

Définition des hydrocarbures de pétrole et gaz

Par X. Chavanne

Univ. D. Diderot & Institut de Physique du Globe de Paris

Définition des HC

Molécules de chaînes de C



-Propriétés physiques

T_c , P_c , T_{eb} , densité...

-Affinités chimiques

-Pouvoirs calorifiques

Définition des HC

Molécules de chaînes de C



Les flux de **procédés** d'extraction, de séparation, de transport, de transformations

-Propriétés physiques
 T_c , P_c , T_{eb} , densité...

-Affinités chimiques

-Pouvoirs calorifiques

-Pétrole brut et condensats définis sortie des séparateurs ou entrée raffinerie.

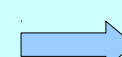
-Liquides d'usines de traitement du gaz naturel (LUGN ou *NGPL*)

Définition des HC

Molécules de chaînes de C



Les flux de procédés
d'extraction,
de séparation,
de transport,
de transformations



Des séries de données des flux

-Propriétés physiques
 T_c , P_c , T_{eb} , densité...

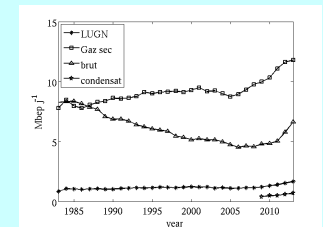
-Affinités chimiques

-Pouvoirs calorifiques

-Pétrole brut et condensats
définis sortie des séparateurs
ou entrée raffinerie.

-Liquides d'usines de
traitement du gaz naturel
(LUGN ou *NGPL*)

-statistiques de l'AIE,
USEIA, compagnies
pétrolières (BP, ENI)...

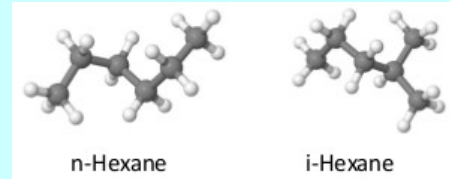


Molécules d'HC

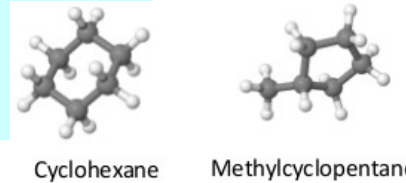
Grandes familles par nature d'affinité :

-alcanes/paraffines
("peu d'affinité")

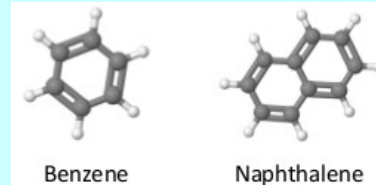
$\left\{ \begin{array}{l} \text{n-alcane} \\ \text{iso-alcane} \end{array} \right.$



-cyclo-alcane/naphtènes



-aromatiques



Les bruts contiennent des HC complexes avec atomes S, N, O (résines, asphaltènes)

Propriétés dans une même famille varient avec le nombre n_c de C :

à T et P $\xrightarrow{\text{gaz liquide solide}}$ n_c

Molécules d'HC

Gaz naturel : quelques dizaines de molécules à petit n_c

- des alcanes surtout (méthane C_1 ...)
- quelques cyclo-alcanes et aromatiques

aussi des non HC : H_2S , N_2 , CO_2 ...



Composition
en molécules

Pétrole brut : plusieurs centaines de millions de molécules

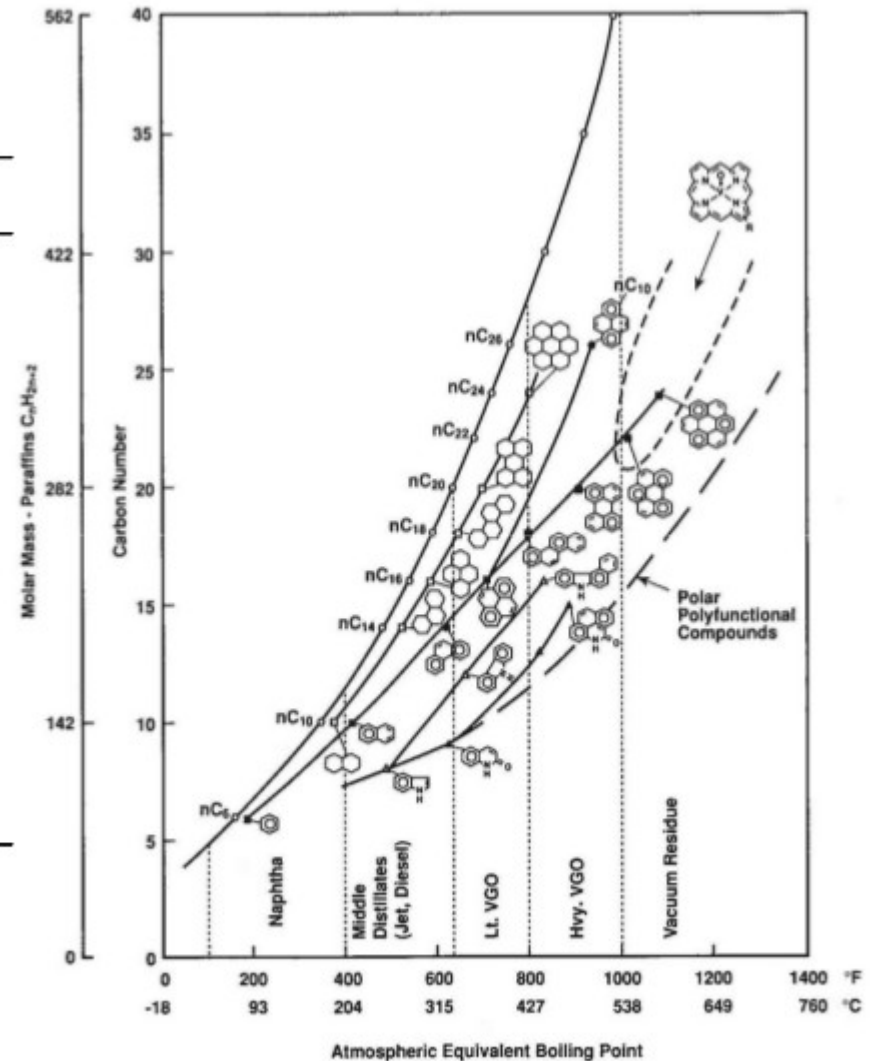


Coupes de
distillation

Coupes de distillation

Carbon No.	Boiling Point		Paraffin Isomers	Examples
	°C	°F		
5	36	97	3	Gasoline
8	126	259	18	
10	174	345	75	
12	216	421	355	
15	271	520	4347	Diesel & jet fuels, middle distillates
20	344	651	3.66E+05	
25	402	756	3.67E+07	Vacuum gas oil
30	449	840	4.11E+09	
35	489	912	4.93E+11	Atmospheric residue
40	522	972	6.24E+13	
45	550	1022	8.22E+15	
60	615	1139	2.21E+22	Vacuum residue
80	672	1242	1.06E+31	
100	708	1306	5.92E+39	Nondistillable residue

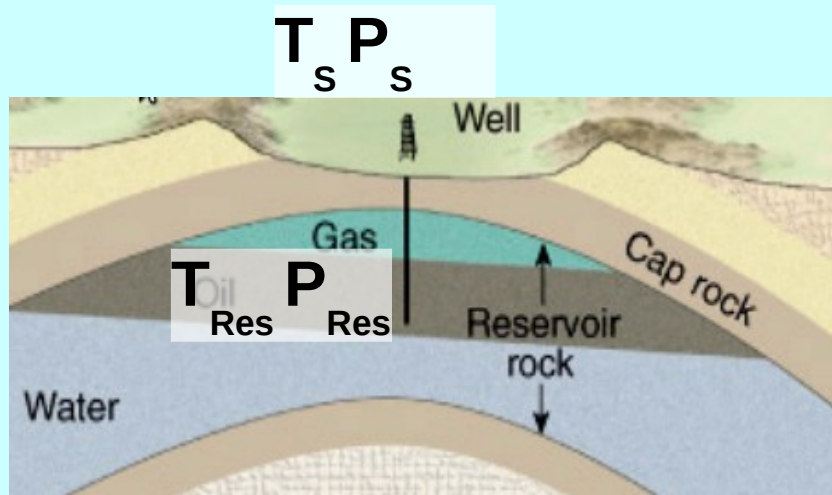
Composition & Analysis of Heavy Petroleum Fractions
 K.H. Altgelt & M.M. Boduszynski
 Marcel Dekker, Inc., 1994, pp. 23 & 45



Gisements d'HC

Pour un gisement, HC = mélange homogène de point critique T_c et P_c

Cas d'un gaz à condensats

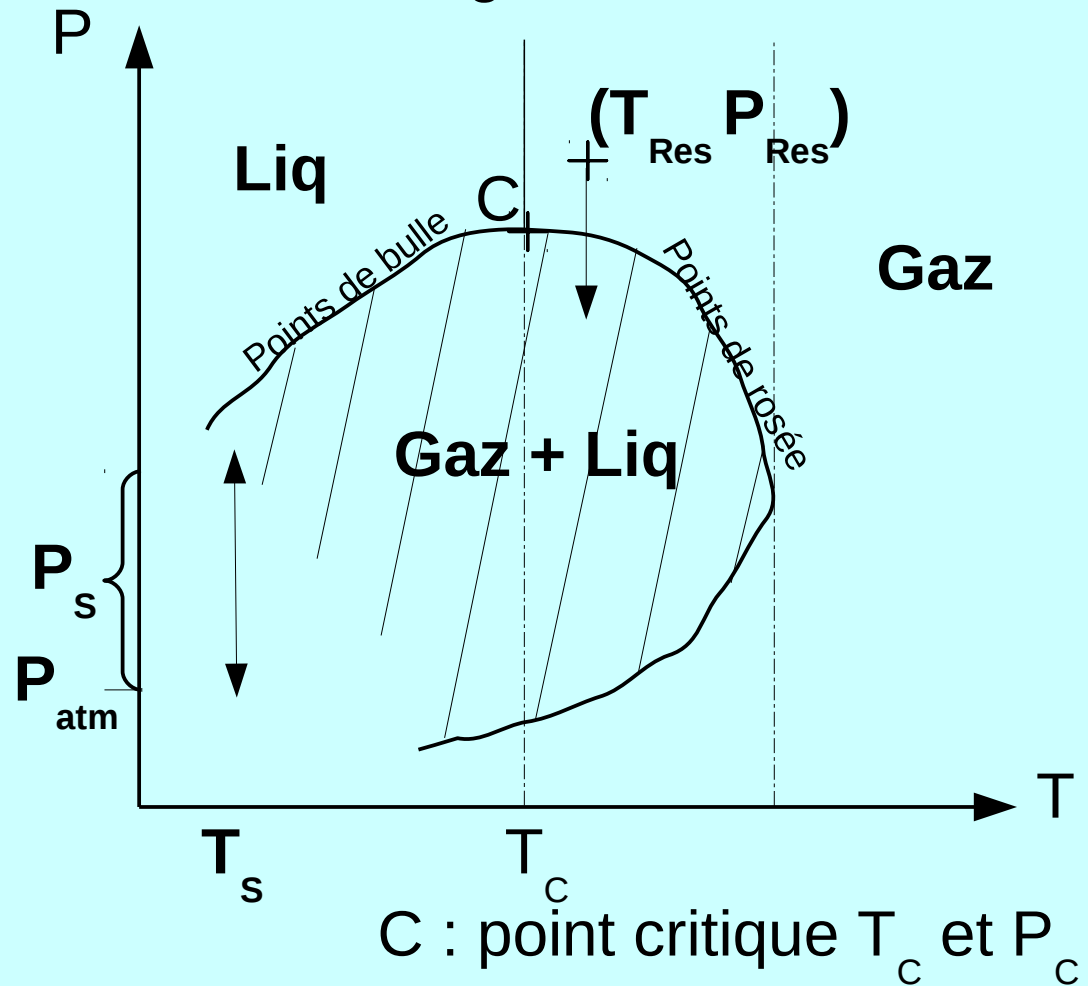


Phase(s) suivant :

-composition,

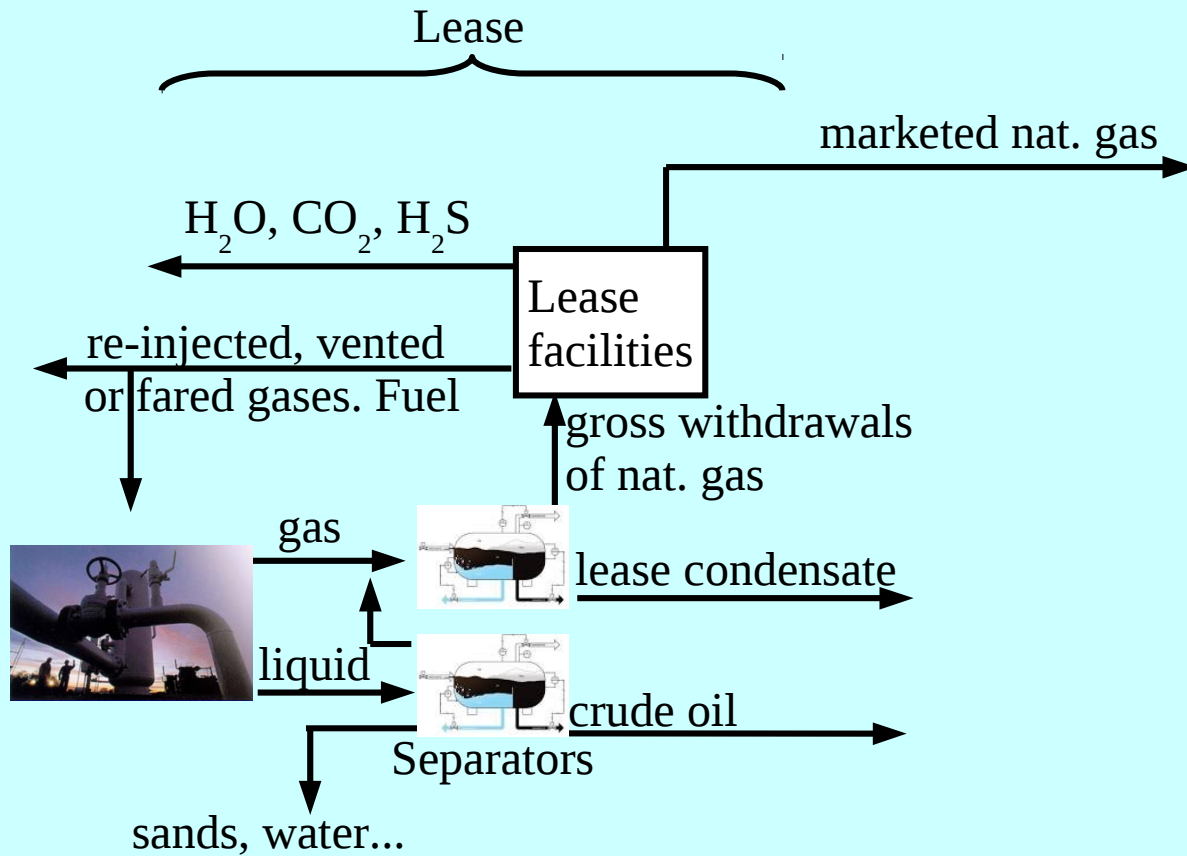
- T_{Res} et P_{Res} .

P_{Res} baisse en production.



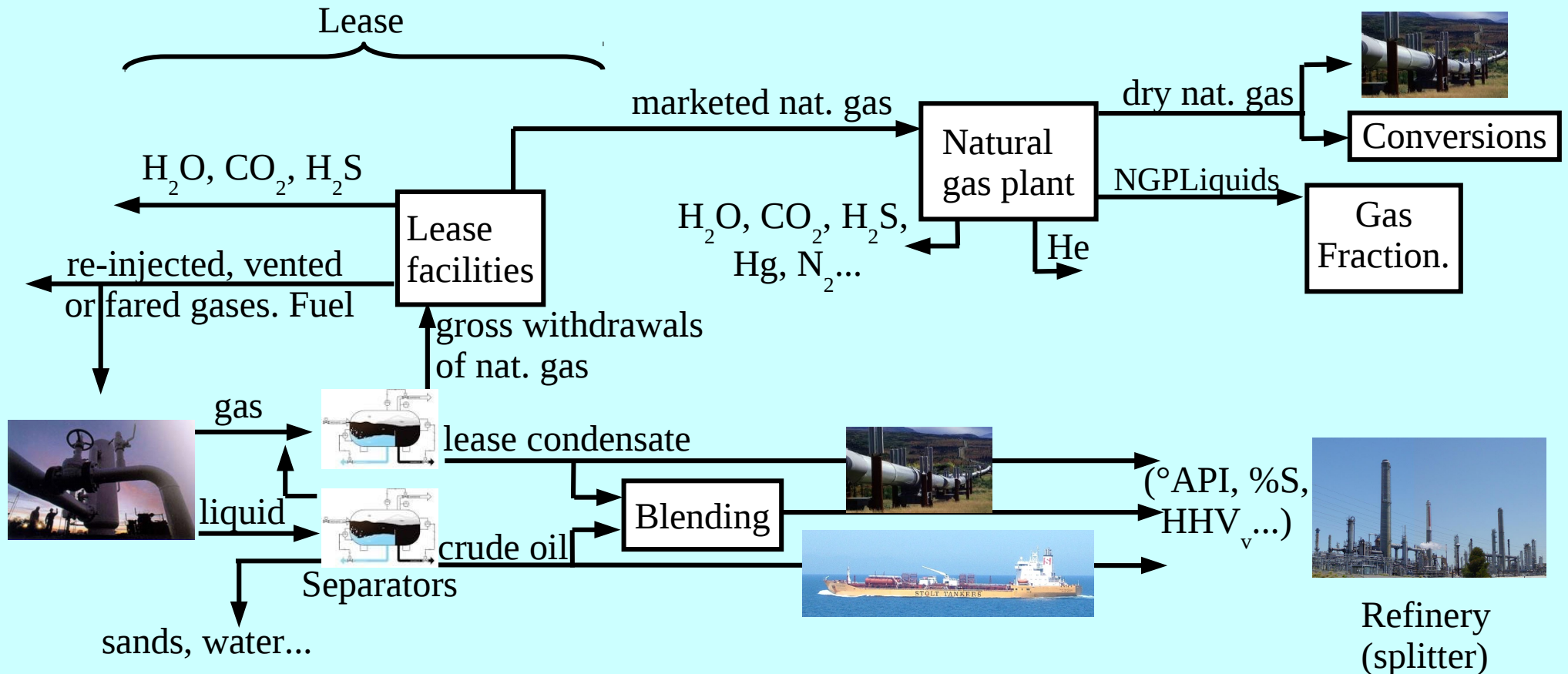
Du puits à la raffinerie

D'après lexique de l'USEIA

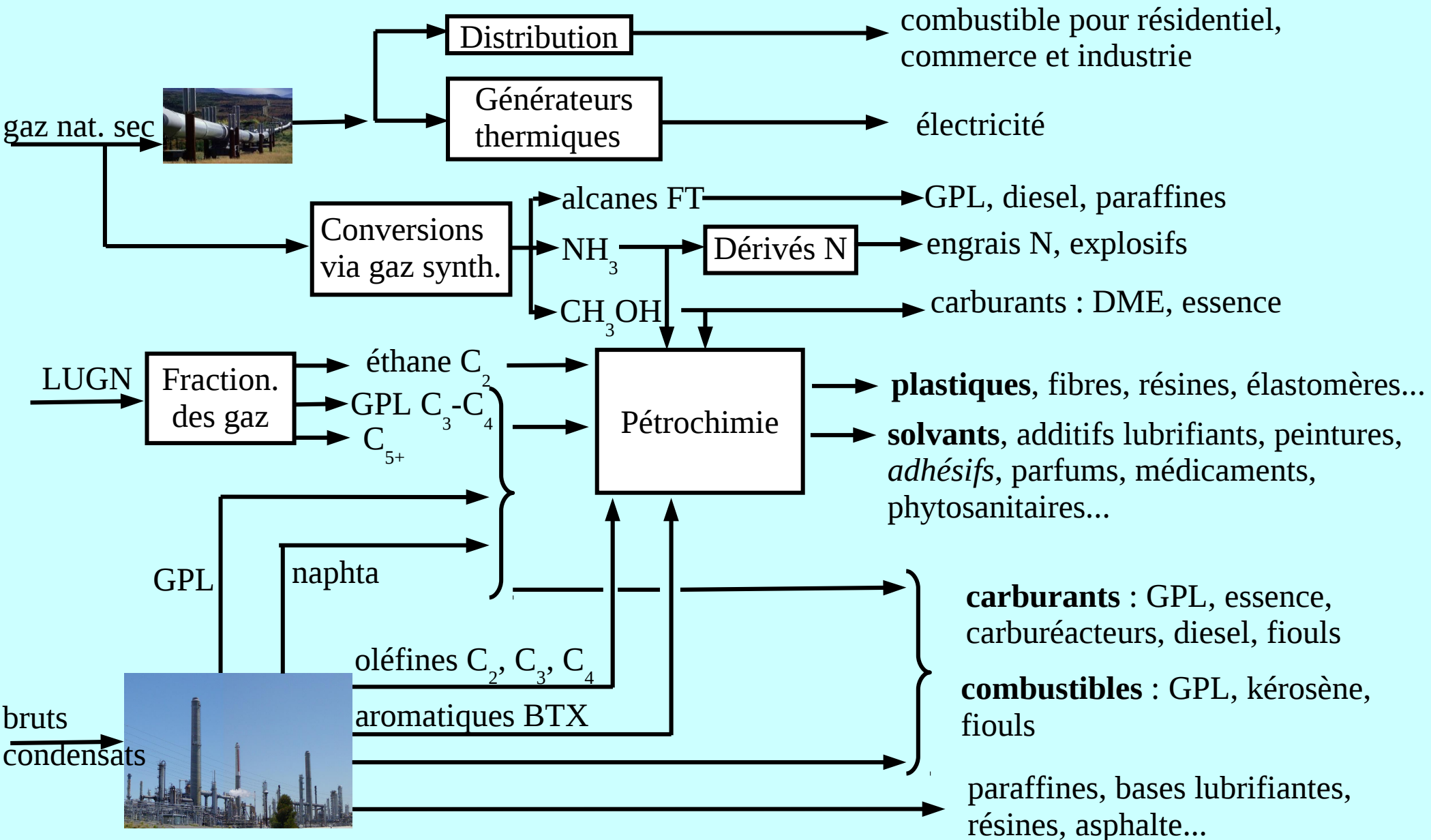


Du puits à la raffinerie

D'après lexique de l'USEIA



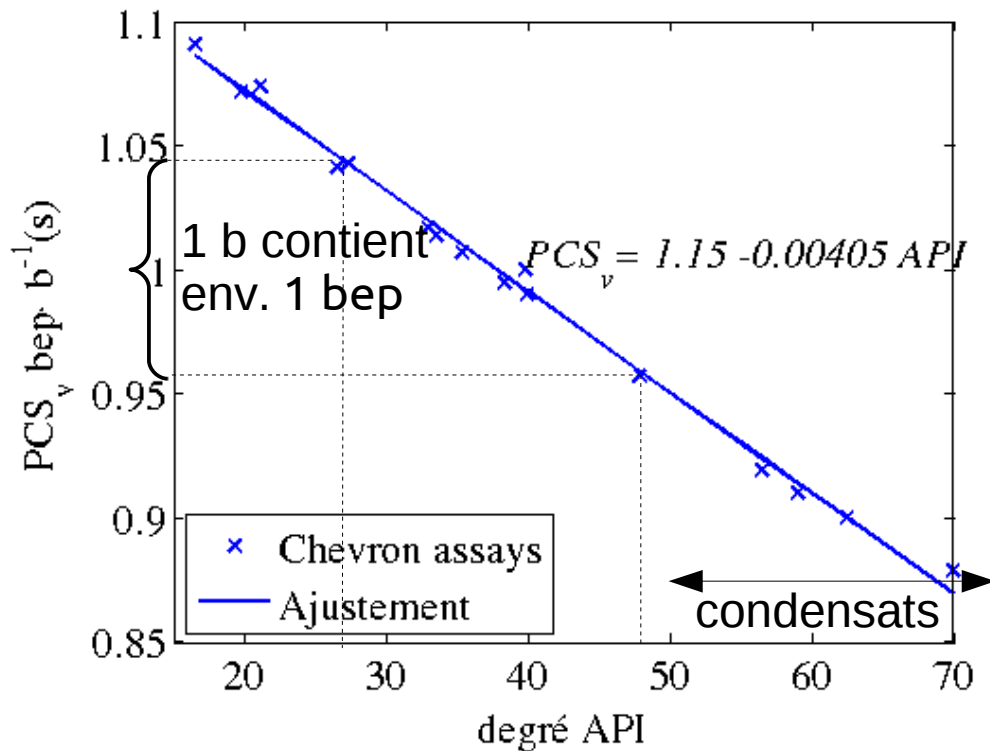
De la raffinerie aux consommateurs



Densité et contenu énergétique. Bruts et condensats

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{d} - 131,5 \quad \text{ou} \quad d = \frac{141,5}{^{\circ}API + 131,5}$$

d = densité à 15,6°C et 1 atm.
 \approx masse volumique en kg/l



1 baril d'équivalent pétrole = 6,12 GJ
 unité d'énergie et non de volume
 \approx PCS d'un baril de brut 38°API.
 1 baril = 42 gallons US = 159 l.

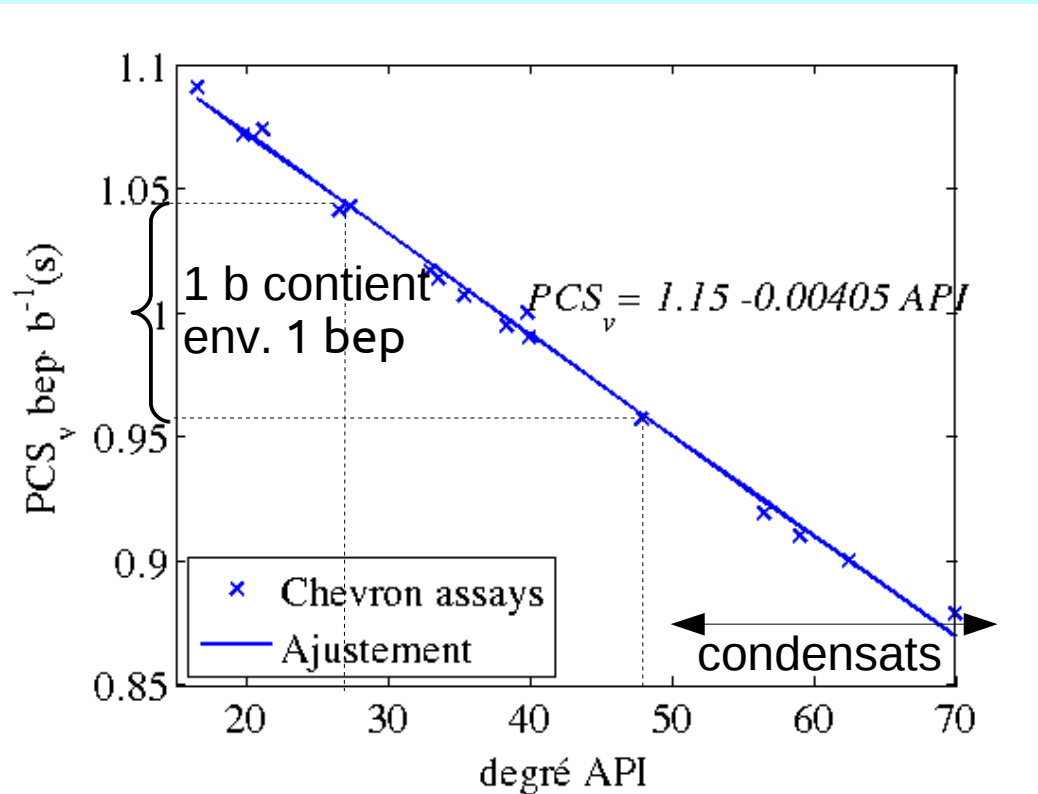
Ajustement empirique, *i.e.* non physique
 \Rightarrow ne s'extrapole pas !

N.B. : API et PCS_v (avec %S) critères de classification des raffineurs et consommateurs.

Densité et contenu énergétique. Bruts et condensats

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{d} - 131,5 \quad \text{ou} \quad d = \frac{141,5}{^{\circ}API + 131,5}$$

d = densité à 15,6°C et 1 atm.
 \approx masse volumique en kg/l



1 baril d'équivalent pétrole = 6,12 GJ
 unité d'énergie et non de volume
 \approx PCS d'un baril de brut 38°API.
 1 baril = 42 gallons US = 159 l.

Ajustement empirique, *i.e.* non physique
 \Rightarrow ne s'extrapole pas !

N.B. : API et PCS_v (avec %S) critères de classification des raffineurs et consommateurs.

Densité et contenu énergétique. Gaz et liquides de gaz

Les volumes sont définies aux conditions standards (s) 15°C et 1 atm.

Ex : gaz sec : 1 millier ft³(s) contient environ 1/6 bep

Densité et contenu énergétique. Gaz et liquides de gaz

Les volumes sont définies aux conditions standards (s) 15°C et 1 atm.

Ex : gaz sec : 1 millier ft³(s) contient environ 1/6 bep

Mais certains LUGN sont alors gazeux → ils sont liquides sous pression !

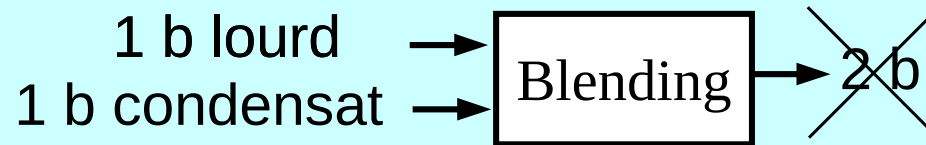
	Pression de liquéf.	densité d	PCS d'un baril
éthane :	34 bars	0,355	0,48 bep
propane :	6,7 bars	0,507	0,66 bep
iso-butane :	2,6 bars	0,563	0,715 bep
n-butane :	1,9 bars	0,584	0,745 bep
n-octane :	< 1 bar	0,705	0,88 bep ↔ condensats

Source : tables du National Bureau of Standards USA.
(Les données de l'USEIA sont en partie erronées)

Un peu de physique...

Pourquoi utiliser les barils d'équivalent pétrole

- **Brut** : 1 bep \approx contenu de 1 b (Ouf).
- **Gaz déjà en bep pour comparer avec brut.**
- **L'énergie – et la masse – se conserve, pas le volume !**



Bilan des flux pour les raffineries US : les choix contestables de l'USEIA (**en gras**) :





L'USEIA en déduit ce qu'elle recherchait : des “gains”


Un peu de physique...

Pourquoi utiliser les barils d'équivalent pétrole

-L'énergie – ou la masse – est ce qui intéresse le consommateur

1 b gpl 

1 bep gpl 

1 b essence 

1 bep essence 

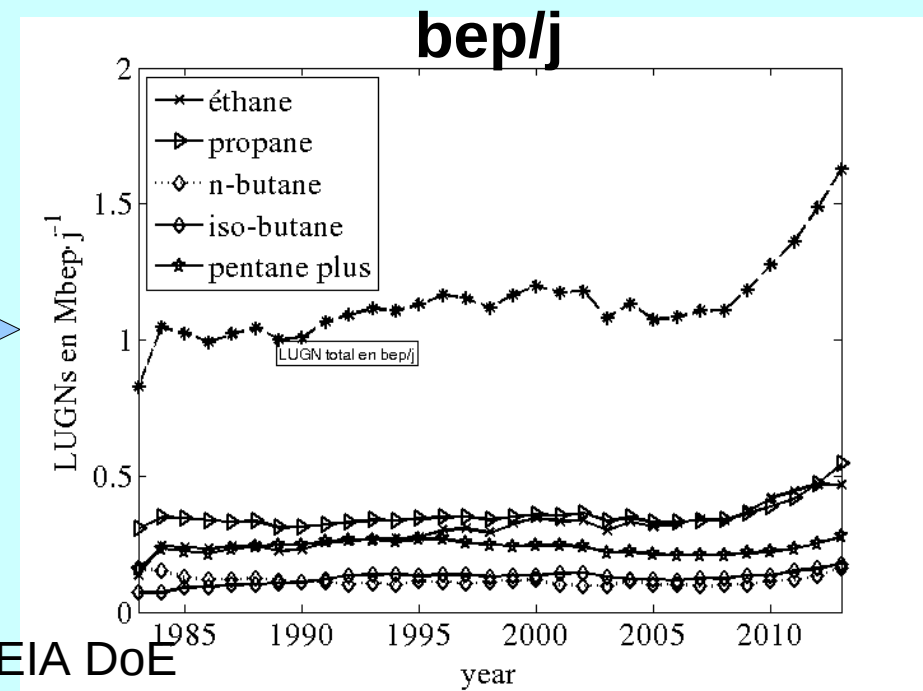
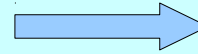
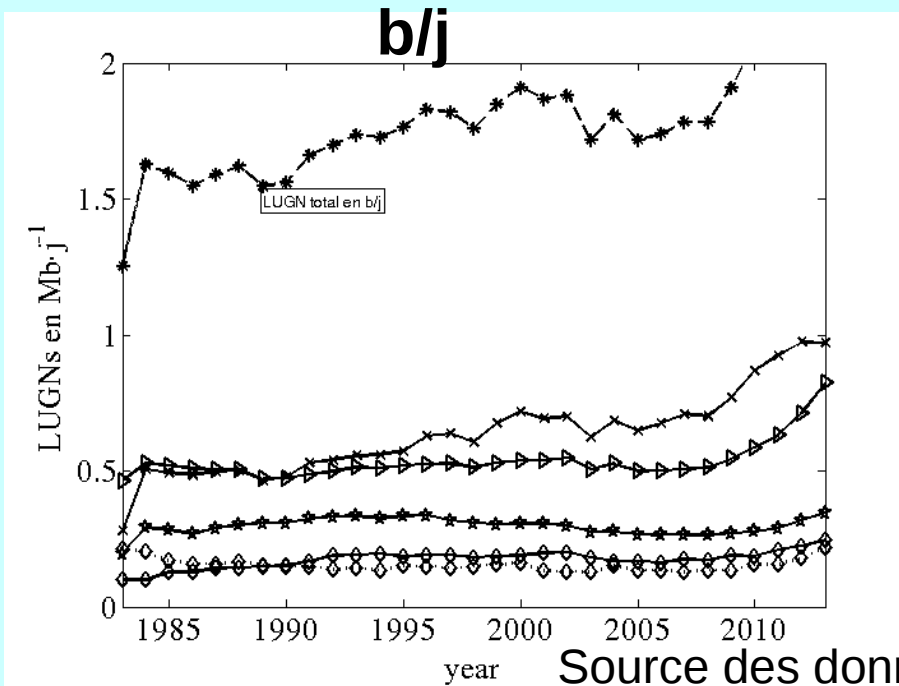


Prix en $\$/GJ_{pcs}$ entre gaz sec et éthane

La production des LUGN

LUGN : liquides des usines de traitement du gaz naturel

USA :

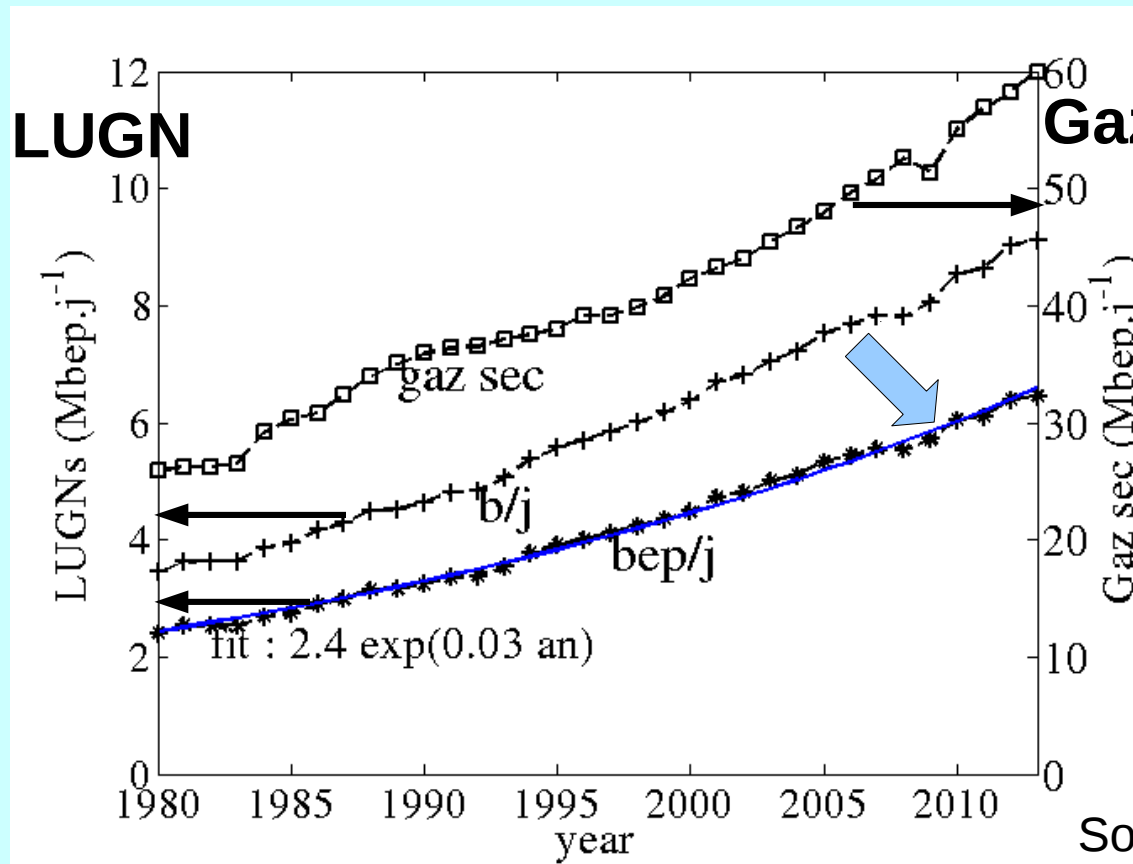


L'USEIA ajoute des barils sous des pressions différentes et n'ayant pas le même PCS

La production des LUGN

LUGN : liquides des usines de traitement du gaz naturel

Le monde :



Gaz sec

La production des liquides issue du traitement du gaz naturel croît d'env. 3%/an

Source des données : USEIA DoE

N.B. : un travail similaire peut être fait avec les données de BP (brut+LdGN) et ENI (brut+condensat).

Les différentes contributions aux pétroles naturels

Pétroles naturels : hydrocarbures issus du sous-sol, liquides ou liquifiés par séparation et simple compression.

A moyen terme ils sont peu substituables pour leurs principales utilisations : transport, pétrochimie et résines/asphaltes.

Production depuis 2010 et prévisions à moyen terme

Mbep/j	2010	2013	2020	2030	
Brut&cond. dits conventionnels	71,2	70,5	65,5	55,5	} Entrées raffineries
LTO	0,6	2,75	< 5 ?	< 5 ?	
XH (Alberta, Vnz)	2,3	2,8	4,0	6,0	
LUGN	5,9	6,4	7,9	10,5	
Total	80,0	82,5	< 82,5	< 77,5	

Source des données 2010 et 2013 : USEIA DoE

Les différentes contributions aux pétroles naturels

Prévision des productions à moyen terme

Brut&cond. dits conventionnels :

- déjà en déclin, certes de moins de 1% par an.
- 3,5 Mb/j de nouveaux projets permettent de stabiliser la production (après “infill” et petits développements)*. Cela correspond à un déclin net de 5%/an.
- 3,5 Mb/j de pic de production est associé à une réserve ~17 Gb**.
- le taux de découverte par an – même réactualisé – est plus faible depuis 2000, env. 13 Gb/an. Les productions des nouvelles réserves vont être plus faibles, ou déclin plus élevé. D'où déclin final de l'ordre de 1%/an, au début.
- Maintien de pression déjà inclus, et récupération améliorée marginale.

* Deloitte Marketpoint pour 2014 dans une présentation du 4 fév. 2015 (cité par O&GJ).

** Les projets marins ont une réserve plus faible, 2,5 Gb/(Mb/j). Mais declins plus élevés, ordre 10%/an en mer du Nord.

Les différentes contributions aux pétroles naturels

Prévision des productions à moyen terme

LTO :

-fin 2014 production de 4-4,5 Mb/j après croissance rapide et inattendue, -mais beaucoup de dettes à épurer avec la chute des prix. Cela suppose un développement plus faible, supposé limité à 5 Mb/j.

XH :

-continuité d'une croissance de près de 5%/an, proche prévision de Alberta Energy Regulation.

LUGN :

extrapolation du graphe diapo. 19 en supposant que la production de gaz et sa richesse en LUGN continuent avec les mêmes taux.