

From: **Laurent Scacchi** <laurent.scacchi@greenwatt.ch>  
'Emmanuel Jaquier' <emmanuel.jaquier@websud.ch>; 'Heinz Krattinger'  
<krattingerh@romont.ch>; **Portner Christoph**  
<Christoph.Portner@martitechnik.com>; 'Juliette Tardent'  
<j.tardent@bluewin.ch>; 'Régis Magnin' <regism@bluewin.ch>;  
'decotterdr@romont.ch' <decotterdr@romont.ch>; 'André Repond'  
<andre.repond@framo.ch>; 'jcbongard@bluewin.ch' <jcbongard@bluewin.ch>;  
'Olivier Volkart' <ol.volkart@bluewin.ch>; 'o.fontaine@bluewin.ch'  
To: <'o.fontaine@bluewin.ch'>; 'georges.debois@bluewin.ch'  
<'georges.debois@bluewin.ch'>; 'pascale.pahud@la-verrierie.ch'  
<'pascale.pahud@la-verrierie.ch'>; 'jean.gillard@sbb.ch' <jean.gillard@sbb.ch>;  
'christian.pittet@celsius.ch' <christian.pittet@celsius.ch>; 'jb.chassot@frec.ch'  
<jb.chassot@frec.ch>; 'Willy Schorderet' <Willy.Schorderet@fr.ch>; 'Michel  
**Chevalley**' <michel.chevalley@fr.ch>; 'Alexandra Buechler'  
<alexandra.buechler@rgv.ch>; **Jean-Michel Bonvin** <jean-  
michel.bonvin@greenwatt.ch>; 'Girard jean-François' <jf.girard@bluewin.ch>  
Subject: Confidentiel: Potentiel développement éolien "Veveyse" et "Glâne-Sud" : envoi  
documents  
Date: 08.02.2016 14:14:32 (+0000)  
Attachments: 2016-02-04 Présentation GlâneSud-Veveyse.pdf (22 pages),  
VentRemaufens\_20151110.pdf (16 pages), RapportVent\_SODAR Glâne Sud  
20140429.pdf (21 pages), 2015\_11\_23 GLS Rapport Vent Tossaire.pdf (17 pages)

Confidentiel

Bonjour Mesdames et Messieurs,

Comme convenu, je vous envoie la présentation d'hier soir et les 3 mesures de vent SODAR dont nous avons parlés (Remaufens, Glâne-Sud Les Ecasseys et Le Flon). Veuillez, svp, ne pas les faire circuler. Intentionnellement, on ne met pas en copie vos administrations pour vous laisser le choix de les leur transmettre ou non et ainsi les avoir en classement communal ou non. On est et on veut être transparent, mais on ne souhaite pas se faire fouetter avec notre matériel. Merci pour votre compréhension.

Je n'avais pas toutes les adresses emails des participants, veuillez, svp, leur transmettre cet email. Merci.

Encore une fois, nous vous remercions pour votre participation active.

Avec nos meilleures salutations

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

**Adresse de correspondance :** nouveau depuis le 01.07.2015 !!!  
**Groupe E Greenwatt SA**  
Route de Chantemerle 1  
1763 Granges-Paccot  
T +41 26 467 70 65  
M +41 76 556 24 65

**Adresse de facturation :**  
**Groupe E Greenwatt SA**  
Case postale 1546  
1211 Genève 26

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



*En 2015, nous fêtons plus de 100 ans d'énergie  
2015 feiern wir mehr als 100 Jahre Energie*

[www.groupe-e.ch](http://www.groupe-e.ch)

---

**De :** Laurent Scacchi

**Envoyé :** vendredi 15 janvier 2016 09:01

**À :** Emmanuel Jaquier (emmanuel.jaquier@websud.ch) <emmanuel.jaquier@websud.ch>; Heinz Krattinger (krattingerh@romont.ch) <krattingerh@romont.ch>; Christoph Portner (Christoph.Portner@martitechnik.ch) <Christoph.Portner@martitechnik.ch>; Juliette Tardent (j.tardent@bluewin.ch) <j.tardent@bluewin.ch>; Régis Magnin (regism@bluewin.ch) <regism@bluewin.ch>; decotterdr@romont.ch; Jean-Noël Gendre (jngendre@bluewin.ch) <jngendre@bluewin.ch>; 'André Repond (andre.repond@framo.ch)' <andre.repond@framo.ch>; jcbongard@bluewin.ch; Raymond Dévaud (raymond.devaud@vtxnet.ch) <raymond.devaud@vtxnet.ch>; Bertrand Guillaume (guillaumeb@romont.ch) <guillaumeb@romont.ch>; 'Olivier Volkart' <ol.volkart@bluewin.ch>; 'o.fontaine@bluewin.ch'; 'georges.debois@bluewin.ch'; 'pascale.pahud@la-verrierie.ch'; jean.gillard@sbb.ch

**Cc :** commune@siviriez.ch; commune@romont.ch; commune@billens-hennens.ch; admin@vuisternens-devant-romont.ch; commune@ursy.ch; 'administration@remaufens.ch'; 'commune@saint-martin-fr.ch'; 'commune@laverrierie.ch'; 'commune@leflon.ch'; Alexandra Buechler (alexandra.buechler@rgv.ch) <alexandra.buechler@rgv.ch>; Willy Schorderet (Willy.Schorderet@fr.ch) <Willy.Schorderet@fr.ch>; Michel Chevalley (michel.chevalley@fr.ch) <michel.chevalley@fr.ch>

**Objet :** Confirmation lieu et rappel séance du 4.2.2016 de 18:00 à 20:00 : Potentiel développement éolien "Veveyse" et "Glâne-Sud" : prochaine rencontre pour suite et pistes

**Importance :** Haute

Bonjour Mesdames et Messieurs,

Nous vous reconfirmons la prochaine séance du 4.2.2016. Celle-ci aura lieu dans la salle au 1<sup>er</sup> étage du restaurant le Cercle à Vuisternens-devant-Romont de 18h00 à 20h00. Un apéro dinatoire sera servi après la séance.

A des fins d'organisations de la salle et de l'apéro dinatoire, veuillez, svp, me confirmer votre participation et si vous venez accompagner d'une ou de plusieurs personnes de votre Conseil communal.

J'ai parlé de cette séance à MM les Préfets et à Mme Buechler Manager régional RGV.

Nous aimerions échanger avec vous la suite des réflexions éoliennes dans votre région et son processus au niveau des services de l'Etat. Egalement, nous aimerions aussi vous soumettre quelques pistes pour gérer la communication et d'éventuelles contestations émotionnelles.

Nous nous réjouissons de vous rencontrer à nouveau.

Avec nos meilleures salutations et nous vous présentons encore tous nos meilleurs vœux pour 2016.

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

**Adresse de correspondance :** nouveau depuis le 01.07.2015 !!!  
**Groupe E Greenwatt SA**

Route de Chantemerle 1  
1763 Granges-Paccot  
T +41 26 467 70 65  
M +41 76 556 24 65

**Adresse de facturation :**  
**Groupe E Greenwatt SA**  
Case postale 1546  
1211 Genève 26

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



*En 2015, nous fêtons plus de 100 ans d'énergie  
2015 feiern wir mehr als 100 Jahre Energie*

[www.groupe-e.ch](http://www.groupe-e.ch)

---

**De :** Laurent Scacchi

**Envoyé :** mardi 8 décembre 2015 15:13

**À :** Emmanuel Jaquier ([emmanuel.jaquier@websud.ch](mailto:emmanuel.jaquier@websud.ch)) <[emmanuel.jaquier@websud.ch](mailto:emmanuel.jaquier@websud.ch)>; Heinz Krattinger ([krattingerh@romont.ch](mailto:krattingerh@romont.ch)) <[krattingerh@romont.ch](mailto:krattingerh@romont.ch)>; Christoph Portner ([Christoph.Portner@martitechnik.ch](mailto:Christoph.Portner@martitechnik.ch)) <[Christoph.Portner@martitechnik.ch](mailto:Christoph.Portner@martitechnik.ch)>; Juliette Tardent ([j.tardent@bluewin.ch](mailto:j.tardent@bluewin.ch)) <[j.tardent@bluewin.ch](mailto:j.tardent@bluewin.ch)>; Régis Magnin ([regism@bluewin.ch](mailto:regism@bluewin.ch)) <[regism@bluewin.ch](mailto:regism@bluewin.ch)>; decotterdr@romont.ch; Jean-Noël Gendre ([jngendre@bluewin.ch](mailto:jngendre@bluewin.ch)) <[jngendre@bluewin.ch](mailto:jngendre@bluewin.ch)>; André Repond ([andre.repond@framo.ch](mailto:andre.repond@framo.ch)) <[andre.repond@framo.ch](mailto:andre.repond@framo.ch)>; jcbongard@bluewin.ch; Raymond Dévaud ([raymond.devaud@vtxnet.ch](mailto:raymond.devaud@vtxnet.ch)) <[raymond.devaud@vtxnet.ch](mailto:raymond.devaud@vtxnet.ch)>; Bertrand Guillaume ([guillaumeb@romont.ch](mailto:guillaumeb@romont.ch)) <[guillaumeb@romont.ch](mailto:guillaumeb@romont.ch)>; 'Olivier Volkart' <[ol.volkart@bluewin.ch](mailto:ol.volkart@bluewin.ch)>; 'o.fontaine@bluewin.ch'; 'georges.debois@bluewin.ch'; 'pascal.pahud@la-verrierie.ch'; [jean.gillard@sbb.ch](mailto:jean.gillard@sbb.ch)

**Cc :** [commune@siviriez.ch](mailto:commune@siviriez.ch); [commune@romont.ch](mailto:commune@romont.ch); [commune@billens-hennens.ch](mailto:commune@billens-hennens.ch); [admin@vuisternens-devant-romont.ch](mailto:admin@vuisternens-devant-romont.ch); [commune@ursy.ch](mailto:commune@ursy.ch); 'administration@remaufens.ch'; 'commune@saint-martin-fr.ch'; 'commune@laverrerie.ch'; 'commune@leflon.ch'

**Objet :** 4.2.2016 de 18:00 à 20:00 : Potentiel développement éolien "Veveyse" et "Glâne-Sud" : prochaine rencontre pour suite et pistes

**Importance :** Haute

Bonsoir Mesdames et Messieurs,

La date de la prochaine rencontre sera le jeudi 4 février 2016 de 18h00 à 20h00. Nous informerons les personnes qui ne pourront pas être présentes ce soir-là. Le lieu de la rencontre est encore à définir. Nous vous le communiquerons dès que possible.

Veuillez, svp, déjà réserver la date et l'heure.

Nous vous adressons d'ores et déjà tous nos meilleurs vœux pour les fêtes de fin d'année  
Avec nos meilleures salutations

**Laurent Scacchi**  
Chargé d'affaires éolien

**Adresse de correspondance :** nouveau depuis le 01.07.2015 !!!  
**Groupe E Greenwatt SA**

Route de Chantemerle 1  
1763 Granges-Paccot  
T +41 26 467 70 65  
M +41 76 556 24 65

**Adresse de facturation :**  
**Groupe E Greenwatt SA**  
Case postale 1546  
1211 Genève 26

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



*En 2015, nous fêtons plus de 100 ans d'énergie  
2015 feiern wir mehr als 100 Jahre Energie*

[www.groupe-e.ch](http://www.groupe-e.ch)

---

**De :** Laurent Scacchi

**Envoyé :** jeudi 12 novembre 2015 17:51

**À :** Emmanuel Jaquier ([emmanuel.jaquier@websud.ch](mailto:emmanuel.jaquier@websud.ch)) <[emmanuel.jaquier@websud.ch](mailto:emmanuel.jaquier@websud.ch)>; Heinz Krattinger ([krattingerh@romont.ch](mailto:krattingerh@romont.ch)) <[krattingerh@romont.ch](mailto:krattingerh@romont.ch)>; Christoph Portner ([Christoph.Portner@martitechnik.ch](mailto:Christoph.Portner@martitechnik.ch)) <[Christoph.Portner@martitechnik.ch](mailto:Christoph.Portner@martitechnik.ch)>; Juliette Tardent ([j.tardent@bluewin.ch](mailto:j.tardent@bluewin.ch)) <[j.tardent@bluewin.ch](mailto:j.tardent@bluewin.ch)>; Régis Magnin ([regism@bluewin.ch](mailto:regism@bluewin.ch)) <[regism@bluewin.ch](mailto:regism@bluewin.ch)>; decotterdr@romont.ch; Jean-Noël Gendre ([jngendre@bluewin.ch](mailto:jngendre@bluewin.ch)) <[jngendre@bluewin.ch](mailto:jngendre@bluewin.ch)>; André Repond ([andre.repond@framo.ch](mailto:andre.repond@framo.ch)) <[andre.repond@framo.ch](mailto:andre.repond@framo.ch)>; jcbongard@bluewin.ch; Raymond Dévaud ([raymond.devaud@vtxnet.ch](mailto:raymond.devaud@vtxnet.ch)) <[raymond.devaud@vtxnet.ch](mailto:raymond.devaud@vtxnet.ch)>; Bertrand Guillaume ([guillaumeb@romont.ch](mailto:guillaumeb@romont.ch)) <[guillaumeb@romont.ch](mailto:guillaumeb@romont.ch)>; 'Olivier Volkart' <[ol.volkart@bluewin.ch](mailto:ol.volkart@bluewin.ch)>; 'o.fontaine@bluewin.ch'; 'georges.debois@bluewin.ch'; 'pascal.pahud@la-verrierie.ch'; [jean.gillard@sbb.ch](mailto:jean.gillard@sbb.ch)

**Cc :** [commune@siviriez.ch](mailto:commune@siviriez.ch); [commune@romont.ch](mailto:commune@romont.ch); [commune@billens-hennens.ch](mailto:commune@billens-hennens.ch); [admin@vuisternens-devant-romont.ch](mailto:admin@vuisternens-devant-romont.ch); [commune@ursy.ch](mailto:commune@ursy.ch); 'administration@remaufens.ch'; 'commune@saint-martin-fr.ch'; 'commune@laverrerie.ch'; 'commune@leflon.ch'; Jean-Michel Bonvin <[jean-michel.bonvin@greenwatt.ch](mailto:jean-michel.bonvin@greenwatt.ch)>

**Objet :** Potentiel développement éolien "Veveyse" et "Glâne-Sud" : prochaine rencontre pour suite et pistes  
**Importance :** Haute

Mesdames, Messieurs,

La planification du nouveau concept éolien FR va encore un peu durer.

Toutefois, tout indique que le potentiel éolien dans le périmètre "Glâne-Sud" et "Veveyse" est très prometteur. Nous terminons deux nouvelles mesures SODAR à Bouloz et à Remaufens. Nous aurons bientôt les résultats.

Afin que vos Conseils communaux (et donc ensuite votre population lors d'un vote) puissiez garder tous vos atouts dans votre jeu, il faut éviter une incompréhension de votre population au mauvais moment (par exemple le cas de Le Flon) qui entraîne une opposition totalement infondée et incontrôlable. Ca peut entraîner un faux départ fatal.

Dès lors, nous vous proposons de nous réunir pour évoquer la suite pour construire ensemble un projet et pour réfléchir à des pistes pour y parvenir.

Les derniers votes dans le Jura bernois (Plateau de Diesse OUI à 82% ou Sonvilier OUI à 75% ) montrent clairement que la population est prête à suivre ses autorités communales si un projet est bien ficelé et répond aux attentes spécifiques locales.

Veillez, svp, répondre au sondage en ligne pour trouver une date jusqu'au lundi 30 novembre 2015.  
Voici le lien vers votre sondage : <http://doodle.com/poll/fvsxyd39ua97qkny>

Nous cherchons alors le meilleur lieu pour tous nous retrouver.  
Malgré que cette séance aurait été encore plus profitable de la faire le plus vite possible, on a décidé de l'agender en janvier 2016 par rapport à vos agendas communaux très chargés avec budget et assemblée, etc.

Nous restons à votre disposition pour toutes actions et pour répondre à toutes vos questions.

Avec nos meilleures salutations

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

**Adresse de correspondance :** nouveau depuis le 01.07.2015 !!!

**Groupe E Greenwatt SA**  
Route de Chantemerle 1  
1763 Granges-Paccot  
T +41 26 467 70 65  
M +41 76 556 24 65

**Adresse de facturation :**  
**Groupe E Greenwatt SA**  
Case postale 1546  
1211 Genève 26

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



*En 2015, nous fêtons plus de 100 ans d'énergie  
2015 feiern wir mehr als 100 Jahre Energie*

[www.groupe-e.ch](http://www.groupe-e.ch)



Billens-Hennens



Romont



Siviliez



Ursy



Vuisternens-dt-Romont



La Verrerie



Le Flon



Remaufens



St-Martin



# DEVELOPPEMENT EOLIEN

## «GLÂNE-SUD» & «VEVEYSE»

### SUITE ET PISTES POSSIBLES

**Groupe E Greenwatt SA**

**Jean-Michel Bonvin**

Directeur

079 628 6079

[jean-michel.bonvin@greenwatt.ch](mailto:jean-michel.bonvin@greenwatt.ch)

**Laurent Scacchi**

Chargé d'affaires éolien

076 556 2465

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

# Ordre du jour

- ✚ Bienvenue et présentation des participants (10')
- ✚ Situation actuelle du développement éolien dans le Canton de Fribourg (5')
- ✚ Nouveau concept éolien fribourgeois (15')
  - ✚ Les déclencheurs de cette nouvelle réflexion éolienne
  - ✚ Mise en place d'un groupe de travail et son calendrier
  - ✚ Les potentiels en discussion et en études préliminaires
  - ✚ Les différents acteurs qui développent des projets éoliens dans le Canton de Fribourg
  - ✚ 1 nouveau concept : 2 pistes possibles
- ✚ Communications et intégration de votre population (10')
- ✚ Questions et suite
- ✚ Apéro dinatoire

# Ordre du jour

- ✚ Bienvenue et présentation des participants (10')
- ✚ Situation actuelle du développement éolien dans le Canton de Fribourg (5')
- ✚ Nouveau concept éolien fribourgeois (15')
  - ✚ Les déclencheurs de cette nouvelle réflexion éolienne
  - ✚ Mise en place d'un groupe de travail et son calendrier
  - ✚ Les potentiels en discussion et en études préliminaires
  - ✚ Les différents acteurs qui développent des projets éoliens dans le Canton de Fribourg
  - ✚ 1 nouveau concept : 2 pistes possibles
- ✚ Communications et intégration de votre population (10')
- ✚ Questions et suite
- ✚ Apéro dinatoire

# Mots de bienvenue et présentation des participants

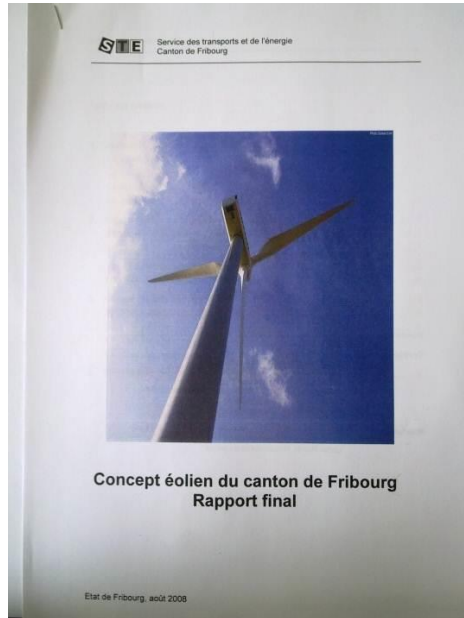
- Toutes les communes invitées ont répondu positivement et ont envoyé une délégation.
- La corporation forestière Glâne Farzin est également représentée.
- MM les Préfets de la Glâne et de la Veveyse sont représentés par Région Glâne-Veveyse.
- Merci à tous pour votre participation ce soir à Vuisternens-devant-Romont.

# Ordre du jour

- ✚ Bienvenue et présentation des participants (10')
- ✚ Situation actuelle du développement éolien dans le Canton de Fribourg (5')
- ✚ Nouveau concept éolien fribourgeois (15')
  - ✚ Les déclencheurs de cette nouvelle réflexion éolienne
  - ✚ Mise en place d'un groupe de travail et son calendrier
  - ✚ Les potentiels en discussion et en études préliminaires
  - ✚ Les différents acteurs qui développent des projets éoliens dans le Canton de Fribourg
  - ✚ 1 nouveau concept : 2 pistes possibles
- ✚ Communications et intégration de votre population (10')
- ✚ Questions et suite
- ✚ Apéro dinatoire

# Situation actuelle du développement éolien dans le Ct FR

Depuis 2008, le canton de Fribourg a finalisé un concept éolien qui est validé dans son plan directeur.



- Sites favorables: Schwyberg + Les Paccots 1-2-3.
- Sites à étudier: Le Cousimbert/La Berra + Les Merlas + La Geissalp + Galmiz + Les Plannes (Semsales) + Euschelspass
- Sites non appropriés: Niremونت + Aettenberg
- Sites non mentionnés
- Le site du Schwyberg est bloqué par des oppositions depuis juin 2009. Actuellement, on attend la décision du TF. La réponse du TF va fortement décider sur le possible développements de sites dans les Préalpes.
- En études : Les Plannes, Les Paccots et Le Cousimbert/La Berra.
- Tous les autres sites mentionnés sont inaptes et ont été abandonnés.

FR en chiffres : Conso : 1800 GWh, prod : 600 GWh → taux auto-prod : ~30%

→ avec potentiel éolien 2016 +15%

# Ordre du jour

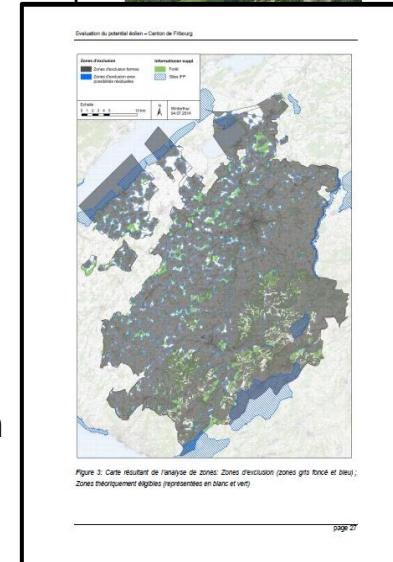
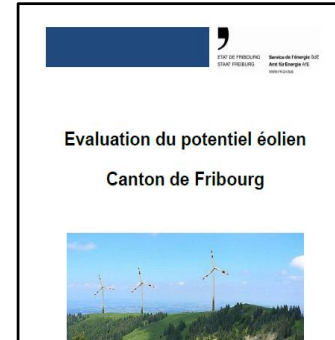
- ✚ Bienvenue et présentation des participants (10')
- ✚ Situation actuelle du développement éolien dans le Canton de Fribourg (5')
- ✚ **Nouveau concept éolien fribourgeois (15')**
  - ✚ Les déclencheurs de cette nouvelle réflexion éolienne
  - ✚ Mise en place d'un groupe de travail et son calendrier
  - ✚ Les potentiels en discussion et en études préliminaires
  - ✚ Les différents acteurs qui développent des projets éoliens dans le Canton de Fribourg
  - ✚ 1 nouveau concept : 2 pistes possibles
- ✚ Communications et intégration de votre population (10')
- ✚ Questions et suite
- ✚ Apéro dinatoire

# Nouveau concept éolien fribourgeois : Les déclencheurs

- 📅 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 ».
- 📅 11.03.2011 : Accident nucléaire de Fukushima
- 📅 Dans la foulée, le Conseil fédéral veut la sortie du nucléaire : la stratégie énergétique 2050 est lancée : l'éolien devrait participer à hauteur de 7%, soit 4 TWh/an (4'000 mio kWh/an).
- 📅 Juin 2013 : dépôt au Gd Conseil FR du postulat P2027.13 : FR pionnier du tournant énergétique éolien en plaine (Collomb/Bosson).
- 📅 Septembre 2014 : réponse du CE : mise en place d'un groupe de travail inter-services et sortie d'un document «Evaluation du potentiel éolien Canton de Fribourg». Un potentiel éolien de 160 mio kWh/an doit être atteint pour contribuer avec la part fribourgeoise à la stratégie énergétique 2050 de la Confédération.

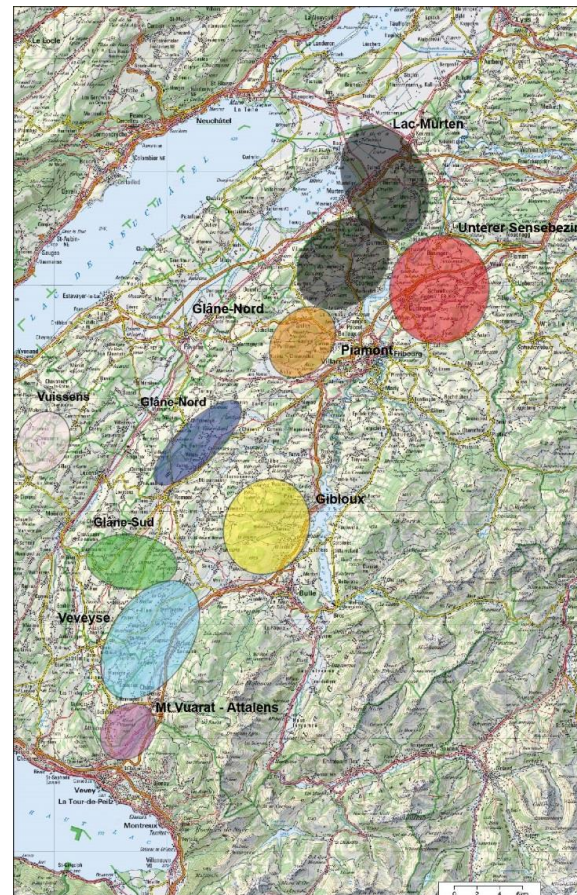
# Nouveau concept éolien fribourgeois : Mise en place d'un groupe de travail et son calendrier

- Toujours suite au postulat P2027.13 : FR pionnier du tournant énergétique éolien en plaine (Collomb/Bosson) à sa réponse documentée, un groupe de travail inter-services a été reconduit en août 2015.
- Août 2015 – juin 2016 : Le groupe de travail définit/affine ses critères et ses zones. Il commande des études.
- Août 2016 : Le groupe de travail de l'Etat devrait s'élargir aux associations nature, paysage et riverains, aux communes et aux développeurs pour quelques séances.
- Fin 2016 : la révision du thème éolien du Canton de Fribourg devrait être finie.
- Dès mi-2017 : la révision complète du plan directeur (thème éolien et tous les autres) devrait être faite et validée par le Grand Conseil FR, puis par la Confédération. C'est seulement au moment où la Confédération appose son tampon que le nouveau plan directeur éolien fribourgeois entre totalement en force.



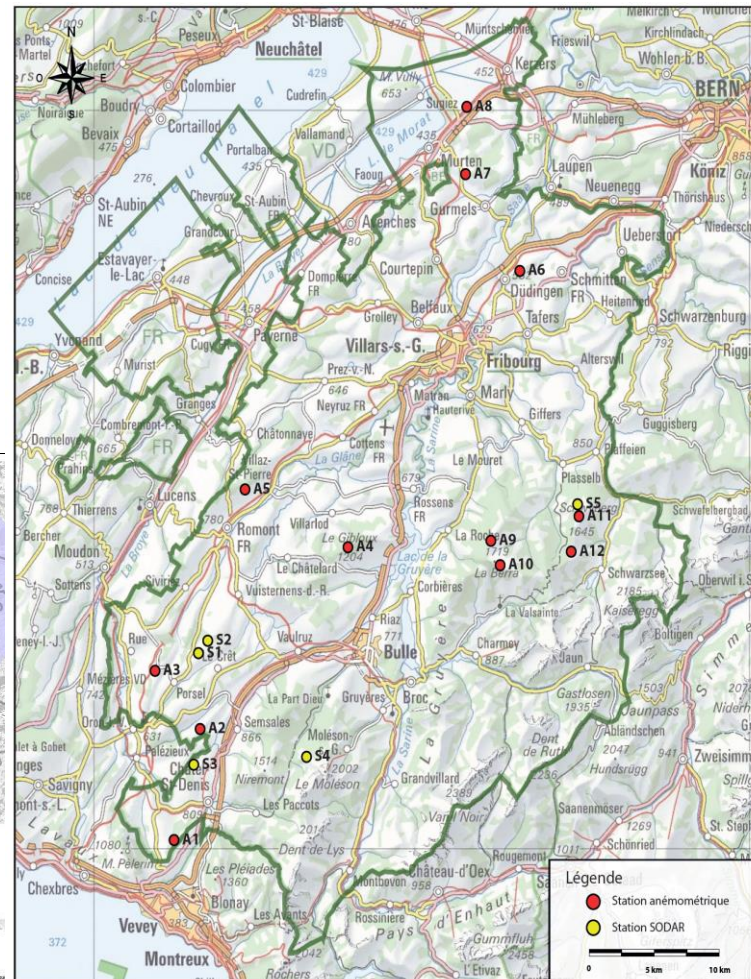
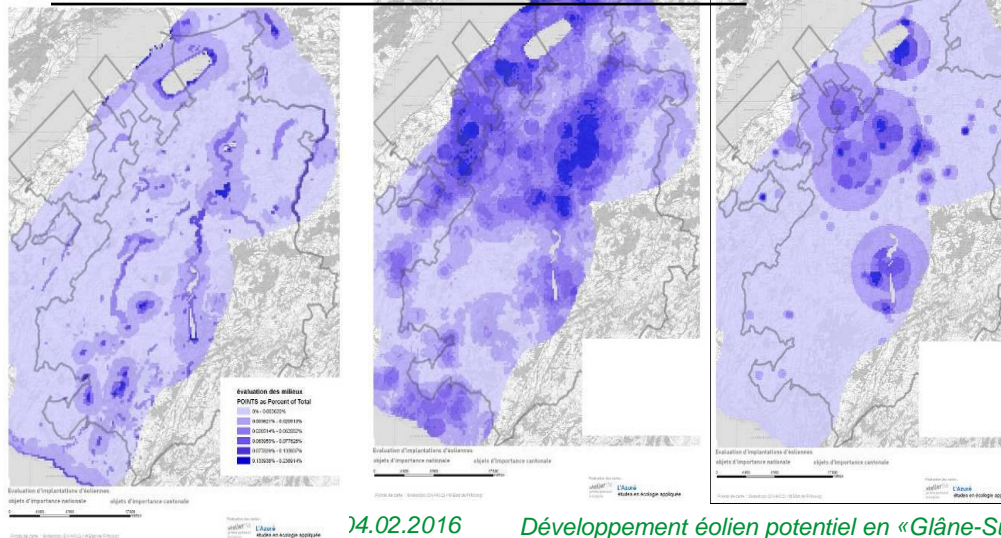
# Nouveau concept éolien fribourgeois : Les potentiels en discussion et en études préliminaires

- ✚ D'abords, on a mesuré le vent sur tout le périmètre pour savoir s'il y avait du vent et s'il y avait suffisamment de vent. D'autres études préliminaires ont alors été faites.
- ✚ Pour respecter >500m de distance min à une habitation, les principales zones possibles retenues sont en forêt.
- ✚ Les meilleurs terrains susceptibles d'accueillir des éoliennes appartiennent aux collectivités publiques (canton ou commune) : souvent en forêt.
- ✚ Toutes les communes contactées ont acceptées de se joindre à un groupe de travail pour étudier leur potentiel de développement éolien. Grp travail : Lac-Murten, Piamont, Glâne-Nord, Glâne-Sud, Veveyse, Gibloux, Mt-Vuarat et Vuissens.



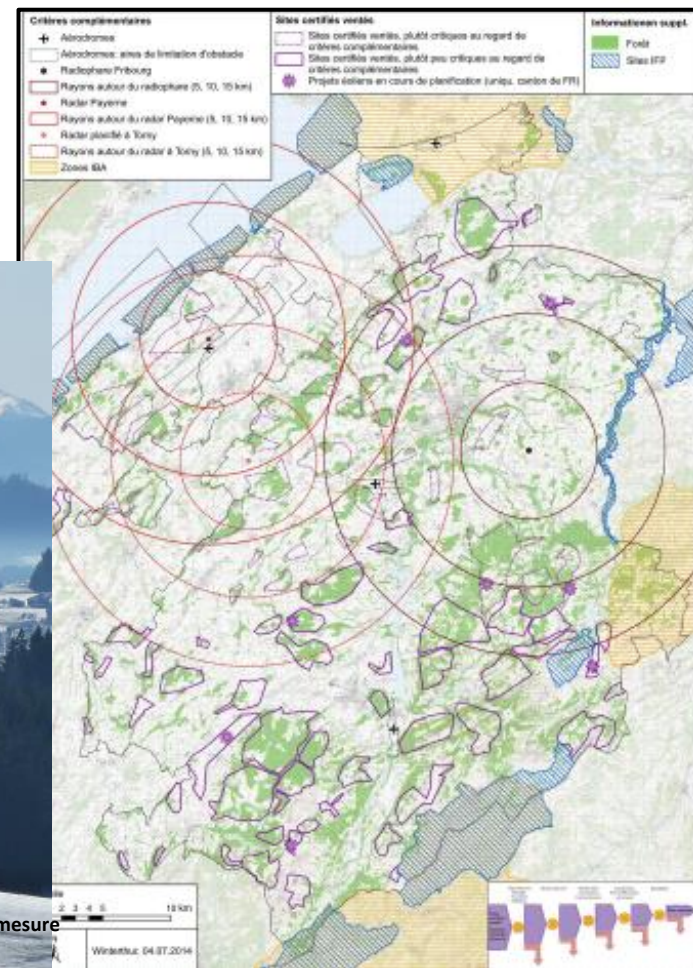
# Nouveau concept éolien fribourgeois : Les potentiels en discussion et en études préliminaires

- Malgré les mesures de vent déjà menées sur pylônes électriques, sur des antennes ou à l'aide de SODAR/LIDAR, il en faudra d'autres avec des grands mâts (min 90-100m) pendant 1 à 2 ans.
- Etudes des impacts sur l'humain (bruit, ombre et paysage).
- Cartes de recensement chauve-souris, milieux naturels et oiseaux nicheurs avec résolution de 250m



# Nouveau concept éolien fribourgeois : Les potentiels en discussion et en études préliminaires

- Discussions déjà entamées en direct et via Suisse éole pour les potentiels conflits avec l'armée (radars, faisceaux radio, opérations), avec l'aviation civile, l'OFCOM et Météosuisse.



## Nouveau concept éolien fribourgeois :

### Les différents acteurs qui développent des projets éoliens dans le Ct FR



- Une grosse consolidation des acteurs éoliens s'est produites cette dernière année en Suisse et dans le canton de Fribourg.
- Il ne reste plus que deux développeurs institutionnels dans le Ct de FR. Ils travaillent déjà ensemble sur d'autres projets dans toute la Suisse :



- Un bureau d'ingénierie éolienne vient d'emménager à Granges-Paccot :



ennova est désormais une nouvelle société appartenant à 100% à SIG et est un bureau d'ingénierie éolienne reconnue.

- SIG a également racheté l'entièreté du projet éolien de aux Plannes à Semsales.



# Nouveau concept éolien fribourgeois :

## 1 nouveau concept : 2 pistes possibles

- Par route secondaire – début études finales et dossier pas avant fin 2018 : on attend le nouveau concept éolien et plan directeur FR validé par la Confédération.

On aura des zones définies susceptibles d'accueillir des parcs éoliens (min 3 machines ou 10 mio kWh/an).

On devra faire toutes les études nécessaires pour les dossiers pour le changement de zone et permis de construire. Un Rapport d'Impact sur l'Environnement sera nécessaire, car la puissance installée sera supérieure à 5 MW.

Procédure très lourde, très longue et coûteuse.

Oppositions à la clé.

- Par autoroute – début installation fin 2018 : 1 éolienne-test avant de réaliser tout un parc éolien.

On devrait justifier par un de ces critères de tests : - interférence avec armée (radar), en forêt, interférence avec ondes radio, dans un couloir migratoire ou encore dans un champ agricole.

Procédure très simplifiée, rapide et peu coûteuse. Permet à votre population de s'approprier cette première machine et de décider en connaissance de cause pour la suite (cas Charrat VS).

Oppositions possibles. → Seriez-vous prêt au décollage ?

# Ordre du jour

- ✚ Bienvenue et présentation des participants (10')
- ✚ Situation actuelle du développement éolien dans le Canton de Fribourg (5')
- ✚ Nouveau concept éolien fribourgeois (15')
  - ✚ Les déclencheurs de cette nouvelle réflexion éolienne
  - ✚ Mise en place d'un groupe de travail et son calendrier
  - ✚ Les potentiels en discussion et en études préliminaires
  - ✚ Les différents acteurs qui développent des projets éoliens dans le Canton de Fribourg
  - ✚ 1 nouveau concept : 2 pistes possibles
- ✚ Communications et intégration de votre population (10')
- ✚ Questions et suite
- ✚ Apéro dinatoire

## Communications et intégration de votre population

- ✚ C'est un point essentiel pour la réussite d'un projet éolien !
- ✚ Avant de commencer d'informer, il faut préparer sa propre communication et définir des étapes.
- ✚ Il faut continuellement répondre avec courtoisie par des faits aux opposants. Il ne faut pas laisser dériver la situation avec des mensonges.
- ✚ L'émotionnel doit rester aux vestiaires on doit être le plus transparent possible.
  
- ✚ Dès qu'il y a un projet, il faut communiquer les points suivants : production et autonomie électrique, impacts sur la nature et sur l'humain, partie économique : retombées communales et régionales, parties techniques du projet et éventuellement la stratégie/vision énergétique de la commune.
- ✚ Pour cela, il faudra faire un flyer évolutif qui deviendra un tout-ménage. L'information devra être véhiculée par les politiques, mais surtout par des citoyens ambassadeurs ou des sociétés de la commune. Des stands d'informations avant d'éventuelles votations aux urnes seront organisés.
- ✚ Montrez des messages positifs pour l'éolien dans votre commune.
- ✚ Organiser des visites d'un parc éolien en activité pour la population.
  
- ✚ Tout cela, ça se prépare ensemble ! Le développeur est et reste à vos côtés ! Travail d'équipe.



# Communications et intégration de votre population

## Zeitplan

Meist dauert der Planungsprozess eines Windparks mehrere Jahre. Dabei werden die Stimmbürger der Region, die unterschiedlichen Anspruchsgruppen (Anwohner, Umweltschutzverbände etc.), der Kanton St. Gallen, der Bundesrat und die Investoren auf unterschiedlicher Stufe einbezogen. Der Bau des Windparks wird nur einige Monate in Anspruch nehmen.

## Der Windpark Rheinau weil...

- ... wir damit Strom aus einer einheimischen und erneuerbaren Energiequelle produzieren und dies erst noch CO<sub>2</sub>-frei.
- ... wir damit einen Beitrag an die Versorgungssicherheit im Sarganserland und im Kanton St. Gallen leisten.
- ... wir damit im Einklang mit der Energiestrategie des Bundesrates stehen.
- ... wir damit einen wichtigen Beitrag zur Energiewende beisteuern.

## Der Windpark Rheinau entsteht in Zusammenarbeit mit den folgenden Partnern:

Elektrizitäts- und Wasserwerk Mels

Elektrizitätswerk Vilters-Wangs

Politische Gemeinden: Mels | Sargans | Vilters | Wangs

Ortsgemeinden: Mels | Sargans | Vilters | Wangs | Weisstannen

Groupe E Greenwatt AG

## Kontakt:

Elektrizitäts- und Wasserwerk Mels

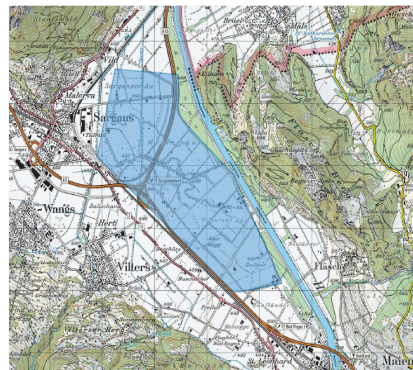
Wältigasse 8

8887 Mels

www.windpark-rheinau.ch



## Windpark Rheinau



Der geplante Windpark erstreckt sich über einen Teil der Rheinebene auf dem Gebiet der Gemeinden Sargans, Mels, Vilters-Wangs und Bad Ragaz. Hier herrschen optimale Windverhältnisse für einen Windpark mit mehreren Windenergieanlagen.

Mit dem Windpark Rheinau könnte Strom für bis zu 20'000 Haushalte erzeugt werden. Die Anzahl Anlagen ist jedoch noch nicht festgelegt.

Die genauen Standorte der Windenergieanlagen werden erst im Rahmen der Detailplanung, unter Federführung des EW Mels, des EW Vilters-Wangs und in enger Zusammenarbeit mit den politischen Gemeinden/Ortsgemeinden Mels, Sargans und Vilters-Wangs bestimmt.



## Communications et intégration de votre population

# SOUTENEZ-NOUS!

**NON à l'initiative «Avenir des crêtes» et OUI au contre-projet du Grand Conseil  
lors de la prochaine votation populaire du 18 mai 2014**

Nous sommes des agriculteurs de la région de La Joux-du-Plâne – L'Echelette, nous avons lancé il y a huit ans déjà un projet de parc éolien en finançant nous-mêmes des mesures de vent. La production d'électricité, qui est pour nous une bonne diversification, peut atteindre 87 millions de kWh par année, ce qui dépasse de 15% la consommation totale du district du Val-de-Ruz. Nous avons créé une société, des habitants de l'Envers-de-Sonvilier (BE) sont devenus membres. La région est unie derrière le projet de parc éolien des Quatre Bornes, les communes de Sonvilier (BE) et Val-de-Ruz (NE) nous soutiennent et nous travaillons en bonne intelligence avec les responsables des pistes de ski de fond. Nous comptons sur votre aide.

**Citoyennes et citoyens du canton de Neuchâtel, le 18 mai, refusez l'initiative «Avenir des crêtes: au peuple de décider!» et acceptez le contre-projet.  
Merci pour votre soutien.**

*Société Eoliennes Joux-du-Plâne / L'Echelette  
Roger Stauffer, secrétaire  
Jean-Michel Christen, président*



En haut de gauche à droite:

Roger Stauffer, secrétaire de la société Eoliennes Joux-du-Plâne / L'Echelette (EJDPE) Sàrl  
Jean-Michel Christen, président de la société Eoliennes Joux-du-Plâne / L'Echelette (EJDPE) Sàrl

# Ordre du jour

- ✚ Bienvenue et présentation des participants (10')
- ✚ Situation actuelle du développement éolien dans le Canton de Fribourg (5')
- ✚ Nouveau concept éolien fribourgeois (15')
  - ✚ Les déclencheurs de cette nouvelle réflexion éolienne
  - ✚ Mise en place d'un groupe de travail et son calendrier
  - ✚ Les potentiels en discussion et en études préliminaires
  - ✚ Les différents acteurs qui développent des projets éoliens dans le Canton de Fribourg
  - ✚ 1 nouveau concept : 2 pistes possibles
- ✚ Communications et intégration de votre population (10')
- ✚ Questions et suite
- ✚ Apéro dinatoire

# Questions et suite

Quelle est votre envie ?

Quelle est votre vision ?

Que souhaitez-vous énergétiquement pour votre région et/ou votre commune ?

# Apéro dinatoire

Merci beaucoup pour votre collaboration et votre participation.

Bon appétit et santé !

## **Parc éolien « Veveyse »**

Mesure SODAR à Remaufens



Sur mandat de Groupe E Greenwatt SA

KohleNusbaumer SA – novembre 2015

<b>Numéro de la version</b>	<b>Date de l'édition</b>
Version 1.0	11.11.2015

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

# Table des matières

<b>1. Résumé.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Site et campagne de mesure .....</b>	<b>5</b>
2.1.    EMPLACEMENTS .....	5
2.2.    CONFIGURATION DES STATIONS DE MESURE.....	6
2.3.    PROTOCOLE DES MESURES .....	6
2.4.    DISPONIBILITÉ DES DONNÉES.....	7
<b>3. Méthode de calcul .....</b>	<b>8</b>
<b>4. Station de mesure de référence : Anémo Ref.....</b>	<b>9</b>
<b>5. Station de mesure anémométrique: Anémo 1 .....</b>	<b>9</b>
<b>6. Station de mesure SODAR.....</b>	<b>10</b>
6.1.    INTRODUCTION .....	10
6.2.    VITESSES MOYENNES DE LA MESURE.....	10
6.3.    PROFILS DE VENT .....	10
6.4.    ROSES ÉNERGÉTIQUES DES VENTS .....	12
6.5.    PRÉVISIONS ÉNERGÉTIQUES ANNUELLES BRUTES ET NETTES .....	12
<b>7. Annexes .....</b>	<b>15</b>

## 1. Résumé

Le bureau KohleNusbaumer SA a été mandaté par Groupe E Greenwatt SA pour effectuer une première mesure SODAR<sup>1</sup> d'une durée totale de 6 mois dans le cadre du projet d'éolienne-test sur la commune de Remaufens. Le présent rapport décrit la mesure, les analyses et le résultat obtenu concernant le potentiel éolien.

Le tableau suivant donne de manière résumée les résultats :

Modèle d'éolienne	Hauteur de mât [m]	Vitesse moyenne [m/s]	Prévision annuelle brute [GWh/an]	Prévision annuelle nette [GWh/an]
E-115 / 3 MW	100	4,0	3,95	3,31
E-115 / 3 MW	135	4,2	4,70	3,94
E-115 / 3 MW	150	4,3	4,93	4,13
E-101 / 3 MW	150	4,3	4,06	3,40
E-126 / 4,2 MW	144	4,3	5,76	4,83
S-130 / 3,3 MW	135	4,2	5,48	4,59

La prévision annuelle nette atteint 4,8 millions de kWh pour une Enercon E-126 / 4,2 MW sur un mât de 144 m et 4,1 millions de kWh pour une Enercon E-115 / 3 MW sur un mât de 150 m.

Cette première estimation du potentiel de vent de la partie sud de la région « Veveyse » indique un gisement de vent moins important comparé aux autres mesures de vent réalisées dans la partie nord. En effet, les mesures SODAR réalisées sur les autres emplacements potentiels au Flon et aux Ecasseys indiquent des conditions de vent nettement plus propices pour l'installation et l'exploitation d'une éolienne-test.

Au vu de la courte durée des mesures effectuées, nous recommandons des mesures supplémentaires pour réduire l'erreur de prévision une fois l'emplacement pour l'éolienne-test définitivement retenu.

---

<sup>1</sup> SOund Detection And Ranging

## 2. Site et campagne de mesure

### 2.1. Emplacements

L'emplacement pour l'éolienne-test dans le périmètre du parc éolien « Veveyse » se situe sur la commune de Remaufens dans le canton de Fribourg. Dans le cadre de ce projet, une mesure SODAR a été mise en œuvre à l'emplacement identifié antérieurement sur la base des études estimant l'impact potentiel et le gisement de vent.

La carte de la Figure 1 permet de localiser l'emplacement de la mesure SODAR et d'une éventuelle éolienne-test alors que le

Tableau 1 en donne les coordonnées. De plus, ce rapport fait référence à deux mesures anémométriques supplémentaires utilisées pour la correction du potentiel long terme afin de réduire l'erreur de prévision dans la mesure du possible. Il s'agit de la mesure anémométrique menée au Jordil (FR) ainsi que de la mesure de la station SwissMetNet d'Oron (VD).

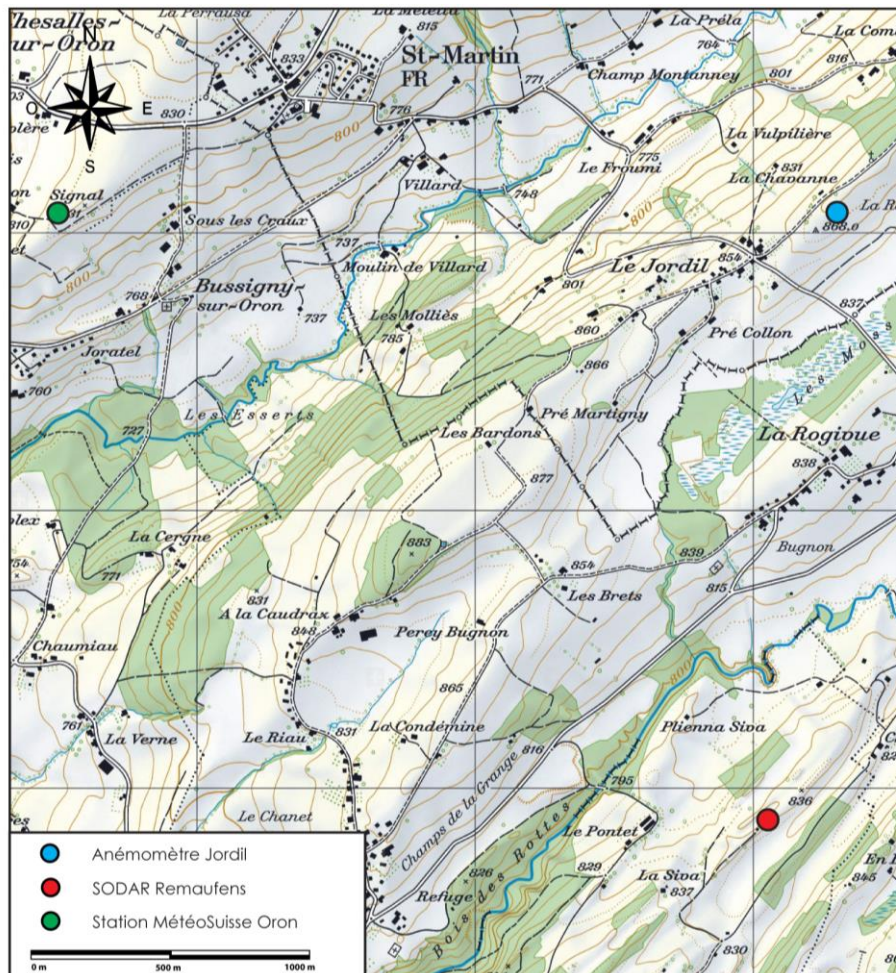


Figure 1: Emplacement de la mesure SODAR menée à l'emplacement potentiel pour une éolienne-test.

**Tableau 1 : Coordonnées des stations de mesure liées au projet.**

Emplacement	Coordonnée E	Coordonnée N	Altitude [m]
SODAR (Remaufens)	558'032	155'864	831
Anémo 1 (Le Jordil)	558'299	158'040	867
Anémo Ref (Oron)	555'505	158'052	827

## 2.2. Configuration des stations de mesure

La mesure SODAR a été effectuée à l'aide d'un appareil de dernière génération du fabricant Scintec AG. La mesure Anémo 1 a été réalisée à l'aide d'un anémomètre du type Thies First Class fixés à 21 mètres sur un pylône électrique servant de station relais par rapport la station de mesure long-terme. Le Tableau 2 montre la configuration des stations de mesure mises en œuvre dans le cadre du projet. La station Anémo Ref de MétéoSuisse, située à Oron (VD) à une hauteur de 10 mètres au-dessus du sol, offre une bonne base statistique et sert de référence à long terme pour les mesures Anémo 1 et SODAR.

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

Paramètres	SODAR	Anémo1	Anémo Ref
Appareil	SODAR	Anémomètre	Anémomètre
Hauteur min. de la mesure	20 m	21 m	10 m
Hauteur max. de la mesure	200 m	21 m	10 m
Intervalle de hauteur mesuré	5 m	-	-
Moyenné sur	10 min	10 min	10 min

## 2.3. Protocole des mesures

Le protocole des mesures entreprises est donné dans le Tableau 3 ci-après. Les données issues de la station Anémo Ref à Oron comptabilisent 15 ans de mesures.

**Tableau 3 : Protocole des mesures.**

Station de mesure	Mise en service	Fin de la mesure	Jours utiles
SODAR	23.04.2015	28.09.2015	159
Anémo 1	14.03.2014	En cours	562
Anémo Ref	01.01.2000	En cours	15 ans

## 2.4. Disponibilité des données

La disponibilité des données brutes est résumée dans le Tableau 4. Les interruptions d'alimentation en électricité des appareils de mesure ainsi que les interruptions dues à la fauche des champs autour du SODAR sont les principales raisons des pertes de données.

Les valeurs de mesure SODAR sont corrélées sur l'entier de la période des mesures effectives avec la station de référence à moyen terme du Jordil (Anémo 1). Cette dernière est corrélée à long terme avec la station de référence d'Oron.

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

Hauteur de la mesure	Anémo 1	SODAR	Anémo Ref
10 m	-	-	98 %
20 m	99 %	75 %	-
50 m	-	82 %	-
100 m	-	79 %	-
110 m	-	77 %	-
120 m	-	76 %	-
130 m	-	74 %	-
140 m	-	73 %	-
150 m	-	71 %	-

Les données SODAR permettent 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 obtenues avec des mâts de mesure de hauteur limitée et nettement 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.

### 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 pour assurer la 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.

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 ( $W$ ), suivant la formule :

$$(1) \quad W_{\text{Emplacement, long terme}} = W_{\text{Emplacement, mesure}} \cdot \frac{W_{\text{Référence, long terme}}}{W_{\text{Référence, mesure}}}$$

Pour l'analyse, les deux directions principales du vent, soit *nord* et *sud* sont calculées séparément. 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

La station Anémo Ref, située à Oron (VD), offre une bonne base statistique et sert de référence à long terme pour le site du parc éolien. Les stations de mesures déployées dans le cadre de cette étude sont corrélées sur l'entier de leur période de mesure avec la station Anémo Ref, afin de les calibrer en tenant compte des variations annuelles du vent sur les 15 dernières années (2000-2015).

La prévision énergétique annuelle brute moyenne pour Anémo Ref est obtenue à partir de l'analyse des mesures issues de l'anémomètre de la station d'Oron durant les quinze dernières années. Le potentiel énergétique brut atteint 1,63 GWh/an pour une Enercon E-115 / 3 MW (Tableau 6).

**Tableau 5 : Potentiel annuel brut pour une E-115 / 3 MW à une hauteur de 10 m pour Anémo Ref.**

Modèle d'éolienne	Anémo Ref (10 m)		
	Nord [GWh]	Sud [GWh]	Total [GWh]
E-115 / 3 MW	0,99	0,64	1,63

## 5. Station de mesure anémométrique: Anémo 1

La station Anémo 1 située sur le territoire de la commune de Saint-Martin (FR) au Jordil, a été montée sur un pylône électrique. Les mesures sont corrélées sur leurs périodes respectives de mesure commune avec la station de référence Anémo Ref.

La prévision énergétique annuelle brute moyenne pour Anémo 1 est obtenue à partir d'une corrélation avec les mesures issues de l'anémomètre de la station d'Oron durant les 562 jours de mesures en commun selon la méthode décrite au chapitre 3. La prévision brute atteint 1,89 GWh/an pour une Enercon E-115 / 3 MW (Tableau 6).

**Tableau 6 : Prévision annuelle brute pour une E-115 / 3 MW à une hauteur de 21 m pour Anémo 1.**

Modèle d'éolienne	Anémo 1 (21 m)		
	Nord [GWh]	Sud [GWh]	Total [GWh]
E-115 / 3 MW	0,67	1,21	1,89

## 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 (Figure 2). 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.



Figure 2: Mesure SODAR effectuée à Remaufens durant l'été 2015.

### 6.2. Vitesses moyennes de la mesure

Les vitesses moyennes ont été calculées grâce aux données récoltées durant la campagne de mesure, et ceci pour différentes hauteurs. Elles sont comparées avec celle de l'anémomètre Anémo 1 (Tableau 7).

**Tableau 7 : Comparaison des vitesses moyennes pour 3 hauteurs distinctes sur les 159 jours de la mesure SODAR avec la vitesse moyenne sur la même période à Anémo 1.**

Station	SODAR (20 m)	SODAR (100 m)	SODAR (135 m)	SODAR (150 m)	Anémo 1 (21 m)
Vitesse moyenne [m/s]	3,0	4,3	4,5	4,6	3,4

### 6.3. Profils de vent

La Figure 3 montre le cisaillement du vent issu de la mesure SODAR entre 50 m et 200 m de hauteur. 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 et donc du potentiel énergétique avec la hauteur.

Le Tableau 8 donne une estimation du profil de vent moyen à long terme pour l'emplacement de la mesure SODAR.

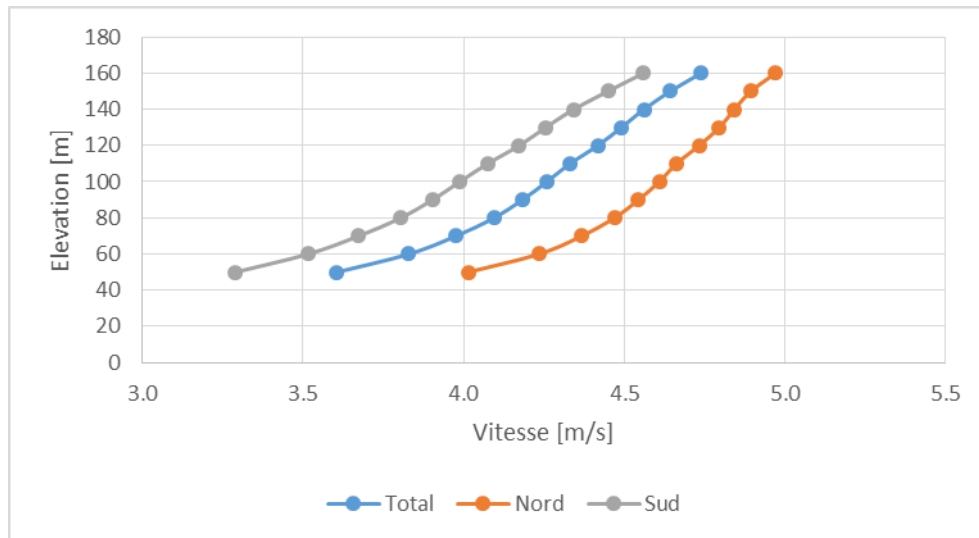
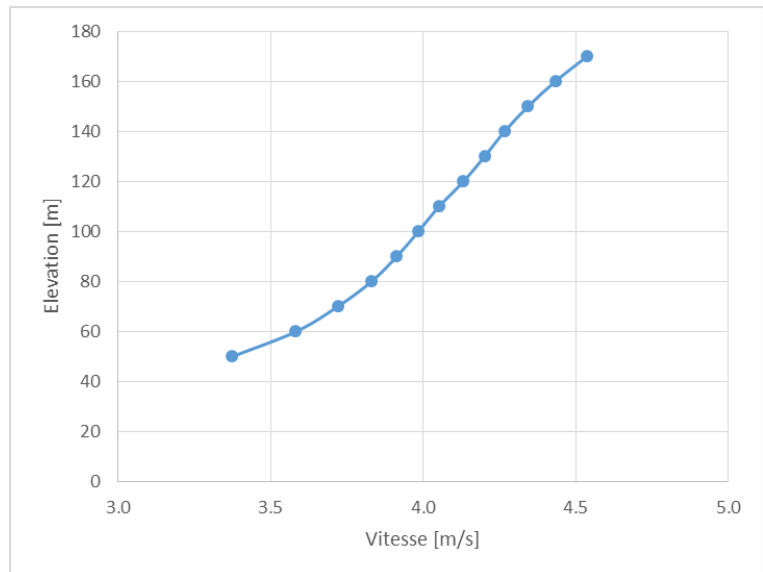


Figure 3 : Cisaillement du vent pour la mesure SODAR, profils complets.

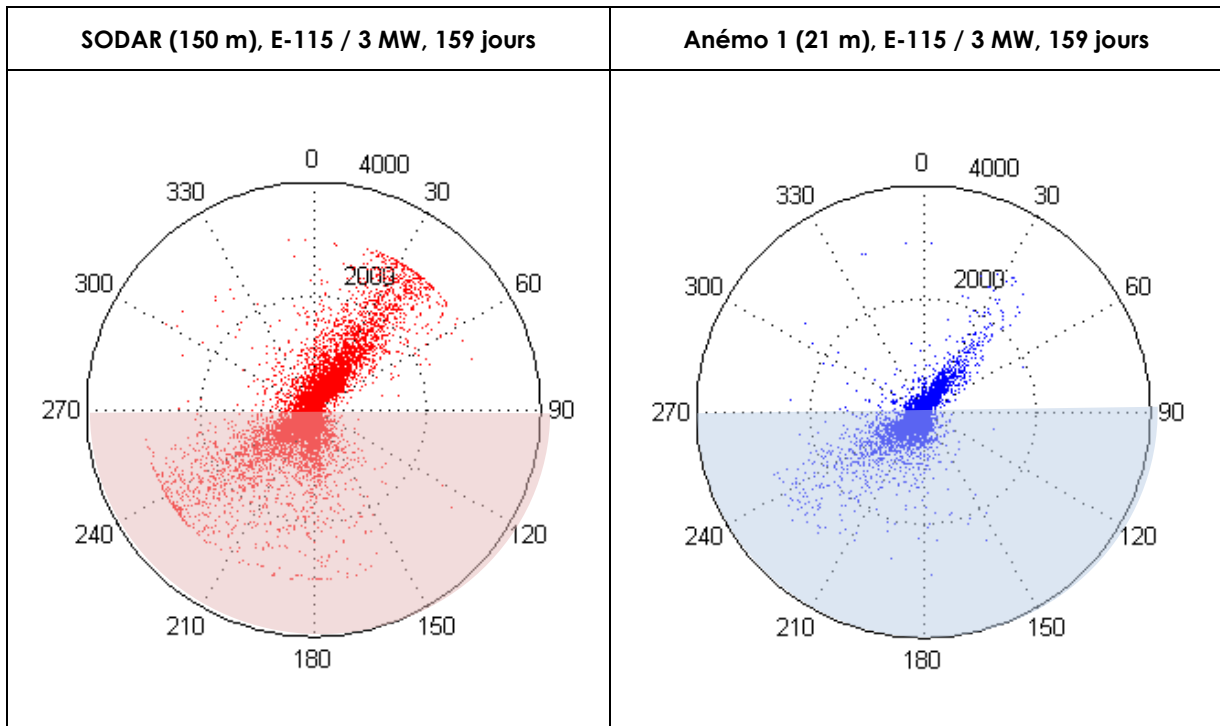
Tableau 8 : Vitesses moyennes à long terme pour l'emplacement de la mesure SODAR. Valeurs estimées à partir des mesures sur le site calibrées avec Anémo Ref.

Élévation [m]	Vitesses moyennes à long terme [m/s]
50	3,4
60	3,6
70	3,7
80	3,8
90	3,9
100	4,0
110	4,1
120	4,1
130	4,2
140	4,3
150	4,3



### 6.4. 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 sur site et pour une E-115 / 3 MW à partir des données Anémo 1 (21 m). Un axe NE-SO se dessine clairement (Figure 4). Au vu des directions principales du vent sur le site, l'analyse du potentiel énergétique reposera sur deux secteurs : nord et sud.

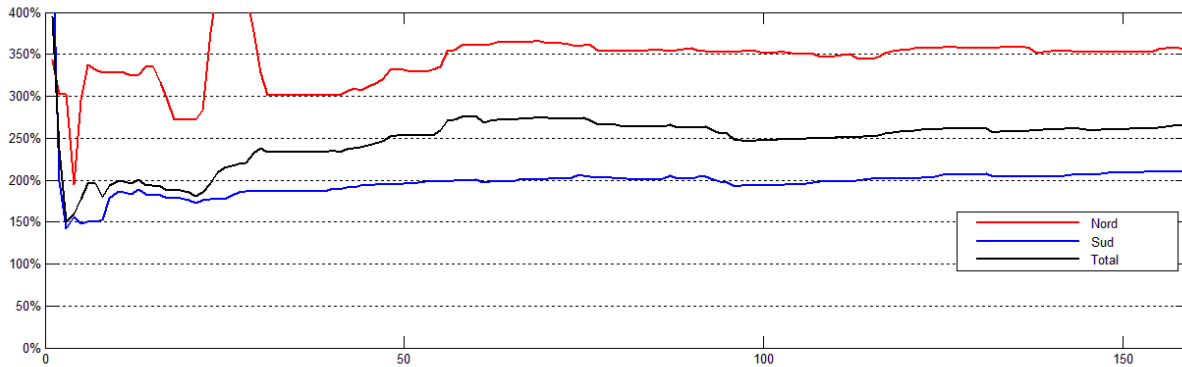


**Figure 4 : Roses énergétiques des vents pour la mesures SODAR et Anémo 1 durant la période de mesure SODAR (159 jours). Chaque point correspond à la production électrique potentielle pendant une durée de 10 min [kW/10 min] en fonction de la direction du vent.**

### 6.5. Prévisions énergétiques annuelles brutes et nettes

La méthode de calcul repose sur les mêmes considérations que celles développées au chapitre 3. L'évaluation de la prévision énergétique à long terme est donc calculée en prenant des productibles théoriques suivant la formule (1) du chapitre 3.

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 Anémo 1. Les rapports énergétiques sectoriels calculés entre ces stations servent à déterminer la prévision à long terme pour l'emplacement du SODAR (Tableau 9 et Tableau 10).



**Figure 5 : 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 selon le nombre de jours de mesure.**

**Tableau 9 : Potentiel énergétique théorique aux stations SODAR et Anémo 1 sur la période de mesure SODAR (159 jours). Pour Anémo 1, les valeurs sont données à la hauteur de mesure, soit 21 m. Pour SODAR, ces valeurs sont celles de 150 m.**

Modèle d'éolienne	Nb jours : 159	Nord	Sud	Total
E-115 / 3 MW	$W_{\text{SODAR (150 m), mesure}}$ [kWh]	646'000	621'000	1'267'000
E-115 / 3 MW	$W_{\text{Anémo 1, période SODAR}}$ [kWh]	181'000	296'000	478'000

On obtient ainsi les rapports énergétiques suivants pour les deux secteurs de vent concernés:

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

Rapport énergétique	Nord	Sud	Total
$\frac{W_{\text{SODAR (150 m), mesure}}}{W_{\text{Anémo 1, période SODAR}}}$	357 %	210 %	265 %

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

Pour le secteur N :  $W_{\text{SODAR (150 m), long terme}} = 0,67 \text{ GWh/an} \cdot 357 \% = 2,39 \text{ GWh/an}$

Pour le secteur S :  $W_{\text{SODAR (150 m), long terme}} = 1,21 \text{ GWh/an} \cdot 210 \% = 2,54 \text{ GWh/an}$

Prévision brute totale :  $2,39 \text{ GWh/an} + 2,54 \text{ GWh/an} = \mathbf{4,93 \text{ GWh/an}}$

Prévision nette totale :  $4,93 \text{ GWh/an} \times 95 \% \times 98 \% \times 90 \% = \mathbf{4,13 \text{ GWh/an}^2}$

<sup>2</sup> La prévision nette totale comprend les pertes dues à la disponibilité de l'éolienne (5 %), aux pertes liées au transport à la transformation du courant (2 %) et une marge de sécurité de 10 %.

De même, on obtient les prévisions nettes suivantes :

Enercon E-115 / 3 MW (100 m): **3,31 GWh/an**

Enercon E-115 / 3 MW (135 m): **3,94 GWh/an**

Enercon E-101 / 3 MW (150 m): **3,40 GWh/an**

Enercon E-126 / 4,2 MW (145 m): **4,82 GWh/an**


Siemens S-130 / 3,3 MW (135 m): **4,59 GWh/an**

À titre de comparaison, les résultats de la mesure SODAR menée aux Ecasseys indiquaient une prévision nette de 7,7 GWh/an pour le modèle E-115 / 3 MW.

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 ne peuvent être exclus. Ces risques non négligeables sont dus en particulier à la durée limitée de la mesure, à la méthode et aux éventuels changements climatiques pouvant apparaître. Nous recommandons une mesure supplémentaire pour réduire l'erreur de prévision une fois l'emplacement pour une éolienne-test définitivement retenu.

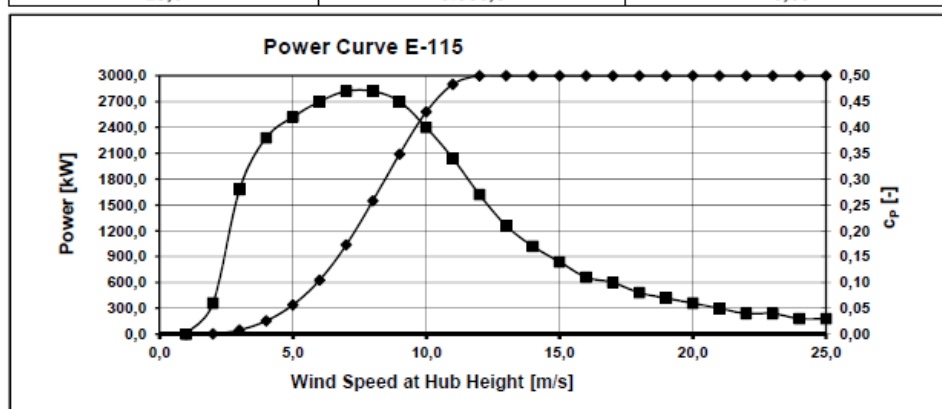
## 7. Annexes

### 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/m<sup>3</sup>

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:

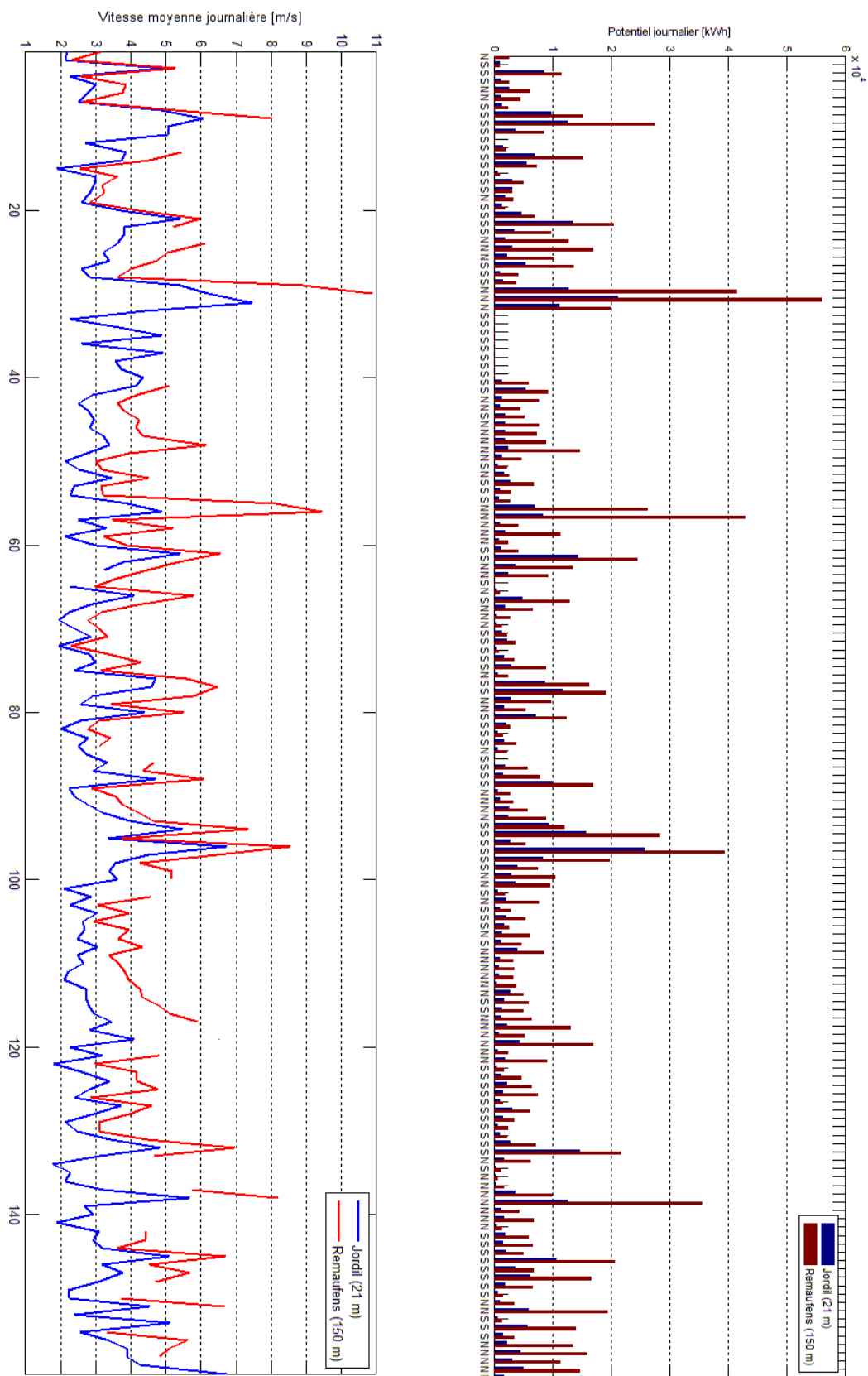
Author/date: CN/ 26.06.13  
 Department: SIAS  
 Approved/date: KP/ 26.06.13

© Copyright ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten

Translator/date:  
 Revisor/date:

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

## Vitesse moyenne et potentiel journalier : SODAR E-115 / 3 MW et Anémo 1 E-115 / 3 MW (159 jours)



# MESURE SODAR À GLÂNE SUD

Résultats de la mesure

Étude réalisée sur mandat de Groupe E Greenwatt SA

**Groupe E Greenwatt SA**

Rte du Lavapesson 2  
CH-1763 Granges-Paccot  
Tél. 0840 20 30 40  
[www.greenwatt.ch](http://www.greenwatt.ch)  
[info@greenwatt.ch](mailto:info@greenwatt.ch)

**KohleNusbaumer SA**

Chemin de Mornex 10  
Case postale 570  
1001 Lausanne  
Tél. 021 341 27 46  
[www.kn-sa.ch](http://www.kn-sa.ch)  
[info@kn-sa.ch](mailto:info@kn-sa.ch)

## 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.

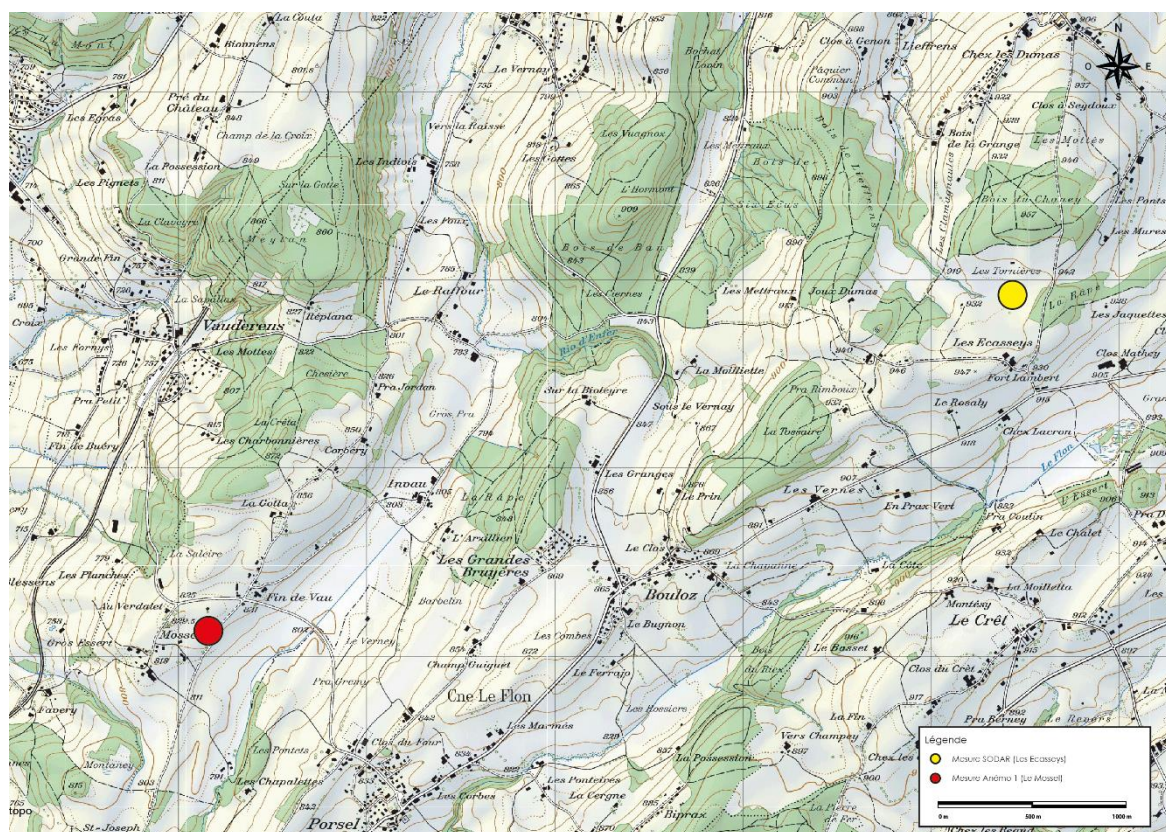


Figure 1 : Emplacements des stations de mesure considérées dans le cadre de ce rapport. En rouge, la mesure Anémo 1 et en jaune la mesure SODAR.

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

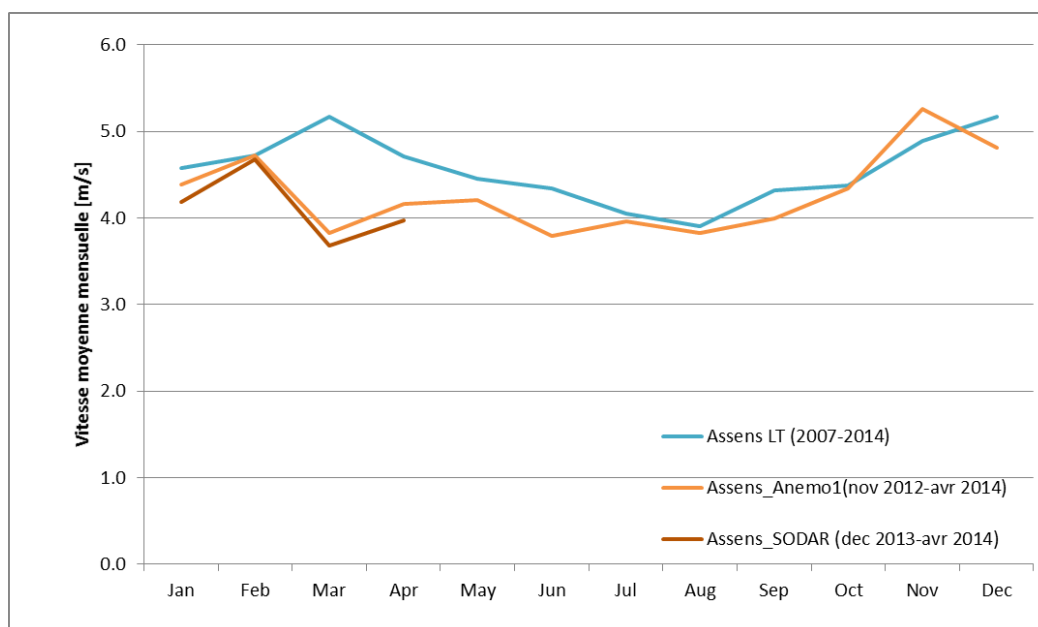
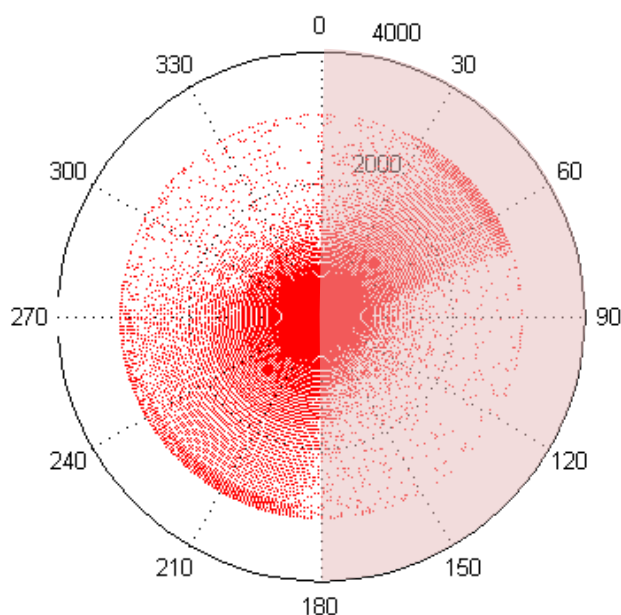


Figure 2 : Vitesses moyennes de la station Anémo Ref durant les différentes campagnes de mesure.

<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. Prévision énergétique à long terme pour Anémo Ref

La prévision 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 prévision atteint 4,12 GWh/an pour une Enercon E-101 / 3 MW (Tableau 6).

**Tableau 6 : Prévision 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

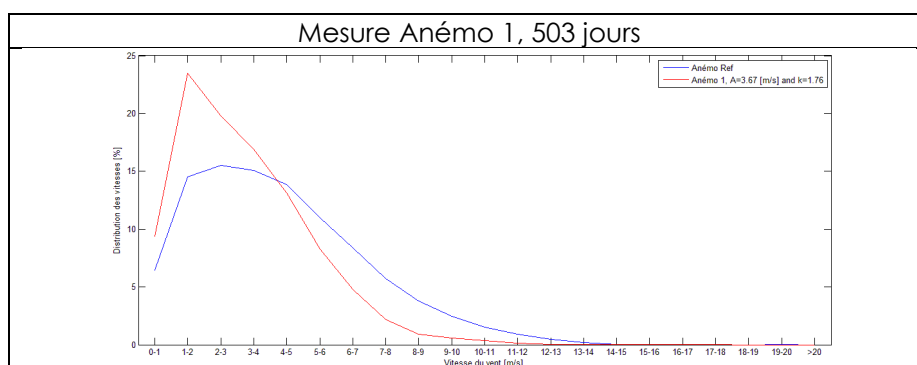
### 5.3. Comparaison des stations

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

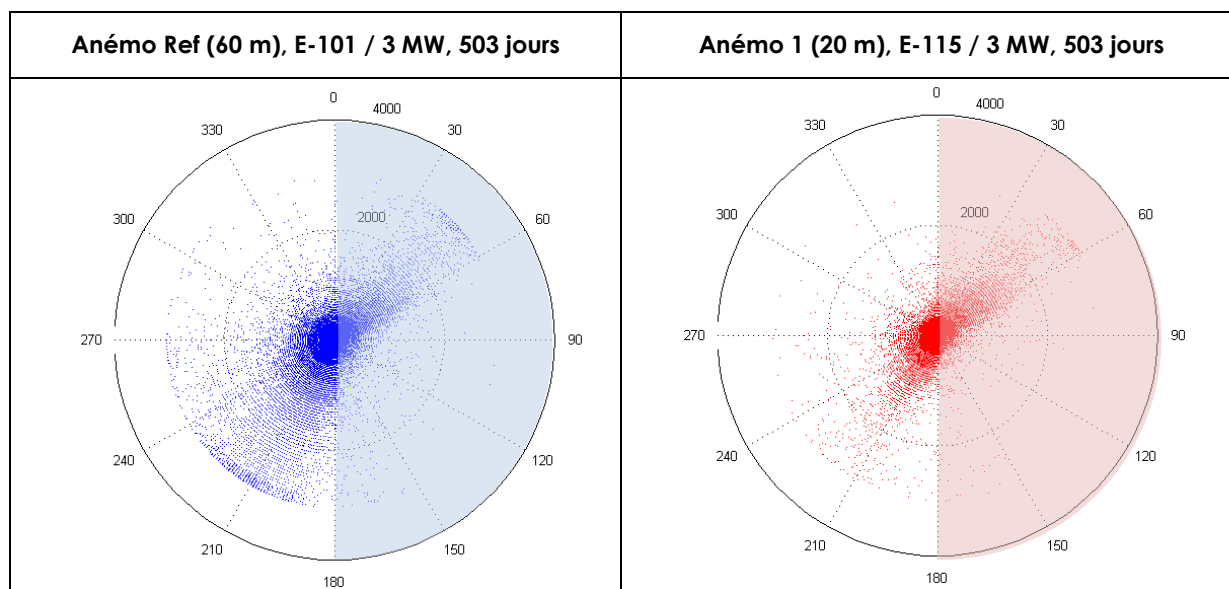
La Figure 4 montre la distribution du vent de la mesure Anémo 1. Les paramètres de Weibull de la distribution approchant au mieux la courbe de la mesure Anémo 1 sont  $A=3,67$  m/s et  $k=1,76$ .



**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).

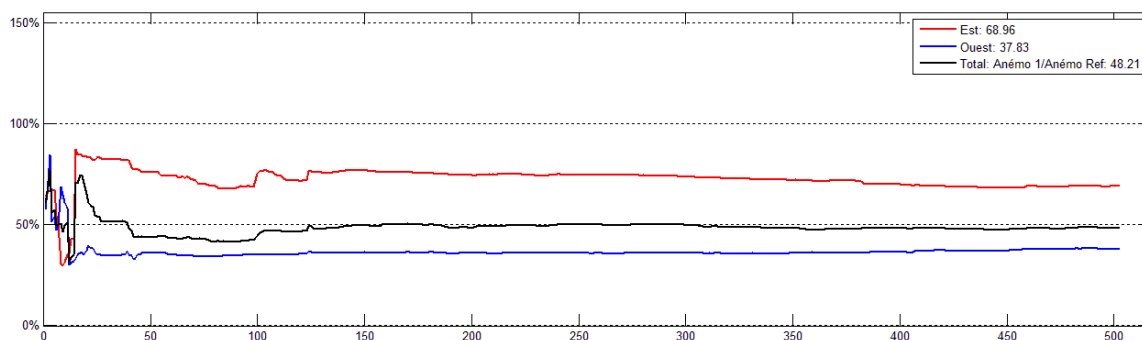


Figure 6 : Rapports énergétiques cumulés entre la mesure Anémo 1 à 20 m pour une E-115 / 3 MW et la station Anémo Ref pour une E-101 / 3 MW sur les deux secteurs considérés.

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).

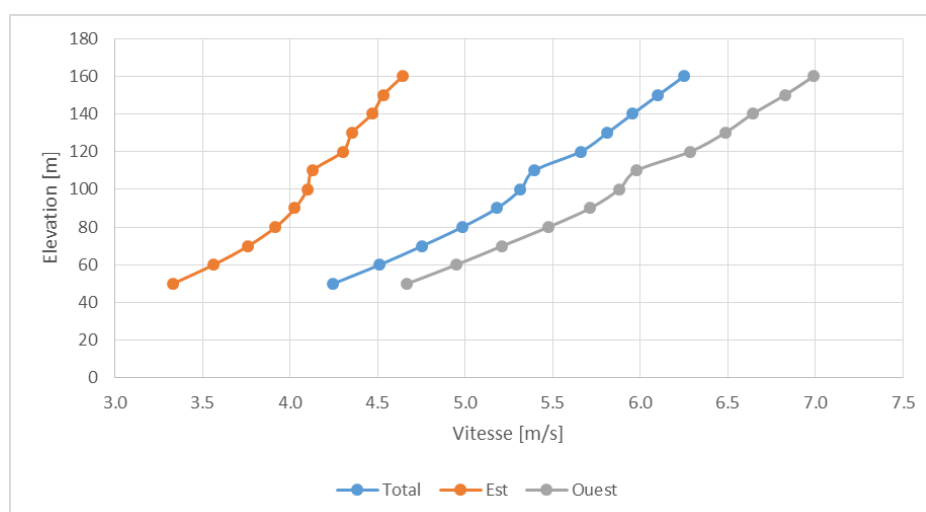
**Tableau 11 : Comparaison des vitesses moyennes pour 3 hauteurs distinctes sur les 133 jours de la mesure SODAR avec la vitesse moyenne sur la même période à Anémo 1.**

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.

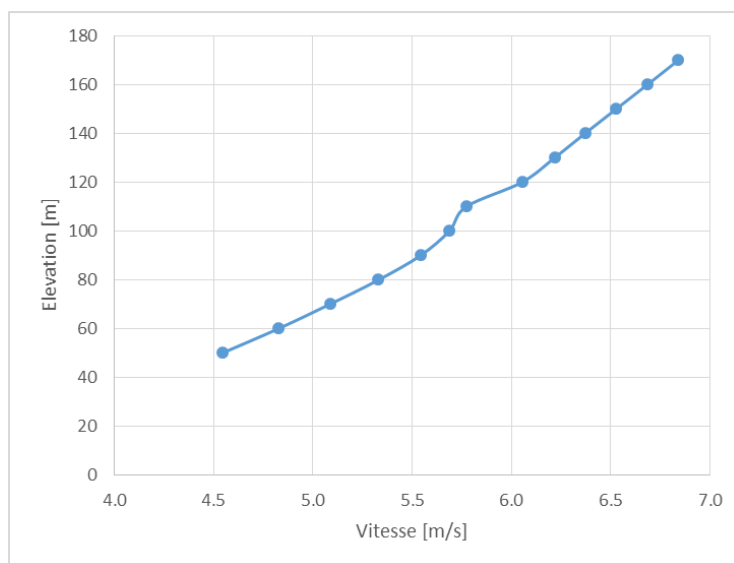
Le Tableau 12 donne une estimation du profil de vent moyen à long terme pour l'emplacement de la mesure SODAR.



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

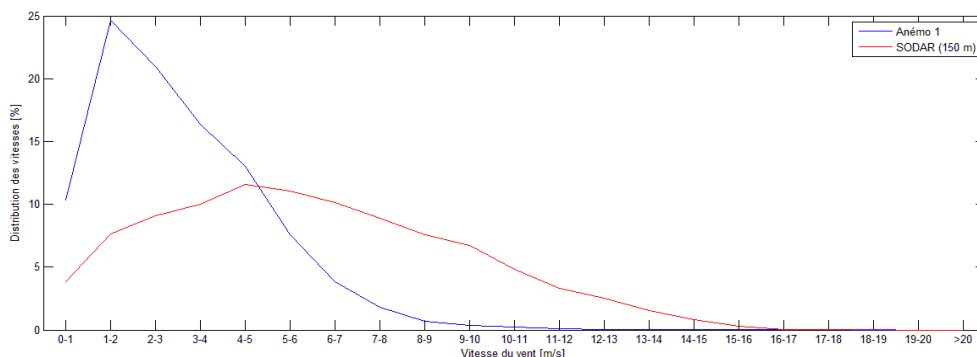
**Tableau 12 : Vitesses moyennes à long terme pour l'emplacement de la mesure SODAR. Valeurs estimées à partir des mesures sur le site calibrées avec Anémo 1.**

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.

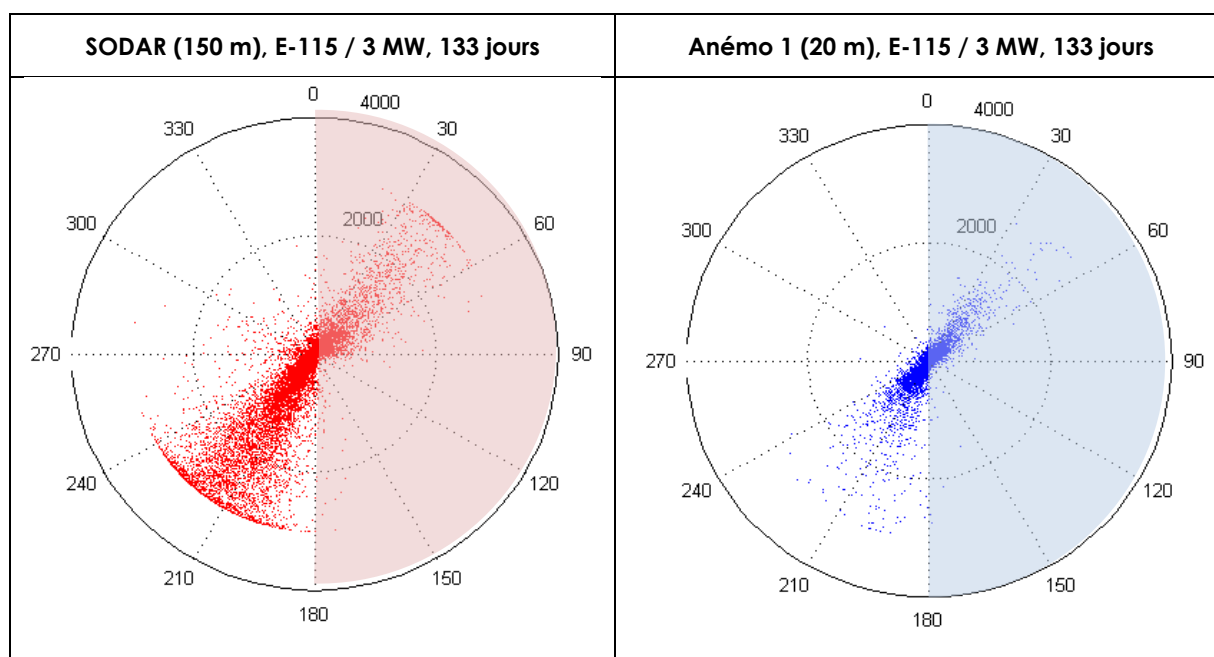
**Tableau 14 : Coefficients de corrélation entre la mesure SODAR et Anémo 1 sur leurs périodes de mesure respectives.**

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).

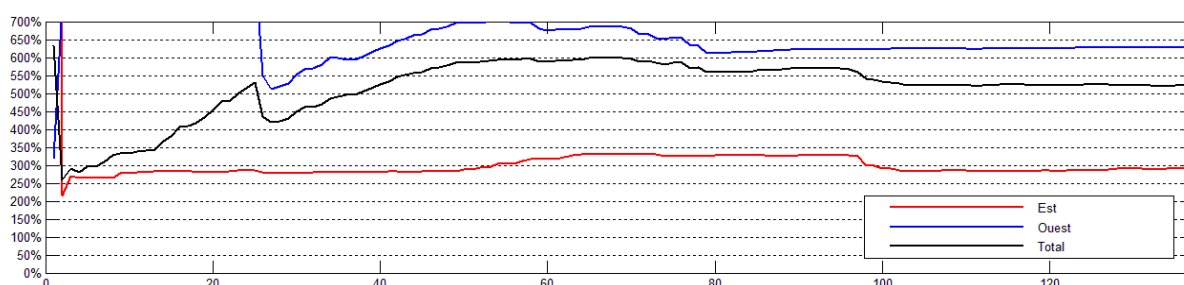


Figure 10 : Rapports énergétiques cumulés entre la mesure SODAR à 150 m pour une E-115 / 3 MW et la station Anémo 1 pour une E-115 / 3 MW sur les deux secteurs considérés.

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.

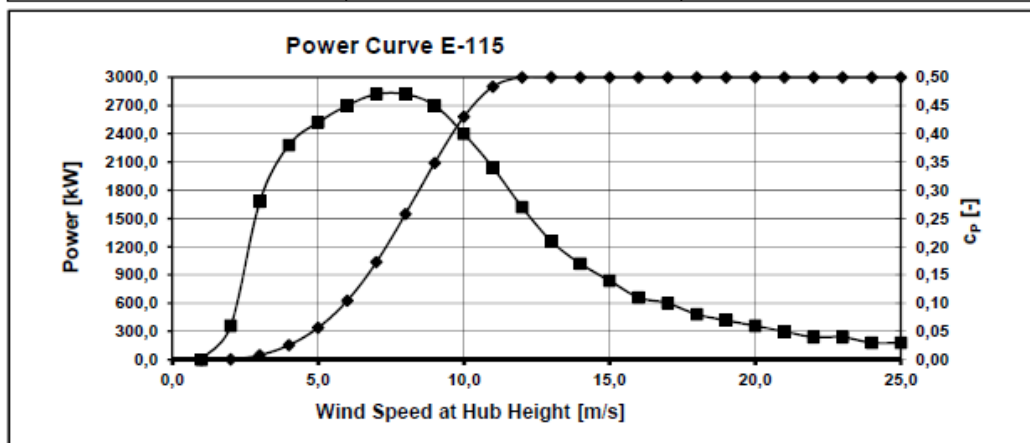
## Annexe 1 – Courbe de puissance E-115 / 3 MW



### 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:

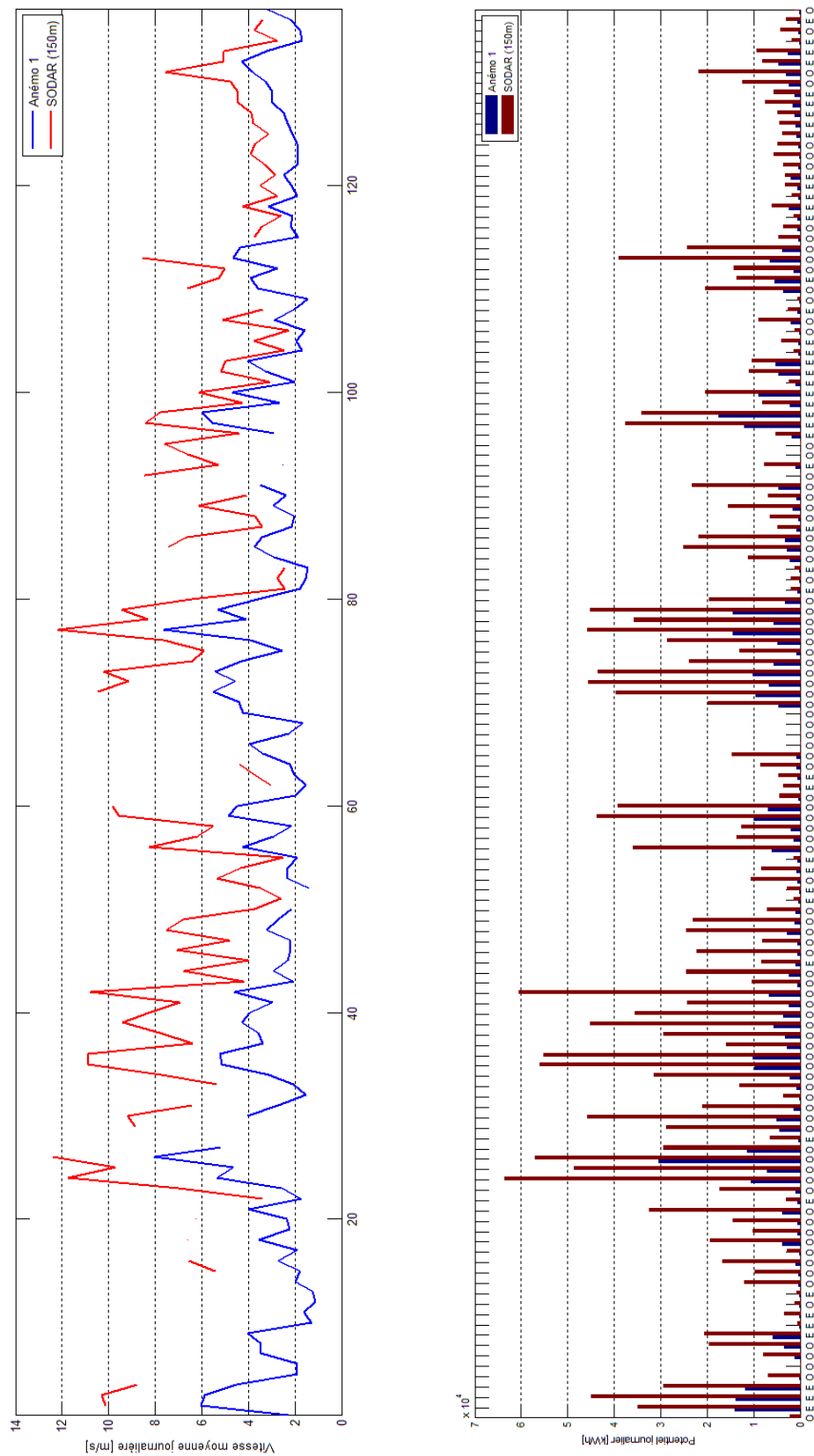
Author/date: CN/ 26.06.13  
 Department: SIA5  
 Approved/date: KP/ 26.06.13

© 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



## **Parc éolien « Glâne-Sud »**

Mesure SODAR au Flon



Sur mandat de Groupe E Greenwatt SA

KohleNusbaumer SA – novembre 2015

<b>Numéro de la version</b>	<b>Date de l'édition</b>
-----------------------------	--------------------------

Version 1.0	23.11.2015
-------------	------------

<b>Groupe E Greenwatt 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>	<b>KohleNusbaumer SA</b> Chemin de Mornex 10 Case postale 570 1001 Lausanne Tél. 021 341 27 46 <a href="mailto:info@kn-sa.ch">info@kn-sa.ch</a> <a href="http://www.kn-sa.ch">www.kn-sa.ch</a>
---	--

# Table des matières

<b>1. Résumé.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Site et campagne de mesure .....</b>	<b>5</b>
2.1.    EMPLACEMENTS .....	5
2.2.    CONFIGURATION DES STATIONS DE MESURE.....	6
2.3.    PROTOCOLE DES MESURES .....	6
2.4.    DISPONIBILITÉ DES DONNÉES.....	6
<b>3. Méthode de calcul .....</b>	<b>8</b>
<b>4. Station de mesure de référence : Anémo Ref .....</b>	<b>9</b>
<b>5. Station de mesure anémométrique: Anémo 1 .....</b>	<b>10</b>
<b>6. Station de mesure SODAR .....</b>	<b>11</b>
6.1.    INTRODUCTION .....	11
6.2.    VITESSES MOYENNES DE LA MESURE.....	11
6.3.    PROFILS DE VENT .....	11
6.4.    ROSES ÉNERGÉTIQUES DES VENTS .....	13
6.5.    PRÉVISIONS ÉNERGÉTIQUES ANNUELLES BRUTES ET NETTES .....	13
<b>7. Annexes .....</b>	<b>16</b>

## 1. Résumé

Le bureau KohleNusbaumer SA a été mandaté par Groupe E Greenwatt SA pour effectuer une mesure SODAR<sup>1</sup> d'une durée totale de 6 mois dans le cadre du projet d'éolienne-test sur la commune du Flon. Le présent rapport décrit la mesure, les analyses et les résultats obtenus concernant le potentiel éolien.

Le tableau suivant donne de manière résumée les résultats obtenus :

Modèle d'éolienne	Hauteur de mât [m]	Vitesse moyenne [m/s]	Prévision annuelle brute [GWh/an]	Prévision annuelle nette [GWh/an]
E-115 / 3 MW	100	4,8	5,3	4,5
E-115 / 3 MW	135	5,2	6,9	5,8
E-115 / 3 MW	150	5,5	7,5	6,3
E-101 / 3 MW	150	5,5	6,5	5,4
E-126 / 4,2 MW	145	5,4	8,9	7,4
S-130 / 3,3 MW	135	5,2	8,1	6,8
E-141 / 4,2 MW	159	5,6	11,2	9,4

La prévision annuelle nette atteint 7,4 millions de kWh pour une Enercon E-126 / 4,2 MW sur un mât de 144 m et 6,3 millions de kWh pour une Enercon E-115 / 3 MW sur un mât de 150 m.

Cette deuxième mesure de vent dans le périmètre du projet « Glâne-Sud » confirme le potentiel énergétique très intéressant pour l'exploitation de l'énergie éolienne.

Au vu de la courte durée des mesures effectuées, nous recommandons des mesures supplémentaires pour réduire l'erreur de prévision une fois l'emplacement pour l'éolienne-test définitivement retenu.

---

<sup>1</sup> SOund Detection And Ranging

## 2. Site et campagne de mesure

### 2.1. Emplacements

L'emplacement pour l'éolienne-test dans le périmètre du projet éolien « Glâne-Sud » se situe sur la commune du Flon dans le canton de Fribourg. Dans le cadre de ce projet, une mesure SODAR a été mise en œuvre à l'emplacement identifié antérieurement sur la base des études estimant l'impact potentiel et le gisement de vent.<sup>2</sup>

La carte de la Figure 1 permet de localiser l'emplacement de la mesure SODAR alors que le Tableau 1 en donne les coordonnées. De plus, ce rapport fait référence à deux mesures anémométriques supplémentaires utilisées pour le moyen et long terme. Il s'agit de la mesure anémométrique menée au Mossel (Ursy, FR) ainsi que de la mesure de la station SwissMetNet d'Oron (VD) située à 6 km au sud de la mesure SODAR.

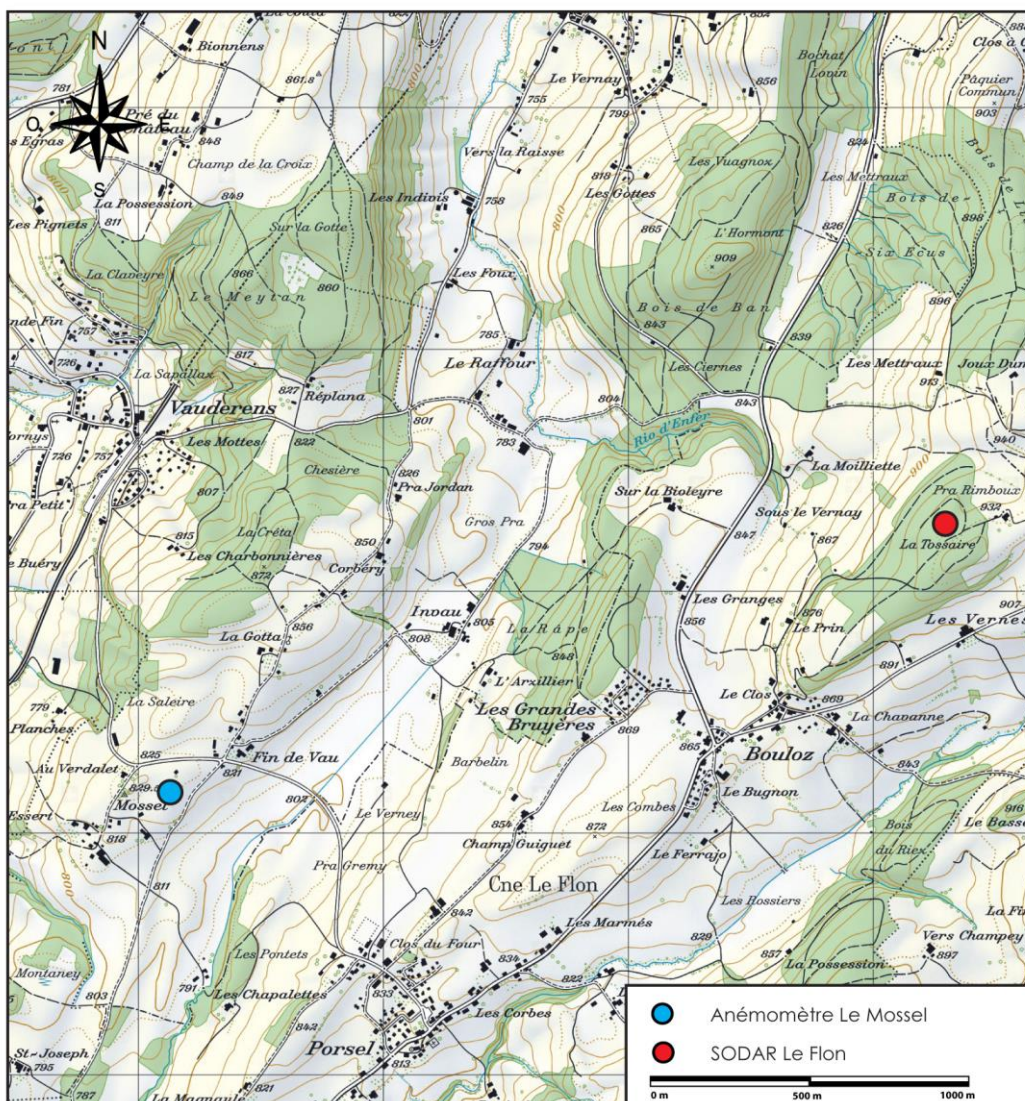


Figure 1: Emplacement de la mesure SODAR menée à l'emplacement du projet d'éolienne-test.

<sup>2</sup> Éoliennes-tests sur le plateau fribourgeois, KohleNusbaumer SA, atelier 11a et L'Azuré, 7 mai 2014.

**Tableau 1 : Coordonnées des stations de mesure liées au projet.**

Emplacement	Coordonnée E	Coordonnée N	Altitude [m]
SODAR (Le Flon)	558'269	163'262	934
Anémo 1 (Mossel)	555'132	162'133	825
Anémo Ref (Oron)	555'505	158'052	827

## 2.2. Configuration des stations de mesure

La mesure SODAR a été effectuée à l'aide d'un appareil de dernière génération du fabricant Scintec AG. La mesure Anémo 1 a été réalisée à l'aide d'un anémomètre du type Thies First Class fixés à 21 mètres sur un pylône et servant de station relais par rapport à la station de mesure à long terme. Le Tableau 2 montre la configuration des stations de mesure mises en œuvre dans le cadre du projet. La station Anémo Ref de MétéoSuisse, située à Oron (VD) à une hauteur de 10 mètres au-dessus du sol, offre une bonne base statistique et sert de référence à long terme pour les mesures Anémo 1 et SODAR.

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

Paramètres	SODAR	Anémo1	Anémo Ref
Appareil	SODAR SFAS	Anémomètre	Anémomètre
Hauteur min. de la mesure	20 m	21 m	10 m
Hauteur max. de la mesure	200 m	-	-
Intervalle de hauteur mesuré	5 m	-	-
Moyenné sur	10 min	10 min	10 min

## 2.3. Protocole des mesures

Le protocole des mesures entreprises est donné dans le Tableau 3 ci-après. Les données issues de la station Anémo Ref à Oron totalisent 15 ans de mesures.

**Tableau 3 : Protocole des mesures.**

Station de mesure	SODAR	Anémo 1	Anémo Ref
Mise en service	30.04.2015	15.11.2012	01.01.2000
Fin de la mesure	01.11.2015	En cours	En cours
Jours utiles	186 jours	3 ans	15 ans

## 2.4. Disponibilité des données

La disponibilité des données brutes est résumée dans le Tableau 4. Les interruptions d'alimentation en électricité des appareils de mesure sont les principales raisons des pertes de données.

La mesure SODAR est corrélée sur l'entier de sa période de mesure avec la station de référence à moyen terme du Mossel (Anémo 1). Cette dernière est corrélée à long terme avec la station de référence d'Oron.

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

Hauteur de la mesure	Anémo 1	SODAR	Anémo Ref
10 m	-	-	98 %
20 m	99 %	91 %	-
50 m	-	96 %	-

60 m	-	95 %	-
70 m	-	95 %	-
80 m	-	95 %	-
90 m	-	93 %	-
100 m	-	92 %	-
110 m	-	90 %	-
120 m	-	89 %	-
130 m	-	87 %	-
140 m	-	85 %	-
150 m	-	82 %	-
160 m		79 %	
170 m		76 %	
180 m		73 %	
190 m		69 %	
200 m		67 %	

Les données SODAR permettent d'effectuer une analyse directement avec les valeurs obtenues à la hauteur voulue pour les nacelles des éoliennes projetées.

Contrairement aux méthodes passant par des extrapolations de valeurs obtenues avec des mâts de mesure de hauteur limitée et nettement 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 théorique du moyeu.

### 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 théorique 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 pour assurer la 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.

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 ( $W$ ), 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, les deux directions principales du vent, soit *nord* et *sud* sont calculées séparément. 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

La station Anémo Ref, située à Oron (VD), offre une bonne base statistique et sert de référence à long terme pour le site du parc éolien. Les stations de mesures déployées dans le cadre de cette étude sont corrélées sur l'entier de leur période de mesure avec la station Anémo Ref, afin de les calibrer en tenant compte des variations annuelles du vent sur les 15 dernières années (2000-2015).

La prévision énergétique annuelle brute moyenne pour Anémo Ref est obtenue à partir de l'analyse des mesures issues de l'anémomètre de la station d'Oron durant les quinze dernières années. Le potentiel énergétique brut atteint 1,63 GWh/an pour, par exemple, une Enercon E-115 / 3 MW (Tableau 6).

**Tableau 5 : Prévision annuelle brute pour une E-115 / 3 MW à une hauteur de 10 m pour Anémo Ref.**

Modèle d'éolienne	Anémo Ref (10 m)		
	Nord [GWh]	Sud [GWh]	Total [GWh]
E-115 / 3 MW	0,99	0,64	1,63

## 5. Station de mesure anémométrique: Anémo 1

La station Anémo 1 située sur le territoire de la commune de Ursy (FR) au Mossel, a été montée sur un pylône. Les mesures sont corrélées sur leurs périodes respectives de mesure commune avec la station de référence Anémo Ref.

La prévision énergétique annuelle brute moyenne pour Anémo 1 est obtenue à partir d'une corrélation avec les mesures issues de l'anémomètre de la station d'Oron durant les 1'051 jours de mesures en commun selon la méthode décrite au chapitre 3. La prévision brute atteint 1,88 GWh/an pour une Enercon E-115 / 3 MW (Tableau 6).

**Tableau 6 : Prévision annuelle brute pour une E-115 / 3 MW à une hauteur de 21 m pour Anémo 1.**

Modèle d'éolienne	Anémo 1 (21 m)		
	Nord [GWh]	Sud [GWh]	Total [GWh]
E-115 / 3 MW	0,99	0,89	1,88

## 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 (Figure 2). 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 projet éolien.



Figure 2: Mesure SODAR effectuée au Flon durant l'été-automne 2015.

### 6.2. Vitesses moyennes de la mesure

Les vitesses moyennes ont été calculées grâce aux données récoltées durant la campagne de mesure, et ceci pour différentes hauteurs. Elles sont comparées avec celle de l'anémomètre Anémo 1 (Tableau 7).

Tableau 7 : Comparaison des vitesses moyennes pour 3 hauteurs distinctes sur les 186 jours de la mesure SODAR avec la vitesse moyenne sur la même période à Anémo 1.

Station	SODAR (50 m)	SODAR (100 m)	SODAR (135 m)	SODAR (150 m)	Anémo 1 (21 m)
Vitesse moyenne [m/s]	3,7	5,0	5,4	5,7	3,4

### 6.3. Profils de vent

La Figure 3 montre le cisaillement du vent issu de la mesure SODAR entre 50 m et 170 m de hauteur. 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 8 donne une estimation du profil de vent moyen à long terme pour l'emplacement de la mesure SODAR.

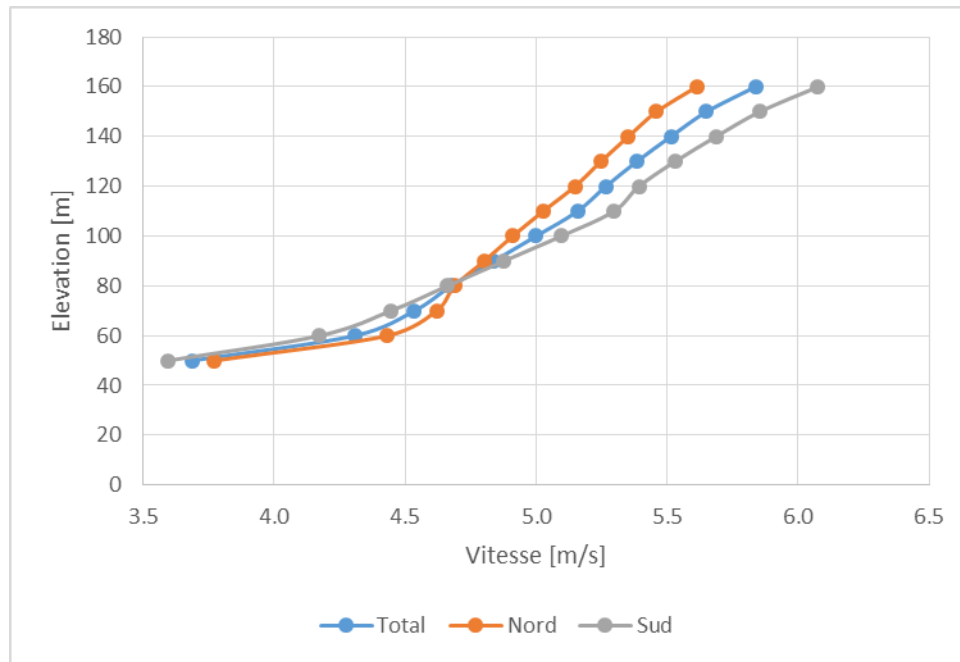
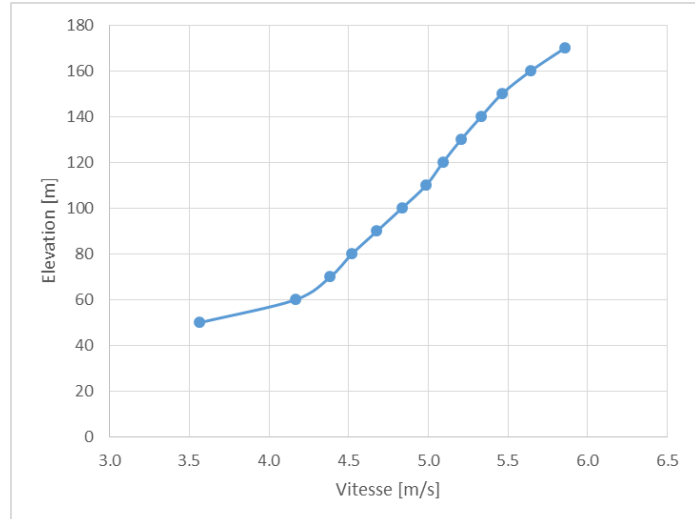


Figure 3 : Cisaillement du vent pour la mesure SODAR, profils complets.

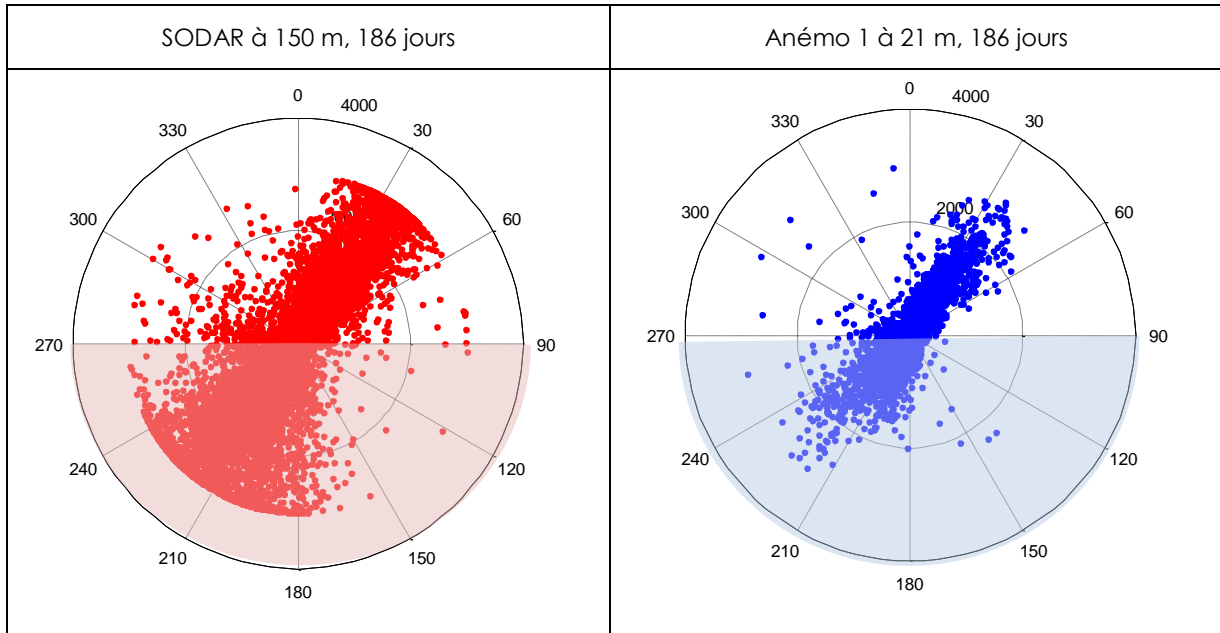
Tableau 8 : Vitesses moyennes à long terme pour l'emplacement de la mesure SODAR. Valeurs estimées à partir des mesures sur le site calibrées avec Anémo Ref.

Élévation [m]	Vitesses moyennes à long terme [m/s]
50	3,6
60	4,2
70	4,4
80	4,5
90	4,7
100	4,8
110	5,0
120	5,1
130	5,2
140	5,3
150	5,5
160	5,6
170	5,9



### 6.4. Roses énergétiques des vents

Les roses énergétiques des vents sont calculées pour une éolienne donnée à partir des mesures SODAR sur site et à partir des données Anémo 1 (21 m). Un axe NE-SO se dessine clairement (Figure 4). Au vu des directions principales du vent sur le site, l'analyse du potentiel énergétique reposera sur deux secteurs : nord et sud.

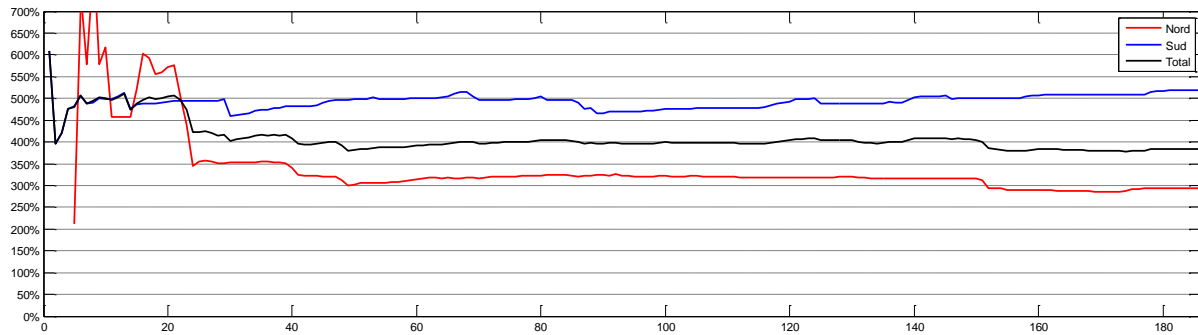


**Figure 4 : Roses énergétiques des vents pour la mesures SODAR et Anémo 1 durant la période de mesure SODAR (186 jours). Chaque point correspond à la production électrique potentielle d'une éolienne théorique, ici une E-115 / 3 MW, pendant une durée de 10 min [kW/10 min] en fonction de la direction du vent.**

### 6.5. 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 calculée en prenant des productibles théoriques suivant la formule (1) du chapitre 3.

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 Anémo 1. Les rapports énergétiques sectoriels calculés entre ces stations servent à déterminer la prévision à long terme pour l'emplacement du SODAR (Tableau 9 et Tableau 10).



**Figure 5 : Rapports énergétiques cumulés entre la mesure SODAR à 150 m pour une E-115 / 3 MW et la station Anémo 1, pour une éolienne théorique E-115 / 3 MW, sur les deux secteurs considérés selon le nombre de jours de mesure.**

**Tableau 9 : Potentiel énergétique théorique aux stations SODAR et Anémo 1 sur la période de mesure SODAR (186 jours). Pour Anémo 1, les valeurs sont données à la hauteur de mesure, soit 21 m. Pour SODAR, ces valeurs sont celles de 150 m.**

Modèle d'éolienne	Nb jours : 186	Nord	Sud	Total
E-115 / 3 MW	$W_{\text{SODAR (150 m), mesure}}$ [kWh]	1'187'000	1'421'000	2'608'000
E-115 / 3 MW	$W_{\text{Anémo 1, période SODAR}}$ [kWh]	405'000	273'000	678'000

On obtient ainsi les rapports énergétiques suivants pour les deux secteurs de vent concernés:

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

Rapport énergétique	Nord	Sud	Total
$\frac{W_{\text{SODAR (150 m), mesure}}}{W_{\text{Anémo 1, période SODAR}}}$	293 %	520 %	385 %

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

Pour le secteur N :  $W_{\text{SODAR (150 m), long terme}} = 0,99 \text{ GWh/an} \cdot 293 \% = 2,90 \text{ GWh/an}$

Pour le secteur S :  $W_{\text{SODAR (150 m), long terme}} = 0,89 \text{ GWh/an} \cdot 520 \% = 4,63 \text{ GWh/an}$

Prévision brute totale :  $2,90 \text{ GWh/an} + 4,63 \text{ GWh/an} = \mathbf{7,53 \text{ GWh/an}}$

Prévision nette totale :  $7,53 \text{ GWh/an} \times 95 \% \times 98 \% \times 90 \% = \mathbf{6,31 \text{ GWh/an}^3}$

<sup>3</sup> La prévision nette totale comprend les pertes dues à la disponibilité de l'éolienne (5 %), aux pertes liées au transport, à la transformation du courant (2 %) et une marge de sécurité de 10%.

De même, on obtient les prévisions nettes suivantes :

Enercon E-115 / 3 MW (100 m): **4,46 GWh/an**

Enercon E-115 / 3 MW (135 m): **5,76 GWh/an**

Enercon E-101 / 3 MW (150 m): **5,40 GWh/an**

Enercon E-126 / 4,2 MW (145 m): **7,44 GWh/an**

Siemens S-130 / 3,3 MW (135 m): **6,81 GWh/an**

Enercon E-141 / 4,2 MW (159 m): **9,40 GWh/an<sup>4</sup>**

À titre de comparaison, les résultats de la mesure SODAR menée aux Ecasseys indiquaient une prévision nette de 7,7 GWh/an pour le modèle E-115 / 3 MW. La principale raison de la différence observée entre ces deux mesures (distantes d'environ 1 km) provient du fait que la mesure effectuée à la Tossaire se situe en forêt et que, par conséquent, l'écoulement du vent près de la surface est fortement gêné. Il de ce fait d'autant plus important d'utiliser des mâts de grande taille lorsqu'on prévoit l'installation d'éoliennes en forêt ou en lisière.


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. Nous recommandons une mesure supplémentaire pour réduire l'erreur de prévision une fois l'emplacement pour une éolienne-test définitivement retenu.

---

<sup>4</sup> Il s'agit d'une première estimation de productible d'après les informations fournies par Enercon.

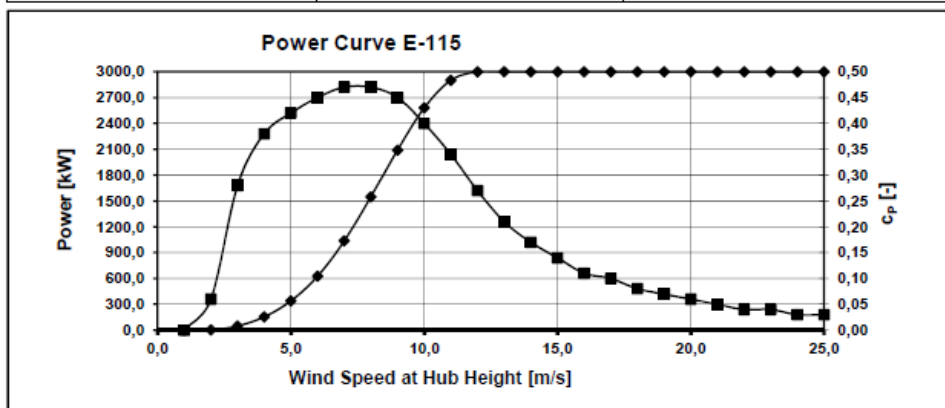
## 7. Annexes

### 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:	© Copyright ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten
Author/date: CN/ 26.06.13	Translator/date:
Department: SIAS	Revisor/date:
Approved/date: KP/ 26.06.13	

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

## Vitesse moyenne et potentiel journalier : SODAR E-115 / 3 MW et Anémo 1 E-115 / 3 MW (186 jours)

