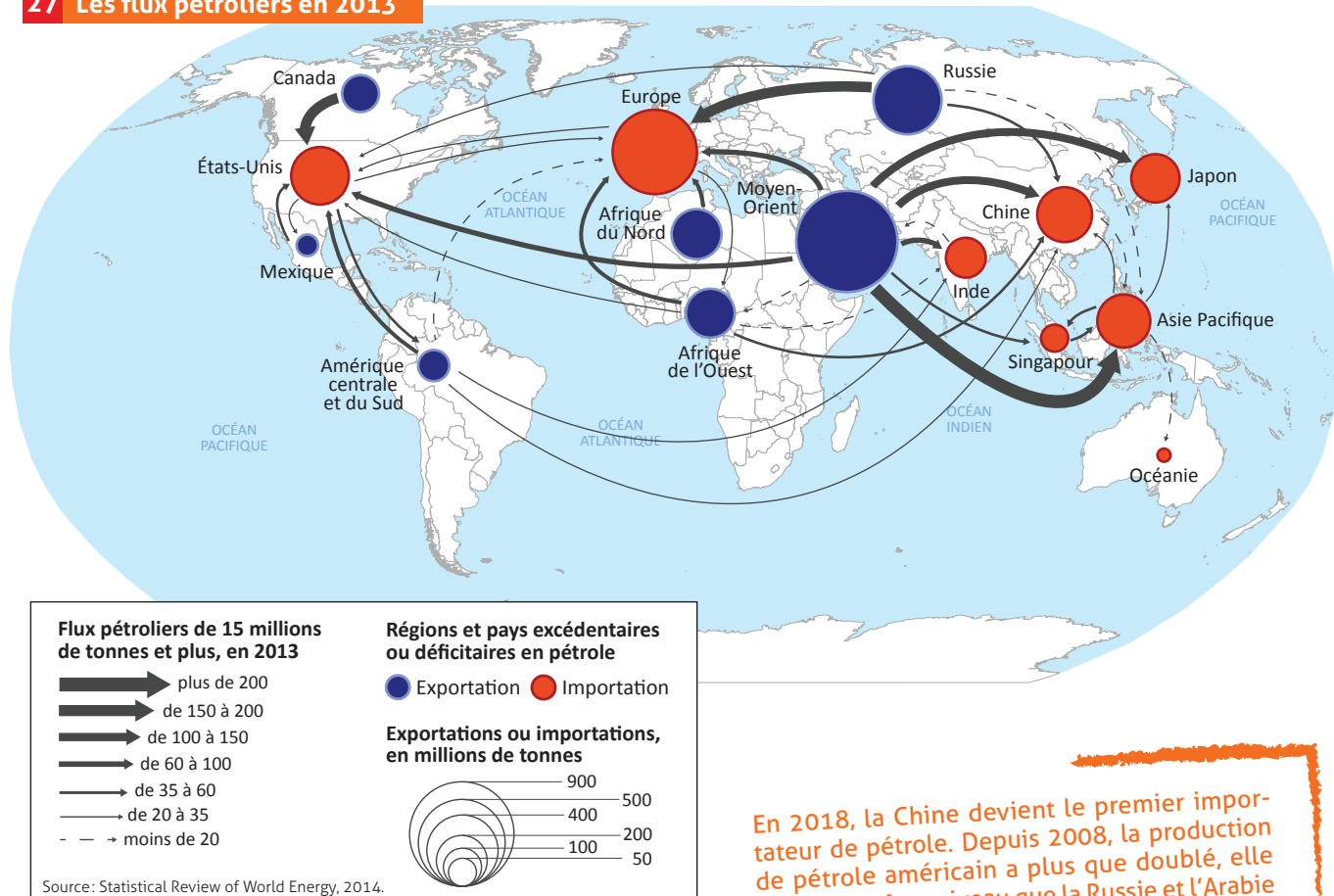
Le commerce de pétrole brut et de produits raffinés entre les différents pays atteint près des deux tiers de toute la production mondiale. Le pétrole brut est d'abord acheminé du site de production vers les raffineries pour être transformé. Les produits pétroliers sont ensuite transportés jusqu'aux différents lieux de consommation. Le transport constitue ainsi un enjeu central dans l'approvisionnement pétrolier, y compris au niveau national. Il nécessite de trouver des voies d'acheminement sûres, en optimisant ses coûts.

Quels sont les enjeux liés au transport du pétrole ? Par où passent les flux ? Quels sont les modes de transport employés ? Présentent-ils des dangers ?

FLUX

Déplacement ou circulation de marchandises, de services, de capitaux, d'informations, de données, d'énergie ou de personnes.

27 Les flux pétroliers en 2013

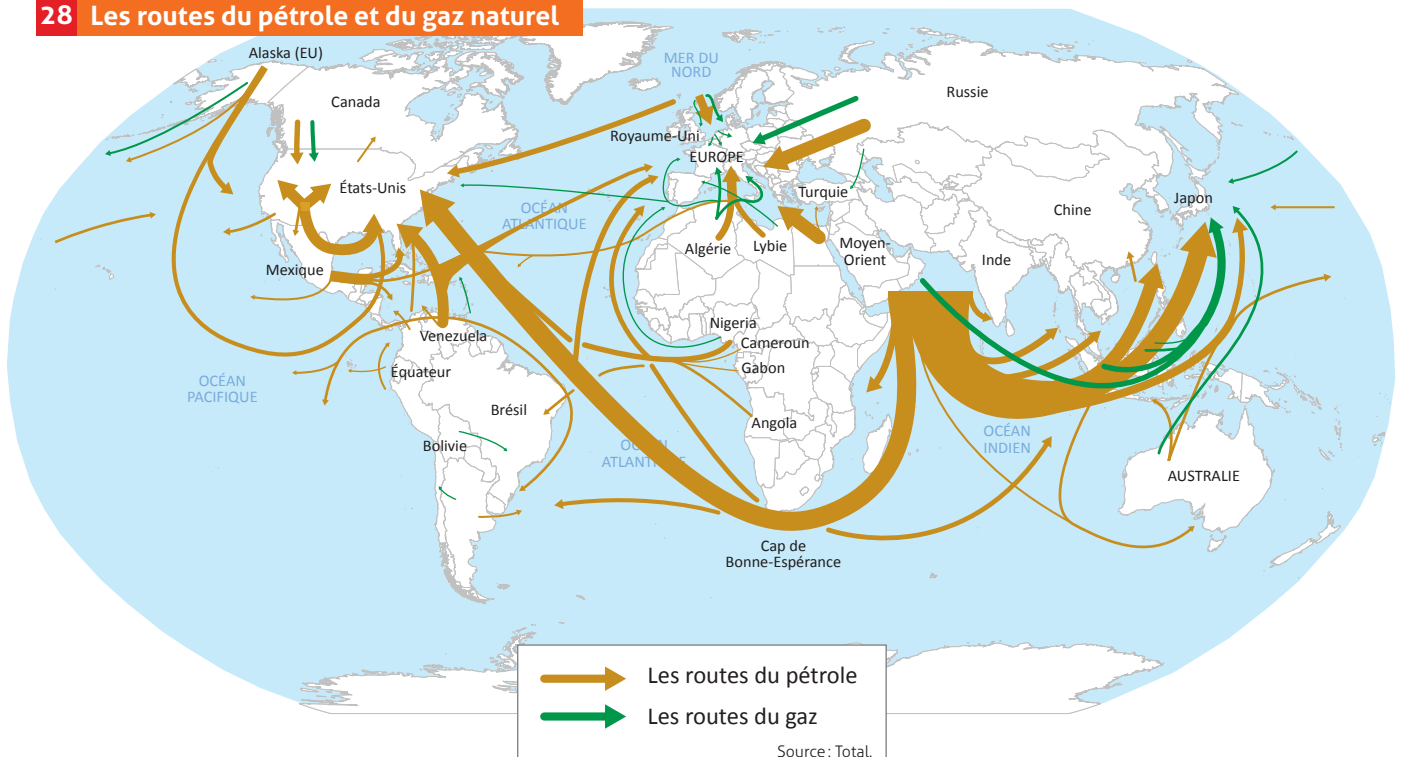


En 2018, la Chine devient le premier importateur de pétrole. Depuis 2008, la production de pétrole américain a plus que doublé, elle atteint le même niveau que la Russie et l'Arabie saoudite. Mais les États-Unis font aussi partie des principaux consommateurs d'énergie et leur propre production n'est pas suffisante, ils restent donc importateurs de pétrole, alors que les deux autres pays exportent massivement leur production.

EXTRACTION : fait de dégager un minéral (ou un liquide) du milieu dans lequel il est enfoui.

Le transport du pétrole

28 Les routes du pétrole et du gaz naturel



29

Les modes de transport du pétrole

En général, l'industrie pétrolière privilégie le transport du pétrole par voie maritime parce qu'il est très souple : au contraire d'un **PIPELINE**, un bateau ne suit pas toujours le même trajet et s'adapte à la demande. Néanmoins, il arrive que le pétrole doive obligatoirement traverser des terres, par exemple s'il circule vers un pays n'ayant pas d'ouverture sur la mer. Dans ce cas, il peut se révéler plus simple qu'il emprunte des **OLÉODUCS**, mode d'acheminement qui reste moins onéreux que le transport routier ou ferroviaire. Le train est moins flexible et peut rencontrer des difficultés en traversant une frontière (écartement des voies différent). Le camion a l'avantage de circuler presque partout sur de longues distances. Par contre, sa charge de transport est limitée et les quantités transportées sont faibles par rapport aux autres modes de transport.

Adapté de planete-energies.com, 2017.

PIPELINE

Canalisation qui permet de transporter des matières liquides, gazeuses ou solides.

OLÉODUC

Canalisation transportant du pétrole.

Pour le transport du gaz, on parle de gazoduc.

Quels sont les risques liés au transport du pétrole ?

30



Naufrage de l'*Erika*, le 12 décembre 1999, au large de la Bretagne (France). Le pétrole qui s'en est échappé a provoqué une très importante **MARÉE NOIRE**.

MARÉE NOIRE

Catastrophe industrielle et écologique qui se traduit par le déversement d'une importante quantité de pétrole brut ou de produits pétroliers lourds dans la mer. Lorsque cette nappe atteint la zone côtière, on parle de marée noire.

31



Rupture d'un oléoduc, le 13 août 2013, au Texas (États-Unis).

32



Accident ferroviaire (déraillement, puis explosion d'un train de wagons-citernes), le 6 juillet 2013, à Lac-Mégantic (Canada).

Les enjeux de la construction d'un oléoduc : le Keystone XL entre le Canada et les États-Unis

33 ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●

● L'oléoduc Keystone

- L'oléoduc Keystone, exploité par l'entreprise TransCanada, est long de 3461 kilomètres. Deux tronçons de l'oléoduc, représentés en noir et en orange (phase 1 et 2), sont opérationnels depuis 2011. Partant de la région des sables bitumineux de l'Athabasca, dans le nord-est de la province canadienne de l'Alberta, ils desservent plusieurs destinations aux États-Unis.

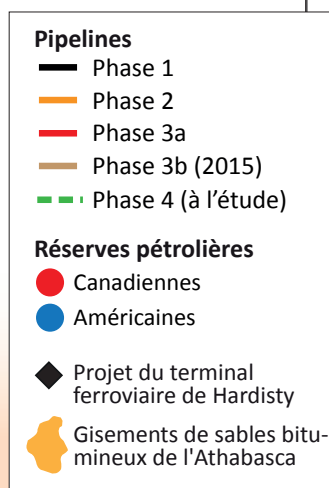
Deux autres tronçons, formant un tout nommé Keystone XL, sont proposés en 2008. En rouge et brun (phase 3a et 3b), le premier tronçon du Keystone XL, en exploitation depuis janvier 2014, correspond au segment sud et rejoint la côte texane du golfe du Mexique.

En pointillé vert clair (phase 4), le deuxième tronçon Keystone XL correspond au segment nord et consiste en un tracé moins long (1897 km) que celui de l'actuel oléoduc ; il vise à accroître les capacités de transport de ce dernier et à acheminer le pétrole brut américain dans le Montana et le Dakota du Nord.

Cette phase 4 fait l'objet d'une controverse d'envergure nationale.

Le 6 novembre 2015, le président Obama annonçait qu'il s'opposait à ce projet et mettait ainsi fin à des années de polémiques. Le 26 janvier 2017, Donald Trump, nouveau président des États-Unis décide de relancer le projet Keystone.

Adapté de fr.wikipedia.org, 2017.



Les sables bitumeux sont gorgés d'hydrocarbures, mais leur extraction demande de mettre en œuvre des technologies complexes et coûteuses. Leur exploitation présente un fort impact environnemental (pollution de l'eau, émission de gaz à effet de serre, etc.), qui suscite de nombreuses critiques. Ils font partie des énergies fossiles dites non conventionnelles.



Différents points de vue sur Keystone XL, 2014

34 ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●

William, un industriel du secteur

« L'oléoduc Keystone XL est une mine à emplois. Les chiffres avancés par la société TransCanada, qui doit exploiter l'oléoduc, et d'autres instituts plus ou moins proches du secteur pétrolier vont de 20 000 à 120 000 nouveaux emplois. L'activité générée par la construction et l'exploitation de l'oléoduc va avoir un effet bénéfique sur l'ensemble de l'économie locale. Donc, même si le projet ne créait que quelques milliers, voire dizaines de milliers d'emplois directs, plus de 100 000 nouveaux postes verraient le jour dans les secteurs connexes (équipement, restauration ou encore immobilier). »

Adapté de *Les problèmes XXL de l'oléoduc Keystone XL*, graphics.france24.com, 2015.

35 ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●

Sabine, une écologiste

« L'extraction des sables bitumineux génère environ 17 % d'émissions de gaz carbonique de plus que pour le brut traditionnel. L'exploitation de l'oléoduc entraînerait l'émission de près de 500 millions de kg de CO₂ par jour, soit l'équivalent de plus de 50 usines à charbon. Ce projet est donc un affront à la priorité affichée par le président Barack Obama de lutter contre le réchauffement climatique. Il n'y a pas que l'extraction du pétrole qui pose problème. Le risque de fuite tout au long de ce méga-oléoduc de 1897 km n'est pas négligeable. En 2010, un accident sur un autre oléoduc avait coûté 750 millions de dollars et obligé plus d'une centaine de familles à déménager de la région polluée. L'oléoduc passerait au-dessus de l'aquifère Ogallala, l'une des plus grandes nappes phréatiques du monde. Près de 30 % des terres agricoles irriguées américaines sont au-dessus de cette réserve d'eau. Un accident à cet endroit pourrait être catastrophique pour l'économie américaine. »

Adapté de *Les problèmes XXL de l'oléoduc Keystone XL*, graphics.france24.com, 2015.

36 ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●

Jimmy, un propriétaire terrien

« Une centaine de propriétaires du [Nebraska](#) ne veulent absolument pas céder leur terre à TransCanada qui en a besoin pour y construire l'oléoduc. Ils jugent que l'indemnisation proposée par la société est trop faible – certains ne s'étaient vu proposer qu'une centaine de dollars – et contestent la méthode. En effet, TransCanada a obtenu du gouverneur du Nebraska le droit, en l'absence d'accord avec les propriétaires, de saisir les terres sans passer par la procédure habituelle. Une possibilité généralement réservée à l'autorité publique dans les cas d'intérêt général. »

Adapté de *Les problèmes XXL de l'oléoduc Keystone XL*, graphics.france24.com, 2015.

LES GISEMENTS PÉTROLIERS, EST-CE UNE GARANTIE DE RICHESSE ?

On admet généralement qu'un État disposant de matières premières en abondance, en particulier du pétrole, possède un avantage en termes de développement. En effet, sa vente devrait apporter des rentrées régulières d'argent au pays et également profiter à toute la population.

Qu'en est-il réellement ? Le pétrole amène-t-il réellement richesse et développement ? Comment l'État gère-t-il le revenu du pétrole ? La population profite-t-elle de cette **RENTE PÉTROLIÈRE** ? À titre d'exemple, deux pays producteurs sont étudiés dans ce module : la [Norvège](#) et le [Nigeria](#). Depuis la découverte des vastes gisements pétroliers de la mer du Nord vers la fin des années 1960, l'énergie

constitue un secteur très important de l'économie de la Norvège. Outre sa richesse en gisements de pétrole, ce pays est, en 2017, le 7^e producteur et le 3^e exportateur mondial de gaz naturel. Au Nigeria, le pétrole a été découvert en 1956, dans le delta du Niger. Principal producteur africain, avec l'Angola, c'est le plus important fournisseur de la seule raffinerie suisse, située à Cressier (NE).

37



Port de Hammerfest,
au nord de la Norvège.

RENTE PÉTROLIÈRE

Pour un État, revenu
provenant du
pétrole.

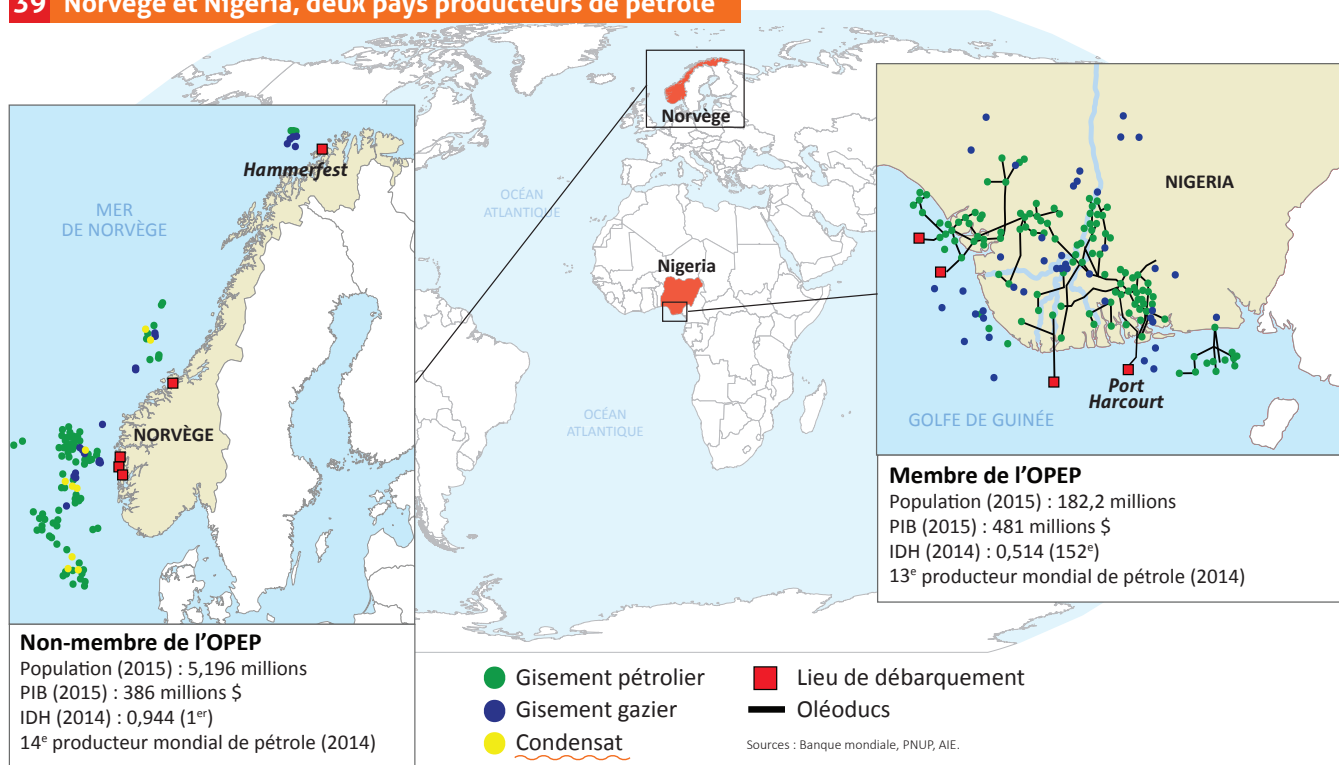
38



Port Harcourt, delta du Niger, Nigeria.



39 Norvège et Nigeria, deux pays producteurs de pétrole



L'OPEP ou Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole

Créée en 1960 à Bagdad, à l'initiative du Venezuela, l'OPEP est une organisation sise à Vienne (Autriche) qui fédère plusieurs pays producteurs de pétrole. Son objectif est de coordonner la politique pétrolière des États membres. Elle négocie avec les sociétés pétrolières pour tout ce qui touche à la production de pétrole et les futurs droits de concession, ce qui lui permet d'agir sur le prix du baril. Selon la loi de l'offre et de la demande, les pays membres sont prêts à limiter leur production pour garder un prix élevé.

Avant la création de l'OPEP, c'étaient les grandes compagnies qui décidaient du prix de vente du pétrole, autour de 2 \$ (dollars) le baril. Les pays membres ont créé leurs propres compagnies et gèrent ainsi eux-mêmes les revenus du pétrole. En 2017, le prix du baril est d'environ 60 \$ (après être monté jusqu'à 150 \$ en 2008).

Mais les pays exportateurs de pétrole ne sont pas tous membres de l'OPEP, au premier rang desquels on trouve la Russie, mais aussi les États-Unis, le Canada, le Royaume-Uni ou la Norvège. De nos jours, l'OPEP représente environ 40 % des parts de marché du pétrole, contre 55 % en 1973.

CONDENSAT (DE GAZ NATUREL): type de pétrole léger; hydrocarbures qui, gazeux dans le gisement, se condensent une fois refroidis à la sortie du puits.

BARIL: tonneau. Le « baril de pétrole » est une unité de mesure employée pour quantifier un volume de pétrole brut ou de l'un de ses dérivés. Un baril équivaut à environ 160 litres.

Le cas de la Norvège

40

Les acteurs de l'industrie pétrolière en Norvège

En ce qui concerne le secteur du pétrole et du gaz, plus de 50 entreprises sont actives tout au long de la chaîne de production. En termes de volumes produits, Statoil est la première entreprise présente sur le plateau continental norvégien. L'État détient 70,3 % de ses actions. Les autres compagnies sont la plupart des super majors, dont Exxon Mobil, Total, Shell et ConocoPhillips.

Adapté du Ministère du pétrole et de l'énergie de Norvège, 2014.

41

Les fonds souverains

Les fonds souverains sont des fonds alimentés par des ressources nationales, le plus souvent des recettes d'exportation. Dans le cas des hydrocarbures, ces fonds ont été créés dans une optique de précaution à court terme et à long terme. À court terme, il s'agit de se protéger contre les variations inattendues du prix du pétrole. À plus long terme, il s'agit de constituer des revenus financiers pour les générations futures, notamment lorsque les réserves d'hydrocarbures auront été épuisées... De 2004 à 2014, la hausse du prix du pétrole a provoqué une augmentation massive des recettes d'exportation qui ont permis aux pays de remplir leurs fonds souverains.

Adapté de Chevalier Jean-Marie, *Les 100 mots de l'énergie*, Paris, 2008.

42

Qu'est-ce que le fonds souverain norvégien et comment est-il géré?

Le fonds souverain est composé actuellement de 782 milliards d'euros, c'est le plus grand fonds souverain du monde. En réalité, ce sont les Norvégiens qui sont les propriétaires du fonds. Il représente leur épargne, destinée à financer leurs futures retraites et les dépenses du gouvernement. Le Ministère des finances en est seulement « le gardien ».

Nous nous assurons que le fonds est administré intelligemment. La gestion opérationnelle du fonds est gérée par la Banque centrale de Norvège. Le Parlement est aussi consulté tous les ans, en ce qui concerne la stratégie à suivre. L'argent du fonds ne peut pas être investi en Norvège, mais uniquement à l'international. Nous avons actuellement des investissements dans plus de 9000 entreprises, dans 82 pays.

Adapté de Bjørnstad Paal, secrétaire d'État du Ministère des finances de la Norvège, 6 mai 2015.

43

Témoignages de quelques Norvégien(ne)s

Nora : « Je pense que c'est bien que l'on n'utilise pas tout de suite la richesse de la Norvège. Il faut que l'on pense aux prochaines générations, leur laisser de quoi tenir. »

Mathias : « C'est plus sage d'économiser parce qu'on ne sait pas combien de temps cet âge d'or va durer. »

Niel : « La Norvège est tellement riche qu'elle pourrait quand même se permettre de dépenser un peu plus maintenant, pour les gens sans abris, les chômeurs, les hôpitaux qui ne sont pas tous très bien équipés. On pourrait en prendre un peu dès maintenant. »

Thea : « C'est bien de penser au futur parce qu'on vieillit et je suis content de savoir que je pourrai être prise en charge plus tard. »

Adapté de *La Norvège économise pour les générations futures*, francetvinfo.fr, 2015.

SUPER MAJOR: désigne les six plus grandes compagnies pétrolières privées mondiales (excluant donc les compagnies pétrolières nationales). Il s'agit d'ExxonMobil, Shell, BP, Total, Chevron Texaco et ConocoPhillips. Ensemble, elles représentent 5 % du commerce mondial, les 95 % restant sont des compagnies d'État.

Principaux pays d'investissement

Source: Norges Bank Investment Management

Silje Lundberg, responsable de Nature et Jeunesse (la plus grande organisation écologique de Norvège, qui compte 7000 membres âgés de 25 ans et moins) in DVD: *Tous branchés? Énergie, droits humains et climat*, 2016.

Le cas du Nigeria

46

Nigeria : d'immenses réserves pétrolières, une production faible

Le sous-sol nigérian renferme les plus vastes réserves prouvées de gaz du continent africain, ainsi que les deuxièmes plus importantes de pétrole. Cependant, lorsque l'on compare la production pétrolière nigériane à celle des États ayant des ressources pétrolières plus faibles, le géant africain est distancé. Cette production, plutôt modeste, n'est pas la conséquence d'un secteur récemment développé. En effet, le Nigeria exploite ses ressources pétrolières depuis 1958 ; il est un des plus anciens producteurs de pétrole du continent.

Le Nigeria a donc la particularité de posséder des ressources pétrolières et gazières considérables, mais les défis sécuritaires, politiques, juridiques pour les exploiter sont tels que la production est toujours restée relativement faible.

Adapté de Benjamin Auge, IFRI, ifri.org/fr, 2015.

47

Rente pétrolière et développement : chance ou « malédiction » ?

La question essentielle pour les pays africains producteurs de pétrole et de gaz est celle de la gestion des bénéfices qu'ils retirent de l'exploitation et de l'exportation du pétrole. Dans les principaux pays producteurs du golfe de Guinée, le pétrole représente entre 80 et 95 % de la valeur des exportations et une part importante des budgets nationaux. Cette rente est naturellement très exposée aux variations des cours d'hydrocarbures.

Le lien, entre pétrole et conflit (souvent avéré sans être systématique) alimente la thèse de la « malédiction » du pétrole. Ces thèses considèrent que l'enrichissement dû au pétrole ne profite qu'à une minorité, favorise la corruption et creuse les écarts entre riches et pauvres. Si le pétrole n'est pas toujours synonyme de développement, cela s'explique avant tout par une mauvaise gouvernance, les détournements de la manne pétrolière, et des dépenses exagérées faites au détriment des investissements productifs. Enfin, l'exploitation pétrolière a eu dans certains cas des conséquences environnementales catastrophiques. C'est principalement le cas dans le delta du Niger (Nigeria), où la dégradation du cadre de vie des populations locales contribue à alimenter les violences contre les compagnies pétrolières.

Adapté de Pourtier Roland, « Les hydrocarbures en Afrique subsaharienne » in TDC, *L'avenir des énergies*, mai 2014.



Exploitation illégale du pétrole, État de Bayelsa, (Nigeria).

GOUVERNANCE : manière d'exercer le pouvoir politique ou de gérer une entreprise.

MANNE : ressource inespérée.

VERS LA FIN DES ÉNERGIES FOSSILES ?

À l'échelle de la planète, les quantités totales de charbon, de pétrole et de gaz naturel sont encore importantes, mais elles ne sont pas infinies. Depuis plus de 50 ans, des hypothèses sont émises concernant le pic pétrolier, le moment où la production serait maximale puis commencerait à diminuer.

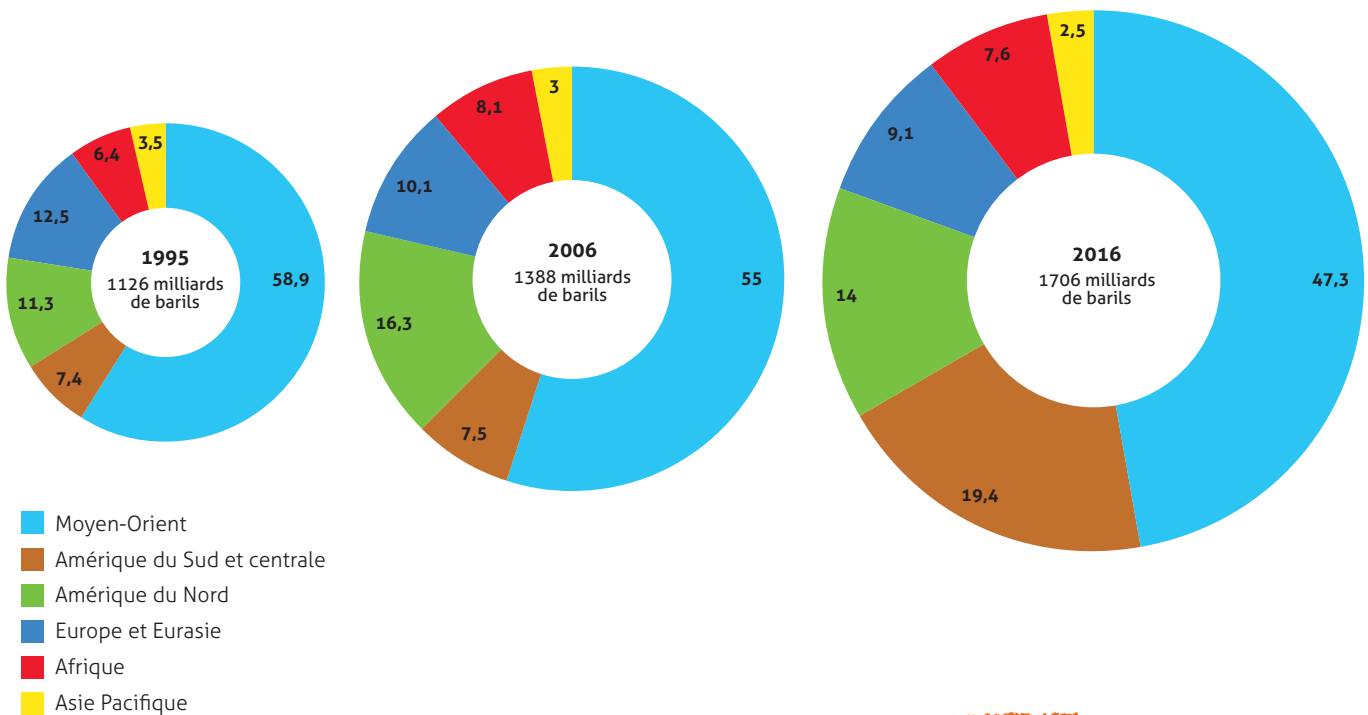
Les points de vue sont divers. Certains scientifiques pensent que les progrès techniques et l'augmentation des prix du pétrole rendront possible la mise en production de nouveaux gisements et ainsi reculeront la date du pic pétrolier. D'autres pensent que les progrès techniques n'augmenteront pas suffisamment pour compenser un épuisement de la ressource. Les pétroles non conventionnels représen-

teront certes des réserves importantes mais elles seront inexploitable dans des conditions économiques acceptables. Pour eux, le pic est déjà atteint.

Où en sommes-nous avec les réserves d'énergies fossiles ? Pourquoi limiter l'utilisation des énergies fossiles ? Et quelles sont les alternatives dont nous disposons à l'avenir ?

49 Évolution de la répartition des réserves prouvées de pétrole en 1995, 2006, 2016 (en %)

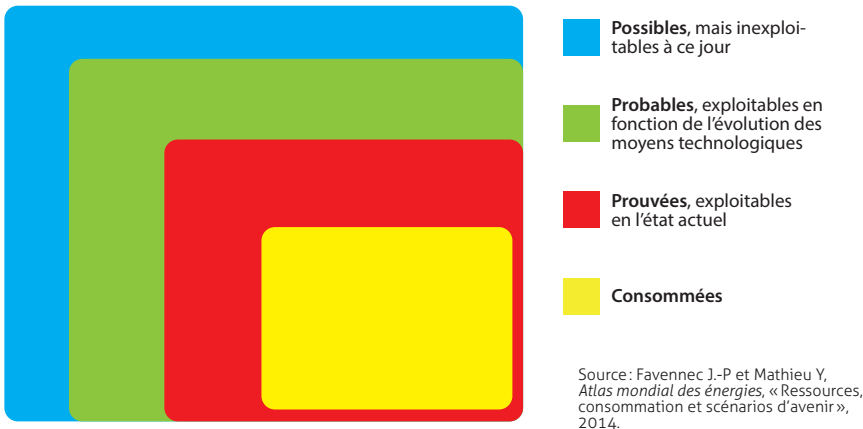
Source: BP statistical review of world energy, 2017.



« Évaluer les réserves d'un champ de pétrole, c'est comme essayer de deviner le stock d'un entrepôt en regardant par le trou de la serrure. »

Olivier Appert, Institut français du pétrole et des énergies nouvelles.

50 Réserves et ressources mondiales non renouvelables (pétrole, gaz naturel, charbon, uranium)



51

L'estimation des réserves

- La quantité des réserves dépend de critères physiques et économiques.

Critères physiques : identification des gisements et capacité d'exploiter la ressource en fonction, notamment de sa qualité.

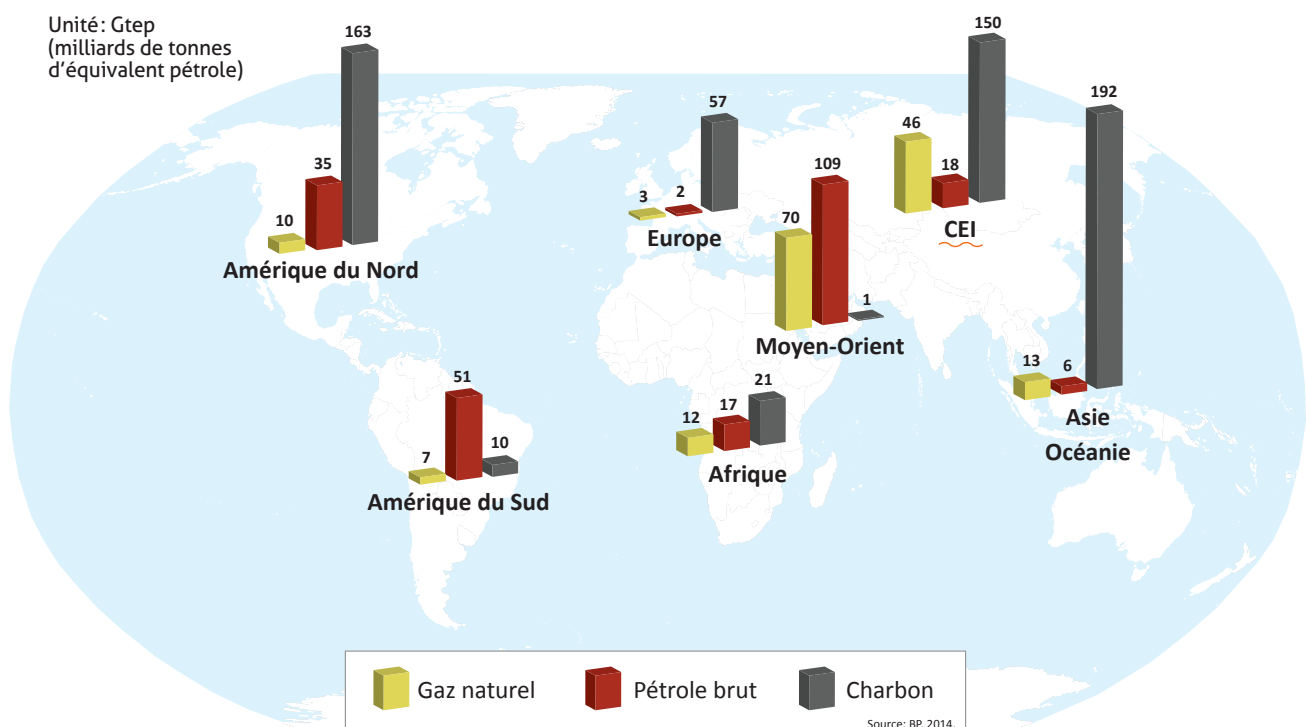
Critères économiques : seuls les gisements exploitables aux conditions économiques actuelles sont considérés comme des réserves dites prouvées.

La quantité de réserves est donc évolutive. De nombreux gisements jusqu'ici inconnus sont régulièrement découverts, les techniques de détection et d'extraction s'améliorent. Des pétroles auparavant considérés comme inexploitable (...) deviennent ainsi économiquement intéressants grâce aux progrès techniques. De la même manière, une augmentation durable des prix du pétrole peut permettre de rentabiliser des gisements autrefois considérés comme inexploitable.

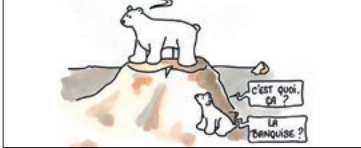
Adapté de Mons Ludovic, *Les enjeux de l'énergie*, 2011.

52 Réserves mondiales prouvées d'hydrocarbures et de charbon, par régions, en 2014

Unité: Gtep
(milliards de tonnes
d'équivalent pétrole)



CEI-COMMUNAUTÉ DES ÉTATS INDÉPENDANTS: Azerbaïdjan, Arménie, Biélorussie, Kazakhstan, Kirghizistan, Moldavie, Ouzbékistan, Russie, Tadjikistan, Turkménistan (État associé), Mongolie (État observateur).



Pourquoi et comment réduire notre dépendance aux énergies fossiles et limiter leurs impacts ? Des points de vue différents...

53



54

Énergie et effet de serre

- L'utilisation des sources d'énergie fossile, pétrole, gaz naturel et charbon, passe par une combustion de carbone qui émet du CO_2 . Cette injection dans l'atmosphère est quantitativement importante et rapide, réalisée sur un laps de temps très court, qui commence au XIX^e siècle. Même si la complexité des modèles et leur diversité donnent lieu à des controverses et même si d'autres facteurs sont susceptibles d'intervenir dans le réchauffement global de la planète, il est bien relié aux activités humaines modernes. Les conséquences se mesurent dès à présent, qu'elles soient directes (température des eaux, fonte des glaces, augmentation de la fréquence d'événements météorologiques extrêmes) ou indirectes (répartition des espèces, conséquences sur la santé, etc.).

Adapté de Bonhoure Gérard, *L'avenir des énergies*, 2014.

55

Les centrales à charbon, est-ce l'avenir ?

D'ici 2030 la demande mondiale en énergie augmentera de 45 %. Cette augmentation sera couverte principalement par des énergies fossiles, environ 80 %. Il est donc impossible, dans les deux ou trois prochaines décennies, de changer notre infrastructure énergétique et de passer de l'énergie fossile à l'énergie renouvelable. Non seulement du point de vue financier mais aussi du point de vue de la technologie et de la production. Le charbon est l'un des combustibles les plus importants aujourd'hui, je pense qu'à l'avenir il formera la base de l'approvisionnement en électricité. Mais une question se pose : comment utiliser le charbon tout en respectant l'environnement ? Quelle technologie utiliser ? Les centrales à charbon devraient être équipées d'un système de captage et de stockage du CO_2 .

Adapté du film *De l'énergie renouvelable pour tous*, 2010.



Centrale thermique de Boundary Dam, Estevan ([Canada](#)).

57

Le charbon : source d'énergie bannie

- Le charbon est la source d'énergie primaire la plus émettrice de CO_2 , 30 % plus émettrice que le pétrole et 70 % plus que le gaz. C'est ce qui fait du charbon le symbole de l'impact des énergies fossiles sur le réchauffement climatique. Compte tenu de cet impact, certains pays ont déjà annoncé leur volonté de fermer leurs centrales. La transition sera beaucoup plus difficile pour d'autres : il représente 92 % de l'approvisionnement en [Afrique du Sud](#), plus de 70 % en [Inde](#), en [Pologne](#) ou en [Australie](#), notamment. Des projets de captage et de stockage du CO_2 sont lancés en [Allemagne](#) et aux [États-Unis](#) ; ces solutions ne seront mises en œuvre que si elles sont rentables.

Adapté de Éric Morel, [lemondedelenergie.com](#), 2018

58

Repenser le système énergétique

Nous sommes au Nordic Folke Center pour l'énergie renouvelable, dans le nord-ouest du Danemark. C'est une péninsule où vivent environ 50 000 personnes. Le projet a vu le jour au milieu des années 70, lorsque le Danemark a subi très fortement le choc pétrolier, car nous étions devenus 100 % dépendants du pétrole, surtout du pétrole importé. Nous avons compris qu'il fallait entièrement repenser le système énergétique, notre but a été d'avoir une société comptant à 100 % sur l'énergie renouvelable. Nous avons décidé d'informer les habitants et de montrer comment obtenir des énergies renouvelables. Les personnes intéressées, les petites et moyennes entreprises, les fermiers, ont dit : « Donnez-nous quelque chose de pratique ! Dites-nous ce que l'on peut faire avec du biogaz, de l'énergie éolienne ou de l'énergie solaire ? On a les ressources, où est la technologie ? Aidez-nous ! ».

Nous savons également qu'il n'y a pas que la technologie. Il y a des problèmes logistiques et politiques qui font obstacle à cette transition. On passe d'un système centralisé, avec des grandes raffineries et des grandes centrales, et des réseaux nationaux d'approvisionnement, à un système qui se place au niveau des familles, des fermes, des villages et des régions. C'est tout le pays qui devra peut-être changer. C'est une possibilité tout à fait réaliste. Et si nous avons réussi ici, pourquoi ne pas le faire partout dans le pays ? Puis partout dans le monde ?

Adapté du film *De l'énergie renouvelable pour tous*, 2010.



59

Éoliennes vers Thisted (Danemark).

60

Les énergies renouvelables devançant le charbon

L'Union européenne a produit davantage d'électricité à partir d'énergies renouvelables telles que l'éolien, le solaire et la biomasse que le charbon en 2017. Les renouvelables ont, pour la première fois, assuré plus de 30 % de la production électrique européenne. Selon la commission qui a mené cette étude, la production d'énergie éolienne, solaire et biomasse surpassant le charbon est « incroyable », notamment parce que la production d'électricité au charbon représentait plus de deux fois celle des énergies renouvelables il y a cinq ans. Si tous les pays d'Europe s'engagent dans cette voie, un taux de 35 % d'énergies renouvelables d'ici à 2030 est tout à fait envisageable.

Adapté d'un rapport de l'ONU, janvier 2018.

61

Quelle image les riverains ont-ils de l'énergie éolienne?

Selon un sondage récent, plus de trois quarts des Français auraient une image positive de cette énergie. Même lorsqu'ils habitent dans une commune située à moins d'un kilomètre d'un parc éolien, près de la moitié des interviewés en ont une très bonne image. Interrogés sur leur réaction lorsqu'ils ont appris la construction de turbines à proximité de chez eux, 44 % des interviewés se sont dit indifférents, 34 % sereins et 8 % enthousiastes. 8 % se sont dit énervés, agacés et 2 % stressés et angoissés. Ceux qui se disent contrariés redoutent avant tout les nuisances, notamment visuelles, et la dépréciation de leur bien immobilier liée à l'implantation d'un parc à proximité. Ils estiment que d'autres profitent de la production électrique alors qu'eux en subissent les inconvénients.

Adapté d'un article de Sophie Fabrégat, actu-environnement.com, 2016.

62

Que peut apporter le solaire?

Les panneaux solaires de la centrale d'Andasol couvrent environ 200 hectares. Selon la consommation moyenne d'une famille en Europe, nous produisons de l'électricité pour 45 000 familles ou 100 000 personnes. En résumé, on prend l'énergie solaire le jour et on la stocke jusqu'au soir. Le soir, les gens peuvent se dire que l'électricité qu'ils utilisent vient de l'énergie solaire qui est captée par les panneaux et va dans des tubes. Une partie part en direction de la turbine à vapeur qui produit 50 mégawatts et l'autre vers les réservoirs de stockage. Elle peut être utilisée la nuit, le jour suivant ou pour les périodes où le soleil ne brille pas.

Si on combinait ça avec des parcs éoliens proches ou d'autres solutions, si les gens s'équipaient de panneaux solaires, on pourrait faire ça dans des grandes villes.

Ce serait possible à Los Angeles car il y a de grands déserts tout autour. On pourrait y implanter des centrales, installer des câbles de transmission et alimenter la ville en électricité.

Adapté du film *De l'énergie renouvelable pour tous*,
2010.

63



Centrale solaire d'Andasol, en Andalousie, [Espagne](#).

64

Le nucléaire représente-t-il une solution possible ?

Les applications civiles de l'énergie nucléaire sont controversées. Les partisans du recours à l'énergie nucléaire insistent sur le fait que les ressources potentielles en combustible nucléaire seraient plus élevées que les ressources existant pour les combustibles carbonés (charbon, gaz, pétrole). De plus, les filières nucléaires évitent de surcharger l'atmosphère en dioxyde de carbone (CO₂) qui est un gaz à effet de serre.

Leurs adversaires redoutent les risques d'accident nucléaire grave sur un réacteur nucléaire ; ils évoquent les problèmes non résolus liés à la gestion à très long terme des déchets radioactifs. Le risque de terrorisme nucléaire par le détournement de matière radioactive ou par l'attaque directe d'un réacteur serait également important, tout comme le coût économique de la filière de production de l'électricité nucléaire, de l'extraction des minerais à la gestion des déchets.

Adapté de techno-science.net, 2018.



65

Centrale nucléaire de Kudankulam (Tamil Nadu, [Inde](#)). De conception russe, les réacteurs 1 et 2 (sur six prévus) fonctionnent depuis 2016.

66

Sortir du nucléaire, mais comment ?

Les trois quarts de l'électricité produite en [France](#) proviennent des centrales nucléaires. Le pays, qui compte 58 réacteurs en service, a toutefois décidé de ramener cette part à 50 % en 2025. « C'est la fin d'un consensus en faveur du nucléaire, fondé sur l'indépendance énergétique de la France et des prix bas de l'électricité. L'accident de Fukushima en mars 2011 a marqué les esprits. Tout le monde se rend compte que le nucléaire va coûter plus cher pour répondre aux nouvelles exigences de sûreté, alors même que les énergies renouvelables se développent », dit un économiste. Mais il sera difficile de tenir ce calendrier, sauf en relançant la production d'électricité à base d'énergies fossiles, ce qui serait en contradiction avec les engagements pris dans le cadre de la COP21.

Adapté de techno-science.net, 2018.

VERS UNE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DURABLE ?

L'énergie est indispensable à notre bien-être et à nos activités économiques. Aujourd'hui, une grande part de cette énergie provient de l'énergie fossile ou de l'énergie nucléaire, et seule une petite part est fournie par les énergies renouvelables. Le fait de diversifier nos sources d'énergie s'appelle le mix énergétique.

Toutefois, la demande en énergie est toujours plus grande, alors que les ressources non renouvelables s'épuisent, que les émissions de gaz à effet de serre augmentent, entraînant un dérèglement climatique. Une plus grande efficacité énergétique s'impose.

De plus, suite à l'accident qui a frappé la centrale de Fukushima en 2011, de nombreux pays remettent en question le recours à l'énergie nucléaire. Ils cherchent également à assurer la sécurité de leur approvisionnement en énergie en diminuant leur dépendance à l'égard des importations d'énergies fossiles.

En 2017, le peuple suisse a accepté une révision de la loi sur l'énergie et suivi les propositions du gouvernement pour la mise en œuvre de la Stratégie énergétique 2050.

Que propose la Suisse pour mettre en place la transition énergétique ? Quels sont les principaux axes de cette stratégie ? Quels sont les projets déjà en cours ? Les pistes pour l'avenir ?

67 Stratégie énergétique 2050 prévue par le Conseil fédéral en 2017

Sources : OFEN et 12energy.ch, 2017.



EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Bâtiments

68

Le label Minergie

Ce label est soutenu par le monde économique, les cantons et la Confédération. Minergie-P désigne des constructions à très basse consommation d'énergie, par une utilisation rationnelle de l'énergie et le recours aux énergies renouvelables. Il répond aux exigences maximales en termes de qualité, de confort et d'énergie, notamment grâce à une excellente enveloppe du bâtiment.

Immeubles La Cigale à Genève

Un an de travaux aura suffi à faire des deux bâtiments de la coopérative d'habitation La Cigale, une construction certifiée Minergie-P. Ce projet de rénovation a reçu le Prix Solaire Suisse en 2014.



EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

État de fonctionnement d'un système technique visant à minimiser sa consommation d'énergie, en conservant les mêmes performances.

Mobilité

69

Autopartage (Carsharing)

L'autopartage, ou *carsharing*, présente un attrait économique important. La coopérative Mobility offre à ses membres la possibilité d'utiliser en commun des voitures. Cela permet d'économiser sur l'essence, le parking et les émissions de CO₂.



70

Voiture électrique

Volkswagen e-Golf: sa batterie lithium-ion dispose d'une capacité de 24,2 kWh et autorise jusqu'à 300 kilomètres d'autonomie. La version 2017 inaugure également une nouvelle pompe à chaleur qui permet de limiter l'impact du chauffage et de la climatisation sur l'autonomie.



MINERGIE: association suisse visant la diminution de la consommation d'énergie dans le bâtiment.

71

Le projet TOSA à Genève (Trolleybus Optimisation Système Alimentation)

Son principe est simple: tous les quatre arrêts environ, un bras télescopique sort du dessus du véhicule et se branche à une station pendant 15 à 20 secondes seulement (4 minutes aux terminus). La batterie se recharge ainsi et permet aux véhicules de fonctionner toute la journée «sans contraintes d'exploitation particulières» pour les Transports publics genevois (TPG), explique leur directeur, Denis Berdoz.



Éclairage et appareils électriques

72

Luminaire LED à Delémont (JU)

En remplaçant les luminaires traditionnels par des diodes électroluminescentes (LED) sur 38 points lumineux à l'entrée de la ville, Delémont bénéficie d'un avantage financier et d'un meilleur éclairage. L'économie devrait être de 50 % de la consommation actuelle, soit environ 10 000 kWh/an ou la consommation de trois ménages.



73

Appareils électriques

Les nombreux appareils électriques présents dans nos ménages sont de vrais gouffres à énergie, qui pèsent lourd dans le budget et ont un impact sur l'ensemble de la consommation. Lors d'un achat, l'étiquette-énergie, qui répertorie les appareils en différentes catégories, permet d'identifier les appareils visant la plus grande efficacité énergétique.

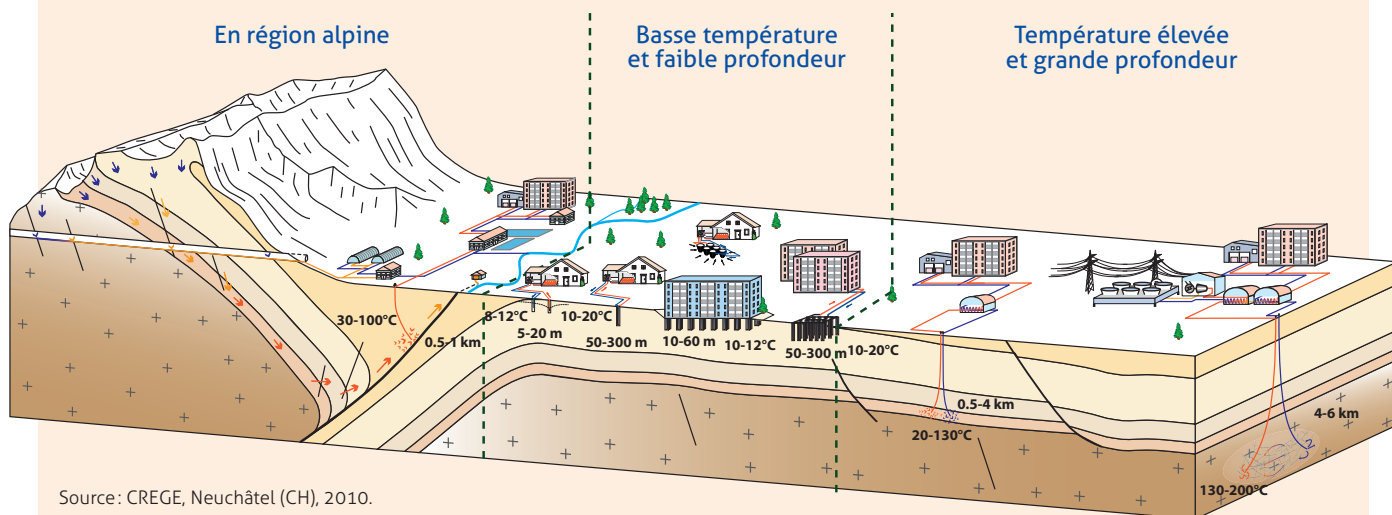


DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

74

La géothermie

La chaleur de la terre est une énergie renouvelable et abondante qui était déjà utilisée pendant l'Antiquité par les Romains, par exemple pour des établissements de bains alimentés par des sources thermales. L'intérêt de la géothermie est de pouvoir produire de la chaleur, du froid et de l'électricité. Les températures varient (de 10°C à plus de 300°C) selon la profondeur du sondage (de 10 m à 5000 m).



75

Énergie éolienne

Avec seize turbines au total, la centrale de Mont-Crosin et Mont-Soleil est la plus grande installation éolienne de Suisse.

La centrale éolienne de Mont-Crosin et Mont-Soleil (JU).



76



Centrale solaire de Courgenay (JU).

Centrales solaires

L'une des plus puissantes centrales solaires de Suisse démarre à Courgenay, dans le Jura. Elle est composée de 23 886 panneaux photovoltaïques qui s'étendent sur 43 000 mètres carrés. La centrale produira l'équivalent de la consommation annuelle d'électricité de 1500 ménages.

RECHERCHE ET INNOVATION

77 ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●

La maison intelligente

La *Smart Home*, c'est-à-dire la domotique avec tous les appareils électroménagers et multimédias connectés en réseau et télécommandables, suscite un fort engouement... En plus du frigo futé désormais censé gérer toute la vie familiale, d'autres gadgets techniques apparaissent. La plupart de ces systèmes peuvent toutefois jouer un rôle important dans des domaines tels que le chauffage, la climatisation, la sécurité, l'éclairage et la gestion des stores. Ils ont pour objectif de rendre la maison non seulement plus confortable et plus sûre, mais aussi de la rendre énergétiquement plus efficace et moins onéreuse. Par exemple, l'immeuble Swisscom, à Ittigen près de Berne, a reçu le Prix spécial Watt d'Or 2016. Sa technique est sophistiquée; il est équipé d'un système de ventilation fonctionnant comme des poumons. L'air des locaux est renouvelé de manière décentralisée, et ce, seulement lorsqu'il atteint une certaine saturation en CO₂. Cela permet de créer un climat agréable dans le bâtiment tout en économisant de l'énergie.

Adapté de Gubler Christina et Meuli Kaspar, « Home smart Home » in *Journal Suisse énergie*, octobre 2016.

78

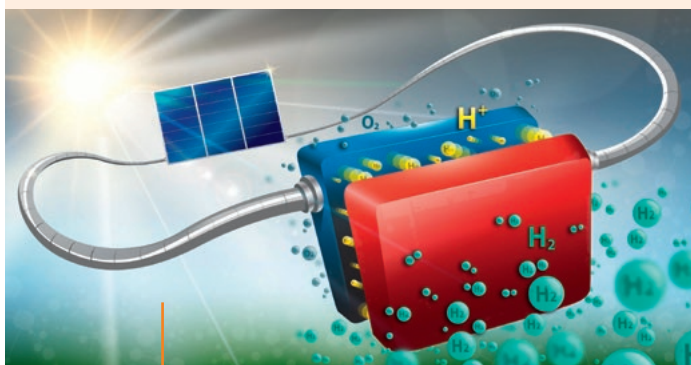
Romande Énergie lance un projet de parc solaire flottant sur le barrage des Toules à Bourg-Saint-Pierre (VS). Si le test est concluant, elle prévoit de recouvrir 35 % du lac avec des panneaux solaires qui produiraient l'équivalent de la consommation de 6400 ménages (photomontage).

Photomontage : Romande Énergie (sda-ats).



Un projet de centrale solaire couplée à un barrage en Valais.

79



Une solution performante et à bas coût pour stocker l'énergie solaire.

Comment stocker l'énergie solaire pour les moments où le soleil ne brille pas ? Des chercheurs de l'EPFL (École polytechnique fédérale de Lausanne) et du CSEM (Centre Suisse d'électronique et de microtechnique) proposent une solution prometteuse qui consiste à convertir cette énergie en hydrogène, par électrolyse de l'eau. Il s'agit de « casser » des molécules d'eau en hydrogène et en oxygène, en utilisant le courant électrique produit par un panneau photovoltaïque. L'hydrogène propre peut ensuite être stocké, puis restituer de l'électricité à la demande ou encore servir de carburant.

Adapté de *Une solution performante et à bas coût pour stocker l'énergie solaire*, actu.epfl.ch, 2016.

DOMOTIQUE: ensemble des techniques de gestion automatisée appliquées à l'habitation (confort, sécurité, communication).