

# **Analyse graphique des données du site eCO2mix (RTE) pour la région Bretagne**

**Août 2014**

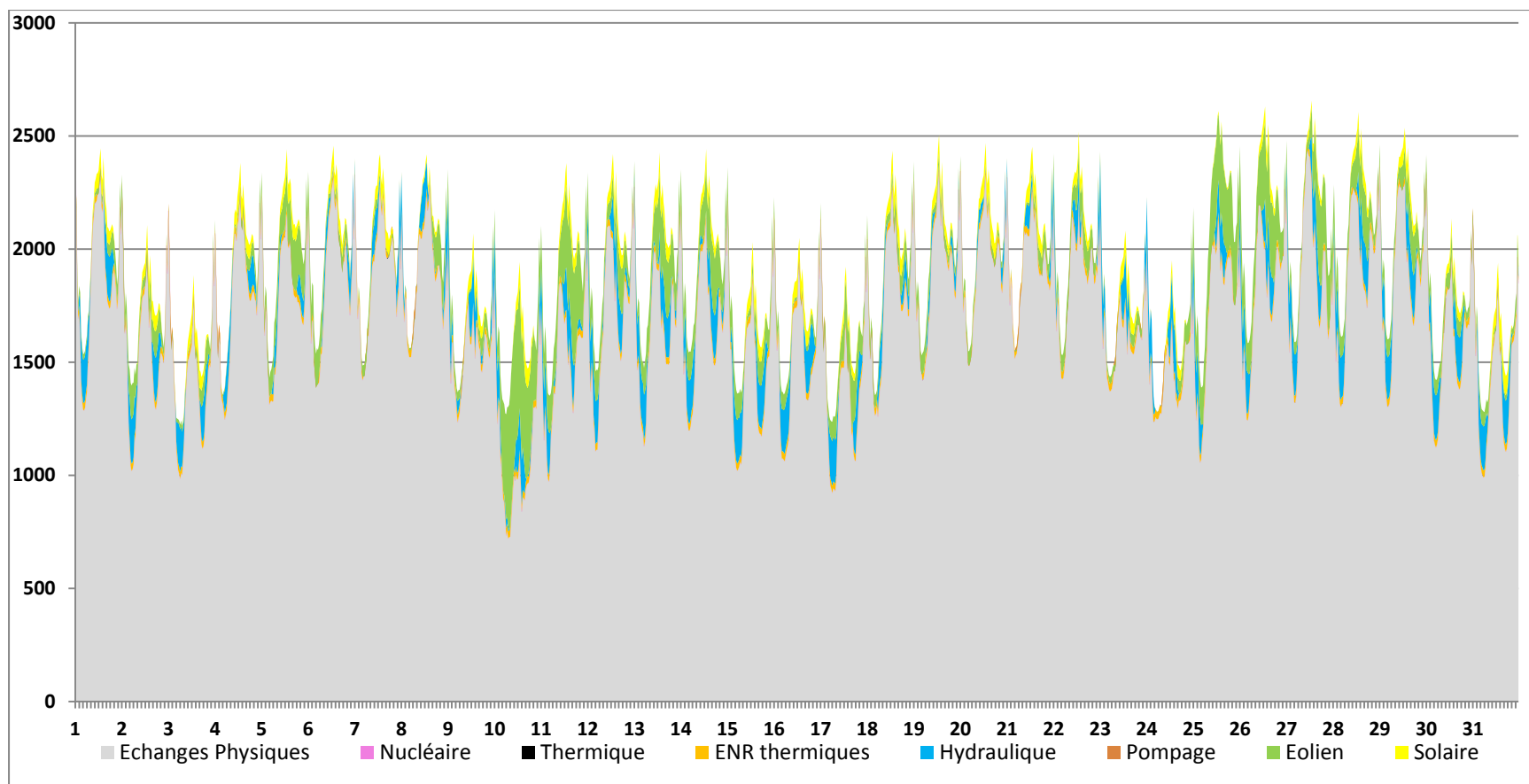
**H. Flocard & J.-P. Le Gorgeu  
Association « Sauvons le Climat »**

**Ces figures sont libres d'usage à condition d'en citer l'origine comme suit :**

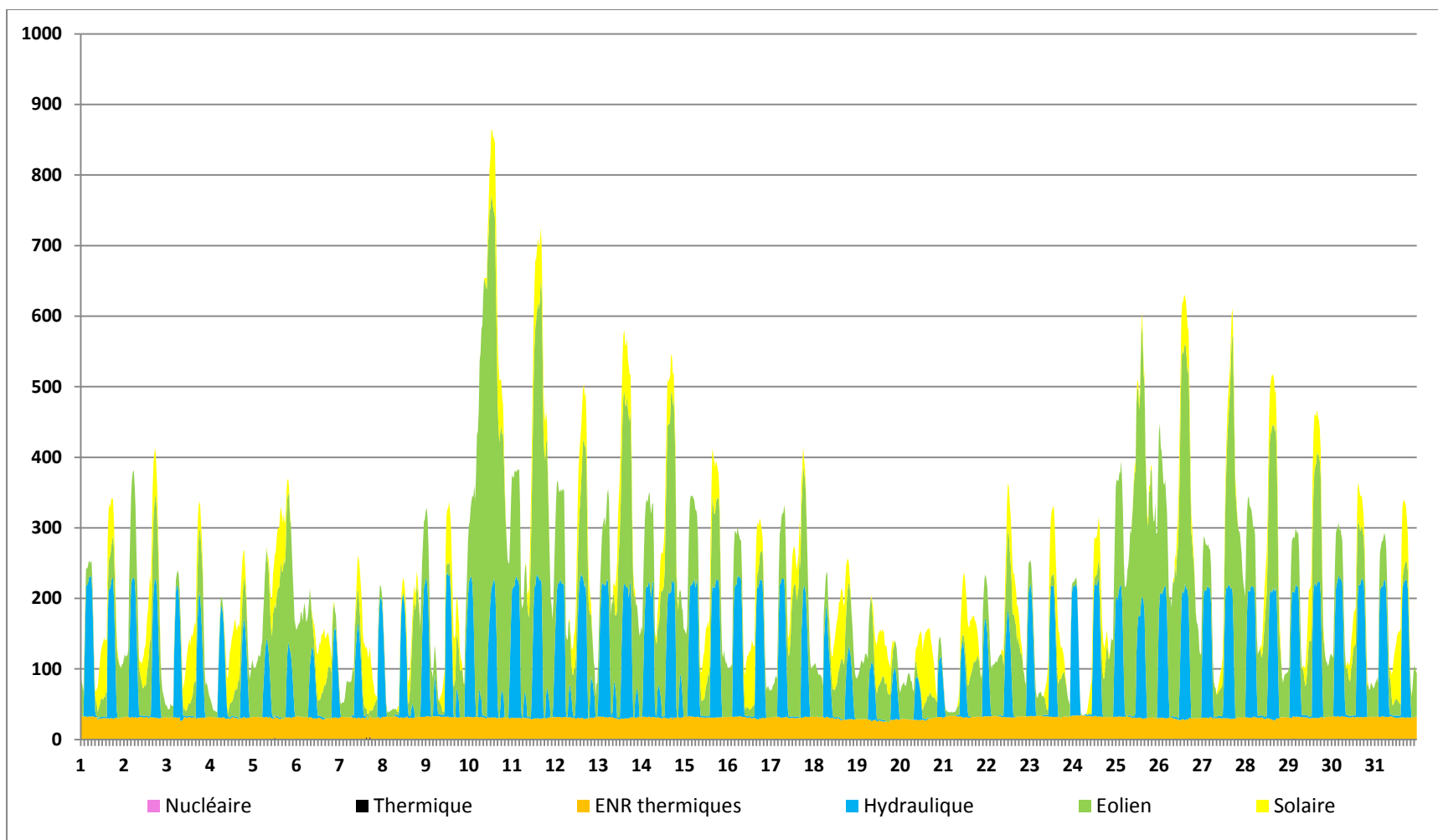
**données « eCO2mix/RTE », analyse « Sauvons le Climat » .**

**Ce fichier ainsi que l'ensemble des données eCO2mix sauvegardées et rassemblées par trimestre  
sera mis à disposition à l'adresse suivante :**

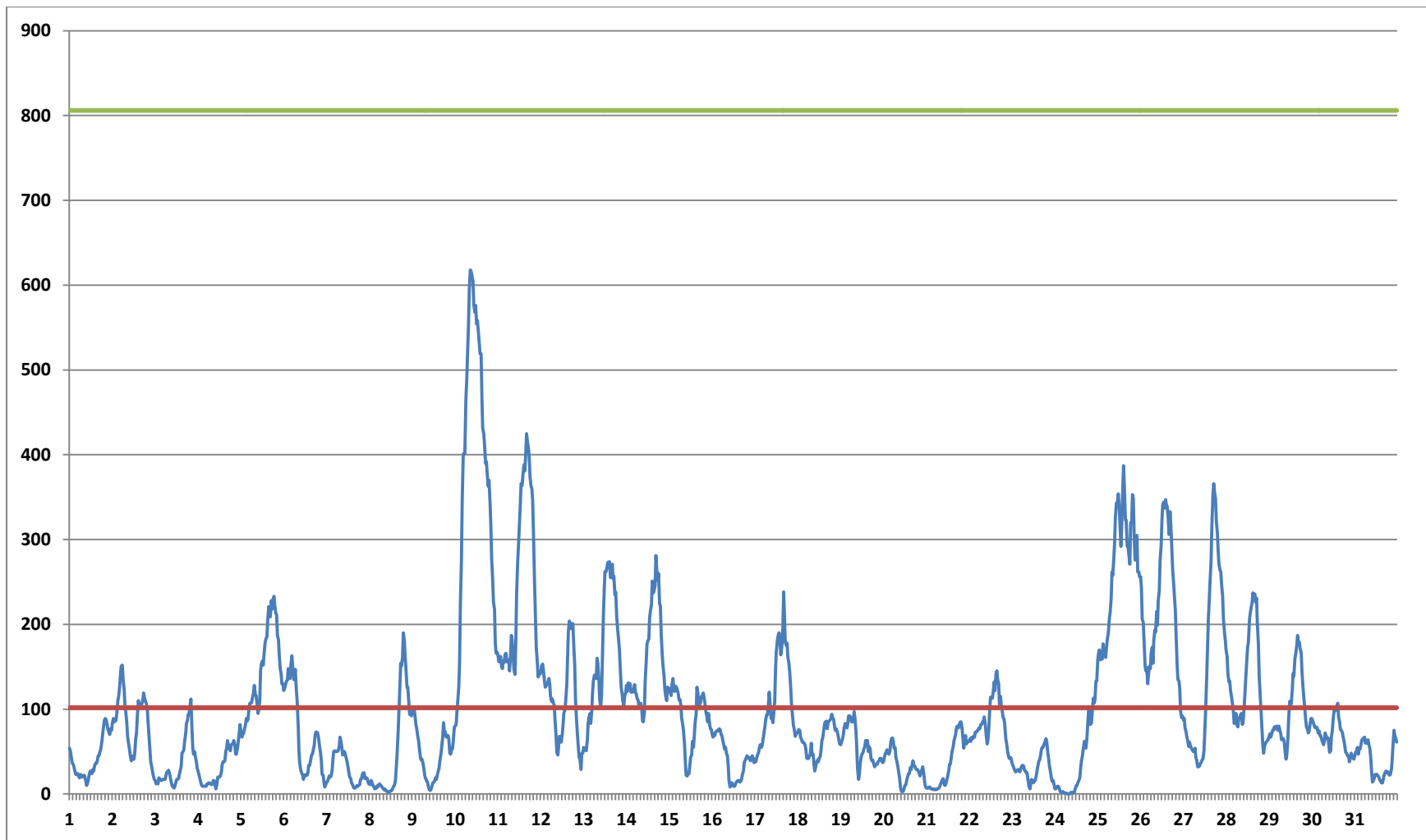
**<http://www.sauvonsleclimat.org/donneestechniqueshtml/analyse-graphique-des-donnees-du-site-eco2mix-rte-sur-la-production-francaise-delectricite/35-fparticules/1177-analyse-graphique-des-donnees-du-site-eco2mix-rte-sur-la-production-francaise-delectricite.html>**



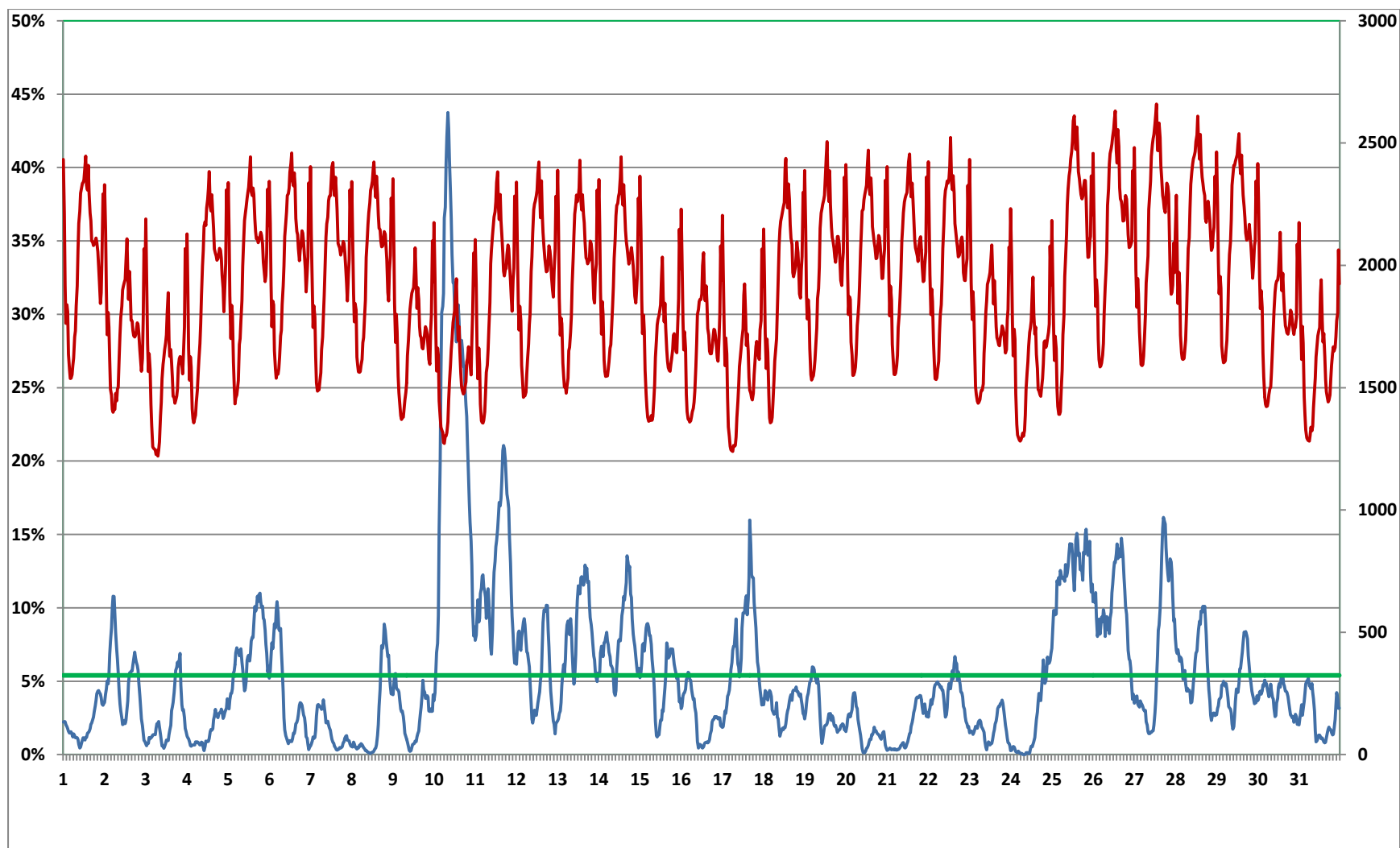
**Fig.1 Consommation – production Bretagne Août 2014 (MW).** La puissance consommée moyenne du mois a été de 1,91 GW (année 2013, 1,93 GW) entre un maximum de 2,66 GW (année 2013, 2,6 GW) le 27 du mois à 13h (un mardi) et un minimum de 1,22 GW (année 2013, 1,23 GW) le 3 du mois à 7h (un dimanche). La consommation est couverte à 88,3 % (année 2013, 89,9 %) par des importations. Le complément de production est fourni par l'hydraulique au rythme des marées, par le solaire pour les milieux de journées et par l'éolien en deux épisodes. Les importations oscillent entre 700 et 2400 MW. En Basse Normandie, la centrale de Flamanville a fonctionné à pleine puissance (2,5 GW) tout le mois à l'exception de trois épisodes (weekend 9-10, Dimanches 17 et 31). Sa capacité d'exportation a été de l'ordre de 1,7 GW (baisse à 0,5 GW le 9-10 Août, 0,25 GW le 17 Août et 1,25GW le 31 Août voir Fig.23). La région Pays-de-Loire qui a fait fonctionner de 600 à 1000 MW la centrale à combustible fossiles de Cordemais sur la semaine du 26 au 30 Août a importé du courant tout au long du mois. Les données eCO2mix ne fournissant que le bilan des échanges global sur l'ensemble des frontières régionales ne permettent pas de déterminer précisément l'énergie électrique produite par les centrales nucléaires en amont sur la Loire, voire des centrales plus éloignées françaises ou étrangères, qui a traversé ces deux régions frontalières pour aider à couvrir la consommation bretonne. Cependant le niveau d'importation de la région montre qu'il y a bien eu de tels flux entrants d'origine lointaine presque chaque jour.



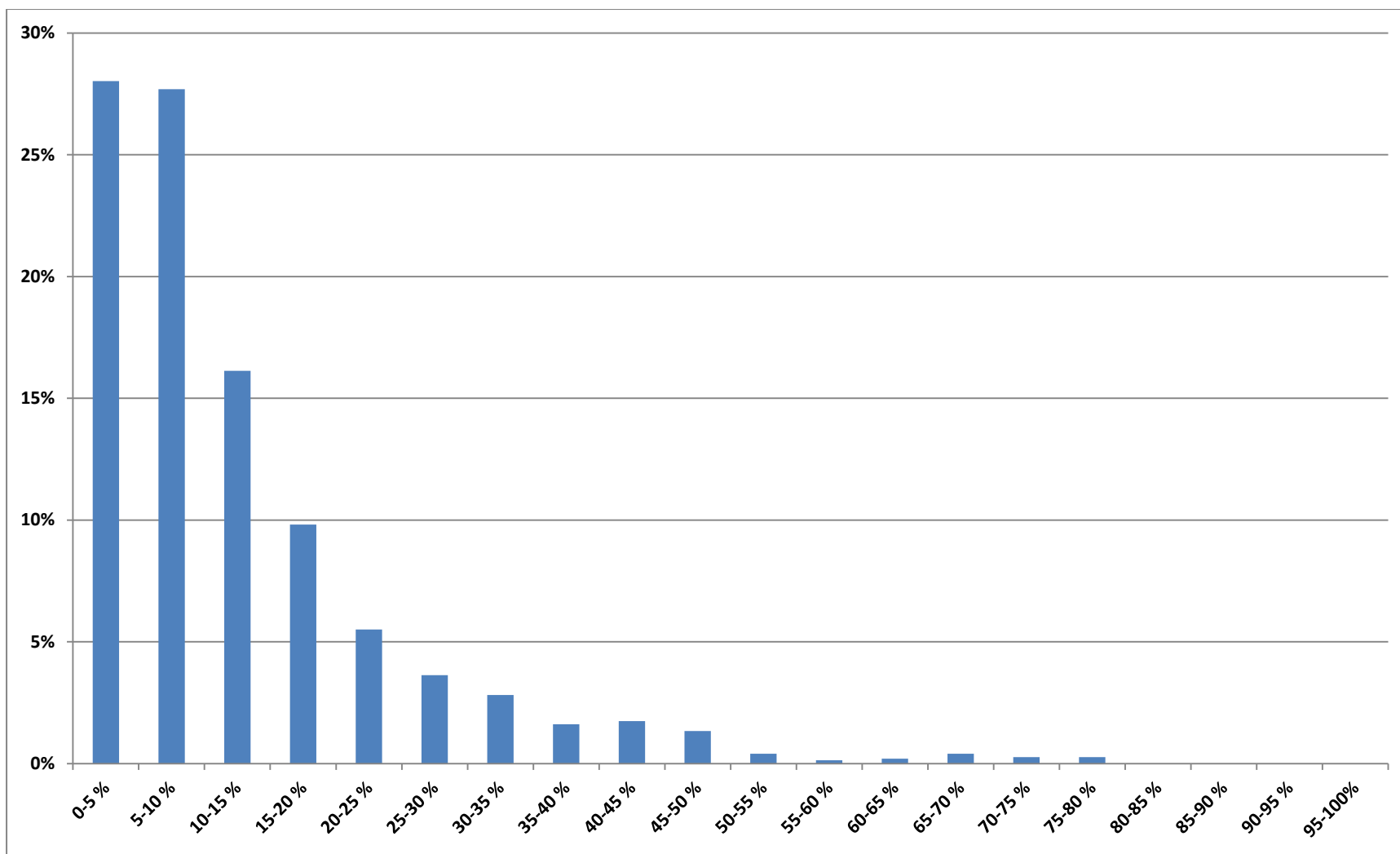
**Fig.2 Production électrique de la Bretagne Août 2014 (MW).** Ce mois-ci, l'ensemble de ces productions compte pour environ 12 % de la consommation locale. En GWh la production totale a été de 75,6 (année 2013, 60,2) pour l'éolien, 47,1 (année 2013, 39,4) pour l'hydraulique, 23,1 (année 2013, 22,8) pour les ENR thermiques et de 19,1 (année 2013, 22,6) pour le solaire (consommation totale 1418 GWh – année 2013, 1434,7 GWh). A l'exception des ENR Thermiques dont la production est quasi-constante et de la faible contribution thermique (0,1 GWh – année 2013, 1,2 GWh), les autres énergies, toutes fatales, fluctuent sans corrélation avec les besoins en électricité de la région. Comme l'attrait financier de subventions spécifiques accordées à la cogénération ne concerne que la période hivernale (Novembre à Mars), le thermique est arrêté ce mois. Tout comme l'ENR thermique qui fonctionne en base il ne participe donc pas à la gestion de régulation du réseau.



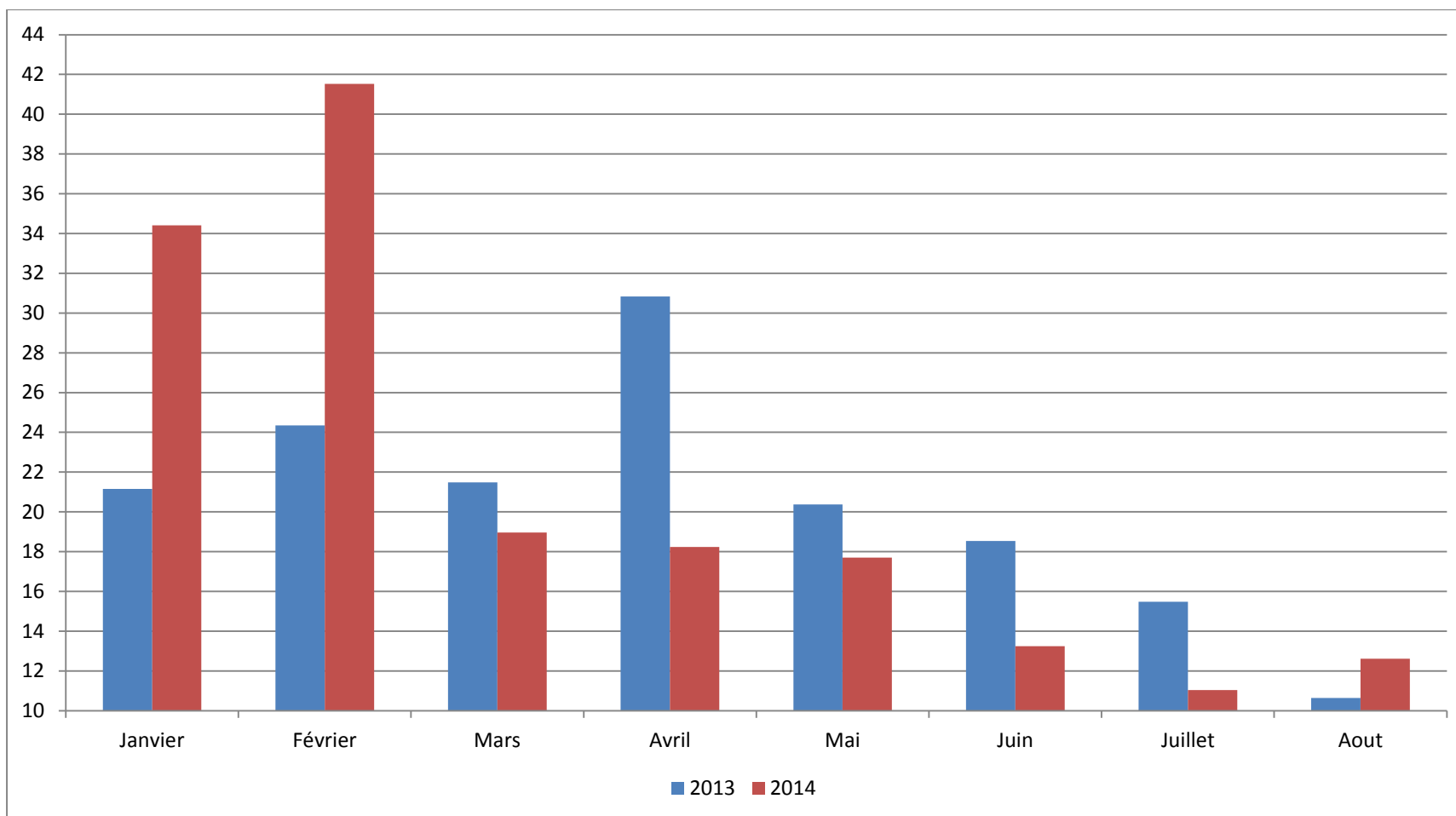
**Fig.3 Production éolienne, Puissance (MW) Bretagne – Août 2014.** En nous basant sur les données des 31/03/2014 et 30/06/2014 des deux derniers « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » publiés par le ministère nous avons estimé la puissance éolienne régionale installée à 806 MW (année 2013, 756 MW). La puissance moyenne livrée au réseau sur le mois a été de 101,6 MW (année 2013, 81MW) soit une efficacité moyenne de 12,6 % (année 2013, 10,7 %). Le maximum de production a été de 618 MW (année 2013, 596 MW) pour une efficacité 76,7 % (année 2013, 78,8 %) le 10 du mois à 8h30 (un dimanche). Plusieurs fois dans le mois, la production a été quasi-nulle. Elle a été nulle le 24 du mois à 7h00 (un dimanche). Bien que partiellement masqué par la faible production, on observe encore le rythme journalier typique de la saison chaude avec une remontée de production vespérale (19h-20h).



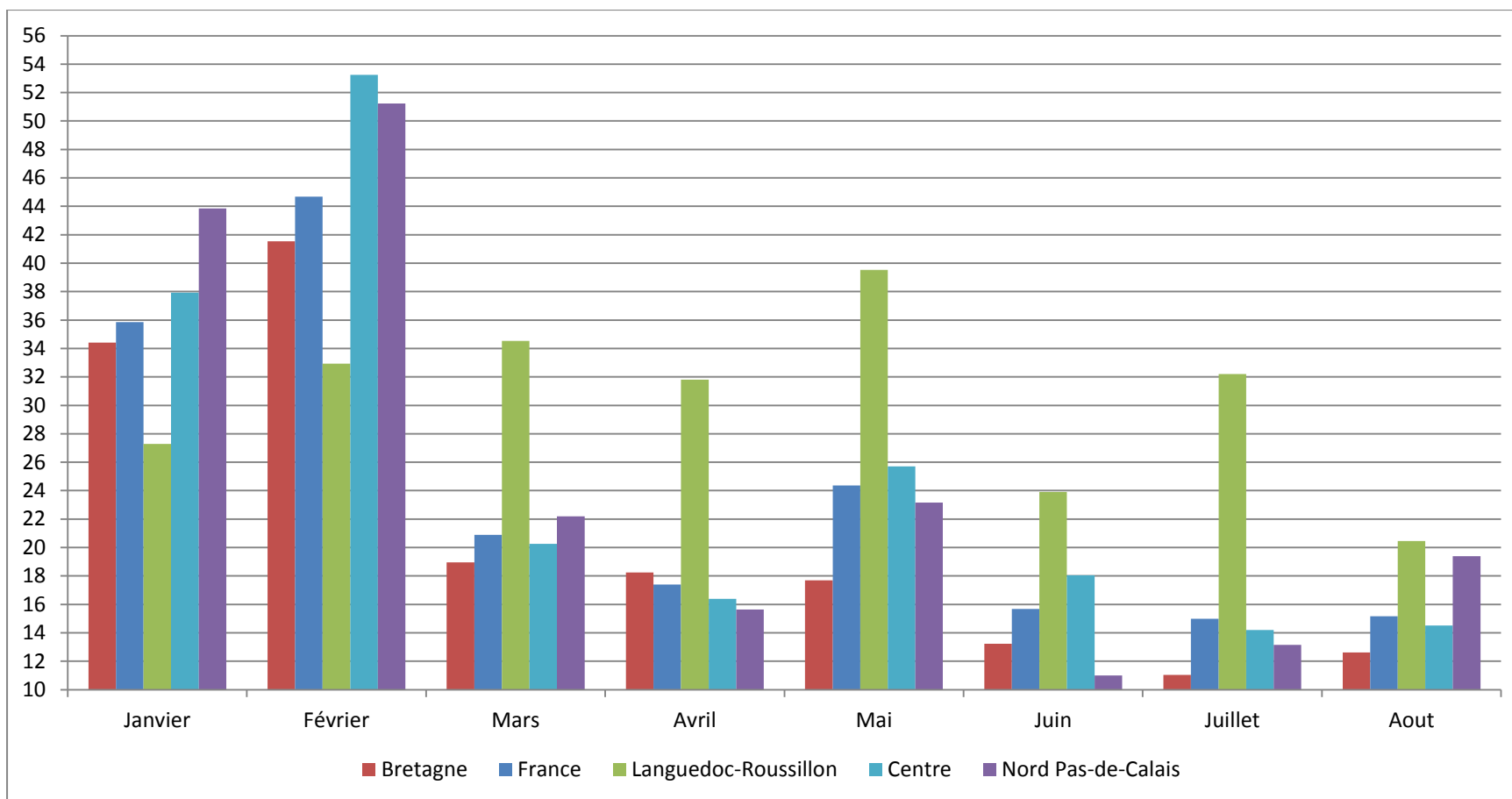
**Fig.4 Production éolienne, Taux de couverture (%) Bretagne – Août 2014.** La courbe rouge (échelle de droite en MW) montre l'évolution de la consommation. En moyenne, le taux de couverture (rapport de la puissance livrée à la puissance consommée au même instant) de l'éolien est de 5,4 % (année 2013, 4,4 %). Ce résultat est obtenu pour une puissance installée en hausse de 7% et une consommation en baisse de 1 %. Il atteint son maximum de 43,8 % (année 2013, 25,8 %) le 10 du mois à 8h00 (un dimanche) à un moment qui combine une forte production éolienne et un faible besoin en électricité. Les pics du taux de couverture reflètent donc autant la production éolienne que la faible consommation. Le minimum est de 0 % le 24 du mois à 7h00 (un dimanche).



**Fig.5 Bretagne Août 2014. Pourcentage du temps en fonction de la puissance éolienne livrée (abscisses : intervalles de puissance mesurés en pourcentage de la puissance installée : 806 MW).** Cette distribution décroissante est caractéristique d'une zone géographique de petite dimension au regard des zones météo comme la Bretagne (pas ou peu de foisonnement). Le mois a été très peu productif (efficacité moyenne 12,6 % - année 2013, 10,7 %) avec un épisode de production forte le weekend du 10 (quand l'efficacité a atteint 76,7 %) et des pics de production moyenne à la fin du mois. La puissance livrée n'a dépassé 50 % de la puissance moyenne installée que pendant 1,7 % (année 2013, 1,1 %) du temps. Elle a été inférieure à 15 % de la puissance installée pendant 71,8 % (année 2013, 79,6 %) du temps.

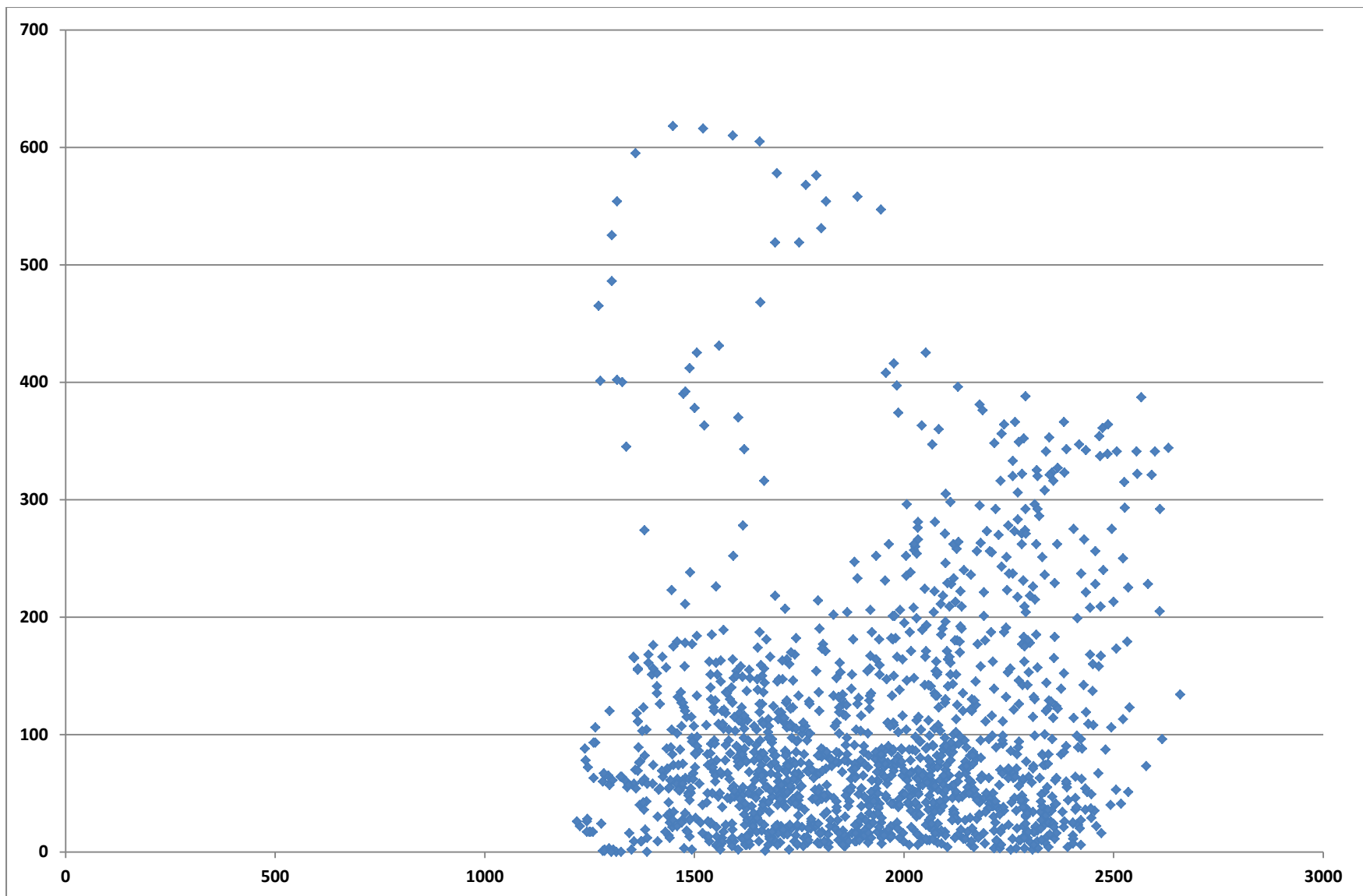


**Fig.6 Bretagne Août 2014. Comparaison des efficacités éoliennes moyennes mensuelles des huit premiers mois des années 2013 et 2014.** Pour le calcul de ces efficacités moyennes, on utilise des puissances installées extraites des « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » publiés chaque trimestre par le ministère (dernière parution 30/06/2014). Les valeurs mensuelles sont obtenues par interpolation pour la période du 1/1/2013 au 30/6/2014, et, faute de données fournies par le ministère, par extrapolation linéaire pour les mois de Juillet et Août 2014. L'augmentation remarquable de productivité d'une année sur l'autre pour les deux premiers mois de 2014 (deux mois marqués par de violentes et multiples tempêtes) se trouve compensée par la productivité réduite des cinq mois suivants, de sorte que la moyenne de productivité des huit premiers mois de 2014 (20,76 %) n'excède plus que d'un demi-point celle des huit premiers mois 2013 (20,27 %).

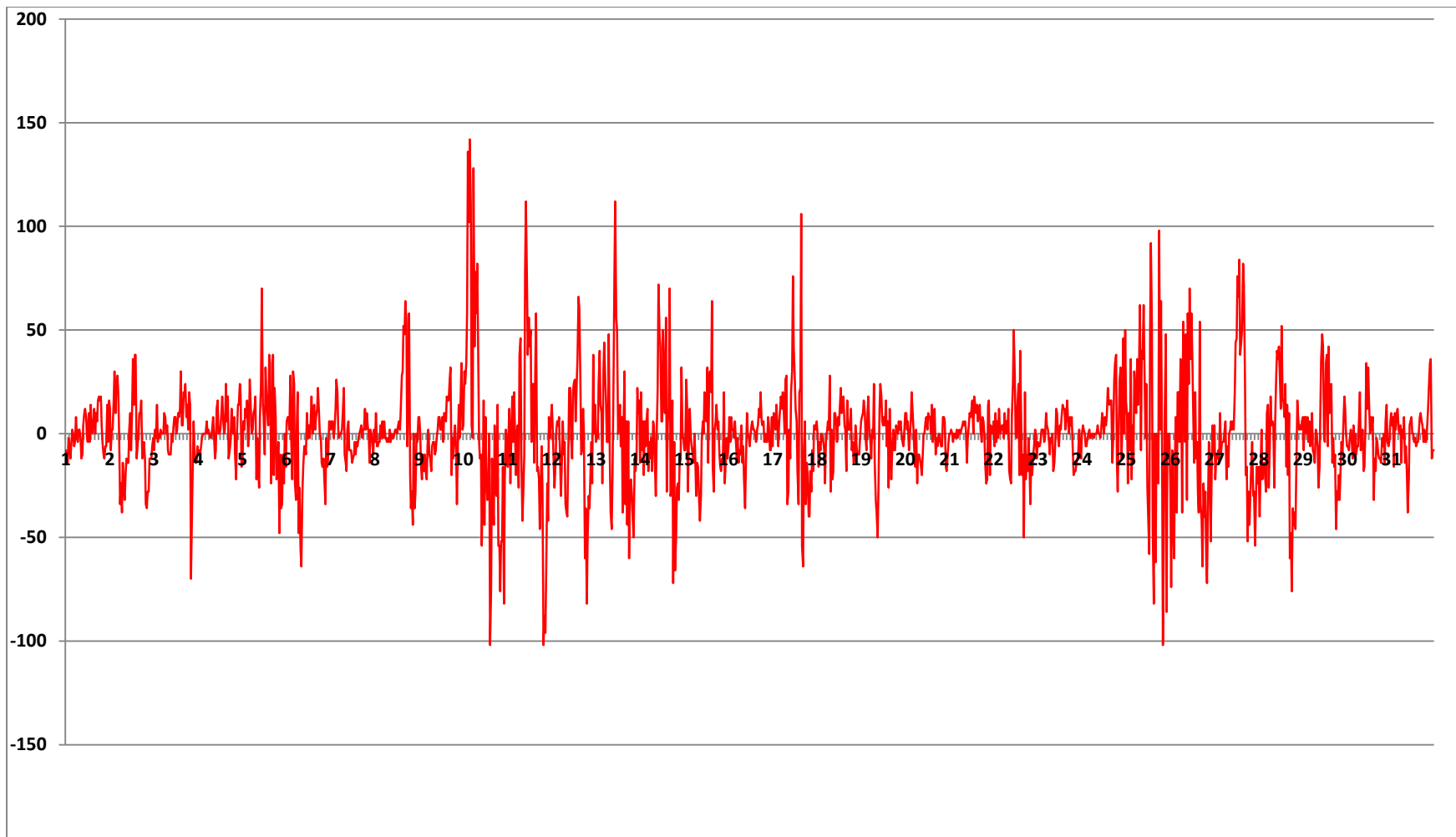


**Fig.7 Bretagne Août 2014. Comparaison des efficacités éoliennes moyennes mensuelles de la Bretagne, de la France continentale et de trois régions françaises pour les huit premiers mois 2014.** Pour le calcul de ces efficacités moyennes, on utilise des puissances installées extraites des « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » publiés chaque trimestre par le ministère (dernière parution 30/06/2014). Les valeurs mensuelles sont obtenues par interpolation pour la période du 31/12/2013 au 30/6/2014, et par extrapolation linéaire pour les mois de Juillet et Août 2014. De façon un peu surprenante, compte tenu des fortes ambitions éoliennes affichées par la région, pour sept des huit premiers mois de 2014, la Bretagne a été moins efficace pour produire de l'énergie électrique éolienne que la France dans son ensemble. Un MW éolien implanté en Bretagne a été moins productif (moyenne de 20,76 % pour huit mois) qu'un MW de l'ensemble du parc de la France continentale (moyenne de 23,4 % pour huit mois). Notons que les données 2013 montraient déjà un déficit d'efficacité éolienne de la Bretagne par rapport à la France dans son ensemble. Du point de vue éolien, sur les huit premiers mois de 2014, les trois autres régions choisies pour comparaison ont aussi des performances moyennes supérieures (Languedoc-Roussillon 30,3 %, Centre 24,8 %, Nord Pas-de-Calais 24,7 %).

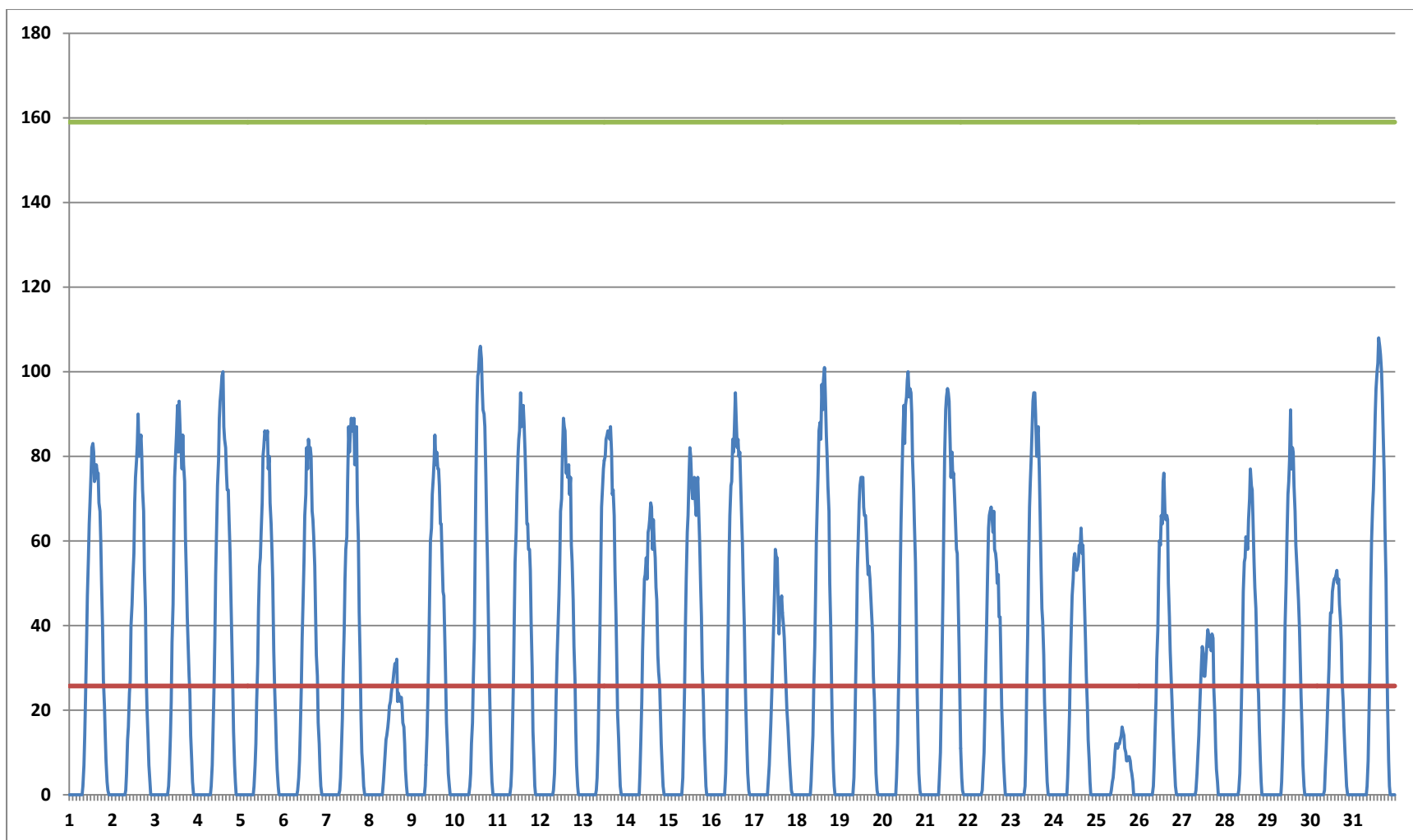




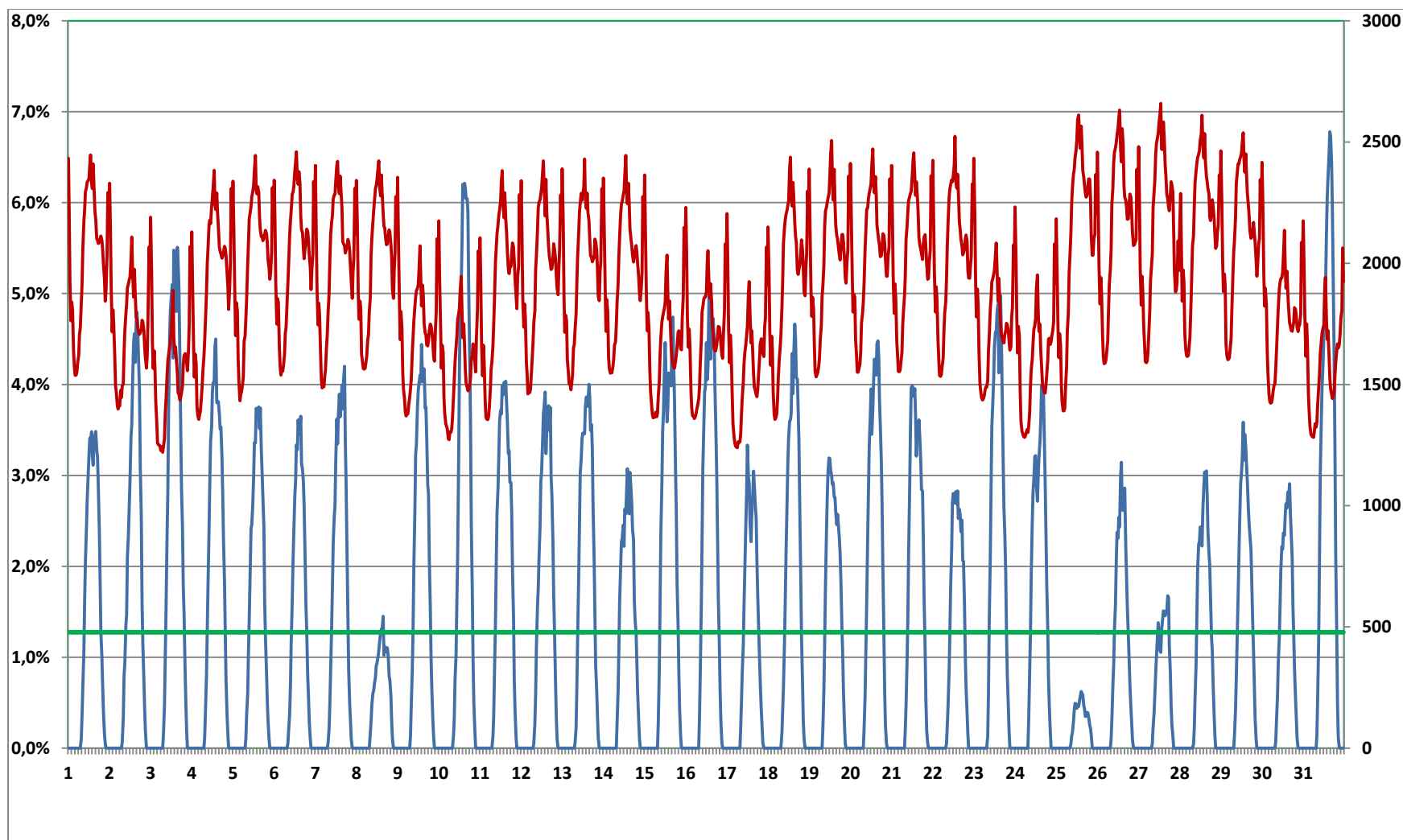
**Fig.8 Bretagne Août 2014. Diagramme de corrélation entre la puissance éolienne livrée (axe vertical unité MW) et la consommation au même instant (axe horizontal MW). On n'observe aucune corrélation, comme on pouvait s'y attendre pour une énergie fatale.**



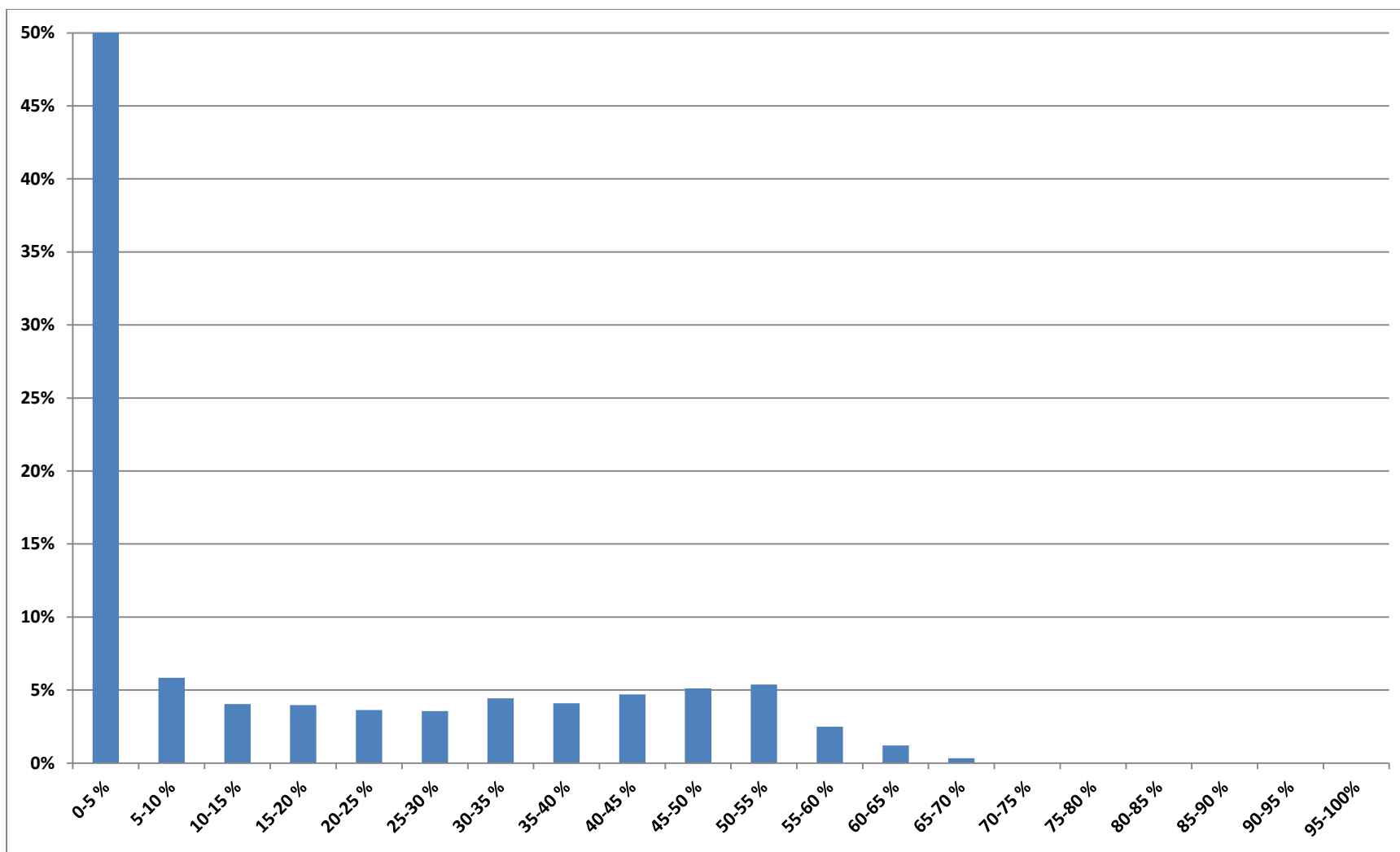
**Fig.9 Gradient de puissance éolienne (MW/h) Bretagne – Août 2014.** En ce mois peu venté, où la puissance éolienne livrée n'a qu'une fois dépassé 400 MW, le réseau (en fait l'importation de puissance) a dû néanmoins gérer des gradients de puissance atteignant plusieurs fois 100 MW/h aussi bien en positif qu'en négatif.



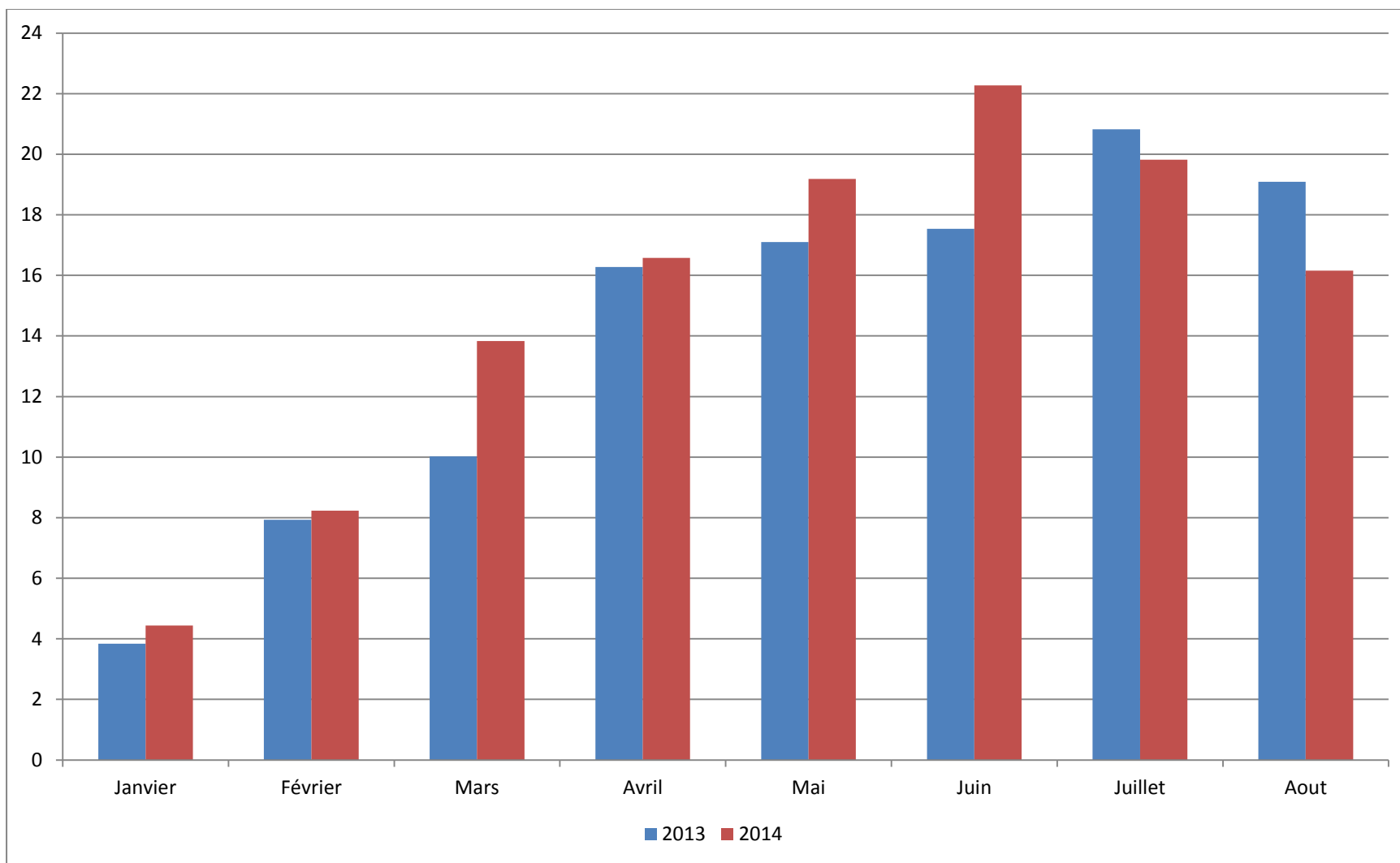
**Fig.10 Production photovoltaïque, Puissance (MW) Bretagne – Août 2014.** En nous basant sur les données des 31/03/2013 et 30/06/2014 des deux derniers « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » du ministère nous avons estimé la puissance solaire régionale installée à 159 MW (année 2013, 144,5 MW). La puissance moyenne livrée au réseau sur le mois a été de 25,7 MW (année 2013, 30,4 MW) soit une efficacité moyenne de 16,6 % (année 2013, 21 %). Le maximum de production a été de 108 MW (année 2013, 113 MW) pour une efficacité de 67,9 % (année 2013, 78,2 %) le 31 du mois à 14h30 (un dimanche). Les hauteurs des maxima, qui ce mois ont parfois varié d'un facteur deux ou plus du jour au lendemain, reflètent la variabilité de la nébulosité surimposée à l'évolution astronomique de la hauteur solaire à son zénith. Cette dernière affecte aussi la largeur des pics de production à leur base (maximale au solstice d'été, minimale à celui d'hiver).



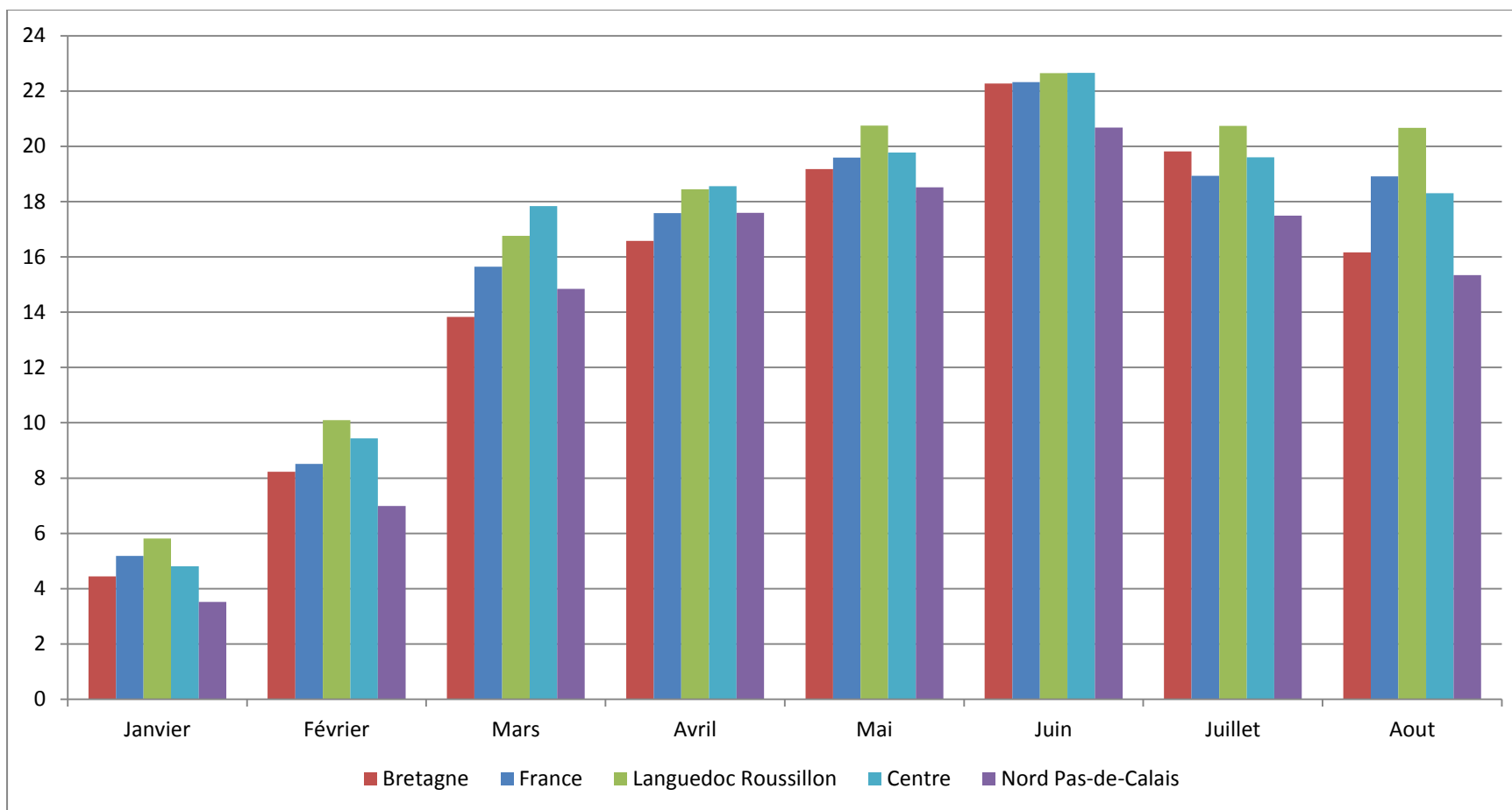
**Fig.11 Production photovoltaïque, Taux de couverture (%) Bretagne – Août 2014.** La courbe rouge (échelle de droite en MW) montre l'évolution de la consommation. En moyenne, le taux de couverture (rapport de la puissance livrée à la puissance consommée au même instant) du photovoltaïque est de 1,28 % (année 2013, 1,46 %). Ce résultat est obtenu pour un parc dont la puissance a cru de près de 10% alors que dans le même temps la consommation électrique bretonne baissait de 1 %. Il atteint son maximum de 6,8 % (année 2013, 6,5 %) le 31 du mois à 15h30 (un dimanche) quand le soleil est encore haut et que la consommation baisse. De façon générale, les meilleurs taux de couverture sont atteints les weekends à des moments où une bonne production photovoltaïque se combine à un faible besoin en électricité. Les pics du taux de couverture reflètent donc autant la production solaire que la faible consommation.



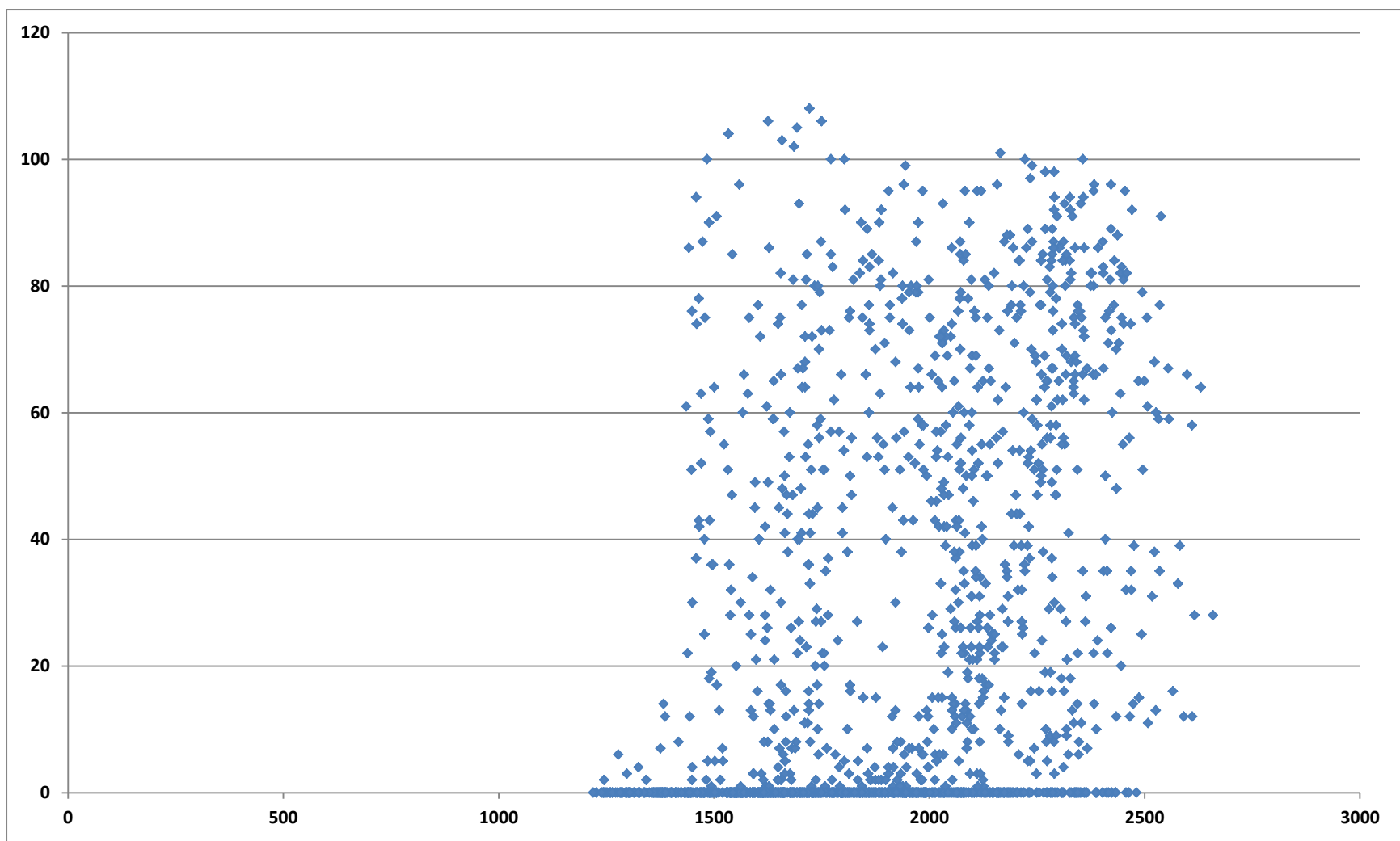
**Fig.12 Bretagne Août 2014. Pourcentage du temps en fonction de la puissance solaire livrée (abscisses : intervalles de puissance mesurés en pourcentage de la puissance installée : 159 MW).** Cette distribution présente la forme « conventionnelle » pour la production solaire d’une zone géographique de petite dimension au regard des zones météo (pas ou peu de foisonnement). L’échelle verticale a été tronquée à 50%. La première barre s’élève en fait à 51,3 %. L’efficacité moyenne est de 16,6 % (année 2013, 21 %) avec une production qui le 31 du mois à 14h30 a atteint son maximum mensuel d’efficacité 67,9 % (année 2013, 78,2 %). La puissance livrée n’a dépassé 50 % de la puissance moyenne installée que pendant 9,4 % (année 2013, 20 %) du temps. Elle a été inférieure à 15 % de la puissance installée pendant 61,1 % du temps (année 2013, 56,9 %).



**Fig.13 Bretagne Août 2014. Comparaison des efficacités solaires moyennes mensuelles des huit premiers mois des années 2013 et 2014.** Pour le calcul de ces efficacités moyennes, on utilise des puissances installées extraites des « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » publiés chaque trimestre par le ministère (dernière parution 30/06/2014). Les valeurs mensuelles sont obtenues par interpolation pour la période du 1/1/2013 au 30/6/2014, et par extrapolation linéaire pour les mois de Juillet et Août 2014. Globalement l'efficacité solaire photovoltaïque des huit premiers mois de 2014 (15,11 %) est supérieure à celle de la même période 2013 (14,13%).

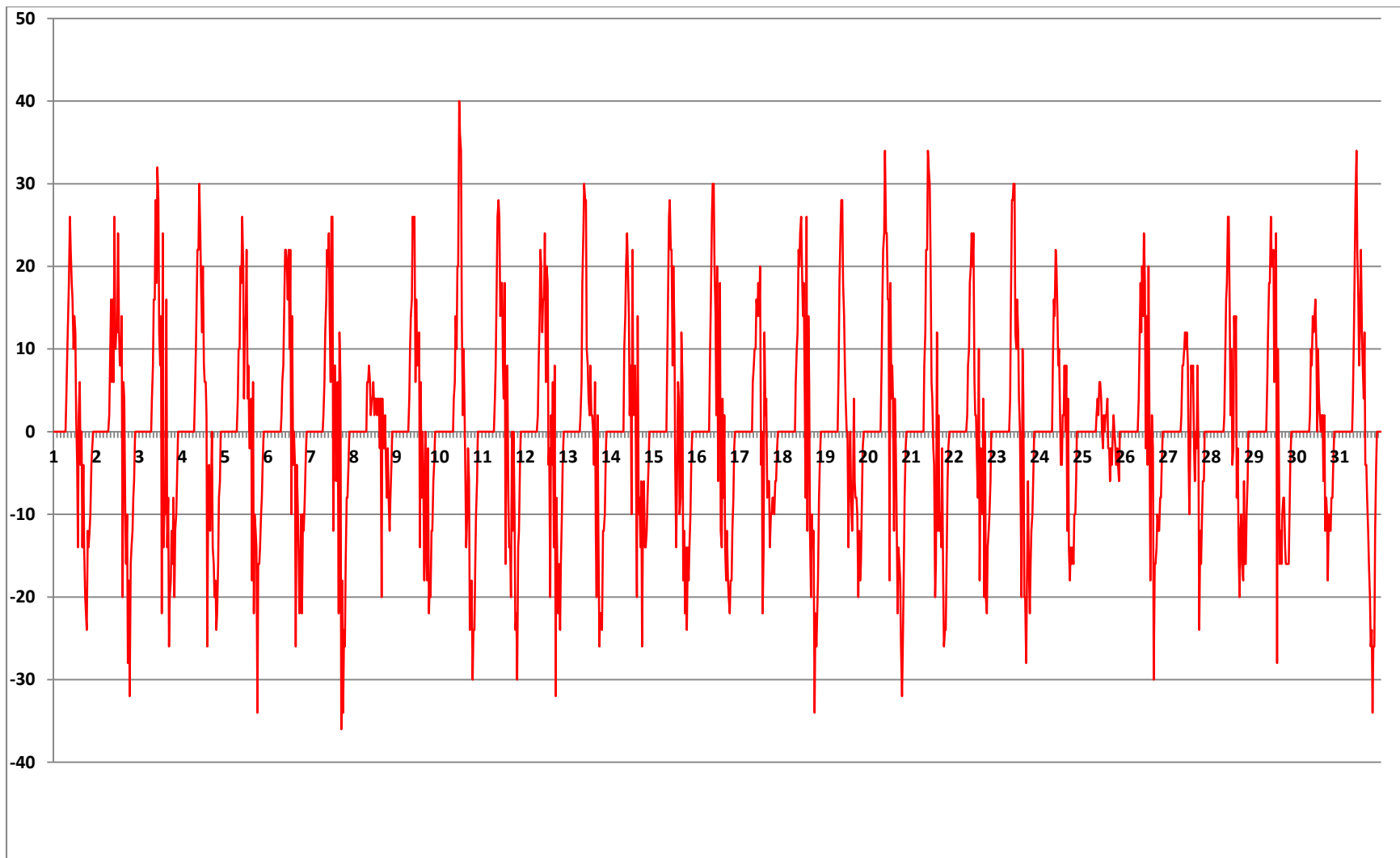


**Fig.14 Bretagne Août 2014. Comparaison des efficacités solaires moyennes mensuelles de la Bretagne, de la France continentale et de trois régions françaises pour les six premiers mois 2014.** Pour le calcul de ces efficacités moyennes, on utilise des puissances installées extraites des « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » publiés chaque trimestre par le ministère (dernière parution 30/06/2014). Les valeurs mensuelles sont obtenues par interpolation pour la période du 31/12/2013 au 30/6/2014, et par extrapolation linéaire pour les mois de Juillet et Août 2014. Assez naturellement, compte tenu de sa latitude intermédiaire, pour chacun des huit premiers mois de 2014, la Bretagne a été un peu moins efficace à produire de l'énergie solaire que la France dans son ensemble. Un panneau photovoltaïque implanté en Bretagne est un peu moins productif (moyenne de 15,1 % pour huit mois) que la moyenne du parc de la France continentale (moyenne de 15,9 % pour huit mois). Du point de vue solaire, sur les huit premiers mois de 2014, les performances des régions reflètent l'effet de la latitude : augmentation globale de l'ensoleillement au sud, légèrement compensée en été par l'accroissement de la longueur des jours lorsque la latitude croit. Sur les huit premiers mois les performances moyennes des trois autres régions choisies pour la comparaison sont : Languedoc-Roussillon 17,1 %, Centre 16,4 %, Nord Pas-de-Calais 14,4 %.

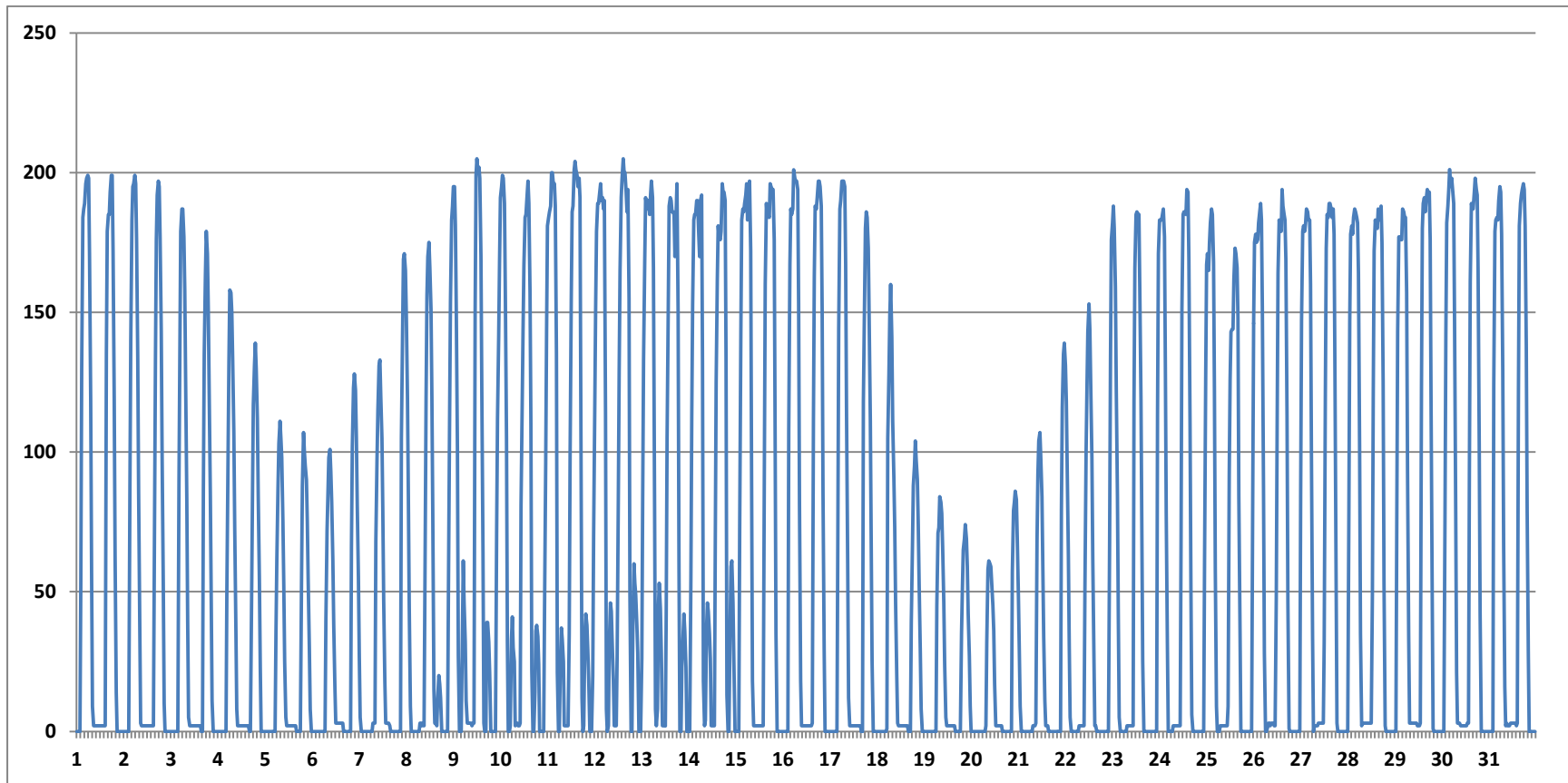


**Fig.15 Bretagne Août 2014. Diagramme de corrélation entre la puissance photovoltaïque livrée (axe vertical unité MW) et la consommation au même instant (axe horizontal MW).** Alors que la consommation électrique de la région est parmi les plus faibles de l'année, on observe encore une légère corrélation positive (nuage de points un peu incliné vers la droite sur la droite du diagramme).

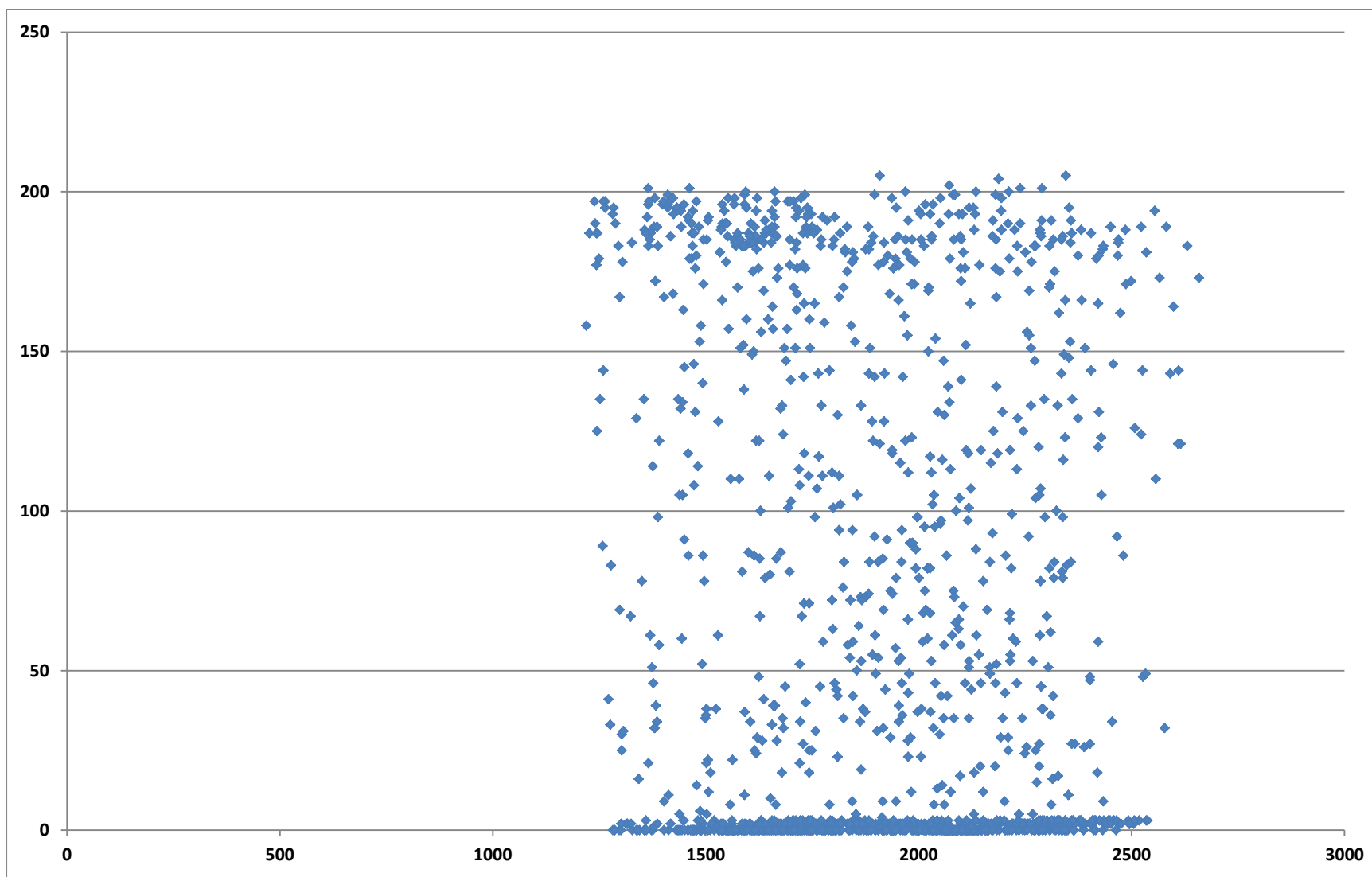




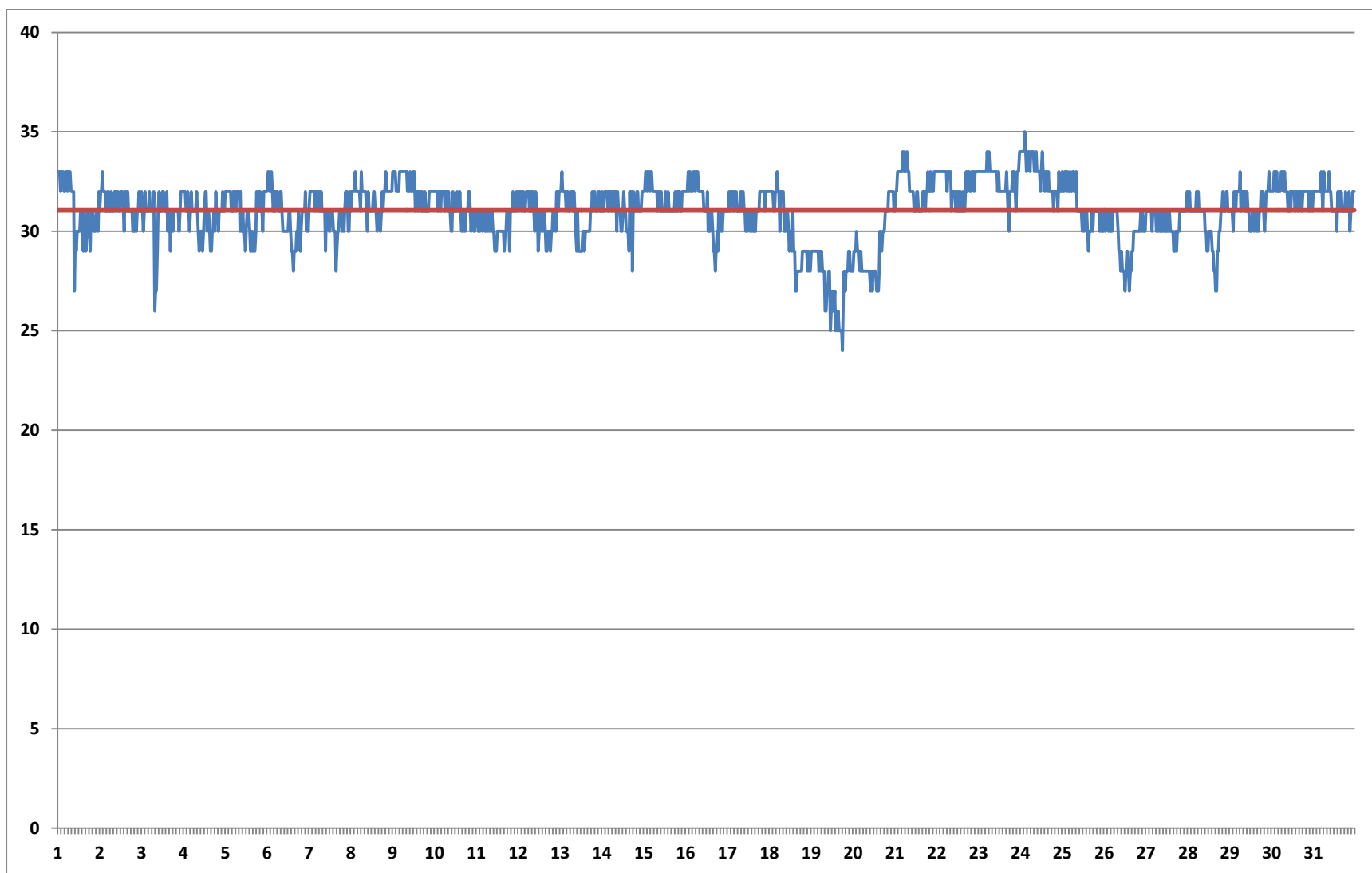
**Fig.16 Gradient de puissance solaire (MW/h) Bretagne – Août 2014** Comme il se doit les gradients sont en moyenne directement liés au pic de production solaire. Ils sont positifs le matin et négatifs l'après-midi. Leur amplitude est aussi en relation avec la hauteur du pic. Plus il y a de soleil, plus le parc photovoltaïque exerce de contrainte sur le réseau. Ainsi pour des pics atteignant parfois 100 MW en milieu de journée les gradients peuvent atteindre +/- 30MW/h. Surimposé à cette tendance générale, on observe aussi des irrégularités à l'échelle de la demi-heure qui peuvent être attribuées à l'effet « un nuage passe ».



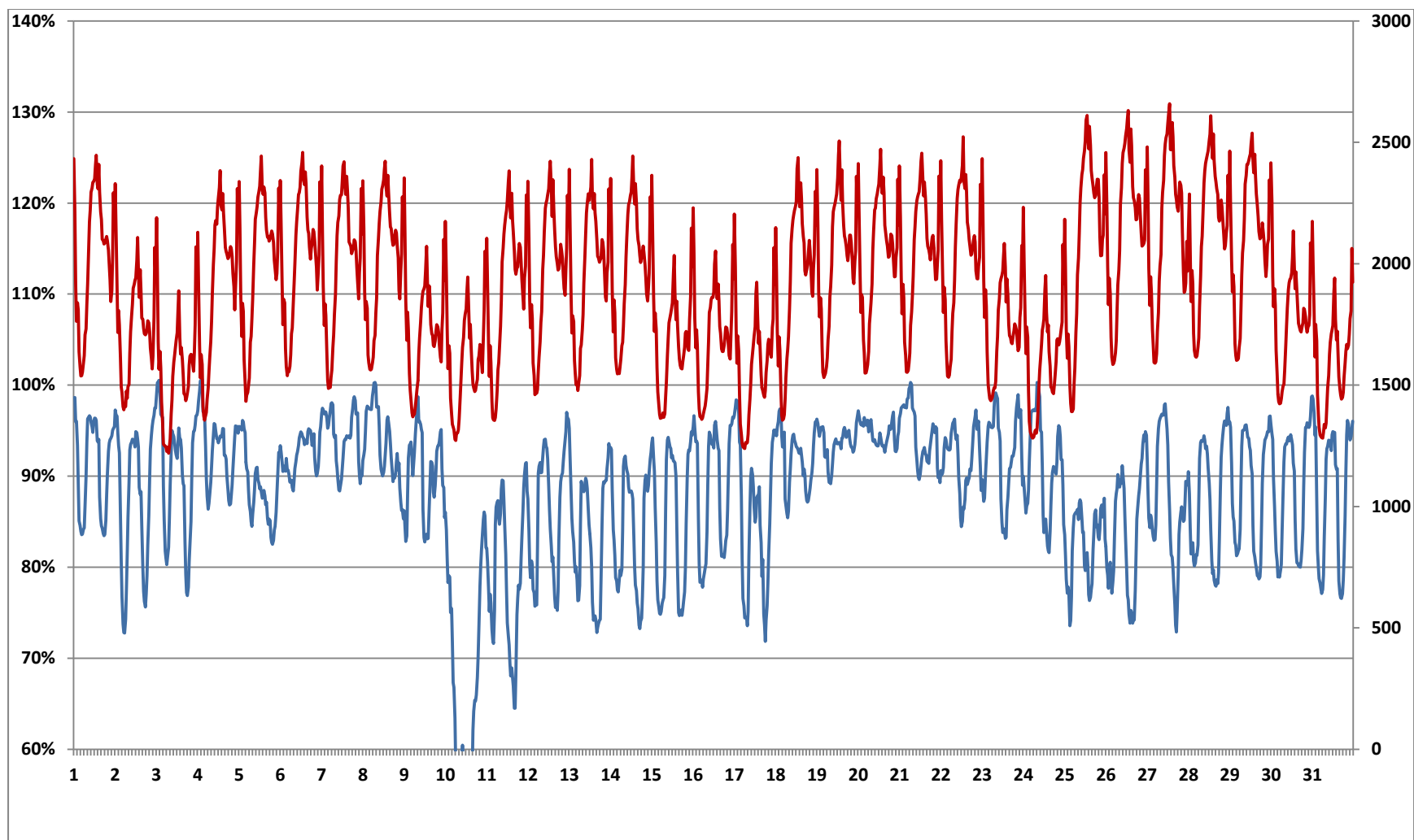
**Fig.17 Production hydraulique, Puissance (MW) Bretagne – Août 2014.** L'hydraulique breton lié au barrage de la Rance (puissance installée 238 MW) se distingue du reste de l'hydraulique français (de type « fil de l'eau » ou « éclusées »). C'est non seulement une énergie fatale (comme l'hydraulique de fil de l'eau) mais aussi une production au rythme alternatif. Elle ne participe que faiblement au réglage du réseau par le biais d'une fonction de pompage. L'énergie totale livrée au réseau sur le mois a été de 47,1 GWh (année 2013, 39,4 GWh), alors que le pompage (une consommation de courant restituée pour partie ultérieurement et comptabilisée dans le total « hydraulique ») n'a concerné que 6,1 GWh. Difficilement visible sur cette figure, on peut vérifier un décalage horaire progressif des pics reflétant celui des marées (idem pour les pics de pompage non illustrés dans ce document). Les structures de production à « pic double » observable en milieu de mois, correspondent à des périodes où il y a peu ou pas de stockage par pompage. On observe aussi, parfois « sous » les oscillations de production du barrage de la Rance, un fond de production hydraulique en base à un niveau ne dépassant jamais quelques MW. Il est associé à une puissance hydraulique (hors Rance) égale à 38 MW (données ERdF) peu ou pas productive en ce milieu d'été. Pour ce mois, le facteur de charge de l'hydraulique breton est donc d'environ 23 %.



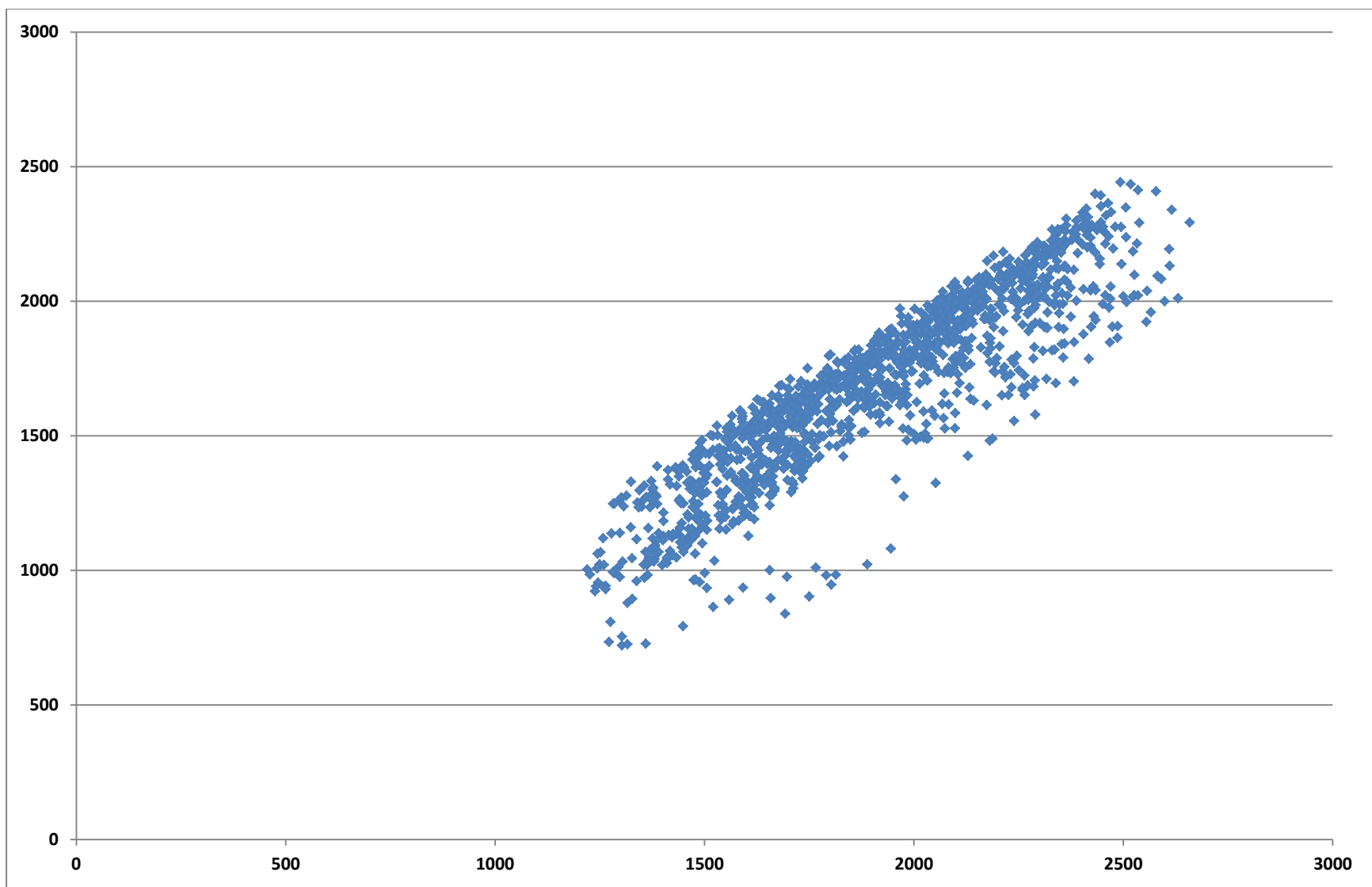
**Fig.18 Bretagne Août 2014. Diagramme de corrélation entre la puissance hydraulique livrée (axe vertical unité MW) et la consommation au même instant (axe horizontal MW).** Compte tenu de ce que sur une période de l'ordre du mois, il ne peut pas y avoir de corrélation entre les marées et les besoins électriques de la société on n'observe aucune corrélation. L'hydraulique des marées est bien une énergie fatale.



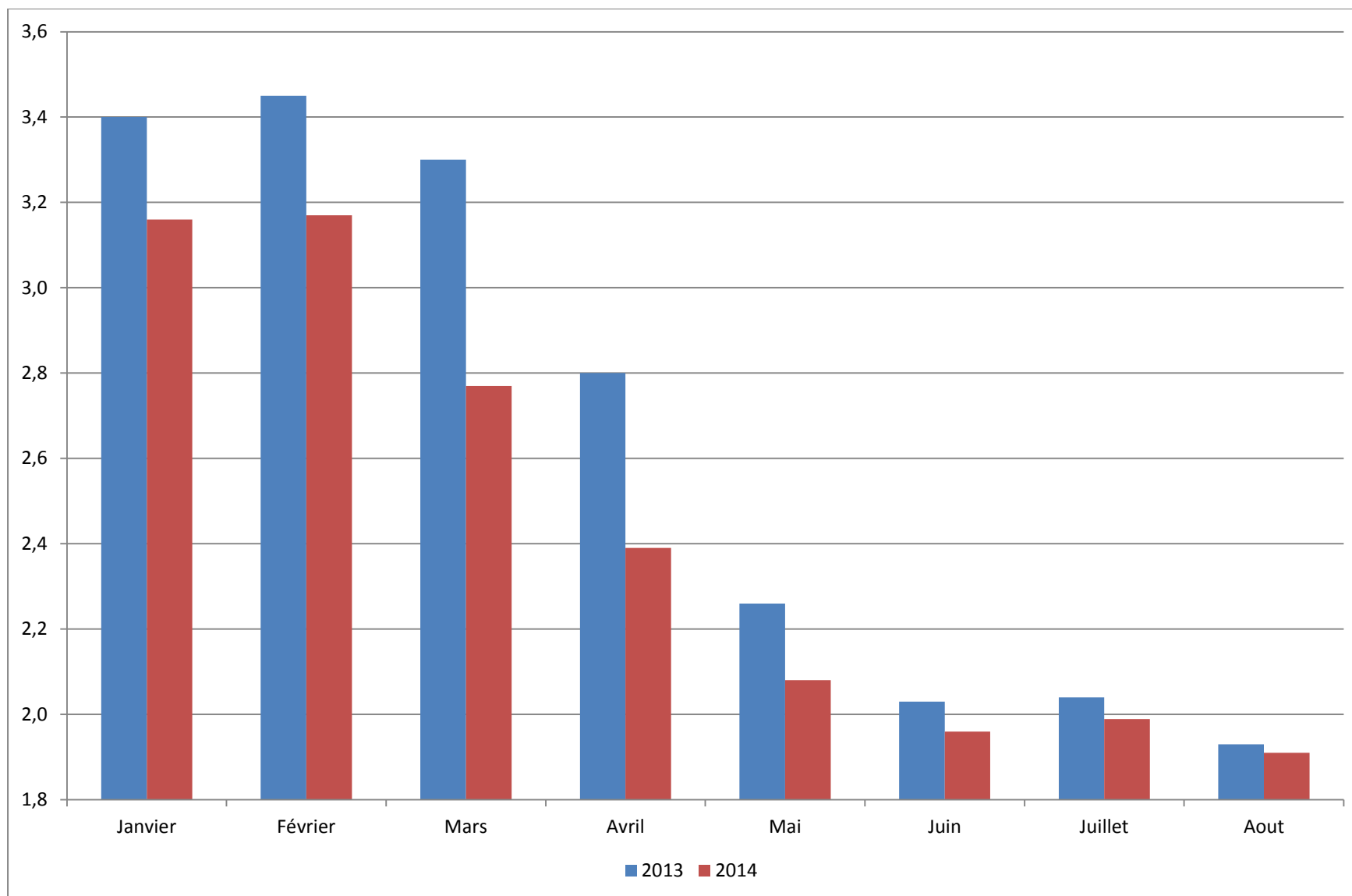
**Fig.19 Production ENR thermique, Puissance (MW) Bretagne – Août 2014.** Cette production ayant pour origine la combustion de la biomasse et de déchets (puissance installée 51,2 MW, données ERdF) seule ou en cogénération fonctionne comme une énergie de base quasi-constante autour de sa valeur moyenne 31,3 MW (année 2013 30,6 MW). Sur ce mois, le taux de couverture moyen correspondant est de 1,7 % (année 2013, 1,6 %) (variant de 1 % à 2,6 %). Une contribution aussi faible ne peut bien sûr pas être utilisée pour la stabilisation du réseau.



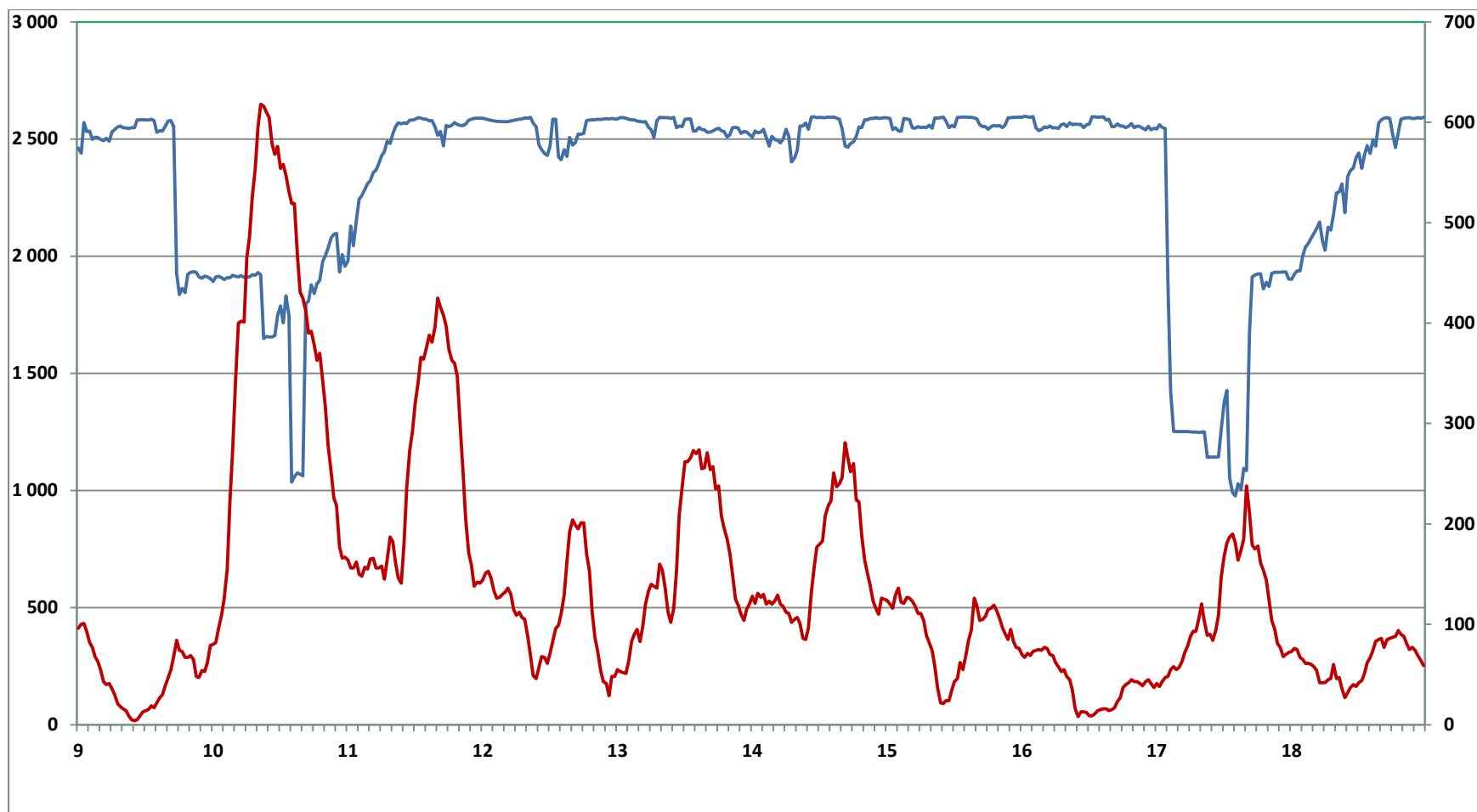
**Fig.20 Importation électrique, Taux de couverture (%) Bretagne – Août 2014.** La courbe rouge (échelle de droite en MW) montre l'évolution de la consommation. En moyenne sur le mois, le taux de couverture (rapport de cette puissance importée à la puissance consommée par la région au même instant) est de 88,3 % (année 2013, 89,9 %). A son maximum il atteint 100,6 % (année 2013, 100,1 %) le 4 du mois à 2h30. Cette valeur supérieure à 100 % montre qu'une fraction importante de l'énergie stockée par le barrage de la Rance et plus tard comptabilisée comme énergie hydraulique (énergie « verte » donc) correspond, en fait, à une consommation d'électricité d'origine nucléaire importée. Au minimum, le taux de couverture d'importation est de 49,6 % (année 2013, 63,5 %). Il a lieu le 10 du mois à 14h00 au moment où, en ce jour de dimanche, les taux de couverture éolien et solaire dépassent ensemble les 45 %.



**Fig.21 Bretagne Août 2014. Diagramme de corrélation entre la puissance importée (axe vertical unité MW) et la consommation au même instant (axe horizontal MW).** Compte tenu de la dépendance de la région proche de 90 % de la production importée d’au-delà des régions limitrophes, comme on pouvait s’y attendre, la corrélation est quasi-parfaite.



**Fig.22 Bretagne Août 2014. . Comparaison des puissances (GW) moyennes mensuelles consommées des années pour les huit premiers mois des années 2013 et 2014.** Pour chaque mois la consommation bretonne 2014 a été systématiquement inférieure à celle de 2013. Les huit premiers mois de 2013, la région a consommé une moyenne de 2,42 GW. La valeur correspondante pour 2014 est de 220 MW inférieure (2,64 GW).



**Fig.23 Août 2014. Comparaison des puissances (MW) éolienne bretonne (courbe rouge et échelle de droite) et nucléaire de Basse-Normandie (courbe bleue et échelle de gauche) sur la période du Samedi 9 Août au Lundi 18 Août inclus.** Cette période couvre les deux week-ends du 9-10 et 16-17 Août. On observe que compte tenu de la faible consommation du weekend et de l'augmentation brusque de la production éolienne (cette augmentation n'a pas concerné que la Bretagne mais tout le nord de la France et de l'Europe) RTE a demandé à la centrale de Flamanville de baisser rapidement sa production puis de la reprendre une fois le weekend terminé. Cette figure met en évidence que, si l'intermittence de l'éolien requiert des réserves de production pour compenser la faiblesse du vent lors des vagues de froid anticyclonique hivernales, elle requiert aussi de disposer de **réserves contrôlables à la baisse** pour réagir quand le vent se met à souffler alors qu'il n'y a pas de besoin d'électricité. Ainsi, l'arrivée prochaine le long de la Manche de plusieurs GW de parcs offshore en France et à l'étranger, parcs dont la production sera quasi-synchrone, va rendre plus difficile la gestion de la stabilité du réseau en période estivale. On notera par ailleurs la souplesse d'ajustement de la production nucléaire.