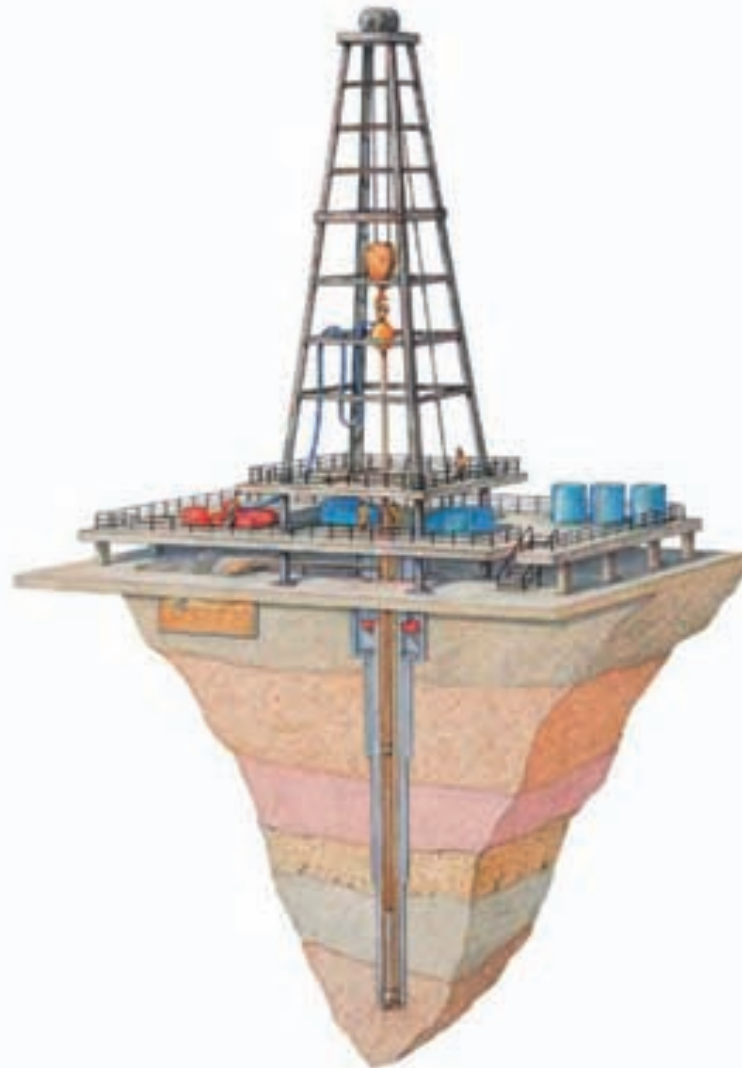


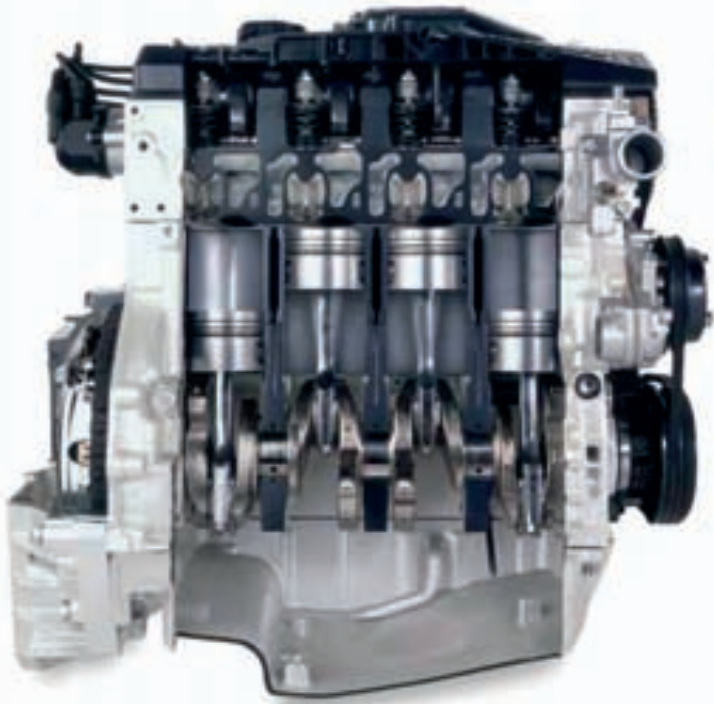
PÉTROLE ET GAZ NATUREL

Découvrez l'histoire du pétrole et les nombreuses façons dont il influence le monde dans lequel nous vivons



PÉTROLE ET GAZ NATUREL





Moteur à combustion interne



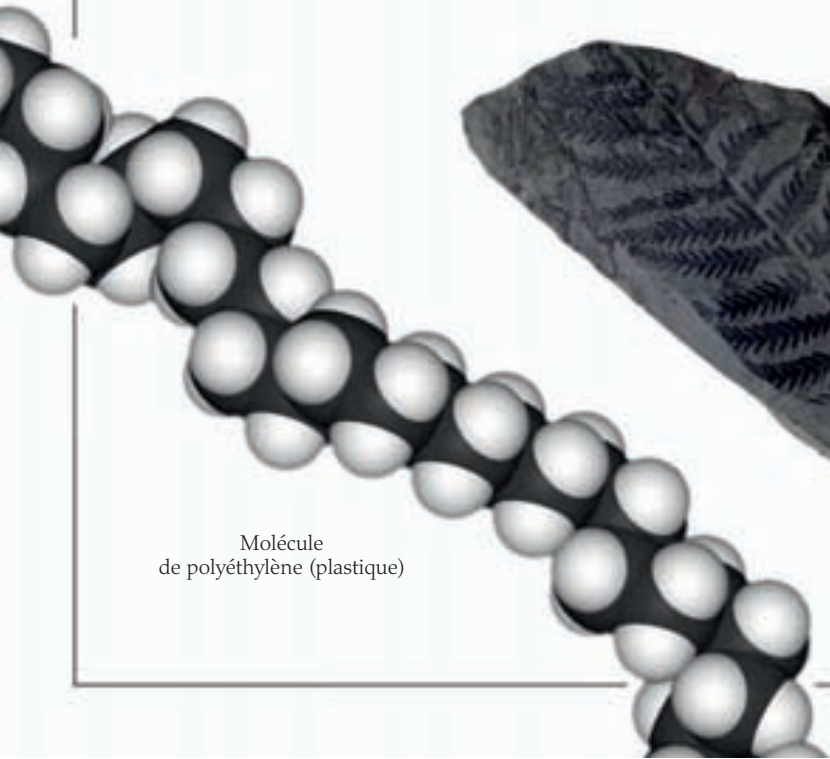
Lampe à huile romaine



Détergent contenant des produits pétrochimiques



Poids lourd à propulsion Diesel



Molécule de polyéthylène (plastique)



Fougère fossilisée dans du charbon



Panier d'emballages recyclables

PÉTROLE ET GAZ NATUREL



Trépan de forage
pétrolier



Réchaud de camping
fonctionnant au butane, dérivé
du gaz naturel

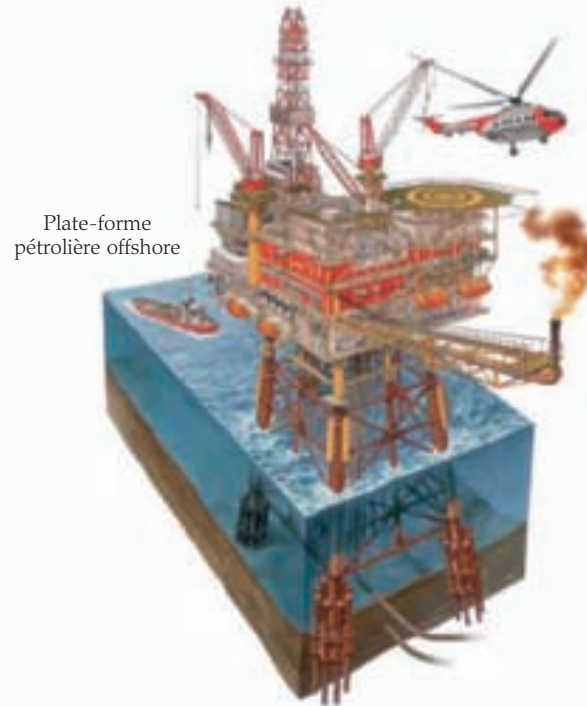


Plate-forme
pétrolière offshore

Présenté par les Ingénieurs de la Société du Pétrole (Society of Petroleum Engineers – SPE)



DK Publishing, Inc.



LONDON, NEW YORK,
MELBOURNE, MUNICH, AND DELHI

Conseiller Mike Graul

Édition Camilla Hallinan

Maquette Martin Wilson

Responsable éditorial Sunita Gahir

Directeur éditorial Andrea Pinnington

Iconothèque DK Claire Bowers

Fabrication Georgina Hayworth

PAO Andy Hilliard, Siu Ho, Ben Hung

Maquette de couverture Andy Smith

Responsable de la production numérique

Poppy Newdick

Conversion numérique :

DK Digital Production, Londres

Pour Cooling Brown Ltd. :

Directeur Arthur Brown

Éditeur Steve Setford

Responsable artistique Tish Jones

Iconographe Louise Thomas

Pour DK à New York :

Édition Karen Whitehouse

Maquette et fabrication Kelly Maish

Cette édition numérique a été publiée en 2013
par Dorling Kindersley Ltd

(ePub) 978-1-4654-0441-1

Copyright © 2013 Dorling Kindersley Limited, Londres 2013

Tous droits réservés conformément
à la convention internationale et panaméricaine sur le
copyright. Aucune partie de ce livre ne peut être reproduite,
enregistrée sur quelque support que ce soit, ou retransmise sous
quelque forme que ce soit ou par tout procédé électronique
ou mécanique sans l'accord préalable et écrit du détenteur
du copyright. Publié en Grande-Bretagne
par Dorling Kindersley Limited.



Jouets
en plastique



Lampe à pétrole



Magazines imprimés avec
des encres à base de pétrole



Téléphone en
bakélite



Huile légère

POUR EN SAVOIR PLUS
RENDEZ-VOUS SUR
www.dk.com

Sommaire

6
Le dieu pétrole
8
Une histoire très ancienne
10
À la lumière du pétrole
12
À l'aube de l'Ère du pétrole
14
L'or noir et l'avènement
de l'automobile
16
Qu'est-ce que le pétrole ?
18
L'origine du pétrole
20
Le gaz naturel
22
Le gaz naturel non conventionnel
24
Les pièges à pétrole
26
Les formes solides du pétrole
28
L'exploration pétrolière
30
Le pétrole, un monde
de technologies avancées
32
La production pétrolière et ses aléas

Camion vibrateur



34	56
Les plates-formes pétrolières offshore	La production
36	et la consommation de pétrole
Forages en eaux profondes	58
38	Un enjeu : réduire
Les oléoducs : de l'or noir	la consommation de pétrole
à pleins tuyaux	60
40	Les carburants alternatifs
Du pétrole sur la mer	renouvelables
42	62
Le raffinage du pétrole	Quelle énergie pour l'électricité ?
44	64
L'énergie et les transports	Les carrières du pétrole
46	66
Les innombrables dérivés du pétrole	Au service de la société humaine
48	68
Plastiques et polymères	Une chronologie
50	de l'histoire du pétrole
Les fortunes du pétrole	71
52	Pour en savoir plus
Le pétrole et les pouvoirs	72
54	index
Le pétrole et l'environnement	

Le dieu pétrole

L'homme se sert du pétrole depuis des milliers d'années, mais il a commencé à l'utiliser en grande quantité au siècle dernier. Ainsi, la consommation quotidienne aux États-Unis est passée de quelques dizaines de milliers de barils en 1900 à plus de 21 millions de barils en 2000 : plus de 3,3 milliards de litres par jour ! Le pétrole est en effet notre plus importante source d'énergie, fournissant le combustible de la plupart de nos moyens de transport, le gaz naturel servant, quant à lui, à produire une grande part de l'électricité dont nos modes de vie modernes sont totalement dépendants. C'est aussi la matière première à partir de laquelle sont fabriqués de nombreux matériaux, tels que les plastiques.

DE L'ÉNERGIE LIQUIDE

Le pétrole liquide non raffiné – appelé pétrole brut – présente un aspect anodin mais c'est une forme d'énergie très concentrée. Un baril – soit 159 litres – de pétrole brut, suffit à porter à ébullition 2700 litres d'eau.

La robuste coque en polycarbonate protège les pièces électroniques internes.

Les gros camions citernes transportent 15 000 à 30 000 litres de pétrole, voire plus.

LE PÉTROLE À L'ÈRE DE L'INFORMATIQUE

La coque en polycarbonate d'un ordinateur portable a un aspect bien éloigné du pétrole brut mais, sans ce dernier, elle n'existerait pas, car c'est à partir de celui-ci qu'elle est fabriquée. Le pétrole fournit également l'énergie servant à produire la plupart de ses pièces internes. Et il peut encore générer l'électricité servant à charger ses batteries.



LA LIBERTÉ DE MOUVEMENT

L'essence produite à partir du pétrole brut alimente les automobiles qui nous permettent de nous déplacer aujourd'hui avec une vitesse et une facilité jadis impossibles. Pour aller travailler tous les jours, beaucoup de gens franchissent des distances qui nécessitaient autrefois des journées de cheval. Mais avec plus de 600 millions de véhicules à moteur dans le monde, dont le nombre ne cesse d'augmenter, la quantité de pétrole brûlée atteint aujourd'hui le chiffre effarant de près de un milliard de barils par mois.



LE MARCHÉ DU PÉTROLE

Dans les pays développés, les gens ont aujourd'hui accès à une variété d'aliments plus diversifiée que jamais, en grande partie grâce au pétrole. Celui-ci propulse les avions, les bateaux et les poids lourds qui apportent les produits de consommation vers les boutiques du monde entier. Il alimente aussi les automobiles grâce auxquelles nous allons faire les courses au supermarché. Et il fournit les emballages plastique et l'énergie pour la réfrigération des denrées périssables.



UN PRODUIT OMNIPRÉSENT

Le pétrole est présent derrière la moindre de nos activités. Ainsi, la pratique du skate-board, par exemple, n'a véritablement décollé qu'avec le développement des roues fabriquées dans un plastique à base de pétrole appelé polyuréthane, qui est à la fois lisse et résistant. Mais ce n'est pas tout ! Un autre plastique, le polystyrène expansé, fournit le matériau qui garnit les casques. Celui-ci s'écrase facilement pour absorber l'impact d'un choc. Un troisième plastique à base de pétrole, le polyéthylène de haute densité (ou PE-HD), sert à fabriquer les protections pour les coudes et les genoux.

Citerne
en aluminium

Casque en polystyrène
expansé, absorbeur de chocs

Genouillère
en PE-HD

Roues lisses
et résistantes
en polyuréthane

DES ÉCLAIRAGES PERMANENTS

Vues la nuit depuis l'espace, les grandes villes du monde scintillent dans l'obscurité comme des étoiles dans le ciel. L'éclairage de nos agglomérations n'est possible que grâce à la consommation d'énormes quantités d'énergie, dont la majeure partie est fournie par le pétrole. Cet éclairage rend nos villes plus sûres et permet également à des activités essentielles de se poursuivre la nuit.

Vue satellite
de l'Asie la nuit



Blé

LE PÉTROLE ET L'AGRICULTURE

L'agriculture des pays développés a été transformée par le pétrole. Les tracteurs et les moissonneuses ont considérablement réduit la part de force humaine nécessaire au travail de la terre. Et grâce aux avions épandeurs, une seule personne peut traiter de vastes surfaces avec des pesticides et des herbicides en quelques minutes. En outre, les produits de traitement eux-mêmes, qui augmentent la productivité, peuvent être fabriqués à base de produits chimiques dérivés du pétrole.

LE TRANSPORT DU PÉTROLE

Pour fournir tous les secteurs d'activité de l'homme, d'énormes quantités de pétrole – des millions de barils – doivent être transportées tous les jours dans le monde. Une partie voyage par mer dans des supertankers, une autre circule dans des oléoducs. Mais la plupart des stations-service sont alimentées par des camions citernes comme celui-ci. Sans ces véhicules pour fournir en permanence nos automobiles, le trafic de tous les pays s'arrêterait en l'espace de quelques jours. Il y a seulement un siècle, pour la plupart des gens, les séjours les plus lointains se résumaient à de brefs voyages en train. De nos jours, des millions de personnes franchissent d'énormes distances, parcourant parfois la moitié du monde pour de simples vacances de quelques semaines ou moins. Mais comme les poids lourds et les automobiles, les avions sont propulsés par le pétrole et la quantité qu'ils consomment ne cesse d'augmenter.



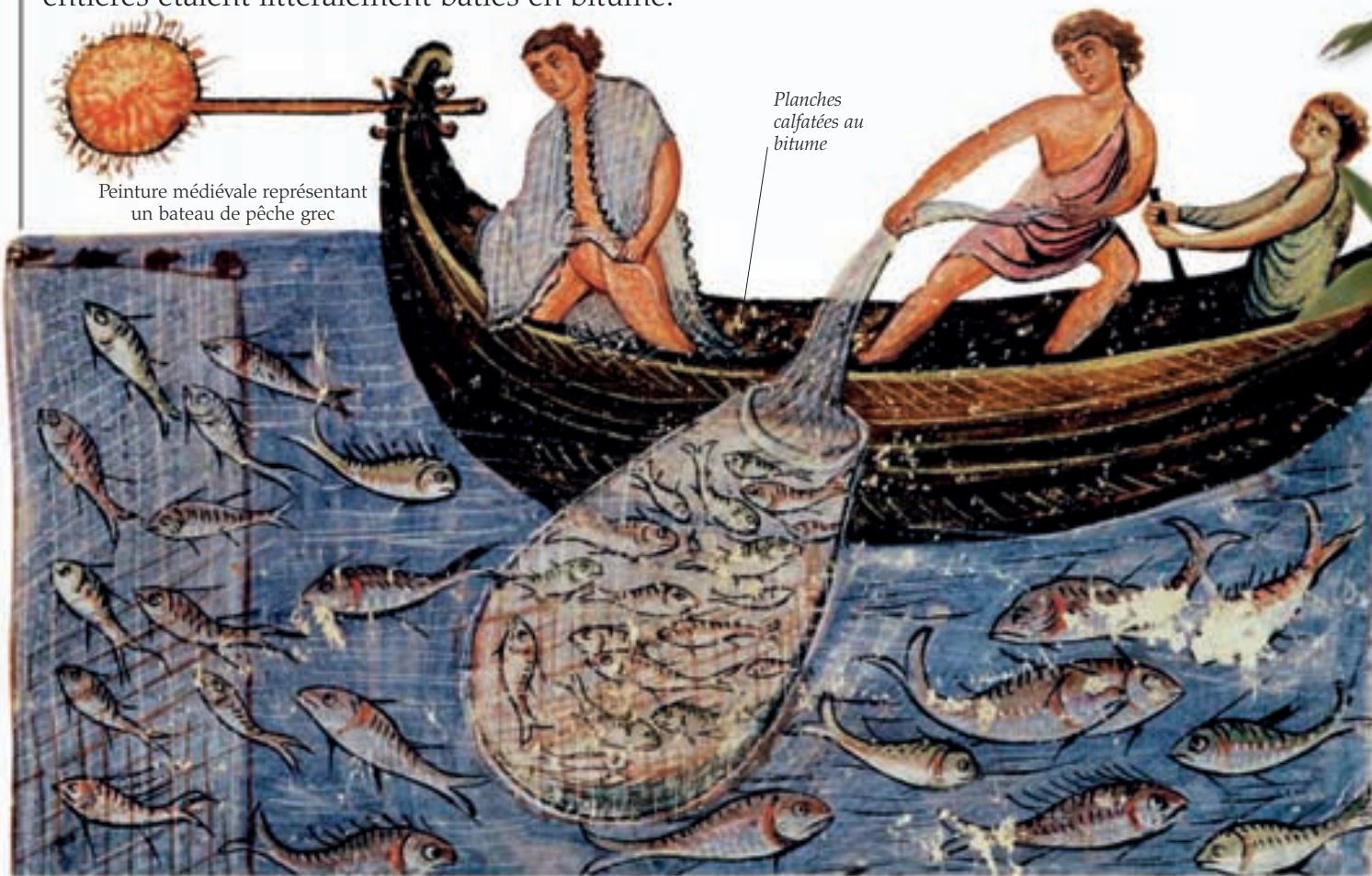
Une histoire très ancienne

Au Moyen-Orient, le pétrole, abondant dans le sous-sol, affleure à la surface de la terre en de nombreux endroits sous la forme d'étendues et de blocs noirs et visqueux. L'homme découvrit très tôt des usages à cette substance appelée bitume. Les chasseurs de l'âge de pierre s'en servaient pour coller les pointes de leurs flèches. Il y a 6500 ans au moins, les peuples de Mésopotamie (actuel Irak) en ajoutaient dans les briques et le ciment avec lesquels ils construisaient leurs habitations pour en assurer l'étanchéité. Très vite, les usages du bitume se multiplièrent; on s'en servait pour étancher les réservoirs d'eau comme pour coller les pots cassés. À l'époque babylonienne, un important marché de l'« or noir » existait déjà dans tout le Moyen-Orient et des villes entières étaient littéralement bâties en bitume.



Peinture médiévale représentant un bateau de pêche grec

Planches calfatées au bitume



LES PREMIERS FORAGES

Le pétrole antique ne provenait pas toujours de la surface. Il y a plus de 2000 ans, dans le Sichuan, les Chinois effectuèrent les premiers forages à l'aide de tiges de bambou munies de têtes de fer pour capter la saumure (eau salée) présente dans le sous-sol. Ils en extrayaient le sel à des fins médicinales et pour conserver la nourriture. En forant très profond, ils trouvèrent non seulement de la saumure mais aussi du pétrole et du gaz naturel. On ne sait si les Chinois firent usage du pétrole, mais le gaz était brûlé sous de grandes poêles contenant la saumure pour récupérer le sel.



Bambou

UNE TECHNIQUE TRÈS ANCIENNE

Il y a environ 6000 ans, durant la période d'Obeïd, les peuples des régions marécageuses de l'actuel Irak découvrirent les qualités imperméabilisantes du bitume. Ils en enduisaient leurs embarcations de roseaux pour empêcher l'eau de les traverser. L'idée fut finalement adoptée pour la construction des bateaux en bois dans le monde entier. Appelée calfatage, cette méthode fut employée jusqu'à l'apparition des coques modernes en métaux et en fibres de verre.

LA RICHESSE DE BABYLONE

Les grandes constructions de l'antique cité de Babylone faisaient appel au bitume. Pour le roi Nabuchodonosor II (règne : 604-562 av. J.-C.), il constituait le plus important matériau du monde. Signe ostensible des aboutissements technologiques atteints sous son règne, il était employé dans tous les domaines de la construction, depuis les bassins jusque dans le mortier pour assembler les briques. Le bitume jouait manifestement un rôle essentiel dans les fameux Jardins suspendus de Babylone – spectaculaire série de terrasses richement garnies d'arbres et de fleurs –, où il servait probablement à étancher les bacs contenant les végétaux et les canalisations qui apportaient l'eau.

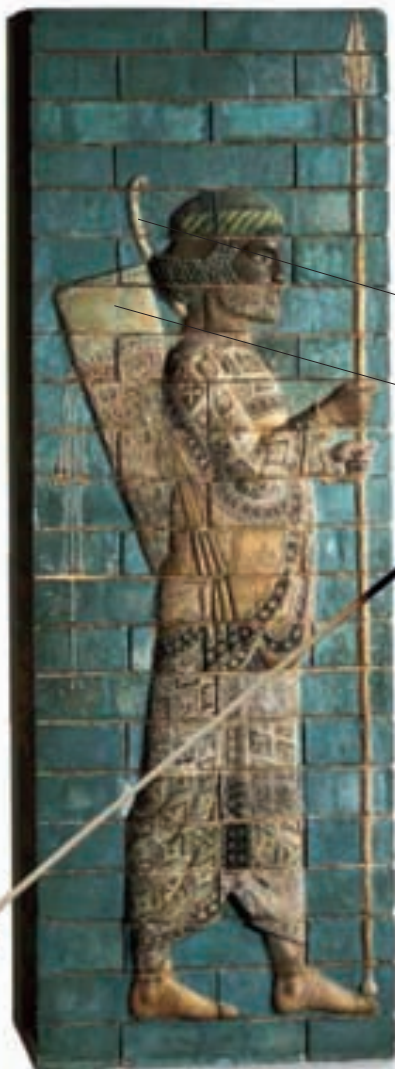


L'ART DE L'EMBAUEMENT

Les Egyptiens de l'Antiquité momifiaient leurs morts en les enduisant d'un mélange de substances chimiques telles que du sel, de la cire d'abeille, de la résine de cèdre et du bitume. D'ailleurs, le terme « momie » pourrait dériver du nom du mont Moumya, en Perse, où l'on trouva du bitume. Jusqu'à une date récente, toutefois, les chercheurs croyaient que le bitume n'était jamais employé en momification. Aujourd'hui, les analyses chimiques ont montré que les Egyptiens employèrent effectivement du bitume, mais seulement durant la période ptolémaïque (323-30 av. J.-C.), la plus récente. Le bitume était transporté par bateaux vers l'Égypte depuis la mer Morte, où on le trouvait flottant sur l'eau.



Tête momifiée



Frise représentant un archer persan (510 av. J.-C.)

Arc porté sur l'épaule

Carquois portant les flèches

Etoffe enduite de pétrole autour de la pointe

DES FLÈCHES DE FEU

On ne s'intéressa au début qu'à la forme la plus épaisse et la plus visqueuse du bitume, idéale pour coller et imperméabiliser. Elle était appelée *iddu*, d'après le nom de la cité de Hit (ou Id dans l'Irak actuel) où existaient des sources de bitume. Une forme plus fluide, naft en arabe (qui donnera le mot moderne « naphthaline ») était trop inflammable pour être d'un emploi pratique. Au VI^e siècle av. J.-C., les Perses comprirent que celle-ci pouvait constituer une arme redoutable. Les archers en enduisaient les pointes de leurs flèches pour lancer des projectiles enflammés vers leurs ennemis. Bien plus tard, au VI^e siècle de notre ère, la marine byzantine perfectionna le procédé en inventant le feu grégeois, des bombes incendiaires fabriquées avec un mélange de bitume, de soufre et de chaux vive.



Le siège de Carthage



L'INCENDIE DE CARTHAGE

Le bitume est très inflammable, mais c'est un adhésif puissant et ses propriétés imperméabilisantes sont telles qu'il était souvent employé sur les toitures des villes antiques telles que Carthage. Située sur la côte d'Afrique du Nord, à l'emplacement de l'actuelle Tunis, Carthage, à son apogée, était devenue si puissante qu'elle défiait Rome. Sous le règne du grand conquérant Hannibal, les Carthaginois envahirent même l'Italie. Mais Rome se releva et attaqua Carthage en 146 av. J.-C. Le bitume des toitures favorisa la propagation des flammes quand les Romains

incendièrent la cité, et entraîna sa destruction totale.



Pièce de monnaie carthaginoise en argent

UN ACCUEIL BRÛLANT

Selon une idée répandue, dans les châteaux assiégés du Moyen Âge, l'une des manières de repousser les assaillants consistait à les asperger d'huile bouillante du haut des murailles. Les premiers connus pour avoir utilisé cette technique sont les Juifs défendant la cité de Jotapata contre les Romains, en l'an 67. L'idée fut reprise plus tard dans les châteaux-forts médiévaux. Toutefois, il est probable que l'on utilisait plus souvent de l'eau bouillante que de l'huile car ce produit, issu du pétrole, était très coûteux.

Dans la lumière du pétrole

Longtemps, la seule source d'éclairage resta celle des feux de bois. Puis, il y a environ 70000 ans, l'homme préhistorique découvrit que les grasses brûlaient d'une flamme vive et stable. Il fabriqua les premières lampes à huile en creusant des pierres qu'il remplissait de mousses ou autres fibres végétales imbibées d'huile, auxquelles il mettait le feu. Plus tard, il découvrit qu'on obtenait une flamme plus intense et plus durable si l'on allumait juste une mèche trempant dans l'huile. L'huile, quant à elle, était obtenue à partir de grasse animale, de cire d'abeille, ou bien d'olives ou de graines de sésame. Plus rarement, il s'agissait d'huile minérale récoltée là où les nappes de pétrole affleuraient. Ces lampes restèrent l'unique source d'éclairage jusqu'à l'invention de la lampe à gaz, au XIXe siècle.



Huile végétale

Mèche

LUMIÈRE D'ÉGYPTE

Une lampe était obtenue simplement en plaçant une mèche en appui sur le bord d'un récipient de pierre. Au temps où celui-ci était creusé à la main, les lampes étaient probablement rares. Plus tard, avec l'apparition de la poterie, l'homme apprit à produire des récipients de toutes sortes. Très vite, il améliora la structure de la lampe à huile en pinçant le bord pour faire un bec étroit par lequel on passait la mèche. Le modèle ci-dessus est une lampe égyptienne vieille de 2000 ans.



LES PETITES FEMMES DE PARIS

Vers les années 1890, le commerce du pétrole lampant s'était fortement développé, et les fabricants rivalisaient d'inventivité pour donner à leur produit une image attrayante. La société Saxoléine commanda à l'artiste Jules Chéret (1836-1932) une série d'affiches restées célèbres. Elles représentaient des « femmes de Paris » en extase devant des lampes remplies de pétrole de cette marque, qu'elles présentaient comme un produit propre, sûr et sans odeur.

LA LAMPE À PÉTROLE

Pendant les 70 années qui suivirent l'invention de la lampe d' Aimé Argand (voir ci-dessous), la plupart des lampes fonctionnèrent à l'huile de baleine. Mais vers le début des années 1860, celle-ci avait été presque totalement remplacée par un combustible moins coûteux dérivé du pétrole : le pétrole lampant. Bien que similaire dans son principe à la lampe Argand, la lampe à pétrole possédait un réservoir situé à sa base, en dessous de la mèche et non plus dans un cylindre séparé. La taille de la flamme était contrôlée en ajustant la hauteur de la mèche dépassant du réservoir.



Colonne de verre améliorant la circulation de l'air et protégeant la flamme des courants d'air



Globe de verre répartissant la lumière

Colonne de verre

À l'aube de l'ère du pétrole

Depuis des siècles, au Moyen-Orient, on distillait du pétrole d'éclairage dans de petits dispositifs appelés alambics. L'ère moderne du pétrole débuta en 1853 quand le chimiste polonais Ignacy Lukasiewicz (1822–1882) découvrit le moyen d'effectuer cette opération à l'échelle industrielle. En 1856, il installa la première raffinerie de pétrole brut à Ulaszowice, en Pologne. Abraham Gesner (1791–1864), un Canadien, avait trouvé comment obtenir du pétrole lampant à partir du charbon dès 1846, mais la technique à base de pétrole était plus productive et coûtait moins cher. Le pétrole lampant supplanta vite la coûteuse huile de baleine comme combustible d'éclairage en Occident. La demande augmentant déclencha une ruée vers l'or noir, en particulier aux États-Unis.



LA VILLE NOIRE

Le premier puits de pétrole du monde fut foré en 1847 à Bakou, au bord de la mer Caspienne, dans ce qui est aujourd'hui l'Azerbaïdjan. Avec la nouvelle demande en pétrole, des forages par centaines transformèrent la ville, qui se développa très vite. Surnommée la « Ville noire », elle produisait 90 % du pétrole mondial dans les années 1860. Cette œuvre d'Herbert Ruland dépeint Bakou dans les années 1960; c'est de nos jours encore un centre pétrolier majeur.

Oil Springs, dans l'Ontario, en 1862

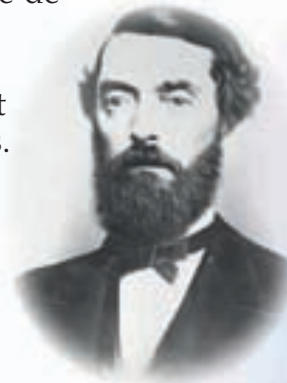


DU PÉTROLE À PLEINS SEAUX

En 1858, James Williams (1818-1890) foras les marais bitumineux du comté de Lambton, dans l'Ontario, au Canada. Le liquide noir se mit à jaillir si abondamment qu'il pouvait en remplir des seaux. Ce fut le premier captage pétrolier en Amérique. Le secteur fut baptisé Oil Springs (« Sources de pétrole ») et en quelques années, il fut couvert de derricks rudimentaires, armatures supportant le matériel de forage.



Action de la compagnie pétrolière Seneca



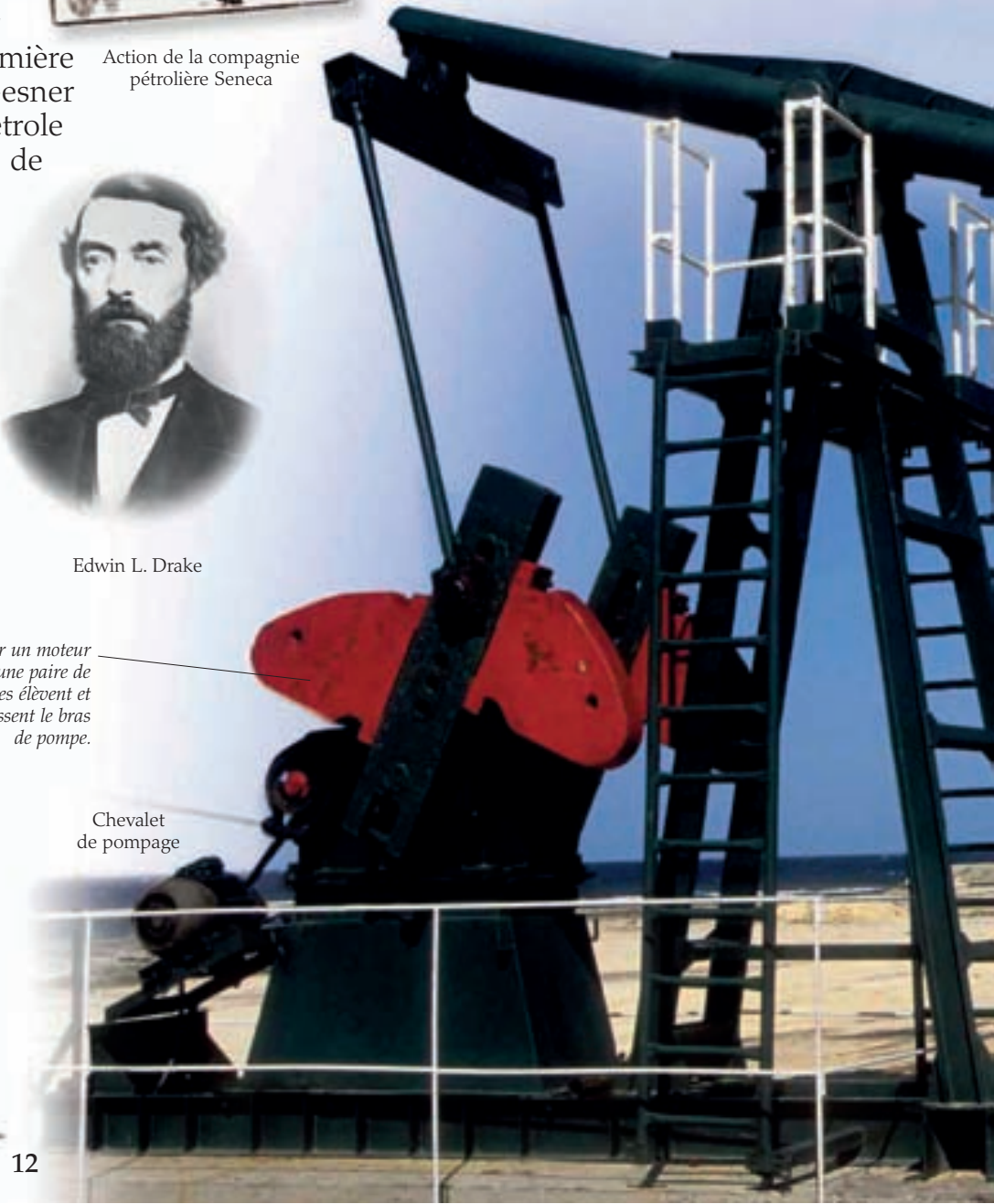
Edwin L. Drake

L'OR NOIR AMÉRICAIN

L'avocat newyorkais George Bissell (1812-1884) était convaincu que le pétrole liquide souterrain pouvait être capté par forage. Il constitua la compagnie pétrolière Seneca et engagea Edwin L. Drake (1818-1880), un cheminot à la retraite. Celui-ci partit pour Titusville, en Pennsylvanie, où les puits d'eau souterraine étaient souvent contaminés par des hydrocarbures. Le 28 août 1859, les hommes de Drake forèrent à 21 m de profondeur et tombèrent sur un gisement. C'était le premier puits de pétrole des États-Unis.

Mues par un moteur électrique, une paire de manivelles élève et abaissent le bras de pompe.

Chevalet de pompage





Les formes et le mouvement de la pompe évoquent un mulet qui hoche la tête.

Ce type de pompe est encore utilisé de nos jours.

Le bras oscillant transmet son mouvement au plongeur dans le puits.

Champ de derricks de Signal Hill, en Californie (États-Unis), en 1935

FORÊTS DE DERRICKS

À ses débuts, la chasse à l'or noir était une activité totalement libre et beaucoup de personnes risquèrent tout ce qu'elles possédaient dans l'espoir qu'un forage heureux leur apporterait la fortune. Chaque prospecteur espérant une part du butin, les zones de gisement se couvrirent bientôt de forêts de derricks, ces tours métalliques surmontant les têtes de puits.

LES POMPES À BALANCIER

Dans les débuts de l'exploitation pétrolière, le pétrole n'était pas loin de la surface. D'innombrables puits furent forés pour l'atteindre. Parfois, celui-ci jaillissait naturellement sous l'effet de sa propre pression. Mais au bout d'un certain temps, la pression dans la nappe chutait et le précieux liquide devait être pompé. On mettait alors en place des pompes à la forme typique munies d'un bras oscillant dont le principe mécanique est resté le même jusqu'à nos jours. Lorsque la tête en arc de cercle descend, le plongeur de la pompe descend dans le puits. Lorsque la tête remonte, le plongeur aspire le pétrole à la surface.



L'OR NOIR EN FUMÉE

Les premiers forages étaient une activité risquée que beaucoup d'ouvriers payèrent de leur vie. Le plus grand danger était sans doute le feu. Les raffineries explosaient, les réservoirs et les captages étaient fréquemment la proie des flammes. Lorsqu'un incendie frappait une tête de puits, il était très difficile de l'éteindre car il était sans cesse alimenté par le pétrole jaillissant du sous-sol. Ce puits en feu à Jennings, en Louisiane (États-Unis), fut photographié en 1902.



LES PIONNIERS DE SPINDLETOP

La plupart des premiers puits étaient peu profonds et les quantités pompées étaient faibles. Mais en 1901, à Spindletop, au Texas (États-Unis), des ouvriers qui foraient à plus de 300 m sous la surface furent soudain aspergés par une fontaine de boue et de pétrole. Ce fut le premier « puits jaillissant » du Texas, où le liquide est poussé vers la surface par sa propre pression. Lorsqu'il est ainsi naturellement pressurisé, le pétrole peut sortir en énormes quantités.

Petroleum Center, en Pennsylvanie, États-Unis, en 1873



LES VILLES-CHAMPIGNONS DU PÉTROLE

À mesure que les puits se creusaient, des villes entières sortaient de terre pour loger l'armée grandissante des ouvriers du pétrole. Ces installations rudes, sans confort, surgissaient presque d'un jour à l'autre, vite noircies par les résidus de pétrole, et empestaient les hydrocarbures. En raison du maniement imprudent de la nitroglycérine, utilisée pour ouvrir les puits, les explosions y étaient fréquentes.



Voiture à vapeur de Bordino, 1854

LA VAPEUR DÉPASSÉE

Parmi les premières voitures, certaines avaient un moteur à vapeur. Ce modèle, construit par Virginio Bordino (1804-1879) en 1854, brûlait du charbon pour transformer de l'eau en vapeur. Les modèles plus tardifs, qui utilisaient de l'essence ou du pétrole lampant, étaient beaucoup plus efficaces, mais il leur fallait 30 minutes de chauffe pour obtenir de la vapeur avant de pouvoir démarrer. Avec les moteurs à combustion interne, le démarrage était instantané, en particulier après l'invention du démarreur électrique en 1903.

À LA POMPE

Avec l'augmentation des voitures particulières dans les années 1920, les stations-service commencèrent à fleurir au bord des routes américaines. À cette époque, les petits réservoirs des automobiles offraient une faible autonomie. Par conséquent, les moindres villes et villages avaient leurs pompes à essence, aux couleurs et dans le style des compagnies pétrolières qui les alimentaient. Ces stations des années 1920 sont aujourd'hui considérées comme des pièces du patrimoine de l'histoire automobile des États-Unis.



Chaque pompe était éclairée pour permettre son repérage la nuit.

L'or noir et l'avènement de l'automobile

Aux États-Unis, le nombre des propriétaires de véhicules à moteur, de 8 000 en 1900, était passé à 125 000 en 1908, et dépassait 8 millions vers 1920. En 1930, 26,7 millions de voitures circulaient sur les routes américaines, consommant toutes du carburant obtenu à partir du pétrole. La spéculation sur la matière première prit d'énormes proportions. Des prospecteurs foraient partout où l'on pouvait soupçonner la présence de pétrole dans le sous-sol. Beaucoup échouèrent, mais certains chanceux firent fortune en trouvant des puits en éruption. En Californie, en Oklahoma et surtout au Texas, la manne pétrolière alimentait désormais une énorme croissance économique qui fit des États-Unis le pays le plus riche du monde. En assurant la prospérité des fabricants d'automobiles et des compagnies pétrolières, l'« or noir » allait transformer le visage de l'Amérique.

UNE VOITURE POUR TOUS

L'Américain Henry Ford (1863-1947) rêvait de fabriquer « une automobile pour le plus grand nombre, si peu coûteuse qu'aucun homme ayant un salaire décent ne pourrait se l'offrir. » Il créa le Modèle T, la première automobile produite en série au monde. Lancée en 1908, la Ford T connut un succès immédiat. En l'espace de cinq ans, 250 000 exemplaires avaient été vendus, représentant 50 % du parc automobile des États-Unis. En 1925, elle représentait toujours la moitié des voitures américaines, mais on en comptait désormais 15 millions. Cette automobile fut à l'origine du premier boom de la consommation pétrolière.



Des pièces comme les ailes étaient vissées en quelques secondes tandis que la voiture défilait sur la chaîne.

Les roues étaient fixées dès le début de la fabrication afin que le châssis puisse rouler facilement le long de la chaîne de production.

Le robuste châssis en vanadium était un élément clé de la construction de la Ford T.



FABRICATION À LA CHAÎNE

Dans les années 1900, les automobiles étaient des jouets pour les gens riches. Chaque véhicule était alors fabriqué à la main par des artisans et coûtait très cher. Tout allait changer avec l'invention de la production en chaîne. Désormais, des séries de véhicules défilaient le long de chaînes de production, servies par des ouvriers nombreux qui ajoutaient, à chaque étape, de nouveaux composants. De cette manière, on pouvait construire des automobiles en grande quantité et moins coûteuses. Ce mode de production fit de l'automobile un moyen de transport quotidien pour l'Américain moyen.



La compagnie Gilmore fut fondée par un agriculteur de Los Angeles qui découvrit du pétrole en effectuant un forage à la recherche d'eau pour ses vaches.

Les vieilles pompes sont aujourd'hui des pièces de collection qui se revendent souvent pour des milliers d'euros.

Prix en dollars

5 000
AMOUNT OF SALE
GALLONS
10 000
10 000
10 000

Quantité de carburant vendue

Le tuyau déliore l'essence contenue dans un réservoir enterré.

L'ATTRAIT DES BAS NYLON

Durant les années 1930, les compagnies cherchèrent à valoriser les sous-produits de distillation du pétrole, après extraction de l'essence. En 1935, Wallace Carothers, de la société chimique DuPont, produisit, à partir de ceux-ci, une robuste fibre artificielle appelée Nylon.

Lancés en 1939, les bas Nylon conquièrent instantanément les jeunes femmes. Au temps des privations de la Seconde Guerre mondiale (1939-1945), pendant laquelle le Nylon était rare, elles se teignaient souvent les jambes et y peignaient de fausses coutures pour faire croire qu'elles portaient des bas.

UN LION RUGISSANT DANS LE MOTEUR

Les compagnies pétrolières, qui se menaient une concurrence acharnée, tentaient de créer leur propre image de marque qui, souvent, n'avait rien à voir avec le pétrole. C'était plutôt une idée visant à rendre le produit plus attrayant. Cette pompe des années 1930 de la compagnie américaine Gilmore, qui associait son essence à un lion rugissant, est tout à fait typique. De nos jours, de telles techniques de marketing sont ordinaires mais dans les années 1920, elles étaient totalement nouvelles.

VANTER POUR VENDRE
Noir, visqueux et malodorant, le pétrole en soi n'est pas particulièrement attrayant. Les compagnies pétrolières entreprirent donc d'améliorer l'image de leurs produits pour doper les ventes. Leurs publicités recourraient aux couleurs vives ainsi qu'aux lieux et aux objets de prestige, et l'on confiait la réalisation d'affiches enchanteuses à de jeunes artistes de renom. Cette affiche de la société Shell date de 1926. Le pétrole lui-même n'y apparaît nulle-part.



En l'absence de vrais bas, les femmes se teignaient les jambes pour simuler les couleurs du Nylon.



Comment se faire de faux bas Nylon, années 1940



Bas en Nylon

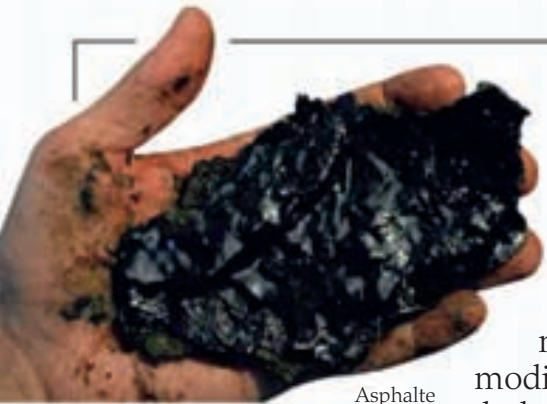
La publicité véhicule une image idéalisée de la vie domestique.



Publicité Tupperware des années 1950

LES DÉBUTS DU PLASTIQUE

De nombreux objets aujourd'hui communs ont leur origine dans le boom pétrolier. Les scientifiques découvrirent en effet qu'ils pouvaient fabriquer, à partir du pétrole, des plastiques tels que le polychlorure de vinyle (PVC) et le polyéthylène. Lorsque revint la prospérité après la Seconde Guerre mondiale, nombre de produits en plastique, pratiques et peu coûteux, firent leur apparition dans les foyers. Parmi les plus célèbres, figurent les boîtes en polyéthylène Tupperware, lancées en 1946 par Earl Tupper, un chimiste de chez DuPont.



Asphalte

DES DÉPÔTS ÉPAIS ET COLLANTS

En certains endroits, le pétrole suinte à la surface du sol. Exposés à l'air, ses composants les plus volatils s'évaporent, laissant en dépôt une épaisse boue noire appelée bitume, ou une masse agglutinée comme celle-ci, appelée asphalte. Ces formes sont aussi appelées goudrons.

LE GAZ NATUREL

Le pétrole contient des composés tellement volatils qu'ils s'évaporent facilement pour former le gaz naturel. Presque toutes les nappes de pétrole contiennent suffisamment de ces composés pour produire au moins un peu de gaz. Certaines en renferment de telles proportions qu'il s'agit presque entièrement de gaz naturel.



Flamme de gaz naturel



Pétrole brut brun



Pétrole brut noir

Qu'est-ce que le pétrole ?

Le pétrole est une matière minérale naturelle issue des restes modifiés d'êtres vivants. Son nom vient du latin *petrae oleum*, qui signifie « huile de pierre ». C'est une substance sombre et huileuse, liquide dans sa forme typique, mais qui peut aussi apparaître solide ou gazeuse. La forme liquide sous laquelle il est extrait est appelée « pétrole brut » si elle est noire et visqueuse, et « condensat » si elle est claire et volatile. Lorsqu'elle est solide, on l'appelle « asphalte », et « bitume » lorsqu'elle est semi-solide. Le pétrole est un mélange complexe de différents composants chimiques, que l'on peut isoler par raffinage. Ceux-ci serviront à fabriquer une grande variété de substances.

LE PÉTROLE BRUT

Le pétrole brut est généralement épais et huileux, mais on le trouve en une vaste gamme de compositions et de couleurs parmi lesquelles le noir, le vert, le rouge ou le brun. Ainsi, le pétrole brut du Soudan est noir de jais, celui de la mer du Nord brun foncé. Celui de l'Utah, aux États-Unis, est de couleur ambre, tandis que dans certaines régions du Texas, il est presque paille. Les pétroles bruts dits doux sont faciles à raffiner parce qu'ils contiennent peu de soufre. Lorsqu'ils contiennent plus de soufre, ils sont dits sulfurés et nécessitent, par conséquent, un traitement plus long. La couleur, quant à elle, dépend essentiellement de la densité du pétrole.

UN MÉLANGE COMPLEXE

Le pétrole renferme essentiellement des hydrocarbures, composés chimiques organiques contenant exclusivement des atomes de carbone (84 % du poids) et d'hydrogène (14 % du poids). Il existe trois grands types d'hydrocarbures : les alcanes, les aromates et les naphthènes. L'illustration ci-contre montre leurs proportions approximatives dans le pétrole brut « saoudien lourd », dont le taux en alcanes est plus élevé que beaucoup d'autres pétroles bruts.



Les huiles minérales légères flottent sur l'eau.

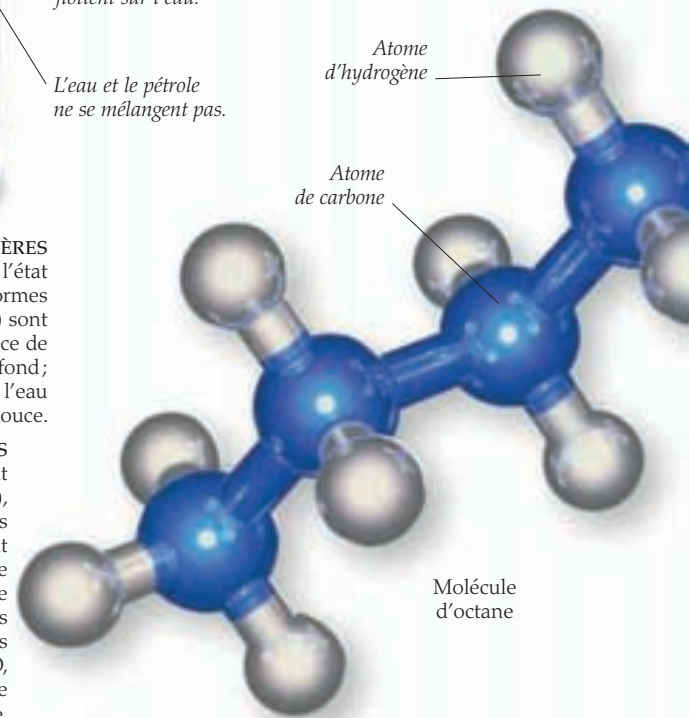
L'eau et le pétrole ne se mélangent pas.

HUILES LOURDES ET LÉGÈRES

Les pétroles fins et volatils (qui s'évaporent vite à l'état brut) sont décrits comme légers, tandis que les formes épaisses et visqueuses (les bruts qui s'écoulent mal) sont des pétroles lourds. La plupart flottent à la surface de l'eau mais certaines formes lourdes tombent au fond ; toutefois, ce phénomène ne se produit pas dans l'eau salée, dont la densité est supérieure à l'eau douce.

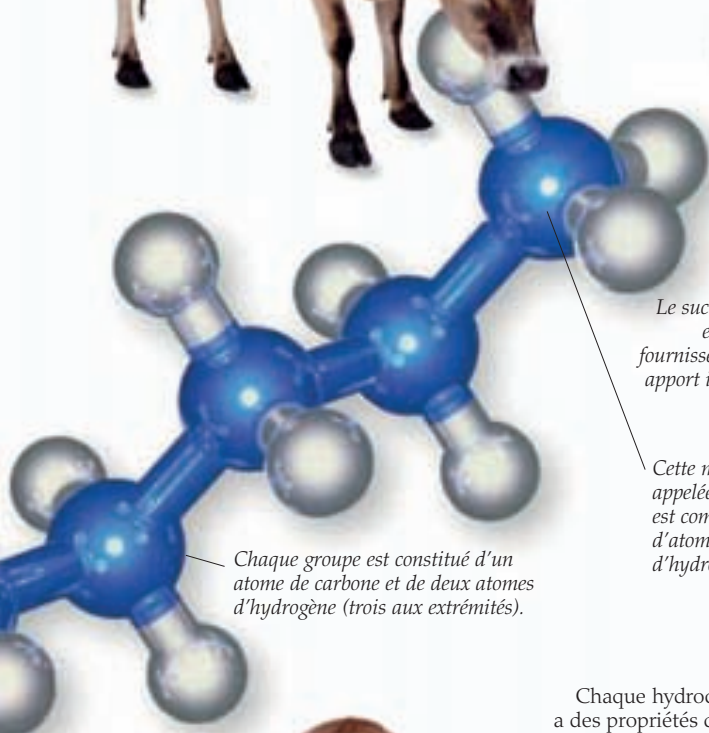
LES HYDROCARBURES

Les hydrocarbures composant le pétrole présentent soit des molécules cycliques (formant des anneaux), soit des molécules linéaires (formant des chaînes). Les alcanes, parmi lesquels le méthane et l'octane, sont des hydrocarbures linéaires. Les aromates, comme le benzène, sont des hydrocarbures cycliques, tandis que les naphthènes sont des groupements d'hydrocarbures cycliques. Le pétrole contient aussi de petites quantités de composés non hydrogénés appelés NSO, où l'hydrogène est remplacé principalement par de l'azote, du soufre ou de l'oxygène.



LES REJETS DES RUMINANTS

Le méthane, constituant du pétrole, est un hydrocarbure naturellement abondant. Sa molécule est simple, composée d'un unique atome de carbone lié à quatre atomes d'hydrogène. On le trouve en grande quantité dans les matériaux organiques qui recouvrent les fonds marins. Le bétail du monde entier en rejette abondamment dans l'atmosphère par flatulence. Le méthane se forme dans le tube digestif lors de la dégradation de la nourriture par les bactéries digestives.



Le riz est source d'amidon.



Le sucre de canne est riche en sucres simples qui fournissent à l'organisme un apport instantané d'énergie.

Cette molécule linéaire est appelée octane parce qu'elle est composée de huit groupes d'atomes de carbone et d'hydrogène.

Chaque groupe est constitué d'un atome de carbone et de deux atomes d'hydrogène (trois aux extrémités).

Les bébés ne pourraient être conçus sans les hormones, à base d'hydrocarbures, présentes dans l'organisme de leurs parents.



LE RAFFINAGE DU PÉTROLE

Chaque hydrocarbure présent dans le pétrole brut a des propriétés différentes. Pour pouvoir les utiliser, le pétrole brut doit être raffiné (traité) afin de séparer les différents groupes d'hydrocarbures qui le composent, illustrés ci-dessus. Ces groupes se différencient essentiellement par leur densité et leur viscosité, le bitume étant le plus dense et le plus visqueux, l'essence la moins dense et la plus fluide.

LES HYDROCARBURES DE L'ORGANISME

Il existe beaucoup d'hydrocarbures naturels dans le corps humain. L'un d'eux est le cholestérol, cette substance grasse présente dans le sang qui contribue à la formation des parois des vaisseaux sanguins. Les hormones stéroïdiennes, telles que la progestérone et la testostérone, dont le rôle est déterminant dans l'activité sexuelle et la reproduction, sont d'autres hydrocarbures essentiels.

LES HYDROCARBURES VÉGÉTAUX

Les hydrocarbures sont naturellement présents dans les huiles végétales et les graisses animales. Ainsi, le parfum des plantes et des fleurs est dû à des hydrocarbures appelés huiles essentielles. Les parfumeurs chauffent, distillent ou pressent souvent les végétaux pour en extraire ces composés odorants et les introduire dans les parfums. Les huiles essentielles appelées terpènes sont même employées comme agents de saveur dans l'alimentation. Le camphre, utilisé pour repousser les mites, est lui aussi un terpène.

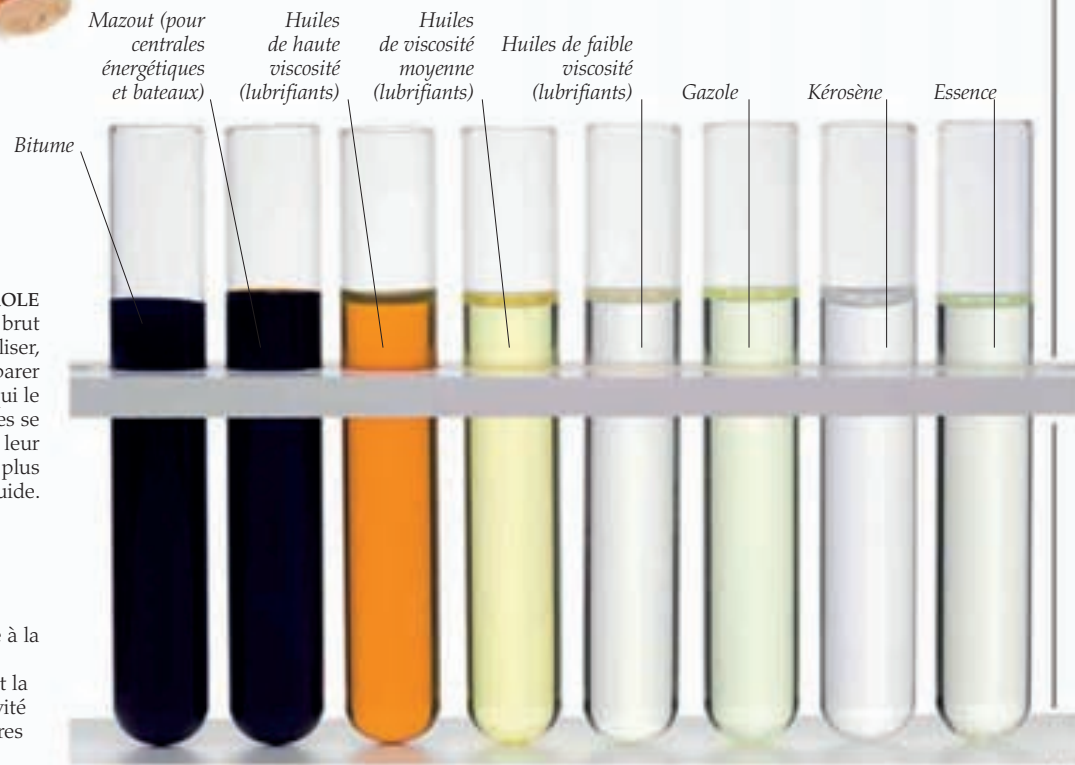


Lavande

Le parfum de la lavande est dû à un mélange d'hydrocarbures du groupe des terpènes.

LES HYDRATES DE CARBONE

On confond souvent les hydrocarbures et les hydrates de carbone, ou glucides. Les molécules d'hydrocarbures sont constituées exclusivement d'atomes de carbone et d'hydrogène, tandis que celles d'hydrates de carbone renferment en outre des atomes d'oxygène. La présence de ces derniers leur permet de prendre des formes extrêmement variées et complexes, essentielles pour les êtres vivants. Les glucides, comme l'amidon et les sucres simples, sont en effet les principaux fournisseurs d'énergie des animaux et des végétaux. L'amidon libère son énergie plus lentement que les sucres simples.



L'origine du pétrole

Les scientifiques pensaient jadis que le pétrole se formait essentiellement par réaction chimique entre des minéraux dans les roches profondes. En fait, il provient de restes d'innombrables êtres vivants marins accumulés au fond des océans au cours des temps géologiques. En mourant, ces micro-organismes (diatomées, foraminifères...) formant le plancton ont constitué, en se mêlant aux minéraux, d'épaisses couches de sédiments. Pendant des millions d'années, par l'action de bactéries tout d'abord, puis sous l'effet de la pression et de la chaleur, ces restes organiques se sont transformés en pétrole. Celui-ci a ensuite migré à travers les roches pour s'accumuler dans des roches-réservoirs pour former des gisements.

Diatomées vues au microscope

Les diatomées ont des coques transparentes en silice.

Les diatomées ont de nombreuses formes différentes et souvent des structures magnifiques et complexes.

Les masses bleu-vert sont des blooms phytoplanctoniques.



POUSSÉES OCÉANIQUES

La formation du pétrole est probablement liée aux « blooms », ces apparitions massives de phytoplancton fréquentes dans les eaux marines peu profondes au large des côtes. Les blooms sont parfois si vastes qu'ils deviennent visibles par les satellites, comme sur la photo ci-dessus, réalisée au-dessus du golfe du Lion. Ces phénomènes ont typiquement lieu au printemps, lorsque l'accroissement de la lumière solaire et la remontée d'eaux froides riches en éléments nutritifs créent des conditions favorables à une croissance massive du plancton.

LA SOUPE PLANCTONIQUE

La surface des océans et des lacs est riche en plancton dérivant. Ces micro-organismes, le plus souvent invisibles à l'œil nu, sont si abondants que leurs restes s'accumulent dans d'épaisses couches de sédiments au fond de l'eau. Il existe deux types de plancton. Le phytoplancton, ou plancton végétal, effectue la photosynthèse et fabrique sa propre nourriture grâce à la lumière du Soleil. Ses représentants les plus abondants sont les diatomées. Le zooplancton est constitué d'animaux minuscules qui se nourrissent de phytoplancton ou de leurs semblables.

UN CONCENTRÉ D'ÉNERGIE

L'énergie concentrée dans les liens qui maintiennent assemblées les molécules d'hydrocarbures a pour origine le Soleil. Elle a été captée il y a très longtemps sous forme de lumière par le phytoplancton pour effectuer la photosynthèse, un processus au cours duquel les végétaux convertissent des éléments chimiques simples en composés nourriciers. La transformation du phytoplancton en pétrole n'a fait que concentrer un peu plus cette énergie.

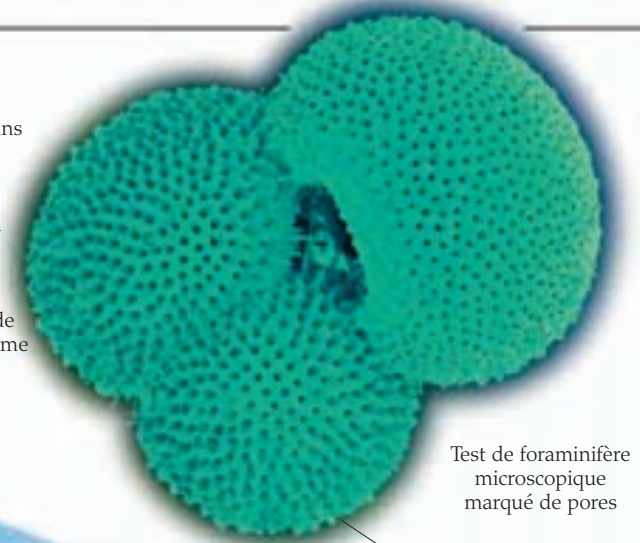




Falaises crayeuses renfermant des fossiles de foraminifères, dans le Sussex, en Angleterre

DES TESTS PAR MILLIARDS

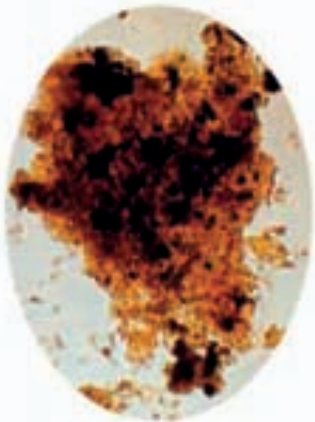
Les foraminifères sont des organismes unicellulaires microscopiques, abondants dans les océans du monde entier, qui sécrètent autour de leur cellule une coque calcaire appelée test. Ils sont, comme les diatomées, une importante source de matériaux pour la formation du pétrole. C'est pourquoi les prospecteurs de pétrole recherchent des roches à foraminifères qu'ils étudient pour déterminer leur histoire. Pour chaque période géologique, chaque couche de roches renferme un type spécial de foraminifère. Les roches crayeuses sont riches en coquilles de foraminifères fossilisées.



Test de foraminifère microscopique marqué de pores

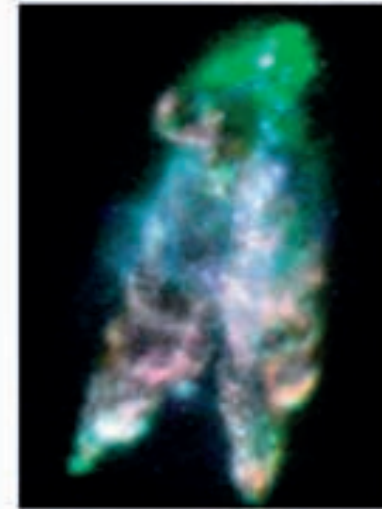
Le test est composé de carbonate de calcium.

Particules de kérogène vues au microscope



À MI-CHEMIN

Seule une faible proportion des restes enfouis de micro-organismes marins se transforme en pétrole. La majeure partie s'arrête à l'état de kérogène. Il s'agit d'un minéral solide, noir brunâtre, présent dans les roches sédimentaires (formées par dépôt des débris d'autres roches et d'êtres vivants). Pour que la transformation soit complète, le kérogène doit être chauffé sous pression à plus de 60 °C.



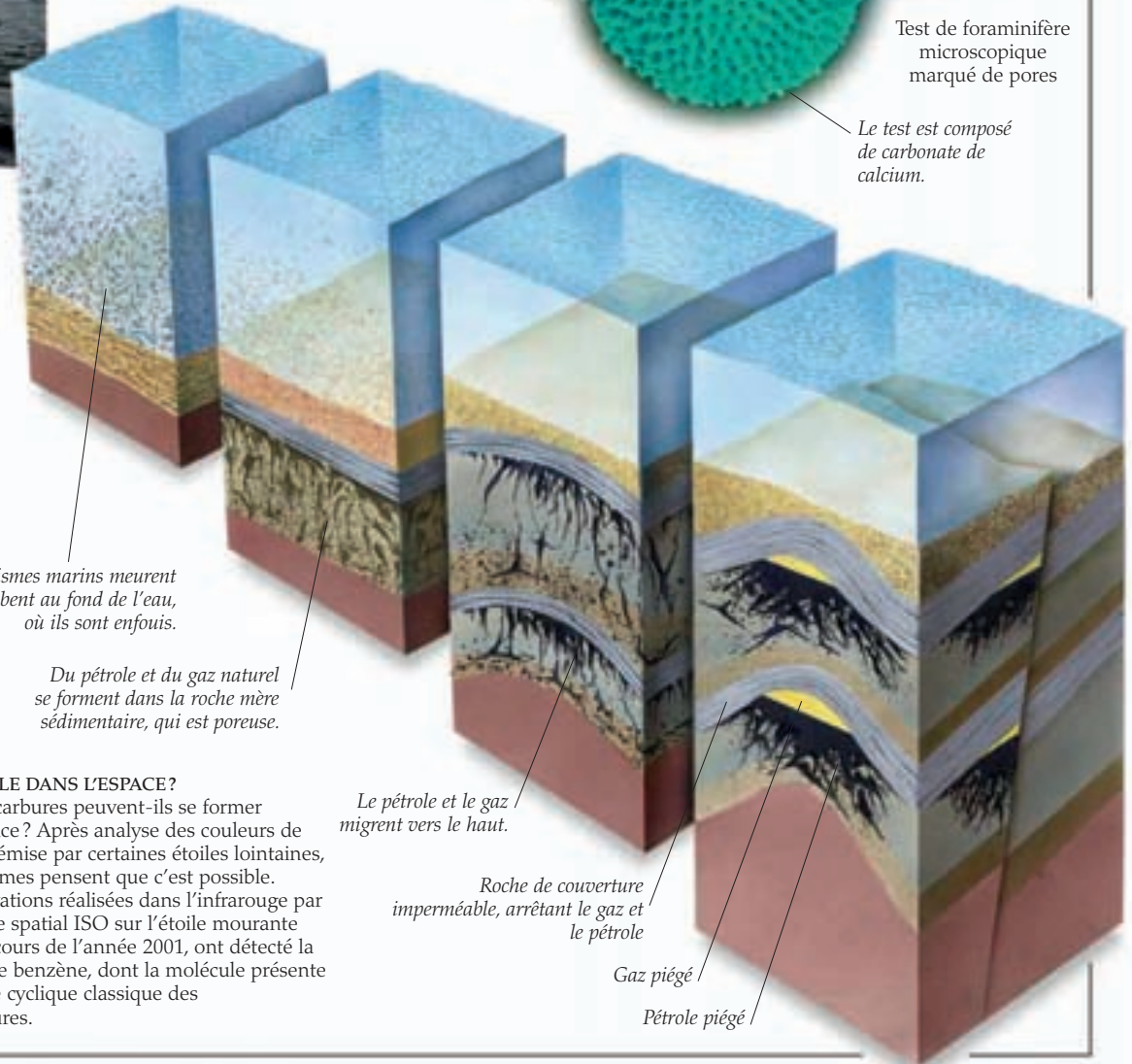
COMMENT SE FORME LE PÉTROLE
Les sédiments déposés au fond des océans au cours du temps constituent une roche mère. Les restes des organismes vivants qui s'y sont mélangés sont d'abord décomposés par des bactéries en une substance appelée kérogène. À mesure que la roche mère s'enfonce, la chaleur et la pression, qui augmentent, vont « cuire » le kérogène (entre 1000 et 6000 m de profondeur dans la terre). Cela le transforme en bulles de pétrole et de gaz naturel. Les bulles migrent à travers la roche poreuse comme de l'eau dans une éponge. Au cours du temps, une partie remonte et s'accumule dans des pièges lorsqu'elle rencontre des couches imperméables.

Les organismes marins meurent et tombent au fond de l'eau, où ils sont enfouis.

Du pétrole et du gaz naturel se forment dans la roche mère sédimentaire, qui est poreuse.

DU PÉTROLE DANS L'ESPACE ?

Des hydrocarbures peuvent-ils se former dans l'espace ? Après analyse des couleurs de la lumière émise par certaines étoiles lointaines, les astronomes pensent que c'est possible. Des observations réalisées dans l'infrarouge par le télescope spatial ISO sur l'étoile mourante cr1618, au cours de l'année 2001, ont détecté la présence de benzène, dont la molécule présente la structure cyclique classique des hydrocarbures.



Le pétrole et le gaz migrent vers le haut.

Roche de couverture imperméable, arrêtant le gaz et le pétrole

Gaz piégé

Pétrole piégé



Le gaz naturel

Dès l'Antiquité, en Grèce, en Perse et en Inde, l'homme fut intrigué par des flammes qui, par endroits, sortaient de terre. Il s'agissait de gaz naturel qui s'enflammait spontanément, mais ce phénomène jadis inexplicable donna lieu à de nombreuses croyances. Le gaz naturel est un mélange composé en grande majorité de méthane, le plus simple et le plus léger des hydrocarbures. Comme le pétrole brut, il s'est formé dans le sous-sol à partir des restes de micro-organismes marins et il est souvent extrait des mêmes puits que ce dernier. On le trouve également associé à du condensat, ou bien seul dans la roche-réservoir. Jusqu'à une date récente, il était peu utilisé; au début du XXe siècle, on le brûlait comme déchet de captage des puits de pétrole. Aujourd'hui, c'est un combustible de valeur qui fournit plus d'un quart de l'énergie mondiale.

INQUIÉTANTS FEUX FOLLETS

Lorsque la matière organique (vivante) se décompose, elle libère un gaz (aujourd'hui appelé biogaz) qui est un mélange de méthane et de phosphine. Des bulles de biogaz se dégagent des lieux marécageux s'enflamment parfois brièvement dans l'air chaud de l'été. Ce phénomène donna naissance à la légende des feux follets, lumières fantomatiques que l'on disait utilisées par les esprits ou les démons pour attirer les passants dans leur royaume.

L'EXTRACTION ET LE TRAITEMENT

Le gaz naturel est souvent extrait dans des usines comme celle ci-dessous. C'est un matériau si léger qu'il sort du puits sans qu'il soit nécessaire de le pomper. Mais avant d'être dirigé vers les gazoducs, il doit être traité afin de le débarrasser des impuretés et autres composés qu'il renferme. Il existe notamment une forme de « gaz acide », à haute teneur en soufre et en dioxyde de carbone, très corrosif et dangereux, qui nécessite un traitement accru. Enfin, le gaz naturel n'ayant pas d'odeur une fois traité, on lui ajoute de l'éthylmercaptopan, un composé chimique du groupe des thiols, pour lui donner une odeur distinctive permettant de détecter les fuites.



Ouvrier inspectant un gazoduc, en Russie

LES GAZODUCS

La majeure partie du gaz naturel extrait du sous-sol est transportée par de gros tuyaux appelés gazoducs. Les gazoducs sont fabriqués par assemblage de sections en acier au carbone rigoureusement testées pour résister à la pression. Le gaz y est en effet injecté sous une pression très élevée. Celle-ci permet non seulement de réduire jusqu'à 600 fois le volume du gaz transporté, mais elle fournit aussi la poussée qui le fait circuler dans le gazoduc.

Un navire méthanier typique transporte plus de 150 millions de litres de gaz naturel liquide, dont le potentiel énergétique équivaut à celui de 91 milliards de litres de la forme gazeuse.



Usine d'extraction et de traitement sur un champ gazier près de Noviy Urengoy, dans l'ouest de la Sibérie, en Russie

Les unités de traitement débarrassent le gaz de ses impuretés et d'autres composés indésirables.



RÉVOLUTION URBAINE

L'installation de réverbères à gaz dans Londres au début du XIXe siècle devait marquer le début d'une révolution. Bientôt, les rues des villes du monde entier – jusque-là plongées dans le noir dès le soir venu – allaient être éclairées la nuit. Toutefois, bien que le gaz naturel fût utilisé pour l'éclairage urbain dès 1816, la plupart des éclairages publics au XIXe siècle fonctionnaient au gaz de charbon, fabriqué à partir de la houille. L'électricité ne commença à remplacer le gaz d'éclairage qu'au début du XXe siècle.



Les réverbères devaient être allumés à la main un par un tous les soirs.

LES NAVIRES MÉTHANIERES

Les gazoducs ne véhiculent pas la totalité du gaz utilisé dans le monde, notamment lorsque sa destination est lointaine. D'énormes navires équipés de cuves sphériques le transportent à travers les océans sous la forme de gaz naturel liquéfié, ou GNL. La liquéfaction est obtenue en réfrigérant le gaz à -160°C . À cette température, il devient liquide et occupe alors un volume 600 fois plus faible qu'à l'état gazeux.



Des cuves renforcées maintiennent le gaz sous pression à l'état liquide.

Une seule cuve renferme l'énergie équivalant aux besoins en électricité des États-Unis durant cinq minutes

Une fois traité, le gaz naturel est envoyé dans des conduites pour être distribué.



LE GAZ DE CHARBON

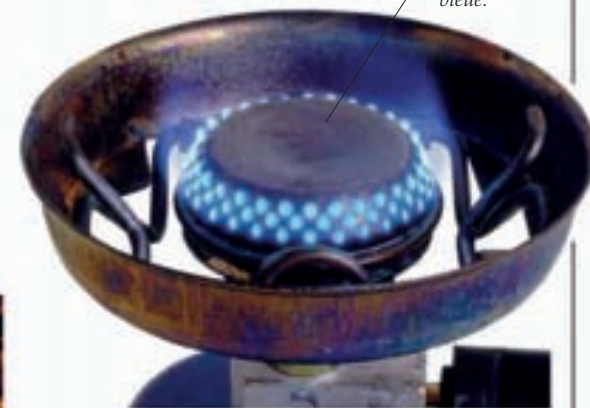
Vers le milieu du XVIIIe siècle, la plupart des villes possédaient une usine de fabrication de gaz de charbon, que l'on appelait aussi « gaz de ville ». Celui-ci était stocké dans de grosses cuves métalliques : les gazomètres. Éclairage, cuisine, chauffage : le gaz de charbon avait de nombreux emplois. Il fut supplanté dans la seconde moitié du XXe siècle par le gaz naturel, dont on avait découvert de vastes réserves et que des gazoducs distribuaient désormais largement. Ce dernier était aussi moins coûteux et d'un emploi plus sûr que le gaz de charbon.

Les gazomètres s'enfonçaient dans le sol à mesure que la quantité de gaz à l'intérieur de la cuve diminuait.

Le propane brûle avec une flamme bleue.

DES CAVES À GAZ

Le gaz naturel est trop volumineux et trop inflammable pour pouvoir être stocké dans des cuves. Après avoir été traité et transporté à destination, il est injecté tel quel sous la terre, parfois dans de vieilles mines de sel comme ici en Italie. Parmi les autres stockages souterrains figurent les couches aquifères (formation rocheuses renfermant de l'eau) et les anciens réservoirs de gaz naturel vidés (roches poreuses qui autrefois contenaient du gaz naturel).



LES COMPOSÉS ET ÉLÉMENTS ASSOCIÉS

Lors du traitement du gaz naturel, d'autres gaz tels que l'éthane, le propane, le butane et l'isobutane sont séparés du méthane et vendus séparément. Le propane et le butane sont mis en bouteilles. Quelques réservoirs de gaz naturel contiennent aussi de l'hélium. Connue pour son usage dans les ballons, l'hélium agit également comme réfrigérant dans toutes sortes d'installations, des réacteurs nucléaires aux scanners médicaux.



On trouve des hydrates de gaz en grande densité autour du triangle des Bermudes et ceux-ci auraient pu causer le naufrage de navires, mais le fait que de nombreux navires ont coulé à cet endroit est un mythe.

LES HYDRATES DE MÉTHANE

Les hydrates de méthane sont des réseaux cristallins de glace enserrant des molécules de méthane. Ils gèlent à basse température et sous haute pression. On les trouve dans les sédiments marins et dans le permafrost arctique. Ils ressemblent à de la glace, mais se forment au-dessus du point de gel de l'eau. Ils brûlent lorsqu'ils sont touchés par une flamme. Certains pensent qu'il existe assez d'hydrates de méthane pour fournir de l'énergie pendant des centaines, voire des milliers d'années. Si seulement 1 % des ressources était techniquement et économiquement exploitable, les États-Unis pourraient plus que doubler leurs ressources en gaz naturel domestique. Les hydrates de méthane sont présents en grande quantité sur les fonds autour du triangle des Bermudes notamment.

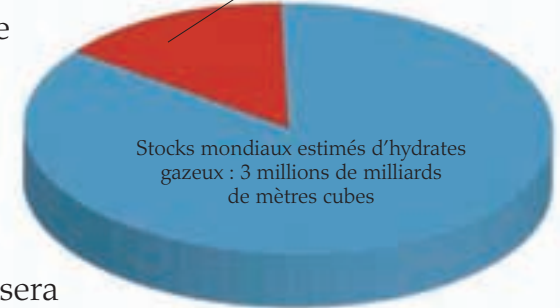
LA GAZÉIFICATION DU CHARBON

La gazéification est un procédé qui, en dissociant le charbon en ses composants chimiques de base, permet de produire différents gaz. Après purification, ces gaz – monoxyde et dioxyde de carbone, hydrogène, méthane et azote – peuvent être utilisés comme carburants ou comme matières premières. La gazéification pourrait être l'une des meilleures manières de produire de l'hydrogène pour propulser les voitures propres de demain. Elle offre aussi des gains dérivés. La chaleur de la combustion du charbon peut servir à produire de la vapeur entraînant des génératrices à turbine. Des centrales commerciales de production électrique par gazéification du charbon sont déjà en service. Beaucoup d'experts considèrent que cette technologie sera au cœur des centrales à charbon propres des décennies durant, dans le futur.

Le gaz naturel non conventionnel

Parce qu'il est le moins polluant des carburants fossiles, le gaz naturel est une source d'énergie de prédilection pour toutes sortes d'usages : production d'électricité, chauffage, cuisine, transports, fabrication de produits industriels et domestiques. La demande augmente si rapidement que les producteurs peinent à la satisfaire. Dans l'avenir, une part sans cesse croissante proviendra de sources non conventionnelles. Le gaz produit restera le même, mais il sera plus difficile et moins économique à extraire que le gaz conventionnel. En revanche, ses sources seront productives plus longtemps que les sources conventionnelles et permettront de prolonger la production. De nouvelles technologies sont sans cesse développées pour fournir des estimations plus précises des volumes de gaz disponibles dans ces réservoirs non conventionnels et pour stimuler leur production. Grâce à ces procédés novateurs, le gaz non conventionnel d'aujourd'hui sera le gaz conventionnel de demain.

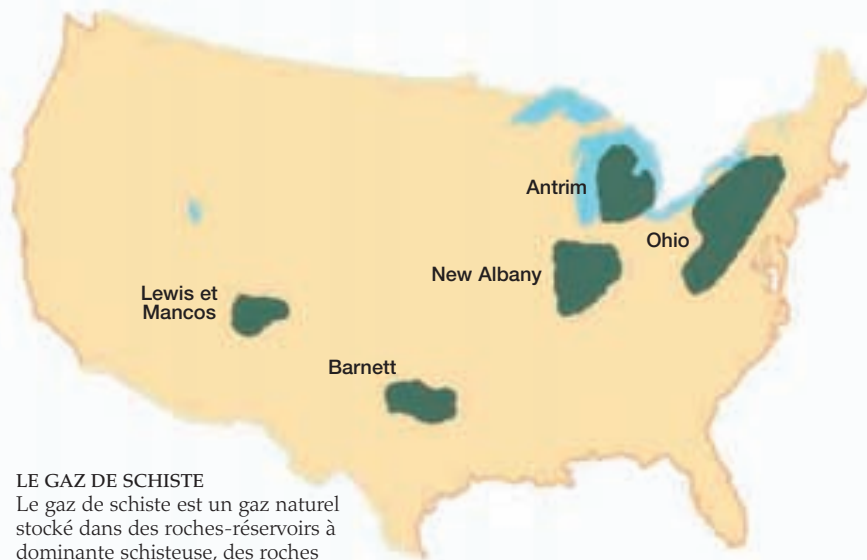
Réserve mondiale de gaz conventionnel : 440 000 milliards de mètres cubes



Source : US Geological Survey World Petroleum Assessment 2000

Cette usine de gazéification, à Tampa, en Floride (États-Unis), produit un gaz à combustion propre à partir du charbon. Le procédé supprime au moins 95 % du soufre contenu dans le gaz de charbon.





LE GAZ DE SCHISTE

Le gaz de schiste est un gaz naturel stocké dans des roches-réservoirs à dominante schisteuse, des roches sédimentaires à granulation fine. Il est généralement présent sur de vastes étendues, là où une mince couche de schiste se trouve prise entre deux épais dépôts de schiste noir. Il peut être stocké à l'état de gaz libre dans les pores et les fractures naturelles au sein de la roche, ou sous forme de gaz adsorbé (fixé sur les surfaces) sur de la matière organique. Les roches renfermant le gaz de schiste ont une faible perméabilité, ce qui fait qu'elles libèrent difficilement leur contenu gazeux. Le premier puits de gaz de schiste exploité commercialement fut foré à New York à la fin des années 1820. Aujourd'hui, aux États-Unis, plus de 28 000 puits produisent quelque 10 milliards de mètres cubes de gaz chaque année dans cinq bassins de production : ceux des Appalaches, du Michigan, de l'Illinois, de Fort Worth et de San Juan.



LE GAZ PROFOND

Le gaz profond est du gaz naturel situé dans des dépôts souterrains à partir de 4 500 m de profondeur et au-delà. Une grande partie de ce gaz étant située dans des réservoirs sous-marins, les forages pour les exploiter doivent aussi franchir des centaines ou des milliers de mètres de profondeur d'eau.

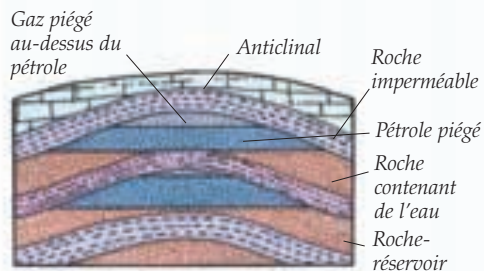
LE MÉTHANE DE HOUILLE

Le gaz de charbon désigné par l'acronyme CBM (coalbed methane des Anglo-Saxons) est du méthane présent dans les veines de houille du sous-sol. Il s'y trouve à l'état presque liquide dans les pores de la roche, où il est maintenu par de l'eau sous pression. Lorsque l'on pompe cette eau, l'abaissement de la pression provoque la séparation du méthane qui peut être conduit par canalisation hors du puits. Son exploitation est économique, mais le rejet de l'eau résiduelle constitue un problème environnemental. Ce méthane est bien connu parce qu'il est libéré par les activités d'extraction de la houille, créant des conditions dangereuses pour les mineurs; il est tristement célèbre sous le nom de grisou. Dans le passé, le méthane de houille était intentionnellement rejeté dans l'atmosphère. De nos jours, il peut être extrait et injecté dans les gazoducs. Aux États-Unis, la réserve de la tribu des Utes du Sud, qui couvre plus de 283 000 ha dans le bassin de San Juan, se situe sur l'un des réservoirs de méthane de houille les plus riches du monde. Grâce à lui, les Indiens contrôlent la distribution d'environ 1 % de tout le gaz naturel de la nation américaine.



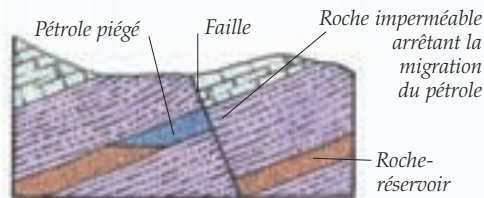
LES ZONES GÉOPRESSURISÉES

Les zones géopressurisées sont des gisements de gaz naturel sous une pression anormalement élevée pour leur profondeur. Ils renferment des couches de sable et de boue et se situent entre 4 500 et 7 500 m de profondeur environ dans le sous-sol, sous les terres émergées ou le plancher marin. Les zones géopressurisées se forment lorsque des couches d'argile se déposent et se compriment rapidement au-dessus de matériaux plus poreux et absorbants tels que le sable ou la boue. La compression rapide et la haute pression éjectent toute l'eau et le gaz que l'argile contient vers les dépôts inférieurs plus poreux. À ce jour, aucune technique d'exploitation commerciale de ces gisements n'a été développée. Seuls des forages d'exploration ont été réalisés



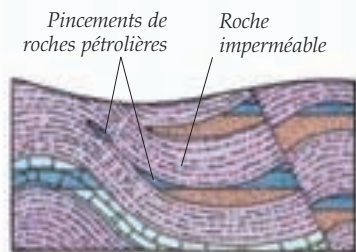
LE PIÈGE PAR ANTICLINAL

Le pétrole est souvent piégé sous des plis anticlinaux, c'est-à-dire des endroits où les couches rocheuses ont été plissées en forme d'arche par les mouvements de la croûte terrestre. Si l'une de ces strates plissées est imperméable, le pétrole qui migrait en dessous est arrêté, s'accumulant dans la roche formée par la courbe. Les pièges par anticlinaux sont les plus fréquents dans le monde.



LE PIÈGE CONTRE FAILLE

Parfois, les couches rocheuses se brisent et glissent vers le haut ou le bas le long de la ligne de cassure. C'est ce que l'on appelle une faille. Les failles peuvent créer des pièges à pétrole de différentes manières. Dans la plus fréquente, une roche imperméable, en se décalant, vient obstruer une roche perméable dans laquelle du pétrole est en migration.

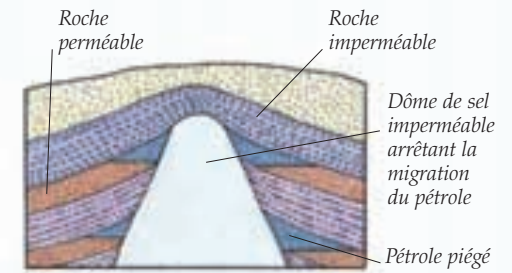


LE PIÈGE STRATIGRAPHIQUE

Les pièges par anticlinal, contre faille et contre dôme de sel sont des pièges structuraux liés à la disposition relative des couches entre elles. Quant aux pièges stratigraphiques, ils sont dus à des variations au sein des couches elles-mêmes. Ils se forment souvent à partir d'anciens lits de rivières, où des poches lenticulaires de sables perméables se trouvent piégées au sein de schistes argileux et de grès fins moins perméables.

Les pièges à pétrole

Le pétrole se forme à partir d'une roche mère appelée aussi kérogène, matière organique devenue solide modifiée par la chaleur et la pression régnant dans le sous-sol. Les schistes, riches en kérogène, sont un des types de roches mères les plus courants. Au cours du temps, celles-ci s'enfoncent dans le sol. Sous l'effet combiné de la chaleur et de la pression, le kérogène se transforme en pétrole, puis en gaz. Dès leur formation, ces derniers commencent leur migration vers le haut. Ils s'infiltrèrent lentement dans les innombrables petites fissures des roches perméables environnantes. Ainsi, commence le lent processus de la migration, peu après la formation du pétrole liquide. Parfois, pétrole et gaz rencontrent une couche de roche imperméable, qui arrête leur progression. Cette dernière va former un piège pour le pétrole, lequel va s'accumuler dans la roche-réservoir située en-dessous. Ce sont ces pièges à pétrole que recherchent les compagnies quand elles effectuent des forages d'exploration.



LE PIÈGE CONTRE DÔME DE SEL

Lorsque des masses de sel se forment en profondeur dans le sol, la chaleur et la pression provoquent leur remontée en forme de dôme. En s'élevant, les dômes rompent et repoussent sur les côtés les couches supérieures. Ce faisant, elles traversent les couches perméables, arrêtant la migration du pétrole et créant un piège.

Couches rocheuses

LES PLISSEMENTS ROCHEUX

Il peut sembler étonnant que des roches dures puissent se plier, mais les mouvements des immenses plaques tectoniques constituant la croûte terrestre génèrent d'énormes contraintes. Les couches de roches sédimentaires exposées sur cette coupure au passage d'une route se sont accumulées, à l'origine, par dépôt de sédiments sur un fond marin plat. La forte courbure qu'elles ont subie, appelée anticlinal, s'est formée au cours du temps sous l'effet de la poussée permanente appliquée par des plaques en collision. D'innombrables plis anticlinaux ressemblant à celui-ci sont devenus des pièges à pétrole.



VUE DE DESSUS
 Les anticlinaux forment souvent des dômes allongés décelables sous la forme de structures ovales sur les cartes géologiques et les photos-satellite. Cette image révèle une série de dômes anticlinaux ovales dans les monts Zagros, dans le sud-ouest de l'Iran. Chacun constitue une mini-chaîne de montagnes distincte évoquant une sorte de demi-melon géant. De telles structures sont le genre même de cibles que visent les prospecteurs de pétrole à la recherche de gisements importants. Les monts Zagros sont en effet l'un des champs pétroliers les plus anciens et les plus riches de la planète.

Dôme anticlinal

Anticlinal (plissement vers le haut en forme d'arche)

Roche assombrie par de la matière organique à partir de laquelle du pétrole peut se former

LES ROCHES-RÉSERVOIRS
 Le pétrole formé dans la roche mère ne devient accessible qu'une fois qu'il a migré dans des roches pleines de pores et de fissures dans lesquels il peut s'insinuer et s'accumuler. Ces roches sont appelées roches-réservoirs. La plupart, telles que les grès et, dans une moindre mesure, les calcaires et les roches dolomitiques, ont des grains assez grossiers laissant des interstices permettant l'infiltration du pétrole.



Grès

Grains de la taille de petits pois



Dolomite



Calcaire pisolitique

Détail d'une carte géologique du Royaume-Uni réalisée par Smith en 1815



Chaque type de roche est représenté par une couleur différente.

LES ROCHES-COUVERTURES

Le pétrole continue de migrer à travers les roches perméables jusqu'à ce qu'il soit arrêté par des roches imperméables, dont les pores sont trop petits ou les fissures trop étroites ou trop isolées pour permettre à un fluide de les traverser. Ces couches imperméables qui prennent le pétrole au piège sont appelées roches-couvertures; elles agissent comme un couvercle sur les roches-réservoirs. Les roches-couvertures les plus communes sont des argiles.



Schiste

Grains ultra-fins étroitement agglomérés



William Smith (1769-1839)

LE PÈRE DE LA STRATIGRAPHIE

La connaissance des roches, cruciale à la recherche du pétrole, a débuté avec William Smith, ingénieur du Génie civil anglais. Alors qu'il étudiait des tracés pour creuser des canaux, il remarqua que les différentes couches contenaient chacune des fossiles particuliers. Il comprit que si des couches situées à distance les unes des autres renfermaient les mêmes fossiles, cela signifiait qu'elles avaient le même âge. La stratigraphie était née. Elle lui permit de dessiner les premières cartes géologiques et de comprendre comment les plissements et les failles affectaient les couches.



Les formes solides du pétrole

Nous extrayons le pétrole essentiellement sous sa forme liquide. Celle-ci ne représente toutefois qu'une fraction du pétrole existant. Les gisements souterrains en recèlent en effet de très grandes quantités dont la consistance est plus solide. Il s'agit par exemple des sables bitumineux (dépôts de sable et d'argile dont les grains sont enveloppés de bitume visqueux) et des schistes bitumineux (roches renfermant du kérogène, la matière organique qui se transforme en pétrole liquide lorsqu'elle est cuite sous pression). Leur exploitation nécessite de les chauffer afin que le pétrole se liquéfie et s'écoule. De nombreux experts pensent que lorsque les réserves de pétrole brut commenceront à décliner, les sables et les schistes bitumineux pourront devenir l'une de nos principales sources de pétrole.

DES SABLES VISQUEUX

Les sables bitumineux ont l'aspect de boues noires très collantes. Chaque grain de sable est recouvert d'un film d'eau, lui-même enveloppé d'une couche de bitume. En hiver, l'eau gèle, rendant le sable aussi dur que du béton. En été, lorsque l'eau fond, le sable devient gluant.



LES SABLES BITUMINEUX D'ATHABASCA

Les sables bitumineux se rencontrent en de nombreux endroits dans le monde. Les dépôts les plus importants se situent dans l'Alberta, au Canada, ainsi qu'au Venezuela, qui possèdent chacun environ un tiers des gisements de la planète. Mais l'Alberta est, pour l'heure, le seul endroit où ils sont extraits en quantité car les dépôts d'Athabasca (ci-contre), qui représentent 10% des sables bitumineux de cet État, sont assez proches de la surface pour être économiquement exploitables.

La benne contient 400 tonnes de sable bitumineux, l'équivalent de 200 barils de pétrole brut.

Ces camions sont les plus gros du monde, chacun pesant 400 tonnes.



LES TECHNIQUES D'EXTRACTION

Les sables bitumineux proches de la surface sont extraits dans des mines à ciel ouvert, en creusant tout simplement d'immenses trous dans le sol. Des camions géants transportent le matériau extrait vers une énorme machine qui brise les mottes de sable visqueux, puis mélange celui-ci avec de l'eau chaude pour en faire une bouillie. Cette dernière est ensuite envoyée par un oléoduc vers une usine où le pétrole est séparé du sable pour être ensuite traité dans une raffinerie. Pour les sables bitumineux trop profonds pour être extraits par minage, les compagnies pétrolières peuvent recourir à diverses techniques visant à séparer le pétrole tandis qu'il est encore dans le sol. L'une d'elles consiste à injecter de la vapeur sous la terre. Celle-ci fait fondre le bitume qui peut alors être pompé vers la surface et envoyé au traitement. Une autre méthode consiste à injecter de l'oxygène dans le sol pour provoquer un feu qui liquéfiera le bitume.

Crâne de smilodon fossilisé



UNIS DANS LA MORT

Les puits de goudron, ou plus exactement d'asphalte, sont des dépressions dans lesquelles s'est amassé un asphalte assez liquide filtrant du sous-sol, formant des bassins de matière noire et très visqueuse. Dans ceux de Rancho La Brea, en Californie, aux États-Unis, on a retrouvé des fossiles remarquablement complets et préservés de smilodons (les fameux tigres aux dents sabre), ainsi que des mammouths qui constituaient leurs proies. Vraisemblablement, les mammouths pris en chasse s'y sont englués ainsi que les félins qui les poursuivaient.



Smilodons lacérant un mammouth dans un puits d'asphalte

Le smilodon est aussi appelé « tigre aux dents sabre » à cause de la paire de canines hypertrophiées qu'il portait, et qui lui servaient à déchirer les chairs de ses proies.



Pitch Lake, à Trinidad

UN GOUDRON NATUREL

Pitch Lake, dans l'île de Trinidad, est un grand lac naturel d'asphalte dont la profondeur est évaluée à 75 m. On le soupçonne de s'être formé à l'intersection de deux failles (cassures de la croûte terrestre) à travers lesquelles remonterait l'asphalte.

L'explorateur anglais Sir Walter Raleigh découvrit le lac lors de son voyage aux Caraïbes en 1595. Il y puisa pour calfater les coques de ses bateaux en vue de son voyage de retour.



Sir Walter Raleigh (1552-1618)

LES ENDUITS ROUTIERS

Il y a 2500 ans, les Babyloniens recouvraient déjà les routes d'un revêtement de bitume (ou goudron), lisse et étanche. Cette technique ne fut réutilisée qu'au début du XIXe siècle, lorsque les aménagés commencèrent à enduire les chaussées d'un mélange de graviers de divers calibres et de bitume chaud. Le mélange fut appelé macadam, du nom de son inventeur John Loudon McAdam (1756-1836), un ingénieur écossais du génie civil.



LE PÉTROLE ÉCOSSAIS

L'industrie pétrolière moderne fit ses débuts en Écosse en 1848, lorsque l'Anglais James Young (1811-1883) découvrit la manière de produire du pétrole lampant à partir de l'asphalte des puits naturels. Ces remontées étaient rares en Angleterre. C'est pourquoi Young se tourna vers des schistes bitumineux appelés torbanite, ou « houille grasse », situés dans les lowlands écossaises. Pour traiter cette production, il installa en 1851, la première raffinerie du monde à Bathgate, près d'Édimbourg.



Le schiste bitumineux est noirci par le kérogène que renferment les pores de la roche.



Marlstone, un type de schiste

LES SCHISTES BITUMINEUX

Les dépôts de schistes bitumineux sont vastes, notamment

dans le Colorado, aux États-Unis, mais difficiles à exploiter. Le kérogène qu'ils

contiennent doit être fondu puis transformé en pétrole par un traitement appelé pyrolyse. Le traitement peut être appliqué en surface après extraction de la roche, mais c'est un procédé coûteux. Les ingénieurs pensent que dans le futur, il peut être possible de générer le processus directement dans la roche à l'aide d'appareils chauffants électriques et d'en extraire le pétrole liquide.

L'exploration pétrolière

Jadis, mis à part dans les secteurs où le pétrole affleure, la découverte de gisements était souvent affaire d'intuition et de chance. De nos jours, les prospecteurs, s'appuyant sur leurs connaissances géologiques de la structure des pièges à pétrole, se concentrent sur les régions où l'or noir est le plus susceptible de s'être formé. Ils savent, par exemple, qu'il peut être présent dans l'un des quelque 600 bassins sédimentaires recensés sur la planète. Jusqu'à ce jour, environ 160 de ces bassins ont fourni du pétrole; 240 n'ont rien donné. La prospection commence par l'étude des affleurements rocheux ou par celle d'images radar ou satellite de la zone prospectée. Une fois qu'un secteur potentiel a été localisé, commencent des études géophysiques effectuées à l'aide d'équipements sophistiqués permettant de produire une image du sous-sol telle une échographie médicale.

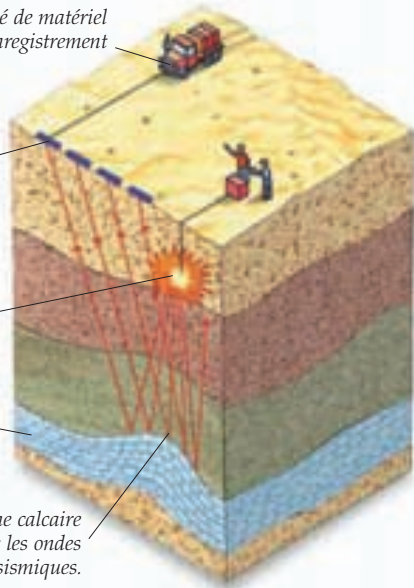
Véhicule équipé de matériel d'enregistrement

Des géophones captent les ondes sonores réfléchies.

Explosion

Calcaire

La couche calcaire réfléchit les ondes sismiques.



DES ONDES DANS LE SOUS-SOL

La sismique d'exploration procède en émettant de puissantes vibrations, ou ondes sismiques, à travers le sol au moyen d'une explosion. On enregistre la façon dont les ondes sismiques sont renvoyées vers la surface par les roches du sous-sol. Les différents types de roches réfléchissent les ondes différemment, ce qui permet aux géologues d'établir une image précise de la structure du sous-sol.

Une plaque envoie des vibrations dans le sol.

Pneus souples pour circuler sur terrains accidentés

Contrepoids équilibrant le véhicule

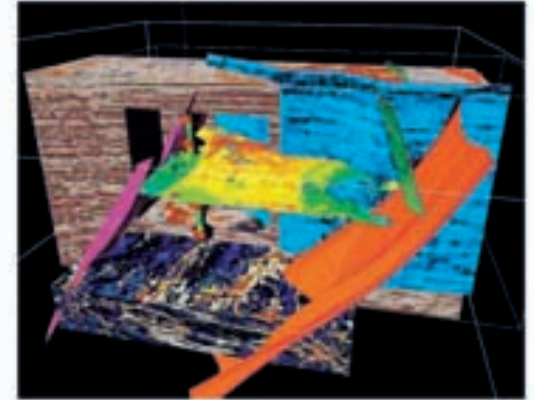


CAMIONS VIBRATEURS

La pratique de la sismique d'exploration sur la terre ferme recourt, pour générer les vibrations, à de petites charges explosives placées dans le sol ou bien à des camions spécialement équipés. Ces véhicules sont munis d'une plaque métallique qui heurte le sol avec une très forte puissance à la fréquence de 5 à 80 fois par seconde. Les vibrations, qui sont clairement audibles, pénètrent profondément dans le sous-sol. Elles sont réfléchies vers la surface et collectées par des détecteurs appelés géophones.

PROSPECTION EN MER

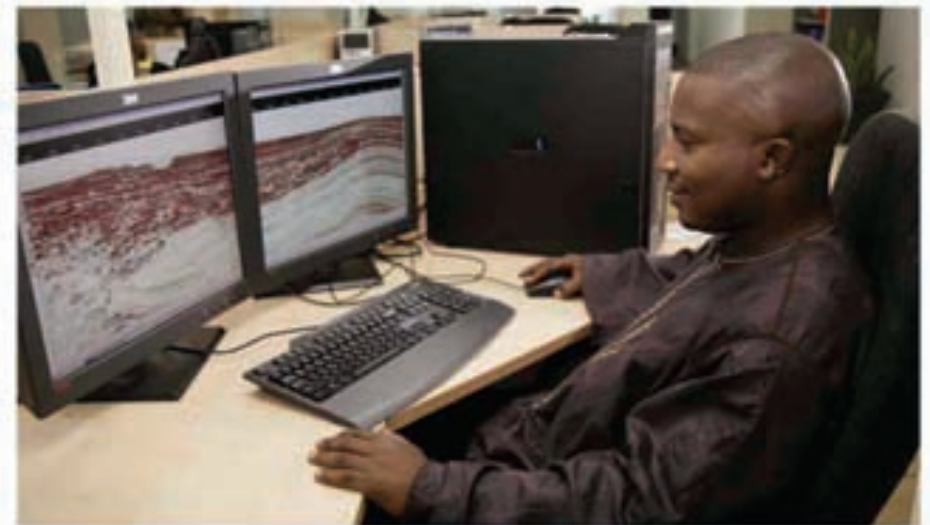
Pour l'exploration en mer, les navires prospecteurs tractent des câbles auxquels sont attachés des détecteurs sonores appelés hydrophones. Dans le passé, les vibrations étaient produites en faisant exploser de la dynamite, mais cette méthode tuait beaucoup d'animaux marins. De nos jours, elles sont obtenues en libérant sous l'eau des bulles d'air comprimé qui génèrent des ondes sonores en se détendant.



Modélisation par ordinateur du sous-sol

PROSPECTION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR

Les études sismiques les plus sophistiquées font appel à une multitude de géophones disposés dans tout le secteur étudié. Les données sont traitées par un ordinateur qui génère une image tridimensionnelle détaillée – appelée un volume – des structures du sous-sol. De telles images en 3D sont coûteuses à produire mais un forage au mauvais endroit l'est bien plus encore.



Vis de réglage de la tension des ressorts

Un gravimètre renferme un poids suspendu à des ressorts.

L'écran affiche les légères variations dans la tension des ressorts, provoquées par les différences gravitationnelles.

CE QUE RÉVÈLE LA GRAVITÉ

Les roches de densité différente connaissent d'infimes variations de leur attraction gravitationnelle. Équipés d'un poids suspendu à des ressorts, les appareils appelés gravimètres détectent et mesurent ces variations avec une précision de l'ordre du dix-millionième. Celles-ci peuvent révéler la présence de structures comme des dômes de sel ou des masses de roches denses souterraines. Elles permettent aux géologues de compléter l'image de la structure du sous-sol d'une région donnée.



AU-DESSUS DES CHAMPS

Les recherches magnétiques sont généralement conduites à l'aide d'avions comme celui-ci, équipés d'un appareil appelé magnétomètre. Le magnétomètre détecte les variations du champ magnétique du sol au-dessus duquel il passe. Les roches sédimentaires, qui sont susceptibles d'abriter du pétrole, sont généralement beaucoup moins magnétiques que les roches volcaniques, riches en métaux comme le fer et le nickel.

Une foreuse d'exploration entame un nouveau forage.



LES FORAGES D'EXPLORATION

Jadis, ces forages étaient effectués à des endroits où les prospecteurs avaient tout au plus un espoir que du pétrole soit présent. De nos jours, ils sont pratiqués sur des terrains où les résultats des études suggèrent une possibilité réelle et sérieuse de tomber sur un gisement. Toutefois, les chances de découvrir du pétrole ou du gaz en quantité suffisante pour être commercialement exploitable restent de moins de une sur sept.

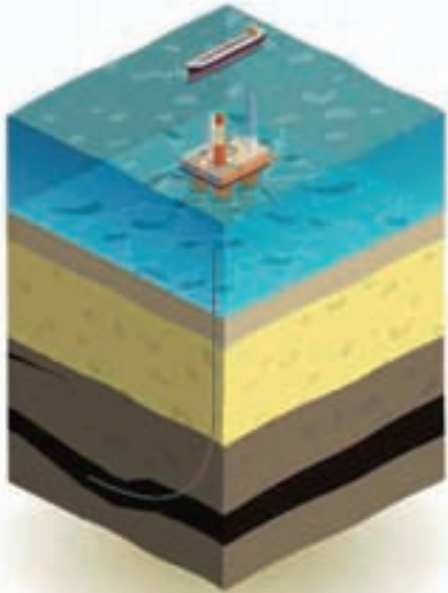
LA RÉCOLTE DES CAROTTES

Le forage est la seule façon de s'assurer qu'un champ de pétrole ou de gaz existe vraiment, et de savoir quel type de pétrole il recèle. Une fois le forage d'exploration effectué, on descend dans le puits une sonde qui va effectuer des relevés permettant de déterminer la nature physique et chimique des roches. Au cours du forage, on peut aussi, à l'aide d'une tête de forage spéciale, prélever des échantillons de sol appelés carottes, remontés à la surface pour une analyse détaillée en laboratoire.



Le pétrole, un monde de technologies avancées

Les industries de l'énergie comptent parmi les plus grosses utilisatrices de la puissance informatique. Elle permet aux spécialistes de l'exploration d'interpréter l'aspect de structures géologiques situées à des milliers de mètres sous terre. Les ingénieurs forent à plus de 8 000 m pour atteindre des ressources sous haute température et haute pression. Ils extraient pétrole et gaz à travers des kilomètres de forage dans des conditions extrêmes, et les envoient par des milliers de kilomètres de pipelines vers les raffineries, où les pétroles bruts, sans cesse plus « lourds » et sulfurés, sont raffinés. Des technologies avancées, tels le GPS, l'imagerie par satellite, la télécommande à distance et la sismique d'exploration en 3D et 4D, permettent aujourd'hui de découvrir des réserves en effectuant moins de forages, avec une empreinte environnementale plus faible et de façon plus économique que jamais.



LE FORAGE HORIZONTAL

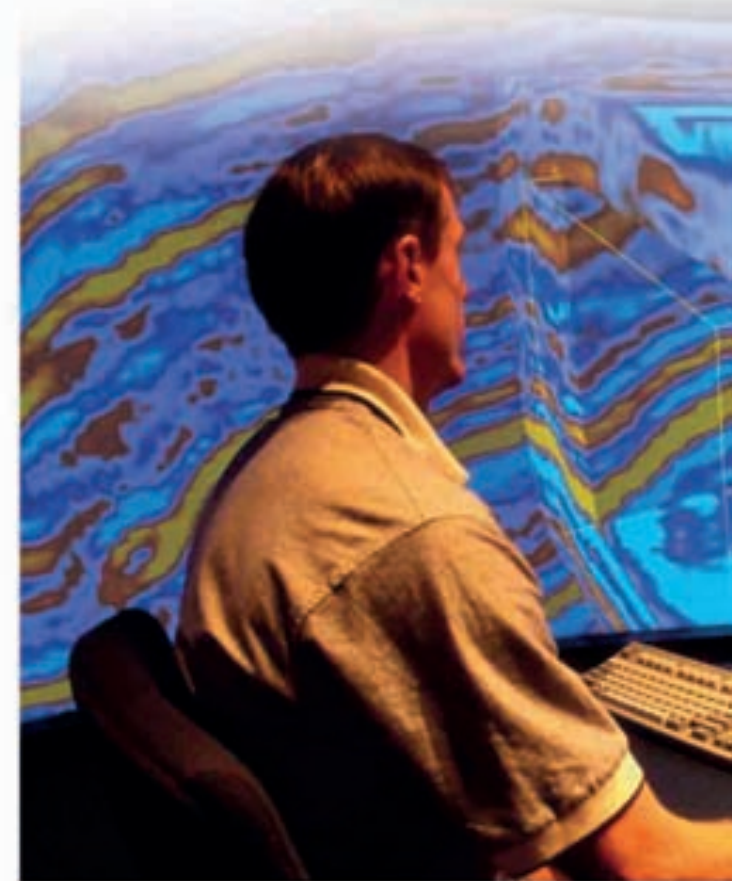
Outre le forage vertical, les opérateurs peuvent maintenant forer à l'horizontale sur des kilomètres dans toutes les directions depuis un puits de départ. En forant plusieurs puits à partir d'un seul point, on réduit la surface d'emprise des installations et le forage peut être installé à l'endroit où il aura le moins d'impact environnemental. En Alaska, là où, pour un même nombre de puits, il fallait 26 ha en 1977, moins de 3,6 ha suffisent aujourd'hui. Il en va de même du pétrole offshore : de nombreux puits peuvent maintenant être forés à partir d'une seule plate-forme. En outre, le forage horizontal permet d'atteindre du pétrole situé dans des réservoirs très minces. Il améliore ainsi l'accès d'un seul forage à la zone de production, augmentant les volumes récupérables en limitant les forages.

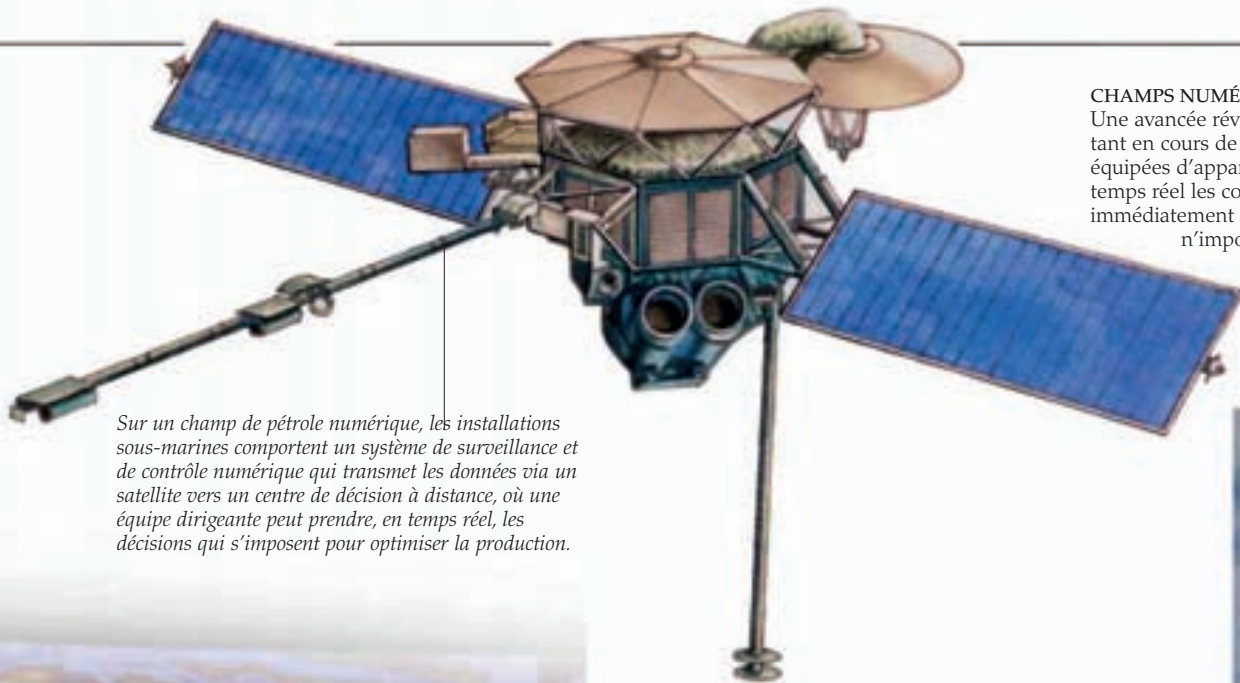
LE FORAGE DE PRÉCISION

Des puits multiples peuvent aujourd'hui être forés à partir d'une seule plate-forme avec une étonnante précision. Un ingénieur assis dans une petite salle de commande aux États-Unis peut diriger électroniquement la tête de forage d'une plate-forme située au large des côtes de l'Afrique. Les progrès technologiques ont considérablement amélioré le succès des forages, permettant de produire autant et même plus avec moins de puits. Quand on sait qu'un seul forage offshore mal placé peut coûter plus de 100 millions de dollars, on comprend que les économies ainsi réalisées sont énormes.

POUR EN EXTRAIRE PLUS

Par une ironie du sort, la plupart du pétrole restant à extraire a déjà été découverte. En exploitation classique, en effet, les compagnies pétrolières ne produisent qu'un baril de pétrole brut pour trois découverts. Les deux autres restent dans le sol parce que trop difficiles ou trop coûteux à pomper. Aujourd'hui, la valorisation de ces ressources restantes représente une immense opportunité. La sismique d'exploration en 4D prend désormais en considération le facteur temps, rendant compte de l'état d'un réservoir sur la durée afin de visualiser son évolution en cours de production. Une nouvelle technologie comme celle-ci permet de tirer plus du sous-sol.





Sur un champ de pétrole numérique, les installations sous-marines comportent un système de surveillance et de contrôle numérique qui transmet les données via un satellite vers un centre de décision à distance, où une équipe dirigeante peut prendre, en temps réel, les décisions qui s'imposent pour optimiser la production.

CHAMPS NUMÉRIQUES

Une avancée révolutionnaire est le suivi en temps réel de ce qui se passe sur un puits, tant en cours de forage qu'en cours de production. Des têtes de forage intelligentes, équipées d'appareils de détection et de mesure, permettent aux foreurs de mesurer en temps réel les conditions régnant au fond du trou. Les données recueillies sont immédiatement envoyées par ondes radio au bureau de contrôle qui peut se trouver n'importe où dans le monde, permettant de décider à tout moment des modifications du programme de forage. Les appareils de détection doivent être extrêmement résistants pour supporter les chocs et les conditions extrêmes qui règnent autour d'une tête de forage. Des puits de production intelligents sont pilotés, modélisés, contrôlés et reconfigurés à distance de la même façon.

LES APPORTS DE LA NANOTECHNOLOGIE

La nanotechnologie permet de créer et de manipuler la matière à l'échelle moléculaire, ce qui rend possible la fabrication de matériaux aux propriétés améliorées, alliant par exemple légèreté et ultrahaute résistance, meilleures capacités de conduction électrique et calorifique. De nombreuses applications sont possibles dans l'industrie pétrolière. Un fluide de forage associant des nanoparticules et une poudre superfine, améliorant de façon significative la vitesse de forage, est actuellement à l'étude. Le carbure de silicium, une céramique, pourrait être produit en poudre nanométrique, fournissant des matériaux d'une dureté exceptionnelle pour des équipements de forage plus résistants et plus durables. Dans le futur, on pourrait aussi recourir à des nanodétecteurs pour aller sonder les propriétés d'un gisement au cœur même des réservoirs. L'industrie pétrolière utilise déjà des nanocatalyseurs dans le raffinage du pétrole, et des nanoparticules aux propriétés catalytiques uniques sont en cours de recherche pour transformer les sables bitumineux épais et visqueux en combustibles hautement raffinés.

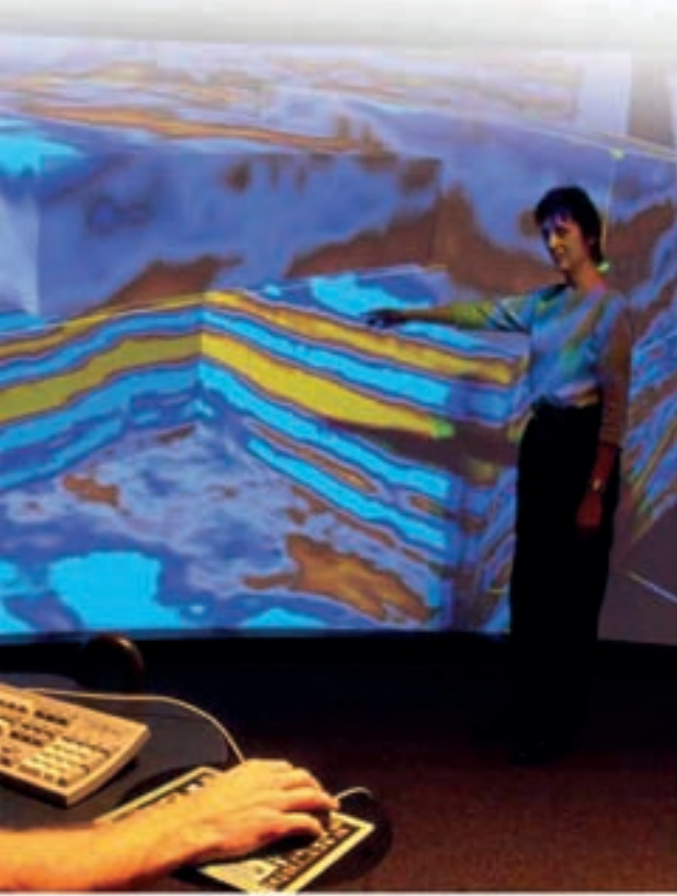
LA MODÉLISATION 3D

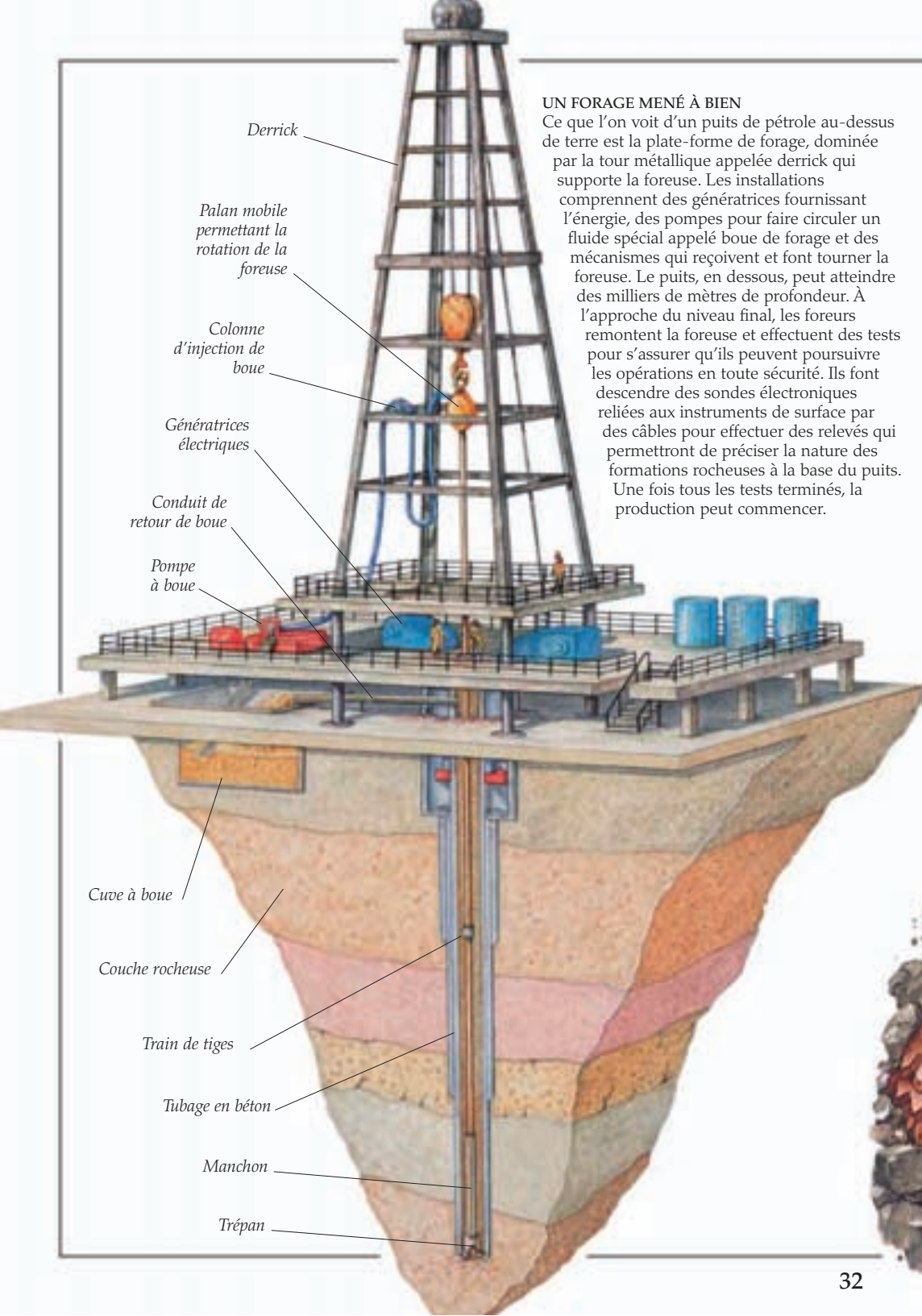
On peut aujourd'hui plonger une équipe de géologues, de géophysiciens, d'ingénieurs de forage et de production, ainsi que leurs partenaires commerciaux, au cœur d'un même environnement visuel en 3D. D'un clic de souris, ils peuvent explorer des formations géologiques massives, saisir un bloc de roches et l'observer de plus près pour voir ce qu'il renferme. L'image est produite sur un écran géant incurvé piloté par une série d'ordinateurs ultra-puissants et de logiciels graphiques à faire pâlir d'envie le mieux équipé des joueurs vidéo. Et la technologie sans fil et le satellite améliorent aujourd'hui les possibilités de collaboration globale, permettant à l'équipe de direction et celle de la plate-forme de partager les données et d'agir simultanément sur des informations techniques complexes.



LE FORAGE SUR LA PLANÈTE MARS

Nombre de développements technologiques mis en œuvre dans l'industrie pétrolière et gazière ont trouvé des applications dans d'autres domaines de haute technologie, notamment les programmes spatiaux. La NASA utilise les méthodes de forage pétrolier dans son programme d'exploration de Mars. Elle conduit actuellement cinq projets distincts ayant recours à des machines de forage conçues pour être mises en œuvre dans des missions non habitées. Ces machines sont contrôlées par intelligence artificielle et étudiées pour forer dans des couches de glace et de permafrost, que l'on suppose similaires au sol et au sous-sol martiens dans les régions polaires de la planète rouge.





La production pétrolière et ses aléas

La localisation d'un gisement n'est que le premier stade de l'exploitation pétrolière. La compagnie exploitante doit obtenir les droits de forage et s'assurer que son impact sur l'environnement sera acceptable. Ces démarches peuvent prendre des années. Lorsqu'elle obtient enfin le feu vert, le forage d'exploration commence. La procédure peut varier, mais le principe consiste à creuser à la verticale du gisement. On insère un tubage en béton dans le puits nouvellement foré pour le renforcer, puis on pratique des petits trous dans le revêtement près du fond, qui laisseront passer le pétrole. La tête du puits, à sa sortie de terre, est équipée d'une installation de contrôle et de sécurité appelée « arbre de Noël ». Finalement, on peut injecter de l'acide ou du sable sous pression afin de percer la dernière couche de roche faisant obstacle, provoquant ainsi le jaillissement du pétrole dans le puits.





RED ADAIR

Paul Neal «Red» Adair (1915-2004) était mondialement célèbre pour ses exploits en tant que pompier des puits de pétrole. Le Texan se fit notamment remarquer par une intervention lors d'un incendie sur un puits dans le désert du Sahara en 1962, un haut fait relaté en 1968 par John Wayne dans son film Les Feux de l'Enfer. Lorsque les puits de pétrole au Koweït furent incendiés lors de la Première Guerre du Golfe en 1991, ce fut encore le vétéran Red Adair, alors âgé de 77 ans, qui fut appelé à l'aide pour les éteindre.

LE TRAIN DE TIGES ET LA BOUE DE FORAGE

Forer à des milliers de mètres dans de la roche solide est un travail ardu. Pour atteindre de telles profondeurs, il faut assembler bout à bout, à mesure que l'on creuse, des centaines de tiges de forage, constituant ainsi un long train de tiges. Une boue de forage constituée d'un mélange spécial est injectée en permanence dans la foreuse et autour pour faire office de lubrifiant et réduire les frottements. La boue a également pour effet de refroidir la foreuse, d'équilibrer la pression des roches environnantes, et de remonter les «cuttings», ou déblais de forage, à la surface pour les évacuer.

UNE FONTAINE DE FEU

La force d'une éruption peut être si énorme qu'elle détruit toutes les installations de la plate-forme de forage. L'amélioration des techniques de forage a rendu ces incidents beaucoup plus rares qu'ils ne l'étaient jadis, mais il s'en produit encore de temps en temps. Et si le jet d'hydrocarbures prend feu, il entraîne un violent incendie difficile à éteindre.

Heureusement, il n'en survient plus aujourd'hui qu'une poignée par an dans le monde.

Incendie alimenté par le pétrole et le gaz sous pression



Un écran protège les pompiers luttant contre l'incendie.



Les plates-formes offshore

De grosses réserves de pétrole existent sous le plancher des océans. Pour les exploiter, on installe en haute mer des plates-formes accueillant des foreuses dont la tête plonge dans la roche du fond marin. Le pétrole est envoyé à terre par des oléoducs ou bien il est stocké dans des installations flottantes avant d'être transféré dans des bateaux pétroliers. Ces plates-formes dites offshore (« au large », en anglais) sont des structures gigantesques. Beaucoup sont posées sur le fond marin sur des pieds qui s'enfoncent à des centaines de mètres sous l'eau. Ainsi, la plate-forme Petronius, dans le golfe du Mexique, est la plus haute structure du monde, atteignant 610 m au-dessus du fond marin. De telles structures doivent être extrêmement robustes, pour résister aux tempêtes de haute mer.



Le derrick est une tour métallique qui supporte le matériel de forage.

Le train de tiges est constitué de sections de tubes d'acier de 10 m de long. Le trépan est fixé à l'extrémité.

UNE MAINTENANCE RIGOREUSE

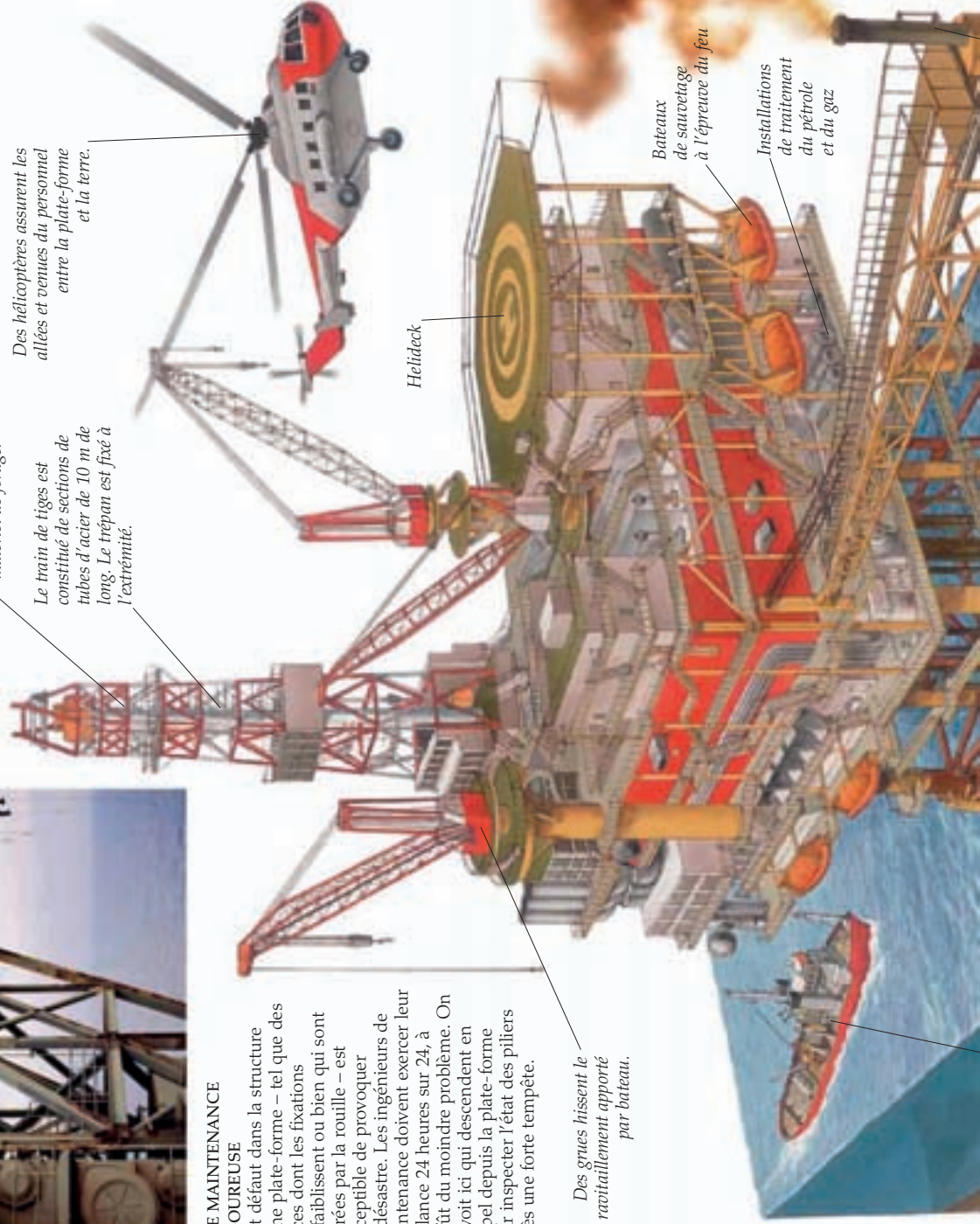
Tout défaut dans la structure d'une plate-forme – tel que des pièces dont les fixations s'affaiblissent ou bien qui sont altérées par la rouille – est susceptible de provoquer un désastre. Les ingénieurs de maintenance doivent exercer leur vigilance 24 heures sur 24, à l'affût du moindre problème. On en voit ici qui descendent en rappel depuis la plate-forme pour inspecter l'état des piliers après une forte tempête.

Des grues hissent le ravitaillement apporté par bateau.



LES ICEBERGS EN REMORQUE

Des réserves d'importance significative ont été découvertes dans « iceberg alley » au large des côtes de Terre-Neuve, où les tempêtes d'hiver, accompagnées de vents de près de 160 km/h, peuvent produire des vagues de 30 m de haut. En outre, un brouillard toujours présent peut y réduire la visibilité à zéro. Les plates-formes pétrolières ne peuvent pas se déplacer ou bien, pour celles qui le peuvent, prennent beaucoup trop de temps et de moyens pour être déplacées. De ce fait, l'impact des icebergs sur leurs opérations est énorme. Lorsque la trajectoire de l'un d'eux semble menacer les opérations pétrolières, on mobilise un remorqueur puissant qui prend en remorque l'iceberg le temps de lui faire acquiescer une autre direction afin qu'il passe au large de la plate-forme.



Des hélicoptères assurent les allées et venues du personnel entre la plate-forme et la terre.

Helideck

Bateaux de sauvetage à l'épreuve du feu

Installations de traitement du pétrole et du gaz



Cheminée de torçière

En cas d'incendie, des bateaux pompiers peuvent projeter des milliers de litres d'eau à la minute sur les flammes.

Chemise d'acier autour des piliers

Puits de production

Les piliers sont enfoncés dans le sol marin.

Oléoduc véhiculant le pétrole vers des réservoirs en mer ou des installations à terre



DES CONDITIONS DE TRAVAIL ÉProuvantes

La vie sur une plate-forme n'est pas facile. Les conditions sont rudes, le travail est éreintant et le personnel reste en poste deux semaines d'affilée avant d'être relevé. Les tâches les plus pénibles sont celles des hommes qui travaillent au forage lui-même, et qui doivent par exemple ajouter des sections au train de tiges, comme ci-dessus, ou bien réparer les pièces de la foreuse.

TÊTE PERCEUSE

Pour récolter le plus possible de pétrole, une plate-forme fore de nombreux puits, pouvant supporter jusqu'à une trentaine de trains de tiges plongeant en différents points. Ceux-ci doivent parfois franchir plusieurs milliers de mètres de profondeur d'eau avant d'atteindre le fond marin. A l'extrémité de chaque train de tiges figure une tête de forage appelée trépan, qui perce la roche. Le trépan est formé de trois roues dentées coniques en alliages très résistants, qui tournent et s'engrenent les unes aux autres. C'est la combinaison de la pression exercée et du mouvement rotatif qui permet aux dents d'attaquer la roche.

Les roues dentées en rotation du trépan mordent dans la roche.



UNE PLATE-FORME DE PRODUCTION

Des dizaines de personnes travaillent jour et nuit sur une plate-forme pétrolière, conduisant les forages et entretenant les installations. S'il s'agit seulement d'une plate-forme d'exploration, elle peut être partiellement ou totalement mobile : navire à positionnement dynamique, plate-forme semi-submersible en béton ancrée sur le fond par des câbles, plate-forme auto-élevatrice sur des pieds que l'on fait descendre vers le plancher marin. Les plates-formes de production sont des structures permanentes. Elles sont construites en partie à terre, puis transportées par sections sur l'océan par des barges spéciales. Les énormes piliers, en acier ou en béton, sont ensuite immergés et fixés au fond, puis on installe à leur sommet la plate-forme proprement dite.



RÉPARATIONS SOUS-MARINES

Chaque plate-forme pétrolière dispose d'une équipe de plongeurs professionnels en permanence sur la brèche. Leurs interventions sont essentielles, non seulement durant l'érection de la plate-forme, mais également en phase de production pour surveiller l'état des structures sous-marines, des oléoducs, des câbles, et pour effectuer les réparations nécessaires. Aux profondeurs extrêmes, ils utilisent des scaphandres rigides spéciaux pour résister à la pression énorme de l'eau.

Forages en eaux profondes

Le premier puits offshore non visible depuis le littoral fut foré en 1947 dans 4,50 m de profondeur d'eau. Il y a seulement 30 ans, on qualifiait de profonds les forages s'effectuant vers 150 m. De nos jours, ce terme s'applique à des profondeurs d'eau allant jusqu'à 1 500 m, les forages ultra-profonds atteignant, quant à eux, plus de 3 000 m. Or, c'est dans des secteurs d'eaux profondes et ultra-profondes que s'effectue aujourd'hui l'essentiel des explorations. L'installation d'une grosse plate-forme de production peut coûter des milliards de dollars et nécessite trois années de construction. En fait, les difficultés qui ont déjà été surmontées en exploitation des réserves profondes et celles qui subsistent sont peut-être plus impressionnantes que celles de l'exploration spatiale.

INGÉNIERIE SOUS-MARINE

Les plates-formes de production en eau profonde – en fait, toutes les plates-formes – embarquent l'équipement nécessaire pour pouvoir effectuer à bord les opérations de séparation du pétrole, du gaz, de l'eau et des solides qui sortent des puits. Pétrole et gaz sont aussi nettoyés sur place avant leur transport vers une raffinerie ou une usine de traitement pour le gaz.

Il s'agit donc de très grosses structures équipées de véritables petites raffineries. Elles sont très coûteuses à construire, à transporter et à installer. Mais la majeure partie de l'équipement de production repose sur le fond de la mer. Ces installations doivent supporter l'exposition à l'eau de mer et des pressions extrêmes tout au long de leur durée d'utilisation, qui est de l'ordre de 20 ans ou plus. Elles doivent être sûres et fiables. Leur mise en place et leur maintenance nécessitent des interventions difficiles et coûteuses. De nouvelles technologies existent aussi désormais, permettant de séparer le pétrole et le gaz de l'eau directement sur le fond, évitant ainsi de recourir à une plate-forme de traitement. Cette technologie sous-marine est surveillée et contrôlée à partir d'installations à terre. Mais la récupération des fluides depuis le plancher océanique nécessite des réseaux sous-marins extensifs de pipelines et de pompes couvrant souvent de très grandes distances.

LES ROV, ROBOTS SUBMERSIBLES

Depuis les premiers « casques » à plongeur créés au XVI^e siècle, d'immenses progrès ont été effectués par l'homme dans l'exploration des profondeurs. De nos jours, des robots submersibles appelés ROV (Remotely operated vehicles) effectuent couramment installations et réparations sous-marines. Ces appareils sont similaires, dans leur esprit, aux rovers utilisés en exploration spatiale. Ils sont pilotés à distance par un opérateur sur une plate-forme ou un bateau. Un ombilic leur apporte l'énergie et les signaux de commandes, et relaie les données de contrôle d'état et celles issues des détecteurs vers l'opérateur. La taille des ROV varie de celle d'un petit véhicule équipé d'une unique caméra TV à celle d'engins opérationnels complexes armés de plusieurs bras manipulateurs, de caméras vidéo, d'outils mécaniques et autres types d'équipement. Ils sont généralement libres de leurs mouvements, mais certains suivent des rails sur le fond marin.



DU MONDE À BORD

Des milliers d'hommes et de femmes vivent sur les plates-formes. Ils y sont présents généralement par périodes d'une à deux semaines, pour une à deux semaines de repos à terre, transportés par une flotte d'hélicoptères modernes. Sur la plate-forme, ces professionnels travaillent généralement par rotations de 12 heures, actionnant la tête de forage ou bien surveillant, testant et ajustant les puits de production. Beaucoup de plates-formes offshore embarquent tout le confort d'un hôtel de luxe, avec bibliothèque, salle d'exercices, salle de cinéma, installations médicales, et nombre d'autres activités de santé et de loisir. On trouve même, à bord d'une plate-forme de la mer du Nord, une section de la Société ornithologique britannique travaillant à étudier et cataloguer les nombreux oiseaux qui utilisent la plate-forme comme aire de repos durant leurs migrations. Pareillement, dans le golfe du Mexique, du personnel étudie le papillon monarque, lui aussi visiteur régulier des plates-formes en période de migration.



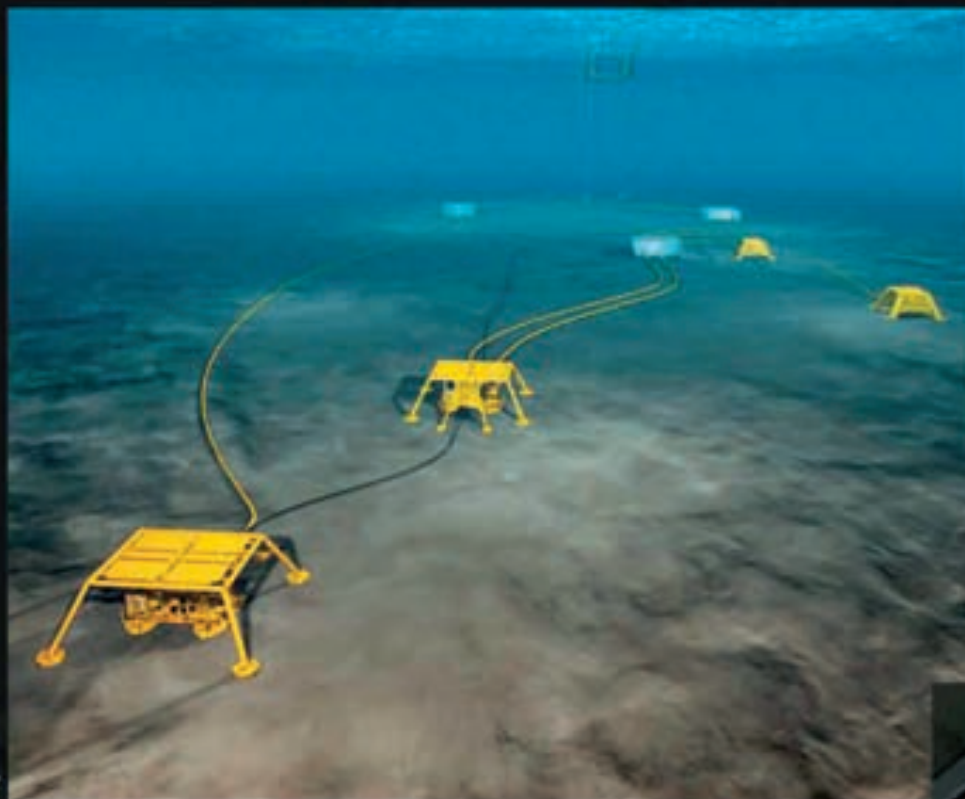
DES INSTALLATIONS FLOTTANTES

Remonter le pétrole des profondeurs pour le mettre sur le marché est un véritable challenge. Outre les pipelines, des navires de production, de stockage et de déchargement (ou FPSO) peuvent être employés dans les eaux profondes où des plates-formes traditionnelles ne peuvent être installées. Les FPSO ressemblent à des pétroliers géants équipés de matériel de séparation, comme les plates-formes traditionnelles. Ces énormes embarcations peuvent stocker le pétrole jusqu'à ce que des navires pétroliers viennent prendre en charge leur production.

LA DÉCOUVERTE DE NOUVELLES ESPÈCES

Dans une étroite collaboration avec les acteurs de l'industrie pétrolière et gazière, le projet Scientific and Environmental ROV Partnership using Existing iNdustry Technology, ou SERPENT, s'est donné pour but de rendre la technologie de pointe des ROV et du forage plus accessible à la communauté scientifique mondiale. À ce jour, plus de 20 nouvelles espèces vivantes ont été identifiées grâce à son action et de nouveaux comportements ont été observés chez les espèces marines.

Photo : SERPENT Project



LE PLUS GROS ARBRE DE NOËL DU MONDE

Le champ pétrolier offshore le plus complexe et le plus coûteux de Norvège, celui d'Ormen Lange, est actuellement en installation sans aucune plate-forme. En leur lieu et place, 24 puits sous-marins vont pomper le gaz naturel et le diriger vers une installation de traitement à terre, avant de le rediriger vers la côte est de l'Angleterre par un gazoduc d'exportation sous-marin de 1200 km – le plus long du monde. Toutes les installations se situeront entre 762 et 1035 m de profondeur. Le champ d'Ormen Lange totalisera 14 arbres de Noël sous-marins. Dans l'industrie pétrolière, c'est le nom donné aux modules constituant la tête des puits de pétrole ou de gaz, équipés de vannes d'admission, de test et d'entretien, de systèmes de sécurité pour des coupures d'urgence et de toutes sortes d'instruments de contrôle. Pesant chacun 65 tonnes, ils sont deux fois plus gros que les arbres communément utilisés dans l'industrie offshore. Le gaz du champ d'Ormen Lange permettra de satisfaire jusqu'à 20 % de la demande en gaz britannique pendant 40 ans.



TOUJOURS PLUS PROFOND

L'exploration pétrolière en eau profonde commence à la surface de l'océan avec une flotte de vaisseaux sismiques. Ces navires utilisent de longs câbles pour envoyer des impulsions d'énergie à travers la couche d'eau et le fond marin. Celles-ci sont réfléchies par les roches du sous-sol à différentes vitesses.

L'enregistrement et l'étude de leurs échos donnent aux géophysiciens une image des formations rocheuses situées sous la surface. Mais la sismique ne permet que d'identifier les formations susceptibles de contenir des hydrocarbures, et non les hydrocarbures eux-mêmes.

Une fois l'analyse effectuée et les formations potentielles localisées, les forages d'exploration commencent afin de déterminer ce que les roches contiennent vraiment. Les nouveaux navires de forage et des plates-formes semi-submersibles permettent aux foreurs de travailler à de plus grandes profondeurs que les plates-formes conventionnelles posées sur le fond marin. Ces vaisseaux utilisent une technologie de positionnement dynamique qui contrôle en permanence par satellite la position du navire et la corrige si nécessaire.



Les oléoducs : or noir à pleins tuyaux

Au début de l'industrie pétrolière, le pétrole était transporté laborieusement dans des tonneaux en bois. Mais les compagnies réalisèrent bien vite que la meilleure façon de déplacer le précieux liquide était de le faire circuler dans des tuyaux. Il existe de nos jours, dans le monde entier, sur terre et sous la mer, de vastes réseaux de ces grosses canalisations appelées oléoducs. Les États-Unis en possèdent à eux seuls 305 000 km. Les oléoducs peuvent véhiculer divers produits pétroliers, parfois en « bains » différents dans un même tuyau, séparés par des bouchons spéciaux. Les plus gros sont les oléoducs emportant le pétrole brut depuis les régions de forage vers les raffineries ou les ports. Certains ont jusqu'à 122 cm de diamètre et plus de 1 600 km de long. Ils sont alimentés par des canalisations plus petites venant des lieux de forage.



L'aérogel est un isolant tellement efficace qu'une mince couche suffit à arrêter la chaleur de cette flamme et à empêcher les allumettes de prendre feu.

LE MEILLEUR DES ISOLANTS

Si le pétrole se refroidit trop, il devient très visqueux et circule très mal dans les canalisations. C'est pourquoi de nombreux oléoducs traversant des régions froides et passant sous la mer sont isolés avec de l'aérogel. Créé à partir d'une gelée spongieuse de silice et de carbone, l'aérogel est le matériau le plus léger du monde car il renferme 99 % d'air. C'est cette particularité qui en fait un si bon isolant.



LES OLÉODUCS ET LA GÉOPOLITIQUE

Les nations européennes souhaitaient un accès aux champs de pétrole de la mer Caspienne afin d'être moins dépendantes du pétrole russe et iranien. C'est pourquoi elles financèrent l'oléoduc Bakou-Tbilisi-Ceyhan. Celui-ci parcourt 1 776 km depuis la mer Caspienne en Azerbaïdjan jusqu'à la côte méditerranéenne de Turquie, via la Géorgie. On voit ici les dirigeants de la Géorgie, de l'Azerbaïdjan et de la Turquie posant lors de l'achèvement des travaux en 2006.

DES BOUCHONS DE SERVICE

Chaque oléoduc contient des bouchons racleurs qui circulent pour séparer les « bains » de différents produits pétroliers ou pour assurer des tâches d'inspection. Il s'agit, dans ce dernier cas, de robots racleurs, appareils électroniques sophistiqués disposant d'une batterie de capteurs. Propulsés par le pétrole lui-même, ils glissent dans la canalisation sur des centaines de kilomètres, effectuant des relevés de chaque centimètre carré de la surface interne pour détecter des défauts tels que des points de corrosion.



L'ART DE LA SOUDURE

La construction d'un oléoduc consiste à assembler des dizaines de milliers de sections de tuyauterie en acier. Chaque joint doit être soudé de manière experte pour éviter les fuites. La construction est souvent relativement rapide, toutes les sections étant préfabriquées, mais établir le tracé de l'oléoduc et obtenir l'autorisation de tous les pays et territoires traversés peuvent prendre des années.



UNE MANNE MAL RÉPARTIE

Certains oléoducs traversent des régions pauvres et écologiquement très sensibles, comme ici dans l'île de Sumatra, en Indonésie. Les populations misérables qui vivent le long de ces canalisations n'ont pas accès à la richesse qui s'écoule à l'intérieur. En revanche, leur vie peut être perturbée par la construction de l'oléoduc et d'éventuels incidents après sa mise en service. Par ailleurs, les actes de vandalisme sur les conduites peuvent entraîner des situations très dangereuses pour les riverains.

Garde surveillant un oléoduc en Arabie Saoudite



LA MENACE TERRORISTE

Le pétrole véhiculé par les oléoducs est vital à tel point qu'il peut devenir la cible des terroristes, d'autant plus que bon nombre d'entre eux traversent des régions politiquement instables, telles que le Moyen-Orient.

Pour les protéger de cette menace, en certains endroits, ils sont continuellement surveillés par des gardes armés. Mais la plupart sont beaucoup trop longs pour pouvoir être protégés sur tout leur parcours.



LES RISQUES TECTONIQUES

Les scientifiques surveillent en permanence les moindres secousses sismiques le long de certaines parties des tracés des oléoducs, car un fort tremblement de terre peut fissurer ou briser les canalisations. Celle-ci a été déformée par un séisme à Parkfield, en Californie, aux États-Unis.

Cette localité est située sur la fameuse faille de San Andreas, où deux plaques formant la croûte terrestre frottent l'une contre l'autre.



Du pétrole sur la mer

Le petit équipage du pétrolier vit et travaille essentiellement dans le château, à l'arrière du bâtiment.

Quelque 3500 pétroliers parcourent en permanence les océans de la planète. Ils emportent le pétrole partout où l'on en a besoin. Il s'agit essentiellement de pétrole brut, mais parfois aussi de produits raffinés, qui nécessitent des traitements particuliers; le bitume, par exemple, doit être chauffé au dessus de 120° C pour le chargement. Les quantités déplacées par ces navires sont énormes : chaque jour, environ 30 millions de barils circulent ainsi sur les mers. Cela correspond à une fois et demie la consommation quotidienne de pétrole des États-Unis, et quinze fois celle d'un pays comme le Royaume-Uni. Pour se faire une idée du volume de liquide que cela représente, il faut imaginer 2000 piscines olympiques remplies à ras bord. Grâce aux pétroliers à double coque et aux systèmes de navigation modernes, la majeure partie de ce pétrole peut voyager par mer dans de bonnes conditions de sécurité. Mais des accidents se produisent parfois et le pétrole se déverse alors dans l'océan. Seule une infime fraction de tout le pétrole transporté est ainsi perdue, mais celle-ci peut avoir des conséquences dévastatrices.

LES PIONNIERS

En 1861, le voilier américain *Elizabeth Watts* emporta 240 tonnelets de pétrole de Philadelphie en Angleterre. Mais transporter une substance si inflammable dans des tonneaux en bois sur un navire lui-même en bois était une dangereuse entreprise. En 1884, un armateur anglais fit construire spécialement le *Glückauf* (ci-contre), un navire à vapeur à coque en métal muni d'une cuve en acier où l'on embarquait le pétrole. Ce fut le premier pétrolier moderne.



LES SUPERPÉTROLIERS

Qu'on les nomme superpétroliers ou, à l'anglaise, supertankers, ces navires sont, de loin, les plus gros objets mobiles construits par l'homme. Les plus grands, désignés dans le jargon du métier par le sigle ULCC (Ultra Large Crude Carriers), dépassent 300 000 tonnes à vide et peuvent transporter des cargaisons de millions de barils de pétrole, représentant des centaines de millions d'euros. Les VLCC (Very Large Crude Carriers), plus petits, dépassent tout de même 200 000 tonnes. Curieusement, ces monstres des mers ne nécessitent qu'un petit équipage d'une trentaine de personnes car ils sont entièrement automatisés. Mais avec de telles masses, leur inertie est énorme ! Il leur faut jusqu'à 10 km pour s'arrêter une fois lancés et jusqu'à 4 km pour effectuer un changement de direction.



Superpétrolier

Remorqueur

Paquebot

LES GÉANTS DES OCÉANS

Les superpétroliers sont des vaisseaux gigantesques à côté desquels les plus gros paquebots font pâle figure. Le plus grand de tous est le *Knock Nevis* (précédemment baptisé *Jahre Viking*). Avec ses 458,40 m de long, c'est le plus gros bateau qui ait jamais navigué. Il pèse 544 763 tonnes à vide, et 825 614 tonnes à pleine charge.

Le gros de la cargaison de pétrole est stocké en dessous de la ligne de flottaison afin de préserver la stabilité du navire à pleine charge.

L'intérieur de la coque est divisé en plusieurs cuves pour réduire la quantité de pétrole perdue au cas où la coque serait percée.

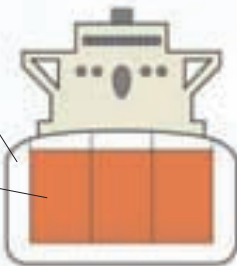


DOUBLE COQUE : DOUBLE SÉCURITÉ

La loi impose aujourd'hui à tous les pétroliers géants de construction récente de disposer d'une double coque pour renforcer la sécurité contre les fuites d'hydrocarbures en cas de dommages. L'espace de deux à trois mètres existant entre les deux coques fait office de ballast : on le remplit d'eau de mer pour compenser la forte perte de poids, donc de stabilité sur les flots, lorsque le bâtiment navigue à vide.

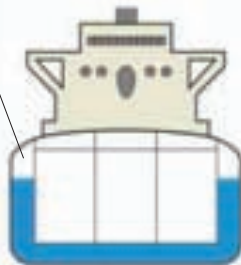
Les ballasts sont vides lorsque le navire est à pleine charge.

Un pétrolier de 300 000 tonnes compte sept ou huit cuves pour le pétrole brut.



Pétrolier à pleine charge

Lorsqu'il navigue à vide, le pétrolier embarque environ 95 000 tonnes d'eau de mer dans ses ballasts pour se lester.



Pétrolier à vide

LES FUITES DE PÉTROLE NATURELLES

Les fuites de pétrole en mer sont toujours associées aux naufrages de pétroliers, mais on oublie généralement que les fuites naturelles existent aussi. Elles représentent même la plus grosse source d'émissions pétrolières dans le milieu marin mondial, avec 4 MMbbl par an, soit 47 % du total des rejets. Le transport maritime est responsable de 33 % des émissions mondiales tandis que les rejets industriels et des communautés urbaines émet 12 % du pétrole rejeté dans l'océan.



Cuves de stockage à terre

LES TERMINAUX PÉTROLIERS

Les terminaux pétroliers sont les destinations des supertankers, mais ces navires ayant besoin de bassins d'au moins 20 m de profondeur, il existe peu de sites portuaires capables d'accueillir de telles installations. Les jetées auxquelles les bateaux s'amarront s'avancent parfois si loin en mer que les dockers et les équipages doivent emprunter des véhicules pour rejoindre la terre. Dans le futur, certains terminaux pourraient être construits sur des îles artificielles en eau profonde, à partir desquelles le pétrole rejoindra la terre par des oléoducs.

Bras articulé de pompage pour le déchargement

Le bras se raccorde au collecteur sur le pont du pétrolier.



LE DÉCHARGEMENT DU PÉTROLE

Pour décharger le pétrole, de longs bras articulés reliés aux installations à terre viennent se mettre en place le long du pétrolier. Contrôlés par ordinateur, ils s'adaptent avec précision sur les collecteurs situés sur le pont du bateau. Toutes les cuves du navire sont raccordées aux collecteurs par des valves et des canalisations. Une fois les bras bien fixés aux collecteurs, une pompe immergée appelée deepwell entre en fonction pour évacuer le pétrole.



LA CATASTROPHE DE L'EXXON-VALDEZ

La marée noire provoquée par l'Exxon-Valdez sur les côtes de l'Alaska en 1989 fut l'un des désastres écologiques les plus médiatisés et les plus étudiés de l'histoire. Le supertanker ayant heurté un écueil perdit 42 millions de litres de pétrole qui vinrent souiller 1 900 km de côtes. Presque 20 ans après, certaines espèces animales touchées par la marée noire ne se sont toujours pas pleinement rétablies. En 1991, la compagnie ExxonMobil accepta de verser aux États-Unis et à l'État d'Alaska la somme de 900 millions de dollars sur 10 ans pour la restauration des ressources touchées par la catastrophe. Depuis, beaucoup a été fait pour éviter que des accidents du type Exxon-Valdez se reproduisent. Aujourd'hui, les capacités de réaction des industriels et du gouvernement sont considérablement renforcées.

Le raffinage du pétrole

Pour transformer le pétrole brut en produits utilisables, il faut le traiter dans une raffinerie. Il y est séparé en différents composants : essence, notamment, et des centaines d'autres produits tels que kérosène, mazout, etc. Le raffinage est en fait une combinaison de « distillation fractionnée » et de « craquage ». La distillation fractionnée sépare le brut en « fractions » allant des huiles lourdes aux produits légers (gaz) en exploitant leurs densités et leurs points d'ébullition différents. Le craquage convertit les résidus lourds résultant de la distillation en produits légers tels que l'essence en les chauffant sous haute pression afin de « craquer », ou briser, les longues et lourdes chaînes moléculaires des hydrocarbures en molécules plus courtes et plus légères.

UN PROCESSUS GRADUEL
 Dans une tour de fractionnement, la température est contrôlée. Elle décroît progressivement avec la hauteur, de sorte que chaque plateau de fractionnement est moins chaud que ceux situés en dessous. De chaque étage émergent des tuyaux par lesquels s'évacuent les différentes fractions de pétrole à mesure qu'elles se condensent sur les plateaux. Les combustibles légers, comme les gaz, sont récupérés au sommet, les fractions les plus lourdes, appelées résidus, à la base. De là, des canalisations emportent chaque fraction qui le nécessite vers l'étape suivante de raffinage.



À 20 °C, seuls quatre hydrocarbures subsistent. Le méthane et l'éthane servent en chimie. Le propane et le butane sont mis en bouteille pour les cuisinières, les réchauds et les lampes à gaz.



Les essences se condensent entre 20 et 70 °C. Elles servent surtout de combustible pour les automobiles.



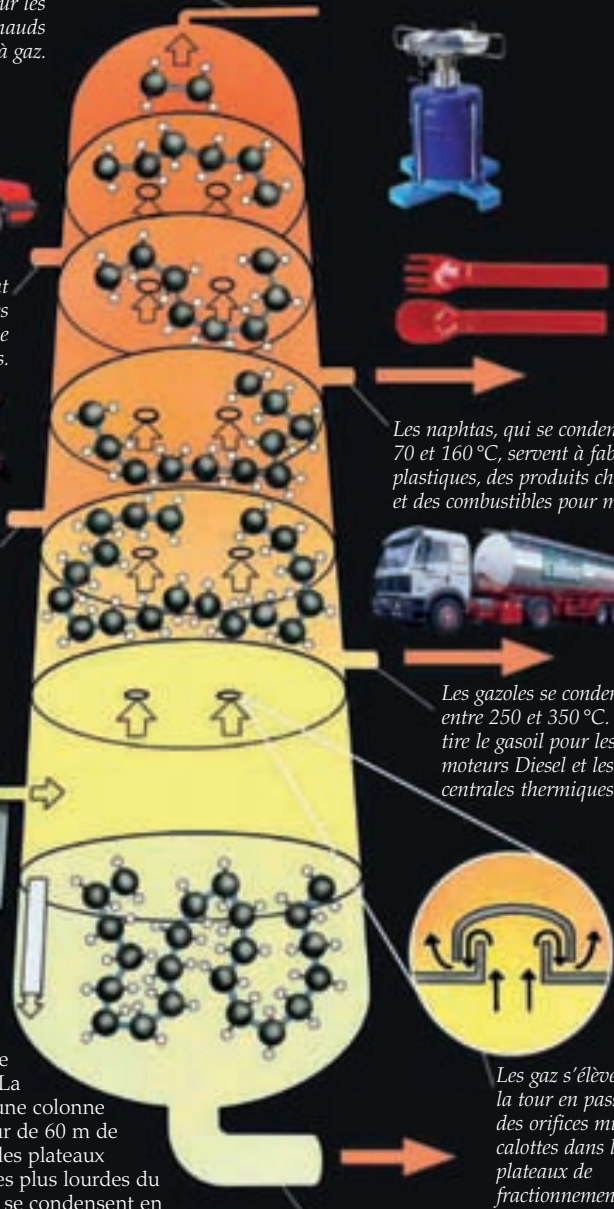
Les kérosènes, qui se condensent entre 160 et 250 °C, servent de combustibles pour les avions, pour le chauffage, en éclairage et comme solvants dans les peintures.



Pétrole brut vaporisé à 400 °C introduit dans la tour

LE FRACTIONNEMENT

La distillation fractionnée consiste à chauffer le pétrole brut pour qu'il se vaporise. La vapeur est introduite dans une colonne de fractionnement : une tour de 60 m de haut divisée en étages par des plateaux horizontaux. Les fractions les plus lourdes du pétrole se refroidissent vite, se condensent en liquides et se déposent à la base de la tour. Les fractions moyennes s'élèvent et se condensent sur les plateaux situés à mi-hauteur. Les plus légères, parmi lesquelles l'essence de nos automobiles, s'élèvent jusqu'au sommet avant de se condenser.



Les naphtas, qui se condensent entre 70 et 160 °C, servent à fabriquer des plastiques, des produits chimiques et des combustibles pour moteurs.



Les gazoles se condensent entre 250 et 350 °C. On en tire le gasoil pour les moteurs Diesel et les centrales thermiques.



Les gaz s'élèvent dans la tour en passant par des orifices munis de calottes dans les plateaux de fractionnement.

Les hydrocarbures les plus lourds se condensent dès qu'ils pénètrent dans la colonne.



LA COKÉFACTION

Les premières raffineries ne transformaient qu'un quart du pétrole brut en essence. De nos jours, plus de la moitié est récupérée sous cette forme et la majeure partie du reste est également transformée en produits utiles. La cokéfaction permet de convertir les résidus, jadis perdus, en produits plus légers comme le gasoil. En fin de processus, il subsiste un résidu de carbone presque pur, le coke de pétrole, qui est vendu comme carburant solide.

LES COMPLEXES DE RAFFINAGE

Une raffinerie typique comme celle de Jubail, en Arabie Saoudite (ci-dessous), est un gigantesque complexe de cuves et de canalisations occupant l'équivalent de plusieurs centaines de terrains de football. La tour de fractionnement est située à l'extrême gauche de l'image. Les grandes raffineries fonctionnent en continu, employant 1000 à 2000 personnes. L'essentiel de l'activité s'effectue depuis des salles de contrôle. À l'extérieur, les installations sont étonnamment peu animées, marquées seulement par le bruit sourd des machines.



LE CRAQUAGE

Certaines fractions du pétrole sortent de la colonne de fractionnement sous une forme utilisable. D'autres rejoignent les unités de craquage catalytique comme celles ci-dessus. Grâce à ces dernières, on parvient à produire de l'essence également à partir des résidus lourds. Pour cela, on les soumet à une chaleur intense (environ 538 °C) en présence d'un composé catalyseur. Ce dernier accélère les réactions chimiques qui brisent les hydrocarbures.



L'énergie et les transports

Plus de 80 % de la production mondiale de pétrole sont utilisés pour produire de l'énergie. Une petite quantité sert à chauffer les habitations. Une grande quantité est employée à produire la vapeur qui fait tourner les turbines des génératrices d'électricité. La plus grande partie, toutefois, est engloutie par les moyens de transport sous forme d'essence, de gasoil, de mazout et de kérosène. Automobiles, camions, trains, bateaux et engins volants en consomment chaque jour 30 millions de barils.

Automobile électrique Reva G-Wiz



La G-Wiz a une autonomie de 64 km et une vitesse maximale de 64 km/h environ.



DES APPAREILS MULTIFONCTIONS

Lorsqu'ils apparurent dans les années 1920, les fourneaux à fioul révolutionnèrent le chauffage dans les habitations. Avant, la chaleur était produite par des cheminées ouvertes et fumantes qui nécessitaient une attention constante et de grosses réserves de bois ou de charbon. Les modèles comme celui illustré ci-dessus combinaient les fonctions de cuisinière et de chauffage et pouvaient aussi produire de l'eau chaude.



PRODUITS DÉRIVÉS D'UN BARIL DE PÉTROLE

- Lubrifiants 0,9 %
- Autres produits de raffinerie 1,5 %
- Asphalte et enduits routiers 1,7 %
- Gaz de raffinerie liquéfié 2,8 %
- Mazout résiduel 3,3 %
- Coke commercialisable 5,0 %
- Gaz issu de fractionnement 5,4 %
- Kérosène 12,3 %

Mazout distillé 15,3 %

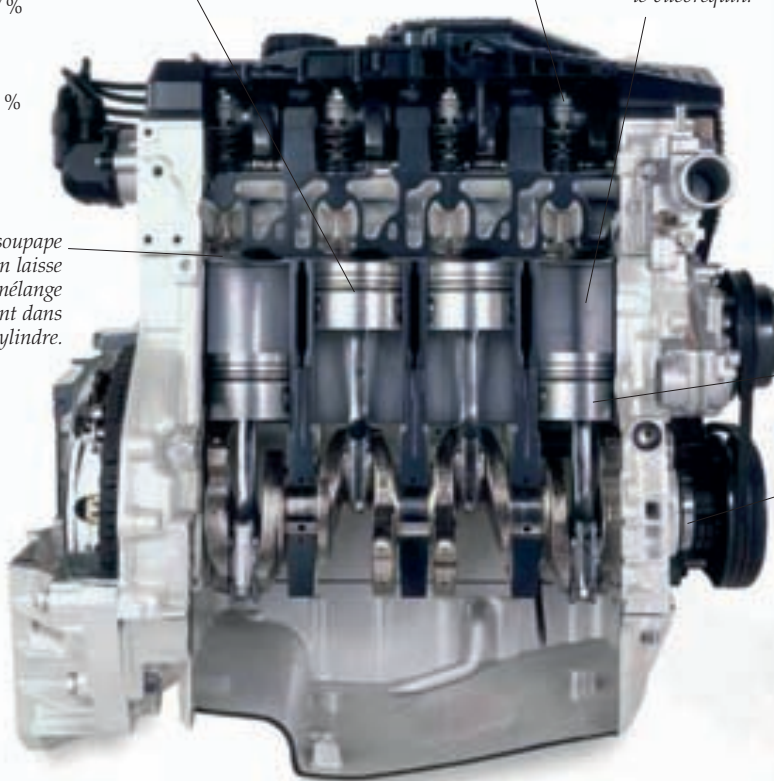
Essence 51,4 %

Source : California Energy Commission

LE MOTEUR À COMBUSTION INTERNE

La plupart des automobiles sont propulsées par des moteurs à combustion interne, appelés ainsi parce que le carburant est brûlé à l'intérieur du bloc de propulsion. L'essence pénètre sous forme de gaz (vapeur) dans les cylindres du moteur, puis elle est comprimée par la remontée d'un piston. La compression élève la température des gaz au point qu'ils explosent lorsque survient l'étincelle produite par la bougie. En brûlant, les gaz se détendent rapidement, repoussant le piston dans le cylindre. Le mouvement alterné des pistons (plus souvent au nombre de quatre), entraîne la rotation du vilebrequin qui transmet son mouvement aux roues par la boîte de vitesses et les arbres de transmission.

1. La soupape d'admission laisse entrer le mélange air-carburant dans le cylindre.
2. En remontant, le piston comprime le mélange gazeux air-carburant.
3. La bougie produit une étincelle qui provoque l'explosion du carburant comprimé. Des gaz chauds sont produits par la combustion.
4. Les gaz chauds se détendent, poussant le piston vers le bas et entraînant le vilebrequin.



UNE VOITURE, DEUX MOTEURS

Pour réduire la consommation de carburant et la pollution, les fabricants d'automobiles ont créé les voitures « hybrides », qui sont équipées de deux moteurs : l'un électrique, l'autre à essence. Elles démarrent sur le moteur électrique qui assure la propulsion en ville et à petite vitesse. Dès que la vitesse dépasse un certain seuil, le moteur à essence prend le relais. Les batteries du moteur électrique sont rechargées en permanence grâce à un générateur et à des systèmes de récupération de l'énergie non consommée. D'autres voitures sont uniquement électriques. Ces dernières, comme la Reva G-Wiz, ci-contre, doivent être rechargées en les branchant sur une prise à la maison.

L'explosion ne se produit pas au même moment dans tous les cylindres afin d'entretenir le mouvement du vilebrequin.

Des courroies entraînent le ventilateur et la pompe à eau pour refroidir le moteur.





PAS DE RÉSIDENCE SANS ESSENCE

C'est l'automobile individuelle qui a permis aux villes de s'étendre comme jamais auparavant. De fait, les zones résidentielles péri-urbaines (ci-dessus) et les « villes-dortoirs » ne cessent de se développer. On y trouve de l'espace et les habitations et jardins peuvent être vastes. L'inconvénient est que les lieux de travail et les magasins ne se trouvent pas à proximité et qu'il devient difficile de vivre dans ces banlieues sans disposer d'une ou plusieurs automobiles.

Beaucoup de zones péri-urbaines sont mal desservies par les transports en commun.



GROS TRACTEURS

La plupart des automobiles fonctionnent à l'essence. Les poids lourds, quant à eux, sont équipés de moteurs Diesel qui tournent au gasoil, plus visqueux. Ces moteurs n'ont pas besoin d'étincelle pour assurer l'allumage du carburant. Celui-ci est comprimé si fort et s'échauffe tellement dans les pistons qu'il explose spontanément. Les moteurs Diesel consomment moins de carburant et coûtent moins cher à l'usage que les moteurs à essence, mais ils doivent être plus gros et plus puissants pour fournir le surcroît de compression nécessaire. C'est pourquoi ils sont plus lents à monter en régime, donc en vitesse, et sont par conséquent moins populaires pour les voitures individuelles. Ils ont également l'inconvénient d'être plus polluants.



Les Formules 1 consomment 250 litres de carburant aux 100 kilomètres et doivent donc souvent s'arrêter pour refaire le plein pendant une course.

LES CARBURANTS DE COMPÉTITION

En variant la proportion des différents hydrocarbures et en ajoutant divers additifs, les compagnies pétrolières peuvent adapter leurs carburants à différents types de moteurs. Les règles de la Formule 1 garantissent l'emploi, dans les voitures de course, de carburants similaires à ceux des voitures ordinaires, mais sous une forme plus volatile assurant de hautes performances. Ce sont des carburants coûteux inutilisables en usage quotidien car ils fatiguent beaucoup trop les moteurs.

Les réservoirs de carburant sont situés dans les ailes.

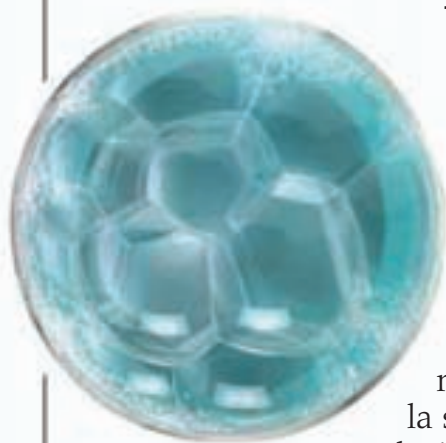
L'ÉNERGIE DU VOL

Près des trois quarts du pétrole utilisé pour les transports sont employés par les véhicules terrestres, mais la proportion consommée par les appareils volants ne cesse de s'accroître. Un gros avion de ligne peut brûler plus de 77 000 litres de kérosène pour un vol Washington-San Francisco, par exemple. Le kérosène est légèrement différent de l'essence, possédant un « point d'éclair » (température d'allumage) plus élevé que cette dernière, ce qui en fait un carburant plus sûr à transporter.



Les innombrables dérivés du pétrole

Le pétrole n'est pas uniquement une source d'énergie ; c'est aussi une remarquable matière première. Son riche mélange d'hydrocarbures peut être traité de multiples façons en vue d'obtenir des produits dits pétrochimiques. La pétrochimie altère généralement les hydrocarbures de manière si radicale qu'il est difficile, à la seule vue des produits résultants, de deviner leur origine. Une gamme étonnante de matériaux et d'objets sont obtenus à partir des produits pétrochimiques : plastiques, parfums, draps, etc.. Nous utilisons aujourd'hui de nombreux sous-produits du pétrole comme substituts de matériaux naturels, tels le caoutchouc synthétique, et les détergents qui remplacent le savon. Le pétrole a aussi fourni des matériaux entièrement nouveaux comme le Nylon.



PROPRES AVEC LE PÉTROLE
L'eau seule n'enlève pas les taches grasses parce qu'elle est repoussée par les huiles et les graisses. Les détergents y parviennent parce qu'ils contiennent des composés chimiques appelés tensio-actifs, ou surfactants, qui attirent à la fois la graisse et l'eau. Ils se fixent à la saleté et l'entraînent avec l'eau de lavage. La plupart des produits détergents utilisés aujourd'hui ont des bases pétrochimiques, les tensio-actifs employés étant des dérivés du pétrole.

Le rouge à lèvres contient un lubrifiant dérivé du pétrole.



Rouge à lèvres

RESTER BELLE AVEC LE PÉTROLE

Les rouges à lèvres, eyeliners, mascaras, lotions hydratantes et colorants pour les cheveux ne sont que quelques-uns des nombreux produits de beauté d'origine pétrochimique. La plupart des crèmes pour la peau renferment de la vaseline, aussi appelée... gelée de pétrole. Aujourd'hui, certaines marques de cosmétiques qui n'emploient pas de produits à base de pétrole dans leurs gammes utilisent cette particularité comme argument publicitaire.

Même l'herbe a reçu des engrais à base de produits pétrochimiques!

COMMENT VIVRE SANS PÉTROLE?

Pour montrer à quel point le pétrole est présent dans notre vie d'aujourd'hui, on a demandé à cette famille américaine de poser hors de sa maison avec tous les objets fabriqués à partir de pétrole qu'elle renfermait. En fait, il a fallu pratiquement vider la maison ! Outre les innombrables objets en plastique, on a dû sortir les médicaments, les produits de salle de bains, les produits nettoyants de cuisine, les vêtements en fibres synthétiques, les cosmétiques, les colles, les teintures pour vêtements, les chaussures et beaucoup d'autres objets.



Eyeliner

Coques en plastique des radios, téléviseurs, ordinateurs, etc. (polystyrène)

Coussins en mousse (polyuréthane)

Jouets en plastiques résistants (PVC et PE-HD)

Portes et fenêtres en PVC

Boîtes en plastique alimentaire (polyéthylène)

Verres de lunettes légers (polycarbonate)

Conteneurs incassables (polycarbonate)

Bouillotte (caoutchouc synthétique)

DES BOUGIES COLORÉES
On peut fabriquer des bougies à partir de cire d'abeille ou autres cires naturelles, mais les moins coûteuses sont faites avec de la paraffine. Cette cire dépourvue d'odeur est obtenue par filtrage du pétrole à travers de l'argile. On le traite ensuite à l'acide sulfurique et l'on peut y ajouter de la couleur pour rendre les bougies plus attrayantes. La paraffine entre également dans la composition des produits lustrants, des crayons et de nombreux autres produits.

Bougie en paraffine



DANS LE DOMAINE DE LA SANTÉ AUSSI
Dès les premiers temps, on a prêté au pétrole des vertus médicinales. Au Moyen Âge, il était employé pour traiter les maladies de peau. De nos jours, il fournit des substances servant à la fabrication de médicaments majeurs tels que les stéroïdes et l'aspirine, qui sont tous deux des hydrocarbures.

Aspirine



LES FIBRES SYNTHÉTIQUES

Les molécules des composés pétrochimiques peuvent être assemblées pour créer toutes sortes de fibres synthétiques, tels le Nylon, le polyester, le Lycra, chacune ayant ses qualités propres. Cette photo au microscope montre des fibres acryliques (en rouge) comparées à des poils de laine de mouton (en blanc). L'acrylique sèche plus vite que la laine parce que ses fibres sont lisses et retiennent donc moins les gouttes d'eau.



Fibre de laine naturelle

Fibre acrylique synthétique

LE PÉTROLE À LA UNE

Même ces journaux doivent en partie leur existence au pétrole. Les encres d'imprimerie, en effet, sont fabriquées à partir de minuscules particules colorées (les pigments) en suspension dans un solvant. Ce solvant est généralement un liquide proche du pétrole lampant obtenu par distillation de pétrole brut. Les peintures et les vernis à ongles utilisent aussi des solvants pétroliers comme bases pour leurs pigments.



Plastiques et polymères



Tabatière du XVIII^e siècle en écaille de tortue

DES POLYMÈRES NATURELS

Jadis, on fabriquait des boutons, des poignées, des peignes et des boîtes avec des polymères naturels comme le shellac, ou gomme-laque (sécrétion de la cochenille à laque), ou l'écaille de tortue (surtout celle de la tortue imbriquée). Une boîte en écaille de tortue comme celle-ci était fabriquée en chauffant l'écaille pour la faire fondre, et en la laissant refroidir et se solidifier dans un moule.

Les plastiques jouent un rôle majeur dans le monde moderne. Des boîtes alimentaires aux télécommandes électroniques, on en trouve de toutes sortes dans nos habitations. Ces matériaux se caractérisent par le fait qu'ils peuvent être fondus et moulés à la forme souhaitée. Ils doivent cette qualité au fait qu'ils sont constitués de chaînes moléculaires extrêmement longues appelées polymères. Certains sont entièrement naturels, comme la corne et l'ambre. Mais presque tous ceux que nous utilisons aujourd'hui sont fabriqués artificiellement, la majorité à partir du pétrole et du gaz naturel. Les scientifiques sont en effet capables d'utiliser les hydrocarbures du pétrole pour créer une incroyable variété de polymères, non seulement pour produire des plastiques mais aussi des fibres synthétiques et d'autres matériaux.

Chaque monomère d'éthylène de la chaîne est constitué de deux atomes d'hydrogène (en blanc) et de deux atomes de carbone (en noir).

LA FABRICATION DES POLYMÈRES

Les polymères sont de longues chaînes moléculaires constituées de molécules plus petites appelées monomères. Ainsi, le polyéthylène est un assemblage de 50 000 molécules d'un hydrocarbure plus simple : l'éthylène. Les scientifiques provoquent l'assemblage des monomères d'éthylène par une réaction chimique appelée polymérisation. Plus de 60 millions de tonnes de polyéthylène sont produites chaque année dans le monde.

Un polymère de polyéthylène



Téléphone en bakélite

LES PREMIERS PLASTIQUES

Le premier plastique semi-synthétique, appelé parkésine, fut créé par Alexander Parkes (1813-1890) en 1861. Celui-ci l'obtint en modifiant la cellulose, polymère naturel présent dans les végétaux. Mais l'ère des plastiques modernes débuta vraiment en 1907, lorsque Leo Baekeland (1863-1944) découvrit comment fabriquer de nouveaux polymères par des réactions chimiques. Sa révolutionnaire bakélite était obtenue en faisant réagir du phénol et du formaldéhyde sous pression et sous haute température. La bakélite eut de nombreux usages, des propulseurs d'avion aux bijoux et boutons de porte, mais c'est dans la fabrication des coques d'appareils électriques qu'elle connut son plus grand succès car c'est un excellent isolant.



LE POLYÉTHYLÈNE

Robuste et souple, le polyéthylène est l'un des plastiques les plus polyvalents et les plus largement employés. Créé par la société ICI en 1933, c'est aussi l'un des plus anciens. La plupart des bouteilles en plastique sont en polyéthylène.



LE PE-HD

Il existe de nombreux types de polyéthylène. Le PE-HD (polyéthylène haute densité) est une forme particulièrement dense et dure souvent utilisée pour fabriquer des jouets, pichets, bouteilles de détergents et poubelles.



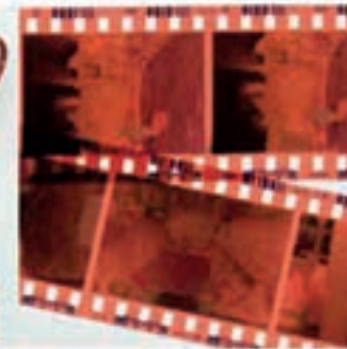
LE PE-LD

Dans le PE-LD (polyéthylène de basse densité), l'assemblage très lâche des polymères donne un plastique très léger et très souple. Le film transparent de PE-LD est largement utilisé pour emballer le pain et comme film alimentaire de cuisine.



LE PVC

En PVC (polychlorure de vinyle), plastique parmi les plus durs, on fabrique tuyaux et huisseries. Ramolli par des agents plastifiants, on en fait aussi des chaussures, bouteilles de shampooing, des poches de sang médicales, etc.



LE POLYPROPYLÈNE

Résistant à la plupart des solvants et acides, le polypropylène sert souvent à la fabrication de bouteilles de médicaments et de produits chimiques. On en fait aussi le film photographique puisqu'il n'est pas attaqué par les produits de développement.



LE POLYSTYRÈNE

Dans sa forme dure et transparente, le polystyrène sert à fabriquer des articles comme des boîtes de CD. Lorsqu'on y injecte de minuscules bulles d'air, il forme le matériau expansé léger et isolant utilisé pour les boîtes à œufs, par exemple.



Fibres d'aramides

Gilet pare-balles en Kevlar

DES FIBRES ULTRA-RÉSISTANTES

En 1961, la chimiste de la société DuPont, Stephanie Kwolek, découvrit comment filer des fibres solides à partir de substances chimiques liquides parmi lesquelles les hydrocarbures. Les fibres résultantes, appelées aramides, étaient étonnamment résistantes. Celles de Kevlar, notamment, peuvent être tissées pour fabriquer un matériau assez léger pour être porté comme une veste mais assez dur pour arrêter une balle.

LES FIBRES DE L'EXPLOIT
Les polymères d'hydrocarbures ne sont pas tous des plastiques. Ils peuvent aussi être assemblés en longues chaînes moléculaires pour créer des fibres synthétiques légères et robustes servant à la fabrication d'habits ordinaires mais également de vêtements de sport spéciaux. Par exemple, le Fastskin, basé sur des études de la peau de requin, permet de créer des combinaisons de natation offrant une faible résistance à l'eau.



ARCHITECTURE MODERNE

Les polymères de plastique ne sont pas nécessairement tous tirés des hydrocarbures du pétrole ou du gaz naturel. Dans les polymères de fluorocarbure comme le Teflon (utilisé pour le revêtement anti-adhésif des poêles) et l'éthylène-tétrafluoroéthylène (ETFE), ce n'est pas l'hydrogène mais le fluor qui est lié au carbone. L'ETFE peut être formé en feuilles semi-transparentes très résistantes, comme celles employées pour recouvrir l'Allianz Stadium, à Munich (ci-contre). Le dôme brille en rouge lorsque le Bayern de Munich y dispute un match de football.



LA RÉSISTANCE DU CARBONE

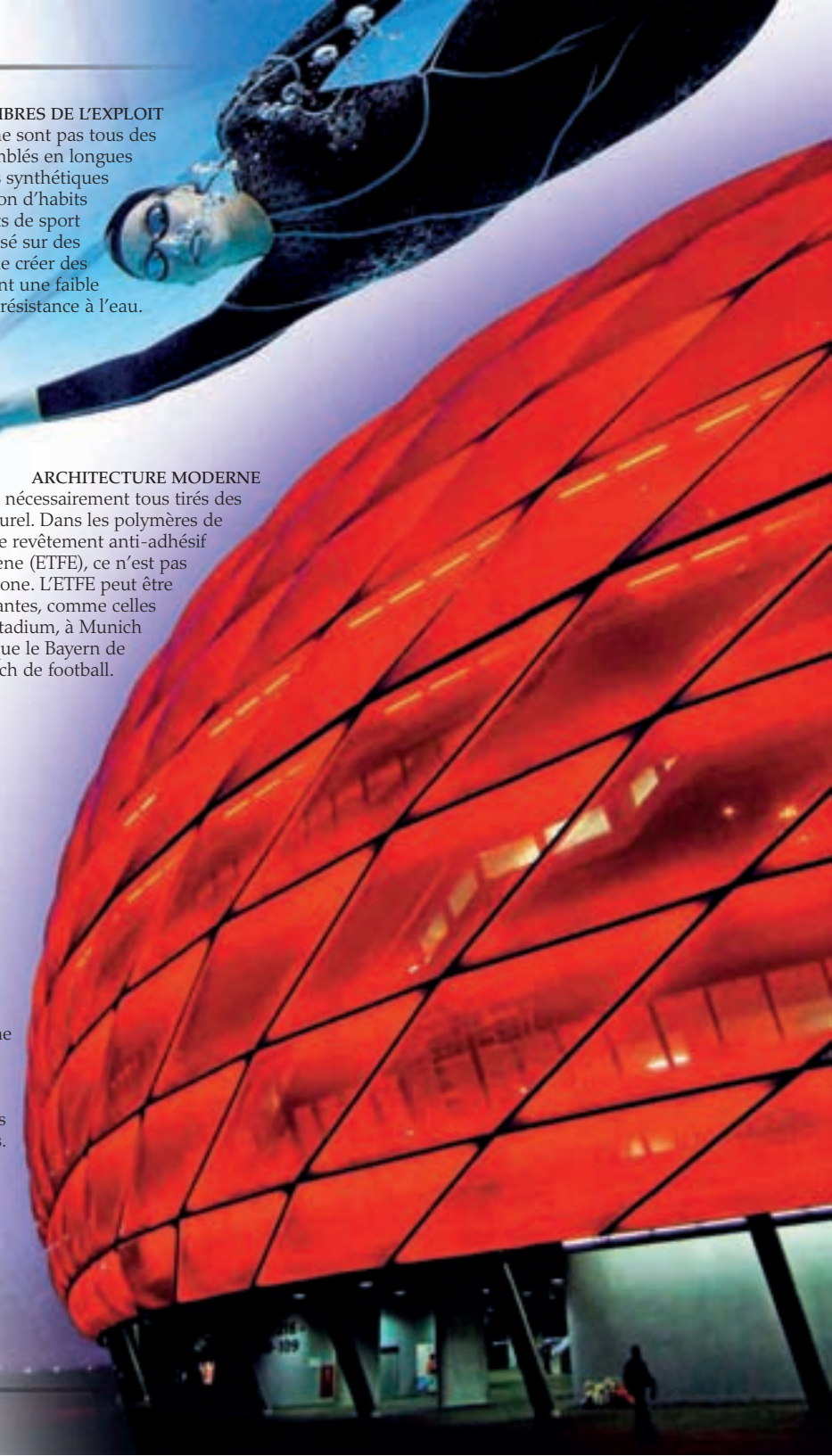
En insérant dans sa structure des fibres de carbone, un plastique comme le polyester peut être transformé en un matériau extrêmement léger et résistant appelé PRFC (polymère renforcé par fibres de carbone). Le PRFC est appelé matériau composite car il est formé de plastique et de carbone. Il est idéal pour la fabrication d'objets qui doivent être à la fois très légers et très résistants, comme le cadre de cette raquette de tennis.

LE POLYCARBONATE

Difficile à casser et capable de supporter des températures assez élevées, le polycarbonate est de plus en plus utilisé. Lecteurs de DVD, de MP3, abat-jour, verres de lunettes de soleil, boîtiers d'appareils photo sont des objets fabriqués en polycarbonate.

LES PLASTIQUES COURANTS

Les molécules d'hydrocarbures peuvent être assemblées de différentes manières pour former des centaines de polymères plastiques différents, chacun ayant ses qualités propres. Lorsque les chaînes de polymères sont assemblées solidement les unes aux autres, le matériau résultant est dur, comme le polycarbonate, par exemple. Lorsque les chaînes glissent facilement les unes sur les autres, le plastique est souple comme le polyéthylène. Les fabricants ont ainsi le choix d'une vaste gamme de plastiques adaptés à chaque besoin.



Les fortunes du pétrole

La Tour des Émirats est l'un des bâtiments les plus hauts du monde.

Le pétrole a rendu certaines personnes milliardaires, a permis aux compagnies de réaliser d'énormes bénéfices et a transformé des pays pauvres en eldorados. Dès les débuts de l'exploitation pétrolière, au XIXe siècle, des fortunes se sont faites pratiquement en un jour. À Bakou, il y eut Hadji Taghiyev (1823-1924). Aux États-Unis, le premier millionnaire du pétrole fut Jonathan Watson (1819-1894) à Titusville, là où Drake forait le premier puits américain (voir p.12). Puis vinrent les grandes dynasties pétrolières de John D. Rockefeller (1839-1937) et Edward Harkness (1874-1940) et, plus tard, les Texans Haroldson Hunt (1889-1974) et Jean Paul Getty (1892-1976). Chacun fut, tour à tour, déclaré l'homme le plus riche du monde. À la fin du XXe siècle, ce sont les cheikhs arabes qui ont acquis la célébrité grâce à leur richesse. Et aujourd'hui, c'est au tour des patrons russes.



LE PREMIER GÉANT DU PÉTROLE
Standard Oil débuta sous la forme d'une petite compagnie de raffinage à Cleveland, dans l'Ohio, aux États-Unis. Mais elle grandit très vite pour devenir la première compagnie géante du pétrole et fit la fortune de Rockefeller et Harkness. Dans les années 1920 et 1930, elle devint célèbre sous le nom de Esso. Les stations-service de la marque (ci-dessus) fleurirent sur les bords de nos routes. La compagnie s'appelle aujourd'hui ExxonMobil et reste la toute première des géantes du pétrole.

LES TOURS DU PÉTROLE

La manne pétrolière a complètement transformé l'Arabie Saoudite et les autres États du golfe Persique. Il y a un demi-siècle, il s'agissait de pays pauvres où des tribus nomades du désert vivaient simplement, comme elles l'avaient fait depuis des millénaires. Aujourd'hui, l'économie de ces États est en plein essor et de grandes villes modernes comme Dubai City (ci-dessous), dans les Émirats arabes unis, se dressent parmi les sables.



LAQUELLE EST LA PLUS GRANDE ?

C'est l'enseigne de grande distribution américaine Wal-Mart qui a supplanté ExxonMobil au premier rang des 500 plus grandes entreprises mondiales. ExxonMobil reste la plus grande et la plus profitable des compagnies pétrolières à fonds privés, mais ce n'est pas la plus grande compagnie pétrolière du monde. La plus grande, et de très loin, est la Saudi Aramco, qui possède des réserves de 260 milliards de barils de pétrole et de gaz naturel. ExxonMobil, en comparaison, en possède 23 milliards, ce qui la place au douzième rang mondial. En fait, les dix plus grandes compagnies pétrolières et gazières mondiales sont contrôlées par leur gouvernement. Ce sont donc des compagnies nationales.

Les 10 plus grandes compagnies mondiales

1. Saudi Aramco (Arabie Saoudite)
2. National Iranian Oil Co. (Iran)
3. Gazprom (Russie – en partie nationalisée)
4. Qatar Petroleum (Qatar)
5. Kuwait Petroleum Co. (Koweït)
6. Petroleos de Venezuela (Venezuela)
7. Adnoc (Émirats arabes unis)
8. Nigerian Nacional Petroleum Co. (Nigeria)
9. Sonatrach (Algérie)
10. Libya NOC (Libye)



Club de football de Chelsea

LES NOUVEAUX RICHES

Lorsque l'Union soviétique éclata au cours des années 1990, de nombreuses compagnies pétrolières et gazières d'État furent revendues à bas prix. Roman Abramovich (à gauche), un investisseur russe avisé, mit sa fortune à profit pour racheter l'équipe de football de Chelsea, à Londres. Le club connut beaucoup de succès et Abramovich devint célèbre.

LE PÉTROLE RAPPROCHE LES PEUPLES

Les compagnies aériennes du monde entier ont assuré 2,4 millions de vols réguliers par mois en 2007. C'est entre l'Europe occidentale et le Moyen-Orient que les lignes internationales ont le plus augmenté. Les fabricants aéronautiques cherchent à mettre au point des biocarburants pour les avions mais la tâche est difficile car ces carburants d'origine végétale n'ont pas la même puissance énergétique que les carburants fossiles. En outre, un carburant aéronautique doit rester liquide aux basses températures que rencontre un appareil en vol. Or, les biocarburants tendent à se solidifier plus vite que leurs équivalents dérivés du pétrole.

Le gaz résiduaire de la production pétrolière est embrasé ou brûlé à la torche



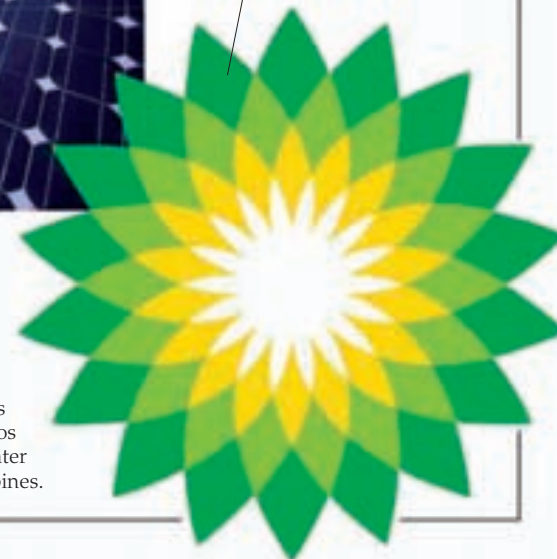
LA « MALÉDICTION DES RESSOURCES »

La « malédiction des ressources » est le paradoxe selon lequel les pays jouissant d'une abondance de ressources naturelles tendent à avoir une croissance économique moindre que les pays sans de telles ressources. Tous les gouvernements ne garantissent pas une juste redistribution des bénéfices du pétrole. Ainsi, au Nigeria, producteur de pétrole, les gens pauvres de l'ethnie Urohobo, dans le delta du Niger, ont pris l'habitude de cuire le tapioca à la chaleur d'une torchère de gaz, d'où des problèmes de santé. Le Nigeria et d'autres pays travaillent à réduire le torchage, mais le problème est le manque d'accès à l'énergie pour les gens pauvres. Les agences mondiales rapportent que la santé des populations pauvres est menacée par défaut d'accès à des énergies propres, comme l'électricité, et par l'exposition aux fumées des feux ouverts.

Cellules solaires BP aux Philippines



En 2000, BP a changé de logo pour une fleur.



LE VIRAGE AU VERT

Toutes les formes de pollution dues au pétrole lui valent aujourd'hui une mauvaise réputation. Ces dernières années, certaines compagnies se sont beaucoup attachées à se forger une image plus propre et plus « verte », et ont commencé à investir dans les énergies alternatives. BP, par exemple, détient aujourd'hui une bonne part du marché des cellules solaires. Cette compagnie a participé au plus gros programme solaire mis en place à ce jour, pour alimenter des villages isolés aux Philippines.



LA MARINE AU PÉTROLE

La géante BP fut fondée en 1908 sous le nom de Anglo-Persian Oil Company, après la découverte de pétrole en Iran. Elle fut la première à exploiter le pétrole du Moyen-Orient, déterminant pour la Grande-Bretagne durant la Première Guerre mondiale (1914-1918). Churchill, alors premier lord de l'Amirauté, avait insisté pour que la propulsion des navires de sa Marine passe du charbon au pétrole. La plupart des autres marines effectuèrent la conversion peu après la guerre, devenant alors les plus grosses consommatrices de carburant pétrolier.



Bidon d'essence

LES FEUX DE LA GUERRE

Le pétrole est au cœur des guerres qui embrasent la région du golfe Persique depuis 25 ans. Quand le dictateur irakien Saddam Hussein envahit le Koweït en 1990, il prétendit que ce pays avait puisé dans les champs de pétrole de l'Irak. Les États-Unis et leurs alliés intervinrent pour libérer le Koweït et sécuriser les approvisionnements en pétrole. Dans leur retraite, les troupes irakiennes incendièrent des puits de pétrole koweïtiens (à droite).

Le pétrole et les pouvoirs

Le pétrole est, de nos jours, absolument essentiel à la prospérité d'une nation, fournissant l'énergie sans laquelle rien – ni les transports ni aucune industrie – ne pourrait fonctionner. Il permet également de se défendre puisqu'il propulse la plupart des engins militaires. Il n'est donc pas surprenant que le pétrole se soit trouvé au cœur de nombreux conflits au cours du XXe siècle et qu'il reste l'élément clé de nombreux enjeux géopolitiques. Les énormes réserves pétrolières de pays comme l'Irak et l'Irak, au Moyen-Orient, placent régulièrement ces derniers à la une de l'actualité mondiale et en font une source d'inquiétude pour le

monde entier. Mais aujourd'hui, l'exploitation de réserves en Russie, au Venezuela, au Nigeria et dans d'autres pays rend les politiques du pétrole encore plus complexes.



Le cheikh Yamani était réputé pour ses dons de négociateur.

UN LEADER DU PÉTROLE

Dans les années 1960, les principaux pays producteurs de pétrole, et en premier lieu ceux du Moyen-Orient, constituèrent l'OPEP (Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole) afin de défendre leurs intérêts. Le cheikh Yamani (né en 1930), d'Arabie Saoudite, en fut durant 25 ans un dirigeant éminent. Il est connu pour son rôle dans la crise du pétrole de 1973, lorsqu'il persuada l'OPEP de quadrupler ses prix.



LA CRISE DU PÉTROLE ET LA GUERRE DU KIPPOUR

En 1973, une guerre éclata entre Israël et les forces arabes menées par la Syrie et l'Égypte. L'OPEP interrompit ses exportations de pétrole vers les pays d'Amérique et d'Europe soutenant Israël. Cela entraîna de graves pénuries d'essence en Occident, qui se fournissait depuis longtemps au Moyen-Orient, et de longues queues aux stations-service. Aux États-Unis, on servait l'essence un jour sur deux selon les numéros d'immatriculation pairs ou impairs des véhicules.



UNE CHUTE PRÉCIPITÉE

Mohammed Mossadegh (1882-1967) fut le populaire et démocratiquement élu Premier ministre d'Irak de 1951 à 1953. Il devait être renversé par un coup d'État soutenu par les États-Unis et la Grande-Bretagne après qu'il a eu nationalisé les avoirs de l'Anglo-Iranian Oil Company (antérieurement l'Anglo-Persian Oil Company), alors contrôlée par les Anglais.



MODERNES ÉMIRATS

Depuis la découverte de pétrole sur leur territoire il y a plus de 30 ans, les Émirats arabes unis sont passés de petites principautés du désert à des États modernes au niveau de vie très élevé. En tant que centre commercial et touristique, Dubaï affiche une prospérité qui se manifeste dans ses immenses galeries commerciales et ses luxueuses stations balnéaires sur une mer turquoise, qui attirent quelque 7 millions de touristes par an. Le taux de croissance de Dubaï dépasse même celui de la Chine, qui a pourtant l'une des plus fortes croissances économiques du monde.

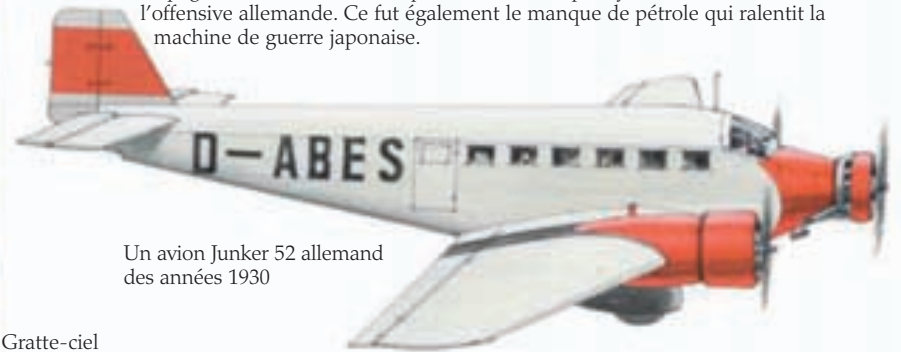
Les incendies allumés par les troupes irakiennes au Koweït brûlèrent plusieurs mois durant et consumèrent un milliard de barils de pétrole.

L'ÉVEIL DE LA CHINE

L'énergie alimente les économies. La soif de la Chine en pétrole et autres ressources a des répercussions sur sa politique étrangère et ses relations avec les autres pays. Ses besoins, en effet, sont beaucoup plus importants que ses réserves pétrolières propres, ce qui l'a poussée à prendre des participations dans l'exploration et la production au Kazakhstan, en Russie, au Venezuela, au Soudan, en Afrique de l'Ouest, en Iran, en Arabie Saoudite et au Canada. La Chine importe actuellement 32 % de son pétrole et l'on estime que ses besoins auront doublé en 2010.

LE PÉTROLE ET LA SECONDE GUERRE MONDIALE

Les leaders de la Seconde Guerre mondiale, dans les deux camps, savaient que le fluide vital de leurs armées était le carburant. Avant le conflit, des experts avaient écarté l'idée qu'Adolf Hitler puisse se lancer à la conquête du monde en grande partie parce que l'Allemagne ne possédait quasiment pas de réserves de pétrole. Mais Hitler avait construit un vaste complexe industriel pour fabriquer du pétrole de synthèse à partir des abondantes réserves de houille de son pays. Ces installations devinrent un enjeu stratégique lorsque les Alliés entreprirent une campagne de bombardements pour les détruire, paralysant ainsi l'essentiel de l'offensive allemande. Ce fut également le manque de pétrole qui ralentit la machine de guerre japonaise.



Un avion Junker 52 allemand des années 1930

Gratte-ciel le long de l'avenue Sheikh Zahid, à Dubaï

LA MONTÉE DES COMPAGNIES PÉTROLIÈRES NATIONALES

Une compagnie pétrolière nationale est une compagnie possédée par un gouvernement, chargée d'exploiter les ressources en pétrole et en gaz du pays. Les plus grandes compagnies nationales opèrent en Arabie Saoudite, en Iran, au Koweït, dans les Émirats arabes unis et au Venezuela, mais on en trouve aussi en Norvège, en Malaisie, en Inde et au Mexique. Ces compagnies contrôlent aujourd'hui les trois quarts des réserves mondiales de pétrole. Elles sont devenues des entités complexes, extrêmement efficaces et profitables, apportant à leur pays tout à la fois prestige et puissance financière. Ainsi, le souhait du Venezuela d'augmenter son contrôle sur ses ressources en nationalisant son pétrole a réduit la part des compagnies internationales dans ce pays.



Le pétrole et l'environnement

Le monde dépend du pétrole et du gaz pour l'essentiel de son énergie et va en dépendre encore pendant des années. Mais la prise de conscience du réchauffement climatique et du rôle, dans ce phénomène, du dioxyde de carbone (CO₂) émis par l'homme, nous contraint à réduire nos émissions de carbone, ce qui nécessite des changements dans la production de l'énergie autant que dans la manière dont elle est consommée, tant au niveau industriel qu'individuel. Les pratiques de l'industrie pétrolière ont beaucoup changé ces 50 dernières années. L'instauration de contrôles rigoureux et de nombreuses innovations technologiques ont permis d'en réduire l'impact sur l'environnement. Ainsi, l'industrie pétrolière et gazière américaine a investi 148 milliards de dollars depuis 1990 pour améliorer ses performances environnementales, soit 504 dollars par Américain. Le résultat se traduit par une « empreinte » (surface occupée) plus faible, moins de déchets, des modes opératoires plus propres, plus sûrs et plus écologiques.

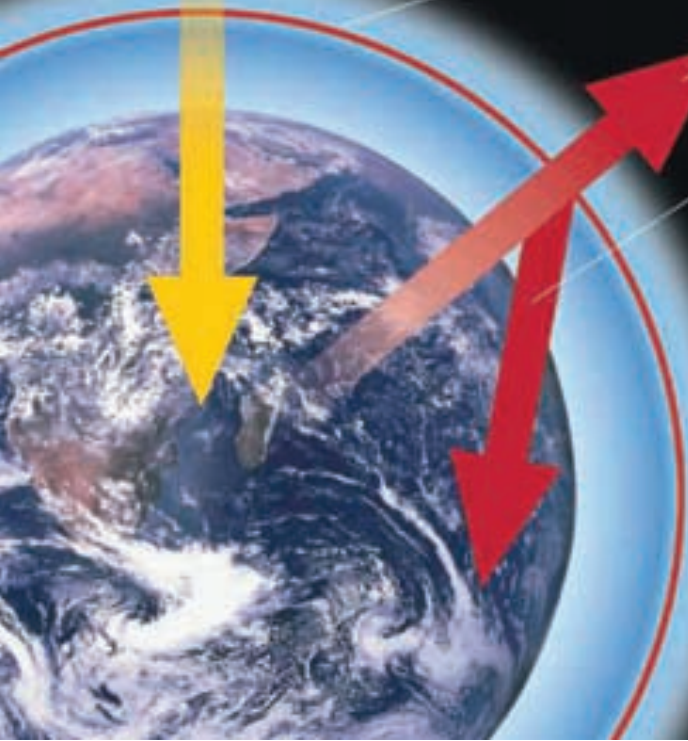


Le rayonnement solaire réchauffe la Terre.

Gaz à effet de serre enveloppant la Terre

Une part des rayonnements infrarouges réémis par le sol s'échappe dans l'espace.

Une part des rayonnements infrarouges est retenue par les gaz à effet de serre, réchauffant la Terre.



L'EFFET DE SERRE

Le rayonnement solaire réchauffe le sol, qui réémet ensuite des rayonnements infrarouges vers l'atmosphère. Une grande part de ceux-ci s'échappe dans l'espace, mais une partie est piégée par certains gaz présents dans l'air tels que le dioxyde de carbone (ou gaz carbonique), la vapeur d'eau et le méthane, qui agissent comme le verre d'une serre. Cet « effet de serre » maintient à la surface de la Terre une température moyenne permettant la vie. Mais le dioxyde de carbone en surplus dans l'atmosphère piège une trop grande quantité de rayons infrarouges, entraînant un réchauffement excessif de toute la planète. Le dioxyde de carbone est émis en premier lieu par les centrales à combustibles fossiles – surtout le charbon –, par les échappements des automobiles et par les bâtiments. En second lieu vient la déforestation, responsable de 25 % des émissions de dioxyde de carbone par brûlage des coupes de quelque 13,7 millions d'hectares de forêt par an. Quant au méthane, deuxième plus important gaz à effet de serre, il est surtout émis par l'agriculture, notamment les rizières et les flatulences du bétail, ainsi que par les combustibles fossiles.



L'ARROSAGE AGRICOLE

De nouvelles techniques pour décontaminer l'eau remontée du sous-sol avec les hydrocarbures améliorent de façon significative sa qualité, ce qui permet de l'utiliser tout en réduisant la pollution par rejets. De ce fait, en Californie, les cultures de pistachiers et de beaucoup d'autres plantes alimentaires sont irriguées avec de l'eau issue de l'exploitation du pétrole et du gaz. Dans le Wyoming, celle récupérée avec le gaz de houille est actuellement testée pour l'arrosage de l'orge et d'autres plantes de culture.



ALERTE AUX OURAGANS

En 2005, juste avant que les ouragans Katrina et Rita balaient le golfe du Mexique, toutes les plates-formes de production offshore purent être évacuées afin de protéger les ouvriers, et la production fut interrompue. En conséquence, on n'eut à déplorer aucune perte en vies humaines et aucun rejet accidentel significatif dans la mer. Plus de 97 % des quelque 4 000 plates-formes présentes dans le golfe du Mexique survécurent à ces phénomènes d'exception. Depuis 1988, les installations offshore sont conçues pour résister aux « ouragans centenaires », une désignation dans laquelle figurent les tempêtes de catégorie 5.

DES EMPREINTES RÉDUITES

Ces trente dernières années, l'empreinte des installations pétrolières a considérablement diminué. La surface des plates-formes de forage a été réduite de 80 %. Si le champ pétrolier de Prudhoe Bay, en Alaska, avait été ouvert avec les technologies actuelles, l'emprise des installations aurait été réduite des deux tiers. Les nouvelles technologies sismiques et de détection à distance, incluant la recherche aérienne et par satellite, augmentent aujourd'hui les chances de succès des forages. De ce fait, on creuse moins de trous inutiles qui perturbent l'environnement. En outre, le forage directionnel avancé donne accès à des cibles souterraines de très petit volume situées à plus de 8 km de distance, permettant de forer des puits multiples à partir d'un seul point.



LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES GLOBAUX
Bien que les États-Unis aient été les plus gros émetteurs de dioxyde de carbone en 2005, la plupart des projections montrent que l'augmentation des émissions proviendra, à l'avenir, des pays en voie de développement. La réduction des rejets nécessite des actions globales à très grande échelle, et cela sur des décennies. Il faudra notamment améliorer l'efficacité énergétique et réduire la demande, augmenter la part des sources d'énergie alternatives non basées sur le carbone (énergies éolienne, solaire, marémotrice, géothermique), basculer vers l'emploi de carburants renouvelables comme l'éthanol et développer les méthodes de piégeage et de stockage du carbone.

LA SÉQUESTRATION DU CARBONE
La combustion du charbon est, dans le domaine de la production d'énergie, la principale source d'émission de dioxyde de carbone. Afin de réduire la pollution de l'air qu'il engendre, le charbon peut être converti en un gaz à combustion propre et le dioxyde de carbone résultant être récupéré et injecté en profondeur dans le sous-sol, dans les roches-réservoirs de gaz et de pétrole vidées par les forages. Les champs d'hydrocarbures exploités sont en effet les structures géologiques offrant les meilleurs potentiels de séquestration (ou piégeage) du carbone. Et dans certains cas, le dioxyde de carbone peut même être utilisé pour extraire plus de pétrole des réservoirs existants.

DES MOTEURS MOINS POLLUANTS
Depuis les années 1970, les essences moins polluantes et les moteurs à meilleur rendement des automobiles ont entraîné une réduction de 41 % des émissions des véhicules. Mais parallèlement, le nombre de conducteurs et de véhicules en service, ainsi que de kilomètres parcourus, a augmenté de façon très significative.

Une voiture construite dans les années 1960 émettait autant de rejets toxiques que 33 voitures d'aujourd'hui.



LE DIESEL PROPRE
Le diesel à teneur ultra-faible en soufre, ou ULSD pour Ultra-low sulfur diesel, est un gasoil plus propre qui a ouvert la voie à une technologie diesel moins polluante, permettant d'améliorer de façon significative la qualité de l'air. Lorsque nous aurons complètement remplacé la flotte mondiale de poids lourds, vers 2030, la réduction des émissions annuelles correspondra à celle de plus de 90 % des véhicules de fort tonnage actuels.

POUR LA VIE MARINE
Lorsqu'un puits est épuisé, il doit être bouché en profondeur, ce qui rend indécélable en surface son ancienne présence. Les installations sont ensuite démantelées pour être recyclées ou, dans le cas des plates-formes offshore, déplacées et immergées. Six mois seulement après avoir été coulée, une structure est recouverte par les bernacles, les coraux, les éponges, les palourdes et autres organismes marins. Ces récifs artificiels créent de nouveaux habitats pour les poissons dans les zones manquant de récifs naturels, comme le golfe du Mexique et la Thaïlande. Plus de 120 plates-formes ont ainsi été immergées dans le golfe du Mexique et transformées en récifs dans le but d'améliorer l'habitat marin et créer des zones de pêche de loisir.



DES INSTALLATIONS ÉPHÉMÈRES
Dans l'Arctique, les compagnies pétrolières construisent des routes et des planchers de forage dans la glace. Ces structures fondent au printemps suivant, ne laissant aucune trace de leur présence.

La production et la consommation de pétrole

Il se consomme actuellement 86 millions de barils de pétrole par jour, soit 160 000 litres par seconde dans le monde. Et les besoins ne cessent d'augmenter. On estime que les pays en voie de développement concentreront 80 % de la population mondiale vers 2030, et ce sont eux, désormais qui détiennent l'essentiel des ressources en carburants fossiles. Parallèlement, la production de gaz et de pétrole aux États-Unis et en Europe est en déclin. L'Agence internationale de l'énergie estime que l'accroissement de la demande en énergie va nécessiter dans les 25 prochaines années un investissement de 20 000 milliards de dollars : 3 000 dollars par personne vivant sur Terre, dont plus de la moitié ira à la production et la distribution d'électricité. Le défi sera de produire une énergie propre, abondante et peu coûteuse.



Les plates-formes offshore extraient le pétrole de gisements enfouis profondément dans le sous-sol marin.

Arabie Saoudite : 12,9%

Russie : 12,1%

DE NOUVELLES RÉSERVES

Avec l'accroissement de la demande en énergie dans le monde entier, le défi est aujourd'hui de savoir comment produire l'énergie adaptée, fiable et à un prix abordable nécessaire au développement de l'économie mondiale tout en assurant la protection de l'environnement naturel. L'USGS (United States Geological Survey) estime les ressources totales de pétrole conventionnel et de gaz naturel exploitables fournies par la planète à plus de 3 300 milliards de barils. Sur ce total, moins d'un tiers a été consommé à ce jour, 2 400 milliards de barils restant à produire. En outre, il existe de vastes ressources de pétrole non conventionnel : quelque 7 000 milliards de barils encore dans le sous-sol dont la récupération nécessitera des progrès technologiques.

LES RÉSERVES DE PÉTROLE PAR PAYS

Les plus grosses réserves de pétrole se trouvent en Arabie Saoudite, où se situe le champ pétrolier de Ghawar, le plus grand du monde. D'une surface de plus de 280 km sur 30 km, ce dernier produit à lui seul plus de 6 % du pétrole consommé dans le monde. Le reste se trouve également, pour l'essentiel, au Moyen-Orient. Le Canada possède des réserves presque aussi grandes que celles de l'Arabie Saoudite, mais sous la forme de sables bitumineux, difficiles à extraire.

= 20 milliards de barils approximativement



États-Unis : 20,5 millions de barils/jour



Etats-Unis : 7,9 %



Iran : 5,5 %



Chine : 4,7 %



Mexique : 4,6 %



Canada : 3,8 %



Venezuela : 3,8 %



Koweït : 3,8 %



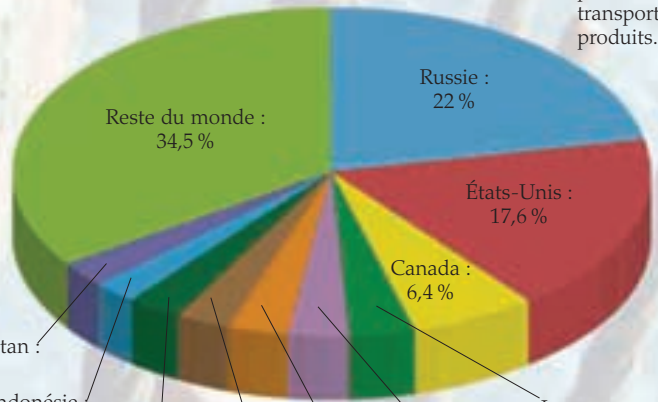
Émirats arabes unis : 3,4 %

LES PRINCIPAUX PAYS PRODUCTEURS

Trois pays – l'Arabie Saoudite, la Russie et les États-Unis – extraient environ un tiers du pétrole mondial. Plus de 10 millions de barils par jour sont extraits des réserves situées en Arabie Saoudite, le plus gros producteur mondial.

LES PLUS GROS PRODUCTEURS DE GAZ NATUREL

Le gaz naturel a connu la plus grosse progression dans sa consommation de toutes les sources d'énergie fossiles depuis la Seconde Guerre mondiale. En 1950, il constituait environ 10 % de la production d'énergie globale; aujourd'hui, il approche 23 %. La Russie, les États-Unis et le Canada produisent à eux trois environ 46 % de tout le gaz naturel mondial.



Chine : 6,5 millions de barils/jour

Japon : 5,4 millions de barils/jour

Allemagne et Russie : 2,6 millions de barils/jour chacun

Canada et Inde : 2,3 millions de barils/jour chacun

Brésil : 2,2 millions de barils/jour

Turkménistan : 2,3 %

Indonésie : 2,4 %

Pays Bas : 2,6 %

Royaume-Uni : 2,8 %

Algérie : 3,0 %

Norvège : 3,1 %

Iran : 3,3 %

LES PLUS GROS CONSOMMATEURS

Le monde consomme en pétrole chaque année l'équivalent d'une piscine carrée de 1,6 km de côté et de 1,6 km de profondeur, la majeure partie étant engloutie par les automobiles et les poids lourds. Les États-Unis brûlent chaque jour plus de 20 millions de barils – un quart de la consommation mondiale et plus de trois fois celle de la Chine, leur plus proche concurrent. La consommation des Chinois, dont le niveau de vie progresse, est en augmentation, mais bien que le nombre de voitures en service ait doublé en Chine entre 2000 et 2006, on n'y compte qu'une voiture pour 40 personnes contre une pour deux aux États-Unis. On s'attend toutefois à un accroissement spectaculaire du nombre de véhicules dans ce pays. L'Agence internationale de l'énergie prévoit que 60 % de l'énergie pourrait être consommée par les pays en voie de développement à l'horizon 2030.

LE GÉANT DU GAZ RUSSE

Gazprom, possédée en partie par le gouvernement russe, est actuellement la plus grosse compagnie productrice de gaz au monde, fournissant environ 20 % de la consommation mondiale. Gazprom contrôle près de 60 % des réserves de gaz russes, et est responsable de 8 % du produit intérieur brut de la Russie. L'Union européenne dépend de Gazprom pour environ un quart de ses besoins en gaz, et le géant russe compte sur ce marché pour réaliser de nouveaux investissements dans les domaines de la production et du transport de ses produits.



LE PÉTROLE FAIT TOURNER LE MONDE

Les produits pétroliers propulsent à peu près tous les véhicules à moteur, les avions, les bateaux et les trains du monde. Au total, les produits dérivés du pétrole, tels que l'essence, le kérosène, le gasoil et le fuel fournissent près de 40 % de l'énergie consommée par les foyers, les entreprises et les usines du monde entier. Le gaz naturel et le charbon, en comparaison, fournissent tous deux moins de 25 % des besoins énergétiques mondiaux.



Un enjeu : réduire la consommation de pétrole

Durant plus d'un siècle, la consommation mondiale de pétrole n'a cessé de croître et l'on estime que la demande va augmenter de 60 % au cours du prochain quart de siècle. Le pétrole, le gaz naturel et le charbon resteront les principales sources d'énergie et pour faire face à la demande croissante, les sources d'énergie renouvelable et les technologies avancées seront cruciales. S'ajoute aussi le problème du réchauffement climatique. Il faudra donc que nous soyons plus mesurés dans notre consommation d'énergie en optimisant le rendement énergétique qui constitue la forme d'énergie nouvelle la moins coûteuse et la plus abondante. Chacun se doit d'aider notre planète grâce à des choix énergétiques judicieux.

Des formes aérodynamiques réduisent la consommation en énergie.

PRENDRE LE TRAIN

Au lieu de voyager dans des voitures individuelles, nous pouvons prendre le train, le tramway, le bus ou le métro qui utilisent trois à cinq fois moins d'énergie que les véhicules privés par personne et par kilomètre parcouru. C'est aux États-Unis, où moins de 5 % de la population se rendent au travail par les transports en commun, que l'énergie consommée par l'automobile est la plus élevée. Des études ont montré que si seulement 10 % des Américains empruntaient régulièrement les transports en commun, les émissions de gaz à effet de serre de ce pays seraient réduites de plus de 25 %.

À LA FORCE DES JAMBES

La façon la plus écologique de se déplacer est la marche ou la bicyclette. De nombreuses villes ont mis en place des pistes cyclables pour rendre le vélo moins dangereux et plus agréable. Mais beaucoup avouent encore prendre leur voiture pour des déplacements qu'ils pourraient aussi bien effectuer à pied ou à bicyclette.



L'énergie humaine qui propulse une bicyclette est renouvelable et non polluante.

On peut cultiver plus de légumes localement.



Les produits locaux sont généralement frais, réduisant les dépenses d'énergie pour la réfrigération.

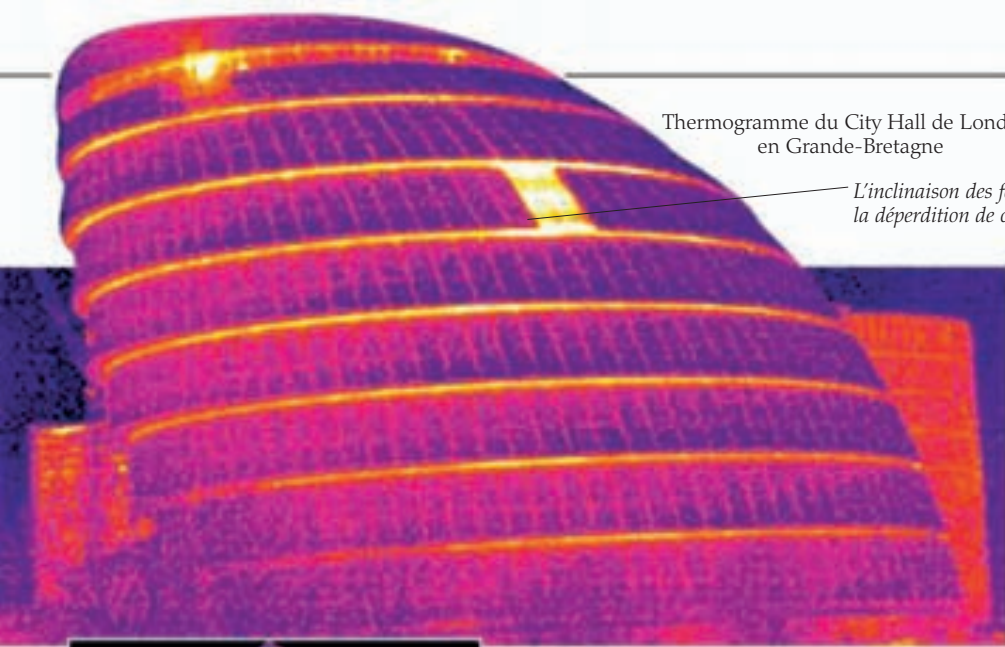
ACHETER LOCALEMENT

La plupart des aliments vendus dans un supermarché ont parcouru des milliers de kilomètres pour arriver dans les gondoles. Au lieu de se rendre en voiture dans des grandes surfaces pour acheter de la nourriture venant de loin, on réaliserait des économies de carburant en achetant des produits locaux, notamment sur les marchés fermiers où les aliments proviennent des fermes des alentours.

L'ÉNERGIE «VAMPIRE»

L'énergie « vampire » est celle utilisée par toutes sortes d'appareils qui consomment de l'électricité 24 heures sur 24, même lorsqu'ils ne sont pas en usage. Parmi ceux-ci figurent les télévisions, magnétoscopes et lecteurs DVD, les ordinateurs, imprimantes, chaînes stéréo et fours à micro-ondes. Pour réduire leur consommation lorsque l'on ne s'en sert pas, il suffit de débrancher leur câble d'alimentation de la prise murale. De même, il faut veiller à éteindre nos ordinateurs, que l'on a souvent tendance à laisser allumés inutilement.





Thermogramme du City Hall de Londres, en Grande-Bretagne

L'inclinaison des fenêtres réduit la déperdition de chaleur en hiver.



Les fenêtres laissent échapper beaucoup de chaleur.

Seuls les murs épais réduisent au minimum les déperditions de chaleur.

RÉDUIRE LES DÉPERDITIONS DE CHALEUR

En traduisant la température des surfaces, un thermogramme, ou photographie en infrarouge, révèle les déperditions de chaleur d'un bâtiment. Le thermogramme ci-contre montre que cette maison ancienne perd beaucoup de chaleur par les fenêtres et le toit (zones blanches et jaunes). C'est pourquoi il importe d'utiliser du double-vitrage et d'isoler les toitures. De nombreux bâtiments modernes intègrent aujourd'hui des dispositifs d'économie d'énergie. Ainsi, la construction, le design et les formes inhabituelles du City Hall de Londres (ci-dessus) contribuent à son isolation. Il consomme 75 % d'énergie en moins qu'un bâtiment conventionnel de même taille.

RÉDUIRE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Il est possible de réaliser des économies à la maison en consommant moins. Ainsi, baisser le thermostat des radiateurs de seulement un degré épargne beaucoup d'énergie. Ne pas laisser allumées inutilement des ampoules et éteindre téléviseurs et ordinateurs au lieu de les laisser en veille est également bénéfique. Installer des ampoules fluorescentes de basse consommation (ci-contre) permet d'économiser plus encore, car elles consomment 80 % d'électricité en moins que des ampoules normales.



Les ampoules de basse consommation consomment moins d'énergie et durent plus longtemps parce qu'elles ne chauffent pas.

COUVRIR LES MAISONS DE PLANTES

Dans le futur, de plus en plus de toitures pourraient être, comme celle-ci, couvertes de plantes vivantes telles que des orpins et des graminées. La ville de Chicago, aux États-Unis, compte par exemple plus de 250 tours de bureaux possédant des toits verts et chaque nouveau bâtiment public en est équipé. Ces toitures ont non seulement un aspect attrayant, mais elles fournissent surtout un très haut degré d'isolation, empêchant la chaleur d'entrer en été et de sortir en hiver. La consommation d'énergie pour le chauffage et le conditionnement d'air se trouve considérablement réduite.



La plupart des emballages peuvent être recyclés.

Environ 40 millions de bouteilles en plastique sont jetées tous les jours aux États-Unis.

RECYCLER LES DÉCHETS

Il est presque toujours moins coûteux en énergie de fabriquer des objets avec des matériaux recyclés qu'à partir de matières premières. Ainsi, l'aluminium de récupération permet de produire de nouvelles cannettes en consommant 95 % d'énergie en moins que la production à partir de minerai. Le recyclage des plastiques est, quant à lui, moins économe. Il permet néanmoins d'épargner le pétrole car la plupart des plastiques sont fabriqués à partir de celui-ci.

Des plantes succulentes comme l'orpin sont idéales pour les toits verts car elles supportent la sécheresse et nécessitent très peu de terre.





AVEC LES ORDURES ?

Chaque jour, d'énormes quantités d'ordures sont déversées dans les décharges. Les bactéries qui y décomposent les déchets alimentaires et le papier produisent un gaz composé à 60 % de méthane. Les scientifiques recherchent aujourd'hui un moyen de récupérer ce méthane et de l'utiliser comme carburant.

Des carburants alternatifs renouvelables

L'augmentation de la demande mondiale en énergie et les effets du dioxyde de carbone sur le climat nous incitent à rechercher de nouveaux moyens de propulser nos véhicules. Mais l'essence, de haute densité énergétique et facile à manipuler à température et pression ambiantes, place très haut la barre pour les sources d'énergie susceptibles de la remplacer. Presque tous les grands constructeurs automobiles travaillent au développement de véhicules

à carburants alternatifs, mais la plupart n'en sont qu'au stade expérimental. Certaines alternatives présentent peu d'intérêt environnemental, et toutes devront faire leurs preuves de rentabilité économique. Une nouvelle technologie peut mettre plus de vingt ans à se généraliser dans le parc automobile; la traction avant et la carburation à injection en sont la preuve. En attendant, rendre nos voitures plus économes et plus propres reste une solution d'intérêt, et l'énergie de la biomasse apparaît comme l'une des options possibles.

DU CARBURANT À PARTIR DES PLANTES

Les biocarburants sont renouvelables car les végétaux à partir desquels ils sont fabriqués peuvent toujours être cultivés pour en produire davantage. Ils sont obtenus, par exemple, en transformant le sucre et l'amidon du maïs et de la canne à sucre en éthanol, ou en convertissant les huiles de soja, de colza, de lin et d'autres plantes en biodiesel. Le méthanol, quant à lui, peut être produit à partir du bois et des déchets fermiers. Mais si chaque hectare de maïs aux États-Unis était utilisé exclusivement à la production d'éthanol, celui-ci parviendrait à remplacer moins de 25 % de l'essence utilisée. Par ailleurs, les biocarburants sont à peine moins polluants que les carburants conventionnels.



UN RISQUE POUR LA VIE SAUVAGE
L'extension des terres cultivées pour produire des biocarburants pourrait constituer un danger pour les espèces sauvages. L'agriculture intensive est déjà une menace pour les oiseaux nichant au sol, comme les alouettes (ci-dessus), qui ont du mal à trouver des sites de nidification et des insectes pour nourrir leurs nichées à cause de l'emploi des insecticides.

Les graines renferment une huile très énergétique.

Lin



Maïs

Le maïs renferme des glucides pouvant être transformés en éthanol.

Les graines se développent dans des gousses.



Colza

Soja



DU MÉTHANOL À L'HYDROGÈNE

L'un des problèmes avec les voitures propulsées par des piles à combustible hydrogène est qu'il existe à l'heure actuelle très peu de stations-service adaptées pour fournir de l'hydrogène. En attendant que ces dernières se multiplient, ces automobiles devront fabriquer elles-mêmes leur hydrogène en l'extrayant d'autres carburants. La Necar 5 de Daimler-Chrysler utilise le méthanol comme source d'hydrogène. Celui-ci peut être facilement fourni par des pompes dans des stations-service classiques.



La Necar 5, véhicule expérimental de Daimler-Chrysler



La pile à combustible est remplie de méthanol grâce à une recharge.

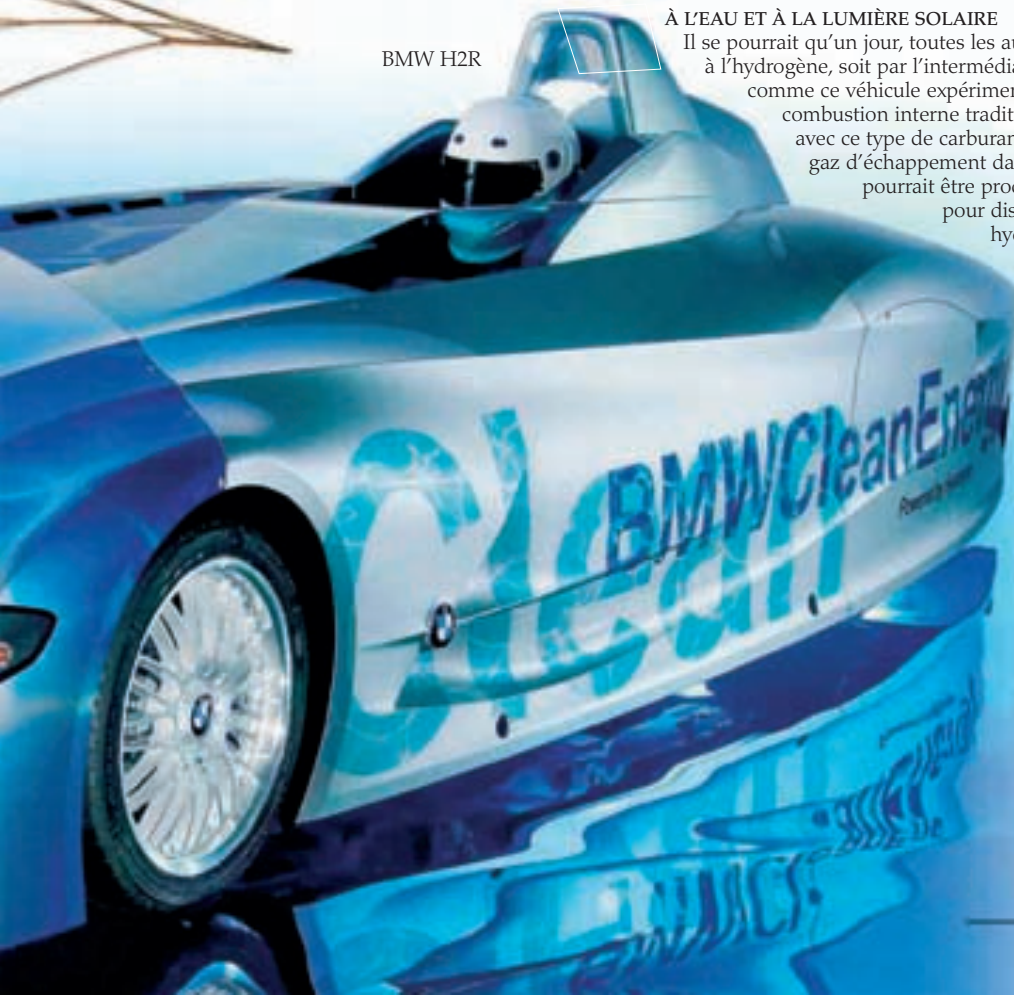
LE TÉLÉPHONE AU MÉTHANOL

La batterie d'un téléphone mobile doit être rechargée sur le secteur au bout de quelques heures d'utilisation. Mais les chercheurs sont en train de mettre au point de minuscules piles à combustible générant leur propre électricité à partir de méthanol. Actuellement, toutefois, il revient moins cher de fabriquer le méthanol à partir du gaz naturel qu'à partir des plantes. Son emploi ne nous affranchirait donc pas, pour l'heure, de la dépendance des carburants fossiles.

BMW H2R

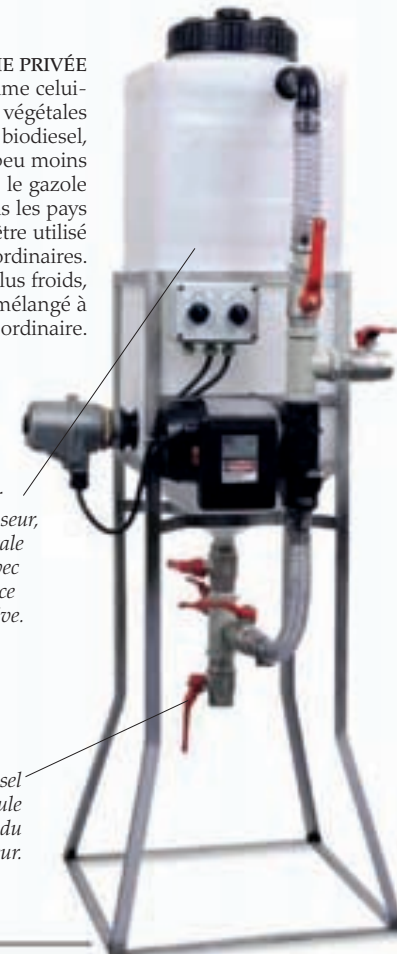
À L'EAU ET À LA LUMIÈRE SOLAIRE

Il se pourrait qu'un jour, toutes les automobiles soient propulsées à l'hydrogène, soit par l'intermédiaire de piles à combustible, soit, comme ce véhicule expérimental BMW H2R, grâce à un moteur à combustion interne traditionnel adapté pour fonctionner avec ce type de carburant. Ces voitures ne produiront aucun gaz d'échappement dangereux. Le gaz qui les propulsera pourrait être produit en utilisant l'énergie solaire pour dissocier les molécules d'eau en hydrogène et en oxygène. Les voitures rouleraient donc vraiment à l'eau et au soleil, des ressources totalement renouvelables.



UNE RAFFINERIE PRIVÉE

Des appareils simples comme celui-ci transforment les huiles végétales en un carburant appelé biodiesel, ou biogazole, qui est un peu moins polluant que le gazole conventionnel. Dans les pays chauds, le biodiesel peut être utilisé dans les moteurs Diesel ordinaires. Sous les climats plus froids, il doit être mélangé à du gazole ordinaire.



DE LA FRITURE DANS LE RÉSERVOIR

Un moteur de voiture peut être modifié pour fonctionner à l'huile de cuisine, neuve ou usagée (huile de friture). Malheureusement, le secteur de la restauration, susceptible de fournir l'huile de friture, n'en produit pas en quantité suffisante. Par ailleurs, comme dans le cas des biocarburants, cultiver des plantes pour produire l'huile nécessiterait la mise en culture d'immenses surfaces agricoles.



À l'intérieur du convertisseur, l'huile végétale est diluée avec une substance appelée lessive.

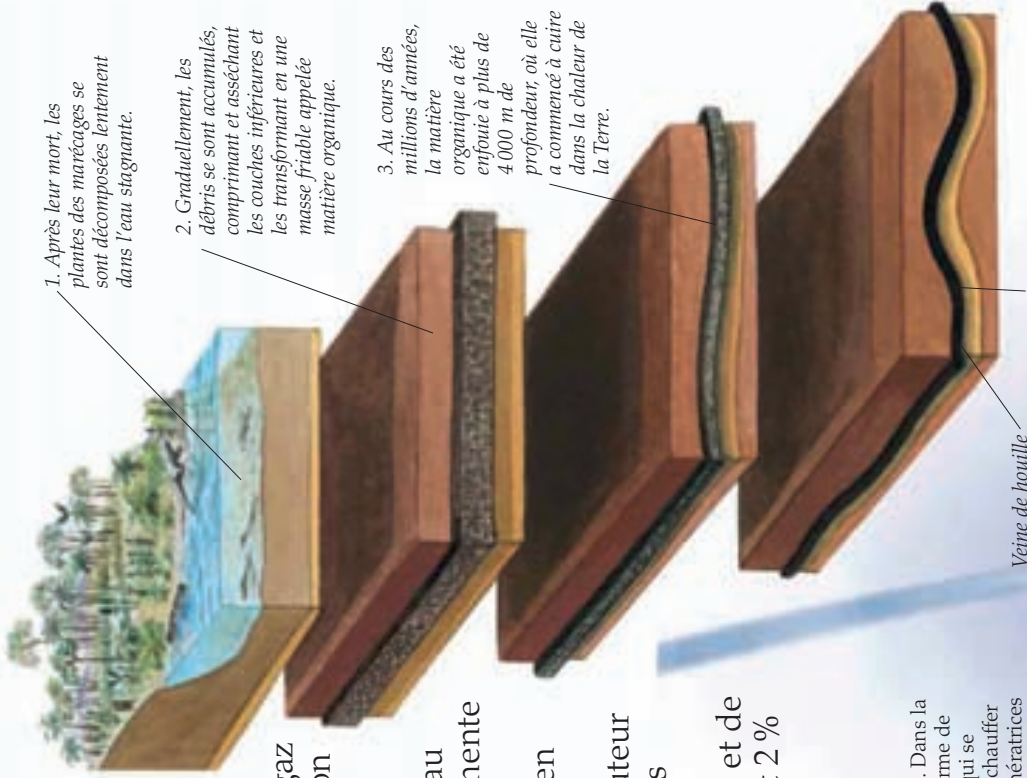
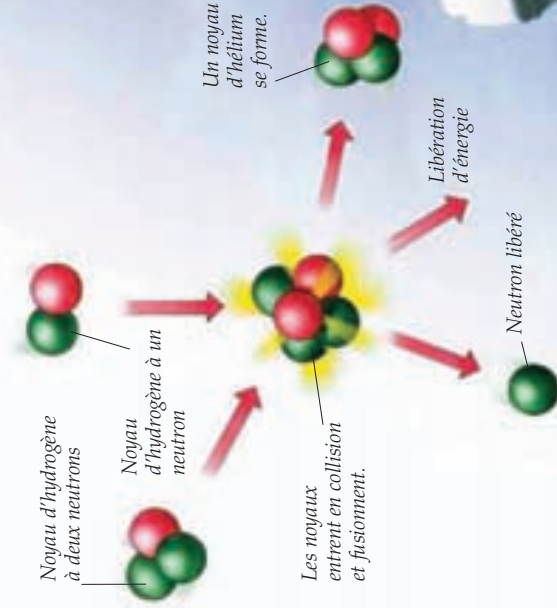
Le biodiesel s'écoule à la base du convertisseur.

Quelle énergie pour l'électricité ?

Environ 40 % de l'énergie primaire mondiale sert à générer de l'électricité, dont la demande ne cesse de croître, notamment dans les pays en voie de développement. Les centrales électriques utilisent divers types de carburants, le charbon restant, sans aucun doute, le plus utilisé. Mais la part du gaz naturel est en constante augmentation car son emploi est plus propre que le charbon ; il produit actuellement environ 20 % de l'électricité mondiale. La force motrice de l'eau fournit quant à elle 16 % de l'énergie qui alimente les centrales, tandis que le nucléaire génère environ 15 % de l'électricité mondiale (78 % en France). Le pétrole est essentiellement un combustible de transport, et n'entre qu'à hauteur de 7 % dans cette production. Toute les autres sources, parmi lesquelles les énergies géothermique, solaire, éolienne, de recyclage et de valorisation des déchets, génèrent seulement 2 % de l'électricité mondiale.

LE NUCLÉAIRE

Le nucléaire est une énergie non renouvelable tirée du noyau de l'atome. Dans la fission nucléaire, les atomes sont brisés, ce qui libère de l'énergie sous forme de chaleur. Les fragments des atomes brisés vont heurter d'autres atomes, qui se brisent à leur tour, libérant sans cesse plus d'énergie. Celle-ci permet de chauffer de l'eau, ce qui produit de la vapeur, laquelle entraîne les turbines de génératrices qui convertissent cette énergie en électricité. Une seule pastille de 6 g de combustible nucléaire renferme autant d'énergie qu'une tonne de charbon. L'énergie nucléaire n'émet aucun rejet de dioxyde de carbone – le principal gaz à effet de serre –, de dioxyde de soufre ni d'oxydes d'hydrogène. En revanche, elle produit de dangereux déchets radioactifs et l'eau réchauffée rejetée par les centrales peut avoir des effets néfastes sur la vie dans les eaux douces.



1. Après leur mort, les plantes des marécages se sont décomposées lentement dans l'eau stagnante.

2. Graduellement, les débris se sont accumulés, comprimant et asséchant les couches inférieures et les transformant en une masse friable appelée matière organique.

3. Au cours des millions d'années, la matière organique a été enfouie à plus de 4 000 m de profondeur, où elle a commencé à cuire dans la chaleur de la Terre.

Veine de houille

4. La cuisson a détruit les résidus fibreux des plantes et expulsé les gaz, laissant essentiellement du charbon.

LE CHARBON

Le charbon est une ressource non renouvelable formée à partir des déchets végétaux de forêts marécageuses tombés au sol et emprisonnés entre des couches d'eau et de vase il y a 350 à 250 millions d'années. La chaleur et la pression, l'effet de l'enfouissement, ont, au cours du temps, transformé les restes végétaux en houille, que nous appelons aussi charbon. Ce combustible fossile est présent sur tous les continents, y compris l'Antarctique. Les réserves mondiales sont de plus de un milliard de tonnes – assez pour tenir 180 ans au rythme de consommation actuel. Le charbon peut être brûlé directement pour se chauffer ou faire la cuisine, mais il est surtout utilisé dans les centrales pour produire de l'électricité. Des technologies nouvelles permettent de réduire de façon significative la quantité de gaz à effet de serre, par ailleurs substantielle, émises par les usines tournant au charbon.

L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

Le vent est une ressource renouvelable et constitue l'une des formes de l'énergie solaire. Tandis que l'air chauffé par le rayonnement du Soleil s'élève, la pression atmosphérique au niveau de la surface de la Terre s'abaisse. L'air chaud manquant du fait du courant descendant est remplacé par de l'air plus froid venu des régions voisines, ce qui provoque les mouvements d'air que nous appelons le vent. Les éoliennes convertissent l'énergie cinétique du vent en force mécanique ou en électricité. Elles ne sont pas adaptées à toutes les situations à cause de l'espace qu'elles requièrent et du bruit qu'elles produisent. Néanmoins, les fermes éoliennes se rencontrent de plus en plus fréquemment dans les paysages, notamment dans des pays comme le Danemark et l'Allemagne. Il est impossible de prédire quand et avec quelle force le vent soufflera, mais c'est une source d'énergie propre et totalement inépuisable. Une fois les éoliennes construites, l'exploitation du vent est très peu coûteuse.

L'ÉNERGIE GÉOTHERMIQUE

L'énergie géothermique est produite dans le noyau de la Terre à environ 6500 km sous la surface. La désintégration continue de particules radioactives y entretient une température plus élevée qu'à la surface du Soleil. Les roches chaudes chauffent l'eau souterraine, qui produit de la vapeur. La plupart des gisements géothermiques sont découverts par forage. Certains débouchent dans des volcans ou bien se manifestent sous forme de sources chaudes et de geysers. Mais il n'existe aucun indice qui, en surface, révèle systématiquement leur présence. L'énergie qu'ils dégagent peut permettre de chauffer des habitations et de produire de l'électricité en captant l'eau chaude et la vapeur souterraines, avec de faibles niveaux de rejet. Une centrale géothermique, en effet, ne produit environ qu'un sixième du gaz carbonique émis par une centrale à gaz naturel. En outre, il s'agit d'une source d'énergie renouvelable parce que l'infiltration des eaux de pluie recharge naturellement les nappes d'eau souterraines et parce que la chaleur est constamment produite au centre de la Terre. À l'échelle de la planète, le plus gros de l'activité géothermique se rencontre dans une zone ceignant l'océan Pacifique, baptisée la ceinture de feu.

L'ÉNERGIE SOLAIRE

L'énergie solaire est une énergie renouvelable provenant du Soleil sous la forme de lumière ou de chaleur. Elle peut être convertie directement ou indirectement en d'autres formes d'énergie telles que la chaleur et l'électricité, sans entraîner de pollution de l'environnement. De vastes surfaces sont nécessaires pour collecter l'énergie solaire et l'investissement initial d'installation est élevé. Les collecteurs thermiques sont fabriqués en acier, en verre ou en plastique; ils recueillent l'énergie du Soleil sous forme de chaleur, qui chauffe une tubulure dans laquelle circule de l'eau ou de l'air. Les cellules photovoltaïques, quant à elles, captent la lumière solaire et la convertissent directement en électricité. Elles sont exploitables de multiples manières, pour fournir de l'électricité à de simples calculatrices, comme pour apporter de l'électricité à une ville en terre.



L'ÉNERGIE DES RIVIÈRES ET DES VAGUES

L'énergie de l'eau a été utilisée pendant des millénaires pour moulinier le grain et entraîner des machines simples. De nos jours, cette ressource renouvelable fournit un cinquième de l'électricité mondiale. L'eau en mouvement fait tourner des turbines qui entraînent des génératrices, lesquelles convertissent l'énergie cinétique en électricité. L'eau est propre, fiable et puissante. Elle peut être régulée en fonction de la demande. Toutefois, elle peut aussi devenir rare en cas de sécheresse, nécessitant alors un recours accru aux combustibles fossiles. Par ailleurs, les barrages hydroélectriques ne sont pas sans conséquences sur la qualité de l'eau et sur les écosystèmes des rivières et de leurs abords. En mer, les vagues, provoquées par les vents qui balayent la surface, sont également la source d'une énergie considérable. Elles peuvent être concentrées dans des chenaux étroits afin d'accroître leur taille et leur puissance, puis canalisées vers des bassins de captage, ou bien utilisées telles quelles pour faire tourner des turbines. Mais ces systèmes sont plus coûteux à faire fonctionner que les stations à énergie fossile.

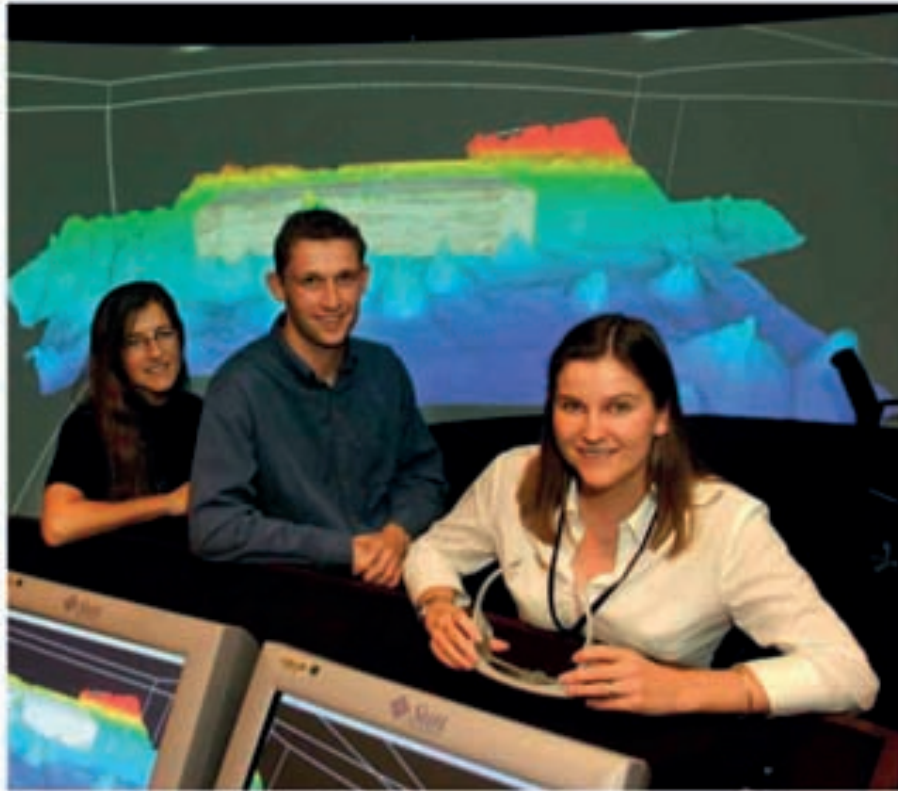
DU PÉTROLE AUX ÉNERGIES DE DEMAIN

De nos jours, les grandes sociétés pétrolières et gazières tendent à devenir des sociétés de l'énergie dans son acception la plus vaste car elles sont des investisseurs majeurs dans le développement des ressources alternatives. Ainsi, par exemple, BP est l'un des plus gros producteurs mondiaux de cellules photovoltaïques et Chevron le plus grand développeur mondial d'énergie géothermique. L'industrie du pétrole et du gaz est la plus grosse productrice et utilisatrice d'hydrogène. ExxonMobil, BP, Chevron, Shell et ConocoPhillips sont des acteurs essentiels des partenariats gouvernement-industrie pour le développement des véhicules à hydrogène tels que le FreedomCar and Fuel Partnership du Département de l'énergie américain, et le California Fuel Cell Partnership. Shell et Petrobras se placent, quant à eux, au premier rang du développement mondial des biocarburants.



Les carrières du pétrole

Plus d'un million de personnes sont employées dans le monde par l'industrie pétrolière. Des ouvriers de production aux responsables directoriaux, en passant par les opérateurs qualifiés, les techniciens de maintenance, les ingénieurs et les scientifiques, elle offre à tous les niveaux de qualification des carrières passionnantes dans des lieux très variés. Le personnel des champs d'exploitation et de forage se déplace souvent d'un lieu à l'autre. Les opérateurs de puits et les ouvriers du traitement du gaz restent souvent en place pour de longues périodes. Cadres, administrateurs et administratifs travaillent généralement dans les bureaux. Les géologues, ingénieurs et directeurs partagent souvent leur temps entre le bureau et les sites de production, notamment en phase d'exploration.



LES PROFESSIONNELS

LES GÉOLOGUES

Les géologues étudient la composition des roches, leurs processus de formation et l'histoire de la Terre pour trouver des gisements de pétrole. Ils peuvent passer des semaines sur le terrain à cartographier, effectuer des relevés, creuser et récolter des échantillons de terre. De retour au laboratoire, ils les analysent pour connaître leur composition et leur évolution. Les géologues utilisent de puissants ordinateurs pour créer et corriger des modélisations 2D et 3D des formations géologiques afin de savoir où forer. Ils ont des connaissances en chimie, physique, biologie et mathématiques. Certains postes nécessitent seulement une licence, mais une maîtrise ou un doctorat offrent de meilleures opportunités.

LES AGENTS FONCIERS SPÉCIALISÉS EN DROITS MINIERS

Ce job, répandu en Amérique du Nord, s'étend à d'autres pays. Les agents fonciers sont chargés de négocier avec les propriétaires des terrains, particuliers ou gouvernements, l'obtention de permis d'effectuer des forages de recherche et d'exploitation. Ils sont responsables des acquisitions de droits d'exploitation du pétrole, du gaz naturel ou des terrains. Ils effectuent les négociations, la rédaction et l'administration des actes ainsi que la supervision des activités d'administration des terrains. Ces postes nécessitent une licence en gestion des terrains pétroliers, ou mieux un doctorat en droit.

LES GÉOPHYSIENS

Les géophysiciens étudient la Terre à travers des relevés gravitationnels, magnétiques, électriques et sismiques. Certains restent sur le terrain à étudier le sous-sol, d'autres sont en laboratoire, effectuant calculs et modélisations sur ordinateur. Les géophysiciens ont une solide connaissance des sciences de la Terre et des notions poussées en maths, géologie et physique. Un diplôme de troisième cycle est exigé pour la plupart des postes.

LES INGÉNIEURS DU PÉTROLE

Intervenant dans toutes les phases de l'exploration, du forage et de la production pétrolière, les ingénieurs effectuent les recherches des réservoirs de gaz et de pétrole et développent des méthodes sûres et efficaces pour remonter ces ressources à la surface. Beaucoup voyagent ou travaillent dans des pays étrangers, déplacements qui les emmènent au cœur des déserts, en haute mer, dans les montagnes ou les régions froides du globe sur les gisements en exploitation. Certains, toutefois, travaillent dans des bureaux, analysant les rapports et les recommandations des ingénieurs de terrain et conseillant les décideurs sur les façons de procéder. Les techniciens du pétrole doivent être détenteurs d'un diplôme pré-universitaire en ingénierie ou en sciences de la Terre, mais la majorité poussent leur formation jusqu'aux degrés universitaires.





LE GRAND RENOUVELLEMENT

Le besoin en personnel est important dans l'industrie du pétrole et du gaz, et pourrait encore augmenter dans les années à venir en raison de la demande accrue. La crise de l'industrie pétrolière dans les années 1980 avait entraîné une baisse de l'embauche et du nombre d'étudiants en géosciences. Mais le secteur est à nouveau en plein boom. En outre, le personnel qui part pour cause de retraite doit être remplacé. L'âge moyen actuel des professionnels du pétrole étant d'environ 49 ans, beaucoup de personnes devront être remplacées dans les dix ans à venir, ce qui offre la perspective de nombreuses opportunités d'emplois.



LES SALAIRES DU PÉTROLE

Le secteur du pétrole et du gaz offre les salaires moyens les plus élevés de l'industrie à tous les niveaux de qualification. Même aux postes les plus bas – les plus exigeants physiquement –, la paye est bonne. Les emplois diplômés en Université ou en écoles techniques sont évidemment les plus rémunérateurs. Le salaire des foreurs varie en fonction de leur expérience et leur ancienneté; il est généralement composé d'un fixe journalier auquel s'ajoutent diverses primes. Les employés des plates-formes offshore gagnent généralement plus que les employés à terre à cause des conditions de travail plus extrêmes et plus dangereuses.



LES SPÉCIALISTES DE L'ENVIRONNEMENT/DE LA SÉCURITÉ

LES TECHNICIENS EN SCIENCE ENVIRONNEMENTALE ET EN PROTECTION

Ils effectuent des tests en laboratoire et sur le terrain pour surveiller la pollution et l'impact environnemental de l'activité pétrolière. Ils prélèvent des échantillons de gaz, de sol, d'eau et autres pour les analyser et identifier comment corriger d'éventuels problèmes.

LES INGÉNIEURS SANTÉ ET SÉCURITÉ

Ils doivent appliquer les procédés industriels, mécaniques et chimiques en tenant compte de la psychologie et des lois de la sécurité industrielle, afin d'assurer la sécurité des sites et des produits.



LES QUALITÉS REQUISES

Pour être à sa place dans l'industrie pétrolière, il faut allier des connaissances et un goût pour la mécanique, avoir le sens de la sécurité, savoir suivre des ordres et bien travailler en équipe. Les ouvriers peuvent y entrer avec des formations très variées. Les emplois les plus courants, comme celui d'homme de plancher (ouvrier foreur) ne réclament généralement pas – ou peu – d'expérience préalable, mais nécessitent un examen physique. Les connaissances de base sont généralement acquises « sur le tas ». Les possibilités d'évolution sont toutefois meilleures pour les ouvriers qui disposent d'une formation et d'expérience. Les équipes offshore, quant à elles, sont généralement plus qualifiées, même aux niveaux les plus bas, à cause de la nature du travail en conditions critiques. Les métiers diplômés (géologues, géophysiciens, ingénieurs) réclament au moins le niveau licence, mais beaucoup de compagnies préfèrent les maîtrises et les doctorats, qui sont très demandés.

LA RÉDUCTION DES TORCHÈRES

Pétrole brut et gaz naturel coexistent dans le sous-sol et le forage a pour effet de les faire remonter tous deux à la surface. Mais comme la récolte du gaz naturel est coûteuse et nécessite des infrastructures de traitement et de transport par gazoduc, beaucoup d'installations de forage brûlent encore sur place ce gaz de valeur, mais qu'elles ne peuvent exploiter. Dans la seule Afrique, le brûlage par torchères (ou torchage) détruit chaque année 40 milliards de mètres cubes de gaz, grâce auxquels on pourrait fournir la moitié de l'électricité nécessaire à tout le continent. Le *Global Gas Flaring Reduction Partnership* est une coalition de sociétés pétrolières et de pays producteurs de gaz, soutenus par la Banque mondiale, réunis en vue de réduire le torchage. Le groupe a établi pour ses membres des standards permettant d'atteindre plus rapidement les objectifs. Il travaille aussi à développer l'usage du gaz naturel et du gaz de pétrole liquéfié dans les communautés locales proches des sites de torchage. Beaucoup reste à faire et le partenariat a été étendu et poursuit ses efforts.



AU SERVICE DU DÉVELOPPEMENT LOCAL

Lorsque la ConocoPhillips découvrit des réserves de pétrole dans le golfe de Paria, une zone écologiquement sensible au large des côtes du Venezuela, des voix locales s'élevèrent pour s'inquiéter de l'impact que leur exploitation aurait sur la pêche, les oiseaux migrateurs et l'économie. La ConocoPhillips s'est engagée alors à prendre les mesures nécessaires pour assurer la protection de l'environnement et des bénéfices pour les communautés locales. Elle a formé les pêcheurs aux méthodes de préservation de leurs prises, enseigné aux femmes des techniques de vente, mené des campagnes de santé et de bien-être et amélioré l'accès à l'eau potable. Le programme de développement de la compagnie garantit également l'embauche de travailleurs locaux et elle œuvre avec les groupes de protection à la préservation de la diversité biologique.

Au service de la société humaine

L'énergie est nécessaire à l'activité des hommes. Elle apporte chaleur pour le confort et la santé, électricité pour l'éclairage et les appareils modernes, carburant pour les véhicules. Mais elle doit être produite de manière sûre et peu coûteuse, économiquement et socialement responsable, afin de préserver le bien-être des générations futures. Or, les sociétés pétrolières et gazières opèrent souvent dans des régions faiblement développées, écologiquement sensibles, et leur activité peut avoir un impact économique énorme sur les pays hôtes. Elles ont été pionnières en matière de responsabilité sociale en travaillant avec les employés, leurs familles, les communautés locales et la société au sens large pour améliorer leur qualité de vie. Les exemples de partenariats et de projets ne manquent pas, et ne représentent qu'une partie de ce que l'industrie pétrolière fait sur le terrain pour construire et maintenir des relations mutuellement bénéfiques au service de la société.



L'AFRIQUE DE L'EST ET L'ESSENCE SANS PLOMB

La qualité de l'air s'est beaucoup dégradée dans de nombreux pays en voie de développement à cause de l'urbanisation et l'emploi accru de véhicules à moteur. Les automobiles ont longtemps consommé de l'essence au plomb, un élément toxique. Plus de 80 organismes internationaux, parmi lesquels la *Petroleum Industry of East Africa*, se sont réunis en vue d'éradiquer de manière globale le plomb de l'essence et d'adopter des technologies plus propres. Mettant en place le « Partenariat pour les carburants et les véhicules propres », ils ont lancé une campagne d'éducation et édicté des règles qui ont permis de supprimer l'essence sans plomb dans toute l'Afrique subsaharienne. Au début 2006, dans cette région du monde, toute production et importation d'essence au plomb avaient cessé, le sans plomb devenant disponible pour 100% de la population. Aujourd'hui, le « Partenariat » poursuit ses efforts dans d'autres pays en voie de développement, comme la Gambie et la Thaïlande.





POUR ENRAYER LE SIDA

On estime que 1 million de personnes souffrent du sida en République du Congo, dont plus de la moitié sont des femmes. Opérateur pétrolier dans ce pays, le groupe italien ENI a souhaité intervenir dans la prévention de cette maladie et protéger tant ses employés que les communautés locales dans les régions affectées. Se concentrant sur la prévention de la transmission mère-enfant, ENI finance et équipe des hôpitaux locaux en matériel de dépistage chez les femmes enceintes, fournit des conseils aux familles et traite les nouveau-nés atteints de la maladie. Résultat, le taux de mortalité a fortement baissé au Congo, et le programme est aujourd'hui un modèle pour d'autres pays.

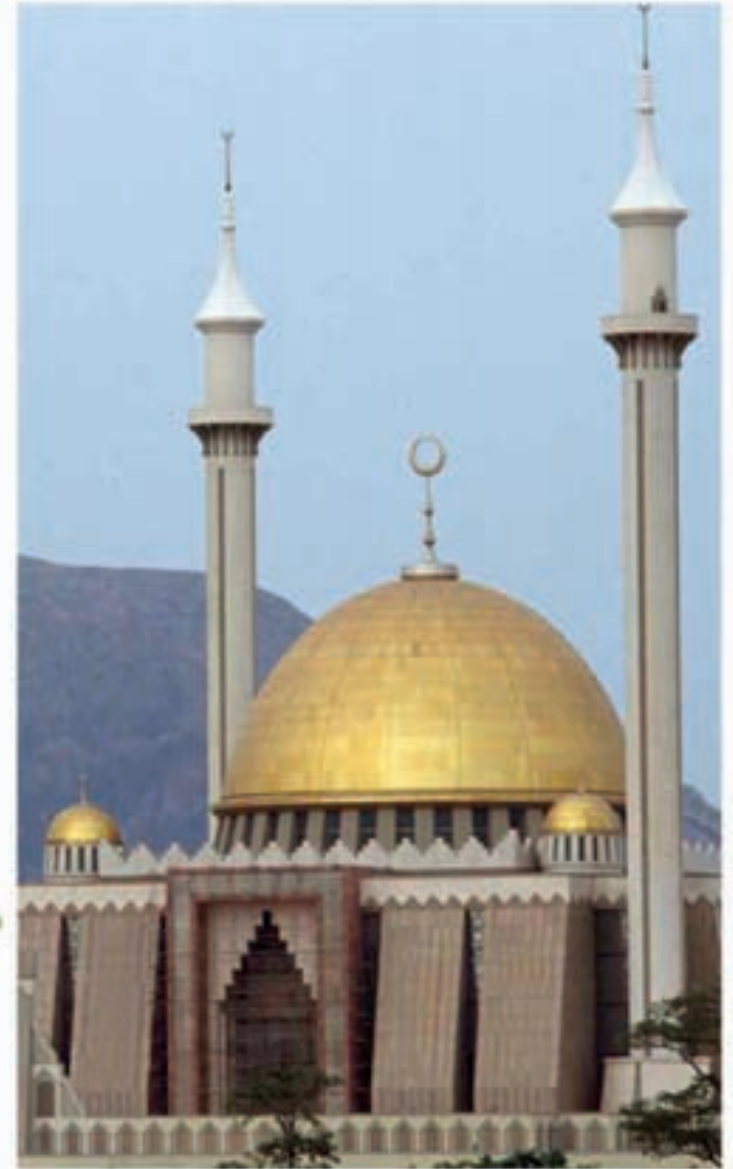
AU SECOURS DU TIGRE

En moins de 100 ans, le nombre de tigres sauvages en Asie, présents de Sumatra à la Sibérie, est tombé de près de 100 000 à moins de 5 000. Le commerce de toutes les sous-espèces fut interdit en 1987, mais la destruction des habitats, le braconnage et le trafic illégal des peaux représentent encore de sérieuses menaces pour les survivants. La compagnie pétrolière ExxonMobil avait, dès le début des années 1900, choisi le tigre comme emblème. En 1995, elle décida de créer la fondation « Sauvez les tigres » pour soutenir sa protection. À travers des plaidoyers et une éducation à la sauvegarde, des programmes antibraconnage, la restauration et la protection des milieux, la résolution des conflits entre humains et espèces sauvages, ExxonMobil travaille avec les communautés locales à la restauration des populations de tigres sauvages.



LA FORMATION DES FEMMES PAKISTANAISES

Dans les régions non industrialisées du sud du Pakistan, la survie des populations dépend de l'agriculture, une ressource peu fiable compte tenu de l'instabilité climatique et de la déficience des systèmes d'irrigation. Pour assurer la subsistance de leurs familles, les hommes vont chercher des emplois dans les villes proches et les femmes produisent des objets artisanaux qu'elles vendent sur les marchés. Mais ces dernières manquent de connaissances sur la manière de bien développer leur commerce. Le centre de formation de Sartiyoan Silai Karhai Markaz, de la société BHP Billiton, favorise l'indépendance économique en enseignant à ces femmes la broderie et la couture. Des centaines d'entre elles ont assisté à ses formations et beaucoup ont, depuis, ouvert des boutiques d'habillement et de cosmétiques dans les villages.



LA FORMATION DES JUGES DE LA SHARIA AU NIGERIA

La réforme du système politique au Nigeria a conduit à la nomination de nombreux chefs religieux à des postes de juge. Mais si ceux-ci sont très versés dans l'enseignement de la loi islamique – la Sharia – et du Coran, ils manquent souvent d'une éducation légale formelle et de connaissances en matière d'application des droits de l'homme. La Statoil, compagnie pétrolière et gazière norvégienne présente au Nigeria, fournit un soutien financier au *Legal Defence and Assistance Project* (LEDAP), un organisme de ce pays qui conduit des séminaires de formation aux droits de l'homme. À ce jour, 20 % des juges du pays en ont bénéficié.

Une chronologie de l'histoire du pétrole

Durant des millénaires, au Moyen-Orient notamment, le pétrole connu divers usages : éclairage, calfatage des bateaux, etc. La véritable ère du pétrole débuta il y a 150 ans environ. La première révolution fut la naissance des lampes à pétrole en 1857, la seconde, plus déterminante encore, l'invention du moteur à combustion interne en 1862, qui permit le développement de l'automobile. Aujourd'hui, non seulement le pétrole domine le monde économique, mais il a aussi une influence majeure en politique.

Sarcophage égyptien



VERS 4500 AV. J.-C.
Les peuples de l'actuel Irak utilisent le bitume affleurant pour isoler leurs maisons.

VERS 4000 AV. J.-C.
Les peuples du Moyen-Orient utilisent le bitume pour étancher les bateaux. Appelée calfatage, cette technique sera utilisée jusqu'en 1900.

VERS 600 AV. J.-C.
Le roi Nabuchodonosor utilise des briques contenant du bitume pour construire les Jardins suspendus de Babylone et des conduites étanchées au bitume pour les alimenter en eau.

Ve SIÈCLE AV. J.-C.
Les archers persans trempent leurs flèches dans du bitume pour les enflammer.

450 AV. J.-C.
Hérodote, historien grec de l'Antiquité, évoque des mares de bitume près de Babylone.

VERS 300 AV. J.-C.
Les zoroastriens érigent des temples du feu en Azerbaïdjan. Ils utilisent des jets de gaz naturel sortant du sol pour entretenir une flamme permanente dans les temples.



Temple du feu zoroastrien en Azerbaïdjan

VERS 200 AV. J.-C.
Les Égyptiens de l'Antiquité utilisent parfois du bitume pour momifier leurs morts.

VERS LE DÉBUT DE NOTRE ÈRE
En forant à la recherche de sel, les Chinois extraient du pétrole et du gaz. Ils brûlent ce dernier pour assécher et récolter le sel.

VERS L'AN 67
Les juifs défendant la ville de Jotapata jettent du pétrole bouillant sur les Romains.

AN 100
L'historien romain Plutarque décrit des sources de pétrole bouillonnantes près de Kirkouk, dans l'actuel Irak. C'est l'une des premières mentions historiques du pétrole liquide.

VIe SIÈCLE
Les Byzantins utilisent le feu grégeois, bombes incendiaires fabriquées avec du bitume, du soufre et de la chaux vive.

1264
Marco Polo raconte que dans l'actuel Azerbaïdjan, on récolte du pétrole pour l'utiliser en médecine et en éclairage.

XVIe SIÈCLE
À Krosno, en Pologne, on fait brûler en éclairage de rue du pétrole des Carpates.

ANNÉES 1780
La lampe à huile de cétacé du physicien suisse Aimé Argand remplace les autres éclairages.

VERS 1800
Le macadam, mélange de graviers calibrés et de goudron, est utilisé pour la première fois comme revêtement routier.

1807
Le gaz de charbon alimente les premiers éclairages publics à Londres, en Angleterre.

1816
Débuts de l'industrie américaine du gaz de charbon à Baltimore, aux États-Unis.

1821
Première livraison de gaz commercial dans les habitations, à New York, aux États-Unis, dans des conduites en bois creux.

1846
Le Canadien Abraham Gesner fabrique du pétrole lampant à partir de charbon.

1847
Le premier puits de pétrole du monde est foré à Bakou, en Azerbaïdjan.

1849
Abraham Gesner découvre comment fabriquer du pétrole lampant à partir de pétrole brut.

1851
Au Canada, Charles Nelson Tripp fonde l'International Mining and Manufacturing Company, première compagnie nord-américaine pour exploiter l'asphalte de l'Ontario.

Le chimiste écossais James Young ouvre la première raffinerie de pétrole du monde à Bathgate, près d'Édimbourg, pour produire du pétrole à partir de torbanite.

1853
Le chimiste polonais Ignacy Lukasiewicz découvre comment produire du pétrole lampant industriellement à partir de pétrole brut. Il ouvre la voie de la lampe à pétrole qui va très vite révolutionner l'éclairage des foyers.



Lampe à pétrole

1856

Ignacy Lukaszewicz installe la première raffinerie de pétrole brut du monde à Ulaszowice, en Pologne.

1857

L'Américain Michael Dietz dépose un modèle de lampe d'éclairage fonctionnant au pétrole lampant. Il va remplacer en quelques années la coûteuse huile de baleine.

1858

Le premier puits de pétrole nord-américain est ouvert à Oil Springs, au Canada.

1859

Le premier puits de pétrole des États-Unis est foré par Edwin L. Drake à Titusville, en Pennsylvanie.

1860

La Canadian Oil Company devient la première compagnie du monde à contrôler la production, le raffinage et la commercialisation du pétrole.

1861

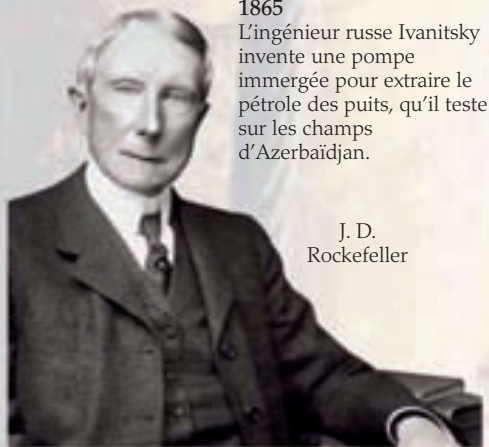
Premier transport maritime de pétrole à bord du navire *Elizabeth-Watts*, de Pennsylvanie à Londres.

1862

Le Français Alphonse Beau de Rochas fait breveter le moteur à combustion interne à quatre temps. Fonctionnant au pétrole, il va propulser la plupart des automobiles du *xxe* siècle.

1865

L'ingénieur russe Ivanitsky invente une pompe immergée pour extraire le pétrole des puits, qu'il teste sur les champs d'Azerbaïdjan.



J. D.
Rockefeller

1870

J. D. Rockefeller constitue la Standard Oil dans l'Ohio, qui s'appellera ensuite Esso, et aujourd'hui ExxonMobil.

1872

J. D. Rockefeller détient plus de 25 % du marché du pétrole américain. Vers 1877, il contrôlera environ 90 % du raffinage aux États-Unis.

1878

Le premier puits de pétrole du Venezuela est foré au lac Maracaibo.

1879

L'Américain Thomas Edison invente l'ampoule électrique.

1885

En Allemagne, l'ingénieur et industriel Gottlieb Daimler invente le premier moteur à essence moderne, muni de cylindres verticaux et d'un carburateur pour réguler l'alimentation.

L'ingénieur allemand Karl Benz crée le premier moteur à essence adapté à une commercialisation à grande échelle.

Du pétrole est découvert à Sumatra par la Royal Dutch Oil Company.

1901

Premier puits éruptif américain sur forage profond à Spindletop, au Texas. Il va déclencher le boom pétrolier texan.

1905

Le champ pétrolier de Bakou est incendié durant les troubles qui surviennent dans tout l'Empire russe, en opposition au tsar Nicolas II.

1907

La compagnie pétrolière Shell et la compagnie hollandaise Royal Dutch fusionnent pour constituer la Royal Dutch Shell.

1908

Lancement de la Ford T, première automobile produite en série. Les automobiles deviennent ainsi abordables, ce qui fait augmenter la demande en pétrole.



Ford Model T

Découverte de pétrole en Perse (actuel Iran), entraînant la création en 1909 de l'Anglo-Persian Oil Company, précurseur de la géante moderne British Petroleum (BP).

1910

Première découverte de pétrole au Mexique, à Tampico, sur la côte du golfe du Mexique.

1914-1918

Durant la Première Guerre mondiale, le contrôle des Britanniques sur le pétrole persan, qui alimente leurs navires et leurs avions, sera un facteur déterminant de la défaite de l'Allemagne.

1927

Schlumberger réalise la première mesure de la résistance électrique des sols, dans un puits à Merkwiler-Pechelbronn, en France.

1932

Découverte de pétrole à Bahreïn.

1935

Invention du Nylon, l'une des premières fibres synthétiques dérivées du pétrole.

Première mise en œuvre du craquage catalytique dans le raffinage du pétrole, permettant de briser les hydrocarbures lourds.

1938

D'immenses réserves de pétrole sont découvertes au Koweït et en Arabie Saoudite.

1939-1945

Seconde Guerre mondiale. Le contrôle de l'approvisionnement en pétrole, en particulier depuis Bakou et le Moyen-Orient, joue un rôle important dans la victoire des Alliés.

1947

Le premier puits de pétrole offshore commercial en pleine mer est foré par une plate-forme mobile sur un fond de 4,20 m de profondeur dans le golfe du Mexique, au large de la côte sud-est de la Louisiane.

1948

Le plus grand gisement de pétrole liquide du monde, renfermant environ 80 milliards de barils, est découvert à Ghawar, en Arabie Saoudite.

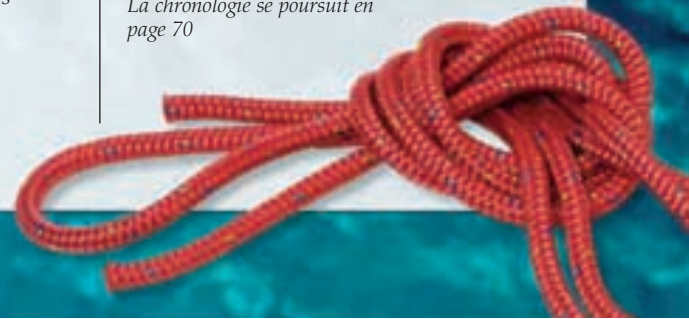
1951

L'Iranian Oil Company (ex-Anglo-Persian) est nationalisée par le gouvernement iranien. Il s'ensuivra un coup d'État soutenu par les États-Unis et la Grande-Bretagne pour restaurer le pouvoir du shah (souverain d'Iran).

1960

L'OPEP (Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole) est fondée par l'Arabie Saoudite, le Venezuela, le Koweït, l'Irak et l'Iran.

La chronologie se poursuit en page 70



Oléoduc Trans-Alaska



1967
La production commerciale de pétrole débute au Canada à partir des sables bitumineux d'Alberta, le plus grand gisement du monde de ce type.

1968
Découverte de pétrole à Prudhoe Bay, dans le nord de l'Alaska. Le gisement devient la principale source de pétrole pour l'Amérique du Nord.

1969
Aux États-Unis, une importante fuite de pétrole provoquée par une explosion sur une plate-forme au large des côtes de Santa Barbara, en Californie, provoque une marée noire catastrophique pour la vie marine.

Découverte dans la mer du Nord de pétrole et de gaz naturel qui vont alimenter les pays du nord de l'Europe, comme la Grande-Bretagne, pendant 25 ans.

1971
Les pays de l'OPEP, au Moyen-Orient, commencent à nationaliser leurs biens pétroliers afin de prendre le contrôle de leurs réserves.



Nettoyage de la marée noire de l'Exxon-Valdez

1973
L'OPEP quadruple le prix du pétrole brut. Cela bloque l'approvisionnement des pays occidentaux soutenant Israël dans la guerre contre les forces arabes menées par l'Égypte et la Syrie, et provoque de graves pénuries de pétrole en Occident.

1975
Débuts de la production pétrolière en mer du Nord.

En réaction à la crise du pétrole de 1973, les États-Unis mettent en place leur réserve stratégique de pétrole pour se constituer une réserve d'urgence dans des dômes de sel. En 2005, cette réserve atteindra 658 millions de barils.

1977
Achèvement de l'oléoduc Trans-Alaska.

1979-1981
Les prix du pétrole connaissent une nouvelle flambée, passant de 13 dollars à 34 dollars le baril.

1989
Le pétrolier Exxon-Valdez s'échoue dans le Prince William Sound, en Alaska, provoquant une marée noire et une catastrophe écologique.

1991
Les puits de pétrole du Koweït sont incendiés par les Irakiens durant la Première Guerre du Golfe.

1995
Une résolution des Nations Unies autorise une reprise partielle des exportations de pétrole de l'Irak avec l'arrangement « pétrole contre nourriture ».

1996
Le Qatar ouvre les premières grosses installations permettant l'exportation de gaz naturel liquéfié.

2002
Début de la construction de l'oléoduc de Bakou à la Méditerranée.

2003
Le Sénat des États-Unis rejette la proposition d'exploration pétrolière dans l'Arctic National Wildlife Refuge, une réserve naturelle en Alaska.

Une installation pétrolière inondée aux États-Unis suite à l'ouragan Katrina en 2005



Première livraison de gaz naturel liquéfié (GNL) depuis 1980 à l'usine de regazéification GNL de Cove Point remise en service dans le Maryland, qui sera la plus grosse installation de ce type des États-Unis.

2004
Déclin de la production de pétrole et de gaz de la mer du Nord.

L'importation de pétrole aux États-Unis atteint un record de 11,3 millions de barils par jour.

2005
L'ouragan Katrina frappe le golfe du Mexique, provoquant localement le chaos dans l'industrie pétrolière américaine.

2006
La Russie interrompt ses fournitures de gaz à l'Ukraine jusqu'à ce que les Ukrainiens acceptent une forte augmentation des prix.

2007
L'Agence internationale de l'énergie estime que la Chine dépassera les États-Unis en tant que plus gros émetteur de dioxyde de carbone en 2007, et que l'Inde deviendra le troisième plus gros émetteur vers 2015.

2008
Le prix du pétrole atteint le record de 147 dollars le baril avant de retomber fortement à cause de la crise économique globale.

LES MUSÉES ET EXPOSITIONS

Les musées scientifiques proposent souvent d'excellentes expositions sur des domaines abordés dans ce livre tels que les ressources énergétiques, la formation des combustibles fossiles, leur exploitation, leur transport, etc.



Modèle de musée d'une plate-forme offshore

Pour en savoir plus

Le pétrole est un sujet extrêmement riche car il ouvre sur de nombreux domaines de découverte : histoire, géologie, chimie, technologie, économie, politique, écologie... Chacun peut y trouver un centre d'intérêt. En outre, il débouche sur des réflexions et des interrogations toujours passionnantes, sur le futur énergétique et climatique de la planète. Ce livre n'est qu'une introduction à la plus grande et la plus complexe des industries et à ses enjeux, actuels et à venir. Il existe plusieurs façons d'aller plus loin : expositions, musées, sites Internet, etc., qui offriront à celui qui le souhaite de multiples occasions d'approfondir ses connaissances.

VISITES RÉELLES ET VIRTUELLES

Une école peut organiser une visite dans un terminal pétrolier ou une raffinerie. Le département éducation des grandes compagnies fournit généralement toutes les informations à ce sujet. Toutefois, les installations pétrolières sont souvent situées dans des lieux inaccessibles ou trop dangereux pour permettre des visites scolaires. Inutile d'espérer visiter une plate-forme d'exploitation offshore ! La visite virtuelle prend alors tout son sens. La société Total et son département Planète Energie ont, par exemple, mis en ligne sur leur site Internet (voir ci-dessus) la visite virtuelle de la plate-forme Elgin-Franklin, en mer du Nord.

Sur Internet, certains sites proposent des vidéos et animations présentant des usines et les processus de raffinage.

Visite virtuelle d'une raffinerie de pétrole



Déchets recyclables



Le recyclage permet de réduire notre consommation d'énergie.

QUELQUES SITES INTERNET

- Renseignements sur toutes les sources d'énergie et sur les carrières de l'industrie de l'exploration et de la production : <http://www.energy4me.org>, présentées par les Ingénieurs de la Society of Petroleum Engineers.
- Liste des musées sur le pétrole et le gaz naturel dans le monde : http://www.energy4me.org/sources/oilgas/petroleum_museums.htm
- Visite virtuelle de la plate-forme offshore Captain : <http://resources.schoolscience.co.uk/SPE/index.html>
- Visite d'un enfant sur une plate-forme pétrolière offshore : <http://www.mms.gov/mmskids/explore/explore.htm>
- EnergyZone, fourni par l'Energy Institute britannique : <http://www.energyzone.net/>
- Page des étudiants de l'American Geological Institute : <http://www.earthsciweek.org/forstudents/index.html>
- Informations, jeux et activités sur l'énergie, et autres liens : www.eia.doe.gov/kids/index.html
 - Site du US Department of Energy des États-Unis sur les carburants fossiles, dont le charbon, le pétrole et le gaz naturel : <http://www.fossil.energy.gov/education/index.html>
 - Guide complet sur le raffinage du pétrole : <http://www.howstuffworks.com/oil-refining.htm>
 - Energy Minds pour les étudiants chez Shell : http://www.shell.us/views/energy_minds.html
 - Géologie fondamentale, formation et découverte du pétrole : www.priweb.org/ed/pgws/index.html
- Tout sur les piles à combustible, par le Smithsonian Institute : <http://americanhistory.si.edu/fuelcells/basics.htm>
- Introduction à l'énergie nucléaire, par le Nuclear Energy Institute des États-Unis : www.nei.org/scienceclub/index.html
- Le site pour les enfants de The Alliance to Save Energy : www.ase.org/section/_audience/consumers/kids
- Plusieurs liens sur le thème « Recycler, Réutiliser » : <http://42explore.com/recycle.htm>
- Le site du National Institute of Environmental Health Sciences des États-Unis concernant le recyclage et la réduction des déchets : www.niehs.nih.gov/kids/recycle.htm

Index

ABC

Abramovich, Roman 51
Adair, Paul Neal « Red » 33
Aérogel 38
Agriculture 7, 60
Alambics 12
Alaska 38
Alcanes 16
Anglo-Persian (Iranian) Oil Company 52, 59
Anticinal 24-25
Aramide (fibre) 49
Arbre de Noël 32, 37
Aromate 16, 70
Asphalte 16, 27, 68
Automobile 14-15, 44-45, 51, 55, 60-61, 66, 69
Babylone 9, 27, 68
Bakélite 48
Baku 12
Baril de pétrole 42
Benzène 19
Biocarburant 51, 60-61
Biogaz 20, 70
Bissell, George 12
Bitume 8-9, 16, 17, 19, 26, 68
Bordino, Virginio 14
Bougie 47
BP 51
Butane, 21
Calfatage 8
Carburants de compétition 45
Carothers, Wallace 15
Carrière 64-65, 71
Carthage 9
Cellule photovoltaïque 63
Centrale énergétique 44, 54, 62-63
Charbon 22-23, 55, 62
Chronologie 68-70
Cheikhs arabes 50-51, 52
Chéret, Jules 10-11
Chine 8, 53, 57
Cholestérol 17
Coke 43
Cokéfaction 43
Colonnes de fractionnement 42
Condensat 16, 20
Conditions de travail 35, 65
Consommation de pétrole 6, 52-53, 56-57
Cosmétique 46
Craquage (raffinage) 42-43, 69
Crise du pétrole (1973) 52, 70

DE

Derrick 12, 13, 32
Dérivés du pétrole 46-49
Détergent 46
Diesel 45, 55, 61
Dioxyde de carbone 54-55, 70
Distillation fractionnée 42
Drake, Edwin L. 12, 69

Éclairage 7, 10-11, 21
Éclairage public 21
Économies de pétrole 58-59
Effet de serre 54
Électricité 58, 59, 62-63
Émirats arabes unis 50, 53
Énergie 18, 44-45, 58-59, 60-63
de l'eau 63
éolienne 62-63
géothermique 62, 63
hydroélectrique 63
nucléaire 62, 71
solaire 51, 62, 63
Environnement 51, 54-55
Éruption 33, 70
Essence 6, 14-15, 42, 45, 51, 55
sans plomb 66
États-Unis 57
Éthane 21, 42, 48-49, 70
ExxonMobil 50-51, 67
Exxon-Váidez 41, 70

HIJK

Harkness, Edward 50
Hélium 21
Hormones stéroïdiennes 17
Huile
de baleine 10, 11
essentielle 17
végétale 61
Hunt, Haroldson 50
Hybride (automobile) 44
Hydrate de carbone 17, 60
Hydrocarbone 16-17
Hydrogène (voiture à) 61
Incendie 13, 33
Isobutane 21
Kérogène 19, 24
Kérosène 12, 10-11, 14, 27, 42, 45, 68, 69
Koweït 52, 53, 70

FG

Faillies 24, 39
Feu follet 20
Forage 8, 12, 30-33, 36-37
dans l'espace 31
d'exploration 14, 29
Foraminifère 19
Ford, Henry 14
Formation du pétrole 18-19
Fossile 22, 54
Gaz 16-17, 20-21
acide 20

LM

Lukasiewicz, Ignacy 12, 69
Macadam 27, 68

Magnétique (étude) 29
Malédiction des ressources 51
Marées noires 41
Matière organique 18, 26-27, 62
Mazout 17
McAdam, John Loudon, 27
Médicaments 47
Méthane 17, 22-23, 60-61
de houille 27
Mommies égyptiennes 9
Mossadegh, Mohammed 52
Moteur 44-45, 70
à vapeur 14
Musées 69, 71

NO

Nanotechnologie 31
Naphtène 16
Navire (ou Bateau) 40-41, 68, 69
Nigeria 51, 67
Nylon 15
Octane 16-17
Oléoduc 20, 38-39, 70
Baku-Tbilisi-Ceyhan 38, 70
Trans-Alaska 39, 70
Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole (OPEP) 52, 70
Organisme humain 17, 58

PQ

Paraffine 47
Parkes, Alexander, 48

Parkésine 48
Pétrochimique (produit) 46-47
Pétrole 16, 46-47, 64
brut 6, 12, 16, 42-43, 68, 69
doux 16
sulfureux 16
Pétrolier 7, 40-41
Photosynthèse 18
Phytoplancton 18
Piège à pétrole 18, 19, 24-25, 71
Pile à combustible 60, 61
Pitch Lake, Trinidad 27
Plançon 18
Plastique 15, 48-49, 71
Plate-forme de forage 32-37, 54-55, 71
Politiques du pétrole 52-53
Polycarbonate 49
Polychlorure de vinyle (PVC) 15, 48
Polyéthylène 48
basse densité (PE-LD) 48
haute densité (PE-HD) 48
Polymères 48-49, 71
renforcé par fibre de carbone (PRFC) 49
Polypropylène 48
Polystyrène 49
expansé 7
Pompe à balancier 13
Production de pétrole 56-57
Production en série (des automobiles) 14, 69
Propane 21, 70

Publicité 15
Puits d'asphalte 27
de pétrole 12-13, 29, 32-33
en éruption 13, 32, 69

RS

Racleur 38
Raffinerie 12-13, 42-43, 61, 69, 71
Raleigh, Sir Walter 27
Réchauffement global (ou climatique) 54
Recyclage des déchets 59, 71
Réduction de la consommation d'énergie 59
Réserves de pétrole 56-58
Responsabilité sociale, 66-67
Richesse 50-51
Roche 18-19, 21, 24-25, 28-29, 32
Rockefeller, John D. 50, 69
Routes 27, 55
Russie 50-53, 69, 70
Sable bitumineux 26
Schiste bitumineux 24, 26, 27
Séismes 39
Sismique d'exploration 28, 30, 37
Sites internet 71
Smith, William 25
Station-service 14-15, 50

TUV

Taghiyev, Hadji 50
Technologie 28-31
Terminal pétrolier 41
Terpène 19
Terrorisme 37
Torchère 66
Torches 10-11
Transports 7, 44-45, 58
Turbines 63-64
Ukraine 70
Végétaux (hydrocarbures des) 17, 60

WXYZ

Watson, Jonathan 50
Williams, James 12
Yamani (cheikh) 52
Young, James 27

Iconographie

L'éditeur souhaite remercier : Franklin Boitier et Eric Pierrat pour la traduction française ; Karen Whitehouse pour son travail éditorial sur l'édition spéciale ; Dawn Bates pour la relecture d'épreuves ; Hilary Bird et Heather MacNeil pour l'index ; Claire Bowers, David Ekholm-Jalburn, Clarie Ellerton, Sunita Gahir, Joanne Little, Susan St Louis, Steve Sefford et Bulent Yusef pour l'aide à la recherche de dessins d'illustration ; David Ball, Kathy Fahey, Neville Graham, Rose Horridge, Joanne Little et Sue Nicholson pour l'affiche ; Margaret Parrish pour la version américanisée de l'édition originale de cette ; Margaret Watson (SPE) ; Kelly D. Maish pour la relecture et la nouvelle composition de la maquette SPE ; Katherine Linder pour la retouche d'images.

Les éditeurs adressent également leurs remerciements aux personnes et/ou organismes cités ci-dessous pour leur aimable autorisation à reproduire les photographies : a = au-dessus ; b = bas/en-dessous ; c = centre ; x = extrême ; g = gauche ; d = droite ; h = haut.

2 Dorling Kindersley : Judith Miller / Ancient Art (hc), Oxford University Museum of Natural History (cb), Wikipedia : (bg), 3 Dorling Kindersley : Natural History Museum, Londres (hg), 4 Dorling Kindersley : Judith Miller/Luna (bc), The Science Museum, Londres (g), 5 Woodside Energy Ltd. (www.woodside.com.au) : (hd), 6 Avec l'aimable autorisation de Apple, Apple et le logo Apple sont des marques déposées de Apple Computer Inc., enregistrées aux États-Unis et dans d'autres pays : (c), Corbis : Derek Task (bg), Getty Images : Stone + / Tim Macpherson (hd), Science Photo Library : Paul Rapson (hg), 6-7 Corbis : Lester Leikowitz (bc), 7 Alamy Images : WordSpec / NASA (bd), Getty Images : Photographer's Choice / Joe McBride (hc), 8 Alamy Images : Visual Arts Library (Londres) (bc), 9 Alamy Images : Popperfoto (c), The Bridgeman Art Library : Collection privée,

Archives Charmet (hc), Dorling Kindersley : Conseil d'administration du British Museum (hg, bd, bg), Judith Miller / Cooper Owen (xcg), TopFoto.co.uk : HIP / The British Library (c/ Castle), 10-11 Dorling Kindersley : The Science Museum, Londres (c), 10 Dorling Kindersley : The Science Museum, Londres (bc), Mary Evans Picture Library (hg), 11 Alamy Images : Lebrecht Music and Arts Photo Library (bd), North Wind Picture Archive (hd), Dorling Kindersley : Dave King / Avec l'aimable autorisation du Science Museum, Londres (hg), Judith Miller / Ancient Art (bc), 12 Alamy Images : (cg), Corbis : Bettmann (hc, ca), Oil Museum of Canada, Oil Springs, Ontario : (bg), 12-13 Specialist Stock : Mark Edwards (bc), 13 Corbis : Underwood & Underwood (bd), Getty Images : Texas Energy Museum / Newsmasters (hd), Three Lions (hc), Library Of Congress, Washington, D.C. : (bc), 14 Corbis : Bettmann (bc), Collection Hulton-Deutsch (bg), Dorling Kindersley : National Motor Museum, Beaulieu (hg), 15 The Advertising Archives : (hd, cd), Alamy Images : John Crall / Transtock Inc. (fl), Corbis : Collection Hulton-Deutsch (c), Dorling Kindersley : The Science Museum, Londres (cb), 16 Dorling Kindersley : Natural History Museum, Londres (hg), Getty Images : National Geographic / Sarah Leen (hg), 16-17 Science Photo Library : Laguna Design (c), 17 Science Photo Library : Paul Rapson (bd), 18 NASA : Jeff Schmalz, Equipe "Rapid Response" de MODIS, GSFC (hd), Specialist Stock : Daryne A. Murawski (bg), 19 Alamy Images : Phototake Inc. (hd), Dorling Kindersley : Rough Guides (hg), NASA : Susan R. Trammell (UNC Charlotte) (hc), ESA/IC, HST, ESA (bc), Dr Richard Tyson, School of Geoscience and Civil Engineering, université de Newcastle : (cgb), 20 Getty Images : Alexander Drozdov / AFP (hc), Alamy Images : Picture Library : (hg), 20-21 Alamy Images : Bryan & Cherry Alexander Photography (b), Dorling Kindersley : National Maritime Museum, Londres (c), 21 Alamy Images : Cubolimages srl (bc), Angel Svo (hd), Corbis : Collection Hulton-Deutsch (hc), 22 National Energy Technology

Laboratory du département de l'Énergie des États-Unis (bd), 23 Canadian Society for Unconventional Resources : (cd), Woodside Energy Ltd. (www.woodside.com.au) : (bg), 24-25 Specialist Stock : Walter H. Hodge (bc), 25 Dorling Kindersley : Natural History Museum, Londres (c/Sandstone), Image satellite de Landsat 5 avec l'aimable autorisation du bureau Landsat Project Science Office de la NASA et du centre national des Earth Resources Observation and Science de USGS : (hg), Natural History Museum, Londres : (bd, c), 26 Corbis : Lara Solt / Dallas Morning News (hg), Rex Features : Norm Betts (bg), 27 Rex Features : Norm Betts (fl), 27 Corbis : (hc), Dorling Kindersley : National Maritime Museum, Londres (c), National History Museum, Londres (hg), Getty Images : Hulton Archive (hd), Natural History Museum, Londres : Michael Long (cga), Science & Society Picture Library : (bc), 28 Petrobras : (bd), Science Photo Library : Chris Sattlberger (cd), Woodside Energy Ltd. (www.woodside.com.au) : (bg), 29 Corbis : Bob Rowan / Progressive Image (cda) ; Tim Wright (hd), Micro-g Lacoste : (hg), Woodside Energy Ltd. (www.woodside.com.au) : (b), 30-31 Corbis : Greg Smith (bc), 30 Photographic Services, Shell International Ltd. : (bc), 31 Getty Images : exif / iStock Vectors (hg), NASA : (bd), 33 Corbis : Lowell Georgia (bd), Getty Images : Paul S. Howell / Liaison (hg), Specialist Stock : Russell Gordon (bg), 34 Corbis : Greg Locke / Reuters (hg), Getty Images : National Geographic / Justin Guangilia (bc), 35 Corbis : Stephanie Maze (hg), Dorling Kindersley : Natural History Museum, Londres (hd), Getty Images : Image Bank / Cousteau Science (cd), 36 © BP p.l.c. : (bd), Saudi Aramco : (hg), Transcoeur : (hd), 37 SERPENT Project : (bg), Statoil : Norsk Hydro (hc), Transocean : (bd), 38 Alamy Images : G.P. Bowater (cgb), Getty Images : Mustafa Ozer / AFP (bc), NASA : JPL (hg), ROSEN Swiss AG : (c), 38-39 Corbis : Ted Stroschinsky (hd), 39 Alamy Images : Bryan & Cherry Alexander Photography (b), Corbis : Lloyd Cluff (hd) ; Langevin Jacques / Corbis Sygma (hd), 40 Auke Visser, Holland : (cb), 40-41 Alamy Images : Stock Connection Blue (c), 41

Alamy Images : Roger Bamber (cr), Corbis : Karen Kasmauski (bd), Getty Images : Stone / Keith Wood (hc), 42 Corbis : Roger Ressemeyr (cd), Dorling Kindersley : Peter James Kindersley (cgb), Science Photo Library : Paul Rapson (bc), 43 Alamy Images : AGStockUSA, Inc. (tc) ; G.P. Bowater (hd), Corbis : Kazuyoshi Nomachi (b), 44 Corbis : Matthias Kulka (bg), Lake County Museum (hg), 45 Alamy Images : kolvenbach (cg) ; mark wagner aviation-images (b), Getty Images : Images de Lonely Planet / Jim Wark (hg), 46-47 National Geographic Stock : (c), 46 Science Photo Library : NASA/ESA/STSC/IE, KARKOSCHKA, U.ARIZONA (cg), 47 Science Photo Library : Eye of Science (c), 48 Dorling Kindersley : Judith Miller / Wallis & Wallis (hg), Judith Miller / Luna (cd), Wikipedia : (hd), 49 Alamy Images : imagebroker / Stefan Obermeier (bd) ; Kari Martilla (hd / Aramid), Dorling Kindersley : Paul Wilkinson (cgb), Getty Images : Science & Society Picture Library (cg) ; Greg Wood / AFP (hd), Science & Society Picture Library : (hg), 50 Corbis : Jose Fuste Raga (b), Mary Evans Picture Library : (hd), 51 © BP p.l.c. : (c, bd), Corbis : dpa (cg) ; Ed Kashi (bc) ; brian minkoff / Demotix (hd), Getty Images : Alex Livesey (hc), 52 Alamy Images : Patrick Steel (cr), Corbis : Bettmann (bc), Getty Images : Hulton Archive (hg) ; Carl Mydans / Time Life Pictures (hg), Library Of Congress, Washington, D.C. : Warren K. Leffer (hd), 52-53 Corbis : Peter Turnley (c), 53 Corbis : Andi Albert / Arcadia (hd), 54 Alamy Images : ImageState (c), Corbis : AgStock Images (hd), Dorling Kindersley : NASA (bg), 55 Corbis : David Lefranc (hd) & R&T / Brian Blades (l), Dorling Kindersley : Garry Darby, American 50s Car Hire (b), 56 Alamy Images : Paul Glendell (hd), Dorling Kindersley : Alan Keohane (cg) ; Clive Stretter / Avec l'aimable autorisation du Science Museum, Londres (hd), TCTAL UK Limited 2005 : (c), Vatterfall Group : (cd), 56-57 © BP p.l.c. : (Background), Corbis : Matthias Kulka (h), Dorling Kindersley : Garry Darby, American 50s Car Hire (bc), 57 Getty Images : Photographer's Choice / David Seed Photography (hd), Magenn

Power Inc. (www.magenn.com) : Chris Radisch (bd), 58 Alamy Images : Richard Cooke (g), Andre Jenny (hd), 59 Alamy Images : allOver Photography (bd), Science Photo Library : Tony McConnell (hg) ; Alfred Pasieka (cg), 60 Alamy Images : David R. Frazier Photolibrary, Inc. (hg), Specialist Stock : Joerg Boethling (hg), 60-61 (bm), Getty Group UK : (bc), 61 Biodys Engineering : (bd), Daimler AG : (hc), Getty Images : Yoshikazu Tsuno / AFP (tr), 62-63 Getty Images : Stone / David Frazier (c), 63 Corbis : Otto Rogge (bd) ; Paul A. Soulers (hg), 64 Photographic Services, Shell International Ltd. : (bd), Woodside Energy Ltd. (www.woodside.com.au) : (hd, bg), 65 © BP p.l.c. : (hc, c, cd), Statoil : (bc, hd), Transocean : (hg), 66 Corbis : Ocean (cg), Getty Images : De Agostini (bd), 67 Corbis : Sophie Elbaz / Sygma (hd), Getty Images : SM Rafiq Photography / Flickr (bc) ; Tom Stoddart Archive / Hulton Archive (hg), 68-69 © BP p.l.c. : (Background), 68 Alamy Images : Égypte, période ptolémaïque (332-30 BC) / The Bridgeman Art Library Ltd. (hg), Specialist Stock : Knut Mueller (hd), 69 Corbis : Bettmann (bg), 70-71 © BP p.l.c. : (fond), 70 © BP p.l.c. : (hg), Corbis : Natalie Fobes (bg), Getty Images : Jerry Grayson / Helifilms Australia PTY Ltd. (bd), 71 Avec l'aimable autorisation de Apple, Apple et le logo Apple sont des marques déposées de Apple Computer Inc., enregistrées aux États-Unis et dans d'autres pays : (bc / ordinateur portable), © BP p.l.c. : (bd / sur l'écran), Dorling Kindersley : Peter Griffiths & David Donkin - Modelmakers (bg)

Toute autre illustration © Dorling Kindersley

Pour plus d'informations : www.dkimages.com