

Technologies de l'énergie et efficacité énergétique
Technologies of energy and energy efficiency
Tecnología de la energía y eficiencia energética



Chaire de recherche industrielle
Industrial Research Chair
Cátedra de investigación industrial



Université du Québec
École de technologie supérieure

www.t3e.info

CTT - Centre des technologies thermiques



Où sommes-nous?

www.t3e.info



Où sommes-nous?

www.t3e.info



Chaire de recherche industrielle
Industrial Research Chair
Cadeira de Investigação Industrial







Zéro carbone – Construction et opérations





HUDON ASSOCIÉS
JULIEN ARCHITECTES

- **ECOSYSTEM**
- **ULTRAMAR**
- **ROCHE – Claudia Tremblay**
- **GÉNIVAR**
- **ECONOLER – Julien Milot**
- **BIBBY STE-CROIX**
- **ÉCORESSOURCES – Jean Nolet**
- **DYCOSOLAR**
- **ENERSTAT**
- **ENERCONCEPT**
- **ENERGIE SOLUTIONS ASSOCIÉS**

VOUS?



Venez nous visiter

www.t3e.info



ETS Étudier à l'ETS ETS International

Chaire de recherche Industrielle
Industrial Research Chair
Cátedra de investigación Industrial

ACCUEIL NOUVELLES ÉQUIPE PUBLICATIONS RECHERCHE PARTENAIRES

À propos de...
Pour les étudiants
Pour les scientifiques
Pour les industriels
Site crédit

Université du Québec
École de technologie supérieure

Nos partenaires

Université du Québec École de technologie supérieure
Université du Québec École de technologie supérieure
Université du Québec École de technologie supérieure
Université du Québec École de technologie supérieure

Nous remercions ces organismes, entreprises et centres de recherche pour la confiance témoignée à l'égard d'un partenariat avec la Chaire de recherche T3E de l'École de technologie supérieure.

Bienvenue sur le site de la Chaire de recherche industrielle en technologies de l'énergie et en efficacité énergétique (T3E).

La Chaire de recherche Industrielle en technologies de l'énergie et en efficacité énergétique (T3E) a une longue tradition d'excellence de recherche et de formation en énergie malgré sa récente création par l'École de technologie supérieure du Québec. Cette Chaire et ses partenaires industriels, institutionnels et universitaires fournissent un environnement unique et dynamique en relation avec des projets à la fois fondamentaux et orientés vers les applications industrielles. La Chaire T3E participe à de nombreuses activités telles que l'organisation de colloques, de congrès et de séminaires; à plusieurs collaborations multidisciplinaires internationales en recherche; et à plusieurs projets d'appuis aux industries et aux entreprises. Nous espérons que ce site vous permettra d'obtenir une image claire des opportunités de collaboration en recherche et en formation.

La Chaire T3E participe à l'organisation

- du 24^e Congrès Annuel de l'Association Québécoise pour la Maîtrise de l'Énergie, Lévis, 2010 (aqme.org/congres.aspx)
- de la 5^e International Conference on Thermal Engineering, Marrakech, 2010 (www.nyerson.ca/~lctea)
- du 1^{er} Colloque International Francophone en Énergie, Saly, 2010 (cifem2010.org).
- du X^e Colloque Interuniversitaire Franco-Québécois sur la thermique des systèmes, Saguenay, 2011
- de la 32^e International Thermal Conductivity Conference et du 19^e International Thermal Expansion Symposium, Saguenay, 2011 (www.thermalconductivity.org)

Nous sommes à la recherche de partenaires, que vous soyez étudiants, chercheurs scientifiques ou industriels, cliquez sur l'onglet approprié.

Au plaisir d'être à votre service!

V 2.0, en ligne en juin 2012

Nouvelles

19 Janvier 2010
Nous sommes fiers d'annoncer une entente de partenariat avec la firme Ecosystem (ecosystem.ca) pour une durée de cinq ans.
(Détails et suite)

14 Janvier 2010
Nous sommes heureux de annoncer un partenariat quinquennal avec la firme d'ingénierie Roche Groupe Conseil.
(Détails et suite)

11 Janvier 2010
Le bureau de la Chaire T3E à Lévis est désormais opérationnel grâce à un partenariat avec l'incubateur Ag-Bio Centre.
(Détails et suite)

ÉTS

Le génie pour l'industrie



Chaire de recherche industrielle
Industrial Research Chair
Cátedra de investigación industrial

Pour relever les défis énergétiques de demain : **la sobriété énergétique**

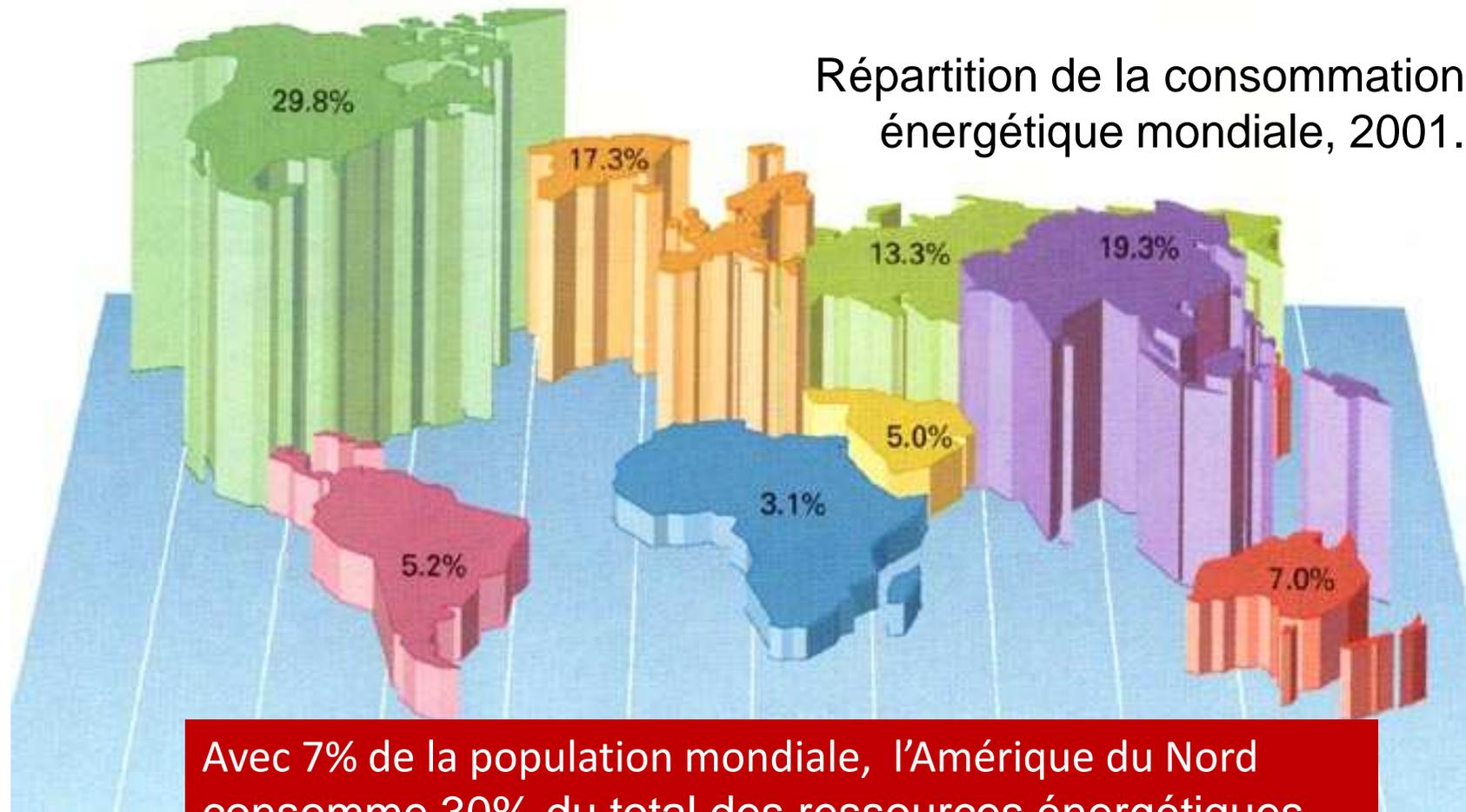
Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.
Titulaire Chaire t3e
Professeur Département de génie mécanique

Longueuil, le 1^{er} juin 2012



• Plan de la présentation

- Le monde et l'énergie
- Un exemple d'efficacité énergétique
- Un exemple d'énergie non renouvelable
- Un exemple d'énergie renouvelable
- La sobriété énergétique
- Remarques de conclusion



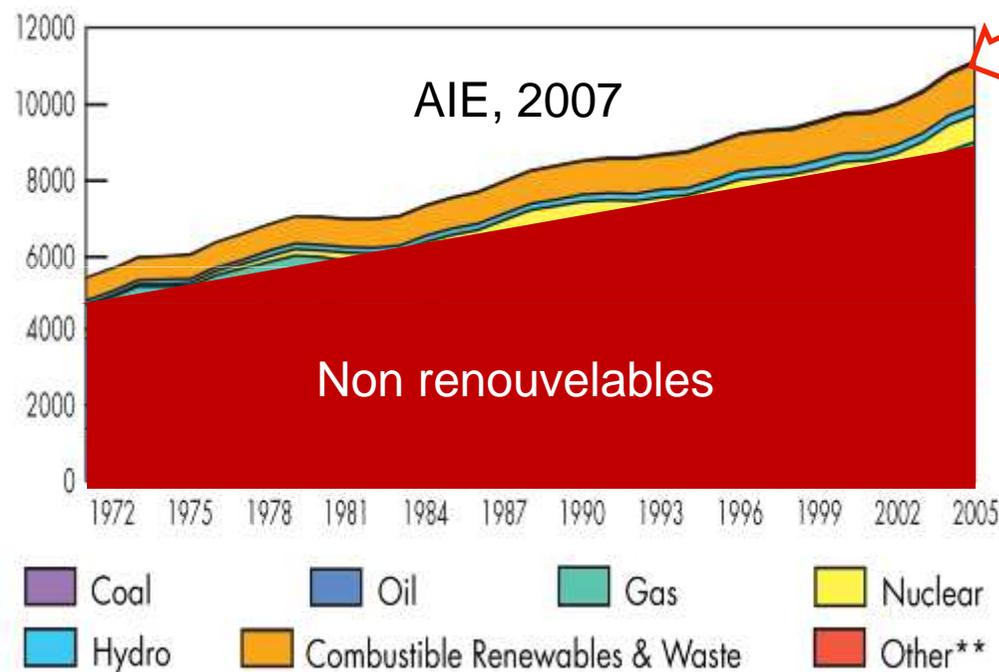
Avec 7% de la population mondiale, l'Amérique du Nord consomme 30% du total des ressources énergétiques.



- La progression de la production énergétique mondiale

Quelles sont les unités de cette échelle ?

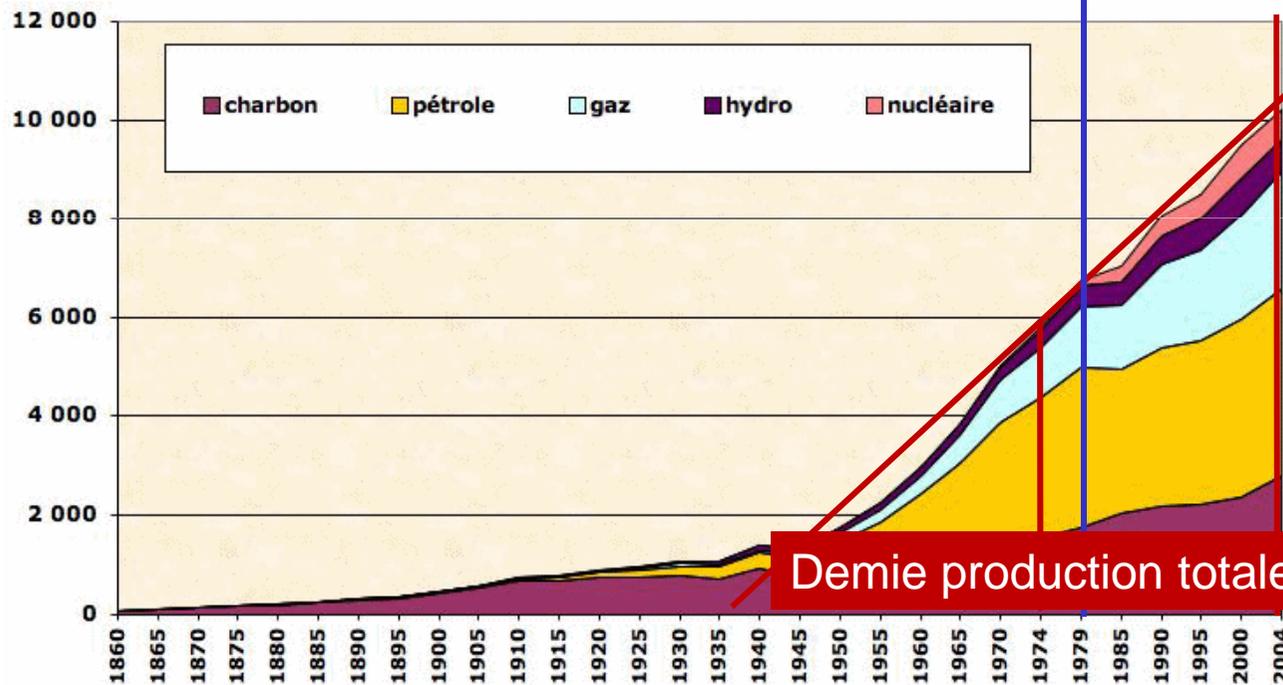
Avez-vous remarqué ?



- La progression de la production énergétique mondiale

Avez-vous remarqué?

Nous avons consommé autant en 25 ans que lors des 100 premières années

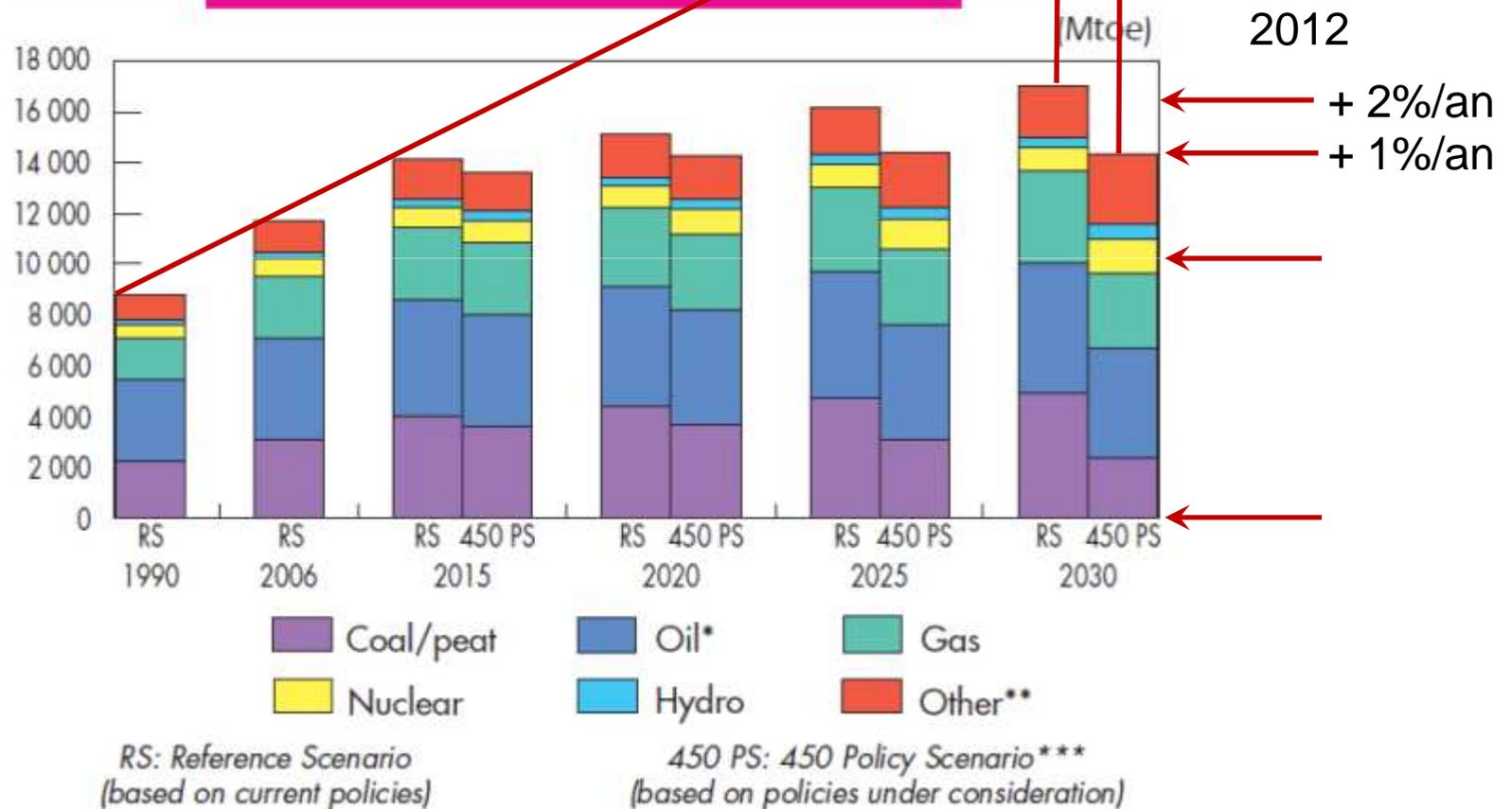


Où allons nous?

Demie production totale



TPES Outlook by Fuel



Nous consommons globalement 2 tep/habitant et émettons 4 tCO₂/habitant

- La production énergétique mondiale 2008

Region/ Country/ Economy	Popu- lation (million)	GDP (billion 2000 USD)	GDP (PPP) (billion 2000 USD)	Energy prod. (Mtoe)	Net imports (Mtoe)	TPES (Mtoe)	Elec. cons. ^(a) (TWh)	CO ₂ emissions ^(b) (Mt of CO ₂)	TPES/ pop. toe/capita	TPES/ GDP (toe/000 2000 USD)	TPES/ GDP (PPP) (toe/000 2000 USD)	Elec. cons./pop. (kWh/ capita)	CO ₂ / TPES (t CO ₂ / toe)	CO ₂ / pop. (t CO ₂ / capita)	CO ₂ GDP (kg CO ₂ / 2000 U
World	6 688	40 482	63 866	12 369	-	12 267 ^(c)	18 603	29 381 ^(d)	1.83	0.30	0.19	2 782	2.40	4.39	0.7
OECD	1 190	30 504	32 868	3 864	1 765	5 422	10 097	12 630	4.56	0.18	0.16	8 486	2.33	10.61	0.4
Middle East	199	945	1 630	1 605	-975	594	672	1 492	2.99	0.63	0.36	3 384	2.51	7.52	1.5
Former Soviet Union	285	653	2 564	1 691	-616	1 038	1 326	2 426	3.65	1.59	0.40	4 660	2.34	8.53	3.7
Non-OECD Europe	53	189	555	64	48	107	180	269	2.01	0.57	0.19	3 378	2.52	5.05	1.4
China	1 333	2 844	11 054	1 993	210	2 131	3 293	6 550	1.60	0.75	0.19	2 471	3.07	4.92	2.3
Asia	2 183	2 417	8 760	1 263	205	1 410	1 570	3 023	0.65	0.58	0.16	719	2.14	1.38	1.2
Latin America	462	2 053	3 937	728	-133	575	904	1 068	1.24	0.28	0.15	1 956	1.86	2.31	0.5
Africa	984	876	2 499	1 161	-487	655	562	890	0.67	0.75	0.26	571	1.36	0.90	1.0



L'OCDE consomme 50% (45,69) de l'énergie avec une population de 20%

- La production énergétique mondiale 2008

Region/ Country/ Economy	Popu- lation (million)	GDP (billion 2000 USD)	GDP (PPP) (billion 2000 USD)	Energy prod. (Mtoe)	Net imports (Mtoe)	TPES (Mtoe)	Elec. cons. ^(a) (TWh)	CO ₂ emissions ^(b) (Mt of CO ₂)	TPES/ pop. (toe/capita)	TPES/ GDP (toe/000 2000 USD)	TPES/ GDP (PPP) (toe/000 2000 USD)	Elec. cons./pop. (kWh/ capita)	CO ₂ / TPES (t CO ₂ / toe)	CO ₂ / pop. (t CO ₂ / capita)	CO ₂ GDP (kg CO ₂ / 2000 U
World	6 688	40 482	63 866	12 369	-	12 267 ^(c)	18 603	29 381 ^(d)	1.83	0.30	0.19	2 782	2.40	4.39	0.7
OECD	1 190	30 504	32 868	3 864	1 765	5 422	10 097	12 630	4.56	0.18	0.16	8 486	2.33	10.61	0.4
Middle East	199	945	1 630	1 605	-975	594	672	1 492	2.99	0.63	0.36	3 384	2.51	7.52	1.5
Former Soviet Union	285	653	2 564	1 691	-616	1 038	1 326	2 426	3.65	1.59	0.40	4 660	2.34	8.53	3.7
Non-OECD Europe	53	189	555	64	48	107	180	269	2.01	0.57	0.19	3 378	2.52	5.05	1.4
China	1 333	2 844	11 054	1 993	210	2 131	3 293	6 550	1.60	0.75	0.19	2 471	3.07	4.92	2.3
Asia	2 183	2 417	8 760	1 263	205	1 410	1 570	3 023	0.65	0.58	0.16	719	2.14	1.38	1.2
Latin America	462	2 053	3 937	728	-133	575	904	1 068	1.24	0.28	0.15	1 956	1.86	2.31	0.5
Africa	984	876	2 499	1 161	-487	655	562	890	0.67	0.75	0.26	571	1.36	0.90	1.0



Si la Chine consomme au niveau de l'OCDE, la consommation grimpe de 4194 Mtep

- La production énergétique mondiale 2008

Region/ Country/ Economy	Popu- lation (million)	GDP (billion 2000 USD)	GDP (PPP) (billion 2000 USD)	Energy prod. (Mtoe)	Net imports (Mtoe)	TPES (Mtoe)	Elec. cons. ^(a) (TWh)	CO ₂ emissions ^(b) (Mt of CO ₂)	TPES/ pop. toe/capita	TPES/ GDP (toe/000 2000 USD)	TPES/ GDP (PPP) (toe/000 2000 USD)	Elec. cons./pop. (kWh/ capita)	CO ₂ / TPES (t CO ₂ / toe)	CO ₂ / pop. (t CO ₂ / capita)	CO ₂ GDP (kg CO ₂ / 2000 U
World	6 688	40 482	63 866	12 369	-	12 267 ^(c)	18 603	29 381 ^(d)	1.83	0.30	0.19	2 782	2.40	4.39	0.7
OECD	1 190	30 504	32 868	3 864	1 765	5 422	10 097	12 630	4.56	0.18	0.16	8 486	2.33	10.61	0.4
Middle East	199	945	1 630	1 605	-975	594	672	1 492	2.99	0.63	0.36	3 384	2.51	7.52	1.5
Former Soviet Union	285	653	2 564	1 691	-616	1 038	1 326	2 426	3.65	1.59	0.40	4 660	2.34	8.53	3.7
Non-OECD Europe	53	189	555	64	48	107	180	269	2.01	0.57	0.19	3 378	2.52	5.05	1.4
China	1 333	2 844	11 054	1 993	210	2 131	3 293	6 550	1.60	0.75	0.19	2 471	3.07	4.92	2.3
Asia	2 183	2 417	8 760	1 263	205	1 410	1 570	3 023	0.65	0.58	0.16	719	2.14	1.38	1.2
Latin America	462	2 053	3 937	728	-133	575	904	1 068	1.24	0.28	0.15	1 956	1.86	2.31	0.5
Africa	984	876	2 499	1 161	-487	655	562	890	0.67	0.75	0.26	571	1.36	0.90	1.0



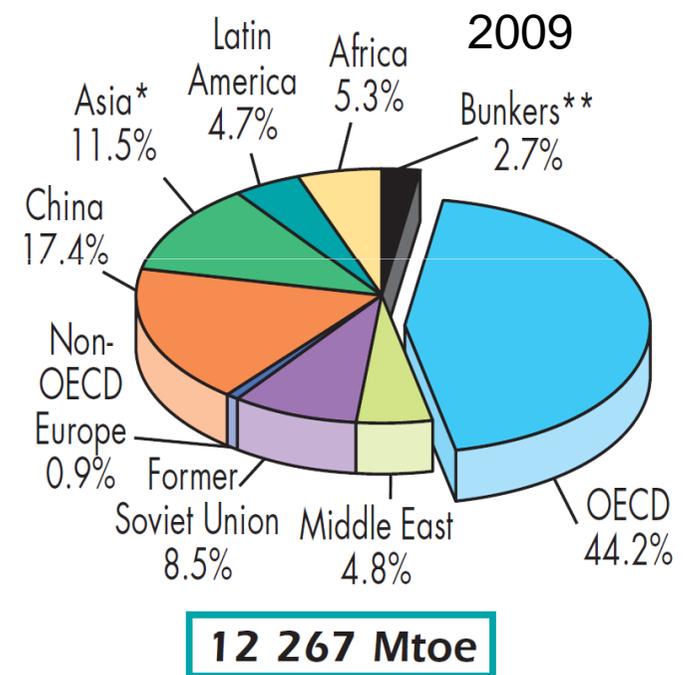
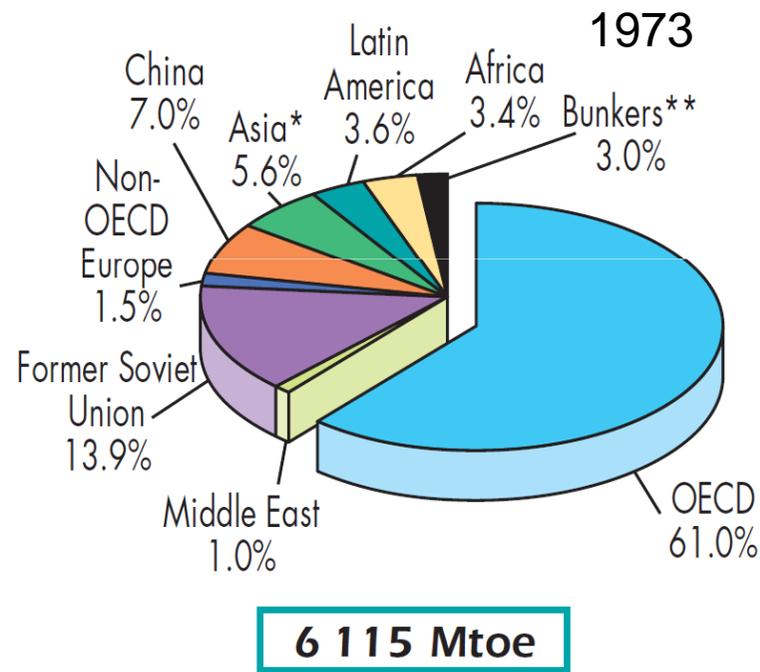
Quelle deviendrait la production (TPES) mondiale si l'Asie et l'Afrique produisaient autant que l'OCDE?

- La production énergétique mondiale 2008

Region/ Country/ Economy	Popu- lation (million)	GDP (billion 2000 USD)	GDP (PPP) (billion 2000 USD)	Energy prod. (Mtoe)	Net imports (Mtoe)	TPES (Mtoe)	Elec. cons. ^(a) (TWh)	CO ₂ emissions ^(b) (Mt of CO ₂)	TPES/ pop. toe/capita	TPES/ GDP (toe/000 2000 USD)	TPES/ GDP (PPP) (toe/000 2000 USD)	Elec. cons./pop. (kWh/ capita)	CO ₂ / TPES (t CO ₂ / toe)	CO ₂ / pop. (t CO ₂ / capita)	CO ₂ GDP (kg CO ₂ / 2000 U
World	6 688	40 482	63 866	12 369	-	12 267 ^(c)	18 603	29 381 ^(d)	1.83	0.30	0.19	2 782	2.40	4.39	0.7
OECD	1 190	30 504	32 868	3 864	1 765	5 422	10 097	12 630	4.56	0.18	0.16	8 486	2.33	10.61	0.4
Middle East	199	945	1 630	1 605	-975	594	672	1 492	2.99	0.63	0.36	3 384	2.51	7.52	1.5
Former Soviet Union	285	653	2 564	1 691	-616	1 038	1 326	2 426	3.65	1.59	0.40	4 660	2.34	8.53	3.7
Non-OECD Europe	53	189	555	64	48	107	180	269	2.01	0.57	0.19	3 378	2.52	5.05	1.4
China	1 333	2 844	11 054	1 993	210	2 131	3 293	6 550	1.60	0.75	0.19	2 471	3.07	4.92	2.3
Asia	2 183	2 417	8 760	1 263	205	1 410	1 570	3 023	0.65	0.58	0.16	719	2.14	1.38	1.2
Latin America	462	2 053	3 937	728	-133	575	904	1 068	1.24	0.28	0.15	1 956	1.86	2.31	0.5
Africa	984	876	2 499	1 161	-487	655	562	890	0.67	0.75	0.26	571	1.36	0.90	1.0



- La production énergétique mondiale



- La production énergétique mondiale 2007

Région ou pays	Population [million]	Énergie produite [Mtep]	Énergie consommée [Mtep]	Consommation / Capita [tep/cap]	Émission CO ₂ [Mt CO ₂]	Émission / Capita [t/cap]
Banladesh	158,57	21,26	25,76	0,16	40,01	0,25
Brésil	191,60	215,58	235,56	1,23	347,09	1,81
Canada	32,98	413,19	269,37	8,17	572,94	17,37
Finlande	5,29	15,95	36,47	6,90	64,44	12,19
France	63,57	135,45	263,72	4,15	369,31	5,81
Inde	1123,58	450,92	594,91	0,53	1324,05	1,18
Islande	0,31	3,95	4,89	15,74	377,18	7,53
Koweït	2,66	146,57	25,20	9,46	66,83	25,09
Québec	7,52 [*]	18,23 [†]	42,30 [‡]	5,63	89,49 [§]	11,9 [§]
Tunisie	10,25	7,90	8,84	0,86	20,44	1,99
USA	302,09	1665,18	2339,94	7,89	5769,31	19,61



- AIE, Outlook 2006

- « Le monde est confronté à une double menace liée à l'énergie : celle de ne pas disposer d'approvisionnements **suffisants** et **sûrs** à des prix **abordables**, et celle de nuire à **l'environnement** par une consommation excessive ».

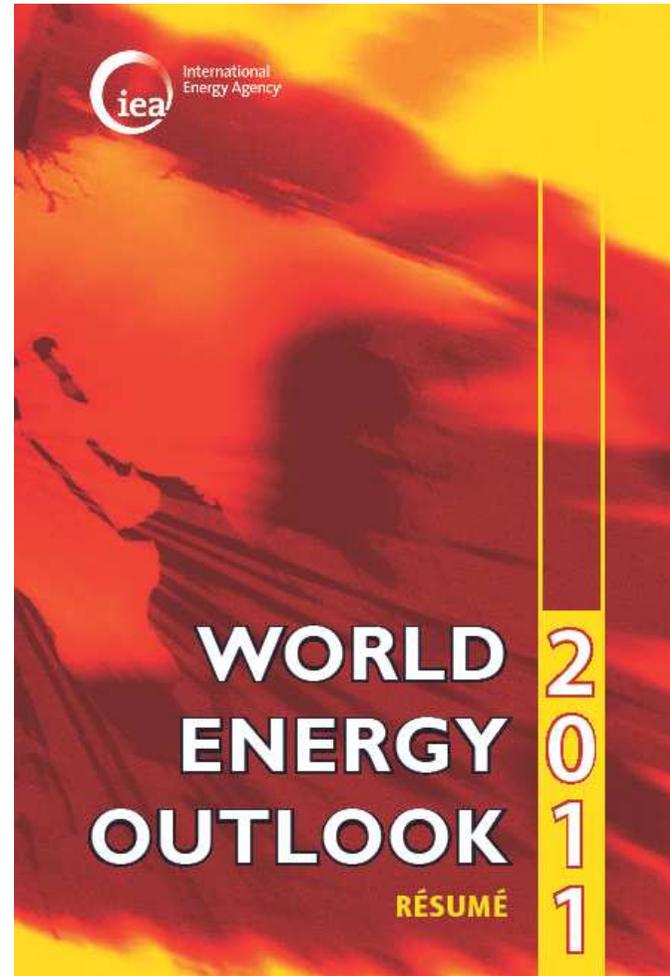
- AIE, Outlook 2009

- « La conférence des Nations Unies sur le changement climatique qui se tiendra à Copenhague donnera des indications importantes sur le type d'avenir énergétique qui nous attend. **L'heure** des choix difficiles qui s'imposent pour passer des promesses aux actes **est arrivée** ».



- AIE, Outlook 2010
 - « Le monde semble sortir de la pire crise économique qu'il ait connu depuis des décennies. De nombreux pays se sont engagés, dans le cadre de l'Accord de Copenhague, à **réduire** leurs émissions de GES. LE G20 et l'APEC se sont également engagés à **éliminer progressivement** les subventions aux combustibles fossiles. Sommes-nous enfin sur **la bonne voie** pour parvenir à un système énergétique sûr, fiable et écologiquement durable? ».



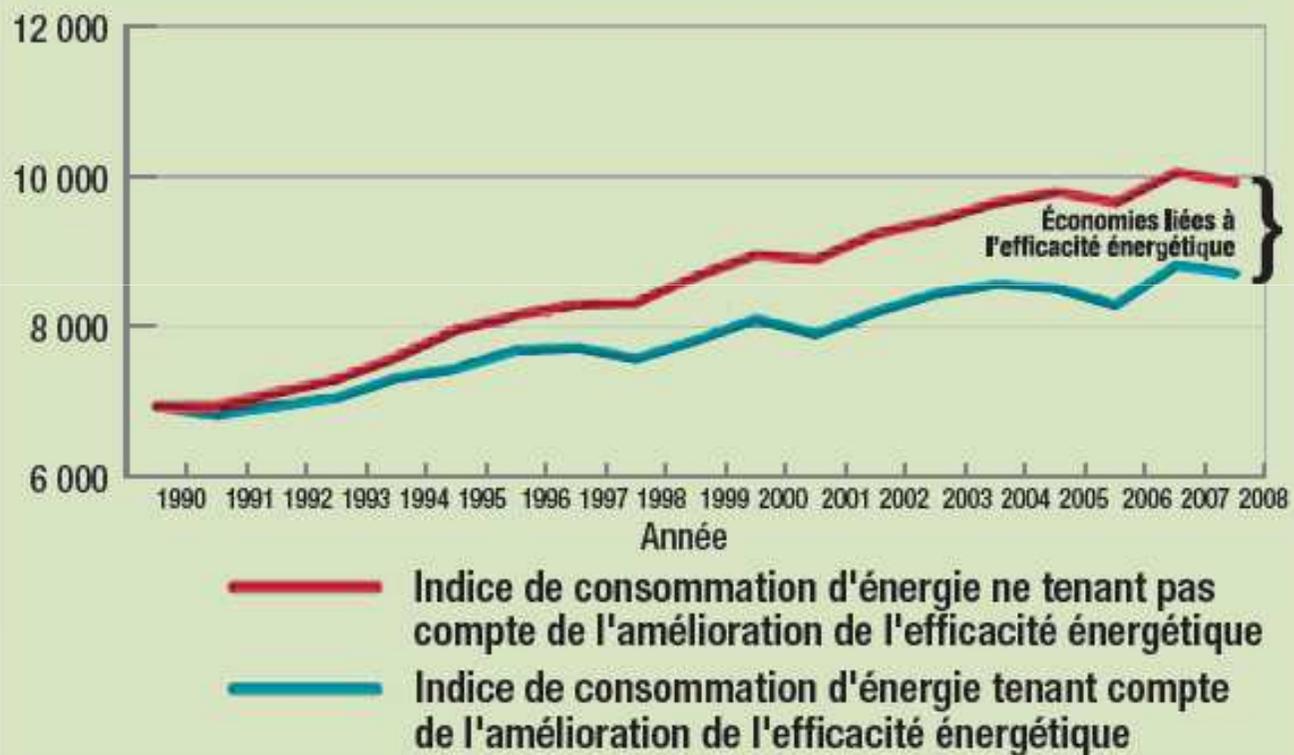




• Plan de la présentation

- Le monde et l'énergie
- Un exemple d'efficacité énergétique
- Un exemple d'énergie non renouvelable
- Un exemple d'énergie renouvelable
- La sobriété énergétique
- Remarques de conclusion

Consommation d'énergie secondaire tenant compte ou non de l'amélioration de l'efficacité énergétique, 1990-2008 (pétajoules)



- Croissance de 1,5% par année de notre consommation entre 1990 et 2008;
- Cette croissance de consommation eut été de 2%/an sans les mesures d'efficacité énergétique;
- Les mesures d'efficacité énergétique doivent être multipliées par quatre si l'on désire maintenir la consommation au même niveau;
- Mais puisqu'il faudra se passer "progressivement" de 80% de ce que nous utilisons aujourd'hui, que faire?



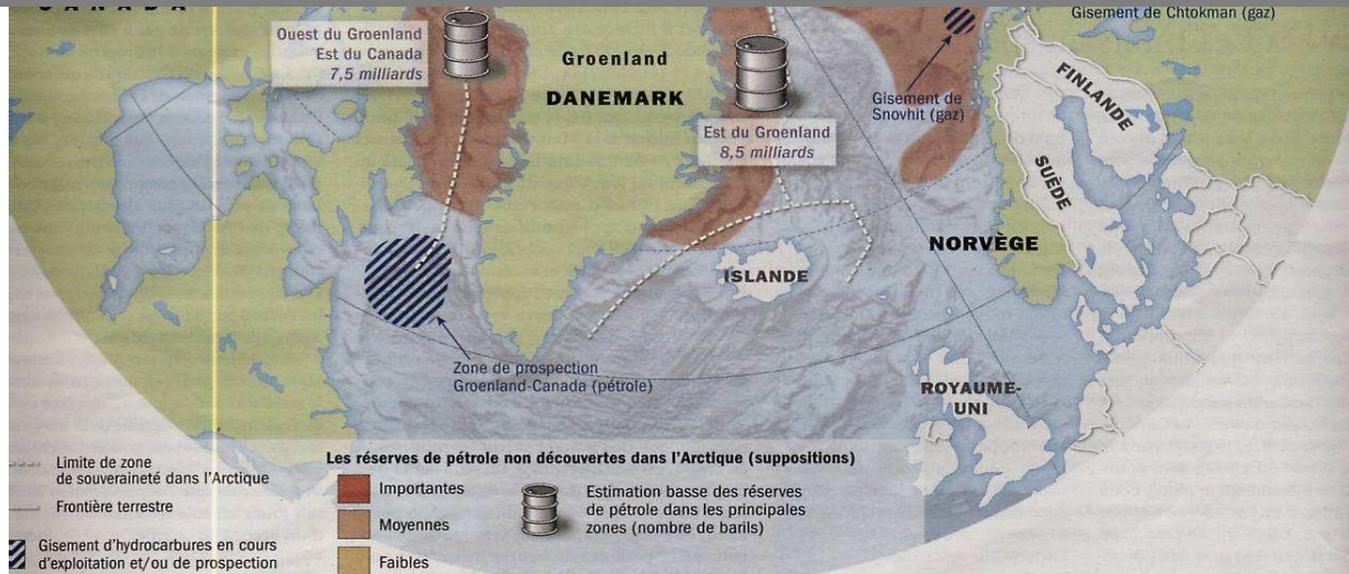


• Plan de la présentation

- Le monde et l'énergie
- Un exemple d'efficacité énergétique
- Un exemple d'énergie non renouvelable
- Un exemple d'énergie renouvelable
- La sobriété énergétique
- Remarques de conclusion



Si l'humanité en 2007 n'avait eu que ces réserves de pétrole et aucune autre, combien de temps celles-ci auraient suffi à la demande (que l'on suppose fixe pendant toute la période de consommation)?



- Réserves Arctiques totales
 - 63,5 Gb ou 9190Mt (0,144727 tonne/b)
- Consommation de pétrole totale 2007,
 - Consommation annuelle mondiale 2007 = 3532 Mt (IEA Key Stats 2009)
- Durée des réserves Arctiques s'il s'agissait de notre seul approvisionnement.
 - Durée = 2,6 années





• Plan de la présentation

- Le monde et l'énergie
- Un exemple d'efficacité énergétique
- Un exemple d'énergie non renouvelable
- **Un exemple d'énergie renouvelable**
- La sobriété énergétique
- Remarques de conclusion

- Énergie éolienne au Canada



Source: www.canwea.ca, 9 février 2012, Adrian Ilinca cours ENR 810, Avril 2012



- Énergie éolienne au Canada
 - Supposons que l'on augmente considérablement cette puissance installée d'ici 2030;
 - Supposons un FU (coefficient de pénétration) de 30%;
 - Supposons que l'accroissement de la consommation énergétique Canadienne pour 2030 sera telle que prévue par la scénario AIE de référence (+2%/an).



- Par quel facteur faudrait-il que l'on multiplie la puissance éolienne installée en 2012 pour compenser l'accroissement de notre consommation énergétique anticipée pour 2030?



- Consommation d'énergie totale 2007 et 2030
 - On consommait en 2007, 269,37 Mtep ou $3,128 \times 10^6$ GWh.
 - L'accroissement prévu (AIE, +2%) de notre consommation est de 25% sur 18 ans soit: 782 000 GWh.
- Puissance et énergie éolienne 2012
 - La puissance installé 2012 fonctionnant 30% des 8760 heures/an auront produit fin 2012 13 839 GWh.
- Capacité requise en 2030
 - Pour compenser une augmentation de consommation de 2+/an, il faudrait multiplier par 56,5.





• Plan de la présentation

- Le monde et l'énergie
- Un exemple d'énergie non renouvelable
- Un exemple d'énergie renouvelable
- Un exemple d'efficacité énergétique
- La sobriété énergétique
- Remarques de conclusion

- Pour une tentative de définition
 - la **sobriété énergétique** consiste à supprimer les gaspillages et les besoins superflus.
(www.negawatt.org)
 - la **sobriété énergétique** est une démarche de maîtrise de l'énergie qui vise à réduire la consommation d'énergie en agissant sur les comportements des utilisateurs de l'énergie.
(wikipedia.org)



- Distinguer entre *besoin* et *désir*
- Faire des choix
- Adopter des comportements et des habitudes.
- Google Clean Energy 2030, pas tout à fait dans le ton!

Amory Bloch Lovins est à l'origine de negawatt



- Distinguer entre *besoin* et *désir*



- Adopter des comportements et des habitudes:
 - D'avoir une conduite souple en voiture, car les conduites sportives et agressives entraînent une surconsommation de carburant de 40% environ.
 - De penser à éteindre les lumières quand on quitte une pièce.
 - De supprimer les appareils non utilisés (télévision, chaîne stéréo, ordinateur, etc.).
 - De mettre un chandail quand on a froid au lieu de monter le chauffage et de rester en manches courtes.

Pensez-vous vraiment que cela sera suffisant?



- Il s'agit d'éviter toute utilisation abusive de l'énergie due à un comportement non réfléchi issu de l'adoption de mauvaises habitudes vis-à-vis de la consommation d'énergie.
- La meilleure manière de sauver de l'énergie est d'éviter de la consommer!



- Cette action fait appel à une réflexion plus profonde sur les finalités de la vie en général
- La vie n'est-elle qu'une longue série d'achats?





• Plan de la présentation

- Le monde et l'énergie
- Un exemple d'énergie non renouvelable
- Un exemple d'énergie renouvelable
- Un exemple d'efficacité énergétique
- La sobriété énergétique
- Remarques de conclusion

- L'accroissement formidable de l'efficacité énergétique...
- Les nouvelles sources de carburants fossiles à découvrir et à exploiter...
- Le développement effréné des énergies renouvelables...
- Des politiques énergétiques et environnementales plus strictes et contraignantes...



- Ne sauront compenser ...
 - L'accroissement de la consommation mondiale d'énergie
 - La disparition prochaine d'une large partie de ce qui constitue plus de 80% de notre consommation actuelle
 - La croissance de l'économie asiatique
 - Le manque de lucidité des sociétés face à la situation
 - Le manque de courage politique pour imposer ce qu'il faudrait faire pour atténuer le choc à venir.





Merci pour votre attention

