

CHARBON, PÉTROLE ET GAZ

Marcel Lacroix

Université de Sherbrooke

COMBUSTIBLES FOSSILES

- 1. Restes d'organismes vivants fossilisés: plancton, algues, plantes, organismes monocellulaires, etc.**
- 2. Sous l'action de la température, de la pression et de centaines de millions d'années, ces matières se sont transformées de façon anaérobique en charbon (solide), en pétrole (liquide) et en gaz naturel (gaz).**

COMBUSTIBLES FOSSILES

- 3. Le principal élément: le carbone**
- 4. Plus de 90% de la consommation totale d'énergie au Canada est comblée par ces combustibles!**

COMBUSTIBLES FOSSILES

- 1. Charbon (solide): grosses molécules comptant plus de 18 atomes de carbone.**
- 2. Pétrole (liquide): molécules intermédiaires comptant entre 5 et 17 atomes de carbone.**
- 3. Gaz naturel (gaz): petites molécules comptant moins de 5 atomes de carbone.**

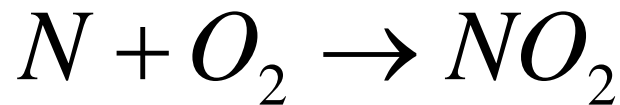
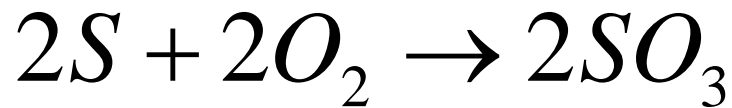
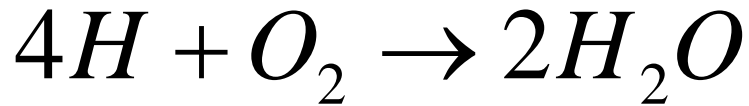
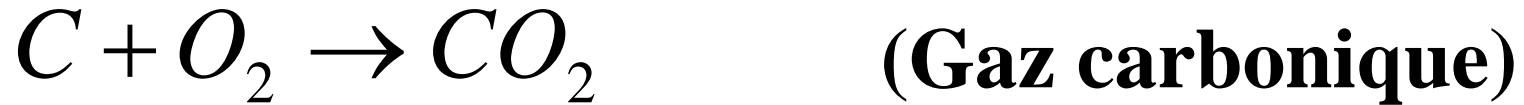
CHARBON: COMPOSANTS

1. **70%-95% de carbone.**
2. **2%-6% d'hydrogène.**
3. **2%-20% d'oxygène.**
4. **Azote et soufre.**
5. **Pouvoir calorifique: ~ 24 000kJ/kg**



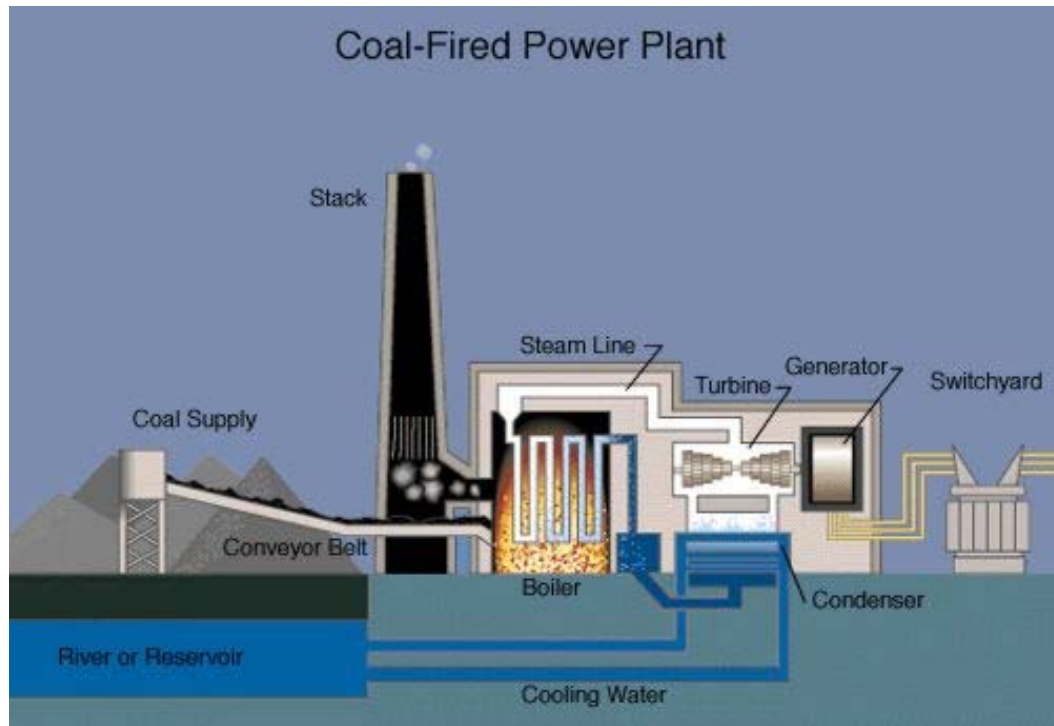
Photo credit:
American Coal Foundation

CHARBON: COMBUSTION



Minéraux \rightarrow *Cendres*

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ



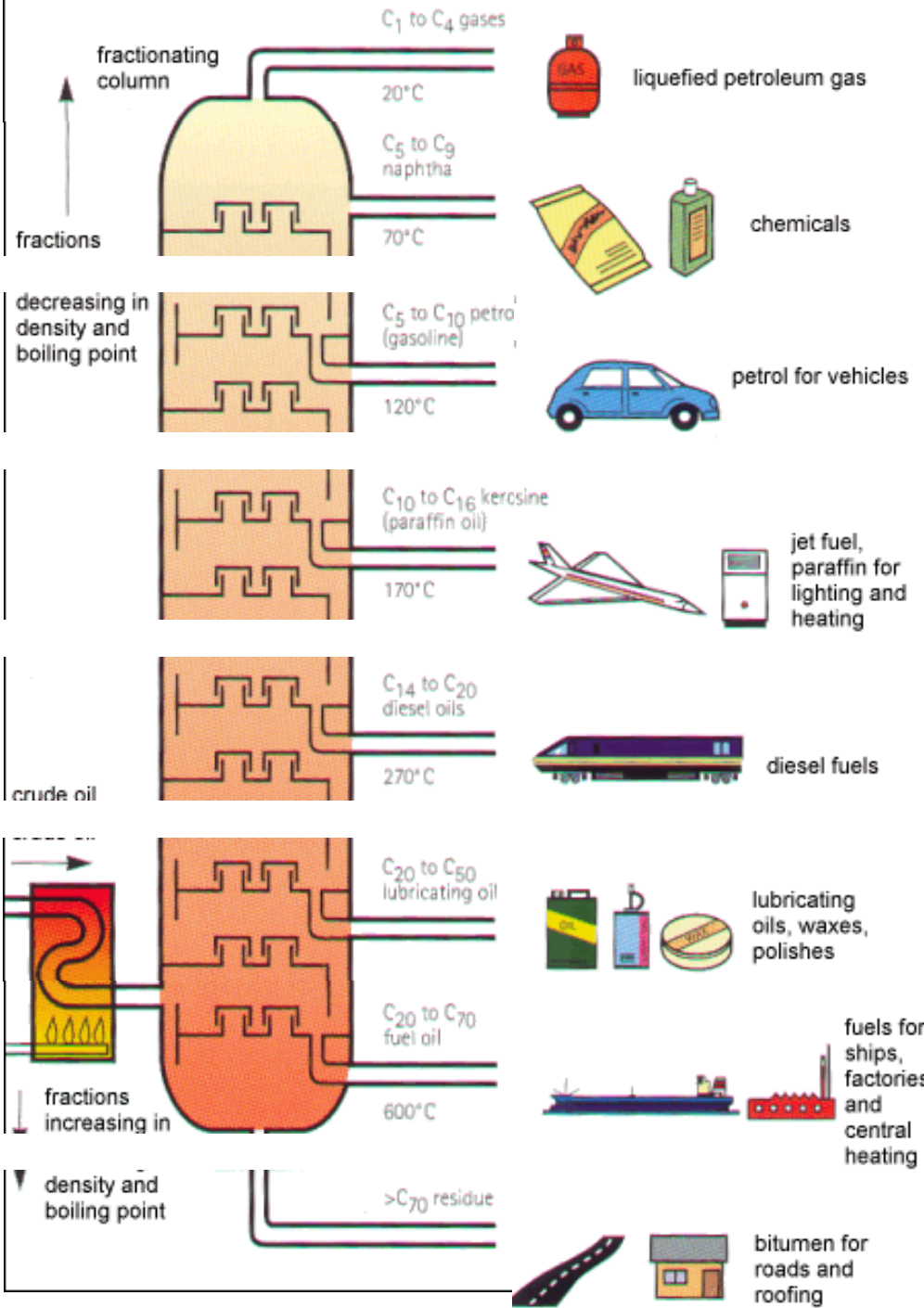
**60% de
l'électricité
produite aux
USA vient de la
combustion du
charbon**

CENTRALE THERMIQUE AU CHARBON



PÉTROLE: COMPOSANTS

- 1. Des centaines d'hydrocarbures, des paraffines, du soufre, de l'azote, etc.**
- 2. Séparer chacun de ces hydrocarbures est possible mais coûteux.**
- 3. Le compromis: séparer les hydrocarbures en famille par distillation et craquage.**



Raffinage du pétrole

4. Distillation: séparation des principaux hydrocarbures par évaporation.

5. Craquage: augmentation du pouvoir calorifique et de l'indice d'octane en cassant les grosses molécules et en les reformant.

et gaz

GAZ NATUREL

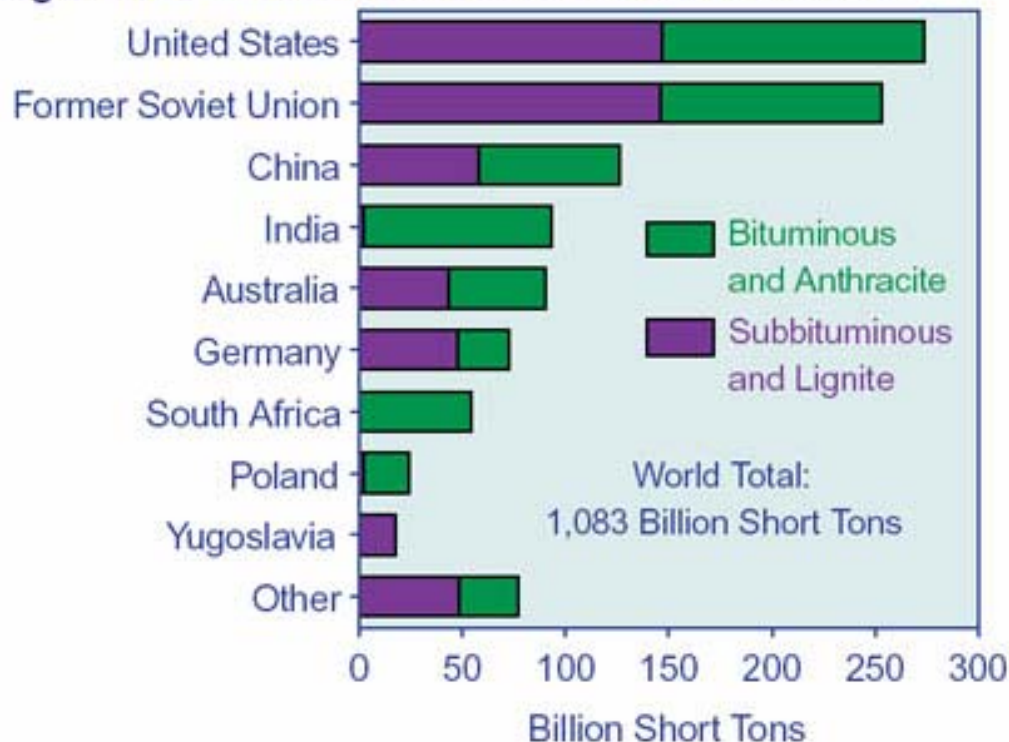
- 1. Composants: Méthane (CH_4), éthane (C_2H_6), propane (C_3H_8) et butane (C_4H_{10}).**
- 2. Pouvoir calorifique: ~ 55 000kJ/kg (~36kJ/litre)**
- 3. En le refroidissant, on liquéfie le propane et le butane: pratique pour le transport en bouteilles.**
- 4. En le neutralisant avec une solution alcaline, on retire le sulfure d'hydrogène (H_2S).**

VA-T-ON MANQUER DE COMBUSTIBLES FOSSILES?

- 1. Réserves: quantité connue de combustible exploitable commercialement.**
- 2. Ressources: quantité connue et inconnue de combustible.**
- 3. Un jour, les *réserves* seront peut-être épuisées mais pas les *ressources*.**

RÉSERVES DE CHARBON

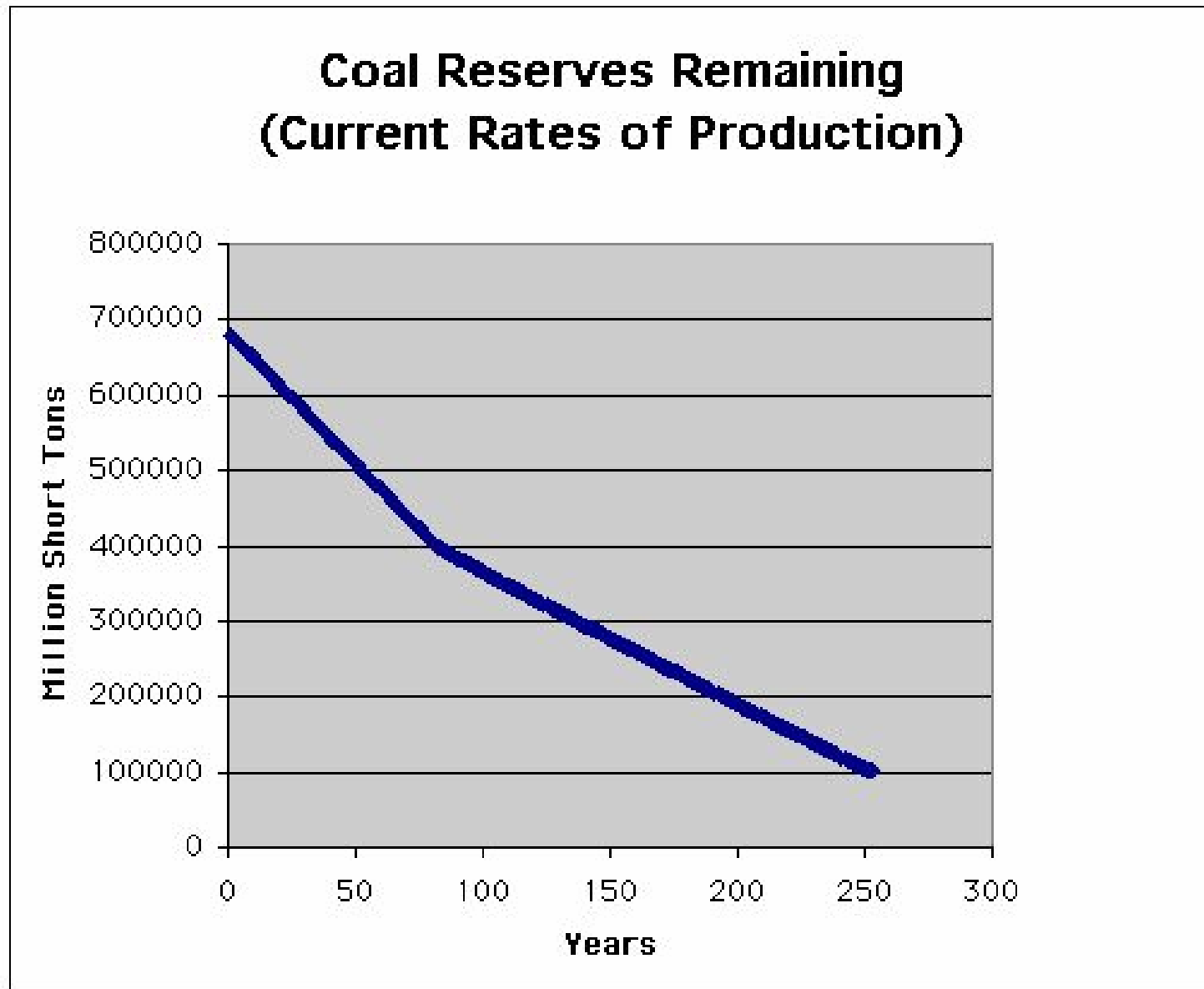
Figure 60. World Recoverable Coal Reserves



Note: Data for the U.S. represent recoverable coal estimates as of January 1, 2001. Data for other countries are as of January 1, 2000.

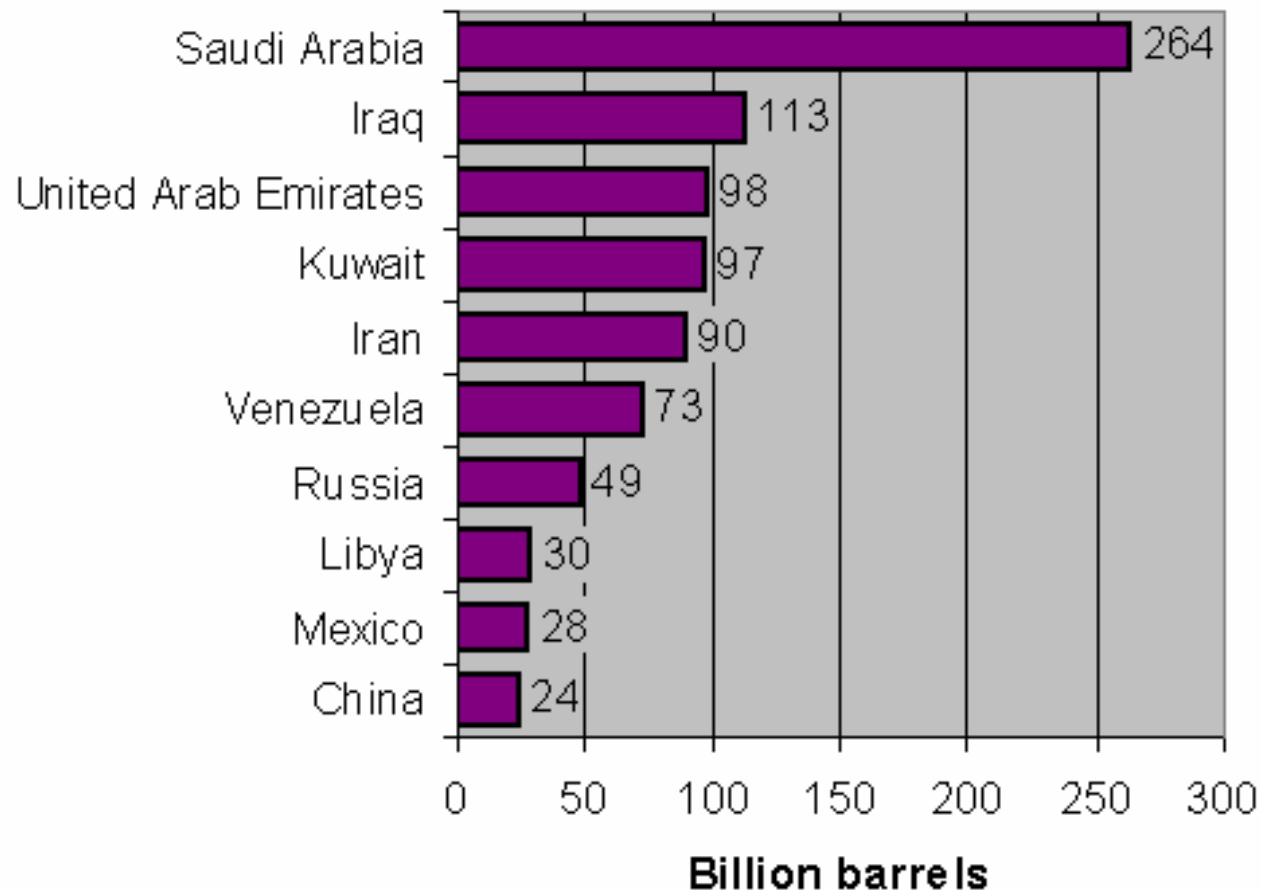
Source: Energy Information Administration, *International Energy Annual 2001*, DOE/EIA-0219(2001) (Washington, DC, February 2003), Table 8.2, web site www.eia.doe.gov/iea/.

CONSOMMATION DE CHARBON

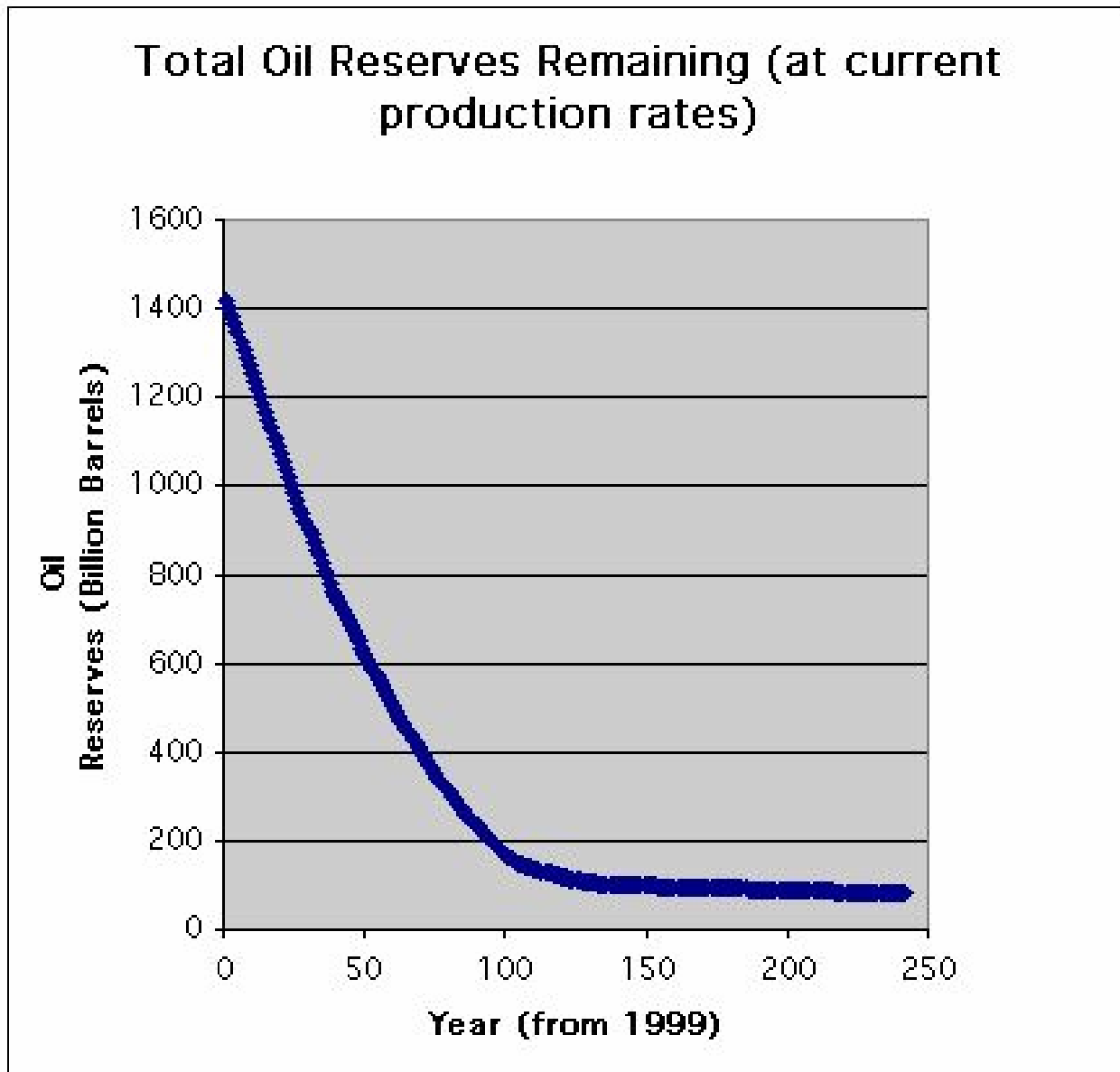


RÉSERVES DE PÉTROLE

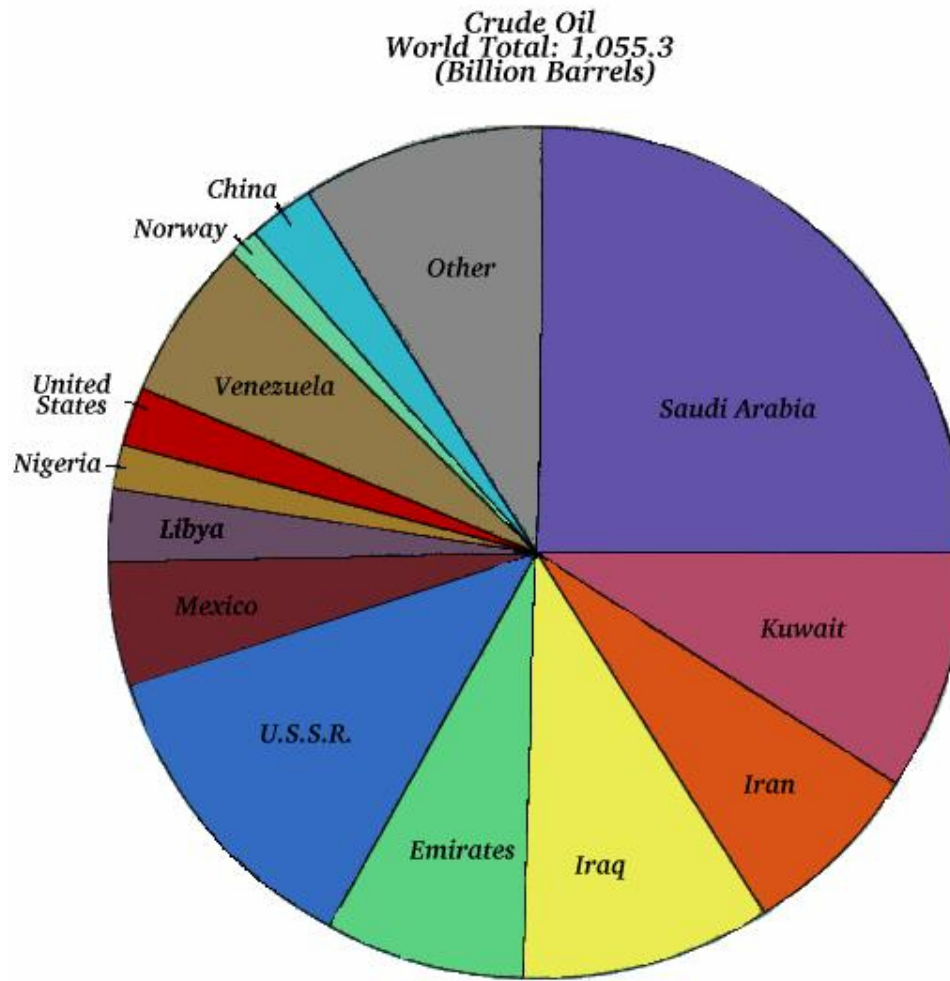
**Top Ten Countries with Oil Reserves,
January 1, 2000**



CONSOMMATION DE PÉTROLE



PROVENANCE DU PÉTROLE



INDICATEUR DU DÉVELOPPEMENT HUMAIN

L'indicateur de développement humain (IDH) mesure le niveau atteint par un pays en termes d'espérance de vie, d'instruction et de revenu réel corrigé

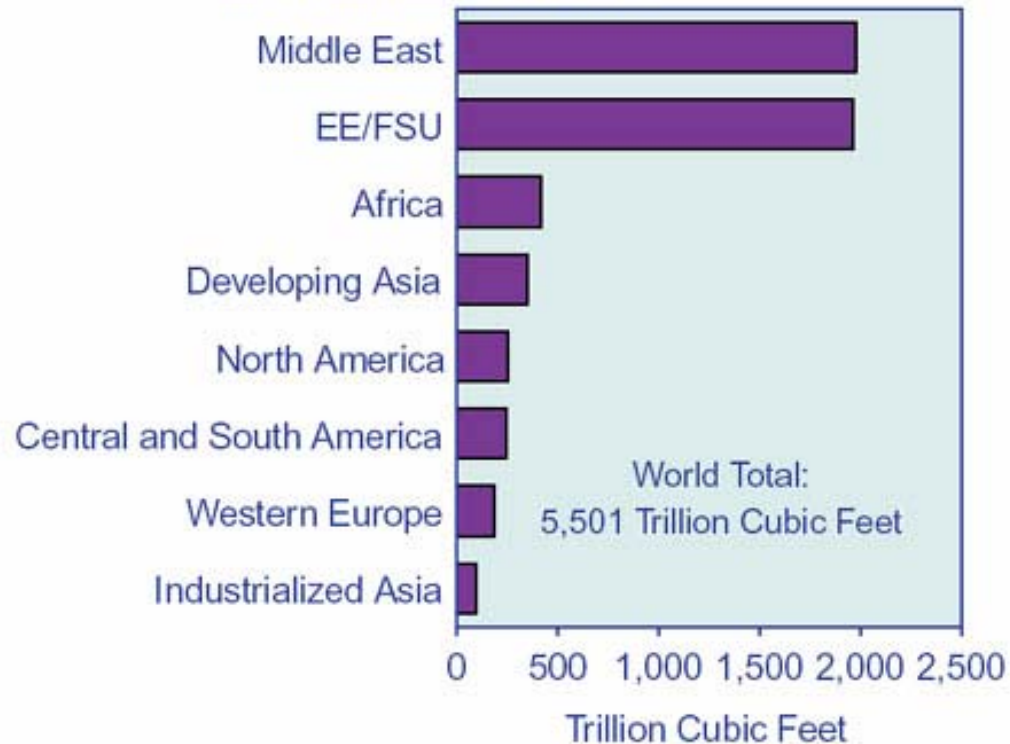
Classement selon l'IDH		Classement selon l'IDH		Classement selon l'IDH	
Développement humain élevé		Développement humain moyen		Faible développement humain	
D é m o c r a t i e s	1 Norvège	49 Trinité-et-Tobago	89 Tunisie	127 Pakistan	D i c t a t u r e s
	2 Australie	50 Lettonie →	90 Iran, Rép.islamique d'	128 Togo	
	3 Canada	51 Mexique	91 Cap-Vert	129 Népal	
	4 Suède	52 Panama	92 Kirghizistan	130 Bhoutan	
	5 Belgique	53 Bélarus	93 Guyana	131 Rép. dém. pop. lao	
	6 États-Unis	54 Belize	94 Afrique du Sud	132 Bangladesh	
	7 Islande	55 Russie, Féd.de →	95 El Salvador	133 Yémen	
	8 Pays-Bas	56 Malaisie	96 Samoa-Occidental	134 Haïti	
	9 Japon	57 Bulgarie	97 Rép.arabe syrienne	135 Madagascar	
	10 Finlande	58 Roumanie	98 Moldova, Rép.de	136 Nigeria	
	11 Suisse	59 Jamahiriya arabe libyenne	99 Ouzbékistan	137 Djibouti	
	12 Luxembourg	60 Macédoine, ARYM	100 Algérie	138 Soudan	
	13 France	61 Venezuela →	101 Viet Nam	139 Mauritanie	
	14 Royaume-Uni	62 Colombie	102 Indonésie	140 Tanzanie, Rép.-Unie de	
	15 Danemark	63 Maurice	103 Tadjikistan	141 Ouganda	
	16 Autriche	64 Suriname	104 Bolivie	142 Congo, Rép. dém. du	
	17 Allemagne	65 Liban	105 Égypte	143 Zambie	
	18 Irlande	66 Thaïlande	106 Nicaragua	144 Côte d'Ivoire	
	19 Nouvelle-Zélande	67 Fidji	107 Honduras	145 Sénégal	
	20 Italie	68 Arabie saoudite →	108 Guatemala	146 Angola	
	21 Espagne	69 Brésil	109 Gabon	147 Bénin	
	22 Israël	70 Philippines	110 Guinée équatoriale	148 Érythrée	
	23 Grèce	71 Oman	111 Namibie	149 Gambie	
	24 Hong Kong, Chine (SAR)	72 Arménie	112 Maroc	150 Guinée	
	25 Chypre	73 Pérou	113 Swaziland	151 Malawi	
	26 Singapour	74 Ukraine	114 Botswana	152 Rwanda	
	27 Corée, Rép.de	75 Kazakhstan	115 Inde	153 Mali	
	28 Portugal	76 Géorgie	116 Mongolie	154 Rép. centrafricaine	
	29 Slovénie	77 Maldives	117 Zimbabwe	155 Tchad	
	30 Malte	78 Jamaïque	118 Myanmar	156 Guinée-Bissau	
	31 Barbade	79 Azerbaïdjan	119 Ghana	157 Mozambique	
	32 Brunei Darussalam	80 Paraguay	120 Lesotho	158 Éthiopie	
	33 République tchèque	81 Sri Lanka	121 Cambodge	159 Burkina Faso	
	34 Argentine	82 Turquie	122 Papouasie-Nouvelle-Guinée	160 Burundi	
	35 Slovaquie	83 Turkménistan	123 Kenya	161 Niger	
	36 Hongrie	84 Équateur	124 Comores	162 Sierra Leone	
	37 Uruguay	85 Albanie	125 Cameroun		
	38 Pologne	86 Rép.dominicaine	126 Congo		
	39 Chili	87 Chine →			
	40 Bahreïn	88 Jordanie			
	41 Costa Rica				
	→ 42 Bahamas				
	→ 43 Koweït				
	→ 44 Estonie				
	→ 45 Émirats arabes unis				
	46 Croatie				
	47 Lituanie				
	48 Qatar				

DÉVELOPPEMENT SOCIAL ET ÉCONOMIQUE:

- 1-ÉDUCATION;
- 2-SANTÉ;
- 3-ÉNERGIE;
- 4-EAU;
- 5-COMMUNICATION

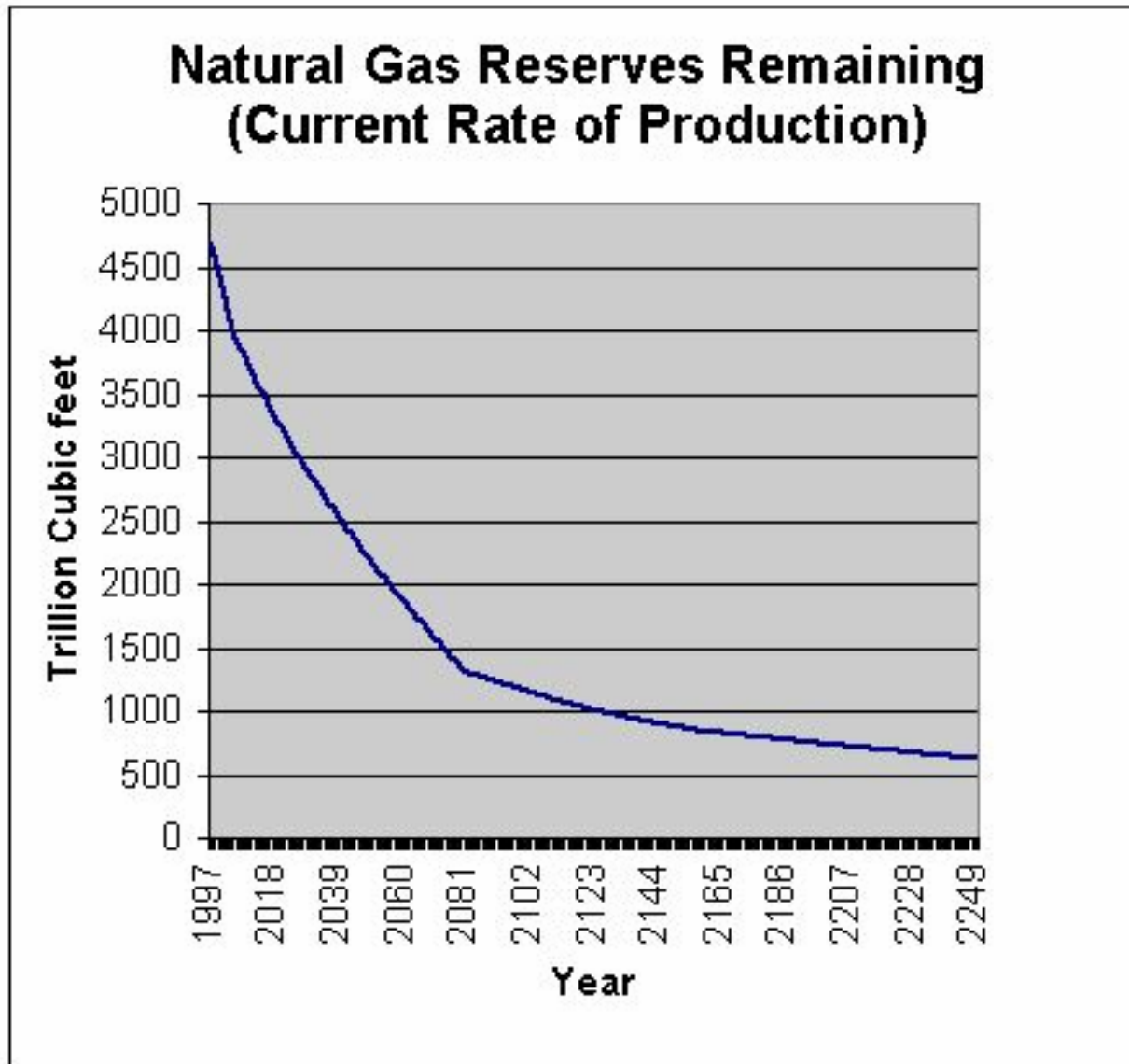
RÉSERVES DE GAZ

Figure 44. World Natural Gas Reserves by Region as of January 1, 2003



Source: "Worldwide Look at Reserves and Production," *Oil & Gas Journal*, Vol. 100, No. 52 (December 23, 2002), pp. 114-115.

CONSOMMATION DE GAZ



CONSÉQUENCES: BONNES NOUVELLES

- 1. L'essence est moins cher aujourd'hui qu'il y a quarante ans!**
- 2. Les techniques d'extraction s'améliorent.**
- 3. Concurrence des technologies alternatives.**

CONSÉQUENCES: DÉFIS À VENIR

- 1. Consommer plus intelligemment les combustibles fossiles.**
- 2. Diminuer la dépendance étrangère.**
- 3. Rechercher de nouvelles réserves:
Exploration versus acquisition...**
- 4. Est-ce un problème technique ou social?**

Sables bitumineux de l'Athabasca, Alberta: Nouveau joueur



**Composition: 10-12%
de bitume, 80-85% de
sable et d'argile et 5%
eau.**

Potentiel du gisement de l'Athabasca

- **Gisement de ~ 1700 milliards de barils de bitume.**
- **Une voiture (6 litres au 100 km) consomme environ 5 barils par année.**
- **Cette réserve permettrait donc, en principe, d'alimenter toutes les voitures en Amérique du Nord pendant environ 1000 ans!**

Défis de l'exploitation du gisement

- **Séparation du bitume du sable à la vapeur d'eau.**
- **2 tonnes de sable ~ 1 baril de bitume.**
- **1 baril de bitume produit ~ 80 kg de gaz à effet de serre.**

