

MEC1210 - THERMODYNAMIQUE
INTRODUCTION AU PROJET
CENTRALE THERMOÉLECTRIQUE
BOWATER

L'INTRODUCTION EST DIVISÉE EN 4 PARTIES :

- 1. OBJECTIFS ET ORGANISATION DU PROJET**
- 2. PRÉSENTATION DU SITE WEB (SECTION PROJET)**
- 3. CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE MONDIAL**
- 4. INTRODUCTION AU LOGICIEL EES**

STRUCTURE DU PROJET DE THERMODYNAMIQUE

- Responsables du projet pour les groupes # 1 et 2 : **Ramdane Younsi**
pour le groupe # 3 : **Philippe Versailles**
pour le groupe # 4 : **Slimane Benneceur**

- Pondération du projet sur la note totale : **15 %**

- En cas d'échec du cours et que vous le reprenez :

Si vous obtenez pour le projet une note de (12.0 / 20) ou plus

⇒ Vous n'avez pas à refaire le projet

À moins que vous le désiriez

La note du dernier trimestre sera attribuée au projet du trimestre en cours

Vous devez en faire une demande à monsieur **Ramdane Younsi**, coordonnateur du cours (envoyer un courriel).

- Alternance du projet **une semaine sur deux**, l'autre semaine est consacrée à des TD ⇒ Attention : la salle de cours est différente.

OBJECTIFS DU PROJET DE THERMODYNAMIQUE

1. Donner un **sens concret** aux notions théoriques de thermodynamique.
2. Développer une capacité de **transposer** ces notions dans d'autres contextes énergétiques.
3. Développer une capacité d'**analyse** d'un système énergétique complexe.
4. Apprentissage d'un **outil informatique** servant à faire les calculs pour réaliser le projet : le logiciel EES.
Logiciel utile pour les 4 années du BAC

ORGANISATION DES 6 RENCONTRES DU PROJET

RENCONTRE # 1 :

- Comprendre les objectifs généraux et les finalités du projet de thermo
- Contexte énergétique mondial, en Amérique du Nord, au Canada et au Québec
- Logiciel EES : Notions de base
- Travail à la maison : Finir le calcul du réservoir d'expansion ----> **Pas de travail à remettre !**

RENCONTRE # 2 :

- Présentation de la centrale thermoélectrique Bowater, historique et installation
- Présentation des objectifs spécifiques du projet
- Thermo : Description du Cycle de Carnot et cycle Rankine élémentaire
- Logiciel EES : Suite et fin de l'introduction et études de la fonction « Property Plot » et des tableaux « Lookup Table »
- Travail à la maison : Cycle Rankine élémentaire -----> **Travail # 1 à remettre !**

RENCONTRE # 3 :

- Thermo : Cycle Rankine avec Dégazeur & 2 Pompes ; Loi de Henry
- Logiciel EES : Études de la fonction « Parametric Table »
- Travail à la maison : Cycle Rankine avec OFWH -----> **Travail # 2 à remettre !**
- Capsule technologique : Voiture hybride

ORGANISATION (SUITE)

RENCONTRE # 4 :

- Thermo : Cycle Rankine avec Dégazeur, 3 Pompes et Irréversibilités (évolutions réelles)
- Logiciel EES : Étude des fonctions « Duplicate » - « Min – Max »
- Travail à la maison : Cycle Rankine complet -----> **Travail # 3 à remettre !**
- Capsule technologique : Centrale nucléaire Fusion

RENCONTRE # 5 :

- Thermo : Cycle Rankine réel complet avec Combustion
- Logiciel EES : « Diagram Windows »
- Travail à la maison : Cycle Rankine complet -----> **Travail # 4 à remettre !**
- Capsule technologique : Centrale électrique solaire « Nevada Solar One »

RENCONTRE # 6 :

- Thermo : Centrale Bowater complète
Chaleur fournie par le combustible ; Alternateur ; Puissance électrique produite ;
Ventilateur ; Dépoussiéreur ; Rendement global de la centrale
- Logiciel EES : Sous-programme dans EES : « Function » - « Procedure »
- Travail à la maison : Cycle complet de la centrale Bowater -----> **Travail # 5 à remettre !**
- Capsule technologique : OTEC

PRÉSENTATION DU SITE WEB (PROJET)

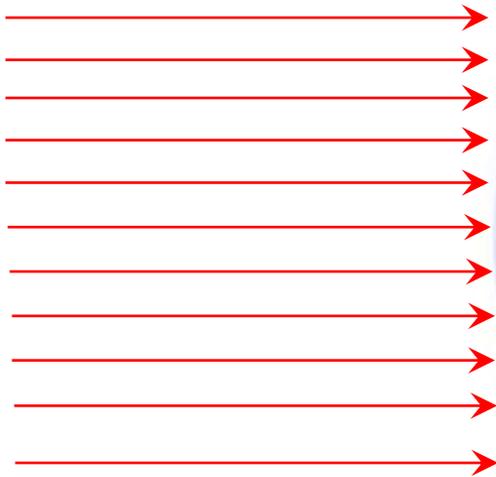
Visiter le site WEB

- Calendrier général du trimestre
- Logiciel EES
- Documents à récupérer (télécharger)
- Remise des travaux sur Moodle

CONTEXTE ÉNERGÉTIQUE MONDIAL ET PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

TERRE : ENVIRONNEMENT FERMÉ MAIS NON ISOLÉ

Rayonnement
solaire incident



Rayonnement
Infra Rouge quittant

La Terre perd un peu de gaz
et reçoit très peu de matière
sous forme de météorites



CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE PAR SECTEUR

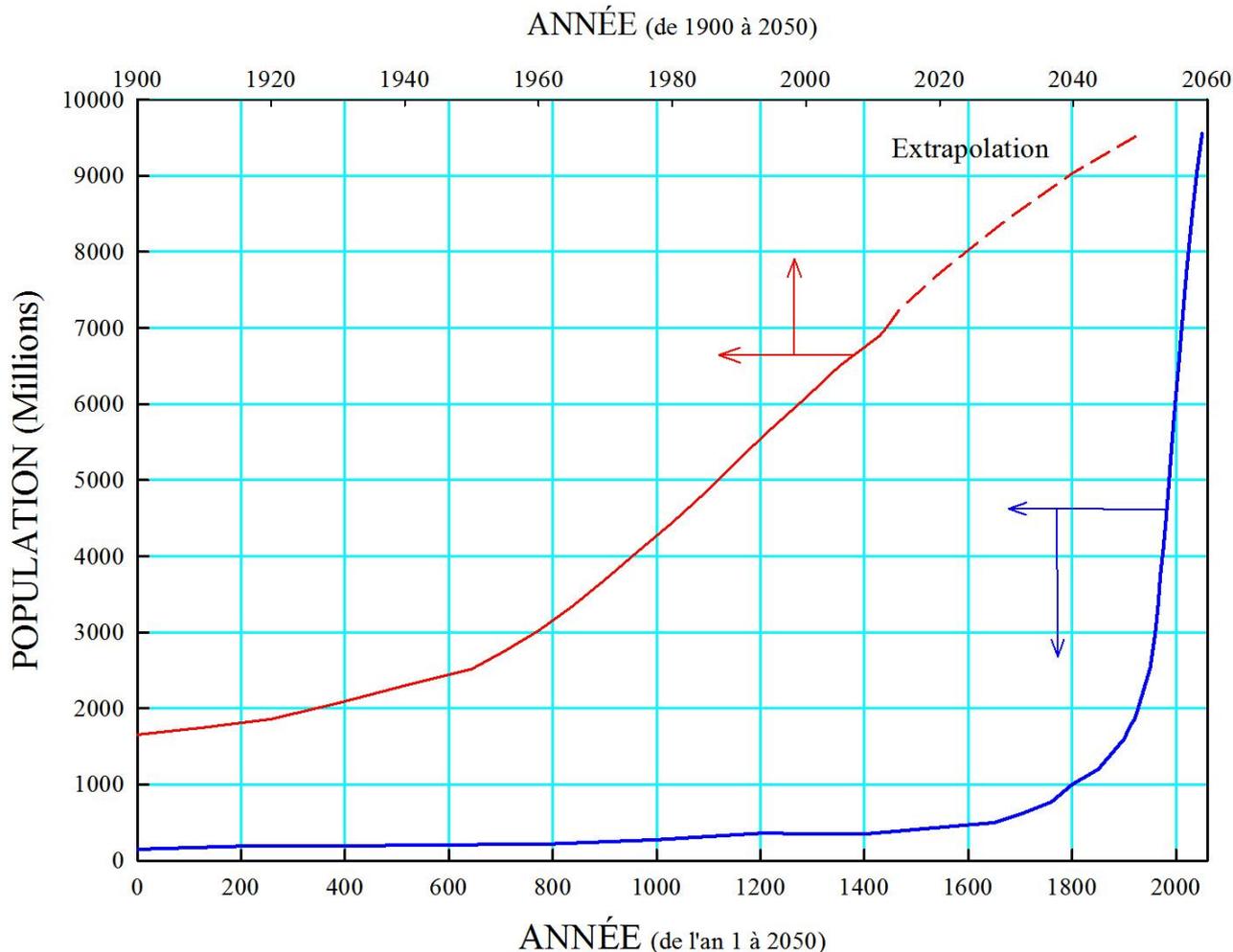
À quoi sert l'énergie ?

	Consommation finale 1990 (MTEP)	Pourcentage de la consommation	Consommation finale 2012 (MTEP)	Variation consommation 2012 / 1990	Pourcentage de la consommation
Industrie	1 814	29 %	2 541	+40 %	28 %
Transport	1 581	25 %	2 507	+59 %	28 %
Résidentiel	1 533	24 %	2 076	+35 %	23 %
Tertiaire	458	7 %	723	+58 %	8 %
Agriculture + pêche	170	3 %	194	+14 %	2 %
Non spécifié	261	4 %	130	-50 %	1 %
Usages non énergétiques	478	8 %	809	+69 %	9 %
Total	6 293	100 %	8 979	+43 %	100 %

Source : AIE 2015

CROISSANCE DE LA POPULATION HUMAINE

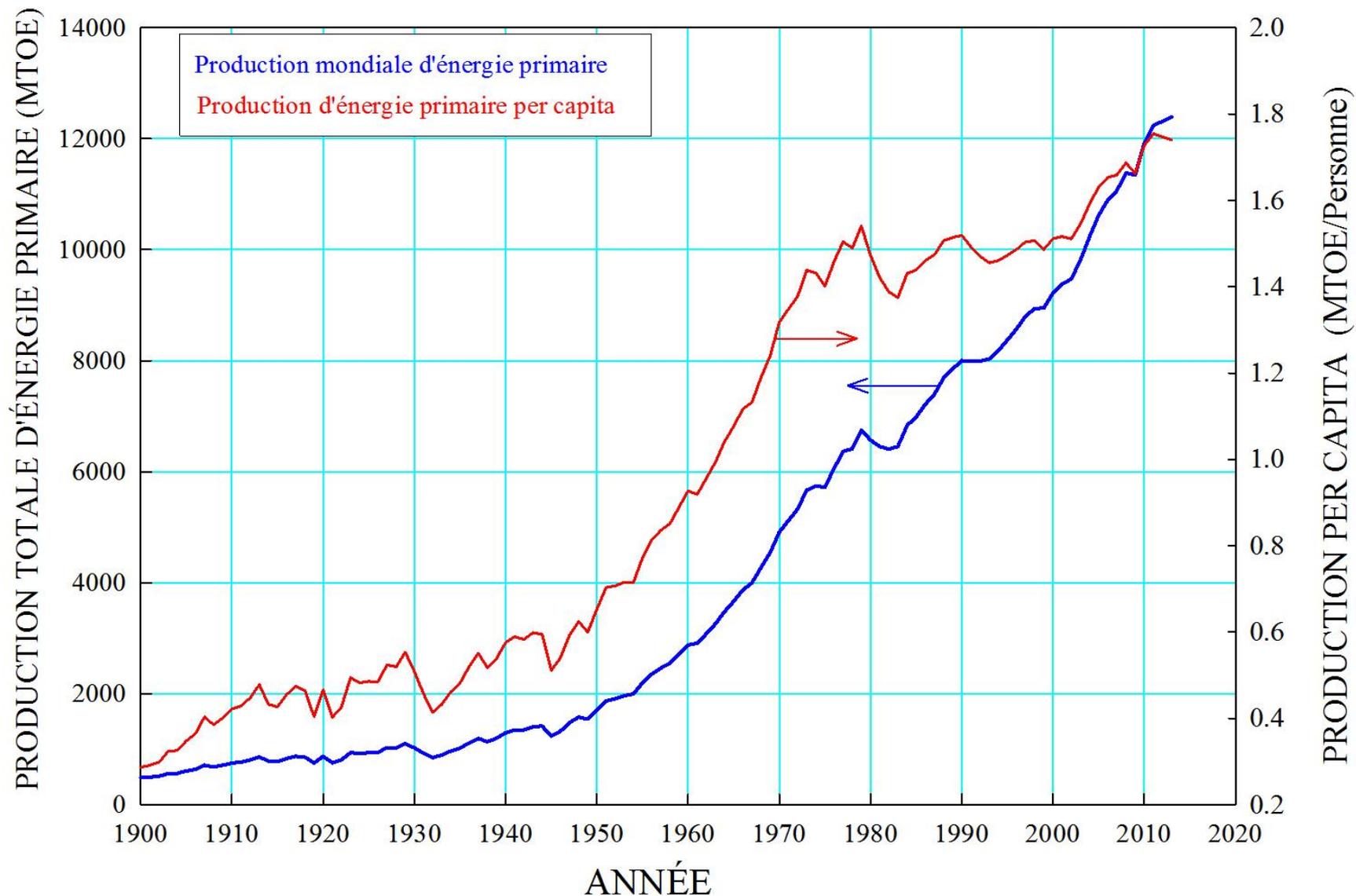
<u>Année</u>		<u>Population</u>	<u>Véhicules</u>
1950	----->	3 milliards	50 millions
2000	----->	6 milliards	500 millions
2013	----->	7 milliards	900 millions
2050	----->	≈ 9 milliards	?



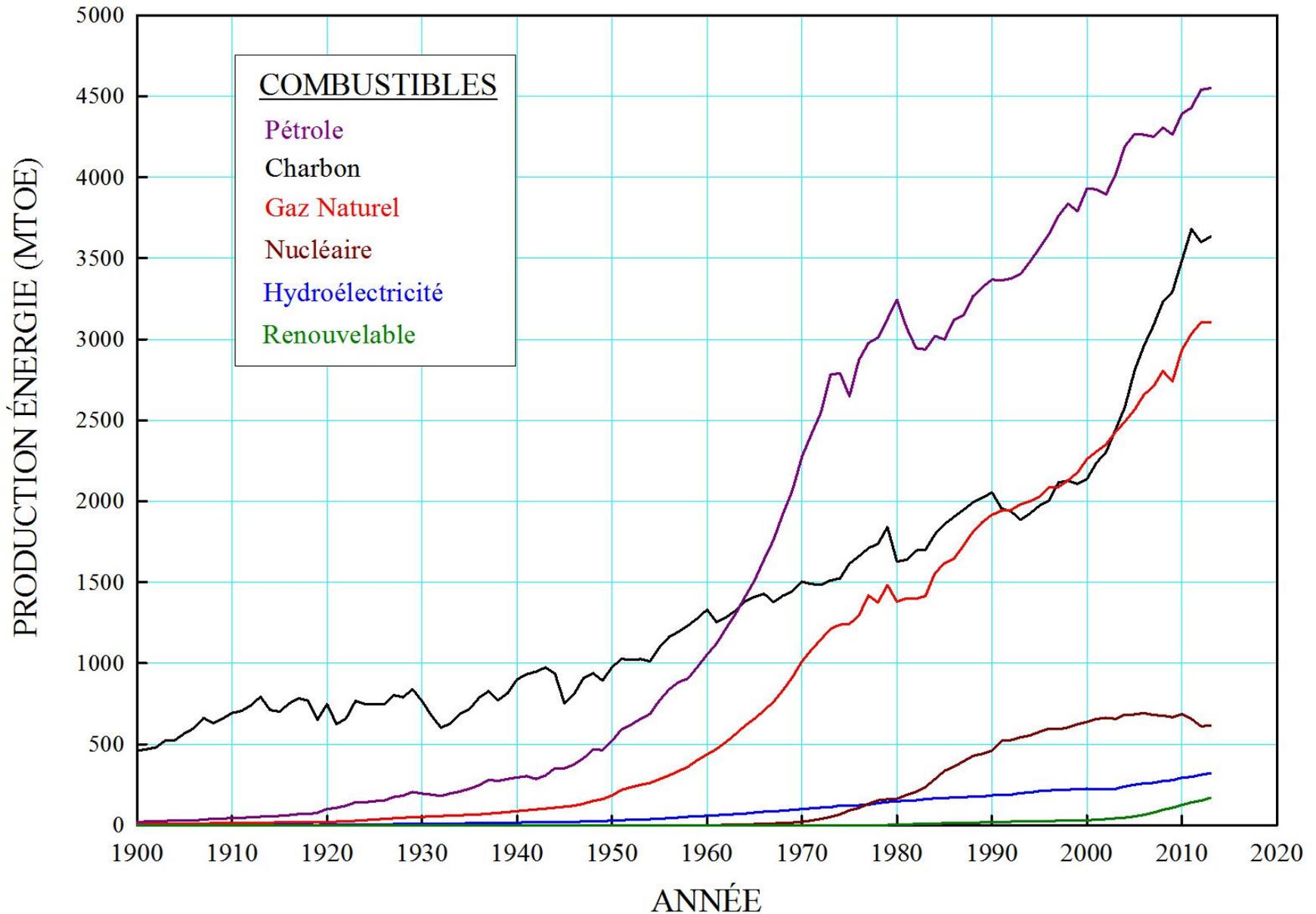
ANNÉE	Humains (millions)	Incertitude
1	300	100
500	200	10
1000	300	50
1200	400	40
1400	360	15
1600	560	15
1800	950	15
1900	1660	10
1920	1860	~ 0
1940	2300	~ 0
1960	3023	~ 0
1980	4442	~ 0
1990	5279	~ 0
2000	6085	~ 0
2010	6842	~ 0
2050	9075	-

SOURCE :
Statistiques de l'ONU

Production mondiale d'énergie primaire par année



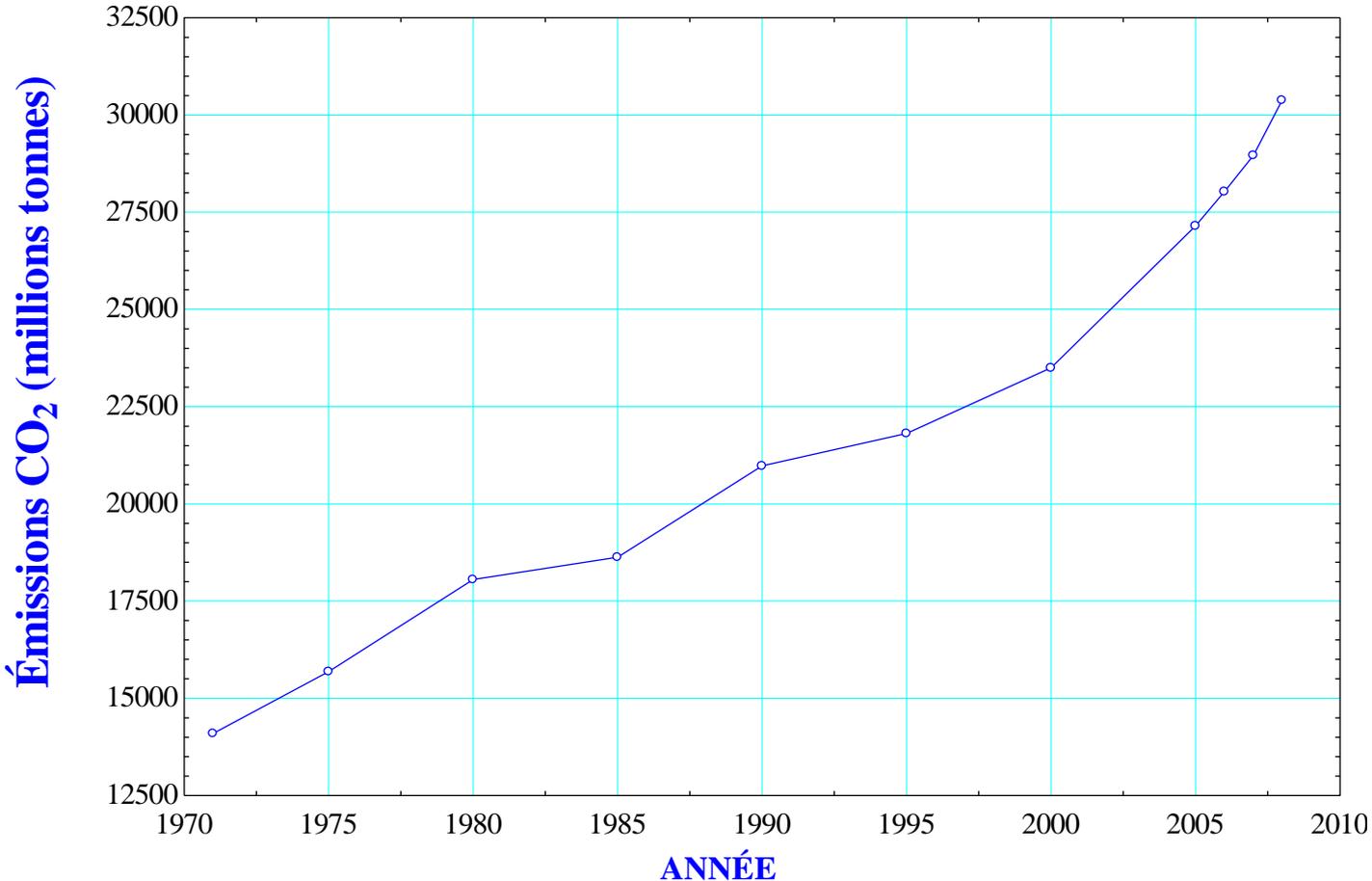
Production mondiale d'énergie par année par source



ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS MONDIALE DE CO₂

SOURCE : <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/company-information.html>

ÉMISSIONS MONDIALES DE CO₂ PAR LES HUMAINS PAR ANNÉE



Année	Emissions CO ₂ (Million tonne CO ₂)
1971	14095
1975	15690
1980	18055
1985	18628
1990	20980
1995	21810
2000	23497
2005	27147
2006	28028
2007	28962
2008	31772
2009	31460
2010	33040
2011	34032
2012	

SOURCE :
BP – Statistical review_2012

TYPES D'ÉNERGIE

Énergie primaire : Cadeau de la nature

- **Fossiles** : Combustibles solides -----> Charbon , Bois
Combustibles liquides -----> Pétrole
Combustibles gazeux -----> Gaz Naturel
Combustible Nucléaire (**fission**)
- **Renouvelables** : Énergie Hydraulique, Solaire, Éolienne ...
Énergie nucléaire (**fusion ???**)

Énergie secondaire : Doivent être fabriqués (perte de rendement)

L'énergie électrique et l'hydrogène sont des **énergies secondaires**

Ce sont des transporteurs d'énergie

Classification des types d'énergie selon la provenance :

- Énergies concentrées (ou énergie de stock) : Énergies fossiles
 Tout le développement de l'industrialisation provient de cette forme !!
- Énergie dispersées (ou énergie de flux) : Énergie renouvelables

RÉSERVES ET PRODUCTION DE COMBUSTIBLES

Potentiel ultime de production de pétrole de la planète :

Constatation : *Tant que **tout** le pétrole n'est pas extrait d'un champ, il n'est pas possible d'en connaître le **potentiel exact***

Conséquence : *Toutes les évaluations sont des extrapolations devant être associé à une **probabilité** !*

Estimation de toutes les réserves consommées, connues et à découverte probable :

3000 milliards de barils de pétrole conventionnel + bitumineux (Laherrère ; 2012)

2500 milliards de barils de pétrole conventionnel + bitumineux (USGS ; 2011)

La différence entre les scénarios *optimistes* et *pessimistes* au niveau de nouvelles découvertes diffèrent de : \approx **15 ans de consommation**

Chaque jours l'humanité :

Consomme \approx 91 millions de barils de pétrole (2013) -----> 33 milliards / année

Découvre \approx 15 millions de barils

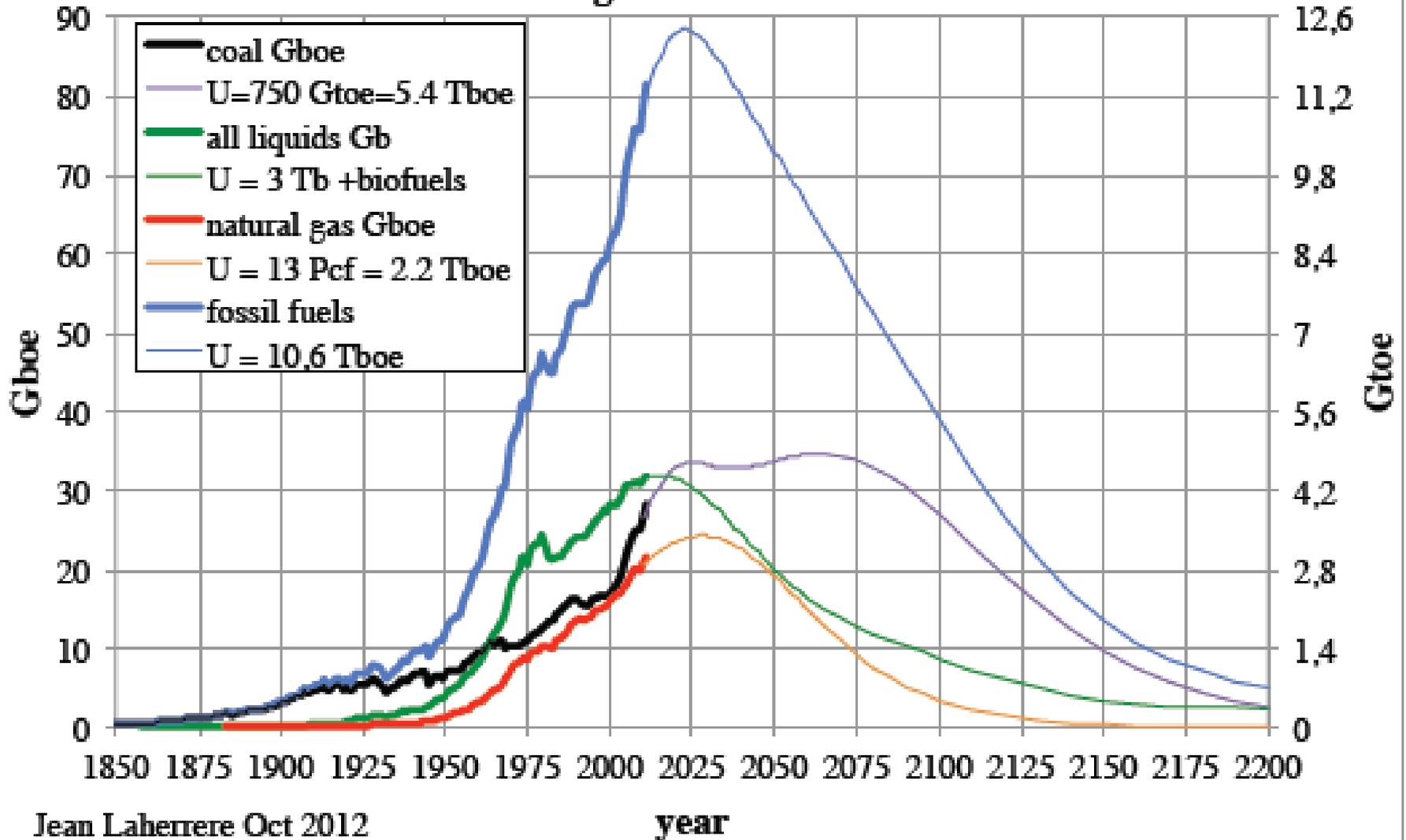
Dans un avenir proche :

De plus en plus de personnes vont compétitionner pour obtenir du pétrole qui sera de moins en moins disponible, donc de plus en plus cher !!

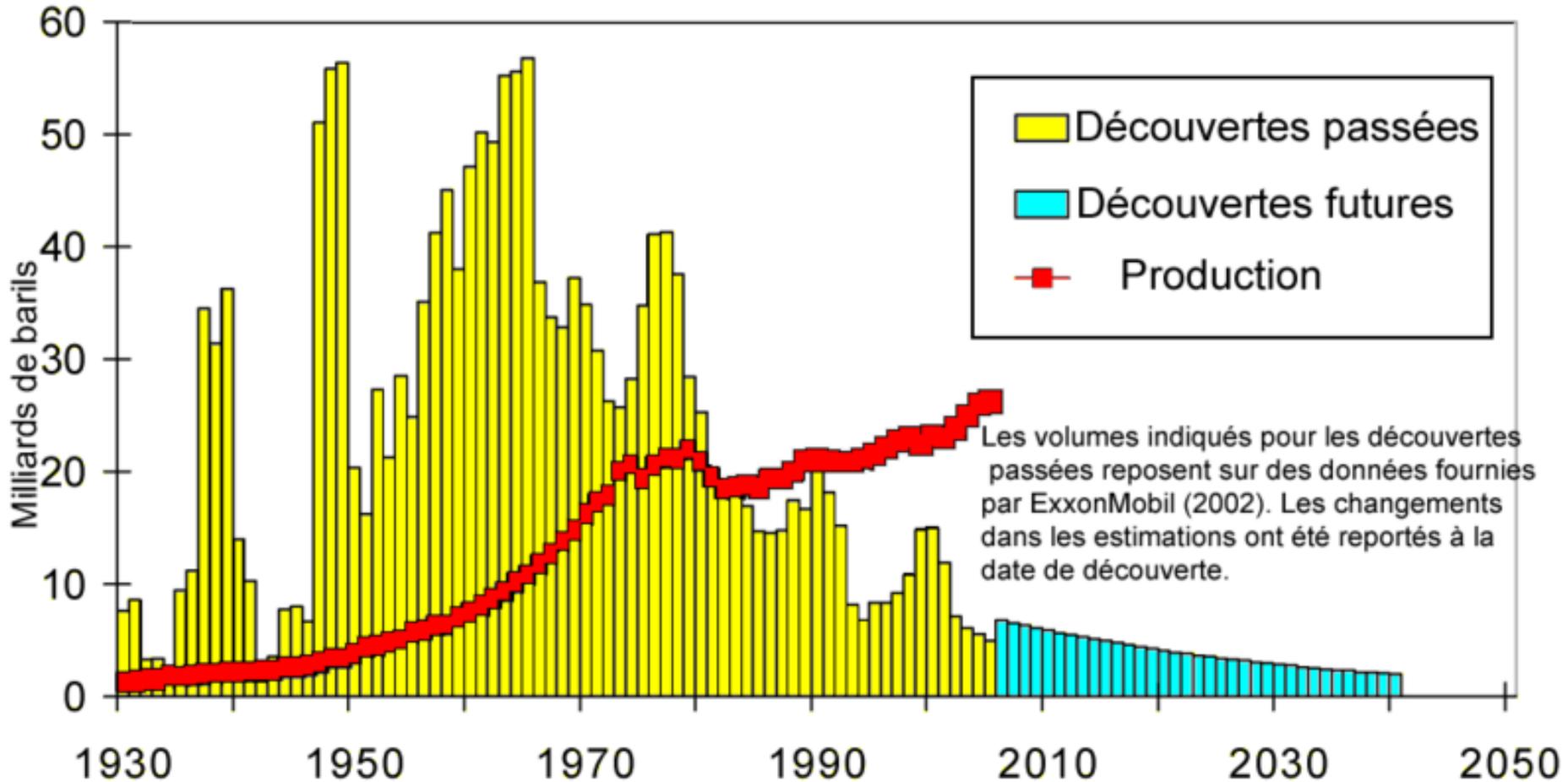
Voir site web : ASPO

Production passé et futur des combustibles fossiles Selon : Laherrère

- Ultime pour le pétrole ~ **3000 Gb** avec plateau de 2005 à 2025
- Ultime pour le gaz ~ **2200 Gbep** avec pic vers 2025
- Ultime pour le charbon ~ **5400 Gbep** avec plateau de 2020 à 2080

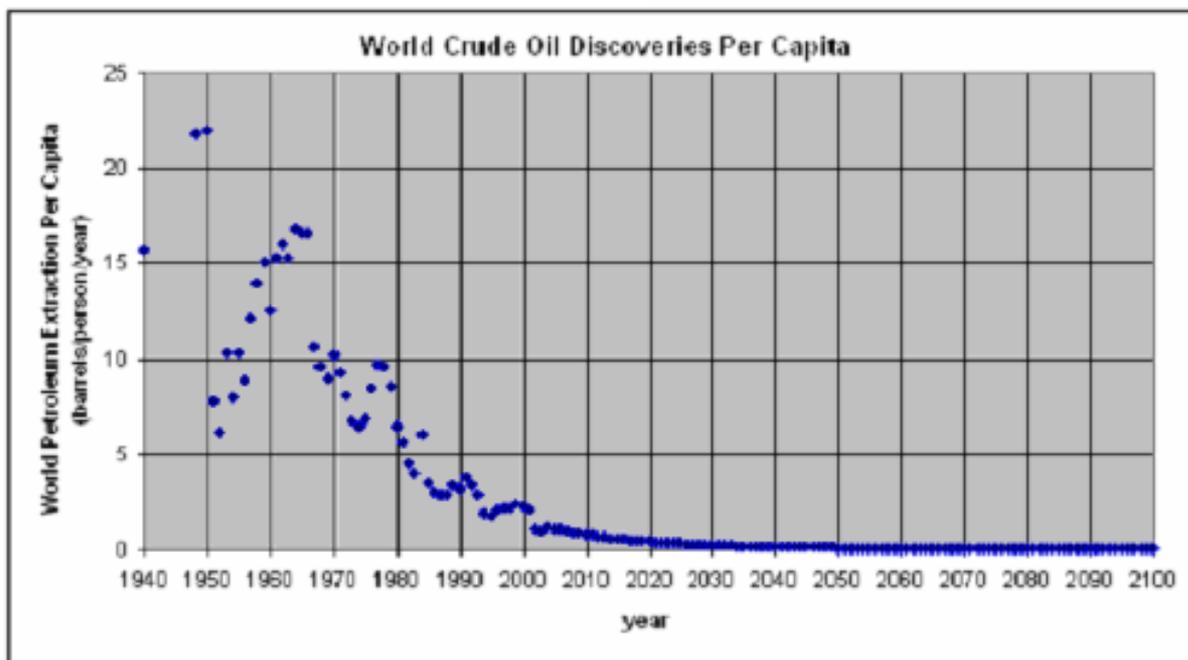
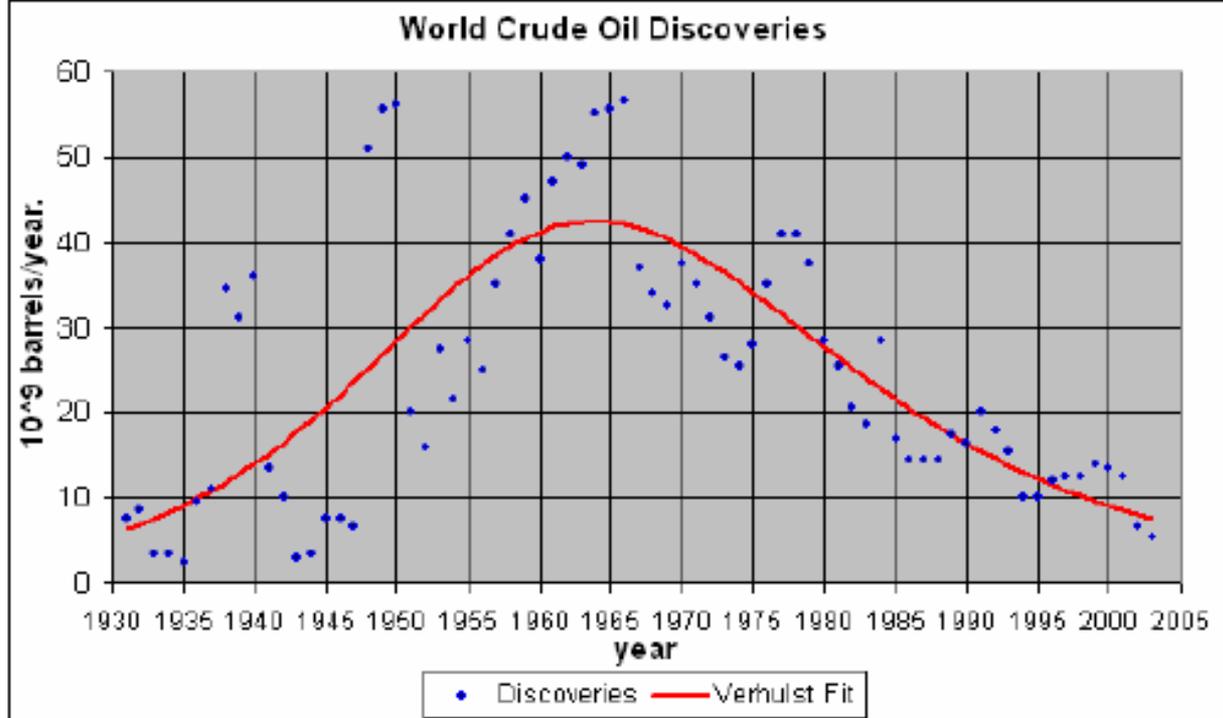


Volume des découvertes de pétrole conventionnel (inclut l'offshore profond et le pétrole arctique) Décroissance depuis les années 1970



En moyenne depuis 1995 : On ne découvre plus qu'un baril de pétrole conventionnel
Pour 3 barils consommés

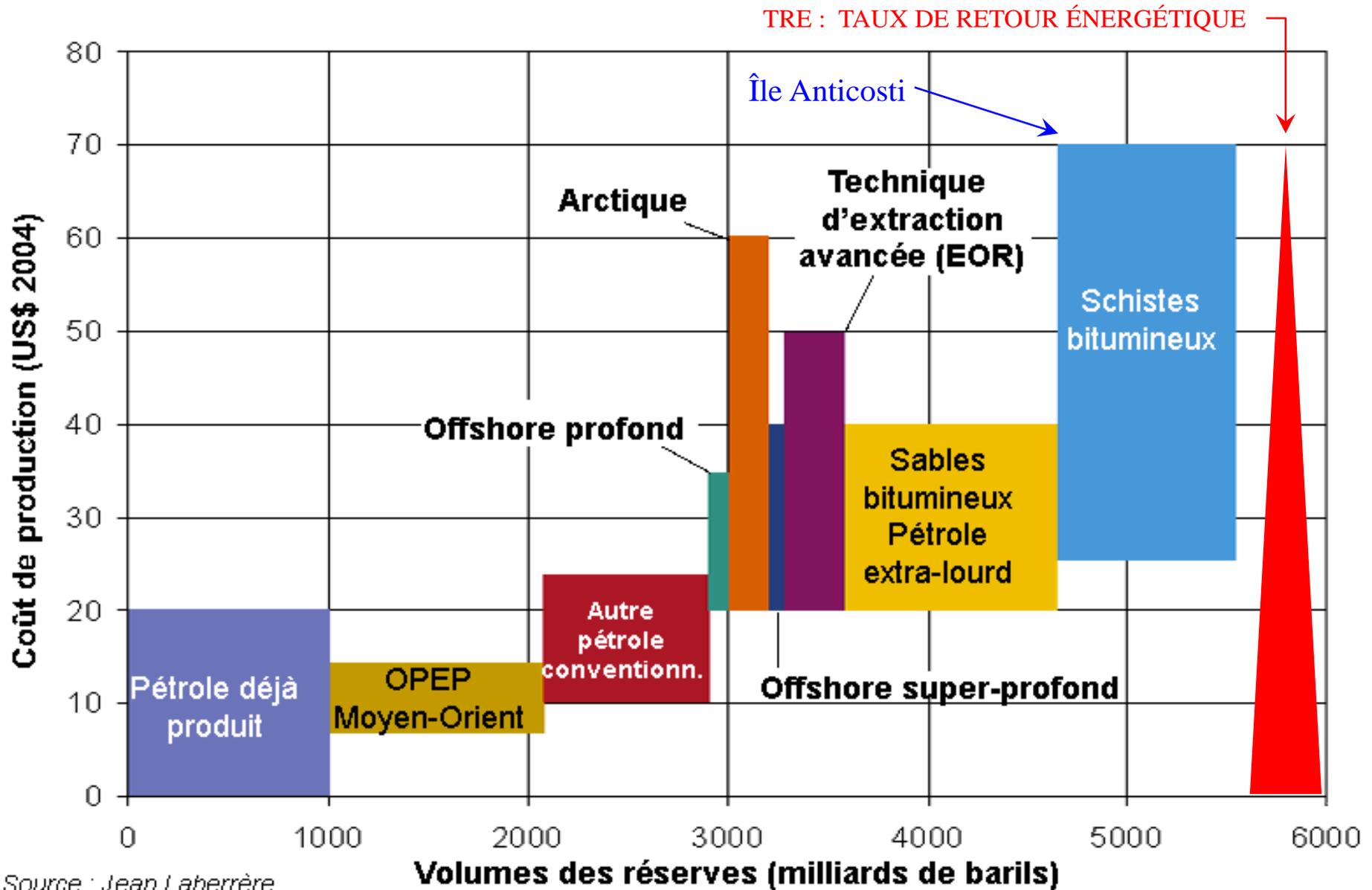
DÉCOUVERTE DE PÉTROLE PAR ANNÉE TOTAL



DÉCOUVERTE DE PÉTROLE PAR ANNÉE PAR HABITANT (baril/personne/an)



RÉSERVES DE PÉTROLE Vs COÛT DE PRODUCTION PAR BARIL

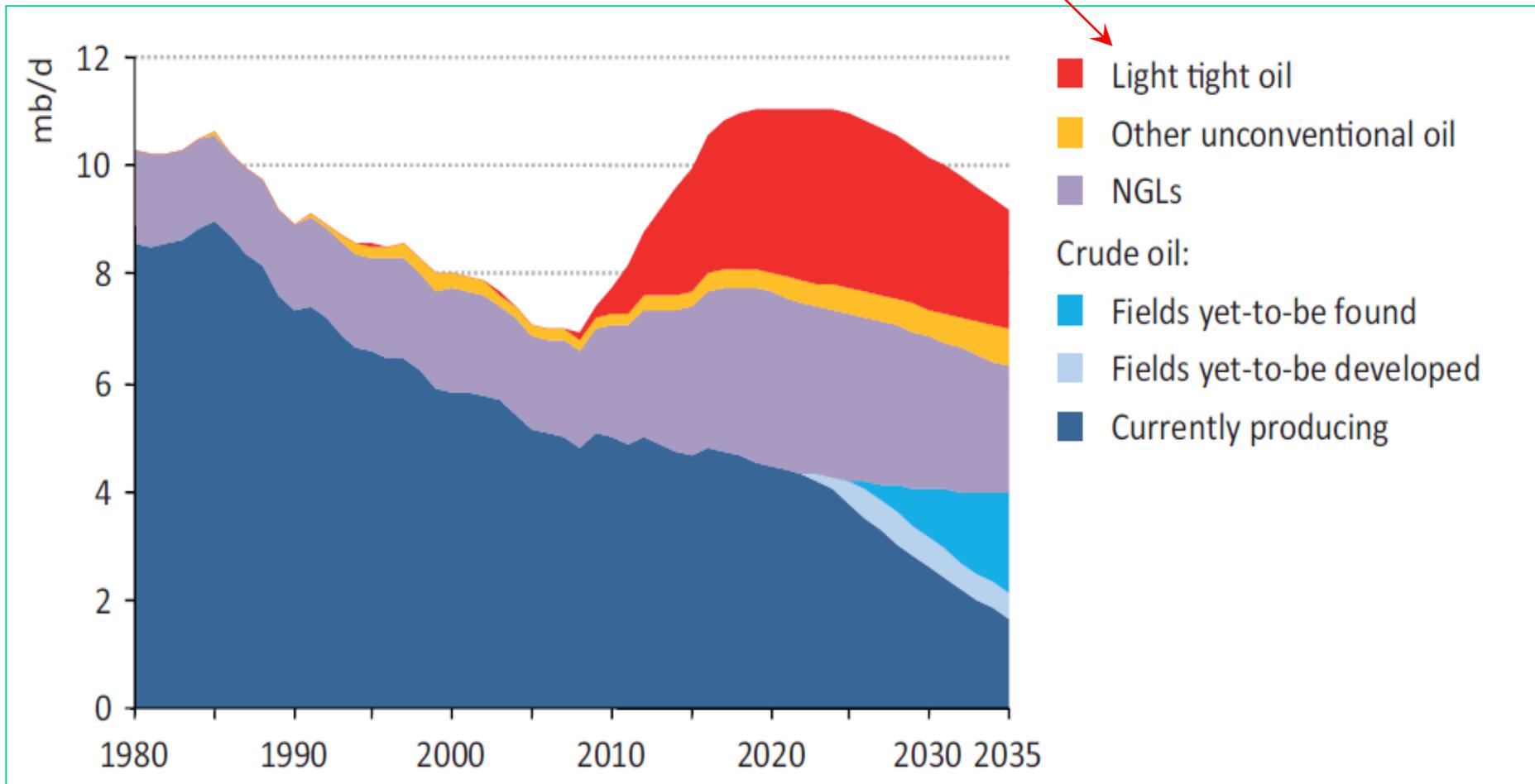


Source : Jean Laherrère

Production pétrolière des États-Unis par type d'ici à 2035

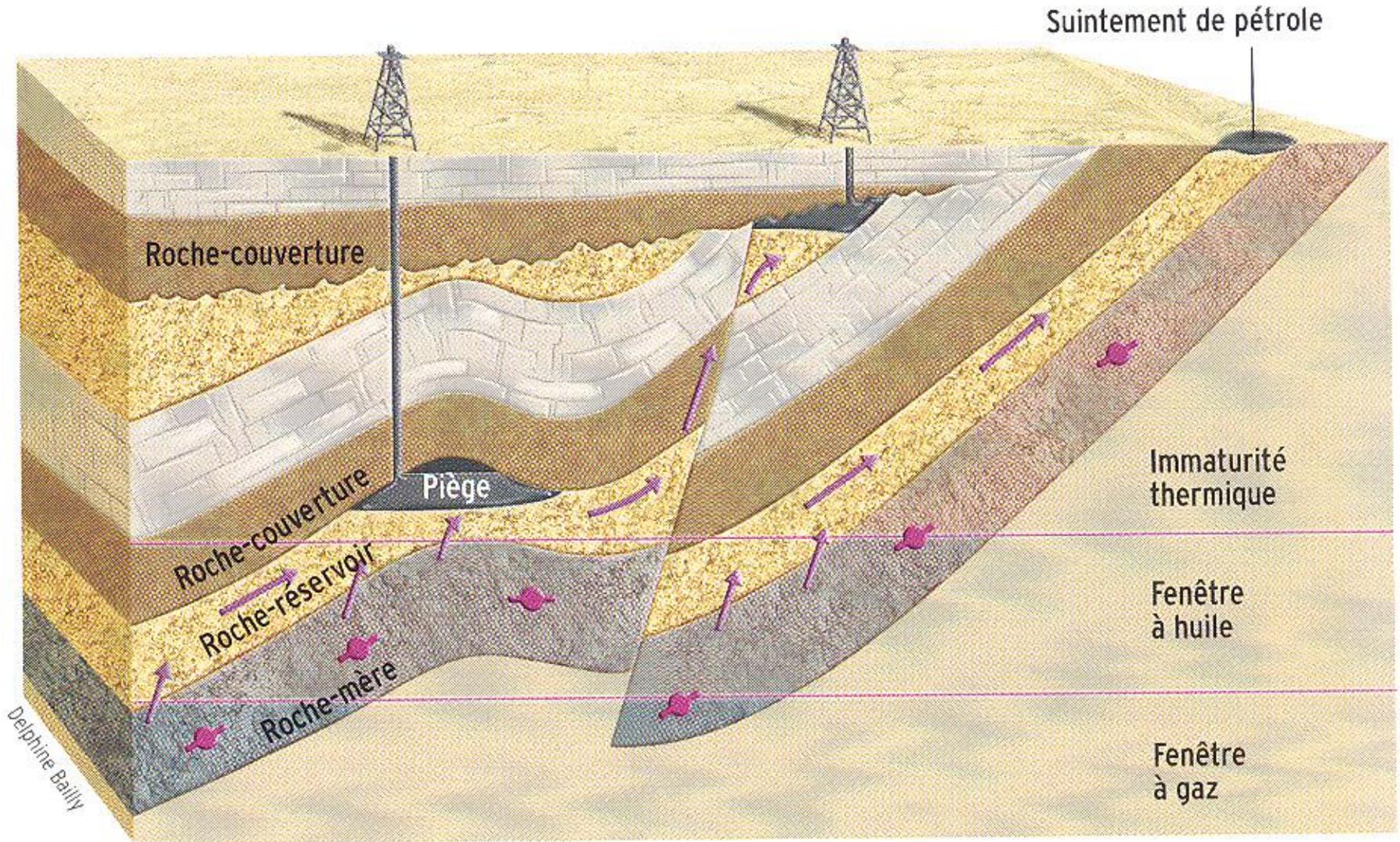
SOURCE : World Energy Outlook 2012, Agence Internationale de l'Énergie

Pétrole de schiste



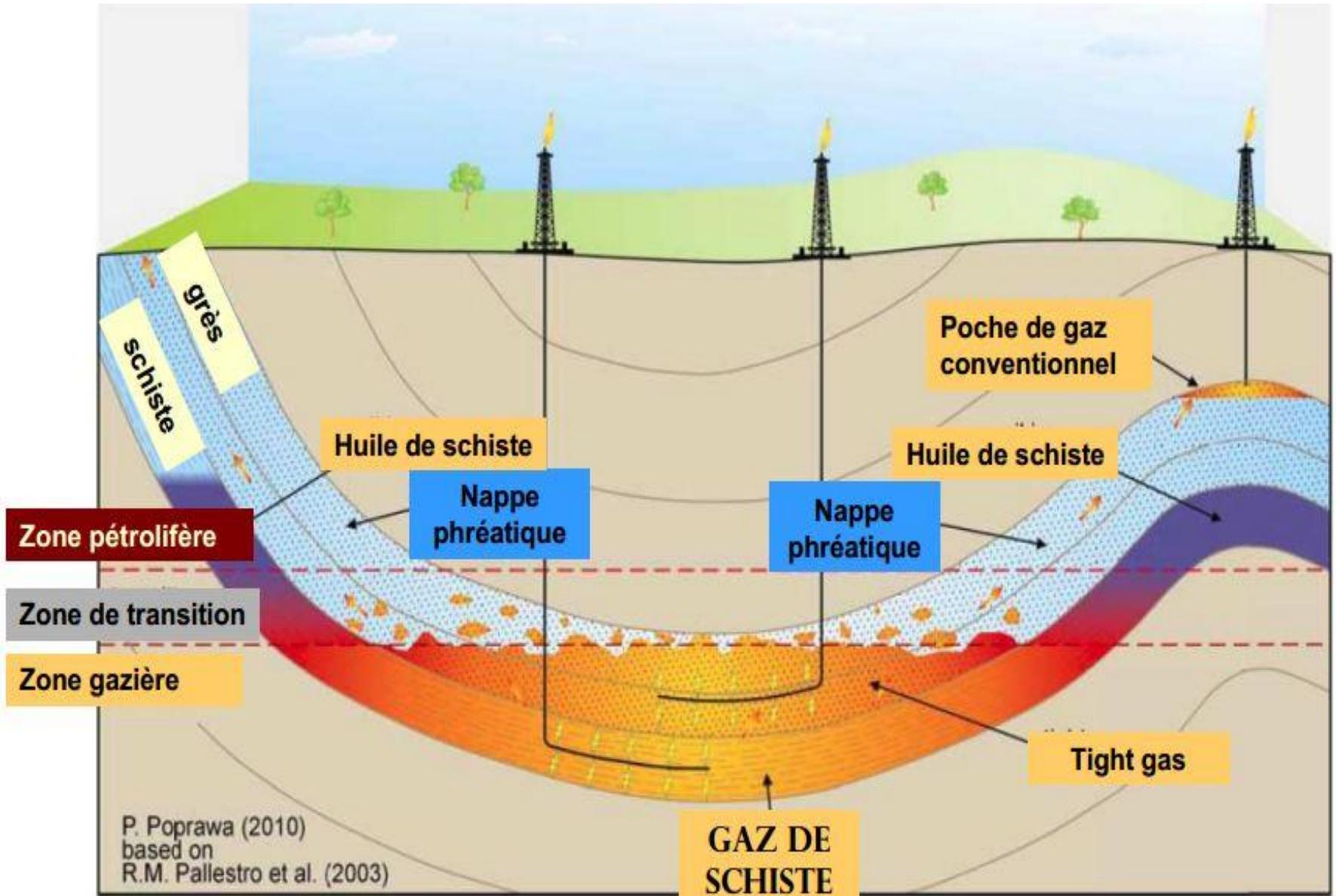
PUIT DE PÉTROLE CONVENTIONNEL

Un réservoir de pétrole met des **millions d'années à se remplir** !
Pour le **vider partiellement** les humains vont mettre de **20 à 100 ans** !



MOTS DÉFINISSANT : GAZ ET PÉTROLE SOUS TERRE

CONVENTIONNEL & NON-CONVENTIONNEL



CARACTÉRISTIQUES DES NOUVELLES DÉCOUVERTES DE PÉTROLE

Pétrole non-conventionnel : Celui du futur

- Lieux d'extraction de plus en plus éloignés, **plus difficile d'accès**
- Environnement de travail **plus hostile**
- Plus grande chance de **désastres** écologiques
- Taille des champs pétroliers plus **petits**
- Coûts d'investissements de plus en plus **élevé**
- Le TRE de plus en plus **faible**
- Production de CO₂ plus **élevé**

Constatation : Ce n'est pas la fonction qui crée la ressource

Ce n'est pas parce que l'on veut du pétrole pour mettre dans notre auto qu'il va y avoir du pétrole.

La pensée magique n'agit pas sur la nature..... Ou si peu !

POPULATION DE L'AMÉRIQUE DU NORD : 2011



DISPOSITION DES CENTRALES DE PRODUCTION ÉLECTRIQUE EN AMÉRIQUE DU NORD EN 2012



PRODUCTION ÉLECTRIQUE AU QUÉBEC

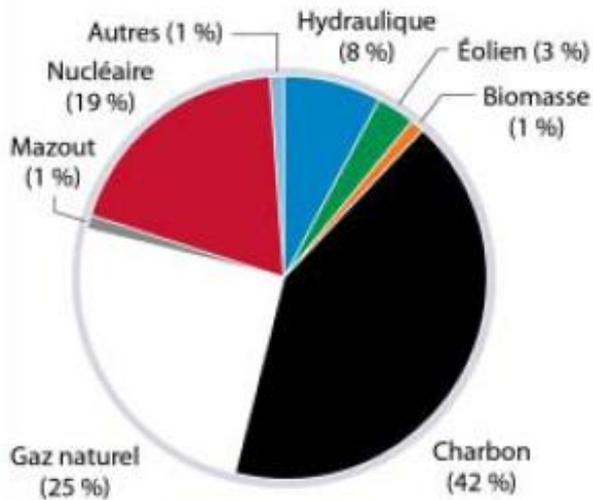


Production électrique en 2011

Filières de production d'électricité

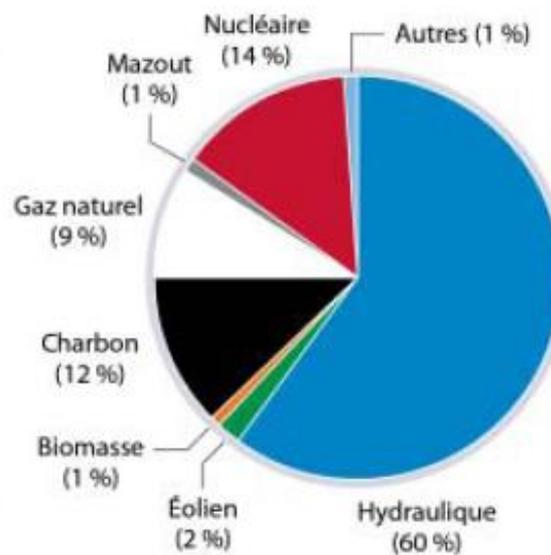
ÉTATS-UNIS 2011 ^(a)

Production d'électricité : 4 105 TWh



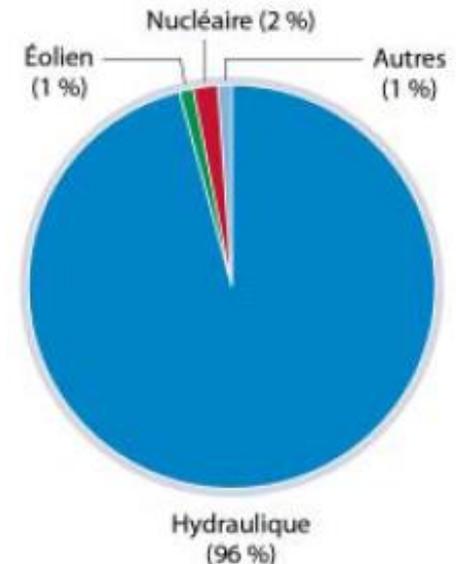
CANADA 2011 ^(b)

Production d'électricité : 620 TWh



QUÉBEC 2011 ^(b et c)

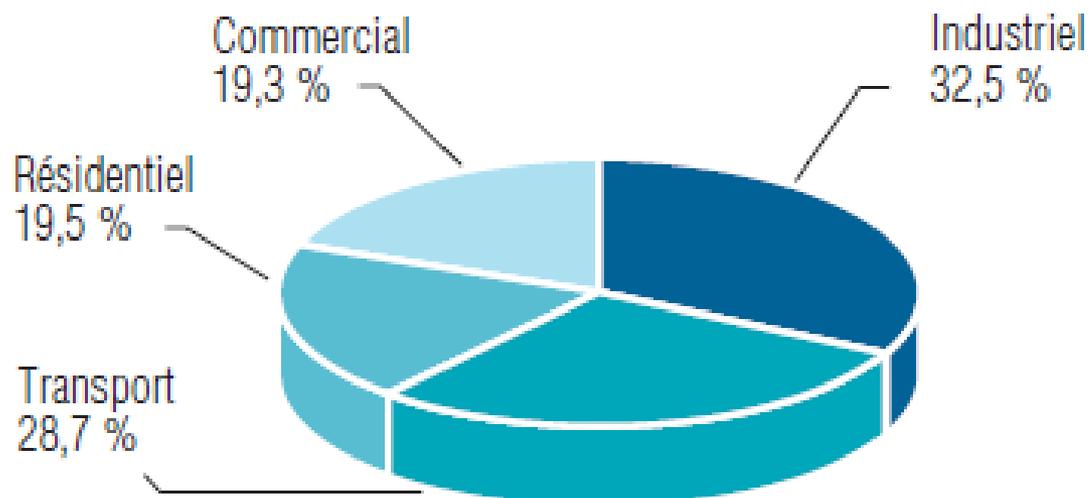
Production d'électricité : 200 TWh *



* Données préliminaires

Sources : (a) Energy Information Administration et Electric Power Annual, 2012 – (b) Statistique Canada, 2013 – (c) Ministère des Ressources naturelles du Québec, 2013.

QUÉBEC : CONSOMMATION TOTALE D'ÉNERGIE SELON LE SECTEUR (2009)

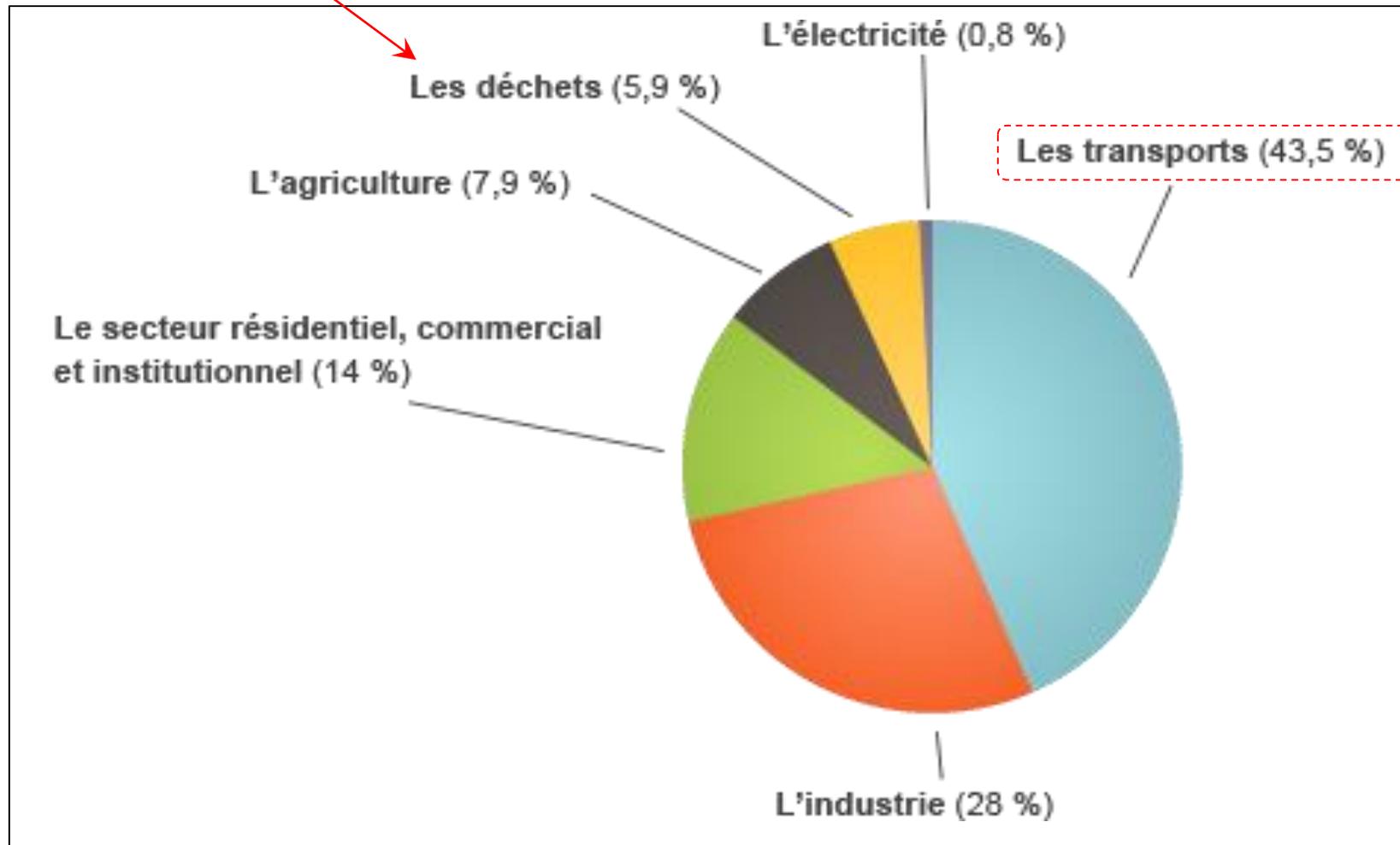


Source : Ministère des Ressources naturelles et de la Faune.

		2001	2008	2009
■ Consommation totale d'énergie	k tep	38 948,8	40 173,9 ^r	39 033,7
Selon la forme				
Électricité	%	39,0	40,7 ^r	40,1
Pétrole	%	38,3	38,7 ^r	39,1
Gaz naturel	%	12,3	10,7	12,5
Biomasse	%	9,3	8,5	7,4
Charbon	%	1,1	1,4 ^r	1,0

ÉMISSION DES 'GES' AU QUÉBEC EN 2010

BIOGAZ : CH₄ + CO₂



En 2010, les émissions totales de GES au Québec se chiffraient à : 84 Mt éq. CO₂

LOGICIEL EES
NOTIONS DE BASE