

ÉNERGIES pour demain: GAZ DE SCHISTES

**UNE AUBAINE POUR LA
FRANCE ?**

Les boeufs aussi
font des gaz



ROSA BONHEUR



Usine de méthanisation

**GEOTEXIA
à Mené, Côtes d'Armor**

1. SOMMAIRE

- **Avant-propos**
- **Rappels**
 - 1. Consommation mondiale d'énergie primaire
 - 2. Panorama du marché gazier mondial
 - 3. Exploitation des hydrocarbures conventionnels
 - 4. Avantages du gaz naturel
 - 5. Le gaz de Lacq : grande réussite industrielle française.
 - 6. Cas des USA
- **Origine des hydrocarbures de schistes**
- **Hydrocarbures non conventionnels**
- **L'exploitation des hydrocarbures de schistes**

1.SOMMAIRE (suite)

- **6. Les objections des opposants (les risques)**
 - 6.1. Pollution des nappes phréatiques**
 - 6.2. Les forages profonds**
 - 6.3. La fracturation hydraulique**
 - 6.4. Emprise au sol. Dégradation des sites.**
 - 6.5. Consommation d'eau.**
 - 6.6. Pollution des sols.**
 - 6.7. Risque sismique.**

1. SOMMAIRE (suite)

- **Les objections des opposants (suite)**

- 6.8. Inconvénients sonores.

- 6.9. Pollution chimique.

- 6.10. Risques pour la santé.

- 6.11. Le permis d'exploration est forcément suivi
du permis d'exploitation.

- 6.12. Aggravation du réchauffement climatique.

- 6.13. Le développement de cette ressource va
entraver le développement des énergies renouvelables .

- 6.14. Pollution de l'air.

7. La transition énergétique.

8. La situation en France.

9. Conclusions.

AVANT-PROPOS

- **L'ÉNERGIE EST LE SANG DE LA PROSPÉRITÉ**
- La consommation d'énergie par habitant est le meilleur indice du niveau de vie d'un pays.
- Même avec une plus grande maîtrise de la consommation et plus grande efficacité énergétique, le monde avec ses 8 milliards d'habitants, aura besoin de **plus d'énergie à un prix abordable: + 35% en 2040.**
- **AUDACE, INNOVATION et PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT**

AVANT-PROPOS

- PROBLÈME ? :

⇒ ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

↗ Température ⇒ CLIMAT

ouragan Katrina 2005

Fukushima 11 mars 2011



SOLUTIONS:

- à moyen terme
- à long terme

AVANT-PROPOS

POUR PRÉPARER LE MONDE DE DEMAIN

en **étant pragmatique,**

IL FAUT ASSURER

LES BESOINS

ÉNERGÉTIQUES

DÈS AUJOURD'HUI,

TOUT EN PRÉSERVANT

L'ENVIRONNEMENT.



AVANT-PROPOS

Priorité des majors devenus entreprises globales des énergies. « HSEQ et TRANSPARENCE »

1. SANTÉ, health 2. SÉCURITÉ safety

3. ENVIRONNEMENT responsabilité sociétale

4. QUALITÉ

5. TRANSPARENCE

AVANT-PROPOS

« **RATIONALITÉ**

Plutôt qu' **IDÉOLOGIE** »

CHRISTIAN GÉRONDEAU

OUI À L'ÉCOLOGIE SCIENTIFIQUE

AVANT-PROPOS

- L'ÉNERGIE IDÉALE EST :

FIABLE	FOSSILE	HYDRAULIQUE	NUCLÉAIRE
BON MARCHÉ	FOSSILE	"	"
SURE	FOSSILE	"	"
PROPRE	RENOUVELABLE	"	"
DURABLE	RENOUVELABLE	"	NON

- Les Progrès visent à tendre vers ces 5 qualités à la fois.

RAPPELS

- **CONSOMMATION MONDIALE D'ÉNERGIE PRIMAIRE**
- **CONSOMMATION MONDIALE DE GAZ**
- **BOULEVERSEMENT DU MARCHÉ DU GAZ**
- **RESSOURCES MONDIALES DE GAZ DE SCHISTES**
- **RÉSERVES MONDIALES PROUVÉES**
- **LE GAZ DE LACQ**
- **CAS DES USA**

3.1.1. CONSOMMATION MONDIALE D'ÉNERGIE PRIMAIRE

12 milliards TEP/an

Croissance moyenne annuelle sur dix ans : 2,5%

OCDE ↘ non OCDE ↗

1990 2040

HYDROCARBURES LIQUIDES 65 110 millions de barils/jour

FOSSILES

En 2012 en 2035

PÉTROLE 33,1% 27%

CHARBON 30,3% 28%

GAZ 20 % 25%

HYDRAULIQUE

8% 8%

NUCLÉAIRE

5% 10%

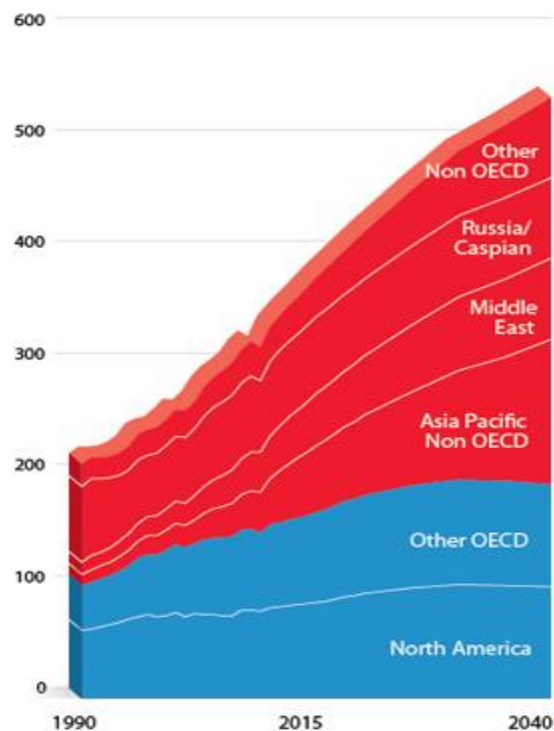
RENOUVELABLES

2% 4%

CONSOMMATION DE GAZ

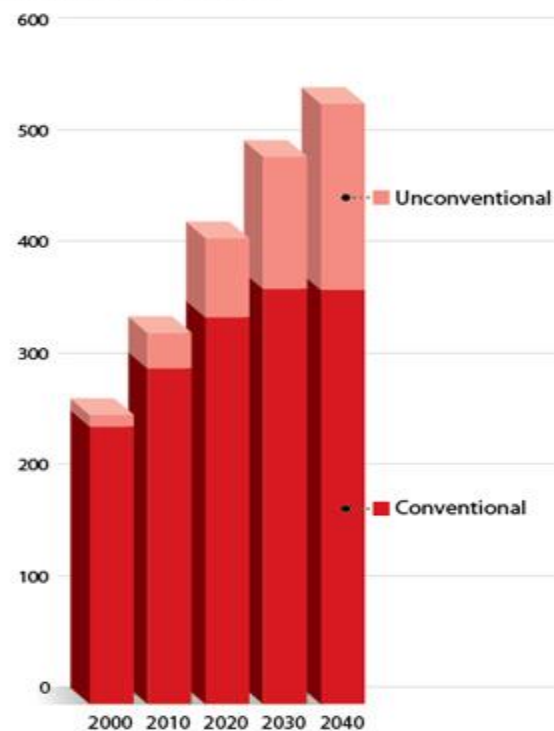
Natural gas demand by region

Billions of cubic feet per day



Natural gas production by type

Billions of cubic feet per day



CONSOMMATION DE GAZ

En Milliards de m ³ /an en 2010		2011
USA	682	657
RUSSIE	460	516
CHINE	112	
JAPON	109	101
GB	98	96
ALLEMAGNE	97	96
CANADA	91	83
Monde	3 169	
ITALIE	ARABIE	INDE
France	51	

BOULEVERSEMENT DU MARCHÉ GAZIER MONDIAL

RÉSERVES PROUVÉES MONDIALES DE GAZ NATUREL (source Cédigaz) en milliards de m³

	<u>1985</u>		<u>2012</u>
1. RUSSIE	37 500	1. RUSSIE	44 800
2. IRAN	13 550	2. IRAN	36 600
3. USA	5 670	3. QATAR	25 370
4. QATAR	4 280	4. TURKMÉNISTAN	17 500
5. ALGÉRIE	3 087	5. USA	8 500
6. ABOU DHABI	<u>2 650</u>	6. ARABIE	<u>8 200</u>
Total mondial :	96 197		190 163

Ressources mondiales en gaz de schistes

- source : estimations AIE en 2011 en 2014

1. CHINE	35 700 milliards de m ³ (TOTAL)	
2. USA	24 136 (TOTAL)	
3. ARGENTINE	21 67 (SHELL,TOTAL, CHEVRON)	28 600
4. MEXIQUE	19 968	
5. ALGÉRIE.....	(TOTAL, GDF/SUEZ, BP)	25 300
GB		5 735
POLOGNE	5 236 Premiers résultats décevants.	4 000
FRANCE	5 000	5 300 ?

Ressources mieux réparties dans le monde

Réserves mondiales en gaz non conventionnels GNC :
380 000 milliards de m³ (50% ressources totales).

MARCHÉ MONDIAL DU GAZ

- **Bouleversement complet du marché par le gaz de schistes américain.**

30% de la production de gaz US vient du gaz de schistes.

- **Réserves prouvées de gaz aux USA :**

en 1991 : 4700 milliards de m³

en 2012 : 8200 milliards de m³

Prix variable: 2,70 \$/ million de BTU (28 m3)

4 fois moins cher qu'en Europe, 5 fois moins qu'au Japon, gros avantage compétitif.

3.3. RÉSERVES MONDIALES PROUVÉES en années de consommation en 2010

. Pétrole *	(90 millions de barils/jour BOPD)	56 ans
. Gaz conventionnel **		65 ↗
. Charbon ***		183
. Combustibles nucléaires		200

* En 1956 , c'était 40 ans. En 2011, nombreuses découvertes dans le monde. Sans compter l'huile de schistes.

** Beaucoup plus avec les gaz de schistes : environ 200 ans.

*** Charbon: 80% réserves mondiales : USA, Chine, Inde, Russie, Australie

**AUCUNE URGENCE en FRANCE à PASSER A LA
TRANSITION ÉNERGÉTIQUE SUBVENTIONNÉE:**

**ENCOURAGER LA RECHERCHE PRIVÉE, LA GÉOTHERMIE
PROFONDE, le SOLAIRE ET UN MIX ÉNERGÉTIQUE
JUDICIEUX car AUGMENTATION de la DEMANDE D'ÉNERGIE
MONDIALE de 35% en 2040 , mais sans émission de GES.**

IMPORTATIONS DE GAZ EN EUROPE EN 2011

1. Russie	113	33%	\$ 275 milliards
2. Norvège	99	29%	
3. Algérie	50	15%	
4. Qatar	28	8%	
5. Libye	9,3	3%	
6. Trinité-Tobago	6	2%	
7. Egypte	4	1%	

SOURCES d'ELECTRICITÉ

	Monde	en Europe	en France
GAZ	19% ↗	25%	2,4% ↘
CHARBON	38% ↗	21%	3,1% ↗
HYDRAULIQUE	16% ↗	16%	7,8% ↗
NUCLÉAIRE	14% ↗	13%	80,4% ↘
PÉTROLE	8% ↘	7%	1,2% =
ÉOLIEN	3% ↗	10%	4,7% ↗
SOLAIRE	1,4% ↗	6%	négligeable
BIOMASSE	1,4% ↗	3%	0,4% ↗

LA FRANCE LE MOINS POLLUANT DES GRANDS PAYS.

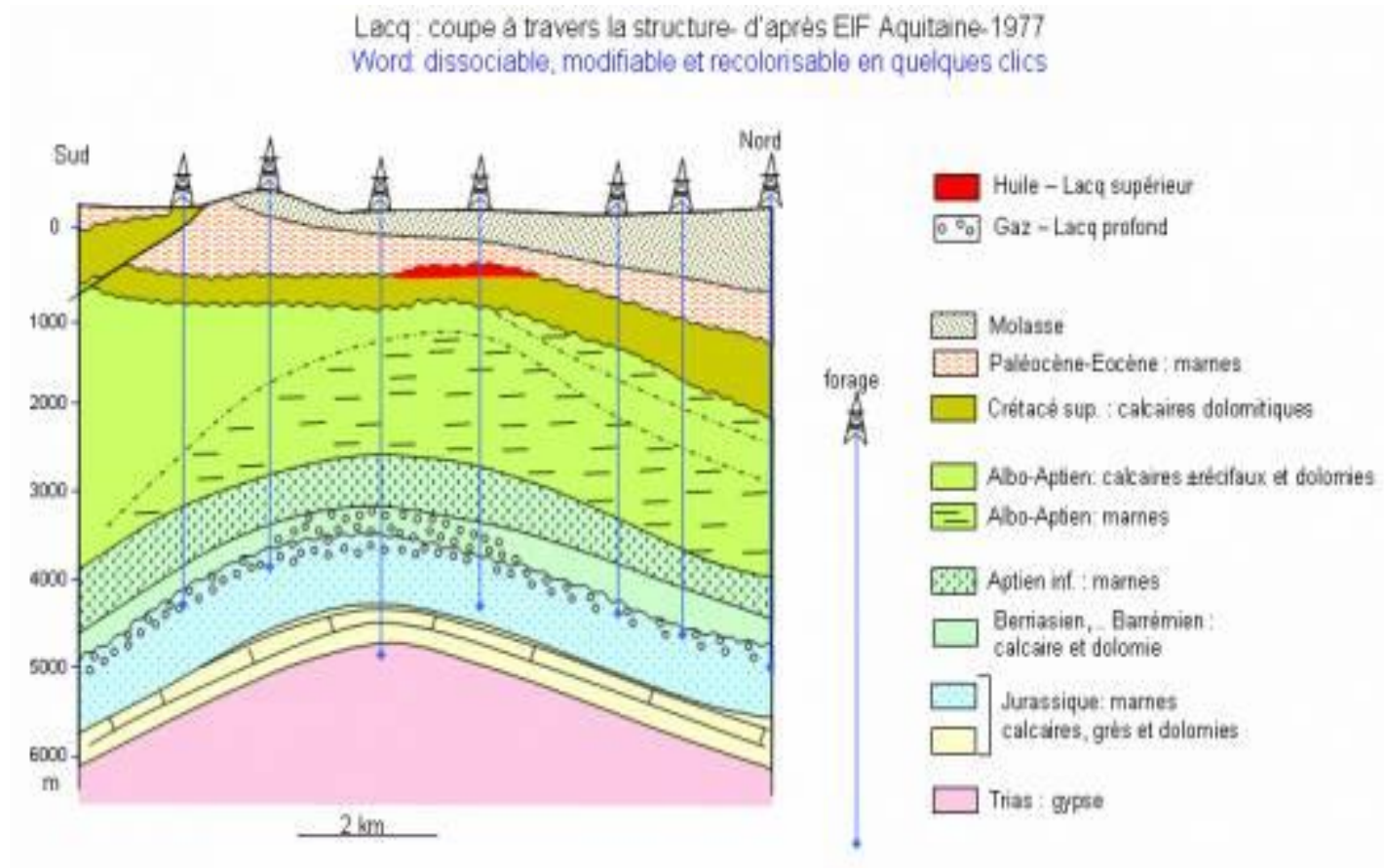
RENOUVELABLES = Plus de 20% ↗ de la production mondiale.

CHAMP de LACQ

GRANDE RÉUSSITE INDUSTRIELLE FRANÇAISE



CHAMP DE LACQ



GAZ DE LACQ

Découvert dans les années 50 et exploité depuis.
«Inexploitable» dicit les experts américains de l'époque.
⇒ Gaz ultra-corrosif pour les aciers et mortel pour les humains. 25% hydrogène sulfuré+ SO₂

Vifs encouragements des gouvernements de l'époque.

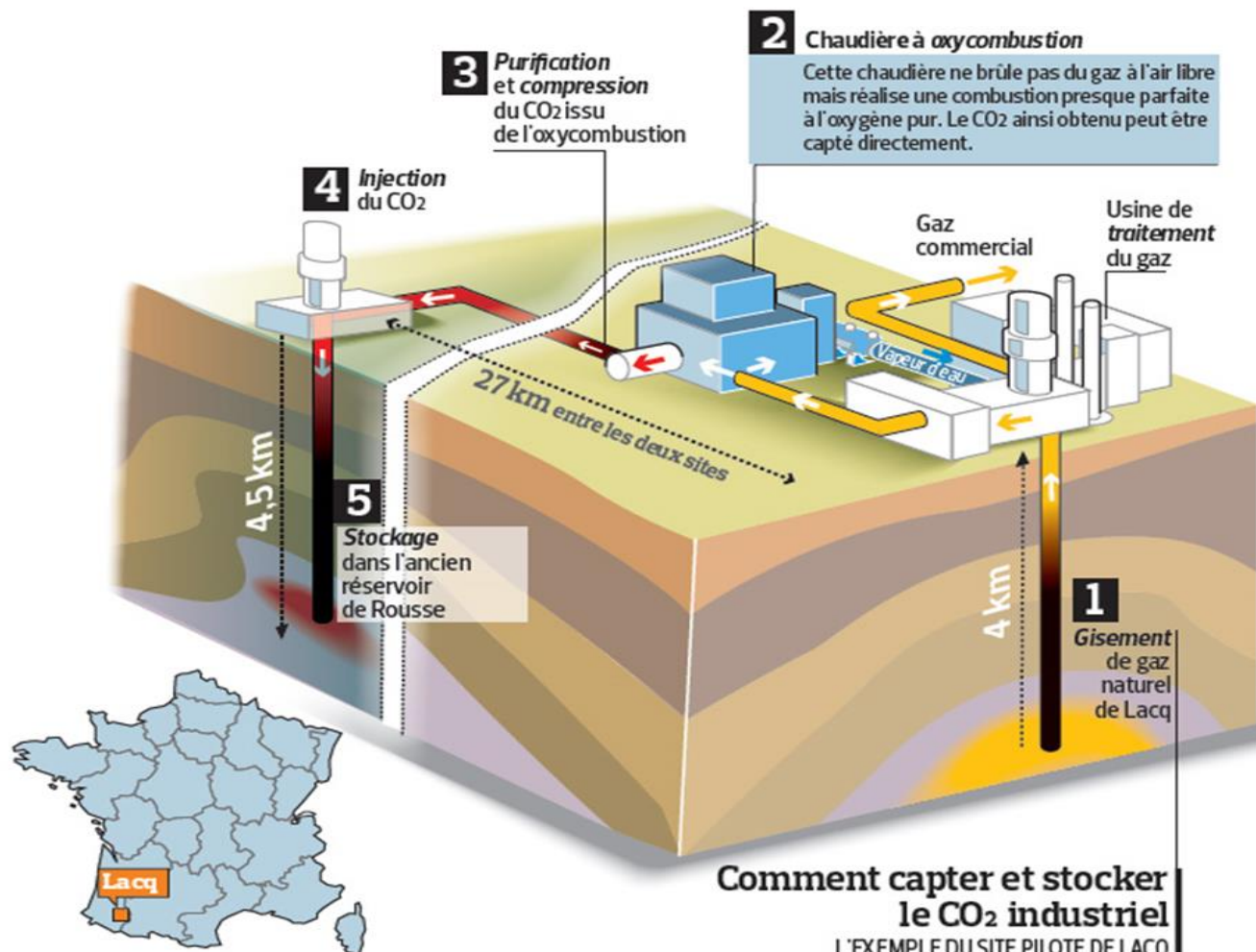
- **Succès de la SNPA: démarrage de l'usine en 1957. 5 000 tonnes de soufre/jour.**

An aerial photograph of the Lacq industrial site, featuring four prominent tall smokestacks with red and white horizontal stripes. The facility includes various industrial buildings, piping, and storage tanks. In the foreground, there are large yellow storage tanks. The background shows a green, hilly landscape under a clear sky.

USINE DE LACQ



TOTAL
COMMITTED TO BETTER ENERGY



**Comment capter et stocker
le CO₂ industriel**
L'EXEMPLE DU SITE PILOTE DE LACQ

CAS DES USA

- En 2000, des petits entrepreneurs se lancent au Texas dans la production du gaz de schistes en utilisant des techniques éprouvées : **forage horizontal et fracturation (fissuration) hydraulique.**
- **FRACKING BOOM** boursier après la découverte de **BAKKEN (oil)** au **Dakota du nord** : aujourd'hui **1 200 000 BOPD ↗ (191 000 m³/jour)**
- En 2008 , entrée des majors et **TOTAL** au Texas. **GDF Suez** aussi.
- **Ouest TEXAS** : **nouvel eldorado**, **Permian basin**: 2 millions BOPD ↗, **Eagle Ford**: 1,5 millions



Tête de puits

CAS DES USA

- **1^{er} producteur de gaz devant les Russes.**
WEST TEXAS (Permian basin). 515 appareils en activité. 100 milliards de barils de réserve prouvée. 900 appareils de forage au Texas.
28 mai 1923: RITA #1 production croissante
- **En 2015, premier producteur de pétrole brut devant l'Arabie saoudite qui reste premier exportateur. En novembre 2013 : 7,768 millions BOPD. Prédiction : 14 millions de BOPD en 2017.**
- **800 000 emplois créés↗. Taux de chômage: 5,9%**
- **L'industrie pétrolière revigorée.**
- **19 états connaissent le plein emploi.**

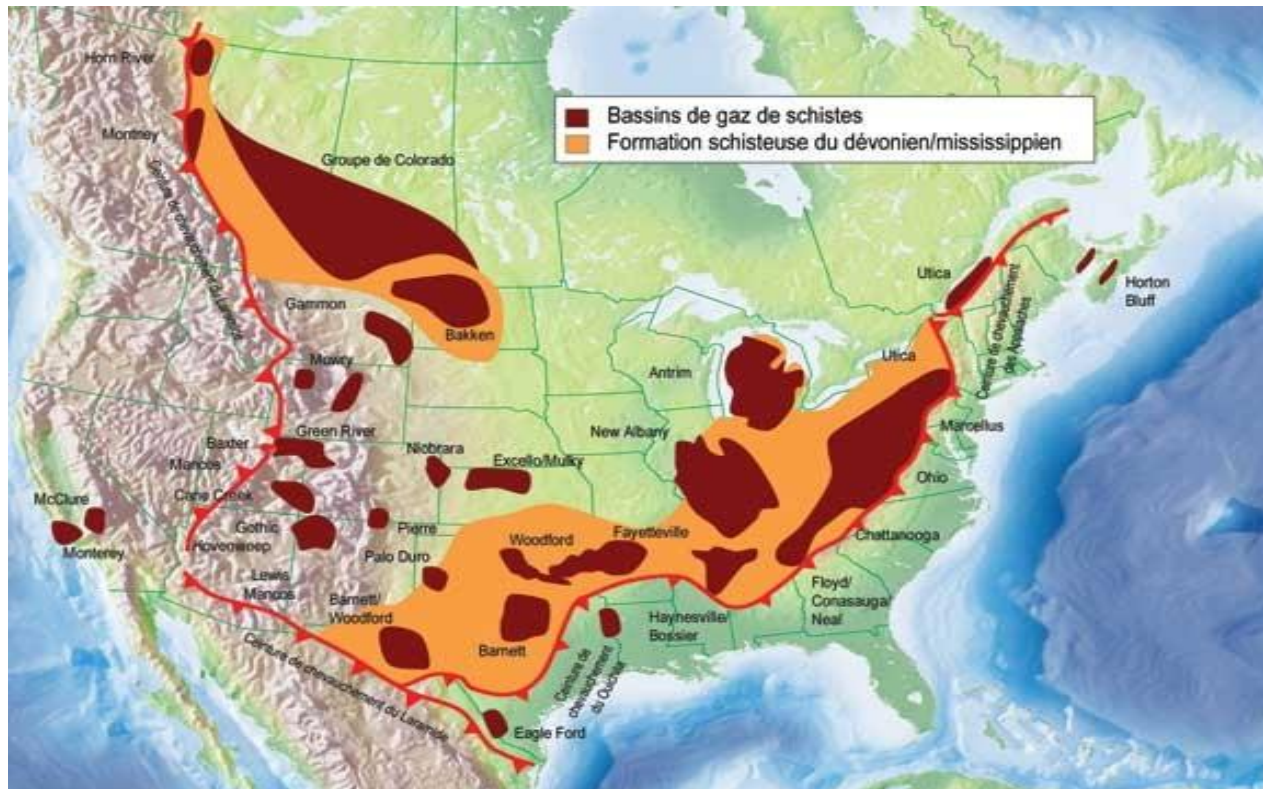
CAS des USA

Le gaz moins cher ⇒ Renaissance de la pétrochimie américaine.

- Le parapétrolier américain accroît son leadership ⇒ Techniques innovantes :
i.e.: captage et injection CO₂.
- Grands bénéficiaires : sidérurgie, pétrochimie, centrales électriques.
- Relocalisation des industries manufacturières.
- Exportation de gaz ⇒ GNL ⇒ EDF
- Taux de chômage = 5,9% ↘

AUTO-SUFFISANCE ÉNERGÉTIQUE

CAS DES USA



GISEMENTS DE SCHISTES

CAS DES USA



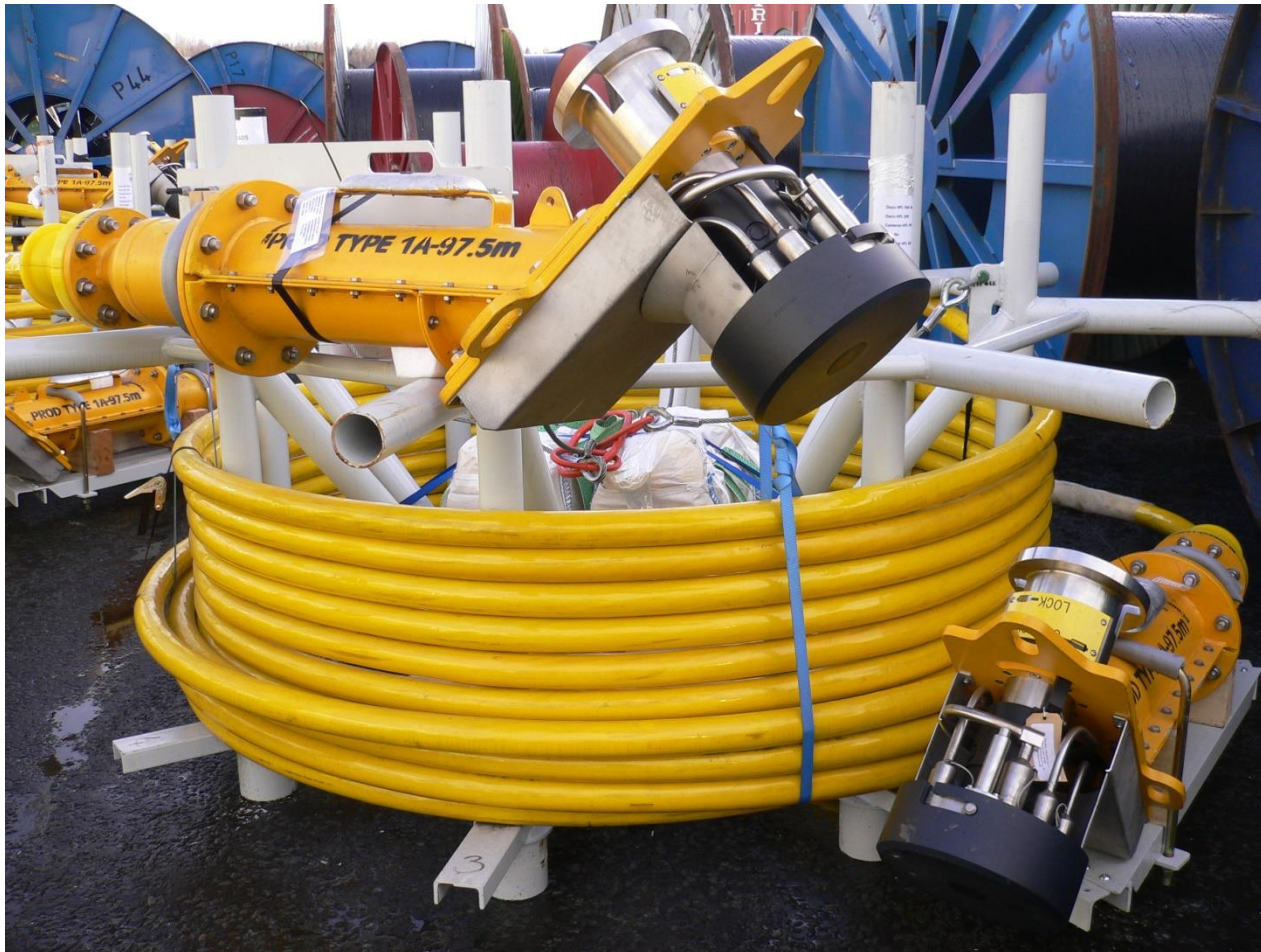
BAKKEN 1 shale gas

FLEXIFRANCE : usine des flexibles

- LE TRAIT Seine Maritime



Les FLEXIBLES PÉTROLIERS



APPAREILS DE FORAGE

CANADA 401

EUROPE 136

MOYEN ORIENT 383

AFRIQUE 131

AMÉRIQUE DU SUD 420

ASIE / PACIFIQUE 245

CAS DES USA

9 /12/ 2008

15/11/ 2012

15/11/ 2013

Septembre 2014

Pour le gaz 1606 417 370 329

Pour le pétrole 310 1 390 1 385 1601

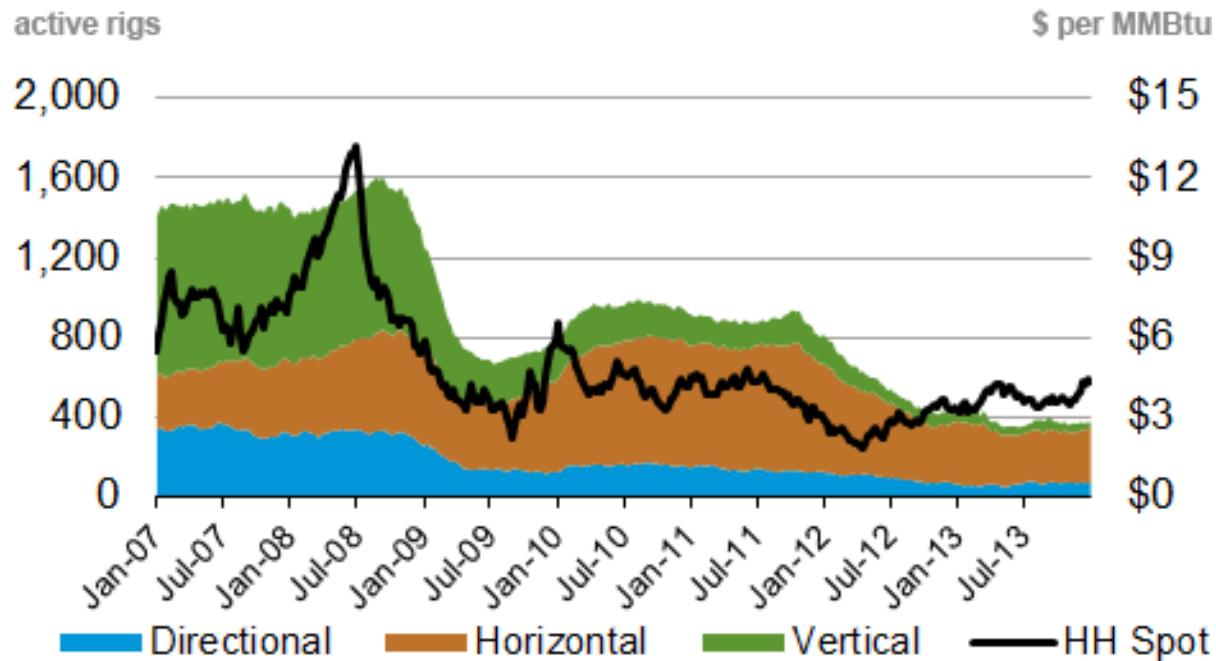
Total USA = **1931** (3445 dans le monde, 830 offshore) Total Texas = 900

Source: IADC

TRÈS FORTE SENSIBILITÉ au PRIX DU GAZ

Nombre d'unités vs. prix du gaz

Weekly natural gas rig count and average spot Henry Hub

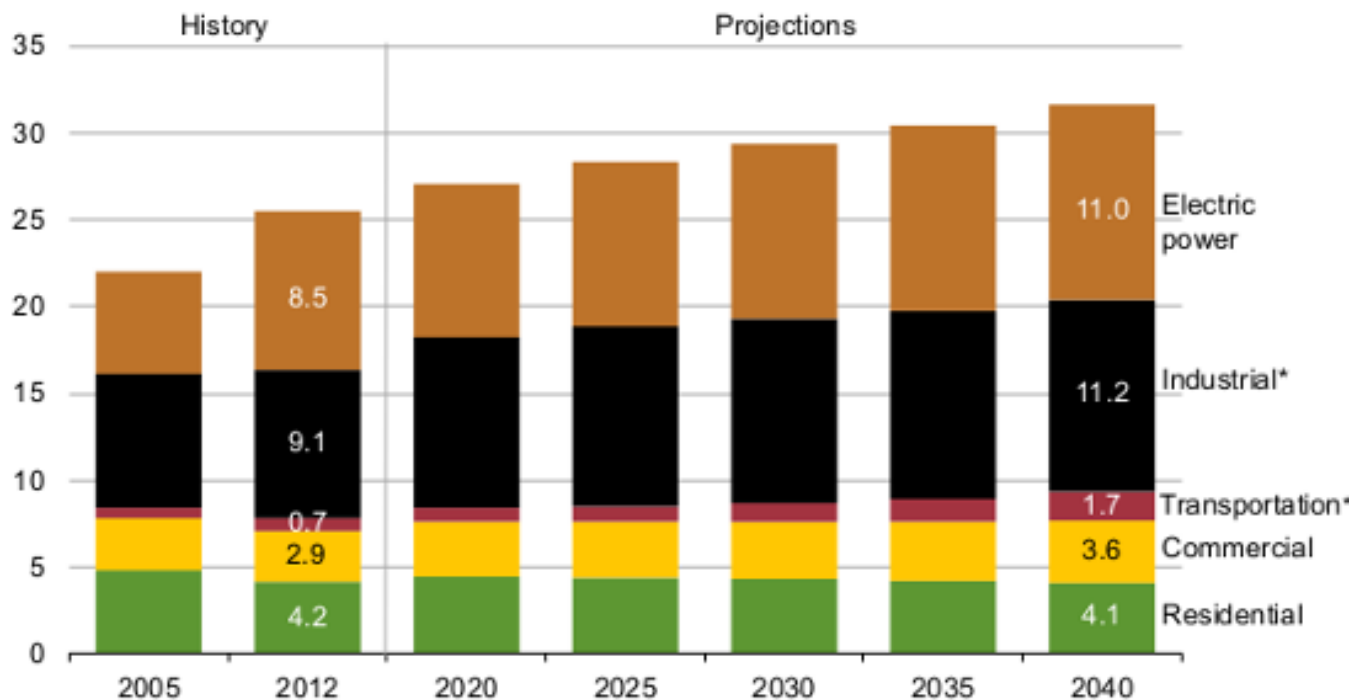


Source: Baker Hughes

USA : CONSOMMATION DE GAZ

Natural gas consumption growth is driven by electric power, industrial, and transportation use

U.S. dry gas consumption
trillion cubic feet



Source: EIA, Annual Energy Outlook 2014 Early Release

*Includes combined heat-and-power and lease and plant fuel

**Includes pipeline fuel

CAS DES USA

Oil in the U.S.: Rising Supply and Declining Demand

Million barrels per day

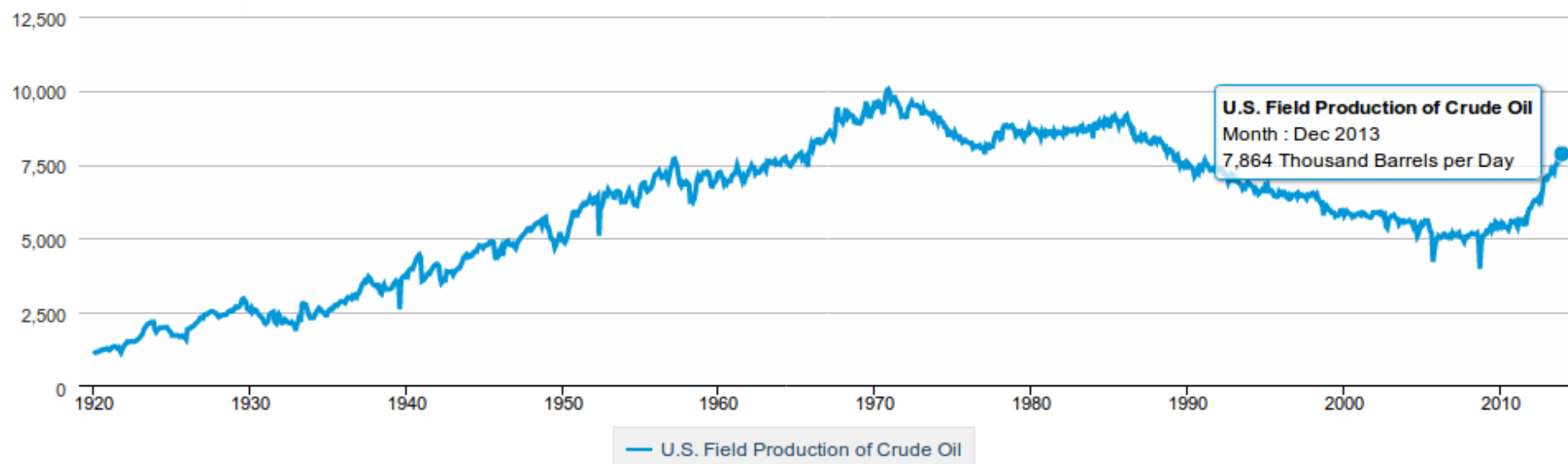


Source: EIA, IEA, Raymond James estimates

PRODUCTION DE BRUT aux USA

U.S. Field Production of Crude Oil

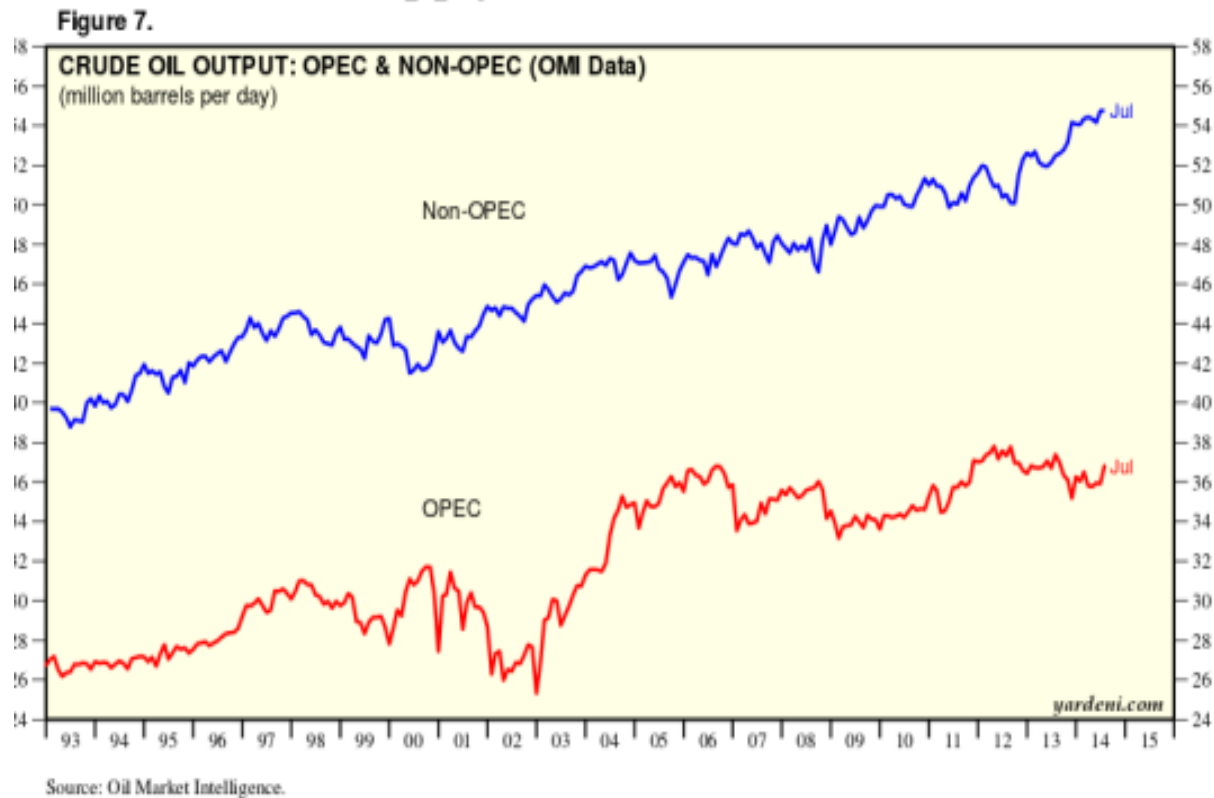
Thousand Barrels per Day



Source: U.S. Energy Information Administration

Production de brut dans le monde

Oil Supply: OPEC & Non-OPEC



SYSTÈMES D'EXPLOITATION

A. CONVENTIONNELS:

→ migration des hydrocarbures vers des gisements de roches poreuses : calcaires, grès, sables. RÉSERVOIRS

En 3 phases:

1. SISMIQUE 2. FORAGE 3. PRODUCTION

B. NON CONVENTIONNELS :

ROCHE-MÈRE → Hydrocarbures de schistes

ROCHE COMPACTE → TIGHT GAS, gaz compact.

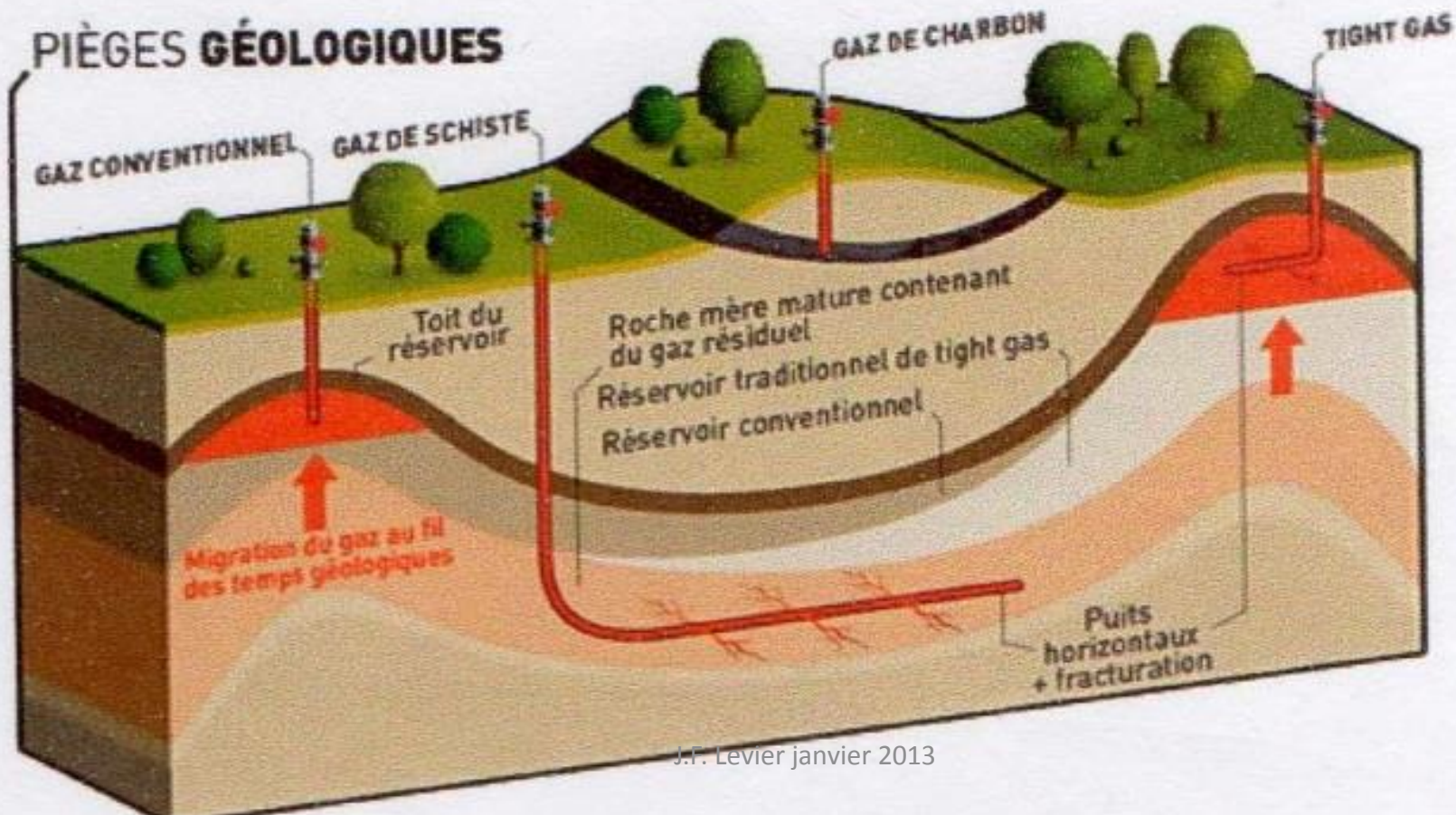
Fonds des océans → HYDRATES

Sables bitumineux (tar sands) Canada

Huiles lourdes, Vénézuéla

DIVERS SYSTÈMES D'EXPLOITATION

Les gaz de schistes



FORAGE



Chantier de forage



Trépan tri-cônes



Têtes de carottier

FORAGE



Stabilisateurs



Tiges de forage

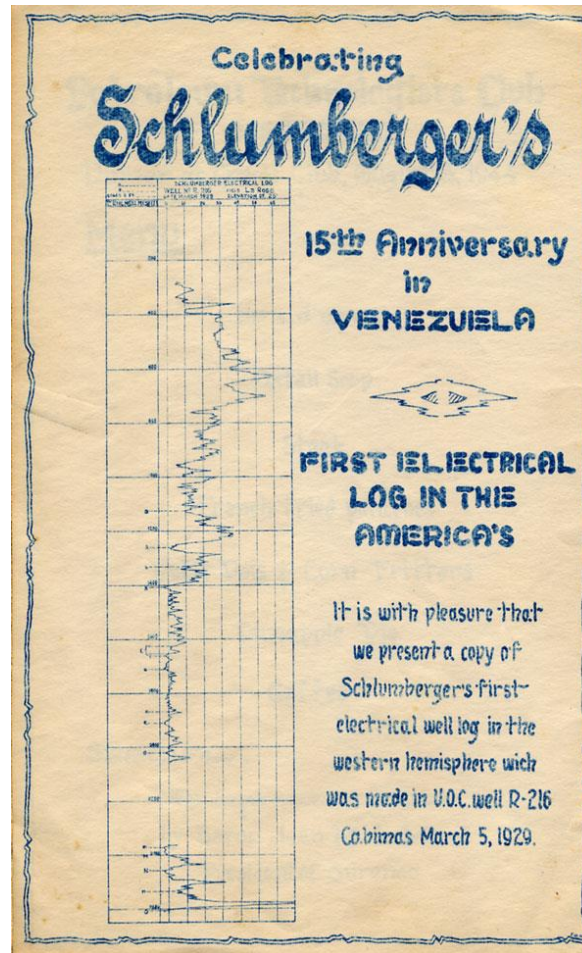
FORAGE



J.F. Levier janvier 2013

FORAGE : PROSPECTION ÉLECTRIQUE

Conrad & Marcel SCHLUMBERGER



PRODUCTION

- Tête de puits



5.1 SCHISTES

ROCHE-MÈRE : environ 180 millions d'années

2 sortes de roches:

-SÉDIMENTAIRES (shale) d'origine argileuse

Où naissent les kérogènes

-MÉTAMORPHIQUES (schists) granits

5.2 Origine des hydrocarbures de schistes



5.3. QUALITÉS D'UNE ROCHE

POROSITÉ Volume vide dans une roche:

Exemples : pierre ponce , sables , grès sont poreux. Le granit ne l'est pas.

La porosité se mesure en pourcentage.

PERMÉABILITÉ Propriété d'une roche de laisser s'écouler les fluides dans ses pores, de se laisser traverser. En millidarcys.

5.4 LE GAZ DE SCHISTES

C'est du **gaz naturel** piégé dans des formations schisteuses à texture feuilletée, comme l'ardoise, très peu perméables.

La fissuration provoquée augmente la perméabilité

5.5. PHASES EXPLORATION-EXPLOITATION

- 1. FORAGE VERTICAL au toit du gisement.
TUBAGE, CIMENTATION, CONTRÔLE.
- 2. FORAGE HORIZONTAL grâce au TURBO-FORAGE
habituel : 2000/ 3000 m → Meilleur drainage du gisement.
record du monde : 10 000 m au Qatar
- 3. FRACTURATION HYDRAULIQUE non spécifique au gaz de schistes.
- 4. PRODUCTION : remontée dans le puits
- 5. TRAITEMENTS DE SURFACE

5.6. TURBO-FORAGE



NOUVELLE MÉTHODE DE FORAGE HORIZONTAL : OCTOPUS

Multi-well pad drilling : OCTOPUS

**Au même emplacement l'appareil de forage
fore de 4 à 18 puits :**

- Gain de temps.**
- Superficie drainée bien plus grande.**
- Surface utilisée en l'air bien moindre.**
- Baisse des coûts de forage.**

5.10 FRACTURATION HYDRAULIQUE

FISSURATION ASSISTÉE ou provoquée (**FRACKING**)

Objectif: Fissurer la roche-mère imperméable :
accentuer les clivages naturels .

Paramètres opérationnels:

A) Fluide

a) Eau : 95,51%

b) Additifs chimiques : 0,49%

c) Sable fin ou micro-billes en
céramique : 4%

5.11 FRACTURATION HYDRAULIQUE

PARAMÈTRES OPÉRATIONNELS

B) Pression à atteindre pour rupture des forces de cohésion : ≥ 600 bars . Tarage : 1000 bars

MOYENS: 200 camions-citernes pour l'eau, camions de sable, mélangeurs, importante batterie de puissants camions-pompes, flexibles de raccordement. Micro-sismographes. Instrumentation.

Gros progrès en efficacité. MODÉLISATION et MICRO-SISMIQUE en temps réel

5.12 FRACTURATION HYDRAULIQUE

I – Shale gas, well fracturing operations



5.13.FRACTURATION HYDRAULIQUE



5.14. FRACTURATION HYDRAULIQUE



5.15.FRACTURATION HYDRAULIQUE



5.16.FRACTURATION HYDRAULIQUE



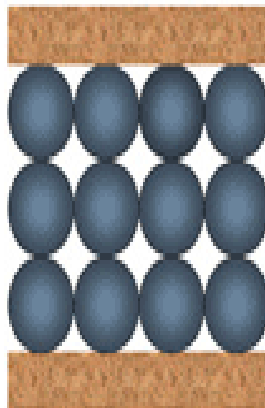
SABLE POUR FLUIDE DE FISSURATION

5.17. FRACTURATION HYDRAULIQUE

- **Avantage des billes en céramique bien calibrées: PORIOSITÉ AMÉLIORÉE**

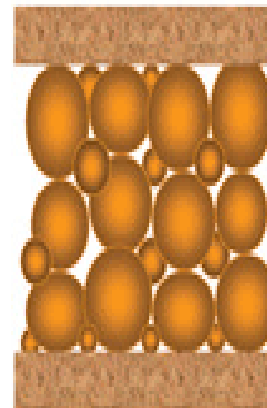
Ceramic Proppant Benefits

Uniform size and shape ceramic grains provide maximum porosity and allow more oil and gas to flow through the proppant pack.



Alternative Proppant

Broadly sieved and irregularly shaped proppants such as sand and resin coated sand pack more tightly, resulting in loss of fracture width and reduced conductivity.



5.18.FRACTURATION HYDRAULIQUE

PANOPLIE DE 12 PRODUITS CHIMIQUES

Utilisés pour les 0,49% d'additifs pour la fracturation hydraulique (fracking) ou fissuration provoquée

Soit au maximum : 98 m³

1. Acide chlorhydrique et acide muriatique
2. Agents anti-bactériens : *glutaraldéhyde, Ethanol ou méthanol.*
3. Inhibiteurs de corrosion : *éthylène glycol, propylène glycol, hydroxyde de soude.*

5.19.FRACTURATION HYDRAULIQUE

4. Agents anti-rouille : *acide citrique,*

5. Polymères réticulés : *Titane, zirconium, sels de bore, sels de fer.*

6. Agents de fractionnement : *persulfate d'ammonium, oxydants comme l'eau de Javel, enzymes.*

5.20.FRACTURATION HYDRAULIQUE

- **7- Correcteurs d'acidité** : *carbonates de soude, carbonates de potassium.*
- **8- Agents anti-tartres.**
- **9-Gélifiants** : *cellulose hydroxyethyl, graine de guar.*
- **10- Stabilisateurs d'argile** : *chlorure de potassium.*
- **11- Polymères** : *iso-propanol.*
- **12- Réducteurs de friction** : *polyacrylamide.*

5.21. FRACTURATION HYDRAULIQUE

Résultats:

- . Micro-fissures (**clivage**) de 2 mm sur 20/30 m; autour du drain horizontal, remplies de sable ou de billes de céramique.
- . Clivages sur 100m au maximum.

Opération coûteuse à renouveler si baisse de productivité après quelque temps ?

6.a Les 14 objections des opposants

1. Pollution des nappes phréatiques.
2. Risques des forages profonds.
3. Fracturation hydraulique.
4. Emprise au sol. Dégradation des sites.
5. Consommation d'eau.
6. Pollution des sols par rupture des canalisations.
7. Risque sismique.

6.b. Les 14 objections

8. Inconvénients sonores.

9. Pollution chimique.

10. Risques pour la santé.

**11. Le permis d'exploration est forcément
suivi du permis d'exploitation.**

12. Réchauffement du climat.

13. Entrave au développement des ER.

14. Pollution de l'air.

6.1.1 POLLUTION DES NAPPES PHRÉATIQUES

3 seules causes possibles de pollution :

1. Fissurations assistées des schistes. De faible extension.

⇒ Nappes phréatiques : 100m/600m max

⇒ Gisements de schistes : 1500 m/ 4000m

2. Fuites dans tubages verticaux concentriques et cimentés à travers les aquifères.

Casing 7" ép.=16mm 64kg/m

3. En surface, infiltrations. Non spécifique aux GDS.

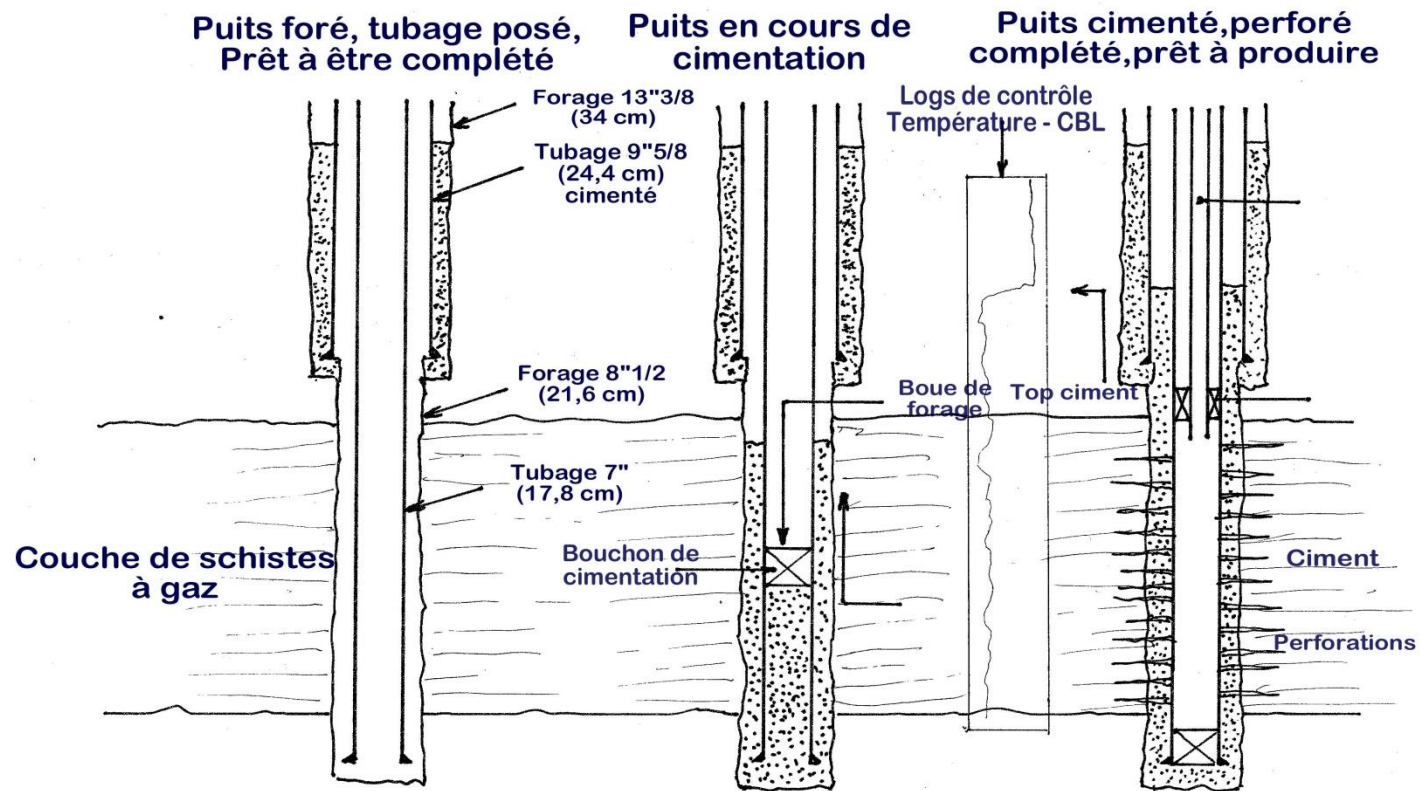
Pollution très improbable

6.1.2 Pollution d'après le film« GASLAND »

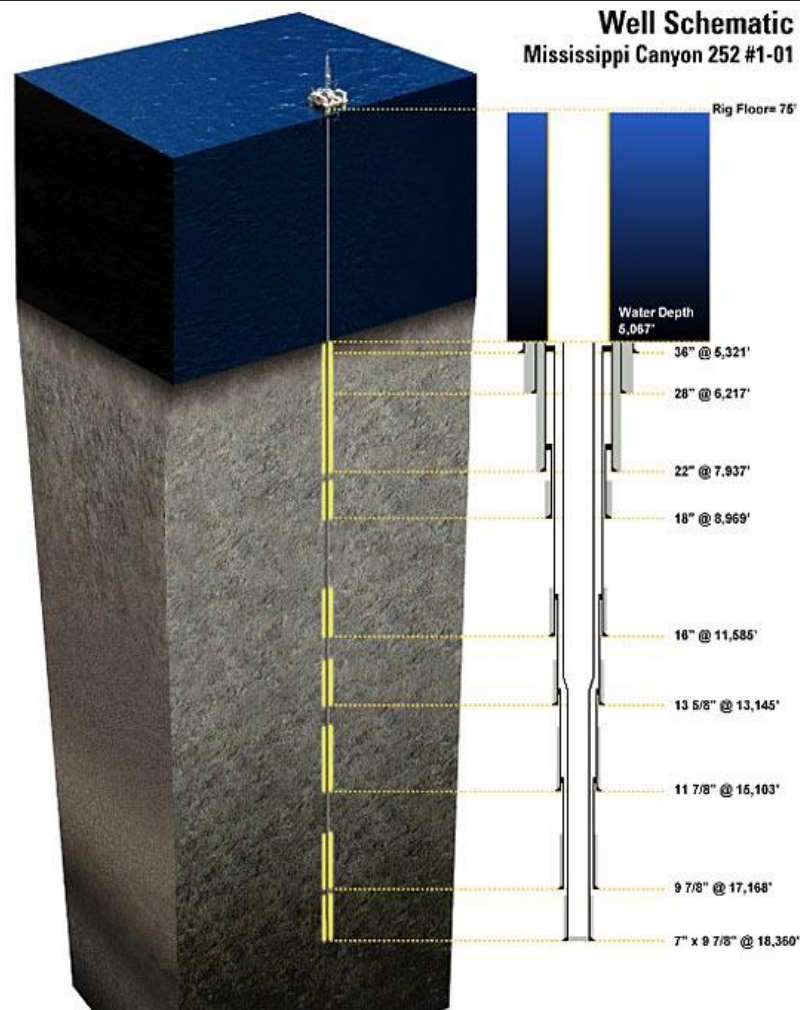


6.1.3 COUPE D'UN PUIT

- CIMENTATION des TUBAGES**



6.1.4. COUPE DU PUIT MACONDO de BP



6.1.5 TUBAGES ACIER



6.2. RISQUES DES FORAGES PROFONDS

- Les forages verticaux de 2000, 3000, 4000m, sont courants.

Record du monde à terre : 10 000 m au Texas.

Record en mer : 2 000 m + 10 000 m en horizontal

- Les Têtes de puits en cours de forage sont des blocs d'obturateurs de sécurité dit BOP.



FORAGES PROFONDS en MER



RISQUES DU MÉTIER



Golfe du Mexique

Puits MACONDO de BP



MAÎTRISE DES RISQUES

6.3.2 FRACTURATION HYDRAULIQUE

- .Non spécifique au gaz de schistes.

- .Plus de **2 millions** d'opérations réussies dans le monde.

- .dont plus d'**1 million** aux USA.

- .Plus de **1000** en Hollande.

6.3.1 FRACTURATION HYDRAULIQUE

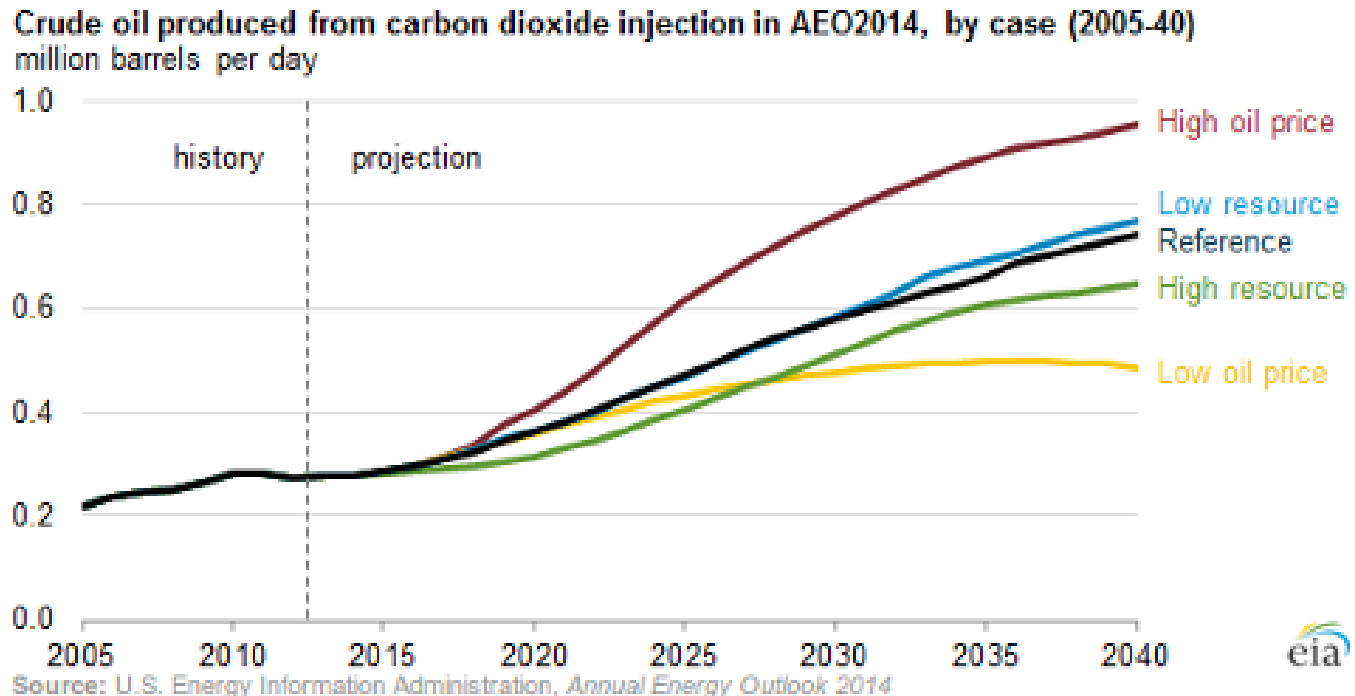
- a. Vieille technique prouvée et améliorée constamment. Première opération en Oklahoma en 1949 par Halliburton.
- b. **MODÉLISATION des opérations de stimulation.**
- c. **Fissuration naturelle assistée.**
- d. Micro-fissures peu étendues.
- e. **Eau recyclée et traitée.**
- f. **Solvants chimiques** choisis dans une panoplie de 12 bien connus. Règlements très stricts.

MAIS TECHNIQUE CHÈRE et gloutonne en eau.

6.3.3. Nouvelles techniques

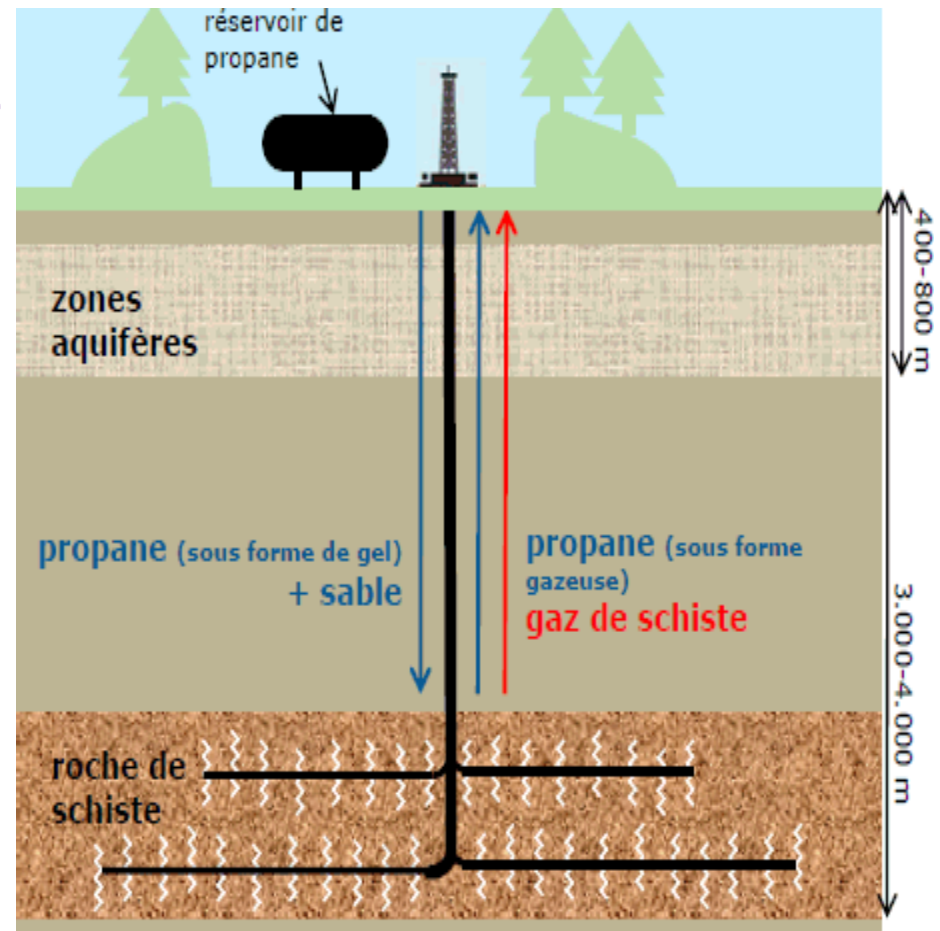
- Pour remplacer l'eau , progrès en cours :
- Occidental (OXY)a utilisé du **CO2** au Texas qui donne de bien meilleurs résultats. **Avantage supplémentaire** contre la pollution de l'air: utilisation du **CO2** récupéré des centrales.
- La société canadienne, GASFRAC a utilisé du propane **C3H8** dans plus de 2 000 puits. On préfère l'heptafluoropropane **C3 HF7**.

6.3.3. INJECTION DE CO₂



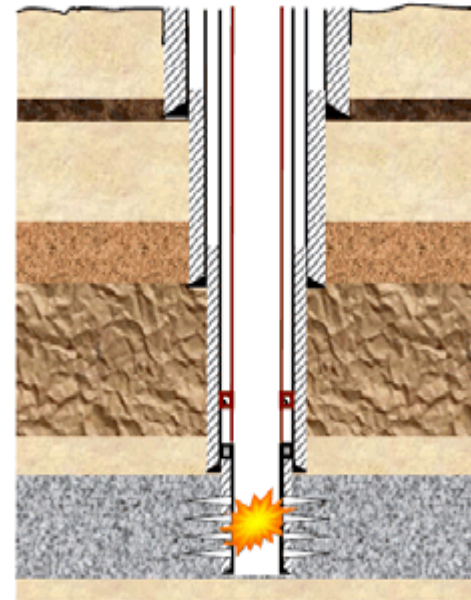
6.3.3. Nouvelles techniques

- La société américaine EORPSTIM a aussi utilisé du propane à Eagle Ford au Texas à 1800m.



6.3.5. Techniques futures

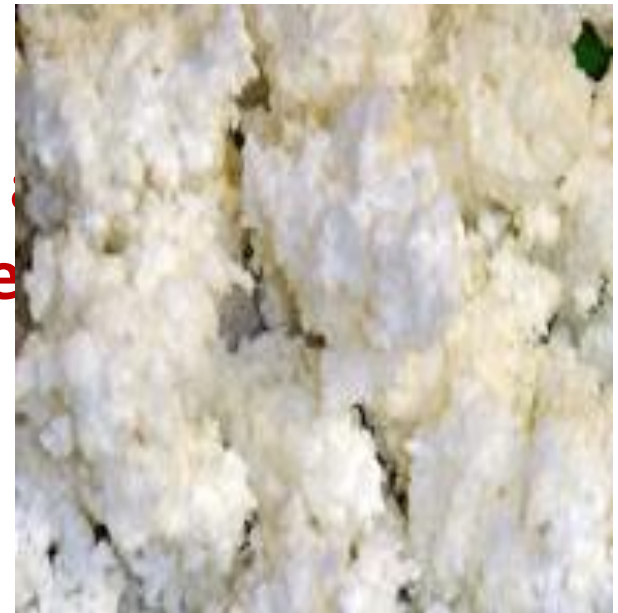
- **Colorado school of mines: fracturation cryogénique** ⇒ **injection d'azote ou du gaz carbonique liquide à -196°C**
= bien meilleur taux de récupération.
- **SCHLUMBERGER,**
Université de Pau :
ARC électrique



6.3.5. TECHNIQUES FUTURES

- CHIMERA ENERGY CORP **Hélium liquide:**
Volume du gaz au fond 700 fois ⇒ FISSURATION

- **ABTECH « SMART SPONGE »**
qui filtre l'eau de retour. 1kg d'eau absorbe 3 kg d'hydrocarbures et de contaminants chimiques. Ces flocons saturés ont un grand pouvoir calorifique et sont utilisés comme source d'énergie pour les derricks.



6.4. EMPRISE AU SOL

- **Chantier optimal de forage: 30 x 50 m + piste d'accès.** Le plus habituel : 100x100m.
- **IMPACT VISUEL : Hauteur du rig= 35 / 40m**
- **Durée provisoire : 30 à 40 jours forage, 10/15 jours pour la fracturation hydraulique.**
- **Pas de dégradation du site :**
Voir LACQ. Nettoyage en fin de chantier, réhabilitation du site et ensouillage.



CLUSTER

6.4. Emprise au sol



6.5.1. CONSOMMATION D'EAU

- **MAXIMUM: 20 000 m³ (6 piscines olympiques)** eau non potable, même eaux usées ou eaux saumâtres pompées des aquifères voisins
En France on prélève 35 millions de m³/an dont six sont consommées. 60% de cette eau vient des nappes **phréatiques**.
Pour l'arrosage d'un golfe de 18 trous, il faut 2000 m³.
- **Traitements coûteux en surface et recyclage. VEOLIA**
- **En finale, consommation régionale faible : 0,8% de la consommation d'eau : Bakken, Barnett, Fayetteville, Haynesville.**

6.5.2. CONSOMMATION D'EAU

- Consommation 2 fois moins que le nucléaire, 4 fois moins que le pétrole, 6 fois moins que le charbon.
- Pour 1 bbl de pétrole brut produit, 4 bbl d'eau sont produits, traités et recyclés.
- Toutes les nouvelles techniques visent à supprimer l'usage total de l'eau.

6.6. POLLUTION DES SOLS

- soit par **ruptures des canalisations**. Toute fuite dans un pipeline est détectée aussitôt par chute de la pression et fermeture automatique des vannes de sectionnement. Des milliers de km sillonnent l'Europe dont 25% de sa production provient du gaz naturel.
- Soit par **fuites en surface** lors de manipulations, non spécifique au gaz de schistes. Risque potentiel dans tous chantiers.
- **Entreprises françaises** : leaders pour le nettoyage.

6.7. RISQUE SISMIQUE

- A Lacq, on a relevé **2000 secousses sismiques** depuis le début, la grande majorité ne dépasse pas 2 Richter. Une dizaine d'échelle 4
Chute de la pression du gisement de 635 bars à 25 bars → Affaissement du sol de 2cm.
- **Micro-sismique en temps réel pour suivre les propagations des fractures en cours de pompage et optimisation des opérations.**
- **Depuis 1949, aucune secousse fâcheuse.**

6.b Objections des opposants

- 8. Inconvénients sonores.
- 9. Pollution chimique.**
- 10. Risques pour la santé.
- 11. Le permis d'exploration est forcément suivi du permis d'exploitation.**
- 12. Aggravation du réchauffement climatique.
- 13. Le développement de cette ressource va entraver le développement des énergies renouvelables.**
- 14. Pollution de l'air

6.8. Inconvénients sonores

- Les appareils de forage peuvent être insonorisés. Cas des forages au cap Féret en pleine zone touristique. Résultat : 15/20 db.
- Le trafic des camions limité pendant le jour.
- Inconvénient temporaire.
- Amenée de l'eau par canalisation.
- Réglementation : < 55db à 300m.

6.9. POLLUTION CHIMIQUE

- Tout produit chimique qui entre dans le chantier doit être déclaré aux autorités.
- Avec le produit CLEANSTIM provenant de l'industrie alimentaire (Halliburton) :
aucun danger
- Normalement 4 produits chimiques sont utilisés au maximum, choisis dans une panoplie de 12 produits utilisés couramment.

6.10. RISQUES POUR LA SANTÉ

- Les cancers constatés dans les régions concernées sont tous dérivés d'autres causes: surtout le tabac.
- **Aucune étude sérieuse n'a pu le prouver. Pas d'enfants malformés.**
- **Tous les composants cancérigènes : toluène, xylène, benzène présents parfois dans le gaz naturel sont extraits lors des traitements en usine avant distribution.**

6.11. Le permis d'exploration

- Est forcément suivi du permis d'exploitation.
- **Ceci est faux en France suradministrée, (15 000 hauts fonctionnaires) où des demandes spécifiques doivent être refaites au service des mines et aux autorités gouvernementales, au BRGM.**
- **Le préfet ne donne son accord final qu'après consultation d'un organisme, le CODERST chargé de vérifier tous les risques possibles sanitaires et technologiques et entre autres environnementaux.**

6.12. RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

- . **Dilemme** pour les gouvernements entre les besoins énergétiques et la pollution de l'air.

Aux USA, le boom du gaz de schiste va de pair avec le développement des **énergies renouvelables**, garantie fédérale des prêts. La plus grande ferme éolienne du monde est en Orégon (Shepherds Flat). La plus grande ferme éolienne offshore est dans les eaux du Maine.

La France la mieux placée : 1,5 % de la pollution mondiale de l'air par rejet de CO₂.

La consommation mondiale du charbon a augmenté. ASIE

Le souci d'avenir est-il avant tout d'ordre économique? Il faut aussi se soucier de l'effet de serre. **Objectifs de R&D: charbon propre et transition énergétique à financer par le secteur privé. Les gouvernants doivent inciter (taxe carbone) et encourager le secteur privé (crédit d'impôt).**

6.12. Réchauffement climatique

- **Problème majeur pour l'avenir**

OBJECTIF : 0 émission de Gaz à effet de serre.

Moyens : 1. Réduction des émissions.

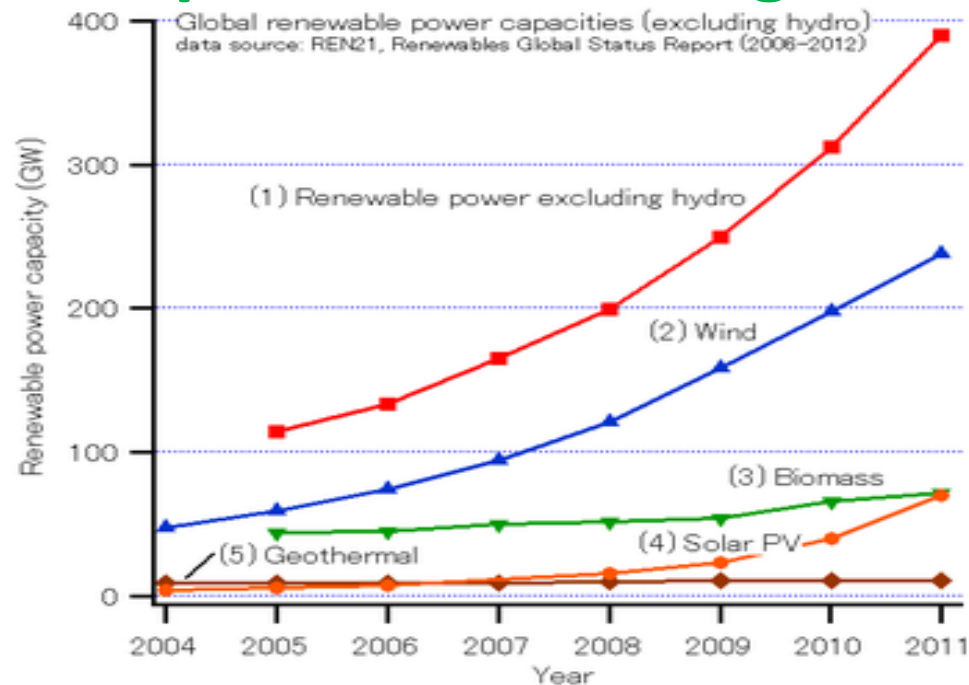
2. Remplacement progressif.

3. Neutralisation complète.

Mais avant le long terme, il faut s'occuper du présent et du moyen terme. 8 milliards de terriens en 2050 vont réclamer de l'énergie.

6.13. Au détriment des énergies renouvelables.

- Ceci n'est pas prouvé. Voir l'exemple américain : 1^{er} producteur énergie éolienne



6.14.POLLUTION DE L'AIR

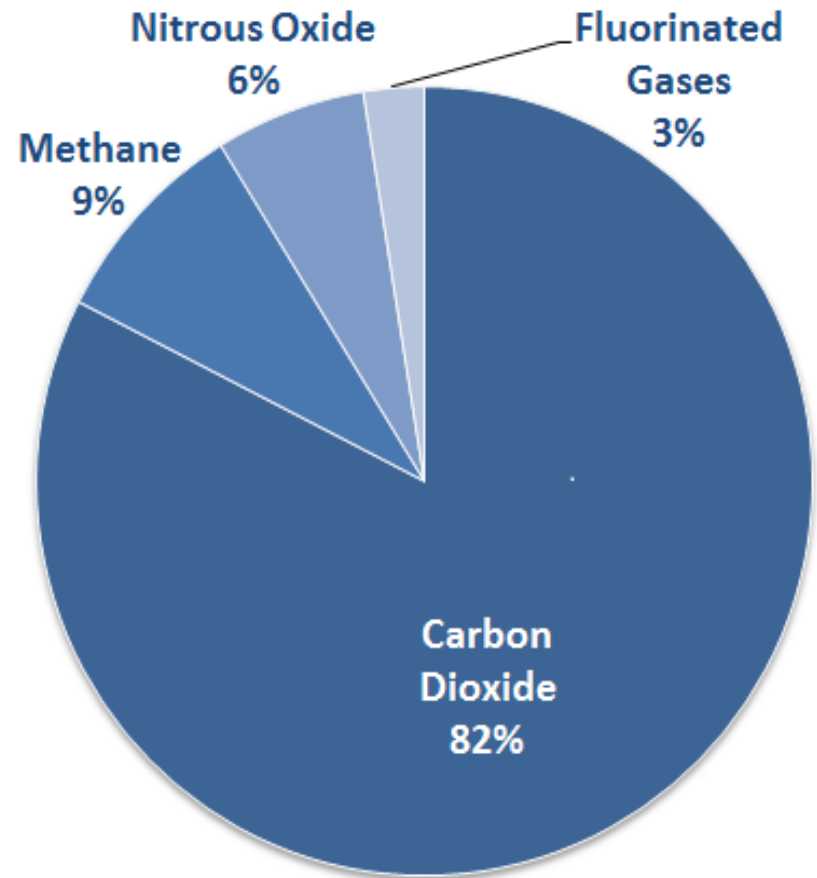
- Non spécifique au gaz de schistes
- **Méthane 9% des G.E.S. :**
Faune : 7%
Activités pétrolières : 2%



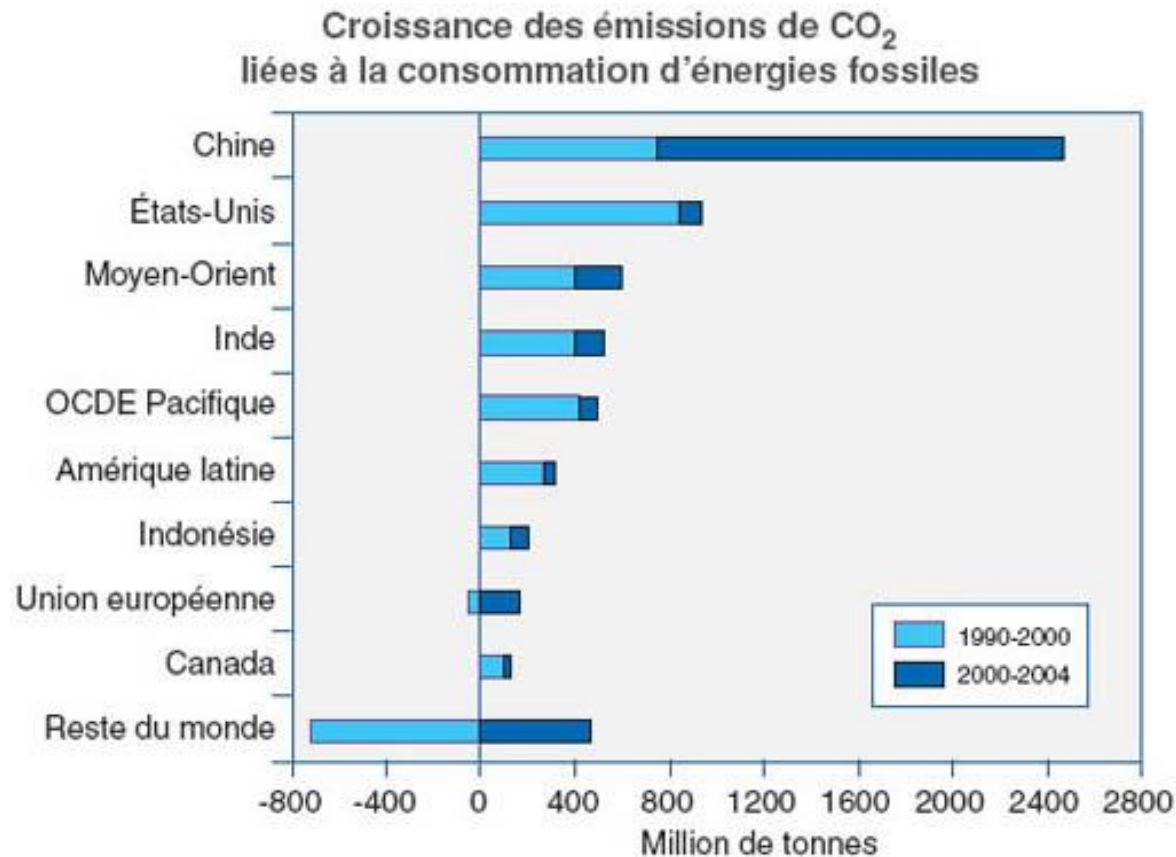
6.14.POLLUTION de L'AIR

- **GAZ à EFFET de SERRE**

G.E.S.



6.14.POLLUTION DE L'AIR



Source : World Energy Outlook 2006

6.14. POLLUTION DE L'AIR

- Centrales électriques au charbon: 18%
- **Transports :** 14%
- **Agriculture :** 14%
- **Déforestation :** 12%
- **Autre utilisation du pétrole :** 11%
- **Autre utilisation du gaz :** 8%
- **Centrales électriques au gaz :** 5%

6.14. POLLUTION de l'AIR

- **Due aux transports automobiles.**
Remèdes: réduire les embouteillages, co-voiturage, voitures hybrides et électriques.

**Pont double
HASSAN II
à Rabat**



SHANGHAI

- Pont entre le centre et le nouveau PUDONG



7.1. TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

- Moyen terme: Réduction C

Hydrocarbures de schistes

⇒ répondre aux besoins énergétiques.

⇒ financer la transition

7.1.TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

- Long terme: Progrès en cours

1. Énergie renouvelable : SOLAIRE

2. Nucléaire amélioré : THORIUM

3. Hydraulique

4. Géothermie

⇒ 0 émission polluante.

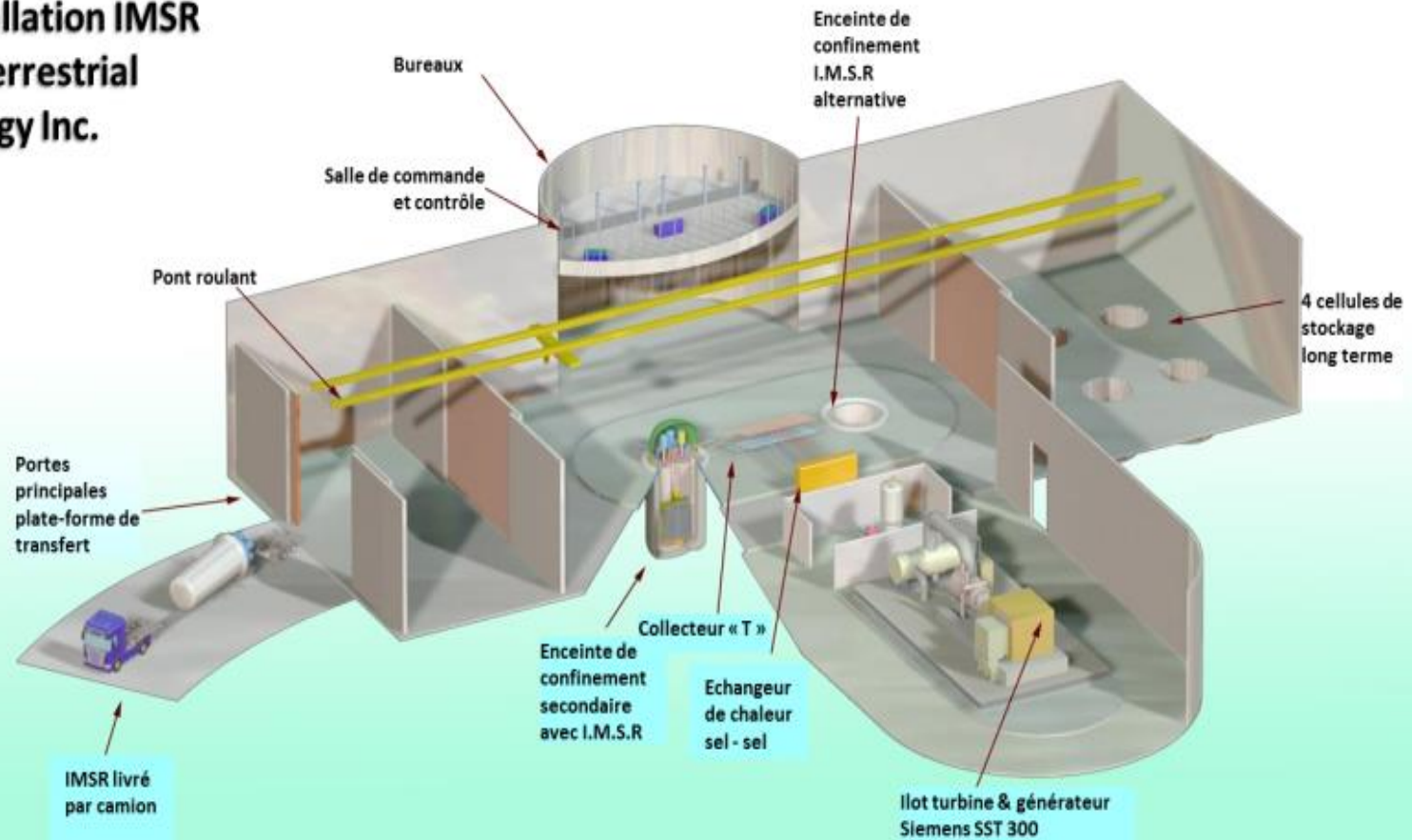
SOYONS OPTIMISTES

7.2.NUCLÉAIRE AMÉLIORÉ

- Réacteur nucléaire rapide à sels fondus. MSFR
- L'exploitation du THORIUM, 4x plus abondant que l'uranium (USA, AUSTRALIE), à 80\$ le kg au lieu de 110\$ pour l'uranium, beaucoup moins de **déchets**, surtout à durée de vie bien plus courte (100 ans max), peut être la solution d'avenir qui résoudra tous nos problèmes.
- Unité-pilote de TERRESTRIAL ENERGY INC.Canada.
⇒Premier réacteur commercial en 2021.

7.2.NUCLÉAIRE

Installation IMSR de Terrestrial Energy Inc.



12 février 2014

7.3. TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

PROGRÈS A VENIR

1. Stocker à grande échelle l'électricité produite par les éoliennes et les capteurs solaires. (Allemagne, USA).

2. Mieux utiliser la biomasse et la bio-méthanisation:

⇒ auto-suffisance

Exemples : Bretagne, Luxembourg, Autriche.

3. Capturer, transporter et séquestrer le CO₂.

Air Liquide, Total USA, CHINE, NORVÈGE (mer du Nord)

4. Cultiver les micro-algues. Exxon/Mobil, IFPEN, AIR LIQUIDE etc.

5. Développer la géothermie profonde

6. Améliorer les capteurs solaires : 50 % moins chers et plus efficaces :
NATCORE TECHNOLOGY INC.

7.4. TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

7. Mieux exploiter les huiles lourdes: Canada

8. Exploiter l'énergie des océans.

9. Développer l'arctique pour le pétrole,
pas le gaz : Total, Gazprom

10. Nouveau combustible: **THORIUM** Th90 .

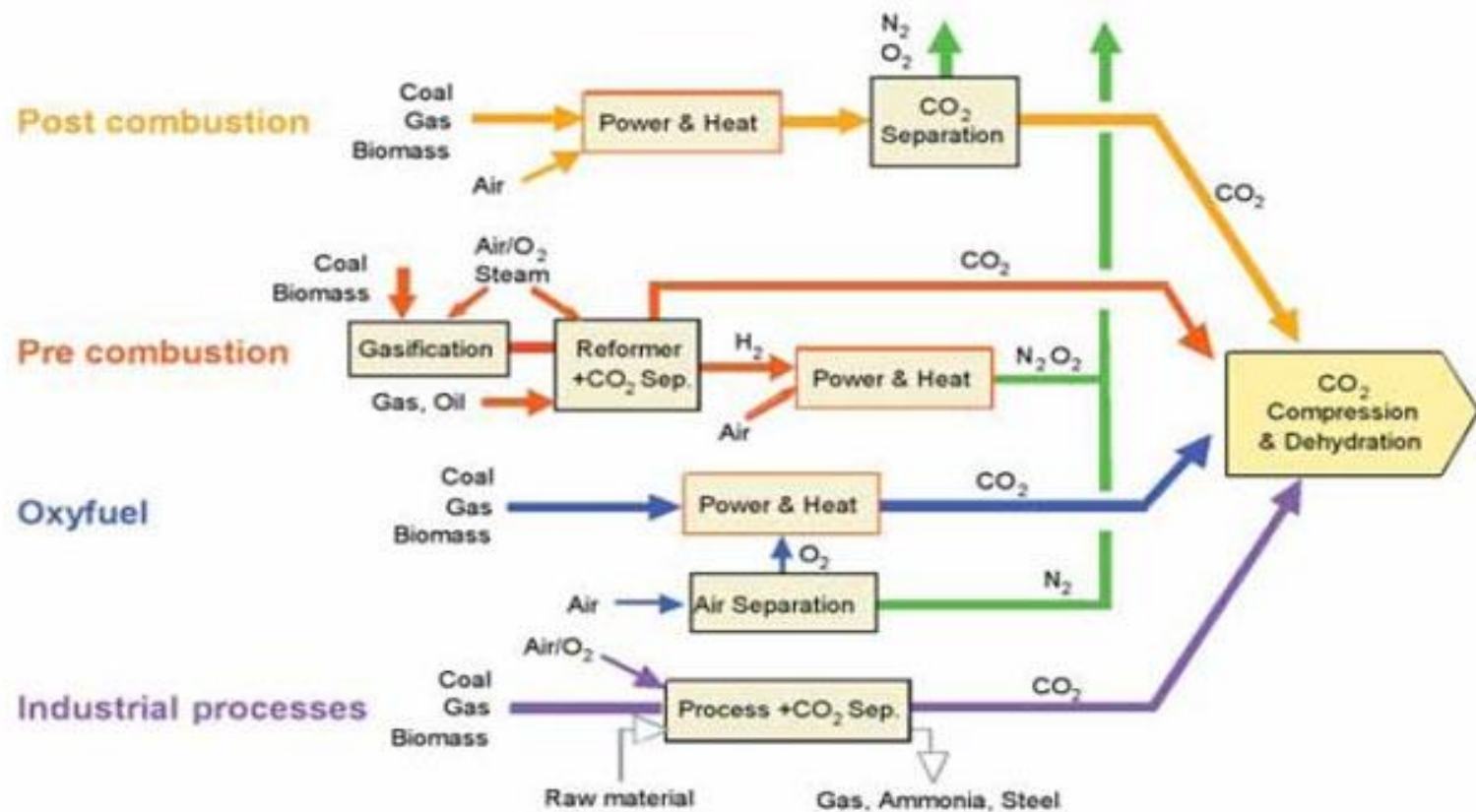
Utiliser la **fusion thermo-nucléaire**.

Projet ITER à Cadarache ⇒ pas de déchets

11. Exploiter les profondeurs des océans :
hydrates de méthane (Japon), pétrole profond.

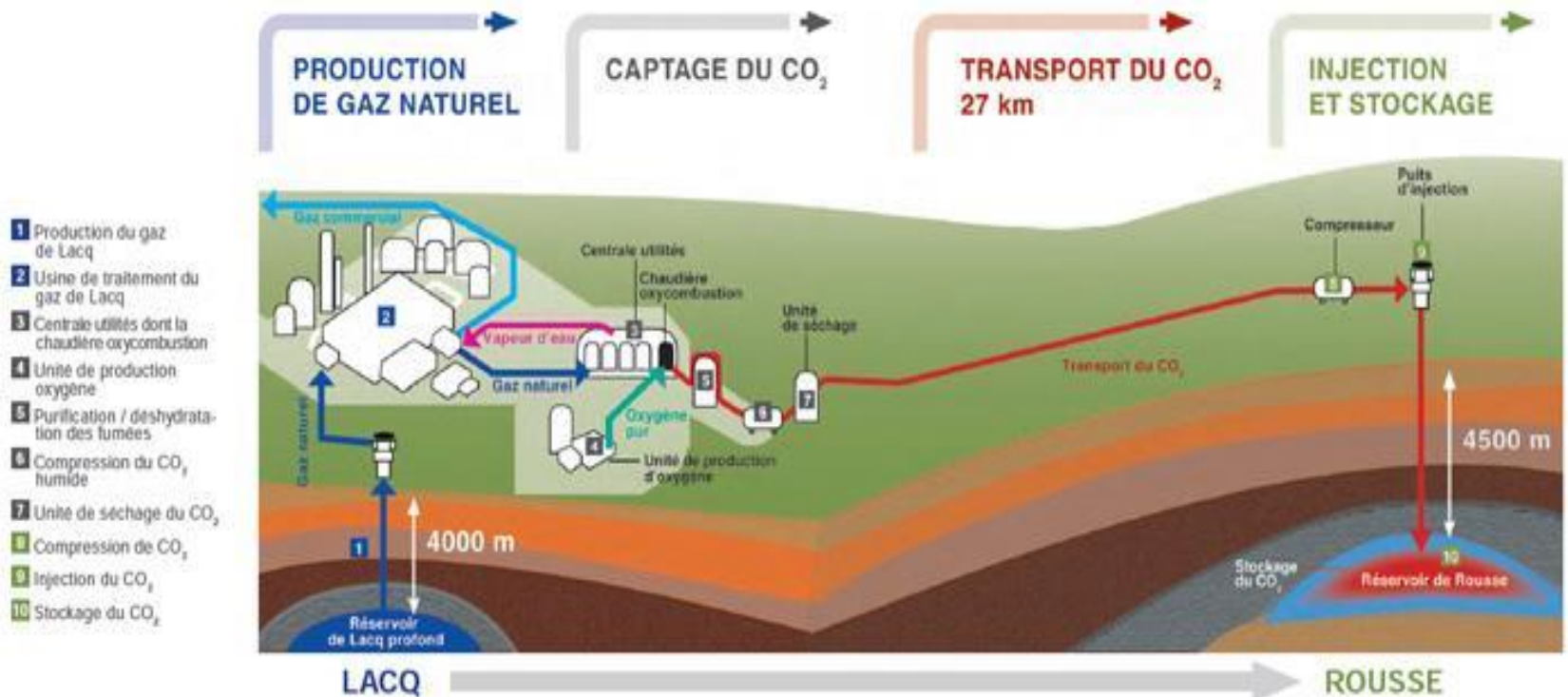
7.5. CCS:

Carbon Capture Storage



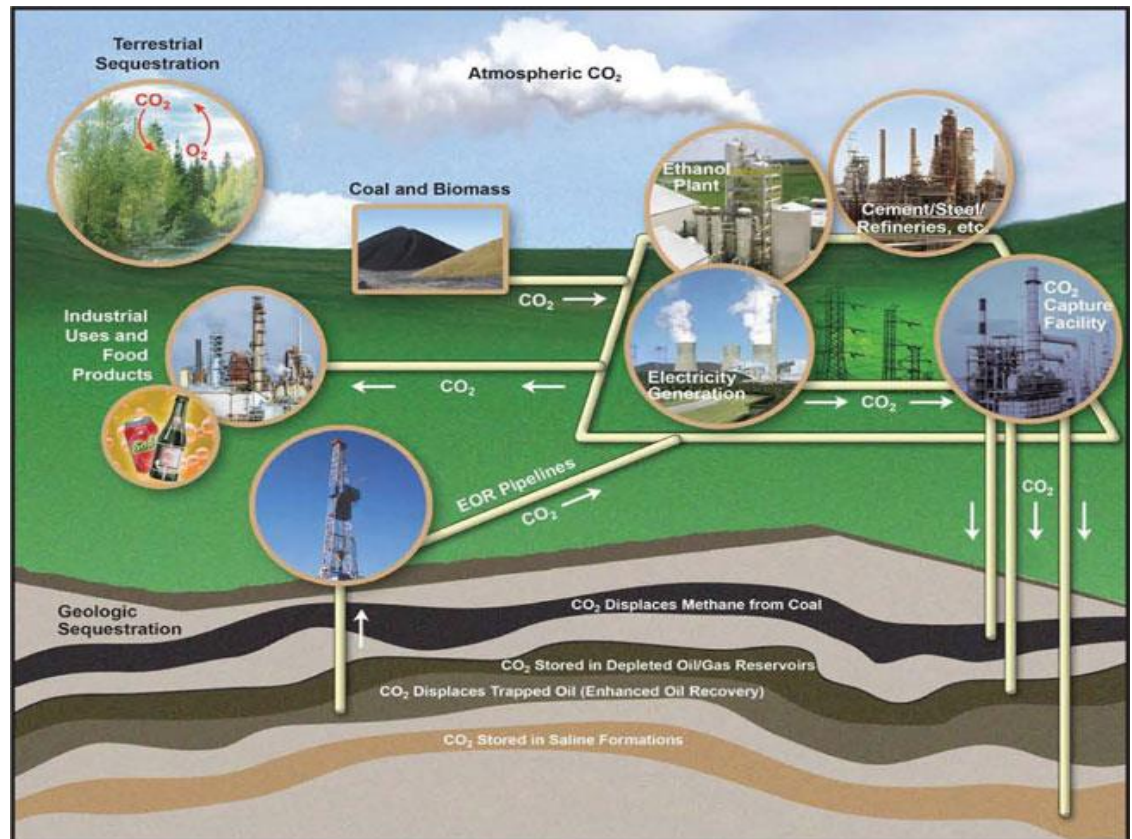
7.6. CCS de TOTAL à LACQ

QUALIFIER UNE CHAÎNE INTÉGRÉE DE CAP TAGE - TRANSPORT - STOCKAGE DE CO₂



7.7. Utilisations du CO₂

- Les arbres séquestrent 22,8 millions de t. de CO₂ par an
- Projets EOR
- INJECTIONS sous-sol, océans.
- Utilisations industrielles :
Boissons, papier, métal



7.8.INJECTION du CO2

- **Champ de SLEIPNER à 200km de la NORVÈGE**
⇒ **injection dans aquifère salin à 1000m**



7.9. TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

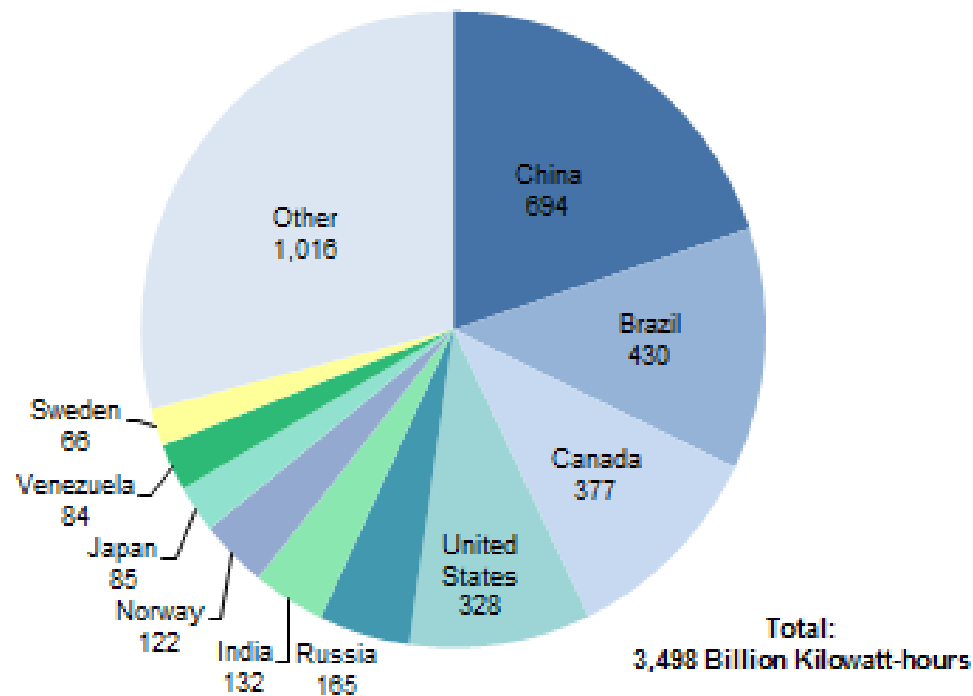
7. Exploiter l'énergie de la houle, des courants et des marées : hydroliennes sous-marines et usines marémotrices.

PROJETS AU PAYS BASQUE AVEC L'AMÉRICAIN DRESSER-RAND, Ecosse, France, Corée etc. Usine marémotrice de la RANCE



7.10. ÉNERGIE HYDRAULIQUE

Hydroelectric Generation by Country, 2011
(Billion Kilowatt-hours)



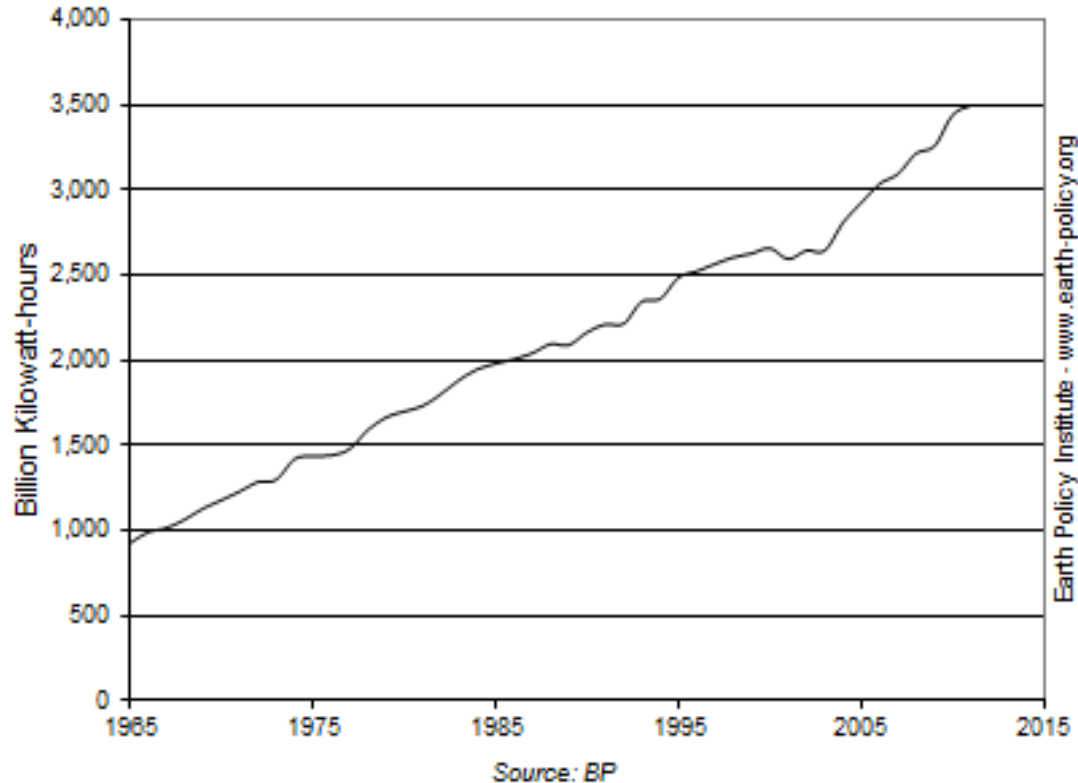
Earth Policy Institute - www.earth-policy.org

Source: BP

7.11. HYDRAULIQUE

- **OPPORTUNITÉ ABONDANTE** : nombreux projets.

World Hydroelectric Generation, 1965-2011



ÉNERGIE HYDRAULIQUE

- **Le plus grand barrage du monde à Yichang :**
L= 2 335m; H = 140m; 34 turbines; 22 500 Mw; retenue : 39,3 milliards de m³
sur 600 km du fleuve bleu (YANGZI JIANG); 27 millions de m³ de béton.



7.12. GÉOTHERMIE PROFONDE

- . Seule énergie thermique illimitée
- . Permanente
- . Non polluante
- . Pouvant être installée à peu près partout.
- . Coût de revient d'un forage légèrement supérieur à celui du pétrole.
- . Environ 100°C à 2 000m.

Exemples: KÉNYA, pays de volcans. GUADELOUPE
1^{ère} centrale électrique géothermique (6% des
besoins). MASSIF CENTRAL: sources 150/200°C.
Islande : 85%, hydraulique 15% = énergie propre 0 C.

7.13.GÉOTHERMIE en ISLANDE



7.14. BIOGAZ

1. UTILISATION DU LISIER ET DES DÉCHETS VÉGÉTAUX POUR PRODUIRE DU MÉTHANE



2. CULTIVER DES MICRO-ALGUES pour produire du **bio-carburant** . Exxon/Mobil, TOTAL

3. **BIOMASSE** Total à partir de la cellulose.

7.15. BIO-CARBURANT

- En Californie : **ALGAE POWER**



7. 16.ÉOLIENNES

- **Inconvénients : intermittence , socle de 1500 t de béton (en mer 3 000), maintenance, durée : 15 ans max.**

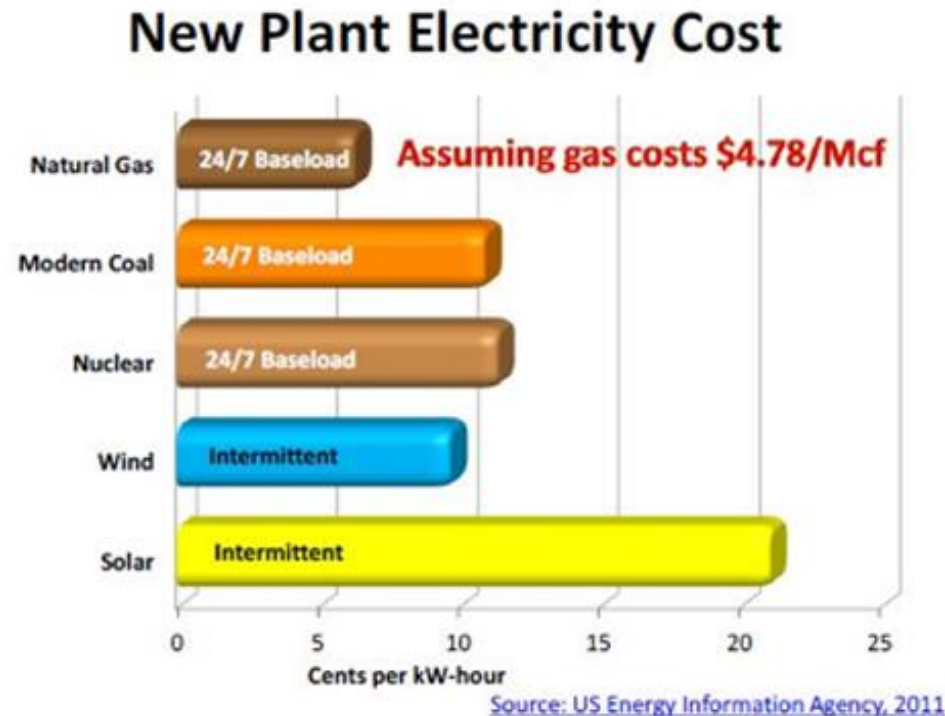


7.17.CAPTEURS SOLAIRES



7.18.COMPARAISON DES COÛTS

- Prix de revient aux USA



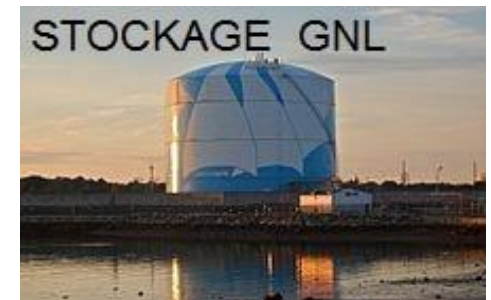
Avec les nouveaux panneaux, le solaire va baisser de 50% ⇒ très compétitif.

8.1 SITUATION EN FRANCE

- Production nationale énergie fossile :
gaz : < 2% pétrole: 1% de la consommation
- Facture énergétique :
 - 2010 45 milliards d'euros
 - 2011 62 milliards d'euros (dont 13 pour le gaz)
 - 2012 69 milliards d'euros
 - 2013 65,6 milliards d'euros (baisse du Brent)

8.2.IMPORTATIONS en 2012

- **CHARBON : 17 millions de t.** en grande partie des USA(24%), Australie (22%), Colombie (19%)
- **PÉTROLE : 57millions de t.**
Russie 30%, Arabie 12%, Libye 11%,
Mer du Nord 10%, Nigéria 5%
- **GAZ: GNL 19,5% Gazoducs 80,5%**
478 milliards de kwh sur 500 consommés
Norvège 38,4%, Pays-Bas 14,5%, Russie 14,4%,
Algérie 8,4%, Nigéria, Qatar, Egypte, Trinidad

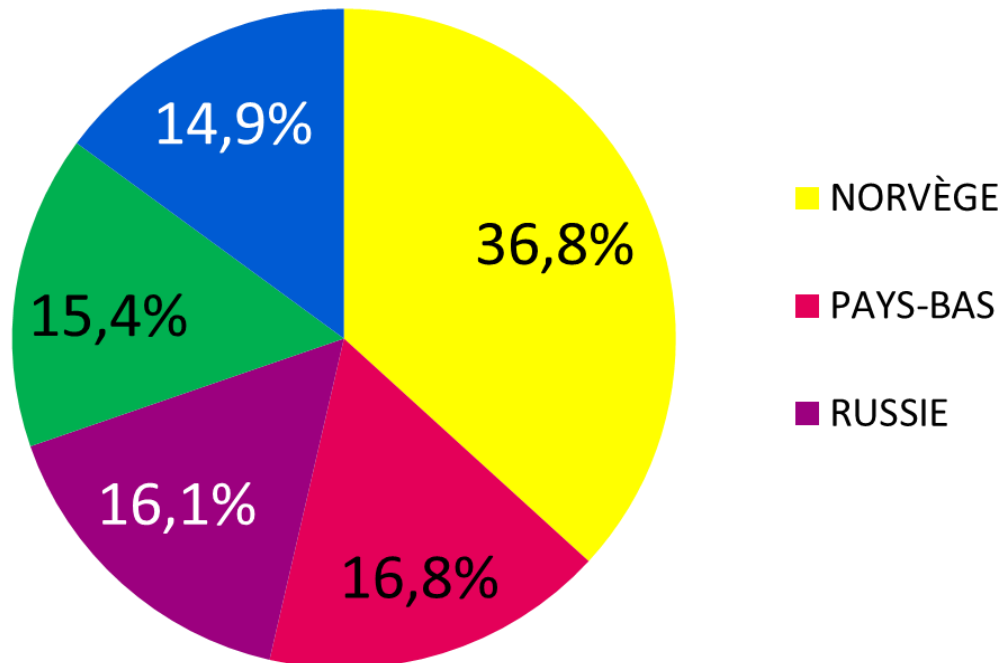


8.3. SITUATION en FRANCE

IMPORTATION de gaz en France(98,6%)

7 ème importateur mondial : 43 milliards de m³

Coût : environ 13 milliards d'euros en 2012



8.4. SITUATION en FRANCE

- IMPORTATIONS de CHARBON en 2013 :

18 millions de tonnes

1. USA	25,8 %	2. RUSSIE	17,2
3. AUSTRALIE	16,9	4. COLOMBIE	15,6
5. AFRIQUE du SUD	13,3	6. UE à 27	8,2
7. Autres	3,1		

8.5.SITUATION en FRANCE

Consommation d'énergie primaire: 3,88 TEP/hab.

Fossiles 49,3% : produits pétroliers 30,3%
gaz naturel 14,8%
charbon 4,2%

Nucléaire 41,5% 2^{ème} producteur mondial (17%)

Renouvelables 8,8% bois 3,9%
hydraulique 1,9%
biomasse 1 %
éolien 0,5%(2 000)

8.6. Situation en FRANCE

- Répartition de l'énergie consommée :

156 millions de TEP: production locale 52,7%
importation 47,3%

1. Résidentiel, tertiaire 41%

2. Transports 31% **3. Industrie 20,4%**

4. Sidérurgie 3% **5. Agriculture 3%**

6. Pêche 0,2% **7. Pertes**

8.7. Production d'électricité

- Relevé EDF en 2012

1. Nucléaire 80,4 % ↘ 2. Hydraulique 7,8% ↗
3. Renouvelable 4,7% ↗ 4. Charbon 3,1% ↗
5. Gaz naturel 2,4% ↘ 6. Fioul 1,2% =
Autres 0,4%

- Facture EDF: Abonnement + Consommation = 68,6%
TVA + Taxes (CSPE contribution à l'éolien) = 31,4%

CSPE : Contribution Spéciale à la Production d'Électricité
= 5 milliards d'euros.

8.8. SITUATION EN FRANCE (suite)



LOCALISATION
Gisements de schistes

8.9. ATOUTS de la FRANCE

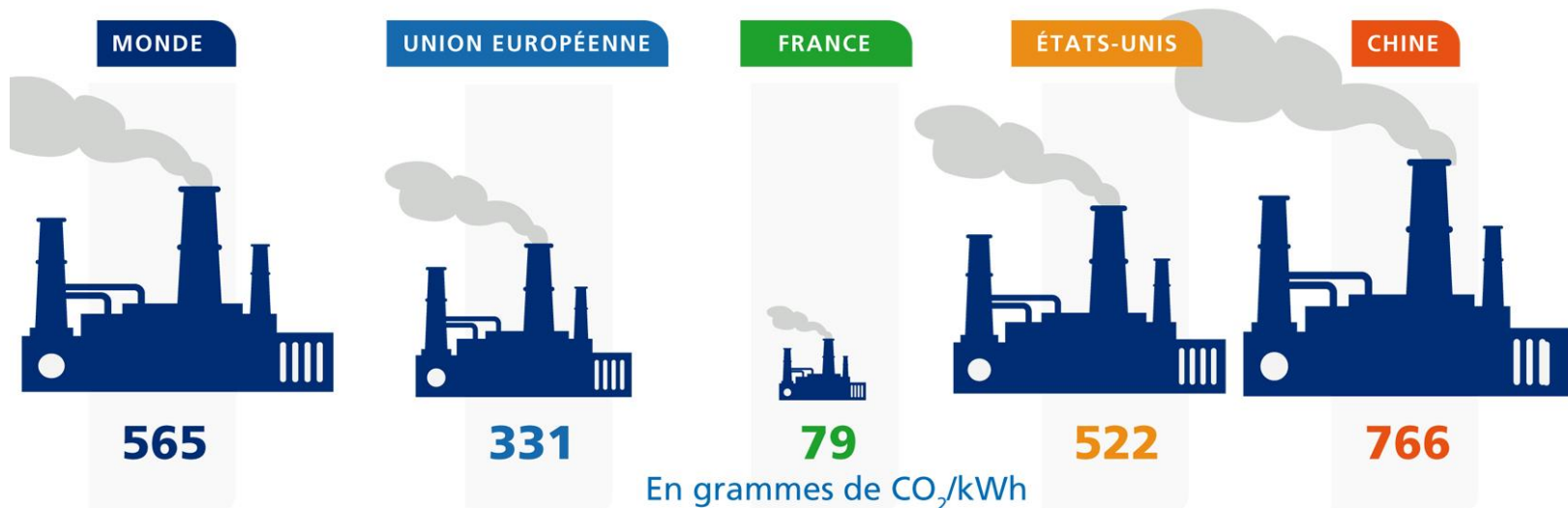
- Compétences techniques et financières: **TOTAL**
- Réseau de gazoducs étendu : 37 500 km.
- Réseau de distribution : 194 000 km.
- Instituts de recherche IFPEN, BRGM, CNRS de renommée mondiale.
- Parapétrolier de classe mondiale :
Schlumberger, Vallourec, SPIE oil & gas, Comex, Technip, Flexifrance etc.
- Le moins polluant des pays industriels:
5,7 tonnes de CO₂/pers./an ⇒ 1,6 tonnes en 2050.

8.10. ATOUTS

ÉLECTRICITÉ DANS LE MONDE

QUI ÉMET LE MOINS DE CO₂ ?

Source : AIE, "CO₂ emissions from fuel combustion"
Émissions de CO₂ issues de la production d'électricité – 2010



8.11.ATOOUTS

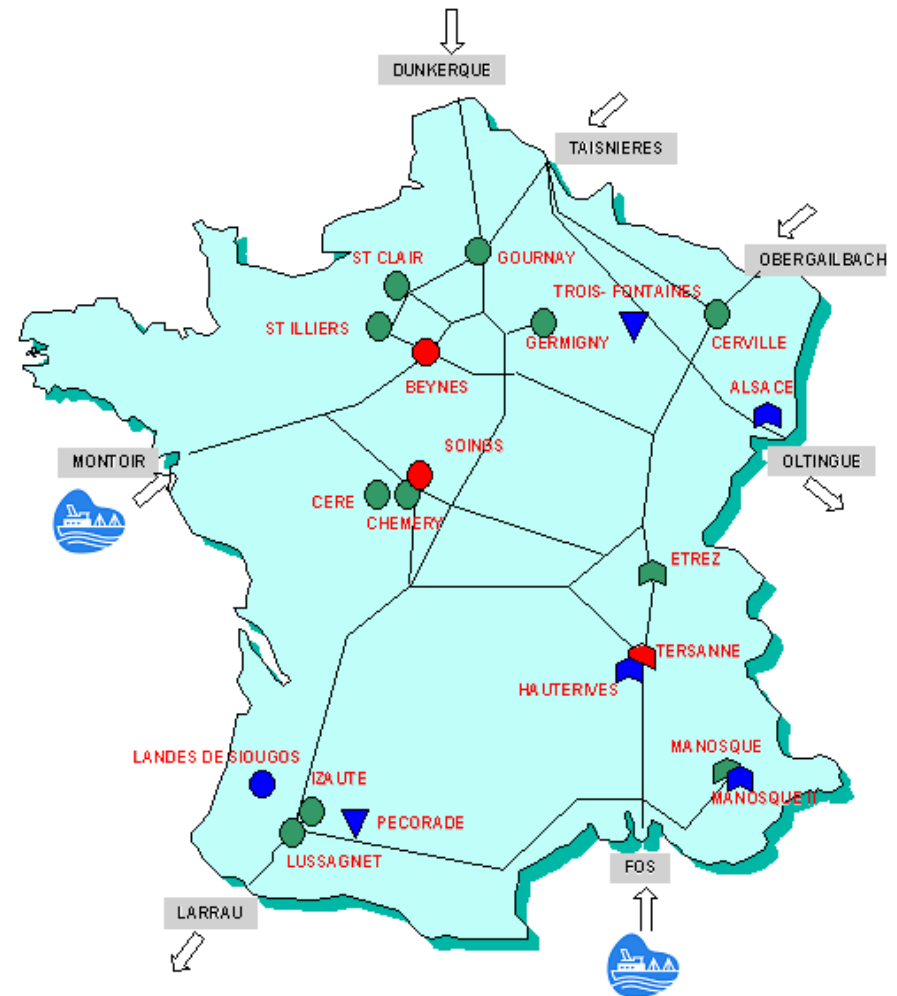
- **Stockage du gaz :**

⇒ **Sous terre**

- **nappes aquifères**
- **cavités salines**
- **▼ gisements épuisés**

⇒ **Aérien**

réservoirs sphériques



8.12. SITUATION en France (suite)

- 17 permis GDS accordés par BORLOO à sociétés américaines , canadiennes et TOTAL.
- **Permis suspendus par NKM.**
- Loi du 13 juillet 2011: interdiction de la fracturation hydraulique. Seuls deux pays : France et Bulgarie.
- Depuis aucune activité GDS→Blocage des investissements dans tout le secteur pétrolier.
- **Nous prenons un retard considérable.**

8.13. SITUATION EN FRANCE

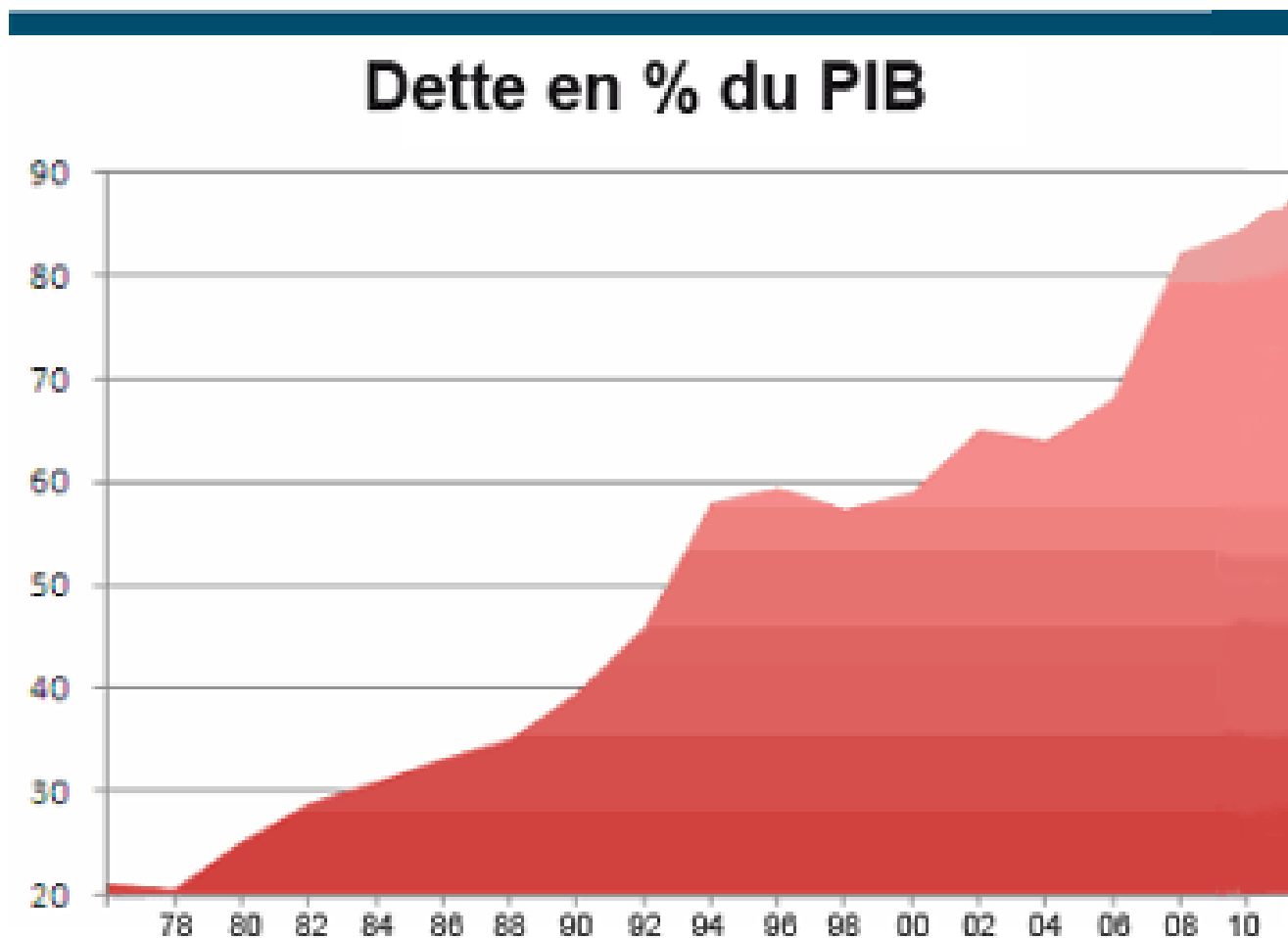
. Les énergies vertes sont coûteuses pour les contribuables et les usagers d'EDF : **40 milliards d'euros en 2020** pour atteindre l'objectif de 23% de toutes les énergies :

chaleur, électricité, transports .

aux dépens du pouvoir d'achat des ménages et de la compétitivité des entreprises.

- **Pas assez performantes.** Cour des comptes
- **RUINEUSE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE**

8.14. SITUATION de la FRANCE



8.15. HANDICAPS de la FRANCE

- SITUATION FINANCIÈRE TRÈS PRÉOCCUPANTE
- Dette publique : 2 018 milliards d'euros.
soit 91, 3% du PIB. 30 000 euros/Français.
- Intérêts de la dette publique : près de 50 milliards
- Déficit commercial : 61 milliards en 2013
- Excédent de l'Allemagne : 199 milliards d'euros
- Déficit budgétaire : 75 milliards en 2013
- Clientélisme ⇒ Subventions : 30 milliards

8.16.HANDICAPS

1. Méconnaissance du public
2. Accords pré-électoraux Aubry/ les Verts. 2012
3. Loi du 13 juillet 2011: NKM
4. Le principe de précaution poussé à l'absurde.
5. Relents d'anti-américanisme.
6. La manie des subventions⇒ clientélisme
⇒ corruption
7. Intervention de l'Etat dans les affaires.

8.17.SITUATION de la FRANCE

- « WORLD HAPPINESS REPORT » 2013 ONU

1. DANEMARK 2. NORVÈGE 3. SUISSE

4. PAYS-BAS 5. SUÈDE 6. CANADA

7. FINLANDE 8. AUTRICHE 9. ISLANDE

10. AUSTRALIE17. USA 22. R-U

25. France

26. ?

8.18. SITUATION en FRANCE

- Montebourg préconise de produire le GDS plutôt que de l'importer. FABIOUS dit qu'il faut commencer les recherches.
- L'Académie des sciences a déclaré que les risques de l'exploitation du GDS sont parfaitement maîtrisables.
- Un dernier sondage indique que 69% des Français sont pour lancer la recherche des GDS.
- La loi sur la « TRANSITION ÉNERGÉTIQUE »

8.19.SITUATION en FRANCE

- **Le rapport de l'OPECST** office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques.

Sénateur Jean-Claude LENOIR (UMP) de l'Orne

Député Christian BATAILLE (PS) du Nord (Cambrésis).

« Il y a un véritable comportement obscurantiste et politicien en France au sujet du GDS » et une propagande mensongère.

Le rapport Gallois, le MEDEF, Jean-Louis BEFFA, les industriels recommandent tous d'en commencer l'exploration de suite ⇒ croissance de l'économie, emplois non délocalisables, baisse des importations.

8.20. PROJETS ÉCOLOS

- **GÉOTHERMIE**

1. **Parc Disneyland**

« **Villages nature** »

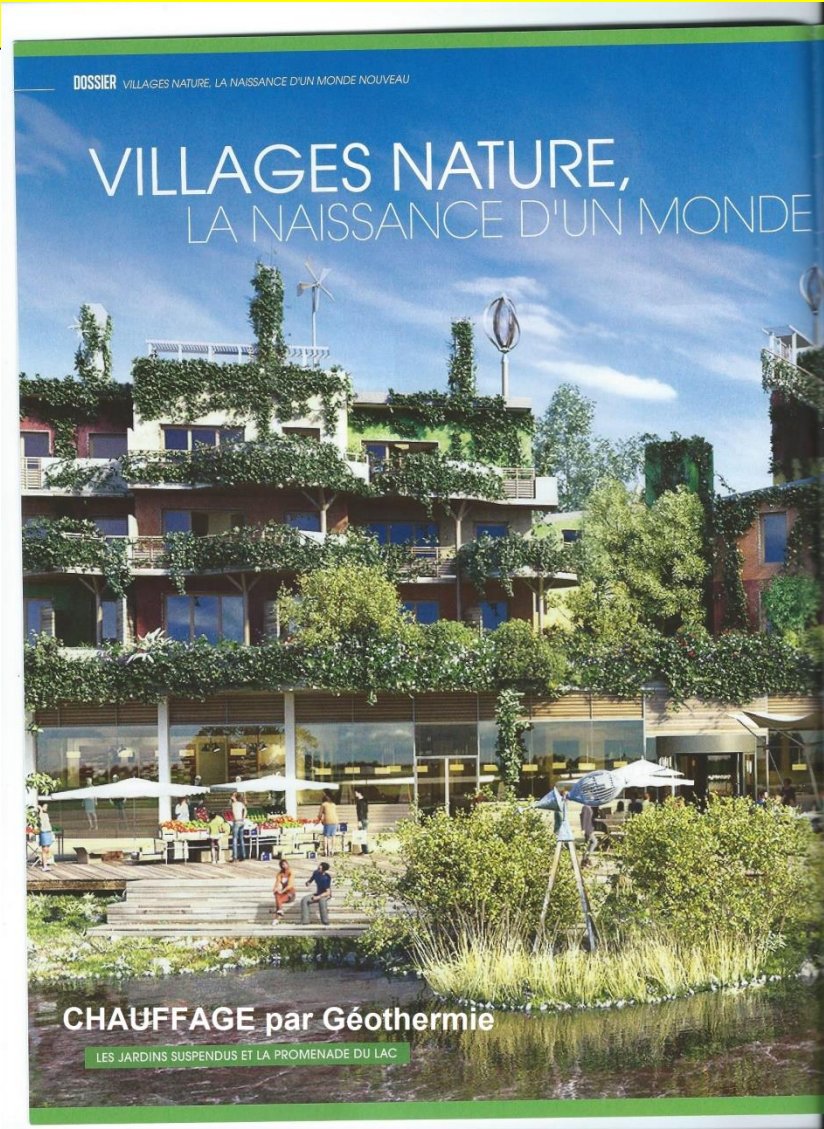
Lagon: 10 000 m²

à 30 °C

Source à -1800m

2. **Massif central:**

BRGM



9.1. Conclusions

POUR LE MOYEN TERME en France et en Europe
LA PRODUCTION DU GAZ et PÉTROLE DE SCHISTES :

- . **NE COÛTE RIEN AU CONTRIBUABLE.**
- . **RÉDUIT LES IMPORTATIONS ÉNERGÉTIQUES.**
- . **ENRICHIT LE TRÉSOR PUBLIC ET LES RÉGIONS.**
- . **PROCURE DES EMPLOIS NON DÉLOCALISABLES.**
- . **FAIT AVANCER LE PROGRÈS TECHNIQUE.**
- . **ARRÊTE LE DÉCLIN DE LA PROFESSION.**
- . **DIMINUE LA POLLUTION DE L'AIR.**
- . **GDS : Complément parfait des éoliennes (5 000 en France).**
- . **FINANCE la transition énergétique plutôt que le contribuable.**

**La commission européenne recommande
l'exploitation des GDS.**

9.2.CONCLUSION

Autres pays producteurs de GDS à part les USA et ICANADA :

Mexique : BURGOS basin

PEMEX

ARGENTINE : VACA MUERTA

YPF

POLOGNE : bassin BALTIQUE SAN LEON Plc

NEW ZEALAND : North East basin

NZEC

JAPON : AYUKAWA, préfecture Akita JAPEX

9.3. CONCLUSION

ESPOIR d'une POLITIQUE MONDIALE pour 2015

- Au plus tard en 2030, **interdiction de la construction de centrale électrique rejetant du CO₂.**
 1. **donc recours au nucléaire avec moins de déchets.**
 2. Centrale à gaz avec CAPTAGE et STOCKAGE du CO₂ à un prix raisonnable.
 3. **Énergie renouvelable à un prix compétitif.**
- **Voitures économes < 2 litres au 100 km en 2020**

9.4. CONCLUSIONS

Véritables débats scientifiques,
rationnels au lieu de
polémiques médiatiques



9.5. CONCLUSIONS

- **OBJECTIFS** d'une bonne politique énergétique
⇒⇒ L'idéal : INDÉPENDANCE ÉNERGÉTIQUE.

1. Mix énergétique judicieux

2. Maîtriser la consommation d'énergie :
économies et efficacité énergétique.

3. Encourager la R&D: garantie des prêts par l'Etat.

4. Développer des activités moins gourmandes.

9.6.MIX ÉNERGÉTIQUE JUDICIEUX

1. ASSURER DES PRIX COMPÉTITIFS SANS SUBVENTIONS. **Vérité des prix.**
2. SÉCURITÉ DES APPROVISIONNEMENTS.
3. RÉDUCTION DES NUISANCES A L'ENVIRONNEMENT.
4. **RÉDUIRE le DÉFICIT DE LA BALANCE COMMERCIALE**

9.7. CONCLUSIONS

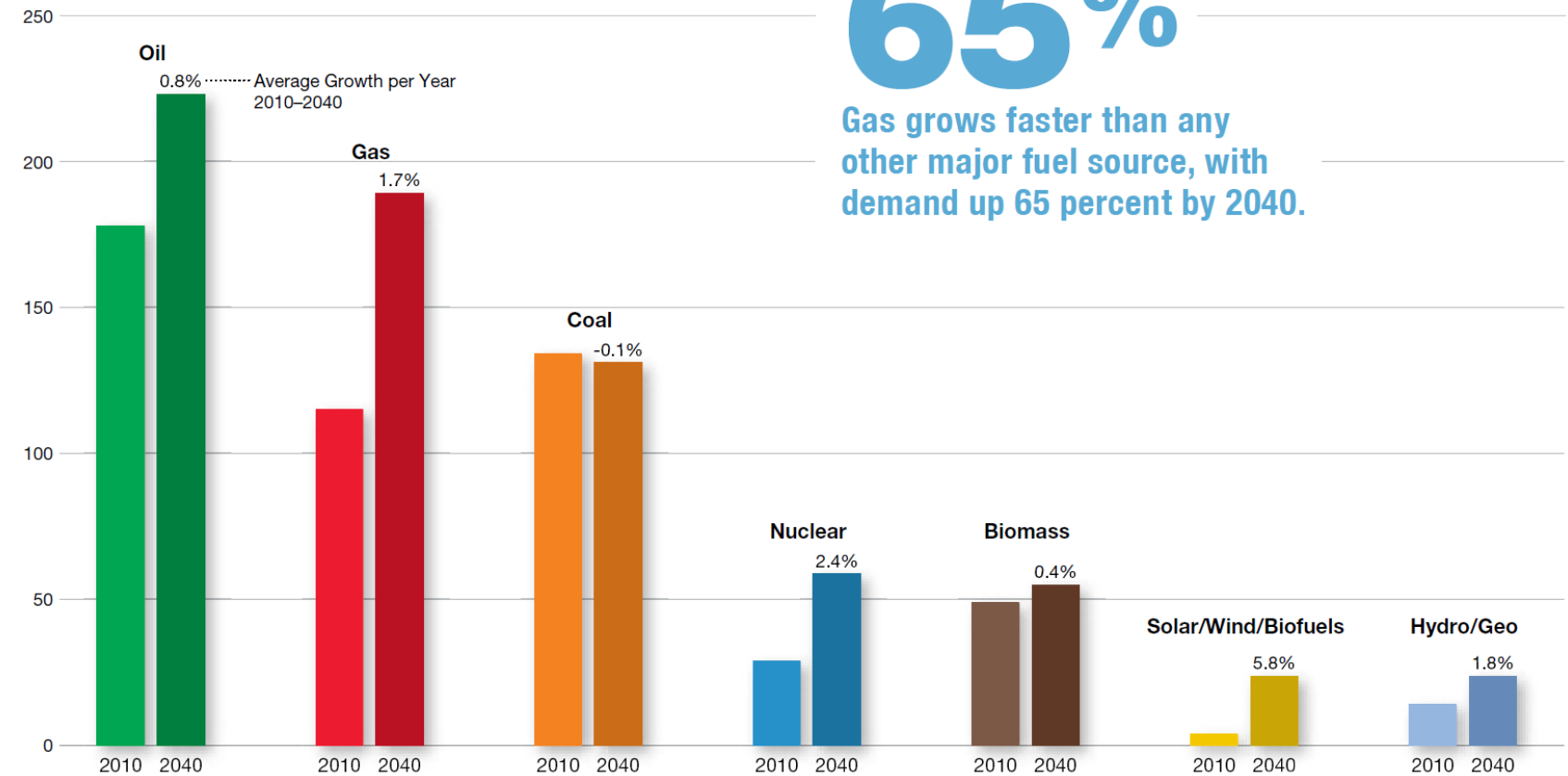
Energy mix continues to evolve

Quadrillion BTUs

EXXON/MOBIL

65%

Gas grows faster than any other major fuel source, with demand up 65 percent by 2040.



9.9. CONCLUSIONS

- Au pays de DESCARTES, espérons que la **RAISON** et le **BON SENS** prévaudront avec le **PRAGMATISME** des Anglo-saxons.
- **AYONS CONFIANCE en nos COMPÉTENCES.**
- Au premier choc pétrolier, la France avait des idées mais pas de pétrole et si maintenant elle avait des idées, du gaz et du pétrole !

AUDACE et RESPONSABILITÉ

9.9. CONCLUSION

EINSTEIN « Il est plus facile de briser l'atome que les préjugés »

MARIE CURIE à propos de la radioactivité:

«Le risque est de ne pas comprendre . Dans la vie, rien n'est à craindre, tout est à comprendre».

DERRICK



J.F. Levier janvier 2013

FLOATING PRODUCTION STORAGE



FLOATING PRODUCTION

FPSO de TOTAL



PAZFLOP : champ offshore

- **TOTAL en ANGOLA** Profondeur: 1500 m
Barge 300m x 60m 250 000 barils/ jour



TERMINAL MÉTHANIER

En Louisiane : usine de gazéification convertie en usine de liquéfaction pour exporter.



PLATEFORME BP « SHAH DENIZ » AZERBAÏDJAN



J.F. Levier janvier 2013

MERCI

Pour votre attention

Des questions ?