

reason at rotor blades can be found in the surface problems of the glass fiber reinforced plastic. The influence of the cable can be easily reduced by increasing the cross section. Post processing helps to correct this distortion. If requested the well known physical influence out of the air density can be removed from the overall found temperature coefficient.

Causes	Temperature Drift
Physical, change of air density	0.33 %/°C
Homogeneous material in a temperature compensated bridge	0 %/°C
Surface of glass fiber reinforced plastic (hypothetical example)	2 %/°C
Uniform temperature change inside the bridge	0.07 %/(°C m) 0.28 %/°C for 4m cable
Uneven temperature change inside the bridge	0.2 %/(°C m) 0.8 %/°C for 4m cable
Temperature change at strain gauges	0.012 %/°C change of gage factor
Supply cable of bridge by using 6 wire application	0 %/°C
Measurement system alone (example)	0.075 %/°C

Long-term Scaling of Site Measurements: Evaluation of Long-Term Meteorological Data in France and Comparison of Correlation Methods

Corrélation à long terme de mesures sur site : Evaluation des données météorologiques long terme en France et comparaison de méthodes de corrélation

V. Borget, P.A. Monnier, DEWI France
M. Strack, DEWI



Summary

The accurate long-term assessment is of crucial importance in the frame of any wind farm energy yield assessment or assessment of operational data. Experiences show that the expected long term energy output can vary, for the same wind farm and measurement data base, in a range of up to +/- 20% depending on the selected long-term meteorological station and the used correlation procedure. To provide a well founded basis to perform long term assessments in France, the present study analyses the behaviour of different long term data sources and meteorological stations data in France and investigates the importance of the selection of the correct long term correlation procedure. In a first part, the study focuses on a set of more than 150 meteorological long-term stations in France. Based on a case study, it is shown that a detailed comparative analysis and evaluation of the data connected to the history of each considered long-term station is a prerequisite in the determination of reliable long-term data sources. In a second step, two different correlation procedures, commonly used for energy yield assessments, are tested and compared on a set of 12 pairs of site and reference measurements in France. The quality of the correlation procedures is assessed and the results demonstrate that uncertainties connected to the choice of the long-term station are significantly higher than the uncertainties connected to the correlation procedures, unless a detailed stability analysis is carried out.

1. Introduction

1.1 The Long-term Correlation Scheme

The long-term correlation of site data (based on wind

Résumé

La précision de la procédure de corrélation à long terme est d'une importance cruciale lors de toute étude de potentiel éolien ou de corrélation de données de production. L'expérience montre que la production prédite à long terme pour un même site avec les mêmes données de mesure peut varier de +/-20% selon la station météorologique choisie et la procédure de corrélation utilisée. Dans le but de fournir une base de travail sûre dans le cadre de la procédure de corrélation à long terme en France, la présente étude analyse, d'une part, le comportement de différentes sources de données à long terme en France et, d'autre part, l'importance du choix de la procédure de corrélation. Dans une première partie, l'étude se concentre sur l'étude de plus de 150 stations météorologiques en France métropolitaine. Une étude de cas démontre que l'analyse comparative détaillée des données long terme et une évaluation de ces données en relation avec l'historique des stations météorologiques sont des conditions nécessaires à la détermination de sources de données à long terme fiables. Dans un second

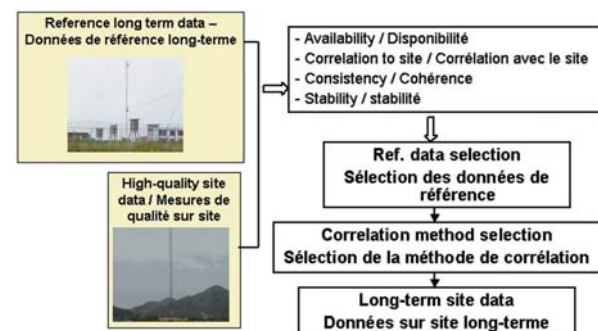


Fig. 1: The long-term correlation scheme.

Fig. 1: La procédure de corrélation à long terme

measurements or energy yield data) is one of the main steps to be carried out during the process of any energy yield assessment. Indeed, site data is – in most cases – only available for a relatively short period compared to the lifetime of a wind farm and is therefore not independent from the yearly and seasonal variations. Assessing the long-term energy yield of a wind farm therefore requires extrapolating (with regards to time) the site data measured over the short period to site data representative of the long-term wind conditions.

As a consequence, and as shown on Fig. 1, this procedure implies:

- To find a reliable long-term data source (at least 10 years, whenever possible) usable as a long-term reference, with a high availability, representative to the site conditions and without inconsistency or any trend over the long-term period.
- To implement a correlation method between the site and the reference data and to determine the relationship between both measurements during the common period and to allow the reconstruction of long-term site data by application of this relationship on the long-term reference data.

In the following, both steps will be considered separately, with a special focus on the available long-term data sources in France.

It is emphasized that assessing accurately the long-term wind conditions of a site also relies on other parameters such as the quality of the (short term) site data. In this context an accurate determination of the long-term wind conditions at the wind farm site can only be performed if the site measurements are of high quality and do fulfil both IEA [1] and IEC 61400-12-1 [2] recommendations.

1.2 A Case Study: The Difficulty of Choosing a Long-term Data Source

Table 1 presents a typical example of the results given by the correlation of 1-year wind measurements at a French site with the closest (in this case seven) long-term meteorological stations, and for different long-term periods (10, 15 and 20 years). These results are presented as scaling factor values e. g. ratio of the predicted long-term wind speed to measured (short-term) wind speed at the site (the procedure that calculates the scaling factor is detailed in section 3.2). From this example, which is quite representative of most of the situations encountered for French projects, it can be seen that:

- The scatter on the predicted long-term wind speed is high, from 6% to 9%, depending on the long-term period length.
- The sensitivity of the predicted long-term scatter to the length of long-term period is quite high.

The consequence is, that depending on the

temps, deux méthodes de corrélation sont testées et comparées sur 12 paires site-station de référence en France. La qualité des procédures de corrélation est évaluée et les résultats démontrent qu'à moins de réaliser une étude de stabilité détaillée des données météorologiques à long terme, l'incertitude liée au choix de la station météorologique est significativement plus importante que l'incertitude induite par le choix de la procédure de corrélation.

1. Introduction

1.1 La procédure de corrélation à long terme

La corrélation à long terme de données mesurées sur site (de vitesses du vent ou de production) est une des étapes principales à mener lors de l'évaluation du potentiel éolien d'un site. En effet, dans la majorité des cas, les données sur site ne sont disponibles que sur une courte durée en comparaison à la durée de vie d'un parc éolien et ne sont donc pas décorrélées des variations saisonnières et interannuelles de la ressource éolienne. L'évaluation du potentiel énergétique d'un site sur le long terme requiert ainsi une extrapolation temporelle des données de mesure sur site dont le but est d'établir une base de données représentative des conditions de vent sur site et sur le long terme.

En conséquence, et ainsi qu'il l'est montré sur la Figure 1, la procédure de corrélation à long terme implique :

- *De trouver une source fiable de données météorologiques à long terme (au moins 10 ans, si possible) qui puisse être utilisée comme référence long terme et ayant les caractéristiques suivantes : une disponibilité des données élevée, une bonne représentativité des données mesurées sur site et l'absence d'incohérences ou de tendances dans les données à long terme.*
- *De mettre en œuvre une méthode de corrélation entre le site et les données de référence à long terme afin de déterminer une relation entre les deux mesures pendant la période commune qui permette ensuite la reconstruction de données à long terme sur le site.*

Dans les paragraphes suivants, ces deux étapes seront considérées séparément et une attention toute particulière sera portée sur les sources de données à long terme disponibles en France.

A ce stade, il doit également être mentionné que l'évaluation précise des conditions de vent à long terme d'un

Ref. stations	LT_A	LT_B	LT_C	LT_D	LT_E	LT_F	LT_G	Scatter (U)
R ²	91%	90%	94%	93%	88%	89%	98%	-
LT site (10 years)	107%	108%	106%	106%	110%	109%	104%	6%
LT site (15 years)	107%	108%	107%	109%	113%	111%	105%	8%
LT site (20 years)	107%	109%	109%	111%	114%	112%	106%	9%
Distance [kms]	88	69	33	33	52	70	11	-

Tab. 1: Scaling factors for several reference stations and for different long-term periods.

Tab. 1: Facteurs d'échelle pour différentes stations météorologiques et différentes périodes long terme.

chosen long-term meteorological data and on the chosen long-term period, the results in terms of predicted long-term energy yield for this site could differ by up to 20%. This situation – very typical for French and also for most of international projects – clearly shows that a detailed analysis is required for the choice of a reliable long-term data source.

2. Long-term Meteorological Data Evaluation

2.1 The Long-term Data Sources in France

Depending on the location of the site several long-term data sources are usually available. The most important is composed of the wind speed and wind direction measurements carried out by Météo France all over the country. The network of Météo France [3] meteorological stations is quite dense as shown on Fig. 2. These measurements are carried out at 10 or 12 metres (rarely 30 m) height depending on the pylon type, which means that they are very sensitive to any close surroundings evolution. As well, Météo France is not usually the landowner and there is no administrative constraint around a Météo France mast to prevent from any change of its close surroundings. Therefore, these changes are actually quite frequent. Furthermore, Météo France keeps on trying to achieve the best measurement quality possible, which induces that stations are frequently re-equipped (change of pylon, change of sensors) or relocated.

As well, Reanalysis data [4] are available on a grid of 2.5° longitude and latitude spatial resolution (for pressure levels) and 6-hourly temporal resolution. However, using Reanalysis data for the long-term correlation is subject to limitations and should be therefore handled with care (see reference [5] for example).

Other data sources are also available, such as the analysis data from weather forecasting models, but have not been considered in the present study.

2.2 Stability Assessment of Meteorological Data

A total of 165 meteorological stations from the Météo France network – those having at least 18 years of existence – have been chosen for a detailed comparative stability assessment. These stations are shown in Fig. 2.

For each meteorological station, data have been evaluated in terms of monthly mean wind speed values. A complete testing procedure has been implemented in order to compare the meteorological stations to each other. This procedure investigates the evolution of several parameters over a long-term period such as the relative mean wind-speed value, the wind speed standard deviation, the correlation coefficient with the surrounding meteorological stations and the scaling factor, among others. In parallel, the detailed history of the long-term stations has been obtained from Météo France (when available) and compared to the

sité dépend aussi d'autres paramètres tels que la qualité des données de mesure (court terme) sur site. Ainsi, une détermination précise des conditions de vent à long terme sur un site ne peut être réalisée que si les mesures réalisées sur site sont d'excellente qualité et satisfont à la fois aux recommandations de l'AIE [1] et à la norme IEC 61400-12-1 [2].

1.2 Une étude de cas: la difficulté du choix d'une source de données à long terme

La Table 1 présente un exemple typique des résultats de corrélation à long terme d'une année de mesures sur un site en France avec les stations météorologiques les plus proches (sept ici) et pour différentes périodes long terme (10, 15 ou 20 ans). Ces résultats sont présentés sous la forme de facteurs d'échelle qui représentent le rapport entre la vitesse à long terme prédite sur site et la vitesse moyenne mesurée sur site (court terme). La procédure de corrélation qui calcule ces facteurs d'échelle est détaillée dans le paragraphe 3.2.

De cet exemple représentatif de la plupart des situations rencontrées pour les projets français, on peut voir que :

- *La dispersion de la vitesse long terme prédite sur site est élevée, de 6% à 9% d'écart sur la vitesse suivant la période long terme choisie*
- *La sensibilité de la vitesse long terme prédite vis à vis de la période long terme choisie est élevée.*

La conséquence de ces observations est que les résultats en terme de prédiction énergétique peuvent varier de près de 20% en fonction de la station météorologique et de la période long terme choisies. Cette situation, caractéristique des projets français – mais aussi internationaux – montre clairement qu'une analyse détaillée de la stabilité des données long terme est requise pour le choix d'une source fiable de données long terme.

2. L'évaluation des données météorologiques long terme

2.1 Les sources de données long terme en France

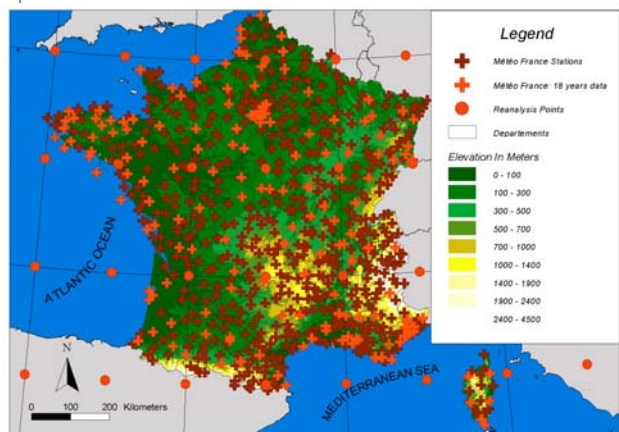


Fig. 2: Long-term data sources in France. Red crosses denote the 165 meteorological stations with at least 18 years of existence.

Fig. 2: Sources de données long terme en France. Les croix rouges désignent les 165 stations météorologiques qui ont plus de 18 années d'existence.

findings derived from the testing procedure implementation. Information from the visits of the meteorological stations performed in the frame of the energy yield assessments carried out in France has also been taken into account.

From this analysis, it appears that the scaling factor evolution can be – at least partly – connected to the history of the meteorological station and can therefore represent a useful tool for selecting a stable long-term data source. On Fig. 3 is plotted the evolution of this scaling factor with the long-term period starting year (ending year is 2004) and for the test case presented in section 1.2.

Filtering out the curves for which distinct trends – induced by changes at the meteorological station surroundings (vegetation growth, buildings...) – or accidents due to major changes such as mast relocation, measurement height or set-up change yields to the strong reduction of the scatter of the scaling factor evolution, as shown on Fig. 4.

In the present case, such an analysis yields to scaling factor values that differ (from one meteorological station to the other) by less than 1% for long-term periods ranging from [1988-2004] to [1999-2004]. It is also shown that for periods longer than 7 years, the scaling factors for each meteorological station differ by less than +/-0.3%. These figures are definitely site-specific but underline the confidence that can be gained in the long-term data source by performing a detailed stability analysis.

This stability analysis procedure has been carried out for each of the 165 selected meteorological stations shown on Fig. 2 taking into account the history of the stations. From this detailed analysis it turns out that only 28 of the considered meteorological stations can be considered as stable over a period of 10 years [1996-2005]. Only 5 to 7 can be considered as stable over an 18-years period. On the other hand, the conclusion drawn from Fig. 4 regarding the minimum long-term period length to be considered is confirmed: indeed, depending on the wind regime, 7 to 9 years seem to be enough to reach a scaling factor that can be considered as representative of the long-term level.

As a conclusion, only very few meteorological stations can be considered as usable for long-term correlation purposes. If such a stability analysis is not carried out, the risk to misestimate the expected long-term energy yield significantly (by up to 20%) is quite high.

3. Comparison of Long-term Correlation Methods

3.1 Introduction

In the following sections, two correlation procedures have been applied on 12 pairs of site and reference data, for which two to four years of measurements were available. The aim is first to evaluate the accuracy of a

Suivant la localisation du site, plusieurs sources de données long terme sont généralement disponibles. La source de données la plus importante est composée du réseau national de stations météorologiques de mesure de la vitesse et de la direction du vent de Météo France. Le réseau de stations Météo France [3] est assez dense, ainsi que l'indique la Figure 2.

Les mesures sont généralement réalisées à 10 ou 12 mètres (rarement 30 mètres) en fonction du type de pylône, ce qui signifie qu'elles sont très sensibles à toute évolution de leur environnement proche. De plus, Météo France n'est généralement pas le propriétaire des terrains où les mâts de mesures sont installés et aucune servitude n'est mise en place autour d'un mât Météo France pour prévenir tout changement de son environnement proche. En conséquence, ces changements sont en fait assez fréquents. Enfin, Météo France s'efforce d'obtenir une qualité de mesures la plus élevée possible, ce qui implique que les stations météorologiques sont souvent rééquipées (changement de pylône, de capteurs) ou déplacées.

Egalement, les données de Réanalyse [4] sont disponibles sur un maillage de 2.5° degrés de longitude et latitude (pour les niveaux de pression) et avec une résolution temporelle de 6 heures. Cependant, leur utilisation dans le cadre de la corrélation à long terme est soumise à des limitations et doit donc être considérée avec précaution (voir la référence [5] par exemple).

D'autres types de sources de données sont également disponibles, telles que les données d'analyse issues de modèles de prédiction météorologiques mais elles n'ont pas été considérées dans la présente étude.

2.2 Evaluation de la stabilité des données météorologiques

Un total de 165 stations météorologiques du réseau Météo France – celles ayant 18 ans et plus d'existence – ont été sélectionnées pour une étude comparative détaillée de stabilité sur le long terme. Ces stations sont indiquées sur la Figure 2.

Pour chaque station météorologique, les données ont été évaluées en terme de moyenne mensuelle de la vitesse. Une procédure de test a été définie et mise en œuvre dans le but de comparer les stations météorologiques entre elles. Cette procédure analyse l'évolution temporelle de différents paramètres sur le long terme, tels que, entre autres, la vitesse moyenne, son écart type, le coefficient de corrélation avec les stations météorologiques voisines et le facteur d'échelle. En parallèle, l'historique détaillé des stations météorologiques a été obtenu auprès de Météo France (quand il était disponible) et comparé aux conclusions issues de la mise en œuvre de la procédure d'analyse de stabilité. Les informations collectées lors des visites des stations météorologiques réalisées dans le cadre des études de potentiel éolien réalisées en France ont également été prises en compte.

correlation method based on monthly mean values (see section 3.2) and to compare it to a more sophisticated correlation procedure. As well, the evaluation of the errors introduced by both correlation methods will be compared to the error caused by the selection of a non-stable meteorological station.

For each pair of site and reference data, original data (from 2 to 4 years, considered here as the long-term period) have been split into shorter periods, whose starting months moves within the long-term period. A total of approximately 5,300 test cases have been thus created. For short periods of 3 months, the number of test cases is 340 and decreases almost linearly to 90 for periods of 24 months. In terms of correlation quality, the correlation coefficients (R^2) on the monthly wind speed values range from 46% (very low) to 98% (very high), but the number of sites with very high correlation quality is predominant, as shown on Fig. 5.

3.2 The Monthly Mean Values Approach

This correlation method is based on the monthly mean values of the wind speeds at both site and reference measurement masts. From the comparison between the respective wind speed values during the common period, a linear transfer function is derived, as shown on Fig. 6. This linear function is then applied on the reference long-term data to reconstruct long-term site data. From the ratio of the reconstructed long-term mean wind speed at the site to the measured site wind speed (common period), a scaling factor is deduced and applied on the measured wind speed distribution at the site to "scale" the measured wind speeds to the expected long-term level. This method has the main drawback not to correlate the wind direction distribution and to require high data availability.

3.3 The MCP-Correlation Method

The MCP-correlation method as used in the present study is an adaptation of the method presented in [6]. Its main characteristics are that the correlation applies on time series and creates long-term time series of the site data (both wind speeds and wind direction are cor-

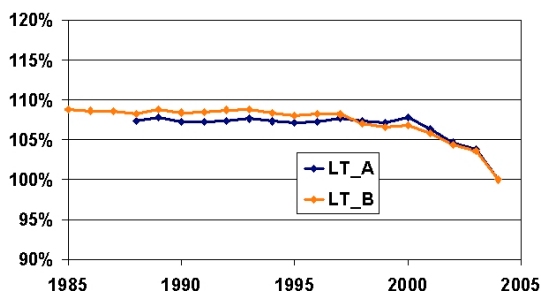


Fig. 4: Evolution of the scaling factors deduced from 1-year site measurement data and two meteorological stations without major changes in their history.

Fig. 4: Evolution des facteurs d'échelles déduits d'une année de mesures sur site et de deux stations météorologiques sans changement significatifs de leur caractéristiques et environnement proche.

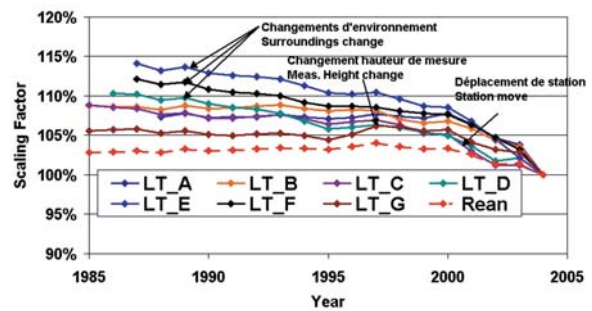


Fig. 3: Evolution of the scaling factors deduced from 1-year site measurement data and several meteorological stations (the years in abscises denote the starting year of the long term period – short term period is year 2004).

Fig. 3: Evolution du facteur d'échelle déduit d'une année de mesures sur site et de différentes stations météorologiques (les années en abscisse désignent l'année de début de la période long terme – La période court terme et l'année de fin de la période long terme est l'année 2004).

De cette analyse, il apparaît que l'évolution du facteur d'échelle peut être bien souvent corrélé à l'historique de la station météorologique et peut donc représenter un outil utile pour la sélection d'une source stable de données à long terme. Sur la Figure 3 est donnée l'évolution de ce facteur d'échelle par rapport à l'année de début de la période long terme (2004 est la dernière année de la période long terme) et pour le cas test présenté au paragraphe 1.2.

Les courbes pour lesquelles des tendances distinctes – induites par des changements de l'environnement proche des stations (croissance de la végétation, construction de bâtiments) – ou pour lesquelles des accidents sont visibles et induits par des changements majeurs à la station météorologique (déplacement du pylône, changement de la hauteur de mesure...) ont été éliminées. Cette procédure conduit à une réduction significative de la dispersion sur l'évolution du facteur d'échelle, ainsi qu'il l'est indiqué sur la Figure 4.

Dans le cas présent, une telle analyse conduit à des valeurs du facteur d'échelle qui diffèrent désormais (d'une station météorologique à une autre) de moins de 1% pour des périodes long terme incluses entre [1988-2004] et [1999-2004]. Il est également montré qu'à partir d'une durée de 7 ans pour la période long terme, le facteur d'échelle de chaque station météorologique varie de moins de $\pm 0.3\%$, dans le cas présent. Ces valeurs sont clairement spécifiques à chaque site mais soulignent cependant le niveau de confiance qui peut être obtenu sur le choix de la source de données à long terme par la mise en œuvre de cette analyse détaillée de stabilité.

Cette procédure d'analyse de stabilité des données long terme a été mise en œuvre pour chacune des 165 stations météorologiques indiquées sur la Figure 2 en prenant en compte l'historique des stations. Les conclusions de cette analyse sont que seulement 28 stations météorologiques peuvent être considérées comme stables sur une période de 10 ans [1996-2005] et que 5 à 7 stations

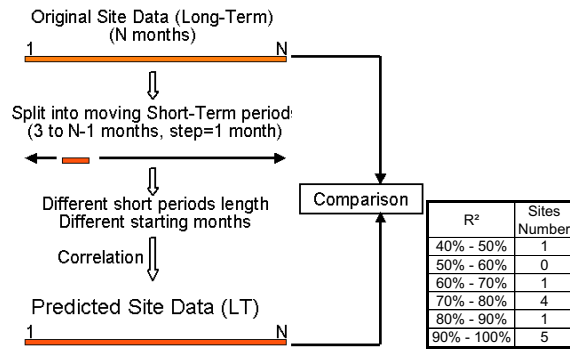


Fig. 5: Correlation methods testing procedure (left) and correlation coefficients of site pairs (right) over the full common period

Fig. 5: Procédure de test des méthodes de corrélation (gauche) et coefficients de corrélation des paires de sites tests sur la période commune complète.

related) and that it is optimised to meet the energy content of the wind speed distribution at the site. This method has manually adjustable parameters for the fitting strategy that have not been optimised here. As well, its accuracy is reduced due to the low resolution of the wind speed data (1 m/s for Météo France data usually).

3.4 Main Findings

The predicted wind speed distributions have been transformed into energy yield values by the use of a standard power curve and then compared to the energy yield values given by the original site data. Fig. 7 shows the results of this comparison.

For one year of site measurements, errors on the energy yield are in the range of 4% +/- 2% for the MCP method and are a bit lower (3.4% +/-1.2%) for the monthly mean values approach. Both methods could lead to errors, which are much lower than the errors occurring by a wrong choice of the long-term data source, as seen in section 1.2.

As well, for short measurement periods, the MCP approach has definitely to be preferred since it reduces the uncertainty significantly. The possible errors are very much dependent on the correlation quality between the wind farm site and the reference site, as well as on the atmospheric temperature stratification, as shown on Fig. 8. In this figure it is clearly shown that the prediction error is season-dependent. These sea-

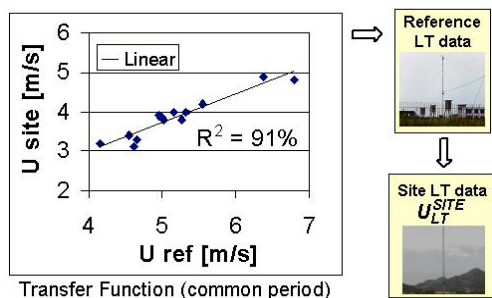


Fig. 6: The monthly mean values approach
Fig. 6: L'approche des moyennes mensuelles

sont stables sur une période de 18 ans. D'autre part, les conclusions déduites de la Figure 4 et relatives à la durée minimale de la période long terme sont confirmées à savoir que 7 à 9 ans semblent suffisants pour atteindre des valeurs du facteur d'échelle qui puissent être considérées comme représentatives du niveau attendu à long terme.

En conclusion, très peu de stations météorologiques peuvent être considérées comme utilisables dans le cadre d'une procédure de corrélation à long terme. Si une étude détaillée de stabilité telle que décrite ci-dessus n'est pas menée, le risque de mésestimer significativement (jusqu'à 20% d'erreur) la production énergétique à long terme d'un site est alors élevé.

3. Comparaison de méthodes de corrélation à long terme

3.1 Introduction

Dans les paragraphes suivants, deux méthodes de corrélation ont été mises en œuvre sur 12 paires de données site – station météorologique pour lesquelles 2 à 4 années de données de mesure sont disponibles. L'objectif de cette étude est en premier lieu d'évaluer la précision de la méthode de corrélation basée sur les moyennes mensuelles (voir paragraphe 3.2) et de la comparer aux résultats d'une méthode de corrélation plus sophistiquée. Egalement, l'évaluation des erreurs introduites par les deux méthodes de corrélation sera comparée à l'erreur induite par la sélection d'une station météorologique dont les données long terme ne sont pas stables.

Pour chaque paire de données site-station météorologique, les données originales (d'une durée de 2 à 4 ans, considérées ici comme les données long terme) ont été décomposées en des périodes plus courtes (3 mois minimum), dont les mois de départ « glissent » le long de la période long terme. Un total de près de 5 300 cas tests a ainsi été créé. Pour les périodes d'une durée de 3 mois, le nombre de cas tests est de 340 et il décroît quasiment linéairement avec la durée de la période pour atteindre 90 cas tests pour une durée de 24 mois. En terme de qualité de la corrélation, les coefficients de corrélation (R²) sur les vitesses moyennes mensuelles varient de 46% (très faible) à 98% (très élevé), mais le nombre de sites pour lesquels la corrélation est élevée entre le site et la référence est prédominant, ainsi qu'indiqué sur la Figure 5.

3.2 L'approche des moyennes mensuelles

Cette méthode de corrélation est basée sur les valeurs moyennes mensuelles des vitesses au site et à la référence. De la comparaison des valeurs de vitesses sur la période commune, une fonction de transfert linéaire est déduite, ainsi qu'il l'est illustré sur la Figure 6.

Cette fonction linéaire est ensuite appliquée aux données long terme de référence dans le but de reconstrui-

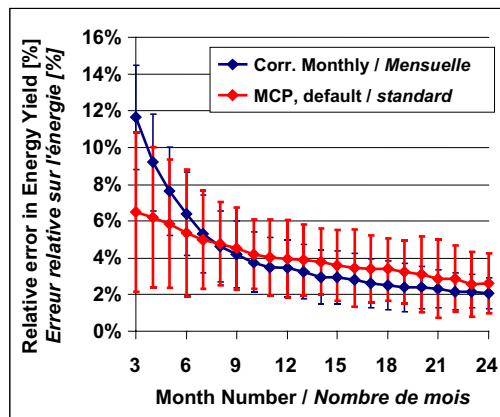


Fig. 7: Mean errors and standard deviations on the predicted energy yield for both correlation methods with varying common period lengths

Fig. 7: Erreurs relatives moyennes et écart types sur la production énergétique prédite par les deux méthodes de corrélation avec des durées variables de la période commune (de corrélation)

sonal variations of the prediction error are actually connected to the seasonal variations of the wind profile, due to the change of the stability: in winters, when the temperature stratification is mostly stable, the wind gradients are high; basing the transfer functions on winter months therefore induces an overestimation of the wind speeds and as a consequence of the predicted energy yields. This error is lower than 2% for common periods of 11 months or more.

4. Conclusions

The results presented in section 3.4 have to be considered as site-specific and cannot be applied as default uncertainty values of the regarded correlation methods. However, they represent a validation of the use of the monthly mean values approach and highlight that the energy yield prediction error due to the correlation methods is here much lower (within the range 2%-6% for more than one year correlation period) than the error induced by a wrong choice of the long-term data source, as shown in section 1.2.

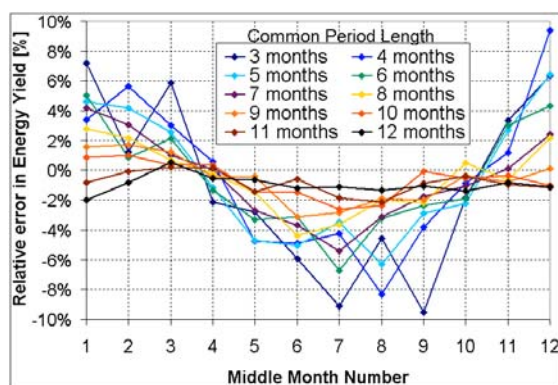


Fig. 8: Error on the predicted energy yield for different common period lengths and for varying middle month of the common period.

Fig. 8: Erreurs relatives moyennes et écart types sur la production énergétique prédite par les deux méthodes de corrélation avec des durées variables de la période commune (de corrélation)

re des vitesses moyennes à long terme sur le site d'étude. Le facteur d'échelle est alors déduit en calculant le ratio entre la vitesse moyenne reconstruite sur site sur le long terme et la vitesse moyenne mesurée sur site sur la période commune. Ce facteur d'échelle est ensuite appliqué sur la distribution de vitesse mesurée sur site sur la période commune afin de la rendre représentative du niveau attendu sur le long terme. Cette méthode a pour principal défaut de ne pas réaliser de corrélation de la distribution de la direction et nécessite une disponibilité élevée des données.

3.3 La méthode de corrélation MCP

La méthode de corrélation MCP utilisée dans la présente étude est une adaptation de la méthode présentée dans [6]. Ses principales caractéristiques sont que la corrélation s'applique sur des séries temporelles (horaires ici), qu'elle crée une série temporelle long terme de données sur site (la corrélation est réalisée sur la vitesse et la direction) et qu'elle est optimisée pour respecter le contenu énergétique de la distribution de vitesses sur site. Cette méthode a des paramètres ajustables manuellement pour la phase d'interpolation qui n'ont pas été optimisés dans le cas présent. De plus, la précision de la méthode est réduite du fait de la faible résolution numérique des données de vitesse (données généralement fournies par Météo France au m/s près).

3.4 Comparaison des deux méthodes

Les distributions de vitesse prédites par les deux méthodes ont été converties en termes énergétiques par l'emploi d'une courbe de puissance standard puis ont été comparées aux valeurs d'énergie issues des données originales de chaque site. La Figure 7 montre les résultats de cette comparaison.

Pour une année de mesures sur site, les erreurs sur la production énergétique sont de l'ordre de 4% +/- 2% pour la méthode MCP (non optimisée) et légèrement plus faible (3.4% +/- 1.2%) pour l'approche par les moyennes mensuelles. Les deux méthodes peuvent induire des erreurs qui sont significativement plus faibles que celles induites par la sélection d'une source erronée de données long terme, ainsi qu'il l'a été vu au paragraphe 1.2.

De plus, pour les périodes de mesure courtes (de quelques mois) la méthode MCP doit nécessairement être privilégiée puisqu'elle induit notamment une erreur significativement plus faible.

Les erreurs possibles engendrées par les méthodes dépendent beaucoup de la qualité de la corrélation entre le site considéré et le site de référence ainsi que des conditions de stratification en température, ainsi qu'il l'est montré sur la Figure 8. Sur cette figure, il est clairement illustré que l'erreur de prédiction varie de façon saisonnière. Ces variations de l'erreur de la méthode de corrélation sont en fait liées aux variations saisonnières

To draw a conclusion, the detailed stability analysis of any meteorological station selected for the long-term correlation of site data is strictly required and represents the cornerstone of the long-term correlation procedure.

5. References / Références

- [1] IEA: IEA Recommendation 11: Wind Speed Measurement and Use of Cup Anemometry, 1st Ed., 1999.
- [2] International Electrotechnical Commission (IEC): IEC61400-12-1 Wind turbines - Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines, 1st ed., 12/2005.
- [3] www.meteofrance.com
- [4] NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center: NCEP Reanalysis data, Boulder, Colorado, USA, available at the Web site at <http://www.cdc.noaa.gov/>.
- [5] M. C. Bower: The use of Reanalysis data in MCP. EWEC 2006 Proceedings, Athens.
- [6] V. Riedel, M. Strack, H. P. Waldl: Robust Approximation of functional Relationships between Meteorological Data: Alternative Measure-Correlate-Predict Algorithms. EWEC 2001 Proceedings, Copenhagen.

du gradient de vitesse induites par les changements des conditions de stabilité atmosphérique : en hiver lorsque la stratification en température est principalement stable, les gradients de vitesse du vent sont élevés ; le calcul des fonctions de transfert entre le site et la référence sur la base de mois d'hiver uniquement a donc pour conséquence une surestimation des vitesses du vent et donc de la prédiction énergétique. Cette erreur est inférieure à 2% pour des périodes communes de 11 mois ou plus.

4. Conclusions

Les résultats présentés dans le paragraphe 3.4 doivent être considérés comme spécifiques aux sites considérés et les erreurs sur la prédiction énergétique présentées ne peuvent être considérées comme des valeurs d'incertitude par défaut pour les méthodes de corrélation étudiées.

Cependant, elles représentent une validation de l'utilisation de l'approche des moyennes mensuelles et mettent en évidence que l'erreur sur la prédiction énergétique est ici bien plus faible (de l'ordre de 2% à 6% pour plus d'un an de période de corrélation) que l'erreur induite par la sélection d'une source erronée de données long terme, ainsi qu'il l'a été vu au paragraphe 1.2.

En conclusion, une étude de stabilité détaillée des données météorologiques long terme envisagées dans le cadre de la corrélation à long terme des données d'un site est strictement requise et représente le point-clé de la procédure de corrélation.

Nachlese: DEWEK 2006

Highlights of DEWEK 2006

The International Technical Wind Energy Conference

J. P. Molly, DEWI



Seit der letzten Ausgabe des DEWI Magazins durchlebten wir im DEWI aufregende Zeiten. Wie würde die DEWEK 2006 in Bremen in der Windenergieszene ankommen? Wird der Ortswechsel wirklich den erhofften Erfolg haben? Macht die Industrie mit und kommt mit ihren Ständen in die Ausstellung? Für uns sehr wichtige Fragen nach sieben Konferenzen in unserer Heimatstadt Wilhelmshaven, denn für uns war die Konferenz in Bremen auch eine finanzielle Herausforderung. Dank unserer Konferenzsoftware hatten wir statistische Vergleichsdaten mit den beiden Vorgängerkonferenzen, was den zeitlichen Ablauf der Anmeldungen im Vorfeld der Konferenz anging. Und diese signalisierten fast immer einen 50%-igen Zuwachs der Teilnehmerzahlen.

Mark in your Calendar

DEWEK 2008

26 - 27 November 2008

Bremen, Germany

Since the last issue of DEWI Magazin we have gone through quite an exciting time at DEWI. Was the DEWEK 2006 in Bremen going to be accepted by the wind scene? Would the change of location have the success we hoped for? Was the industry going to play along and participate in the exhibition with their stands? Very important questions for us after seven conferences in our home town Wilhelmshaven, because the new venue in Bremen also presented a financial challenge for us. Thanks to our conference software we were able to compare the statistical data of registrations with the previous two conferences, and a comparison of the numbers of registrations made at different stages before the start of the conference suggested that this time we would have a