



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

Service de l'énergie SdE
Amt für Energie AfE
WWW.FR.CH/SdE

Evaluation du potentiel éolien

Canton de Fribourg



Septembre 2014

Mandataire :





Mandant :

Service de l'énergie SdE
Bd de Pérolles 25
CH-1701 Freiburg

Groupe d'accompagnement :

M. Serge Boschung, Service de l'énergie SdE
Mme Chantal Baudassé, Service de la nature et du paysage SNP
M. Andreas Binz, Service des forêts et de la faune SFF
M. Jean-Pierre Broillet, Service de l'environnement SEn
M. Manfred Portmann, Service de l'environnement SEn



Mandataire:

New Energy Scout GmbH
Neuwiesenstrasse 95
CH- 8400 Winterthur

M. Michael Altherr, Chef de projet, New Energy Scout Sàrl
M. Peter Schwer, Dirigeant, New Energy Scout Sàrl
Mme Kathrin Wimmer-Kornmann, Admin., New Energy Scout Sàrl

Table des matières

TABLE DES MATIERES.....	3
1 INTRODUCTION	5
1.1 L'énergie éolienne à l'échelon national	5
1.2 L'énergie éolienne dans le Canton de Fribourg	6
1.3 Modification du plan directeur cantonal	7
1.3.1 Principes pour le plan directeur cantonal.....	7
1.3.2 Planification de l'énergie éolienne dans le sens de l'aménagement du territoire cantonal.....	8
1.3.3 Etat d'avancement du plan directeur cantonal	8
1.4 Missions et objectifs	9
1.5 Organisation	10
1.6 Définitions	11
1.7 Les grandes éoliennes.....	11
1.8 Les petites éoliennes	11
1.9 Les micros éoliennes	12
1.10 Les parcs éoliens	12
2 GRANDES EOLIENNES: DEVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES POUR LES REGIONS FAIBLEMENT VENTEES.....	13
2.1 Grandes pales – petits générateurs	13
2.2 Hauteurs de nacelles supérieures	13
2.3 Innovations technologiques.....	14
3 PRODUCTION D'ENERGIE EOLIENNE EN FORET	15
3.1 Principes	15
3.1.1 La Confédération	15
3.1.2 Canton de Fribourg	15
3.2 Avantages des sites forestiers	15
3.3 Inconvénients des sites forestiers	16
3.4 Conditions d'implantation d'éoliennes en forêt.....	17
4 PRINCIPES DE BASE POUR PROJETS EOLIENS	19
4.1 Grandes éoliennes	19
4.2 Petites éoliennes	20
5 DELIMITATION GEOGRAPHIQUE DES ZONES POUR LES GRANDES EOLIENNES	22
5.1 Réflexions méthodologiques	22
5.2 Définition des zones éligibles	24
5.3 Les étapes principales	30
5.3.1 Analyse de surface.....	30
5.3.2 Critères d'exclusion fermes.....	30

5.3.3	Critères d'exclusion avec possibilités résiduelles	32
5.3.4	Critères complémentaires.....	33
5.3.5	Regroupement des sites certifiés ventés	35
5.3.6	Choix possibles sur les sites les plus appropriés	35
6	POTENTIEL EOLIEN THEORIQUE DANS LE CANTON DE FRIBOURG ...	38
7	CONCLUSION.....	40
7.1	Résumé.....	40
7.2	Suite des travaux.....	41
7.3	Postulat P2027.13 Eric Collomb / François Bosson	42
8	REFERENCES	43
9	ANNEXES.....	45

1 Introduction

1.1 L'énergie éolienne à l'échelon national

Fin 2012, 35 éoliennes capables de générer une puissance totale de 49,4MW ont été installées en Suisse, pour une production globale d'électricité de 88 GWh (OFEN 1, 2013). La part d'énergie éolienne s'élevait donc à 0,13% de la production globale suisse (OFEN 2, 2013).

Les recommandations fédérales pour la planification d'installations éoliennes, de mars 2010, définissent les conditions générales pour la planification et la construction de parcs éoliens tout en précisant et en élargissant les déclarations issues du «Concept d'énergie éolienne pour la Suisse» de 2004 (OFEN/OFEFP/OFDT, 2004). Le principe de base de ces recommandations est la concentration des installations sur des sites appropriés, les critères principaux retenus pour leur sélection étant la puissance du vent, la possibilité d'exploitation, la distance des agglomérations ainsi que la compatibilité avec l'environnement et le paysage. Elles doivent servir de base de planification pour les cantons et les communes.

Dans le cadre de sa nouvelle stratégie énergétique 2050, le Conseil Fédéral a décidé, en mai 2011, d'accélérer la sortie progressive de l'énergie nucléaire en s'axant, en premier lieu, sur l'exploitation des gisements d'énergie existants et, en second lieu, sur l'utilisation accrue des sources d'énergies renouvelables. Il s'est fixé l'objectif, à l'horizon 2050, de produire 4 000 GWh d'électricité par le biais d'installations éoliennes. Suivant l'axiome que le potentiel éolien d'une région est proportionnel à sa surface, 160 GWh d'énergie éolienne pourrait être générés pour le canton de Fribourg d'ici 2050 (surface du canton de Fribourg = 4% de la taille de la Suisse).

Pour que la production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables se développe, le Conseil fédéral souhaite renforcer son soutien financier avec, entre autres, les mesures suivantes (Conseil fédéral, 2013) :

- Optimisation du système de rétribution à prix coûtant RPC.
- Fin du conflit d'intérêts entre l'énergie éolienne et les autres domaines (de protection notamment) grâce à l'élaboration d'un concept suisse pour le développement des énergies renouvelables.
- Statut d'intérêt national attribué à l'énergie éolienne qui aurait donc le même poids que la protection de l'environnement, la protection du paysage, la défense du terri-

toire etc. En conséquence, un projet jugé conforme pourrait obtenir la priorité dans le cadre de l'équilibre nécessaire entre les intérêts à prendre en compte.

- Accélération et allègement des procédures d'autorisation pour la construction d'installations éoliennes.

Depuis Octobre 2012 l'OFEN, l'OFEV et l'OFDT recommandent de ne plus traiter la forêt comme une zone d'exclusion pour l'implantations d'éoliennes, mais de mettre en évidence les apports de celle-ci en termes d'utilisation et de fonctions de protection.

Un groupe de travail constitué de représentants de la Confédération et des cantons œuvre actuellement à la mise à jour de nouvelles bases pour l'installation d'éoliennes à l'intention des cantons et des entreprises. Ces bases énoncent des principes généraux pour la planification des éoliennes et remplacent le concept 2004 et les autres recommandations. Le contenu de ce nouveau document devra être contraignant pour les autorités.

1.2 L'énergie éolienne dans le Canton de Fribourg

La législation cantonale en matière de politique énergétique se constitue essentiellement de la loi du 9 juin 2000 sur l'énergie et du règlement du 5 mars 2001 sur l'énergie. Le Conseil d'Etat a toutefois préalablement fixé les objectifs de sa politique énergétique pour la période 2000-2010, en accord avec les objectifs de la politique énergétique de la Confédération. Tant en terme de production que de distribution, une source d'énergie suffisante souple, sûre et abordable doit être conforme avec les exigences de protection de l'environnement et de planification régionale. Le principe d'une utilisation économique et rationnelle de l'énergie doit à terme favoriser l'utilisation des sources d'énergie renouvelables et indigènes (Canton de Fribourg, 2009).

Suite à la mise en vigueur de la loi sur l'énergie, le Service en charge de l'énergie a élaboré un plan sectoriel de l'énergie à partir de la situation en 2000. Il a ainsi évalué le potentiel de développement de certaines sources d'énergie en regard des objectifs 2000-2010 de la politique énergétique fédérale (Canton de Fribourg, 2009). En 1999 une analyse du potentiel de développement des installations éoliennes a été effectuée. Elle mettait en évidence que 7 périmètres étaient alors propices à l'exploitation de cette énergie, lesquels ont été inscrits au Plan directeur cantonal de 2002.

Suite au développement technologique de l'énergie éolienne et à la réévaluation de certains critères de ces installations, un nouveau catalogue de critères a été établi en 2008 et documenté dans le cadre du concept pour l'énergie éolienne du Canton de Fribourg. L'exclusion ou l'admissibilité des critères d'évaluation retenus ont été inclus dans le Plan di-

recteur cantonal révisé. En plus des deux sites retenus et des six sites demandant une analyse complémentaire pour l'implantation de grandes éoliennes, il ressort que d'autres sites peuvent être inclus dans le Plan directeur cantonal, à la condition qu'ils respectent les critères définis.

La nouvelle stratégie énergétique du Canton de Fribourg adoptée en 2009 vise une production d'électricité indigène de 1'000 GWh/an, avec une part d'énergie éolienne évaluée à près de 90 GWh/an. Par ailleurs, la rapidité de l'évolution technologique a également poussé le Service en charge de l'énergie de réévaluer le potentiel éolien du canton, lequel a engagé dès 2012 de nouvelles études dans ce sens. Il s'agit notamment d'analyser la possibilité de réaliser des projets éoliens en région de plaine.

Finalement, le 28 juin 2013, le postulat P2027.13 des députés Eric Collomb / François Bosson a été soumis au Grand Conseil du canton de Fribourg. Les postulants demandent de considérer particulièrement les points suivants:

- Prise en compte des avancées technologiques pour l'exploitation de l'énergie éolienne dans les zones faiblement ventées.
- Identification des avantages de l'exploitation de l'énergie éolienne dans la forêt par rapport à celle en plein champ.
- Résumé des travaux en cours au sein de l'administration cantonale dans le cadre de la modification du plan directeur cantonal sur la question de l'énergie éolienne, en tenant compte des développements technologiques, juridiques et politiques.
- Identification du gisement éolien en résultant.
- Identification des mesures juridiques qui pourraient être prises par le canton afin de faciliter la construction d'éoliennes ou d'un ou plusieurs parcs éoliens pilotes sur le plateau fribourgeois.

1.3 Modification du plan directeur cantonal

1.3.1 Principes pour le plan directeur cantonal

Le plan directeur cantonal est un véritable instrument de planification pour les autorités:

- Il définit le développement spatial du canton et coordonne toutes les activités qui ont des effets sur le territoire;
- Il sert de référence lors de la planification communale et régionale et doit être pris en compte par les autorités. Il laisse cependant la liberté d'application au niveau de l'aménagement régional et local;

- Il apporte de la transparence aux promoteurs et à la population par rapport aux activités cantonales. Il apporte également la sécurité nécessaire afin de pouvoir réaliser des projets.

1.3.2 Planification de l'énergie éolienne dans le sens de l'aménagement du territoire cantonal

En principe, la planification des parcs éoliens est également conditionnée par une utilisation rationnelle du sol et des ressources naturelles du canton. Ce principe impose une planification visant à limiter les impacts générés par des telles infrastructures et à les concentrer.

L'implantation d'un parc d'éoliennes doit prendre en compte les impératifs de l'aménagement du territoire et une pesée des intérêts doit être réalisée avec les différentes politiques sectorielles concernées. Le raccordement au réseau électrique ainsi que les accès sont également des éléments importants à considérer.

1.3.3 Etat d'avancement du plan directeur cantonal

Au sens des modifications devant être apportées à la loi fédérale sur l'aménagement du territoire, la réalisation de parcs d'éoliennes pourrait être entravée par l'introduction de restrictions des zones constructibles dans les communes, définies en fonction du nombre d'habitants et du type de commune. Un reclassement des terrains agricoles en zones constructibles sera plus difficile et subira d'autant plus la concurrence des autres projets de construction de la commune. Le degré de flexibilité des textes législatifs et leur mode d'application ne sont pas encore complètement clarifiés, tant que le décret d'application n'est pas transposé dans la loi. Le problème a été posé et les éclaircissements correspondants sont actuellement en préparation par les autorités compétentes. Actuellement, il existe de fait un moratoire sur les nouvelles zones de construction.

Le canton de Fribourg traite la question de l'énergie éolienne dans le Plan directeur cantonal et y définit des sites sur lesquels l'exploitation de l'énergie éolienne est appropriée. En l'état, ceux-ci se trouvent principalement dans les Préalpes. Etant donné que le canton entend développer l'énergie éolienne dans le cadre d'une planification positive axée sur des critères (cf. annexe 1), d'autres sites non retenus dans le Plan directeur actuel ne sont pas exclus.

Le thème « Energie » du plan directeur cantonal devra être adapté en tenant compte des résultats obtenus dans le cadre de la présente analyse, ainsi que des objectifs de politique énergétique visant à sensiblement augmenter la part de production d'électricité au moyen des énergies renouvelables. Selon l'Office fédéral du développement territorial,

tout projet ayant un fort impact sur l'environnement et le territoire doit faire l'objet d'un traitement dans le plan directeur cantonal avant qu'une mise en zone puisse être envisagée au niveau local. Les parcs éoliens entrent dans ce contexte. Par contre, le degré de précision à atteindre dans le plan directeur n'est actuellement pas encore connu.

1.4 Missions et objectifs

Le concept d'énergie éolienne du canton de Fribourg date de 2008. Depuis lors, les critères pour l'évaluation du potentiel de l'énergie éolienne ont changé de manière significative pour les raisons suivantes :

Le gisement éolien

La qualité et la précision des bases de données existantes se sont considérablement améliorées ainsi que le montre la carte des vents contenue dans le concept d'énergie éolienne pour la Suisse de 2004. Dans les cantons voisins de Berne et de Vaud, le gisement éolien a été modélisé avec plus de précision grâce aux méthodes non-linéaires. Ces modélisations montrent pour le canton de Fribourg, dans la région du Plateau en particulier, des vitesses de vent supérieures à ce qui était attendu ; ceci permet d'affirmer que l'exploitation de l'énergie éolienne y serait économiquement viable.

Le développement technique et économique

Grâce à l'amélioration technologique des turbines, des éoliennes peuvent désormais être installées même dans des périmètres où les vents sont relativement faibles. Cela conduit ainsi à une modification des facteurs économiques de ces installations. Considérant les taux pratiqués par le programme national de rétribution à prix coûtant (Programme RPC), l'intérêt de développer cette technologie pourrait être porté sur d'autres sites que ceux définis dans le canton en 2008.

Aménagement du territoire

En l'état, le plan directeur cantonal contient un volet sur l'énergie éolienne et définit des périmètres d'implantation particulièrement adaptés. Ceux-ci sont situés principalement dans les Préalpes fribourgeoises. Etant donné que le Canton développe l'énergie éolienne en terme de planification positive, d'autres sites non mentionnés dans le plan directeur cantonal ne sont pas exclus. Ils devront cependant répondre aux critères évoqués dans le document. Cette constatation laisse une grande marge pour favoriser l'équilibre des intérêts à prendre en compte, notamment ceux liés à l'aménagement (par exemple, la protection du paysage et de la faune ou d'interférence avec d'autres infrastructures).

Ces évolutions conduisent à analyser de plus en plus de périmètres du Plateau fribourgeois susceptibles d'accueillir des éoliennes. Le concept éolien du canton de Fribourg d'août 2008 doit donc être révisé et les critères de localisation (critères d'exclusion et d'éligibilité) pour les grandes et les petites éoliennes doivent être redéfinis. La présente évaluation du potentiel éolien dans le canton de Fribourg servira de base à la révision du thème éolien du plan directeur cantonal.

L'étude est limitée au territoire du canton de Fribourg et ne prend pas en compte les planifications de projets d'éoliennes situées dans les cantons voisins. Toutefois, une coordination transfrontalière des planifications directrices dans ce sens sera mise en place. A titre d'exemple, certains sites ventés du canton de Berne se trouvent proche du canton de Fribourg. Par ailleurs, la présente étude doit être considérée comme la base technique nécessaire à l'adaptation du thème éolien du plan directeur canton. Elle permet finalement de répondre au postulat P2027.13 des députés Eric Collomb et François Bosson

1.5 Organisation

Pour l'élaboration de cette évaluation, une équipe projet ainsi qu'un groupe d'accompagnement ont été mis en place.

Equipe projet:

- Monsieur Serge Boschung, Service de l'Energie SdE
- Monsieur Michael Altherr, Chef de projet New Energy Scout SARL
- Monsieur Peter Schwer, Dirigeant New Energy Scout SARL
- Madame Kathrin Wimmer-Kornmann, Administration du projet New Energy Scout SARL

Le groupe d'accompagnement est constitué de représentants de l'administration cantonale:

- Madame Chantal Baudassé, Service de la nature et du paysage SNP
- Monsieur Andreas Binz, Service des forêts et de la faune SFF
- Monsieur Kirk Ingold, Service des constructions et de l'aménagement SeCA
- Messieurs Manfred Portmann et Jean-Pierre Broillet, Service de l'environnement SEn

Des réunions régulières ont été tenues. Les promoteurs connus des projets éoliens sur le canton de Fribourg ont également été invités à différentes réunions, afin d'échanger les avis sur le développement de cette ressource énergétique, les projets en cours et les expériences acquises jusqu'à ce jour.

Fondamentaux sur les éoliennes

1.6 Définitions

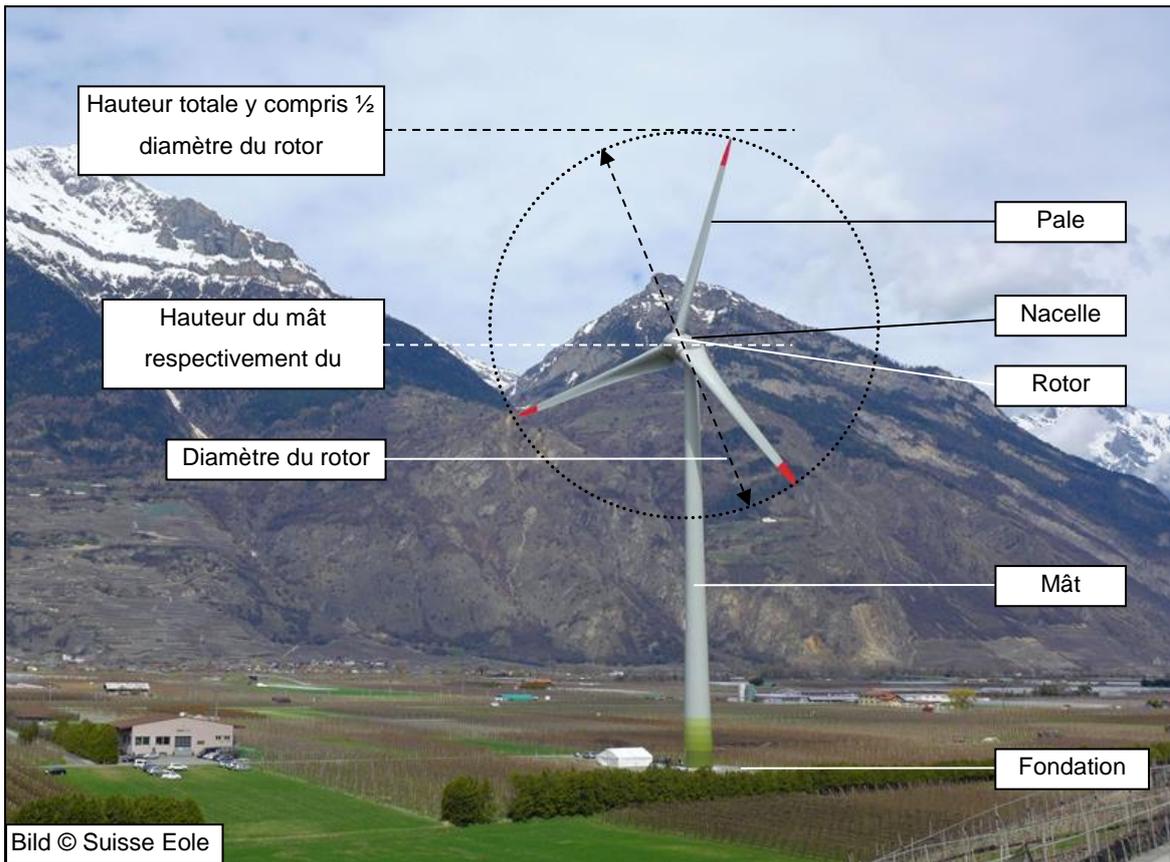


Figure 1: éléments constitutifs d'une éolienne – exemple de l'installation de Chartrat (VS).

1.7 Les grandes éoliennes

La notion de grande éolienne est utilisée pour des installations d'une puissance supérieure à 100 kW. A l'heure actuelle, les éoliennes terrestres habituellement installées génèrent des puissances comprises entre 850 kW et 3 MW. Toutefois, des installations atteignant 7 MW ont déjà été construites. Les grandes éoliennes présentent des hauteurs de moyeu pouvant atteindre 140 m et des diamètres de rotor de 120 m. Les installations délivrant des puissances comprises entre 100 et 850 kW ont pratiquement disparu du marché.

1.8 Les petites éoliennes

Les petites éoliennes sont définies par la norme IEC-NORM 61400-2:2006 („design requirements for small wind turbines“). Elles comprennent l'ensemble des systèmes dont la surface balayée par les pales est inférieure à 200 m² pour une puissance de 350 W/m².

En conséquence, la puissance totale est limitée à 70 kW. Le mât est en général d'une hauteur inférieure à 20 m et la hauteur totale inférieure à 30 m. D'une manière générale, le marché privilégie aujourd'hui les installations dont la puissance délivrée est comprise entre 5 et 10 kW (BWE Bundesverband Windenergie, 2013).

1.9 Les micros éoliennes

Cette catégorie comprend les installations délivrant une puissance inférieure à 5 kW. Celles allant jusqu'à 1.5 kW sont souvent installées dans des systèmes en îlot pour une utilisation autonome.

Les micros éoliennes ne font pas partie de la présente étude.

1.10 Les parcs éoliens

La présente évaluation du potentiel éolien considère un parc éolien lorsque celui-ci est constitué d'un groupe de grandes éoliennes délivrant une quantité d'énergie globale supérieure à 10 GWh par an.

Le regroupement des éoliennes en parcs est toutefois une notion très subjective qui dépend de l'observateur ainsi que du paysage (topographie, végétation, infrastructure). L'évaluation définit que la distance maximale entre deux éoliennes appartenant à un parc éolien ne doit pas dépasser 1.5 km.

2 Grandes éoliennes: Développements technologiques pour les régions faiblement ventées

Grâce au développement de la technologie des systèmes éoliens, il est aujourd'hui économiquement viable de mettre en œuvre de grandes éoliennes dans des conditions de vent faible. La majorité des constructeurs propose des systèmes adaptés à ces conditions aérologiques, qui démontrent même pour des sites terrestres une bonne rentabilité énergétique et économique.

2.1 Grandes pales – petits générateurs

En parallèle à la vitesse du vent, l'efficacité éolienne dépend de la surface verticale balayée par les pales, l'énergie produite augmentant avec la surface. Un doublement du diamètre du rotor entraîne un quadruplement de l'aire balayée. Dans les régions faiblement ventées, la production d'énergie électrique est ainsi maximisée par l'utilisation d'un petit générateur combiné à un rotor de grand diamètre. De cette manière, la capacité, le rendement, et, de ce fait, la production d'énergie, sont améliorés.

Une installation moderne conçue pour un fonctionnement par vent faible atteint sa puissance nominale (puissance maximale) dès que la vitesse du vent atteint 12 m/s, alors que les systèmes antérieurs n'étaient conçus pour fonctionner qu'à des vitesses de vent moyennes à fortes, et la puissance nominale étaient atteinte à partir de 14-15 m/s.

2.2 Hauteurs de nacelles supérieures

En parallèle à la conception de rotors à grands diamètres une tendance significative se dessine pour le développement de mâts de plus grande hauteur, l'objectif étant de minimiser l'influence de la surface du sol (forêt, champs, lotissements, etc.). Le vent dans les couches inférieures de l'atmosphère (appelée couche de Prandtl) est particulièrement influencé par la surface du sol qui génère des turbulences et induit une décélération du vent. Ces phénomènes ont une action négative sur la vitesse du vent et ont donc une conséquence sur l'énergie électrique produite. La frontière séparant la couche dite d'Ekman des parties supérieures de l'atmosphère se situe en journée aux environs de 50 à 100 m du sol, la nuit elle est située à une hauteur inférieure. La position de cette frontière dépend du site, des phénomènes climatiques locaux et généralement des saisons. La couche laminaire, soit le flux non turbulent de la couche d'Ekman est plus efficace en terme d'énergie éolienne. L'objectif des constructeurs et des développeurs de projet est de faire fonctionner les éoliennes dans la couche d'Ekman. Ainsi, les éoliennes installées

sur des sites sans contraintes spécifiques seront dotées d'une nacelle située à au moins 100 m de hauteur. Pour les sites complexes, l'affirmation précédente n'est que partiellement valable. Le profil de vent peut alors être influencé par la topographie et la localisation de la couche perturbée.

2.3 Innovations technologiques

Les innovations les plus importantes de ces dernières années, comprenant le développement d'éoliennes adaptées aux vents faibles, peuvent se résumer comme suit:

- Introduction par différents constructeurs de systèmes non motorisés avec pour avantages la suppression de composants vulnérables, la réduction des pertes d'énergie entre le rotor et le générateur, la réduction de l'usure mécanique et la diminution des pertes par frottement.
- De nouveaux profils de pales et extrémités ont amélioré l'aérodynamique des systèmes (réduction de la génération de turbulences) et ont en conséquence accru l'efficacité des installations. De plus, ces améliorations ont permis une optimisation acoustique.
- Le développement de matériaux plus légers et plus robustes rend possible la conception de pales plus longues.
- De nouvelles procédures permettent la réduction des sollicitations mécaniques auxquelles sont soumis les composants de l'éolienne. Est mise en place l'individualisation des règles d'exploitation en fonction de la direction du vent, l'heure du jour ou tout autre paramètre.
- Surveillance à distance des installations éoliennes : les moyens modernes de communication permettent en cas de dysfonctionnements une réaction rapide, ce qui minimise les périodes d'inutilisation. De plus, la mise en œuvre de concepts de maintenance planifiée réduit les temps d'arrêt.
- L'amélioration de la disponibilité des systèmes, c'est-à-dire les périodes d'utilisation sans dysfonctionnement des installations, est constamment accrue. Les systèmes actuellement sur le marché atteignent en moyenne une disponibilité de 98%, cela entre autre grâce à la mise en place de centres de service régionaux, avec pour effet une meilleure réactivité.
- De nouveaux concepts de montages et de logistiques permettent le transport d'installations de taille supérieure tout en diminuant les besoins en termes d'aménagements routiers et de création d'aire de grutage.

3 Production d'énergie éolienne en forêt

3.1 Principes

3.1.1 La Confédération

La Confédération a revu sa position et considère dorénavant que la présence de forêt ne constitue plus un critère absolu d'exclusion pour l'installation d'éoliennes. Les zones forestières protégées au niveau national et les réserves forestières seront analysées au cas par cas. Des alternatives aux sites forestiers devront être examinées, et une pesée d'intérêts entre les sites situés en forêt et les emplacements hors de la zone forestière devra être réalisée afin de confirmer la nécessité du site d'implantation.

3.1.2 Canton de Fribourg

Dans le concept éolien de 2008 les zones forestières étaient exclues. Depuis lors, un changement de cap a eu lieu, qui permet aujourd'hui de ne plus exclure catégoriquement les sites forestiers. Le Canton de Fribourg se réfère aux principes édictés par la Confédération :

- En principe l'implantation en forêt est autorisée uniquement s'il est démontré qu'il n'existe pas d'alternative hors zone forestière.
- L'installation d'éoliennes en forêt n'est possible que si les critères pour l'obtention d'une autorisation de défrichement sont remplis.

3.2 Avantages des sites forestiers

Lorsque le site sélectionné ne se situe pas directement en bordure de la forêt, les facteurs suivants peuvent être considérés comme des avantages (BWE Bundesverband Windenergie, 2012):

Un nombre de sites ventés à disposition accrus : des zones particulièrement ventées (tels que des sommets de montagne) présentent souvent un couvert forestier et peuvent alors être retenus pour des utilisations éoliennes.

Des sites plus éloignés des zones habitées et réduction des nuisances sonores et des ombres portées: lorsqu'un parc éolien est installé en forêt, les nuisances sonores sont réduites. Les émissions sonores générées par les éoliennes seront moins perçues parce que la forêt absorbe le bruit. De grandes zones forestières permettent d'accroître l'éloignement par rapport aux zones habitées, permettant ainsi de réduire les émissions

sonores et les ombres portées au niveau des zones habitées ou des maisons individuelles, ayant pour corollaire un accroissement du sentiment d'acceptation.

Une réduction de la visibilité des installations en forêt : la visibilité des installations situées en forêt est réduite. Un environnement arborisé permet en effet de masquer une partie du mât de l'éolienne. De même, la boîte du transformateur, si elle n'est pas déjà située dans la tour, ne sera pas visible. A proximité (en forêt et en lisière du bois), les pales seront aussi visuellement peu présentes. Une visibilité réduite de l'installation peut signifier une modification peu importante du paysage et peut induire ainsi généralement une meilleure acceptation de la population.

Une situation claire du foncier: les espaces forestiers sont en général la propriété des collectivités publiques et notamment des communes. Cela signifie un contexte simplifié sur le plan du foncier avec un interlocuteur unique. De plus, lorsque le terrain est communal, l'ensemble des habitants profitent indirectement des rentes du droit de superficie, et non pas un unique propriétaire.

Gestion forestière : l'expansion des routes forestières pour le transport d'éoliennes peut aider à la gestion de la forêt.

3.3 Inconvénients des sites forestiers

Face aux avantages listés ci-dessus, les inconvénients suivants doivent être mentionnés :

Lisière de forêt: la lisière d'une forêt est de grande importance pour ce qui concerne la faune et la flore et abrite une riche biodiversité (habitat pour oiseaux, chauve-souris, petits animaux, etc.). Lorsque la lisière démontre une structure biologique de grande valeur, aucune installation éolienne ne pourra y être implantée.

Défrichement: pour chaque éolienne, une surface de 1000 à 2000 m² doit dans la plupart des cas être défrichée pour l'aire de grutage. De même, le défrichement est nécessaire pour les accès, notamment les zones de virages ou les intersections. Les zones défrichées doivent dans tous les cas être réduites à leur strict minimum. De plus, des mesures de compensation quantitatives ou qualitatives doivent être requises, tel que cela se pratique dans le cadre de défrichements dans d'autres domaines. De plus, lorsque des avantages considérables résultent d'octrois d'autorisations de défrichement, ils doivent faire l'objet d'une compensation équitable sous la forme d'une contribution de plus-value prélevée par le SFF. Cette contribution correspond à 50% de la plus-value consécutive au défrichement (art. 20 LFCN).

Turbulences renforcées: en raison des hauteurs d'arbres différentes, les forêts présentent une surface qui peut influencer le flux d'air. Directement au-dessus des zones boisées apparaissent de ce fait très souvent des turbulences, phénomènes non optimaux pour l'exploitation de l'énergie éolienne. Aussi, les éoliennes sélectionnées pour une utilisation en forêt sont équipées de mâts de grande hauteur afin que le rotor soit positionné au niveau des couches laminaires. Des systèmes de plus grande hauteur sont en contrepartie mieux visibles des régions plus éloignées.

3.4 Conditions d'implantation d'éoliennes en forêt

En résumé des points précédents, des éoliennes en forêt peuvent être autorisées si les conditions suivantes sont remplies :

- Les réserves forestières, comme les autres objets cités dans le chapitre 6.3.2 sont protégées et exclues des sites pour l'installation d'éoliennes.
- Entrent en considération, les forêts assurant des fonctions de protection ou toutes autres fonctions spécifiques (les zones d'interdiction, les zones de protection de la faune sauvage, les lieux présentant des propriétés phytosociologiques particulières telles que définies par la loi sur la nature et la protection du paysage, ainsi que les sites possédant des propriétés forestières spécifiques).
- Une pesée d'intérêts prenant en compte d'autres fonctions assurées par l'espace forestier doit être menée concernant les aspects économiques, la fonction de délassement ainsi que les activités de loisirs.
- Des études de variantes doivent être menées afin de démontrer explicitement qu'une éolienne ne peut être installée dans la forêt qu'à exclusion de tout autre endroit (preuve du lien nécessaire avec l'endroit choisi).
- Pour obtenir un permis de défrichement, les critères suivants doivent être remplis: le lien nécessaire avec l'endroit choisi doit être démontré (cf. le point précédent), les conditions d'aménagement du territoire doivent être remplies, l'intérêt général pour le projet éolien doit être plus grand que celui de la protection de la forêt.
- Pour tout projet de mise en place d'éoliennes en forêt ou à proximité de la forêt, les questions de responsabilité civile et de sécurité ainsi que des mesures de prévention éventuelles doivent être réglées avec les propriétaires forestiers concernés. Le cas échéant, l'octroi d'une autorisation d'exploitation préjudiciable de la forêt (art. 16 LFo) peut s'avérer nécessaire.

Finalement, il est important de rappeler que, au sens des dispositions en vigueur, les motifs financiers tels que le souhait de tirer du sol le plus gros profit possible ou la volonté de

se procurer du terrain bon marché à des fins non forestières (Art. 5 LFo) ne sont pas considérés comme raisons importantes.

4 Principes de base pour projets éoliens

Les exigences applicables aux sites et la structure du projet sont de nature radicalement différente, qu'il s'agisse de grandes ou de petites installations éoliennes. Ces deux modes de production d'énergie éolienne sont donc traités séparément (cf. chapitres 1.7 et 1.8).

4.1 Grandes éoliennes

D'une manière générale, la production d'énergie éolienne sur un site donné doit remplir les exigences techniques, et respecter l'équilibre entre les impératifs de protection et l'intérêt industriel. Les principes de base suivants sont proposés:

Impératifs de protection et intérêts économiques:

- Les installations éoliennes doivent être déployées sur les sites les plus appropriés. Ainsi, il faudra veiller à trouver le juste équilibre entre les impératifs de protection et l'intérêt économique.
- Les projets doivent se situer en dehors des régions d'exclusion telles que définies au chapitre 6.3.2. La cartographie afférente devra se baser sur des données actuelles. Dans des cas particuliers, les régions d'exclusion peuvent être modifiées suite à des changements d'affectation des zones (déclassements de zones, changement d'affectation de bâtiments habités, etc.).
- Les projets veilleront à ne pas mettre en danger des espèces animales menacées, en particulier les oiseaux et les chauves-souris.
- Les zones et les paysages d'une grande importance pour le tourisme et les loisirs ou avec une grande valeur historique, de même que les espaces sans prédispositions structurelles doivent, dans la mesure du possible, être préservés.
- Les seuils acoustiques seront respectés en vertu de l'Ordonnance sur la protection contre le bruit OPB.
- Les recommandations en matière d'ombre stroboscopique seront respectées, celles-ci étant limitées à max. 30 heures/an et 30 minutes/jour (durée maximale pour une habitation).

Plan technique:

- Il doit être démontré que les conditions de vent seront suffisantes pour permettre un fonctionnement économiquement viable (mesure de vent sur le site ou calcul à partir de données disponibles). La production minimale moyenne de 10 GWh/an pour chaque parc éolien doit être établie.

- Les zones bien desservies seront choisies en priorité, évitant ainsi des dépenses d'équipements excessives (routes, réseaux électriques).
- Il n'y a pas nécessité d'obtenir une autorisation pour chaque installation pilote en application de l'art.24 de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT 24). Une planification des sites accueillant plusieurs installations équivalentes peut être prévue.
- Le concept éolien de la Confédération fait référence et doit être pris en compte à tous les niveaux décisionnels.
- La planification éolienne proche d'une limite cantonale doit être coordonnée avec les cantons voisins de manière anticipée.

4.2 Petites éoliennes

La présente évaluation ne fait pas apparaître la notion de site approprié ou inapproprié pour les petites et les micros éoliennes qui, dans la majorité des cas, sont installées à l'unité et qui, pour les plus petites d'entre elles, sont souvent situées aux abords des zones habitées. Ainsi, les principes fondamentaux suivants devront être pris en compte dans le cadre de la procédure d'autorisation :

- Démonstration de la présence d'un gisement éolien en adéquation avec le type d'éolienne dans le cadre d'une exploitation énergétiquement pertinente. Cela signifie que la production d'énergie attendue devrait être au moins deux fois plus élevée que l'énergie grise nécessaire à la réalisation de l'installation.
- Le raccordement au réseau ou l'exploitation autonome doit être raisonnablement possible.
- Préférence / soutien des installations répondant aux besoins.
- Respect des seuils d'émission de bruit conformément à l'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB).
- Installations dans les zones de protection des eaux limitées à des systèmes compatibles.
- Installations dans les zones régies par des inventaires fédéraux et cantonaux appréciées au cas par cas.

Complément pour les micros éoliennes <5kW:

- Il est préférable de les combiner avec des installations déjà en place.
- Les systèmes d'alimentation individuels, pour des refuges de montagne par exemple, doivent être évalués de façon plus positive que les éoliennes situées en zones habitées à proprement parler.

- La construction au sein de zones de protection des eaux doit être appréciée au cas par cas.

Les critères ci-dessus doivent être examinés individuellement pour chaque projet. Si un permis de construire est nécessaire, la demande devra être dûment documentée.

5 Délimitation géographique des zones pour les grandes éoliennes

5.1 *Réflexions méthodologiques*

Les réflexions suivantes sur le thème du zonage ont été menées:

- Les développements actuels au niveau fédéral tels que l'apparition récente de la notion d' « intérêt national » pour les installations éoliennes, ainsi que les aspirations de mise en œuvre de la transition énergétique, devraient avoir pour conséquence un transfert des équilibres dans le processus d'évaluation des différents paramètres concourant à la définition de l'intérêt d'un projet. En particulier, en ce qui concerne les conflits d'intérêts avec l'aviation, les lignes de communications, les militaires et les zones de protection de l'environnement et du paysage, les processus décisionnels jusqu'à présent employés seront amenés à évoluer dans le futur. Ces recommandations ou spécifications d'application générale, qui pourraient servir de critères d'exclusion durs, peuvent être assouplies avec le temps, de part l'adaptation aux pratiques.
- Ces considérations s'appliquent de même à la thématique de l'éolien en milieu forestier.
- Au niveau cantonal, il n'est pas possible de prendre en compte tous les paramètres importants pour un projet. Les promoteurs actifs dans le canton sont toutefois considérés comme suffisamment expérimentés afin de définir pour un site donné les critères pertinents à observer. Il est peu probable que des projets non rentables ou farfelus aboutissent.
- Différents critères disponibles sur la base de données portant sur la zone du canton ne sont pas homogènes et les emplacements ne peuvent pas toujours être évalués comme facteurs d'inclusion / d'exclusion dans les mêmes échelles (par ex: chauves-souris/oiseaux/gisement éolienne).

De ce fait, le nombre de critères à prendre en compte est réduit au maximum par le mandant, en accord avec le groupe d'accompagnement, et beaucoup d'aspects sont clarifiés au niveau du projet. De cette manière, les surfaces identifiées résultant de cette réflexion seront à priori les plus étendues possibles, sans toutefois perdre de vue qu'à des stades décisionnels ultérieurs (cf. tableau 3) ainsi qu'en raison de réflexions internes de promoteurs de projets potentiels, un grand nombre de sites ne seront pas retenus.

Tableau 1: Critères de sélection des sites éoliens avec prise en compte des différents niveaux décisionnels

	Stade préliminaire - évaluation	Stade aménagement territoire - définition des priorités	Stade Projet / Promoteur
Technique	Grandes éoliennes	-	Projection de glace, taille du parc éolien, dimensions des installations, voies d'accès, clarifications du raccordement aux réseaux et des moyens de communication
Radar	Pour information, indiqué sur la carte	-	Distance minimale par rapport au radar et clarifications vis à vis de l'aviation civile
Distances vis-à-vis du bâti et des infrastructures	300 m resp. 400 m des bâtiments habités (indicatif)	Définition de la protection des biens culturels et des sites	Distances par rapport aux routes, lignes électriques, voies ferrées ; respect des prescriptions réglementaires concernant le bruit
Militaire, Communication p. faisceaux hertz.	Identifier si information disponible	-	Clarifications avec aviation militaire, systèmes de communication, infrastructures
Protection des eaux	Exclusion des zones aquatiques et de protection des eaux S1, S2	Clarifier s'il s'agit d'une exclusion générale ou contournable par mise en place de mesures spécifiques	Clarification avec services concernés
Flore	Espaces protégés nationaux et cantonaux sont exclus	Avis concernant les sites forestiers	Règlement concernant la distance par rapport à la forêt, mesures de compensation
Faune	Espaces protégés nationaux et cantonaux sont exclus	Étude approfondie des habitats sensibles oiseaux / chauve-souris	Prise en compte de la présence du Grand Tetras, passage d'oiseaux migrateurs, oiseaux nicheurs, chauves-souris, corridors empruntés par des animaux sauvages
Distances par rapport aux zones protégées	Non	-	Vérifier qu'il ne s'agit pas d'un cas particulier avec nécessité de respect d'une zone tampon
Société	N.A.	Détermination de la limite pour les ombres portées	Respect des prescriptions réglementaires sur les ombres portées ; validation au niveau local de l'acceptation
Paysage	N.A.	Formulation d'objectifs de protect. clairs /souhaits d'utilisation	Prise en compte des objectifs des parcs naturels et géotopes, respect de l'intégrité du paysage
Aspects économiques	Estimation de la production doit être supérieure à 10 GWh	-	Se limiter à la réalisation de projets économiquement rentables

Ressources en vent	Vitesse de vent supérieure à 5 m/s à 130 m (~seuil actuel de la rentabilité)	Elaboration d'une carte de vent au niveau cantonal	Mesure de vents ou toutes autres données fiables
Coûts de production	k. A.	-	Cf. aspects économiques

5.2 Définition des zones éligibles

La définition des zones éligibles à des projets éoliens est élaborée à l'aide des facteurs d'exclusion ainsi que des critères complémentaires (cf. figure suivante). Les autorités ou les promoteurs de projets peuvent aller au-delà en affinant l'analyse menée afin de sélectionner les meilleurs sites.

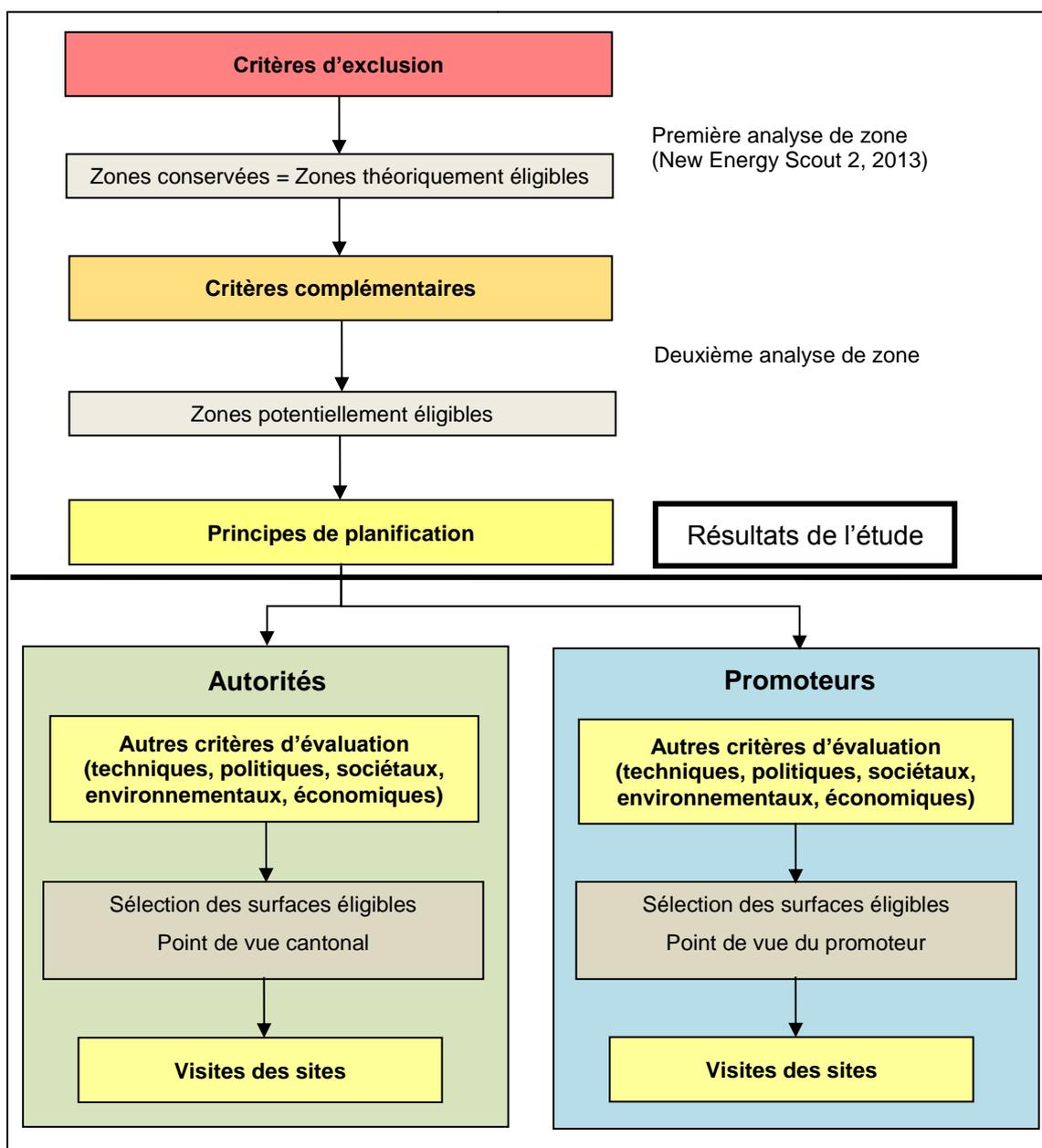


Figure 2: Présentation schématique des critères pour la planification de grandes éoliennes

Le tableau suivant synthétise les différentes zones en fonction des restrictions en vigueur dans le cadre d'un projet éolien.

Tableau 2: Aperçu des zones et des restrictions applicables

Zones	Super- position de critères complé- mentaires	Couleurs représentées sur les cartes	Impacts/Restrictions	Potentiel de vent *		
				Bon	Moyen	Mauvais
Zones d'exclusion ferme	Tous pareils	Gris foncé	Les autorités cantonales refusent le projet éolien			
Zones d'exclusion avec possibilités résiduelles	Tous pareils	Bleu	Les autorités cantonales instruisent le projet éolien lorsque la faisabilité resp. le respect des objectifs de protection est assuré			
Zones potentiellement éligibles situées en forêt	Oui	Vert superposé	Les conditions pour la réalisation du projet éolien en forêt telles que définies au chapitre 3.4 doivent être remplies Des conflits potentiels supplémentaires dus par exemple à la présence d'installations radar sont présents			
	Non	Vert	Les conditions pour la réalisation du projet éolien en forêt telles que définies au chapitre 3.4 doivent être remplies			
Zones potentiellement éligibles situées en dehors d'un espace forestier	Oui	Blanc superposé	Le projet éolien est possible au regard des critères définis Des conflits potentiels supplémentaires dus par exemple à la présence d'installations radar sont présents			
	Non	Blanc	Le projet éolien est possible au regard des critères définis			

* Les chances de mise en œuvre en termes de critères de ce concept de vent (colonne potentiel de vent):

 Haut

 Moyen

 Bas

La carte suivante montre les zones d'exclusion et les zones théoriquement éligibles à l'intérieur et à l'extérieur de la forêt. Les critères complémentaires ne sont pas encore visualisés. La carte peut être trouvée dans l'annexe 2 dans une meilleure résolution et grand format.

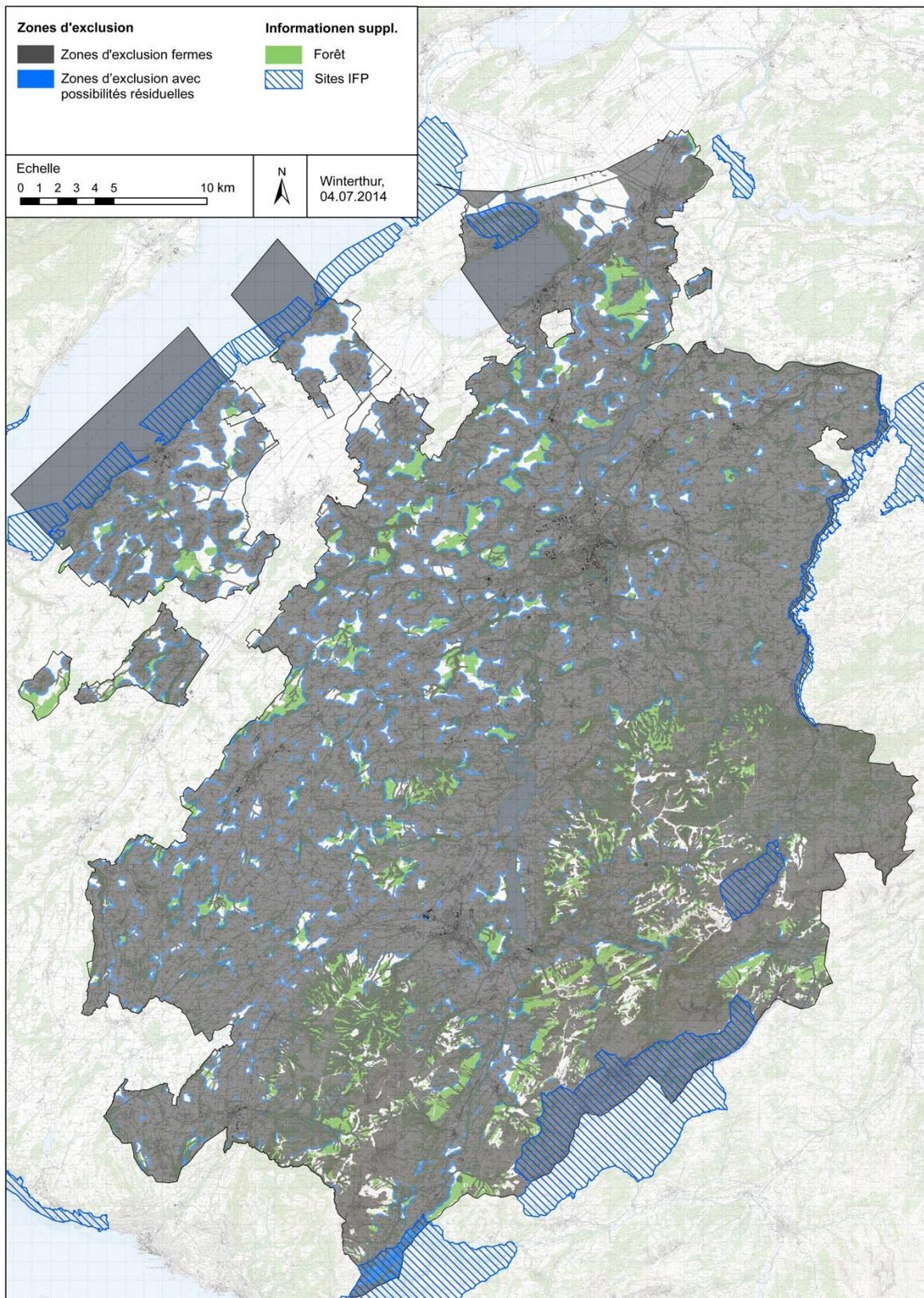


Figure 3: Carte résultant de l'analyse de zones: Zones d'exclusion (zones gris foncé et bleu) ; Zones théoriquement éligibles (représentées en blanc et vert)

Les zones théoriquement éligibles sont ensuite examinées au regard des critères complémentaires, d'ordre technique et de protection. De plus, la topographie et les conditions aérologiques des sites sont pris en compte.

Les zones n'ayant pas été écartées suite à cette seconde analyse sont regroupées en catégorie « site venté » (voir les figures ci-dessous et l'annexe 3). Les zones de très faible étendue sont écartées au profit de celles permettant d'accepter au moins 2 à 3 grandes éoliennes, et dont le potentiel de production est supérieur à 10 GWh.

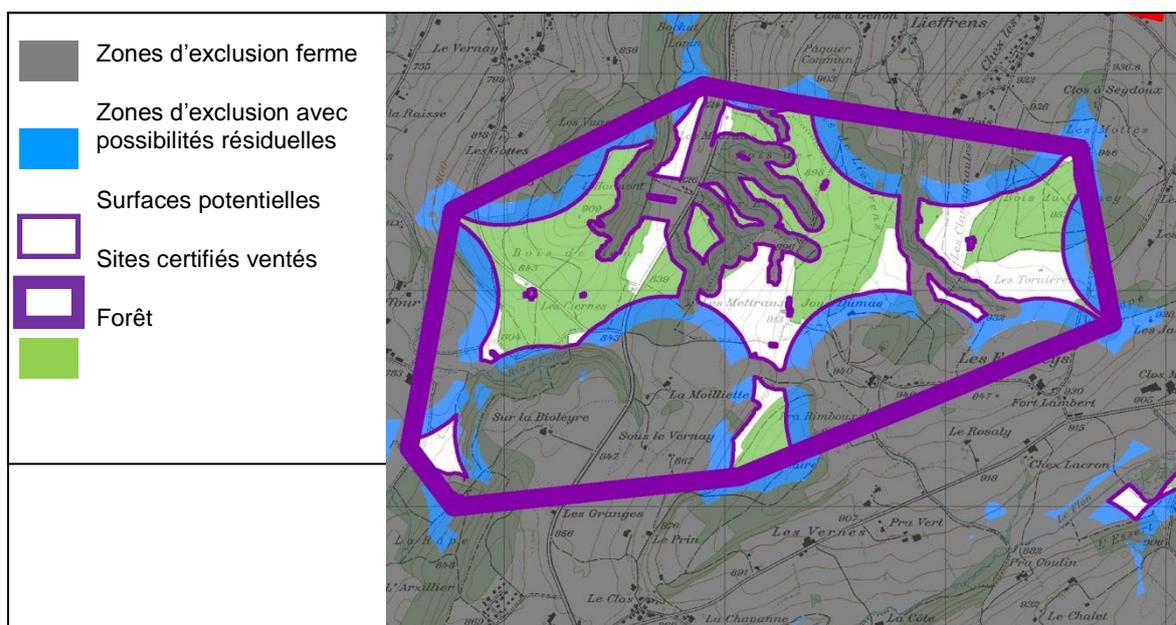


Figure 4: Groupement des surfaces potentielles avec sites certifiés ventés à l'exemple du site de Sommentier.

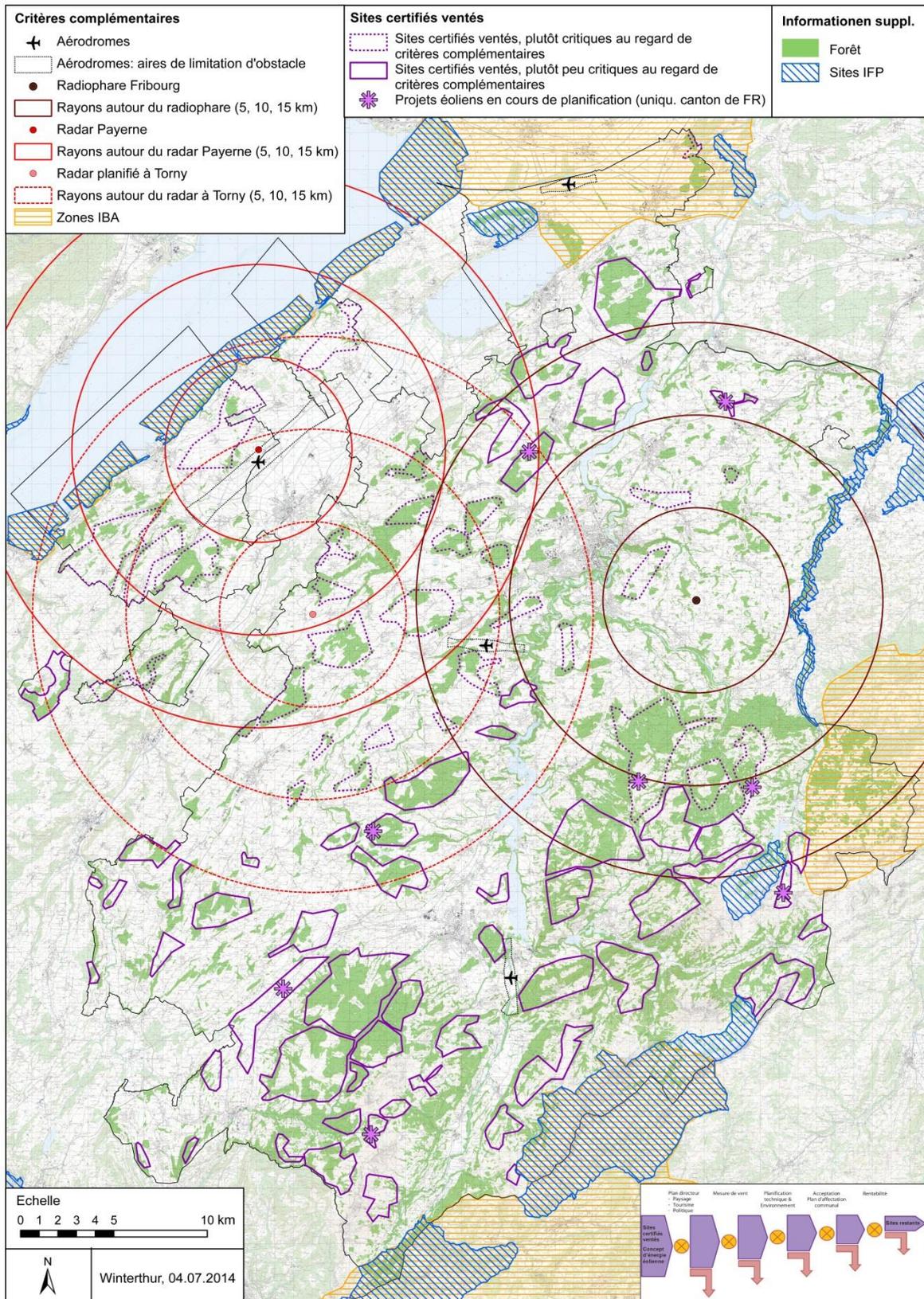


Figure 5: Zones avec critères complémentaires et sites certifiés ventés.

Les zones qui, suite à l'analyse décrite ci-avant ont été écartées, ne sont toutefois pas obligatoirement définitivement exclues. Lorsque des bâtiments ne sont plus habités ou que des zones à bâtir sont déclassées, des zones protégées peuvent alors être modifiées. Il est judicieux de réviser le statut de sites qui aujourd'hui ne sont pas éligibles. Il peut aussi s'avérer que certaines zones protégées telles que Schwyberg, ne soient pas incompatibles avec l'activité éolienne. Ces situations devront être concrètement analysées par l'ensemble des parties compétentes au cas par cas.

5.3 Les étapes principales

5.3.1 Analyse de surface

Les analyses de surface sont réalisées à l'aide du programme ArcGIS 10/ArcView. Pour chaque variante sont prises en compte les données disponibles pouvant entraîner des exclusions, puis des zones tampons sont calculées. Les zones d'exclusion sont alors retirées.

Les zones d'exclusion sont celles qui, par définition, ne peuvent accueillir des installations éoliennes. Chaque zone d'exclusion peut-être de plus augmentée de zones tampons définies.

Plusieurs variantes proposant différents niveaux de restrictions sont élaborées afin d'obtenir les critères d'exclusion pertinents. Au travers des discussions menées au sein de l'équipe projet et du groupe d'accompagnement, mais aussi grâce aux apports des développeurs de projets invités à participer aux réflexions, les critères d'exclusions les plus pertinents pour le Canton de Fribourg ont été définis.

5.3.2 Critères d'exclusion fermes

Les critères listés ci-après constituent des conditions d'exclusion au regard de la législation pour la protection, dans le processus de sélection de sites propices à l'installation de grandes éoliennes.

Aspects liés à la protection: Les inventaires fédéraux et cantonaux ainsi que les périmètres de protection archéologiques, les zones de protection des eaux S1 et S2 et les milieux aquatiques sont considérés comme zones d'exclusion. Les espaces forestiers sont classés parmi les critères d'exclusion lorsqu'ils sont situés dans une zone d'exclusion ci-dessus.

Aspects sociétaux : Une distance minimale de 300 m doit être respectée autour des bâtiments habités, afin de répondre aux exigences légales. Remarque : Cette distance doit être considérée comme étant une valeur minimale, respectivement un ordre de gran-

deur : ce n'est en aucun cas une valeur absolue pour chaque site. En effet, dans des cas particuliers, des distances minimales seront définies, selon les conditions intrinsèques au projet (caractéristiques du vent, type d'installation éolienne, sensibilité de la zone aux nuisances sonores, etc.). Enfin, chaque projet devra respecter, dans le cadre de l'étude d'impact environnemental (EIE), les normes de protection contre le bruit telles que définies dans l'Ordonnance de protection contre le bruit. Les facteurs d'influence les plus significatifs sont le niveau de sensibilité au bruit des bâtiments habités environnants respectivement les zones à bâtir environnantes, le nombre d'éoliennes installées, le type d'éoliennes et les caractéristiques directionnelles du vent. De plus, des mesures d'ordre technique peuvent être mises en œuvre (réduction de puissance) qui entraîneront de nouvelles valeurs d'émissions. L'OPB prévoit des allègements pour des cas spécifiques, que les autorités cantonales peuvent appliquer. Un exemple pour lequel un tel allègement serait à prendre en compte dans le cadre d'une pesée d'intérêts, concerne les bâtiments d'alpage qui ne sont occupés que pour des courtes périodes et principalement durant l'été, saison caractérisée par des vents faibles.

Une évaluation détaillée n'a donc de sens qu'au niveau du projet. Des facteurs tels que les ombres projetées ou l'impact de l'installation éolienne sur le paysage ne sont pas pris en compte à ce niveau.

Tableau 3: Critères d'exclusion fermes pris en compte

Critère	Source	Distance minimale
Bâtiments habités (permanent ou temporaire) (valeur indicative, plus ou moins possible selon les cas)	Office fédéral de la statistique: Statistique des bâtiments et des logements RegBL: Catégories de bâtiments 1010, 1021, 1025, 1030, 1040; situation janvier 2013	300 m
Périmètre de protection archéologique	Service archéologique du canton de Fribourg; situation décembre 2012	0 m
Plans d'eau	Service des ponts et chaussées situation décembre 2012	15 m
Cours d'eau	Service des ponts et chaussées situation décembre 2012	voir ¹
Zones de protection des eaux souterraines S1, S2	Service de l'environnement; situation janvier 2013	0 m
Inventaires fédéraux hors des sites IFP	Cf. Tableau 4	0 m
Inventaires cantonaux et objets protégés	Cf. Tableau 5 et Tableau 6	0 m
Risques naturels potentiels	Service des constructions et de l'aménagement	0 m

¹ Selon Ordonnance sur la protection des eaux (Oeaux) Art. 41a et loi cantonale sur les eaux (LCEaux) Art. 25

Tableau 4: Inventaires fédéraux pris en compte

Inventaires fédéraux	Source
Zones alluviales	Office fédéral de l'environnement; Situation 2007
Hauts-marais	Office fédéral de l'environnement; Situation 2008
Bas-marais	Office fédéral de l'environnement; Situation 2007
Sites marécageux	Office fédéral de l'environnement; Situation 2007
Réserves d'oiseaux aquatiques et migrateurs	Office fédéral de l'environnement; Situation 2009
Sites de reproduction des batraciens	Office fédéral de l'environnement; Situation 2007
Prairies sèches et pâturages	Office fédéral de l'environnement; Situation 2012
Sites construits à protéger en Suisse (ISOS) Zone d'habitation / alentours (Cat. 1)	Service des biens culturels; situation janvier 2013
Voies de communication historiques de la Suisse (IVS) d'importance nationale	Service des biens culturels; situation janvier 2013
Districts francs	Office fédéral de l'environnement; Situation 2010
Zones protégées Ramsar (particulièrement oiseaux, chauve-souris)	Office fédéral de l'environnement; Situation 2011

Tableau 5: Inventaires cantonaux pris en compte

Inventaires cantonaux	Source
Sites de reproduction des batraciens	Service de la nature et du paysage ; Situation 2013
Bas-marais	Service de la nature et du paysage ; Situation 2014
Prairies sèches et pâturages	Service de la nature et du paysage ; Situation 2009
Zones alluviales	Service de la nature et du paysage ; Situation 2014
Réserves forestières	Service des forêts et de la faune ; Situation mars 2013

Tableau 6: Autres sites protégés au niveau cantonal pris en compte

Autres objets/zones protégés	Source
Zones de protection de la nature et des territoires	Service de la nature et du paysage ; Situation 2004
Zones de protection des paysages et des territoires	Service de la nature et du paysage ; Situation 2004

5.3.3 Critères d'exclusion avec possibilités résiduelles

Les zones d'exclusion avec possibilités résiduelles sont des sites pour lesquels le respect des objectifs de protection ne peut pas être évalué de façon globale mais nécessitent une analyse détaillée au cas par cas et un équilibre entre les intérêts.

Les prescriptions de l’OPB devront être respectées pour ce qui concerne la distance de séparation vis-à-vis des bâtiments habités (cf. chapitre 5.3.2).

En principe, les régions de l’IFP sont des zones interdites d’exploitation (selon art. 6 LPN). La protection légale n’est toutefois pas absolue et n’exclut pas des dérogations, en particulier lorsque les atteintes concernent des aspects qui ne compromettent pas, ou seulement de façon limitée, les objectifs spécifiques de protection. La planification d’installations éoliennes au sein de zones de l’IFP doit satisfaire à des exigences plus élevées qu’ailleurs.

Tableau 7: Critères d’exclusion avec possibilités résiduelles pris en compte

Critères	Source	Distance
Bâtiments habités (permanent ou temporaire) (directive, plus ou moins possible dans certains cas)	Office fédéral de la statistique: Statistique des bâtiments et des logements Reg BL: Catégories de bâtiments 1010, 1021, 1025, 1030, 1040; Situation janvier 2013	Zone tampon 300-400 m
Sites IFP (Inventaire fédéral, paysage d’importance nationale)	Office fédéral de l’environnement; Situation 2006	0 m

5.3.4 Critères complémentaires

Dans le cadre de l’approche présentée, les éléments listés ci-après seront employés comme critères supplémentaires. Il sera toutefois clairement précisé qu’ils ne constituent pas des éléments d’exclusion (Remarque : la liste n’est pas exhaustive). Ils doivent être appréhendés dans une perspective de complémentarité, ces critères n’ayant pas (encore) de caractère réglementaire ou obligatoire. Les promoteurs de projets d’énergie éolienne doivent démontrer clairement que, malgré la non-conformité avec les critères complémentaires, ceux-ci sont réalisables. Dans le cadre de la mise en œuvre du processus de pesée d’intérêts, ces critères ainsi que d’autres sont habituellement inclus dans l’analyse.

Navigation aérienne / Radar: Les installations d’aide à la navigation (Radiophares omnidirectionnels, Radiogoniomètres) peuvent impacter les projets éoliens sur de grandes distances. Les paramètres importants ayant une influence sont entre autres la taille du projet éolien (les effets sont fonction du nombre d’éoliennes), l’éloignement entre le projet et les installations aériennes, la topographie, les types d’équipement de navigation aérienne présents (les équipements modernes étant en général moins sensibles aux éoliennes). Le radiophare situé à Fribourg et le système de radar à l’aérodrome de Payerne sont des éléments spécifiques à prendre en compte. Les distances minimales recommandées entre les éoliennes et un radiophare sont définies dans les directives „European guidance material on managing building restricted areas; ICAO EUR DOC 015“ :

- A partir de 5 km de distance les éoliennes isolées sont généralement acceptées
- A partir de 10 km de distance les parcs éoliens de moins de 6 turbines sont généralement acceptés
- A partir de 15 km de distance les parcs éoliens, quelle que soit leur importance, sont acceptés

Dans des cas particuliers, une évaluation par Skyguide et / ou l'Office fédéral de l'aviation civile OFAC doit être menée afin de considérer l'impact des éoliennes sur le système d'aide à la navigation aérienne VOR jusqu'à une distance de 15 km. Les sites situés à moins de 5 km restent dans de rares cas possibles.

A Torny, une installation radar militaire est également prévue, ce qui pourrait avoir des effets considérables sur le développement de projets éoliens dans une partie du canton de Fribourg. D'autres installations de sécurité aérienne autour de l'aérodrome de Payerne peuvent influencer le cours des futurs projets éoliens. Le grand nombre de paramètres à prendre en compte et mentionnés ci-avant demande que le promoteur du projet fasse une analyse de compatibilité énergie éolienne / présence des radars.

Aires représentant un obstacle limité: les aérodromes / terrains d'aviation suivants sont, conformément au plan sectoriel de l'infrastructure aéronautique PSIA (Situation du 20.11.2013), entourés d'une zone de restriction, principalement dans l'axe d'approche et de départ:

- Aérodrome de Payerne
- Terrain d'aviation pour planeurs de Bellechasse
- Aérodrome d'Ecuvillens
- Aérodrome de Gruyères

Tout promoteur de projet doit prendre en compte ces périmètres. Les pistes de l'aérodrome de Payerne, qui sont équipées d'un système ILS d'atterrissage aux instruments, doivent être considérées de façon spécifique. Les zones de sécurité des terrains d'aviation sont également à considérées au niveau du projet, ce qui nécessite dans certaines circonstances une évaluation de la situation de Skyguide.

IBA (Important Bird Area): Ces zones sont définies, selon BirdLife Suisse et les critères internationaux, comme importantes pour la protection du biotope et des espèces aviaires. Ces périmètres abritant des espèces en voie de disparition ou menacées doivent être considérés comme des sites potentiellement conflictuels pour l'exploitation de l'énergie éolienne.

Tableau 8: Critères complémentaires à prendre en compte

Critères	Inclusion	Justification, remarque
Radiophare	10 km autour de l'objet	Recommandations de l'Organisation internationale de l'aviation civile (OACI, 2009)
Radar	10 km autour de l'objet	Lignes directrices Eurocontrol (Eurocontrol, 2010), recommandations de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI, 2009)
Aires de restrictions	Zone désignée	Conflits possibles avec l'aviation civile et militaire
IBA (Important Bird Area)	Zone désignée	Conflits possibles avec les protecteurs des oiseaux.

5.3.5 Regroupement des sites certifiés ventés

Les zones potentiellement éligibles ont été regroupées en sites certifiés ventés. Ceux-ci doivent permettre la réalisation d'au moins 2 à 3 éoliennes, dont le potentiel peut atteindre 10 GWh. La vitesse du vent doit être supérieure à 5 m/s à 130 m au-dessus du sol. Cette limite correspond au seuil actuel à partir duquel la production d'énergie éolienne devient rentable.

Les sites certifiés ventés qui répondent aux critères complémentaires sont présentés en violet dans la Figure 5, ceux qui sont plutôt critiques au regard de critères complémentaires étant présentés en violet pointillé.

5.3.6 Choix possibles sur les sites les plus appropriés

Sur la base d'autres critères, les sites certifiés ventés peuvent être évalués et pondérés. Il en résulte la mise en évidence d'un panel de sites, ou tout du moins une division en zones, plus ou moins appropriés pour la construction de parcs éoliens. Cette étape n'a toutefois pas été effectuée dans le cadre de cette évaluation. Le déroulement peut être suivi par le canton/les autorités/les régions. Les cantons ayant opté en particulier pour la planification positive ont analysé et réduit les périmètres examinés, pour mener des études sur des sites uniques (cas par ex. du canton de Schaffhouse). Les motivations sont de natures différentes :

- Réduction du nombre de sites afin d'avoir moins de sites à analyser mais de meilleure qualité
- Faible nombre de sites à disposition --> Vérification que les objectifs de production énergétique sont réalistes

- Soutien et promotion de sites qui sont particulièrement appropriés du point de vue du canton

La charge est beaucoup plus élevée qu'avec une planification négative ou par critères. Toutefois, une enquête approfondie ne peut garantir le succès d'un projet. Trop de facteurs tels que l'acceptation, les aspects techniques, les aspects politiques peuvent conduire à l'échec d'un projet et ne sont pas totalement prévisibles à l'avance. Le dilemme peut être résolu avec des approches différentes: Augmenter le nombre de sites, ouvrir la possibilité de projets en dehors des zones désignées dans des conditions claires ou le choix d'un autre système de base (voir chapitre 8: planification par critères, modèle hybride, modèle Valaisan ou planification négative).

De la même manière, les promoteurs peuvent affiner leur choix selon les critères de sélection. Le résultat de la sélection peut par conséquent être tout à fait différent.

La liste ci-après (non-exhaustive) répertorie les critères supplémentaires permettant de classer les meilleurs sites :

Gisements éoliens: Une classification générale peut être établie si une carte des vents homogène existe pour l'ensemble du canton (méthodologie, les données d'entrée, le calcul de périmètre).

Protection des paysages, des parcs naturels et du tourisme : Les parcs éoliens peuvent constituer un enrichissement touristique (par exemple Mont-Crosin), mais peuvent aussi être perçus comme un élément perturbateur dans le paysage. Une prise en compte de ces deux critères est donc a priori antinomique. Généralement, le résultat est la synthèse d'un grand nombre de paramètres: le nombre, la taille des éoliennes, l'opinion personnelle sur l'énergie éolienne, le type de paysage, les conditions météorologiques etc. En outre, les moyens actuels permettent facilement de représenter l'impact visuel, qui reste néanmoins difficile à saisir. Quel ressenti visuel doit être privilégié dans l'évaluation ? L'effet de proximité, l'effet de la distance ? Depuis quel point de vue géographique ? Est-ce la vue des riverains, des points de vue très fréquentés ou l'interaction visuelle avec les espaces naturels protégés qui doivent être déterminants ? Une planification à l'extérieur des parcs nationaux est certainement moins conflictuelle, mais les éoliennes de l'Entlebuch, montrent que la compatibilité avec une réserve de biosphère est possible.

Déclivité : La pente est un élément significatif, car dans les lieux escarpés elle rend l'accès difficile, et complique la réalisation des fondations et le déroulement du chantier. Par conséquent, les zones à forte pente seront évaluées de manière moins favorable que les zones plates, même si techniquement les zones pentues peuvent être jugées comme

appropriées pour l'exploitation de l'énergie éolienne. La question se déplace alors au niveau de la dégradation de l'environnement, des coûts et du sens du projet (est ce qu'un bon gisement éolien justifie le montant des dépenses lié à la desserte?).

Réseaux routier et électrique existants: Ce critère peut aider à identifier les endroits qui sont à priori à exclure en raison du niveau d'infrastructure présent. Il est à noter qu'un certain nombre de mesures techniques plus ou moins importantes, telles que des modifications du réseau électrique ou routier permettent de retenir des sites qui, auparavant, n'auraient pas été considérés comme appropriés. En outre, pour les grands parcs éoliens et les sites ayant un bon gisement éolien, il faut garder à l'esprit que les coûts d'infrastructures sont plus supportables.

L'acceptation sociale: C'est un critère très important pour la réussite du processus de planification. Si la population locale soutient un projet, les chances de sa mise en œuvre sont sensiblement plus grandes.

6 Potentiel éolien théorique dans le canton de Fribourg

Le Canton de Fribourg a un potentiel pour l'installation de grandes éoliennes. Les zones cibles se partagent de façon égale entre le massif des Alpes / Préalpes d'une part et le Plateau d'autre part. Au-delà du perfectionnement des technologies éoliennes (entre autres accroissement de la hauteur des mâts et du diamètre des rotors), la raison principale pour la présence de ce gros potentiel réside dans la connaissance de plus en plus précise des conditions de vent. Les modélisations de vent réalisées ces dernières années montrent que : **sur le plateau fribourgeois les vitesses de vent attendues sont supérieures à celles définies sur la carte du concept d'énergie éolienne suisse de 2004.** Le concept éolien du canton de Fribourg élaboré en 2008 se basait sur la carte de 2004 ; les conditions de vent, et en conséquence le potentiel d'énergie éolienne, sont actuellement sous-estimés.

La comparaison de différentes cartes de vent en provenance des cantons voisins (et considérées comme applicables sur une grande partie du canton de Fribourg) montre que le gisement éolien dans la plupart des régions du Plateau fribourgeois devrait être suffisant pour la réalisation de projets éoliens économiquement viables. Dans l'hypothèse où les modélisations surestimerait les ressources en vent de l'ordre de 10%, beaucoup de régions du Plateau fribourgeois présenteraient tout de même des vitesses de vent entre 4.8 et 5.2 m/s à 100 m au-dessus du sol.

La puissance éolienne maximale disponible dans le canton de Fribourg (valeur théorique) s'élève à environ 3.0 GW (1.7 GW sur le Plateau et 1.3 GW dans les régions des Alpes/Préalpes), après prise en compte des aspects de protection (inventaires cantonaux et fédéraux, périmètres de protection archéologiques, milieux aquatiques, zones de protection des eaux souterraines S1 et S2), les aspects sociétaux (nuisances sonores) et en partie les aspects économiques, sans toutefois considérer les aspects techniques (telles que les distances par rapport aux voies ferrées, les dénivellations). La production d'énergie électrique y relative est évaluée à environ **4.1-4.7 TWh (Net)**. Il est à relever que sur le Plateau, la moitié des sites potentiels se situent en zone forestière.

Tableau 9: Estimation du potentiel éolien théorique dans le canton de Fribourg.

	Puissance éolienne	Rendement énergétique brut	Rendement énergétique net
Plateau	Environ 1.7 GW	2.8 – 3.0 TWh	2.4 - 2.5 TWh
Alpes/Préalpes	Environ 1.3 GW	2.0 - 2.6 TWh	1.7 – 2.2 TWh
Total	Environ 3.0 GW	4.8 – 5.6 TWh	4.1 – 4.7 TWh

Les chiffres figurant dans ce tableau ne tiennent pas compte des limitations :

- **Techniques, telles que les distances minimales à respecter vis-à-vis des lignes électriques et des voies ferrées, la sécurité aérienne, les arrêts nécessaires à cause des ombres portées, les chauves-souris, etc.**
- **Politiques et d'aménagement du territoire, telles que la volonté de préservation de la part de certaines régions, attention particulière**
- **Dues à la présence de paysages remarquables ou aux contraintes touristiques telles que la volonté de préservation de la part de certaines régions, attention particulière**
- **Dues à l'acceptation ou pas du projet**

Les limitations techniques et les questions d'acceptation ne sont quantifiables que dans le cadre spécifique du projet. Les autres limitations sont à prendre en compte au niveau du plan directeur cantonal et plus précisément dans le cadre de la politique énergétique du canton.

Les chiffres présentés dans le tableau ci-dessus indiquent la quantité théorique d'énergie éolienne qui pourrait être produite dans le canton de Fribourg si toutes les surfaces possibles étaient équipées d'éoliennes, en prenant en compte les aspects mentionnés ci-dessus. La prise en compte des contraintes techniques et des limitations tels que les aspects sociétaux, paysagers, politiques, d'aménagement du territoire, touristiques, etc. entrainera une réduction de l'estimation de la production d'énergie propre à chaque site. Néanmoins, il peut être affirmé qu'un gisement potentiel est présent sur le Plateau fribourgeois comme dans la région des Alpes/Préalpes.

7 Conclusion

7.1 Résumé

Le présent rapport est une étude technique de référence prenant en compte les progrès techniques et économiques réalisés au cours de ces dernières années dans le domaine de l'énergie éolienne. Il ressort clairement que le potentiel théorique d'énergie éolienne du canton est sensiblement supérieur à ce qui avait été analysé précédemment, ce qui a pour conséquence une réévaluation des enjeux de la planification régionale dans le canton de Fribourg.

Le groupe d'accompagnement, composé de représentants des services concernés de l'Etat de Fribourg, a défini les principes et les critères de planification qu'un projet d'installation d'éoliennes (grandes et petites installations) devrait satisfaire en application des règles en vigueur. Par principe, l'énergie éolienne devrait être utilisée dans les endroits les plus appropriés. Il convient d'examiner avec attention les intérêts de protection et les intérêts énergétiques. En outre, l'objectif est la concentration d'éoliennes dans des parcs de plusieurs machines, en privilégiant les zones desservies en termes de routes carrossables et de réseau électrique.

Un outil d'aide à la planification a été élaboré sur la base de critères que toute grande installation éolienne devrait respecter. Il permettra une prise en compte de la thématique de l'énergie éolienne dans les révisions du plan directeur cantonal à venir. Les critères se distinguent par leur différent degré de restriction: critères d'exclusion fermes, critères d'exclusion avec possibilités résiduelles, critères d'exclusion complémentaires.

Critères d'exclusion fermes (aucune pesée d'intérêts possible):

- Distance minimale de 300m par rapport aux bâtiments habités
- Périmètre de protection archéologique
- Distance minimale autour des plans d'eau
- Zones de protection des eaux souterraines S1 et S2
- Inventaires fédéraux hors des sites IFP
- Inventaires cantonaux et objets protégés
- Zones avec des risques naturels potentiels

Critères d'exclusions avec possibilités résiduelles (évaluation au cas par cas avec une pesée d'intérêts):

- Distance de 300-400m par rapport aux bâtiments habités

- Sites IFP

Critères complémentaires (critères importants pour la planification; liste non exhaustive):

- Distance à la navigation aérienne (radiophare, radar etc.)
- Surfaces de limitation d'obstacles autour des aéroports
- Zones importantes pour la conservation des oiseaux

Cette évaluation porte une attention particulière aux forêts car elles ne sont plus considérées, au niveau fédéral, comme un critère d'exclusion absolu pour les grandes éoliennes. Dans le canton de Fribourg, les principes de la Confédération seront pris en compte. Ceci implique que, pour une éolienne située en forêt, la démonstration devra être faite qu'aucun emplacement hors forêt ne convienne. De plus, les critères pour un permis de défrichement doivent être remplis.

Sur la base des critères considérés, des sites, dits certifiés ventés, ont été délimités. Pour ces sites, la production d'énergie éolienne avec de grandes installations semble en principe être possible. Toutefois, lors de la planification du projet, d'autres aspects devront encore être pris en compte, notamment le plan directeur cantonal (adaptation du thème éolien, aspects paysage- tourisme- politique-etc.), les mesures de vents, l'environnement, la technique, l'acceptation, le plan d'affectation ou la rentabilité. Ces aspects supplémentaires auront comme conséquence qu'il ne sera pas possible de construire des parcs éoliens dans la totalité des sites certifiés ventés. De nombreux critères mentionnés ne sont pas globaux et ne s'appliquent pas de manière homogène sur la totalité du canton. Par conséquent, leur évaluation se fera au niveau du projet et les risques seront assumés par le promoteur du projet.

7.2 Suite des travaux

Pour l'Office fédéral du développement territorial, et ce depuis mai 2014, les parcs d'éoliennes appartiennent à la catégorie des projets ayant un fort impact sur l'environnement et le territoire et devant faire l'objet d'un traitement dans le plan directeur cantonal, et ce en principe avant qu'une mise en zone puisse être envisagée au niveau local. Par conséquent, et malgré le fait que le degré de précision à atteindre dans le plan directeur cantonal ne soit actuellement pas connu, il conviendra d'analyser en détail l'ensemble des sites potentiellement intéressants du canton répertoriés dans la présente étude. Les différents aspects devant être contrôlés/complétés sont les suivants :

- Analyse de l'ensemble des sites répertoriés en tenant compte des critères d'exclusion avec possibilités résiduelles et des critères complémentaires.

- Analyse de la vitesse des vents pour l'ensemble des sites notamment sur la base de mesures sur le terrain.

D'autres études d'une portée plus large pourraient également être réalisées dans ce contexte, comme par exemple :

- Étude cantonale sur la sécurité aérienne et établissement de critères d'exclusion pertinents dans le plan directeur cantonal ou soutient lors du traitement des demandes en cours.
- Étude cantonale avifaune / chauves-souris et intégration des résultats dans le plan directeur cantonal ou soutient lors du traitement des demandes en cours.

Sur la base des résultats obtenus, le Conseil d'Etat pourra ensuite présenter un projet de révision du thème éolien du plan directeur cantonal. Considérant l'ampleur et la durée des travaux à réaliser (par exemple les mesures de vent doivent être effectuées sur de longues périodes), ceci devrait pouvoir être fait d'ici la fin de l'année 2016.

7.3 Postulat P2027.13 Eric Collomb / François Bosson

D'une manière générale, la présente étude répond à la demande formulée par les députés Eric Collomb et François Bosson dans le cadre de leur postulat.

Les aspects politiques devront toutefois encore être précisés pour la simple et bonne raison que, dans ce contexte et s'agissant notamment du nombre de parcs éoliens particulièrement intéressants à développer, ils pourront l'être uniquement au travers de la révision du thème éolien du plan directeur cantonal. Il s'agira alors de définir précisément les périmètres des zones allant accueillir des parcs éoliens et qui devraient en principe faire l'objet d'un changement d'affectation.

8 Références

OFEN, OFEV, ARE (2010). *Recommandations pour la planification d'installations éoliennes*. Berne.

Service des constructions et de l'aménagement SeCA 1. (2013). *Plan Directeur. Thème Energie, daté 03.05.2011*.

Service des constructions et de l'aménagement SeCA 2. (2013). *Guide pour l'aménagement local. Novembre 2013*. Fribourg.

Service des constructions et de l'aménagement SeCA 3. (2011). *Directives demandes de permis*. Fribourg.

OFEN 1. (2013). *Statistique globale suisse de l'énergie 2012*. Berne.

BFE 2. (2013). *Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien, Ausgabe 2012*. Bern.

OFEV/OFEFP/ARE. (2004). *Concept d'énergie éolienne pour la Suisse – Bases pour la localisation de parcs éoliens*. Berne.

Conseil fédéral. (2013). *Message relatif au premier paquet de mesures de la Stratégie énergétique 2050 (Révision du droit de l'énergie) et à l'initiative populaire fédérale « Pour la sortie programmée de l'énergie nucléaire (Initiative 'Sortir du nucléaire') », 2013-0462*.

BWE Bundesverband Windenergie. (29. November 2013). Von <http://www.wind-energie.de> abgerufen

BWE Bundesverband Windenergie. (2012). *BWE-Seminar: Wind im Wald – Regionalplanung, Projektierung und Akzeptanz*. Stuttgart.

Collomb E./Bosson F. (2013). *Postulat P2027.13: Fribourg pionnier du tournant énergétique éolien en plaine*. Fribourg.

Inspection fédérale des installations à courant fort IFICF. (2000). *Directives selon les articles 2 et 4 de l'Ordonnance sur la procédure d'approbation des plans d'installations électriques (OPIE) pour la remise des projets et le piquetage*.

Eurocontrol. (2010). *Eurocontrol Guidelines on How to Assess the Potential Impact of Wind Turbines on Surveillance Sensors, Juni 2010, Reference nr: EUROCONTROL-GUID-0130*.

grEIE. (2004). *Recommandations sur le contenu des rapports d'impact sur l'environnement*.

ICAO-International Civil Aviation Organisation. (2009). *European Guidance Material on Managing Building Restricted Areas, 2nd edition Sept. 2009.*

IEC International Electrotechnical Commission. (2005). *IEC 61400-1: Wind turbines - Design requirements.*

J. F. Manwell, J. G. (2009). *Wind Energy Explained.*

New Energy Scout 1. (2012). *Développements technique et économique de l'éolien et ses effets éventuel sur le canton de Fribourg.* Winterthur.

New Energy Scout 2. (2013). *Kanton Fribourg: Nouvelle évaluation quantitative du gisement éolien du canton de Fribourg.* Winterthur.

Risoe DTU; E. L. Petersen, G. N. Mortensen, L. Landberg, J. Hoejstrup, H. P. Frank. (1997). *Wind Power Meteorology.* Riso.

Conseil d'Etat du canton de Fribourg. (2009). *Rapport No. 160 du Conseil d'Etat au Grand Conseil relatif à la planification énergétique du canton de Fribourg (nouvelle stratégie énergétique).* Fribourg.

9 Annexes

Annexe 1 :

Approches poursuivies pour l'intégration de l'énergie éolienne dans les plans directeurs cantonaux

Annexe 2 :

Carte résultant de l'analyse de zone

Annexe 3 :

Zones avec critères complémentaires et sites certifiés ventés

Annexe 4 :

Approche de la planification d'un projet éolien

Annexe 5 :

Outils d'aide à la planification

Annexe 1 :

Approches poursuivies pour l'intégration de l'énergie éolienne dans les plans directeurs cantonaux

L'approche poursuivie pour intégrer l'énergie éolienne dans le cadre de la planification directrice cantonale peut varier d'un canton à l'autre, afin de prendre en compte de façon optimale leur taille, le nombre de sites potentiels et le contexte politique. Globalement, ces approches se déclinent comme suit :

Tableau 10: Approches poursuivies pour l'intégration de l'énergie éolienne dans les plans directeurs cantonaux.

Approche	Description	Cantons
LAT Art. 24	Des autorisations à construire pour les constructions et les installations peuvent être accordées hors des zones à construire, lorsque l'implantation de ces constructions ou installations hors de la zone à construire est imposée par leur destination. Procédé selon cette approche n'est pas standard, mais est utilisé uniquement dans des cas exceptionnels.	BE 8 Eoliennes, VS 4 Eoliennes
Planification cantonale positive	Le Canton définit les espaces dans lesquels des éoliennes peuvent être implantées. Hors de ces zones l'implantation n'y est plus possible.	SO, AG, SH, VD, NE, JU
Planification cantonale négative	Le Canton définit les espaces dans lesquels des éoliennes ne peuvent pas être implantées. Hors de ces zones l'implantation y est possible sous réserve de respecter certains critères.	
«Planification par critères»	Le Canton ne définit pas de zones mais seulement des critères plus ou moins stricts qui doivent être respectés.	GR
Modèle hybride	Le Canton définit des zones d'exclusion et des zones potentiellement intéressantes où la planification est possible, si un nombre minimum de critères sont respectés.	FR
Modèle Valaisan	Le planificateur propose au Canton une zone envisagée pour plusieurs installations. C'est au Canton que revient la décision quant à la proposition soumise. Le lancement d'une installation pilote peut être anticipée dans le cadre de la LAT 24. Les suivantes devront être soumises aux procédures d'usages pour l'obtention d'une autorisation à construire.	VS

Indépendamment de l'approche employée, la sélection de sites conformes au plan directeur ne constitue qu'un premier filtre dans la vie du projet qui s'étend jusqu'à la phase de

réalisation. En effet, comme le montre la présentation simplifiée ci-dessous, beaucoup d'autres processus et critères peuvent mener un projet à l'échec. Actuellement, les études les plus abouties n'ont pas encore dépassé le stade des autorisations administratives fédérales et n'ont pas encore atteint le niveau cantonal. Le nombre de projets qui seront en fine réalisés sera certainement très inférieur à ce qui a été défini dans le cadre du plan directeur, c'est à dire à partir de l'analyse des critères et des surfaces.

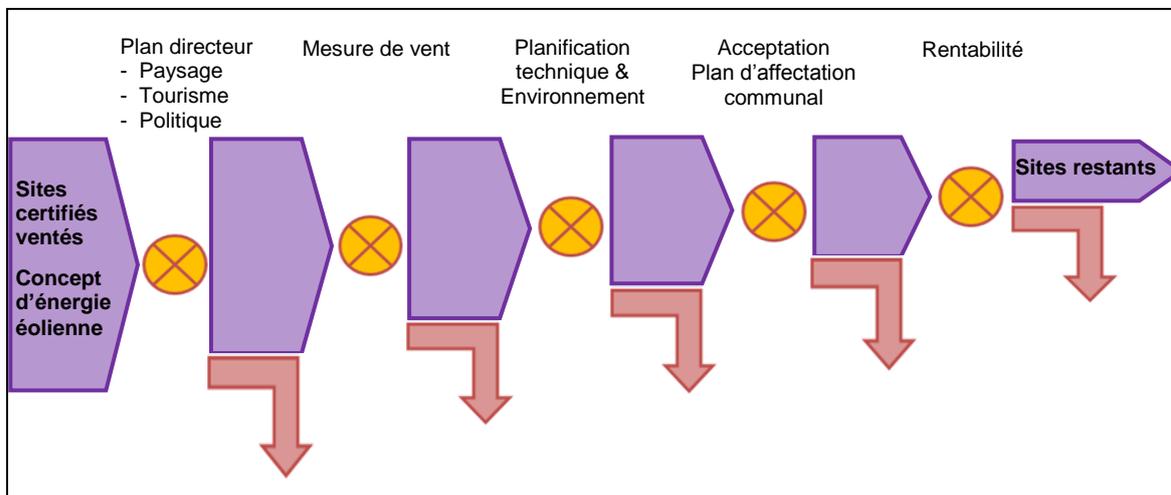
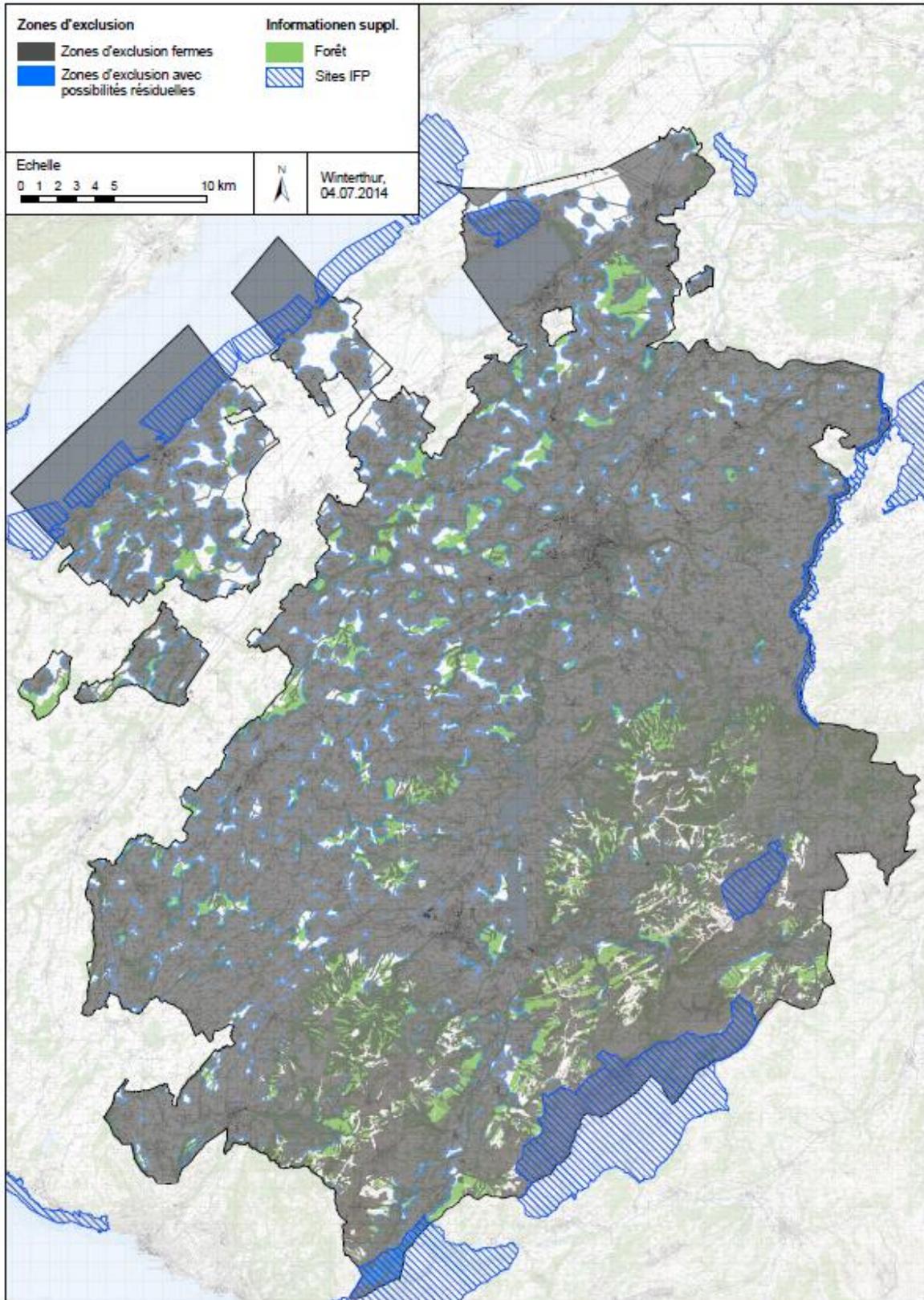


Figure 6: Mortalité des projets éoliens (schématiquement).

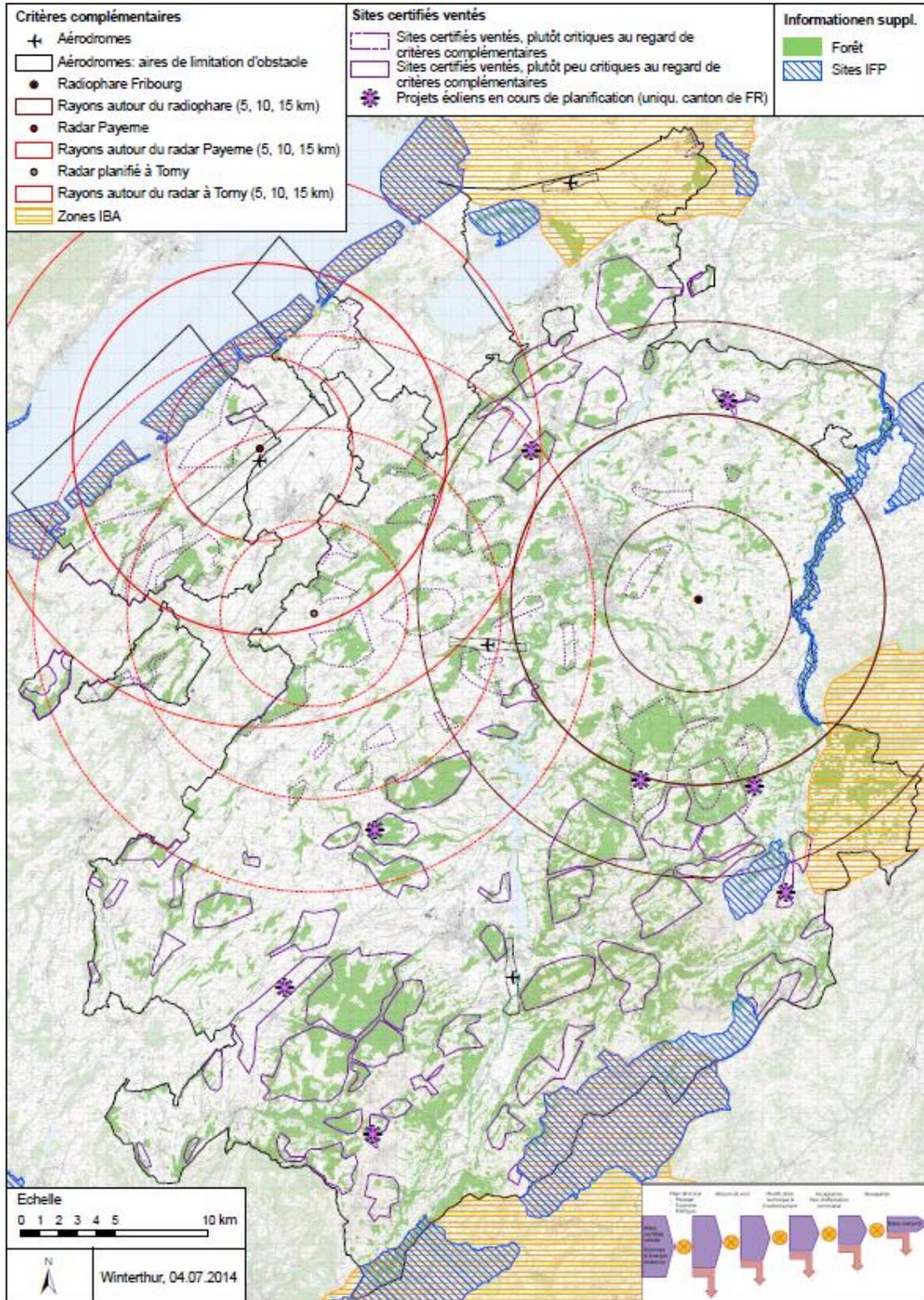
Annexe 2 :

Carte résultant de l'analyse de zone



Annexe 3 :

Zones avec critères complémentaires et sites certifiés ventés



Annexe 4 :

Approche de la planification d'un projet éolien

Procédures

Sur la base de l'expérience passée faite par les promoteurs de l'énergie éolienne en Suisse et selon la Loi sur l'aménagement du territoire (LAT), deux voies pour développer des projets d'énergie éolienne peuvent être empruntées :

- Planification de parcs éoliens avec adaptation du Plan directeur cantonal et du Plan d'affectation des zones, et mise en conformité du projet avec la procédure de permis de construire (art. 22 LAT).
- Application de l'art. 24 LAT pour les éoliennes isolées (maximum 2), exception pour la construction en dehors des zones à construire. Elargissement ultérieur éventuellement possible par recours à l'art. 24 LAT (Exemple du parc éolien du Mt. Crosin de FMB)

Tableau 11: Comparaison des procédures selon art. 22 et 24 LAT

Procédures	Avantages	Inconvénients
Procédure normale de demande de permis de construire art. 22 LAT	Adaptée à un plus grand nombre d'éoliennes dès le début de la planification. L'intégration dans le processus d'aménagement du territoire est améliorée.	Procédure plus longue et plus coûteuse, car nécessite l'adaptation des dossiers de planification communaux et cantonaux.
Article exceptionnel art. 24 LAT	Procédure allégée et plus rapide	Limitée aux éoliennes isolées (peut-être porté à 2 éoliennes). Participation de la population est limitée.

Procédure normale (Art. 22 LAT)

La réalisation d'un parc éolien nécessite une modification du plan communal d'affectation des zones. D'autres procédures telles que la demande de permis de construire pour les éoliennes et les nécessaires routes et chemins d'accès, l'Etude d'Impact Environnemental (EIE) ou l'autorisation de défrichement, doivent être coordonnées avec le changement du plan d'affectation des zones. Le Service des constructions et de l'aménagement (SeCA) vérifie les documents sur la base des dossiers soumis lors de la phase préliminaire du changement du plan d'affectation des zones, dans l'esprit de la procédure décrite à l'article 77 de la loi sur l'aménagement et les constructions (LATeC). Une demande de

permis de construire du projet peut être déposée en parallèle, conformément à l'article 137 LATeC.

Conformément à l'article 43, paragraphe 2 LATeC, la commune a le droit de planifier une zone pour des usages spécifiques. Cette zone peut être dédiée à l'implantation d'éoliennes et/ou d'infrastructures afférentes. La planification de cette zone doit s'inscrire en cohérence avec les objectifs et les principes du plan directeur cantonal.

Un nouvel article doit être introduit au règlement communal des zones à construire avec les prescriptions de construction du projet planifié. Cet article doit également prévoir un retour possible de la zone au statut de zone agricole ou forêt, au cas où le projet ne se réaliserait pas dans l'intervalle des 5 années après la réception des approbations exécutoires.

Selon l'article 63, paragraphe 2 LATeC et l'article 28ff LATeC, l'élaboration d'un plan de développement détaillé peut être nécessaire. Il comprend l'emplacement de l'éolienne, les installations nécessaires au fonctionnement et aux infrastructures ainsi que l'accès. L'EIE sera présentée en même temps que la modification du plan d'utilisation de la zone soumise avec le plan d'aménagement de détail.

Les régions peuvent aborder le sujet de l'énergie éolienne dans leur planification, mais n'y sont pas tenues. Elles suivent alors les lignes directrices de la planification énergétique.

Par rapport aux instruments prévus par la LATeC, les éléments et phases procédurales à prendre en compte pour la planification des éoliennes sont les suivants:

- Identification du site conformément au plan directeur cantonal et élaboration; un dossier de modification du PAL doit être établi par un aménagiste qualifié au sens de l'art. 5 ReLATeC ;
- Planification d'une zone spéciale selon l'art. 18 LAT et 43 al. 2 LATeC, possible en dehors d'une révision générale du PAL. La planification de la zone se fera en tenant compte des buts et des principes de l'aménagement du territoire et en proposant une solution cohérente sous ce point de vue ;
- Elaboration d'un nouvel article du règlement communal d'urbanisme (RCU) avec des prescriptions de construction adéquates au projet envisagé. Cet article devra prévoir un retour en zone agricole ou forêt si le projet n'est pas réalisé 5 ans après l'approbation de la modification du PAL ;
- Pour le cas où la modification du plan de zones (PAZ) et l'art. du RCU ne permettraient pas d'aboutir à des prescriptions de planification suffisantes pour

l'implantation et l'exploitation des éoliennes, l'élaboration d'un plan d'aménagement de détail est réservée ;

- L'EIE doit être rattachée à la mise en zone spéciale. Les éventuelles mesures de compensation devraient être mises à l'enquête simultanément. La mise en zone devrait aussi être coordonnée avec la demande de permis relative – au moins – à la première éolienne (voire, cas échéant, avec la procédure d'approbation des plans selon la loi sur les routes) ;
- Le SeCA identifie les instruments à élaborer et les principes de coordination des procédures en fonction du dossier proposé lors de la phase de l'examen préalable de la modification du PAL, obligatoire selon l'art. 77 LATeC.

Procédure exceptionnelle (Art. 24 LAT)

En application de l'art. 24 LAT, une dérogation à l'art. 22 al.2 let. a précisant qu'aucune construction ou installation ne peut être créée ou transformée sans autorisation de l'autorité compétente peut être octroyée. Cette dérogation concerne des autorisations pour de nouvelles constructions ou installations ou pour tout changement d'affectation si l'implantation de ces constructions ou installations hors de la zone à bâtir est imposée par leur destination, et qu'aucun intérêt prépondérant ne s'y oppose. En application des art. 25 al.2 LAT et 136 LATeC, la Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions DAEC est seule compétente pour octroyer ou refuser les autorisations spéciales. Si elle refuse l'autorisation spéciale, le préfet n'aura d'autre choix que de refuser le permis.

Considérant ce qui précède, il serait pensable de construire une éolienne dite de test afin de démontrer la pertinence et les conséquences de ce type de constructions.

Cette manière de procéder ne doit néanmoins pas être la porte d'entrée systématique pour la réalisation d'un parc éolien. Considérant le nombre de projets en cours d'étude dans le canton, il ne ferait pas sens de laisser construire toute une série d'éoliennes disséminées sur tout le territoire, sans avoir l'assurance que les projets de parcs d'éoliennes auront de fortes chances de se concrétiser. Tout au plus ferait-il sens de réaliser un ou deux projets « pilote et démonstration » sous l'art. 24 LAT afin de démontrer à l'ensemble des acteurs concernés, autorités et population (locale et fribourgeoise), la pertinence d'un site ou d'une localisation particulière, ainsi que l'impact d'une éolienne sur l'environnement, le paysage, le bruit. Une telle autorisation devrait néanmoins être assortie de conditions spécifiques, notamment :

- Si l'installation n'est pas soumise à l'EIE, elle peut être traitée pendant la procédure d'octroi des permis de construire hors zone à bâtir selon Art. 24 LAT. Il doit être évalué si le projet est conforme au plan d'affectation (zone agricole en général) ou si en raison d'un lien nécessaire avec l'emplacement choisi une dérogation peut être accordée. Les preuves suivantes doivent être fournies :
 - Absence d'obligation de planifier. Ceci est généralement déterminé sur la base de la dimension du projet. Si un projet est soumis à l'EIE, généralement l'obligation de planification doit être remplie.
 - Démonstration de l'existence de critères objectifs, de nature technique, démontrant que l'implantation de l'installation à l'endroit prévu est imposée par sa destination (lien nécessaire avec l'emplacement choisi). C'est le cas si le projet est lié à un certain endroit en dehors des zones à bâtir pour des raisons objectives et ne peut être réalisé que là.
 - Démonstration de l'absence d'intérêts prépondérants qui s'opposent à l'implantation de l'installation (ou en d'autres termes « si aucun intérêt supérieur s'oppose au projet »).
- L'éolienne est implantée dans une zone favorable au sens de l'étude sur le concept éolien du canton.
- L'éolienne test fait partie d'un projet de parc éolien projeté et bien défini (1^{ère} étape).
- Une implantation en forêt est possible, à la condition que le requérant démontre que le défrichement n'affecte pas significativement les fonctions de la forêt :
 - le défrichement répond aux exigences dictées par l'intérêt à la conservation de la forêt (soit aucun intérêt supérieur s'oppose au site prévu);
 - l'ouvrage pour lequel le défrichement est sollicité ne peut être réalisé qu'à l'endroit prévu (lien nécessaire avec l'emplacement choisi);
 - l'ouvrage remplit, du point de vue matériel, les conditions posées pour l'octroi d'une autorisation spéciale pour construire hors zone;
 - le défrichement ne présente pas de sérieux dangers pour l'environnement;
 - les exigences de la protection de la nature et du paysage sont respectées ;
 - le défrichement sera compensé conformément aux prescriptions légales.
- Le bilan environnemental et paysager est favorable.
- La démarche entreprise au sens de l'art.24 LAT par un requérant ne doit pas être discriminatoire pour les autres projets en cours dans le canton.
- La pose d'une éolienne test devra tenir compte de l'égalité du traitement.

- Après une période test d'une durée de 2 ans, le dossier pour le changement du plan d'affectation doit être soumis.
- En finalité, en cas de non réalisation d'un parc éolien, l'éolienne test sera démontée dans un délai fixé par l'autorité compétente. L'exploitant en assumera l'intégralité des frais, y compris la remise en état du site.

Compte tenu de ces éléments et de la pesée des intérêts à faire par rapport à l'ensemble des politiques sectorielles à considérer, l'issue de la procédure demeure néanmoins réservée. De manière générale, le régime juridique ordinaire est clair : le principe pour l'implantation de ces installations est celui de l'obligation de planifier.

Annexe 5 :

Outils d'aide à la planification

Requête préalable (Permis de construire)

Source et document de base généralement valable: *Directives sur les demandes de permis*

(Service des constructions et de l'aménagement du territoire SeCA 3, 2011)

Procédure: Pas de procédure

Objectif: Tout projet de construction peut faire l'objet d'une demande préalable ayant pour but de renseigner le requérant sur l'admissibilité du projet (art. 137 al. 1 LATeC et art. 88 ReLATeC).

Dépôt : Le dossier de demande préalable est déposé à la commune. La soumission du dossier est facultative, sauf lorsque les règlements relatifs aux permis de construire de la commune l'exigent (par exemple pour les bâtiments hors zones à bâtir, pour des projets situés à l'intérieur des zones de protection et des périmètres de protection).

Contenu:

- Description du projet (détaillée ou résumée)
- Coordonnées cartographiques
- Plan cadastral ou tout autre document permettant la localisation de l'objet
- Plans nécessaires à la compréhension du projet
- Dans les cas de modifications de terrain le dossier doit (avant et après les travaux) justifier le projet et donner des informations sur le volume, l'origine des matériaux, la durée probable des travaux ainsi que les profils de face et de profil
- Si le projet exige une évaluation de l'impact sur l'environnement, une enquête préliminaire de l'EIE est à joindre à la demande préalable (art. 9 OEIEP)

Des exigences supplémentaires et d'autres documents à soumettre peuvent être demandés.

Ajustement du plan d'affectation

Source et document de base généralement valable: *Guide pour l'aménagement local*.

(Service des constructions et de l'aménagement du territoire SeCA 2, 2013)

Procédure: Procédure du plan de zones

Objectif: Une procédure de plan de zones est ouverte lorsque la construction d'un édifice ou d'une éolienne nécessite un changement du statut foncier. Cette procédure doit ainsi avoir lieu avant le lancement propre du processus en vue de l'obtention du permis de construire. Dans certains cas, ces deux actions sont menées en parallèle. L'élaboration d'un plan de développement détaillé peut éventuellement être nécessaire.

Dépôt: Le processus de plan de zones est initié par la commune. La commune dépose au Service des constructions et de l'aménagement un dossier complet de plan de zones.

Contenu:

- Rapport explicatif:
Considérations de la commune sur la base du plan d'aménagement local existant, de l'approche adoptée et de la formulation des objectifs. Analyse des éléments suivants : dimensionnement des zones à bâtir et étapes de planification ; impact du développement urbain sur le réseau de transport ; impact du développement urbain sur l'accès de la zone; impact du développement proposé sur l'environnement bâti et les espaces non bâtis; éventuellement plans d'aménagement de détail (PAD) (en fonction de l'analyse et des décisions communales concernant ces PAD); éléments à protéger ; les changements prévus dans le Plan d'aménagement local doivent par exemple être désignés sur une carte et justifiés en détail par écrit ; informations sur la prise en compte des conditions et des exigences des administrations cantonales ; adéquation du plan d'aménagement local avec les objectifs et principes de la LAT, les fondements juridiques (en particulier le droit de l'environnement), les plans sectoriels de la Confédération et les plans directeurs cantonaux et régionaux; étendue et modalités de la coordination avec les communes voisines ; étendue et modalité de l'information et de l'implication du public.
- Aperçu de la situation au regard de l'accessibilité.
- Plan d'affectation des zones : actualisé, plan cadastral certifié par un

géomètre à une échelle appropriée, en règle générale 1:5'000 ou 1:2'000 (un plan à l'échelle 1:10'000 peut être joint selon la taille de la commune); nom de la commune, titre du plan ainsi qu'une légende; zones réservées au parc éolien; zones mixtes pour le parc éolien et l'exploitation agricole par exemple ; types de zones se superposant ; zones au sein desquelles les éoliennes sont exclues ou autorisées avec restrictions.

- Les règlements communaux sur les permis de construire / Spécifications des zones: dimensions des éoliennes ; protection contre les immissions sonores et hiérarchisation en niveau de sensibilité ; actions concernant des conditions de sites spécifiques; mesures de compensation; valorisation ; distances minimales ; gestion de l'environnement ; gestion des bâtiments et des équipements ; câblage; démantèlement, démolition des éoliennes et restauration de l'état initial.
- Etudes / rapports spécifiques et informations complémentaires.

Des exigences supplémentaires et d'autres documents à soumettre peuvent être demandés.

Evaluation de l'impact environnemental EIE

Source: (grEIE, 2004)

Procédure: Procédure ordinaire d'autorisation de construire. Il est à noter que la plupart des points sont clarifiés dans la phase de planification locale déjà

Objectif: Démontrer l'impact des projets d'installations d'éoliennes sur l'environnement et présenter les mesures de protection proposées pour se conformer aux dispositions légales. Les éoliennes d'une puissance installée de plus de 5 MW doivent, depuis le 1er décembre 2008, faire l'objet d'une évaluation d'impact environnemental (EIE) (cf. le type d'installation n° 21.8 de l'annexe au règlement sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement (EIE)). (OFEV, OFDT, BFE, 2010)

Dépôt: Conjointement à la demande de permis de construire auprès de la commune. Consultation préalable des autorités pour définir la procédure, y compris la soumission de l'étude préliminaire sur l'impact environnemental. Approbation par les autorités cantonales.

Contenu : Rapport d'étude d'impact environnemental :

- Informations générales : nom du requérant ; date de début des investigations ; planning et horizon de réalisation du projet ; justification pour laquelle le projet contient une EIE; manière dont la position de l'autorité compétente a été introduite dans le cahier des charges ; indications sur les documents qui étaient annexés au RIE et qui font partie du dossier.
- Procédure: le processus global dans le cadre duquel l'EIE a lieu, ainsi que de l'autorité en charge de la procédure d'approbation du projet à évaluer doivent être exposés. Prévoir toutes les autorisations spéciales nécessaires, telles que : autorisation de défricher, autorisations en lien avec la loi sur la protection des eaux.
- Description de l'état initial.
- Description du projet (rapport et plans), consulter également le chapitre suivant sur la demande de permis de construire.
- Justification du projet par rapport à la sélection du site.
- Cohérence vis-à-vis de l'aménagement du territoire: zones d'affectation, zones protégées, accès, risques naturels, liens avec le plan directeur cantonal et les plans sectoriels de la Confédération.
- Description de la phase de construction et son impact sur les différents

domaines environnementaux: éléments sensibles sur le site de construction / dans les environs; types d'éoliennes ; installations de chantier; programme de travail ; gestion du transport ; informations sur l'assurance qualité.

- Impact du projet sur les différents domaines liés à l'environnement avec une description: de l'état initial ; des impacts du projet ; des mesures compensatoires prévues pour la protection de l'environnement; des impacts résiduels prévisibles sur l'environnement ; des mesures compensatoires visant à réduire ces impacts et leur coût.
- Aspects environnementaux: pollution de l'air et protection du climat ; protections contre le bruit et les vibrations; protection contre les rayonnements non ionisants ; protection de l'eau ; conservation des sols ; sites contaminés ; déchets et substances dangereuses pour l'environnement; accidents majeurs; forêt; nature; protection des paysages et des sites construits ; protection du patrimoine culturel et archéologique.

Des exigences supplémentaires et d'autres documents à soumettre peuvent être demandés.

Demande de permis de construire

Source et document de base généralement valable: *Directives sur les demandes de permis*

(Service des constructions et de l'aménagement SeCA 3, 2011)

Procédure: Procédure ordinaire d'autorisation de construire

Objectif: L'installation proprement dite (fondations, mât, rotor) et l'accès (routes) sont soumis à un permis de construire exigé par le droit cantonal. Les conséquences d'un éventuel projet de desserte doivent être incluses dans l'évaluation financière de l'ensemble du projet (coordination). (OFEV, OFDT, OFEF, 2010)

Dépôt: Demande à soumettre à la commune concernée. Seules les autorités cantonales compétentes sont amenées à prendre position.

Contenu:

- Formulaire de demande de permis de construire.
- Description du projet: Preuve d'un lien nécessaire avec l'emplacement choisi; données techniques telles que capacité de l'éolienne, hauteur de la nacelle, hauteur totale; documentation photographique; données économiques, business plan; résultats des mesures de vent; démonstration de la conformité avec l'ordonnance sur le bruit; accord des propriétaires concernés; photomontages; constructions et installations planifiées; routes d'accès et réseaux; informations fournies par l'Office fédéral de l'aviation civile OFAC.
- Plans de l'éolienne ainsi que des accès par la route et du câblage (profils longitudinaux et transversaux).
- Plan du cadastre du site à l'échelle 1:500 ou 1:1'000. Il doit être daté par le géomètre et inclure le numéro d'autorisation pour la diffusion des données cadastrales ainsi que le nom et la signature originale du/de la géomètre. Contenu: situation cadastrale de la parcelle concernée et des parcelles limitrophes, routes et chemins inclus; Nom du propriétaire du terrain et des terrains voisins (non seulement le voisin direct, mais tous les propriétaires concernés); lieu-dit ou adresse de la parcelle et désignation du statut juridique des routes et chemins existants ou à créer; superficie de la parcelle faisant l'objet de la demande; coordonnées cartographiques issues des cartes nationales pour l'emplacement de l'installation, objet de la demande de permis; éoliennes prévues avec

indication des dimensions extérieures ; distances par rapport aux frontières de la parcelle et aux maisons existantes ; limites de construction et / ou alignements ; le/les point(s) fixes altimétriques sur le site.

- Autres documents tels que la déclaration d'émission, les études de sol, l'enquête avifaune et l'étude d'impact environnemental.

Des exigences supplémentaires et d'autres documents à soumettre peuvent être demandés.

Procédure d'autorisation d'équipements électriques

Source: (Inspection fédérale des installations à courant fort IFICF, 2000)

Procédure: Procédure d'approbation

Objectif: Pour les aspects électriques du projet (production d'électricité, injection de courant dans le réseau), il est nécessaire d'obtenir l'approbation de l'IFICF (Inspection fédérale des installations à courant fort). De même l'IFICF devra délivrer une autorisation pour le transport de courant haute ou basse tension, qui nécessite, en accord avec le droit fédéral ou cantonal, la détermination d'une zone protégée. (BAFU, ARE, BFE, 2010)

Dépôt: Inspection fédérale des installations à courant fort IFICF

Contenu: Pour les éoliennes:

- Demande d'approbation (formulaire IFICF ou document équivalent)
- Description du système (avec la demande ou séparément)
- Schéma d'ensemble complet montrant l'environnement
- Plans avec vues de face et de profil, échelle de 1:10 à 1:200, désignant l'emplacement, la taille et procédure de mise en place des composants de la turbine, clôtures, et cheminement des réseaux
- Documents pour demande de permis de construire
- plan d'implantation des éoliennes, des lignes de raccordement, des appareils etc., échelle de 1:5 à 1:100
- Schéma de l'installation et des mises à terre
- Données techniques du site conformément à l'article 11, paragraphe 2 ORNI

Pour les câbles électriques:

- Demande d'approbation (formulaire IFICF ou documents équivalents)
- Description de la ligne électrique (sur la demande ou séparément)
- Tracé à l'échelle 1:5'000 à 1:25'000
- Plans de localisation à l'échelle de 1:500 à 1:2'000 avec limites de propriété jusqu'à 50 m de chaque côté de la ligne de câblage. Des plans à d'autres échelles ne pourront être fournis qu'après accord obtenu de l'IFICF

Des exigences supplémentaires et d'autres documents à soumettre peuvent être demandés.