

Energie Fossile et Pollution (EFP)

Présentation de la matière

Semestre : 5

Unité d'enseignement : UED 3.1

Matière 1 : Energie fossile et pollution

Volume horaire semestriel: 22h30 Cours: 1h30

Crédits : 1. Coefficient : 1

Semestre 5

Unité d'enseignement	Matière Intitulé	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
				Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 3.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Pétrochimie 1	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Phénomènes de surface et catalyse hétérogène	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Electrochimie	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
UE Fondamentale Code : UEF 3.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Opérations unitaires	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Phénomènes de transfert	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 3.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Chimie physique (électrochimie, surface)	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP opérations unitaires	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Techniques de traitement des eaux	2	1	1h30			22h30	27h30		100%
	CAO et usine virtuelle	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
UE Découverte Code : UED 3.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Energie fossile et pollution	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Economie et Management	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 3.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Instrumentations-capteurs	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 5		30	17	15h00	6h00	4h00	375h00	375h00		

Objectifs de l'enseignement

Introduction aux différentes sources d'énergie ;

Donner les caractéristiques d'une source d'énergie fossile ;

Connaître la Pollution dégagée par les énergies fossiles

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Notions sur la combustion:

Principaux combustibles, Réactions de combustion, Combustion parfaite

Chapitre 2 : Liens entre la combustion et la pollution :

Introduction , Définition de la pollution , Causes de la pollution atmosphérique

Principaux polluants dus à la combustion

Chapitre 3 : Monoxyde de carbones :

Propriétés physiques du CO, Effets sur les êtres vivants,

Principaux mécanismes de formation du CO

1-Definitions

1-1 Energie : capacité d'un système a modifier un état, a produire un travail entrainant un mouvement, un rayonnement électromagnétique ou de la chaleur.

L'énergie est essentielle pour notre vie. Elle existe en plusieurs formes :

Chimique électrique, mécanique lumière. ect.

Ont distingue :

Energie primaire sans aucune modification induite par l'homme)
Combustibles a l'état brut (pétrole, gaz, charbon) (rayonnement solaire, biomasse, vent)

Energie secondaire secondaire dont la source est obtenue de la transformation de la source primaire (essence, gasoil, charbon de bois)

1-2 Unité de l'énergie :

En SI l'unité standard est le joule (j) définie comme étant $1\text{kg.m}^2/\text{s}^2$.

C'est une très petite quantité, raison pour laquelle on utilise généralement le kWh.

$1\text{kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ j}$

Le calorie cal, $1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$, $1\text{Kcal} = 1,16 \text{ Wh}$

Quad, $1\text{qud} = 10^{15} \text{ Btu}$

Btu (british thermal unit), $1\text{Btu} = 1055,06 \text{ J}$.

Therm, $1\text{therm} = 10^5 \text{ Btu}$

Tep, (tonne equivalent en petrole) correspond à $10 \text{ G cal} = 4,1868 \cdot 10^{10} \text{ J}$

TABLE 1.2. Conversion between Selected Units

	MJ	kcal	toe	Btu	kWh
MJ	1	238.8	2.388×10^{-5}	947.8	0.2778
kcal	4.1868×10^{-3}	1	10^7	3.968	1.163×10^{-3}
toe	4.1868×10^4	10^7	1	3.968×10^7	11630
Btu	1.0551×10^{-3}	0.252	2.52×10^{-8}	1	2.931×10^{-4}
kWh	3.6	0.86	8.6×10^{-5}	3412	1

1-3 Energie fossile : الطاقة الاحفورية énergie obtenue par la combustion de la matière fossile.

Matière fossile (matière organique décomposés sous le sol terrestre pendant les temps géologiques, millions d'années)

1-4 Combustible fossile : hydrocarbure dont la source est la matières fossile

- On distingue 03 types
- 1-Pétrole brut
 - 2-Gaz naturel
 - 3-Charbon.

2 Quelques statistiques :

Production mondiale de combustibles (2013) :



Pétrole
86 million barils/jours



Gaz
9.3 milliards m³/j



Charbon
21.4 millions tonnes /jrs

En 2016 : 85% de l'énergie consommée dans le monde est une énergie fossile, dont 60% (transport + industrie)

11% énergie renouvelable, (énergie solaire 0,6%) , nucléaire 4,5%.

07 millions de décès par an dont la cause est la pollution de l'air ???????
(selon l'OMS (organisation mondiale de la santé), 2012)

3 Origine des combustibles fossiles:

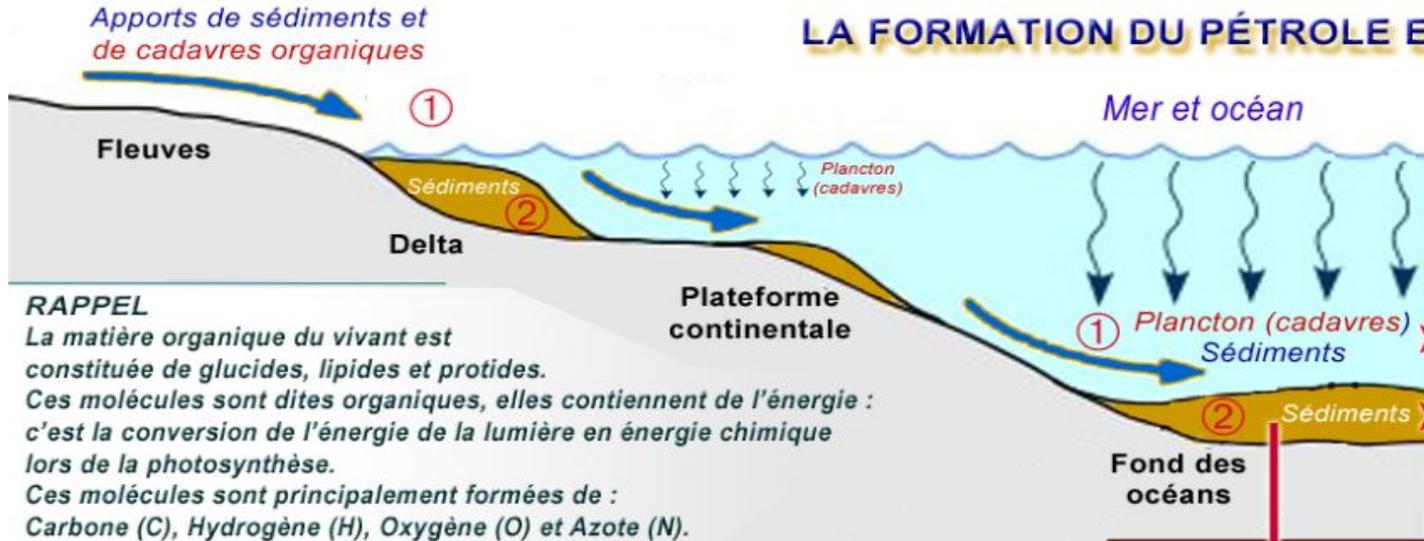
3-1 Pétrole et gaz :

Le pétrole et le gaz naturel sont produits à partir d'organismes marins (cadavres) (coquillages, algues, animaux, etc.) enfouis dans des sédiments de sable et de boue. Au fil du temps, des couches progressives de matière organique et de sédiments se sont déposées. En raison de la pression exercée par les couches supérieures, le mélange de matière organique et de sédiments (matière minérale) dans les couches inférieures s'est progressivement transformé en roche sédimentaire. En l'absence d'oxygène, les matières organiques piégées à l'intérieur des sédiments se transforment en une matière organique appelée kérogène.

Sous une pression et une température croissantes, le kérogène est cuit et transformé progressivement en pétrole brut et en gaz. Une température d'au moins 60 ° C est nécessaire pour initier la transformation en huile et une température de 120 ° C pour démarrer la transformation en gaz. En moyenne, une température supérieure à 100 ° C suffit pour transformer le kérogène en hydrocarbures sur un échelle de temps géologique. (**Schéma 3-1 a et b**)

Schéma 3-1 a

LA FORMATION DU PÉTROLE ET DU GAZ NATUREL



RAPPEL

La matière organique du vivant est constituée de glucides, lipides et protéides. Ces molécules sont dites organiques, elles contiennent de l'énergie : c'est la conversion de l'énergie de la lumière en énergie chimique lors de la photosynthèse. Ces molécules sont principalement formées de : Carbone (C), Hydrogène (H), Oxygène (O) et Azote (N).

Jean-Paul Berger d'après Pierre-André Bourque

RÉSULTAT

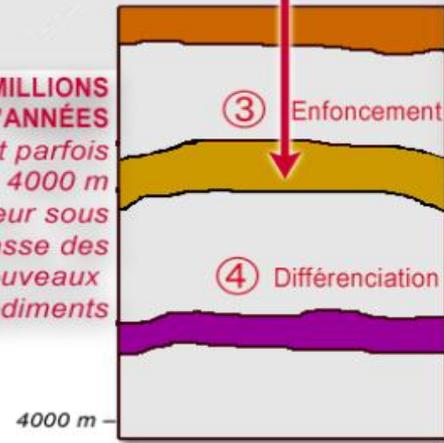
L'ÉNERGIE CONTENUE DANS LA MATIÈRE ORGANIQUE DES CADAVRES N'EST PAS COMPLÈTEMENT RECYCLÉE PAR LES DÉCOMPOSEURS (BACTÉRIES). L'ÉNERGIE RESTE PIÉGÉE EN PROFONDEUR POUR DES DIZAINES OU CENTAINES DE MILLIONS D'ANNÉES

CYCLE DE LA MATIÈRE
 En présence de O₂, la matière organique des cadavres est entièrement utilisée par les décomposeurs qui rejettent CO₂, H₂O et les sels minéraux.

FORMATION D'ÉNERGIE FOSSILE
 En absence de O₂ dans les sédiments, la matière organique des cadavres est fermentée et très partiellement utilisée par les décomposeurs : ils ne savent utiliser que N et O et abandonnent les molécules contenant C et H (ce sont les futurs hydrocarbures (gaz et pétrole)).

DURANT DES MILLIONS D'ANNÉES

Enfoncement parfois jusqu'à 4000 m de profondeur sous la masse des nouveaux sédiments

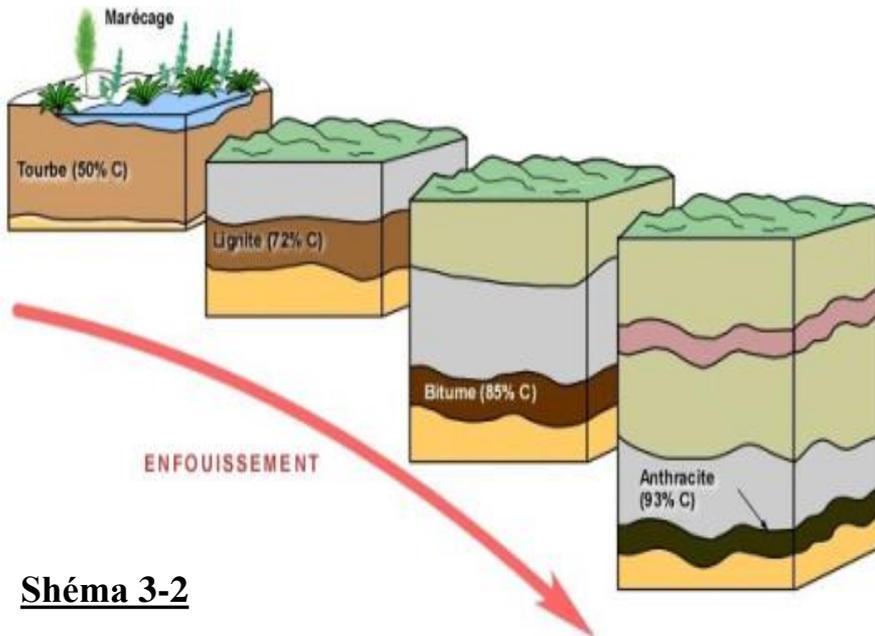


La température et la pression augmentent. La matière organique à base de C et H se différencie en pétrole (entre 2000 et 3000 m) et gaz (au-dessous de 2500 m).

3-2 Le charbon : Le charbon est une roche sédimentaire stratifiée composée de plus de 50% de carbone. En raison du processus de formation, le charbon a un contenu à la fois organique et inorganique. Comme dans la formation de pétrole et de gaz, la matière organique enfouie dans les sédiments subit une série de transformations complexes qui se produisent en deux étapes. La première étape est une dégradation biochimique assistée par des organismes (bactéries et champignons).

La deuxième étape est une décomposition physico-chimique,

La combinaison de la pression et de la température dans cet environnement produit un craquage thermique. L'eau est évacuée et du dioxyde de carbone est libéré. Plus tard, composés volatils riches en hydrogène échappent. Au-dessus d'une température de l'ordre de 110 ° C, ce craquage thermique produit du charbon (**Shéma 3-2**)



Shéma 3-2

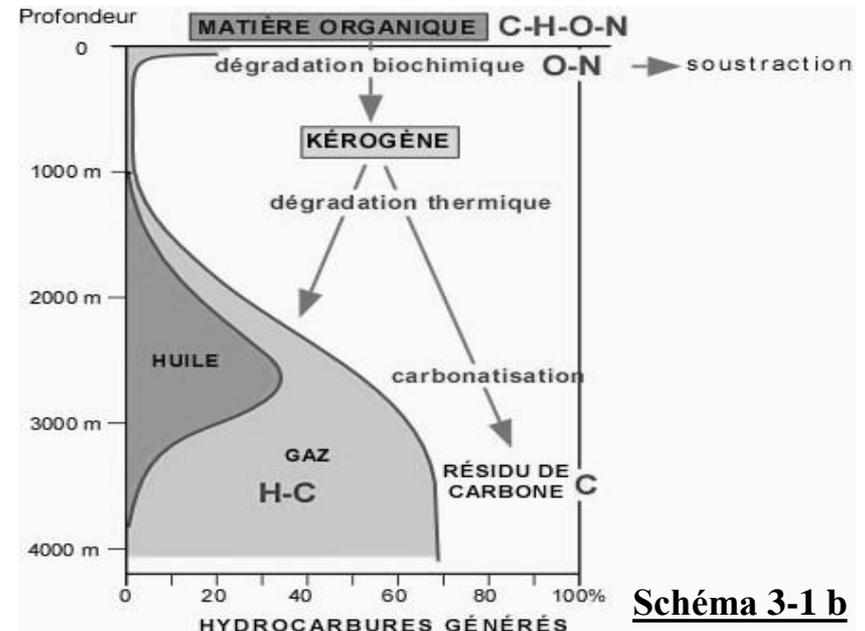


Schéma 3-1 b

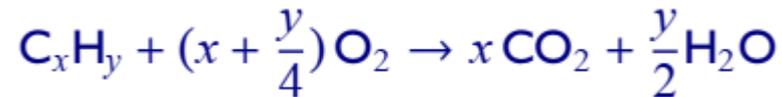
4- La combustion:

4-1 Réaction de combustion:

Processus d'oxydation d'un combustible (Hydrocarbure généralement) par le dioxygène (l'air le plus fréquemment) appelé comburant, le processus se produit facilement a haute température est libère de l'énergie

- Les produits de la combustion d'hydrocarbures comprennent du dioxyde de carbone (CO₂) et de l'eau, qui selon les conditions de pression et de température, pourra être sous forme liquide ou vapeur.

Pour un hydrocarbure composé uniquement de carbone et d'hydrogène, de formule C_x H_y, la réaction de combustion s'écrit :



La réaction est dite complète si les gaz brûlés ne comprennent, outre les éléments inertes, que des produits complètement oxydés.

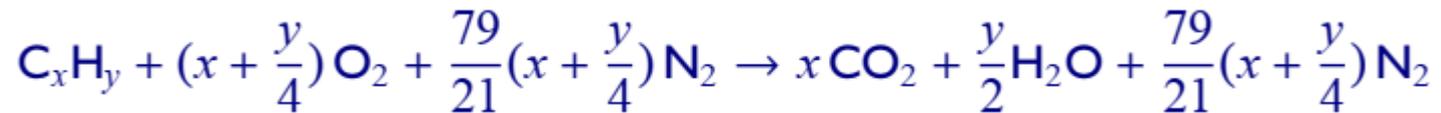
En réalité, plusieurs produits intermédiaires sont formés au cours d'une combustion réelle.

Dans la plupart des cas, le comburant utilisé est l'air, plutôt que l'oxygène pur. La composition de l'air est approximativement, en fractions molaires, 21% d'oxygène, 78% d'azote, et 1% d'argon, ces derniers sont supposés inertes.

En réalité, aux hautes températures atteintes dans les moteurs volumétriques, l'azote réagit avec l'oxygène pour former des oxydes d'azote, qui constituent une source de pollution.

Pour simplifier, donc, on considère que l'air est composé de 21% d'oxygène et de 79% d'azote .

La réaction de combustion d'un hydrocarbure avec l'air devient donc :



4-2 Air théorique : C'est la quantité minimale d'air nécessaire à la combustion complète d'un combustible

- Pour réaliser la combustion complète avec l'air théorique, il faudrait un mélange parfait.

En pratique, pour assurer la combustion complète, il faut un certain excès d'air. Celui-ci est caractérisé par le coefficient d'air théorique λ

$$\lambda = \frac{\text{air utilisé}}{\text{air théorique}}$$

ou encore par le coefficient d'excès d'air E

$$E = \lambda - 1$$

Dans les moteurs volumétriques, on emploie également la richesse Φ , inverse du coefficient d'air théorique. L'équation de combustion complète d'un hydrocarbure avec excès d'air devient:



On utilise également pour caractériser le mélange de réactifs le rapport **air/combustible** (**Air/Fuel**) AF , le plus souvent en termes massiques.

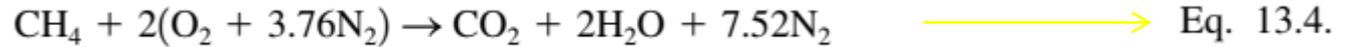
Lorsque l'air fourni est inférieur à l'air théorique, la combustion est incomplète. Si le manque d'air est faible, on observe la formation de monoxyde de carbone. Pour des manques d'air plus importants, il peut subsister des hydrocarbures imbrûlés, ou du carbone sous forme de graphite (noir de fumée).

$$\frac{\text{mass of air}}{\text{mass of fuel}} = \frac{\text{moles of air} \times M_{\text{air}}}{\text{moles of fuel} \times M_{\text{fuel}}} \quad \text{On peut écrire donc; } AF = \overline{AF} \left(\frac{M_{\text{air}}}{M_{\text{fuel}}} \right)$$

$$= \frac{\text{moles of air}}{\text{moles of fuel}} \left(\frac{M_{\text{air}}}{M_{\text{fuel}}} \right)$$

Where \overline{AF} is the air–fuel ratio on a molar basis and AF is the ratio on a mass basis

► **for example...** let us determine the theoretical amount of air for the complete combustion of methane. For this reaction, the products contain only carbon dioxide, water, and nitrogen. The reaction is



Le rapport air/combustible en terme massique est donc:

$$AF = \overline{AF} \left(\frac{M_{\text{air}}}{M_{\text{fuel}}} \right) = 9.52 \left(\frac{28.97}{16.04} \right) = 17.19$$

The amount of air actually supplied is commonly expressed in terms of the **percent of theoretical air**. For example, 150% of theoretical air means that the air actually supplied is 1.5 times the theoretical amount of air. The amount of air supplied can be expressed alternatively as a **percent excess** or a **percent deficiency** of air. Thus, 150% of theoretical air is equivalent to 50% excess air, and 80% of theoretical air is the same as a 20% deficiency of air.

► **for example...** consider the *complete* combustion of methane with 150% theoretical air (50% excess air). The balanced chemical reaction equation is

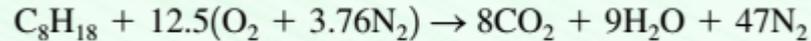


In this equation, the amount of air per mole of fuel is 1.5 times the theoretical amount determined by Eq. 13.4. Accordingly, the air–fuel ratio is 1.5 times the air–fuel ratio determined for Eq. 13.4. Since complete combustion is assumed, the products contain only carbon dioxide, water, nitrogen, and oxygen. The excess air supplied appears in the products as uncombined oxygen and a greater amount of nitrogen than in Eq. 13.4, based on the theoretical amount of air. ◀

EXAMPLE 13.1 Determining the Air-Fuel Ratio

Determine the air-fuel ratio on both a molar and mass basis for the complete combustion of octane, C_8H_{18} , with (a) the theoretical amount of air, (b) 150% theoretical air (50% excess air).

(a) For complete combustion of C_8H_{18} with the theoretical amount of air, the products contain carbon dioxide, water, and nitrogen only. That is



The air-fuel ratio on a molar basis is

$$\overline{AF} = \frac{12.5 + 12.5(3.76)}{1} = \frac{12.5(4.76)}{1} = 59.5 \frac{\text{kmol (air)}}{\text{kmol (fuel)}}$$

The air-fuel ratio expressed on a mass basis is

$$AF = \left[59.5 \frac{\text{kmol (air)}}{\text{kmol (fuel)}} \right] \left[\frac{28.97 \frac{\text{kg (air)}}{\text{kmol (air)}}}{114.22 \frac{\text{kg (fuel)}}{\text{kmol (fuel)}}} \right] = 15.1 \frac{\text{kg (air)}}{\text{kg (fuel)}}$$

(b) For 150% theoretical air, the chemical equation for complete combustion takes the form



The air-fuel ratio on a molar basis is

$$\overline{AF} = \frac{18.75(4.76)}{1} = 89.25 \frac{\text{kmol (air)}}{\text{kmol (fuel)}}$$

On a mass basis, the air-fuel ratio is 22.6 kg (air)/kg (fuel), as can be verified.

When complete combustion occurs with *excess air*, oxygen appears in the products, in addition to carbon dioxide, water, and nitrogen.