

10. Les énergies renouvelables

10.1 - Les sources d'énergie renouvelables

Patrick Turcotte, ing.

Département de génie mécanique

Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

Département de génie mécanique

« Il y avait des graines terribles sur la planète du petit prince... c'étaient les graines de baobabs. Le sol de la planète en était infesté. Or un baobab, si l'on s'y prend trop tard, on ne peut jamais plus s'en débarrasser. Il encombre toute la planète. Il la perfore de ses racines. Et si la planète est trop petite, et si les baobabs sont trop nombreux, ils la font éclater.. »

- Antoine de Saint-Exupéry, Le Petit Prince-

« Je n'aime guère prendre le ton d'un moraliste, mais le danger des baobabs est si peu connu ... que pour une fois, je fais exception à ma réserve. Je dis: ... Faites attention aux baobabs ! »

- Antoine de Saint-Exupéry, Le Petit Prince-

Pourquoi cette citation? Écoutez la capsule MP4 qui anime ce PDF.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- La source d'énergie renouvelable
- Conclusion

Plan de la présentation

- *Introduction et objectifs de la capsule*
- La source d'énergie renouvelable
- Conclusion

Rappel: Si vous suivez cette présentation en direct sur le web (synchrone) et préférez poser une question par clavardage (chat), je vais y répondre lors des pauses prévues dans la présentation.

MERCI!

Introduction et objectifs

- Cette présentation introduit la source de toute énergie renouvelable, hormis la géothermie : le soleil.
- Elle en présente seulement les diverses conversions naturelles et l'envergure des quantités annuelles d'énergie disponible (en EJ) pour chacune.
- Cela vous permettra de juger du potentiel des diverses conversions ou redirection des flux solaires qui atteignent l'atmosphère terrestre.

Introduction et objectifs

- Mais pourquoi des énergies dites renouvelables?
- Qu'est-ce qui ne va pas avec le mix énergétique actuel?
- Quelle est la proportion d'énergies renouvelables dans ce dernier?

La proportion des fossiles (gaz -24%, charbon-28% et pétrole-33%) dépasse toujours 80% (en 2021) lorsque l'on considère l'énergie primaire consommée annuellement, le nucléaire compte pour un peu plus de 5%, l'hydroélectricité 7% et les renouvelables autour de 5% (BP Stats review of world energy).

Mais commençons par étudier un graphique du GIEC sur les émissions intrinsèques de diverses technologies de production de l'électricité.

Introduction et objectifs



ENR2020

- L'implantation et l'opération de centrales de production d'énergies renouvelables se fait sans émissions de GES?
 - Vrai
 - Faux

Mais commençons par étudier un graphique du GIEC sur les émissions intrinsèques de diverses technologies de production de l'électricité.

Introduction et objectifs

Options	Direct emissions	Infrastructure & supply chain emissions	Biogenic CO ₂ emissions and albedo effect	Methane emissions	Lifecycle emissions (incl. albedo effect)
	Min/Median/Max	Typical values			Min/Median/Max
Currently Commercially Available Technologies					
Coal—PC	670/760/870	9.6	0	47	740/820/910
Gas—Combined Cycle	350/370/490	1.6	0	91	410/490/650
Biomass—cofiring	n.a. ⁱ	–	–	–	620/740/890 ⁱⁱ
Biomass—dedicated	n.a. ⁱⁱ	210	27	0	130/230/420 ^{iv}
Geothermal	0	45	0	0	6.0/38/79
Hydropower	0	19	0	88	1.0/24/2200
Nuclear	0	18	0	0	3.7/12/110
Concentrated Solar Power	0	29	0	0	8.8/27/63
Solar PV—rooftop	0	42	0	0	26/41/60
Solar PV—utility	0	66	0	0	18/48/180
Wind onshore	0	15	0	0	7.0/11/56
Wind offshore	0	17	0	0	8.0/12/35
Pre-commercial Technologies					
CCS—Coal—Oxyfuel	14/76/110	17	0	67	100/160/200
CCS—Coal—PC	95/120/140	28	0	68	190/220/250
CCS—Coal—IGCC	100/120/150	9.9	0	62	170/200/230
CCS—Gas—Combined Cycle	30/57/98	8.9	0	110	94/170/340
Ocean	0	17	0	0	5.6/17/28

GIEC/IPCC, 2018, Emissions of selected electricity supply technologies (gCO₂eq/kWh)

Les ER ont une moyenne de loin inférieure à 100 (26,6), 48 max pour le PV connecté. Cela est principalement dû à sa mise en œuvre.

Ce méthane ne provient que d'une seule étude. Cette étude de 2007 est-elle crédible? La médiane hydro reste à 24.

Même en améliorant la combustion du charbon et en le séquestrant (CCS), ces procédés ne feront pas le poids. Ça reste **6-7 X** plus émetteur que la moyenne des ER.

Introduction et objectifs

- Objectifs de cette présentation
 - Présenter comment l'énergie solaire est convertie en diverses sources d'énergies renouvelables ;
 - Présenter la quantité d'énergie annuelle dont nous disposons pour chacune des sources.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- ***La source d'énergie renouvelable***
- Conclusion

La source d'énergie

- D'où vient la majeure partie des énergies renouvelables?
- A quand remontent les premiers usages des ÉR?
- Quelle était la première source d'ÉR?
- Et après?

La source d'énergie

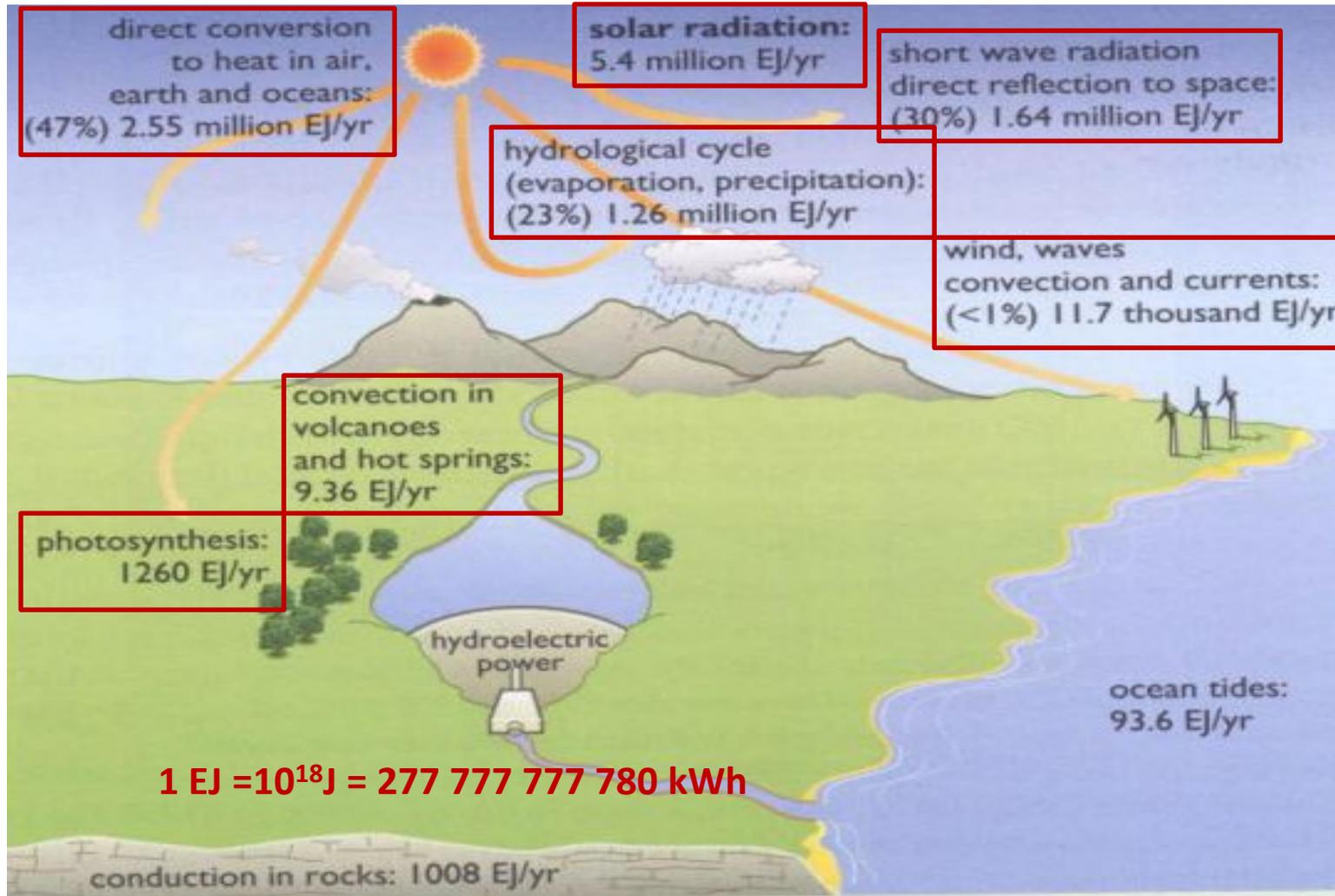


Figure 1.8 The various forms of renewable energy depend primarily on incoming solar

Boyle, G., Renewable Energy, 2nd ed., Oxford, 2004

La source d'énergie

- Le cycle hydrologique : 1,26 millions EJ/an
 - Absorption par les océans;
 - Évaporation dans l'air;
 - Condensation;
 - Précipitation;
 - Réservoirs, barrages, turbines.
- Combien ça fait en Tep ?
- Qu'est-ce que cette quantité d'énergie représente par rapport à la quantité totale d'énergie produite/consommée par l'humanité ? (~13 GTep)

La source d'énergie

- Les courants : 11 700 EJ/an
 - Les rayons du soleil chauffent davantage les tropiques que les pôles;
 - Cela induit des courants: d'air et d'eau;
 - Air : le vent
 - Eau : courants marins
- Combien ça fait en Tep ?
- Qu'est-ce que cette quantité d'énergie représente par rapport à la quantité totale d'énergie produite/consommée par l'humanité ? (~13 GTep)

La source d'énergie

- La photosynthèse : 1 260 EJ/an
 - Les rayons du soleil se changent en carbone sous l'effet de la photosynthèse;
 - Cela induit la bio-énergie;
 - La biomasse naturelle (il ne faut pas l'épuiser!)
 - Les biocarburants (gazeux ou liquides, éthiquement contestables lorsqu'ils sont issus de plantes comestibles alors que des milliards ne mangent pas à leur faim)
- Comparez cette quantité avec le cycle hydrologique!

La source d'énergie

- La géothermie haute température en surface : 9,36 EJ/an
 - La convection dans les volcans;
 - Les sources chaudes;
- On arrive à un potentiel théorique **BEAUCOUP** moins intéressant excepté en certains endroits (Islande, Kenya), et sauf si on creuse suffisamment profondément (1500-5000 m) où le potentiel augmente.
- Un potentiel nettement inférieur aux autres et beaucoup moins bien réparti entre les régions.

La source d'énergie

- La géothermie basse température: ??? EJ/an
 - Les échanges locaux avec le sol;
 - Théoriquement inépuisable en raison des 2,55 millions EJ/an absorbés par l'air, l'eau et la terre combinés.
 - Épuisable localement.
- On arrive à un potentiel théorique infini à l'échelle de la terre (100-200 m) si on équilibre les charges de climatisation et de chauffage.



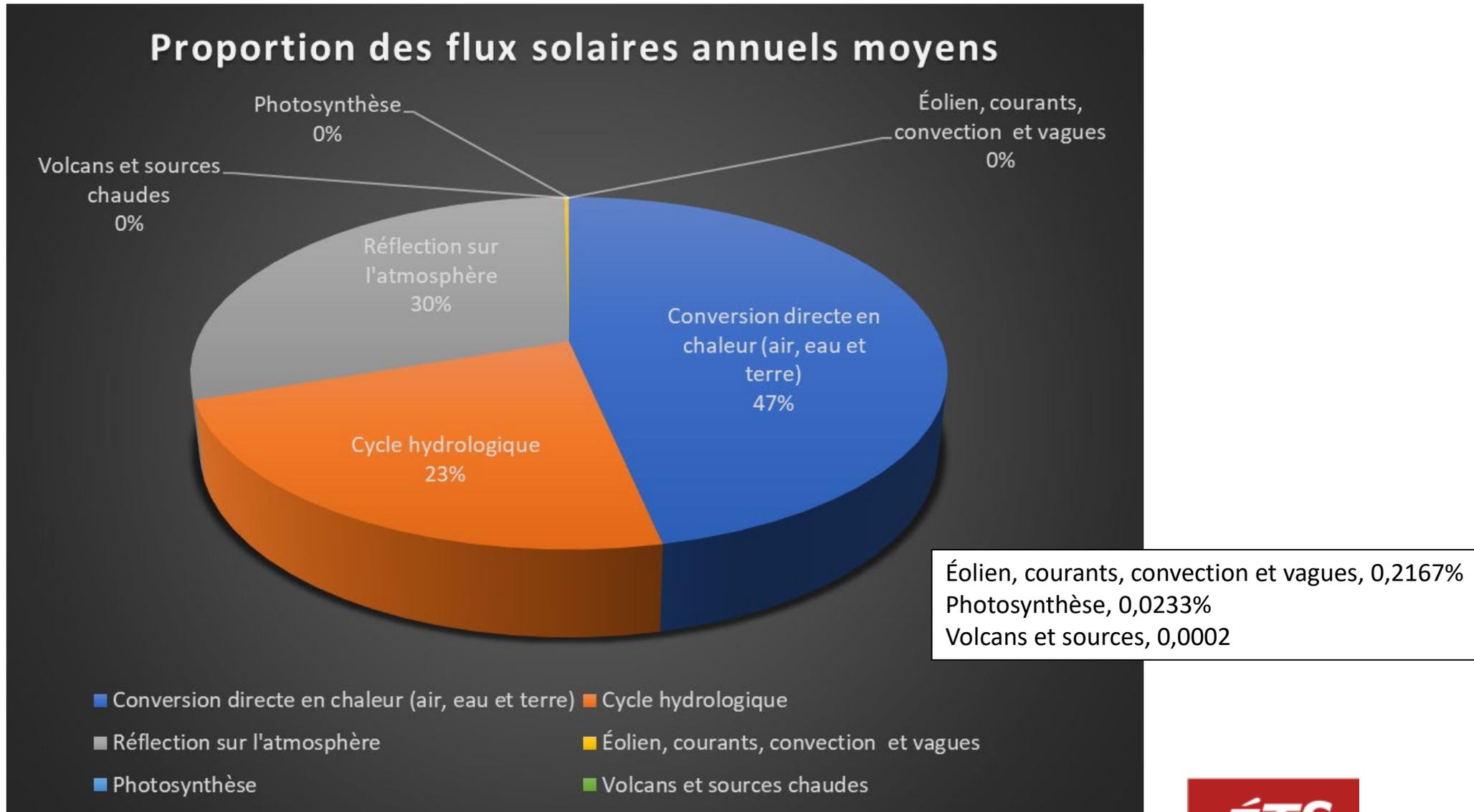
ENR2020

Question

- Quel est le phénomène naturel de conversion de l'énergie solaire qui comporte le plus d'énergie?
 - A. La photosynthèse
 - B. Les courants marins et le vent
 - C. La conversion directe du rayonnement en chaleur
 - D. Le cycle hydrologique
 - E. Aucune de ces réponses

Si vous avez répondu la photosynthèse (0,00233%) vous avez manqué quelque chose.

La source d'énergie



La source d'énergie

- Quel fut l'élément qui déclencha la perte temporaire de la maîtrise des énergies dites « nouvelles » aujourd'hui ?

La source d'énergie

- Pourquoi a-t-on délaissé le bois (biomasse), le vent et l'eau au profit du trio fossile (charbon, pétrole, gaz) ?
 - On peut citer :
 - Densité énergétique,
 - Bas coûts d'exploitation, bas prix de vente
 - Facilité d'extraction (conventionnel au début)
 - Abondance,
 - Transportabilité,
 - Stockage,
 - ...

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- La source d'énergie renouvelable
- ***Conclusion***

Conclusions

- Les énergies renouvelables sont en fait quasiment toutes originaires d'une seule et même source : le soleil.
- En fait, même l'énergie géothermique est en quelque sorte de l'énergie solaire emprisonnée dans la terre au moment du big bang, une énergie qui diffuse radialement, lentement et constamment à travers la surface de la terre.
- Les façons de capter et convertir ces énergies sont diverses et variées, et sont encore en développement pour plusieurs. Elles font l'objet du thème suivant.



Merci de votre attention !

Lorsque cette capsule de formation est présentée en asynchrone (PDF récupérable sur le site du cours), si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

Période de questions

