

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

Octobre 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-deelectricite/35-fparticules/1177-analyse-graphique-des-donnees-du-site-eco2mix-rte-sur-la-production-francaise-deelectricite.html>

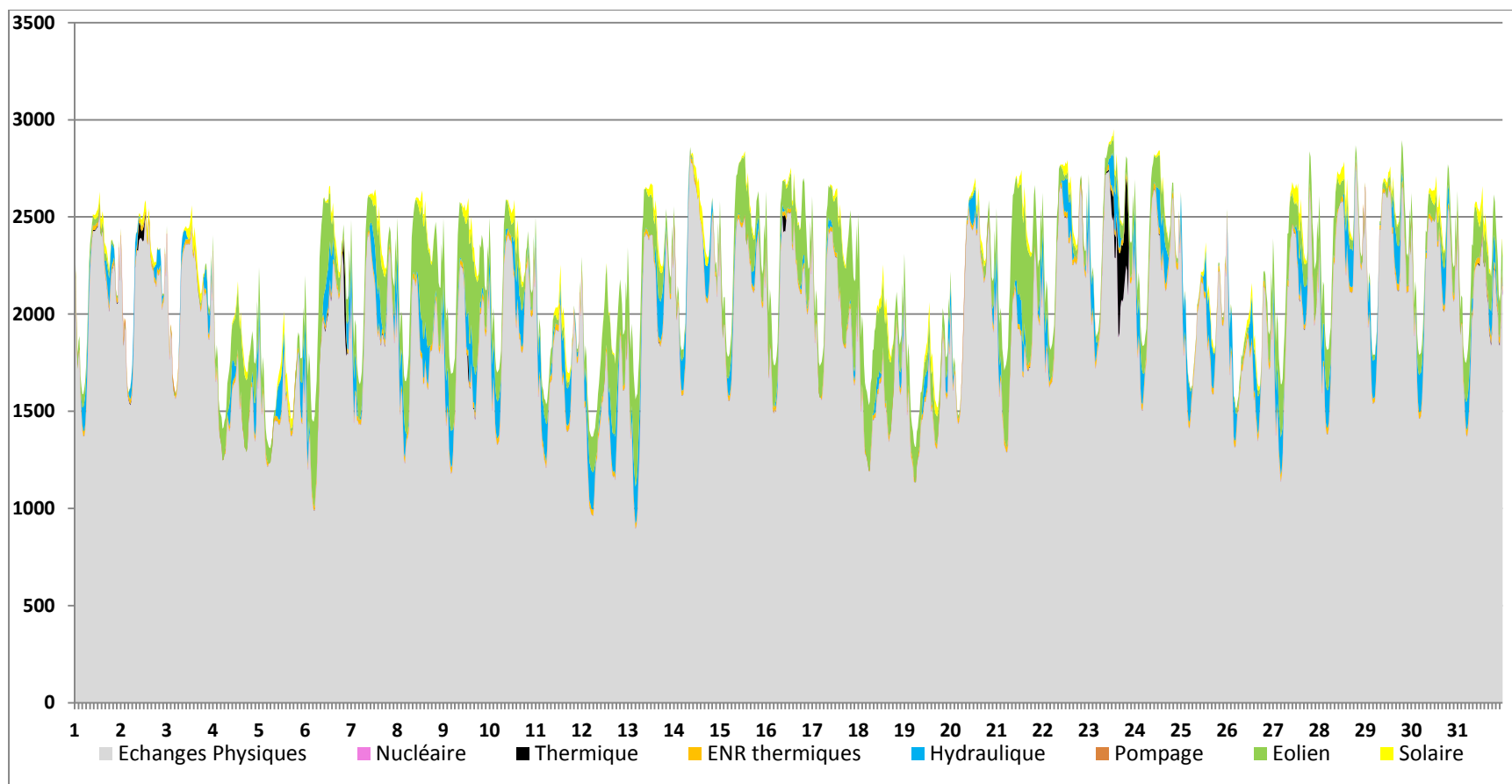


Fig.1 Consommation – production Bretagne Octobre 2014 (MW). En moyenne sur le mois, la puissance consommée a été de 2,2 GW (année 2013, 2,21 GW) entre un maximum de 2,95 GW (année 2013, 3,05 GW) le 23 du mois à 13h (un jeudi) et un minimum de 1,31 GW (année 2013, 1,26 GW) le 5 du mois à 5h30 (un dimanche). La consommation est couverte à 87,9 % (année 2013, 87,2 %) 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 900 et 2800 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 (10-12, fin du 18 et milieu du 26). Sa capacité d'exportation a été de l'ordre de 1,5 GW à l'exception de baisses à presque zéro pendant les trois épisodes ci-dessus. La région Pays-de-Loire qui a fait fonctionner la centrale à combustibles fossiles de Cordemais sauf les 5-6 et du 18 au 23 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 tous les jours du mois.

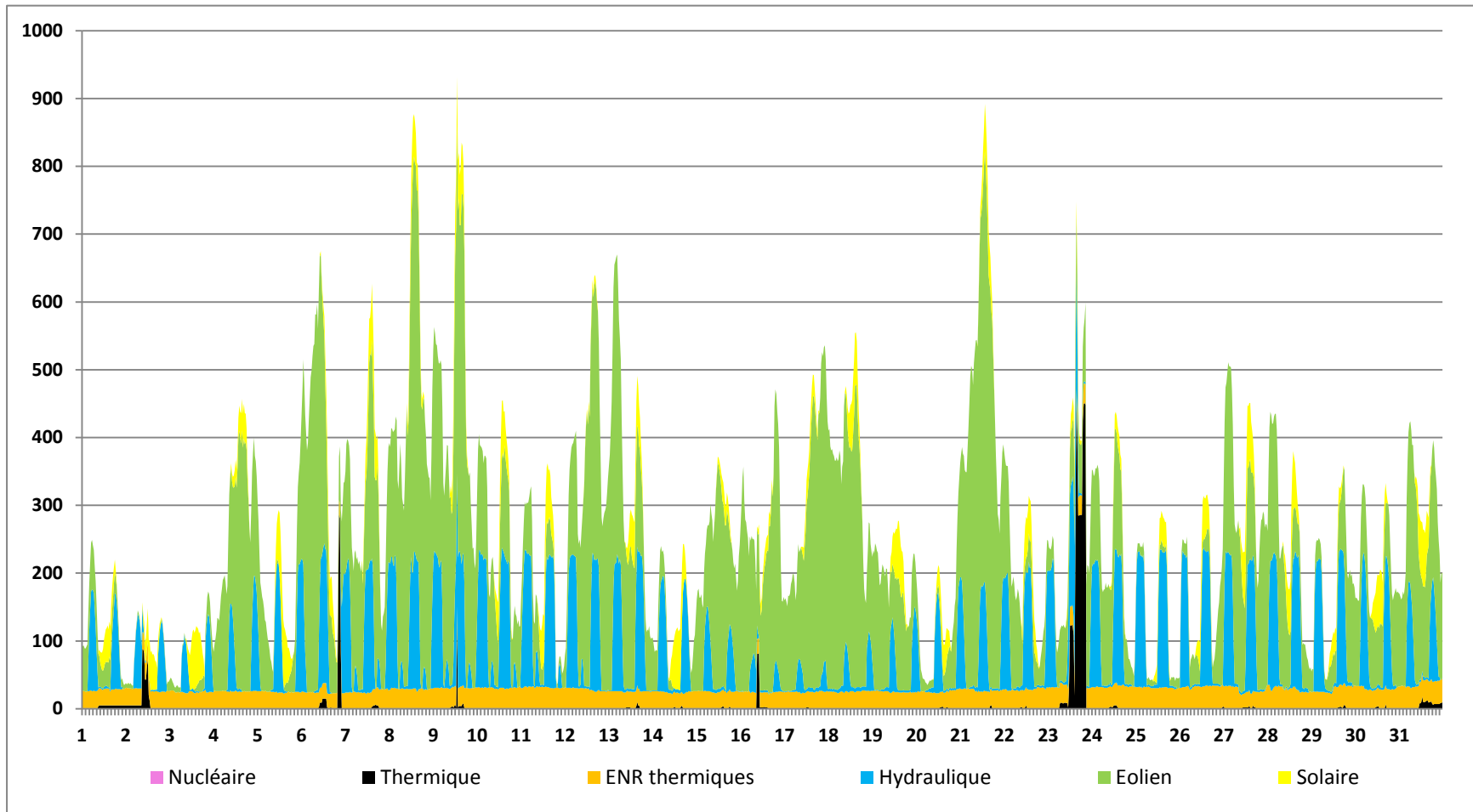


Fig.2 Production électrique de la Bretagne Octobre 2014 (MW). Ce mois-ci, l'ensemble de ces productions compte pour environ 12 % de la consommation locale (année 2013, 12,5 %). En GWh la production totale a été de 115,8 (année 2013, 136,1) pour l'éolien, 46,1 (année 2013, 39,5) pour l'hydraulique, 19,8 (année 2013, 18,7) pour les ENR thermiques et de 11,7 (année 2013, 10,3) pour le solaire (consommation totale 1636,3 GWh – année 2013, 1648,5 GWh). A l'exception des ENR thermiques dont la production est quasi-constante et de la faible contribution thermique fossile (4,4 GWh – année 2013, 4,3 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), à l'exception de quelques pics, le thermique fossile est arrêté ce mois à l'exception d'un pic de production de quelques centaines de MW le 23 qui correspond à la baisse de production de la centrale nucléaire de Flamanville. Tout comme l'ENR thermique qui fonctionne en base il ne participe donc que faiblement à la gestion de régulation du réseau.

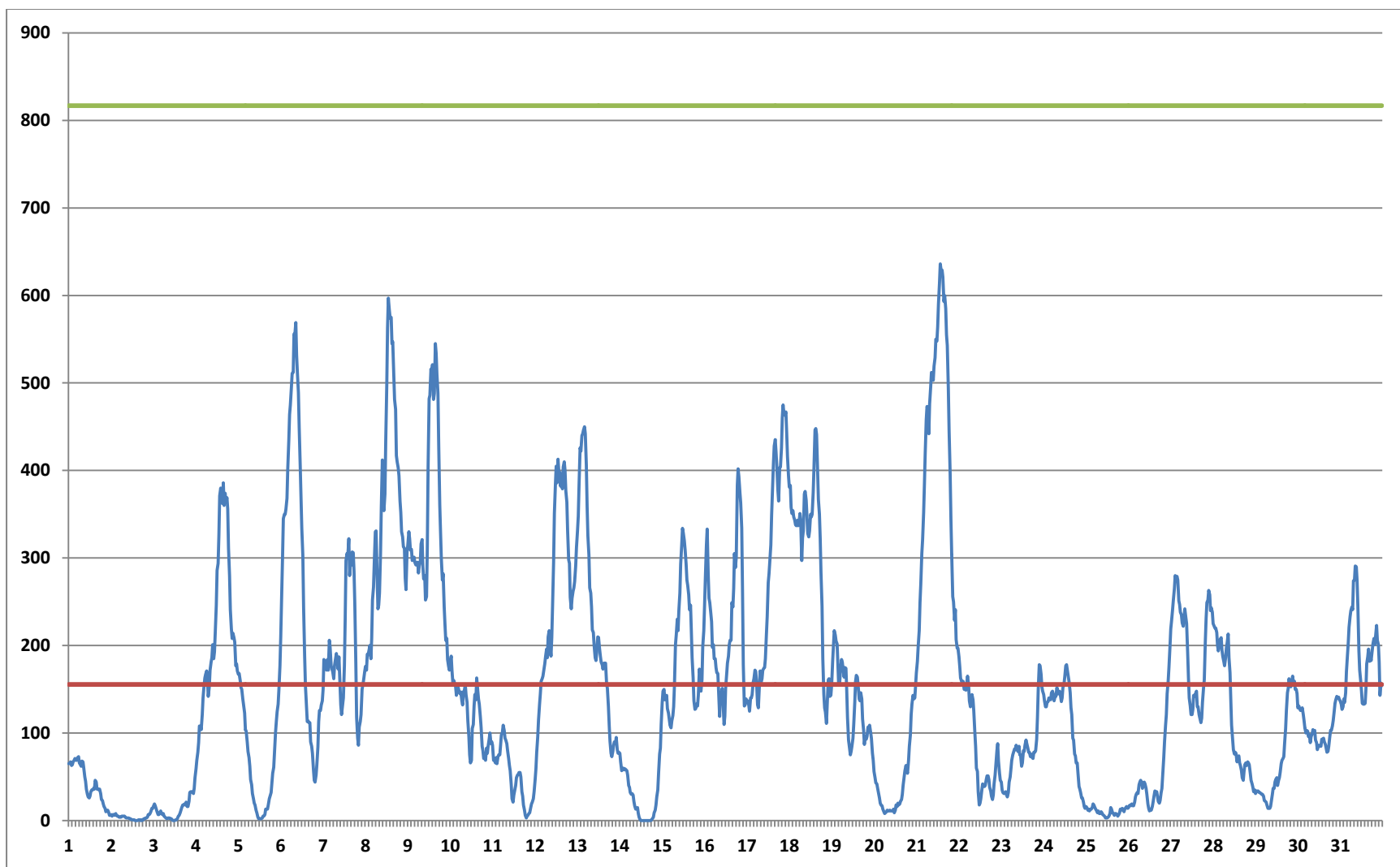


Fig.3 Production éolienne, Puissance (MW) Bretagne – Octobre 2014. En nous basant sur les données des 31/03/2014 et 30/06/2014 des deux derniers « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » publiés par le ministère nous avons estimé la puissance éolienne régionale installée à 816,7 MW (année 2013, 756 MW). La puissance moyenne livrée au réseau sur le mois a été de 155,7 MW (année 2013, 182,9 MW) soit une efficacité moyenne de 19,06 % (année 2013, 24,2 %). Le maximum de production a été de 636 MW (année 2013, 620 MW) pour une efficacité de 77,9 % (année 2013, 82 %) le 21 du mois à 13h30 (un mardi). Plusieurs fois dans le mois, la production a été nulle ou presque nulle. Par exemple, elle a été nulle pour la première fois le 2 du mois à 13h30 (un jeudi).

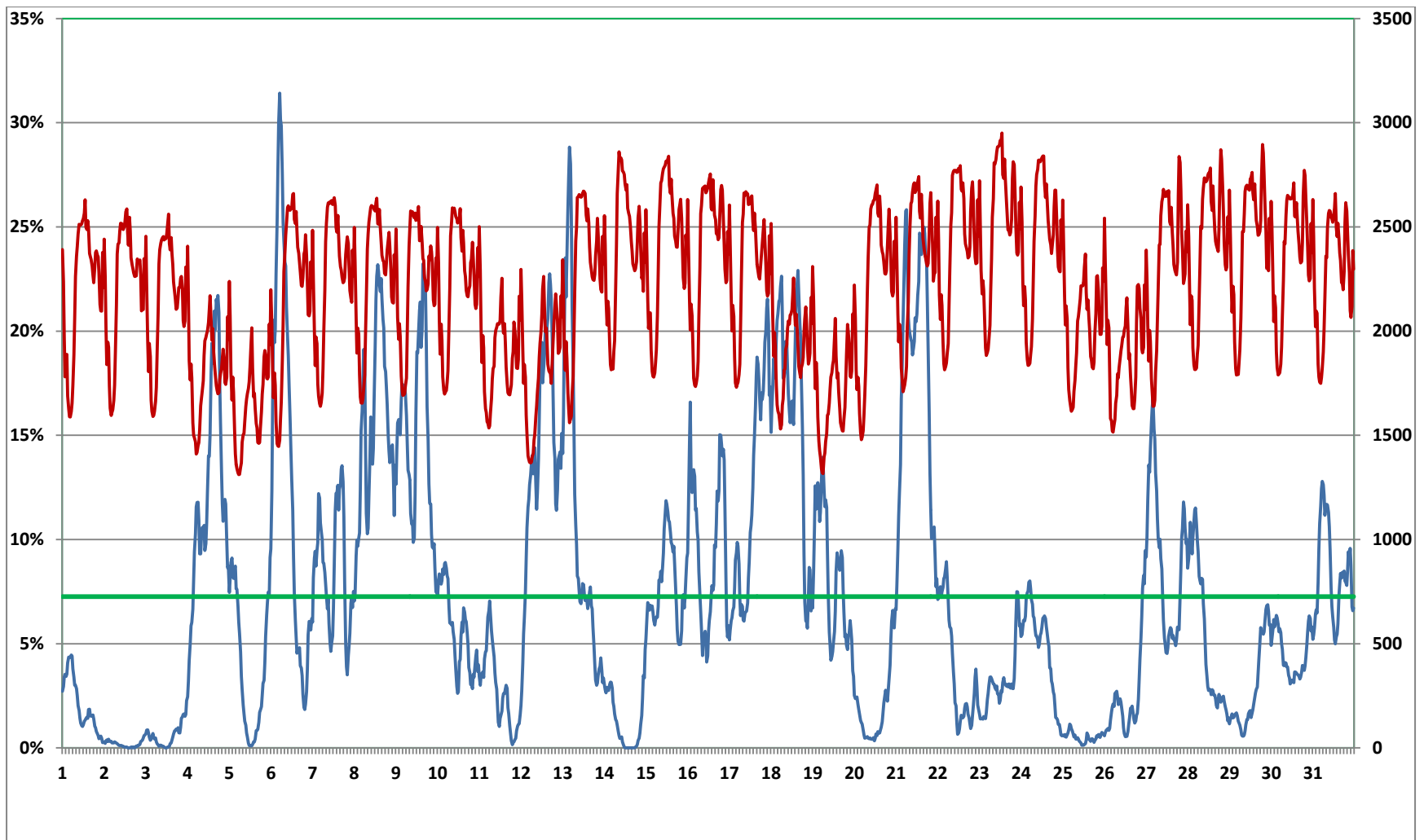


Fig.4 Production éolienne, Taux de couverture (%) Bretagne – Octobre 2014. La courbe rouge (échelle de droite en MW) montre l'évolution de la consommation. En moyenne, le taux de couverture (rapport de la puissance livrée à la puissance consommée au même instant) de l'éolien est de 7,3 % (année 2013, 8,5 %). Ce résultat est obtenu pour une puissance installée qui d'une année à la suivante est en hausse de plus de 10 % et une consommation un peu inférieure à celle de l'an dernier. Le taux de couverture atteint son maximum de 31,4 % (année 2013, 34,3 %) le 6 du mois à 5h00 (la nuit de dimanche à lundi) 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 % plusieurs fois dans le mois.

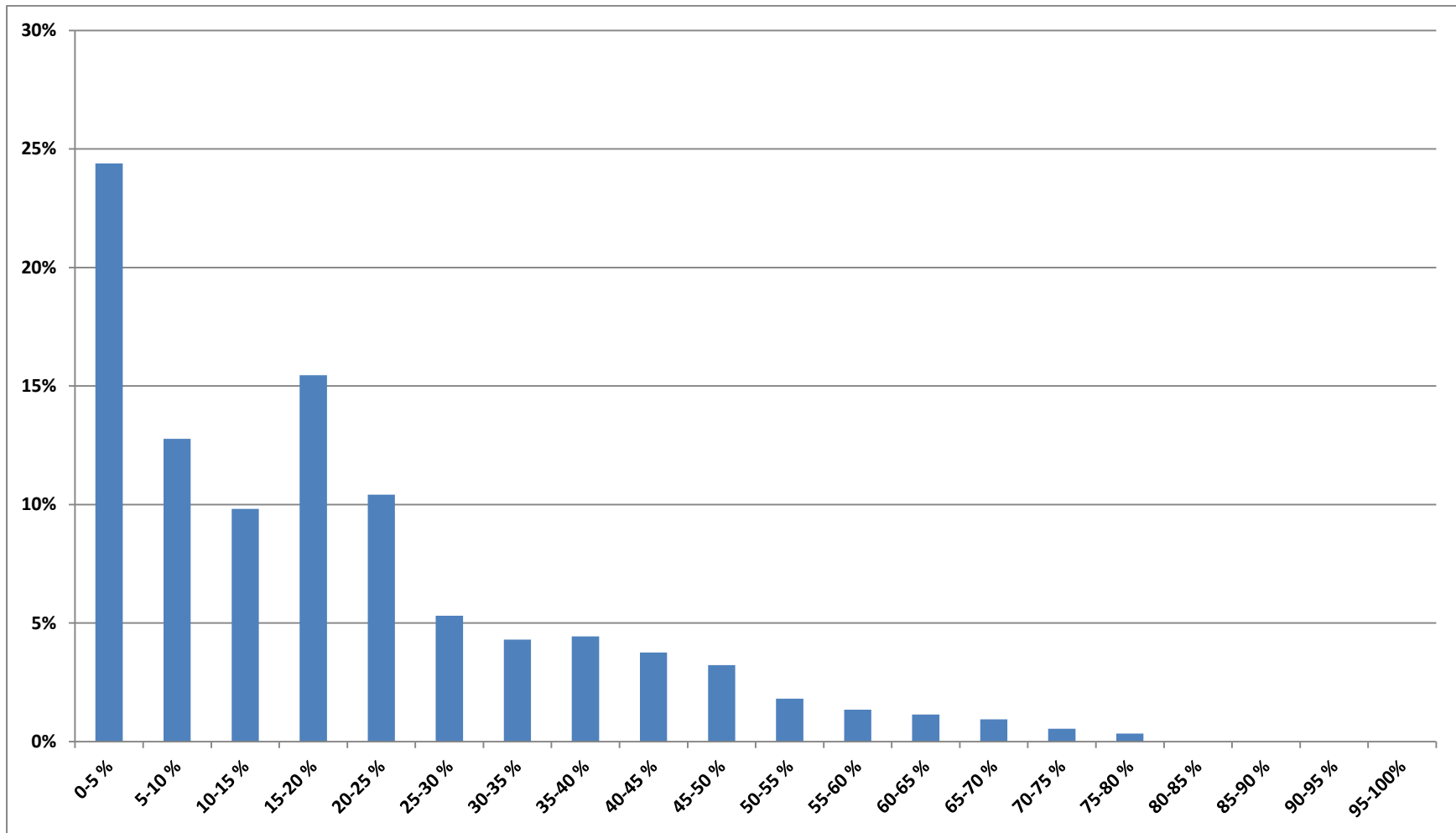


Fig.5 Bretagne Octobre 2014. Pourcentage du temps en fonction de la puissance éolienne livrée (abscisses : intervalles de puissance mesurés en pourcentage de la puissance installée : 816,7 MW). Cette distribution décroissante est caractéristique d'une zone géographique de petite dimension au regard des zones météo comme la Bretagne (pas ou peu de foisonnement). Le mois a été peu productif (efficacité moyenne 19,06 % - année 2013, 24,2 %) avec quand même un épisode de production non négligeable le weekend du 21 (quand l'efficacité a atteint 77,9 %). La puissance livrée n'a dépassé 50 % de la puissance moyenne installée que pendant 6,1 % du temps (année 2013, 14 % du temps). Elle a été inférieure à 15 % de la puissance installée pendant 47 % (année 2013, 43,4 %) du temps.

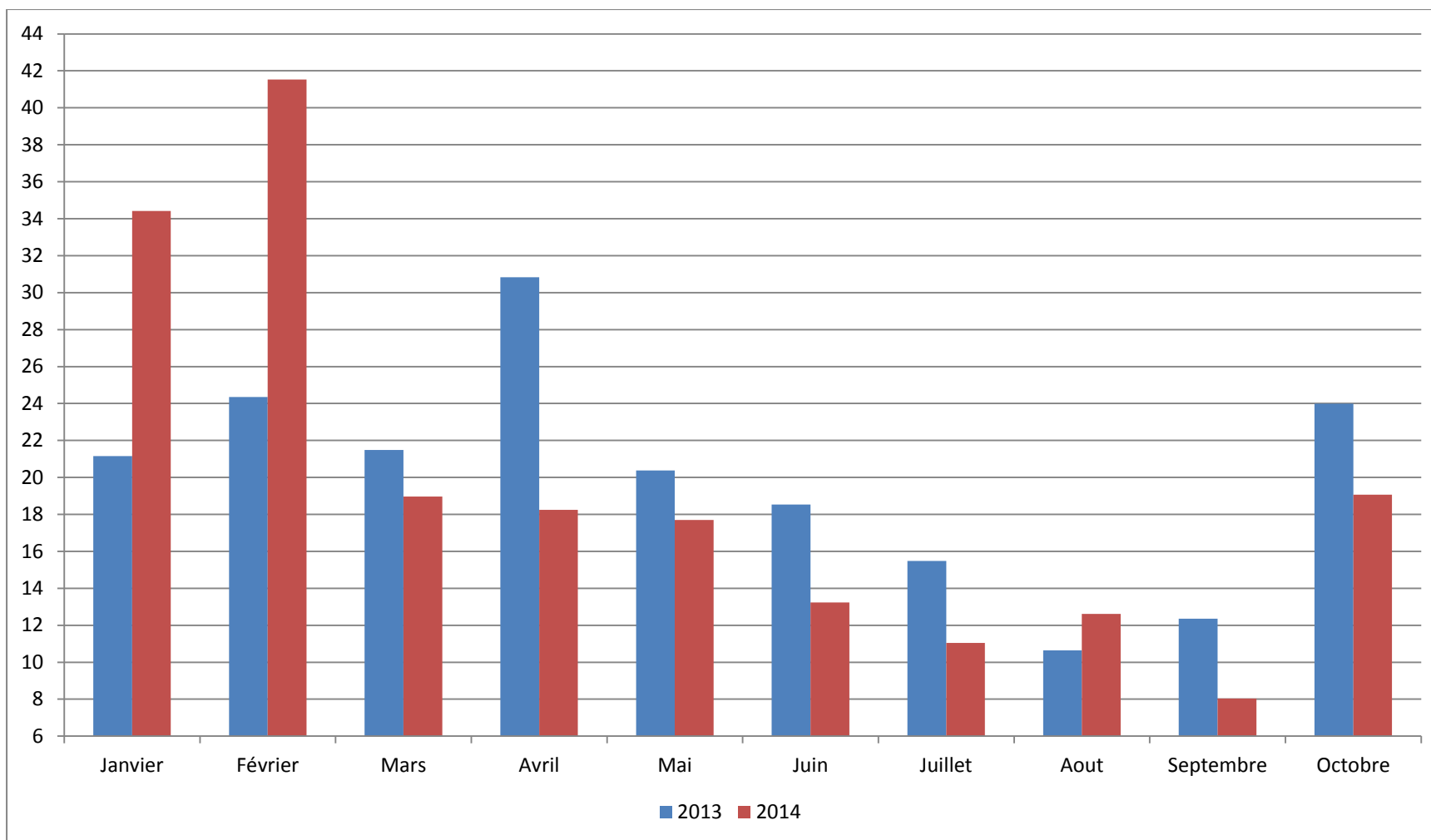


Fig.6 Bretagne Octobre 2014. Comparaison des efficacités éoliennes moyennes mensuelles des dix premiers mois des années 2013 et 2014. Pour le calcul de ces efficacités moyennes, on utilise des puissances installées extraites des « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » publiés chaque trimestre par 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 à Octobre 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 de 7 des 8 mois suivants, de sorte que la moyenne de productivité des dix premiers mois de 2014 (19,33 %) est devenue inférieure à celle des dix premiers mois 2013 (19,9 %).

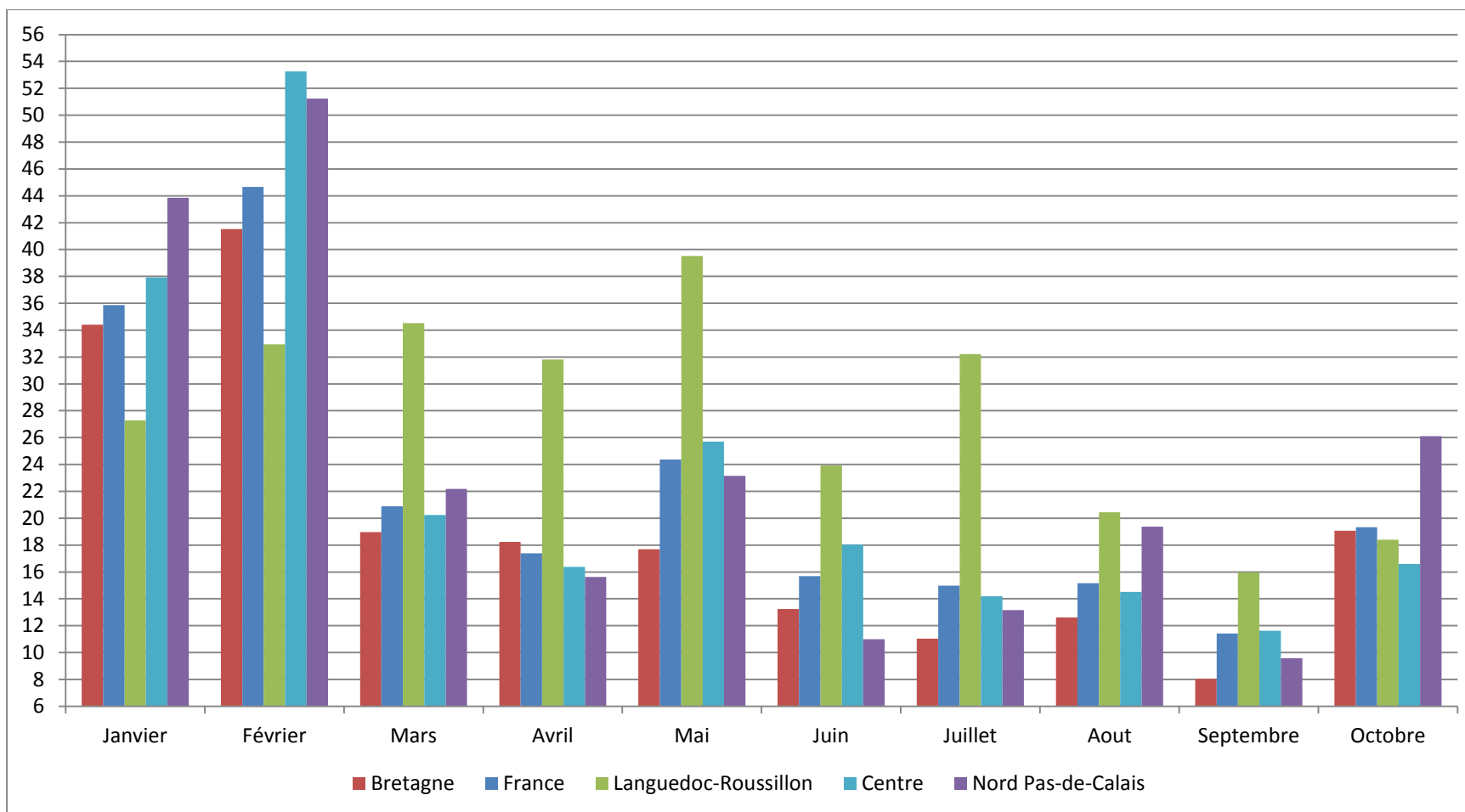


Fig.7 Bretagne Octobre 2014. Comparaison des efficacités éoliennes moyennes mensuelles de la Bretagne, de la France continentale et de trois régions françaises pour les dix premiers mois 2014. Pour le calcul de ces efficacités moyennes, on utilise des puissances installées extraites des « Tableaux de 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 à Octobre 2014. De façon un peu surprenante, compte tenu des fortes ambitions éoliennes affichées par la région, pour huit des dix 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 19,33 % pour dix mois) qu'un MW de l'ensemble du parc de la France continentale (moyenne de 21,8 % pour dix 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 dix premiers mois de 2014, les trois autres régions choisies pour comparaison ont aussi des performances moyennes supérieures (Languedoc-Roussillon 27,7 %, Centre 22,6 %, Nord Pas-de-Calais 23,4 %).

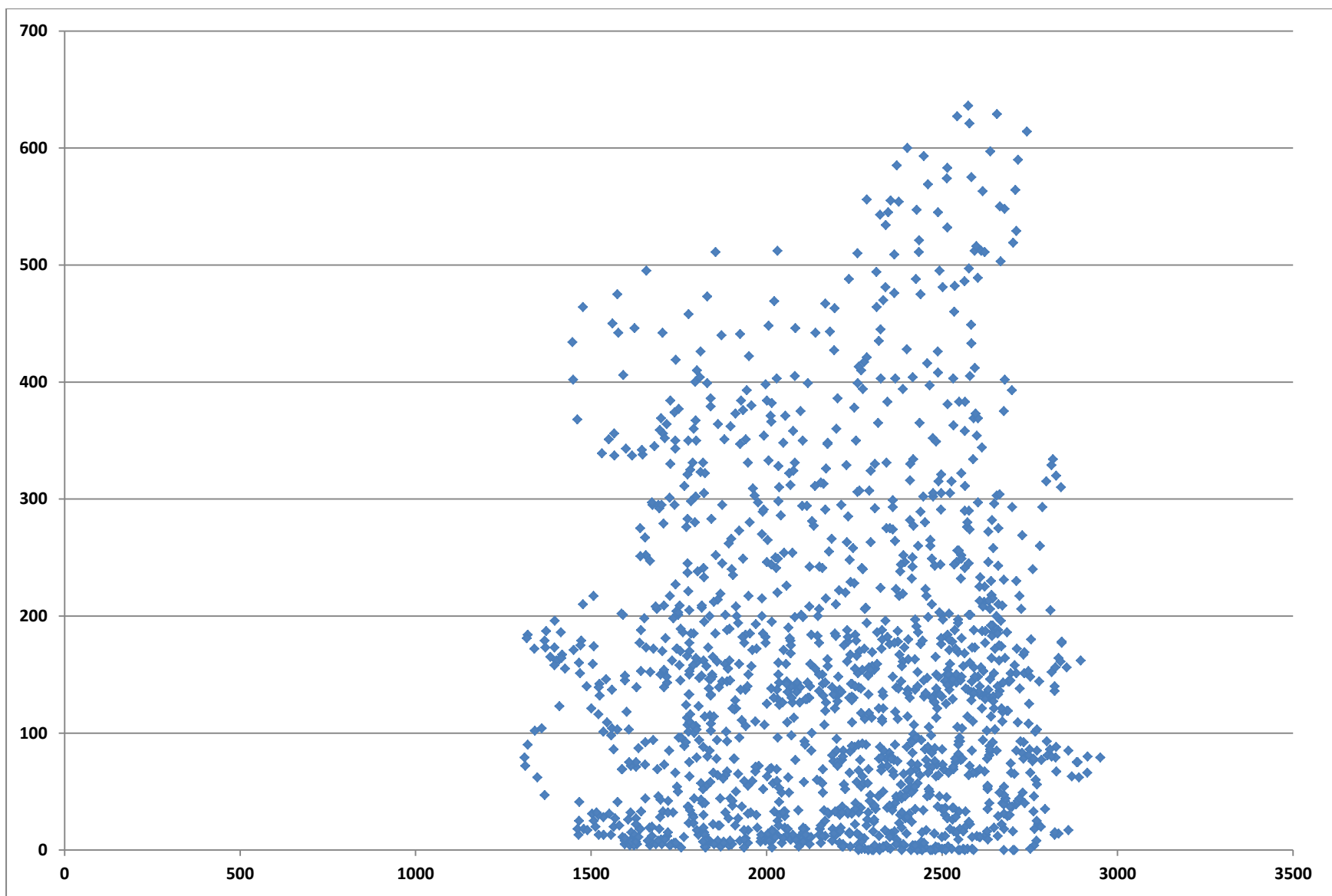


Fig.8 Bretagne Octobre 2014. Diagramme de corrélation entre la puissance éolienne livrée (axe vertical unité MW) et la consommation au même instant (axe horizontal MW). On n'observe aucune corrélation, comme on pouvait s'y attendre pour une énergie fatale.

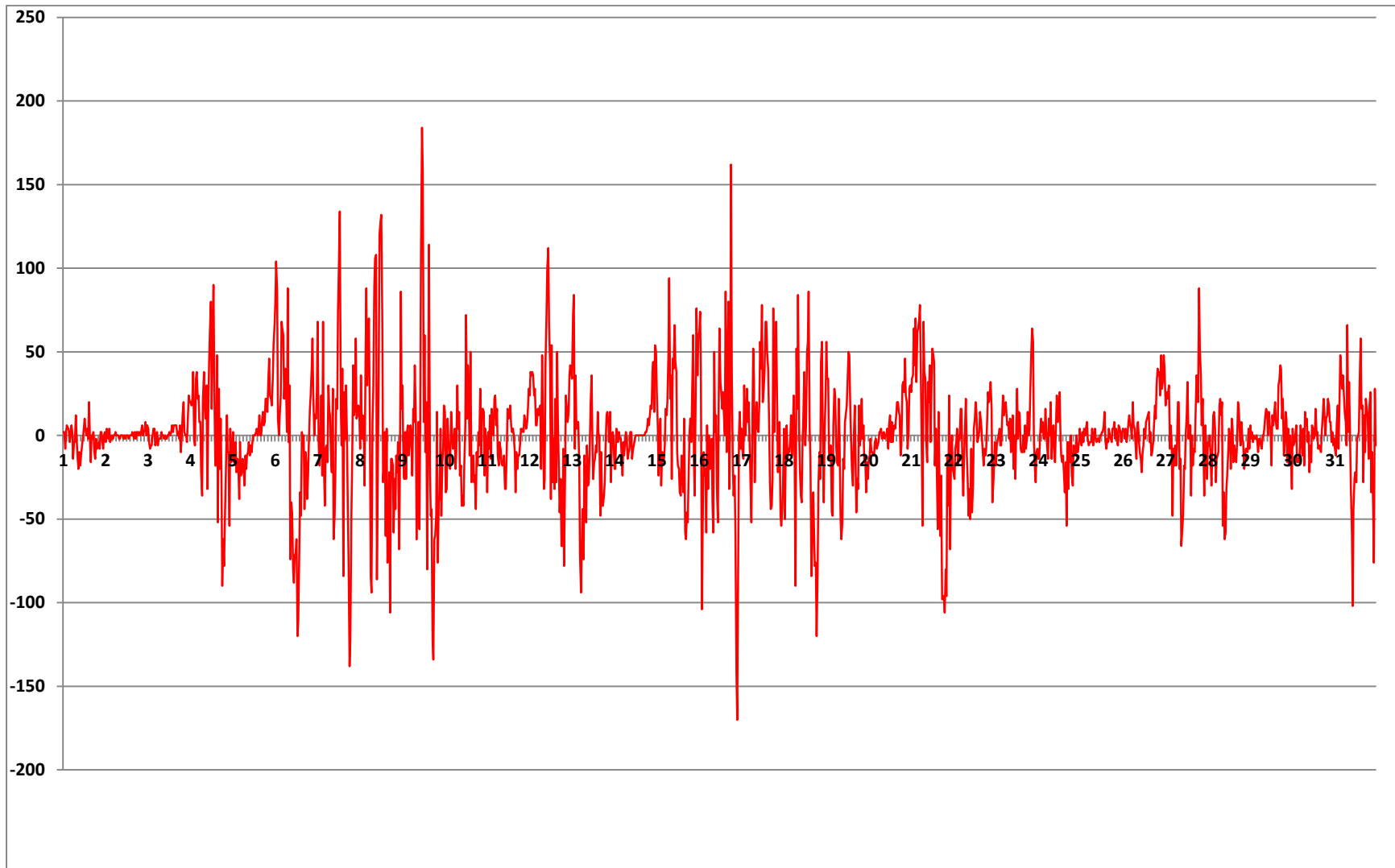


Fig.9 Gradient de puissance éolienne (MW/h) Bretagne – Octobre 2014. En ce mois peu venté, où la puissance éolienne livrée n'a qu'une fois dépassé 600 MW, le réseau (en fait l'importation de puissance) a dû néanmoins gérer des gradients de puissance dépassant 150 MW/h aussi bien en positif qu'en négatif.

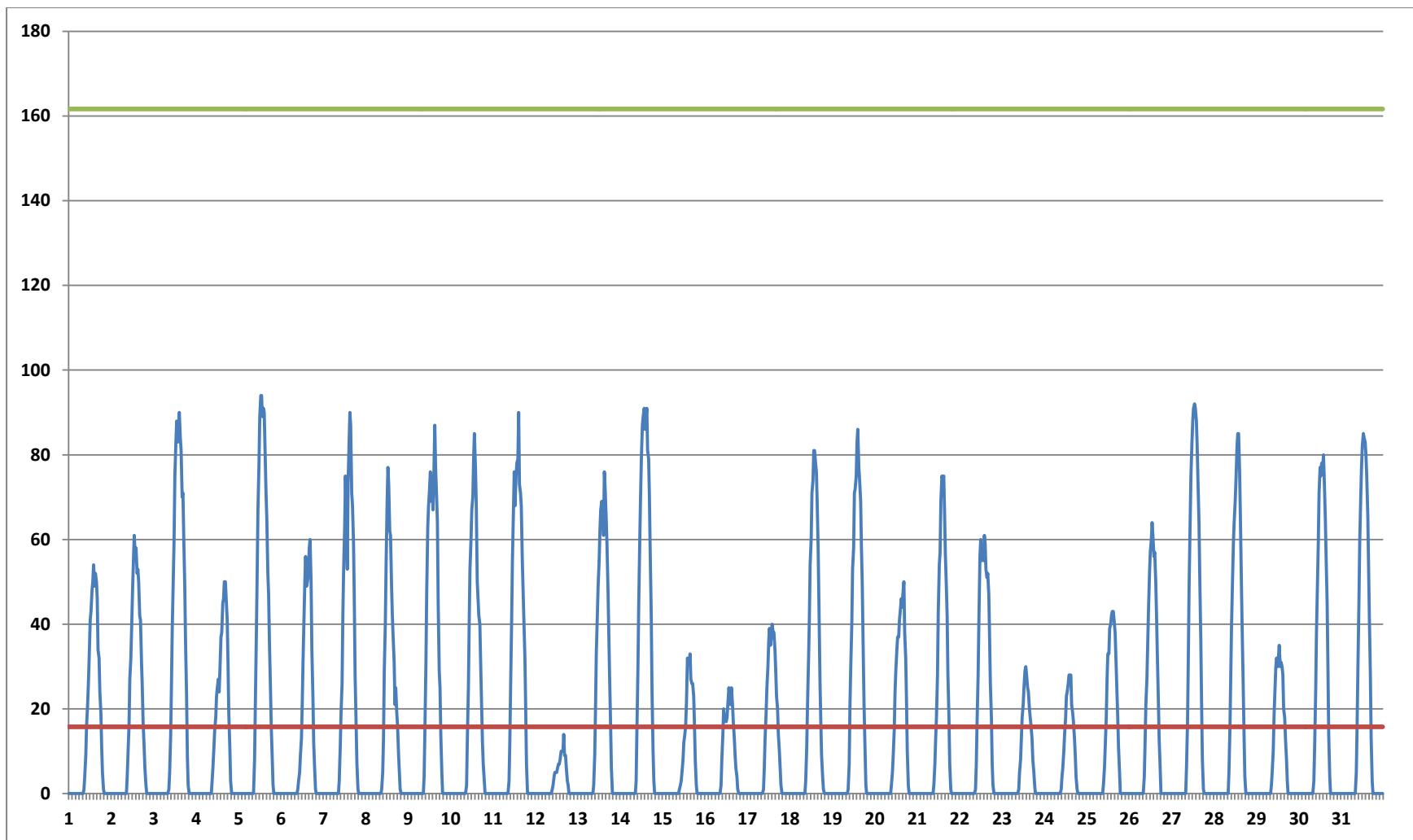


Fig.10 Production photovoltaïque, Puissance (MW) Bretagne – Octobre 2014. En nous basant sur les données des 31/03/2013 et 30/06/2014 des deux derniers « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » du ministère nous avons estimé la puissance solaire régionale installée à 161,7 MW (année 2013, 146,5 MW). La puissance moyenne livrée au réseau sur le mois a été de 15,8 MW (année 2013, 13,8 MW) soit une efficacité moyenne de 9,8 % (année 2013, 9,4 %). Le maximum de production a été de 94 MW (année 2013, 86 MW) pour une efficacité de 58,1 % (année 2013, 58,7 %) le 5 du mois à 12h30 (un dimanche). Les hauteurs des maxima, qui parfois ont varié d'un facteur quatre d'un jour à l'autre reflètent la faible 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).

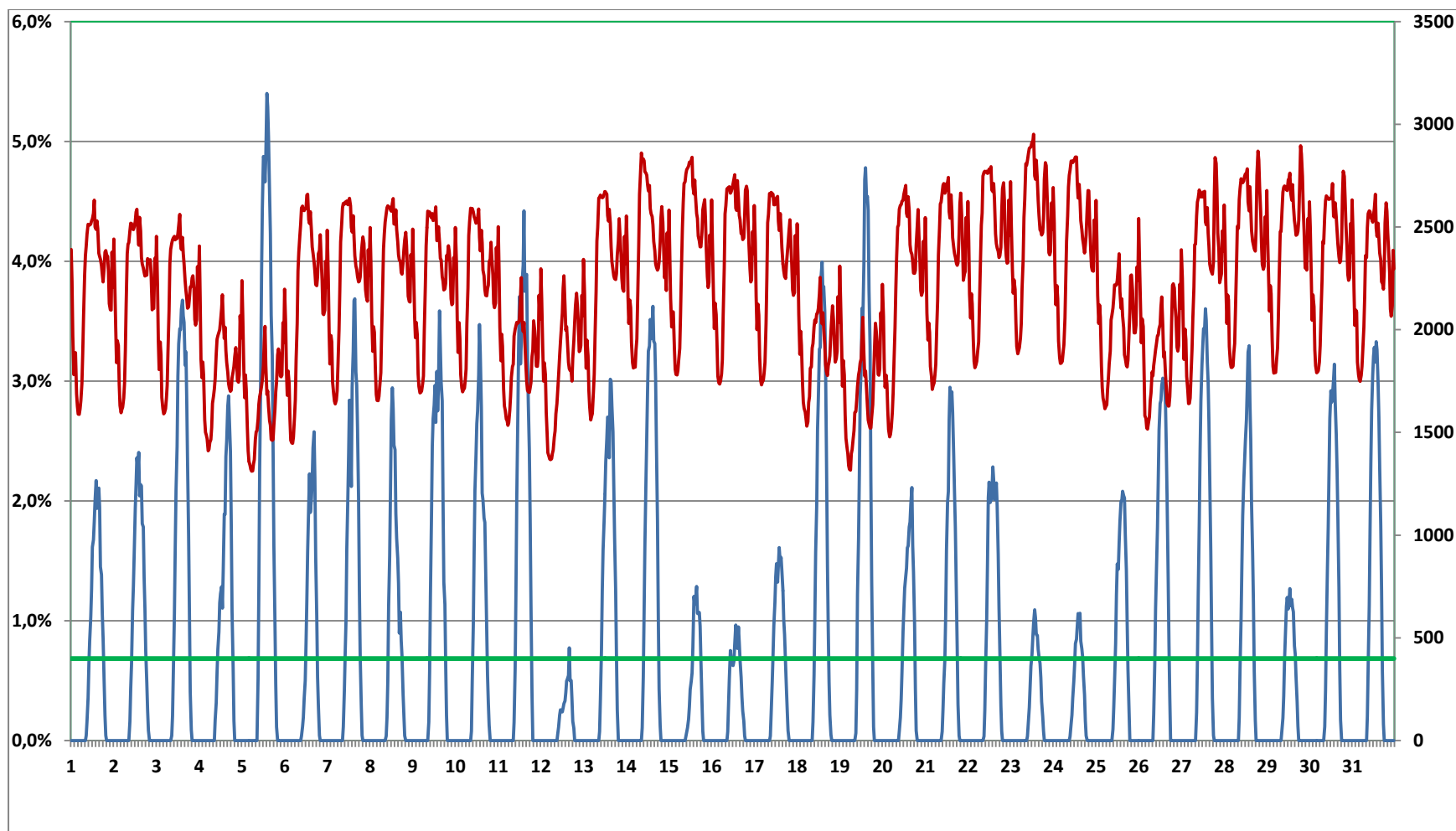


Fig.11 Production photovoltaïque, Taux de couverture (%) Bretagne – Octobre 2014. La courbe rouge (échelle de droite en MW) montre l'évolution de la consommation. En moyenne, le taux de couverture (rapport de la puissance livrée à la puissance consommée au même instant) du photovoltaïque est de 0,7 % (année 2013, 0,6 %). Ce résultat est obtenu pour un parc dont la puissance a cru d'une année sur l'autre de plus de 10% alors que la consommation électrique bretonne était un peu inférieure à celle de l'an passé. Le taux de couverture atteint son maximum de 5,4 % (année 2013, 4,6 %) le 5 du mois à 14h (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.

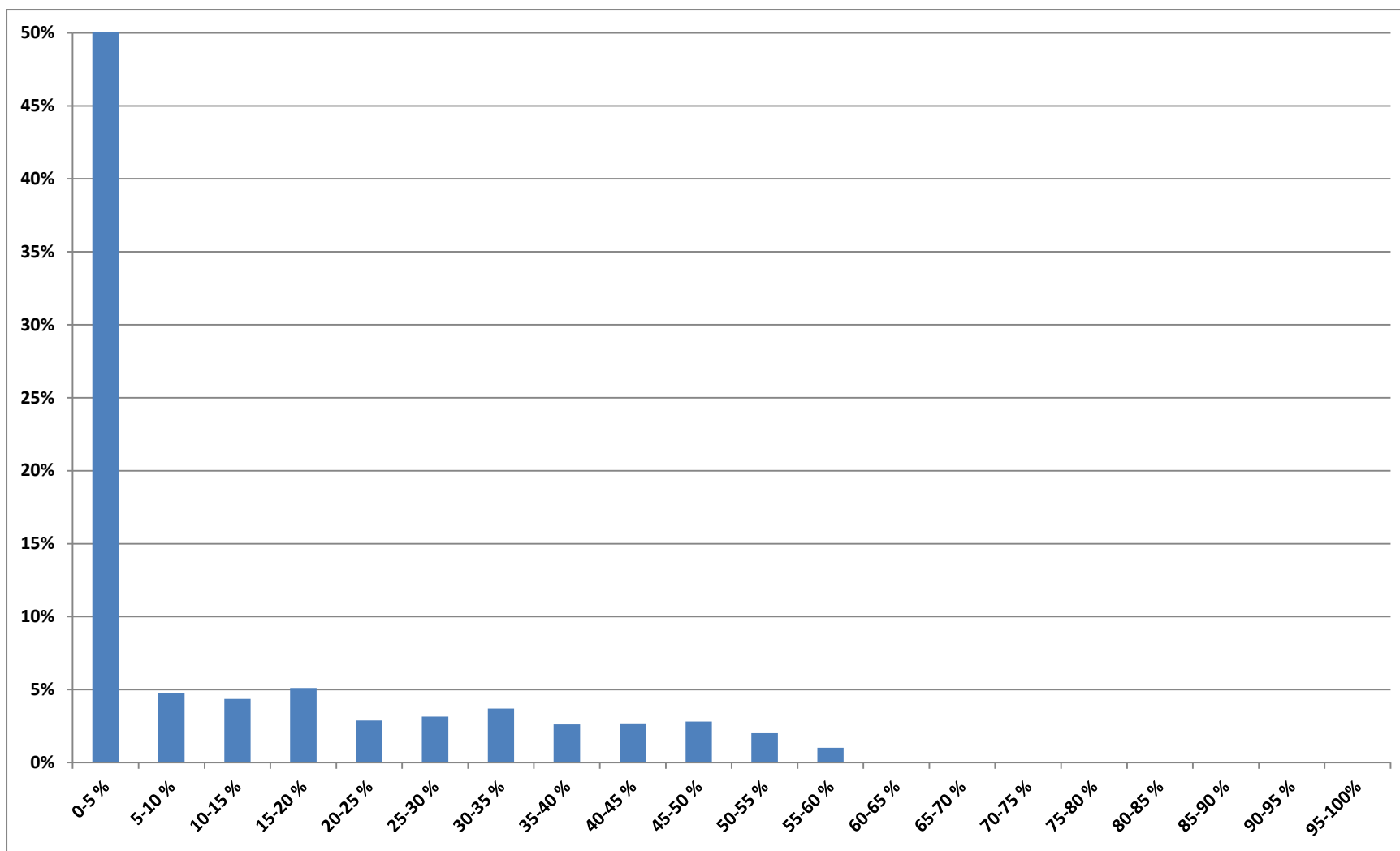


Fig.12 Bretagne Octobre 2014. Pourcentage du temps en fonction de la puissance solaire livrée (abscisses : intervalles de puissance mesurés en pourcentage de la puissance installée : 160,3 MW). Cette distribution présente la forme « conventionnelle » pour la production solaire d'une zone géographique 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 64,9 %. L'efficacité moyenne est de 9,8 % (année 2013, 9,4 %) avec une production qui le 5 du mois à 14h a atteint son maximum mensuel d'efficacité 58,1 % (année 2013, 58,7 %). La puissance livrée n'a dépassé 50 % de la puissance moyenne installée que pendant 3 % (année 2013, 1,5 %) du temps. Elle a été inférieure à 15 % de la puissance installée pendant 74 % du temps (année 2013, 73,9 %).

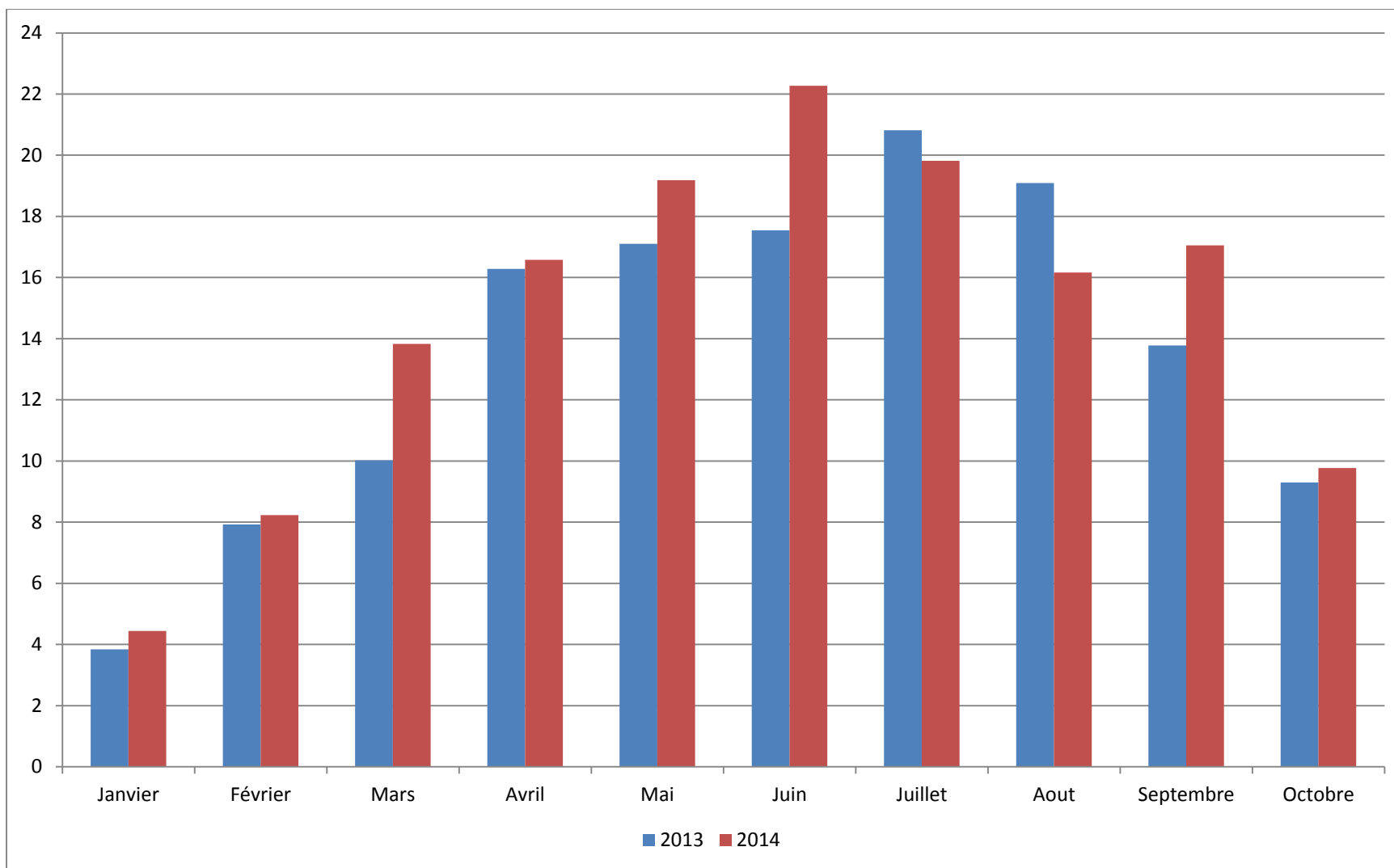


Fig.13 Bretagne Octobre 2014. Comparaison des efficacités solaires moyennes mensuelles des dix premiers mois des années 2013 et 2014. Pour le calcul de ces efficacités moyennes, on utilise des puissances installées extraites des « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » publiés chaque trimestre par 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 à Octobre 2014. Globalement l'efficacité solaire photovoltaïque des dix premiers mois de 2014 (14,8 %) est supérieure à celle de la même période 2013 (13,6 %).

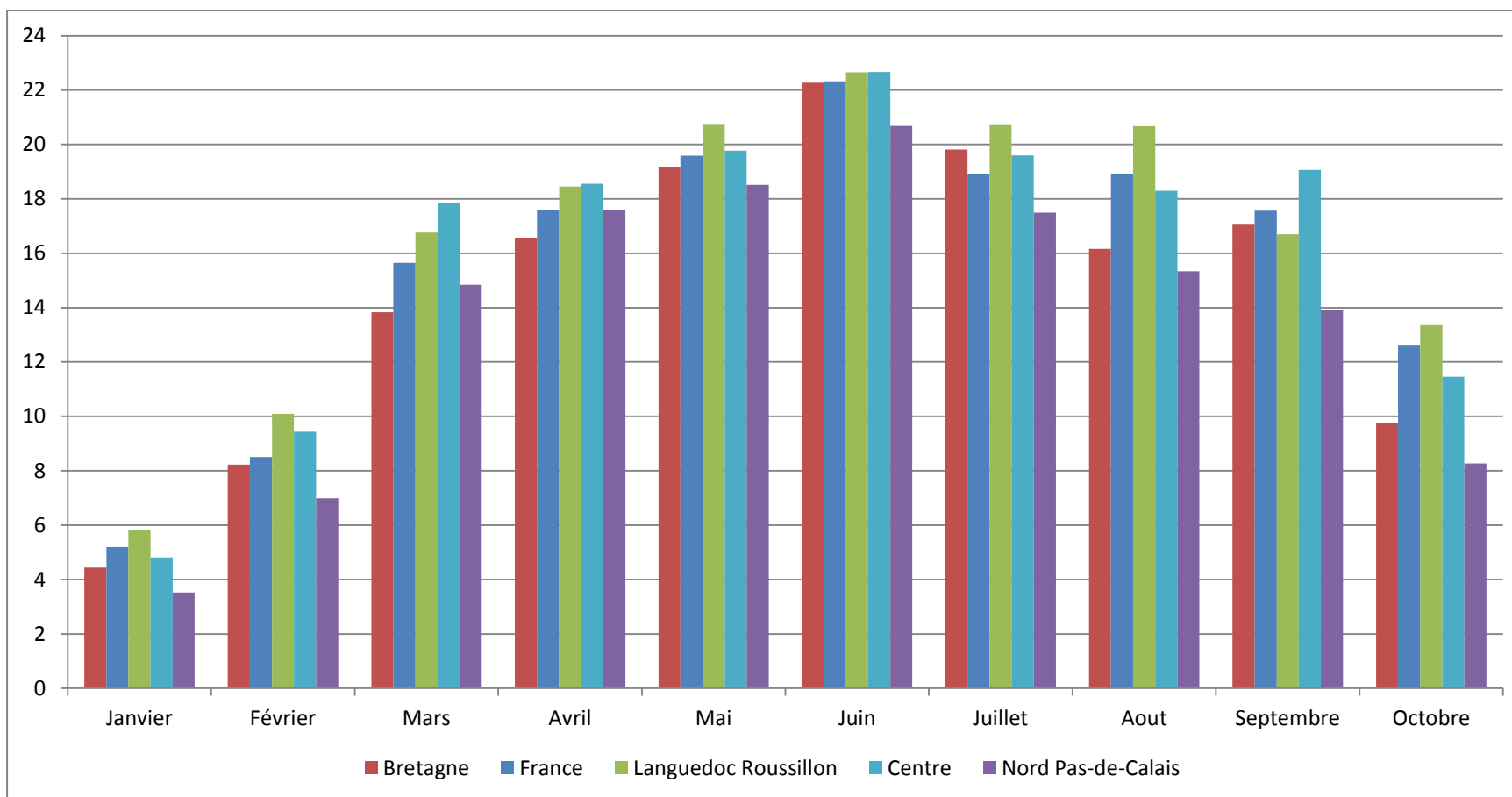


Fig.14 Bretagne Octobre 2014. Comparaison des efficacités solaires moyennes mensuelles de la Bretagne, de la France continentale et de trois régions françaises pour les dix premiers mois 2014. Pour le calcul de ces efficacités moyennes, on utilise des puissances installées extraites des « Tableaux de 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 à Octobre 2014. Assez naturellement, compte tenu de sa latitude intermédiaire, pour chacun des dix 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 14,8 % pour dix mois) que la moyenne du parc de la France continentale (moyenne de 15,7 % pour dix mois). Du point de vue solaire, sur les dix 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 dix premiers mois les performances moyennes des trois autres régions choisies pour la comparaison sont : Languedoc-Roussillon 16,6 %, Centre 16,2 %, Nord Pas-de-Calais 13,7 %.

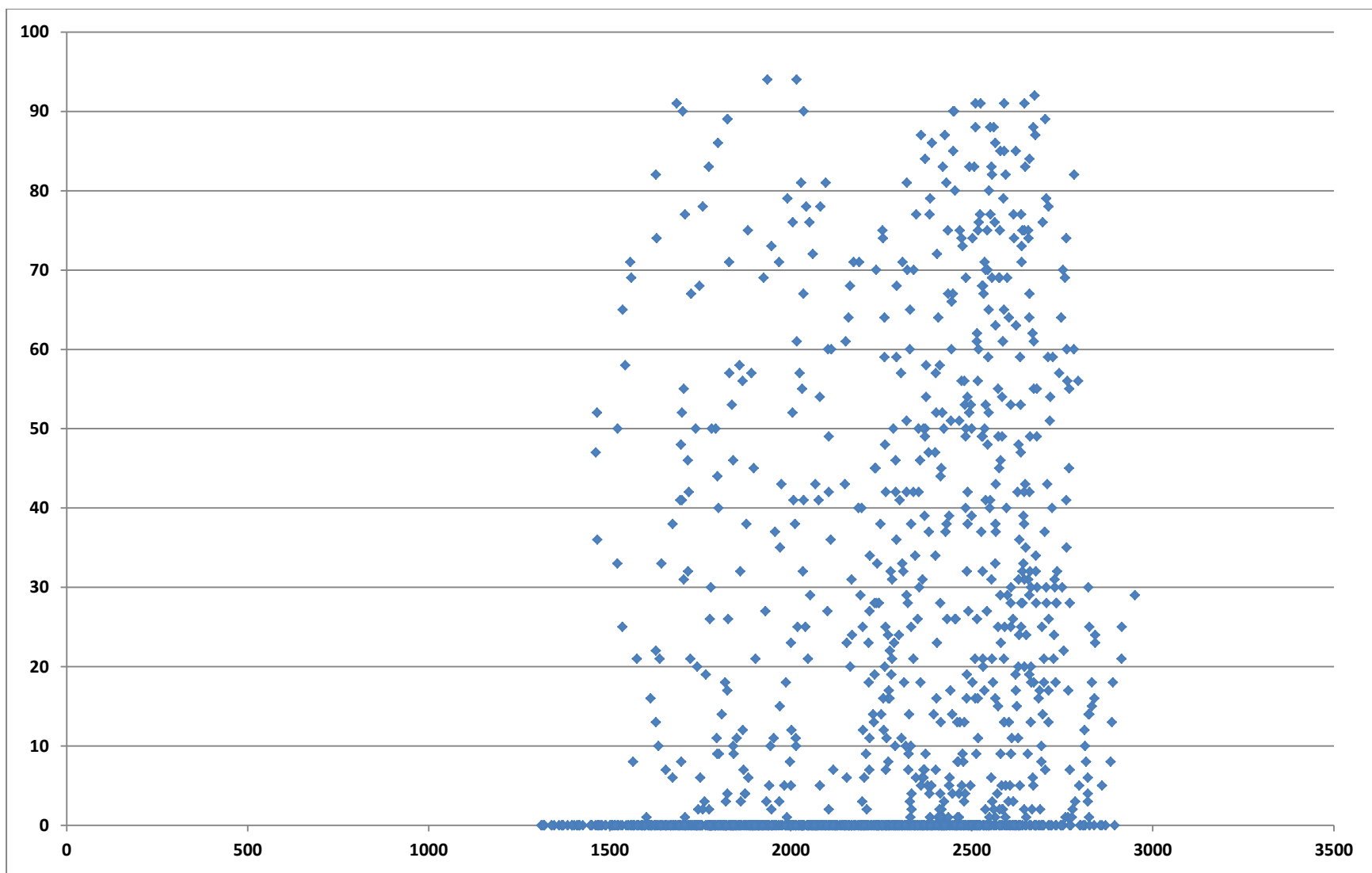


Fig.15 Bretagne Octobre 2014. Diagramme de corrélation entre la puissance photovoltaïque livrée (axe vertical unité MW) et la consommation au même instant (axe horizontal MW). Maintenant que l'effet diurne estival a disparu, on n'observe aucune corrélation comme on pouvait s'y attendre pour une énergie fatale.

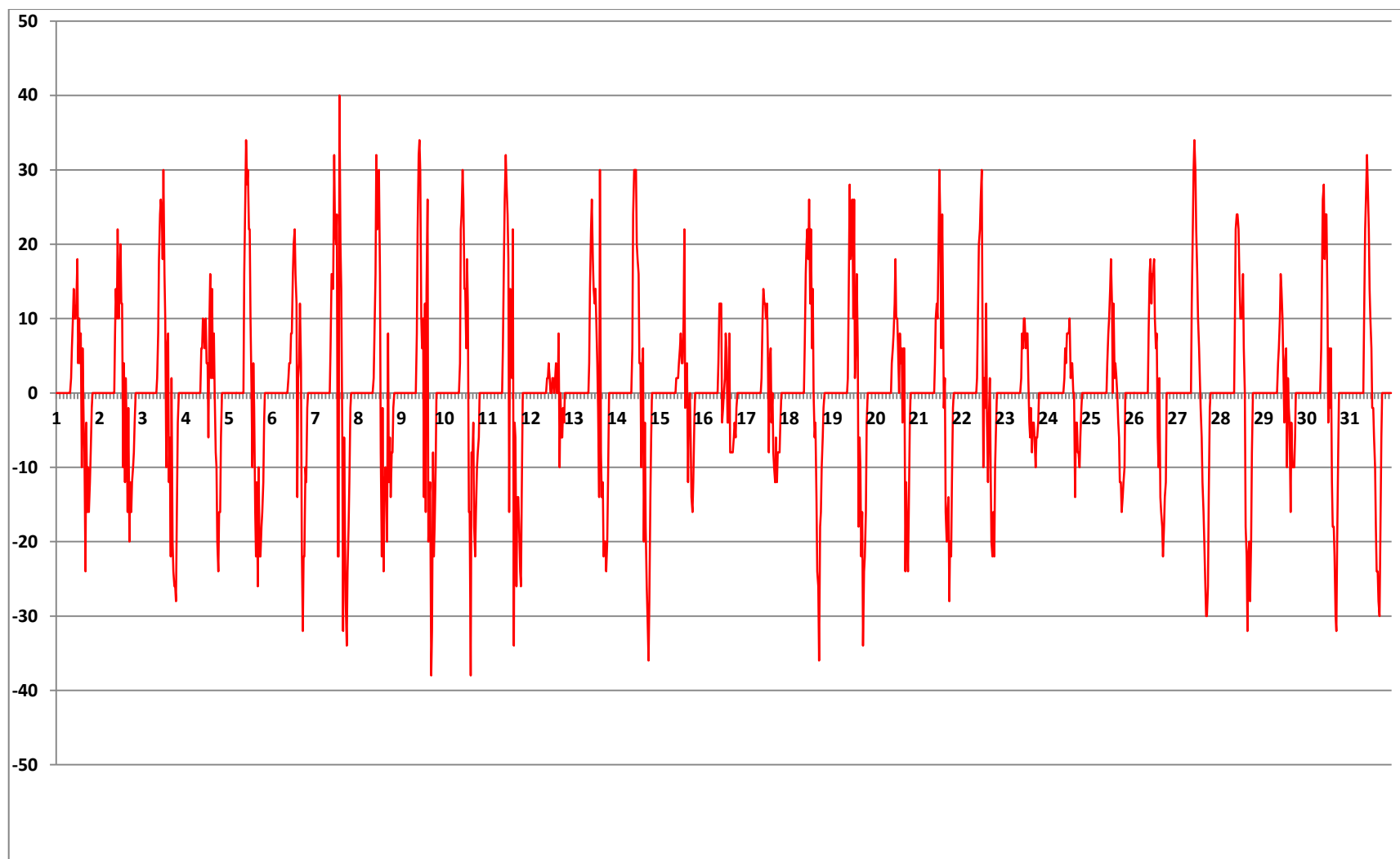


Fig.16 Gradient de puissance solaire (MW/h) Bretagne – Octobre 2014 Comme il se doit, les gradients sont en moyenne directement liés au pic de production solaire. Ils sont positifs le matin et négatifs l'après-midi. Leur amplitude est aussi en relation avec la hauteur du pic. Plus il y a de soleil, plus le parc photovoltaïque exerce de contrainte sur le réseau. Ainsi pour des pics atteignant à peine 90 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 ».

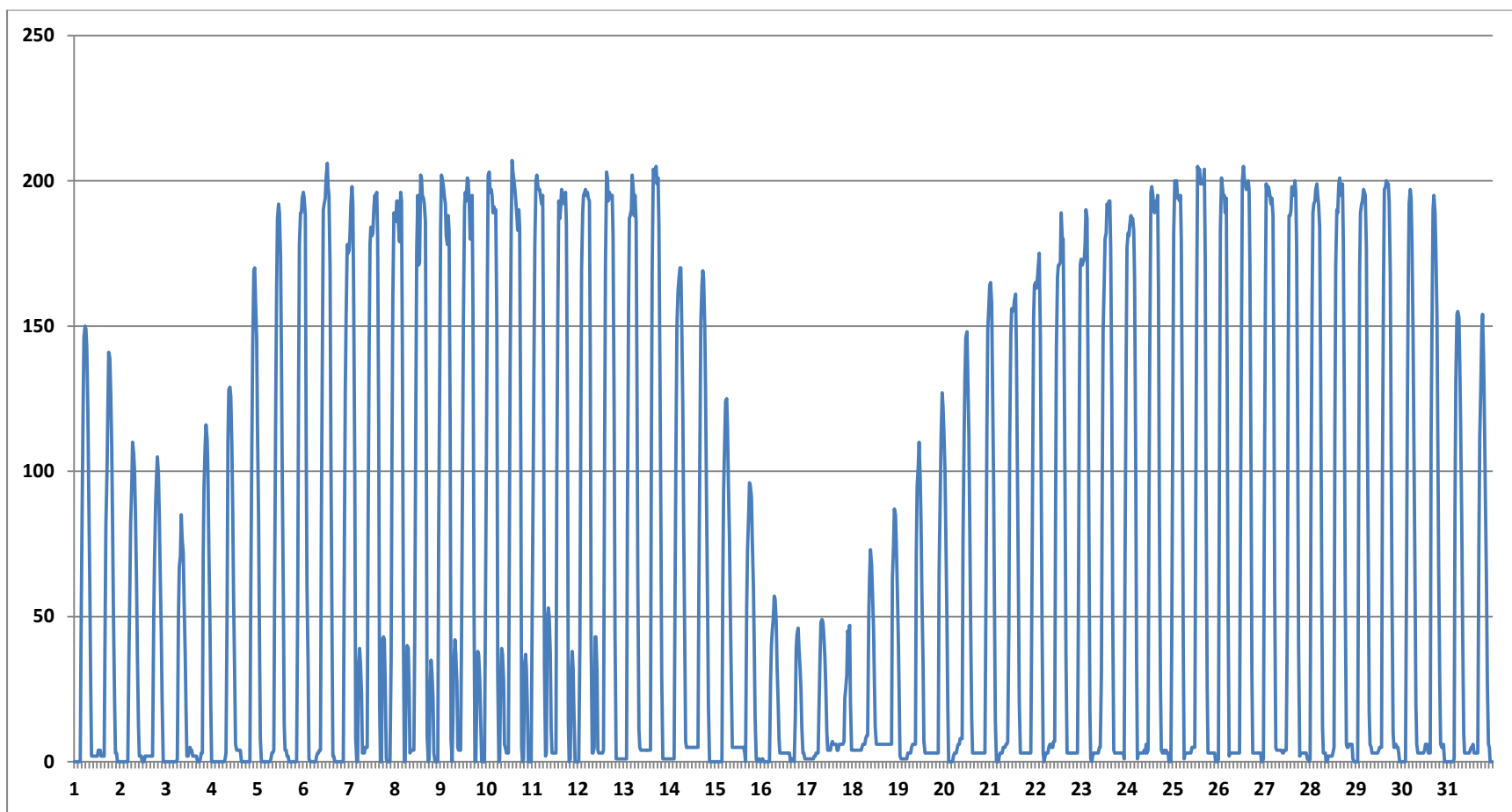


Fig.17 Production hydraulique, Puissance (MW) Bretagne – Octobre 2014. L'hydraulique breton lié au barrage de la Rance (puissance installée 238 MW) se distingue du reste de l'hydraulique français (de type « fil de l'eau » ou « éclusées »). C'est non seulement une énergie fatale (comme l'hydraulique de 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 46,1 GWh (année 2013, 39,5 GWh), alors que le pompage (une consommation de courant restituée pour partie ultérieurement et comptabilisée dans le total « hydraulique ») n'a concerné que 4,3 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 dans la première moitié du mois, correspondent à des périodes où il y a peu ou pas de stockage par pompage. On observe aussi, vers la fin du mois « 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 cette fin d'été. Pour ce mois, le facteur de charge de l'hydraulique breton est donc d'environ 22 %.

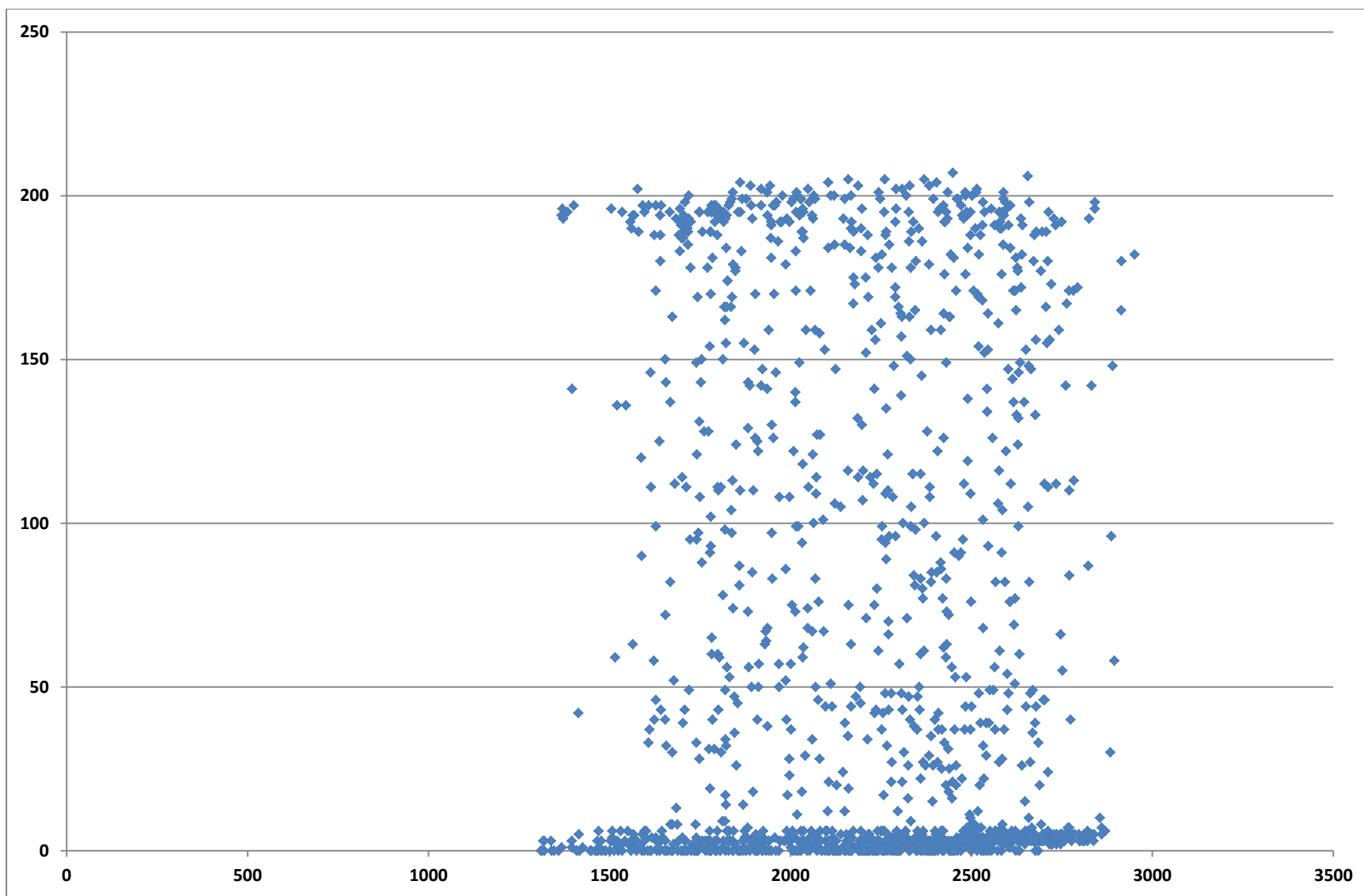


Fig.18 Bretagne Octobre 2014. Diagramme de corrélation entre la puissance hydraulique livrée (axe vertical unité MW) et la consommation au même instant (axe horizontal MW). Compte tenu de ce que sur une période de l'ordre du mois, il ne peut pas y avoir de corrélation entre les marées et les besoins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

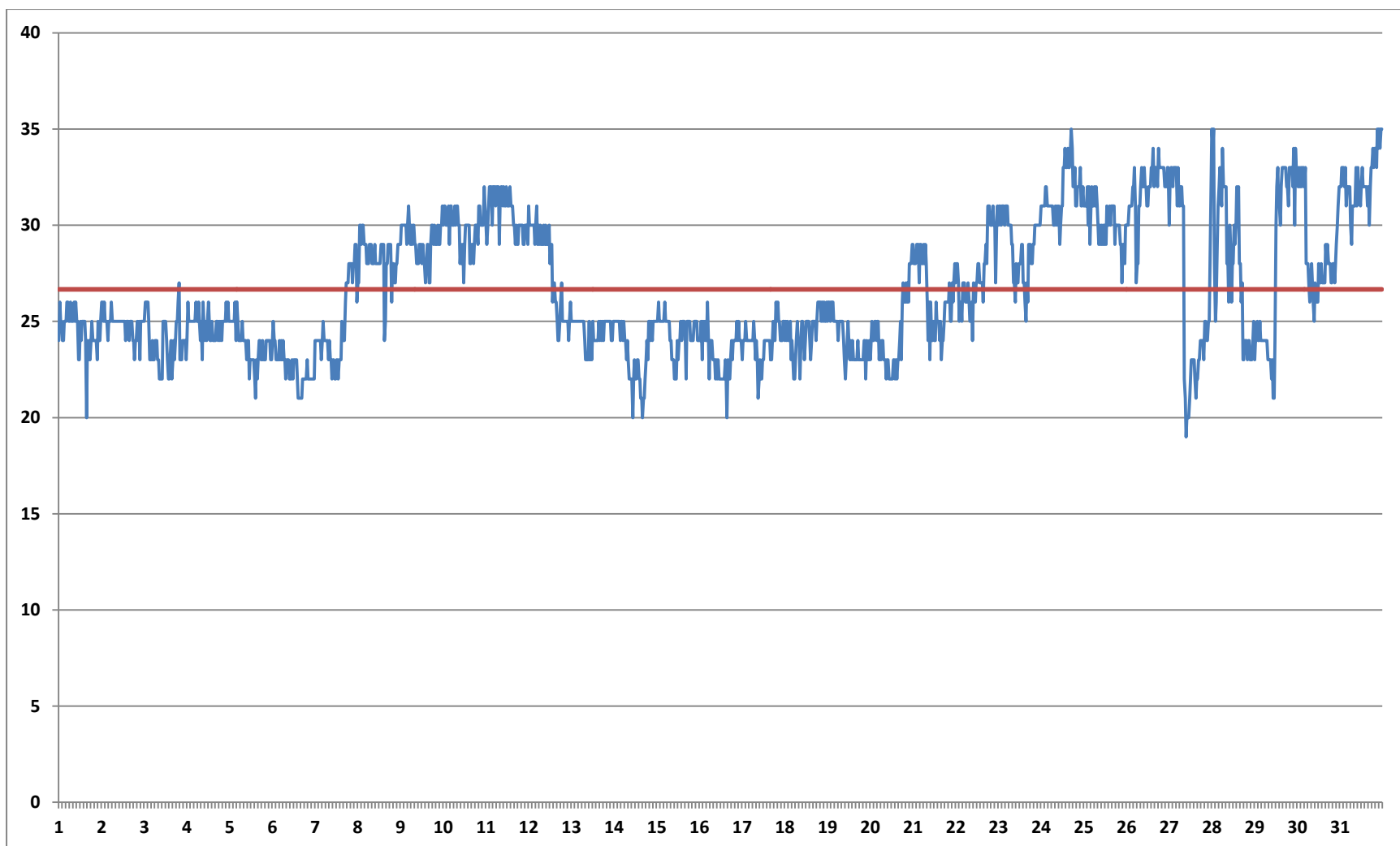


Fig.19 Production ENR thermique, Puissance (MW) Bretagne – Octobre 2014. Cette production ayant pour origine la combustion de la biomasse et de déchets (puissance installée 51,2 MW, données ERdF) seule ou en cogénération fonctionne comme une énergie de base quasi-constante autour de sa valeur moyenne 26,7 MW (année 2013 25,2 MW). Sur ce mois, le taux de couverture moyen correspondant est de 1,25 % (année 2013, 1,18 %) (variant de 0,7 % à 2,2 %). Une contribution aussi faible ne peut bien sûr pas être utilisée pour la stabilisation du réseau.

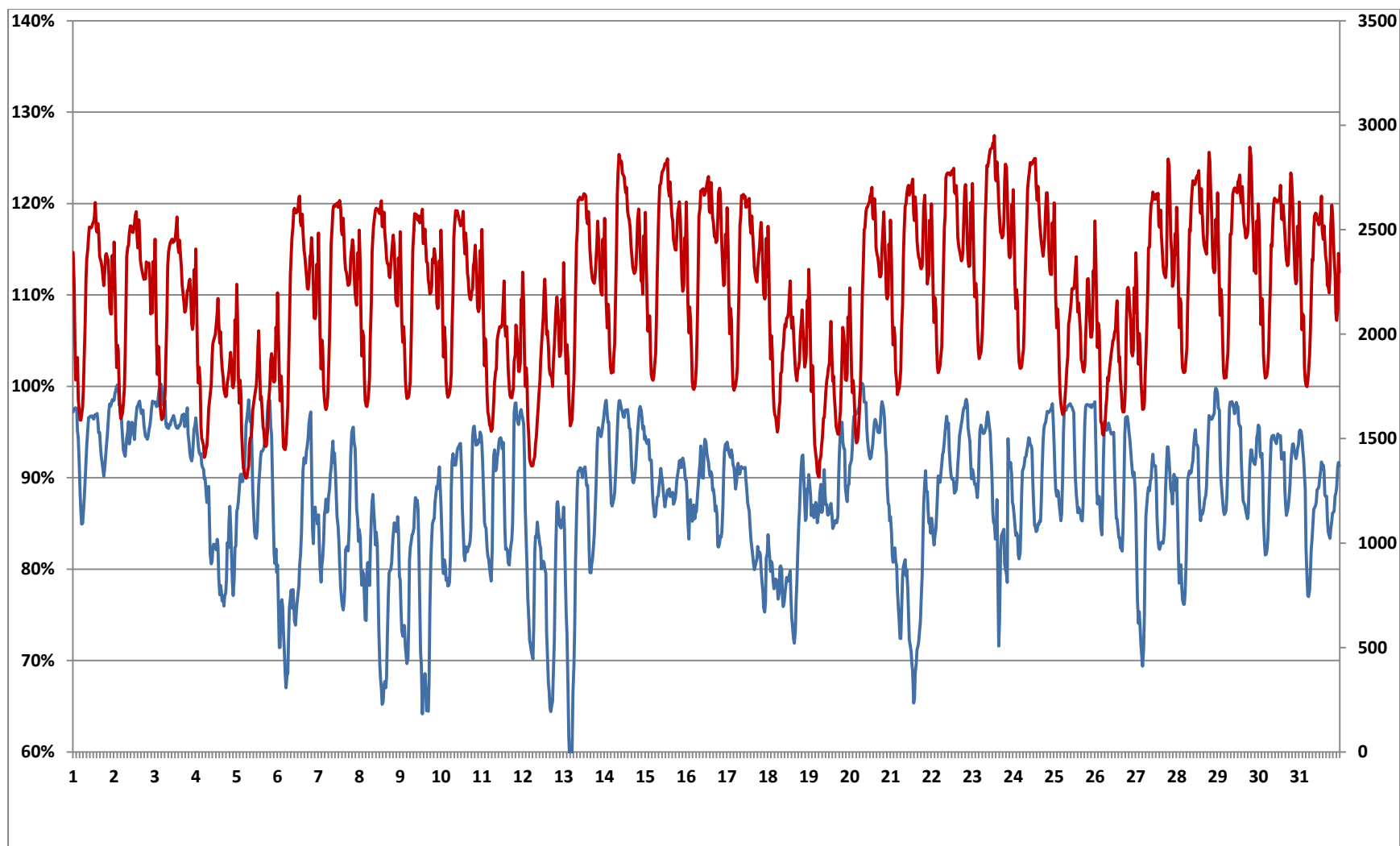


Fig.20 Importation électrique, Taux de couverture (%) Bretagne – Octobre 2014. La courbe rouge (échelle de droite en MW) montre l'évolution de la consommation. En moyenne sur le mois, le taux de couverture (rapport de cette puissance importée à la puissance consommée par la région au même instant) est de 87,9 % (année 2013, 87,2 %). A son maximum il atteint 100,4 % (année 2013, 100,5 %) le 20 du mois à 7h00. 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 57,4 % (année 2013, 56,9 %). Il a lieu le 13 du mois à 4h en cette nuit de dimanche à lundi où le taux de couverture éolien dépasse les 30 %.

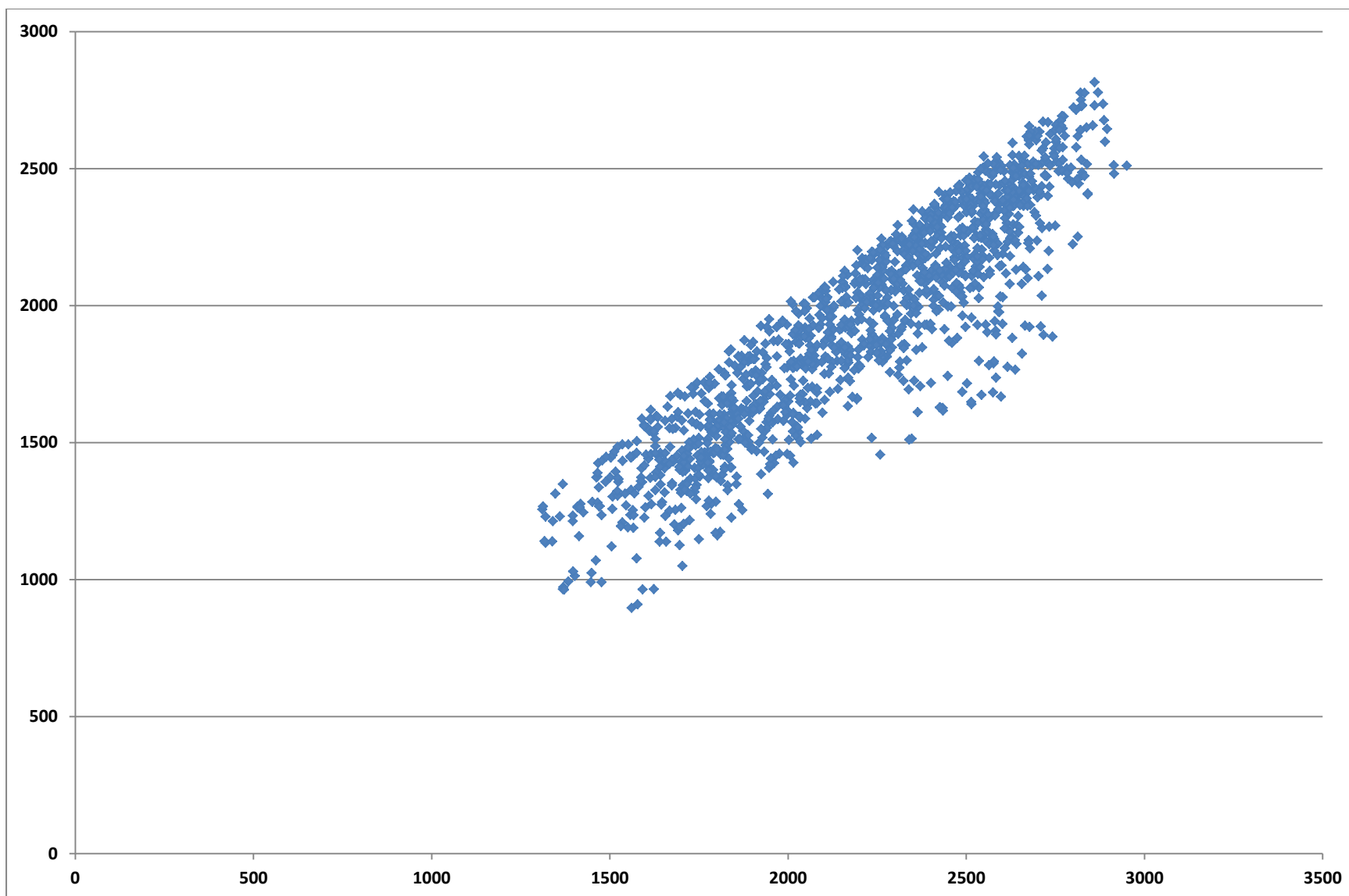


Fig.21 Bretagne Octobre 2014. Diagramme de corrélation entre la puissance importée (axe vertical unité MW) et la consommation au même instant (axe horizontal MW). Comme la dépendance de la région des productions importées des régions limitrophes et au-delà avoisine les 90 %, la corrélation est quasi-parfaite, ainsi qu'on pouvait s'y attendre.

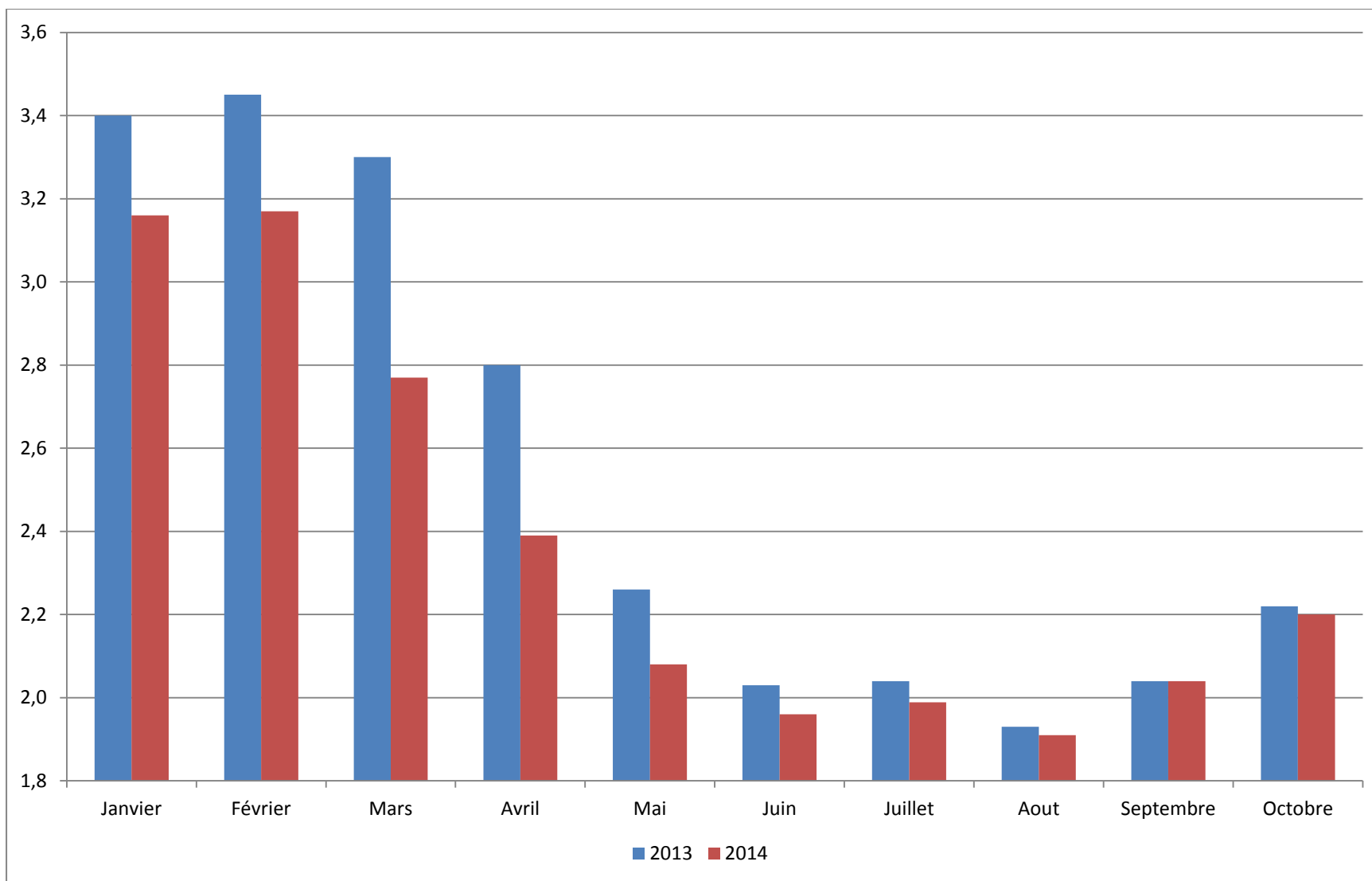


Fig.22 Bretagne Octobre 2014. Comparaison des puissances (GW) moyennes mensuelles consommées des années pour les dix premiers mois des années 2013 et 2014. Pour chaque mois la consommation bretonne 2014 a été systématiquement inférieure à celle de 2013 (égale en Octobre seulement). Sur les dix premiers mois de 2013, la région a consommé une moyenne de puissance de 2,54 GW. La valeur correspondante pour 2014 est de 180 MW inférieure (2,36 GW).