



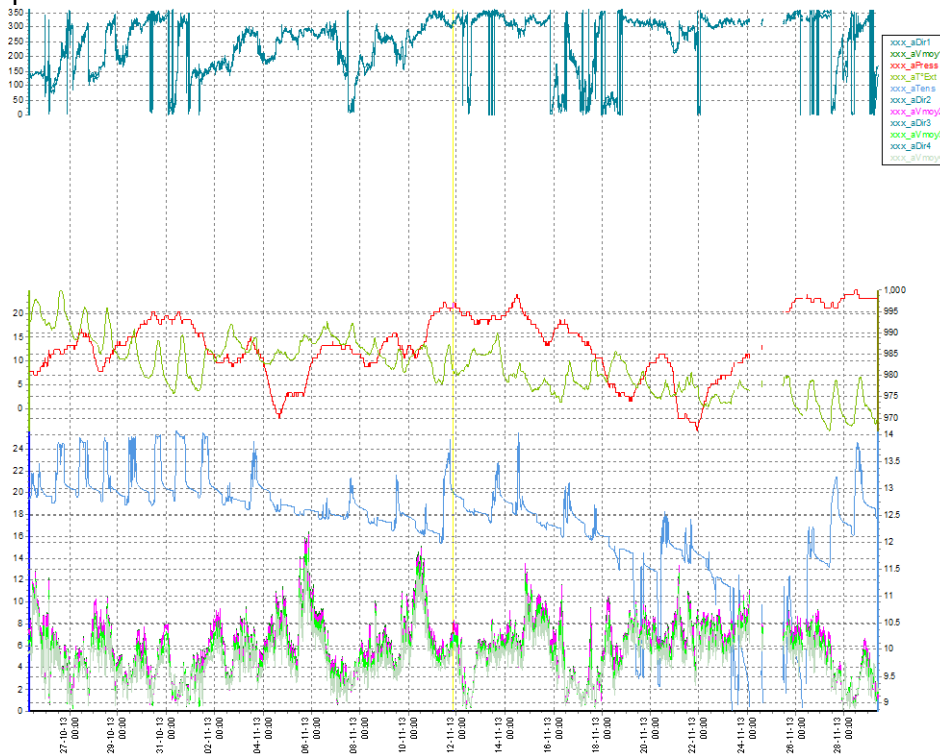
ESTIMATION DU POTENTIEL EOLIEN D'UN SITE

1. Suivi de campagne d'un mât de mesures

1.1 ENVOIS MENSUELS

Chaque quinzaine, les données de vitesses, directions, température, humidité, pression et tension de batterie sont visualisées (logiciel interne à PlenR utilisé) et validées ; les dysfonctionnements éventuels sont repérés et signalés.

Le graphique ci-dessous représente les mesures de direction, pression, température, tension et vitesses sur un mois de campagne, avec là un problème de chute de tension entraînant une petite perte de données :



graphique 1 : visualisation d'un mois de mesures, logiciel interne utilisé

Les données du mois, après filtrage éventuel et validation, sont fournies sous un format adéquat en ASCII ; elles sont alors montées avec les données antérieures, depuis le début de la campagne. En option, un rapport mensuel peut aussi être fourni avec les données.

1.2 RAPPORT ANNUEL OU DE FIN DE CAMPAGNE

Ce rapport comprend :

1.2.1 Une analyse des données techniques de l'instrumentation:

- Position et environnement du mât de mesures : inclinaison éventuelle du terrain, rugosité aux alentours, présence de forêts, obstacles éventuels.

Des photos de l'environnement du mât seront nécessaires; exemple ci-dessous :



photo 1 : environnement du mât de mesures

- Caractéristiques du mât de mesures : diamètre, dimension, section et orientation des bras de dépôts, hauteurs de mesures (anémomètres, girouettes, température, pression) ; conformité du mât de mesures à la norme IEC 61400-12-1 de décembre 2005.



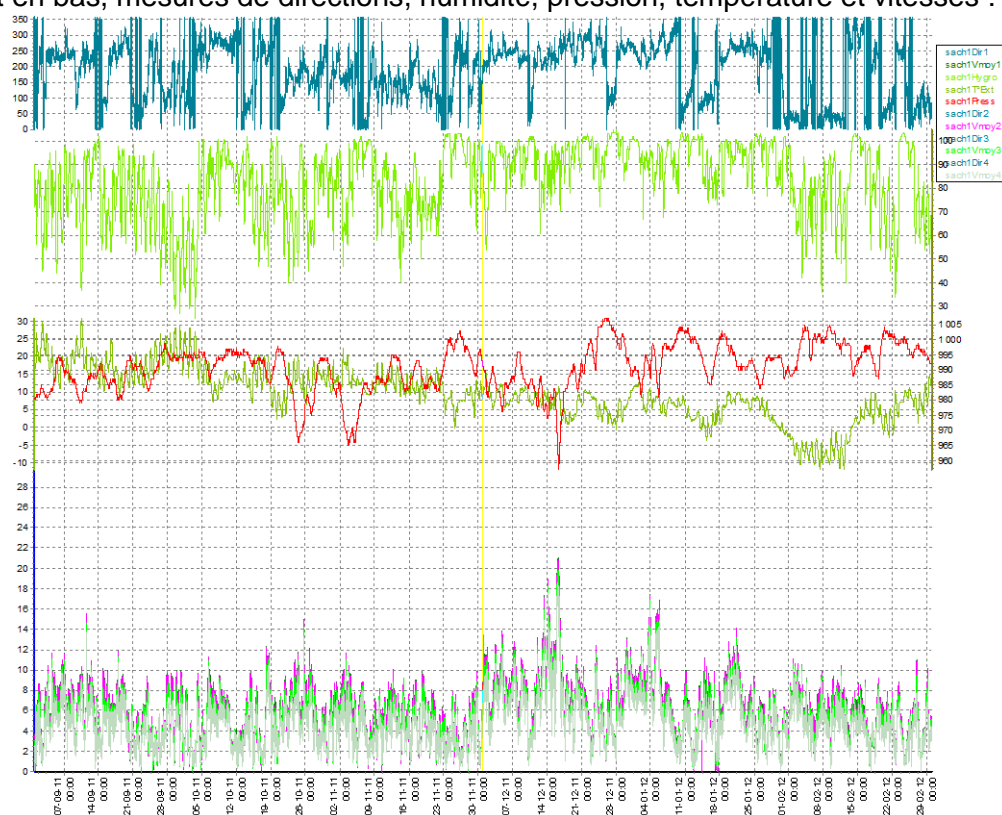
photo 2 : bras de dépôts des anémomètres et girouettes

- Type des anémomètres & certificats de calibration.
- Paramètres de configuration du data-logger, vérification du programme utilisé.
- Données enregistrées pour chaque variable (vitesse, direction, température, humidité, pression).
- Maintenance du mât de mesures.

1.2.2 Une analyse des mesures effectuées sur toute la campagne de mesures :

- La visualisation, le filtrage et la validation des données effectués mensuellement sont synthétisés, les interventions éventuelles effectuées sur le mât et leurs conséquences sont précisées.

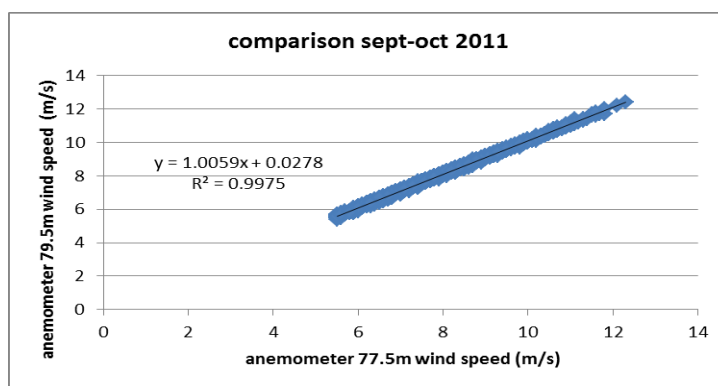
Exemple ci-dessous de visualisation de 6 mois de données, logiciel interne à PlenR utilisé ; de haut en bas, mesures de directions, humidité, pression, température et vitesses :



graphique 2 : visualisation de 6 mois de mesures

- Une comparaison interne des mesures des anémomètres est effectuée ; (comparaison directe des vitesses mesurées pour 2 anémomètres au même niveau en tête de mât, comparaison selon IEC 61400-12-1, annexe K, dans le cas d'un anémomètre positionné en « back-up » de l'anémomètre de pointe; nuages de points et régressions entre mesures des anémomètres à des niveaux différents).

Exemple de comparaison d'un anémomètre en pointe et un anémomètre en « back-up » :



graphique 3 : comparaison selon IEC 61400-12-1, annexe K

1.2.3 Une analyse des données de vent :

a) Statistiques établies sur toute la période de mesures :

- Vitesses moyennes mensuelles et taux de recouvrement des vitesses, pour chaque niveau.
- Roses des vents par niveau.
- Variabilité saisonnière des vitesses de vent par niveau.
- Statistiques sur les pressions, températures et humidité.
- vitesses maximales par niveau et par secteurs directionnels.

b) Statistiques établies sur une année ou 2 années de mesures :

- Choix de la période utilisée (une ou 2 années complètes, sans biais saisonnier).
- Variabilité horaire des vitesses de vent, par saison.
- Profils verticaux globaux et par secteurs directionnels; (valeurs moyennes et écarts-types ; prise en compte de l'effet éventuel de masque du mât pour certains secteurs).
- Intensités de turbulence par niveau, par secteurs directionnels et par bins de vitesses.

1.2.4 Une estimation de la vitesse de vent long terme sur le site :

Cette estimation nécessite des données de vent long terme, lesquelles données proviennent soit de stations météorologiques, soit de données réanalysées ; nous proposons, à côté d'une estimation basée sur une station météorologique, d'effectuer une estimation basée sur les données réanalysées Merra-2, de la Nasa.

a) Estimation de la vitesse de vent long terme basée sur une station météorologique :

- Recherche d'une station météorologique de qualité, représentative du site : une recherche des stations météorologiques de qualité de la région sera effectuée en se basant sur la Publithèque de Météo-France. L'environnement et la qualité des stations proches du site sera analysé, et le centre météorologique départemental sera contacté à leur sujet; les vitesses moyennes mensuelles des stations retenues sur 10 années au minimum seront comparées entre elles et aux vitesses moyennes mensuelles des données Ncep et Merra-2, ceci pour y détecter des biais éventuels sur le long terme ; des régressions entre vitesses moyennes mensuelles de ces

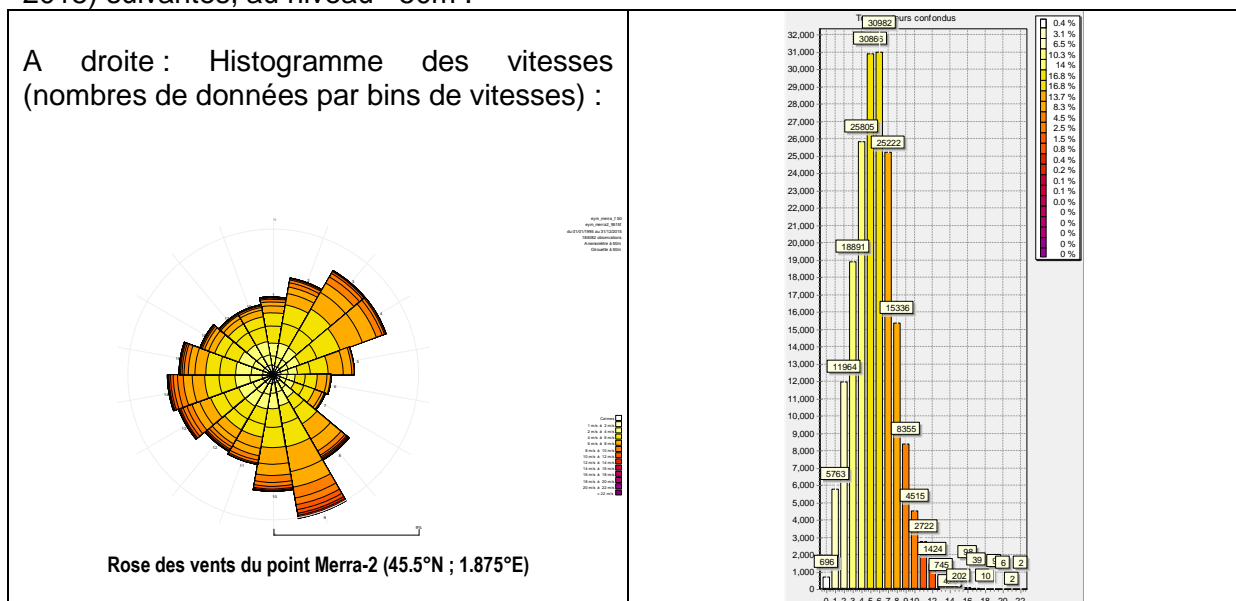
stations et des mesures sur site seront effectuées, de manière à repérer la station météorologique la plus représentative du site.

- Si, pour la station retenue, on dispose de données de vent horaires sur la période de mesures, et horaires ou tri-horaires sur le long terme, la vitesse long terme sur le site est estimée à partir de régressions horaires effectuées par secteur entre mesures sur site et données de la station (on travaillera si possible avec une ou 2 années de mesures complètes); si, pour cette station, on ne dispose que des vitesses moyennes mensuelles, la vitesse long terme sur le site est estimée à partir de régressions entre vitesses moyennes mensuelles des mesures et des données de la station .

b) Estimation de la vitesse de vent long terme basée sur les données Merra-2 :

- Extraction des données Merra-2 (données horaires, niveau ~50m), à partir de l'année 1995, sur le point de grille le plus proche du site; (la résolution spatiale des Merra-2 est environ d'un point tous les 60 km).
- Analyse de ces données (vitesses moyennes annuelles, roses des vents)

Sur le point Merra-2 (45.5°N ; 1.875°E), on a ainsi les données de vent long terme (1995-2015) suivantes, au niveau ~50m :



- La vitesse long terme est alors estimée par régressions, effectuées par secteur directionnel, sur les données horaires comparées entre mesures sur site et données de la station; il est préférable, quand cela est possible, d'utiliser une année (ou 2 années) de mesures complète.

La vitesse de vent long terme sera donnée, sur la position du mât de mesures, au niveau maximal des mesures du mât, et aux niveaux 50m, 100m et 150m (le profil vertical mesuré sera utilisé pour les extrapolations verticales).

2. Estimation du potentiel éolien

On suppose que l'on dispose sur le site d'une campagne de mesures de durée suffisante, cette campagne de mesures ayant été analysée et validée.

On cherche à estimer le productible (P50, P75 & P90) de différentes éoliennes positionnées ou non sur la position du mât de mesures.

2.1 RECALAGE LONG TERME DES MESURES DE VENT

Ce recalage est effectué par méthode MCP (Measure/Correlation/Prediction), en se basant d'une part sur une station météorologique, d'autre part sur les nouvelles données réanalysées de la Nasa (données Merra-2). La vitesse de vent long terme estimée précédemment ne suffit en effet pas à caractériser les données de vent long terme sur le site, la distribution long terme des vitesses important également.

2.1.1 Station météorologique utilisée

Si on dispose pour cette station de données de vent horaires sur une année de mesures, et horaires ou tri-horaires sur le long terme (10 années au moins), le recalage long terme est effectué par MCP matricielle [1], cette MCP matricielle étant validée sur l'année de mesures. Si on ne dispose pour cette station que des vitesses moyennes mensuelles, le recalage long terme est effectué en se basant sur la vitesse de vent long terme sur le site estimée précédemment, et en considérant que la distribution des vitesses long terme est bien estimée en se basant sur les mesures effectuées ; (la campagne de mesures doit être alors au minimum de 2 années).

2.1.2 Données Merra-2 utilisées.

Ces données étant des données horaires, le recalage long terme est effectué par MCP matricielle, cette MCP matricielle étant validée sur l'année de mesures.

La période long terme considérée est d'environ 20 années (généralement 1998-2015 ou 1995-2015, cf. [2]).

2.2 ESTIMATION DU POTENTIEL EOLIEN.

Cette estimation nécessite, en plus des données de vent long terme, les courbes de puissance des éoliennes projetées adaptées aux conditions locales, et des estimations des différentes pertes de productible.

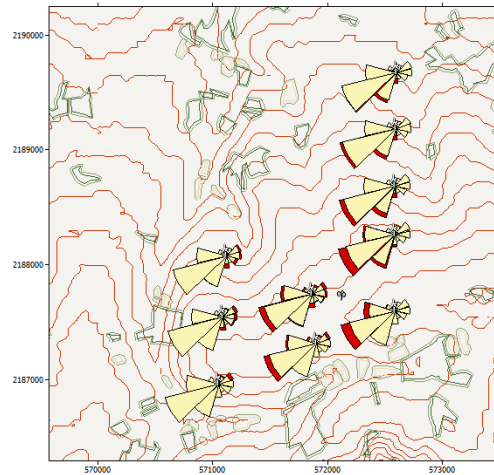
La ou les courbes de puissance des éoliennes envisagées (courbes de puissance garanties par le turbinier) seront validées et adaptées au site ; (correction de densité moyenne de l'air selon IEC 61400-12-1, Ed 2005).

2.2.1 Estimation du potentiel sur la position du mât de mesures :

Les données de vent seront extrapolées à hauteur de moyeu de l'éolienne selon le profil vertical mesuré, puis le productible annuel moyen de chaque éolienne sera calculé en estimant les différentes pertes de productible (disponibilité moyenne des éoliennes, pertes électriques, auto-consommation des éoliennes, pertes dues au givre...).

Une estimation des différentes incertitudes sur l'estimation du vent long terme et sur les calculs de productibles sera effectuée, permettant d'estimer ensuite les P75 et P90 pour chaque type d'éolienne.

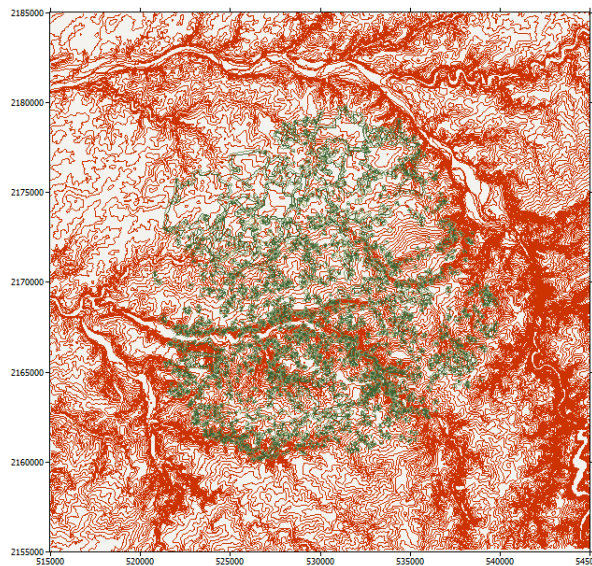
2.2.2 Estimation du potentiel dans le cas d'une implantation :



carte 1 : exemple d'implantation d'éoliennes, avec roses de productibles

Il nous faut alors extrapoler spatialement les données de vent du mât de mesures, extrapolées à hauteur de moyeu de l'éolienne selon le profil vertical mesuré, et tenir compte des pertes dues aux sillages.

WAsP 11 est utilisé pour cela, en utilisant une carte de topographie et rugosités adaptées au site :



carte 2 : exemple de carte de topographie et rugosité

Cette carte est normalement obtenue à partir de modèles numériques de terrains locaux (tels les BD ALTI 25m ou 50m de l'IGN pour la France), auxquels on ajoute des courbes de rugosité issues de cartes au 1/25000^{ème}; pour l'orographie, une carte simplifiée peut éventuellement être obtenue à partir de la BD ALTI 75m de l'IGN, ou à partir des données SRTM de la Nasa (cf. <http://www.dataforwind.com/>).

Le productible annuel moyen de l'implantation sera calculé en estimant les différentes pertes de productibles (disponibilité moyenne des éoliennes, pertes électriques, auto-consommation des éoliennes, pertes dues au givre...).

Une estimation des différentes incertitudes sur l'estimation du vent long terme et sur les calculs de productibles sera effectuée, permettant d'estimer ensuite les P75 et P90 de l'implantation pour chaque type d'éolienne.

[1] : « A review of MCP techniques », M. Anderson, "RES Ltd", 2004

[2]: Long-term correction of wind measurements. State-of-the-art, guidelines and future work", Liléo, Berge, Undheim, Klinkert & Bredesen, EWEA 2013.