

Les métiers en Sciences et Technologies 1

Université Mohamed Seddik BEN YAHIA JIJEL

Faculté des Sciences de la Technologie

Département D'enseignement fondamentales en sciences et technologie

email : fatima.melit@univ-jijel.dz

fatmazohra.boulassel@univ-jijel.dz¹



Table des matières

I - Chapitre 4 : Filières du Génie des Procédés, Hydrocarbures et Industries pétrochimiques

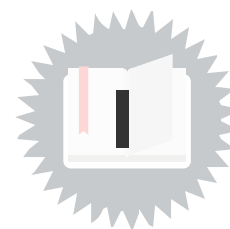
3

1.1. Définition	3
1.2. Historique	3
1.3. Chimie industrielle	3
1.4. Compétences d'un ingénieur en GP	5
1.5. Missions d'un ingénieur en GP	6
1.6. Domaines d'activités d'un ingénieur en GP	6
1.7. Quelques domaines ou spécialités.....	6
1.8. Evolution et perspectives d'un ingénieur génie des procédés.....	8

2. Filières d'Hydrocarbures et Industries pétrochimiques8

2.1. Hydrocarbure, c est quoi?	8
2.2. Le pétrole.....	9
2.3. Source du pétrole	9
2.4. Pétrochimie	10
2.5. L'industrie pétrolière et gazière	10
2.6. Ingénieur en pétrochimie (Ingénieur pétrolier)	14
2.7. Compétences requises.....	14

Chapitre 4 : Filières du Génie des Procédés, Hydrocarbures et Industries pétrochimiques



1.1. Définition



Le Génie des Procédés tout simplement désigne l'application de la chimie à l'échelle industrielle. La science du génie des procédés s'intéresse à la conception, au dimensionnement, à l'optimisation et à la mise en œuvre des installations industrielles de transformations physiques, chimiques et/ou biochimiques de la matière en produits fonctionnels (propriétés d'usage).

C'est l'étude des procédés de transformation de la matière et de l'énergie dans l'ensemble des industries de la chimie, de l'agroalimentaire, de l'environnement, du cosmétique et de toutes les industries connexes mettant en œuvre des procédés.

Le Génie des Procédés est couplé au génie chimique, et des fois ces notions sont utilisées pour désigner la même chose - une petite différence entre les deux est que le génie des procédés se concentre sur le global, alors que le génie chimique s'intéresse au théorique

Cette science de l'ingénieur est mise en œuvre lorsqu'il s'agit de passer du stade de laboratoire à une échelle industrielle.

1.2. Historique

- En 1915 Arthur D. Little qui propose le concept d'opérations unitaires en réponse à la demande croissante en produits de base bon marché. Le concept d'opération unitaire suppose que tous les procédés de fabrication peuvent être décomposés en une suite d'opérations élémentaires comme : Le séchage, La cristallisation, La filtration, La vaporisation, La distillation, L'électrolyse, ...etc
- La première application à large échelle de ce concept eut lieu vers 1920 aux États-Unis.
- Après, Les ingénieurs en génie des procédés jouèrent un rôle de premier plan en aidant les Alliés à gagner la Seconde Guerre mondiale. En effet ils permirent la production de caoutchouc synthétique pour suppléer à la perte des zones de production de caoutchouc naturel tenues par les Japonais depuis le début de la guerre. Ils permirent également la production d'Uranium 235 nécessaire à la première bombe atomique en permettant l'extrapolation du procédé de fabrication de l'échelle laboratoire à l'échelle industrielle.

1.3. Chimie industrielle

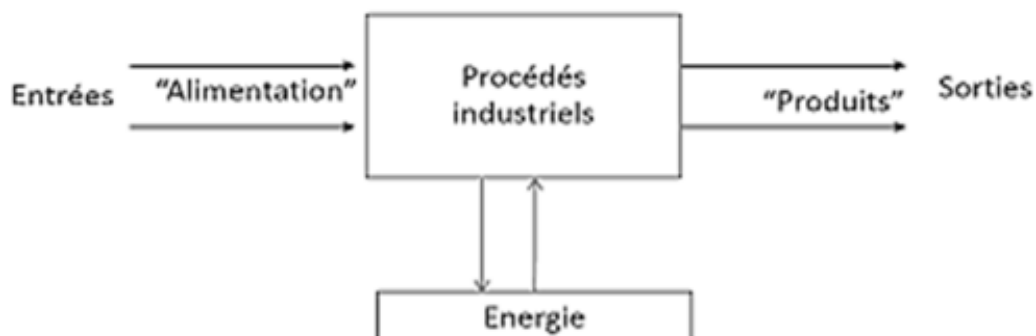


La chimie industrielle est l'activité économique qui produit des molécules et autres composées chimiques en grande quantité, dite industrielle, en exploitant les technologies du génie chimique. La chimie industrielle apparaît donc comme une science indispensable pour tous ceux qui veulent mettre en œuvre des procédés de production.

a) Procédés industriels



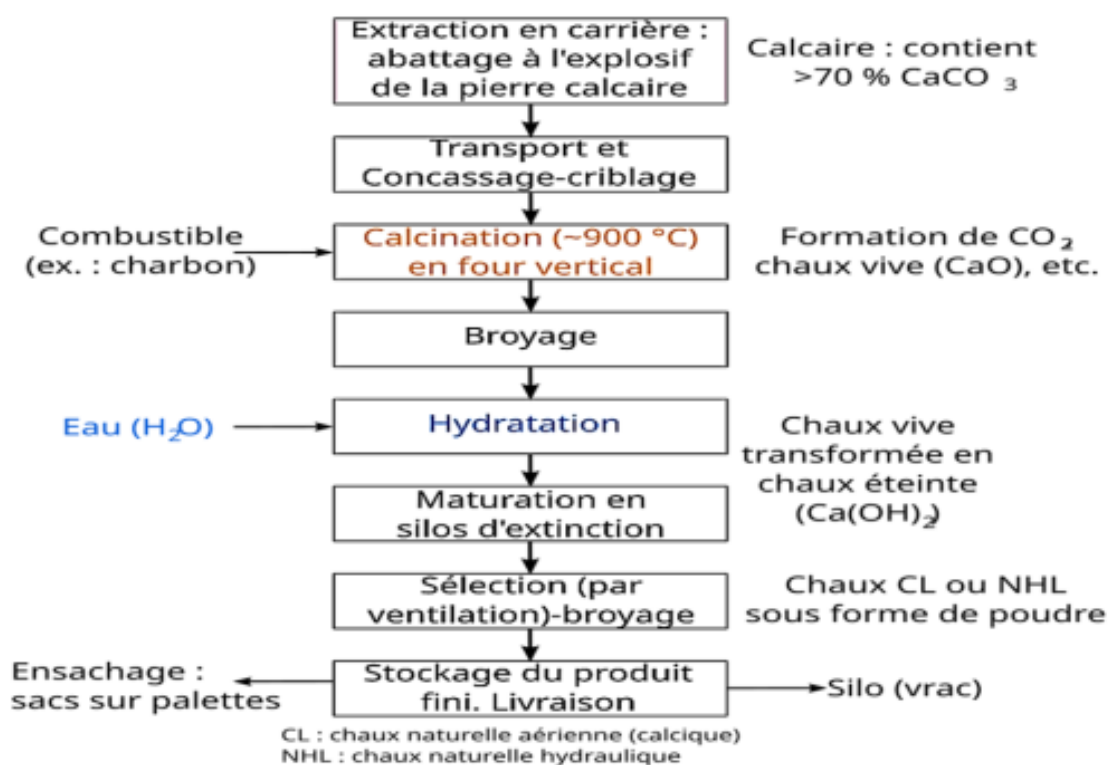
Procédé industriel Un procédé industriel est l'ensemble des opérations nécessaires pour modifier les entrées en sorties en subissant des transformations chimiques et physiques par échange d'énergie.



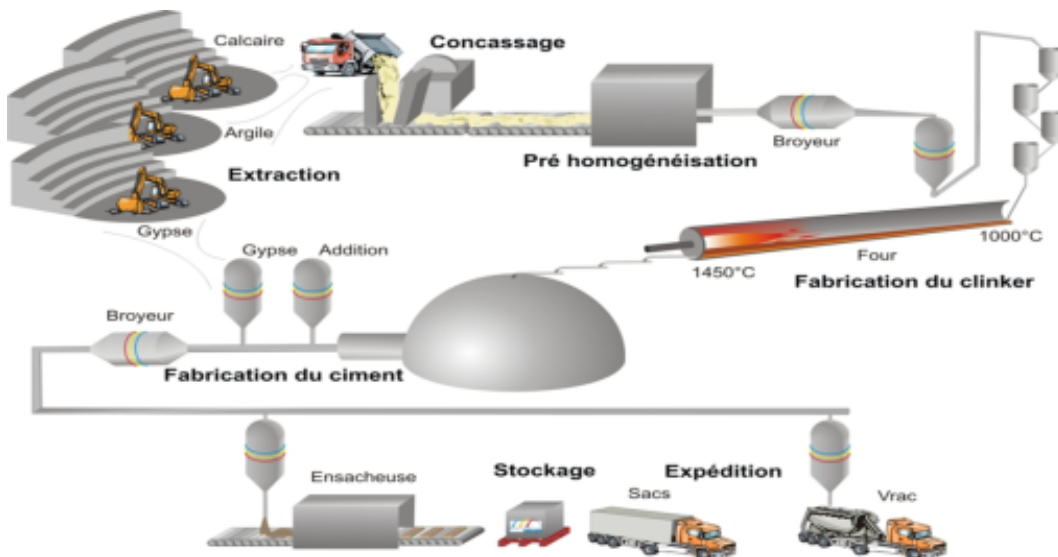
b) Opération unitaire



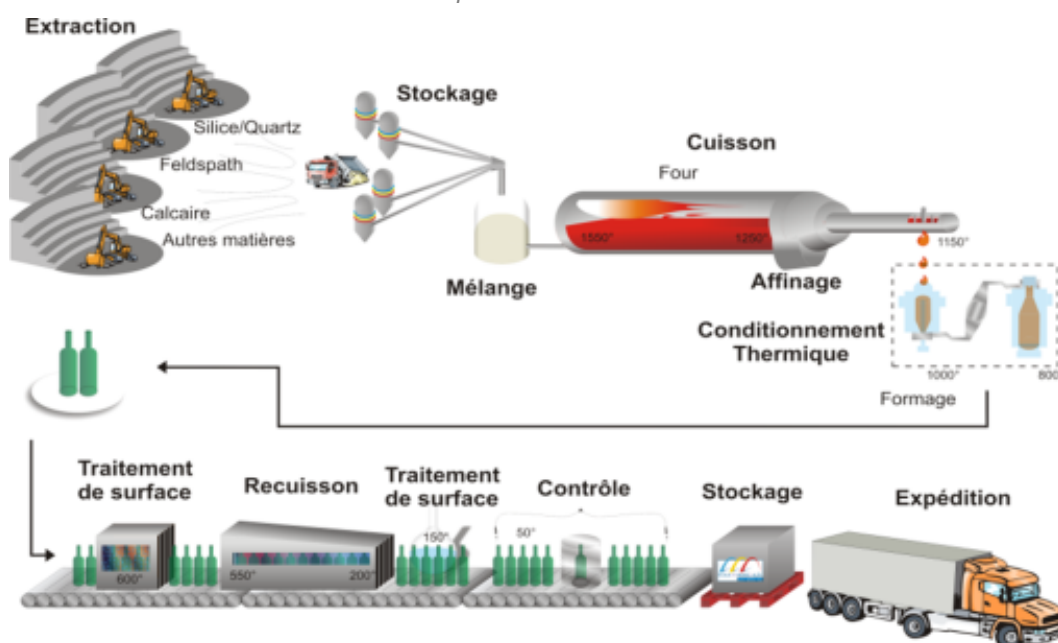
Un procédé est une succession d'opérations physico-chimiques nommés Opérations Unitaires. Tout procédé industriel peut se ramener à une combinaison logique d'un nombre restreint d'unités d'opérations physiques telles que broyage, filtration, distillation, absorption, séchage... que l'on appelle opérations unitaires. Les opérations unitaires sont donc les opérations élémentaires individuelles mises en œuvre dans l'industrialisation d'un procédé.



Opérations unitaires pour la production D'une chaux naturelle



Les différentes étapes de la fabrication du ciment.



Fabrication de bouteilles de verre

1.4. Compétences d'un ingénieur en GP

- Futurs ingénieurs en génie des procédés, futurs responsables en production dans les industries chimiques et pharmaceutiques
- **Connaissance des procédés industriels** : L'ingénieur génie des procédés doit avoir une solide compréhension des principes fondamentaux des procédés industriels.
- **Compétences en modélisation et simulation** : Ils doivent être capables d'utiliser des outils de modélisation et de simulation pour analyser et optimiser les procédés.
- **Résolution de problèmes** : Les ingénieurs génie des procédés doivent être aptes à identifier et à résoudre les problèmes techniques et opérationnels qui peuvent survenir dans les procédés industriels
- **Compétences en gestion de projet** : Ils doivent être capables de gérer des projets de conception, de développement ou d'optimisation de procédés, en respectant les contraintes de temps, de coûts et de qualité. La gestion des ressources, la planification, la coordination des équipes et la communication efficace sont des compétences essentielles dans ce domaine.

- **Connaissance des normes et réglementations** : Les ingénieurs génie des procédés doivent avoir une bonne connaissance des normes de sécurité, des réglementations environnementales et des pratiques industrielles afin de garantir la conformité des procédés aux normes en vigueur.
- **Compétences en communication** : La capacité à communiquer de manière claire et concise est primordiale pour collaborer avec d'autres professionnels, présenter des résultats, élaborer des rapports techniques et interagir avec les parties prenantes internes et externes.

1.5. Missions d'un ingénieur en GP

- Réaliser des études de procédés
- Concevoir des procédés et en établir les schémas (rédaction de manuels de fabrication et notes techniques...)
- Dimensionner les équipements et matériels pour la mise en œuvre
- Développer et appliquer les nouveaux procédés, et évaluer leur performance
- Proposer des actions d'ajustement pour améliorer la productivité et la rentabilité
- Chiffrer les investissements à réaliser
- Communiquer avec les équipes opérationnelles

1.6. Domaines d'activités d'un ingénieur en GP

- Laboratoire de formulation cosmétique
- Industrie pharmaceutique
- La pétrochimie (composés dérivés du pétrole)
- Traitement des eaux
- Traitement de déchets
- Energies renouvelables (mobilité hydrogène, électricité issue des composés chimiques)
- Industrie agroalimentaire
- Ecologie
- Analyses chimiques
- Ingénierie - conception et optimisation de procédés; par exemple dans les usines de production de verre, de plastique (polymère), de céramique, de l'acier.....

1.7. Quelques domaines ou spécialités

a) Génie chimique

Le génie chimique se situe à la convergence de plusieurs disciplines et étudie les transformations, les transports et les transferts de la matière, de l'énergie et de la quantité de mouvement pour établir des lois et des corrélations utilisables lors de la transposition ou de l'extrapolation à l'échelle industrielle. Et c'est aussi l'ensemble des connaissances scientifiques et techniques qui ont pour objet de concevoir et de mettre en œuvre une usine chimique et d'en optimiser la production.

i) Domaines d'activité de l'ingénieur en génie chimique

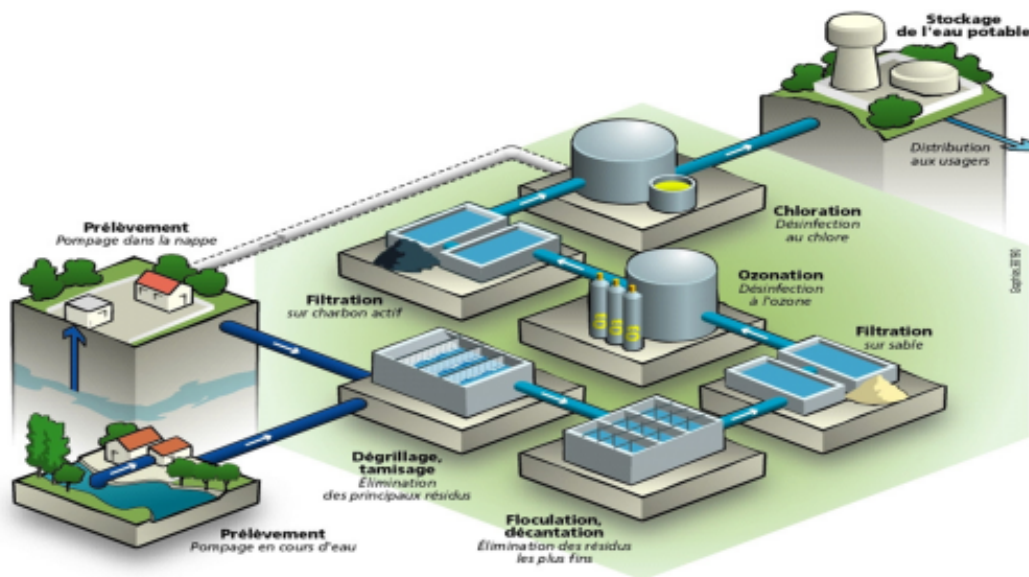
- Industrie pétrolière, en particulier le raffinage
- Industries chimiques (industrie du plastique, détergent, cosmétique)
- Industries pharmaceutiques
- Industries alimentaire (jus, yaourts)
- Industries électroniques

b) Génie de l'environnement

Il prévoit et mesure l'impact des méthodes de production sur l'environnement, aussi il propose ensuite des solutions adaptées pour maîtriser la pollution de l'air et de l'eau, gérer les déchets. Il s'applique à faire respecter les réglementations en vigueur et à éviter les catastrophes écologiques (explosions d'usines, naufrages de pétrole), il veille aussi à entraver le moins possible la production industrielle, il maîtrise ainsi le coût de la réduction de la pollution.

i) Missions de l'ingénieur en génie de l'environnement

- Dépollution des eaux résiduaires
- Dépollution des effluents gazeux
- Dépollution des sols
- Traitement des déchets solides
- Hygiène industrielle



Étapes de traitement des eaux (dépollution)

c) Génie pharmaceutique

Le génie des procédés pharmaceutiques est une discipline qui vise à appliquer les opérations du génie des procédés dans l'industrie pharmaceutique pour la fabrication des médicaments. Aussi est une discipline qui regroupe la majeure partie des technologies liées à la formulation des médicaments et leur production industrielle dans des conditions d'efficacité optimale et satisfaisant les bonnes pratiques de fabrication les plus strictes.

Cette formation a pour objectifs de Former une carrière de production ou d'ingénierie dans l'industrie pharmaceutiques, alimentaires, phytopharmaceutiques, cosmétologiques;...

i) Mission de l'ingénieur en génie pharmaceutique

- L'intégration des sciences de l'ingénieur dans l'approche de la production pharmaceutique ; filtration de l'air et des fluides, automatisation des procédés pharmaceutiques
- L'acquisition des bases requises pour aborder les problèmes tels que la production en milieu stérile, la production d'eau à l'usage pharmaceutique, la production de formes solides, liquides et semi-solides etc.
- La forme des médicaments pharmaceutiques (galénique) aussi le développement industriel, la fabrication et/ou le conditionnement.

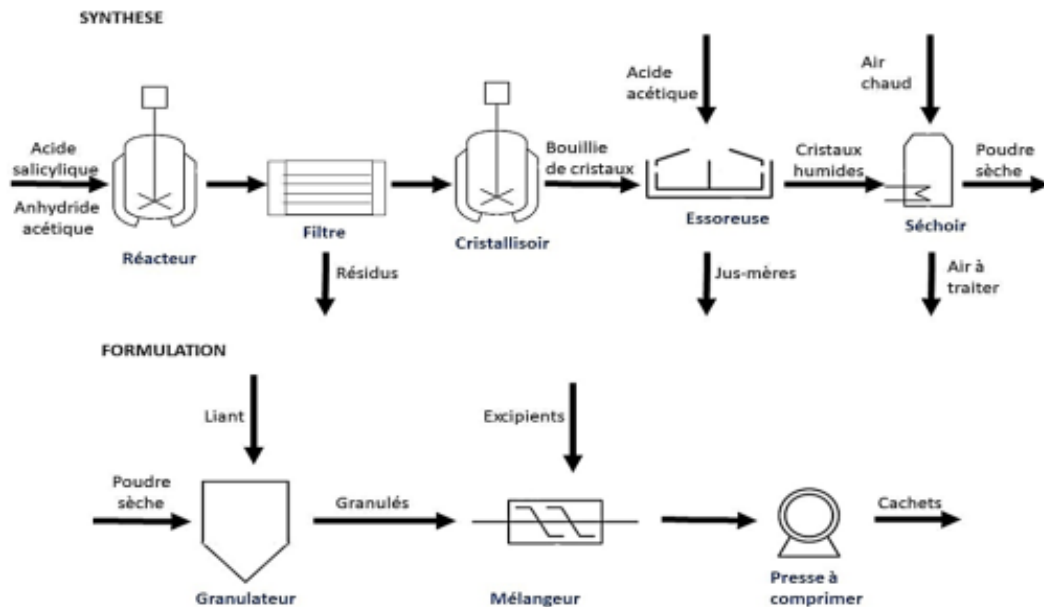


Schéma simplifié de la synthèse de l'aspirine

1.8. Evolution et perspectives d'un ingénieur génie des procédés

- **Avancées technologiques** : Les avancées technologiques, telles que l'automatisation, l'intelligence artificielle, l'Internet des objets (IoT) et la modélisation avancée, continueront à influencer le domaine du génie des procédés. Les ingénieurs génie des procédés devront s'adapter à ces nouvelles technologies, les intégrer dans les procédés industriels et tirer parti de leurs avantages pour améliorer l'efficacité, la productivité et la durabilité des installations.
- **Industrie et numérisation** : L'industrie, avec l'intégration de technologies numériques et l'interopérabilité des systèmes, transformera les procédés industriels. Les ingénieurs génie des procédés devront être à la pointe de ces avancées, en utilisant des outils de simulation avancés, des capteurs intelligents, des systèmes de contrôle et de surveillance à distance.
- **Internationalisation et mondialisation** : Les compétences des ingénieurs génie des procédés sont recherchées dans le monde entier. Avec la mondialisation croissante, les possibilités de travailler à l'étranger, de participer à des projets internationaux et de collaborer avec des équipes multiculturelles augmentent.
- **Développement durable et respect de l'environnement** : La demande croissante de pratiques industrielles respectueuses de l'environnement et durables crée de nouvelles opportunités pour les ingénieurs génie des procédés.

2. Filières d'Hydrocarbures et Industries pétrochimiques

2.1. Hydrocarbure, c'est quoi?



Définition

Les hydrocarbures (pétrole et gaz naturel) se sont formés il y a des millions d'années et sont cachés au plus profond du sous-sol terrestre. Ils doivent leur nom à leur composition moléculaire d'hydrogène et de carbone de formule chimique brute C_xH_y , ce sont les sources d'énergie non renouvelables les plus demandées au monde. Si leur utilisation est documentée, en Chine, au 4^{ème} siècle avant JC, l'exploitation commerciale que nous leur connaissons aujourd'hui, ne commence qu'au XIX^{ème} siècle.

Les hydrocarbures sont classés en deux catégories : les hydrocarbures saturés et les hydrocarbures insaturés. Dans un hydrocarbure saturé, ou « alcane » C_nH_{2n+2} , toutes les liaisons entre les atomes de carbone et d'hydrogène sont simples (chaque atome fournit un électron).

En revanche, un hydrocarbure insaturé contient au moins une liaison double $C=C$ « alcènes » C_nH_{2n} ou triple $C\equiv C$ « alcynes » C_nH_{2n-2} ; Ces liaisons entre atomes, plus riches en électrons, sont appelées "insaturations" d'où le terme « insaturé ».

? Exemple

- Méthane (formule CH_4), le principal constituant du gaz naturel et du gaz naturel liquéfié (GNL) ;
- Éthane (C_2H_6), présent dans le gaz naturel mais en proportion moindre que celle du méthane ;
- Propane (C_3H_8), le principal composant du gaz de pétrole liquéfié (GPL) ;
- Butane (C_4H_{10}), obtenu par distillation du GPL, et souvent vendu sous forme de bonbonnes de gaz à usage domestique ;
- Pentane (C_5H_{12}), un solvant utilisé en chimie organique ;
- Octane (C_8H_{18}), le principal composé de l'essence, servant de combustible dans les moteurs thermiques des véhicules ;

Parmi les hydrocarbures, on distingue également les hydrocarbures acycliques (sans structure cyclique) et les hydrocarbures cycliques ou "aromatiques" tels que le benzène (un cycle formé de six atomes de carbone), le naphthalène (deux cycles) et l'anthracène (trois cycles)

2.2. Le pétrole

Le pétrole et le gaz naturel constituent les sources naturelles d'hydrocarbures les plus connues. Avec le charbon, ces ressources - inflammables à température ambiante - comptent parmi les énergies fossiles. Leurs stocks se trouvent en quantité limitée dans les profondeurs du sol ou sous les fonds marins, puisqu'ils proviennent de la dégradation de la matière organique des êtres vivants sur plusieurs centaines de millions d'années.

Les pétroles bruts sont principalement constitués d'hydrocarbures et ils contiennent donc essentiellement

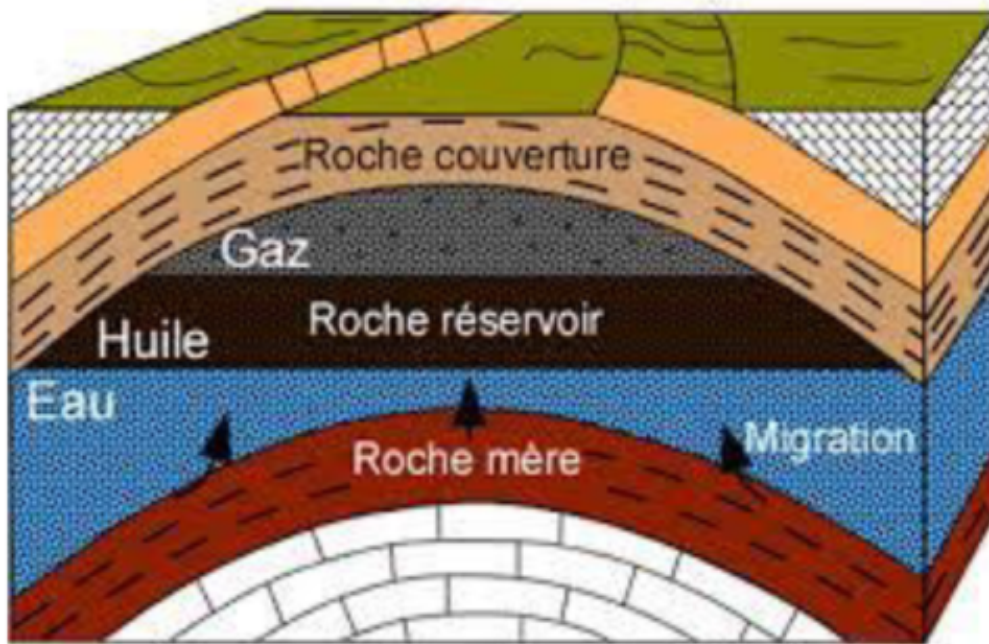
- du carbone (84 à 87 % poids)
- de l'hydrogène (11 à 14 % poids)
- Ils contiennent également d'autres éléments parmi lesquels les plus gênants sont le soufre (0,04 à 6 % poids) et les métaux de (50 à 150 g/tonne) et des impuretés : eau, sédiments, sels minéraux
- On distingue en général deux grands types de pétrole :
- les produits énergétiques, tels que l'essence, le gazole ou le fioul;
- les produits non-énergétiques, tels que les lubrifiants, le bitume et les naphthas utilisés en pétrochimie.

2.3. Source du pétrole

D'abord, une petite partie de matière « morte » sédimente : elle s'enfouit au sein de la matière minérale. Au fur et à mesure, la "roche-mère" ou "roche source" croît en température et en pression, la matière première se transforme en kérogène (matière organique précédant le pétrole). Si la température devient suffisante, au moins 50° , et si le milieu est réducteur (pauvre en oxygène), le kérogène sera pyrolysé (Décomposition d'un composé organique par la chaleur) lentement.

A l'issue de cette pyrolyse, le kérogène produit du pétrole et/ou du gaz naturel.

Le gaz naturel est un mélange d'hydrocarbures. Les hydrocarbures sont par la suite soit expulsés à la surface puis oxydés ou biodégradés; soit piégés. Cette zone piégée est appelée << roche-réservoir >>.



2.4. Pétrochimie

- La pétrochimie est une branche de la chimie qui étudie les propriétés et le comportement du pétrole et de ses dérivés.
- La pétrochimie implique l'utilisation de techniques chimiques pour extraire et analyser les différents composants du pétrole, tels que l'essence, le carburant diesel, le carburéacteur et les plastiques. Ces informations sont utilisées pour comprendre les propriétés et le comportement du pétrole et de ses dérivés, et pour développer de nouvelles applications pour ces matériaux, comme les domaines de: Production d'énergie, Production de plastiques, Production d'engrais, Produits pharmaceutiques, Textiles, Adhésifs et produits d'étanchéité, Lubrifiants, Additifs pour carburant, Aérospatiale, Dispositifs médicaux.

a) Produits de la pétrochimie

Les produits issus du raffinage du pétrole sont des mélanges complexes d'hydrocarbures, les principaux produits pétroliers sont :

Les gaz du pétrole liquéfiés (GPL) : ces gaz comprennent essentiellement du propane et du butane

Les essences : Essence ordinaire – Supercarburant et Supercarburant sans plomb – Essence aviation

Le gazole

Les carburéacteurs : destinés à l'alimentation des brûleurs des turboréacteurs d'avions

Fuel domestique ou mazout

2.5. L'industrie pétrolière et gazière

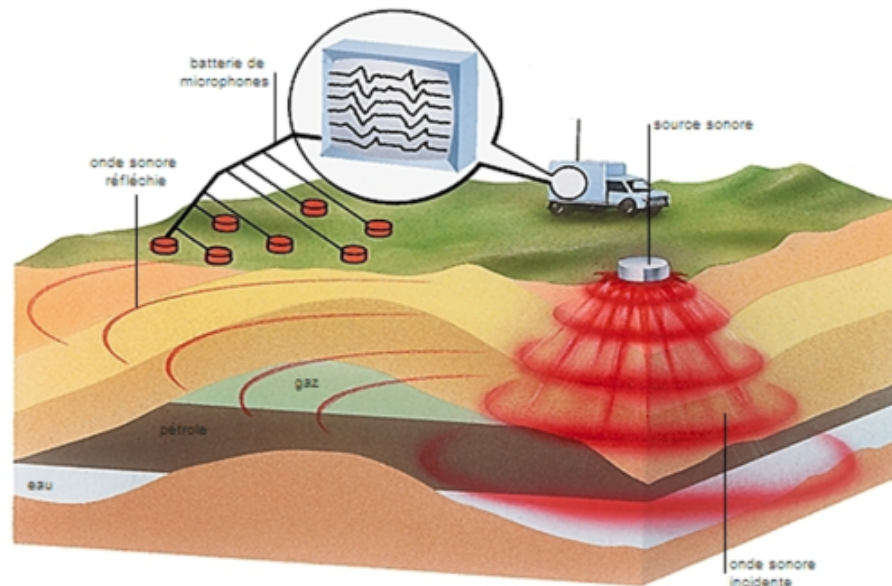
L'industrie pétrolière et gazière est définie par des activités en amont, qui se produisent avant l'extraction du pétrole et du gaz, et par des activités en aval, qui ont lieu après l'extraction du pétrole et du gaz.

Les activités en amont : comprennent la recherche et la découverte de gisements de pétrole et les tests afin de déterminer leur valeur

Les activités en aval : comprennent l'extraction de gisements, la production, l'expédition, le raffinage et la vente de pétrole brute et de gaz naturel découverts sous la terre.

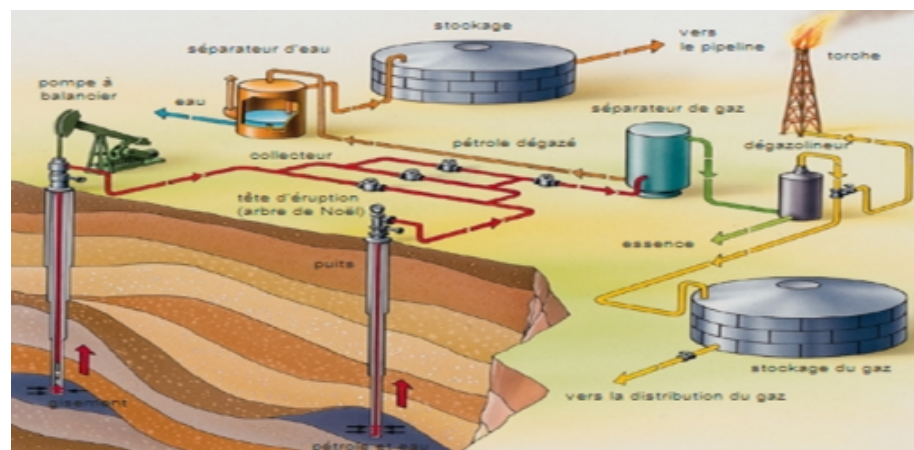
Les fabricants utilisant ces ressources pour en faire de l'huile de chauffage, de l'huile pour moteurs, du propane, de l'essence, du kérosène, du butane, du méthane, du benzène et du goudron

a) Recherche et découverte de gisements de pétrole



Définition

Chevalet de pompage : c'est une pompe de surface à piston alternatif notamment utilisée pour extraire le pétrole à partir d'un puits.



Équipement d'un puit de pétrole

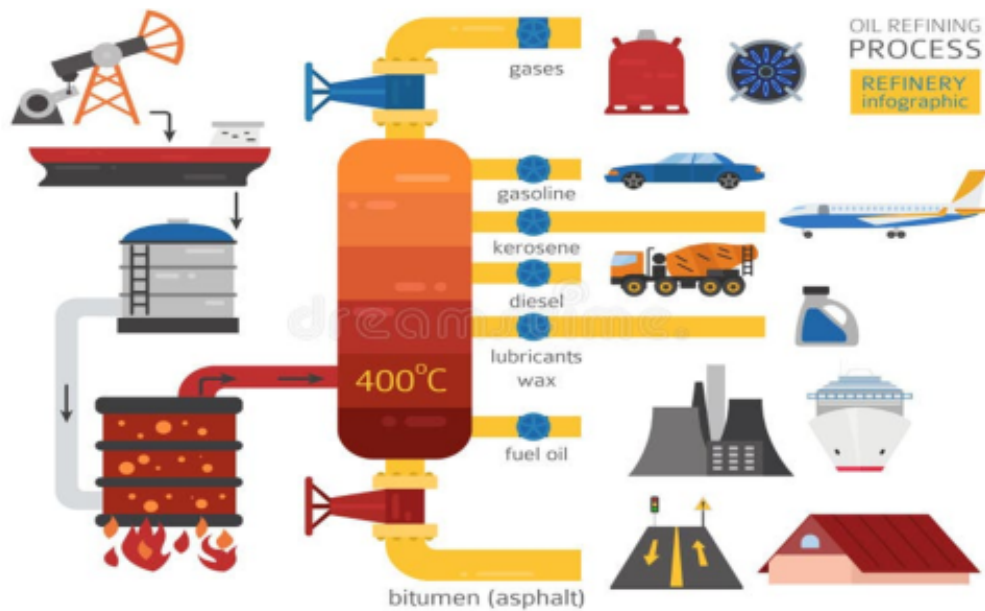


Plateforme pétrolière en mer

b) OPÉRATIONS DE RAFFINAGE

L'objectif du raffinage est de transformer le pétrole brut en produits commercialisables tels que l'essence, le diesel ou les plastiques suivant les étapes:

- Réception et stockage du pétrole brut
- Traitement du pétrole brut dans les unités de raffinage - Fabrication des bases
- Mélange des bases et constitution des produits finis
- Contrôle laboratoire et expédition des produits



Les compagnies pétrolières



l'OPEP (Organisation des pays exportateurs de pétrole), acteur majeur du monde du pétrole, ou l'AIE (Agence internationale de l'énergie).

c) Transport Par Pipelines

- SONATRACH exploite un réseau de transport par canalisation des hydrocarbures (Pétrole Brut, Condensat, Gaz Naturel et Gaz Pétrole Liquéfié) composé de 22 Systèmes de Transport par Canalisation (STC) d'une longueur totale de 20 705 km (2021)
- Réseau gazoducs transcontinentaux
- Enrico Mattei, reliant l'Algérie à l'Italie via la Tunisie.
- Pedro Duran Farrel, reliant l'Algérie à l'Espagne via le Maroc.
- Hassi R'Mel - Béni-Saf, reliant l'Algérie à l'Espagne (Almería) via le Medgaz.



Navire méthanier à sphères.

Transport Par Voie Maritime

2.6. Ingénieur en pétrochimie (Ingénieur pétrolier)

Ingénieur pétrolier : le terme recouvre plusieurs métiers:

L'ingénieur gisement se livre à la description des réserves de pétrole dans une zone géographique donnée. Il détermine le nombre de puits, leur nature et leur emplacement ainsi que le calendrier de forage.

Il incombe à l'ingénieur forage de préparer les programmes de recherche pétrolifère pour creuser le sol en mer (off-shore) ou sur la terre ferme (on-shore), au travers du suivi de la réalisation du puits et de la menée de tests.

L'ingénieur procédés assure le suivi technique de la raffinerie, dans un souci constant du rendement et du bon fonctionnement de la plateforme dans une sécurité maximale, pour les personnes comme pour l'environnement.

L'ingénieur installations pétrolières conçoit les différentes installations. Une fois le puits foré, l'ingénieur exploitation est responsable du traitement (séparation du pétrole, du gaz et de l'eau) et du transport des hydrocarbures.

L'ingénieur recherche aval traite, enfin, de la transformation du pétrole en fioul, essence ou lubrifiant.

Ingénieur exploitation S'assure de la bonne production et du bon traitement des hydrocarbures.

2.7. Compétences requises

- Ouverture d'esprit
- L'ingénieur pétrolier travaille fréquemment à l'étranger et doit faire preuve d'adaptabilité. Très enrichissante sur le plan humain, la fonction nécessite une grande ouverture d'esprit. Dans tous les cas, parler anglais s'avère indispensable.
- Connaissances technologiques
- Si la demande de produits pétroliers reste importante dans le monde, l'ère du pétrole facilement accessible est révolue. Il faut aller le chercher très profondément, dans les grands fonds marins, sous les glaces ou sous des zones montagneuses.
- Les spécialistes des géosciences utilisent des méthodes d'acquisition de données sophistiquées et des supercalculateurs. Ils développent des logiciels complexes afin d'évaluer le potentiel des gisements.
- Prudence et respect de la nature
- Les métiers du pétrole sont des métiers à risques. La sécurité est donc une priorité absolue pour les ingénieurs. Ils travaillent dans le respect de l'environnement : remise en état des milieux naturels après la fin du forage, réduction des émissions de gaz à effet de serre, etc.