

Essai de synthèse : espoirs et limites des sources d'énergie primaires

Autor(en): **Roux, M. / Morf, J.-J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **65 (1974)**

Heft 24

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915480>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Essai de synthèse

Espoirs et limites des sources d'énergie primaires

Par M. Roux et J.-J. Morf

620.91

Les tableaux suivants donnent pour chaque source primaire d'énergie une fourchette de la puissance moyenne qu'elle pourrait fournir lorsque la consommation totale atteindra 30 000 GW et que, vraisemblablement, les réserves de pétrole et de gaz naturel seront épuisées.

Pour chaque source on a également indiqué les principales limites naturelles et les principaux obstacles géographiques, technologiques, économiques, financiers, écolo-

giques, psychologiques et politiques qui devront probablement être affrontés et au besoin contournés.

Il ressort, en conclusion, que l'humanité disposera de suffisamment d'énergie primaire, mais que l'effort d'adaptation nécessaire sera plus important que par le passé.

Quoique la plupart des observations des conférenciers de ces deux journées d'information aient été prises en considération, les tableaux de synthèse n'engagent que leurs deux auteurs.

Pétrole et gaz naturel

Tableau I

21 ^e siècle Puiss. moy. envisageable	0 à (?10000 GW?)
Limites naturelles	Gisements épuisés au début du 21 ^e siècle (sauf si découvertes imprévues).
Obstacles géographiques	Gisements essentiellement au Proche-Orient et pays asiatiques (Mer du Nord? Gaz d'Europe?).
Obstacles technologiques	<i>Extraction</i> : actuellement encore facile, mais de plus en plus difficile au fur et à mesure de l'épuisement. <i>Utilisation</i> : aucun obstacle, car la plus commode; directe après raffinage.
Obstacles économiques et financiers	Actuellement bon marché, mais de plus en plus onéreux avec la raréfaction.
Obstacles écologiques	Pollution de l'atmosphère: CO ₂ ↗ SO ₂ ↗ NO _x ↗ O ₂ ↘
Obstacles psychologiques	Insécurité de l'approvisionnement.
Obstacles politiques	Dépendance de l'Europe vis-à-vis des pays possesseurs de gisements.

Charbon

Tableau II

21 ^e siècle Puiss. moy. envisageable	2000 GW à 20 000 GW (voir obstacles écologiques)
Limites naturelles	7 000 000 GW-an (= 3500 ans à 350 ans suivant puissance envisageable) (épuisement O ₂ avant épuisement charbon?).
Obstacles géographiques	Gisements essentiellement en Asie 65 % (URSS) Am. Nord 28 % (USA) Europe seulement 5 %
Obstacles technologiques	Extraction pénible à profondeur croissante. Transport et manipulation peu pratiques et malpropres. Mais utilisation directe après tri. } Obstacles contournables par gazéification ou liquéfaction artificielle ou passage par H ₂ .
Obstacles économiques et financiers	Coût de l'extraction croissant. Coût de la transformation élevé.
Obstacles écologiques	Pollution de l'atmosphère: CO ₂ ↗ SO ₂ ↗ O ₂ ↘ Extraction à ciel ouvert.
Obstacles psychologiques	Conditions de travail.
Obstacles politiques	L'Europe dépendrait beaucoup des pays producteurs. Grèves?

Energie de fission (Uranium)

(Réacteurs actuels et surrégénérateurs futurs)

Tableau III

21 ^e siècle Puiss. moy. envisageable	1000 à 30000 GW
Limites naturelles	Plus de 10 ⁶ ans avec surrégénérateurs. Large pénétration du 21 ^e siècle sans surrégénérateur.
Obstacles géographiques	Faciles à surmonter grâce au faible poids du combustible et au faible volume de stockage.
Obstacles technologiques	Extraction, enrichissement et utilisation compliqués. Utilisation directe impossible, nécessité de passer par chaleur, électricité ou hydrogène.
Obstacles économiques et financiers	Prix du kW installé très compétitif, mais problèmes financiers (centrales d'environ 3 GW thermiques et d'environ 1,6 milliard de fr.s. 1974 par unité).
Obstacles écologiques	Effluents radioactifs et déchets radioactifs de longue durée, techniquement maîtrisables.
Obstacles psychologiques	Peur de l'inconnu. Peur de compromettre le patrimoine héréditaire.
Obstacles politiques	Risque de ne plus pouvoir construire de nouvelles centrales dans des pays à démocratie libre. Réglementation du stockage des déchets radioactifs.

Energie solaire

Tableau V

21 ^e siècle Puiss. moy. envisageable	de 1 à 30000 GW
Limites naturelles	108 000 000 GW (impact théorique sur le globe), mais au maximum 1 GW/km ² équateur midi sans nuage 0,3 GW/km ² équateur, moyenne 24 h, sans nuage 0,2 GW/km ² latitude 45°, moyenne 24 h, sans nuage 0,1 GW/km ² régions moyennement nuageuses Source soumise aux aléas météorologiques.
Obstacles géographiques	Utilisation semble limitée aux régions tropicales ou mers. Energie intransportable, sauf chauffage à distance (limites contestées par <i>M. Perrot</i> et <i>M. Touchais</i>).
Obstacles technologiques	Conversion en énergie secondaire bien connue et facile mais de rendement relativement bas (10 à 30 %). Système de stockage de l'énergie presque indispensable. Usages envisageables de facilité décroissante: eau chaude en été, eau chaude en hiver, chauffage partiel en hiver, chauffage total en hiver, réfrigération en été, énergie secondaire (pompage, électricité, H ₂).
Obstacles économiques et financiers	Prix indéterminables. Nécessité d'obtenir un financement préalable. <i>Avantage</i> : Aucune nécessité de recourir à de grandes unités. Probablement compétitif si prix inférieur à 100 fr.s./kW inst.
Obstacles écologiques	Panneaux solaires inesthétiques (îles flottantes + H ₂ ?). Modification du microclimat, sauf si grande dispersion des capteurs.
Obstacles psychologiques	Beaucoup de personnes ont de la peine à prendre au sérieux les promoteurs d'exploitations solaires! Propagation d'idées reçues fausses (d'après <i>M. Perrot</i>).
Obstacles politiques	«Droit naturel au soleil» (d'après <i>M. Touchais</i>). Droit maritime (?).

Energie de fusion (Lithium, deutérium, tritium)

Tableau IV

21 ^e siècle Puiss. moy. envisageable	0 à 30000 GW
Limites naturelles	Plus de mille ans (Lithium, réaction D-T). Inépuisable (mers) (sous réserve des obstacles technologiques).
Obstacles géographiques	Aucun.
Obstacles technologiques	Technique encore non réalisable (1974). Utilisation directe impossible, nécessité de passer par chaleur, électricité ou hydrogène.
Obstacles économiques et financiers	Unités encore plus grandes que centrales à fission. Leur développement ne peut se concevoir qu'à l'échelle d'un très grand pays ou d'une association de pays.
Obstacles écologiques	Connus, plus faibles d'un facteur 3000 à ceux des centrales atomiques actuelles, sauf pollution thermique.
Obstacles psychologiques	Encore inconnus.
Obstacles politiques	Encore inconnus.

21 ^e siècle Puiss. moy. envisageable	200 GW à 3000 GW
Limites naturelles	3000 GW (estimation des ressources potentielles).
Obstacles géographiques	Energie intransportable sans passer par une forme secondaire. Ressources essentiellement localisées en Asie, en Afrique et en Amérique du Sud.
Obstacles technologiques	Pratiquement nuls, les techniques d'utilisation sont parfaitement maîtrisées. Problèmes de transport entre continents de l'énergie produite (électricité, hydrogène).
Obstacles économiques et financiers	Nécessité d'investir des gros capitaux dans des pays éloignés.
Obstacles écologiques	Nature perturbée (quelquefois embellie). Risque de ruptures de barrages.
Obstacles psychologiques	Opposition des amis de la nature.
Obstacles politiques	Pose en général des problèmes politiques régionaux.

21 ^e siècle Puiss. moy. envisageable	1 GW à 100 GW
Limites naturelles	Inconnues (données souvent contradictoires). Source très irrégulière.
Obstacles géographiques	Energie intransportable sans passer par une forme secondaire, mais assez uniformément répartie.
Obstacles technologiques	Structures devant résister aux vents les plus forts (actuellement bien maîtrisé). Stockage nécessaire sous forme secondaire. Nécessité de passer par énergie mécanique, électrique ou hydrogène.
Obstacles économiques et financiers	Constructions encore trop onéreuses (actuellement 2200 fr.s. par kW installé et 9000 fr.s. par kW moyen).
Obstacles écologiques	Pratiquement aucune influence sur le climat. Esthétique?
Obstacles psychologiques	Le retour aux moulins à vent heurte le modernisme de certaines populations!
Obstacles politiques	Aucun.

21 ^e siècle Puiss. moy. envisageable	50 GW à 1000 GW
Limites naturelles	13000 GW, très théorique (en utilisant systématiquement les 63 mW/m ² de continent, soit une dispersion extrême).
Obstacles géographiques	Production pratiquement limitée à certaines régions privilégiées. Possibilités dans d'autres parties du globe. Energie primaire intransportable à grande distance.
Obstacles technologiques	Parfois corrosion. Températures relativement basses. Passage par énergie secondaire obligé, sauf chauffage à distance. Profondeur des réservoirs (forages). Echangeurs de chaleur (eau chaude, saumure).
Obstacles économiques et financiers	Energie moins chère qu'avec centrale thermique classique si le site est favorable (2 à 3 ct./kWh toute l'année). kW installé plus cher.
Obstacles écologiques	Rejets de chaleur techniquement maîtrisables. Parfois bruit.
Obstacles psychologiques	Aucun.
Obstacles politiques	Aucun.

21 ^e siècle Puiss. moy. envisageable	0,06 GW à 60 GW
Limites naturelles	1200 GW + 1000 GW pratiquement inexploitable, entièrement perdus en frottements le long des côtes. Cette puissance est puisée dans l'énergie cinétique et gravitationnelle du système terre-lune-soleil (marée)* et dans l'effet des vents marins (houle). (* théorie contestée par R. Gibrat)
Obstacles géographiques	Possibilités limitées à une douzaine de sites particuliers. Energie primaire intransportable.
Obstacles technologiques	Travaux de génie civil importants. Nécessité de passer par une énergie secondaire (mécanique, électricité, hydrogène). Stockage virtuel (réseau électrique).
Obstacles économiques et financiers	Investissements élevés. Fr./kW pas encore compétitif, très variable (diminue avec le cube de l'amplitude des marées).
Obstacles écologiques	Inexistants (d'après R. Gibrat). Modification de la phase des marées.
Obstacles psychologiques	? (Semble favoriser le tourisme.)
Obstacles politiques	Eventuellement pour les projets multinationaux.

21 ^e siècle Puiss. moy. envisageable	0 à 0,6 GW
Limites naturelles	10 ⁶ GW, théorique pour toute la surface des océans, donc pratiquement inexploitable. Avantage sur énergie solaire: fonctionne nuit et jour.
Obstacles géographiques	Possibilités limitées à une quarantaine de sites particuliers. Energie primaire intransportable.
Obstacles technologiques	Tuyaux d'aspiration d'eau froide de grand diamètre soumis à des contraintes énormes. Nécessité de passer par des formes d'énergie secondaires (mécanique, électricité, hydrogène).
Obstacles économiques et financiers	Investissements très élevés avec risque de non-réussite. Prix du kW installé 4 à 8 fois celui d'une centrale thermique.
Obstacles écologiques	Aucun.
Obstacles psychologiques	Aucun.
Obstacles politiques	Aucun.

Pétrole et gaz naturel	zéro (hypothèse)
Charbon	2000 GW à 20 000 GW
Fission conventionnelle + surrégénérateurs	1000 GW à 30 000 GW*
Fusion	0 GW à 30 000 GW*
Energie solaire	1 GW à 30 000 GW
Energie hydraulique	200 GW à 3 000 GW*
Energie géothermique	50 GW à 1 000 GW
Energie éolienne	1 GW à 100 GW*
Energie marémotrice et houle	1 GW à 60 GW*
Energie thermique des mers	0 GW à 1 GW*
Total limité par sagesse à	30 000 GW

*) Avec passage obligé par forme secondaire telle qu'électricité ou hydrogène.

Conclusion

Même si le pétrole et le gaz naturel viennent un jour à manquer, l'humanité disposera de suffisamment d'autres sources d'énergie primaire pour satisfaire ses besoins énergétiques.

La mise en valeur de ces sources dépendra en partie des possibilités de transport et de stockage offertes par l'hydrogène et de leur utilisation rationnelle dans l'optique d'un bilan exergétique sainement conçu.

En conclusion, citons Richard Nixon:

«It's no more an energy crisis. It's only a big problem to be solved and it will be solved.»

Adresses des auteurs:

M. Roux, Office fédéral de l'économie énergétique, 14, Kapellenstrasse, CH-3001 Berne, et J. J. Morf, professeur, Ecole polytechnique fédérale D. E., 16, chemin de Bellerive, CH-1007 Lausanne.

Wir machen darauf aufmerksam, dass eine beschränkte Anzahl des Konferenzbandes «Espoirs et limites des sources d'énergie non conventionnelles» beim Administrativen Sekretariat des SEV, Postfach, 8034 Zürich, zum Preise von Fr. 40.- (Fr. 20.- für Mitglieder) erhältlich ist.

Nous attirons l'attention sur le fait qu'un nombre limité du tirage à part «Espoirs et limites des sources d'énergie non conventionnelles» est disponible. Il peut être obtenu au Secrétariat administratif de l'ASE, case postale, 8034 Zurich, au prix de fr. 40.- (fr. 20.- pour membres).