

LES ENJEUX DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE SUISSE

COMPRENDRE
POUR CHOISIR :
100 QUESTIONS-
RÉPONSES

François Vuille, Daniel Favrat et Suren Erkman

Le contenu de ce livre numérique est protégé par le droit d'auteur; son copyright est la propriété exclusive des Presses polytechniques et universitaires romandes. Vous pouvez disposer de ce contenu à titre privé et le copier sur vos propres supports de lecture. Toute forme de diffusion, de vente, de mise en ligne ou de publication de cette oeuvre est formellement interdite, sans l'autorisation écrite de l'éditeur. Les contrevenants s'exposent à des sanctions pénales conformément aux dispositions relatives au droit d'auteur et à la propriété intellectuelle.

LES ENJEUX DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE SUISSE

COMPRENDRE
POUR CHOISIR:
100 QUESTIONS-
RÉPONSES

Auteurs contributeurs

Prof. Berend Smit, Víctor Codina Gironès, Mélanie Guittet

Préface de

Doris Leuthard

Postface de

Philippe Gillet

AUTEURS

Dr François Vuille, directeur développement au Centre de l'Énergie de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Prof. Daniel Favrat, directeur des technologies au Centre de l'Énergie de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Prof. Suren Erkman, responsable du groupe «Ecologie industrielle», Faculté des géosciences et de l'environnement, Université de Lausanne (UNIL)

PRÉFACE

Doris Leuthard, Conseillère fédérale, cheffe du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) de la Confédération helvétique

POSTFACE

Prof. Philippe Gillet, professeur ordinaire au Laboratoire des sciences de la terre et des planètes et vice président pour les affaires académiques de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

AUTEURS CONTRIBUTEURS

Prof. Berend Smit, directeur du Centre de l'Énergie de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Víctor Codina Gironès, doctorant dans le groupe du prof. François Maréchal à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Mélanie Guittet, collaboratrice scientifique au Centre de l'Énergie de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

RELECTEURS

(ordre alphabétique, avec indication des questions revues par chacun)

Prof. Christophe Ballif (entier de l'ouvrage, focus sur Q 11, 15, 48, 49, 50, 63, 64, 67, 70, 73, 74, 75, 79, 81), directeur du Laboratoire de photovoltaïque et couches minces électroniques à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), directeur du Centre de technologie photovoltaïque du CSEM

Dr Mohamed Benahmed (Q 66, 67, 68, 69, 70, 71, 88, 89), responsable de la section réseaux à l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Dr Matthieu Buchs (Q 54, 79, 80, 81, 82, 85, 86, 88), responsable du domaine biomasse à l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Dr Massimiliano Capezali (Q 20, 23, 38, 83, 93, 95, 96), directeur adjoint du Centre de l'Énergie de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Gaëtan Cherix (Q 72, 77, 93, 97, 98), directeur du Centre de Recherches Énergétiques et Municipales (CREM)

Aline Choulot (Q 57, 58), ingénieure de projet à la Fondation Mhlyab, centre de compétences en petite hydroélectricité

Dr Vinicio Curti (Q 24, 25, 26, 27, 28, 29, 50, 59, 60), chercheur au Département des technologies novatrices (DTI) à la Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana (SUPSI)

Vincent Denis (Q 11, 57, 58, 64), directeur de la Fondation Mhlyab, centre de compétences en petite hydroélectricité

Prof. Matthias Finger (Q 66, 67, 68, 69, 70, 71, 84, 88), professeur ordinaire à la chaire en Management des Industries de Réseau (MIR) de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), membre de la Commission fédérale de l'électricité (ElCom)

Flavio Foradini (Q 30, 31, 32, 77, 82), CEO de E4Tech Software, expert en physique du bâtiment et membre des commissions SIA2031 et SIA416/1 de la Société des Ingénieurs et Architectes (SIA)

Prof. Philippe Gillet (entier de l'ouvrage), vice-président pour les affaires académiques à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Jean-Christophe Hadorn (Q 48, 49, 50, 80, 81), CEO du Groupe Pierre Chuard ingénieurs conseils, responsable externe du programme de recherche en solaire et stockage thermiques à l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Dr Armin Heitzer (Q 10, 21, 22, 25, 34, 56), responsable Carburants et Environnement à l'Union Pétrolière

Prof. Marcel Jufer (Q 33, 35, 37, 41, 42, 43), professeur honoraire en Génie électrique et électronique à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Martin Kernen (Q 39, 40, 44, 45, 51, 52, 53, 91), directeur adjoint chez Planair Ingénieurs Conseils en énergie et environnement, membre de la direction de l'Agence de l'énergie pour l'économie (AEnEc)

Prof. Lyesse Laloui (Q 16, 17, 18, 19, 59, 60, 95), professeur ordinaire au Laboratoire de Mécanique des Sols (LMS) de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Prof. Christian Ludwig (Q 54, 55, 56), directeur d'un groupe de recherche conjoint de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) et du Paul Scherrer Institute (PSI) sur les processus chimiques et matériaux

Dr Nicolas Macabrey (Q 39, 40, 44, 45, 91), consultant senior chez Planair Ingénieurs Conseils en énergie et environnement, responsable des programmes efficacité électrique

Prof. Daniel Mange (Q 33 et 37), Professeur honoraire de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Jacques Mauron (Q 67, 68, 70, 73, 78, 88, 89), directeur Distribution Énergie, membre de la direction de Groupe E

Prof. Jean-Bernard Michel (entier de l'ouvrage, focus sur Q 35, 54, 55, 56), responsable de l'unité des Systèmes industriels de Bioénergie de la Haute école d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud (HEIG-VD)

Dr Frédéric Meylan (entier de l'ouvrage, focus sur Q 54 à 56, 72 à 78, 95), Responsable de recherche au sein du groupe «Ecologie industrielle», Faculté des géosciences et de l'environnement, Université de Lausanne (UNIL)

Marc Muller (Q 46, 47, 48, 49, 50, 63, 64, 65, 79, 93), Office fédéral de l'énergie (OFEN), responsable du domaine énergie solaire

Prof. Martin Patel (Q 44, 45, 91, 94, 95), professeur titulaire de la chaire en Efficacité énergétique de l'Université de Genève (UniGe)

Prof. Andreas Pautz (Q 16, 18, 19), professeur ordinaire au Laboratoire de Physique des Réacteurs et de Comportement des Systèmes (LRS), laboratoire conjoint de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) et du Paul Scherrer Institute (PSI)

Lionel Perret (Q 51, 53), sous-directeur chez Planair Ingénieurs Conseils en énergie et environnement, chef du programme de recherche éolienne à l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Philippe Petitpierre (Q 23, 24, 25, 27, 28, 29, 34, 35, 89, 92, 95, 96, 99), président de Gaznat et de Holdigaz

Dr Franco Romero (Q 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 63, 64, 66, 71), maître d'enseignement et de recherche en économie et politique de l'énergie à l'Université de Genève et chargé de cours à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Prof. Claude-Alain Roulet (Q 1 à 12, 24 à 32, 42, 49, 50, 77, 97), professeur honoraire en physique du bâtiment à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Prof. Anton Schleiss (Q 13, 14, 57, 58, 73, 74, 75, 76), directeur du Laboratoire de constructions hydrauliques à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Martin Stucky (Q 10, 21, 22, 25, 34, 56), Union Pétrolière, responsable Technique et Communication pour la Suisse romande

Prof. Philippe Thalmann (entier de l'ouvrage, focus sur Q 8, 70, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 92, 99), directeur du Laboratoire d'économie urbaine et de l'environnement de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Dr Michaël Thémans (Q 33, 34, 35, 36, 37, 38), adjoint de la Vice-Présidence pour l'innovation et la valorisation et ancien directeur adjoint du Centre de Transport de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL)

Prof. Alexander Wokaun (Q 98), directeur adjoint du comité exécutif, chef du Département de Recherche sur l'énergie non nucléaire au Paul Scherrer Institute (PSI)

Olivier Zingg (Q 61, 62), chef de projet chez Geo-Energie Suisse, Centre de compétence suisse en géothermie profonde pour la production d'électricité et de chaleur

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement les partenaires qui ont contribué à la réalisation de cet ouvrage, notamment SuisseEnergie, l'Etat de Vaud et la Ville de Lausanne. Ils tiennent également à remercier les relecteurs scientifiques pour leur contribution à la qualité de cet ouvrage, et dont la liste figure ci-dessus. Enfin, ils remercient Antoine Asencio et Thomas Guibentif pour leur aide dans le cadre du projet Swiss-Energyscope. Naturellement, les auteurs restent seuls responsables des éventuelles erreurs qui pourraient subsister dans l'ouvrage.

Sommaire

Préface de Madame la Conseillère fédérale Doris Leuthard	P. 9
Comment tirer le meilleur parti de cet ouvrage	P. 11
1. Les enjeux de la transition énergétique suisse	P. 13
[→ Q 1] Qu'entend-on par transition énergétique ?	
[→ Q 2] Qu'implique pour la Suisse la décision de sortir du nucléaire ?	
[→ Q 3] Quels sont les défis de la transition énergétique suisse ?	
[→ Q 4] Pourquoi notre secteur énergétique doit-il réduire ses émissions de CO ₂ ?	
[→ Q 5] La Suisse est-elle le seul pays confronté à une transition énergétique ?	
2. Une demande énergétique stable mais qui s'électrifie	P. 25
[→ Q 6] Combien la Suisse consomme-t-elle d'énergie ? Pour quels usages ?	
[→ Q 7] Pourquoi consommons-nous de plus en plus d'électricité ?	
[→ Q 8] Quels sont les liens entre population, développement économique et consommation d'énergie ?	
[→ Q 9] Pourquoi notre consommation énergétique ne baisse-t-elle pas malgré les efforts consentis ?	
3. Un approvisionnement en énergie qui doit rester sûr	P. 35
3.1. Le mix énergétique suisse aujourd'hui	
[→ Q 10] Pourquoi notre mix énergétique comporte-t-il deux tiers de produits fossiles ?	
[→ Q 11] Pourquoi notre production et notre consommation d'électricité varient-elles durant l'année, et pourquoi sont-elles en décalage ?	
[→ Q 12] La Suisse émet-elle comparativement peu de CO ₂ grâce à son électricité très « propre » ?	
3.2. L'hydraulique, une force déjà bien exploitée en Suisse	
[→ Q 13] Peut-on encore construire des barrages en Suisse ?	
[→ Q 14] Quelles sont les conséquences de la fonte des glaciers sur notre potentiel hydroélectrique ?	
[→ Q 15] Le pompage-turbinage peut-il augmenter notre production électrique nationale ?	
3.3. Le crépuscule nucléaire en Suisse	
[→ Q 16] La durée d'exploitation des centrales nucléaires existantes pourrait-elle être prolongée ?	
[→ Q 17] Quelles seront les conséquences de la sortie du nucléaire sur nos émissions de CO ₂ ?	
[→ Q 18] Que va faire la Suisse de ses déchets nucléaires, et à quel coût ?	
[→ Q 19] Le nucléaire pourrait-il faire son retour avec les futures générations de réacteurs ?	
3.4. L'indépendance énergétique et la sécurité d'approvisionnement	
[→ Q 20] Quel est le degré d'indépendance énergétique de la Suisse ?	
[→ Q 21] Comment assurer notre sécurité d'approvisionnement en produits pétroliers et gaz naturel ?	
[→ Q 22] Pendant combien de temps la Suisse pourrait-elle tenir sans importer d'énergie ?	
[→ Q 23] Notre indépendance énergétique va-t-elle se dégrader avec la sortie du nucléaire ?	

4. Le potentiel largement inexploité de l'efficacité énergétique P. 65

4.1. Chauffage et eau chaude sanitaire

- [→ Q 24] Comment se chauffe-t-on aujourd'hui en Suisse?
- [→ Q 25] Quel avenir pour le gaz naturel et le mazout?
- [→ Q 26] Pourquoi faut-il bannir le chauffage électrique direct?
- [→ Q 27] Quelles améliorations apportent les systèmes de chauffage modernes?
- [→ Q 28] Dans quel contexte la cogénération de chaleur et d'électricité est-elle justifiée?
- [→ Q 29] Chauffage central ou à distance: lequel favoriser?

4.2. Bâtiments

- [→ Q 30] Quelles économies d'énergie réaliserait-on si tous les bâtiments étaient rénovés au standard Minergie®?
- [→ Q 31] Est-il préférable d'abaisser la consommation des bâtiments... ou d'augmenter leur production d'énergie renouvelable?
- [→ Q 32] Bâtiments «zéro énergie» et bâtiments autonomes: une perspective plausible à large échelle?

4.3. Transports

- [→ Q 33] Comment évoluent nos besoins de mobilité?
- [→ Q 34] Comment améliorer notre parc de véhicules, l'un des plus énergivores d'Europe?
- [→ Q 35] La voiture électrique est-elle une option pertinente?
- [→ Q 36] Voiture à hydrogène: quelles perspectives en Suisse?
- [→ Q 37] Peut-on encore augmenter le nombre de passagers transportés par le rail?
- [→ Q 38] La mobilité douce et le télétravail peuvent-ils contribuer à réduire la demande énergétique?

4.4. Processus industriels

- [→ Q 39] Quel est le potentiel d'économies d'énergie dans l'industrie suisse?
- [→ Q 40] L'industrie rationalise-t-elle sa consommation énergétique?

4.5. Appareils électriques et électroniques

- [→ Q 41] L'étiquetage énergétique est-il utile?
- [→ Q 42] Les ampoules à incandescence bannies, peut-on rendre l'éclairage encore plus efficace?
- [→ Q 43] Combien d'électricité consomment les appareils mis en veille?

4.6. Potentiel global et coût des technologies d'efficacité énergétique

- [→ Q 44] Quelle est la contribution possible de l'efficacité énergétique à notre futur énergétique?
- [→ Q 45] Les technologies d'efficacité énergétique sont-elles rentables?

5. Les avantages et inconvénients des nouvelles énergies renouvelables P. 111

5.1. Point de situation

- [→ Q 46] Qu'entend-on par «nouvelles énergies renouvelables» (NER)?
- [→ Q 47] La Suisse est-elle un bon élève en termes d'exploitation des énergies renouvelables?
- [→ Q 48] Pourquoi le déploiement des nouvelles énergies renouvelables est-il si complexe en Suisse?

5.2. Le solaire

- [→ Q 49] Quel est le potentiel de l'énergie solaire en Suisse?
- [→ Q 50] Faut-il préférer les installations solaires thermiques ou photovoltaïques?

5.3. L'éolien

- [→ Q 51] Quel est le potentiel éolien de la Suisse ?
- [→ Q 52] Pour minimiser leur impact sur le paysage, peut-on réduire la taille des éoliennes ?
- [→ Q 53] Combien faut-il d'éoliennes pour remplacer une centrale nucléaire ?

5.4. La biomasse

- [→ Q 54] Le potentiel durable de la biomasse en Suisse est-il totalement exploité ?
- [→ Q 55] Doit-on produire de la chaleur, de l'électricité ou des biocarburants avec notre biomasse ?
- [→ Q 56] Va-t-on mélanger des biocarburants dans l'essence à la pompe ?

5.5. La petite hydraulique

- [→ Q 57] La petite hydraulique peut-elle contribuer de façon significative à la transition énergétique ?
- [→ Q 58] Pourquoi le programme de soutien à la micro-hydraulique est-il remis en cause ?

5.6. La chaleur ambiante

- [→ Q 59] Quel rôle pour les pompes à chaleur ?
- [→ Q 60] Y a-t-il des contraintes à l'installation de pompes à chaleur ?

5.7. La géothermie profonde

- [→ Q 61] Quels sont les perspectives et le potentiel de la géothermie profonde en Suisse ?
- [→ Q 62] Peut-on maîtriser les risques liés à la géothermie profonde ?

5.8. Le potentiel combiné et les coûts des énergies renouvelables

- [→ Q 63] Les nouvelles énergies renouvelables peuvent-elles remplacer les centrales nucléaires ?
- [→ Q 64] Les énergies renouvelables sont-elles concurrentielles ?
- [→ Q 65] Combien de CO₂ les énergies renouvelables émettent-elles ?

6. Notre système électrique face à un changement de paradigme

p. 153

- [→ Q 66] Pourquoi exporter l'électricité que nous produisons et importer celle que nous consommons ?
- [→ Q 67] Comment adapter le réseau électrique actuel au système énergétique de demain ?
- [→ Q 68] Combien va coûter la modernisation de notre réseau électrique, et qui va payer ?
- [→ Q 69] Qu'est ce que le *smart grid* et quel sera son rôle dans le futur réseau électrique ?
- [→ Q 70] Les énergies renouvelables menacent-elles la rentabilité des compagnies électriques suisses ?
- [→ Q 71] L'intégration de la Suisse dans le réseau électrique européen est-elle nécessaire ?

7. Le stockage indispensable à l'essor du renouvelable

p. 167

- [→ Q 72] Pourquoi est-il nécessaire de stocker l'énergie et pour quelle durée ?
- [→ Q 73] Comment le rôle du pompage-turbinage va-t-il évoluer ?
- [→ Q 74] Comment stocker l'électricité excédentaire produite par l'éolien et le solaire ?
- [→ Q 75] En quoi le stockage saisonnier est-il un enjeu central pour notre futur système énergétique ?
- [→ Q 76] Pourquoi projette-t-on de surélever certains de nos barrages alpins ?
- [→ Q 77] Faut-il stocker la chaleur et le froid ?
- [→ Q 78] Comment diminuer les besoins de stockage en gérant mieux notre consommation électrique ?

- 8. La politique énergétique suisse entre taxes et subsides** **p. 183**
- [→ Q 79] Le supplément perçu sur chaque kWh d'électricité pour la promotion des énergies renouvelables est-il suffisant?
 - [→ Q 80] La baisse graduelle des aides de la Confédération pour les énergies renouvelables est-elle un frein à leur déploiement?
 - [→ Q 81] Pourquoi 30 000 projets de solaire photovoltaïque sont-ils bloqués?
 - [→ Q 82] Pourquoi le taux de rénovation des bâtiments est-il si faible malgré le programme de subsides?
 - [→ Q 83] Pourquoi est-il essentiel de mettre un prix sur les émissions de CO₂?
 - [→ Q 84] Quel serait l'impact d'une taxation bien plus élevée de l'énergie?
- 9. Les options stratégiques pour la sortie du nucléaire** **p. 197**
- [→ Q 85] Quelles sont les grandes options stratégiques pour sortir du nucléaire?
 - [→ Q 86] Que propose le Conseil fédéral dans sa stratégie énergétique 2050 et à quels coûts?
 - [→ Q 87] Existe-t-il des scénarios énergétiques alternatifs à ceux de la Confédération?
 - [→ Q 88] L'importation d'électricité n'est-elle pas la plus simple et la plus économique des solutions?
 - [→ Q 89] La production d'électricité en Suisse à partir du gaz naturel est-elle inévitable?
 - [→ Q 90] Comment la politique de l'Union européenne influence-t-elle notre stratégie énergétique?
- 10. Les enjeux de la transition énergétique pour le citoyen** **p. 211**
- [→ Q 91] Comment réduire notre consommation individuelle d'énergie?
 - [→ Q 92] La transition énergétique va-t-elle engendrer une hausse des prix de l'énergie?
 - [→ Q 93] Transition énergétique: quelles conséquences pour les citoyens-consommateurs?
 - [→ Q 94] L'effet rebond peut-il annihiler les efforts d'efficacité énergétique?
- 11. Vers un avenir énergétique durable pour la Suisse** **p. 221**
- [→ Q 95] Capturer et séquestrer le CO₂: est-ce une option pour la Suisse?
 - [→ Q 96] En quoi notre futur mix énergétique sera-t-il différent de celui d'aujourd'hui?
 - [→ Q 97] Doit-on redéfinir nos indicateurs énergétiques?
 - [→ Q 98] La société à 2000 W est-elle un objectif de la transition énergétique?
 - [→ Q 99] Quels risques prenons-nous à ne pas agir suffisamment vite?
 - [→ Q 100] Avenir énergétique de la Suisse: quelle est la voie à suivre?

Postface du Prof. Philippe Gillet **p. 235**

Glossaire **p. 237**

Références **p. 245**

Préface de Doris Leuthard

Conseillère fédérale

Cheffe du Département fédéral
de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication
(DETEC) de la Confédération helvétique

Volonté, savoir-faire et compréhension – trois facteurs clés pour mettre en œuvre la stratégie énergétique 2050

La volonté politique est tangible et mesurable. Depuis le milieu des années 1970 et la crise pétrolière, la recherche de nouveaux modes de production et la garantie de l’approvisionnement constituent les paramètres de la politique énergétique suisse. Au tournant du millénaire, l’utilisation rationnelle de l’énergie et la promotion des énergies indigènes et renouvelables ont été inscrites dans la législation. Le programme SuisseEnergie et le label « Cité de l’énergie » ont été institués dans cette optique. En 2010, le Conseil fédéral a inscrit à son programme la promotion d’une « économie verte » impliquant une gestion rationnelle des ressources et la réduction des émissions de CO₂. Et la stratégie énergétique 2050 a montré la voie à suivre.

Les connaissances et les compétences techniques, nous les avons. Or, les innovations dans les domaines de la gestion et des technologies énergétiques prennent de plus en plus d’importance, une évolution qui touche particulièrement les entreprises high-tech et les industries traditionnelles. Pour ces dernières, la révolution qui s’annonce dans le domaine de l’efficacité énergétique constitue une chance. La Suisse est un pays leader en matière d’innovation et de compétitivité. Comme nous disposons des connaissances scientifiques et des compétences nécessaires, les entreprises cleantech peuvent opérer dans un environnement scientifique et économique fertile. Dans ce contexte, le Masterplan Cleantech du Conseil fédéral joue un rôle déterminant à plusieurs égards : pour la mise en œuvre de la politique énergétique décidée par le Conseil fédéral, pour le plan d’action Economie verte et pour le renforcement de la compétitivité de la place économique suisse.

Afin que la volonté politique soit mise en œuvre et le savoir technique mis en application, et pour que de larges pans de la population appliquent les mesures proposées, il faut aussi que ces progrès [technologiques] soient bien compris. C’est ici qu’intervient le projet Swiss-Energyscope. Selon la devise « Fais du bien et parles-en », l’Ecole polytechnique fédérale de Lausanne et l’Université de Lausanne ont mis en place une plateforme d’information et de communication destinée à rendre accessible le tournant énergétique. Cette plateforme crée une plus-value tout en améliorant la compréhension des processus en cause. Les mesures décidées sont ainsi mieux acceptées, ce qui facilite aussi la transition à une consommation d’énergie plus durable. Je tiens ici à féliciter les trois initiateurs de Swiss-Energyscope et les remercie d’aider le Conseil fédéral, le Parlement et SuisseEnergie à réaliser leurs objectifs, à appliquer leur savoir-faire et à rendre la stratégie énergétique 2050 plus compréhensible. Notre mode de vie contribuera ainsi à ménager les ressources sans porter atteinte à la qualité de vie ni compromettre la prospérité.

Comment tirer le meilleur parti de cet ouvrage

Objectifs

Cet ouvrage propose 100 réponses simples à 100 questions de base que les citoyennes et citoyens* peuvent se poser sur l'avenir énergétique de la Suisse. Il a pour objectifs de les aider à comprendre les principaux enjeux énergétiques nationaux et d'éclairer leurs choix lors des différentes votations qui auront lieu ces prochaines années, durant la période dite de « transition énergétique ».

Connaissances préalables

Pour lire et comprendre cet ouvrage, aucune connaissance préalable n'est a priori nécessaire. Il suffit de comprendre une seule notion de base: le térawatt-heure.

Térawatt-heure (TWh)

Le térawatt-heure (en abrégé: TWh) correspond simplement à un milliard de kilowatt-heures (1 000 000 000 kWh). Le kWh est l'unité la plus couramment utilisée pour parler d'énergie à l'échelle des individus et des ménages (elle figure notamment sur les factures d'électricité). Mais pour parler d'énergie au plan national, le TWh convient mieux: il est plus simple de dire que la Suisse consomme 250 TWh d'énergie que d'écrire 250 000 000 000 kWh. Les échelles ci-contre permettent de mieux appréhender les principaux ordres de grandeur de la production et de la consommation d'énergie en Suisse.

Actualités

Tout au long de cet ouvrage, il est souvent fait allusion à la « période actuelle » ou à « aujourd'hui ». Ces expressions désignent approximativement la période 2011-2015, durant laquelle notre approvisionnement et notre consommation en énergie n'ont pas été modifiés de manière significative.

La situation énergétique évolue rapidement. De nouveaux éléments viennent régulièrement changer la donne: prises de position des différents milieux concernés, décisions politiques, stratégies des acteurs économiques, progrès techniques, nouvelles estimations du potentiel de certaines énergies, etc. Pour suivre ces développements, nous invitons le lecteur à consulter le site de la plateforme Swiss-Energyscope (voir ci-dessous), qui offrira des informations régulièrement mises à jour.

Ordre de lecture libre

Les réponses aux questions sont toutes rédigées afin de pouvoir être lues de manière indépendante les unes des autres. Le lecteur peut donc ne lire que les questions-réponses qui l'intéressent, et dans l'ordre qui lui convient.

Renvois

La plupart des réponses aux questions contiennent des renvois à d'autres questions-réponses, indiqués comme suit dans le texte: [→ Q XX]. Ce système de référencement croisé renvoie à des thématiques en lien avec le sujet traité, afin d'éviter des répétitions.

Glossaire

Un certain nombre de termes de nature technique apparaissent dans le texte. Ils sont définis de manière simple dans un glossaire en fin d'ouvrage.

Validation scientifique

Les 100 réponses proposées dans cet ouvrage ont été attentivement relues et validées par plusieurs experts de chaque domaine, garantissant une vision aussi scientifiquement fondée et objective que possible. La liste des experts se trouve en pages 2-3.

Swiss-Energyscope

Ce livre fait partie d'un projet plus vaste: une plateforme interactive d'information et de sensibilisation intitulée « Swiss-Energyscope » [www.energy-scope.ch]. Elle vise à informer la population suisse, les décideurs politiques et l'ensemble des milieux concernés des enjeux de la transition énergétique actuelle. Outre le présent ouvrage, cette plateforme propose un cours en ligne pour tous publics, ainsi qu'un calculateur énergétique permettant à chacun d'élaborer ses propres scénarios énergétiques pour la Suisse de demain.

Références et lecture complémentaire

Des références scientifiques sont fournies à la fin de chaque question. Certaines d'entre elles peuvent servir de lectures complémentaires pour les lecteurs qui souhaitent aller plus loin.

Bonne lecture!

* Par souci de simplicité, la forme masculine est utilisée de manière générique dans cet ouvrage, pour désigner aussi bien le genre féminin que masculin.

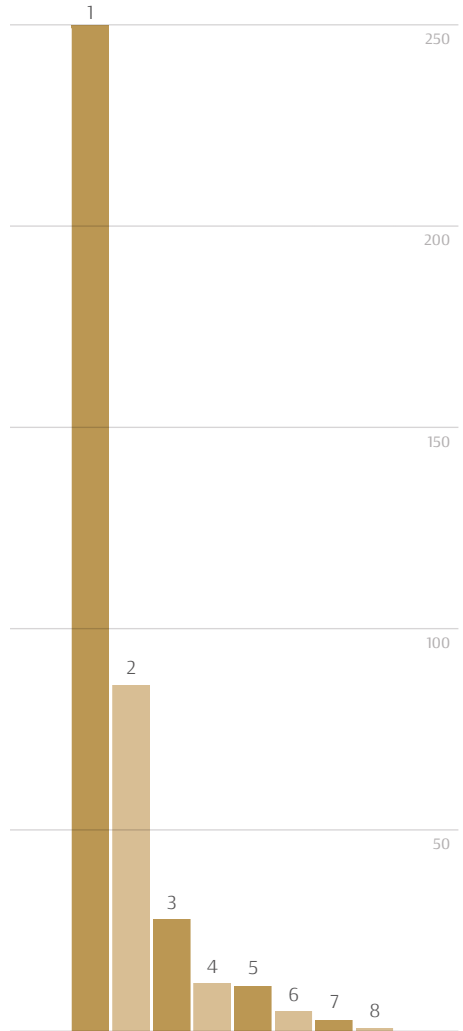
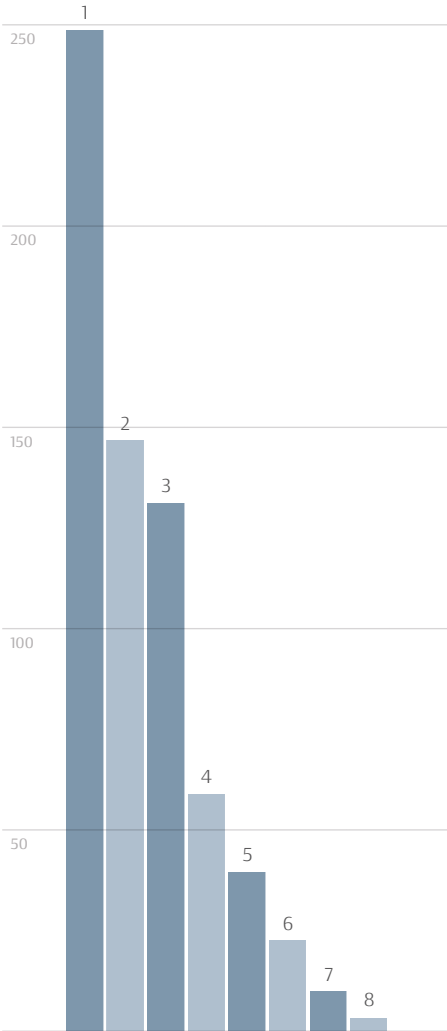
ORDRES DE GRANDEUR TYPIQUES DU SECTEUR ENERGETIQUE (VALEURS ANNUELLES EN 2013)

À l'échelle nationale, en Téra watt-heures
[1 TWh = 1 Milliard de kWh]

À l'échelle locale, en kilowatt-heures [kWh]

300 TÉRAWATT-HEURES [TWh]

KILOWATT-HEURES [kWh] 300



- 1 Consommation d'énergie finale en Suisse
- 2 Production d'électricité renouvelable en Allemagne
- 3 Importation de produits pétroliers en Suisse
- 4 Consommation d'électricité en Suisse
- 5 Production d'électricité hydraulique en Suisse
- 6 Potentiel solaire & éolien en Suisse
- 7 Production de la centrale nucléaire de Leibstadt
- 8 Consommation d'électricité de la ville de Zurich

- 1 Consommation électrique d'un frigo
- 2 Production de 1 m² de panneau solaire en Suisse
- 3 Essence pour un trajet de 100 km en voiture
- 4 Chaleur produite par la combustion d'une bûche
- 5 Consommation d'une ampoule économique
- 6 Calories brûlées par un cycliste en 5 h de vélo
- 7 Energie de chauffage d'un bain
- 8 Contenu énergétique d'une plaque de chocolat

1. Les enjeux de la transition énergétique suisse

-
- [→ Q 1] Qu'entend-on par transition énergétique ?
 - [→ Q 2] Qu'implique pour la Suisse la décision de sortir du nucléaire ?
 - [→ Q 3] Quels sont les défis de la transition énergétique suisse ?
 - [→ Q 4] Pourquoi notre secteur énergétique doit-il réduire ses émissions de CO₂ ?
 - [→ Q 5] La Suisse est-elle le seul pays confronté à une transition énergétique ?



Qu'entend-on par transition énergétique?

En Suisse, la transition énergétique représente la période allant de 2011 jusqu'en 2035, voire 2050. Durant cette période, notre système énergétique va subir des transformations fondamentales, suite à la décision du Conseil fédéral et du Parlement de sortir du nucléaire et à l'engagement pris de réduire nos émissions de gaz à effet de serre.

Un système énergétique comprend l'ensemble des infrastructures et modes de production, de transformation, de distribution, de stockage et d'utilisation des différentes formes d'énergie, ainsi que les conditions cadres qui régissent son fonctionnement.

Le processus de transition énergétique résulte principalement de choix politiques et varie donc d'un pays à l'autre.

Pendant près d'un siècle, notre système énergétique a été relativement simple. Il comportait un nombre restreint d'agents énergétiques, avec des filières d'approvisionnement distinctes : nous importions de l'essence et du diesel pour rouler, du mazout et du gaz naturel pour nous chauffer, et produisions notre électricité dans des grandes centrales hydrauliques et nucléaires.

Aujourd'hui, la donne a changé. Les risques liés au réchauffement climatique, le spectre de l'épuisement des ressources fossiles, l'accident nucléaire de

Fukushima, les risques géopolitiques, transforment profondément le paysage énergétique. Dans ce contexte, la Suisse s'efforce de réduire sa dépendance aux énergies fossiles, tout en ayant choisi de renoncer à l'énergie nucléaire. Simultanément, notre consommation énergétique totale continue de croître, même si cette augmentation a tendance à se stabiliser.

Ainsi, nous nous trouvons confrontés à un certain nombre de défis auxquels notre système énergétique actuel n'est pas en mesure de répondre et qui impose de le modifier [→ Q 3]. Nous devrons donc, dans un délai très court (20-30 ans) :

- combiner les efforts de sobriété et d'efficacité énergétique tout en maintenant les prestations ;
- stimuler l'adoption de nouvelles sources d'énergie ;
- repenser leur acheminement, leur distribution et leur stockage ;
- adapter les conditions cadres qui régissent le marché actuel de l'énergie.

Quelle que soit la stratégie qui sera mise en œuvre pour répondre à ces défis, le système énergétique qui en résultera sera bien plus complexe, interconnecté et diversifié qu'il ne l'est actuellement. La métamorphose de notre système énergétique constitue donc une étape essentielle pour continuer d'assurer à la Suisse un approvisionnement en énergie sûr, durable et économiquement accessible pour tous, comme le prévoit notre Constitution.



2

Qu'implique pour la Suisse la décision de sortie du nucléaire ?

La décision de sortir du nucléaire implique de mettre nos centrales nucléaires hors service à la fin de leur période d'exploitation, sans les remplacer par de nouvelles. Par conséquent, nous devons combler, d'une manière ou d'une autre, le déficit de production d'électricité qui en résultera.

En mai 2011, le Conseil fédéral a annoncé sa volonté de renoncer à l'énergie nucléaire en Suisse. Peu après, en juin, cette volonté a été confirmée par le Conseil national, puis entérinée en septembre de la même année par le Conseil des Etats. Concrètement, cette décision historique de sortie du nucléaire implique deux choses. D'une part, les cinq réacteurs nucléaires actuellement en service seront définitivement arrêtés à la fin de leur autorisation d'exploitation actuelle [→ Q 16]. D'autre part, les demandes d'autorisation pour la construction de trois nouvelles centrales se trouvent définitivement enterrées. Par conséquent, aucune nouvelle centrale nucléaire ne devrait voir le jour en Suisse.

L'arrêt de nos centrales nucléaires va se traduire par un déficit important dans notre production nationale d'électricité: 25 TWh, ce qui correspond à plus du tiers (36 %) de notre consommation électrique actuelle. Ceci dans un contexte où la Suisse, depuis une dizaine

d'années, est déjà devenue dépendante des importations d'électricité pour 2 à 5 TWh [→ Q 11].

Il ne serait pas réaliste d'imaginer rationaliser notre consommation au point de nous passer purement et simplement de ces 25 TWh sans impacts sur notre qualité de vie. Au contraire, selon les différentes prévisions basées sur le système énergétique actuel, notre consommation électrique devrait au mieux rester stable, au pire augmenter de 30 % d'ici 2050 [→ Q 87]. Cette tendance rend évidemment plus critique encore le défi de la sortie du nucléaire.

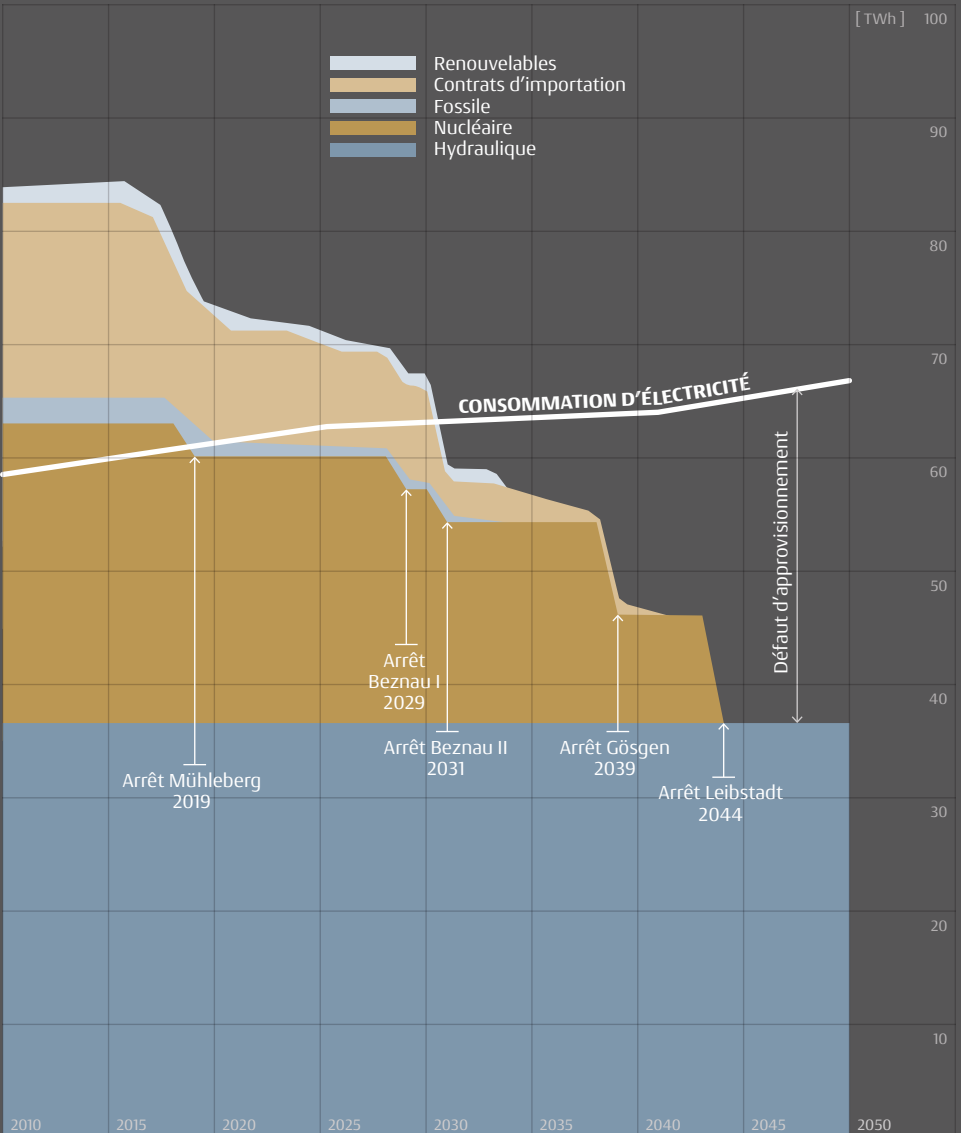
Nous devons donc compenser le déficit en approvisionnement électrique par l'une, ou une combinaison, des quatre options suivantes:

- faire « plus avec moins » selon le principe de l'efficacité énergétique, c'est-à-dire offrir les mêmes services avec moins d'énergie (notamment moins d'électricité) [→ Q 44];
- accroître notre production électrique indigène, par des technologies autres que le nucléaire, en particulier les énergies renouvelables;
- modifier nos habitudes, afin de stabiliser, voire de réduire, notre consommation d'électricité selon le principe de la sobriété énergétique [→ Q 91];
- augmenter nos importations d'électricité, si cette option reste possible à l'avenir.



Quels sont les défis de la transition énergétique suisse ?

ÉVOLUTION DE L'APPROVISIONNEMENT EN ÉLECTRICITÉ DE LA SUISSE AVEC L'INFRASTRUCTURE DE PRODUCTION ACTUELLE ET AVEC LES CONTRATS D'IMPORTATION EN VIGUEUR



Les défis sont de plusieurs nature: stratégique (conserver un niveau élevé de sécurité d’approvisionnement, non seulement pour l’électricité en l’absence de centrales nucléaires mais aussi pour les carburants et les combustibles), socio-économique (maintenir un prix de l’énergie abordable pour tous), environnementale (minimiser l’impact sur la nature et les paysages) et climatique (réduire nos émissions de gaz à effet de serre). En outre, il faut agir vite.

Tout d’abord, la plupart de nos contrats d’importation d’électricité avec la France, qui représentent 12 TWh/an, arrivent à terme entre 2018 et 2035. Ces échéances coïncident avec la mise hors-service de nos premières centrales nucléaires [→ Q 16]. Sans nouvelles sources d’approvisionnement, la Suisse court ainsi le risque d’une pénurie d’électricité dès 2020 environ si nos centrales nucléaires étaient toutes mises à l’arrêt après 50 ans d’activité. Cette pénurie serait repoussée à 2030 environ si elles étaient exploitées jusqu’à leur 60^e anniversaire [→ voir figure ci-contre].

Ensuite, la Suisse s’est aussi engagée à réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Comme les centrales nucléaires n’émettent pas directement de CO₂ [→ Q 17], il faudra donc pouvoir remplacer notre électricité nucléaire sans péjorer nos efforts de réduction des émissions de CO₂.

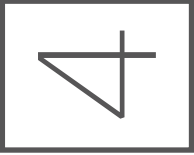
La Suisse souhaite améliorer son niveau d’autosuffisance énergétique et de sécurité d’approvisionnement

[→ Q 20 et 23], tout en maintenant sa compétitivité industrielle. De ce point de vue, il n’est évidemment pas souhaitable d’accroître notre dépendance par rapport à de l’électricité importée de l’étranger pour remplacer notre électricité nucléaire indigène, pour autant que cela reste possible à long terme.

Par ailleurs, comme le montre le débat sur les éoliennes, la population souhaite que les solutions permettant de remplacer nos centrales nucléaires par d’autres sources d’énergie ne présentent pas d’impacts significatifs sur notre environnement ou nos paysages.

Des solutions techniques existent, mais il sera très compliqué de satisfaire conjointement tous ces critères, parfois contradictoires. Malgré leurs avis divergents, les différents groupes d’intérêts et partis politiques devront trouver des compromis sur les priorités et les pondérations à donner aux différents critères en question.

Il est ainsi crucial de se décider sur notre stratégie énergétique, dans un délai aussi court que possible. Remplacer la production de cinq réacteurs nucléaires tout en réduisant notre dépendance aux agents fossiles ne se fera pas du jour au lendemain. Plus nous tarderons à nous décider sur la voie à suivre, moins nous aurons d’options parmi lesquelles nous pourrions choisir.



Pourquoi notre secteur
énergétique doit-il réduire ses
émissions de CO₂ ?

La communauté scientifique dans sa très grande majorité estime que les émissions de CO₂ et autres gaz à effet de serre, liées aux activités humaines, jouent un rôle important dans le réchauffement climatique et l'acidification des océans actuellement observés à l'échelle planétaire. Si ce réchauffement n'est pas maîtrisé, les conséquences économiques et environnementales au niveau mondial pourraient être dramatiques. La Suisse se doit de contribuer à l'effort global de lutte contre le réchauffement climatique en limitant ses émissions, dont 80 % proviennent du secteur de l'énergie.

En 2003, la Suisse a ratifié le Protocole de Kyoto. Cet accord, conclu en 1997 dans le cadre de la Convention des Nations Unies sur les changements climatiques, fixe des objectifs chiffrés de réduction de gaz à effet de serre pour plusieurs pays industrialisés. La Suisse s'est ainsi engagée à réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 8 % entre 2008 et 2012 par rapport à leur niveau de 1990. La Suisse n'est pas parvenue à diminuer ses émissions domestiques autant que prévu. Néanmoins, elle a formellement respecté son engagement, grâce à l'achat de crédits carbone à l'étranger [→ Q 83].

La Suisse poursuit ses efforts de réduction sur une base volontaire, en attendant la conclusion d'un nouvel accord succédant au Protocole de Kyoto. Malgré les hésitations et la lenteur des négociations climatiques

internationales, il est essentiel que les pays riches, qui sont les principaux responsables des émissions de CO₂ jusqu'à ce jour, montrent la voie en matière de lutte contre le réchauffement climatique, faute de quoi les autres pays n'accepteront que difficilement de s'engager.

On s'attend à ce que le réchauffement global cause de profonds dérèglements climatiques et environnementaux. La Suisse est déjà confrontée au recul accéléré de ses glaciers qui auront largement disparu à l'horizon 2100. On observe également la fonte progressive des sols d'altitude gelés en permanence (le pergélisol ou permafrost), ce qui entraîne des risques accrus de glissements de terrain pouvant menacer des zones habitées.

Le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat (GIEC) a évalué les coûts globaux des impacts du réchauffement climatique : 1450 milliards de dollars pour une augmentation de 2,5 degrés d'ici à 2100. Concernant l'Union européenne, la Commission de Bruxelles chiffre les impacts de ce réchauffement pour la même période dans une fourchette allant de 250 à 320 milliards d'Euros. Ce montant représente une diminution nette de son PIB pouvant atteindre près de 2 %. L'inaction pourrait bien coûter plus cher que l'action... [→ Q 99].

L'impact socio-économique pour la Suisse n'a pas été évalué à ce jour, mais sera sans conteste très important. La fonte des glaciers pourrait notamment avoir un impact majeur sur notre système énergétique à long terme [→ Q 14].



La Suisse est-elle le seul pays
confronté à une transition
énergétique?

La Suisse ne constitue nullement une exception sur ce plan. Tous les pays, selon leur contexte particulier, se trouvent confrontés à l'obligation de s'engager dans une transition énergétique, compte tenu de la nature globale des problématiques énergétiques : émissions de gaz à effet de serre, quête de plus en plus coûteuse et polluante de nouvelles ressources fossiles, questionnement sur l'énergie nucléaire, instabilités géopolitiques.

Depuis près de deux siècles, les ressources naturelles, en particulier les combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel), sont exploitées à un rythme accéléré et préoccupant. Le système économique mondial consomme aujourd'hui 90 millions de barils de pétrole par jour, essentiellement brûlés sous forme de carburant dans nos véhicules (essence, diesel, kérosène) et de mazout dans nos chaudières.

Depuis plusieurs années, nous avons pu constater que les ressources fossiles conventionnelles (facilement accessibles) commencent à se tarir. Nous avons donc commencé à exploiter des ressources dites non conventionnelles (puits de pétrole en eaux profondes ou polaires, gaz de schiste, sables bitumineux, etc.). Ces nouvelles ressources sont plus chères et accroissent les risques de dégradation de notre environnement. Elles permettront de repousser l'échéance de quelques décennies, mais ne vont pas fondamentalement changer la donne. D'une part, les réserves de ressources fossiles diminuent inexorablement, et d'autre part leur usage génère des émissions de gaz

à effet de serre (essentiellement du CO₂), ce qui perturbe le système climatique terrestre à un rythme accéléré et inédit.

Différents pays, chacun à leur manière, veulent réduire leur dépendance aux produits fossiles pour augmenter leur sécurité d'approvisionnement, et s'efforcent de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les deux objectifs sont donc liés : en agissant sur l'un, on agit aussi sur l'autre. Réduire les émissions de CO₂ tout en abandonnant l'énergie nucléaire est un défi particulier que d'autres pays comme l'Allemagne et la Belgique ont aussi décidé de relever. L'Espagne l'envisage, tandis que le gouvernement français actuel souhaite également réduire sa part de nucléaire de 75 à 50 %. L'Italie en 1987 et la Suède en 1980 ont également fait le choix de sortir du nucléaire même si la question revient régulièrement dans les débats politiques. Quant à l'Autriche, elle a décidé en 1978 déjà de ne jamais avoir recours au nucléaire.

Enfin, il faut souligner que la transition énergétique actuelle n'est ni la première, ni certainement la dernière. L'humanité a connu de nombreuses transformations de ses systèmes énergétiques dans le passé. La plus ancienne (et sans doute la plus décisive) ayant résulté de la maîtrise du feu, il y a environ 400 000 ans. Le passage progressif des énergies renouvelables traditionnelles (moulins à vent, à eau) aux agents fossiles (charbon au XIX^e siècle, puis pétrole au XX^e siècle), puis au nucléaire dès les années 1960, a constitué une autre grande transition, vers un système énergétique qui semble avoir aujourd'hui atteint ses limites.