

From: **Commune de Billens-Hennens** <Commune@billens-hennens.ch>  
To: **Chammartin Jean-Marie** <chammartin.jeanmarie@bluewin.ch>; **Jaquet Evelyne** <evelynejaquet@bluewin.ch>; **Olofsson Anders** <anders.olofsson@bluewin.ch>; **Pichonnat Serge** <serge.pichonnat@foerch.ch>; **Portner Christoph** <Christoph.Portner@martitechnik.com>; **Rey Berset Jeannine** <j.reyberet@bluewin.ch>; **Tella Jean-Claude** <jean-claude.tella@outlook.com>  
Subject: TR: Fwd:CONFIDENTIEL : Développement éolien dans votre région : 5ème réunion du groupe de travail "Glâne Sud" : compte-rendu  
Date: 16.10.2014 16:57:34 (+0000)  
Attachments: 2014-10-07 Présentation 5 GdTGlâneSud.pdf (32 pages), RapportVent\_20140429.pdf (21 pages)

---

**De** : Portner Christoph [mailto:Christoph.Portner@martitechnik.com]

**Envoyé** : lundi, 13. octobre 2014 20:10

**À** : Commune de Billens-Hennens

**Objet** : Fwd:CONFIDENTIEL : Développement éolien dans votre région : 5ème réunion du groupe de travail "Glâne Sud" : compte-rendu

----- Originalnachricht -----

Betreff: CONFIDENTIEL

: Développement éolien dans votre région : 5ème réunion du groupe de travail

"Glâne Sud

" : compte-rendu

Von: Scacchi Laurent

<Laurent.Scacchi@greenwatt.ch

>

An:

"Emmanuel Jaquier (emmanuel.jaquier@websud.ch)

"

<emmanuel.jaquier@websud.ch

> ,

"Heinz Krattinger (krattingerh@romont.ch)

"

<krattingerh@romont.ch

> ,Portner Christoph

<Christoph.Portner@martitechnik.com

> ,

"Juliette Tardent (j.tardent@bluewin.ch)

"

<j.tardent@bluewin.ch

> ,

"Bertrand Guillaume (guillaumeb@romont.ch)

"

<guillaumeb@romont.ch

> ,

"Régis Magnin (regism@bluewin.ch)

"

<regism@bluewin.ch

>,serge.boschung@fr.ch,  
"Kirk Ingold (kirk.ingold@fr.ch)  
"  
<kirk.ingold@fr.ch  
>,decotterdr@romont.ch,  
"Jean-Noël Gendre (jngendre@bluewin.ch)  
"  
<jngendre@bluewin.ch  
>  
>,"André Repond (andre.repond@framo.ch)"  
"  
<andre.repond@framo.ch  
>,andreas.binz@fr.ch

Cc: commune@siviriez.ch,commune@romont.ch,commune@billens-hennens.ch,admin@vuisternens-devant-romont.ch,commune@ursy.ch,Bonvin Jean-Michel <Jean-Michel.Bonvin@greenwatt.ch >,'commune@leflon.ch',jean.gillard@sbb.ch,jcbongard@bluewin.ch

Bonjour Mesdames et Messieurs,

Nous vous remercions pour votre participation de l'autre soir à la cinquième séance de travail pour le développement de votre potentiel éolien « Glâne Sud ».

Nous joignons à ce courriel la présentation et les annexes.

Nous aimerions re-souligner que les documents confidentiels présentés et remis ne sont pas à distribuer hors du cadre du Conseil communal pour l'instant. Cela risquerait de prêter la suite des recherches et de votre potentiel développement éolien. Merci pour votre compréhension.

La 5ème réunion du groupe de travail "Glâne Sud " a eu lieu le mardi 07.10.2014 à Siviriez. Vous trouverez en annexe la présentation modifiée avec les buts décidés et la liste des personnes présentes.

Par rapport aux discussions du soir, nous joignons à ce compte-rendu les Conseillers de la commune de Le Flon.

Nous avons parlé très ouvertement d'une intégration des deux potentiels Glâne Sud et Veveyse. Comme de lors de notre groupe de travail Veveyse (27.08.2014), notre proposition n'a pas fait l'unanimité. L'après-midi, nous avons une séance de travail avec le bureau d'ingénieurs KNSA. Là-aussi, c'est apparu comme une mauvaise proposition.

Dès lors, il en ressort que les deux potentiels doivent rester distincts pour avoir le plus de chances de succès.

Avec l'accord des communes et plus particulièrement ceux de Le Flon, on aimerait proposer la chose suivante :

- Le projet éolien « Glâne Sud » accueille la commune veveysanne de Le Flon et l'éolienne-test est érigée sur la commune de Le Flon dans une forêt communale (la vérification a été faite). Les communes de Glâne Sud souhaitent cette solution.

Une éolienne-test n'est que la première étape pour un parc éolien de minimum 3 machines.

- Rémunérations :

Concernant les rémunérations, on peut répéter le modèle induit par le subventionnement fédéral pour le développement des énergies renouvelables (RPC) et déjà présenter les chiffres suivants :

Le propriétaire foncier touche par année et pendant 20 ans : 2,5% de la production électrique nette produite et vendue au subventionnement fédéral (RPC). Le meilleur des cas le propriétaire foncier est la commune.

Les collectivités (commune-site, voire commune voisine ou impactée) touche par année et pendant 20 ans : 3,5% de la production électrique nette produite et vendue au subventionnement fédéral (RPC). De ces 3,5%, 1% peut aussi être alloué pour un développement régional ou un projet commun. Les collectivités décident entre elles.

La RPC rétribue 21,5 cts/kWh produit par an pendant 20 ans. Il faut y déduire la TVA (8%) : 19,9 cts/kWh.

Si un projet est meilleur qu'une référence fixée par Swissgrid (qui est le gérant de la RPC), la rétribution va baisser.

Prenons un exemple très prudent pour « Glâne Sud » avec un prix moyen de 17 cts/kWh produit pendant 20 ans. Les 2,5% représenteront une somme de 28'000 chf/an pendant 20 ans.

Nous joignons à compte-rendu en plus de la présentation le rapport de vent. On peut escompter selon le type et la hauteur de l'éolienne : 7 mio kWh/an de production nette. C'est une très belle production.

- Sortie Mont-Crosin (Juvent SA – [www.juvent.ch](http://www.juvent.ch)) : comme vous l'aviez suggéré, nous proposons une visite du parc éolien du Mont Crosin pour les exécutifs des communes partenaires avant les assemblées communales de fin 2014. Vos Grands Conseillers ou autres personnes influentes son également les bienvenues pour cette première visite. Les dates envisagées et possibles sont les :
  - o Samedi 22 novembre
  - ou
  - o Samedi 29 novembre

Si possible, nous avons besoin de votre retour avant le **20 octobre** afin de procéder à l'organisation de la sortie. Vous serez informé à posteriori des détails logistiques. Tous les frais occasionnés par cette sortie sont pris en charge par Groupe E Greenwatt SA.

Une visite pour votre population sera mise sur pied plus tard si vous le souhaitez.  
(je suis en vacances du 10 au 17.10.2014)

- Les buts à atteindre pour la prochaine réunion sont :

- 1. Transmission des informations aux Conseils communaux.
  - 1. Réflexion sur un vote formel : dans les urnes ou en assemblée communale
  - 2. Acceptation du nouveau périmètre Glâne Sud avec l'intégration de Le Flon
  - 3. Quittance du choix de l'éolienne-test : VEV1 sur la Commune de Le Flon
  - 4. Organisation possible d'une visite à Mt-Crosin BE pour les conseils communaux
  - 5. Obtenir que le périmètre soit retenu dans le nouveau plan directeur éolien

Greenwatt :

- 1. Continuer le rapport et les études en cours
- 2. Suite à l'assemblée des Syndics de La Glâne, il est souhaité qu'une convention soit proposée avec la définition de règles et des rémunérations possibles pour une commune-site, voire voisine ou impactée
- 3. Informer et coordonner avec les services de l'Etat
- 4. La prochaine séance sera fixée plus tard selon les besoins.

Avec nos salutations distinguées

**Laurent Scacchi**  
*Chargé d'affaires éolien*

**Groupe E Greenwatt SA**  
*Route du Lavapesson 2  
1763 Granges-Paccot  
T +41 26 467 70 65  
M +41 76 556 24 65*

[www.greenwatt.ch](http://www.greenwatt.ch)







Billens-Hennens



Romont



Siviriez



Ursy



Vuisternens-dt-Romont



# GROUPE DE TRAVAIL «GLÂNE-SUD» DÉVELOPPEMENT ÉOLIEN DANS VOTRE RÉGION

**Scacchi Laurent**

Chargé d'affaires éolien

[laurent.scacchi@greenwatt.ch](mailto:laurent.scacchi@greenwatt.ch) 076 556 2465

# Ordre du jour

- ✚ Bienvenue – présentation des participants (5')
- ✚ Retour sur le 4ème groupe de travail : actions à livrer (10')
  
- ✚ Situation de la réflexion de développer des éoliennes sur le plateau fribourgeois (10')
  - ✚ Au niveau politique FR
  - ✚ Au niveau des services de l'Etat FR
- ✚ Situation d'acceptation des associations de la nature (10')
  - ✚ WWF-FR, Pro Natura FR, COF (ASPO/Birdlife)
  - ✚ FP, Mountain Wilderness, Sauvez les Préalpes / Sauvez le Schwyberg, Pro Fribourg
  
- ✚ Votre potentiel éolien de la région Glâne-Sud d'après nos investigations en cours (15')
- ✚ Quelles sont les attentes de tous les partenaires ? (15')
  
- ✚ But(s) à atteindre et organisation de la prochaine séance (15')

# Ordre du jour

- ✚ Bienvenue – présentation des participants (5')
- ✚ Retour sur le 4ème groupe de travail : actions à livrer (10')
  
- ✚ Situation de la réflexion de développer des éoliennes sur le plateau fribourgeois (10')
  - ✚ Au niveau politique FR
  - ✚ Au niveau des services de l'Etat FR
- ✚ Situation d'acceptation des associations de la nature (10')
  - ✚ WWF-FR, Pro Natura FR, COF (ASPO/Birdlife)
  - ✚ FP, Mountain Wilderness, Sauvez les Préalpes / Sauvez le Schwyberg, Pro Fribourg
  
- ✚ Votre potentiel éolien de la région Glâne-Sud d'après nos investigations en cours (15')
- ✚ Quelles sont les attentes de tous les partenaires ? (15')
  
- ✚ But(s) à atteindre et organisation de la prochaine séance (15')

# Les participants








- ✚ Mme Roseline Décotterd, Romont
  - ✚ Mme Juliette Tardent, Vuisternens-devant-Romont
  - ✚ M Emmanuel Jaquier, Siviriez
  - ✚ M Régis Magnin, Ursy
  - ✚ M Christoph Portner, Billens-Hennens
  - ✚ M André Repond, corporation forestière Glâne Farzin
  - ✚ M Laurent Scacchi, Groupe E Greenwatt SA
- 
- ✚ Informations vont à M Serge Boschung, DEE/SdE; MM Andreas Binz, DIAF/SFF; M Kirk Ingold, DAEC/SeCA

Excusés : M Heinz Krattinger, Romont; M Jean-Noël Gendre, corp forestière Glâne Farzin  
M Jean-Michel Bonvin, Groupe E Greenwatt SA

# Ordre du jour

- ✚ Bienvenue – présentation des participants (5')
- ✚ Retour sur le 4ème groupe de travail : actions à livrer (10')
  
- ✚ Situation de la réflexion de développer des éoliennes sur le plateau fribourgeois (10')
  - ✚ Au niveau politique FR
  - ✚ Au niveau des services de l'Etat FR
- ✚ Situation d'acceptation des associations de la nature (10')
  - ✚ WWF-FR, Pro Natura FR, COF (ASPO/Birdlife)
  - ✚ FP, Mountain Wilderness, Sauvez les Préalpes / Sauvez le Schwyberg, Pro Fribourg
  
- ✚ Votre potentiel éolien de la région Glâne-Sud d'après nos investigations en cours (15')
- ✚ Quelles sont les attentes de tous les partenaires ? (15')
  
- ✚ But(s) à atteindre et organisation de la prochaine séance (15')

## Retour sur le 4<sup>ème</sup> groupe de travail (12.02.14) : actions à livrer

-  Transmission des informations aux Conseils communaux.
-  Défendre son potentiel éolien et affiner votre stratégie pour un développement éolien raisonnable sur vos communes.
-  Continuer les mesures de vent et livrer le rapport SODAR.
-  Transmettre les photomontages.
  
-  Préparer une information pour les assemblées communales de fin d'année 2014.
-  Définir s'il y a un intérêt des communes et de leur conseil communal à faire une visite d'un parc éolien à Mt-Crosin ou en Valais.
  
-  Informer et coordonner avec les services de l'Etat.

# Ordre du jour

- ✚ Bienvenue – présentation des participants (5')
- ✚ Retour sur le 4ème groupe de travail : actions à livrer (10')
  
- ✚ Situation de la réflexion de développer des éoliennes sur le plateau fribourgeois (10')
  - ✚ Au niveau politique FR
  - ✚ Au niveau des services de l'Etat FR
- ✚ Situation d'acceptation des associations de la nature (10')
  - ✚ WWF-FR, Pro Natura FR, COF (ASPO/Birdlife)
  - ✚ FP, Mountain Wilderness, Sauvez les Préalpes / Sauvez le Schwyberg, Pro Fribourg
  
- ✚ Votre potentiel éolien de la région Glâne-Sud d'après nos investigations en cours (15')
- ✚ Quelles sont les attentes de tous les partenaires ? (15')
  
- ✚ But(s) à atteindre et organisation de la prochaine séance (15')

# Situation de la réflexion de développer des éoliennes sur le plateau fribourgeois

Au niveau politique FR

- ✚ Septembre 2013 : rencontre avec tous les Préfets pour expliquer le potentiel éolien sur le Plateau FR.
- ✚ Juin 2013 : dépôt au Gd Conseil FR du postulat P2027.13 : FR pionnier du tournant énergétique éolien en plaine (Collomb/Bosson).
- ✚ Décembre 2013 : le postulat P2027.13 est largement accepté par tous les partis et devra être répondu au plus tard en décembre 2014 par le CE.
- ✚ Printemps 2014 : rencontres avec des Conseillers d'Etat pour expliquer le potentiel éolien sur le Plateau FR et les moyens rapides de réalisation.
- ✚ Fin 2014 : le CE décidera/validera la teneur du nouveau plan directeur éolien FR.
- ✚ Fin 2014 : réponse du CE pour le postulat P2027.13

# Situation de la réflexion de développer des éoliennes sur le plateau fribourgeois

Au niveau des services de l'Etat FR

- ✚ Avril 2013 : Un groupe de travail a été mis sur pied par les services de l'Etat : DAEC, DEE et DIAF en vue de l'élaboration d'un nouveau plan directeur éolien.
- ✚ Février 2014 : 2<sup>ème</sup> séance entre les développeurs et le groupe de travail de l'Etat.
- ✚ Automne 2014 : le groupe de travail de l'Etat va définir des critères et des zones. Le CE choisira entre les critères et/ou zones. La forêt ne sera pas la zone prioritaire, mais pas interdite.
- ✚ Actuellement, les services de l'Etat ne sont pas encore totalement convaincus avec des éoliennes-test.

# Situation de la réflexion de développer des éoliennes sur le plateau fribourgeois

Au niveau des services de l'Etat FR

- 29.09.2010 : 10.3722 – Postulat de R.Cramer au Conseil des Etats: **Simplification de la construction d'éoliennes en forêt et dans les pâturages boisés.**
- 10.10.2012 : Le rapport en réponse au postulat 10.3722 de M Cramer a été publié et approuvé par le Conseil Fédéral. **La loi actuelle autorise déjà les éoliennes en forêt** : « Les cantons ont d'ailleurs déjà la possibilité de désigner les forêts comme zones d'implantation d'éoliennes ».
- La position du canton de Fribourg (DIAF/SFF) est la même que celle de la Confédération. Si les conditions suivantes sont remplies de manière cumulative, des dérogations peuvent être accordées:
  - le défrichement répond à des exigences primant l'intérêt à la conservation de la forêt;
  - l'ouvrage pour lequel le défrichement est sollicité ne peut être réalisé qu'à l'endroit prévu;
  - le défrichement ne présente pas de sérieux dangers pour l'environnement;
  - les exigences de la protection de la nature et du paysage sont respectées.

# Ordre du jour

- ✚ Bienvenue – présentation des participants (5')
- ✚ Retour sur le 4ème groupe de travail : actions à livrer (10')
  
- ✚ Situation de la réflexion de développer des éoliennes sur le plateau fribourgeois (10')
  - ✚ Au niveau politique FR
  - ✚ Au niveau des services de l'Etat FR
- ✚ Situation d'acceptation des associations de la nature (10')
  - ✚ WWF-FR, Pro Natura FR, COF (ASPO/Birdlife)
  - ✚ FP, Mountain Wilderness, Sauvez les Préalpes / Sauvez le Schwyberg, Pro Fribourg
  
- ✚ Votre potentiel éolien de la région Glâne-Sud d'après nos investigations en cours (15')
- ✚ Quelles sont les attentes de tous les partenaires ? (15')
  
- ✚ But(s) à atteindre et organisation de la prochaine séance (15')

# Situation d'acceptation des associations de la nature

## WWF-FR, Pro Natura FR, COF (ASPO/Birdlife)

- ✚ Plusieurs rencontres faites avec les développeurs. Ils sont ouverts au dialogue. Ils sont intéressés à être informés.
- ✚ Ces associations favorisent les sites éoliens sur le Plateau plutôt que dans les Préalpes (cas du Schwyberg).
- ✚ Proposition faite par Groupe E Greenwatt de les intégrer dans le choix des critères pour le suivi des éoliennes-test. Leurs réponses interviendront cet automne 2014.

## FP, Mountain Wilderness, Sauvez les Préalpes / Sauvez le Schwyberg, Pro Fribourg

- ✚ Très très peu d'intérêt pour le développement de cette énergie. Le paysage prime sur la production électrique avec des éoliennes.
- ✚ Ils ne s'opposeront pas systématiquement à des sites sur le Plateau FR.

# Ordre du jour

- ✚ Bienvenue – présentation des participants (5')
- ✚ Retour sur le 4ème groupe de travail : actions à livrer (10')
  
- ✚ Situation de la réflexion de développer des éoliennes sur le plateau fribourgeois (10')
  - ✚ Au niveau politique FR
  - ✚ Au niveau des services de l'Etat FR
- ✚ Situation d'acceptation des associations de la nature (10')
  - ✚ WWF-FR, Pro Natura FR, COF (ASPO/Birdlife)
  - ✚ FP, Mountain Wilderness, Sauvez les Préalpes / Sauvez le Schwyberg, Pro Fribourg
  
- ✚ Votre potentiel éolien de la région Glâne-Sud d'après nos investigations en cours (15')
- ✚ Quelles sont les attentes de tous les partenaires ? (15')
  
- ✚ But(s) à atteindre et organisation de la prochaine séance (15')

# Votre potentiel éolien – nos études

Etat des différentes études effectuées et à effectuer pour le projet :

- ✈ Mesures de vent (plusieurs anémomètres sur mâts de mesure et SODAR)
- ✈ Etude du productible et du type de machines (fabricant et type de machines)
- ✈ Etudes préliminaires d'impacts sur l'Humain (bruit, ombre et paysage)
- ✈ Etudes préliminaires d'impacts sur la nature (faune ailée, sol, flore)
- ✈ Etudes aviation civile et militaire, OFCOM, Météosuisse
- ✈ Etude préliminaire pour l'accès routier
- ✈ Etude préliminaire pour l'accès au réseau électrique

# Votre potentiel éolien – nos études continuent

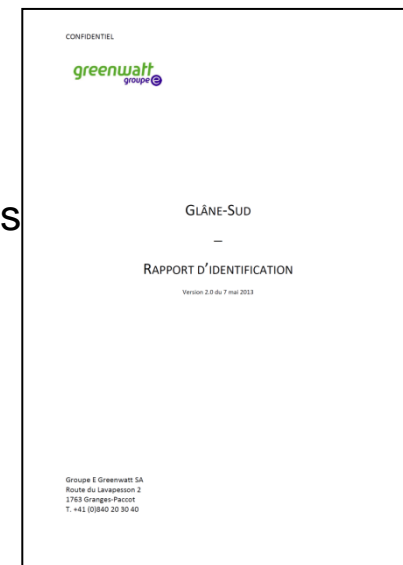


- ✚ Rapport d'identification du site Glâne-Sud basé sur les critères principaux suivants :
  - Projet en mode développement durable
  - L'Humain est pris en première considération (OPB, ombre, paysage). Les études sur l'environnement et la biodiversité sont également au cœur des préoccupations.
  - Planification négative basée sur une distance minimum de 500m à une habitation.
  - Massif forestiers et champs privilégiés.

- ✚ Mandat donné à KohleNusbaumer SA, bureau ingénieurs éoliens
  - Étude préliminaire : topographie – zones naturelles et d'exclusion – accès
  - Étude préliminaire : ventilation et productible du périmètre Glâne-Sud
  - Mesures préliminaires de vent sur pylônes électriques de Groupe E

- ✚ Mandat donné à atelier11a (J.Gremaud), bureau environnement

- ✚ Premiers contacts pour raccordement électrique avec Groupe E



# Mesures de vent



SODAR  
aux Ecasseys  
(Vuisternens-dt-Romont FR)

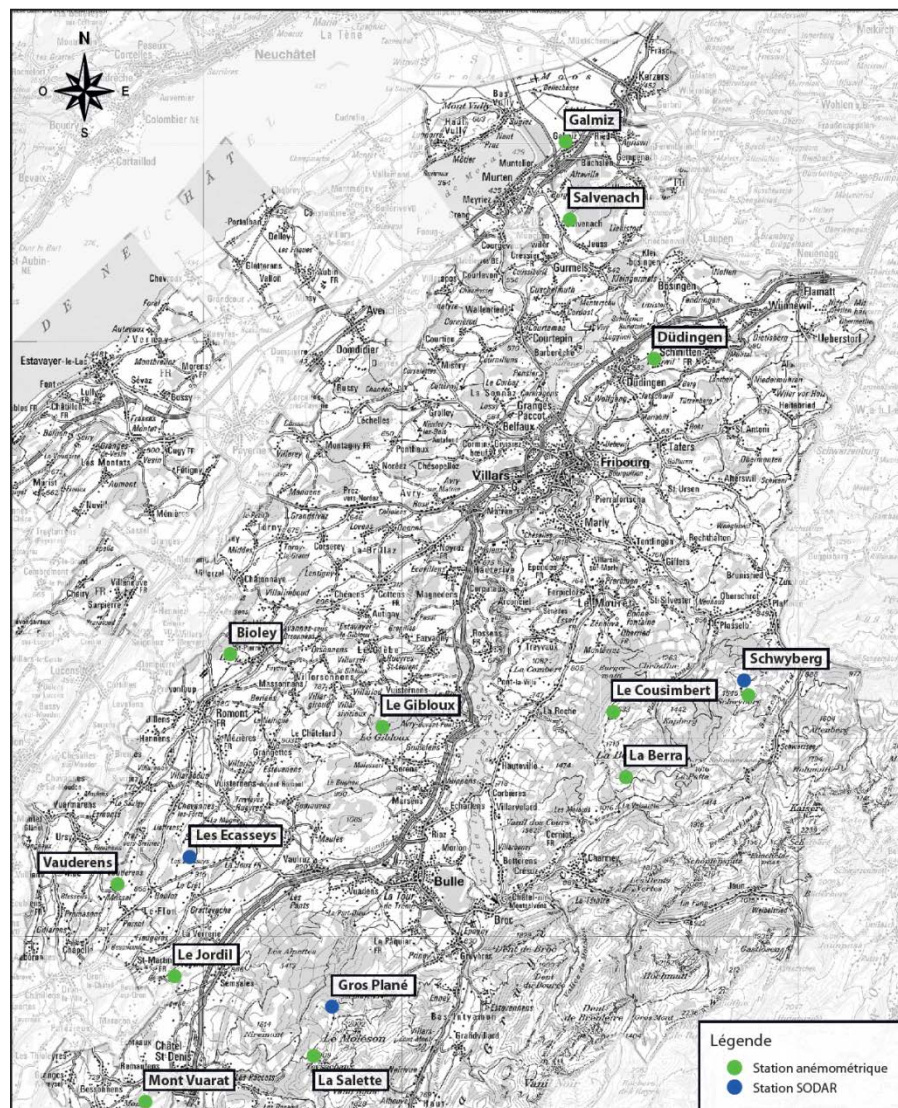


Anémomètre  
sur pylône  
électrique  
(Salvenach FR)



Anémomètre s sur le mât de mesure  
(Le Châtelard FR)

# Mesures de vent dans le Canton de Fribourg



## 📌 Mesures de vent : estimations productibles actuelles

TABLEAU 1: EVALUATION DU POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE DU SITE. ATTENTION, CES CHIFFRES SONT ESTIMATIFS ET DEVRONT ÊTRE AFFINÉS SUIVANT L'ÉVOLUTION DU PROJET.

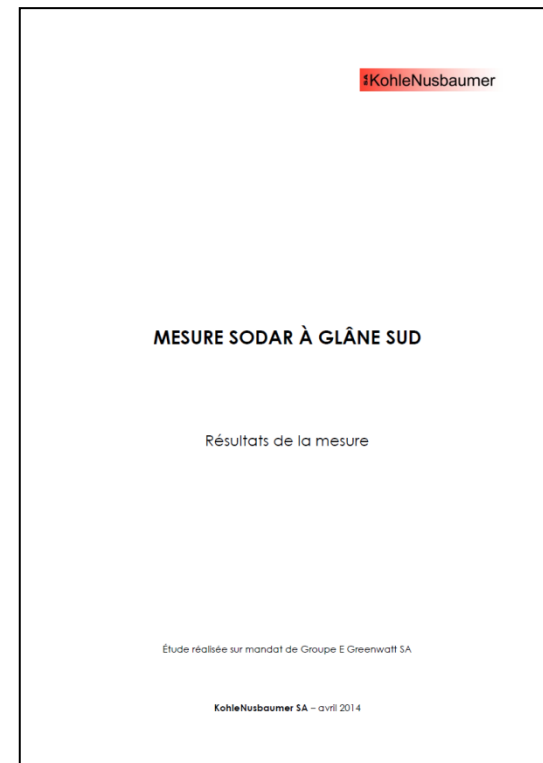
Nombre d'éolienne	14		
Exemple de modèle d'éoliennes	Enercon E-115, 2,5 MW		
Hauteur au moyeu [m]	100	135	150
Estimation du productible			
- par machine [GWh/an]	4.8 – 5.2	5.6 – 6.0	6.0 – 6.5
- total [GWh/an]	67 - 73	78 – 85	84 – 91
Estimation de l'équivalent en nombre de ménages à 3600 kWh/an	19'000 – 20'000	22'000 – 23'000	23'000 – 25'000
Estimation de la vitesse moyenne au moyeu [m/s]	5.3	5.6	5.8
Estimation du coût de réalisation de l'ensemble du potentiel [kCHF]	89'000	100'000	111'000

## 📌 Résultats des mesures SODAR aux Ecasseys (Glâne Sud)

Le tableau suivant donne de manière résumée les résultats obtenus :

Modèle d'éolienne	Hauteur de mât [m]	Vitesse moyenne [m/s]	Prévision annuelle nette [GWh/an]
E-115 / 3 MW	100	5,7	5,6
E-115 / 3 MW	135	6,3	7,2
E-115 / 3 MW	150	6,5	7,7
E-101 / 3 MW	150	6,5	6,6
E-115 / 2.5 MW	150	6,5	7,2

Les résultats sont prometteurs en termes de production électrique. Le productible annuel net moyen atteint 7,7 millions de kWh pour une Enercon E-115 / 3 MW sur un mât de 150 m.



# Périmètre Glâne-Sud

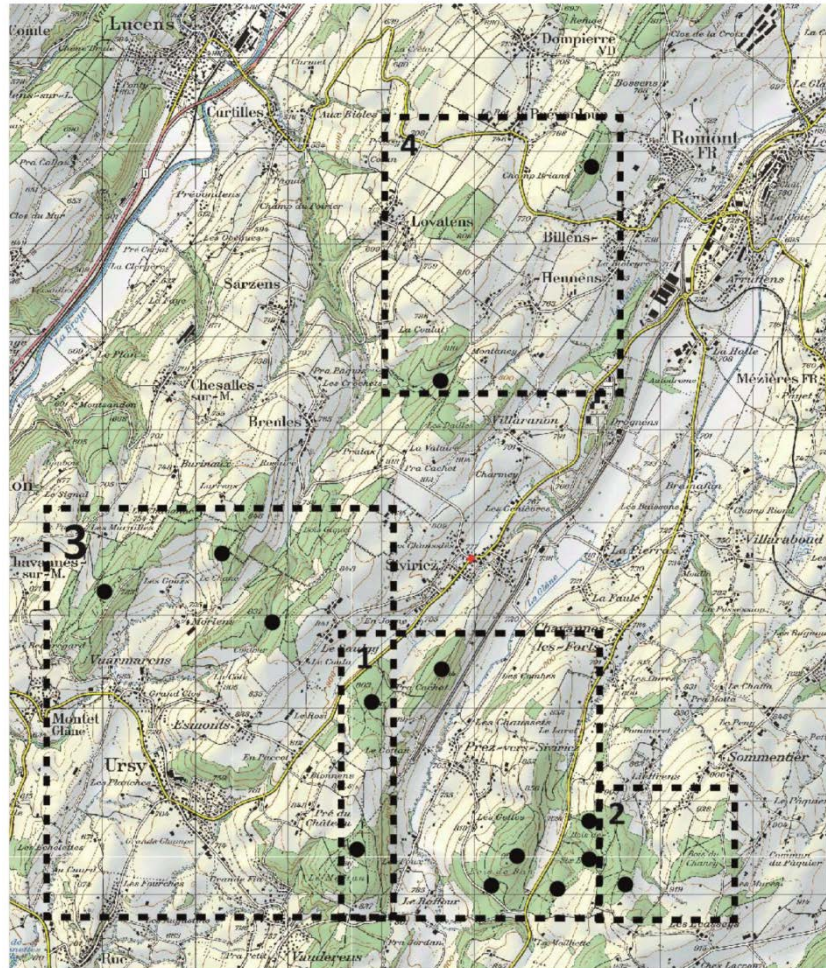
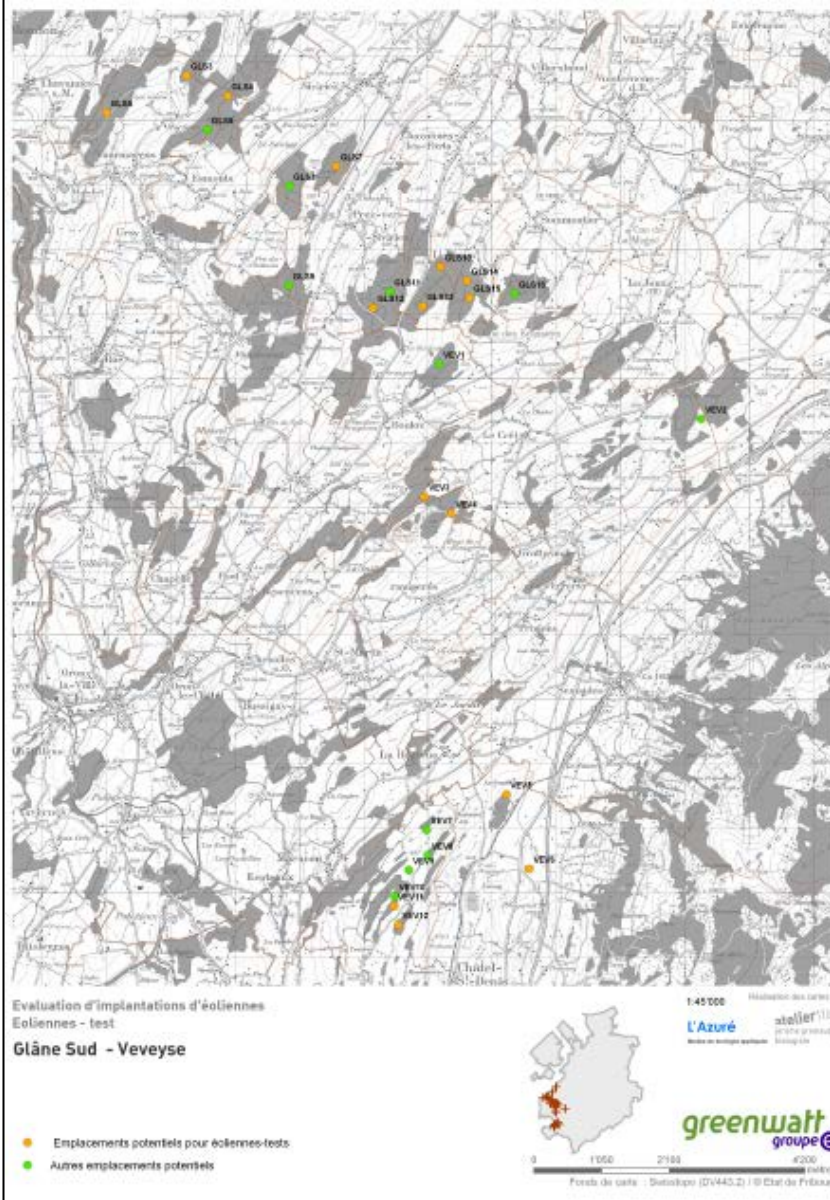


FIGURE 1. LOCALISATION DU SITE « GLÂNE-SUD », LES 14 EMPLACEMENTS POTENTIELS (POINTS NOIRS) ONT ÉTÉ REGROUPEÉS PAR PÉRIMÈTRE (CARRÉS NUMÉROTÉS) POUR FACILITER LA LECTURE ET LA COMPRÉHENSION DU PRÉSENT DOCUMENT.

# Glâne Sud - Veveyse

Groupe E Greenwatt SA



greenwatt  
groupe e

## Carte des sensibilités

Milieux naturels

Oiseaux

Chauves-souris

atelier 11a  
Jérôme Gremaud

CONFIDENTIEL

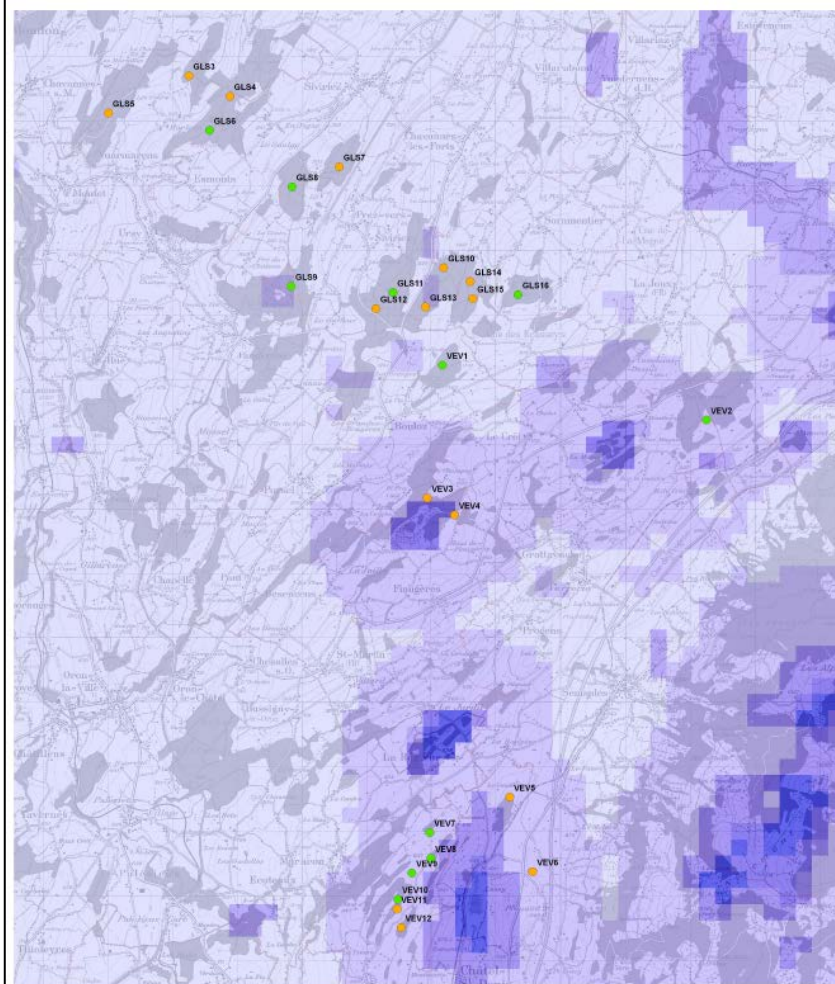
# Glâne Sud - Veveyse

## Carte des sensibilités

Milieux naturels

Oiseaux

Chauves-souris



Evaluation d'implantations d'éoliennes  
Eoliennes - test

Glâne Sud - Veveyse

Sensibilité des milieux naturels

évaluation des milieux  
POINTS as Percent of Total



- Emplacements potentiels pour éoliennes-tests
- Autres emplacements potentiels



1:45'000

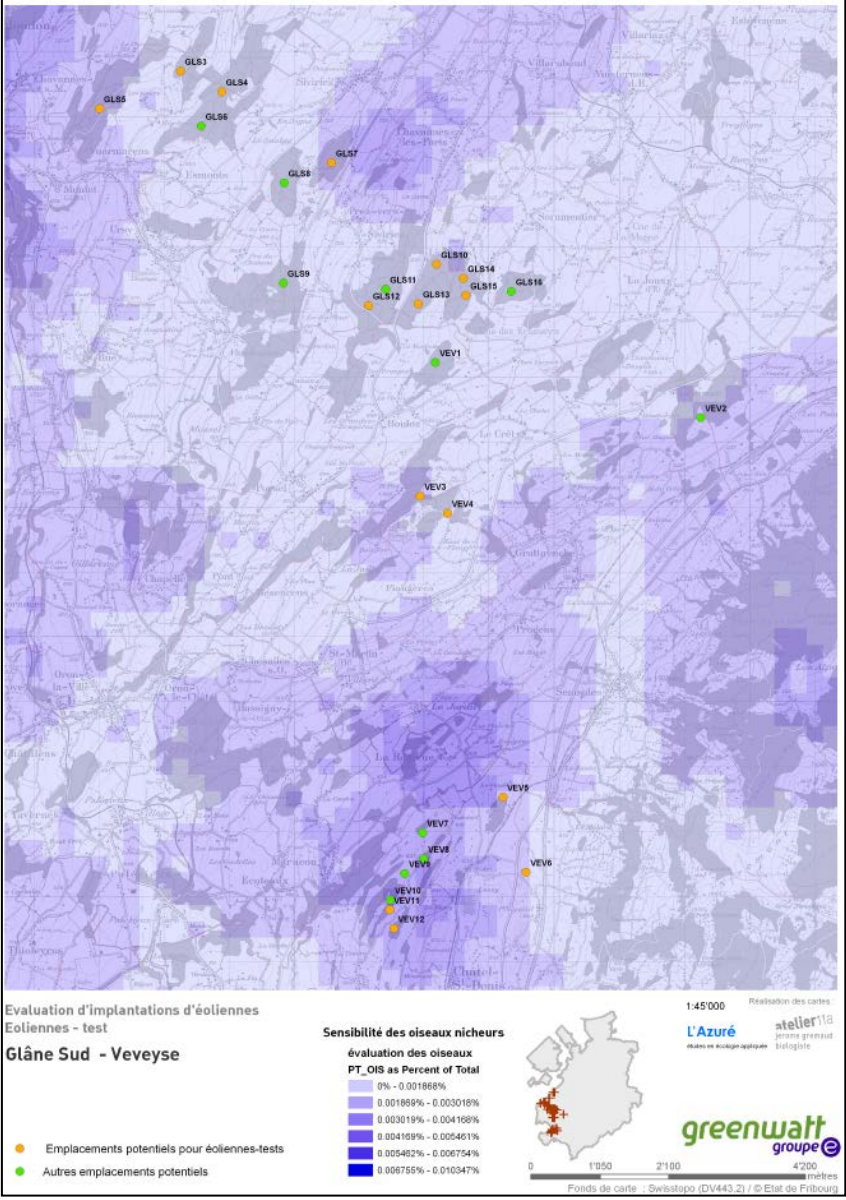
L'Azuré

greenwatt  
groupe e

atelier11a  
Jérôme Gremaud  
biologiste

Fonds de carte : Swisstopo (DV443.2) / © Elsat de Fribourg

Glâne  
Sud  
-  
Veveyse



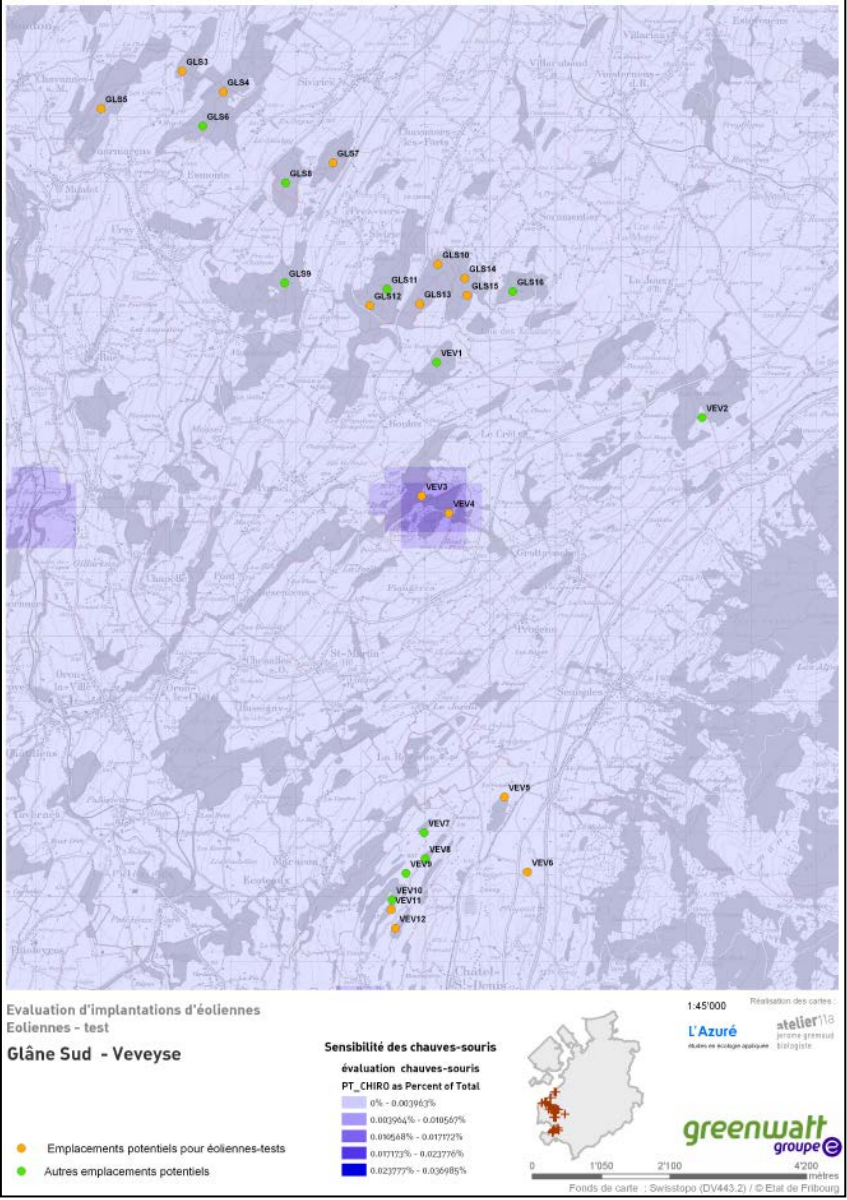
Carte des  
sensibilités

Milieux naturels

Oiseaux

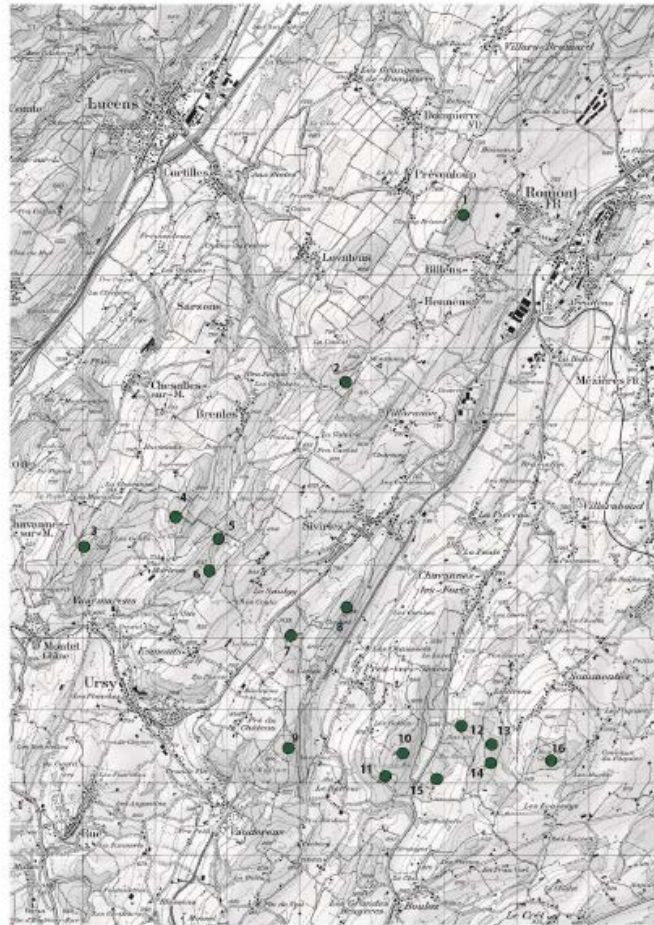
Chauves-souris

Glâne  
Sud  
-  
Veveyse



Carte des  
sensibilités

- Milieus naturels
- Oiseaux
- Chauves-souris



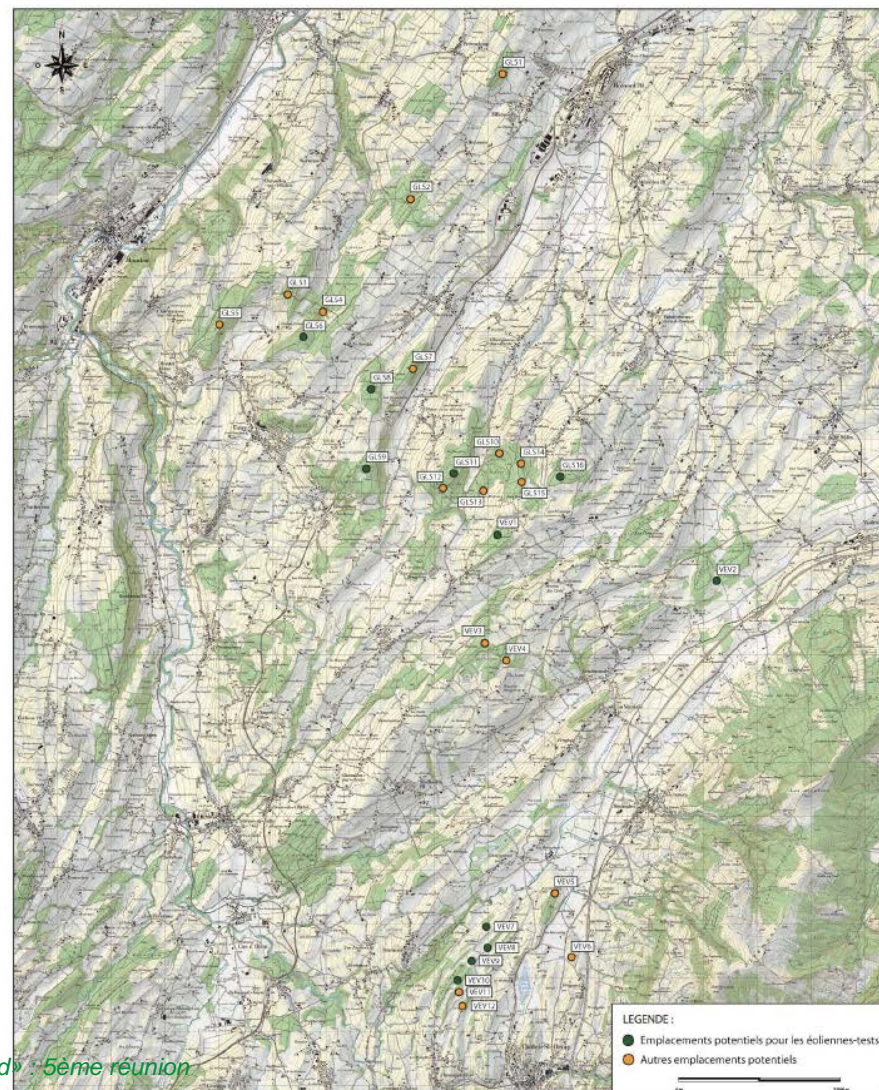
- Emplacements sans conflits
- Emplacements avec conflits potentiels et études complémentaires nécessaires (Radars et faisceaux hertziens)
- Emplacements avec conflits majeurs (Aéroport de Payerne)

Figure 13. Site « Glâne Sud ».

# Nouveau périmètre proposé : Glâne Sud – Veveyse

Au vue des études menées, aux nombres des emplacements possibles pour Veveyse et pour une intégration paysagère optimale, nous aimerions vous proposer de rassembler les potentiels Glâne Sud et Veveyse.

L'éolienne-test qui serait la plus optimale est VEV1.



# Ordre du jour

- ✚ Bienvenue – présentation des participants (5')
- ✚ Retour sur le 4ème groupe de travail : actions à livrer (10')
  
- ✚ Situation de la réflexion de développer des éoliennes sur le plateau fribourgeois (10')
  - ✚ Au niveau politique FR
  - ✚ Au niveau des services de l'Etat FR
- ✚ Situation d'acceptation des associations de la nature (10')
  - ✚ WWF-FR, Pro Natura FR, COF (ASPO/Birdlife)
  - ✚ FP, Mountain Wilderness, Sauvez les Préalpes / Sauvez le Schwyberg, Pro Fribourg
  
- ✚ Votre potentiel éolien de la région Glâne-Sud d'après nos investigations en cours (15')
- ✚ **Quelles sont les attentes de tous les partenaires ? (15')**
  
- ✚ But(s) à atteindre et organisation de la prochaine séance (15')

**Quelles sont ...**

 ... VOS REACTIONS et COMMENTAIRES ?

 ... VOS ATTENTES ?

# Ordre du jour

- ✚ Bienvenue – présentation des participants (5')
- ✚ Retour sur le 4ème groupe de travail : actions à livrer (10')
  
- ✚ Situation de la réflexion de développer des éoliennes sur le plateau fribourgeois (10')
  - ✚ Au niveau politique FR
  - ✚ Au niveau des services de l'Etat FR
- ✚ Situation d'acceptation des associations de la nature (10')
  - ✚ WWF-FR, Pro Natura FR, COF (ASPO/Birdlife)
  - ✚ FP, Mountain Wilderness, Sauvez les Préalpes / Sauvez le Schwyberg, Pro Fribourg
  
- ✚ Votre potentiel éolien de la région Glâne-Sud d'après nos investigations en cours (15')
- ✚ Quelles sont les attentes de tous les partenaires ? (15')
  
- ✚ But(s) à atteindre et organisation de la prochaine séance (15')

# But(s) à atteindre pour la prochaine réunion et organisation prochaine séance

- ✚ Transmission des informations aux Conseils communaux.
  - ✚ Réflexion sur un vote formel : dans les urnes ou en assemblée communale
  - ✚ Acceptation du nouveau périmètre Glâne Sud avec l'intégration de Le Flon
  - ✚ Quittance du choix de l'éolienne-test : VEV1 sur la Commune de Le Flon
  - ✚ Organisation possible d'une visite à Mt-Crosin BE pour les Conseils communaux
  - ✚ Obtenir que le périmètre soit retenu dans le nouveau plan directeur éolien
  - ✚ Suite à l'assemblée des Syndics de La Glâne, il est souhaité qu'une convention soit proposée avec la définition de règles et des rémunérations possibles pour une commune-site, voire voisine ou impactée
  
- ✚ Continuer le rapport et les études en cours
- ✚ Informer et coordonner avec les services de l'Etat
  
- ✚ La prochaine séance sera fixée plus tard selon les besoins.



# Merci de votre attention




## La Gamme **ENERCON**

La gamme de produits ENERCON comprend des éoliennes de la classe de sous au multi-mégawatt.

[www.enercon.de](http://www.enercon.de)

Modèles potentiels  
pour notre projet

	Puissance nominale	Diamètre du rotor	Surface balayée	Hauteur du moyeu	Vitesse de rotation	Vitesse de vent de régulation du mode tempête	Classe de vent (DIBt)	Classe de vent (IEC)
<b>ENERCON E-44</b>	900 kW	44 m	1 521 m <sup>2</sup>	45 / 55 m	variable, 16 - 34,5 tours/min	28 - 34 m/s	-	IEC/NVN IA
<b>ENERCON E-48</b>	800 kW	48 m	1 810 m <sup>2</sup>	50 / 55 / 60 / 76 m	variable, 16 - 31,5 tours/min	28 - 34 m/s	WZ III	IEC/NVN IIA
<b>ENERCON E-53</b>	800 kW	52,9 m	2 198 m <sup>2</sup>	60 / 73 m	variable, 11 - 29,5 tours/min	28 - 34 m/s	WZ II exp	IEC/NVN Class S
<b>ENERCON E-70</b>	2 300 kW	71 m	3 959 m <sup>2</sup>	57 / 64 / 74 / 85 / 98 / 113 m	variable, 6 - 21 tours/min	28 - 34 m/s	WZ III	IEC/EN IA et IEC/EN IIA
<b>ENERCON E-82 E2</b>	2 000 kW	82 m	5 281 m <sup>2</sup>	78 / 85 / 98 / 108 / 138 m	variable, 6 - 18 tours/min	28 - 34 m/s	WZ III	IEC/EN IIA
<b>ENERCON E-82 E2</b>	2 300 kW	82 m	5 281 m <sup>2</sup>	78 / 85 / 98 / 108 / 138 m	variable, 6 - 18 tours/min	28 - 34 m/s	WZ III	IEC/EN IIA
<b>ENERCON E-82 E3</b>	3 000 kW	82 m	5 281 m <sup>2</sup>	78 / 85 / 98 / 108 / 138 m	variable, 6 - 18 tours/min	28 - 34 m/s	-	IEC/EN IIA
<b>ENERCON E-82 E4</b>	3 000 kW	82 m	5 281 m <sup>2</sup>	78 / 84 m	variable, 6 - 18 tours/min	28 - 34 m/s	-	IEC/EN IA
<b>ENERCON E-92</b>	2 350 kW	92 m	6 648 m <sup>2</sup>	84 / 85 / 98 / 104 / 108 / 138 m	variable, 5 - 16 tours/min	28 - 34 m/s	WZ III	IEC/EN IIA
<b>ENERCON E-101</b>	3 050 kW	101 m	8 012 m <sup>2</sup>	99 / 135 / 149 m	variable, 4 - 14,5 tours/min	28 - 34 m/s	WZ III	IEC/EN IIA
<b>ENERCON E-115</b>	2 500 kW	115 m	10 387 m <sup>2</sup>	92,5 - 149 m	variable, 3 - 12,8 tours/min	28 - 34 m/s	WZ III	Class S
<b>ENERCON E-126</b>	7 580 kW	127 m	12 668 m <sup>2</sup>	135 m	variable, 5 - 12,1 tours/min	28 - 34 m/s	WZ III	IEC/EN IA

 chiffres comparatifs sur l'autoproduction électrique (au bilan annuel) : consommation électrique de vos communes par rapport au potentiel raisonnable de production avec l'éolien dans votre périmètre.

Commune	Conso 2011 en kWh	Potentielle production avec éolien sur votre commune	Potentiel taux d'auto-production électrique (bilan annuel) avec éolien		
Vuisternens-dt-Romont	2'882'771	5'800'000	201.2%		
Romont FR	69'528'050	11'000'000	15.8%	via Glâne-Nord	
Siviriez	4'554'799	17'400'000	382.0%		
Billens	2'929'880				
Hennens	624'359	11'600'000	395.9%		
Ursy	10'875'433	17'400'000	160.0%		
Commentaire :	Ce potentiel taux d'auto-production électrique (bilan annuel) avec éolien ne prend en compte que la nouvelle production avec l'éolien.				

# MESURE SODAR À GLÂNE SUD

Résultats de la mesure

Étude réalisée sur mandat de Groupe E Greenwatt SA

<b>Groupe E Greenwatt SA</b>	<b>KohleNusbaumer SA</b>
Rte du Lavapesson 2 CH-1763 Granges-Paccot Tél. 0840 20 30 40 <a href="http://www.greenwatt.ch">www.greenwatt.ch</a> <a href="mailto:info@greenwatt.ch">info@greenwatt.ch</a>	Chemin de Mornex 10 Case postale 570 1001 Lausanne Tél. 021 341 27 46 <a href="http://www.kn-sa.ch">www.kn-sa.ch</a> <a href="mailto:info@kn-sa.ch">info@kn-sa.ch</a>

## Résumé

Le bureau KohleNusbaumer SA a été mandaté par Groupe E Greenwatt SA pour effectuer une mesure SODAR dans le cadre d'évaluer le potentiel énergétique sur le plateau fribourgeois et en particulier dans la région « Glâne Sud ». Le présent rapport décrit la mesure, les analyses et les résultats obtenus dans le cadre de ce mandat.

Le tableau suivant donne de manière résumée les résultats obtenus :

<b>Modèle d'éolienne</b>	<b>Hauteur de mât [m]</b>	<b>Vitesse moyenne [m/s]</b>	<b>Prévision annuelle nette [GWh/an]</b>
<b>E-115 / 3 MW</b>	100	5,7	5,6
<b>E-115 / 3 MW</b>	135	6,3	7,2
<b>E-115 / 3 MW</b>	150	6,5	7,7
<b>E-101 / 3 MW</b>	150	6,5	6,6
<b>E-115 / 2.5 MW</b>	150	6,5	7,2

Les résultats sont prometteurs en termes de production électrique. Le productible annuel net moyen atteint 7,7 millions de kWh pour une Enercon E-115 / 3 MW sur un mât de 150 m.

# Sommaire

Résumé .....	1
1. Site et campagne de mesure .....	3
1.1. Emplacements .....	3
1.2. Configuration des stations de mesure .....	4
1.3. Protocole des mesures .....	4
2. Disponibilité des données .....	5
3. Méthode de calcul .....	6
4. Station de mesure de référence : Anémo Ref .....	7
4.1. Introduction .....	7
4.2. Vitesse moyenne .....	7
4.3. Rose énergétique .....	8
4.4. Prévion énergétique à long terme pour Anémo Ref .....	8
5. Station de mesure anémométrique .....	9
5.1. Introduction .....	9
5.2. Vitesse moyenne et distribution du vent .....	9
5.3. Comparaison des stations .....	9
5.4. Roses énergétiques des vents .....	10
5.5. Prévisions énergétiques annuelles brutes et nettes pour Anémo 1 .....	10
6. Station de mesure SODAR .....	12
6.1. Introduction .....	12
6.2. Vitesses moyennes .....	12
6.3. Profils de vent .....	12
6.4. Comparaison des stations .....	13
6.5. Roses énergétiques des vents .....	14
6.6. Prévisions énergétiques annuelles brutes et nettes .....	15
7. Conclusions .....	17
Annexe 1 – Courbe de puissance E-115 / 3 MW .....	18
Annexe 2 – Vitesse moyenne et potentiel journalier : SODAR, E-115 / 3 MW (150 m) et Anémo 1, E-115 / 3 MW (20 m), 133 jours .....	19

# 1. Site et campagne de mesure

## 1.1. Emplacements

La région « Glâne Sud » se trouve au sud du canton de Fribourg sur les communes de Billens-Hennes, Siviriez, Ursy et Vuisternens-devant-Romont. Les emplacements potentiels des éoliennes sont situés dans des zones de forêts fermées, à des altitudes comprises entre 750 et 900 m.

Dans le cadre de ce projet, des mesures de vent ont été mises en œuvre sur le site. La carte de la Figure 1 permet de localiser les emplacements des stations de mesure, alors que le Tableau 1 en donne les coordonnées. La mesure de référence à moyen terme, Anémo 1, provient des données issues d'un anémomètre déjà en activité depuis plus d'une année. Cette station est elle-même corrélée à long terme avec la station de référence d'Assens.

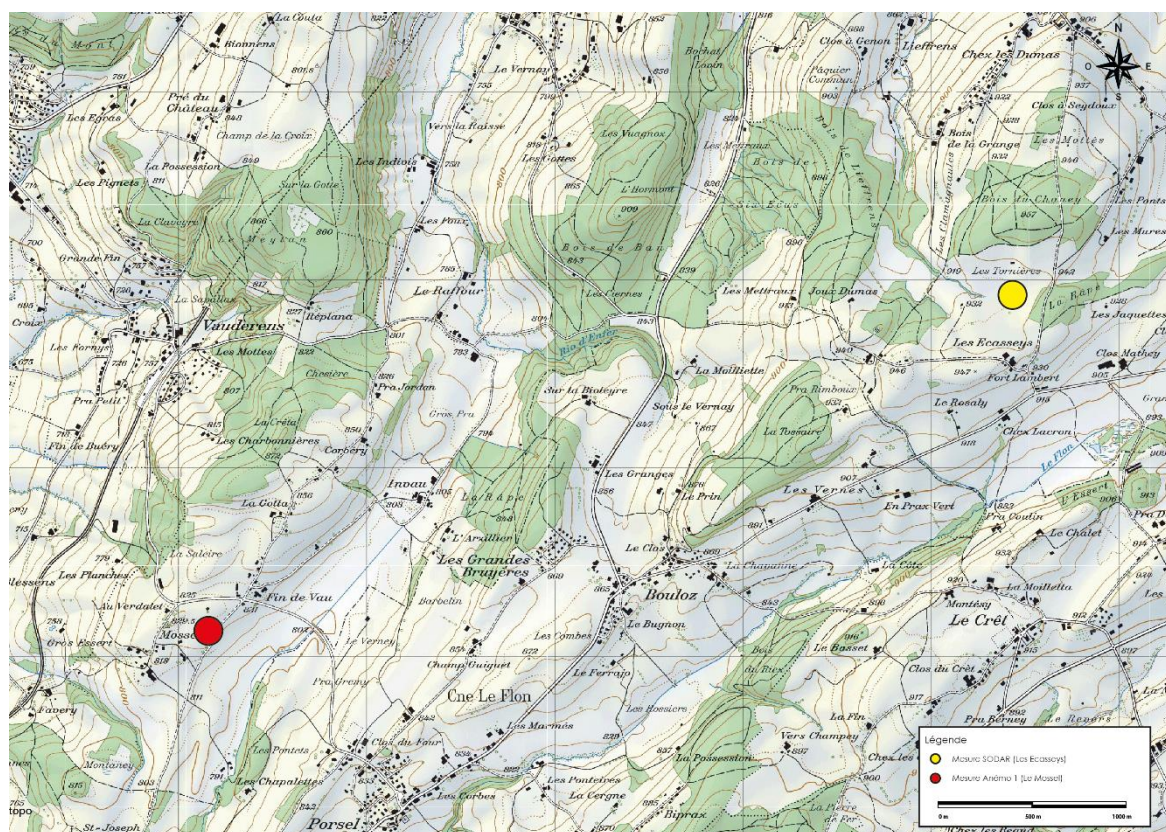


Figure 1 : Emplacements des stations de mesure considérées dans le cadre de ce rapport. En rouge, la mesure Anémo 1 et en jaune la mesure SODAR.

Tableau 1 : Coordonnées des stations de mesures.

Emplacement	Coordonnée E	Coordonnée N	Altitude [m]
Anémo 1 (Le Mossel)	555'132	162'133	825
SODAR (Les Ecassey)	559'407	163'922	933
Anémo Ref (Assens)	538'345	163'418	658

## 1.2. Configuration des stations de mesure

La mesure SODAR a été effectuée à l'aide d'un appareil de dernière génération. La mesure Anémo 1 a été réalisée à l'aide d'un anémomètre monté sur un pylône électrique d'une hauteur de 20 m. Le Tableau 2 montre la configuration des stations de mesure.

**Tableau 2 : Configuration des stations de mesure de vent.**

Paramètres	Anémo 1	SODAR	Anémo Ref
Appareil	Anémomètre	SODAR SFAS	Anémomètre
Hauteur min. de la mesure	20 m	50 m	60 m
Hauteur max. de la mesure	20 m	200 m	60 m
Intervalle de hauteur mesuré	-	5 m	-
Moyenné sur	10 min	10 min	10 min

## 1.3. Protocole des mesures

Le protocole des mesures entreprises est donné dans le Tableau 3 ci-après. Les données issues de la station d'Assens, Anémo Ref, comptabilisent plus de 6 ans de mesures. La durée effective de la mesure SODAR est de 133 jours.

**Tableau 3 : Protocole des mesures.**

Station de mesure	Mise en service	Fin de la mesure	Jours utiles
Anémo 1	14.11.2012	En cours	503
SODAR	28.11.2013	14.04.2014	133
Anémo Ref	22.03.2007	En cours	6 ans

## 2. Disponibilité des données

La disponibilité des données brutes est résumée dans le Tableau 4.

**Tableau 4 : Disponibilité des données brutes suivant la hauteur de mesure.**

Hauteur de la mesure	Anémo 1	SODAR	Anémo Ref
20 m	93 %	-	-
50 m	-	81 %	-
60 m	-	81 %	93 %
70 m	-	82 %	-
80 m	-	83 %	-
90 m	-	83 %	-
100 m	-	83 %	-
110 m	-	82 %	-
120 m	-	82 %	-
130 m	-	80 %	-
140 m	-	79 %	-
150 m	-	77 %	-
160 m	-	75 %	-
170 m	-	72 %	-
200 m	-	58 %	-

La bonne disponibilité des données SODAR permet d'effectuer une analyse directement avec les valeurs obtenues à la hauteur prévue pour les nacelles des éoliennes projetées.

Contrairement aux méthodes passant par des extrapolations de valeurs recueillies en-dessous de la hauteur de la nacelle, la présente façon d'opérer réduit considérablement les risques d'erreurs dans la prévision énergétique, car celle-ci se base sur les vitesses mesurées à la hauteur du moyeu.

Les mesures SODAR et anémométrique sont corrélées sur l'entier de leur période de mesure avec la station de référence de Assens.

### 3. Méthode de calcul

La prévision de production repose sur l'extrapolation à long terme des mesures réalisées sur site.

Dans le cas de mesures SODAR, une corrélation entre les données recueillies à hauteur prévue des nacelles des futures éoliennes et des mesures de longue durée doit être établie. Cette corrélation à long terme doit prendre en compte les différents secteurs principaux de provenance du vent et se baser sur des facteurs de correction issus des bonnes corrélations mathématiques (représentativité de la station de référence à long terme).

Dans le cas d'une mesure anémométrique, une corrélation entre les données à la hauteur de l'anémomètre et celles en provenance d'une mesure de longue durée doit également être établie. Comme, dans le cadre de ce projet, seule une mesure SODAR a été déployée sur le site et que les anémomètres ne servent que de référence à moyen et long terme pour la calibrer, il n'a pas été nécessaire d'extrapoler le résultat de la mesure anémométrique à la hauteur prévue de la nacelle des éoliennes.

Dans le cadre de la présente analyse, l'évaluation du potentiel éolien du site se base sur une comparaison de productions électriques théoriques et non sur une comparaison de vitesses de vent. Ceci offre l'avantage de tenir compte du fait que la courbe de puissance d'une éolienne n'est pas linéaire, mais que pour de faibles vitesses de vent, la production est nulle et qu'elle sature dès que la vitesse du vent atteint une certaine valeur, de l'ordre de 12 à 14 m/s suivant les modèles d'éoliennes.

L'évaluation du potentiel éolien à long terme est donc calculé en prenant des productibles théoriques, suivant la formule :

$$W_{\text{Emplacement, long terme}} = W_{\text{Emplacement, mesure}} \cdot \frac{W_{\text{Référence, long terme}}}{W_{\text{Référence, mesure}}}$$

Pour l'analyse, la différence est faite entre les deux directions principales du vent, soit un secteur ouest et un secteur est. Les chapitres suivants donnent le détail du calcul permettant d'aboutir à la valeur de  $W_{\text{Emplacement, long terme}}$ .

## 4. Station de mesure de référence : Anémo Ref

### 4.1. Introduction

La station Anémo Ref située aux abords du village d'Assens, offre une grande base statistique et sert de référence à long terme pour le site du parc éolien. Les stations de mesures déployées dans la région « Glâne Sud » sont corrélées sur l'entier de leur période de mesure avec la station de référence, afin de les calibrer en tenant compte des variations annuelles du vent sur les 6 dernières années (2007-2014).<sup>1</sup>

### 4.2. Vitesse moyenne

A long terme, la vitesse moyenne pour Anémo Ref atteint 4,6 m/s. Le Tableau 5 compare les vitesses moyennes durant les différentes périodes de mesures et confirme que les périodes de mesures sont légèrement moins ventées que la période à long terme.

Tableau 5 : Vitesse moyenne de la station Anémo Ref.

Station	Anémo Ref à long terme	Anémo Ref sur la période de mesure Anémo 1	Anémo Ref sur la période de mesure SODAR
Hauteur de mesure [m]	60	60	60
Jours utiles	6 ans	503 jours	133 jours
Vitesse moyenne [m/s]	4,6	4,3	4,1

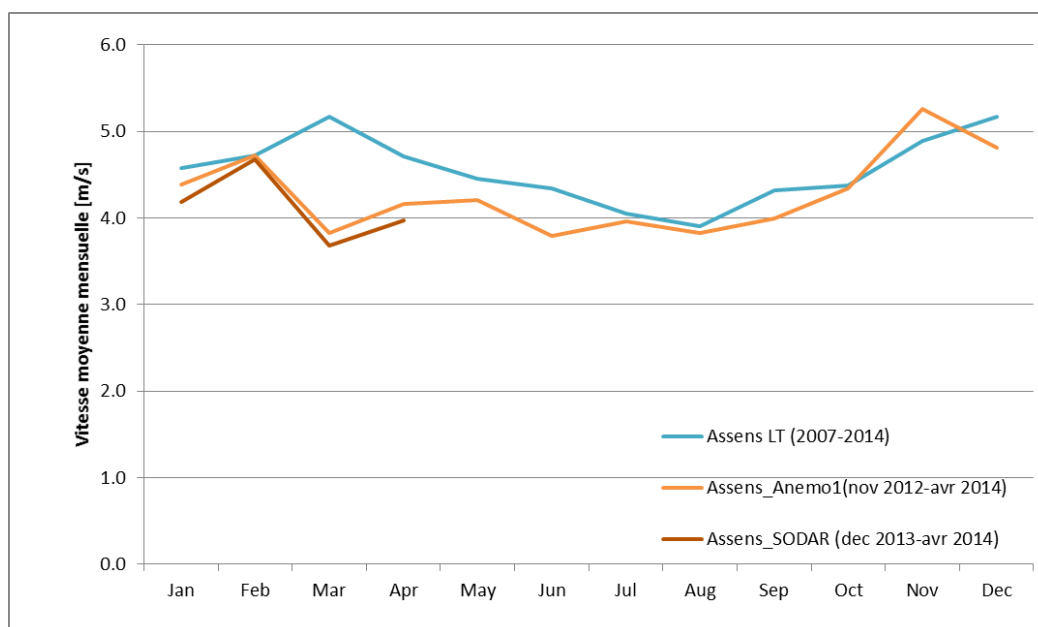
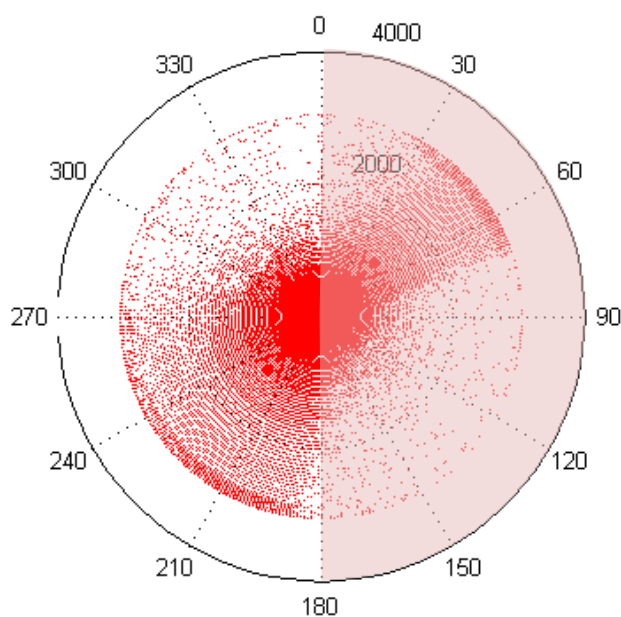


Figure 2 : Vitesses moyennes de la station Anémo Ref durant les différentes campagnes de mesure.

<sup>1</sup> L'extrapolation des données de Anémo Ref avec la station SwissMetNet de Mathod sur les 15 dernières années confirme la représentativité à long terme des six années de mesures.

### 4.3. Rose énergétique

Deux secteurs se distinguent dans la Figure 3 pour Anémo Ref: le secteur ouest (180-360°) et le secteur est (0°-180°).



**Figure 3 : Rose énergétique des vents pour Anémo Ref pour une éolienne de type Enercon E-101 / 3 MW. Chaque point correspond à la puissance électrique potentielle pendant une durée de 10 min [kW/10min] en fonction de l'angle.**

### 4.4. Prédiction énergétique à long terme pour Anémo Ref

La prédiction énergétique annuelle brute moyenne pour Anémo Ref est obtenue à partir de l'analyse des mesures issues de l'anémomètre de la station d'Assens calibrée à long terme avec la station SwissMetNet de Method. La prédiction atteint 4,12 GWh/an pour une Enercon E-101 / 3 MW (Tableau 6).

**Tableau 6 : Prédiction annuelle brute pour une E-101 / 3 MW à une hauteur de 60 m pour Anémo Ref.**

Modèle d'éolienne	Anémo Ref (60 m)		
	Est [GWh]	Ouest [GWh]	Total [GWh]
E-101 / 3 MW	1,57	2,55	4,12

## 5. Station de mesure anémométrique

### 5.1. Introduction

La station Anémo 1, au Mossel, a été montée sur un pylône à une hauteur de 20 m. La mesure est corrélée sur la période respective de mesure commune avec la station de référence Anémo Ref.

### 5.2. Vitesse moyenne et distribution du vent

La vitesse moyenne à long terme pour Anémo Ref atteint 4,6 m/s (chapitre 4.2). Le Tableau 7 confirme que les périodes de mesures offrent un potentiel énergétique légèrement en-dessous par rapport aux conditions de vent à long terme.

**Tableau 7 : Comparaison des vitesses moyennes pour les stations Anémo 1 avec la vitesse moyenne sur la période de mesure commune pour la station de référence Anémo Ref.**

Station	Anémo 1 (20 m)	Anémo Ref (60 m)
Vitesse moyenne [m/s]	3,3	4,3

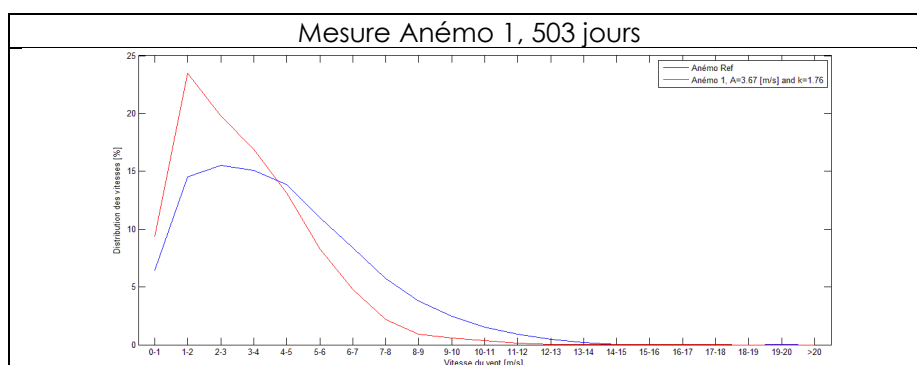
### 5.3. Comparaison des stations

Le Tableau 8 donne les coefficients de corrélation entre la station Anémo 1 et la station de référence Anémo Ref, pour la vitesse moyenne journalière.

**Tableau 8 : Coefficients de corrélation entre les mesures Anémo 1 et Anémo Ref.**

Coefficient de corrélation (R)	Vitesse moyenne journalière
Anémo 1 (20 m) vs Anémo Ref (60 m)	0.90

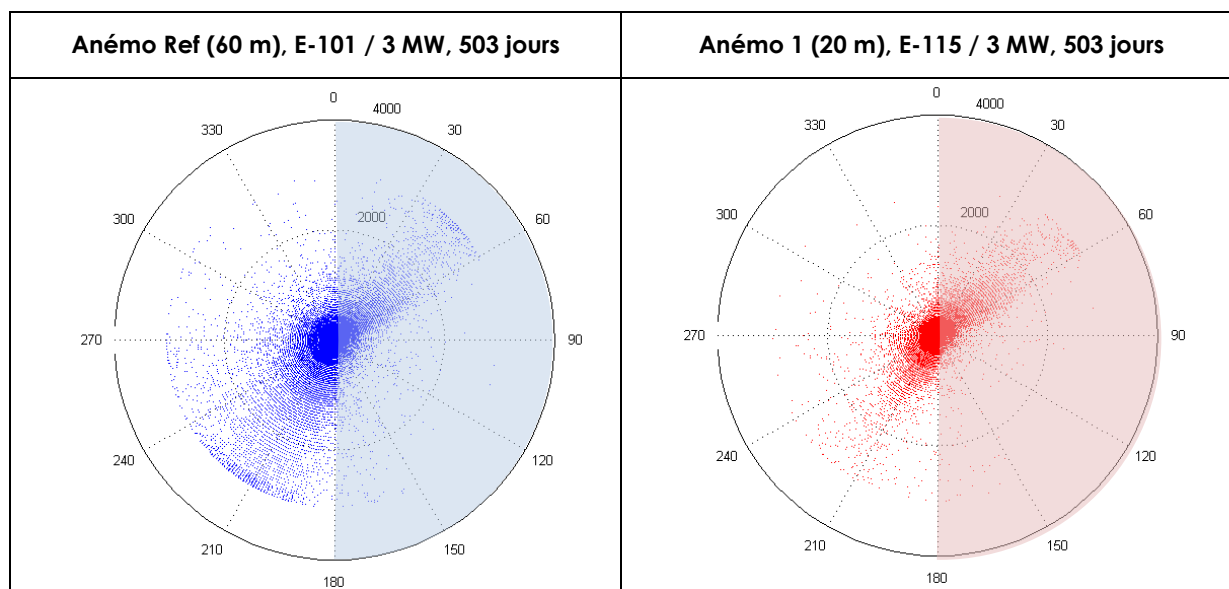
La Figure 4 montre la distribution du vent de la mesure Anémo 1. Les paramètres de Weibull de la distribution approchant au mieux la courbe de la mesure Anémo 1 sont  $A=3,67$  m/s et  $k=1,76$ .



**Figure 4 : Distribution des vitesses de vent pour les stations Anémo 1 (rouge) et comparaison avec la station de référence Anémo Ref sur la période de mesure commune.**

## 5.4. Roses énergétiques des vents

Les roses énergétiques des vents sont calculées pour une Enercon E-101 / 3 MW à partir des mesures Anémo Ref (60 m) et à partir des données Anémo 1 (20 m) pour une Enercon E-115 / 3 MW. Deux secteurs principaux se distinguent, un secteur ouest et un secteur est.



**Figure 5 : Roses énergétiques des vents pour la mesures Anémo Ref et Anémo 1 durant la période de mesure Anémo 1 (503 jours). Chaque point correspond à la puissance électrique potentielle pendant une durée de 10 min [kW/10min] en fonction de l'angle.**

## 5.5. Prévisions énergétiques annuelles brutes et nettes pour Anémo 1

La méthode de calcul repose sur les mêmes considérations que celles développées au chapitre 3. L'évaluation du potentiel éolien à long terme est donc calculé en prenant des productibles théoriques, suivant la formule :

$$W_{\text{Emplacement,long terme}} = W_{\text{Emplacement,mesure}} \cdot \frac{W_{\text{Référence,long terme}}}{W_{\text{Référence,mesure}}}$$

La détermination des prévisions énergétiques annuelles moyennes à l'emplacement de l'Anémo 1 se base sur une corrélation, durant la période de mesure considérée, avec la station de référence Anémo Ref. Les rapports énergétiques sectoriels calculés entre ces stations servent à déterminer la prévision à long terme pour l'emplacement de Anémo 1 (Tableau 15 et Tableau 16). Le rapport énergétique cumulé avec Anémo Ref montre une bonne stabilisation (Figure 10).

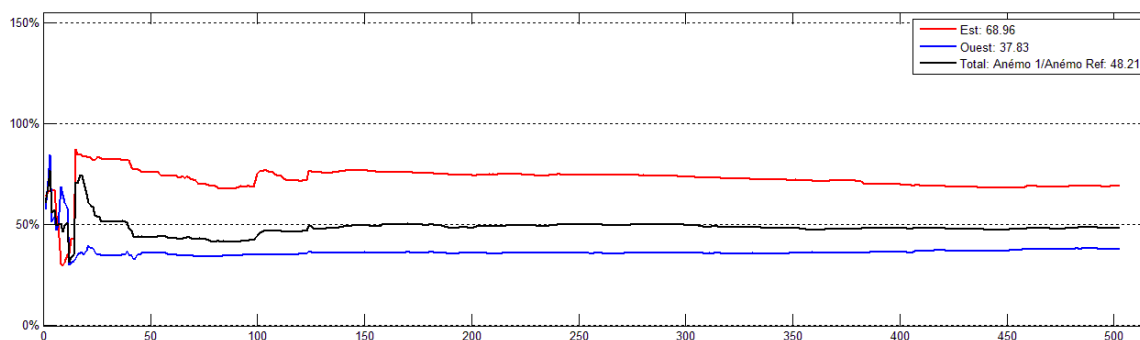


Figure 6 : Rapports énergétiques cumulés entre la mesure Anémo 1 à 20 m pour une E-115 / 3 MW et la station Anémo Ref pour une E-101 / 3 MW sur les deux secteurs considérés.

Tableau 9 : Potentiel énergétique théorique aux stations Anémo 1 et Anémo Ref sur la période de mesure Anémo 1 (735 jours). Pour Anémo Ref, les valeurs sont données à la hauteur de mesure, soit 60 m. Pour Anémo 1, ces valeurs sont celles de 20 m.

Modèle d'éolienne	Nb jours : 503	Est	Ouest	Total
E-115 / 3 MW	$W_{\text{Anémo 1, mesure}}$ [kWh]	857'400	940'100	1'797'500
E-101 / 3 MW	$W_{\text{Anémo Ref, période Anémo 1}}$ [kWh]	1'243'200	2'485'200	3'728'400

Tableau 10 : Rapports énergétiques par secteur entre la mesure Anémo 1 et Anémo Ref.

Rapport énergétique	Est	Ouest	Total
$\frac{W_{\text{Anémo 1, mesure}}}{W_{\text{Anémo Ref, période Anémo 1}}}$	69,0 %	37,8 %	48,2 %

Pour une Enercon E-115 / 3 MW, il vient :

Pour le secteur Est :  $W_{\text{Anémo 1, long terme}} = 1,57 \text{ GWh/an} \cdot 69,0 \% = 1,08 \text{ GWh/an}$

Pour le secteur Ouest :  $W_{\text{Anémo 1, long terme}} = 2,55 \text{ GWh/an} \cdot 37,8 \% = 0,96 \text{ GWh/an}$

Prévision brute totale :  $1,08 \text{ GWh/an} + 0,96 \text{ GWh/an} = 2,04 \text{ GWh/an}$

Prévision nette totale :  $2,04 \text{ GWh/an} \times 95 \% \times 98 \% = \mathbf{1,90 \text{ GWh/an}}$

## 6. Station de mesure SODAR

### 6.1. Introduction

Les mesures de la station SODAR ont été réalisées à l'aide d'un SODAR de dernière génération du fabricant Scintec AG. Ces mesures sont corrélées sur leurs périodes respectives de mesure avec la station Anémo 1, représentative des conditions de vent rencontrées sur le site du parc éolien.

### 6.2. Vitesses moyennes

La vitesse moyenne a été calculée grâce aux données récoltées durant la campagne de mesure, et ceci pour différentes hauteurs. Elle est comparée avec celle de l'anémomètre de référence à moyen terme Anémo 1 (Tableau 11).

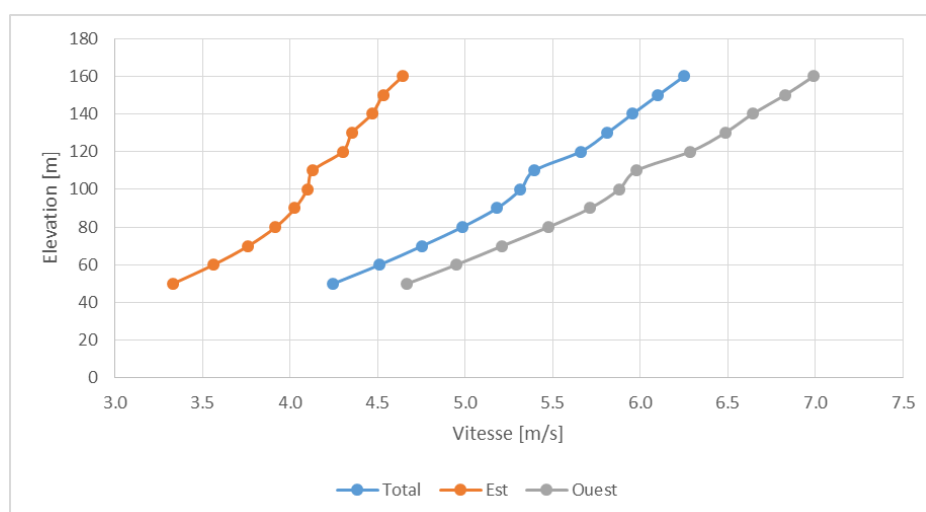
**Tableau 11 : Comparaison des vitesses moyennes pour 3 hauteurs distinctes sur les 133 jours de la mesure SODAR avec la vitesse moyenne sur la même période à Anémo 1.**

Station	SODAR (50 m)	SODAR (100 m)	SODAR (150 m)	Anémo 1 (20 m)
Vitesse moyenne [m/s]	4,2	5,3	6,1	3,3

### 6.3. Profils de vent

La Figure 7 montre le cisaillement du vent issu de la mesure SODAR entre 50 m et 170 m de hauteur pour les deux secteurs. Seules les mesures présentant des profils complets ont été retenues. Le profil de vent indique qu'il y a une nette augmentation de la vitesse du vent avec la hauteur.

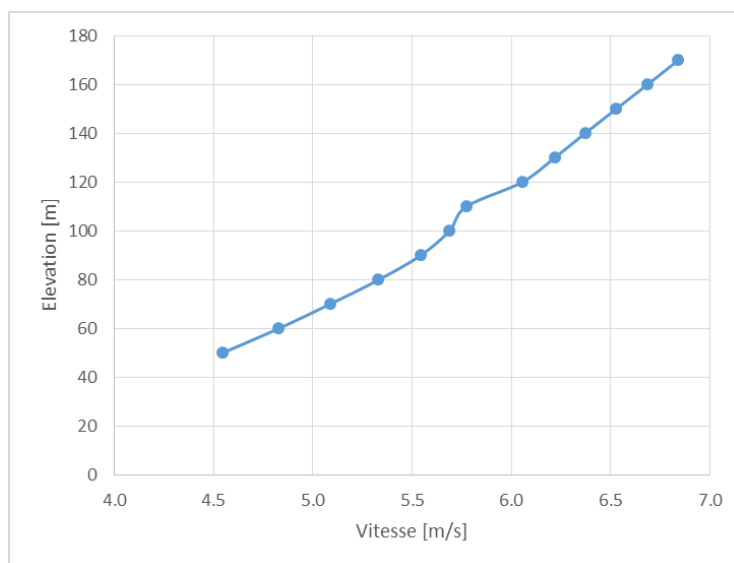
Le Tableau 12 donne une estimation du profil de vent moyen à long terme pour l'emplacement de la mesure SODAR.



**Figure 7 : Cisaillement du vent pour la mesure SODAR (133 jours, 60 % des données).**

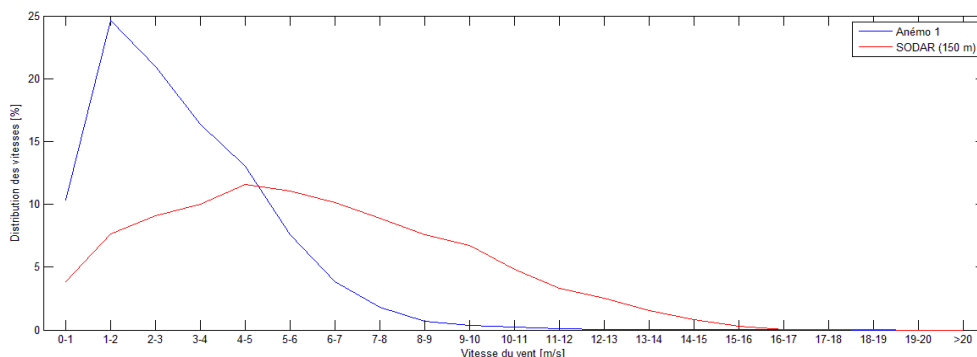
**Tableau 12 : Vitesses moyennes à long terme pour l'emplacement de la mesure SODAR. Valeurs estimées à partir des mesures sur le site calibrées avec Anémo 1.**

Élévation [m]	Vitesses LT [m/s]
50	4,5
70	5,1
80	5,3
90	5,5
100	5,7
110	5,8
120	6,1
130	6,2
140	6,4
150	6,5
160	6,7
170	6,8



#### 6.4. Comparaison des stations

La Figure 8 représente la distribution des vitesses de vent issue de la mesure SODAR à 150 m, ainsi que, pour la même période respective, de la mesure Anémo 1. Les paramètres de Weibull de la distribution approchant au mieux la courbe de la mesure SODAR à 150 m sont  $A=6,8$  m/s et  $k=1,87$ . L'annexe 2 en offre une vision graphique.



**Figure 8 : Distribution des vitesses de vent pour les stations SODAR (150 m) et Anémo 1 sur la période de mesure (133 jours).**

**Tableau 13 : Facteur d'échelle ( $A$ )<sup>2</sup> et de forme ( $k$ )<sup>3</sup> pour une distribution de Weibull approchant au mieux la distribution de la mesure.**

Période de mesure	A	k
SODAR (150 m), 133 jours	6,8	1,87

<sup>2</sup> A est le facteur d'échelle de Weibull exprimé en m/s; il permet d'exprimer la chronologie d'une vitesse caractéristique. A est proportionnel à la vitesse moyenne du vent.

<sup>3</sup> k est le facteur de forme de Weibull. Il donne la forme de la distribution et accepte une valeur de 1 à 3. Une valeur plus faible impliquerait un vent très variable alors qu'un vent constant impliquerait une valeur k plus élevée.

La corrélation entre la station Anémo 1 et la station SODAR à 150 m est bonne. Anémo 1 constitue par conséquent une bonne référence pour la réalisation de prévisions énergétiques. Le Tableau 14 donne le coefficient de corrélation entre les différentes stations pour les vitesses moyennes journalières.

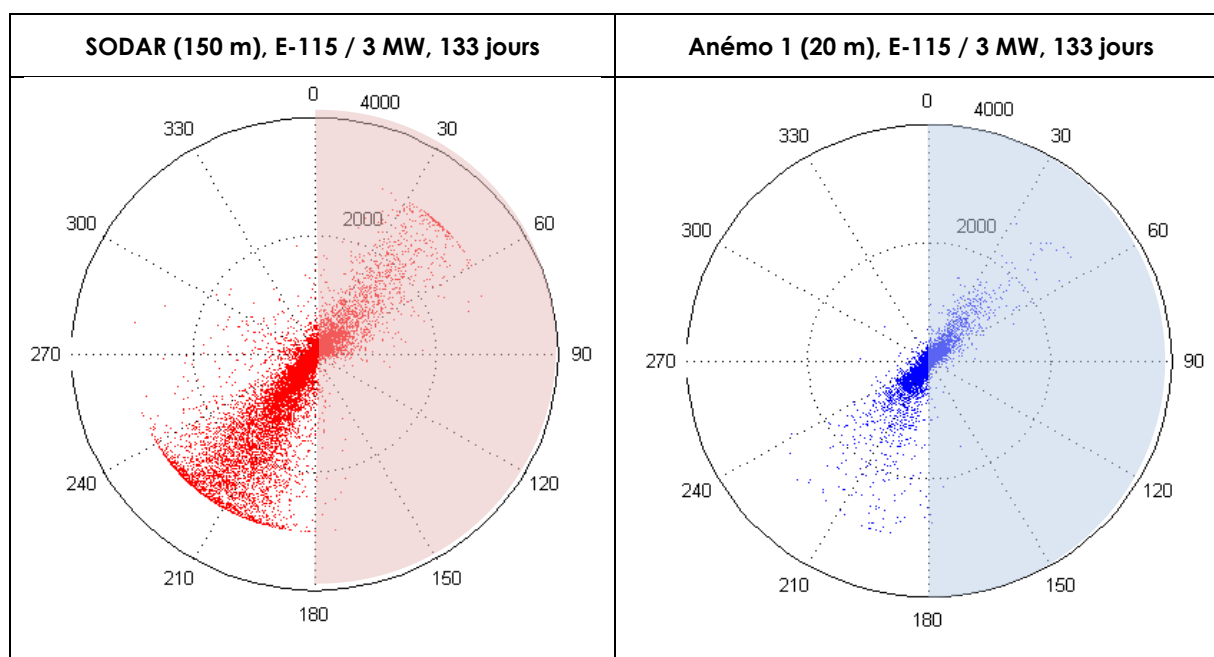
**Tableau 14 : Coefficients de corrélation entre la mesure SODAR et Anémo 1 sur leurs périodes de mesure respectives.**

Coefficient de corrélation (R)	Vitesse moyenne journalière
SODAR (150 m) vs Anémo 1	0.89

### 6.5. Roses énergétiques des vents

Les roses énergétiques des vents sont calculées pour une Enercon E-115 / 3 MW (150 m) à partir des mesures SODAR et pour une E-115 / 3 MW à partir des données Anémo 1 (20 m).

Deux secteurs se distinguent dans la Figure 3: le secteur ouest (180-360°) et le secteur est (0°-180°).



**Figure 9 : Roses énergétiques des vents pour la mesures SODAR et Anémo 1 durant la période de mesure SODAR (133 jours). Chaque point correspond à la puissance électrique potentielle pendant une durée de 10 min [kW/10min] en fonction de l'angle.**

## 6.6. Prévisions énergétiques annuelles brutes et nettes

La méthode de calcul repose sur les mêmes considérations que celles développées au chapitre 3. L'évaluation du potentiel éolien à long terme est donc calculé en prenant des productibles théoriques, suivant la formule :

$$W_{\text{Emplacement,long terme}} = W_{\text{Emplacement,mesure}} \cdot \frac{W_{\text{Référence,long terme}}}{W_{\text{Référence,mesure}}}$$

La détermination des prévisions énergétiques annuelles moyennes à l'emplacement du SODAR se base sur une corrélation, durant la période de mesure considérée, avec la station de référence Anémo 1. Les rapports énergétiques sectoriels calculés entre ces stations servent à déterminer la prévision à long terme pour l'emplacement du SODAR (Tableau 15 et Tableau 16). Le rapport énergétique cumulé avec Anémo 1 montre une bonne stabilisation (Figure 10).

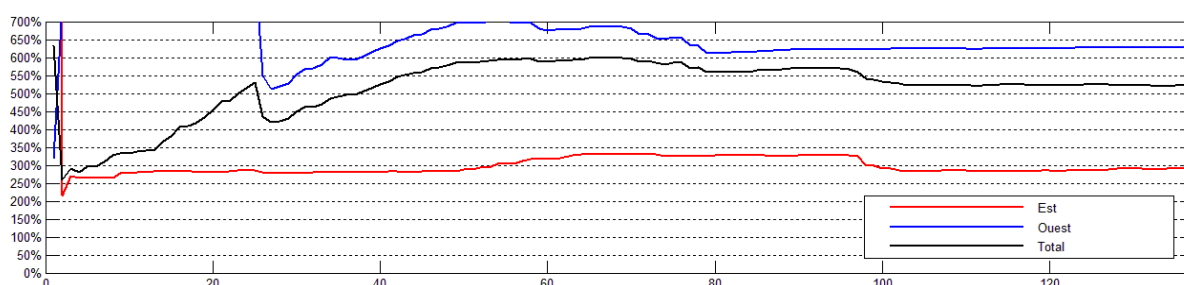


Figure 10 : Rapports énergétiques cumulés entre la mesure SODAR à 150 m pour une E-115 / 3 MW et la station Anémo 1 pour une E-115 / 3 MW sur les deux secteurs considérés.

Tableau 15 : Potentiel énergétique théorique aux stations SODAR et Anémo 1 sur la période de mesure SODAR (133 jours). Pour Anémo 1, les valeurs sont données à la hauteur de mesure, soit 20 m. Pour SODAR, ces valeurs sont celles de 150 m.

Modèle d'éolienne	Nb jours : 133	Est	Ouest	Total
E-115 / 3 MW	$W_{\text{SODAR (150 m),mesure}}$ [kWh]	386'500	1'798'400	2'184'900
E-115 / 3 MW	$W_{\text{Anémo 1,période SODAR}}$ [kWh]	133'300	285'800	419'200

Tableau 16 : Rapports énergétiques par secteur entre la mesure SODAR et Anémo 1.

Rapport énergétique	Est	Ouest	Total
$\frac{W_{\text{SODAR (150 m),mesure}}}{W_{\text{Anémo 1,période SODAR}}}$	289,9 %	629,1 %	521,2 %

Pour une Enercon E-115 / 3 MW (150 m) il vient :

Pour le secteur Est :  $W_{SODAR (150\text{ m}),long\ terme} = 1,08\text{ GWh/an} \cdot 289,9\% = 3,13\text{ GWh/an}$

Pour le secteur Ouest :  $W_{SODAR (150\text{ m}),long\ terme} = 0,96\text{ GWh/an} \cdot 629,1\% = 6,04\text{ GWh/an}$

Prévision brute totale :  $3,13\text{ GWh/an} + 6,04\text{ GWh/an} = 9,17\text{ GWh/an}$

Prévision nette totale :  $9,17\text{ GWh/an} \times 95\% \times 98\% = 8,54\text{ GWh/an}^4$

Du fait que la durée de la mesure SODAR était de trois mois, une marge de sécurité de 10 % est ajoutée à la prévision. La prévision nette totale est donc de **7,69 GWh/an**.

De même, on obtient les prévisions nettes suivantes :

Enercon E-115 / 3 MW (100 m): **5,57 GWh/an**

Enercon E-115 / 3 MW (135 m): **7,19 GWh/an**

Enercon E-101 / 3 MW (150 m): **6,61 GWh/an**

Enercon E-115 / 2,5 MW (150 m): **7,16 GWh/an**

#### Remarque

La prévision énergétique est très bonne. Le facteur de charge correspondant atteint 29 % pour le modèle Enercon E-115 / 3 MW sur le mât de 150 m soit quelques 2'500 heures équivalentes.

---

<sup>4</sup> La prévision nette totale comprend les pertes dues à la disponibilité de l'éolienne (5 %), aux pertes liées au transport et à la transformation du courant (2 %).


## 7. Conclusions

La vitesse moyenne sur le site est estimée à environ **6,5 m/s** à 150 m de hauteur. Le potentiel éolien et les conditions de vent sont très bons pour l'exploitation de l'énergie éolienne. Les prévisions laissent présager une production énergétique pour une Enercon E-115 / 3 MW (150 m) de l'ordre de **7,7 GWh** net par année à long terme. Le facteur de charge correspondant atteint environ 29 % soit plus de 2'500 heures équivalentes par année.

Afin de diminuer l'erreur de la prévision et en tenant compte du montant d'investissement élevé, nous recommandons une mesure additionnelle d'une durée minimale de 6 mois.

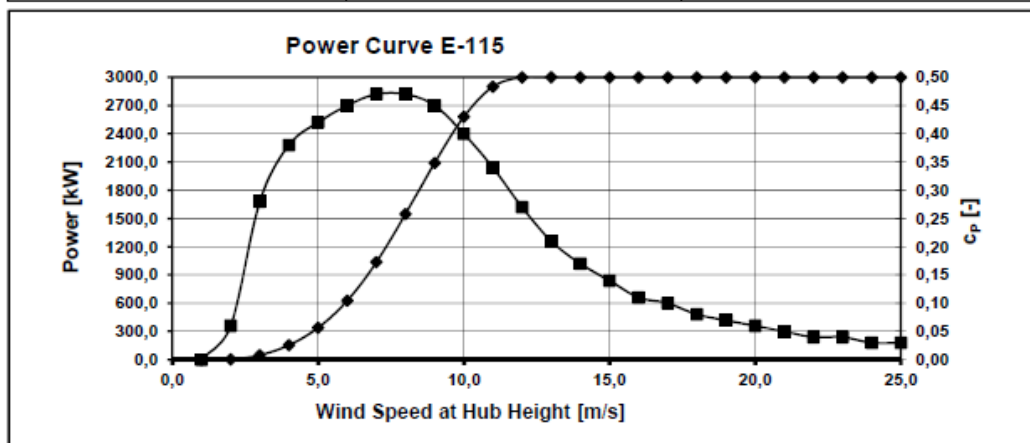
Le bureau KohleNusbaumer SA confirme par la présente avoir exécuté son mandat selon ses meilleures connaissances et sur la base de l'état actuel des connaissances. Concernant la prévision énergétique, des risques résiduels ne peuvent être complètement exclus. Ces risques non négligeables pourraient être dus en particulier à la méthode de mesure et aux éventuels changements climatiques pouvant apparaître.

## Annexe 1 – Courbe de puissance E-115 / 3 MW

	Power Curve ENERCON E-115 3.0 MW
---	----------------------------------

Rated Power Output: 3.000 kW  
 Status: calculated powercurve (Vers. 1.0 / 21.06.2013 / D0266588-0)  
 Standard Air Density: 1,225 kg/m³

Wind Speed Hub Height v [m/s]	Power P [kW]	Power Coefficient Cp[-]
1,0	0,0	0,00
2,0	3,0	0,06
3,0	48,5	0,28
4,0	155,0	0,38
5,0	339,0	0,42
6,0	627,5	0,45
7,0	1.035,5	0,47
8,0	1.549,0	0,47
9,0	2.090,0	0,45
10,0	2.580,0	0,40
11,0	2.900,0	0,34
12,0	3.000,0	0,27
13,0	3.000,0	0,21
14,0	3.000,0	0,17
15,0	3.000,0	0,14
16,0	3.000,0	0,11
17,0	3.000,0	0,10
18,0	3.000,0	0,08
19,0	3.000,0	0,07
20,0	3.000,0	0,06
21,0	3.000,0	0,05
22,0	3.000,0	0,04
23,0	3.000,0	0,04
24,0	3.000,0	0,03
25,0	3.000,0	0,03



**Document information:**

Author/date: CN/ 26.06.13  
 Department: SIA5  
 Approved/date: KP/ 26.06.13

© Copyright ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten

Translator/date:  
 Revisor/date:

Reference: Power Curve E115 3.0MW calculated Vers 1\_0

## Annexe 2 – Vitesse moyenne et potentiel journalier : SODAR, E-115 / 3 MW (150 m) et Anémo 1, E-115 / 3 MW (20 m), 133 jours

