

► DIRECTION DES ETUDES ECONOMIQUES ET DE L'EVALUATION
ENVIRONNEMENTALE

► DOCUMENT DE TRAVAIL

GISEMENT D'ENERGIE EOLIENNE PAR REGION : QUELQUES ELEMENTS D'ECLAIRAGE ECONOMIQUE

Sabine GUILLAUME

**Série ETUDES
N° 02-E05**



Site internet : <http://www.environnement.gouv.fr>
20 avenue de Ségur - 75302 Paris 07 SP

RESUME

L'Union européenne se propose d'accroître significativement la part de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables (éolien, solaire, hydraulique et biomasse), pour atteindre 22,1% dans la consommation communautaire totale d'électricité, à l'horizon 2010. Une directive sur la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables a été donc adoptée le 27 septembre 2001. L'objectif indicatif pour la France consiste à faire passer la part de l'électricité d'origine renouvelable dans la consommation intérieure brute d'électricité de 15 % en 1997 à 21 % en 2010.

Si la France est aujourd'hui un des premiers producteurs d'énergies renouvelables d'Europe, c'est essentiellement grâce à l'hydraulique, l'éolien ayant encore une part mineure dans cette production. Ainsi, au 1^{er} janvier 2001, la puissance installée pour la filière éolienne était de 66 MW en France, soit moins de 1% du parc de production d'électricité.

Pour assurer le développement des filières de production d'électricité d'origine renouvelable, et notamment de la filière éolienne, le nouveau cadre réglementaire français issu de la Loi sur l'électricité de février 2000, a retenu une approche d'encouragement qui mêle régulation par les prix et régulation par les quantités. Elle fournit deux instruments d'intervention : les tarifs de rachat de l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables et les appels d'offre. Le décret fixant un prix de rachat pour l'énergie éolienne prévoit un tarif fixe de 8,4 cEuros/kWh pendant 5 ans pour toutes les installations, puis les 10 années suivantes de 3,05 cEuros/kWh à 8,38 cEuros/kWh en fonction de la durée d'utilisation de l'installation concernée.

L'objet de la présente étude est d'apporter un éclairage économique sur les débats sur le gisement éolien en France. Un certain nombre d'études techniques sont déjà disponibles. Cependant, ces approches des gisements doivent prendre en compte des considérations économiques. La méthode d'évaluation économique du potentiel éolien en France retenue ici est de calculer, pour différentes valeurs du consentement collectif à payer pour produire cette énergie en substitution des autres sources d'énergie moins polluantes, le bilan coûts-avantages des installations de production, qui dépend notamment de leur productivité physique, elle-même liée à l'exposition au vent dont bénéficient ces installations. Plus précisément, la démarche consiste à déterminer la durée de fonctionnement qui rend l'investissement rentable, de relier cette durée à une exposition au vent, et de déterminer les zones géographiques qui disposent d'un potentiel de vent supérieur ou égal à cette exposition « limite » en tenant compte des usages locaux des sols. Le potentiel global en France est ensuite obtenu en sommant ces potentiels locaux (déterminés au niveau départemental) économiquement rentables. En effet, la localisation géographique joue notamment un rôle très important dans la possibilité de production d'électricité à partir des éoliennes. Les zones côtières, les hauts plateaux et les montagnes, les îles, certaines plaines dégagées, les couloirs des grands fleuves constituent ainsi des zones naturellement favorables. Grâce à l'absence d'obstacles qui permet une circulation du vent plus libre et régulière, le potentiel éolien est supérieur dans les zones maritimes et les grands lacs que dans les terres.

Ces premiers éléments d'évaluation aboutissent à des ordres de grandeur des gisements éoliens importants, qui confirment les travaux techniques antérieurs. Ainsi, pour une valeur du kWh égale au tarif d'achat de l'énergie éolienne prévu pour les cinq premières années de fonctionnement de l'installation (soit 0,0838 euros), le gisement éolien en puissance installée est d'environ 14000 MW. La modélisation au niveau fin des départements, conduit en outre à identifier des potentiels éoliens importants sur la façade nord-ouest (Bretagne, Basse-Normandie) et dans le Languedoc-Roussillon.

Cette étude ne vise pas tant à fournir une valeur précise du gisement éolien en France, qui ne pourra se révéler que par le comportement des acteurs du marché, en fonction notamment des prix de rachat décidés et des contraintes environnementales, d'implantation ou de raccordement locales, qu'à fournir des ordres de grandeurs et des tests de sensibilité du gisement économiquement rentable, en fonction de la valeur collectivement attribuée au kWh. (des simplifications ont été faites pour la lisibilité de l'analyse). En particulier, la question de l'insertion des éoliennes dans le paysage, les espaces naturels et la proximité des centres habités, qui participent au choix des sites d'implantation, est traitée ici de façon très simplifiée et conservatoire, en limitant l'implantation aux terres agricoles. Les espaces naturels, et les zones urbanisées ont été éliminées afin de conserver une approche prudente des problèmes d'implantation locale des installations, notamment en milieu littoral ou urbanisé. L'objectif était de traiter la localisation géographique des équipements en évitant d'exacerber les conflits d'usage.

Ce document n'engage que ses auteurs et non les institutions auxquelles ils appartiennent. L'objet de cette diffusion est de stimuler le débat et d'appeler des commentaires et des critiques

Sommaire

1. Le contexte européen : l'intégration des préoccupations environnementales dans la politique énergétique	5
2. Le développement de la filière éolienne : bilan et perspectives	6
2.1. Programme Eole 2005	7
2.2. Plan National de Lutte contre l'Effet de Serre	8
2.3. L'éolien au niveau local : Les schémas de services collectifs	8
3. Le gisement éolien	10
3.1. Estimations de la Commission et de l'ADEME	10
3.2. L'étude d'Espace Eolien Développement	10
4. Eléments d'approche économique	12
4.1. Eléments de méthode	12
4.2. Hypothèses de calcul	14
4.2.1. Les paramètres d'estimation de la rentabilité des investissements	14
4.2.2. Les hypothèses de détermination des sites	15
4.3. Résultats	18
Conclusion	22

Annexe 1 : Gisement rentable

Annexe 2 : Analyses de sensibilité aux principaux paramètres d'estimation de la rentabilité des projets

Annexe 3 : Quelques données géographiques par département

Annexe 4 : Eléments de contributions régionales au schéma de services collectifs, relatifs à la filière éolienne

Annexe 5 : La nomenclature CORINE Land Cover

1. Le contexte européen : l'intégration des préoccupations environnementales dans la politique énergétique

Face à la gravité et à l'irréversibilité du phénomène de l'effet de serre, les Etats ont reconnu la nécessité d'une action internationale, dès 1992 à Rio, par la signature de la convention-cadre sur le changement climatique, qui vise à stabiliser, à terme, la concentration de gaz à effet de serre GES dans l'atmosphère. En application de cette convention, le protocole de Kyoto signé en 1997 prévoit des engagements par pays ou groupes de pays, qui consistent, pour l'union européenne, à stabiliser ses émissions, à l'horizon 2008-2012, au niveau de 1990.

Cet engagement a amené l'Union Européenne à se fixer un troisième objectif à côté de ces deux objectifs traditionnels des politiques énergétiques (marché intérieur et sécurité d'approvisionnement), celui de la préservation de l'environnement et notamment la réduction de l'effet de serre. Dans ce cadre la Commission s'est engagée dans un programme de promotion des énergies renouvelables, tout en proposant en parallèle d'instaurer une taxation sur les émissions de GES ainsi que sur l'énergie.

Par ailleurs, le Conseil européen de Cardiff a impulsé le processus d'intégration de l'environnement dans la politique énergétique, en référence aux objectifs de développement durable et d'intégration de la politique de l'environnement dans les autres politiques communautaires soulignés par le traité d'Amsterdam (art. 6 du traité CE). La même année un livre blanc sur les sources d'énergie renouvelables prévoyait de faire passer la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie primaire de l'Union Européenne de 6% en 1995 à 12% en 2010. Cette recommandation s'est concrétisée par l'adoption le 27 septembre 2001 d'une directive sur la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables (directive SER) et par la proposition, au début de l'été 2002, d'une directive sur la cogénération.

La Directive SER propose de faire passer la part d'électricité SER dans la consommation communautaire totale d'électricité de 13,9 % en 1997 à 22,1 % en 2010. Elle précise que tous les États membres sont tenus de fixer et respecter chaque année des objectifs nationaux de consommation intérieure future d'électricité SER en termes de kWh consommés ou en pourcentage de la consommation d'électricité pour les 10 prochaines années. L'objectif indicatif suggéré pour la France consiste à faire passer la part de l'électricité d'origine renouvelable dans la consommation intérieure brute d'électricité de 15 % en 1997 à 21 % en 2010. Elle demande aux États membres de publier chaque année leurs objectifs de consommation ainsi que les mesures prises et à prendre à l'échelon national pour atteindre ces objectifs¹.

Cet effort de promotion des énergies renouvelables se traduit par un certain nombre de mesures d'accompagnement. En premier lieu, il est envisagé la mise en place d'un régime de certification d'origine reconnu mutuellement entre les Quinze, qui pourrait constituer la première étape d'un futur système d'échange européen de certificats verts. En outre, cette Directive ouvre la voie à un accès prioritaire des énergies renouvelables aux réseaux électriques dans la limite de leurs capacités et incite les Etats à favoriser le raccordement aux énergies renouvelables aux réseaux existants afin d'encourager la création progressive d'un véritable marché des énergies renouvelables au sein du marché intérieur de l'électricité (cf

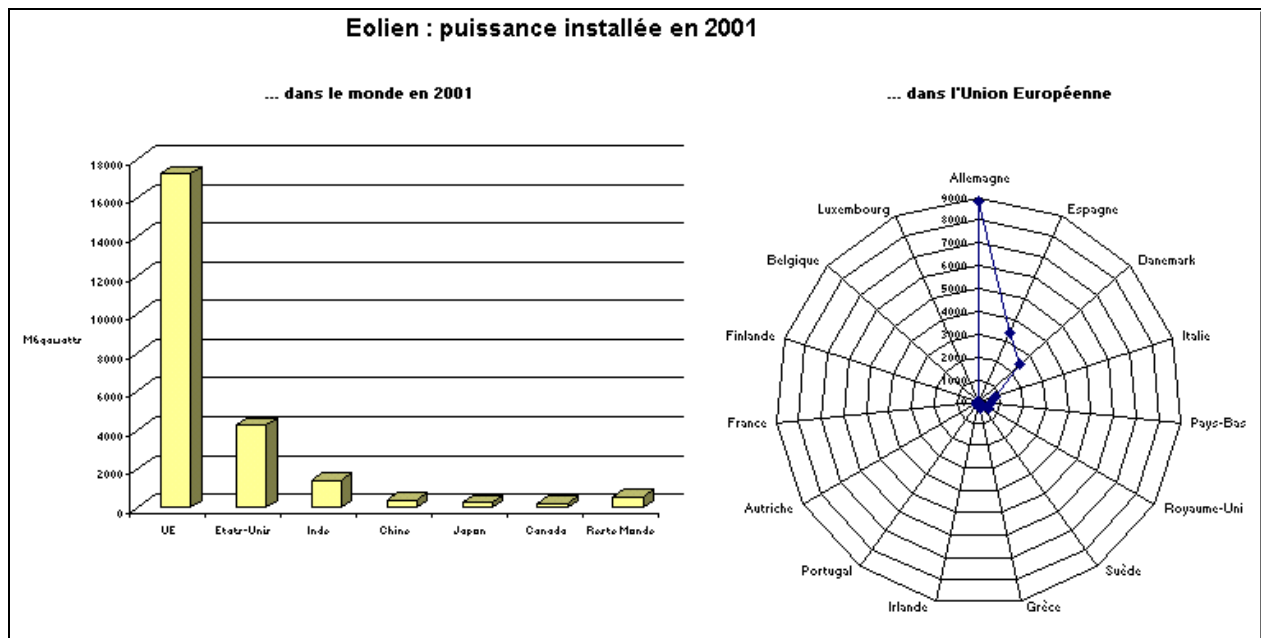
¹ DIRECTIVE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité

article 7 du chapitre V de la Directive européenne relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité). Enfin, la Directive garantit juridiquement l'existence de systèmes de soutien nationaux sans lesquels la promotion et la diffusion des énergies renouvelables ne sauraient être garanties car on ne saurait s'en remettre dans ce domaine aux seules forces du marché qui ne permettent pas à des filières émergentes d'énergies renouvelables de s'imposer. Cette disposition en faveur des systèmes de soutien existants est décisive pour favoriser la confiance des investisseurs dans les filières d'énergies renouvelables.

2. Le développement de la filière éolienne : bilan et perspectives

La puissance des éoliennes dans le monde s'élève à 24000 MW dont les deux tiers (18.000 MW) dans l'Union Européenne (cf. graphiques 1 et 2 ci-après). En Europe on constate un démarrage important de la filière en Espagne qui est devenue le 2^e pays en matière de capacités installées (plus de 3000 MW), derrière l'Allemagne (près de 9000 MW) et devant le Danemark (2500 MW)

La France dispose de moins de 100 MW d'éoliennes installées. Une première vague d'investissements a eu lieu avec les éoliennes de Port-La-Nouvelle, Dunkerque, La Désirade (13 MW au total) puis en 1996 un programme Eole 2005 a été lancé qui vient d'être clôturé en 2002, avec une perspective de 650 éoliennes pour une puissance supplémentaire de 360 MW. D'ici 2003, on peut envisager que la filière éolienne correspondra à une puissance installée de l'ordre de 500 MW.



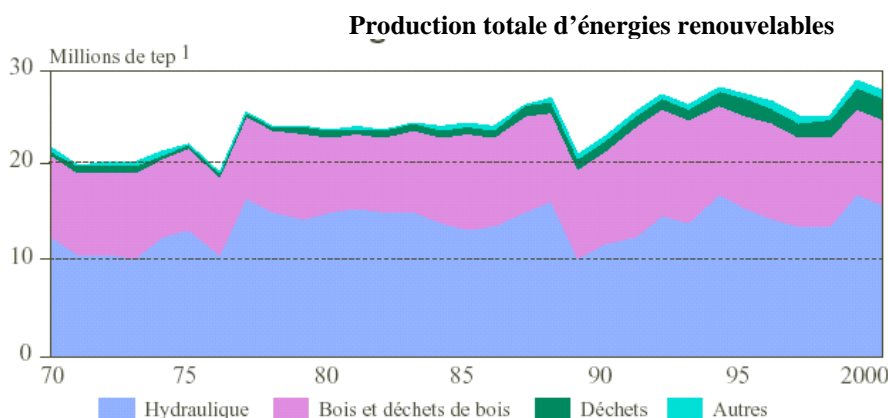
* *
*

Structure de la production française totale brute d'électricité (2001)

	Energie produite (TWh)	Part (en %)
Nucléaire	422	77
Thermique classique	49	9
Hydraulique, éolien, photovoltaïque	79	14
Total	550	100

Source : Observatoire de l'Énergie (résultats provisoires)

Si la France est aujourd'hui un des premiers producteurs d'énergies renouvelables d'Europe, c'est essentiellement grâce à l'hydraulique, mais non à l'éolien qui a encore une part mineure dans cette production.



Source : Observatoire de l'Énergie

Ainsi, bien que disposant d'un très bon gisement éolien, l'éolien en France totalisait fin 2000 seulement une puissance installée de 66 MW d'éoliens.

Puissance éolienne installée en France (1983-2000)

Eolien	1983	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000e
Puissance installée en MW	0,1	1	3,4	3,4	3,5	6,6	11,5	20	25	66
Production en Gwh	0,3	2	8,7	8,8	8,8	15,6	19	40,4	48,6	93,7

Source : « Les énergies renouvelables en France 1970-2000 » DGEMP. Observatoire de l'Énergie (e=estimé)

Cependant, parmi les énergies renouvelables, l'énergie éolienne est celle qui actuellement se développe le plus rapidement en France, en terme de puissance installée, grâce à l'implantation de fermes éoliennes.

Un cadre favorable a par ailleurs été mis en place en France pour le développement de cette énergie, en particulier par le biais du programme Eole 2005.

2.1. Programme Eole 2005

Le programme Eole 2005, qui consistait en des appels à propositions lancés par EDF pour la fourniture d'électricité d'origine éolienne, avait pour objectif d'installer en France un parc

éolien d'une puissance de 250 à 500 MW en 2005. Les projets en cours de montage dans le cadre Eole 2005 représentent une puissance totale de 360 MW et devraient théoriquement, (ie s'ils ne prennent aucun retard) aboutir d'ici fin 2002.

2.2. Plan National de Lutte contre l'Effet de Serre

Afin de respecter les engagements de Kyoto le Gouvernement a élaboré un programme de lutte contre le changement climatique (PNLCC). Afin de mieux exploiter le gisement éolien important dont on dispose, le PNLCC a établi un objectif de 3000 MW installés à horizon de 2010 (objectif ne prenant pas réellement en compte le potentiel de développement de l'éolien off-shore). Cette puissance correspond à 9 TWh² par an.

2.3. L'éolien au niveau local : Les schémas de services collectifs

Les sources d'énergies renouvelables sont inégalement réparties selon les régions et en fonction des types d'énergie. La localisation géographique joue un rôle très important dans la possibilité de production d'électricité à partir des éoliennes. Grâce à l'absence d'obstacles qui permet une circulation du vent plus libre et régulière, le potentiel éolien est supérieur dans les zones maritimes et les grands lacs que dans les terres. De ce fait, un certain nombre de projets d'équipements de sites éoliens en off-shore se développent aujourd'hui. Sur terre les zones côtières, les hauts plateaux et les montagnes, les îles, certaines plaines dégagées, les couloirs des grands fleuves constituent des zones naturellement favorables.

Au delà de ces considérations strictement techniques, l'implantation d'éoliennes doit également tenir compte de l'insertion dans le paysage et de la proximité des centres habités.

Dans le cadre de la Loi de 1999 sur l'aménagement et le développement durable du territoire (LOADDT), la France s'est dotée d'un schéma de services collectifs de l'énergie qui complète les mesures nationales en associant les collectivités territoriales à la politique de l'énergie et au développement durable du territoire. Ce schéma a été élaboré en tenant compte de trois axes principaux :

- « définir, dans le cadre de la politique nationale de l'énergie, les objectifs d'exploitation des ressources locales d'énergie renouvelables et d'utilisation rationnelle de l'énergie concourant à l'indépendance énergétique nationale, à la sécurité d'approvisionnement et à la lutte contre l'effet de serre.
- Evaluer les besoins énergétiques prévisibles des régions, leur potentiel de production énergétique, leurs gisements d'économies d'énergie et les besoins en matière de transport d'énergie.
- Déterminer les conditions dans lesquelles l'Etat et les collectivités territoriales pourront favoriser des actions de maîtrise de l'énergie ainsi que de production et d'utilisation des énergies renouvelables en tenant compte de leur impact sur l'emploi et de leurs conséquences financières à long terme ».

² Estimation réalisée sur la base suivante : 1 MW de puissance installée d'aérogénérateurs produit annuellement 3GWh d'électricité en moyenne.

Les schémas de service collectif

La loi d'orientation du 25 juin 1999 pour l'aménagement et le développement durable du territoire (LOADT) a prévu neuf schémas de service collectifs destinés à mettre en œuvre les choix stratégiques sur lesquels doit notamment reposer la politique d'aménagement et de développement durable du territoire à horizon de 20 ans. De manière générale, les schémas de service collectifs sont des instruments de pilotage et d'orientation pour l'Etat et les différents acteurs concernés, notamment les collectivités locales dans le respect des principes de décentralisation. Selon les cas, les schémas de service collectif seront plus ou moins directifs en fonction du rôle, du degré d'implication, et des moyens d'action de la puissance publique dans chacun des domaines considérés. L'élaboration des schémas de service collectifs repose sur une très large concertation.

Le schéma de services collectifs de l'énergie, a été élaboré en partenariat avec l'ADEME par le ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie – direction générale de l'Energie et des Matières premières. Ce schéma, qui s'intéresse donc notamment à la valorisation des ressources locales d'énergies renouvelables et au développement de la production décentralisée, précise que « l'évaluation des potentiels de production éolienne sur le territoire (onshore et offshore) est en cours. Ces potentiels sont fonction des contraintes physiques (vitesse et régularité du vent, éloignement des côtes et profondeur des fonds pour l'off-shore...), des contraintes environnementales (densité d'implantation des aérogénérateurs, proximité des zones résidentielles et des sites touristiques, ..) et du caractère économiquement acceptable des coûts d'accès à la ressource. Chacune de ces hypothèses influe, et parfois de façon importante, sur l'évaluation du gisement ».

Concernant la répartition territoriale des potentiels en production d'électricité à partir de l'énergie éolienne, le schéma de services collectifs de l'énergie indique que « un certain nombre de régions françaises présentent un potentiel de développement de l'énergie éolienne important de par leurs conditions climatiques : Languedoc-Roussillon qui constitue de par la nature de ses vents (tramontane et cers), l'un des meilleurs potentiels éoliens d'Europe, Picardie sur la Côte picarde, Nord Pas de Calais, Basse-Normandie sur les côtes et en particulier en Manche, Rhône-Alpes dans sa partie Sud (vallée du Rhône et plateau ardéchois), Haute-Normandie, PACA en particulier en Camargue et sur le couloir rhodanien, Pays de la Loire, Poitou-Charentes, Bretagne, Midi-Pyrénées, Corse Aquitaine sur la côte océane et DOM ».

L'évaluation du potentiel éolien étant en cours, le schéma de services collectifs fournit une carte très approximative fournie par l'ADEME du gisement éolien en France et précise pour certaines régions des éléments de contribution régionale.

3. Le gisement éolien

L'analyse du gisement éolien prend tout son intérêt à un moment où la France table sur le développement de cette filière pour atteindre les objectifs fixés par l'Union Européenne.

3.1. Estimations de la Commission et de l'ADEME

Une étude macroscopique conduite par la Commission européenne à partir de données météo donne pour les zones où le vent souffle en moyenne à plus de 6 m/s une puissance installable pour l'éolien terrestre en France de 30.000 MW pour un productible annuel de 66 TWh. L'ADEME a affiné ces résultats pour les régions Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Corse, Finistère en considérant que 10% des surfaces exposées à des vents de plus de 6 m/s pouvaient être utilisées. Avec une hypothèse de 8 hectares par MW, la puissance installable serait de l'ordre de 10.800 MW pour une production annuelle de 26 TWh. Le potentiel éolien pour le reste de la France reste encore à évaluer.

Pour l'éolien off-shore, l'étude de la Commission européenne indique une puissance installable théorique en France de 30.000 MW pour un productible annuel de 90 TWh. L'ADEME a affiné ces résultats pour les régions Languedoc-Roussillon, Bretagne, Manche et Nord-Pas de Calais en retenant des zones d'implantation à moins de 10 km des côtes et présentant des fonds de moins de 30 m. La puissance installable serait alors de l'ordre de 9.125 MW pour une production annuelle de 30 TWh.

Dans l'optique d'élaboration de services de schémas collectifs de l'énergie, l'ADEME a réalisé des estimations de répartition régionale des objectifs de production d'électricité à partir de l'énergie éolienne. Ces propositions, élaborées à une date antérieure à l'adoption de la tarification de la filière éolienne actuellement en vigueur, étaient basées sur le potentiel de vent dans les régions (la carte des vents utilisée étant issue de l'atlas éolien européen) et tenaient compte des possibilités régionales pour faire de l'éolien « raisonné ». L'ADEME avait ainsi envisagé deux répartitions régionales des implantations éoliennes: une répartition des 3000 MW de puissance installée au 1^{er} janvier 2001 (objectif du PNLCC), concernant uniquement les projets éoliens à terre, et une répartition des futurs 10 000 MW de puissance, cumulant off-shore et on-shore (objectif de la directive européenne) à un horizon de 2015-2018.

3.2. L'étude d'Espace Eolien Développement

Le rapport « Penser l'avenir pour agir aujourd'hui » du Club « Energie , prospective et débats » édité par le Commissariat Général au Plan en juin 2001, reprend le niveau et les conditions du potentiel éolien évalué par Espace Eolien Développement. Cette évaluation du potentiel éolien effectivement exploitable en France métropolitaine est faite en tenant compte des contraintes techniques et environnementales.

Les hypothèses concernant les éoliennes sont les suivantes : l'évaluation prend pour base une éolienne terrestre de 1,5 MW (70 m de diamètre, 60 m de hauteur), disponible sur le marché, et une éolienne de 5 MW (110 m de diamètre, 90m de hauteur), en cours de développement, prévue pour être installée en mer.

Trois grandes régions sont retenues : le Grand Nord-Ouest (du Nord à la Charente-Maritime), le Grand Sud (littoral méditerranéen) et le Grand Centre (sans la zone littorale). Le potentiel éolien de ces trois zones est de 2000, 2500 et 3000 kWh/m² de surface balayée.

Sur les sites terrestres, les éoliennes sont implantées sur 3 à 5 % du territoire agricole suivant les régions (les éoliennes ne mobilisent réellement que 2% maximum de cette surface, le reste de la surface étant toujours cultivable ou pâturable). L'implantation est limitée à la bande comprise entre 0 et 10 km de la côte sur la côte Atlantique/Manche/Mer du Nord (hors Bretagne où des sites collinaires intérieurs sont utilisables). Sur les sites maritimes, les éoliennes occupent 1 à 3,5 % de la surface suivant les régions mais 0,2% pour les régions de la Méditerranée du Sud-Est. L'implantation est limitée à la bande comprise entre 10 et 20 km de la côte. Il convient en effet d'encrener les éoliennes sur les fonds maritimes ce qui implique que l'on ne soit pas trop loin des côtes.

Les résultats globaux qui résultent de ces hypothèses sont résumés dans le tableau suivant :

	Puissance MW	Energie TWh/an	Nombre	Surface sol km ²
sites terrestres	11 197	29	7 466	1 400
Sites en mer	6 465	22	1 292	808
Total potentiel éolien	17 662	51	8 758	2 208

Le potentiel éolien estimé est d'environ 50 TWh annuel, soit 14% de l'énergie électrique appelée en 1997. La partie des sols stérilisés par les 7500 éoliennes envisagées sur les territoire français n'est pas aussi importante qu'on pourrait l'imaginer. La production d'un TWh/an exige une surface de 54 km² à terre, (et de 38 km² en mer) mais la surface réelle rendue inutilisable à terre est d'environ 1 km² par TWh. L'ensemble du Danemark est à cet égard instructif dépendant à plus de 70% des combustibles fossiles pour sa production d'électricité, il a vivement encouragé la filière éolienne et la majeure partie des éoliennes terrestres ont été installées sur des terres agricoles et sont gérées par des coopérations de fermiers. Les 7500 éoliennes terrestres peuvent également être comparées aux 50.000 châteaux d'eau existant ou aux 100.000 pylônes haute tension.

L'investissement total est évalué à 120 milliards de francs , soit environ 7000 F/kW installée. En actualisant à 6% sur 20 ans et avec un coût d'exploitation évalué à 2,2% de l'investissement initial par an, le coût actualisé du kWh serait de 0,26 F.

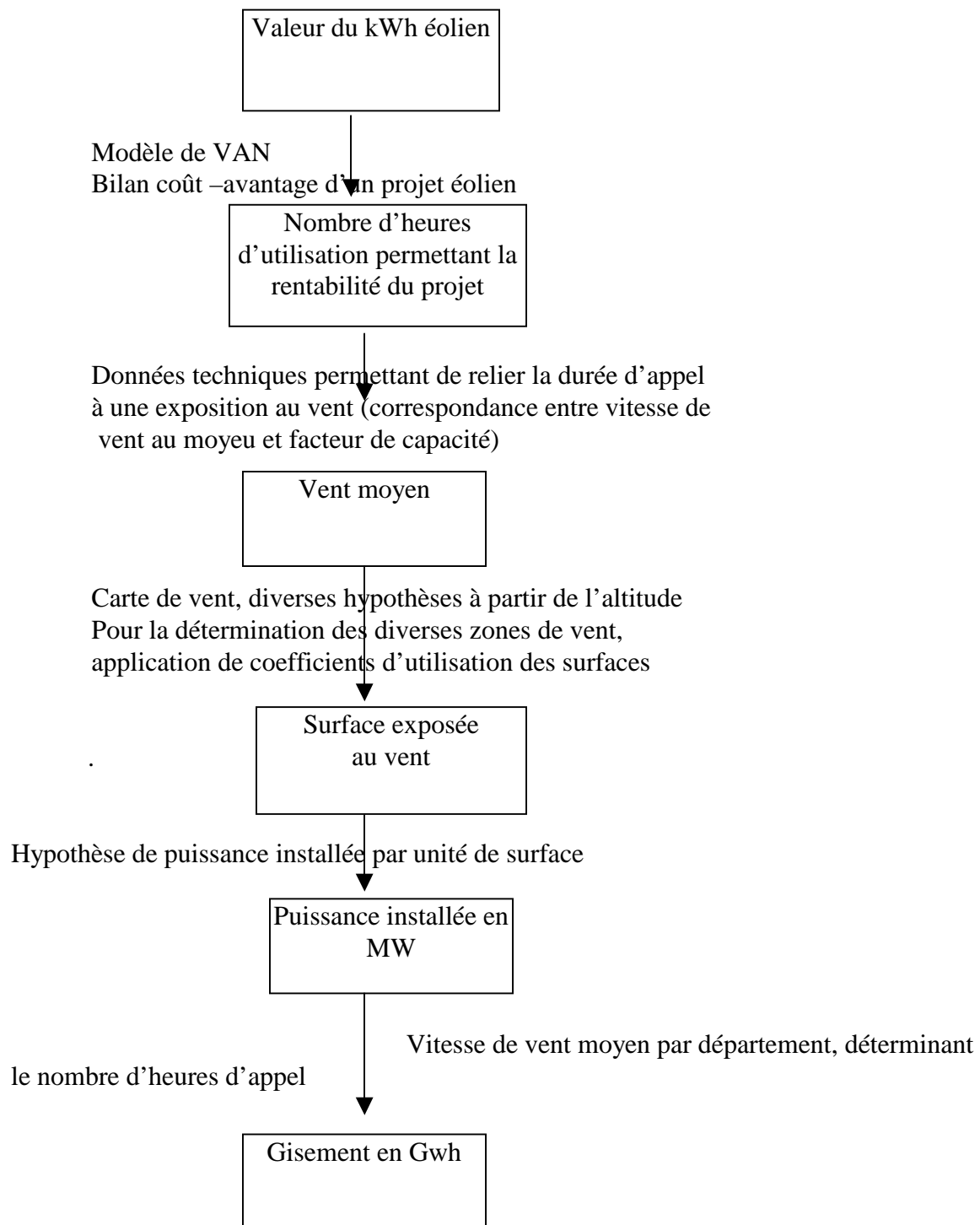
4. Eléments d'approche économique

4.1. Eléments de méthode

La méthode d'évaluation économique du potentiel éolien en France retenue ici est de calculer, pour différentes valeurs économiques du kWh produit en éolien, le bilan coûts-avantages des installations de production, qui dépend notamment de leur productivité physique, elle même liée à l'exposition au vent dont bénéficient ces installations. Ces différentes valeurs économiques peuvent notamment refléter le consentement collectif à payer pour réduire les pollutions en produisant cette énergie en substitution d'autres sources d'énergie, qui a justifié par exemple la fixation du tarif de rachat. Plus précisément, la démarche consiste à déterminer, pour une valeur donnée du kWh produit par l'éolien, la durée de fonctionnement qui rend l'investissement rentable, de relier cette durée à une exposition au vent, et de déterminer les zones géographiques qui disposent d'un potentiel de vent supérieur ou égal à cette exposition « limite » en tenant compte des usages locaux des sols. Le potentiel global en France est ensuite obtenu en sommant ces potentiels locaux (déterminés au niveau départemental) économiquement rentables. En effet, la localisation géographique joue notamment un rôle très important dans la possibilité de production d'électricité à partir des éoliennes. Les zones côtières, les hauts plateaux et les montagnes, les îles, certaines plaines dégagées, les couloirs des grands fleuves constituent ainsi des zones naturellement favorables. Grâce à l'absence d'obstacles qui permet une circulation du vent plus libre et régulière, le potentiel éolien est supérieur dans les zones maritimes et les grands lacs que dans les terres.

Ainsi, l'analyse du gisement éolien peut se résumer, connaissant la valeur économique du kWh produit en éolien (qui peut notamment être celle implicitement choisie dans le prix de rachat), à l'examen de la rentabilité privée des installations, qui va déterminer si des investisseurs seront susceptibles d'être intéressés par l'investissement éolien. Cette rentabilité est établie pour différentes valeurs sociales du kWh supposée transcrite dans la rémunération privée. La méthode consiste ensuite, schématiquement à déterminer, pour chacune des valeurs sociales du kWh, la durée d'utilisation qui rend l'investissement rentable, de relier cette durée d'appel à une exposition au vent, puis de déterminer les zones géographiques qui disposent d'un potentiel de vent supérieur ou égal à cette exposition « limite ».

Les hypothèses et le déroulement de la méthode sont détaillés ci-après :



Pour le calcul de rentabilité du projet en fonction de la valeur du kWh et du nombre d'heures d'utilisation, on considère ici la valeur actualisée nette (VAN) d'un projet caractérisé par le poids important de l'investissement initial, et une valeur du kWh éolien de P, dont le bilan coût-avantage est positif pour la valeur du kWh éolien correspondant,

$$VAN = -Iu + \left(\frac{Nh * (P - Ctv) - Ctf}{r} \right) * A \quad \text{avec } A = \left[1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right]$$

où Nh est le nombre d'heures de fonctionnement annuel

r est le taux d'actualisation

Iu est l'investissement par kW installé

Ctf est le coût d'exploitation fixe en F par kW et par an

Ctv est le coût d'exploitation variable en F par kWh.

P est la valeur sociale du kWh supposée transcrite dans la rémunération privée ; la valeur sociale correspondant à la valeur que la collectivité attache à l'éolien, en intégrant l'ensemble des externalités.

Le coût des machines représente entre 70 et 75% du coût complet d'investissement, les autres postes (études, génie civil, accès..) représentant 25 à 30%.

Les charges d'exploitation correspondent notamment à des charges de conduite, entretien, pièces de rechange, assurances.

4.2. Hypothèses de calcul

4.2.1. Les paramètres d'estimation de la rentabilité des investissements

La base de calcul est ici un projet avec une mise en service industrielle en 2001.

Pour cette analyse, les paramètres d'estimation de la rentabilité des investissements:

Durée de vie : 15 ans

Investissement : 1105 euros/kW

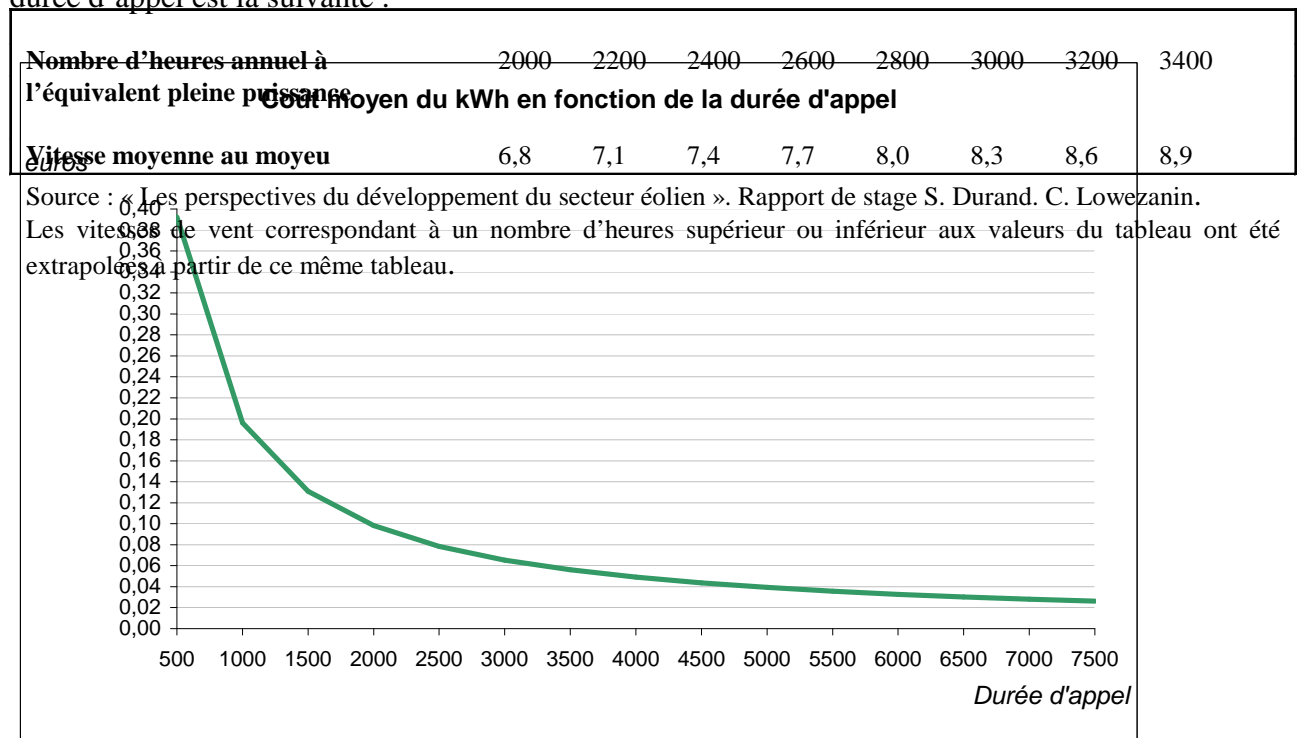
Charges d'exploitation fixes : 67,1 euros/kW/an.

Charges d'exploitation variables : 0

Taux d'actualisation : 8%.

A la différence des autres types d'énergies, le coût de production d'un kWh éolien, et donc la rentabilité d'un projet éolien, dépend fortement de la localisation du parc. La vitesse moyenne au moyeu détermine un nombre d'heures annuel à l'équivalent de pleine puissance. Le tableau suivant fait apparaître la correspondance entre la vitesse du vent au moyeu et le facteur de capacité.

Selon les paramètres d'estimation retenus, la courbe de coût moyen du kWh en fonction de la durée d'appel est la suivante :



Cette dépendance de la rentabilité par rapport au potentiel de vent nécessite une approche géographique fine du gisement éolien. Celle-ci doit permettre, pour chaque valeur sociale du Kwh retenu, de déterminer quelle superficie bénéficie d'une exposition au vent suffisante pour être rentable, et à partir d'hypothèses techniques sur la densité d'implantation locale, quelle puissance et quelle énergie éolienne sont économiquement rentables.

4.2.2. Les hypothèses de détermination des sites

La détermination des sites correspondant à ce critère reposent sur les hypothèses suivantes :

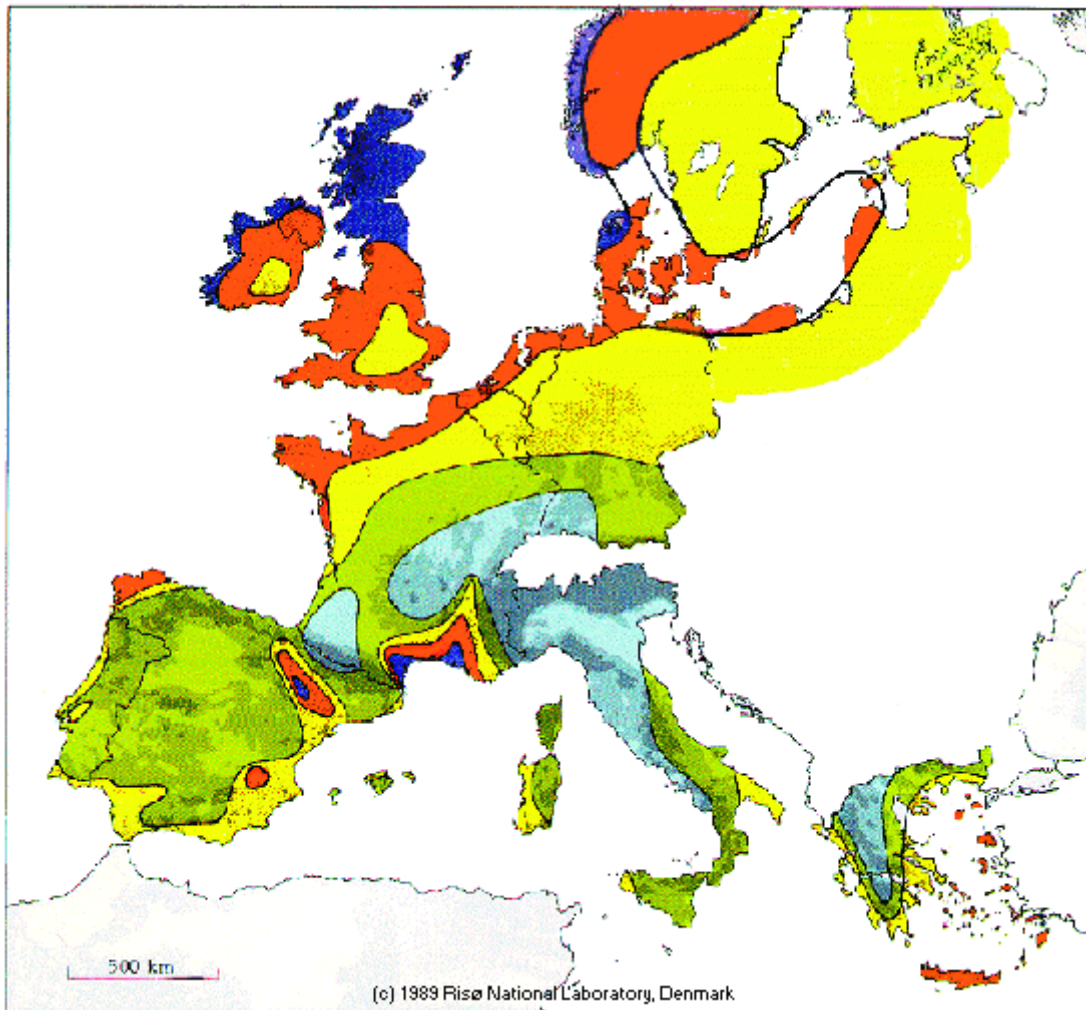
- On ne retient que les terres agricoles dans cette analyse : les espaces naturels, et les zones urbanisées ont été éliminées. Ceci constitue donc une approche prudente des problèmes d'implantation locale des installations, notamment en zone littorale ou urbanisée.

Dans cette étude, les données relatives à l'occupation des sols sont issues de la base de données CORINE land cover de l'IFEN. CORINE land cover, qui fournit une information géographique homogène sur l'occupation des sols, repose sur une nomenclature hiérarchisée selon cinq grands types d'occupation du territoire (cf annexe 5): les territoires artificialisés ; les *territoires agricoles* ; les forêts et milieux semi-naturels ; les zones humides ; les surfaces en eau.

Les terres agricoles s'entendent donc ici au sens de la nomenclature Corine land cover (« territoires agricoles »).

- 2% de la surface agricole est considérée comme utilisable pour l'implantation d'éoliennes, dont seulement le quart de cette surface en zone de crêtes (orientation nécessaire aux vents dominants). Le choix du coefficient de 2% s'appuie sur les travaux de l'Espace Eolien Développement, qui se basent sur des hypothèses d'implantation éolienne (sur les sites terrestres) sur 3 à 5 % du territoire agricole suivant les régions, les éoliennes ne mobilisant en réalité que 2% maximum de cette surface (le reste étant toujours cultivable ou pâturable).
- Les surfaces agricoles situées à plus de 1000 mètres d'altitude ont été éliminées, pour des raisons de faisabilité technique de la construction des installations.
- La carte des vents est décomposée en trois catégories : les zones de « plaine », les zones littorales et les zones de crêtes. Sont considérées comme zones de crêtes le quart des surfaces agricoles utilisables dont l'altitude est supérieure d'au moins 100 mètres à l'altitude minimale du département ; sont considérées comme zones de plaine pour les départements non littoraux, ou comme zones littorales, pour les départements littoraux, les autres surfaces agricoles utilisables (c'est-à-dire celles inférieures à l'altitude minimale plus 100 mètres). L'altitude minimale du département a été approximée par l'altitude minimale des territoires agricoles.
- Les vitesses de vents sont des vitesses moyennes.

La carte des vents utilisée est celle de l'atlas éolien européen :



La légende de cette carte a été simplifiée, avec une décomposition en trois catégories. Le tableau suivant permet de déterminer approximativement la vitesse (moyenne) de vent à 50m au-dessus du sol, en fonction de la topographie :

Zones	A	B	C	D	E
PLaines	7,25	6,25	5,4	4,5	3,5
Littoral	9	7,75	6,5	5,5	4,5
Crêtes	12	10,75	9,25	7,75	6,5

- On répartit 1 MW de puissance installée pour 8 hectares (coefficient retenu dans les estimations faites par l'ADEME).

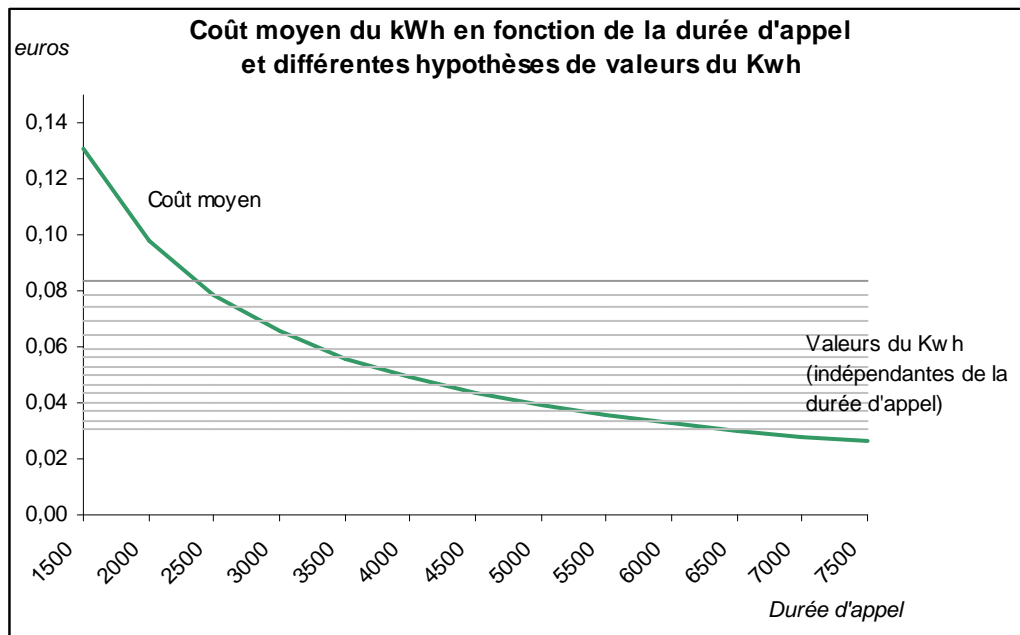
Ces hypothèses constituent une approche à la fois sommaire mais « prudente » des questions d'implantation locale : en retenant les terres agricoles, on exclut en particulier les milieux naturels et les zones urbanisées, qui posent le plus de problème d'acceptabilité locale.

Cette approche a par ailleurs pour conséquence d'éliminer en partie l'implantation des éoliennes sur des surfaces proches des côtes.

4.3. Résultats

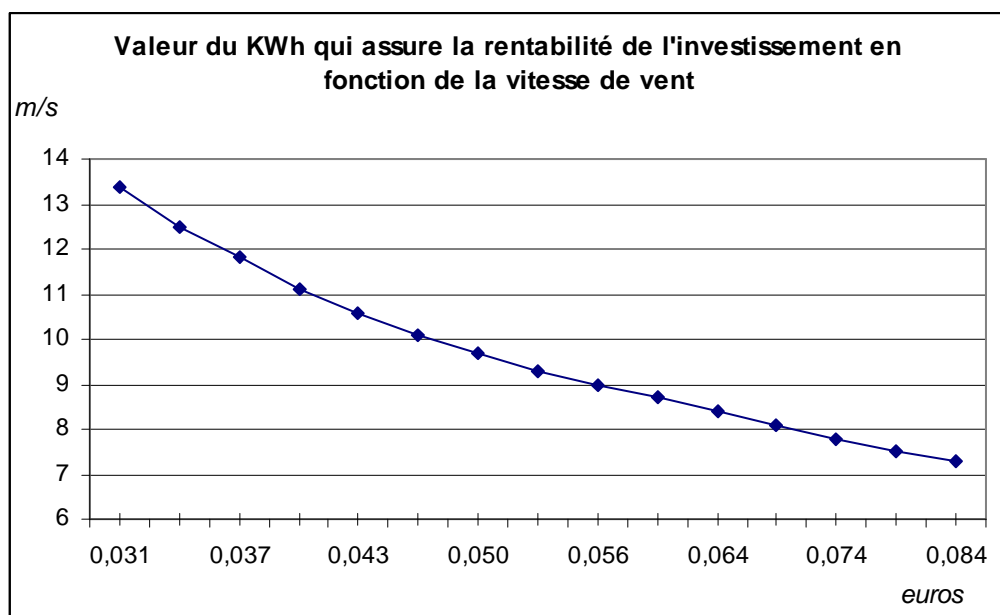
Le gisement éolien est estimé ainsi selon différentes valeurs sociales du Kwh, via la durée d'utilisation qui rend l'investissement rentable et le vent moyen correspondant.

Si l'on fixe la valeur du KWh éolien à 0,0838 euros, on considère que l'électricité d'origine éolienne devient économiquement rentable si la VAN s'annule (ou si la valeur sociale du kWh excède le coût de production). Pour les hypothèses retenues, le graphique suivant montre que la durée de fonctionnement à partir de laquelle l'électricité d'origine éolienne devient économiquement rentable est d'environ 2300 heures, soit une vitesse de vent de 7,3 m/s.

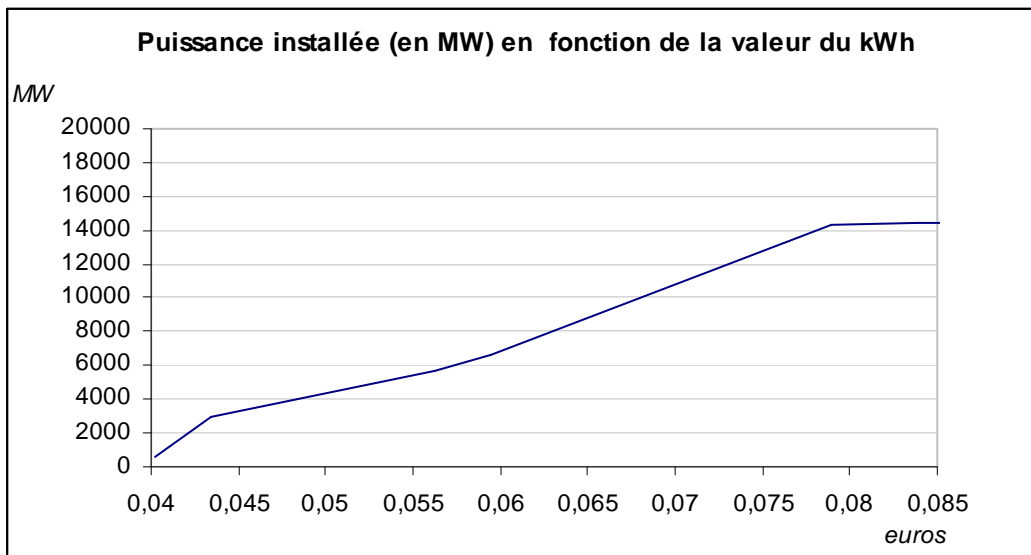


La valeur de 0,0838 €/kWh correspond au tarif d'achat prévu par l'arrêté du 8 juin 2001 qui fixe les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie mécanique du vent. Ce tarif est en effet de 0,0838 €/kWh pendant 5 ans pour toutes les installations, quelle que soit la durée d'utilisation de l'installation. Il varie ensuite les 10 années suivantes de 0,0305 € à 0,0838 € en fonction de la durée de fonctionnement annuelle de l'installation concernée (et donc selon la qualité du site). Les différentes valeurs du kWh éolien retenues pour estimer le gisement éolien correspondent à ces valeurs tarifaires, que l'on a simplifiées en les supposant constantes et donc indépendantes de la durée de fonctionnement de l'installation.

Le graphique suivant résume, pour chacune des hypothèses de valeur du kWh retenue, la durée de fonctionnement à partir de laquelle l'électricité d'origine éolienne devient économiquement rentable, ainsi que le vent moyen au moyen correspondant.

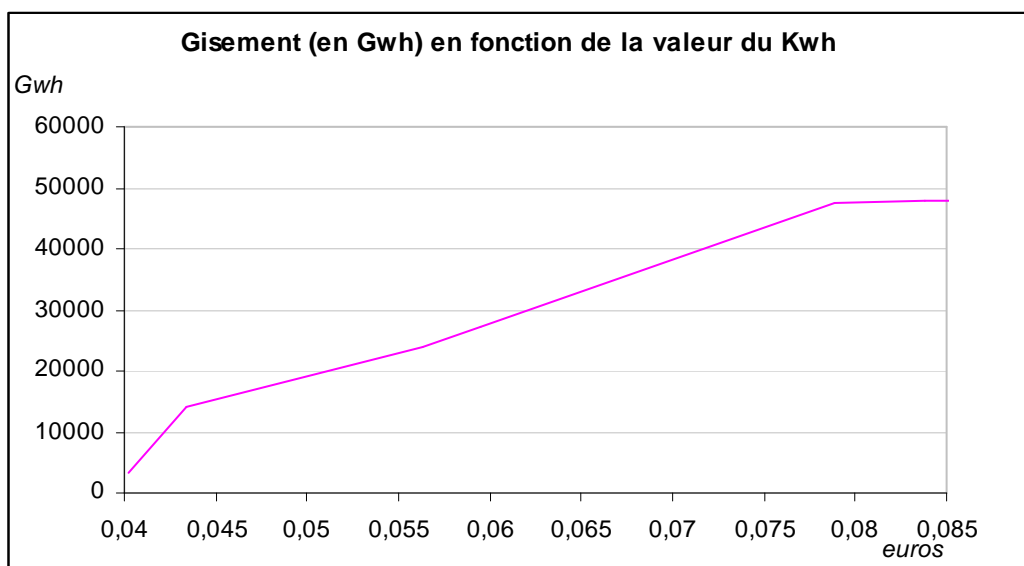


On déduit des hypothèses précédentes, des données départementales d'exposition au vent, de topologie et d'utilisation des terres, le gisement éolien rentable selon les différentes valeurs sociales du kWh retenues :



Ce potentiel global en France est déterminé en sommant des potentiels locaux économiquement rentables, déterminés au niveau des départements, en fonction de l'exposition au vent, de la topographie, et de l'usage des sols.

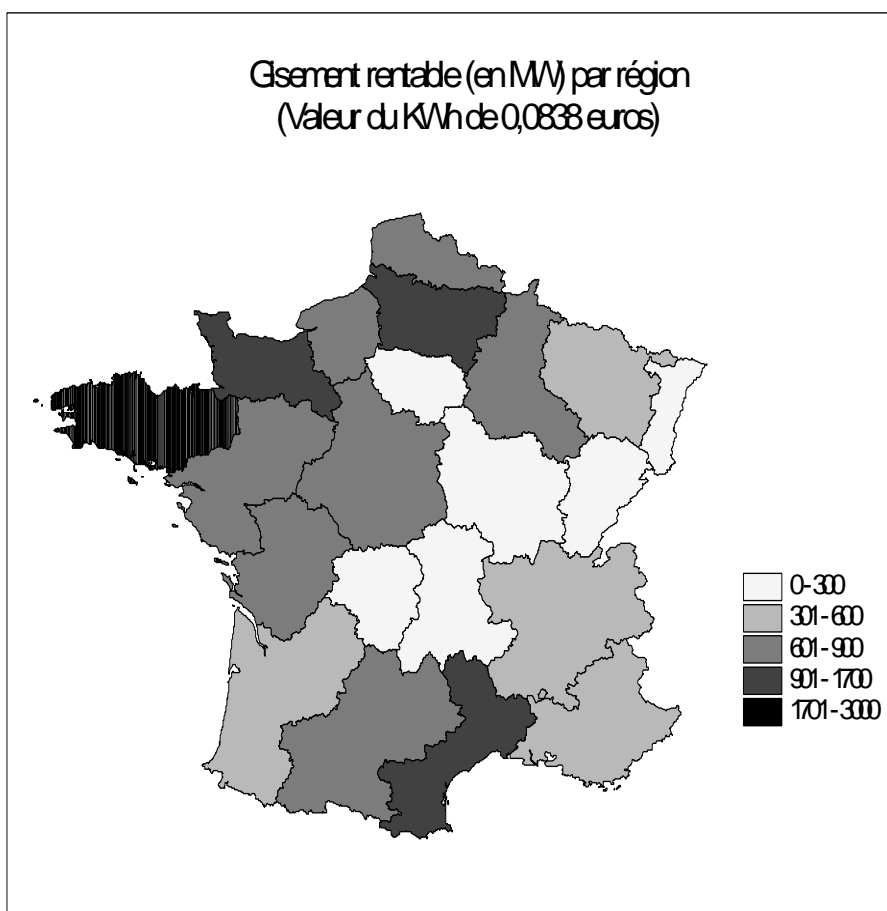
On constate la grande sensibilité du gisement à la valeur du kWh produit, donc, implicitement, à la valeur des coûts externes environnementaux évités par le recours à l'éolien, et aux coûts marchands. Pour une valeur sociale du kWh de 0,0838 euros, le gisement éolien en puissance installée est d'environ 14 000 MW. Il est deux fois moins important (de l'ordre de 6-7000 MW) lorsque la valeur sociale du kWh diminue à 0,06 euros.



Remarque : pour déterminer ce gisement, les vitesses de vent permettant d'assurer la rentabilité de la production d'électricité d'origine éolienne ont été comparées aux vitesses de vent moyennes des différentes zones de vent de la France. Les résultats obtenus sont donc fortement dépendants de la précision de la carte des vents utilisée (cf 4.2.2).

Ce gisement ayant été déterminé au niveau départemental, il est donc possible pour chaque valeur sociale du kWh retenue de déterminer la répartition géographique du gisement rentable.

Ainsi, pour une valeur du kWh de 0,0838 euros, la décomposition régionale du gisement est la suivante :



L'annexe 1a fournit la décomposition départementale du gisement pour la valeur du kWh de 0,0838 euros.

L'annexe 1b fournit la décomposition régionale du gisement pour différentes valeurs du kWh.

L'annexe 2 présente des tests de sensibilité aux principaux paramètres d'estimation de la rentabilité des projets.

Conclusion

Cette étude montre la sensibilité du gisement à la valeur du kWh produit, donc, implicitement, à la valeur des coûts externes environnementaux évités par le recours à l'éolien et des paramètres de coûts marchands de l'éolien, qui bénéficient notamment d'un rythme rapide de progrès technique. Ainsi, le gisement éolien économiquement rentable diminue logiquement avec la valeur du kWh, pouvant être ainsi divisé par deux ou par trois. La répartition géographique des sites d'implantation peut être également modifiée. Ainsi, en-deçà d'une certaine valeur du kWh, seules les éoliennes installées dans les régions les plus ventées restent rentables.

Un certain nombre d'hypothèses ont dues être posées pour déterminer le gisement éolien rentable en France. Notamment, la carte des vents utilisée est la carte simplifiée de l'atlas éolien européen, dont on sait qu'elle reste approximative au niveau local. Les résultats obtenus sont donc fortement dépendants de la précision de cette carte des vents utilisée.

De plus, les coûts de raccordement des installations éoliennes au réseau n'ont pas été pris en compte, et cette question, ainsi que celle des capacités d'accueil, mérite probablement d'être encore creusée. Par ailleurs, les problèmes d'acceptabilité locale ont été ici traités de façon très simplifiée.

Pour autant, cette étude conduit à des ordres de grandeur des gisements éoliens importants, qui confirment les travaux techniques antérieurs. Ainsi, la modélisation au niveau fin des départements, conduit en particulier à identifier un potentiel éolien important sur la façade nord-ouest (Bretagne, Basse-Normandie), en plus de celui déjà identifié en Languedoc-Roussillon.

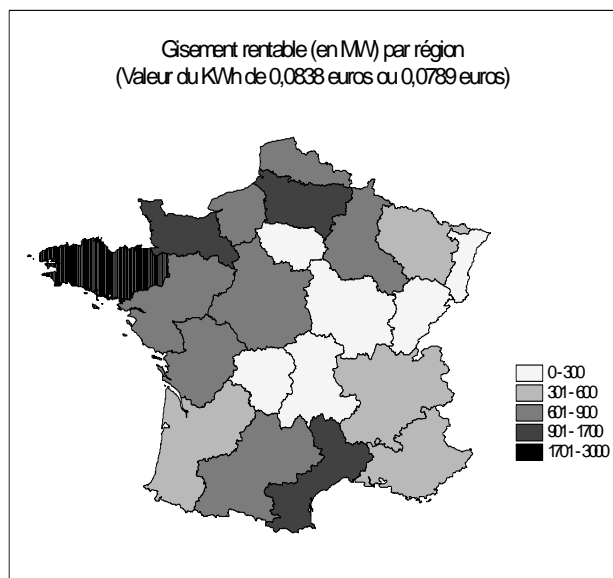
Annexe 1a : Gisement rentable par département (valeur du kWh= 0,0838 Euros)

Régions	Puissance en MW (%)	Gisement GWh (%)
BRETAGNE	20.7	20.3
Finistère	5.2	5.0
Côtes d'Armor	4.3	4.6
Ille et Vilaine	6.2	5.8
Morbihan	5.1	4.9
BASSE-NORMANDIE	11.4	11.6
Manche	5.3	5.1
Calvados	4.2	4.2
Orne	1.9	2.3
HAUTE-NORMANDIE	4.6	5.7
Seine-Maritime	2.6	3.3
Eure	1.9	2.4
PAYS-DE-LA-LOIRE	4.9	5.4
Loire-Atlantique	0.1	0.1
Vendée	0.7	0.7
Maine-et-Loire	0.9	1.0
Mayenne	1.7	1.8
Sarthe	1.6	1.8
CENTRE	4.8	3.9
Eure-et-Loire	0.5	0.5
Loiret	0.6	0.5
Loire-et-Cher	0.4	0.3
Indre-et-Loire	1.5	1.2
Indre	1.8	1.4
Cher	0	0
PICARDIE	6.3	6.7
Somme	3	3.1
Aisne	1.6	1.7
Oise	1.7	1.9
NORD-PAS-de-CALAIS	5.5	5.7
Pas-de-Calais	4.9	4.8
Nord	0.7	0.9
CHAMPAGNE-ARDENNES	5.2	4.5
Ardennes	1.3	1.4
Marne	1.9	1.5
Aube	1.3	1.1
Haute-Marne	0.7	0.6
LORRAINE	4.0	3.2
Meuse	1.6	1.3
Meurthe-et-Moselle	0.9	0.7
Moselle	1.5	1.2
Vosges	0	0
ALSACE	0.3	0.2
Bas-Rhin	0.3	0.2
Haut-Rhin	0	0
FRANCHE-COMTE	0	0
Haute-Saone	0	0
Territoire de Belfort	0	0
Doubs	0	0
Jura	0	0
BOURGOGNE	2.1	1.6
Yonne	2.1	1.6
Côte-d'Or	0	0
Nièvre	0	0
Saone-et-Loire	0	0
POITOU-CHARENTES	4.9	4.5
Charente-Maritime	0.3	0.4
Deux-Sèvres	1.9	2.1
Vienne	0.9	0.7
Charente	1.8	1.4

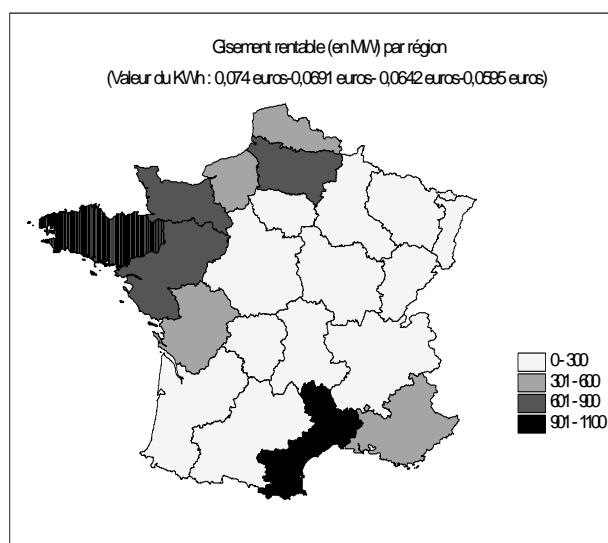
AQUITAINE	2.9	2.3
Dordogne	2.1	1.7
Gironde	0.5	0.4
Landes	0.3	0.3
Lot-et-Garonne	0	0
Pyrénées-Atlantique	0	0
LIMOUSIN	1.4	1.1
Corrèze	0	0
Creuse	0	0
Haute-Vienne	1.4	1.1
AUVERGNE	0.3	0.2
Allier	0	0
Cantal	0	0
Haute-Loire	0.3	0.2
Puy-de-Dôme	0	0
MIDI-PYRENEES	5.3	4.6
Lot	1.2	0.9
Aveyron	1.4	1.3
Tarn-et-Garonne	1.1	0.9
Tarn	1.6	1.6
Gers	0	0
Haute-Garonne	0	0
Hautes-Pyrénées	0	0
LANGUEDOC-ROUSSILLON	7.6	9.7
Pyrénées-Orientales	1.0	1.2
Aude	1.9	2.7
Hérault	2.5	3.0
Gard	2.2	2.8
Lozère	0.1	0.1
PACA	3.8	4.6
Bouches-du-Rhône	2.2	2.6
Var	0.6	0.6
Alpes-Maritime	0	0
Alpes-de-Haute-Provence	0.4	0.4
Vaucluse	0.7	1.1
Hautes-Alpes	0	0
RHONE-ALPES	2.8	2.9
Loire	0	0
Rhône	0	0
Ain	0	0
Haute-Savoie	0	0
Ardèche	0.6	0.6
Drôme	0.9	1.2
Isère	1.2	1.2
Savoie	0	0
ILE de FRANCE	1.3	1.2
Yvelines	0.4	0.4
Hauts de Seine	0	0
Val d'Oise	0.1	0.1
Seine et Marne	0.6	0.5
Essonne	0.2	0.2
Seine Saint Denis	0	0
Val de Marne	0	0
TOTAL	100	100

Annexe 1b : Gisement rentable par régions pour différentes valeurs du kWh

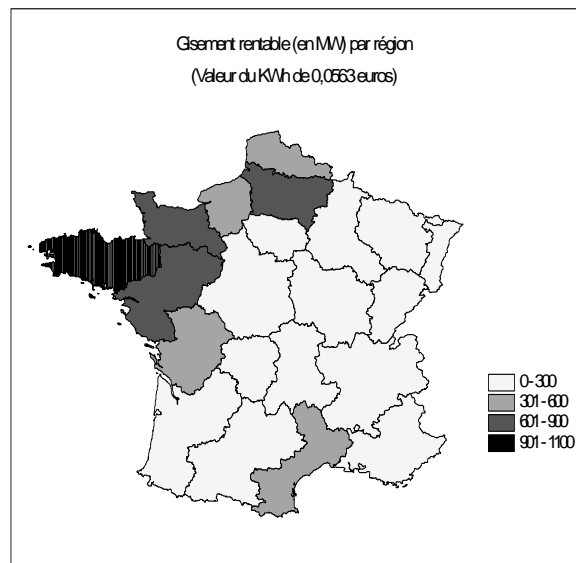
Pour une valeur sociale du kWh de 0,0838 euros ou de 0,0789 euros, le gisement éolien en puissance installée est de l'ordre de 14000 MW :



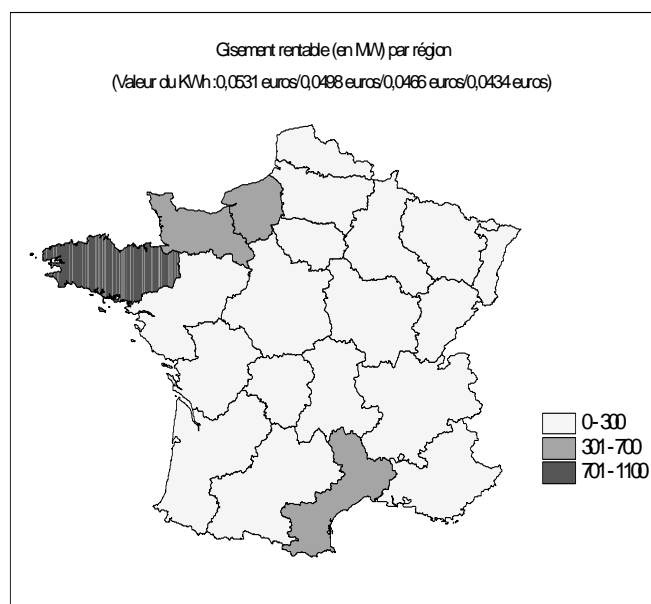
Pour les valeurs sociales du kWh de 0,074 euros, de 0,0691 euros, de 0,0789 euros, ou de 0,0595 euros, le gisement éolien en puissance installée est de l'ordre de 7000 MW :



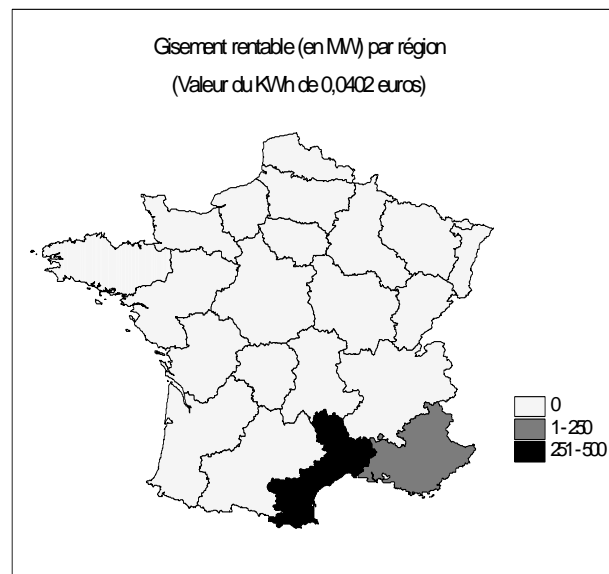
Pour une valeur sociale du kWh de 0,0563 euros, le gisement éolien en puissance installée est de l'ordre de 6000 MW :



Pour les valeurs sociales du kWh de 0,0531 euros, de 0,0498 euros, de 0,0466 euros, ou de 0,0434 euros, le gisement éolien en puissance installée est de l'ordre de 3000 MW :



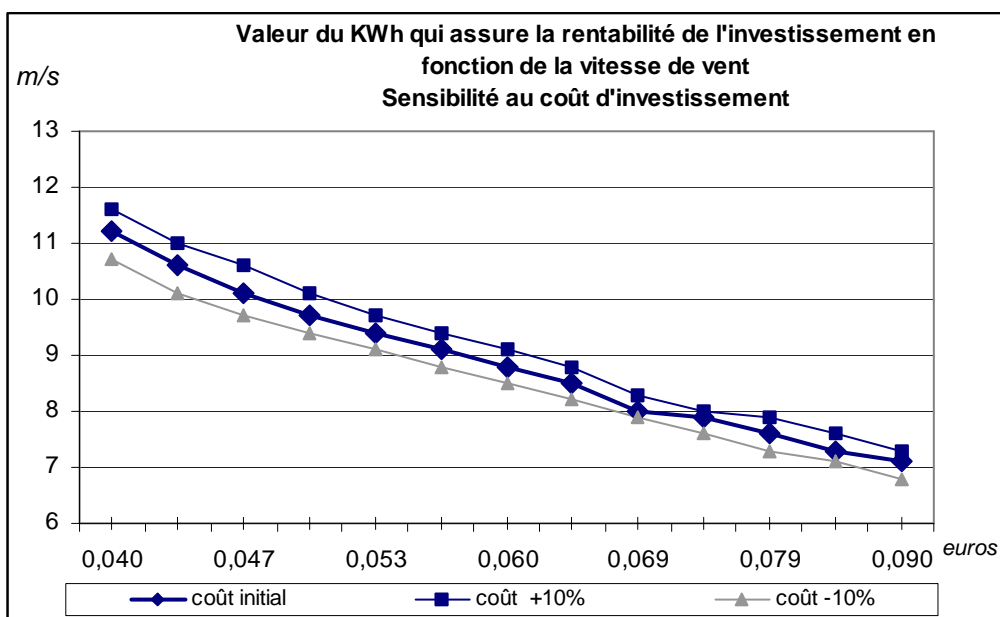
Pour une valeur sociale du kWh de 0,0402 euros, le gisement éolien en puissance installée est de l'ordre de 600 MW :



Annexe 2 : Analyses de sensibilité aux principaux paramètres d'estimation de la rentabilité des projets

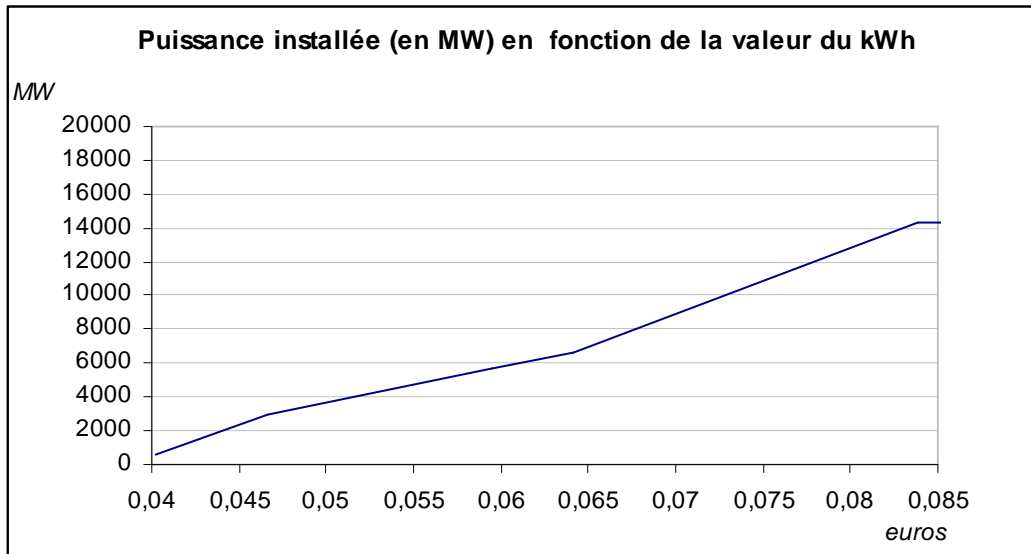
1. Sensibilité au coût d'investissement (autres paramètres inchangés).

► Coût d'investissement : +10% (1215,8 euros/kW) et -10% (994,7 euros/kW)

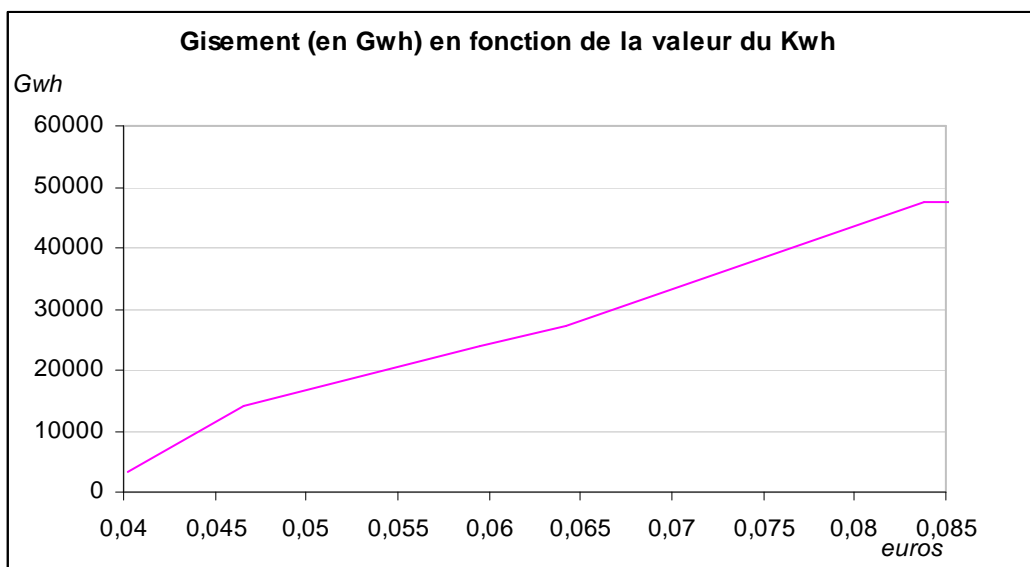


La durée d'appel, et donc la vitesse de vent permettant d'assurer la rentabilité de la production d'électricité augmente lorsque le coût d'investissement augmente.

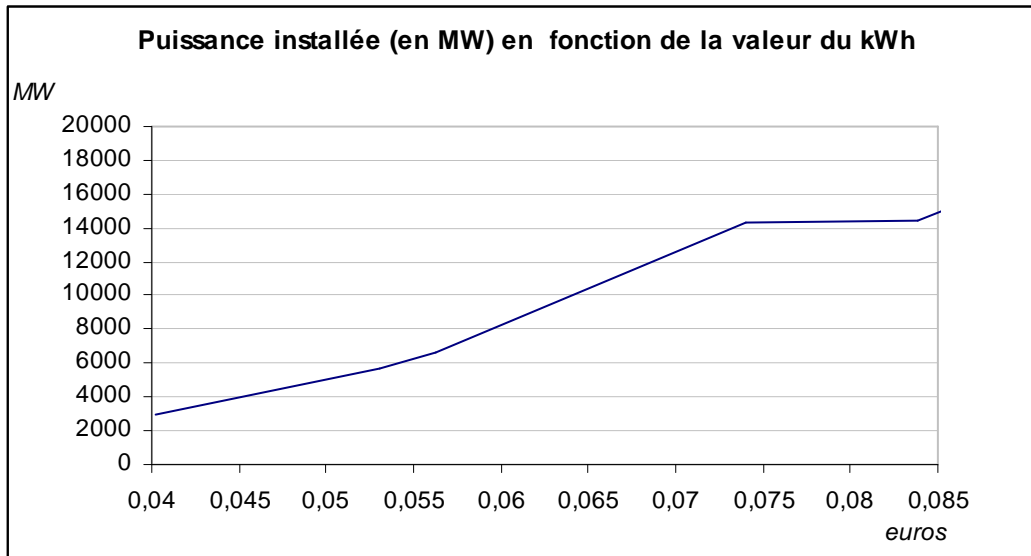
► **Coût d'investissement : +10% (1215,8 euros/kW)**



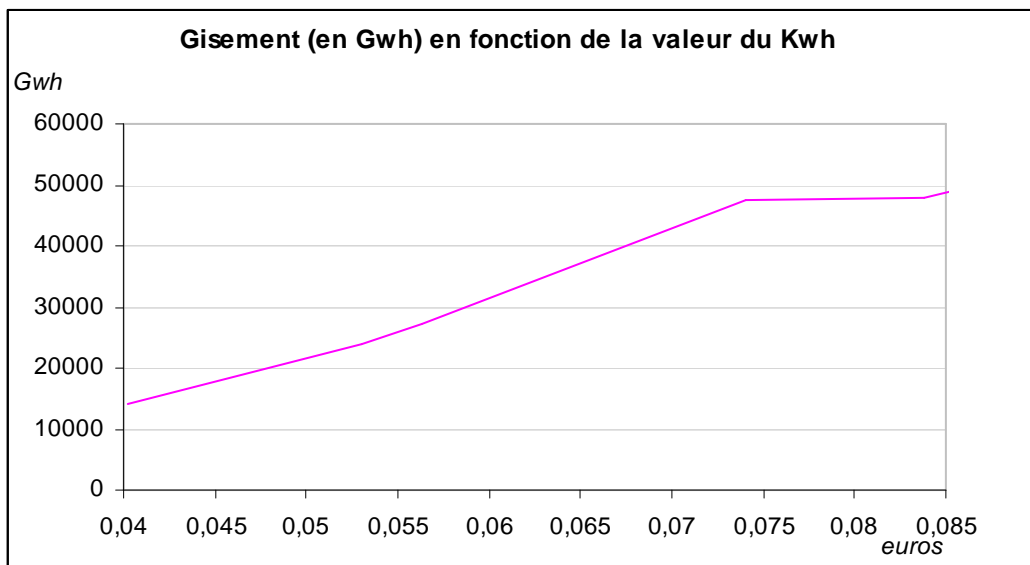
Pour les hypothèses retenues, pour une valeur sociale du kWh de 0,0838 euros , la vitesse de vent à partir de laquelle l'électricité d'origine éolienne est d'environ 7,6 m/s. Ainsi, le gisement éolien en puissance installée est de l'ordre de 14000 MW.



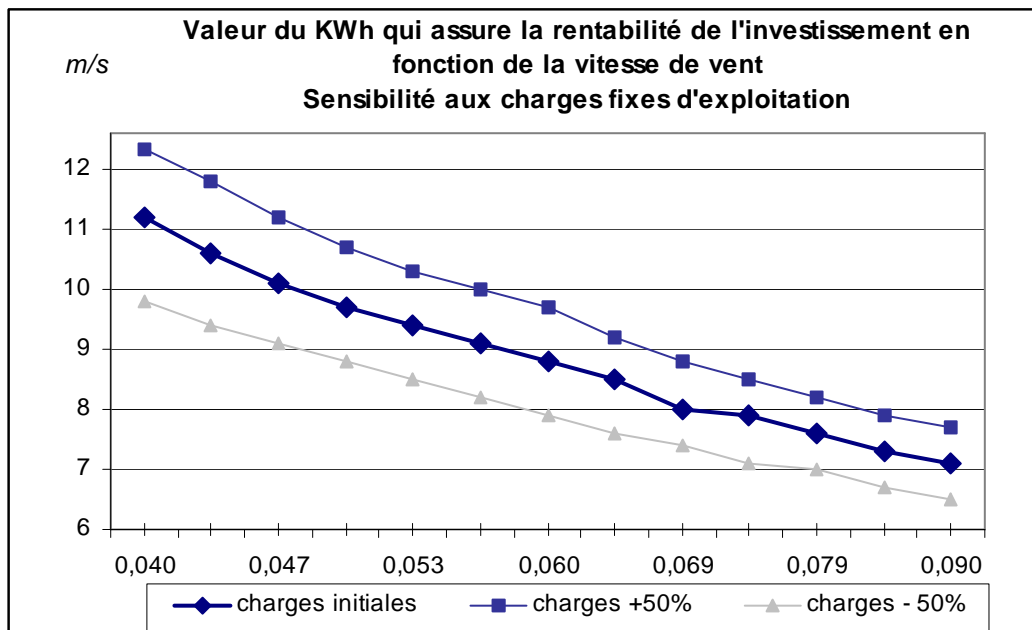
► **Coût d'investissement** : -10% (994,7 euros/kW)



Pour les hypothèses retenues, pour une valeur sociale du kWh de 0,0838 euros , la vitesse de vent à partir de laquelle l'électricité d'origine éolienne est d'environ 7,1 m/s. Ainsi, le gisement éolien en puissance installée est de l'ordre de 15000 MW.

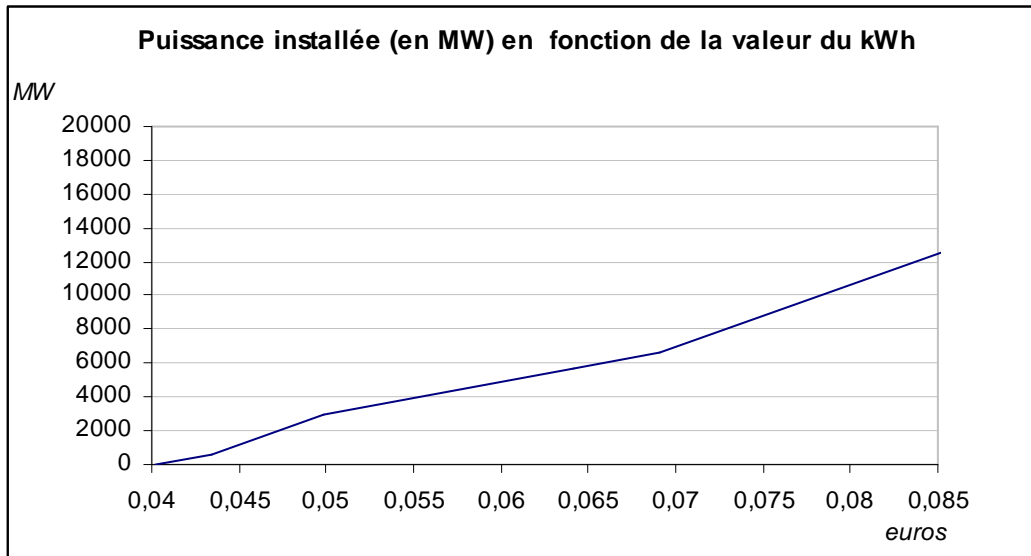


2. Sensibilité aux charges fixes d'exploitation (autres paramètres inchangés)

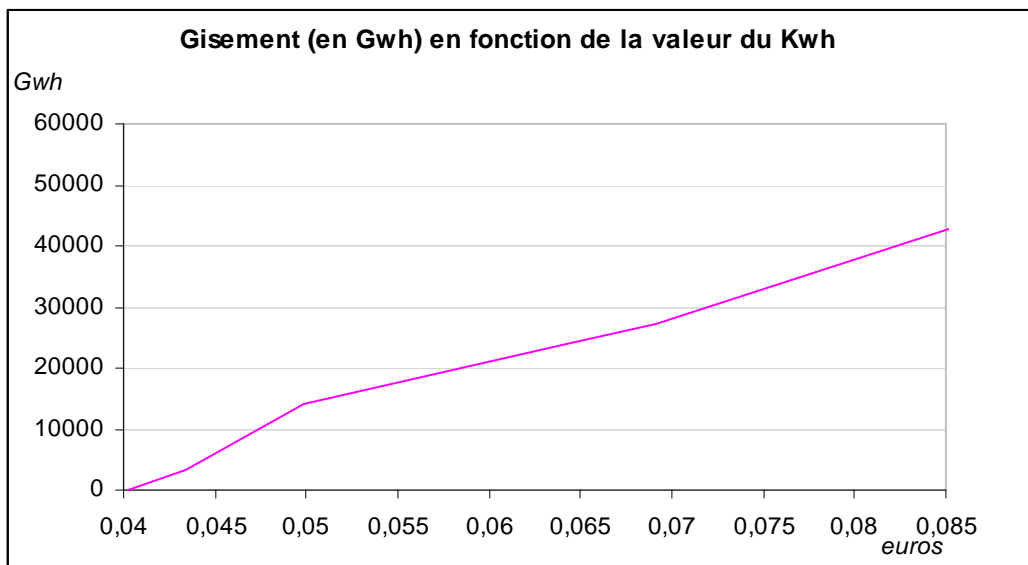


La durée d'appel, et donc la vitesse de vent permettant d'assurer la rentabilité de la production d'électricité augmente lorsque les charges d'exploitation augmentent.

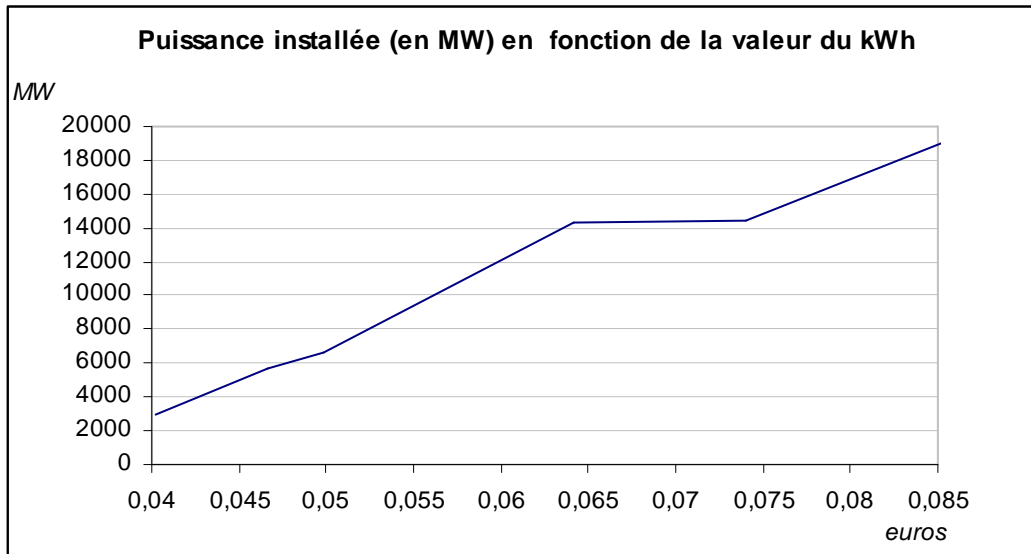
► **Charges d'exploitation fixes : +50% (100,62 euros/kW/an)**



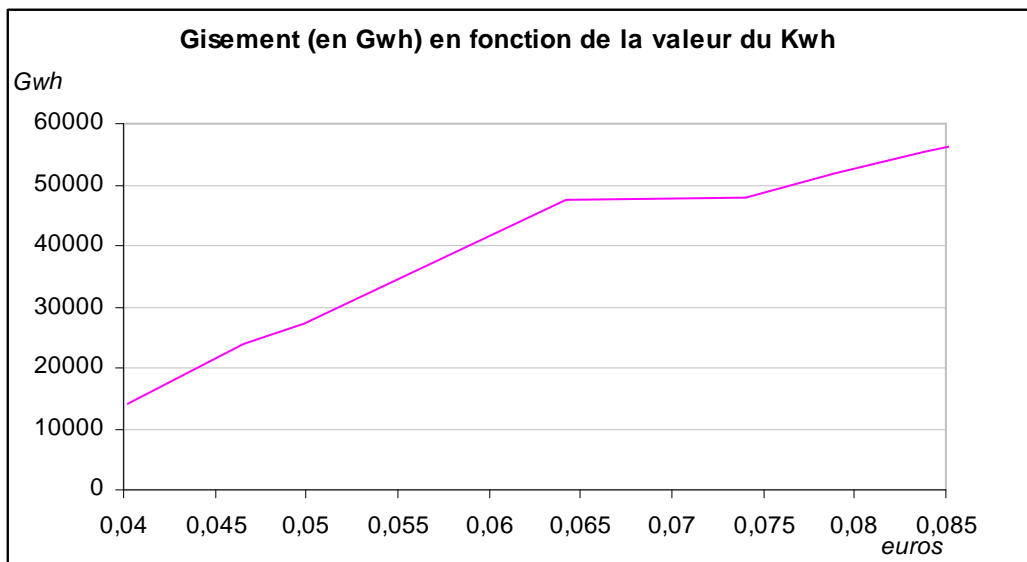
Pour les hypothèses retenues, pour une valeur sociale du kWh de 0,0838 euros , la vitesse de vent à partir de laquelle l'électricité d'origine éolienne est d'environ 7,9 m/s. Ainsi, le gisement éolien en puissance installée est de l'ordre de 7000 MW.



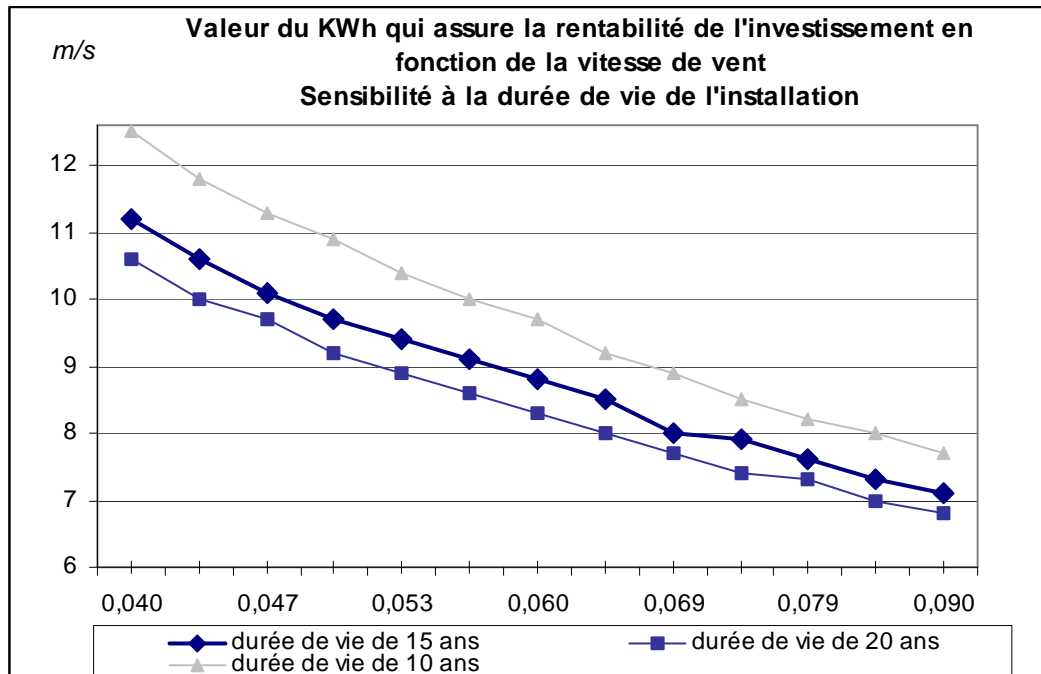
► **Charges d'exploitation fixes** : -50% (33,54 euros/kW/an)



Pour les hypothèses retenues, pour une valeur sociale du kWh de 0,0838 euros , la vitesse de vent à partir de laquelle l'électricité d'origine éolienne est d'environ 6,7 m/s. Ainsi, le gisement éolien en puissance installée est de l'ordre de 15000 MW.

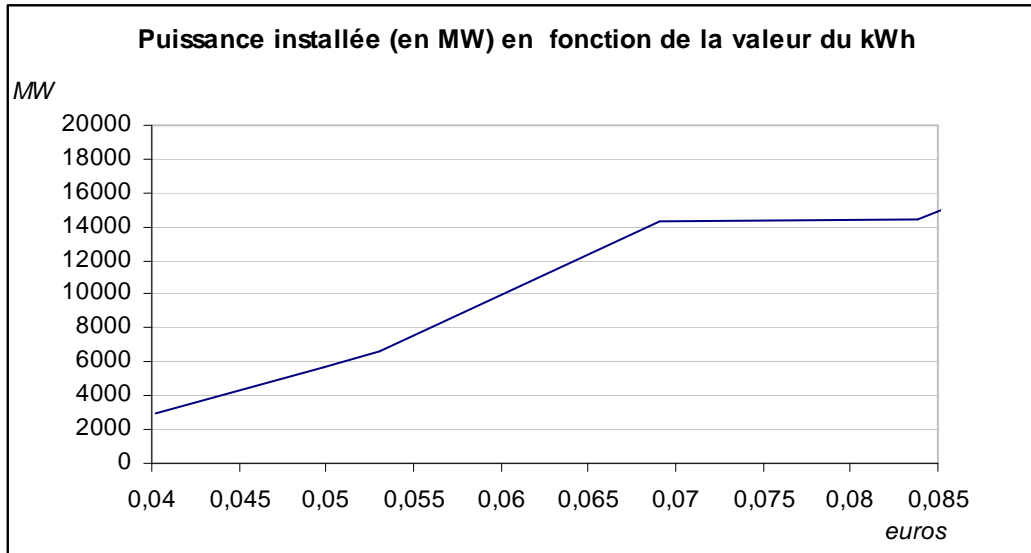


3. Sensibilité à la durée de vie (autres paramètres inchangés)

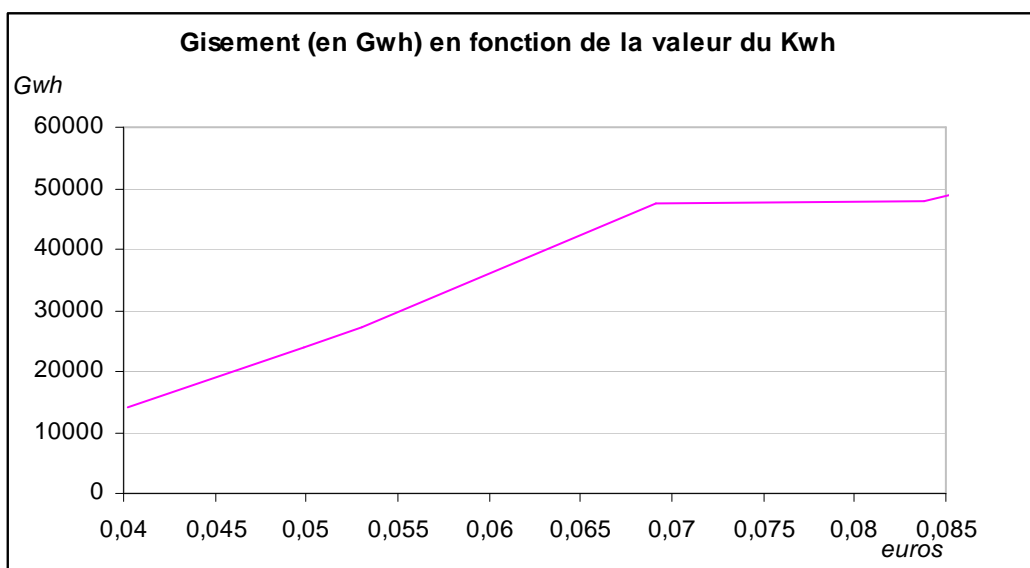


La durée d'appel, et donc la vitesse de vent permettant d'assurer la rentabilité de la production d'électricité augmente la durée de vie de l'installation diminue.

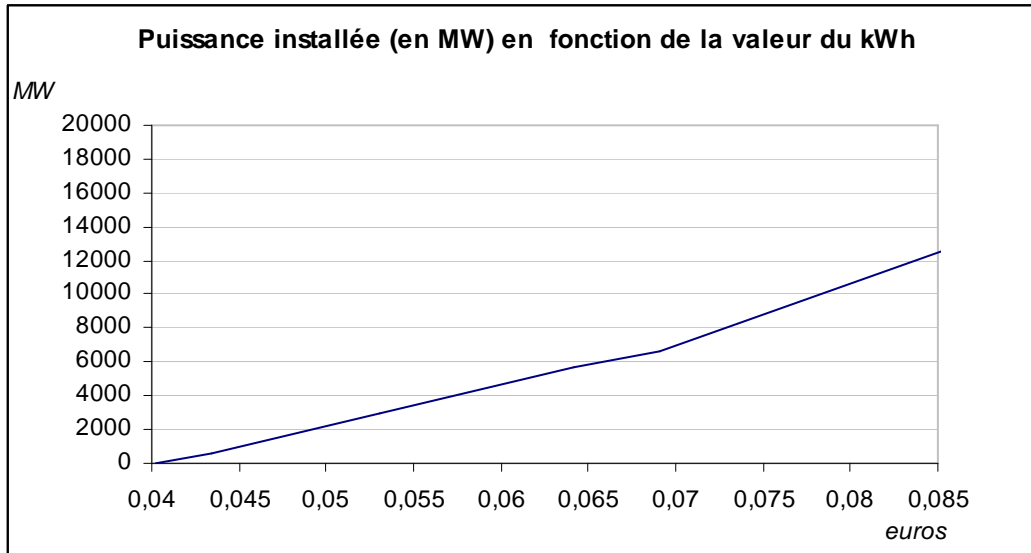
► **Durée de vie:** +5ans (20 ans)



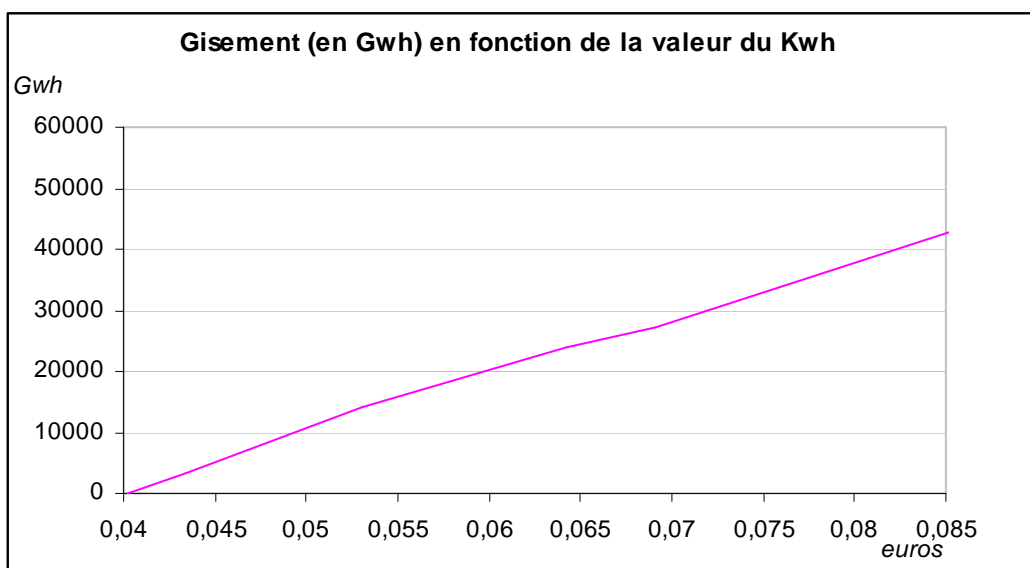
Pour les hypothèses retenues, pour une valeur sociale du kWh de 0,0838 euros , la vitesse de vent à partir de laquelle l'électricité d'origine éolienne est d'environ 7 m/s. Ainsi, le gisement éolien en puissance installée est de l'ordre de 15000 MW.



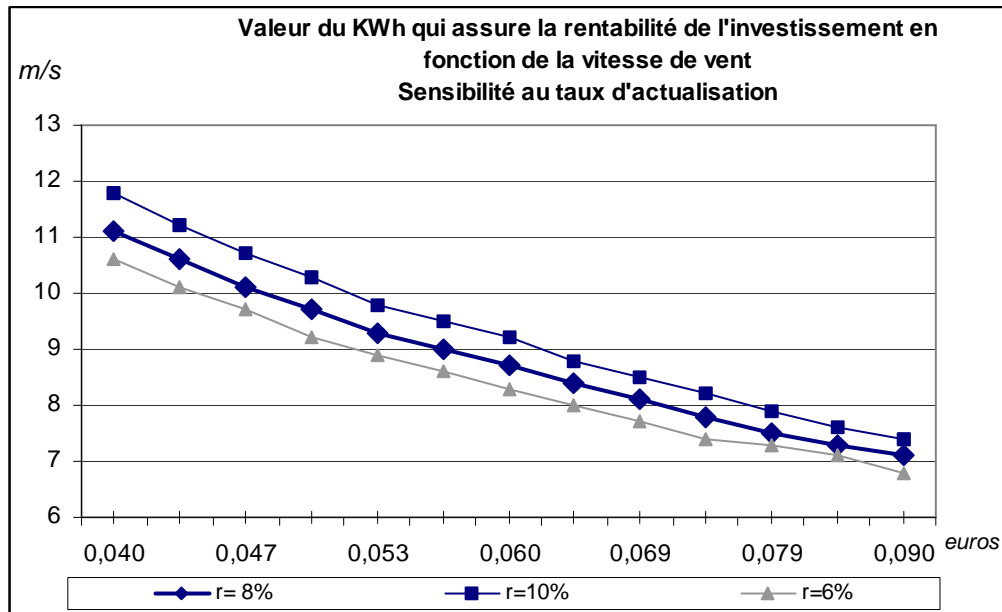
► **Durée de vie:** -5ans (10 ans)



Pour les hypothèses retenues, pour une valeur sociale du kWh de 0,0838 euros , la vitesse de vent à partir de laquelle l'électricité d'origine éolienne est d'environ 8 m/s. Ainsi, le gisement éolien en puissance installée est de l'ordre de 7000 MW.

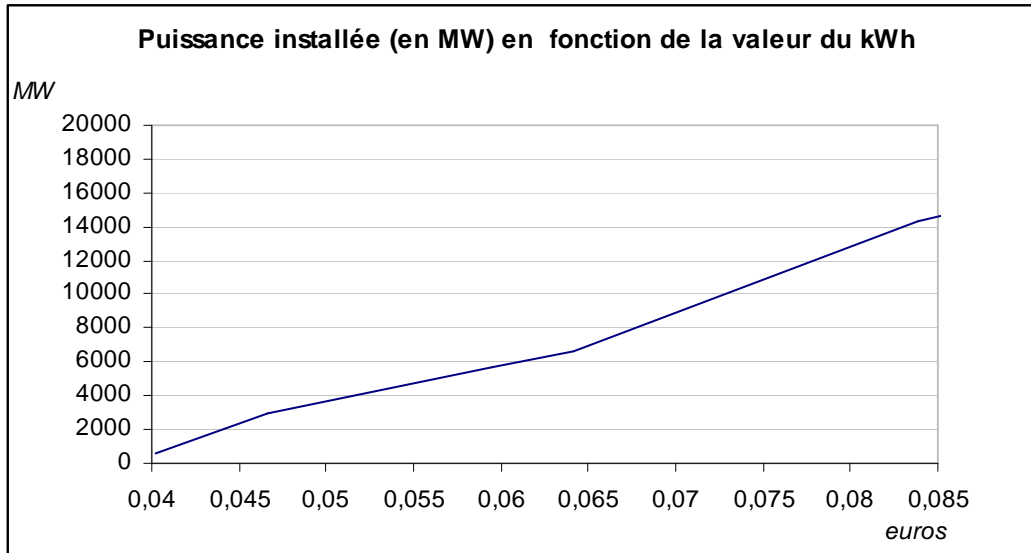


4. Sensibilité au taux d'actualisation (autres paramètres inchangés)

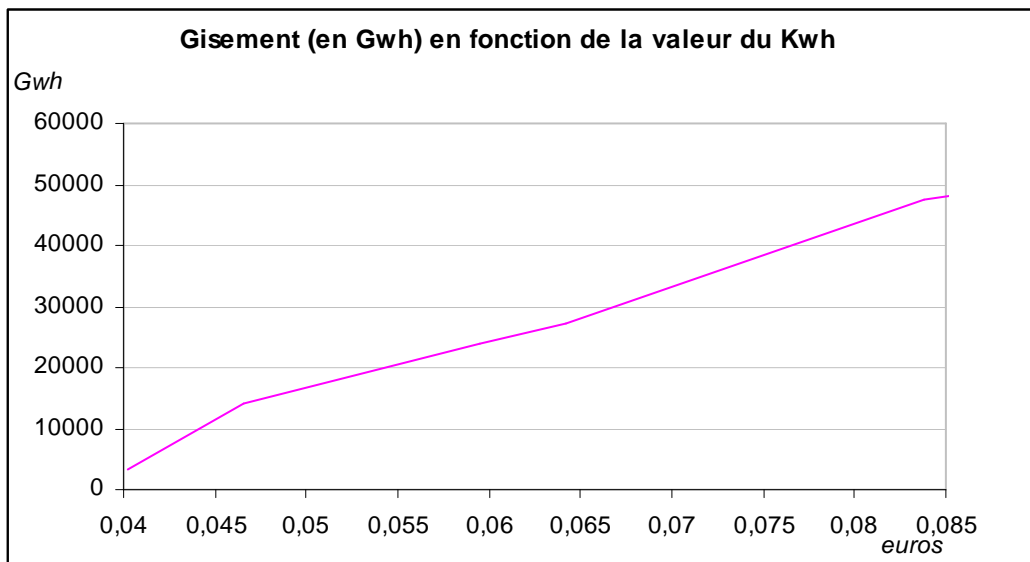


La durée d'appel, et donc la vitesse de vent permettant d'assurer la rentabilité de la production d'électricité augmente le taux d'actualisation augmente.

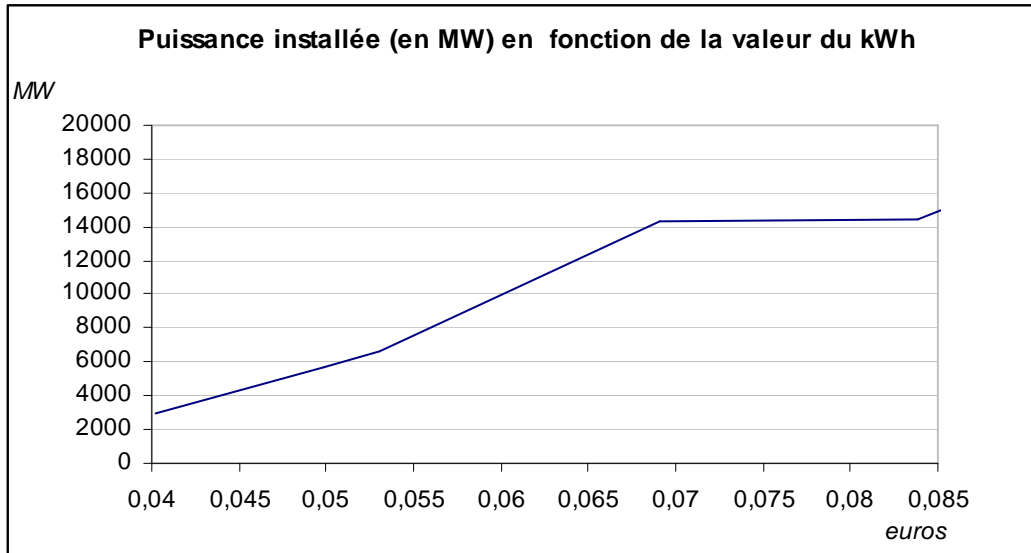
► **Taux d'actualisation: 10%**



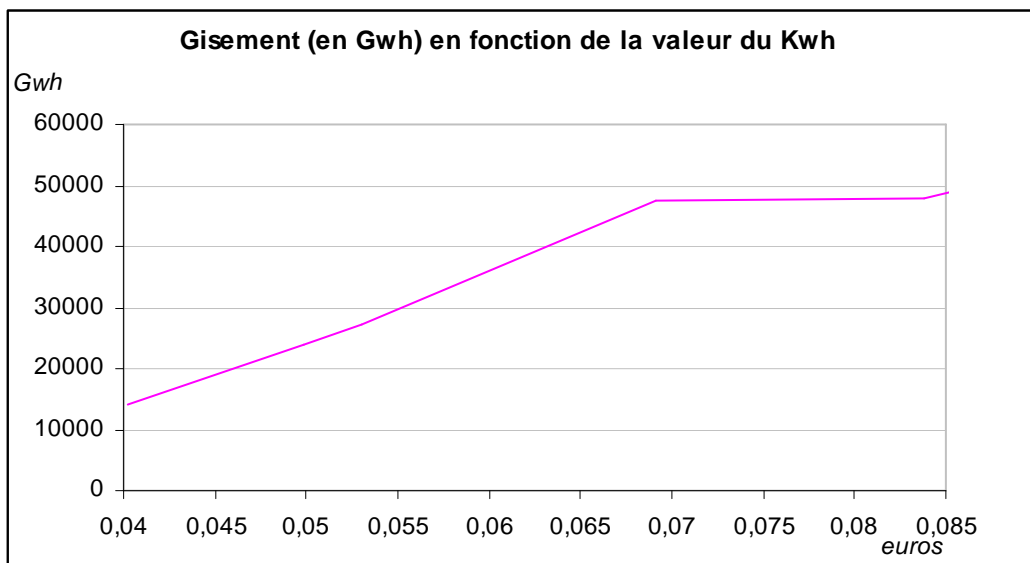
Pour un taux d'actualisation de 10% et une valeur sociale du kWh de 0,0838 euros , la vitesse de vent à partir de laquelle l'électricité d'origine éolienne est d'environ 7,6 m/s. Ainsi, le gisement éolien en puissance installée est de l'ordre de 14000 MW.



► **Taux d'actualisation: 6%**



Pour un taux d'actualisation de 6 % et une valeur sociale du kWh de 0,0838 euros , la vitesse de vent à partir de laquelle l'électricité d'origine éolienne est d'environ 7,1 m/s. Ainsi, le gisement éolien en puissance installée est de l'ordre de 15000 MW.



Annexe 3 : Quelques données géographiques par département

	Superficie agricole (en hectare)	Part des zones agricoles dans le département
Bretagne		
Finistère	557 687	82,4
Côtes d'Armor	600 257	85,8
Ille et Vilaine	600 047	87,7
Morbihan	540 315	78,5
Basse-Normandie		
Manche	555 689	92,4
Calvados	494 188	88,0
Orne	523 385	85,1
Haute-Normandie		
Seine-Maritime	483 557	76,3
Eure	456 203	75,5
Pays-de-la-Loire		
Loire-Atlantique	578 205	83,7
Vendée	595 213	87,9
Maine-et-Loire	607 291	84,0
Mayenne	475 290	91,1
Sarthe	504 475	80,8
Centre		
Eure-et-Loire	509 615	85,9
Loiret	478 984	70,3
Loire-et-Cher	420 831	65,5
Indre-et-Loire	444 602	72,2
Indre	572 990	83,1
Cher	556 316	76,2
Picardie		
Somme	533 019	85,8
Aisne	578 683	77,8
Oise	428 926	72,7
Nord Pas de Calais		
Pas-de-Calais	554 826	82,5
Nord	430 628	74,6
Champagne Ardennes		
Ardennes	365 028	69,4
Marne	628 729	76,7
Aube	429 855	71,3
Haute-Marne	363 981	58,2
Lorraine		

Meuse	381 592	61,1
Meurthe-et-Moselle	324 172	61,3
Moselle	381 607	60,9
Vosges	271 771	46,1
Alsace		
Bas-Rhin	251 036	52,3
Haut-Rhin	165 199	46,8
Franche-Comté		
Haute-Saone	296 449	55,0
Territoire de Belfort	29 004	47,5
Doubs	268 931	51,2
Jura	242 507	48,0
Bourgogne		
Yonne	505 708	67,8
Côte-d'Or	531 383	60,4
Nièvre	444 795	64,7
Saone-et-Loire	635 528	73,8
Poitou-Charentes		
Charente-Maritime	550 853	79,7
Deux-Sèvres	545 917	90,4
Vienne	581 046	82,6
Charente	479 090	80,2
Aquitaine		
Dordogne	513 972	55,7
Gironde	410 151	40,3
Landes	297 814	31,8
Lot-et-Garonne	420 348	77,9
Pyrénées-Atlantique	406 569	52,7
Limousin		
Corrèze	304 482	51,6
Creuse	401 020	71,6
Haute-Vienne	419 124	75,4
Auvergne		
Allier	609 468	82,6
Cantal	366 374	63,4
Haute-Loire	285 294	57,0
Puy-de-Dôme	494 358	61,7
Midi-Pyrénées		
Lot	291 673	55,7
Aveyron	523 618	59,6
Tarn-et-Garonne	321 649	86,0
Tarn	406 079	70,1
Gers	586 113	92,8
Haute-Garonne	488 066	76,5
Hautes-Pyrénées	170 780	37,6
Ariège	169 500	34,4

Languedoc-Roussillon		
Pyrénées-Orientales	122 677	29,5
Aude	317 186	49,8
Hérault	264 709	42,4
Gard	260 029	44,2
Lozère	123 579	23,8
PACA		
Bouches-du-Rhône	203 435	38,7
Var	140 404	23,2
Alpes-Maritime	24 365	5,7
Alpes-de-Haute-Provence	140 988	20,1
Vaucluse	203 907	56,9
Hautes-Alpes	91 261	16,0
Rhones-Alpes		
Loire	306 465	63,8
Rhône	202 179	62,0
Ain	329 901	57,0
Haute-Savoie	130 949	28,4
Ardèche	175 039	31,4
Drôme	272 172	41,4
Isère	343 244	43,5
Savoie	98 984	15,8
Ile de France		
Yvelines	117 757	51,0
Hauts de Seine	102	0,6
Val d'Oise	74 949	59,7
Seine et Marne	412 484	69,5
Essonne	107 156	58,9
Seine Saint Denis	1 508	6,4
Val de Marne	1 901	7,7

Source : Ifen, base géographique Corine land Cover

Annexe 4 : Eléments de contributions régionales au schéma de services collectifs, relatifs à la filière éolienne

Alsace : aucun projet prévu dans l'immédiat. Potentiel trop faible pour raisons climato-géographiques.

Aquitaine : possibilité de développement de l'éolien en off shore et sur le littoral .

Basse-Normandie : La volonté régionale de développement d'une filière de production d'électricité par énergie éolienne (plusieurs centaines de MW envisagés en off-shore).

Bretagne : 2 centrales éoliennes en projet, pour 9MW. Gisement évalué à entre 50 et 85 MW. Le off-shore est cité.

Champagne-Ardenne : ressource physique trop faible pour les conditions techniques actuelles.

Corse : Le gisement physique éolien a fait l'objet d'une évaluation détaillée dans l'Atlas Eolien. Le potentiel technique s'élève à 450 MW de puissance installée.

Franche-Comté : action proposée : aide à la réalisation de campagnes de mesures sur des sites ventés identifiés ;

Haute-Normandie : Gisement cartographié sur la région; projet de ferme éolienne à Fécamp.
Action proposée: appui aux projets portés dans le cadre EOLE 2005 ; diffusion du petit éolien.

Languedoc-Roussillon : puissance installée en 1998 de 10,1 MW (26 GWh/an) ; 40 MW en 1999 (Eole 2005). Existence d'une carte du potentiel éolien, à partir de laquelle pourra se baser la sélection des meilleurs sites.

Lorraine : peu de perspectives, malgré quelques projets annoncés dans l'Est mosellan ;

Midi-Pyrénées : L'énergie éolienne pourrait être développée dans l'Aveyron : 11 ktep.

Nord-Pas- de-Calais :

- Action proposée :Un projet éolien a été retenu dans le cadre du programme Eole 2005 : Peux et Couffouleurs pour une production de 25 million de kwh Puissance installée 3,75 MW sur trois sites.
- Projets dans le cadre d'EOLE 2005 (6,5 MW prévus) ;
- Potentiel : 80 MW sur 13 sites en on shore ; en off shore, projet de 10 X 750 kW à l'étude, jusqu'à 800 MW de potentiel.

PACA : Peu développé en région PACA. Potentiel climatique relativement médiocre (irrégularité des vents) présents uniquement dans les Bouches du Rhône et le Vaucluse. Potentiel envisageable 20 ktep en 2020. Potentiel de développement de l'éolien off-shore limité.

Picardie: une éolienne installée (Sailly Flibeaucourt), 250 kW, produisant 500 MWh/an ; potentiel de 50 MW ;

Action proposée : Compléter l'atlas éolien par des campagnes de mesures afin de sélectionner les sites les plus favorables ;

Accompagner et soutenir les projets, en particulier dans le cadre d'Eole 2005.

Rhône-Alpes : Potentiel éolien intéressant dans la vallée du Rhône et le plateau ardéchois.

Réunion : action proposée : encourager la campagne de recherche de site à fort potentiel.

Martinique : Conditions climatiques favorables au développement de l'énergie éolienne. Dans le cadre du programme EOLE 2005 la puissance nominale installée devrait atteindre 2MW en 2006.

Guadeloupe : puissance installée de 4,4 MW ; 35 MW à l'horizon 2004 (2,5% de la production électrique). D'autres gisements sont à l'étude

Guyane : action proposée : Développement des ENR sur le littoral (maisons photovoltaïques, centrales solaires littoral, centrales éoliennes).

Annexe 5 : La nomenclature CORINE land cover

1. Territoires artificialisés

1.1. Zones urbanisées

- 1.1.1. Tissu urbain continu
- 1.1.2. Tissu urbain discontinu

1.2. Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication

- 1.2.1. Zones industrielles et commerciales
- 1.2.2. Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- 1.2.3. Zones portuaires
- 1.2.4. Aéroports

1.3. Mines, décharges et chantiers

- 1.3.1. Extraction de matériaux
- 1.3.2. Décharges
- 1.3.3. Chantiers

1.4. Espaces verts artificialisés, non agricoles

- 1.4.1. Espaces verts urbains
- 1.4.2. Equipements sportifs et de loisirs

2. Territoires agricoles

2.1. Terres arables

- 2.1.1. Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 2.1.2. Périmètres irrigués en permanence
- 2.1.3. Rizières

2.2. Cultures permanentes

- 2.2.1. Vignobles
- 2.2.2. Vergers et petits fruits
- 2.2.3. Oliveraies

2.3. Prairies

- 2.3.1. Prairies

2.4. Zones agricoles hétérogènes

- 2.4.1. Cultures annuelles associées aux cultures permanentes
- 2.4.2. Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 2.4.3. Territoires principalement occupés par l'agriculture, avec présence de végétation naturelle importante
- 2.4.4. Territoires agro-forestiers

3. Forêts et milieux semi-naturels

3.1. Forêts

- 3.1.1. Forêts de feuillus
- 3.1.2. Forêts de conifères
- 3.1.3. Forêts mélangées

3.2. Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée

- 3.2.1. Pelouses et pâturages naturels
- 3.2.2. Landes et broussailles
- 3.2.3. Végétation sclérophylle
- 3.2.4. Forêt et végétation arbustive en mutation

3.3. Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation

- 3.3.1. Plages, dunes et sable
- 3.3.2. Roches nues
- 3.3.3. Végétation clairsemée
- 3.3.4. Zones incendiées
- 3.3.5. Glaciers et neiges éternelles

4. Zones humides

4.1. Zones humides intérieures

- 4.1.1. Marais intérieurs
- 4.1.2. Tourbières

4.2. Zones humides maritimes

- 4.2.1. Marais maritimes
- 4.2.2. Marais salants
- 4.2.3. Zones intertidales

5. Surfaces en eau

5.1. Eaux continentales

- 5.1.1. Cours et voies d'eau
- 5.1.2. Plans d'eau

5.2. Eaux maritimes

- 5.2.1. Lagunes littorales
- 5.2.2. Estuaires
- 5.2.3. Mers et océans