

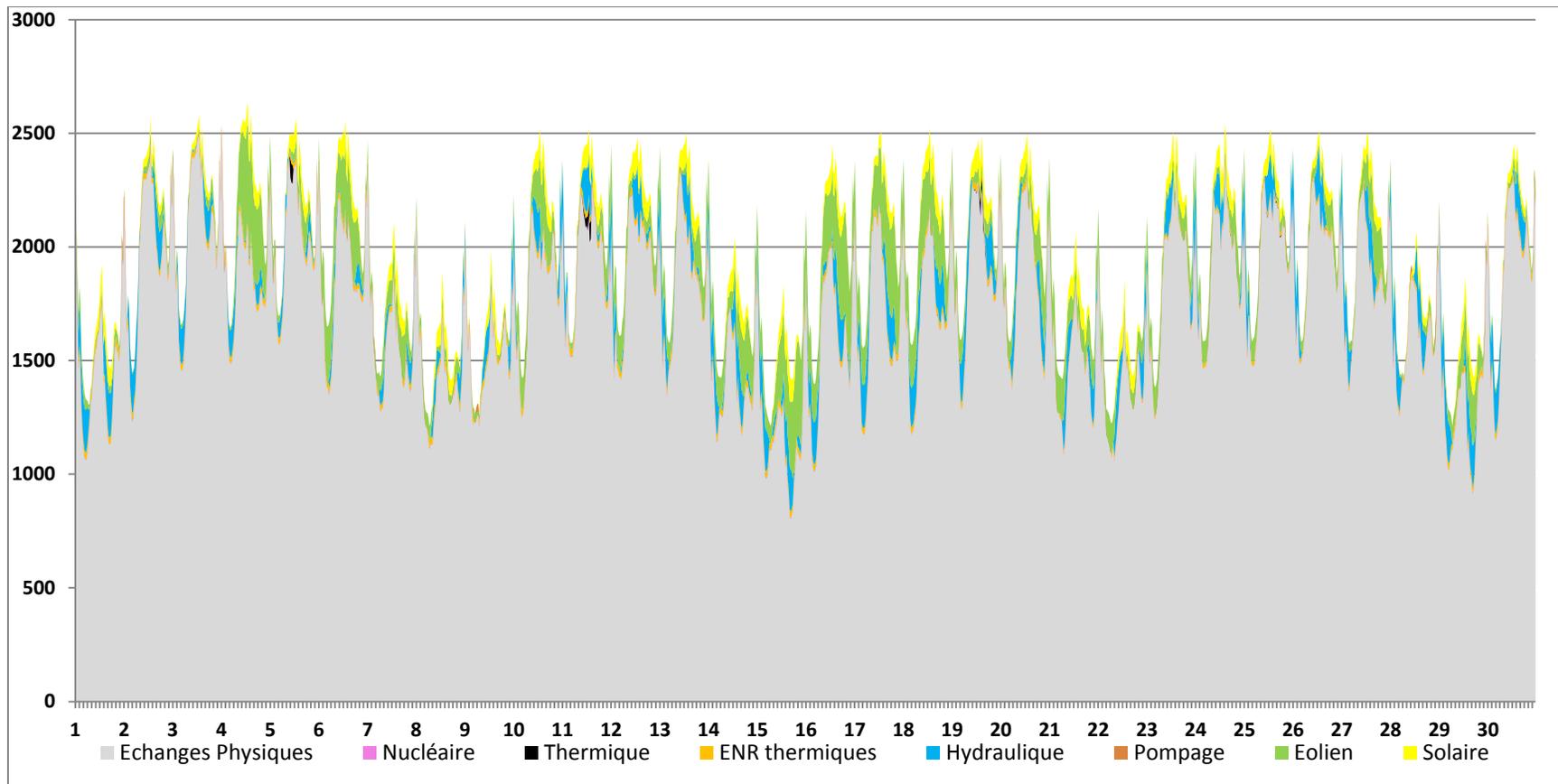
**Analyse graphique des données du site eCO2mix (RTE)  
pour la région Bretagne  
Juin 2014**

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

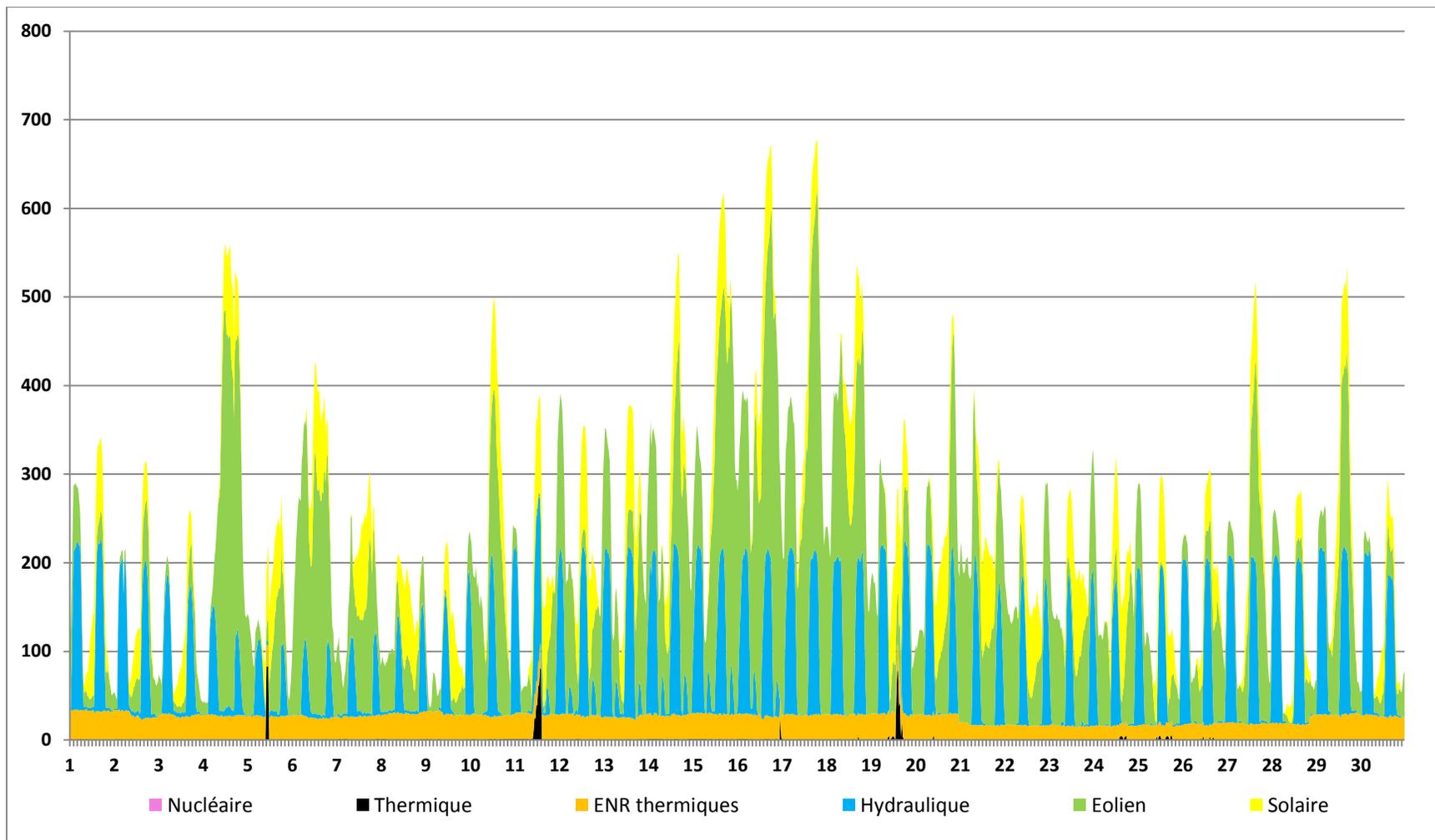
**Ces figures sont libres d'usage à condition d'en citer l'origine comme suit :  
données « eCO2mix/RTE », analyse « Sauvons le Climat ».**

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

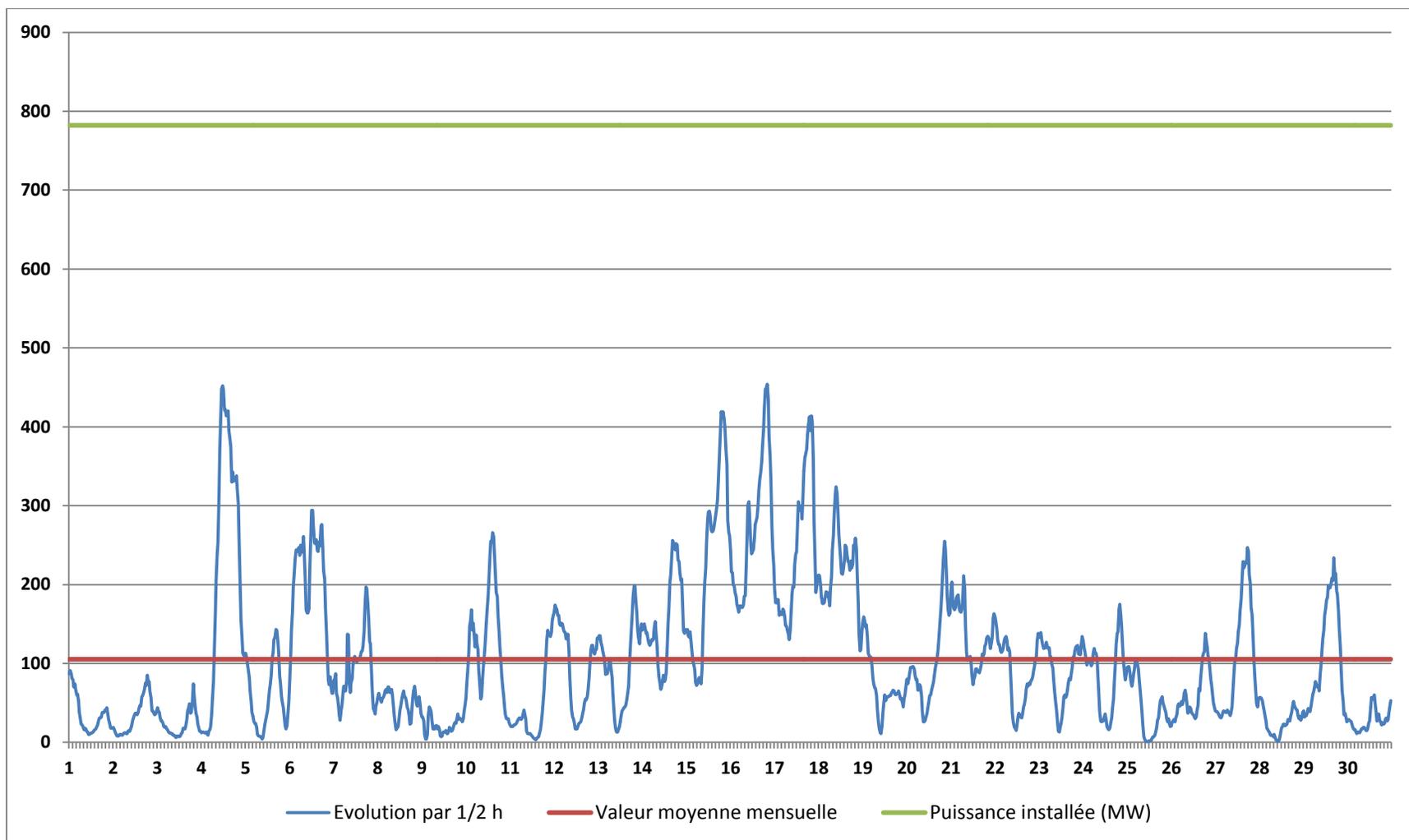
**<http://www.sauvonsleclimat.org/donneestechniqueshtml/analyse-graphique-des-donnees-du-site-eco2mix-rte-sur-la-production-francaise-delectricite/35-fparticles/1177-analyse-graphique-des-donnees-du-site-eco2mix-rte-sur-la-production-francaise-delectricite.html>**



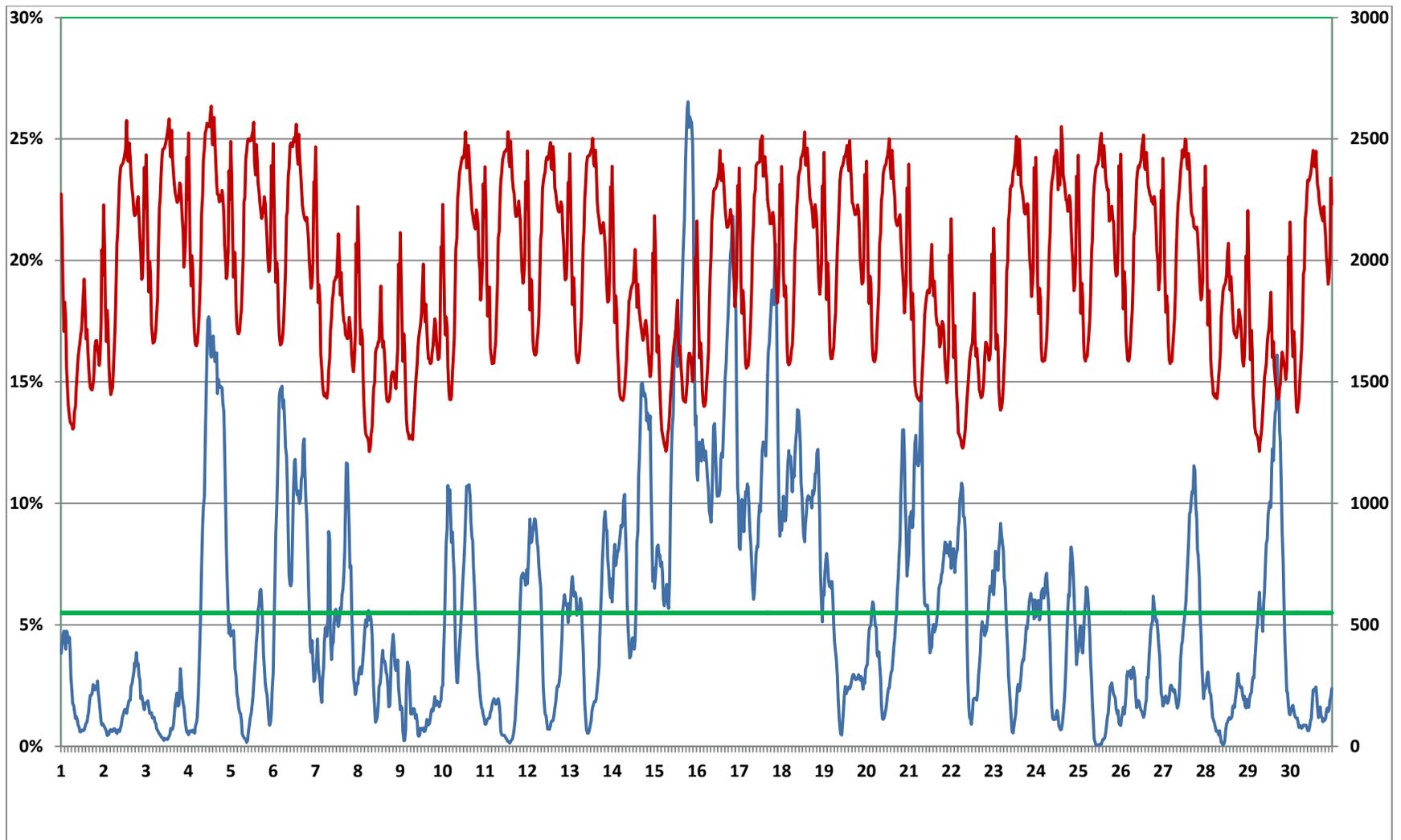
**Fig.1 Consommation – production Bretagne Juin 2014 (MW).** La puissance consommée moyenne du mois a été de 1,96 GW (année 2013, 2,03 GW) entre un maximum de 2,64 GW (année 2013, 2,7 GW) le 4 à 13h00 (un mercredi) et un minimum de 1,21 GW (année 2013, 1,25 GW) le 8 à 6h30 (un dimanche). La consommation est couverte à 88,5 % (année 2013, 87,7 %) 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. Les importations (zone grise) oscillent entre 1 et 2,3 GW tout au long du mois. En Basse Normandie, la centrale de Flamanville a fonctionné à sa puissance nominale de 2,5 GW pendant la première semaine de Juin avec une capacité d'exportation de l'ordre de 1,5 GW. Puis du 7 au 21 juin, avec l'arrêt d'un réacteur, la puissance nucléaire moyenne s'est abaissée à 1,25 GW et la capacité d'exportation a été réduite à environ 500MW. Le 21 juin, la centrale a été mise à l'arrêt de sorte que la Basse Normandie est devenue importatrice d'électricité. La région Pays-de-Loire a importé du courant 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 montre qu'il y a bien eu de tels flux entrants d'origine lointaine presque à chaque instant.



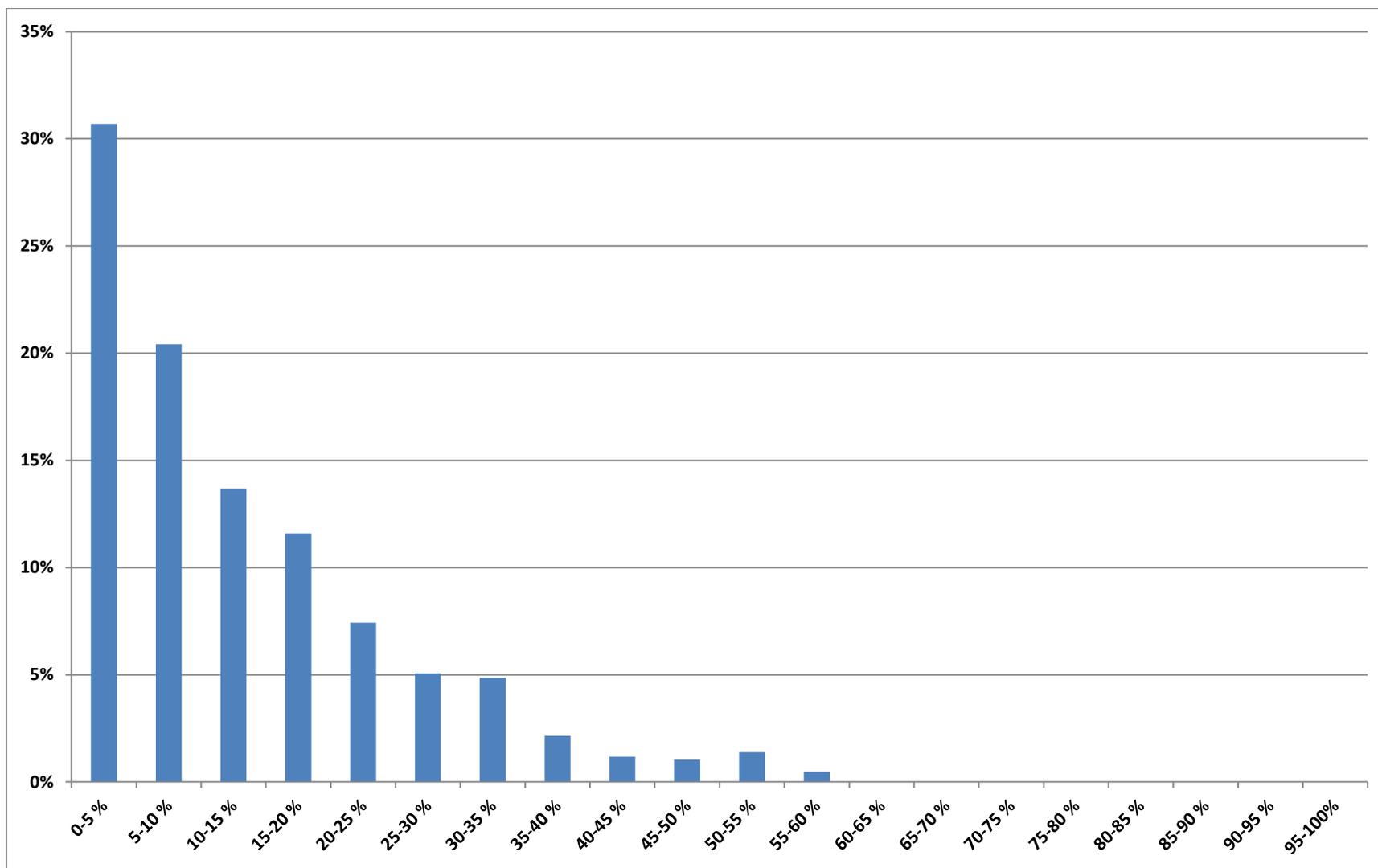
**Fig.2 Production électrique de la Bretagne Juin 2014 (MW).** Ce mois-ci, l'ensemble de ces productions compte pour environ 11,5 % de la consommation locale (année 2013, 12,5%). En GWh la production totale a été de 75,8 (année 2013, 101,2) pour l'éolien, 43,4 (année 2013, 42,1) pour l'hydraulique, 18,2 (année 2013, 14) pour les ENR thermiques et de 25,1 (année 2013, 18,8) pour le solaire (consommation totale 1408,1 GWh – année 2013, 1463,8 GWh). A l'exception des ENR Thermiques dont la production est quasi-constante et de la faible contribution thermique (0,7 GWh – année 2013, 1,5 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 est arrêté ce mois. Tout comme l'ENR thermique qui fonctionne en base, il ne participe pas à la gestion de régulation du réseau.



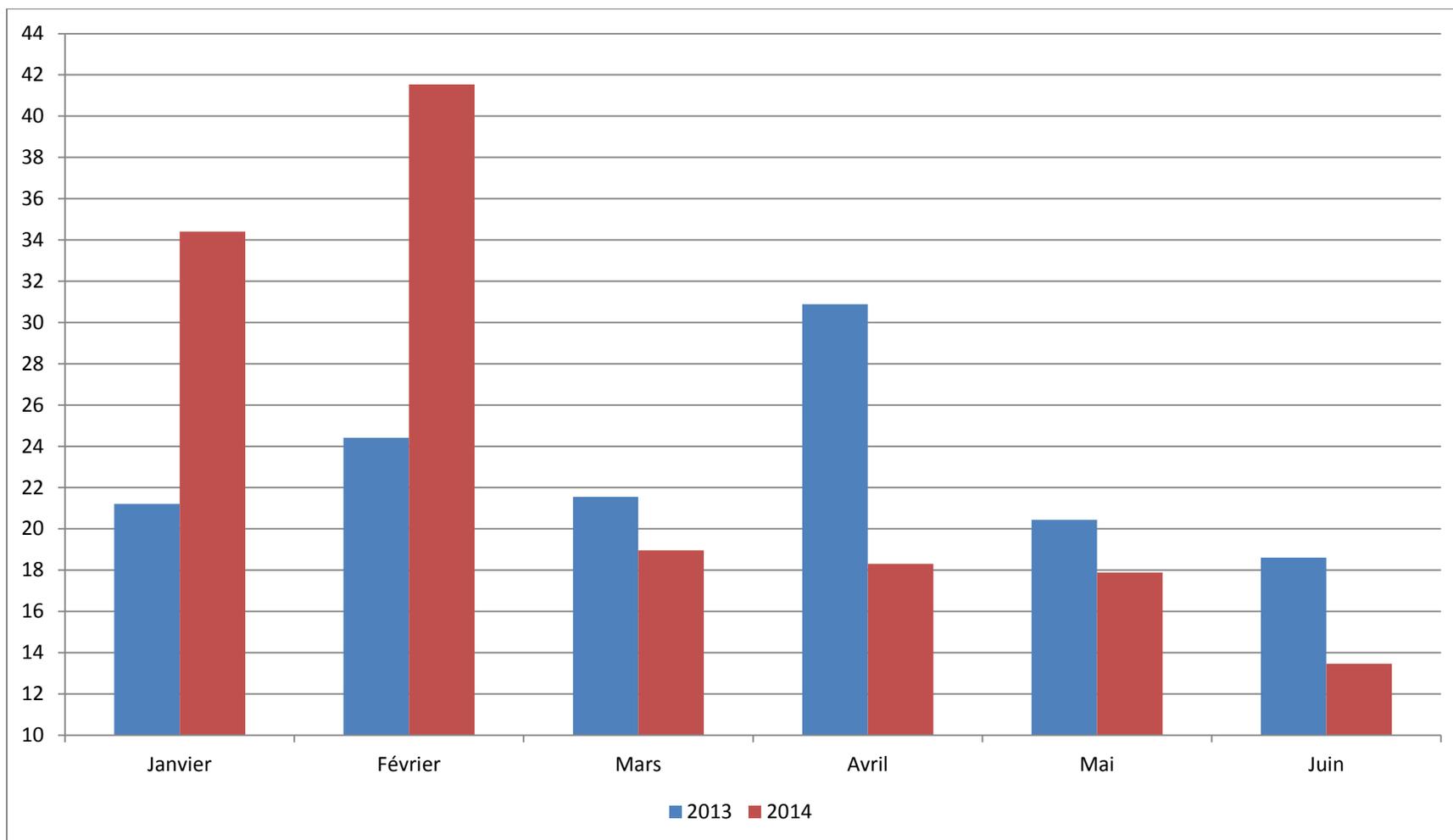
**Fig.3 Production éolienne, Puissance (MW) Bretagne – Juin 2014.** En nous basant sur les données des 31/12/2013, et 31/03/2014 des « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » du ministère, par extrapolation, nous avons estimé la puissance éolienne régionale installée à 782 MW (année 2013, 755 MW). La puissance moyenne livrée au réseau sur le mois a été de 105,3 MW (année 2013, 140,5) soit une efficacité moyenne de 13,5 % (année 2013, 18,6 %). Le maximum de production a été de 454 MW (année 2013, 511 MW) pour une efficacité 58,1 % (année 2013, 67,7 %) le 16 à 20h00 (un lundi). Plusieurs fois dans le mois, la production a été quasi-nulle. Elle est tombée à 1MW le 25 à 10h00 (un mercredi). Le rythme journalier typique de la saison chaude avec une remontée de production vespérale (19h-20h) s'installe.



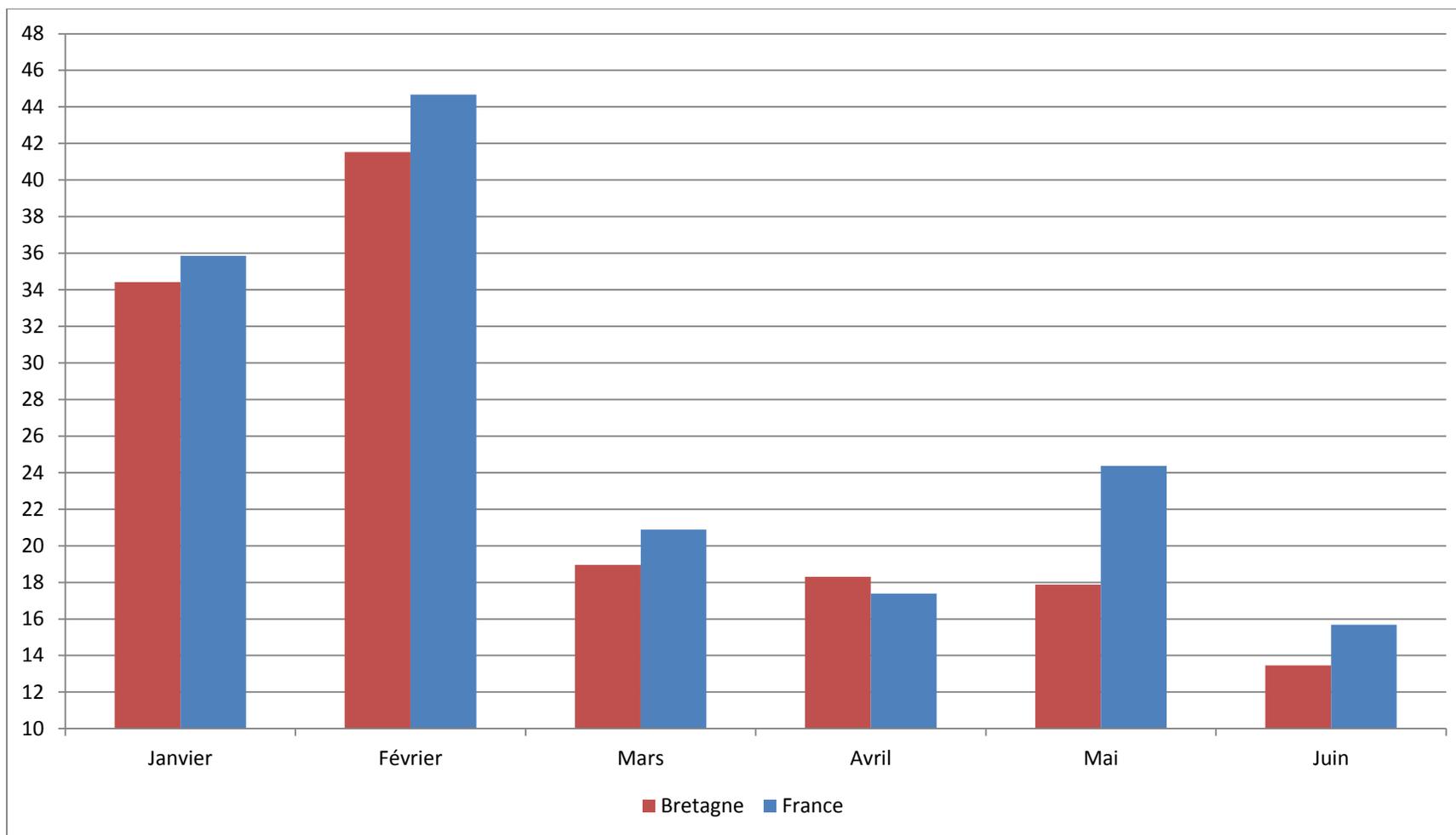
**Fig.4 Production éolienne, Taux de couverture (%) Bretagne – Juin 2014.** La courbe rouge (échelle de droite en MW) montre l'évolution de la consommation. En moyenne, le taux de couverture (rapport de la puissance livrée à la puissance consommée au même instant) de l'éolien est de 5,5 % (année 2013, 7,3 %). Le taux de couverture est donc plus faible en dépit d'une baisse de 9,6 % de la consommation électrique bretonne et d'une augmentation de 4 % de la puissance installée d'une année sur l'autre. Il atteint son maximum de 29,1 % (année 2013, 29,1 %) le 15 à 19h00 (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 0,04 % le 25 à 11h30 (un mercredi).



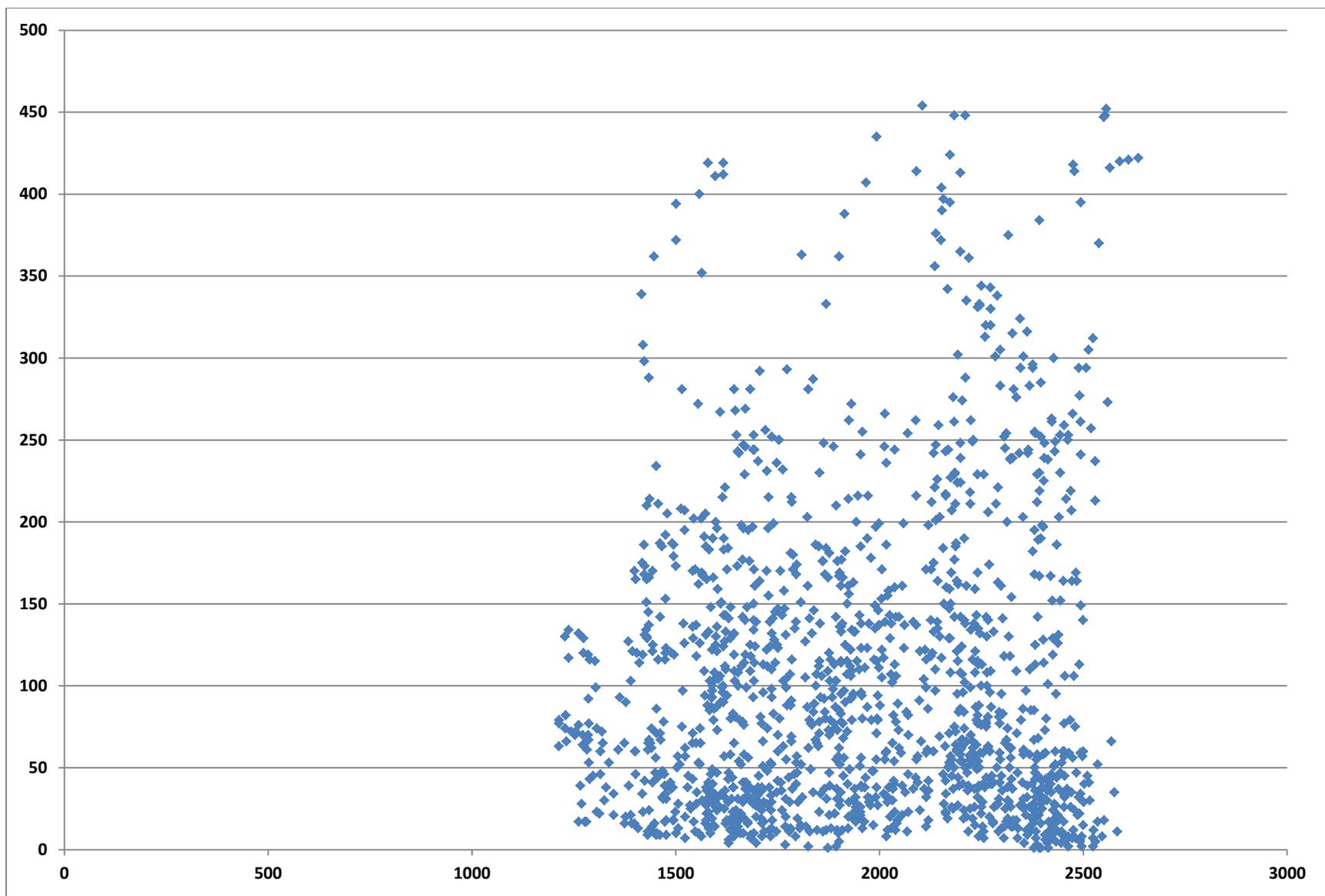
**Fig.5 Bretagne Juin 2014. Pourcentage du temps en fonction de la puissance éolienne livrée (abscisses : intervalles de puissance mesurés en pourcentage de la puissance installée : 782 MW).** Cette distribution décroissante est caractéristique d'une zone géographique de petite dimension au regard des zones météo comme la Bretagne (pas ou peu de foisonnement). Le mois a été peu productif (efficacité moyenne 13,5 % - année 2013, 18,6 %) avec une période de bonne production (quand l'efficacité a atteint 58,1 %). La puissance livrée n'a dépassé 50 % de la puissance moyenne installée que pendant 1,9 % (année 2013, 6,2 %) du temps. Elle a été inférieure à 15 % de la puissance installée pendant 64,8 % (année 2013, 51,2 %) du temps.



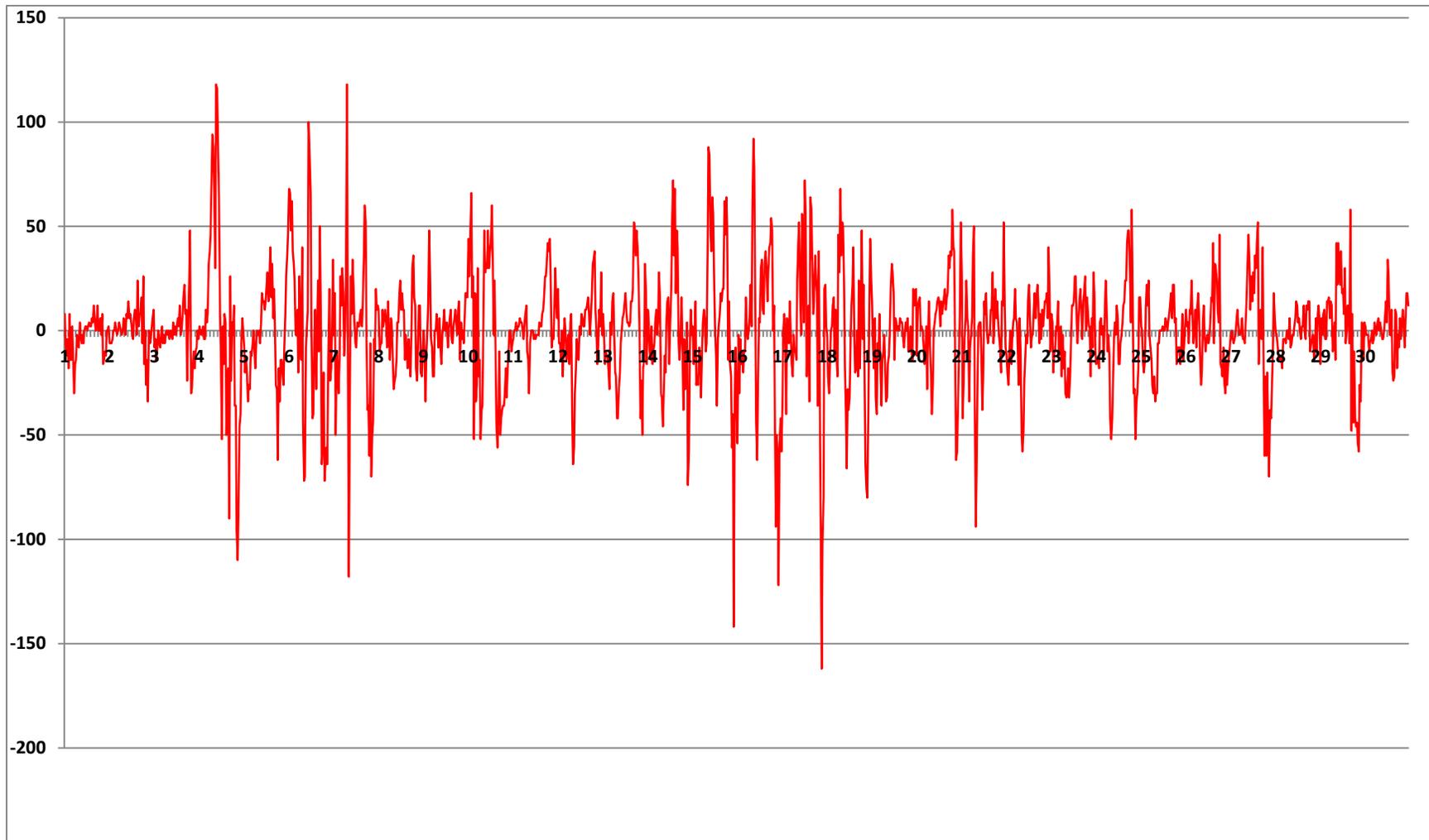
**Fig.6 Bretagne Juin 2014. Comparaison des efficacités éoliennes moyennes mensuelles des six premiers mois des années 2013 et 2014.** Pour le calcul de ces efficacités moyennes, on utilise des puissances installées extraites des « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » publiés chaque trimestre par le ministère (dernière parution 31/03/2014). Les valeurs mensuelles sont obtenues par interpolation pour la période du 1/1/2013 au 31/3/2014, et par extrapolation linéaire pour les mois d'Avril, Mai et Juin 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) est compensée par la productivité réduite des quatre mois suivants, de sorte que la moyenne de productivité des six premiers mois de 2014 (23,89 %) n'excède que d'un point celle des six premiers mois 2013 (22,80 %).



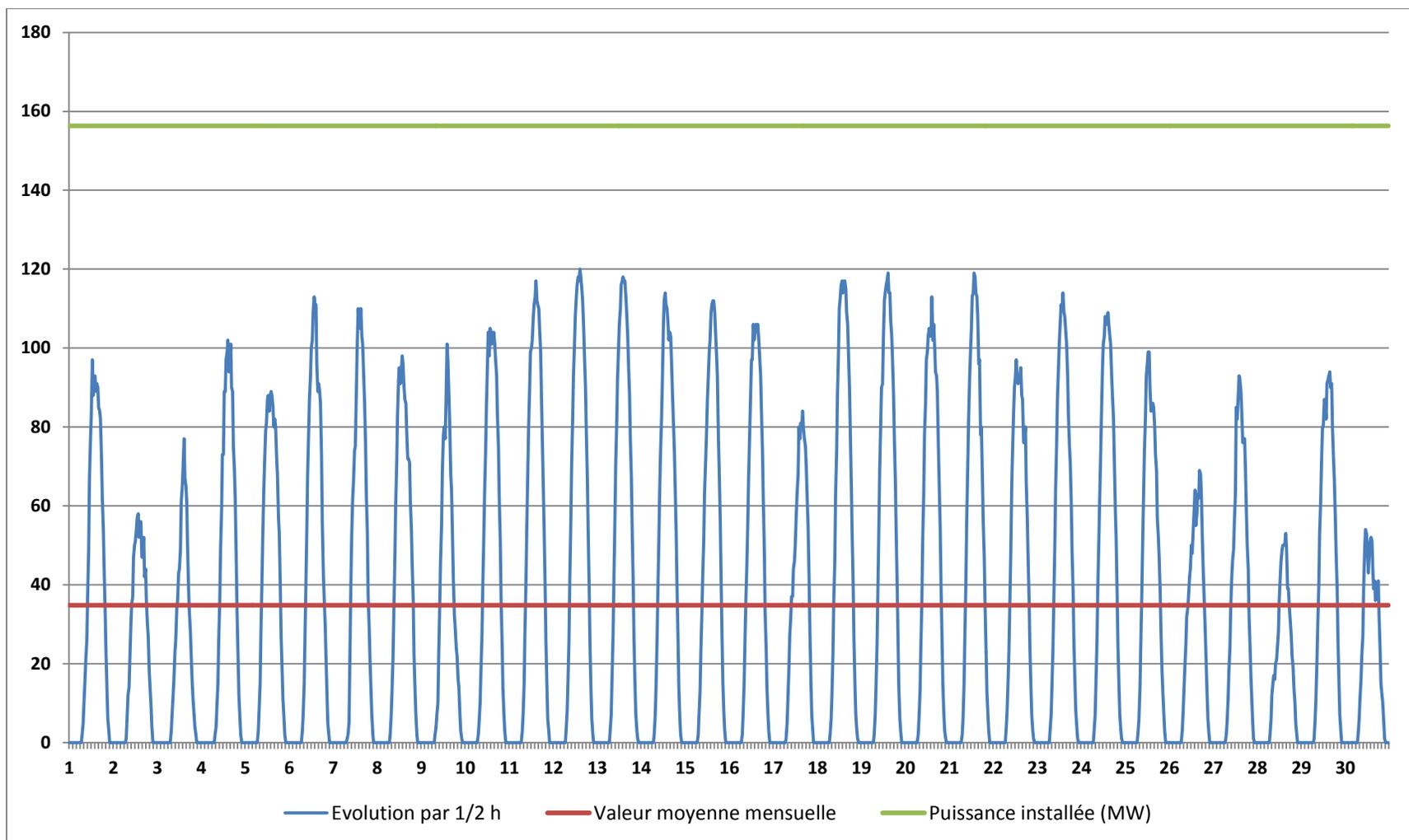
**Fig.7 Bretagne Juin 2014. Comparaison des efficacités éoliennes moyennes mensuelles de la Bretagne et de la France continentale pour les six premiers mois 2014.** Pour le calcul de ces efficacités moyennes, on utilise des puissances installées extraites des « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » publiés chaque trimestre par le ministère (dernière parution 31/03/2014). Les valeurs mensuelles sont obtenues par interpolation pour la période du 1/1/2013 au 31/3/2014, et par extrapolation linéaire pour les mois d'Avril, Mai et Juin 2014. De façon un peu surprenante, compte tenu des ambitions éoliennes affirmées de la région, pour cinq des six 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 23,9 % pour six mois) qu'un MW de l'ensemble du parc de la France continentale (moyenne de 26,3 % pour six mois). Notons que les données 2013 montraient déjà un déficit d'efficacité éolienne de la Bretagne par rapport à la France dans son ensemble.



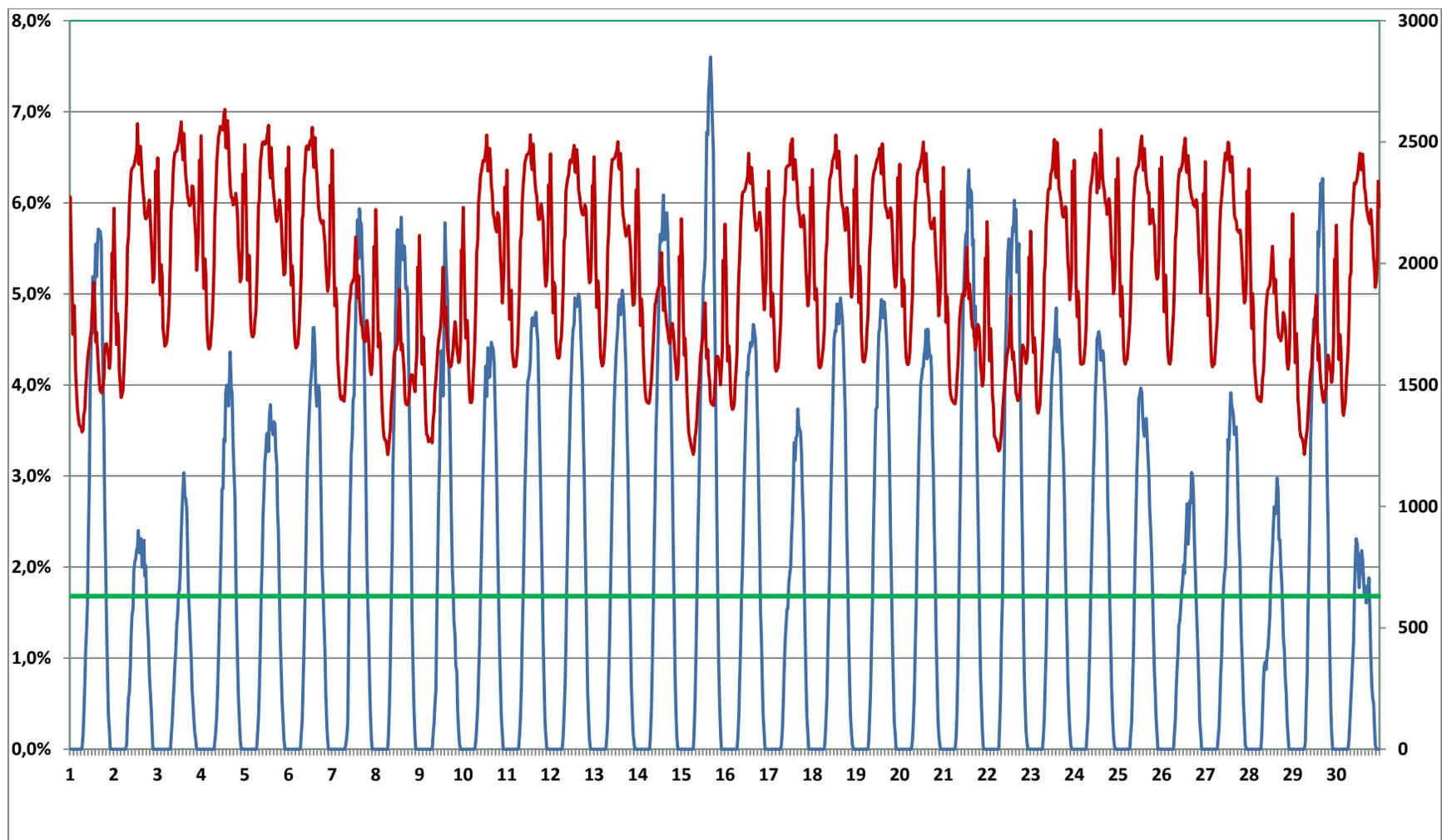
**Fig.8 Bretagne Juin 2014. Diagramme de corrélation entre la puissance éolienne livrée (axe vertical unité MW) et la consommation au même instant (axe horizontal MW). On n'observe aucune corrélation, comme on pouvait s'y attendre pour une énergie fatale.**



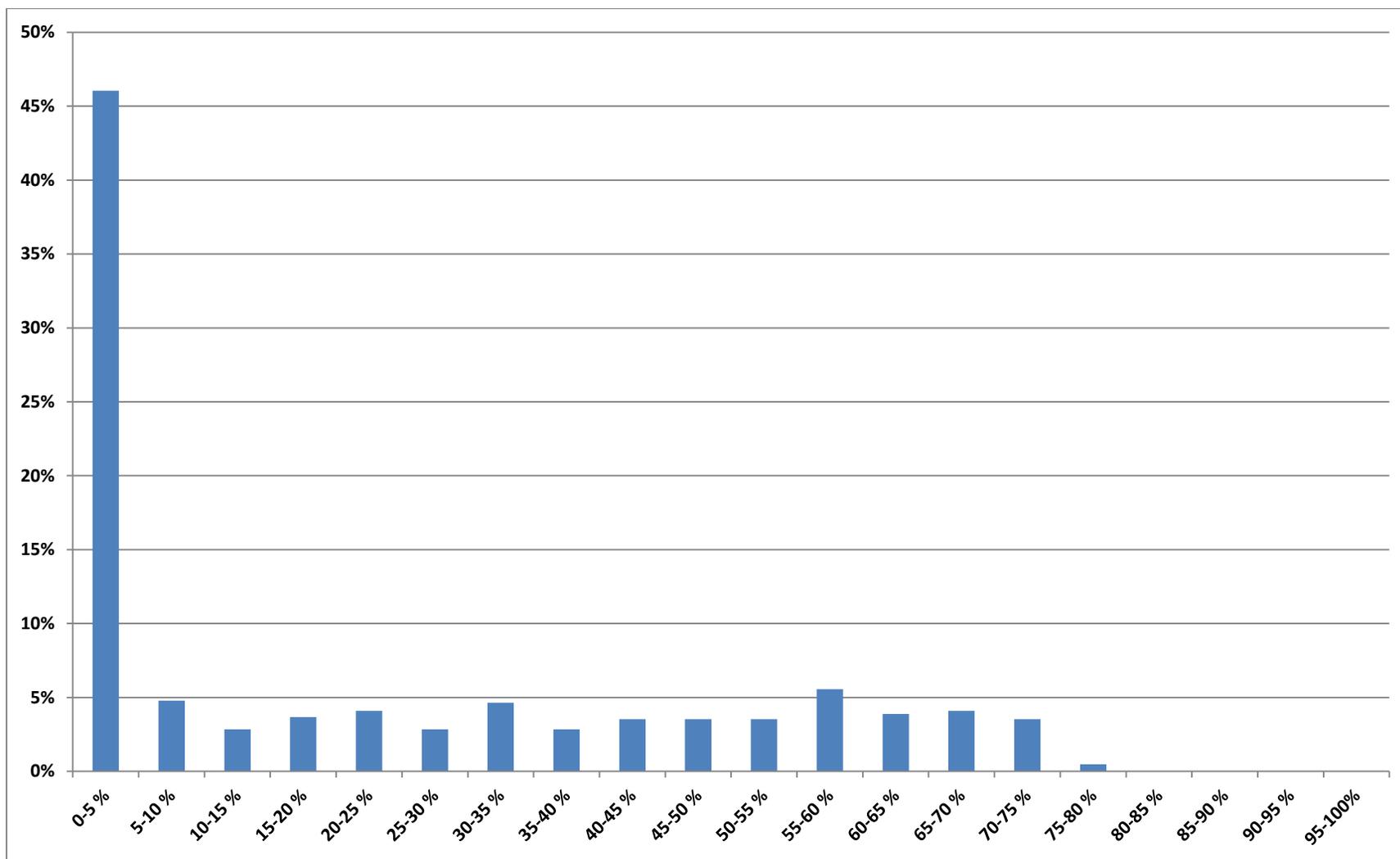
**Fig.9 Gradient de puissance éolienne (MW/h) Bretagne – Juin 2014.** En ce mois peu venté, où la puissance éolienne livrée a rarement atteint 400 MW le réseau (en fait l'importation de puissance) a dû néanmoins gérer des gradients de puissance approchant 100 MW/h aussi bien en positif qu'en négatif.



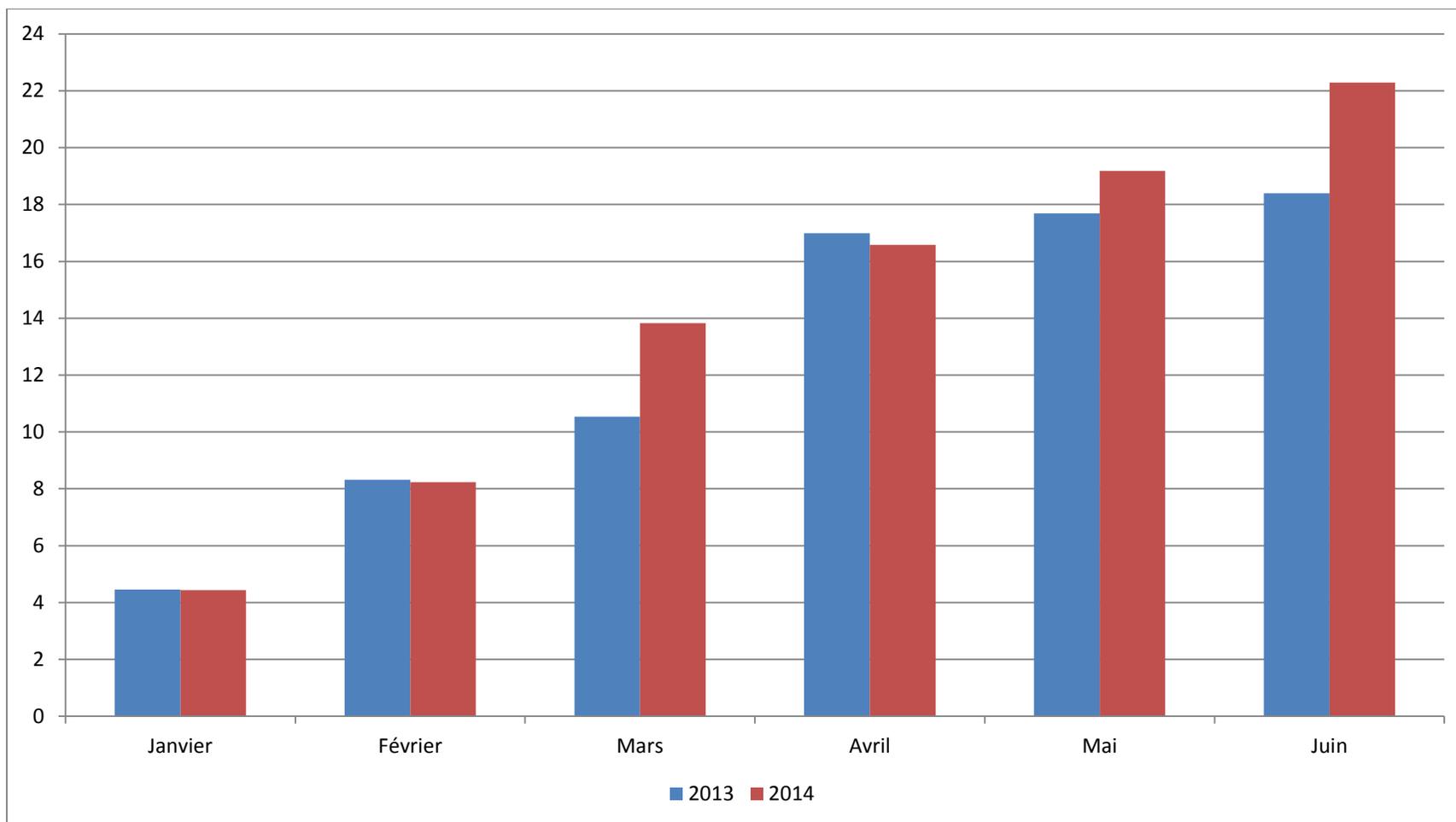
**Fig.10 Production photovoltaïque, Puissance (MW) Bretagne – Juin 2014.** En nous basant sur les données des 31/12/2013 et 31/03/2014 des « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » du ministère, par extrapolation, nous avons estimé la puissance solaire régionale installée à 156,3 MW (année 2013, 142,2 MW). La puissance moyenne livrée au réseau sur le mois a été de 34,8 MW (année 2013, 26,1 MW) soit une efficacité moyenne de 22,3 % (année 2013, 18,4 %). Le maximum de production a été de 120 MW (année 2013, 117 MW) pour une efficacité de 76,8 % (année 2013, 82,3 %) le 12 à 14h30 (un jeudi). Les hauteurs des maxima qui, ce mois, ont parfois varié d'un facteur presque deux d'un jour à l'autre 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).



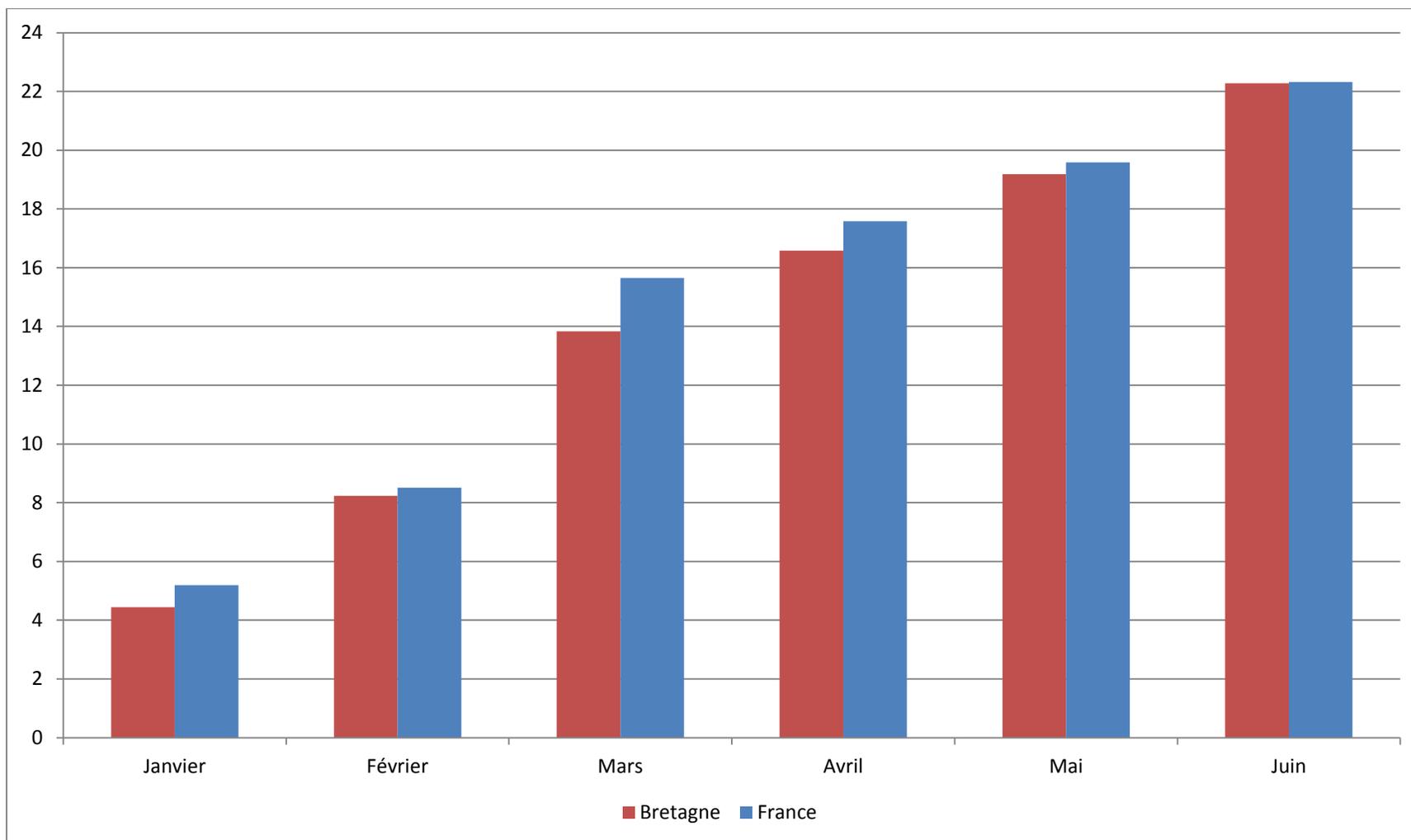
**Fig.11 Production photovoltaïque, Taux de couverture (%) Bretagne – Juin 2014.** La courbe rouge (échelle de droite en MW) montre l'évolution de la consommation. En moyenne, le taux de couverture (rapport de la puissance livrée à la puissance consommée au même instant) du photovoltaïque est de 1,68 % (année 2013, 1,22 %). 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 9,6 %. Le taux de couverture atteint son maximum de 7,6 % (année 2013, 6,1 %) le 15 à 16h00 (un dimanche) quand le soleil est encore haut et que la consommation baisse. De façon générale, les meilleurs taux de couverture sont obtenus 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.



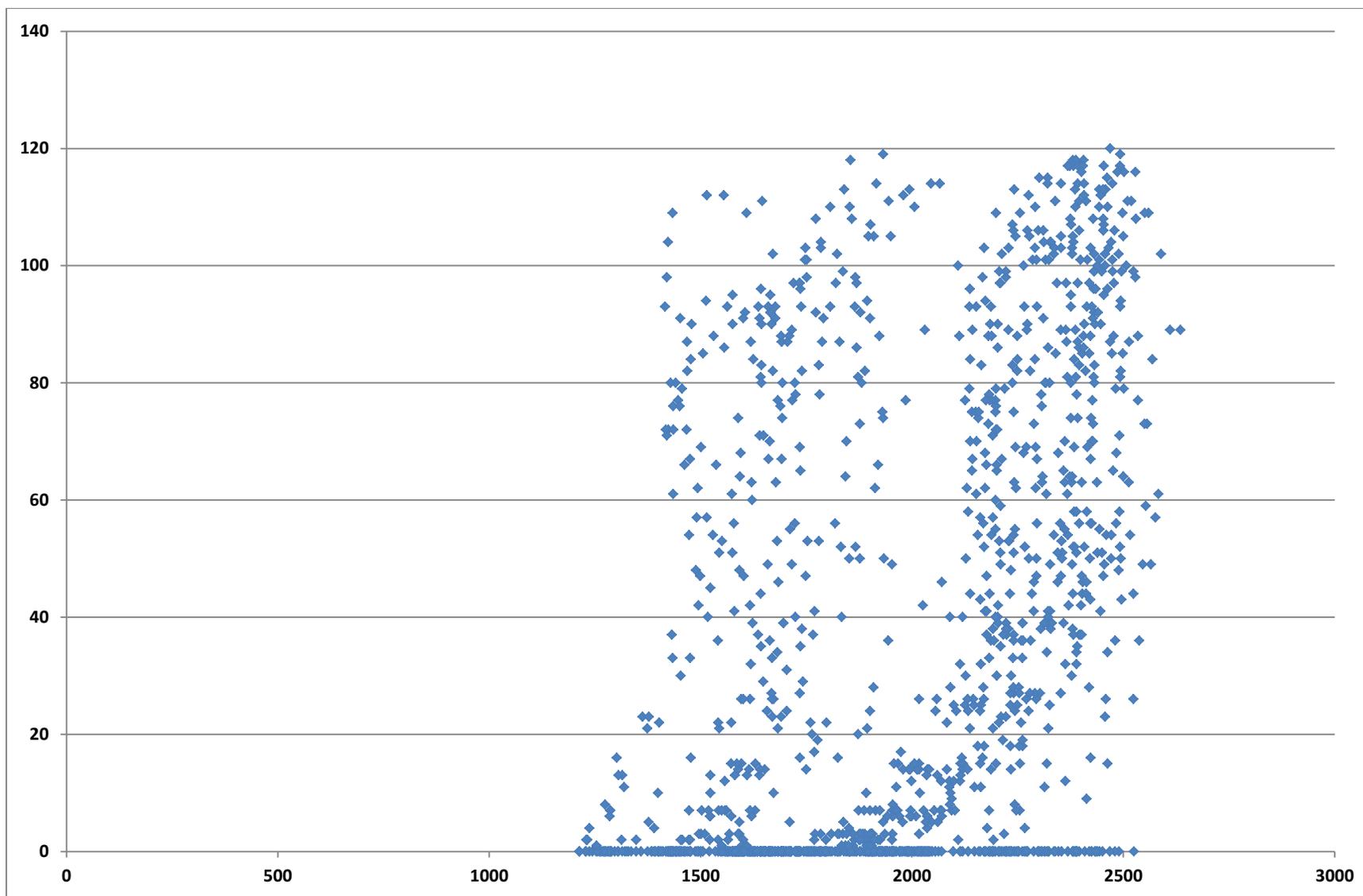
**Fig.12 Bretagne Juin 2014. Pourcentage du temps en fonction de la puissance solaire livrée (abscisses : intervalles de puissance mesurés en pourcentage de la puissance installée : 156,3 MW).** Cette distribution présente la forme « conventionnelle » pour la production solaire d'une zone géographique de petite dimension au regard des zones météo (pas ou peu de foisonnement). L'efficacité moyenne est de 22,3 % (année 2013, 18,4 %) avec une production qui le 12 à 14h30 (un jeudi) a atteint son maximum mensuel d'efficacité 76,8 % (année 2013, 82,3 %). La puissance livrée a dépassé 50 % de la puissance moyenne installée pendant 21,1 % (année 2013, 11,9 %) du temps. Elle a été inférieure à 15 % de la puissance installée pendant 53,7 % du temps (année 2013, 57,9%).



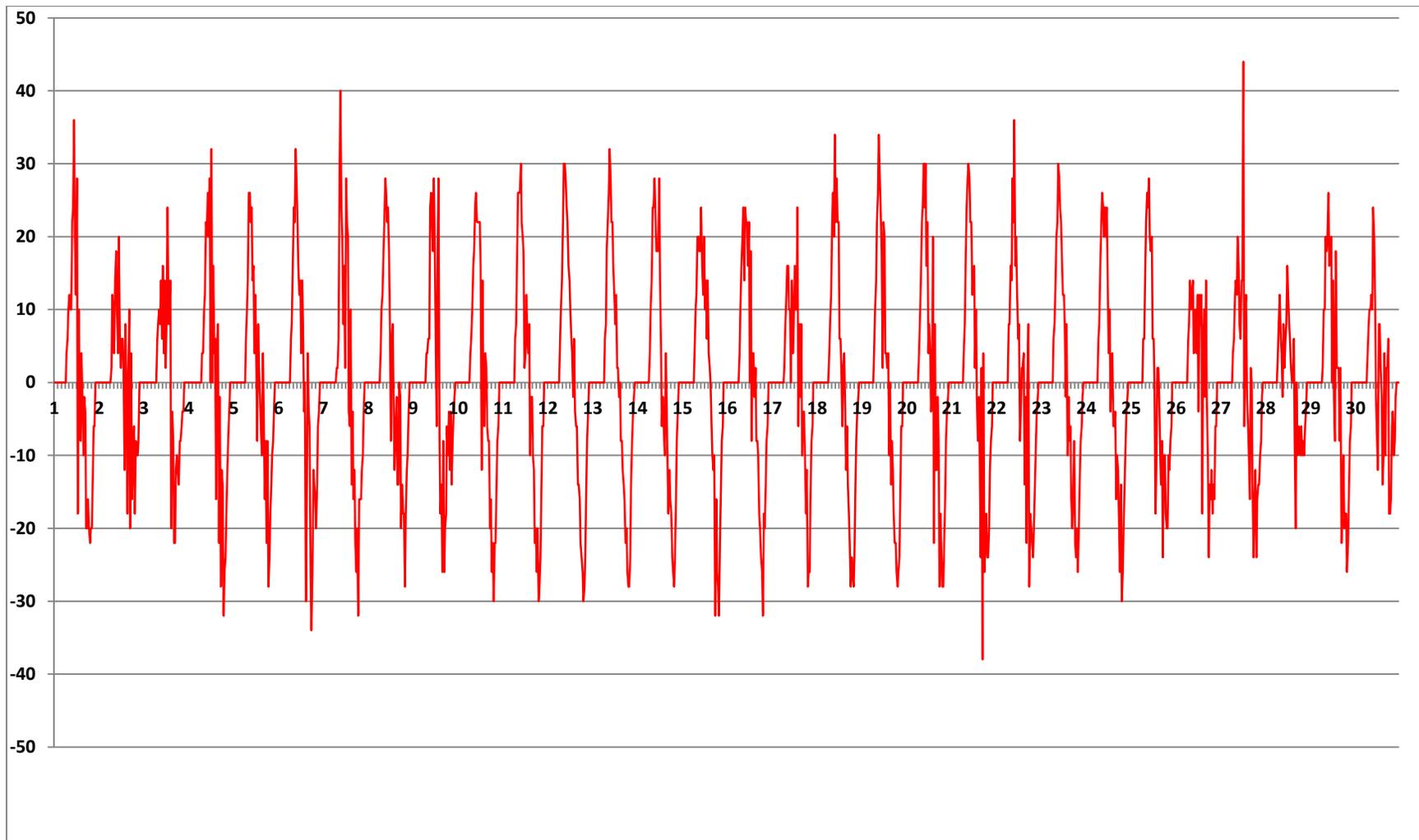
**Fig.13 Bretagne Juin 2014. Comparaison des efficacités solaires moyennes mensuelles des six premiers mois des années 2013 et 2014.** Pour le calcul de ces efficacités moyennes, on utilise des puissances installées extraites des « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » publiés chaque trimestre par le ministère (dernière parution 31/03/2014). Les valeurs mensuelles sont obtenues par interpolation pour la période du 1/1/2013 au 31/3/2014, et par extrapolation linéaire pour les mois d'Avril, Mai et Juin 2014. Globalement l'efficacité solaire photovoltaïque des six premiers mois de 2014 (14,13 %) est supérieure à celle de la même période 2013 (12,75 %).



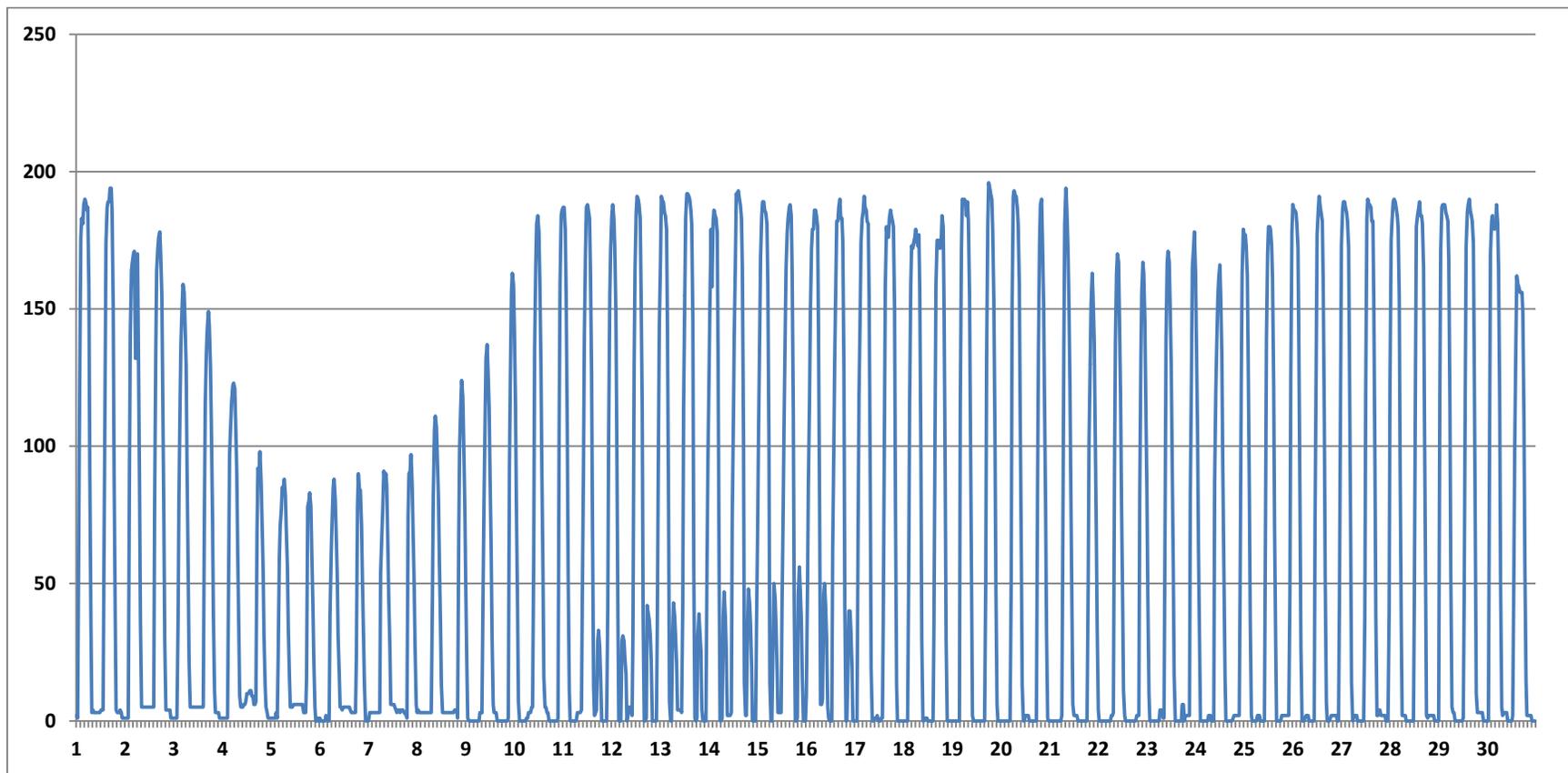
**Fig.14 Bretagne Juin 2014. Comparaison des efficacités solaires moyennes mensuelles de la Bretagne et de la France continentale pour les six premiers mois 2014.** Pour le calcul de ces efficacités moyennes, on utilise des puissances installées extraites des « Tableaux de bord éolien et photovoltaïque » publiés chaque trimestre par le ministère (dernière parution 31/03/2014). Les valeurs mensuelles sont obtenues par interpolation pour la période du 1/1/2013 au 31/3/2014, et par extrapolation linéaire pour les mois d'Avril, Mai et Juin 2014. Assez naturellement, compte tenu de sa latitude intermédiaire, pour chacun des six 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 14,13 % pour six mois) que la moyenne du parc de la France continentale (moyenne de 14,85 % pour six mois).



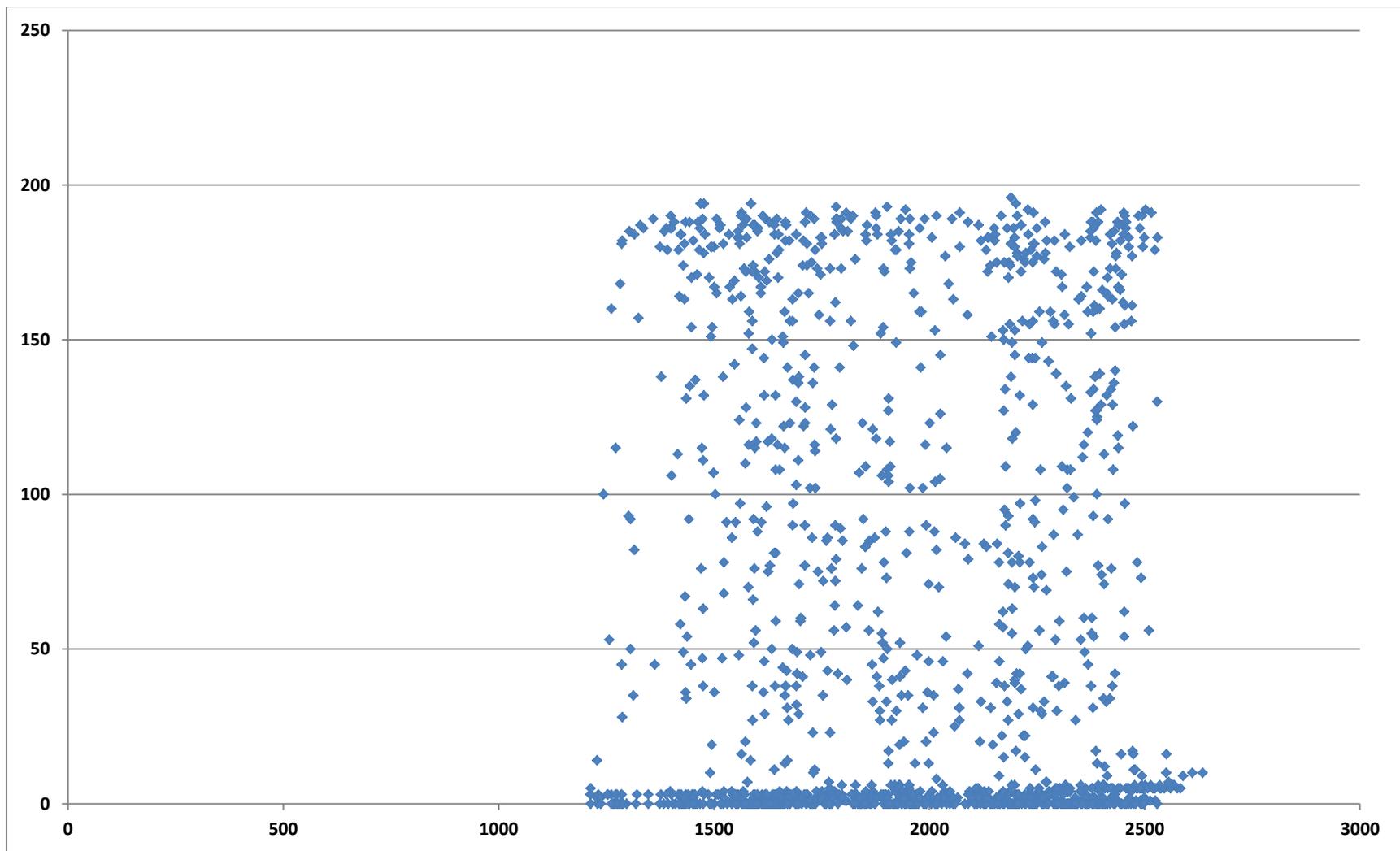
**Fig.15 Bretagne Juin 2014. Diagramme de corrélation entre la puissance photovoltaïque livrée (axe vertical unité MW) et la consommation au même instant t (axe horizontal MW). On n'observe aucune corrélation, comme on pouvait s'y attendre pour une énergie fatale.**



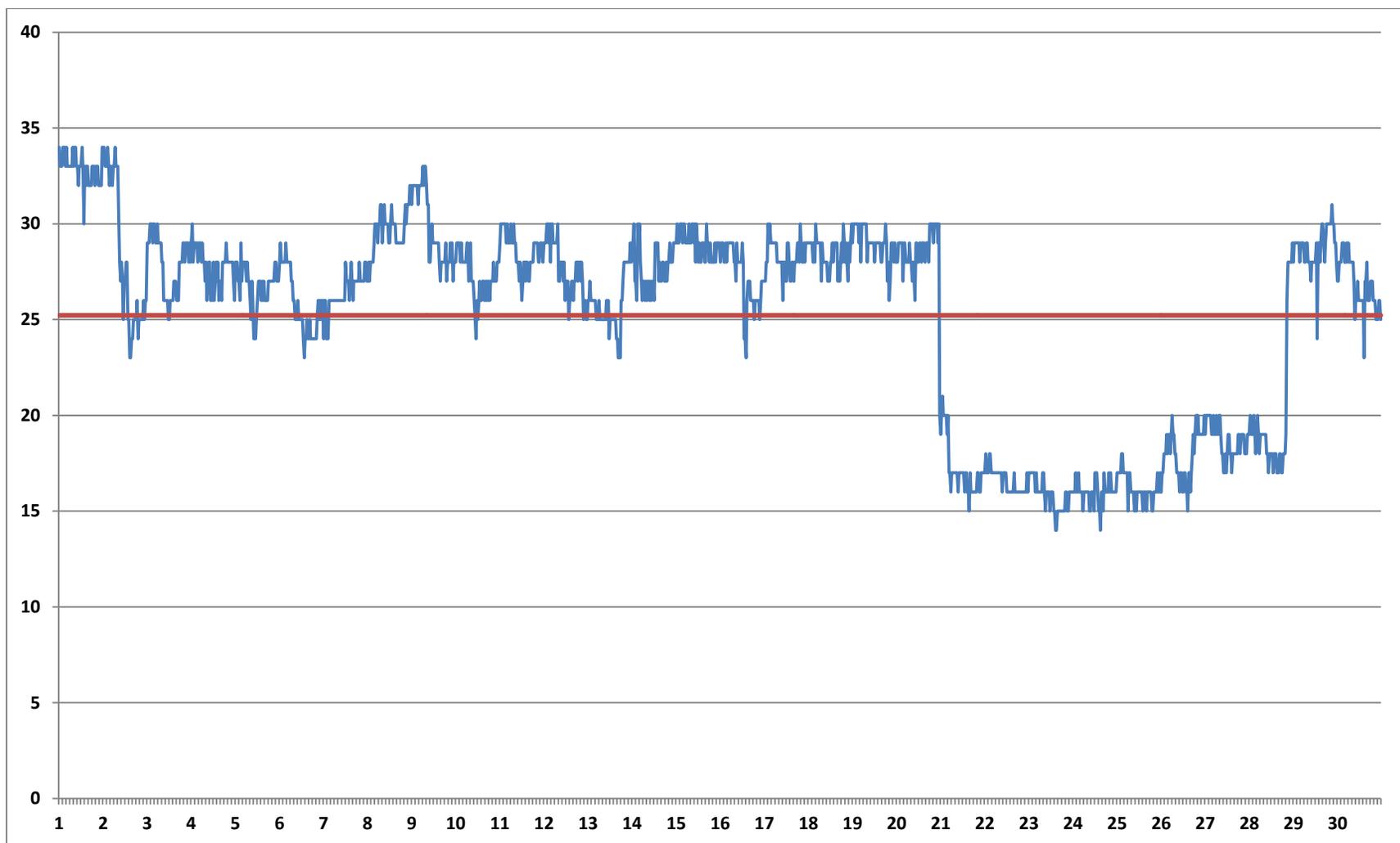
**Fig.16 Gradient de puissance solaire (MW/h) Bretagne – Juin 2014** Comme il se doit les gradients sont en moyenne directement liés au pic de production solaire. Ils sont positifs le matin et négatifs l'après-midi. Leur amplitude est aussi en relation avec la hauteur du pic. Plus il y a de soleil, plus le parc photovoltaïque exerce de contrainte sur le réseau. Ainsi pour des pics autour de 120 MW en milieu de journée les gradients peuvent dépasser +/- 30MW/h (environ 20% de la puissance installée). Surimposé à cette tendance générale, on observe aussi des irrégularités à l'échelle de la demi-heure qui, si elles ne correspondent pas une incertitude de la collecte de données par RTE/eCO2mix, pourraient être attribuées à l'effet « un nuage passe ».



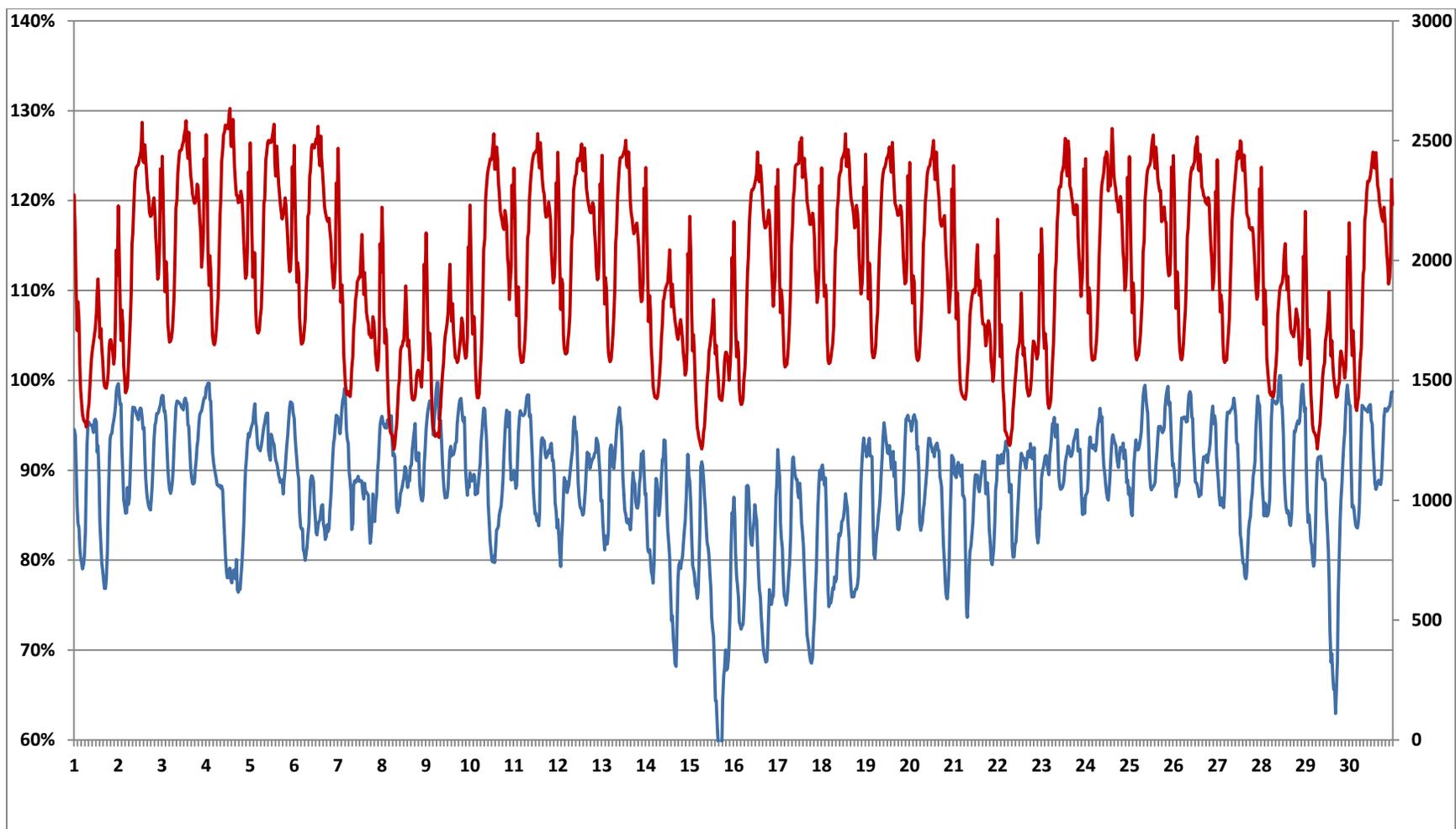
**Fig.17 Production hydraulique, Puissance (MW) Bretagne – Juin 2014.** L'hydraulique breton lié au barrage de la Rance (puissance installée 238 MW), se distingue du reste de l'hydraulique français (de type « fil de l'eau » ou « éclusées »). C'est non seulement une énergie fatale (comme l'hydraulique 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 43,4 GWh (année 2013, 42,1 GWh), alors que le pompage (une consommation de courant restituée pour partie ultérieurement et comptabilisée dans le total « hydraulique ») n'a concerné que 4,6 GWh (année 2013, 4,7 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, « 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 37 MW (données ERdF) peu ou pas productive en cette fin de printemps. Pour ce mois, le facteur de charge de l'hydraulique breton est donc d'environ 22 %.



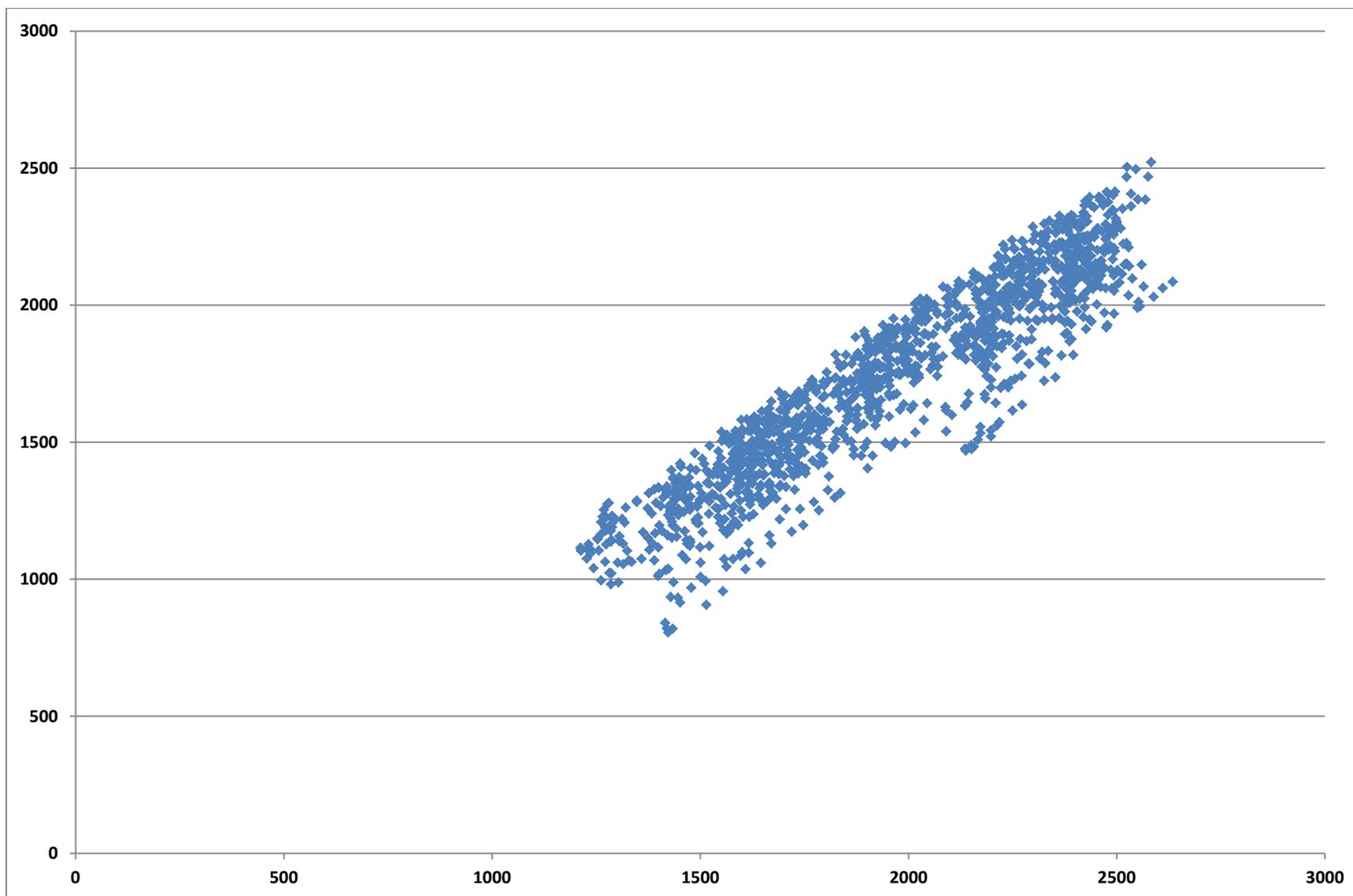
**Fig.18 Bretagne Juin 2014. Diagramme de corrélation entre la puissance hydraulique livrée (axe vertical unité MW) et la consommation au même instant (axe horizontal MW).** Compte tenu de ce que sur une période de l'ordre du mois, il ne peut pas y avoir de corrélation entre les marées avec les besoins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



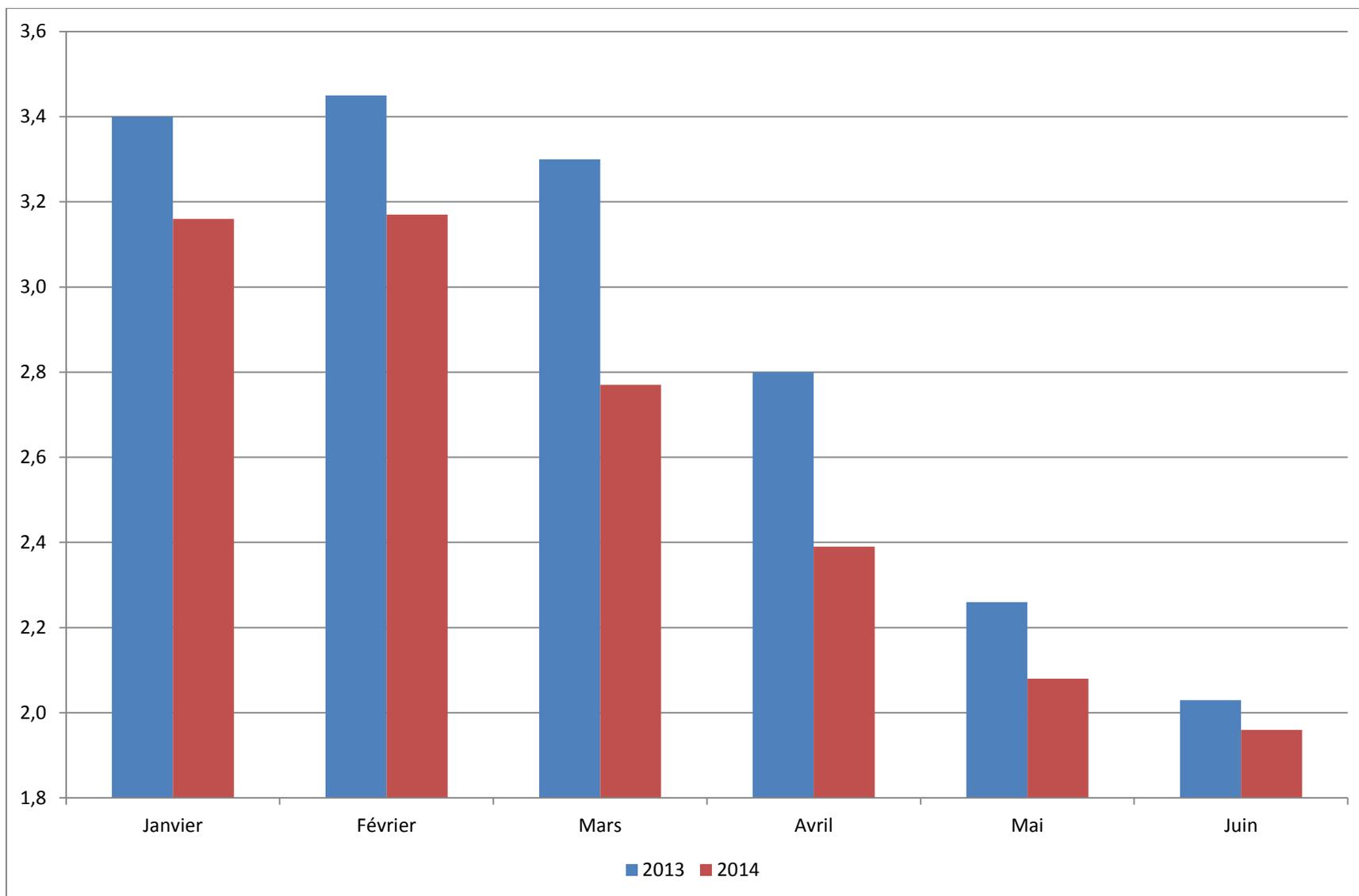
**Fig.19 Production ENR thermique, Puissance (MW) Bretagne – Juin 2014.** Cette production ayant pour origine la combustion de la biomasse et de déchets (puissance installée 36 MW, données ERdF) seule ou en cogénération fonctionne comme une énergie de base quasi-constante autour de sa valeur moyenne 25,2 (année 2013, 19,4 MW). Sur ce mois, le taux de couverture moyen correspondant est de 1,34 % (année 2013, 1 %) (variant de 0,6 % 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 – Juin 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 88,5 % (année 2013, 87,7 %). A son maximum il atteint 100,5 % (année 2013, 100,9 %) le 28 à 3h00 (un samedi). 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 56,6 % (année 2013, 59,4 %). Il a lieu le 15 à 16h30 (un dimanche) au moment où en ce jour de weekend les taux de couverture éolien dépasse 25 % et le taux de couverture solaire monte à 7 %.



**Fig.21 Bretagne Juin 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 Juin 2014. . Comparaison des puissances (GW) moyennes mensuelles consommées des années pour les six premiers mois des années 2013 et 2014.** Pour chaque mois la consommation bretonne 2014 a été systématiquement inférieure à celle de 2013. Les six premiers mois de 2013, la région a consommé une moyenne de 2,87 GW. La valeur correspondante pour 2014 est près de 300 MW inférieure (2,58 GW).

