



Index de vent & de production basés sur les données réanalysées MERRA-2 & CFSR/CFS

Extraction de données réanalysées

Des index mensuels de vent et de production basés sur les données réanalysées MERRA-2 de la NASA peuvent être fournis sur demande à tout exploitant de centrale éolienne ; ces index sont disponibles en fin de mois suivant le mois considéré.

Des index similaires basés sur les données réanalysées CFSR/CFS de NCEP peuvent aussi être fournis, disponibles en début de mois suivant le mois considéré; ces index sont toutefois moins précis que les index MERRA-2.

Des fichiers ASCII explicitant les vitesses et puissances **horaires** de ces index de vitesse et production peuvent être fournis en complément; ils peuvent permettre notamment d'estimer les pertes de production de la centrale sur une période donnée.

D'autres variables (pression au niveau de la mer, température au niveau 10m) peuvent être fournis également en données horaires, en fin ou début de mois suivant le mois considéré selon les données réanalysées choisies.

1. LES DONNEES REANALYSEES

Les données réanalysées sont des données météorologiques issues des modèles d'assimilation des météorologues, et qui ont été retravaillées de manière à assurer sur le long terme une stabilité et une cohérence nécessaire aux climatologues; de nombreuses réanalyses sont maintenant disponibles, ainsi que le montre le site suivant : <http://reanalyses.org/atmosphere/comparison-table>.

Ces données présentent de nombreux avantages par rapport aux données de vent de stations météorologiques au sol :

- elles sont disponibles sur des grilles régulières, dont la résolution spatiale peut être fine (0.5°, soit ~55 km pour certaines);
- un historique suffisamment long de ces données est disponible (1948-présent pour les NCEP1, 1979-présent pour les NCEP2, CFSR/CFS, 1980-présent pour les MERRA-2).

2. INTERET DES NOUVELLES DONNEES REANALYSEES

Depuis 2011, de nouvelles données réanalysées de qualité sont disponibles, fournies soit par NCEP (données CFSR/CFS), soit par la NASA (données MERRA, puis données MERRA-2 depuis février 2016) ; par rapport aux données réanalysées précédentes, ces données sont des données horaires, fournies sur des grilles beaucoup plus fines que les NCEP1 (grille de (0.5° x 0.5°) pour les CFSR/CFS, de (0.5° lat x 0.625° lon) pour les MERRA-2), et de qualité supérieure, les modèles d'assimilation utilisés ayant été grandement améliorés (cf. <http://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/> pour les MERRA-2, <http://cfs.ncep.noaa.gov/> pour les CFSR et CFSv2).

Les données de vent MERRA-2 constituent une amélioration des données MERRA précédentes, datant de 2016 ; les vitesses de vent en chaque point de grille y sont fournies au niveau 50m ; ces données ne sont toutefois disponibles que 3 – 4 semaines après la fin du mois considéré.

Les vitesses de vent des CFSR/CFS sont, elles, fournies au niveau 10m ; étant opérationnelles depuis le 30 mars 2011, ces données présentent l'intérêt d'être disponibles quasiment en temps réel ; il y a toutefois, (cela uniquement pour les données de surface), un léger biais entre les CFSR et les CFS, si bien qu'une comparaison directe entre les CFS et les CFSR est problématique. Il est possible de corriger ce biais en faisant appel à une autre référence long terme (telles les données MERRA-2), mais cette correction entraîne une imprécision supplémentaire.

3. INDEX DE VENT ET INDEX DE PRODUCTION

MERRA-2

3.1 Index de vent

L'index de vent est obtenu en faisant le rapport de la vitesse moyenne du mois considéré à la moyenne sur 2002-2021 des vitesses du même mois, sur le point de grille MERRA-2 le plus proche de votre centrale.

Il n'est pas immédiat de passer d'un index de vent à un index de production, car d'une part la vitesse moyenne mensuelle du vent ne suffit pas à décrire le potentiel éolien du mois considéré, d'autre part une variation de cette vitesse moyenne mensuelle par rapport à la normale influe d'autant plus sur la production que la vitesse moyenne mensuelle est basse : ainsi, un index de vent de 95% pourra entraîner une baisse de 8% environ de la production pour une vitesse moyenne de 8m/s à hauteur de moyeu, et de 15% environ pour une vitesse moyenne de 5m/s à hauteur de moyeu.

3.2 Index de production

Un index de production pour une centrale donnée vous est aussi proposé à partir de ces données réanalysées; le fait de disposer de données de vent **horaires** permet en effet de calculer avec une bonne précision la production d'une éolienne, dont le point de grille des données réanalysées le plus proche de la centrale devrait être représentatif du régime de vent.

Les paramètres nécessaires au calcul de cet index sont les coordonnées de la centrale (latitude ; longitude ; altitude moyenne), la hauteur de moyeu, le type d'éolienne de la centrale, et si possible la vitesse moyenne long terme sur la centrale à hauteur de moyeu (à défaut, une vitesse moyenne long terme issue d'un atlas de vent pourra être utilisée).

Cet index est obtenu en faisant le rapport de la production de l'éolienne considérée pendant le mois considéré à la production moyenne sur 2002-2021 des mêmes mois, sur le point de grille MERRA-2 le plus proche de votre centrale ; les données de vent MERRA-2 sont extrapolées à hauteur de moyeu en se basant sur la vitesse moyenne long

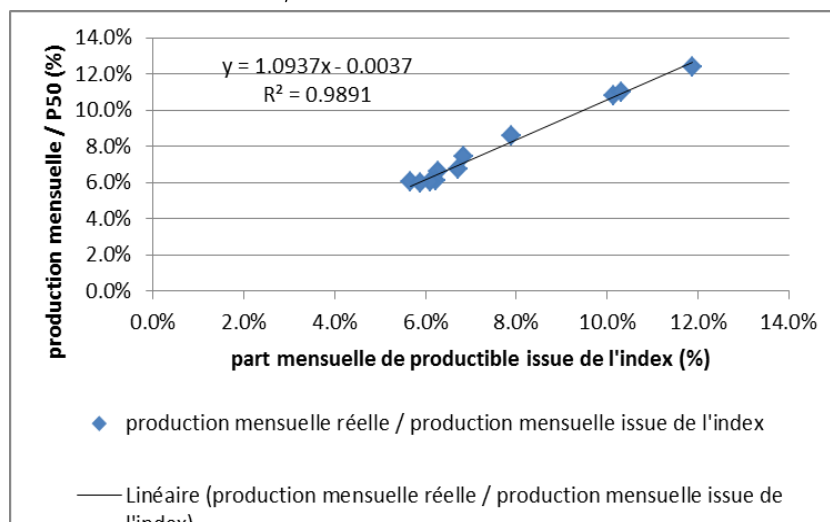
terme de la centrale à hauteur de moyeu et sur les données de vent MERRA-2 long terme (années 2002-2021).

Cet index peut prendre en compte ou non une correction de densité de l'air, les données réanalysées comportant aussi des données de température et pression; cette correction de densité de l'air a toutefois très peu d'incidence sur le calcul même de cet index de production (sauf si la température moyenne du mois considéré est très différente de la température normale de ce mois).

Pour être utilisable par l'exploitant, cet index mensuel de production est ensuite transformé en tenant compte de la répartition mensuelle moyenne de la production, de manière à donner une part mensuelle de productible qui pourra être comparée à la production réelle obtenue; cette répartition mensuelle moyenne de la production est calculée à partir des productions mensuelles moyennes long terme de l'éolienne considérée en se basant sur les données réanalysés extrapolées à hauteur de moyeu; il est préférable pour cette répartition de se baser sur les données MERRA-2, en tenant compte cette fois des corrections de densité de l'air.

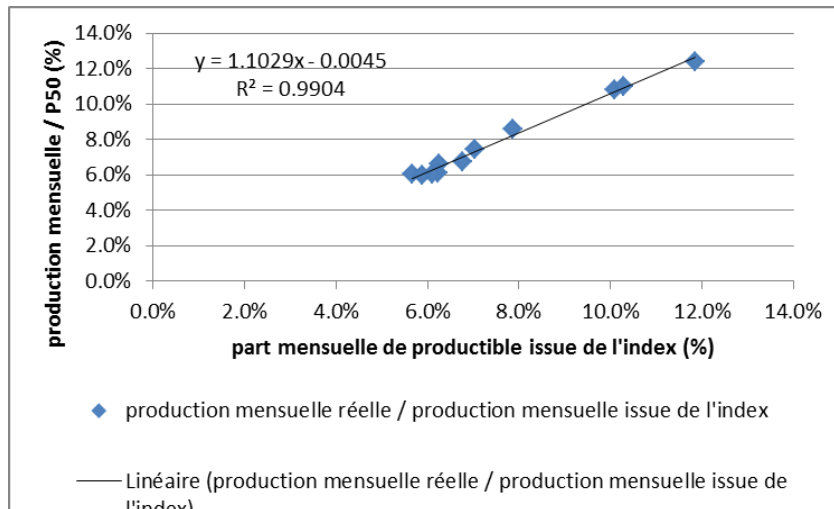
La précision variable de ces différents index de production est illustrée par l'exemple ci-dessous, en considérant une centrale éolienne située dans la Marne (51), composée de 6 éoliennes de puissance 1.5MW ; on obtient sur l'année 2012 les corrélations suivantes entre productions mensuelles de la centrale (en pourcentage de productible et après correction des pertes dues aux indisponibilités éventuelles de la centrale) et part de productible obtenue à partir de l'index de production :

- Données MERRA-2 utilisées, sans correction de densité :



graphique 1 : productions mensuelles de la centrale et productions issues de l'index, données MERRA-2 sans correction de densité

- Données MERRA-2 utilisées, avec correction de densité



graphique 2: productions mensuelles de la centrale et productions issues de l'index, données MERRA-2 avec correction de densité

Les données réanalysées MERRA-2 devraient donc fournir des index de production de bonne qualité; nous proposons 2 formules d'index de production, avec ou sans correction de densité.

Des fichiers ASCII explicitant les vitesses et puissances horaires de ces index de vitesse et production peuvent être fournis en complément; ils peuvent permettre d'estimer les pertes de production de la centrale sur une période donnée.

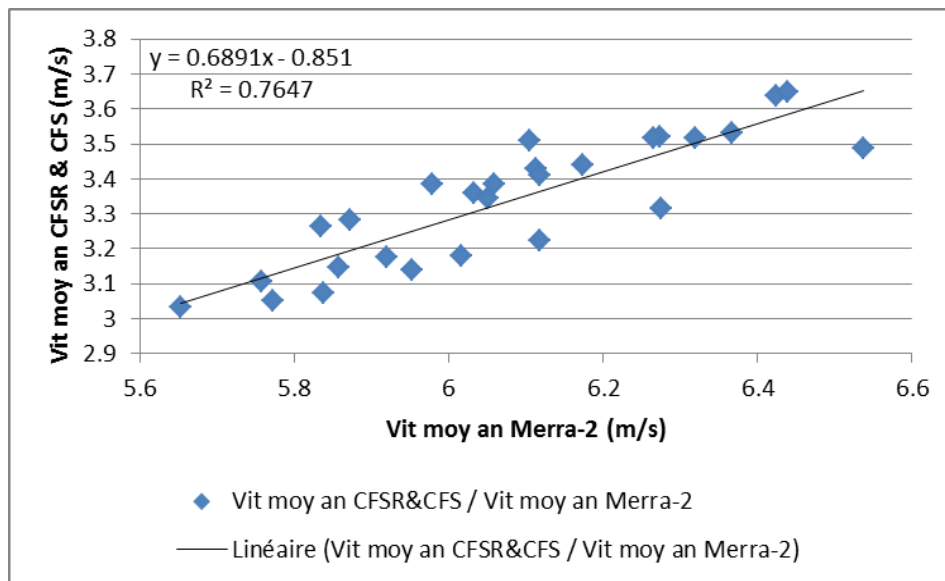
4. INDEX DE VENT ET INDEX DE PRODUCTION

CFSR/CFS

Des index de vent et de production basés sur les données CFSR et CFS sont aussi proposés ; ces index nécessitent toutefois dans un premier temps d'estimer le biais sur les CFSR/CFS de surface.

4.1 Comparaison des données CFSR et CFS avec les Merra-2

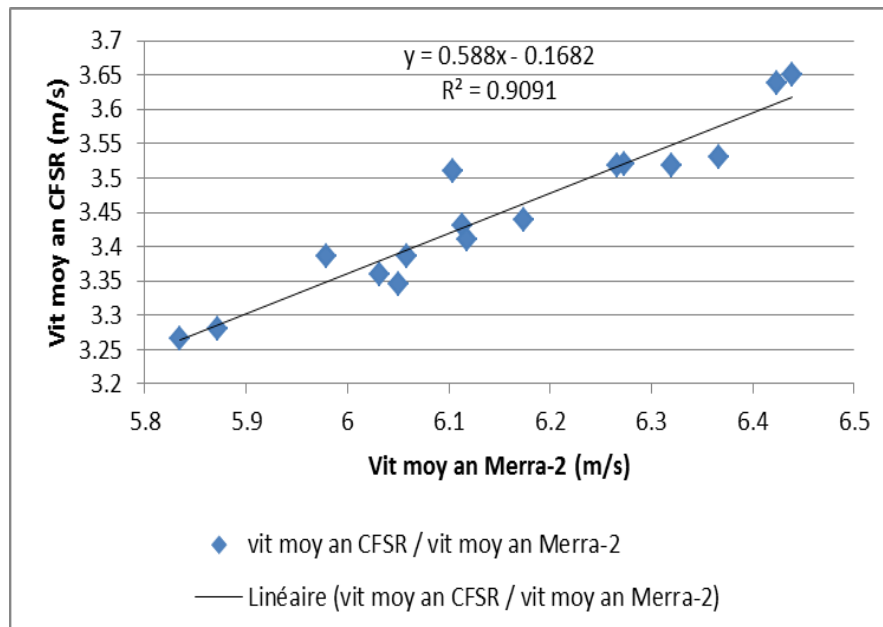
Le graphique ci-dessous représente la corrélation entre vitesses moyennes annuelles des données CFSR/CFS et des données Merra-2 sur les années 1995-2021, les points de grille correspondants étant les points (49°N ; 4.5°E) pour les CFSR/CFS et (49°N ; 4.375°E) pour les Merra-2 :



graphique 3 : corrélation entre les CFSR/CFS et les Merra-2, 1995-2021, Marne

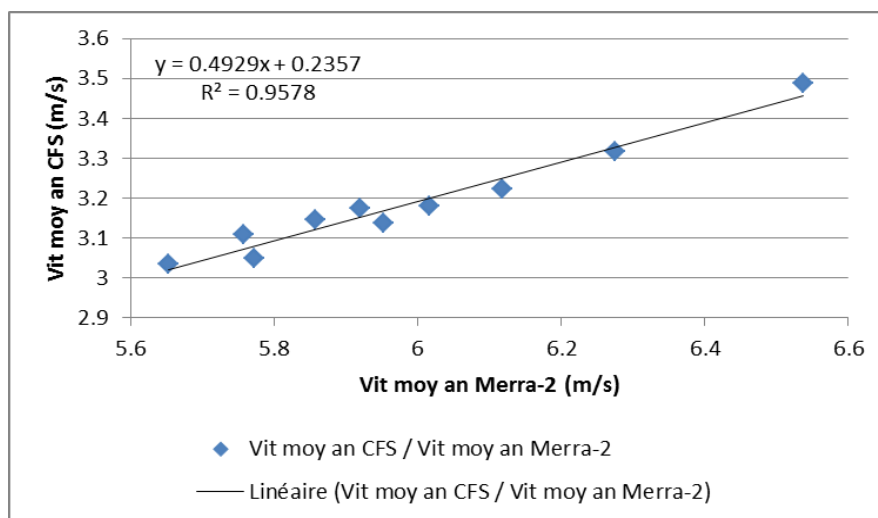
La corrélation entre vitesses moyennes annuelles est moyenne, mais s’améliore notablement si on considère séparément les données CFSR et les données CFS; on a ainsi les corrélations suivantes, en considérant les mêmes points de grille que précédemment:

- Corrélation entre CFSR et Merra-2, années 1995-2010 :



graphique 4 : corrélation entre les CFSR et les Merra-2, 1995-2010, Marne

- Corrélation entre les CFS et Merra-2, années 2012-2021 :

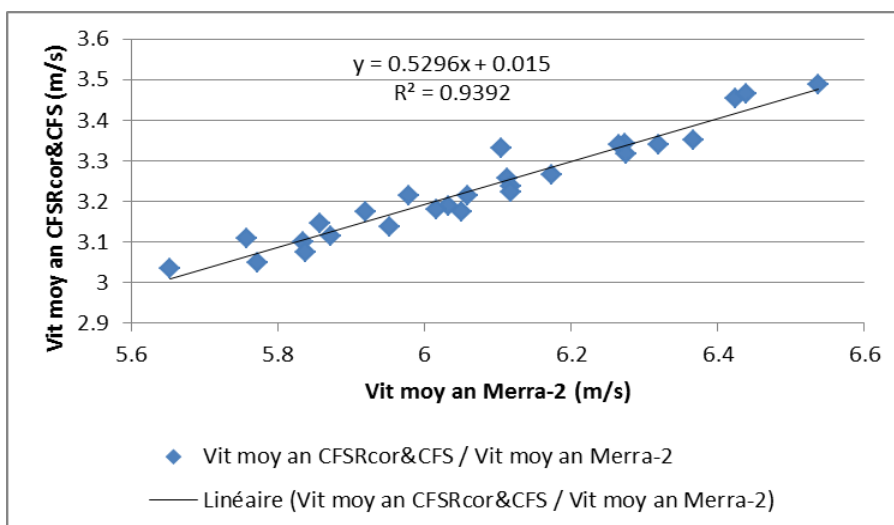


graphique 5 : corrélation entre les CFS et les Merra-2, 2012-2021, Marne

L'ajout de l'année 2011 réduit légèrement la corrélation ci-dessus ($R^2=0.9533$), le changement opérationnel entre CFSR et CFS ayant eu lieu le 30 mars 2011.

Le changement des CFSR aux CFS aurait donc bien introduit un biais sur les données de surface.

Il est toutefois possible de corriger les vitesses de vent des données CFSR en se basant sur les rapports des vitesses moyennes des CFSR et des Merra-2 sur les années 1995-2010 et des vitesses moyennes des CFS et des Merra-2 sur les années 2012-2021; on considère donc les données Merra-2 comme une référence sur le long terme 1995-2021. Sur les données de nos points de grille situés en Marne (51), on arrive au fait que les vitesses des données CFSR sont supérieures aux vitesses CFS d'environ 5.3%. En corrigeant les données CFSR selon ce rapport, on obtient la corrélation suivante entre vitesses moyennes annuelles des données CFSR/CFS et des données Merra-2 sur les années 1995-2021 :



graphique 6 : corrélation entre les CFSRcor & CFS et les Merra-2, 1995-2021, Marne

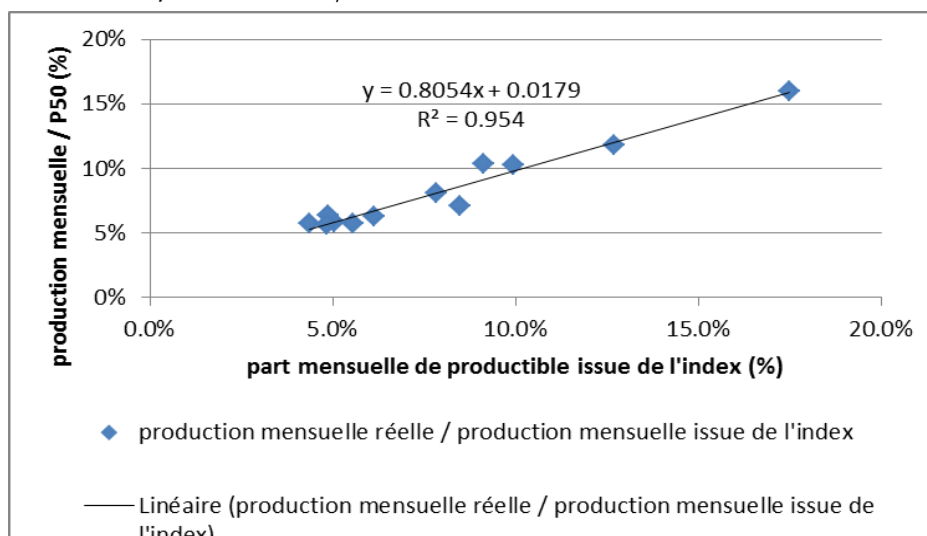
La corrélation obtenue est supérieure à celle obtenue entre CFSR et Merra-2 sur les années 1995-2010.

4.2 Index de vent et index de production CFSR/CFS

Il est donc possible d'obtenir des index de vent et de production de manière analogue à ce qui est fait avec les données Merra-2, après avoir corrigé les vitesses de vent CFSR selon un facteur estimé par comparaison avec les données Merra-2; l'intérêt principal de pouvoir utiliser les données CFSR/CFS est que les données CFS sont quasiment disponibles en temps réel.

Les index obtenus sont toutefois moins précis que ceux obtenus avec les données Merra-2, à la fois parce que les données CFSR/CFS sont des données au niveau 10m, et aussi parce que la correction du biais signalé entraîne une incertitude supplémentaire. On a ainsi, avec les mêmes données de production de l'année 2012 de la centrale du §3 située dans la Marne.

- Données CFSR/CFS utilisées, avec correction de densité



graphique 7 : productions mensuelles de la centrale et productions issues de l'index, données CFSR/CFS avec correction de densité

La corrélation obtenue est inférieure à celle du graphique 2.

Les données réanalysées CFSR/CFS devraient donc fournir des index de production de qualité correcte; nous proposons là aussi 2 formules d'index de production, avec ou sans correction de densité.