



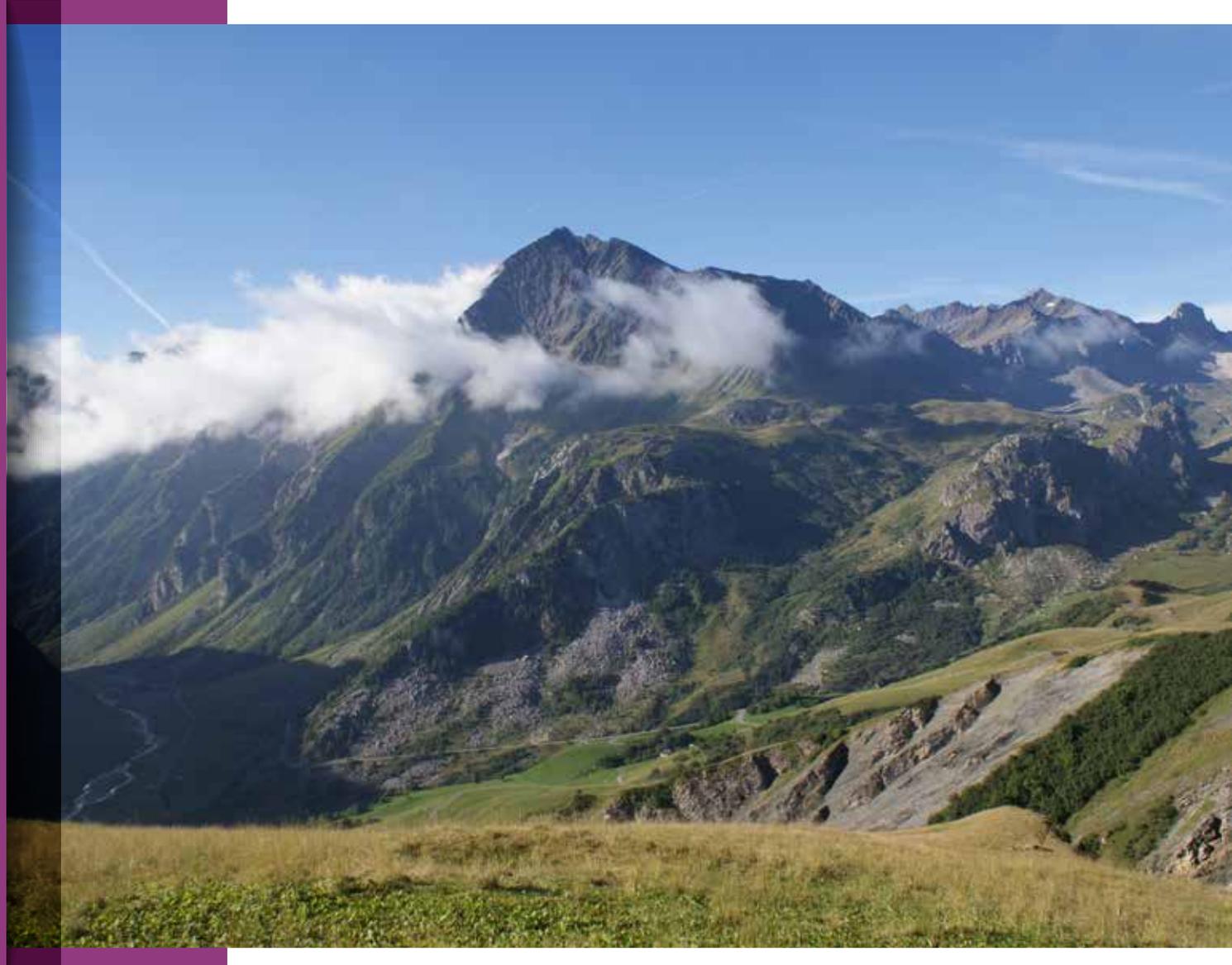
Les énergies  
renouvelables  
- VOLUME 1 -

# Les montagnes et la transition énergétique

---



Etat des lieux des utilisations des énergies renouvelables et  
enjeux de leur développement sur les territoires de montagne





**Rédaction :** Marion Péguin, sous la coordination de Sébastien Moncorps, directeur du Comité français de l'UICN, et de Michel Fourcade (Mountain Wilderness) puis Hélène Denis (FFCAM), présidents du groupe de travail « Montagne » du Comité français de l'UICN.

**Remerciements :** Le Comité français de l'UICN remercie particulièrement :

■ les membres du groupe de travail « Montagne » : Vincent Neirinck (Mountain Wilderness) - Alexandre Mignotte (CIPRA France) - Marc Maillot (FNE) - Jean-Christophe Poupet (WWF) - Johan Milian (UP8) - Laure Bourraqui-Sarre (ONF) – Jacques Poulou (FRAPNA),  
■ Justine Delangue et Aurélien Carré, du Comité français de l'UICN,  
pour les nombreuses contributions qu'ils ont apportées.

**Citation de l'ouvrage :** UICN France (2013). Les montagnes et la transition énergétique : Etat des lieux des utilisations des énergies renouvelables et enjeux de leur développement sur les territoires de montagne. Paris, France.

**Dépôt légal :** Octobre 2013

**Crédit photo de la couverture :** © Delangue

**ISBN** n° 978-2-918105-34-3

La reproduction à des fins non commerciales, notamment éducatives, est permise sans autorisation écrite à condition que la source soit dûment citée. La reproduction à des fins commerciales, et notamment en vue de la vente, est interdite sans permission écrite préalable du Comité français de l'UICN.

La présentation des documents et des termes géographiques utilisés dans cet ouvrage ne sont en aucun cas l'expression d'une opinion quelconque de la part du Comité français de l'UICN sur le statut juridique ou l'autorité de quelque Etat, territoire ou région, ou sur leurs frontières ou limites territoriales.

# Sommaire



Refuge du Goûter © Jourjon : le toit du refuge est équipé de capteurs solaires thermiques (fonctionnement du fondoir à neige et de l'eau chaude sanitaire)

• 3 •

<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>Les enjeux de protection</b>	<b>6</b>
Le maintien de la biodiversité .....	8
La protection des paysages.....	10
Les principales dispositions législatives concernant la biodiversité et les paysages .....	12
<b>Les énergies renouvelables en montagne : Etat des lieux et potentiels</b>	<b>14</b>
Le solaire .....	16
L'éolien .....	19
L'hydroélectricité.....	21
Les bioénergies .....	27
La géothermie.....	29
Les énergies renouvelables et le développement durable des territoires de montagne.....	30
<b>Evaluation des énergies renouvelables en montagne : Bilan et recommandations</b>	<b>32</b>
Le solaire .....	34
L'éolien .....	36
L'hydroélectricité.....	38
Les bioénergies .....	40
<b>CONCLUSION</b>	<b>42</b>

# INTRODUCTION



• 4 •

■ Les combustibles fossiles « conventionnels » (charbon, pétrole, gaz) ou « non conventionnels » (sables asphaltiques, schistes bitumineux, gaz de schiste) ainsi que l'énergie nucléaire, représentent actuellement plus de 80 % de l'énergie totale utilisée dans le monde (hors bois non commercialisé).

L'utilisation des énergies fossiles porte atteinte à l'environnement. En effet leur combustion contribue massivement au réchauffement climatique du fait du gaz carbonique émis et leur exploitation se caractérise souvent par des impacts lourds sur les écosystèmes.

L'énergie nucléaire, n'intervient que faiblement dans le réchauffement climatique, mais soulève des préoccupations importantes sur la question de la sécurité des centrales, de l'élimination des dé-

chets radioactifs et de sa dépendance vis-à-vis de la ressource en uranium. L'insécurité des approvisionnements en énergie fossile est, quant à elle, liée à la fois aux aléas géopolitiques des principaux pays fournisseurs et à l'épuisement (envisagé sur le long terme) des gisements.

En réponse à ce constat, les énergies renouvelables fournies par le soleil, le vent, les chutes d'eau, la croissance des végétaux, les marées ou encore la chaleur de la terre sont de plus en plus mobilisées pour assurer un rééquilibrage des modes de production, et ainsi une meilleure protection de l'environnement, en contribuant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Pour atteindre ce but, l'utilisation de ces énergies renouvelables doit être associée à des politiques d'économie d'énergie

centrées sur l'efficacité énergétique et sur une diminution de la consommation.

Outre la question de la quantité produite, se pose également la question du stockage et du réseau de distribution de ces énergies renouvelables.

La mise en œuvre des énergies renouvelables en montagne contribue également au développement durable des territoires concernés.

L'exploitation des énergies renouvelables doit prendre en compte la nécessité de protéger l'environnement. Cet aspect est déjà en partie intégré dans l'obligation de réaliser des études d'impact préalables. En effet, cette exploitation peut provoquer des impacts potentiels importants, comme le déboisement pour la production de bois, les atteintes aux écosystèmes et



© Delangue

• 5 •

aux espèces que certaines installations hydroélectriques entraînent, les dérangements causés par les éoliennes sur la faune et leur impact sur les paysages, et de manière plus générale, un processus de consommation d'espace.

Ces risques sont plus présents en montagne en raison de l'équilibre fragile des différents milieux soumis, non seulement aux effets du développement peu contrôlé de certaines activités et infrastructures (équipements routiers, sportifs et de loisirs par exemple), mais aussi et de plus en plus à ceux du réchauffement climatique.

Dans la présente synthèse sur les énergies renouvelables en montagne, le groupe montagne du Comité français de l'UICN a cherché à mieux définir les enjeux et les pratiques concernant la production de ces énergies et à en dresser

l'état des lieux, tout en émettant des recommandations quant à leur développement futur. Ce travail insiste notamment sur les potentialités que représentent ces énergies du point de vue du développement socioéconomique et surtout sur la nécessité de l'implication des territoires sur les problématiques environnementales spécifiques aux montagnes françaises de métropole.

Cette synthèse, fondée sur des références scientifiques et économiques fiables, s'efforce pour chacune des sources d'énergie étudiées (les énergies solaire, éolienne, hydroélectrique, biomasse et géothermie) d'en établir le bilan coûts / avantages compte tenu des enjeux de préservation de l'environnement montagnard, en particulier de la biodiversité et des paysages.

L'hydroélectricité fait l'objet d'un approfondissement plus important du fait des enjeux particuliers du développement de cette énergie concernant la biodiversité et les écosystèmes des territoires de montagne. ■



# Les enjeux de protection



# Le maintien de la biodiversité



© Piton

• 8 •

■ Les montagnes sont un réservoir de biodiversité. Il faut rappeler qu'à l'échelle planétaire elles abritent 25 % de la biodiversité terrestre connue et la moitié des « hotspots » (ou « points chauds de la biodiversité »)<sup>1</sup>, à savoir les 34 zones géographiques qui contiennent au moins 1 500 espèces végétales endémiques (au total, 50 % des plantes vasculaires mondiales) et accusent une perte d'au moins 70 % de leur habitat originel. La biodiversité montagnarde se caractérise essentiellement par l'endémisme des espèces et par la grande diversité des écosystèmes résultant de la variété des conditions auxquelles ils sont soumis. Leur composition varie en effet selon leur position dans les différents étages montagnards (leur altitude), dans les vallées, sur les versants ou sur les crêtes, selon leur exposition à l'ensoleillement, aux vents ou encore au régime des précipitations qu'ils reçoivent sous forme de pluie ou de neige. Ces conditions, en général très dures, rendent ces écosystèmes fragiles, sensibles aux perturbations et particulièrement vulnérables.

Cette vulnérabilité est encore accentuée par les phénomènes naturels ponctuant la « vie de la montagne » qui les frappent

régulièrement : avalanches, glissements de terrain, éboulements, et aussi par la pression permanente qu'exercent sur eux les agents d'érosion, ainsi que par les effets du réchauffement climatique de plus en plus intenses avec la latitude. Ainsi les montagnes tropicales connaissent-elles un rythme d'élévation des températures moins élevé que les montagnes tempérées ou subpolaires. A nos latitudes, c'est probablement dans les zones de montagne que les impacts du changement climatique sont, et seront, les plus directement perceptibles<sup>2</sup>. Ils s'observent aussi bien sur les espèces que sur les dynamiques géomorphologiques et hydrologiques (recul des glaciers, hydrologie modifiée, gélifraction, etc.).

Certaines études font état de la remontée des espèces forestières<sup>3-4-5</sup>, mais ce phénomène n'est pas exclusivement dû au changement climatique, la déprise agropastorale qui a touché de nombreuses montagnes métropolitaines jouant aussi un rôle très fort dans la fluctuation du niveau supérieur des forêts. D'après ces études scientifiques, un réchauffement de 3°C engendrerait un déplacement de 500 m en altitude des aires de distribution des espèces. Dans les Pyrénées,

l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique<sup>6</sup> rend compte d'une remontée de trois mètres par an dans les trente dernières années des espèces forestières, soit une centaine de mètres environ au total.

Dans les Alpes, les ceintures de végétation remontent et se contractent vers les sommets, réduisant en surface la végétation des étages alpin et nival, déjà fragile et souvent endémique (15 % d'espèces endémiques). Un rapport de l'Agence Européenne de l'Environnement rédigé en 2009<sup>7</sup> prévoit que, d'ici la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle, 60 % des espèces végétales montagnardes européennes seront menacées d'extinction ; elles ne seront plus capables de se déplacer assez vite pour retrouver des conditions climatiques qui leur soient identiquement favorables. Les versants exposés au Sud et les espaces de basse altitude verraient, quant à eux, des espèces méditerranéennes se substituer aux espèces collinéennes.

Enfin, les différentes vitesses respectives de migration des espèces arborées, arbustives et herbacées devraient conduire à un changement de la composition des communautés végétales et de

## // L'appauvrissement de la biodiversité en montagne, sous ses différentes formes, a également des conséquences indirectes sur les sociétés humaines

leurs relations avec les espèces animales interagissant avec elles. Cette montée, qui touche la majorité des plantes, est constatée quelle que soit l'altitude étudiée et leurs préférences mésologiques<sup>8</sup>. Cela met également en évidence le fait que les espèces sont affectées par le réchauffement climatique dans toute leur aire géographique de répartition et non pas seulement aux limites de celle-ci.

L'adaptation sera aussi difficile pour de nombreuses espèces animales dont le mode de vie dépend de ces milieux froids. C'est notamment le cas d'espèces qui vivent en haute altitude, comme les papillons Apollon ou le Lagopède alpin<sup>9</sup> (galliforme aussi nommé perdrix des neiges). Le réchauffement les pousse à quitter les massifs les plus bas et à migrer vers les sommets s'ils le peuvent, ce qui réduit leurs zones de répartition et, à terme, pourrait isoler les populations jusqu'à les faire disparaître<sup>10</sup>. L'élévation des températures moyennes, qui renforce le rôle de refuge joué par les montagnes, ouvre également des zones à l'installation de nouvelles espèces, souvent introduites par l'homme<sup>11</sup>. Ce changement engendre aussi une recrudescence des phénomènes fortement perturbateurs comme les feux de forêts.

La diversité des milieux montagnards résultant de la mécanique complexe des facteurs physiques impliqués, favorise un endémisme<sup>12</sup> élevé. Celui-ci n'est toutefois pas très fort en France métropolitaine en raison de la position de carrefour biogéographique du pays et du rôle de corridors joué par les massifs. L'homme intervient depuis longtemps sur les milieux montagnards métropolitains, et ce sont en partie ses activités qui en ont façonné la biodiversité spécifique et écosystémique qu'on y rencontre. Il les perturbe cependant par ses pratiques (défrichements, mises en culture, exploitations pastorales et forestières) mais surtout par les aménagements à lourds impacts tels ceux des grands barrages hydroélectriques, des infrastructures de transports (routes, autoroutes, réseaux énergétiques) ou des équipements créés pour le tourisme de masse, notamment hivernal, pour la pratique du ski alpin. Cette activité a entraîné plus particulièrement une forte expansion de l'emprise spatiale des infrastructures urbaines en montagne (construction immobilière et remontées

mécaniques, transformation des terrains avec le remodelage des pistes, modification du régime hydrologique des torrents par l'imperméabilisation des terrains, stockage de l'eau pour la fabrication de neige artificielle...) dans des lieux et à des altitudes qui n'étaient pas ou quasiment pas construits auparavant.

Cette artificialisation d'une partie de la montagne a atteint en beaucoup d'endroits des seuils alarmants, notamment dans les massifs alpins et pyrénéens, y menaçant localement le maintien de la biodiversité (flore et faune). Cette biodiversité est indispensable à l'équilibre naturel de la montagne, elle fournit notamment des services écologiques aux populations vivant en montagne et à celles habitant à l'extérieur des massifs, que ce soit dans les vallées ou les villes situées à leur périphérie<sup>13</sup>.

L'appauvrissement de la biodiversité en montagne, sous ses différentes formes, a également des conséquences indirectes sur les sociétés humaines, telles la déstabilisation des versants (érosion, éboulements, avalanches), la raréfaction de certaines ressources et la diminution de certains services de régulation comme le rôle de filtration des eaux.

L'installation des équipements et des aménagements destinés à produire des énergies renouvelables doit donc se faire sans apporter de nouvelles atteintes à une biodiversité déjà trop menacée. De même, la mobilisation des ressources utiles à la production d'énergies renouvelables ne doit pas susciter de pratiques néfastes à la biodiversité, ni perturber les services écologiques fournis par les écosystèmes de montagne. Par exemple, la recherche d'une optimisation des potentiels de production en bois-énergie ne devra pas encourager la substitution massive des essences allogènes aux essences locales.

Les effets de l'implantation d'équipements doivent en conséquence être étudiés à long terme, notamment lors de la réalisation des études d'impact. ■

1 Norman Myers, Russell A. Mittermeier, Cristina G. Mittermeier, Gustavo A. B. da Fonseca & Jennifer Kent, (2000) "Biodiversity hotspots for conservation priorities". *Nature*, vol. 403, pp. 853-858.

2 Réseau Action Climat / France Nature Environnement / WWF France / Ligue pour la Protection des Oiseaux / Greenpeace (Ouvrage collectif), (2005) *Changement climatique : la nature menacée en France ?*

3 ONERC (octobre 2008), *Changement climatique dans les Alpes : Impacts et risques naturels*, Rapport technique n°1, 100p.

4 Convention alpine (2006), *Changement du climat dans l'espace alpin, Effets et défi*, 48p.

5 Duquesne C. (2008), *Observatoire Pyrénéen des effets du réchauffement climatique*, APEM, 60p.

6 Site de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique : [www.opcc-ctp.org](http://www.opcc-ctp.org)

7 European Environment Agency (2009), *Progress toward the European 2010 biodiversity target*, EEA Report, N°4, 52p.

8 La mésologie est la science ayant pour objet l'étude des réactions réciproques de l'organisme et du milieu.

9 *Changement climatique : la nature menacée en France ?*, *Ibid.*

10 La notion de fragmentation des écosystèmes englobe tout phénomène artificiel de morcellement de l'espace, qui peut empêcher une ou plusieurs espèces vivantes de se déplacer comme elles le devraient et le pourraient en l'absence de facteur de fragmentation.

11 Convention alpine (2006), *Changement du climat dans l'espace alpin, Effets et défi*, 48p.

12 Caractère de la faune et de la flore d'un territoire lorsqu'elles comportent une forte proportion d'espèces propres à ce territoire (dictionnaire Larousse).

13 UICN France (2012). *Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France – volume 1 : contexte et enjeux*. Paris, France.

# La protection des paysages



© Rodriguez

• 10 •

■ Les paysages de montagne constituent, au même titre que la biodiversité, une valeur à protéger. Il n'est pas pour autant facile de définir cette valeur dans la mesure où les paysages ne sont pas figés, mais se caractérisent par leur constante évolution résultant notamment des diverses formes d'occupation de l'espace par les activités humaines.

Les paysages ont en effet été façonnés par l'homme, en montagne jusqu'à l'étage nival. Comme l'écrit Bernard Fischesser, auteur de la *Vie de la Montagne*<sup>14</sup>, « *c'est une formidable naturalité remaniée par les gestes omniprésents et opiniâtres de ceux qui l'ont exploitée. L'homme s'y est inséré, d'abord dans le respect des logiques naturelles, puis beaucoup plus brutalement par la suite* ».

Cette empreinte de l'homme sur la nature en montagne, qui a évolué dans le temps, signifie-t-elle que les paysages et la représentation que nous en avons ne sont que des images instantanées ? Comme le précise le géographe Henri Rougier « *tout ce que l'on observe aujourd'hui n'est pas ce que l'on percevait hier et n'est pas ce que l'on verra demain* ».

On pourrait donc objecter aux protecteurs des paysages que la vision qu'ils en ont ne constitue pas une valeur intrinsèque, mais une valeur subjective « passagère », fruit de la culture de leur époque et des représentations sociales, donc susceptible d'évoluer dans le futur et/ou à terme d'être remplacée par une autre.

Cette opinion n'est pourtant pas satisfaisante car elle ne prend pas en compte la donnée permanente, fondamentale, de la relation entre l'homme et la nature. Cette relation inclut le rapport avec le paysage « naturel » c'est à dire celui que l'homme n'a pas complètement transformé, mais dans lequel il inscrit son empreinte. Elle ne tient pas compte non plus des formidables progrès techniques du XX<sup>ème</sup> siècle, qui rendent extrêmement faciles et rapides des modifications inimaginables auparavant, pour la plupart irréversibles.

Cette vision de la nature au travers des paysages a été identifiée dès le XVI<sup>ème</sup> siècle par les peintres de la Renaissance Italienne qui, comme Annibal Carrache, créent un nouveau type de peinture montrant une nature harmonieusement structurée à l'origine du paysage idéal. Deux siècles plus tard Diderot déclarait que

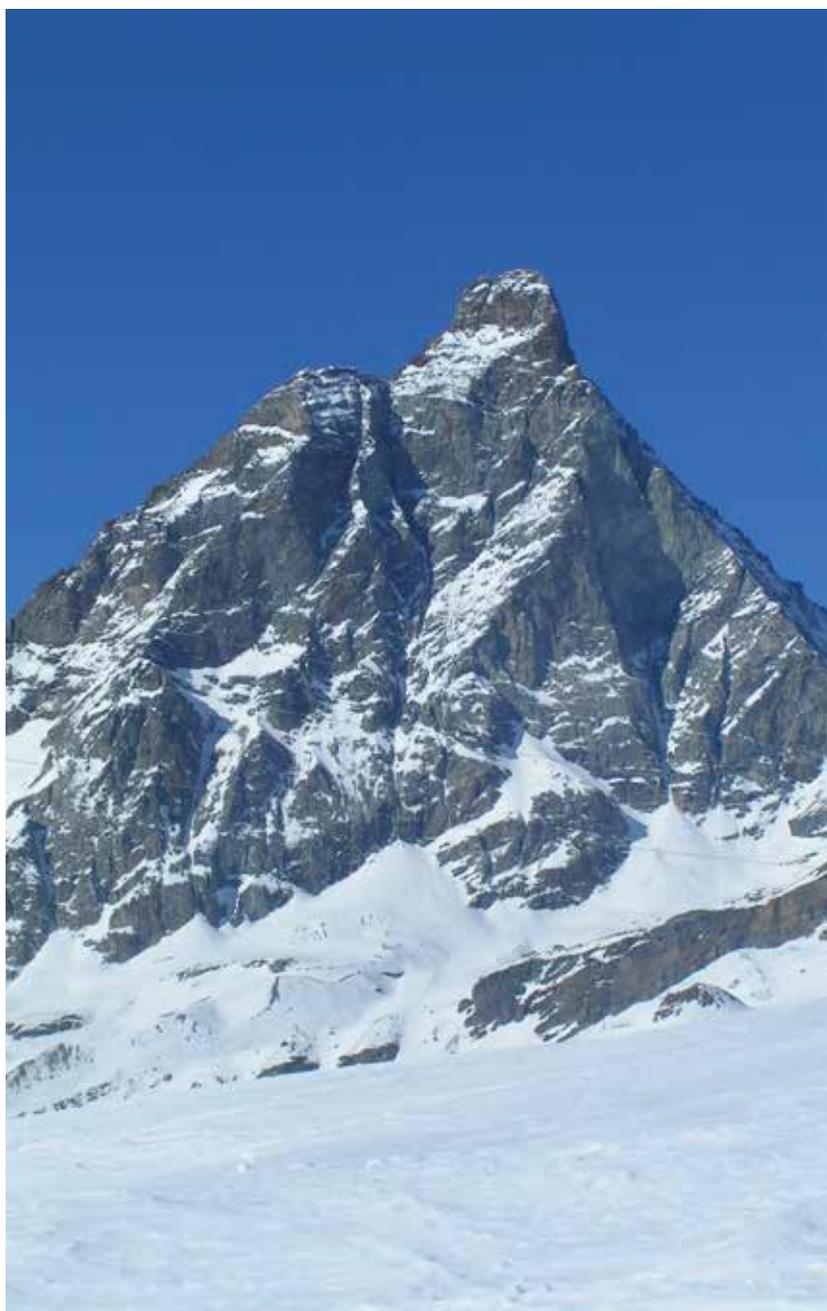
« *les citadins accrochaient des tableaux dans leurs salons pour se consoler de la perte de la nature* ». Le paysage véhicule toujours aujourd'hui, pour les hommes, les notions de beauté, d'harmonie et l'idée de bien être, de plaisir et de rêve.

La montagne, plus que tout autre « décor », répond à cette demande d'harmonie, de beauté et de bien-être. Le « *Royaume des hautes terres* » constitue bien à cet égard le « *capital de beauté* », décrit par le géographe Paul Veyret<sup>15</sup>, dont les hommes ont besoin physiquement et spirituellement. Cette appropriation du paysage naturel n'est pas seulement motivée par le désir de nos contemporains de retrouver, dans la contemplation de la nature, l'apaisement qu'ils recherchent par rapport au stress de leur vie quotidienne, mais aussi par celui de s'inscrire dans l'histoire qui a façonné ces paysages. Mémoire et paysages sont en effet intimement liés. Comme l'a montré Simon Schama dans son œuvre « *Le paysage et la mémoire*<sup>16</sup> », « *à travers le paysage on voit le mythe, se voient surtout les perceptions des hommes et les discontinuités de leur histoire (...) c'est un long voyage à travers les pays et les cultures, les temps et les espaces, selon un découpage or-*

*ganisé autour de matières : le bois, l'eau, le roc, qui façonnent des visions culturelles allant s'enraciner dans la mémoire des peuples s'enrichissant mutuellement pour constituer notre présent ». Pour la montagne : « monter, faire son salut par les cimes, mettre des croix en haut des sommets ; tout appartient à l'éternité des mythes et des rêves ».*

Cette attention au paysage se réfère aussi à l'empreinte humaine qui a façonné les

paysages des montagnes habitées. Ce sont des environnements où, du temps des sociétés agrosylvopastorales, les hommes ont travaillé avec les éléments naturels pour créer une mosaïque. Parce qu'elle constitue, elle aussi, un patrimoine, l'agro-biodiversité présente dans les zones de montagne et la diversité des formes paysagères qui lui est associée constitue un des éléments à prendre en compte pour le développement des énergies renouvelables. ■



© Wiesweg

“ Tout ce que l'on observe aujourd'hui n'est pas ce que l'on percevait hier et n'est pas ce que l'on verra demain...”

- 14 Fischesser B. (2009), *la Vie de la Montagne*
- 15 Veyret P. (2003), *France, milieux physiques et environnement*, Armand Colin.
- 16 Schama S. (1999), *Le paysage et la mémoire*. Paris, Seuil (traduction de « *Landscape and Memory* », 1995)

# Les principales dispositions législatives concernant la biodiversité et les paysages



© Peguin

• 12 •

■ Ces « valeurs » de la biodiversité et des paysages, non exclusives à la montagne, ont été reconnues par le législateur aussi bien au niveau national qu'international. Nous rappelons ici les principaux textes liés à la protection des paysages et de la biodiversité en montagne.

## Au niveau européen

Le **Conseil de l'Europe**, dans sa « Convention européenne du paysage » adoptée en 2000, note « que le paysage, en tant qu'élément complexe de l'environnement, assume d'importantes fonctions d'intérêt général, sur les plans culturel, écologique, social et économique, contribuant ainsi à l'épanouissement des hommes ». Cette convention constitue le premier traité international entièrement consacré aux paysages.

L'**Union Européenne**, a inclus la notion de protection des paysages dans les directives européennes traitant de l'environ-

nement, notamment en ce qui concerne les études d'impact, avec sa directive 85/337/CEE du 27/06/1985 modifiée par la directive 97/11/CEE du 03/03/1997 puis 2011/92/UE du 13/12/11, sur « l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement » et la protection des espèces et habitats (Directives Oiseaux et Habitats).

La **Convention Alpine**, dans son « Protocole sur la protection de la nature et entretien des paysages », fixe, dans son article 1<sup>er</sup>, l'objectif de ce protocole qui est de « *convenir de règles internationales en vue d'assurer la protection, la gestion et si nécessaire, la restauration de la nature et des paysages...* ».

## Au niveau national

La « loi Montagne » de 1985 annonçait dans son article 1<sup>er</sup> : « une politique spécifique de développement, d'aménagement et de protection. [...] la politique de la

montagne comporte en particulier : [...] la protection des équilibres biologiques et écologiques, la préservation des sites et des paysages [...] ».

Mais cet article a été modifié par la loi du 23 février 2005 relative au développement des territoires ruraux. Il est aujourd'hui ainsi rédigé :

« La République française reconnaît la montagne comme un ensemble de territoires dont le développement équitable et durable constitue un objectif d'intérêt national en raison de leur rôle économique, social, environnemental, paysager, sanitaire et culturel. Le développement équitable et durable de la montagne s'entend comme une dynamique de progrès initiée, portée et maîtrisée par les populations de montagne et appuyée par la collectivité nationale, qui doit permettre à ces territoires d'accéder à des niveaux et conditions de vie comparables à ceux des autres régions et offrir à la société

des services, produits, espaces, ressources naturelles de haute qualité. Elle doit permettre également à la société montagnarde d'évoluer sans rupture brutale avec son passé et ses traditions en conservant et en renouvelant sa culture et son identité.

L'Etat et les collectivités publiques apportent leur concours aux populations de montagne pour mettre en œuvre ce processus de développement équitable et durable **en encourageant notamment les évolutions suivantes :**

- › faciliter l'exercice de nouvelles responsabilités par les collectivités et les organisations montagnardes dans la définition et la mise en œuvre de la politique de la montagne et des politiques de massifs ;
- › engager l'économie de la montagne dans des politiques de qualité, de maîtrise de filière, de développement de la valeur ajoutée et rechercher toutes les possibilités de diversification ;
- › **participer à la protection des espaces naturels et des paysages** et promouvoir le patrimoine culturel ainsi que la réhabilitation du bâti existant ;
- › **assurer une meilleure maîtrise de la gestion et de l'utilisation de l'espace montagnard** par les populations et collectivités de montagne ;
- › réévaluer le niveau des services en montagne, assurer leur pérennité et leur proximité par une généralisation de la contractualisation des obligations.»

La politique de la montagne se décline dans différents codes (urbanisme, environnement, etc.) qui ont été pour beaucoup d'entre eux, modifiés et/ou complétés à la suite du Grenelle de l'environnement (Loi de programmation Grenelle 1 n° 2009-967 du 3 août 2009 relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, Loi Grenelle 2 n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement), même si ces textes ne sont pas spécifiques à la montagne.

La « loi Paysage » de 1993 sur la protection et la mise en valeur des paysages, bien qu'elle ne définisse pas clairement le terme « paysage », modifie à la fois le code rural, celui de l'urbanisme, de l'environnement et le code des communes, en faveur de sa protection et de sa gestion. Cette loi a été complétée en 2000

par la création du « Conseil National du Paysage » (ce conseil a organisé en 2009 un atelier sur les « Paysages et énergies renouvelables »).

Plus largement, la loi de 1976 relative à la protection de la nature indique que « la protection des espaces naturels et des paysages, la préservation des espèces animales et végétales, le maintien des équilibres biologiques auxquels ils participent et la protection des ressources naturelles contre toutes les causes de dégradation qui les menacent sont d'intérêt général ». Cette loi est notamment à l'origine de la réglementation pour la protection des espèces de faune et de flore, des réserves naturelles et des études d'impact environnemental. Sur ce dernier point, il est à noter l'importance du décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements, comprenant les installations hydroélectriques (puissance maximale brute<sup>17</sup> > 500 kW) et solaires sur le sol (puissance de crête<sup>18</sup> > 250 kWc). Les installations éoliennes (hauteur > 50 m) sont catégorisées comme des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) par le décret 2011-984 du 23 août 2011, nécessitant une étude d'impact spécifique.

Des éléments complémentaires peuvent être consultés auprès du Groupe de travail sur le cadrage des études d'impact en montagne (2010), mis en place au sein de la DREAL Rhône-Alpes<sup>19</sup>, du Groupe de travail « Études d'impact, évaluation » du Grenelle de l'environnement (2009), ainsi que du Manuel de formation sur l'Etude d'Impact Environnemental (EIE) rédigé par l'Institute of Environmental Management and Assessment Centre for Environmental Assessment and Management, Royaume-Uni (Barry Sadler et Karl Fuller, 2000).

Les paysages, comme la biodiversité en montagne, constituent donc bien des valeurs reconnues, à préserver et à protéger. Cette nécessaire et indispensable protection est ainsi prise en compte dans les études d'impact auxquelles sont soumises les installations d'énergie renouvelable en montagne, en vertu des dispositions légales en vigueur, se référant aux critères d'harmonie et d'équilibre qui sont l'essence de cette protection. Ces études d'impact constituent un outil clé pour la préservation des paysages. ■

Les paysages comme la biodiversité en montagne constituent donc bien des valeurs reconnues, à préserver et à protéger.

<sup>17</sup> Point technique : elle se calcule (exprimée en kW) comme le produit de l'accélération de la pesanteur terrestre (9.81m/s<sup>2</sup>) par le débit du cours d'eau (exprimé en m<sup>3</sup>/s) encore multiplié par la différence entre la hauteur de prélèvement et la hauteur de restitution.

<sup>18</sup> Point technique : il s'agit de la puissance maximale, qui n'est atteinte que lorsque les conditions sont optimales (panneaux propres, rayons incidents verticaux, etc.)

<sup>19</sup> Lien : [http://www.rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Etude-impact-en-montagne-\\_Web\\_cle0855a9.pdf](http://www.rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Etude-impact-en-montagne-_Web_cle0855a9.pdf)



# Les énergies renouvelables en montagne : Etat des lieux et potentiels

• 14 •



Dans le contexte de la « transition énergétique » combinant la recherche et la valorisation de sources d'énergies non carbonées avec l'utilisation plus sobre et plus efficace de ces énergies, la fonction de « fabrique » énergétique des montagnes est probablement appelée à connaître un nouvel essor. Les zones de montagne, recelant d'importants gisements et de forts potentiels de développement pour certaines énergies renouvelables, présentent un contexte privilégié pour des initiatives de réduction de la consommation énergétique et la substitution entre les différents types d'énergies. Les spécificités des territoires de montagne (compartimentage, isolement de certaines zones habitées, fragmentation des flux) peuvent, en effet, être mises à profit pour encourager des démarches d'autonomie énergétique, réduire les impacts de l'accès à l'énergie (proximité de la ressource) et donc bénéficier des énergies renouvelables disponibles sur place.

Rappelons d'abord quelles sont les énergies renouvelables disponibles en montagne pouvant contribuer au développement durable des territoires, en précisant l'état actuel de leur exploitation.

## Le solaire



© Milian

■ L'ensoleillement constitue une richesse naturelle importante en montagne, où l'énergie reçue peut parfois dépasser 1 700 kWh / m<sup>2</sup> / an dans les Alpes, en Corse et dans les Pyrénées. A titre de comparaison, l'énergie solaire reçue à Paris est de 1 300 kWh / m<sup>2</sup> / an.

L'énergie du rayonnement solaire reçue en France est importante : elle représente

plus de 200 fois les quantités d'énergie primaire utilisées dans le pays. L'utilisation de cette énergie solaire permet de diminuer les rejets dans l'atmosphère de gaz carbonique, principal responsable de l'effet de serre. Plusieurs procédés en permettent l'utilisation : conversion en chaleur basse température (chauffage et eau chaude sanitaire des bâtiments), conversion en chaleur haute température

(applications industrielles) ou conversion en électricité, notamment avec des cellules photovoltaïques.

“ L'énergie du rayonnement solaire reçue en France est importante : elle représente plus de 200 fois les quantités d'énergie primaire utilisées dans le pays.

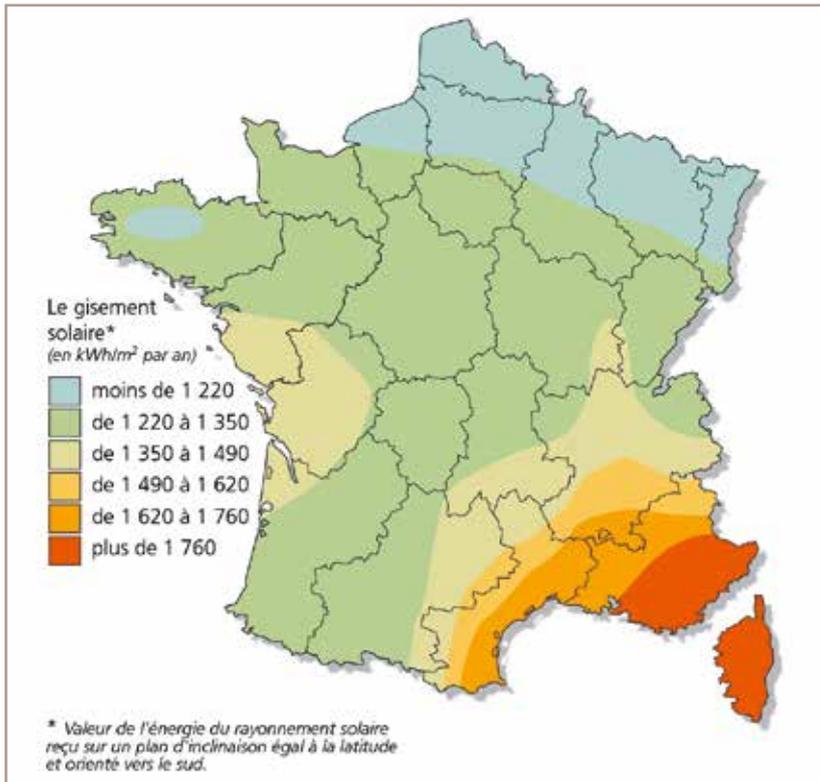


Figure 1<sup>20</sup> : Moyennes annuelles de l'énergie reçue sur une surface orientée vers le sud et inclinée d'un angle égal à la latitude (en kWh/m<sup>2</sup>/an)

## Le solaire thermique

### INDIVIDUEL

Les dispositifs d'utilisation peuvent être passifs (architecture bioclimatique) ou actifs : des capteurs solaires situés sur les toits transforment le rayonnement solaire en chaleur, servant à chauffer de l'eau pour un usage domestique, ou pour alimenter des radiateurs ou des planchers chauffants. Les pompes à chaleur, qui transfèrent au moyen d'un fluide caloporteur la chaleur accumulée dans les sols provenant du rayonnement solaire, en sont aussi une application. Des fours solaires individuels sont également utilisés dans les régions isolées.

### LES CENTRALES SOLAIRES THERMODYNAMIQUES <sup>21</sup>

Il en existe 4 types principaux, dont le fonctionnement le plus répandu constitue à chauffer un fluide caloporteur, chauffant à son tour de l'eau pour alimenter une chaudière à vapeur, puis un alternateur. La centrale à tour est constituée d'un ensemble d'héliostats (capteurs solaires réfléchissants) et d'une tour vers laquelle

les héliostats concentrent les rayons solaires pour chauffer le fluide. La centrale à capteurs cylindro-paraboliques ne possède pas de tour, le liquide calorifique circule dans un tube passant sur la droite focale du miroir, là où les rayons solaires réfléchis convergent. La centrale à capteurs paraboliques utilise le même principe, seulement chaque capteur est une mini-centrale autonome, utilisant un moteur convertissant la chaleur en énergie mécanique puis électrique. Une nouvelle technologie permet d'utiliser des capteurs plats, moins chers. Il existe aussi des tours solaires, qui canalisent de l'air chauffé par effet de serre dans un vaste collecteur.

## Le solaire photovoltaïque

### INDIVIDUEL

Les panneaux photovoltaïques permettent de produire directement de l'électricité, grâce à des matériaux semi-conducteurs. La puissance moyenne des installations pour les particuliers est de l'ordre de 3kWc (kilowatt crête). C'est un système d'autant plus intéressant en montagne que l'ensoleillement est important.

<sup>20</sup> ADEME (Mai 2010), Guide : Devenez producteur d'énergie, l'électricité solaire photovoltaïque

<sup>21</sup> <http://www2.ademe.fr>

Certains projets développés en montagne ont par ailleurs montré une production qui augmentait l'hiver avec la neige, du fait de la réflexion.

L'utilisation de cette source d'énergie peut se faire de deux manières :

- › **Les systèmes raccordés** : Les panneaux photovoltaïques sont directement raccordés au réseau, l'électricité est alors revendue au distributeur concerné en fonction de la consommation du producteur.
- › **Les systèmes autonomes** : Les panneaux photovoltaïques ne sont pas reliés au réseau et la production est consommée sur place (par exemple dans un refuge de montagne).

### LES CENTRALES<sup>22</sup>

Ce dispositif consiste en l'installation de panneaux photovoltaïques sur de grandes surfaces. Les champs photovoltaïques sont implantés sur des surfaces de sol nu, mais il est aussi possible d'installer des centrales photovoltaïques sur des toitures. La plus grande installation en France est la ferme des Mées (Alpes de Haute Provence), qui s'étend sur 70 hectares et produit 50 GW/an, soit l'alimentation de 83 000 personnes (hors chauffage). Il existe un projet de champ photovoltaïque en montagne, dans le Lu-

béron, qui s'étendrait sur près de 300 ha. Le recouvrement de toitures industrielles, agricoles ou publiques se développe également. Ces systèmes sont rentables dès 1 000 m<sup>2</sup> de surface et il existe des procédés de location de toitures par un producteur d'électricité.

### Potentialités de développement du solaire

Les atouts des systèmes solaires individuels pour l'utilisateur sont leur modularité, la valorisation de surfaces non utilisées (toiture) et le peu de maintenance qu'ils exigent. En revanche, un des problèmes liés à l'utilisation de la chaleur solaire ou du photovoltaïque tient au fait que les besoins sont maximaux pendant les périodes de faible insolation, ce qui conduit à surdimensionner les capteurs en fonction des besoins correspondant à ces périodes. Diverses techniques de stockage sont à l'étude et la combinaison entre chauffe-eau solaire, cellules photovoltaïques et pompe à chaleur peut être avantageuse.

Leur faiblesse reste leur coût élevé ainsi que le recyclage des onduleurs (dispositif pour transformer un courant continu en courant alternatif), bien que leur durée de vie dépasse 20 ans (80 % de puissance initiale maintenue après 20 ans d'utilisation). L'intégration en toiture reste une

étape délicate et toute construction neuve ou projet de travaux importants sur un bâtiment existant nécessite l'octroi préalable d'un permis de construire. Les documents locaux d'urbanisme donnent les règles et dispositions applicables (pentes de toit, aspect, couleurs, matériaux, etc.).

Les centrales sur terrain nu occupent de très vastes espaces, pour une production moindre, en proportion. A titre de comparaison, 30 grandes éoliennes peuvent produire autant d'électricité que la centrale solaire d'Andasol en Espagne (cette centrale occupe 510.000 m<sup>2</sup> au sol, tandis que 30 éoliennes en occuperaient 300 environ). De plus, l'installation de ce type de centrale nécessite de disposer de terrains relativement plats, ce qui n'est pas souvent le cas en montagne, hormis sur les zones de plateaux.

L'expérimentation de nouveaux dispositifs plus efficaces doit être développée pour répondre au défi de non-consommation supplémentaire d'espaces naturels. ■



# L'éolien

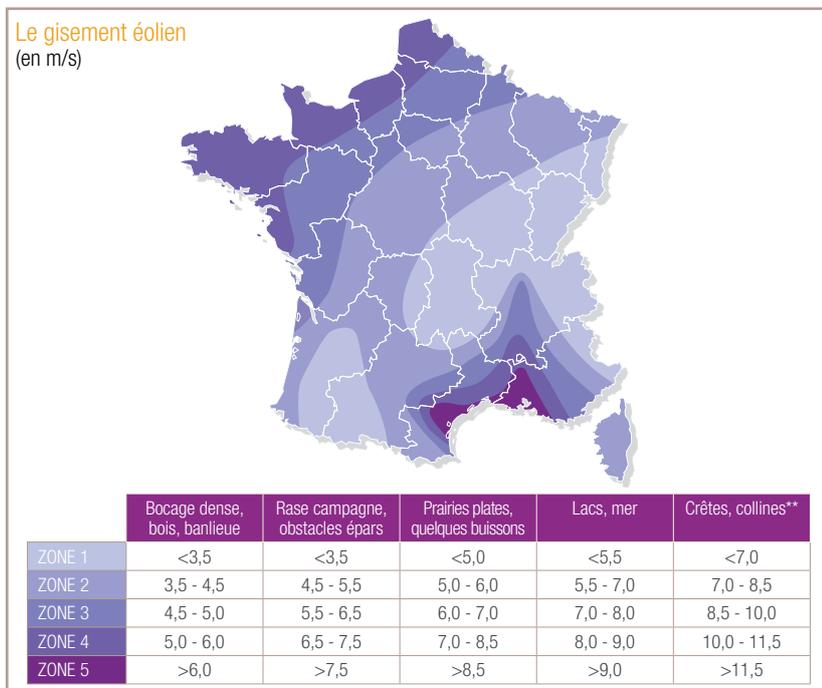


© Hennion

■ La vitesse moyenne du vent sur l'année est de 5,5 m/s en France, avec de nombreuses disparités. Les massifs métropolitains se situent majoritairement dans les zones où les vitesses de vent sont assez faibles, mais l'effet de relief peut engendrer des zones à plus fort potentiel.

L'énergie éolienne a longtemps été utilisée pour pomper de l'eau, notamment pour les troupeaux. Aujourd'hui, on installe des éoliennes principalement pour produire de l'électricité. Il s'agit en général de grandes éoliennes, mais il existe également de petits modèles adaptés aux besoins des particuliers. Dans ce cas, elles sont souvent utilisées en complément de panneaux photovoltaïques.

Le gisement éolien (en m/s)



\*\* Les zones montagneuses nécessitent une étude de gisement spécifique.<sup>23</sup>

Figure 2 : Vitesse du vent à 50 mètres au-dessus du sol, en fonction de la topographie<sup>24</sup>

<sup>22</sup> <http://www2.ademe.fr/>

<sup>23</sup> Rhônalpénergie-environnement (2005), Etude du gisement éolien régional sur la zone alpine, rapport final.

<sup>24</sup> ADEME (Juin 2013), Guide : L'énergie éolienne : les enjeux.

## Le grand éolien

Il s'agit d'aérogénérateurs d'une puissance supérieure à 350 kW, utilisés pour produire de l'électricité pour une distribution large via le réseau domestique. Ils présentent l'intérêt d'une grande variété de puissance mais leur installation est soumise à des contraintes mécaniques (gel, difficulté d'accès pour l'implantation), géographiques (site dégagé et vitesse de vent supérieure à 5m/s) et réglementaires importantes (permis de construire à partir de 12 mètres, notices d'impact jusqu'à 2,5 MW de puissance et études d'impact au-delà, enquête publique à partir de 25 m).

## Le petit et micro éolien

Il concerne des éoliennes à destination des particuliers dont les puissances peuvent varier de 100 W à 36 kW, pour des hauteurs de 5 à 35 m. L'utilisation

en est préconisée dans des zones non connectées au réseau, en complément de panneaux photovoltaïques et de batteries de stockage.

## Potentialités de développement de l'éolien

D'un point de vue législatif, la loi Montagne n'autorise des opérations d'urbanisation qu'en continuité du bâti existant ou en hameaux intégrés. Toutefois, depuis la loi « Grenelle 2 », l'implantation d'éoliennes, qui est considérée comme une opération d'urbanisation, ne peut se faire à moins de 500 m d'habitations existantes. Cette situation est source d'ambiguïté du fait de cette contradiction entre législations. La mise en place de parcs éoliens n'est pas interdite, seulement une dérogation doit être autorisée au cas par cas<sup>25</sup>, ce qui fut le cas en 2010 pour un projet en Haute-Loire.

Le grand éolien (puissance > 350 kW) est très peu développé en montagne et aucun parc n'existe à ce jour dans les Alpes (citons tout de même le parc de deux éoliennes du plateau de Pellafol dans l'Isère). On trouve par contre quelques installations dans le Massif Central, le Jura, la Corse ou dans les moyennes montagnes du Languedoc-Roussillon et du piémont des Pyrénées<sup>26</sup>.

Bien que la montagne constitue une zone moins appropriée pour l'implantation de parcs éoliens, un programme étudie actuellement les possibilités d'implantation dans les Alpes<sup>27</sup> (Alpine Windharvest, Région Rhône-Alpes). ■



# L'hydroélectricité



© Authier-EDF

• 21 •

■ La question de l'hydroélectricité soulève de nombreux enjeux en raison de ses répercussions importantes sur la biodiversité et les écosystèmes des territoires de montagne. Elle a donc été approfondie.

Pendant des siècles, les habitants des montagnes ont utilisé l'énergie hydraulique pour la minoterie (production de farine) et d'autres tâches agricoles ou industrielles. Avec leurs pentes raides, des précipitations qui augmentent avec l'altitude et des réserves d'eau sous forme de neige et de glace, les montagnes constituent un gisement d'hydroélectricité fort ; sans oublier l'existence de cuvettes d'altitude étanches (ou rendues étanches) que l'on peut fermer par des barrages, et qui constituent une des rares possibilités disponibles aujourd'hui de réaliser des stockages massifs d'énergie.

En 1960, 56 % de l'électricité française était d'origine hydroélectrique. L'hydroélectricité représente encore aujourd'hui 13 % de la production totale.

Parmi les énergies renouvelables, l'hydroélectricité affiche des rendements de conversion par rapport au potentiel naturel (ici l'énergie gravitaire de l'eau)

qui peuvent dépasser 90 %, un ratio plus élevé que l'éolien vis-à-vis de l'énergie mécanique du vent ou le solaire qu'il soit photovoltaïque (utilisation de l'énergie radiative du soleil) ou thermique (rayonnement infra-rouge du soleil). Contrairement aux autres technologies, certaines installations sont en effet en fonctionnement quasi continu depuis plusieurs décennies, offrant à l'hydroélectricité un retour d'expériences important.

## La grande hydroélectricité

En montagne, ce sont d'abord des centrales de moyenne et de haute chute qui sont implantées (respectivement plus de 15 m et plus de 100 m), incluant la création de retenues plus ou moins grandes. Ces réservoirs concentrent les apports naturels d'eau pour les turbiner à la demande. Ce type de centrales revêt une valeur particulière car leur souplesse et leur puissance d'intervention, lorsque la demande est là, permet de réguler le réseau électrique.

Il existe également des centrales non dotées de réservoirs et fonctionnant « au fil de l'eau », implantées sur les fleuves comme le Rhône ou les rivières de plaine

25 <http://www2.ademe.fr/>

26 ABIES (2005), *Energie éolienne et impacts sur l'environnement montagnard*.

27 <http://www.raee.org/windharvest/>

mais également de vallée ; ces centrales produisent 53 % de l'hydroélectricité française. C'est en premier lieu la hauteur de chute qui est utilisée en montagne et non le débit des cours d'eau puisque l'utilisation de réservoir permet d'accumuler l'eau pour la turbiner au moment où on en a besoin (« éclusées »). Cette hauteur varie de 30 m à 300 m dans la plupart des installations, mais peut parfois atteindre plus de 1 000 m. Les aménagements associés comprennent des dispositifs de stockage (barrages et retenues, réservoirs) et de transfert (conduites forcées), sans dérivation d'une partie du débit du cours d'eau lorsque le barrage est construit dans les lits du cours d'eau et que l'usine est intégrée au barrage, ce qui est une disposition rare en montagne où les barrages peuvent être placés en dehors des lits des cours d'eau pour profiter de cuvettes naturelles, et où les usines sont rarement intégrées au barrage. Les centrales sont implantées en contrebas des barrages ou des prises d'eau et l'énergie dissipée durant cette chute permet de faire tourner une turbine elle-même branchée à une génératrice qui, dans la grande hydraulique, est toujours un alternateur produisant du courant alternatif.

Ainsi, il existe dans les Alpes françaises 120 centrales hydroélectriques et 132 barrages, représentant une puissance installée de 8 100 MW<sup>28</sup>.

### La petite hydroélectricité

La petite hydroélectricité (PHE) représente près de 95 % du total des installations hydroélectriques présentes en montagne. Les petites centrales hydroélectriques (PCH) sont de 3 ordres, les pico-centrales (moins de 20 kW), les micros et mini-centrales (20 kW à 2 MW) et les petites centrales (2 à 10 MW).

On distingue les centrales hydroélectriques de dérivation, impliquant le captage et la dérivation des eaux qui rejoignent ensuite l'usine génératrice avant d'être restituées au cours d'eau, et les centrales en rivière, où l'usine est directement intégrée à un barrage formant prise d'eau. En montagne, la quasi-totalité des petites centrales hydroélectriques sont des centrales en dérivation démunies de réservoir et fonctionnant au fil de l'eau. En majorité démunie de réservoir d'accumulation, la petite hydro-

électricité produit une énergie « fatale »<sup>29</sup>, comme les éoliennes ou les panneaux photovoltaïques, et ne peut participer comme la grande hydroélectricité à la régulation du réseau.

D'autres dispositifs de production d'électricité enfin, peuvent être implantés sur des ouvrages réalisés pour répondre à des fonctions différentes, comme la distribution de l'eau potable, le traitement des eaux usées ou encore l'irrigation de terres arables<sup>30</sup>. Ces équipements offrent des opportunités d'adaptation mais celles-ci ne sont pas sans risque pour l'environnement, par exemple l'adjonction d'une turbine peut être l'occasion d'augmenter les prélèvements (eau potable) ou de prélever de l'eau à des périodes où ce n'était pas le cas auparavant (irrigation). De plus, le turbinage des eaux usées ne favorise pas la lutte contre les réseaux drainants ni la suppression des eaux parasites qui perturbent le rendement des stations d'épuration.

En France, on estime à près de 2 500 le nombre d'installations d'une puissance inférieure à 10 MW<sup>31</sup>.

Les installations hydroélectriques sont soumises à la loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique qui instaure un régime de concession au-delà d'une puissance de 4 500 kW et d'autorisation en deçà.

Sous le régime de la concession, les installations (barrage, canaux d'amenée et de fuite, conduites forcées, terrains ennoyés, etc.) appartiennent à l'Etat qui en délègue la construction et l'exploitation à un concessionnaire sur la base d'un cahier des charges. La législation sur l'eau est appliquée à travers les procédures et textes d'application de la loi de 1919, spécifiques aux concessions.

Sous le régime de l'autorisation, les installations appartiennent, en général, au permissionnaire qui les exploite dans le respect de prescriptions de police de l'eau fixées par arrêté préfectoral encore appelé « règlement d'eau ».

Elles sont également soumises à la législation sur l'eau, codifiée dans le code de l'environnement, en application de la rubrique 5.2.2.0 de la nomenclature des installations, ouvrages, travaux et activités

soumises à autorisation ou déclaration au titre de la loi sur l'eau.

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 a instauré des dispositions particulières relatives à l'hydroélectricité établissant un nouvel équilibre avec les simplifications de procédures instaurées par la loi de programme du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique.

En ce qui concerne les études d'impact et leur contenu concernant la préservation de la biodiversité et des paysages, il est à noter l'importance du décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements, comprenant les installations hydroélectriques (puissance maximale brute<sup>32</sup> > 500 kW). Une notice d'impact est suffisante en deçà.

En ce qui concerne les enquêtes publiques, elles sont obligatoires pour toute autorisation ou concession quelle que soit la puissance (article 2 de la loi de 1919), et au-delà de 500 kW uniquement lorsqu'il s'agit de travaux d'installation des ouvrages de production hydroélectrique exonérés d'autorisation ou de concession (suréquipement, augmentation de puissance jusqu'à 20 %, équipement hydroélectrique d'un ouvrage existant, etc.)

### Potentialités de développement de l'hydroélectricité

#### LA GRANDE HYDROÉLECTRICITÉ

En 2006 un rapport du ministère en charge de l'Économie a présenté les capacités de développement de la filière<sup>33</sup>. La France possède un potentiel hydroélectrique techniquement exploitable d'environ 98 térawattheures par an (TWh) ; comme elle en produit actuellement 70, cela laisse près de 30 TWh encore mobilisables. Selon ce rapport pourtant, seuls 13 TWh le seraient réellement, compte tenu des nombreuses contraintes qui apparaissent et des dispositifs existants de protection des espaces naturels et de la biodiversité. D'autres rapports proposent le chiffre de 10,6 TWh. Il est difficile en fait de définir précisément ce gisement, tant il dépend d'un ensemble de contraintes par essence fluctuantes (équilibre technico-économiques de l'entreprise dépen-

dant des conditions du marché de l'énergie, des coûts de construction, voire des coûts « annexes » : acceptabilité sociale, recevabilité environnementale...). Tout cela se comprend : les sites les plus intéressants économiquement et les moins contraignants sont déjà équipés depuis longtemps. Il est donc très aventureux de faire un pronostic en la matière et tout juste peut-on dire que ce gisement est compris entre quelques TWh et...zéro.

Si une partie du potentiel hydroélectrique reste techniquement possible à mobiliser, les installations hydroélectriques provoquent cependant de forts impacts sur les rivières et leur biodiversité. Les impacts cumulés des différentes installations existantes sur un même cours d'eau sont avérés et peuvent être facilement constatés. Nous citerons parmi les impacts les plus forts :

- › **Perturbations pour le déplacement des espèces aquatiques.**
- › **La dérivation des débits dans les tronçons court-circuités** (grande et petite hydraulique) qui conduit à (i) une réduction de la surface mouillée qui peut aller jusqu'à un quasi assèchement (ii) la suppression des crues faibles et moyennes qui conduit au boisement du lit et à la réduction de sa capacité d'entonnement ce qui peut conduire à des débordements intempestifs en cas de fortes crues. Le maintien du risque rare de fortes crues à l'échelle du bassin versant et la suppression des faibles crues fait par ailleurs perdre aux riverains « la mémoire » de la crue, ce qui augmente l'exposition aux risques d'inondation.
- › **Modifications physico-chimiques** de l'eau (augmentation de la température, diminution du taux d'oxygène dissous) du fait de la stratification des retenues et des décompositions organiques dont elles peuvent être le siège.
- › **Accumulation** d'alluvions et de matière organique pour l'hydraulique à réservoir. Ces dysfonctionnements touchent la grande hydraulique mais la petite hydraulique peut y être sujette sur les petits cours d'eau.
- › **Gestion aléatoire des sédiments** piégés dans les retenues notamment par des opérations de chasse ou de transparence<sup>34</sup>, risques de relargages massifs lors des opérations de vidange des retenues pour la maintenance ou les visites de sécurité. Ces dysfonctionnements touchent la grande hydraulique mais la

petite hydraulique peut y être sujette sur les petits cours d'eau.

- › **Stratification thermique des eaux** dans les retenues (grande hydraulique) et développement d'algues (eutrophisation) qui impacte les concentrations en O<sub>2</sub> dans la colonne d'eau. En cas de charge organique importante associée à un faible renouvellement des eaux, les fonds des retenues peuvent devenir des sources importantes de méthane (CH<sub>4</sub>) qui est un gaz à effet de serre 10 fois plus nocif que le CO<sub>2</sub>.
- › **Développement possible d'espèces indésirables** (eutrophisation, nouvelles étendues d'eau).
- › **Risque d'érosion** si les berges ne sont pas protégées, ce qui conduit à leur artificialisation et à la disparition de la végétation rivulaire, notamment pour les centrales fonctionnant par éclusées, ce risque est augmenté par le piégeage des alluvions venant de l'amont dans les retenues.
- › **Suroxygénation de l'eau** (liée aux lâchers brutaux d'eau et au turbinage).
- › **Effets variables et subjectifs** sur les paysages, souvent moteurs de conflits de représentations. Ces contradictions de représentations sont particulièrement sensibles pour les retenues souvent représentées iconographiquement pleines, et offrant donc un aspect favorable (« miroirs dans lesquels se reflètent les montagnes »). La vision est moins avantageuse lorsque les retenues sont vides. Moins défendables, les conduites forcées, qui sont parfois apparentes dans le lit même du cours d'eau, les vestiges de chantier (tronçons de conduite, amas de ferrailles, etc.), les anciennes infrastructures techniques abandonnées, dénaturent nombre de paysage et de petits cours d'eau.
- › **Déplacements possibles de populations** dus à la submersion des terres, les pertes des traditions par l'abandon des villages, la disparition de sites archéologiques... de plus en plus rares en Europe heureusement (exemple d'Itoiz en Navarre mis en eau en 2003). Mais certains projets de "grande" hydraulique (retenues gravitaires et STEP) peuvent cependant encore conduire à des arrêts d'activités (élevage, récolte de foin, forêts, etc.).

Si une partie du potentiel hydroélectrique reste techniquement possible à mobiliser, les installations hydroélectriques provoquent cependant de forts impacts sur les rivières et leur biodiversité.

<sup>28</sup> <http://www2.ademe.fr/>

<sup>29</sup> Ce terme désigne l'énergie qui est perdue si on ne l'utilise pas au moment où elle est disponible

<sup>30</sup> Convention Alpine, Plate-forme sur la gestion de l'eau dans l'espace alpin (2011), Lignes directrices commune pour l'utilisation de la petite hydroélectricité dans l'espace alpin, 24p.

<sup>31</sup> La petite hydroélectricité ou l'exploitation de la force de l'eau, Guide Alpeo Auvergne, Fiche information n°11.

<sup>32</sup> Point technique : elle se calcule (exprimée en kW) comme le produit de l'accélération de la pesanteur terrestre (9.81m/s<sup>2</sup>) par le débit du cours d'eau (exprimé en m<sup>3</sup>/s) encore multiplié par la différence entre la hauteur de prélèvement et la hauteur de restitution.

<sup>33</sup> Dambrine F (2006), Rapport sur les perspectives du développement de la production hydroélectrique en France, 50p + annexes.

<sup>34</sup> Les opérations de « transparence » servent à rétablir le transport solide dans le cours d'eau à l'aval de l'ouvrage hydraulique, à limiter l'accumulation des sédiments dans la retenue et à réduire la vitesse de comblement de la retenue.



© Milian

Ces projets présentent cependant également quelques impacts positifs à rappeler ici :

- Ils produisent une très faible émission de gaz à effet de serre : elle est évaluée à environ 8g de CO<sub>2</sub> par kWh (en négligeant les émissions provenant de la végétation en décomposition et d'autres réactions biologiques naturelles), auxquelles il faut ajouter des émissions de méthane (souvent absent sous nos latitudes, sauf dans les retenues stockant des sédiments recélant des pollutions organiques). En comparaison, l'objectif français de produire 70 TWh / an par électricité d'origine hydraulique représenterait, si on utilisait des centrales à charbon, une émission de 55 à 70 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, qu'il faut réduire de moitié en cas d'utilisation de gaz naturel (pour mémoire, l'émission totale en France est de 560 millions de tonnes CO<sub>2</sub>/an).
- Ces projets constituent, par le biais des taxes mais aussi par le versement de rentes volontaires, une source de financement pour les collectivités locales. Le bénéfice reste cependant très localisé, puisque limité aux seules communes hôtes, sans que les retombées puissent être réparties sur un territoire plus conséquent, malgré la loi sur le plafonnement des revenus fiscaux. Ces ressources mal gérées peuvent également conduire à de lourds impacts sur l'environnement<sup>35</sup>.

Le barrage de Serre-Ponçon est un bon exemple de l'apport de la filière hydroélectrique à l'économie montagnarde. Créé en 1955, Il constitue avec les barrages du Verdon (Sainte Croix, Gréoux et la Chaudanne) le cœur du système Durance-Verdon (32 centrales) qui produit 6,5 milliards de kWh par an, soit 10 % de la production hydroélectrique totale française, l'équivalent d'un réacteur nucléaire moyen. Le canal EDF de la Durance, qui provient de ce barrage, alimente à lui

seul 15 centrales hydroélectriques. Il sert également à l'irrigation des 100 000 hectares cultivés de la vallée de la Durance, et fournit un grand territoire en eau potable, dont Marseille. Enfin, le lac artificiel (le second lac européen en capacité) attire 40 % de la fréquentation estivale du département des Hautes-Alpes.

D'autres projets de grande hydroélectricité consistent à reprendre des équipements anciens en améliorant à la fois leur production, tout en en diminuant les impacts. Le gouvernement a ainsi modifié, pour des questions d'ouverture et d'équité dans les marchés publics, la procédure de renouvellement de concession, encourageant la mise en concurrence des producteurs, le choix final entre eux se fondant sur les prestations énergétiques, économiques et environnementales du projet.

### LA PETITE HYDROÉLECTRICITÉ

En ce qui concerne les petites centrales (PCH), en France, leur potentiel est estimé par les organismes professionnels à au moins 1 000 MW.

Contrairement aux grands développements hydroélectriques, les petites centrales ont des impacts de moindre sévérité (par exemple peu ou pas de submersion, peu ou pas d'éclusées) ou plus facilement réductibles (ouvrage de franchissement). Mais des impacts sont à noter sur les écosystèmes en amont et en aval des ouvrages, dont la nature et l'importance varient selon les caractéristiques des ouvrages.

La dimension particulière de la petite hydroélectricité est la multiplication des ouvrages, et avec elle les effets cumulatifs. Il s'instaure une synergie d'impacts entre les installations le long des cours d'eau, aboutissant à la perturbation de tout un

réseau hydrographique alors même que l'impact de chaque installation pouvait être tenu pour faible voire négligeable.

Effectuer les évaluations barrage par barrage est compliqué et limité. Il serait plus pertinent d'évaluer globalement l'effet environnemental du programme national de développement de la petite hydroélectricité, sans le diluer spatialement, dans le cadre d'une approche par « bassin versant ».

Chaque rivière, par ses caractéristiques physiques (débits d'eau, apport en éléments nutritifs, etc.) a son importance écologique pour le milieu récepteur. Réaliser des projets sans considérer l'importance de chacune des rivières pour l'ensemble du réseau hydrographique peut conduire à un déséquilibre écologique important.

Les petites centrales hydroélectriques (PCH) sont des sources d'énergie décentralisées, qui permettent de générer des activités économiques dans des zones reculées, hors d'accès du réseau domestique, comme souvent en zone de montagne

Pour ces sites isolés, si le chauffage électrique est exclu, la demande en électricité peut rester suffisamment faible pour ne pas entraîner trop d'impacts sur les cours d'eau ; dans ce cas la micro hydraulique peut fournir des solutions intéressantes du fait de son haut rendement et de sa maturité sans parler des lignes électriques évitées.

Dans les zones raccordées au réseau domestique, la petite hydroélectricité écoule sa production. Dans ce cas, la production n'est plus limitée par les besoins locaux à satisfaire mais incitée par la valorisation maximale de l'installation qui est conduite à fonctionner 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. En cas de raccordement, les puis-

sances exigées sont alors plus importantes augmentant d'autant les impacts sur le cours d'eau.

### Réflexions complémentaires sur l'hydroélectricité en montagne<sup>36</sup>

Dans l'état des eaux des bassins Rhône Méditerranée et Corse, les trois causes les plus importantes de la non atteinte du bon état état cours d'eau en 2011 concernent les perturbations morphologiques (48 % des cours d'eau), la continuité (45 %) et les perturbations hydrologiques dues aux prélèvements (29 %), devant les pollutions diffuses (25 %) et ponctuelles (21 %), le tout conduisant à un risque de non atteinte du bon état pour 68 % des cours d'eau.

L'hydroélectricité grande ou petite n'est certainement pas à l'origine exclusive des trois premières causes précédentes mais elle y contribue fortement ; et cela s'aggravera encore si certaines politiques prévoient leur développement.

En France nous n'avons pas vraiment le choix entre petite et grande hydraulique (choix qui serait intéressant dans l'absolu pour un pays non équipé). La petite hydraulique conduit à la multiplication d'ouvrages, ce qui entraîne des effets cumulatifs largement aussi importants que la grande hydraulique et qui impacte de plus tout le réseau hydrographique...

Si on rapproche cela de l'intérêt énergétique, la conclusion s'impose d'elle-même : la petite hydraulique présente un bilan coût-avantage très défavorable comparé à celui de la grande hydraulique et notamment à celui des 100 à 200 centrales assurant la sécurité du réseau.

Cependant, le développement en France de la grande hydraulique est terminé, même si quelques ouvrages nouveaux sont encore possibles. Les seules possibilités de développement existantes concernent en grande partie la petite hydraulique.

Petites ou grandes hydroélectricités, ces technologies contribuent à la multiplication des obstacles sur les cours d'eau, impactant les milieux naturels à divers niveaux.

Ainsi, la survie de nombreux poissons migrateurs (11 espèces présentes en France) dépend de leur libre circulation et les effectifs de ces espèces accusent

un fort déclin depuis la multiplication des dispositifs hydroélectriques, associée à la dégradation des milieux aquatiques et à la surpêche (l'Esturgeon a disparu par exemple du Bassin du Rhône au cours du XX<sup>ème</sup> siècle). Il en est de même pour les espèces plus sédentaires qui se révèlent souvent migratrices sur des distances réduites (migrateurs holobiotiques). Les populations diminuent, se fragmentent, ce qui entraîne parfois la disparition des plus fragiles (Aprons) surtout si ces perturbations se conjuguent avec d'autres atteintes aux cours d'eau comme des pollutions. Des techniques relativement efficaces existent pourtant pour faciliter la montaison (remontée des cours d'eau) même si elles ne peuvent pallier la multiplication des obstacles. Elles sont en revanche limitées quant à assurer une bonne dévalaison (descente vers l'aval)<sup>37</sup>.

Il faut prendre garde à ne pas assimiler les anciens moulins à la petite hydroélectricité dont ils ne représentent qu'un volet anecdotique sur le plan énergétique. La puissance nécessaire pour faire mouvoir une paire de meules est de quelques dizaines de kW de puissance hydraulique (inférieure à 10 kW de puissance électrique à comparer avec la puissance moyenne des PCH qui tourne autour de 1 000 kW). De ce fait, si la remise en route des anciens moulins dans leurs conditions hydrauliques originelles peut revêtir un intérêt patrimonial, leur intérêt énergétique même multiplié par leur nombre (sans doute plus de 100 000 juste après la Révolution) reste limité y compris dans les régions de montagne qui ne sont pas les régions les plus riches en la matière.

L'implantation des centrales est très réglementée, avec notamment l'obligation de délivrer, en aval de chaque prise d'eau, un débit garantissant la pérennité des espèces qui y étaient présentes avant tout aménagement. En ce qui concerne les PCH, ce débit réservé ne peut être inférieur à 1/10<sup>ème</sup> du débit moyen annuel (module) du cours d'eau, mais cette valeur moyenne peut être ajustée dans l'année pour descendre jusqu'au 1/20<sup>ème</sup> du module. Les centrales les plus récentes ont obligation de veiller à la libre circulation des poissons migrateurs et de suivre leurs populations.

En dépit des réglementations en vigueur, la pression sur les ressources hydroélec-

**Petites ou grandes hydroélectricités, ces technologies contribuent à la multiplication des obstacles sur les cours d'eau, impactant les milieux naturels à divers niveaux.**

<sup>35</sup> Exemple : la création de la station satellite à l'Alpe d'Huez de Vaujany grâce aux retombées financières du barrage de Grand Maison. Malgré l'annulation de cette autorisation UTN « altérant de manière irréversible les paysages, la faune et la flore et engendrant de graves risques d'avalanches » par le Conseil d'Etat le 4 juillet 1994, les équipements sont toujours en service.

<sup>36</sup> Sources : Agence de l'eau RMC (Mars 2013), Etat des eaux des bassins Rhône-Méditerranée et Corse, situation 2011 ADEME (2003), Guide pour le montage de projets de petite hydroélectricité FOURNIER M., MESQUITA J., MANGINA., CNRS, Evaluation scientifique de l'impact de l'hydroélectricité dans le Parc naturel régional des Pyrénées ariégeoises Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2002), Petite hydroélectricité et environnement, rapport du groupe de travail

<sup>37</sup> ONEMA (2011), Ouvrages hydroélectriques sur les cours d'eau : solutions techniques pour l'atténuation des impacts.

triques est un phénomène assez général au niveau européen qui soulève une certaine ambiguïté, les orientations communautaires pouvant apparaître à ce sujet antagoniques. Ainsi, la Directive sur les énergies renouvelables de 2009 demandant aux États membres d'augmenter leur part dans la consommation d'énergie<sup>38</sup> issue d'énergies renouvelables peut interférer avec la Directive Cadre sur l'Eau de 2000, obligeant ces mêmes pays à atteindre et maintenir le « bon état écologique » des masses d'eau d'ici 2015, ou la directive Habitats, Faune, Flore de 1992 pour la préservation de certains poissons migrateurs.

Alors que l'augmentation du nombre d'équipements de petite production s'observe dans toutes les Alpes<sup>39</sup>, le second Rapport sur l'état des Alpes<sup>40</sup>, consacré à la question de l'eau, souligne, quant à lui, le besoin de biaiser, en faveur de la protection, la pondération des intérêts comparés de l'utilisation de cette ressource et ceux de la protection des écosystèmes et des paysages. Au regard de la progression de la consommation énergétique, le rapport annonçait également comme limitées les marges de manœuvre apportées par la mise en exploitation des potentiels restants. L'augmentation du nombre d'équipements hydroélectriques ne représente donc pas une solution pérenne à long terme.

Dans son Plan d'action sur le Changement Climatique<sup>41</sup> de 2009, la Convention alpine, inquiète de la multiplication des petites centrales et des objectifs de production affichés dans les plans nationaux, a émis deux recommandations visant à réduire l'impact des centrales hydroélectriques sur la nature. La première concerne l'amélioration de l'efficacité des lacs de retenue et des centrales électriques existants, la deuxième demande l'élaboration de lignes directrices communes pour la construction de micro-centrales. C'est la Plate-forme « gestion de l'eau » de la Convention alpine qui a élaboré ces lignes directrices sur l'utilisation de la petite hydroélectricité<sup>42</sup>, avec l'objectif d'orienter l'identification des sites favorables pour l'installation de petites centrales (PCH) conformément aux principes du développement durable dans les Alpes. Ces recommandations plaident notamment pour la rénovation des installations existantes (la CIPRA s'était égale-

ment positionnée en ce sens<sup>43</sup>) et pour une planification stratégique pensée au plus près des besoins des populations et impliquant à toutes les échelles les collectivités locales. En France, si l'on exclut les microcentrales à usage privé (alimentation d'un site isolé comme un refuge, une bergerie ou une laiterie de montagne, voire d'une maison, d'une petite entreprise comme une scierie,...) la plupart des PCH sont connectées au réseau domestique et trouvent leur rentabilité par la vente de leur production à un tarif fixé par les pouvoirs publics. Cette orientation confère aux microcentrales le caractère d'entreprises spéculatives complètement déconnectées des besoins locaux, ce qui augmente leur impact sur l'environnement puisque « plus on turbine plus on gagne » ! L'aide apportée à la construction de microcentrales par le biais de l'obligation de rachat devrait être réorientée vers des aides directes aux collectivités de montagne. L'obligation de rachat est financée par une taxe payée par tous les consommateurs sur leur facture d'électricité qui n'est aucunement justifiée puisque la filière hydroélectrique est mature, bien structurée et même exportatrice, et peu créatrice d'emplois locaux.

Sur un plan environnemental, deux principes pourraient être renforcés : celui de ne pas équiper les rares hydrosystèmes encore vierges, et celui de systématiser les études sur le charriage et la dynamique hydromorphologique des cours d'eau concernés.

Une « Convention d'engagements pour le développement d'une hydroélectricité durable en cohérence avec la restauration des milieux aquatiques suite au Grenelle Environnement » a été signée en 2010<sup>44</sup> entre les acteurs concernés (ministère, établissements publics, associations d'élus et associations pour l'hydroélectricité et celles pour la protection de l'environnement, producteurs d'électricité, Comité National de la pêche professionnelle en eau douce et Comité de liaison des énergies renouvelables). Les retombées de cette Convention se font attendre, ce qui justifie les critiques des associations qui ne l'avaient pas signée, reprochant le caractère très aventureux des préconisations en matière d'aménagements nouveaux (+ 3 TWh de productible<sup>45</sup> ce qui correspond à un demi-millier de PCH nouvelles à créer) et le déséquilibre des

propositions en faveur de l'hydroélectricité. En revanche, des expériences peuvent être retirées du projet de coopération transalpin SHARE<sup>46</sup> conduit entre 2009 et 2012, dont l'objectif était de défendre une « hydroélectricité intégrée », aidant professionnels et collectivités à définir un équilibre entre les besoins de l'hydroélectricité et la qualité des eaux.

Moderniser les installations existantes est donc une priorité pour les dispositifs importants mais aussi pour les plus petits. Cette évolution ne doit pas s'accompagner de dégradations environnementales supplémentaires. Les nouvelles installations de petite hydroélectricité se justifient, quant à elles, en priorité pour l'autoproduction d'énergie en zone non reliée au réseau public (centrales hors-réseau), par contre, dans les zones connectées leur bilan impact environnemental/gain énergétique apparaît plus discutable. La volonté d'augmentation des capacités de l'appareil de production doit également s'apprécier à la lumière des travaux menés sur l'évolution de la disponibilité de la ressource en eau. Des recherches sur les effets du changement climatique donnent de premiers éléments d'appréciation à ce propos, comme par exemple les travaux qui ont pu être conduits en Suisse<sup>47</sup>.

Le dernier grand projet hydroélectrique entrepris par EDF (UP Alpes) concerne la centrale de Romanche-Gavet en Isère, représentant un investissement de 250 millions d'euros pour une production annuelle de 560 millions de kWh. Cette centrale, dont la mise en service est prévue pour 2017, doit remplacer les 6 centrales anciennes implantées sur cette même rivière (la Romanche) pour produire 160 millions de kWh supplémentaires chaque année. Une des caractéristiques de ce projet est qu'une grande partie des constituants sera souterrain, ce qui en minimisera l'impact visuel : une galerie d'amenée de 9,5 km et 2 cavernes pour la centrale et le transformateur, de dimension imposantes (70 x 15 x 30 mètres pour la plus grande). Ce projet comprend donc le démantèlement des anciennes installations ainsi que la mise en place de dispositifs pour le franchissement de l'ichtyofaune. Ce projet démontre que l'on peut optimiser l'utilisation des sites déjà existants sous le double point de vue de l'environnement et de l'énergie. ■

# Les bioénergies



© Gauthier IRSTEA

■ La biomasse est la première source d'énergie renouvelable de notre pays. Au total, elle est à l'origine de plus de 63 % de l'énergie produite à partir de sources renouvelables et comprend les agrocultures (11 %), les déchets urbains renouvelables (6 %), le biogaz et bien sûr le bois-énergie, qui à lui seul représente 46 % des sources d'énergies renouvelables produites en France en 2008.

Le développement de ces énergies peut, rappelons-le, avoir des impacts sur les milieux naturels si un mode de production durable n'est pas respecté.

## La méthanisation

En montagne, comme partout ailleurs, certains déchets ou boues provenant du traitement des eaux usées, ainsi que les résidus de l'agriculture ou de l'agro-alimentaire peuvent également être valorisés. Mises à fermenter, ces substances organiques peuvent produire du biogaz : c'est la méthanisation qui est surtout utilisée dans les stations d'épuration des eaux usées. Ce biogaz, essentiellement du méthane, peut être valorisé directement sur place pour la production d'électricité ou de chaleur, mais peut aussi être exporté après traitement. L'électricité peut

être exportée sur le réseau public, le gaz épuré peut être directement injecté dans le réseau de gaz naturel ou utilisé comme carburant véhicule. Le digestat (compost) peut aussi être valorisé, au même titre qu'un compost ordinaire.

## La combustion

Le bois est la biomasse la plus valorisée en montagne, du fait des importantes forêts qui recouvrent les massifs. Alors que le taux de boisement moyen de la France métropolitaine est de 28 %, la moyenne du taux de boisement des 7 grands massifs montagneux est de 42 %. Ce taux varie cependant de 35 % de recouvrement pour les Alpes du Nord à plus de 70 % pour les Vosges<sup>48</sup>. La ressource en bois des espaces de montagne représente 37 % du potentiel français de cette filière, superficie et volume confondus<sup>49</sup> (ce calcul ne prend pas en compte les difficultés d'exploitation).

Le bois-énergie peut aider à réduire les émissions de gaz à effet de serre, mais peut entraîner une dégradation des forêts sans un aménagement forestier durable. Il est donc essentiel d'éviter les impacts négatifs.

- 38 La "nouvelle" directive de 2009 ayant supprimé la référence à l'électricité pour ne conserver qu'une référence à l'énergie, et comme l'électricité ne représente que 20 % de l'énergie consommée en France, une baisse de la consommation d'électricité peut laisser croire à une augmentation de la production d'énergie renouvelable.
- 39 Sustainable hydropower in Alpine river ecosystems (SHARE), a problem solving approach for sustainable management of hydropower and river ecosystems in the Alps - Handbook, 92 p.
- 40 Convention Alpine (2009), L'eau et la gestion des ressources en eau - Rapport sur l'état des Alpes, 67p.
- 41 Convention Alpine (2009), Faire des Alpes un territoire exemplaire dans le domaine de la prévention et de l'adaptation au changement climatique, 26p.
- 42 Convention Alpine, Plateforme gestion de l'eau (2011), Lignes directrices communes pour l'utilisation de la petite hydroélectricité dans l'espace alpin. 24p.
- 43 CIPRA (2009), Energy in climate change – A background report. Compact n° 1, 28p.
- 44 MEEEDM (2010), Convention d'engagement pour le développement d'une hydroélectricité durable en cohérence avec la restauration des milieux aquatiques suite au Grenelle de l'Environnement, 14p.
- 45 c.a.d. production moyenne annuelle
- 46 Sustainable hydropower in Alpine river ecosystems (SHARE) : <http://www.share-alpinerivers.eu/>
- 47 Société suisse d'hydrologie et de limnologie (SSHL) et Commission d'hydrologie (CHy) (éd.), (2011) Les effets du changement climatique sur l'utilisation de la force hydraulique – Rapport de Synthèse, Matériaux pour l'Hydrologie de la Suisse, n° 38, 28 p., Berne.
- 48 Barthod C. (1998), Politique forestière et montagne en France, Rev. For. Fr. L – numéro spécial
- 49 Bontron J-C & Stephan J-M (2006), Essai de typologie des espaces forestiers montagnards, 16p.

Il faut noter toutefois que la combustion du bois peut émettre des particules nocives, notamment quand les techniques ne sont pas performantes (par exemple dans le cas de cheminées ouvertes) ; les dispositifs de chauffage collectif au bois peuvent être équipés de filtres ou d'autres dispositifs pour limiter les émissions de particules.

### Potentialités de développement des bioénergies

En France, le potentiel énergétique de la méthanisation est peu mobilisé, alors qu'il est estimé à 3,5 M Tep/an (Tonne équivalent pétrole). Moins de 100 unités industrielles et à peine une trentaine d'exploitations agricoles possèdent un digesteur<sup>50</sup>. Les industriels et les stations d'épuration qui possèdent ce genre d'installation utilisent ces digesteurs davantage pour le traitement de leurs déchets que pour produire de l'énergie, leur rendement énergétique est donc faible, la méthanisation dans le secteur agricole et celui des ordures ménagères se développe en revanche de plus en plus.

L'exploitation raisonnée de la ressource « bois » est compatible avec une gestion durable des espaces forestiers (qualité des paysages, lutte contre l'érosion des sols, protection incendie, etc.) et maintient ainsi le caractère multifonctionnel de ces espaces, d'un point de vue sociétal autant qu'environnemental. Ainsi, la forêt peut renforcer l'attractivité résidentielle et permettre l'essor de l'activité touristique en montagne. Elle est aussi créatrice d'emploi, bien qu'elle n'emploie actuellement que 4 % des actifs du secteur primaire des départements de montagne.

La superficie des forêts françaises a doublé depuis 1850. Ce sont principalement les zones à relief moyen comme le Massif Central qui ont bénéficié de ce reboisement suite au plan de Restauration des Terrains en Montagne (RTM) de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Mais, bien que cette ressource soit fortement disponible, elle est exploitée de façon très inégale. Les conditions d'accès aux espaces forestiers sont un facteur déterminant pour permettre une véritable exploitation, les forêts de moyenne montagne apparaissent

ainsi comme les plus exploitées. Enfin, en montagne, les forêts font plus souvent l'objet de mesures de protection, leur exploitation est ainsi davantage réglementée.

Les terres auparavant consacrées aux cultures ou aux forêts naturelles ne doivent pas être converties à l'exploitation d'espèces plantées à courte rotation, qui entraînent des impacts négatifs sur la production agricole locale, des conflits sur l'utilisation des terres, avec des incidences pour la diversité biologique forestière, le changement climatique et l'eau.

C'est la durabilité des modes d'exploitation et de valorisation de la ressource bois-énergie qui permet de la qualifier de vecteur de développement durable.

Il est essentiel, notamment dans les zones de montagne, que le secteur bois-énergie se développe conformément aux concepts d'aménagement forestier durable et ne contribue pas à la dégradation de la biodiversité. ■



# La géothermie<sup>51</sup>



© Cavoris

• 29 •

## Les différentes technologies et leur application en montagne

En montagne, peuvent être utilisées :

- › la « **géothermie à faible profondeur** », pour le chauffage et la fourniture d'eau chaude : en montagne, le froid impose des contraintes particulières à la géothermie de surface pour résister au gel du sol lors des hivers (enfouissement minimum) ;
- › la « **géothermie profonde** » pour la production de chaleur et d'électricité : il faut noter que, situées à l'intersection de deux plaques tectoniques, les zones de montagnes françaises présentent une sismicité globale souvent plus élevée que des zones plus reculées à l'intérieur de ces mêmes plaques (qui sont souvent des plaines). Cet état de fait ne peut que défavoriser le potentiel en géothermie profonde, si les techniques utilisées présentent des sensibilités au risque sismique et à la déformation de la roche.

## Potentialités de développement

L'utilisation de la géothermie à faible profondeur avec des sondes géothermiques

et des pompes à chaleur est répandue et ne pose généralement pas de problèmes pour autant que les exigences de la protection des eaux souterraines soient respectées.

Si la géothermie profonde dispose d'un grand potentiel théorique, elle n'est toutefois pas encore mûre techniquement. On saura ces prochaines années si elle répondra aux attentes. Son potentiel de conflits avec la protection de la nature et les paysages dépend de la technique utilisée, surtout s'il s'agit de fracturation de la roche avec secousses sismiques possibles s'étendant à des zones de grande taille. Le perfectionnement de cette technique pourrait par contre diminuer la pression exercée par l'utilisation des énergies renouvelables sur cet espace.

Les éléments pour aller plus loin dans l'identification d'une spécificité montagne ou l'examen des conditions de son exploitation ne sont actuellement pas suffisamment disponibles. ■

<sup>51</sup> Académies des sciences suisses (Octobre 2012) : Solutions possibles pour la Suisse dans le conflit entre les énergies renouvelables et l'utilisation du territoire – Résumé, 1<sup>re</sup> édition

# Les énergies renouvelables et le développement durable des territoires de montagne



© Peguin

• 30 •

■ En montagne, la demande en énergie est très variable, elle dépend des conditions d'accessibilité et de l'histoire de l'occupation humaine, sources de caractéristiques économiques et démographiques diamétralement opposées. Ainsi la montagne comprend des vallées développées à l'extrême, alliant infrastructures de transports, activités économiques, industrielles et touristiques et bénéficiant d'une alimentation électrique via le réseau public, face à des zones qui se dépeuplent et où les conditions d'accès à l'énergie sont plus difficiles, notamment en raison des coûts de raccordement et d'entretien des réseaux. Le recours à une production énergétique plus localisée permettrait à ces territoires éloignés de s'affranchir des coûts liés à l'alimentation énergétique conventionnelle et favoriserait le maintien des populations. Pour les espaces développés, comme pour le reste

du territoire, la production locale d'énergie permet de réaliser des économies d'importation et d'utilisation d'énergie, de développer un nouveau secteur économique et ainsi de créer des emplois.

L'utilisation des énergies renouvelables permet aussi de lutter contre le changement climatique, qui est l'une des menaces les plus fortes pesant sur les écosystèmes montagnards.

Les dispositifs permettant l'exploitation des énergies renouvelables décrites dans ce document ont la particularité d'être en majorité destinés à une faible production d'énergie, à usage très localisé. Les dispositifs individuels et collectifs utilisant l'énergie solaire, le petit éolien ou la valorisation de la biomasse par méthanisation ou combustion sont en effet de petites unités de production, dont la gestion et

le fonctionnement sont décentralisés. Les énergies renouvelables s'adaptent particulièrement bien aux besoins des populations de montagne, leur exploitation étant rendue plus facile par l'abondance des ressources. Ces énergies permettent d'assurer un minimum de confort pour les habitants les plus isolés et leur exploitation participerait au développement ou au maintien d'activités économiques dans des zones handicapées par une accessibilité réduite. Ces énergies décentralisées peuvent répondre ainsi parfaitement aux critères définissant le développement durable (équité sociale, efficacité économique, préservation de l'environnement) dans les territoires de montagne.

Cette exploitation des énergies renouvelables nécessite une modification, ou du moins un réajustement de l'organisation et de la planification spatiale des

régions concernées. En effet, utiliser des sources d'énergies renouvelables impose une adaptation de l'urbanisation et des choix architecturaux, pour maximiser les rendements énergétiques. Les nouveaux outils de planification territoriale (PLU, SCOT,...) devront désormais prendre en compte des paramètres supplémentaires en matière d'habitat, d'approvisionnement en énergie (raccordements, etc.) et d'implantation d'installations de production d'énergies renouvelables (via notamment le SRCAE – Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie). Cette combinaison permet une étude plus approfondie des besoins énergétiques pour adapter la production à la demande, après l'identification des besoins. Les énergies renouvelables locales peuvent également renforcer la coopération entre les collectivités et la cohésion territoriale, en sensibilisant les élus sur la nécessité de mettre en place des stratégies énergétiques cohérentes mobilisant et valorisant les énergies renouvelables locales. L'appropriation locale de la question énergétique constitue un enjeu majeur de l'aménagement des territoires des prochaines années<sup>52</sup>.

L'architecture bioclimatique, qui vise à maximiser le potentiel d'utilisation des énergies renouvelables pour chaque bâtiment, permet d'offrir de nouveaux logements tout en minimisant leur impact environnemental. Ces constructions originales peuvent constituer des éléments

d'attractivité et de promotion des territoires, comme l'énonce par exemple la charte architecturale du pays Voironnais (Isère)<sup>53</sup>. L'approvisionnement des localités reculées permet d'améliorer les conditions de vie des personnes concernées, tout en favorisant certaines activités traditionnelles marquant l'identité du milieu montagnard. Actuellement, seule une trentaine d'unités de méthanisation agricole sont en fonctionnement en France contre plusieurs milliers en Allemagne<sup>54</sup>. La méthanisation des déchets animaux et végétaux présente donc, pour les agriculteurs et éleveurs de montagne, un moyen intéressant de remplacer leurs énergies traditionnelles par une énergie renouvelable, au sein des exploitations. De plus, si l'énergie est produite en quantité supérieure aux besoins initiaux, celle-ci peut également alimenter le voisinage de ces exploitations agricoles.

Enfin, les énergies renouvelables peuvent permettre une orientation des acteurs du tourisme vers des choix plus durables. Il est urgent que l'activité touristique s'empare de cette problématique dans les zones de montagne, notamment dans l'hébergement. ■

/// Ces énergies décentralisées peuvent répondre ainsi parfaitement aux critères définissant le développement durable (équité sociale, efficacité économique, préservation de l'environnement) dans les territoires de montagne.



© Cavrois

52 Ayong Le Kama A. (2012), « Énergies, bio-ressources et territoires ». Territoires 2040, n° 5, pp. 75-81.

53 L'architecture dans le Pays Voironnais, Guide Pratique - Proposition de mise en œuvre de la charte architecturale Vol 1, 96p.

54 Lien : <http://www.chambres-agriculture.fr/?id=318>



# Evaluation des énergies renouvelables en montagne : Bilan et recommandations



# Le solaire

## IMPACTS

## POINTS FORTS

### ENVIRONNEMENTAUX

Aucune émission de gaz à effet de serre pendant l'utilisation

Réutilisation possible ou recyclage des matériaux de base (cadre d'aluminium, verre, silicium, supports et composants électroniques) en fin de vie

Mobilisation directe de la chaleur solaire, sans transformation dans le cas de solaire thermique

### SOCIO-ÉCONOMIQUES

Permet l'électrification, la production d'eau chaude ou de chauffage dans des zones non reliées au réseau domestique

Utilisation mixte pour chauffage (habitation + eau chaude sanitaire) et électricité

Utilisation individuelle ou collective

Production continue d'électricité grâce aux nouvelles centrales solaires thermodynamiques

Création d'emplois

## SYNTHÈSE :

L'énergie solaire peut être développée en montagne prioritairement par l'installation des équipements (panneaux et capteurs) sur des constructions déjà existantes (logements individuels et collectifs, infrastructures commerciales, industrielles ou agricoles) pour une consommation de proximité. Par contre, l'installation de centrales solaires est à proscrire, en raison des importantes infrastructures nécessaires au transport de cette énergie, de l'impact paysager des installations et de l'artificialisation du sol conséquente. La montagne peut en revanche servir de terrain d'expérimentation pour de nouvelles technologies plus performantes.

## POINTS FAIBLES

Pollution importante par les batteries au plomb (installations photovoltaïques)

Épuisement possible et atteintes à l'environnement du fait de l'exploitation des gisements de matériaux

Durée de compensation de l'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> nécessaires à la fabrication du panneau photovoltaïque importante

Importante artificialisation des sols si les panneaux sont implantés en « centrale solaire » au sol

## RECOMMANDATIONS

Privilégier le solaire thermique

Exclure le développement des centrales solaires dans les aires protégées des catégories I à IV de l'UICN<sup>55</sup>

Ne pas développer des installations au sol, et dans les milieux naturels<sup>55</sup>

Utiliser le photovoltaïque sur les toits ou dans les espaces déjà artificialisés

La rentabilité dépend des conditions d'ensoleillement et de la politique de rachat de l'énergie

Sensibiliser les populations sur les points forts de l'énergie solaire en montagne

Développer les installations individuelles



© Poulain

<sup>55</sup> Recommandation émise au Congrès français de la nature, réuni à Paris le 27 juin 2011 pour sa 10<sup>ème</sup> session

# L'éolien

IMPACTS	POINTS FORTS
<b>ENVIRONNEMENTAUX</b>	Aucune émission de gaz à effet de serre lors du fonctionnement Emprise au sol faible pour chaque unité Énergie durable, durée de vie des installations supérieure à 20 ans
<b>SOCIO-ÉCONOMIQUES</b>	Économie d'énergie importée en cas de consommation locale de l'énergie produite Création d'emplois Électrification possible de zones non reliées au réseau public (petit éolien)

## SYNTHÈSE :

Pour des raisons de coût, de protection de l'environnement et de contrainte des milieux, l'installation d'éoliennes en montagne ne doit être envisagée que pour une consommation de proximité, à partir de sites sélectionnés après des études d'impact très approfondies.

La création de parcs éoliens de grande capacité n'est pas recommandée, elle semble par ailleurs exclue par le législateur en montagne, les zones favorables et les Zones de développement de l'Éolien (ZDE) y sont en effet limitées. L'implantation d'éoliennes au sein d'espaces protégés ou à forte valeur paysagère est à exclure. Le petit éolien est recommandé pour l'électrification de foyers isolés et non raccordés au réseau public.

En conclusion, de façon générale, les territoires de montagne ne se prêtent pas au développement de cette énergie à grande échelle.

## POINTS FAIBLES

Impacts sur l'environnement naturel :

- › Paysages (forte visibilité, ombre portée)
- › Création de nouvelles dessertes (impact paysager, fréquentation augmentée, fragmentation des milieux)
- › Dérangement de la faune (oiseaux nicheurs, migrants, chiroptères, ...)

et construit :

- › Perturbation des radars (aéroport), champs électromagnétiques
- › Nuisances sonores potentielles
- › Forte dépense d'énergie grise et forte émission de CO<sub>2</sub> pour la fabrication des installations

## RECOMMANDATIONS

Exclure le développement des éoliennes dans les aires protégées des catégories I à IV de l'UICN

Les sites proches des lieux de consommation sont les plus appropriés (impacts des lignes)

L'implantation de parcs éoliens de grande capacité n'est pas adaptée aux territoires de montagne du fait des difficultés d'accès, et de la répartition de l'habitat plus concentré dans les vallées

Plus largement, les caractéristiques du milieu physique ne sont pas adaptées à l'implantation de ces parcs

L'étude d'impact doit évaluer la pertinence du projet au regard du choix du site et des besoins en énergie locaux

Irrégularité des vents en montagne diminuant la rentabilité des installations (différences de températures entre sommets et vallées, variation de la vitesse du vent avec accélération sur les pentes et les sommets)

Impliquer la population par des modalités de concertation adaptées et lui permettre l'accès aux documents

Le bilan coûts/avantages conduit à privilégier l'installation de sites à proximité des lieux de consommation

Coûts élevés (grand éolien) :

- › de fabrication (matières premières rares)
- › d'installation (transport, assemblage)
- › de raccordement au réseau, en cas d'exportation de l'énergie produite (enfouissement des lignes)

Diminution possible de la fréquentation touristique (impacts sur les paysages et nuisances)



# L'hydroélectricité

## IMPACTS

## POINTS FORTS

### ENVIRONNEMENTAUX

Très faible émission de gaz à effet de serre (cf. paragraphe correspondant)

Aucune production de déchet direct (en considérant que les rejets de lubrifiants qui sont parfois émis restent anecdotiques)

Légère régularisation des niveaux (en aval des réservoirs de tailles importantes on peut assister à la suppression des crues faibles et moyennes) mais les fortes crues restent généralement possibles et par conséquent il y a nécessité pour l'aval d'en tenir compte (digues, entretien du lit, casiers d'inondation...)

• 38 •

### SOCIO-ÉCONOMIQUES

Possibilité de stockage de l'énergie dans les réservoirs, STEP (Stations de Transfert d'Énergie par Pompage)

Rapidité de mobilisation (quelques minutes pour la grande hydraulique munie de réservoirs à comparer à 7 à 11 heures pour une centrale thermique) associée à une garantie d'intervention lors des épisodes de forte demande

Possibilité d'électrification de zones non reliées au réseau public

Possibilité de restauration et de pérennisation d'un patrimoine proto-industriel intéressant et touristique (moulins, canaux d'irrigation, filatures,...)

Vitrine pour l'exportation (l'industrie électromécanique est bien représentée en France avec des leaders mondiaux (Schneider Electric Alstom Power et plusieurs PME/PMI innovantes), tant pour les installations nouvelles que pour la rénovation de l'existant

Technologie mature, durée de vie importante des installations, faible entretien, rendement énergétique allant jusqu'à 90 % ; cette maturité rend par ailleurs discutable l'aide publique (obligation d'achat pesant sur tous les abonnés au réseau public)

Énergie très rentable, coût de revient faible (2 à 5 centimes d'€ / kWh), majoré par l'obligation d'achat qui outre des prix élevés offre une garantie de revenus réguliers

Pour l'hydroélectricité raccordée au réseau : une source significative de ressources financières pour les communes de montagne, qu'elles soient propriétaires des ouvrages ou qu'elles se trouvent sur leur territoire, du fait des taxes locales, loyers ou redevances assises sur les chiffres d'affaires ou les bénéfices qu'elles en retirent

### SYNTHÈSE :

Les nouveaux projets de grande hydroélectricité sur des cours d'eau non équipés ne sont plus à envisager dans les régions de montagne, en raison des effets conséquents et difficilement réversibles sur le milieu naturel, mais aussi sur les populations humaines concernées. La grande hydroélectricité existante doit être modernisée, particulièrement en vue d'une meilleure intégration environnementale et d'un meilleur rendement. Ainsi, le remplacement de multiples dispositifs anciens échelonnés le long d'un cours d'eau par un système unique doit être encouragé, à l'image du projet de centrale Romanche-Gavet<sup>56</sup>.

Quant à la petite hydroélectricité, le respect des normes DCE, des SAGEs, des SDAGEs ainsi que des normes spécifiques à ces installations rend difficile l'implantation de nouveaux dispositifs, dont l'intérêt n'est reconnu que pour des zones non reliées au réseau public. Les installations de petite capacité ont un impact sur la continuité écologique des cours d'eau et sur la migration des poissons, c'est pourquoi il est également préférable de réhabiliter ou de moderniser les infrastructures existantes, ainsi que de promouvoir l'utilisation à buts multiples d'ouvrages existants sans pour autant se départir des précautions d'usage. Des outils

## POINTS FAIBLES

Diminution voire disparition de populations d'espèces animales et végétales liées à l'immersion des terres (impact grave pour les populations endémiques ce qui est souvent le cas en montagne.)

Rupture du continuum fluvial avec impacts sur les espèces de poissons migrateurs et d'eau courante. Cet impact est cumulatif s'il y a plusieurs ouvrages successifs

Modification des régimes hydrologiques et dans les tronçons court-circuités : réduction de la surface mouillée, perte de la « mémoire » de crue et maintien du risque rare de fortes crues

Accumulation d'alluvions et de matière organique pour l'hydraulique à réservoir

Gestion aléatoire des sédiments piégés dans les retenues

Stratification thermique des eaux dans les retenues (grande hydraulique) et développement d'algues (eutrophisation)

Développement possible d'espèces indésirables

Risque d'érosion si les berges ne sont pas protégées

Suroxygénation de l'eau ayant un impact sur la répartition des espèces présentes

Vulnérabilité aux changements climatiques notamment pour la petite hydraulique au fil de l'eau : problèmes liés à la disponibilité saisonnière et la répartition de la ressource en eau, envasement des barrages

Faible valeur de l'énergie fatale pour la petite hydroélectricité (faible production garantie sur les heures de fortes consommations)

L'obligation d'achat qui est l'un des principaux motifs de réalisation des projets de PCH est une source d'augmentation du prix de l'électricité pour le consommateur

Conflits potentiels d'usages (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs, stations de sports d'hiver...)

Effets variables et subjectifs sur les paysages, souvent moteurs de conflits de représentations

Déplacements possibles de populations

## RECOMMANDATIONS

Évaluer précisément les impacts sur la faune, la flore et les habitats (espèces migratrices, développement d'espèces exotiques envahissantes)

Protéger les zones humides ciblées par les projets de retenue, les zones de frayères et maintenir les débits réservés

Augmenter la surveillance et la répression pour garantir l'observation scrupuleuse des exigences des règlements sur l'eau

Favoriser la recherche (zoologie comportementale, modélisation des écoulements, etc.), le développement de technologies « ichtyophiles » (turbines « spirales », turbines VLH), et en favoriser l'adoption

Réaliser un suivi efficace de la qualité de l'eau (pollution, eutrophisation) et des biocénoses aquatiques

Surveiller le renouvellement des titres (autorisations et surtout concessions), au moment de l'appel d'offre, afin de s'assurer de la bonne intégration des enjeux environnementaux

Donner la priorité à la modernisation des installations existantes dans une stratégie double d'accroissement de la production énergétique et de réduction de l'impact sur les cours d'eau

Évaluer les impacts du choix des matériaux, des procédés

Évaluer les impacts sur la santé humaine (écotoxicité aquatique)

Veiller à l'insertion paysagère des projets dès leur construction, organiser la restauration paysagère des anciens aménagements (par exemple au moment du renouvellement de leur titre de concession, ou au titre de mesures compensatoires)

Résoudre les conflits entre les utilisateurs (médiation et coordination pour concilier les besoins locaux)

Évaluer les risques socio-économiques liés aux retenues artificielles

et des technologies permettant l'amélioration de leurs performances doivent être développés afin de favoriser cette réutilisation y compris pour les ouvrages modestes<sup>57</sup>. Ces activités dont les marchés existent à l'exportation sont porteuses d'emplois. L'effacement des ouvrages reste par ailleurs la seule technique de restauration de la continuité écologique efficace à 100%, bien qu'elle soit parfois

couteuse et difficile à appliquer du fait de la nature des ouvrages, de leur environnement et des usages dont ils peuvent être le siège.

<sup>56</sup> Il y a d'autres projets de ce type en Rhône-Alpes mais de taille plus modeste : Chute de Fredet-Bergès en Isère et Chute du Ponturin en Savoie toutes les deux remplaçant deux installations vétustes successives par un équipement moderne unique avec chaque fois des gains énergétiques substantiels (20 à 30 % tant en énergie qu'en puissance) et une meilleure insertion environnementale.

<sup>57</sup> Par exemple : codes de calcul, ligne de produits électromécaniques... ; en France le pôle de compétitivité Tenerrdis (<http://www.tenerrdis.fr>) a déjà lancé des projets en ce sens... il convient de maintenir cet effort.

# Les bioénergies

IMPACTS	POINTS FORTS
<b>ENVIRONNEMENTAUX</b>	<p>Réduction des émissions de gaz à effet de serre par l'utilisation du bois énergie, malgré l'émission de COV (composés organiques volatiles) et de dioxines lors de la combustion</p> <p>Réduction de la pollution et du taux de CO<sub>2</sub> contenu dans l'air par la production d'énergie à partir de matière organique (boues, déchets végétaux et animaux, ...)</p> <p>Réduction de la quantité de résidus issus des activités anthropiques grâce à la production de biogaz à partir d'effluents animaux, végétaux et des boues de traitement des eaux usées</p> <p>Après méthanisation, les déchets (digestat) conservent leurs propriétés amendantes (engrais liquides et solides)</p>

• 40 •

---

<b>SOCIO-ÉCONOMIQUES</b>	<p>Production d'électricité, de chaleur et de carburant d'origine renouvelable</p> <p>Sources d'énergies déplaçables et stockables</p> <p>Création de ressources financières pour les exploitants, agricoles ou forestiers</p> <p>Production locale d'électricité, en plus de la chaleur (par cogénération) dans des zones non reliées au réseau et notamment des exploitations agricoles</p> <p>La production d'énergie à partir de la biomasse « bois » semble très prometteuse, particulièrement en moyenne montagne (meilleure accessibilité, stocks importants)</p> <p>Faibles coûts de transports, la matière première est valorisée localement</p>
--------------------------	---

---

## SYNTHÈSE :

L'utilisation de la biomasse dans les territoires de montagne est un procédé à valoriser. La ressource en bois, par exemple, est importante et n'est pas mobilisée à son maximum du fait des nombreuses difficultés rencontrées par l'exploitation classique. Cette mobilisation est nécessaire mais doit se faire dans le respect du milieu montagnard, en particulier du point de vue de l'ouverture et de la gestion des pistes d'accès.

Les forêts doivent être gérées de façon durable (pas de pesticides, pas d'OGM ni de plantes exotiques, etc.) en préservant la biodiversité existante et exploitées localement, pour le bénéfice de l'économie locale.

La modernisation des équipements de chauffage par combustion de bois doit être encouragée, en évitant au maximum le rejet de particules fines.

## POINTS FAIBLES

## RECOMMANDATIONS

Perturbation des écosystèmes forestiers si une exploitation intensive du bois énergie (modification des habitats floristiques et faunistiques) est pratiquée

Limiter les impacts négatifs sur la faune, la flore et les habitats (maintien de bois mort au sol, des haies, mares et étangs, conciliation des périodes de récolte avec les périodes de reproduction des espèces, diagnostics et suivis écologiques avant implantation)

Destruction ou perturbations et dérangements temporaires de la faune dans les zones de repos, de reproduction ou d'alimentation

Évaluer l'impact sur la qualité des sols (limiter les récoltes, le travail du sol, réduire le passage des engins)

Appauvrissement des sols causé par l'exploitation des rémanents forestiers

N'implanter les espèces à courte rotation que sur des terrains déjà exploités de manière intensive

Risque de conversion d'espaces agricoles ou naturels par des taillis à courte et très courte révolution

Favoriser les essences locales et respecter les cycles naturels

Risque sanitaire dû à l'utilisation d'engrais (en cas de captage d'eau en forêt)

Limiter les traitements insecticides, fongicides et herbicides sur les cultures

Risque d'érosion du fait de l'exploitation

Ne pas planter d'espèces exotiques potentiellement invasives ni utiliser de semences OGM

Augmentation significative des émissions de particules fines, surtout dans les vallées fermées, en cas d'utilisation d'une technologie médiocre (température trop basse, manque d'oxygène, bois trop humide)

Évaluer les impacts des itinéraires sylvicoles choisis

Minimiser les émissions de carbone liées aux transports utilisés (importation de plaquettes) et les impacts sur l'acidification de l'air et la pollution photochimique

Potentiel de développement faible pour certaines filières : en haute montagne, le développement est limité par la disponibilité et l'accessibilité des terrains montagnards, en compétition avec le secteur de l'alimentation fourragère des exploitations d'élevage

Évaluer les impacts sur l'économie locale

Promouvoir l'utilisation d'équipements performants pour la combustion du bois

Aider au financement et à la promotion des dispositifs de méthanisation

Impact modéré à faible sur l'emploi forestier et agricole, qui ne concerne que 4 % des actifs en milieu montagnard (8 000 emplois en Rhône-Alpes pour l'exploitation, la gestion et la découpe)

Favoriser un mode d'exploitation respectueux du milieu forestier en montagne (cf. protocole forêt de montagne, débardage par câble, traction animale, etc.)

Coûts plus élevés de l'exploitation en montagne du fait des plus grandes difficultés de l'exploitation (recours à la mécanisation plus difficile, impact élevé)

Compenser par des subventions le coût plus élevé de l'exploitation, eu égard à la multifonctionnalité de la forêt (cf. protocole forêt de montagne de la Convention Alpine)

Les collectivités devraient soutenir la valorisation des déchets organiques d'origine agricole (animaux, végétaux) pour la production de biogaz (exemple de l'Allemagne).

# CONCLUSION<sup>58</sup>



© Vigorin

• 42 •

Les régions de montagne, diverses selon leur appartenance à la moyenne ou à la haute montagne, leur morphologie ou leur situation géographique (Vosges, Massif Central, Massifs alpins et pyrénéens et leurs zones de piémont) présentent toutes un fort potentiel pour le développement de la production d'énergies renouvelables.

Elles devraient de ce fait être en mesure de contribuer notablement à la réalisation des objectifs de la transition énergétique, actuellement en cours de définition d'ici à 2030 et dont la nécessité est désormais unanimement reconnue. Il est à préciser que le débat national sur la transition énergétique, ouvert au mois de novembre 2012, doit se conclure en 2013 par une proposition de loi de programmation sur cette question.

Au terme de ce travail sur les énergies renouvelables en montagne, le groupe « montagne » du Comité français de l'UICN souligne que le développement de ces énergies sur les territoires de montagne doit respecter certaines contraintes pour être soutenable.

Concernant le choix des sites d'implantation des installations, comme la défini-

tion des destinataires de la production, il est nécessaire de prendre en compte les contraintes physiques propres au caractère spécifique de la montagne et la nécessité de ne pas porter atteinte au patrimoine constitué par la diversité des écosystèmes et la valeur des paysages : ce patrimoine unique et fragile est garant du maintien des équilibres socio-économiques des régions de montagne.

L'implantation des nouveaux sites destinés à la production d'énergie renouvelable ne pourra être donc envisagée qu'après la conduite d'une étude d'impact globale propre à chaque site, intégrant à la fois cet objectif général de respect du patrimoine et les recommandations particulières formulées plus haut pour chacune des énergies considérées, et dont les éléments prioritaires sont :

► Un développement du solaire à partir d'installations individuelles (valorisation des toitures) pour le thermique et le photovoltaïque, en évitant la création de centrales solaires sur terrain nu. D'autres technologies devraient être plus largement diffusées et soutenues, comme par exemple les fours solaires ou les capteurs solaires paraboliques.

► L'éolien est envisagé seulement sous forme de petites unités à implanter dans des zones déjà urbanisées ou équipées (fonds de vallées principalement) en respectant les dispositions réglementaires concernant notamment la distance du site par rapport aux habitations. Il ne peut être implanté dans les espaces protégés, à forts enjeux de biodiversité ou à forte valeur paysagère. Ces remarques ne concernent pas le petit éolien, qui convient aussi parfaitement pour l'autoproduction dans des secteurs non reliés au réseau public.

► Le recours à l'hydroélectricité passe d'abord par la modernisation des installations hydroélectriques existantes en vue d'obtenir une meilleure intégration environnementale et un rendement plus élevé combiné à un plus faible impact (écologique et paysager). Le développement de la petite hydroélectricité n'a d'intérêt que pour des zones non reliées au réseau public.

Des opportunités peuvent être saisies comme le turbinage des eaux potables, des eaux usées.

► Les bioénergies peuvent être développées, notamment les productions d'électricité et de biogaz à partir de la méthanisation des résidus agricoles, ainsi

que la valorisation du bois-énergie, dans le cadre d'une gestion durable des forêts et pour alimenter des systèmes de chauffage modernes et faiblement polluants.

Cette production d'énergie renouvelable doit être destinée en priorité, à l'exception de la grande hydroélectricité (en raison de son rôle dans l'équilibre des réseaux), à une consommation locale ou de proximité. Cela se justifie non seulement en raison du coût de la distribution vers des régions périphériques ou au-delà des massifs (enfouissement des lignes), mais surtout par le fait que la production en petites unités est très bien adaptée aux besoins des collectivités locales de montagne.

La limitation de la production à la satisfaction des besoins locaux restreint de fait la demande, limitant ainsi la nécessité de surdimensionner les parcs de production et les impacts potentiels qui sont liés : il ne

faut donc pas multiplier de manière mécanique les petites unités mais les raisonner par unités ou bassins de consommation.

Enfin, et surtout, l'utilisation croissante des énergies renouvelables doit être couplée avec des mesures d'efficacité énergétique (rénovation des habitats, innovation architecturale, etc.) et de sobriété énergétique, cette stratégie de production et de consommation sera, à terme, bénéfique pour les collectivités à la fois sur les plans économique et environnemental.

Le rôle du politique est particulièrement important : par exemple, la démarche de la ville de Bolzano (Italie), élue par la Convention alpine en 2009<sup>59</sup> « ville des Alpes de l'année », constitue un bon exemple de mise en œuvre d'une politique territoriale de production d'énergie renouvelable diversifiée pour la satisfaction d'une consommation locale.

### Les propositions de ce document s'inscrivent dans la recommandation adoptée par le Congrès français de la nature du Comité français de l'UICN du 27 juin 2011<sup>60</sup> demandant de :

- ▶ S'engager résolument dans la voie des énergies renouvelables en réduisant au maximum l'impact de ces technologies sur les écosystèmes,
- ▶ Soutenir plus fortement la recherche sur les énergies renouvelables afin de réduire et de remplacer progressivement les modèles de production et de consommation non durables actuels basés sur les énergies fossiles,
- ▶ Intégrer la préservation de la diversité biologique dans tous les plans et programmes nationaux et locaux de l'énergie, afin de :
  - permettre un véritable développement durable des territoires prenant en compte la préservation et la valorisation des milieux naturels ;
  - reconnaître et valoriser le rôle joué par les écosystèmes et les réseaux d'aires protégées en matière d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques,
- ▶ Encadrer le développement des politiques et des projets énergétiques, en :
  - appliquant le principe de précaution pour les milieux naturels les plus sensibles,
  - exigeant une application exemplaire de la réglementation, avec des études d'impacts complètes sur la biodiversité et le respect du principe « éviter, réduire, compenser »,
  - veillant à ce que les opérateurs soient correctement formés et encadrés, et utilisent les techniques les moins dommageables pour la biodiversité,
  - évitant ou limitant au maximum l'emprise au sol des installations, leur développement dans les aires protégées des catégories I à IV de l'UICN, et refusant l'installation de champs photovoltaïques dans les milieux naturels.
- ▶ Renforcer la concertation avec l'ensemble des acteurs de la société civile, notamment avec les associations de protection de la nature et les gestionnaires d'espaces naturels.

<sup>58</sup> Voir aussi : Académies des sciences suisses (Octobre 2012) : Solutions possibles pour la Suisse dans le conflit entre les énergies renouvelables et l'utilisation du territoire – Résumé, 1<sup>er</sup> édition

<sup>59</sup> Il est intéressant d'ailleurs de noter, depuis, la constitution d'une plate-forme « Énergie » lors de la XII<sup>ème</sup> Conférence Alpine, dans le cadre du Programme de travail pluriannuel 2011-2016.

<sup>60</sup> Recommandation émise au Congrès français de la nature, réuni à Paris le 27 juin 2011 pour sa 10<sup>ème</sup> session : [http://www.uicn.fr/IMG/pdf/Developpement\\_des\\_energies\\_renewables\\_et\\_biodiversite.pdf](http://www.uicn.fr/IMG/pdf/Developpement_des_energies_renewables_et_biodiversite.pdf)

