



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie
et de la communication DETEC

Office fédéral de l'énergie OFEN

Août 2012

Potentiel des énergies renouvelables dans la production d'électricité

(Rapport du Conseil fédéral à l'attention de l'Assemblée fédérale, selon l'art.
28b, al. 2, de la loi sur l'énergie)



Table des matières

1. Introduction.....	3
1.1 Contexte.....	3
1.2 Objet du rapport et définition de notions.....	3
1.3 Aperçu des contenus	4
2. Potentiel des énergies renouvelables dans la production électrique.....	5
2.1 Potentiel actuel	5
2.2 Potentiel futur.....	8
2.2.1 Photovoltaïque.....	9
2.2.2 Energie éolienne	10
2.2.3 Biomasse	11
2.2.4 UIOM.....	11
2.2.5 Géothermie	11
2.2.6 Force hydraulique	12
3. Conclusions.....	13
4. Eléments bibliographiques	14
5. Annexe	15



1. Introduction

1.1 Contexte

Le Parlement a augmenté en 2010 le supplément maximal sur les coûts de transport des réseaux à haute tension, en le portant de 0,6 ct./kWh initialement à 1.0 ct./kWh au 1^{er} janvier 2013 (art. 15b et 2b, LEne). Ce supplément permet notamment de financer la rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC). Simultanément à l'augmentation du supplément, le Conseil fédéral a reçu le mandat de soumettre un rapport à l'Assemblée fédérale d'ici au 30 juin 2012. Ce rapport doit fournir un aperçu du potentiel actuel et futur des différents domaines de la production d'électricité issue des énergies renouvelables (art. 28b, al. 2, LEne). Le présent rapport répond à ce mandat.

1.2 Objet du rapport et définition de notions

La production d'électricité issue d'énergies renouvelables est au cœur du rapport. Ces énergies comprennent la force hydraulique, l'énergie solaire, l'énergie éolienne, la biomasse (bois, biogaz, stations d'épuration des eaux usées (STEP)), la géothermie et les composés renouvelables de déchets.

Par « potentiel actuel », le présent rapport entend l'électricité effectivement produite. Sa description recourt aux données de la statistique suisse des énergies renouvelables, publiées par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN).

Afin d'estimer les futures parts des énergies renouvelables dans la production d'électricité, il faut définir plus précisément la notion de potentiel. La définition suivante est empruntée aux Perspectives énergétiques 2035.¹

- Le *potentiel théorique* se rapporte à l'offre physique totale d'un agent énergétique dans le périmètre étudié, compte non tenu des restrictions effectives impliquées par son exploitation.
- Le *potentiel technique* est la part du potentiel théorique utilisable compte tenu des restrictions techniques données. Comme le potentiel technique dépend de l'évolution technologique, il change au fur du temps.
- Le *potentiel attendu* est la part du potentiel technique qui remplit les critères « écologique », « économique » et « socialement accepté ».
 - Le potentiel est réputé « écologique » si son exploitation n'entraîne pas d'atteintes supplémentaires durables et irréversibles aux biotopes en termes de diversité et d'interactions tant entre les êtres vivants qu'entre ceux-ci et leur environnement.
 - Le potentiel est dit « économique » si les coûts totaux de la conversion énergétique à partir d'une source d'énergie se situent dans la même fourchette que les coûts de systèmes concurrents. La détermination du potentiel économique dépend des hypothèses et de paramètres d'influence variables (p. ex. taux d'intérêt, durée d'amortissement, évolution des prix, etc.).
 - Le critère de l'acceptation sociale tient compte de l'attitude positive ou négative, non fondée dans des critères économiques ou écologiques, que des individus ou des groupes ont envers un agent énergétique donné (p. ex. protection du paysage).

Le « potentiel attendu » prend en compte les restrictions et les obstacles susceptibles d'entraver le développement de la production électrique à partir de sources d'énergie renouvelables. C'est pourquoi on retient la notion de potentiel attendu pour décrire le potentiel futur de la production électrique issue des énergies renouvelables.

¹ Cf. OFEN (2007): Die Energieperspektiven 2035 – Band 5. Analyse und Bewertung des Elektrizitätsangebots, p. 53-55



1.3 Aperçu des contenus

Le rapport se divise en deux chapitres. Le premier chapitre explique le potentiel actuel des énergies renouvelables pour la production d'électricité. La base en est constituée par les données disponibles de la statistique suisse des énergies renouvelables, publiées chaque année par l'OFEN.

Dans le cadre du remaniement des Perspectives énergétiques 2035, les potentiels techniques et attendus seront également contrôlés et adaptés. Ces travaux font partie de la Stratégie énergétique 2050. Le deuxième chapitre se fonde sur les premiers résultats de ces travaux, qui ont été publiés en mai 2011.

Des recommandations concrètes quant à l'exploitation et à la promotion du potentiel ne sont pas formulées dans le présent rapport. Elles font l'objet des travaux en cours dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050 et seront présentées dans le projet correspondant destiné à la consultation.



2. Potentiel des énergies renouvelables dans la production électrique

2.1 Potentiel actuel

La statistique suisse des énergies renouvelables, publiée par l'OFEN, réunit, évalue et commente les données relatives aux énergies renouvelables provenant de multiples sources et statistiques partielles. Cette statistique contient des informations sur la consommation énergétique et la production énergétique en fonction des technologies. Les explications du présent rapport reposent sur les chiffres contenus dans cette statistique.²

Depuis 1990, la production électrique issue d'énergies renouvelables s'est développée diversement selon l'agent énergétique concerné (cf. figure 2). Les fluctuations, fortes dans certains cas, de la production hydro-électrique s'expliquent par des conditions hydrologiques différentes. La production peut ainsi varier de 4 TWh par an. Malgré ces fluctuations, on peut observer une tendance au léger accroissement de la production: si les centrales hydrauliques ont produit 30'675 GWh_{el} en 1990, leur production était de 33'795 GWh_{el} en 2011.

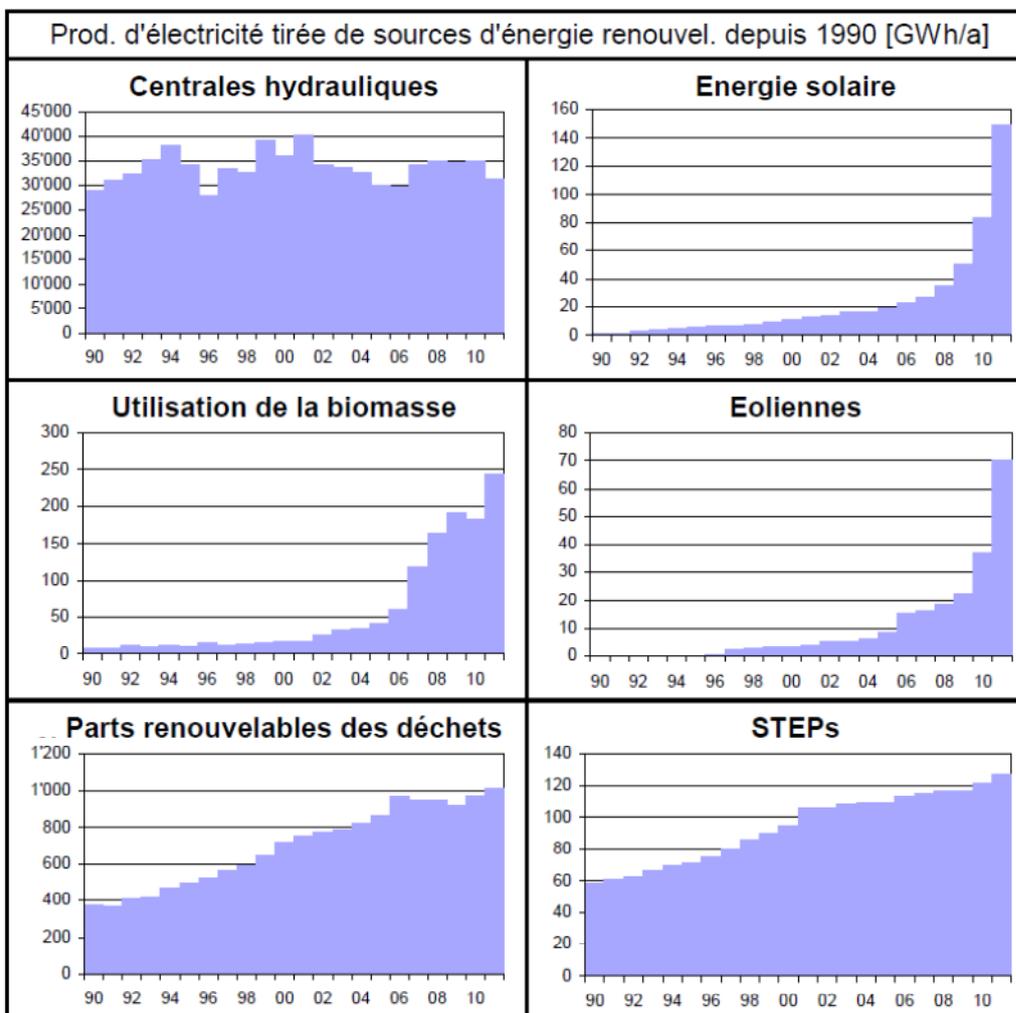


Fig. 1 Evolution de la production électrique par technologies depuis 1990³

² Cf. OFEN 2012

³ OFEN 2012a: p. 7



La production électrique issue des composés renouvelables des déchets a connu la plus forte progression depuis 1990 (en 1990: 372 GWh_{el}, en 2011: 1'012 GWh_{el}). Font partie de cette catégorie les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM), le biogaz provenant de l'industrie et des arts et métiers, les chauffages alimentés aux déchets renouvelables et le gaz de décharge. On observe une évolution similaire, bien qu'à un niveau beaucoup plus bas, dans la production d'électricité des stations d'épuration des eaux usées (STEP). Leur part dans la production électrique a doublé au cours des 20 dernières années (en 1990: 59 GWh_{el}, en 2011: 127 GWh_{el}). Jusqu'en 2006, l'utilisation de la biomasse (chauffages automatiques au bois, chauffages en partie au bois et biogaz agricole) n'avait guère d'importance. Depuis lors, la production électrique à partir de cet agent énergétique a nettement augmenté (en 1990: 7 GWh_{el}, en 2011: 244 GWh_{el}). De même, la production issue de l'énergie solaire (en 1990: 1 GWh_{el}, en 2011: 149 GWh_{el}) et de l'énergie éolienne (en 1990: 0 GWh_{el}, en 2011: 70 GWh_{el}) n'a gagné en importance que ces dernières années. Cependant, comparativement aux autres technologies renouvelables, leur potentiel actuel est encore modeste.

Si l'on observe de plus près l'évolution depuis 2000, il apparaît que les UIOM sont en particulier prédominantes dans le domaine des composés de déchets renouvelables. Dès l'an 2000, elles fournissaient 634 GWh_{el}. Depuis 2006, leur part dans la production d'électricité oscille aux alentours de 900 GWh_{el}.

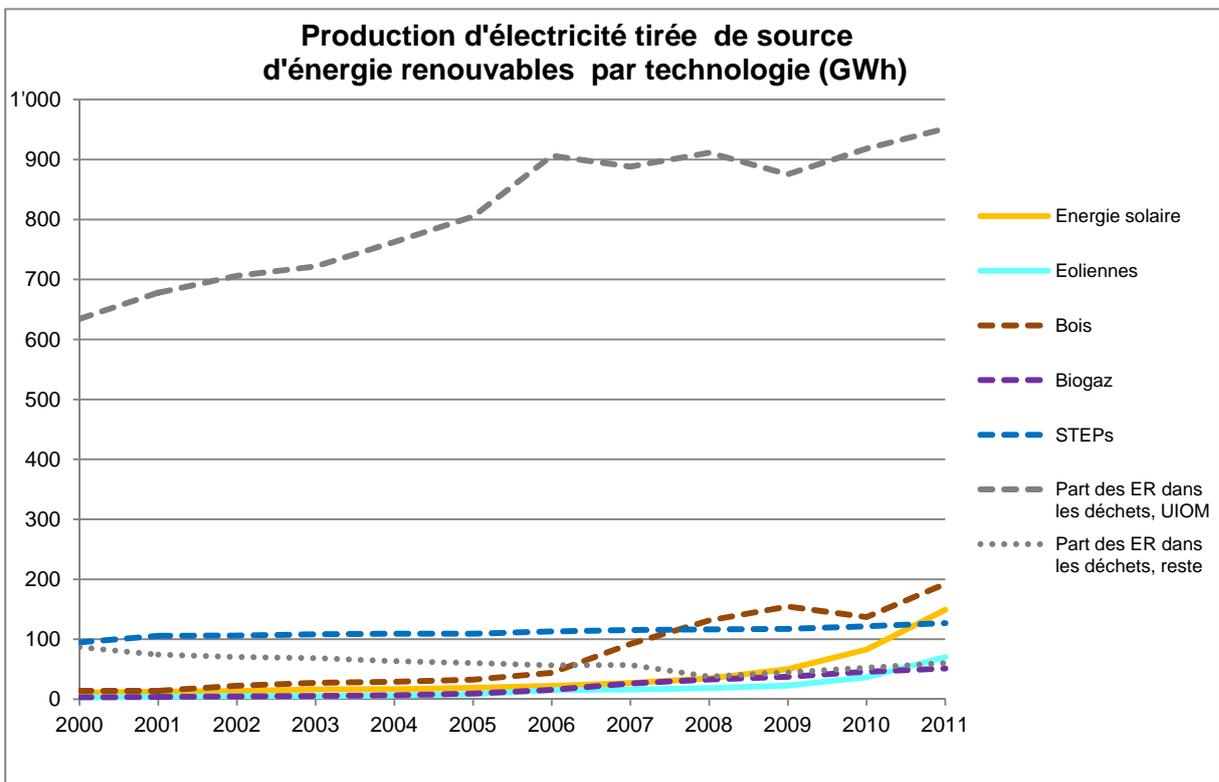


Fig. 2 Evolution dans les domaines des nouvelles énergies renouvelables de 2000 à 2011⁴

S'agissant de la biomasse, le bois constitue l'agent énergétique le plus important. En onze ans, sa part dans la production d'électricité a fortement augmenté (en 2000: 14 GWh_{el}, en 2006: 44 GWh_{el}, en 2011: 192 GWh_{el}). La production à partir de biogaz agricole, elle aussi, s'est accrue depuis 2006. En 2011, la quantité d'électricité produite à partir de biogaz étaient 15 fois plus élevée qu'en 2000 (en 2000: 3 GWh_{el}, en 2006: 16 GWh_{el}, en 2011: 51 GWh_{el}).

La production issue des énergies solaire et éolienne présente également une progression nettement plus marquée depuis 2006 que durant les années précédentes (énergie solaire en 2000: 11 GWh_{el}, en

⁴ OFEN 2012a



2006: 22 GWh_{el}, en 2011: 149 GWh_{el} / énergie éolienne en 2000: 3 GWh_{el}, en 2006: 15 GWh_{el}, en 2011: 70 GWh_{el}).

Tab. 1: Parts des diverses technologies dans la production électrique (en GWh_{el}), 2006-2011⁵

Technologie	2006	2007	2008	2009*	2010	2011
Photovoltaïque	22.4	27.4	34.9	50.4	83.3	149.1
Energie éolienne	15.3	16.0	18.5	22.6	36.6	70.1
Biogaz agricole	15.5	26.2	32.8	37.4	45.8	51.3
UIOM	906.0	888.2	911.3	875.4	918.2	951.9

* Année d'introduction de la RPC

On constate une augmentation significative de la production électrique entre 2010 et 2011 pour toutes les technologies. L'envol de la production tirée des installations photovoltaïques est dû à plusieurs facteurs: d'une part le quota de développement a été augmenté de 50 MW, ce qui correspond à quelque 1800 installations. Par cette mesure, le nombre de nouvelles installations a été multiplié par neuf par rapport au quota annuel en vigueur jusqu'alors. D'autre part, des programmes d'encouragement mis en œuvre à l'échelon cantonal ont également entraîné un développement des installations photovoltaïques. L'augmentation de la production électrique issue de l'énergie éolienne s'explique quant à elle par l'extension du parc éolien de Mont-Crosin. Depuis septembre 2010, ce dernier compte en effet huit nouvelles machines, pour un total de seize éoliennes en service.

L'augmentation de la production électrique à partir de sources d'énergie renouvelables, qui a pris son essor en 2006, est indissociable des travaux de révision de la loi sur l'énergie (LEne) et de l'ordonnance sur l'énergie (OEn), alors en cours. Ceux-ci ont constitué des incitations positives pour la promotion des énergies renouvelables. Dès le 1^{er} mai 2008, il était possible d'annoncer des installations en vue de bénéficier de la RPC, laquelle est entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2009. L'importance de la demande de RPC a entraîné l'épuisement des fonds disponibles dès 2009. Par conséquent, l'OFEN a dû ordonner l'arrêt des décisions dès février 2009. Swissgrid a introduit une liste d'attente pour les nouvelles annonces. De ce fait, nombre de projets n'ont pas pu être réalisés, en particulier dans le domaine du photovoltaïque.⁶

Tab. 2 Annonces (en GWh_{el}) et projets pour la RPC, état au 1.01.2012⁷

Technologie	En exploitation		Degré d'avancement annoncé		Décision positive rendue		Liste d'attente	
	En GWh _{el}	Nb de projets	En GWh _{el}	Nb de projets	En GWh _{el}	Nb de projets	En GWh _{el}	Nb de projets
Biomasse	632	180	479	23	246	40	473	170
Géothermie	0	0	0	0	0	4	12	4
Photovoltaïque	31	3'829	2	134	32	1'213	255	11'992
Petite force hydraulique	417	254	32	19	1'420	368	646	348
Energie éolienne	45	14	0.001	3	1'658	360	1'689	473

De plus, la réalisation des installations annoncées prend plus de temps qu'initialement prévu (les délais plus longs sont dus aux procédures d'octroi d'autorisation souvent fastidieuses et aux oppositions). Les projets avalisés ne pourront être réalisés dans les délais prévus que pour le domaine du photovoltaïque.

⁵ OFEN 2012a

⁶ Dès 2013, quelque 500 millions de francs seront à disposition pour encourager les énergies renouvelables, provenant d'un fonds alimenté par le supplément sur les coûts de transport des réseaux à haute tension. La répartition des fonds selon les technologies est définie par la « gestion dite des plafonds de coûts » (art. 7a, al. 4 LEne). Selon ce dispositif, chacune des technologies reçoit, à concurrence d'un budget maximum (plafond partiel), des fonds provenant des moyens financiers totaux à disposition (plafond global).

⁷ Informations provenant de la banque de données RPC de Swissgrid



Les problèmes liés à la RPC et à la procédure d'autorisation sont connus. La Stratégie énergétique 2050 proposera des solutions afin d'optimiser le système de rétribution du courant injecté, notamment en matière de taux de rétribution et d'exécution. Par ailleurs, on prévoit des mesures permettant la planification conjointe des cantons pour la construction d'installations de production électrique issue d'énergies renouvelables. Ces mesures sont présentées en détail dans le projet de consultation de la Stratégie énergétique 2050.

2.2 Potentiel futur

Depuis le milieu des années 1970, l'OFEN élabore périodiquement des perspectives énergétiques en coopération avec des spécialistes externes. Ces études présentent les options envisageables pour une politique énergétique durable à long terme. Dans le cadre de l'élaboration de ces perspectives énergétiques, divers modèles d'économie énergétique sont établis pour servir de base aux scénarios énergétiques possibles. Dans ce cadre, tant l'évolution de la demande énergétique que les potentiels des divers agents énergétiques, c'est-à-dire de l'offre énergétique, font l'objet d'estimations.

Dans le cadre des travaux entrepris en coopération avec des spécialistes des technologies, l'OFEN contrôle et actualise chaque fois les modèles sous-jacents aux Perspectives énergétiques 2035 et les potentiels techniques.⁸ Par potentiel futur, on entend le potentiel de développement attendu tel qu'il est décrit dans les Perspectives énergétiques. Les documents de base de la Stratégie énergétique du Conseil fédéral élaborée en mai 2011 se fondent sur le potentiel de développement attendu présenté dans le tableau ci-dessous.

Tab. 3 Potentiel de développement attendu en GWh_{el}/a

Potentiel	Technique	Attendu en 2050	Développement nécessaire à partir de 2009
Photovoltaïque	15'000-18'000	10'415	10'397
Energie éolienne	n.d.	4'012	4000
Biomasse (gaz de bois)	non utilisée	0	0
Géothermie	n.d.	4'378	4'378
Biomasse (bois)	1'700	1'139	1'105
Biogaz	2'300	1'447	1'430
STEP	n.d.	407	300
UIOM (part des ER de 50%)	1'675	1'727	998
Gaz de décharge	n.d.	29	0

La comparaison des potentiels de développement selon les technologies se présente comme suit. L'énergie solaire recèle le plus grand potentiel pour la production électrique: une contribution de 535 GWh_{el}/a pour 2020 est attendue, laquelle pourra être portée à 2929 GWh_{el}/a d'ici à 2035 et à 10'397 GWh_{el}/a d'ici à 2050. Pour l'énergie éolienne également un bon potentiel de développement est envisagé: 584 GWh_{el}/a en 2020, 1'492 GWh_{el}/a d'ici à 2035 et même 4000 GWh_{el}/a d'ici à 2050. En ce qui concerne la géothermie, le potentiel attendu est de 276 GWh_{el}/a en 2020, de 1084 GWh_{el}/a en 2035 et de 4378 GWh_{el}/a en 2050. S'agissant de la production d'électricité à partir du bois et du biogaz la poursuite de son développement est comptabilisée jusqu'en 2035. Le bois fournira 471 GWh_{el}/a en 2020 et 1105 GWh_{el}/a dès 2035. Quant au biogaz, sa part dans la production électrique est estimée à 605 GWh_{el}/a pour 2020 et à 1430 GWh_{el}/a à partir de 2035.

⁸ OFEN 2011

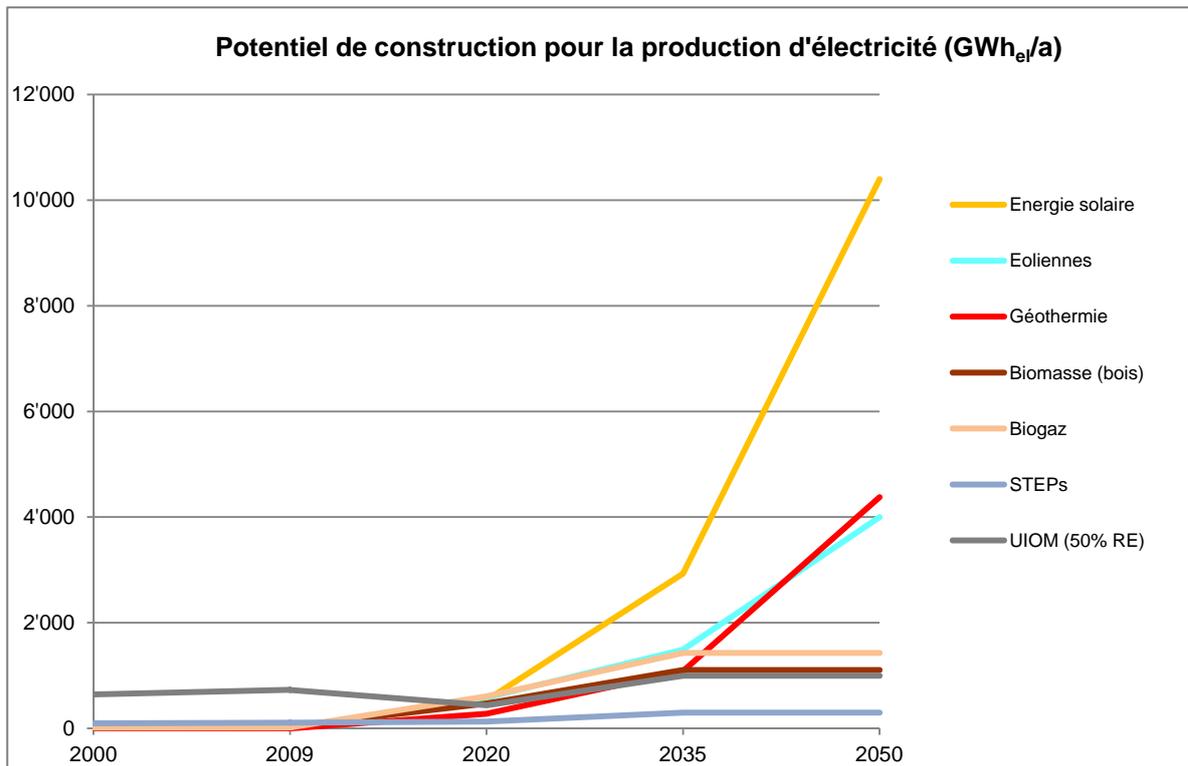


Fig. 3 Potentiel de développement de la production électrique renouvelable par technologie⁹

Si le potentiel de développement de la production électrique renouvelable attendu est important, il est toutefois limité par des obstacles économiques, écologiques, sociétaux et liés à l'espace. Par exemple, l'exploitation d'installations de production électrique renouvelable n'est souvent pas économique car le prix de revient est plus élevé que le prix du mix énergétique moyen en Suisse. Nombreux exploitants ont besoin de la PRC. En outre, les installations de production électrique renouvelable laissent une empreinte dans le paysage et peuvent porter préjudice à la nature, ce qui suscite l'opposition de la population et des groupes de pression. Dans de nombreux cas, les cantons et les communes n'ont pas encore effectué de délimitations de zones spécialement destinées à l'exploitation des énergies renouvelables. Par conséquent, chaque nouvel emplacement doit être évalué en termes de protection et d'utilité, avec les répercussions négatives que cela entraîne sur la complexité et la durée de la procédure d'autorisation. Viennent s'y ajouter les facteurs et obstacles liés aux technologies (cf. ch. 2.2.1 à 2.2.5).

2.2.1 Photovoltaïque

Selon la Stratégie énergétique, les installations photovoltaïques doivent en priorité être réalisées sur des surfaces déjà construites. Des études de l'OFEV et de de l'AIE¹⁰ font état, pour les toits de bâtiments seuls, d'un potentiel d'une production annuelle de 15 à 35 TWh bénéficiant de l'acceptation de la société. Ce potentiel n'inclut pas les parcs photovoltaïques tels qu'on les trouve dans les pays voisins, ni les installations posées sur d'autres infrastructures (protections anti-bruit, toits de parkings, abribus, etc.). Grâce à la chute persistante des prix des installations photovoltaïques, équiper les toits ou les bâtiments de telles installations deviendra une démarche courante. Les modules les plus utilisés à l'heure actuelle se composent de cellules de silicium cristallin (>90% de part de marché), n'utilisent que des quantités négligeables (voire nulles) de matières premières rares et peuvent être en grande partie recyclés. On ne devrait donc jamais manquer de matière première. Par contre, le

⁹ OFEN 2011: p. 37

¹⁰ OFEV 2012 et AIE (2002)



rythme de construction de nouvelles installations est un facteur essentiel dans le développement du photovoltaïque. Si l'on ne développe pas suffisamment le parc d'installations photovoltaïques, on ne bénéficie pas d'effets d'apprentissage satisfaisants. Il risque ensuite d'être nécessaire de procéder dans l'urgence à une nouvelle extension et l'importance de la demande fera alors grimper les prix. Si, au contraire, la technologie se répand trop rapidement, on fera face à un excédent d'installations, payées trop cher. L'idéal serait que l'évolution de la croissance suive la cadence de celle des pays alentours afin de minimiser les effets compensatoires.

2.2.2 Energie éolienne

En comparaison avec les pays voisins (en particulier l'Allemagne), le développement de l'énergie éolienne en Suisse a 20 ans de retard. Les installations éoliennes y sont encore méconnues. La majorité de la population et des autorités chargées de la planification et de l'octroi d'autorisations concernant des installations n'ont aucune expérience en la matière, ou seulement une expérience limitée. Pour chaque projet lancé en Suisse, on reprend le débat sur les questions liées à l'utilité et aux répercussions des éoliennes. En outre, la Suisse possède une forte densité démographique: il y a donc potentiellement plus de personnes susceptibles d'avoir une éolienne dans leur champ de vision que dans des pays plus vastes. Le droit de regard des groupes de la population touchés et des organisations d'opposition est si bien conçu qu'il permet de repousser des projets durant des années, lorsqu'il ne les empêche pas tout simplement de voir le jour. Les principaux points de discussion en matière de construction d'installations d'énergie éolienne sont les suivants:

- protection du paysage: les éoliennes modernes se voient de loin et sont incompatibles avec les zones protégées. Les régions de l'Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (IFP) représentent à elles seules 20% de la superficie du pays. Viennent s'y ajouter les zones protégées cantonales et les parcs naturels;
- protection des oiseaux et des chauves-souris: diverses espèces d'oiseaux et de chauves-souris sont affectées de plusieurs manières par la présence d'éoliennes. Chez les oiseaux, le nombre de victimes est insignifiant par rapport aux pertes dues à des causes naturelles. Il faudrait éviter d'installer des éoliennes dans les zones d'habitat des espèces protégées ou prendre des mesures compensatoires afin de préserver ces dernières;
- bruit et infrason: le bruit peut nuire au bien-être, raison pour laquelle les éoliennes doivent se conformer aux prescriptions de l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) concernant les installations industrielles. Une étude à grande échelle menée en 2012 par le service de la santé de l'état du Massachusetts (USA) démontre que lorsque les valeurs limites sont respectées, on ne peut prouver que le bruit des éoliennes ait un quelconque effet négatif sur la santé des habitants;¹¹
- sécurité aérienne: à proximité des aéroports nationaux, la présence de grandes éoliennes peut poser problème au contrôle du trafic aérien (ATC) et aux systèmes d'atterrissage aux instruments (ILS). Des solutions techniques à ces problèmes existent déjà et sont mises en œuvre, mais les coûts engendrés sont importants. De plus, les installations éoliennes de grande taille représentent des obstacles à la navigation aérienne dans la zone de 100 à 200 m au-dessus du sol et leur visibilité doit donc être assurée (couleur et signalisation lumineuse la nuit).

¹¹ MassDEP 2012



2.2.3 Biomasse

Comme ressource indigène et agent énergétique produisant peu de CO₂, la biomasse est un atout pour la sécurité d'approvisionnement, pour les efforts en faveur des objectifs énergétiques et climatiques de la Suisse ainsi que pour la création de valeur au niveau régional. Elle se distingue également par la variété des formes d'énergie qui en découlent (électricité, chaleur, carburant) et par les synergies possibles (avec l'agriculture ou avec l'élimination des déchets, p.ex.). Cependant, les potentiels indigènes d'utilisation énergétique de la biomasse sont limités et sa densité énergétique relativement basse. Les équipements nécessaires requièrent d'importants capitaux et leur exploitation est fortement tributaire des coûts de la matière première et du combustible. A ces faiblesses s'ajoutent des effets parfois négatifs pour l'environnement (p. ex. rejets). L'utilisation énergétique de biomasse ne doit pas se traduire, ni en Suisse ni à l'étranger, par une pression, directe ou indirecte, à réduire la production alimentaire ou la diversité biologique. En Suisse, le taux d'auto-approvisionnement en denrées alimentaires est d'environ 56%.¹² On utilisera donc avant tout les déchets biogènes, les engrais de ferme et les résidus de la production agricole et forestière.

Dans le domaine de l'**énergie du bois**, une extension de 2 millions de m³ de bois-énergie, ou 2'000 GWh d'énergie utile environ, est possible (en 2010: 4,2 millions de m³ = 7'300 GWh de chaleur, 300 GWh d'électricité; potentiel de bois-énergie d'environ 6,3 millions de m³ = 10'000 GWh). Dans le domaine des **autres sources de biomasse** (non boisée), il existe des potentiels non utilisés dans l'agriculture (résidus de récolte, engrais de ferme). La faible densité énergétique de l'engrais représente toutefois un défi pour son utilisation énergétique. Pour bénéficier d'une exploitation économique, les installations nécessitent la plupart du temps des cosubstrats riches en énergie dont la disponibilité n'est pas garantie en quantités suffisantes et à une distance raisonnable. En outre, le nombre croissant d'installations a soulevé la question de l'acceptation (émissions olfactives). Les autorités délivrant les autorisations n'ont pas toutes une réaction identique face à ce problème et les conditions posées en la matière divergent donc d'un canton à l'autre.

2.2.4 UIOM

La Suisse produit environ 5,5 millions de tonnes de **déchets urbains**. Tandis que 50% de cette masse est recyclée, l'autre moitié est incinérée dans les UIOM. 3,6 millions de tonnes de déchets contenant quelque 11'500 GWh d'énergie y sont ainsi traités. Après déduction de la consommation de l'UIOM de 930 GWh, on obtient environ 1'400 GWh de production de courant et 2'800 GWh de production de chaleur. Le tri des déchets, qui a prouvé son efficacité et continue de se développer, permet d'utiliser les déchets organiques de manière optimale, tant pour produire de la matière (compost, engrais) que de l'énergie (biogaz, courant/chaleur).

2.2.5 Géothermie

A l'heure actuelle, les chances de succès des projets visant à produire du courant d'origine géothermique sont relativement faibles. Les coûts d'exploration (forage et tests) s'élèvent généralement à plusieurs dizaines de millions de francs. La combinaison de ces deux facteurs constitue un obstacle de taille pour les investisseurs.

Afin de diminuer les risques de forage sans résultats, il faudrait mieux connaître le sous-sol et acquérir de l'expérience dans l'aménagement des réservoirs (naturels ou artificiels). Les coûts d'exploration pourraient quant à eux être réduits en réalisant davantage de forages. Une forte augmentation du nombre de projets de géothermie mis en œuvre par rapport à leur quantité actuelle permettrait d'obtenir ces deux effets, mais les facteurs cités en introduction s'y opposent.

Les séismes provoqués par le projet bâlois Deep Heat Mining en décembre 2006 ont eu un écho médiatique important mettant en avant les risques de la géothermie profonde. En revanche, le projet actuellement en cours à Saint-Gall bénéficie de l'appui de la population de la ville. On peut également

¹² OFAG 2011



argumenter que le creusement de tunnels ou l'exploitation de barrages déclenchent eux aussi des tremblements de terre. L'avenir dira si cet « effet secondaire » constitue un obstacle à la construction d'installations géothermiques.

2.2.6 Force hydraulique

En ce qui concerne la détermination du potentiel de développement de la force hydraulique, l'OFEN a réalisé une analyse de potentiel dans le cadre des travaux pour la Stratégie énergétique 2050 avec l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), les cantons, les associations d'intérêts de l'utilisation et de la protection ainsi que la branche de l'électricité. Le potentiel de développement a été estimé à l'aide de deux scénarios. Il fallait d'une part montrer dans quelle mesure la production électrique annuelle par la force hydraulique indigène peut être accrue d'ici à 2050 dans les conditions-cadre légales, économiques et sociétales actuelles. Ce potentiel estimé « dans les conditions d'utilisation actuelles » a été comparé au potentiel attendu « dans des conditions d'utilisation optimisées ». En estimant le potentiel dans des conditions d'utilisation optimisées, une modification de la législation actuelle relative à la protection de l'environnement et des eaux a aussi été exclue. Une adaptation des conditions-cadre économiques et sociétales est par contre requise afin de pouvoir poursuivre le développement de la force hydraulique. Concrètement, cela signifie que la société doit accepter massivement la nécessité d'augmenter la production électrique issue de la force hydraulique. Pour ce faire, la Confédération, les cantons et les communes doivent prendre clairement position en faveur de l'utilisation de la force hydraulique indigène. Il s'agit en fait de donner davantage de poids à la force hydraulique lorsque l'on place tous les intérêts dans la balance. L'étude mentionnée ci-dessus a révélé les potentiels de développement suivants:

Tab. 4 Total du potentiel de la force hydraulique en GWh/a¹³

	Conditions d'utilisation actuelles	Conditions d'utilisation optimisées
Nouvelles constructions pour la grande hydraulique	770	1430
Petite hydraulique	1290	1600
Aménagements, transformations et extensions de la grande hydraulique	870	1530
Impact de la LEaux	- 1400	- 1400
Potentiel total de la force hydraulique	1530	3160

La force hydraulique recèle donc en Suisse un potentiel de développement compris entre **1,53 TWh** et **3,16 TWh** par an d'ici à 2050. L'estimation a également intégré l'évaluation des effets du changement climatique. Selon une étude datant de 2011, les effets positifs et négatifs de ce facteur sur l'utilisation de la force hydraulique se compensent plus ou moins.¹⁴ Dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050, la force hydroélectrique joue un rôle important. Avec une optimisation des conditions-cadre, sans modifications aux lois sur l'environnement ni sur la protection des eaux, l'OFEN vise un potentiel de construction de 3,2 TWh annuels d'ici 2050.

¹³ OFEN 2012b

¹⁴ Hänggi et al. 2011



3. Conclusions

Depuis 2006, le potentiel des énergies renouvelables a été de mieux en mieux exploité. Ceci se constate pour tous les agents énergétiques renouvelables, bien que dans des proportions différentes. La perspective de percevoir des fonds au titre de la RPC pour les installations construites à partir du 1^{er} janvier 2006 a induit un développement plus marqué de la production électrique issue du bois, du biogaz, de l'énergie solaire et de l'énergie éolienne. Cette tendance se poursuit, surtout pour le photovoltaïque, depuis l'entrée en vigueur de la RPC au 1^{er} janvier 2009.

Les travaux réalisés en 2011 sur les Perspectives énergétiques montrent que l'énergie solaire, l'énergie éolienne, la force hydraulique et la géothermie disposent d'un important potentiel futur. Divers facteurs entravent l'exploitation de ce potentiel. D'un côté, le « succès » même de la RPC, qui a entraîné une interruption des décisions et une liste d'attente toujours plus longue, n'y est pas étranger. Par ailleurs, la réalisation des projets est également freinée par les procédures d'autorisation et, dans certains cas, par le manque d'acceptation sociale. Diverses mesures sont élaborées dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050 en vue de réduire ces obstacles et d'exploiter réellement le potentiel important des énergies renouvelables pour la production d'électricité. Elles font partie intégrante du projet qui sera envoyé en consultation cet automne.



4. Eléments bibliographiques

AIE (2002). Potential for Building Integrated PV, Report IEA-PVPS.

Hänggi, Pascal; Weingartner, Rolf; Balmer, Markus (2011). Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung in der Schweiz 2021-2050 – Hochrechnung. In: Wasser Energie Luft, 103. Jahrgang, 2011, Heft 4, p. 300-307.

MassDEP (2012): Wind Turbine Health Impact Study: Report of Independent Expert Panel.

OFAG (2011), Rapport agricole 2011.

OFEN (2012a), Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien, éd. 2011, ébauche.

OFEN (2012b), Wasserkraftpotenzial der Schweiz. Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung im Rahmen der Energiestrategie 2050.

OFEN (2011), Grundlagen für die Energiestrategie des Bundesrates.

OFEN (2007), Die Energieperspektiven 2035 – Band 5. Analyse und Bewertung des Elektrizitätsangebots.

OFEV (2012), Energiestrategie 2050, Berechnung der Energiepotenziale für Wind- und Sonnenenergie.



5. Annexe

Production électrique issue d'énergies renouvelables par domaines partiels (en GWh/a)¹⁵

Technologies	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Force hydraulique	30'675,0	37'851,0	42'261,0	36'513,0	36'445,0	35'117,0	32'759,0	32'557,0	36'373,0	37'559,0	37'136,0	37'450,0	33'795
Photovoltaïque	1,0	10,9	12,4	13,8	16,4	16,5	18,9	22,4	27,2	34,9	50,4	83,3	149,1
Eolien	0,0	3,0	4,0	5,4	5,2	6,3	8,4	15,3	16,0	18,5	22,6	36,6	70,1
Biomasse													
Chauffages automatiques au bois	0,0	3,2	2,7	1,9	2,3	2,2	2,0	2,0	43,8	82,0	105,6	84,4	146,6
Chauffages en partie au bois	5,7	10,5	11,1	20,4	25,0	26,9	30,6	42,0	48,5	49,4	48,8	52,5	45,6
Biogaz agricole	1,5	3,2	3,8	4,5	5,3	6,5	9,4	15,5	26,2	32,8	37,5	45,8	51,3
Total de la biomasse	7,2	16,9	17,6	26,9	32,6	35,6	42,0	59,5	118,5	164,2	191,8	182,7	243,5
Composés renouvelables de déchets													
UIOM	318,0	634,4	678,0	706,1	721,7	762,5	804,8	906,2	888,2	911,3	875,4	918,2	951,9
Combustion des déchets renouvelables	33,6	35,7	26,8	28,8	30,8	34,4	33,1	31,3	30,6	9,6	8,4	10,2	8,8
Gaz de décharge	20,4	44,3	39,2	31,8	28,5	19,3	15,2	9,6	6,8	5,3	6,1	4,0	4,1
Biogaz de l'industrie, des arts et des métiers	0,0	6,7	8,2	9,8	9,2	9,7	11,9	15,7	19,7	22,6	30,5	38,4	47,5
Total des composés renouvelables de déchets	372,0	721,1	752,3	776,5	790,2	825,9	865,0	962,8	945,4	948,8	920,4	970,8	1012,2
Stations d'épuration des eaux													
Installations à gaz d'épuration	58,0	92,7	104,0	103,9	105,7	106,9	107,0	110,7	112,9	114,1	114,9	118,7	120,9
Biogaz des eaux usées industrielles	0,6	2,1	1,7	2,2	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,8	5,9
Total des stations d'épuration des eaux	58,6	94,8	105,7	106,1	108,1	109,1	109,3	113,0	115,3	116,5	117,3	121,5	126,8
Total de la production électrique	31'113,8	38'697,6	43'153,0	37'441,6	37'397,5	36'110,4	33'802,6	33'730,0	37'595,5	38'841,9	38'438,5	38'844,9	35'396,7

¹⁵ OFEN 2012a