

A photograph of three wind turbines on rolling green hills under a cloudy sky. The turbines are white with three blades each. The hills are covered in lush green grass, and there are some small structures or buildings in the distance. The sky is filled with soft, white clouds.

TRACER L'ÉLECTRICITÉ AU PAS HORAIRE POUR QUE LES OFFRES D'ÉNERGIE VERTE ACCÉLÈRENT LA DÉCARBONATION

*Cette publication a été rédigée en partenariat avec EnergyTag et Granular Energy.
Novembre 2024.*

Auteurs :

Alexandre Joly, responsable du pôle Energie chez Carbone 4

Killian Daly, directeur général d'EnergyTag

Bruno Menu, COO et cofondateur de Granular Energy





Table des matières

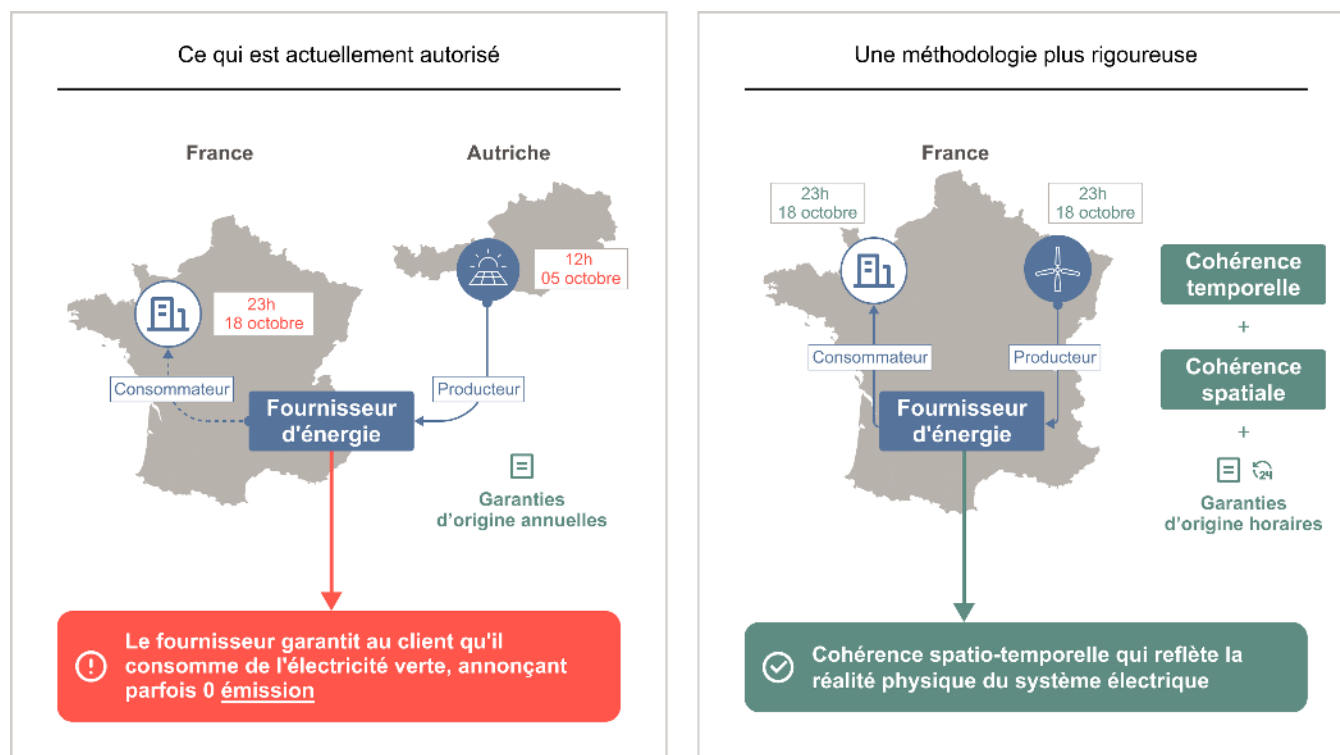
RÉSUMÉ EXÉCUTIF	4
INTRODUCTION.....	7
1. LES BÉNÉFICES DU MATCHING HORAIRE	7
1.1 <i>Regagner la confiance des consommateurs.....</i>	<i>7</i>
1.2 <i>Améliorer la comptabilité carbone.....</i>	<i>10</i>
1.3 <i>Créer un signal prix.....</i>	<i>12</i>
2. LES ÉVOLUTIONS RÉGLEMENTAIRES IMPOSERONT LE MATCHING HORAIRE À TERME	14
2.1 <i>Directive européenne d'octobre 2023 sur la promotion de l'énergie produite à partir de sources renouvelables (RED III).....</i>	<i>14</i>
2.2 <i>Règlement délégué sur l'hydrogène de la Commission européenne</i>	<i>15</i>
2.3 <i>Revue du Scope 2 du GHG Protocol.....</i>	<i>15</i>
3. ACTIONS À METTRE EN PLACE POUR ACCÉLÉRER LA TRANSITION.....	16
3.1 <i>Permettre l'émission des garanties d'origine en France à un pas de temps horaire ou infra-horaire</i>	<i>16</i>
3.2 <i>Faire passer l'unité des garanties d'origine du mégawattheure au kilowattheure ou wattheure</i>	<i>17</i>
3.3 <i>Encourager les initiatives volontaires en attendant un passage à un matching horaire obligatoire à moyen terme.....</i>	<i>19</i>
3.4 <i>Inciter les autres États membres de l'Union européenne à accélérer sur le sujet.....</i>	<i>21</i>
3.5 <i>Imposer à terme le matching horaire pour les garanties d'origine.....</i>	<i>22</i>
PRÉSENTATION DES PARTENAIRES.....	24

Résumé exécutif

La garantie d'origine est un certificat attestant qu'une quantité d'électricité verte a été produite et injectée sur le réseau de l'Union européenne.

Ces garanties sont largement plébiscitées en France : leur volume est passé de 42 TWh en 2019 à 79 TWh en 2023, soit une croissance de plus de 17% par an¹, vouée à perdurer.

Toutefois, ce système est basé sur un *matching de certificats* (garantie d'origine) à un pas de temps **mensuel**. Autrement dit, il est possible d'associer une garantie d'origine à n'importe quelle consommation **sur un même mois**, sans s'assurer que production et consommation ont eu lieu au même moment. Par ailleurs, le système actuel permet également de "matcher" production et consommation à chaque bout du continent sans aucune limitation.



Dès lors, en maximisant ces incohérences spatiales et temporelles, il est possible de construire des offres 100% vertes très facilement et sans nuances. Or, sans refléter la réalité physique du réseau

¹ Volume d'annulation en France, source: statistiques AIB <https://www.aib-net.org/facts/market-information/statistics/activity-statistics>

électrique, elles ne peuvent pas contribuer à la décarbonation du réseau. En effet, il est démontré qu'un *matching* au pas annuel ne conduit pas à réduire les émissions².

Et c'est là tout l'enjeu, car pour décarboner totalement le mix électrique il faudra bien prendre en compte cette réalité physique : toujours équilibrer production et consommation à tout moment tout en intégrant de plus en plus d'énergies variables comme le solaire ou l'éolien, des moyens de stockage et du report de consommation à d'autres moments dans la journée.

Or, le *matching* entre production et consommation à un pas de temps plus fin (horaire ou infra-horaire) permettrait de profiter pleinement des avantages de ce système de traçabilité :

- Une **comptabilité carbone** plus précise, et surtout plus réaliste ;
- Un **moyen de regagner la confiance des consommateurs** en se rapprochant de la réalité physique du système électrique, et en évitant des offres d'électricité vertes qui peuvent actuellement être perçues comme trompeuses ;
- Un **signal prix additionnel** sur la disponibilité de la production bas carbone, incitant à la flexibilité de la consommation, au développement du stockage, et valorisant davantage les moyens de production bas carbone qui peuvent produire au bon moment ;
- Une **accélération de la décarbonation du système électrique** : le *matching* horaire réduit les émissions à la fois pour l'acheteur et pour le système.

Un passage au *matching* horaire facilitera de plus l'application de réglementations européennes approuvées récemment ainsi que des futures évolutions de standards internationaux :

- Le Delegated Act sur "l'hydrogène vert" (RFNBO), qui impose le *matching* horaire au plus tôt en 2027 et au plus tard en 2030 ;
- La directive européenne RED III, qui recommande aux États membres d'aligner à terme le pas de temps sur lequel porte une garantie d'origine avec le pas de règlement des écarts (15 minutes) ;
- Le World Resources Institute a lancé en 2022 le processus de mise à jour du Scope 2 de la méthodologie GHG Protocol³ dont un des objectifs est de revoir le pas de temps du *matching* entre production et consommation.

La question n'est plus de savoir **si** le système devra passer à un pas de temps horaire, mais **quand** il y passera. La France bénéficie de plus d'un atout majeur avec son vaste parc de production décarbonée et contrôlable, qui lui permet de mettre en place le *matching* horaire sans impact négatif majeur sur les consommateurs français, tout en bénéficiant d'un avantage stratégique vis à vis des autres pays européens lorsqu'ils devront aussi implémenter le *matching* horaire.

² https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624032402?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8dabab5c89516ef3

³ Méthodologie imposée pour l'empreinte carbone dans le cadre de la CSRD

Nous recommandons de passer au plus tôt le système français de *matching* entre garanties d'origine et consommation à un pas de temps horaire (ou sub-horaire) et d'imposer des limites sur la localisation de la production et de la consommation.

Pour ce faire, les changements progressifs que nous recommandons, par ordre d'importance mais aussi de facilité d'implémentation, pour faire de la France un leader dans ce domaine, sont les suivants :

- **Recommandation 1** : donner la possibilité aux producteurs d'émettre des garanties d'origine à un pas de temps horaire. Disposer de certificats horaires ne signifie pas imposer le *matching* horaire, ce choix - qui par ailleurs ne nécessite aucun changement législatif - n'aura donc pas de conséquences sur la plupart des consommateurs, mais permettra à ceux qui le souhaitent d'avoir un instrument pour prouver leur *matching* horaire.
- **Recommandation 2** : profiter de la transposition de la directive européenne RED III pour passer l'unité d'une garantie d'origine en France au kWh ou Wh.
- **Recommandation 3** : encourager le *matching* horaire et géographique sur une base volontaire, notamment via des initiatives volontaires valorisant le *matching* horaire ou sub-horaire telles que le label VertVolt de l'Ademe ou le référentiel Net Zero Initiative de Carbone 4.
- **Recommandation 4** : inciter les autres États membres de l'Union européenne à accélérer sur le sujet, et encourager la prise en compte des limites physiques sur les échanges entre pays de l'Union européenne.
- **Recommandation 5** : imposer le *matching* horaire pour toute consommation afin de bénéficier pleinement des avantages mentionnés précédemment.





Introduction

La garantie d'origine est un certificat attestant qu'une quantité d'électricité verte a été produite et injectée sur le réseau de l'Union européenne. Ce dispositif existe depuis plus de 20 ans en France et s'est bien développé sur cette période. Néanmoins, l'émission d'une garantie d'origine est toujours faite au pas de temps mensuel malgré la disponibilité des données horaires de production. Cela signifie qu'une garantie d'origine ne contient actuellement que le mois de production, et qu'il est impossible de savoir à quel moment dans le mois l'énergie a été injectée sur le réseau.

Dans un premier temps, permettre l'émission des garanties d'origine à un pas de temps horaire en se basant sur les données de comptage permettrait de rendre possible les initiatives volontaires afin de démontrer la faisabilité technique ainsi que les bénéfices pour la collectivité. Dans un second temps, imposer un *matching* entre garantie d'origine horaire et consommation sur la même heure permettrait à la comptabilité carbone se basant sur les garanties d'origine de contribuer réellement à la transition bas-carbone du réseau électrique.

1. Les bénéfices du *matching* horaire

1.1 Regagner la confiance des consommateurs

Le système actuel des garanties d'origine présente des limitations importantes qui ont conduit à une perte de confiance et de légitimité dans le système, affaiblissant son efficacité et sa portée.

—> Perte de légitimité due à un système éloigné de la réalité physique du système

Le système électrique repose sur un équilibre physique entre production et consommation qui se fait à chaque instant et selon les capacités physiques du réseau à acheminer la production vers le lieu de consommation.

Or, le système actuel des garanties d'origine présente sur ces deux aspects d'importantes limitations :

- **il ne prend pas en compte les limitations géographiques du réseau**, et notamment les interconnexions entre pays. En l'état, un fournisseur français peut revendiquer une fourniture en production décarbonée provenant de n'importe quel pays européen alors même que cette électricité ne pourrait pas être acheminée jusqu'au consommateur français (du fait de l'absence de connexion dans le cas de l'Islande par exemple, ou de son indisponibilité à l'instant t du fait d'une saturation des importations depuis certains pays)
- **il ne prend pas en compte la dimension temporelle de l'équilibre entre production et consommation**. Le pas de temps actuellement imposé en France pour l'utilisation des garanties d'origine est mensuel. Autrement dit, on peut associer production et consommation sans regarder à quel moment l'énergie a été consommée ou injectée dans le mois. Or, le système électrique nécessite un équilibre entre production et consommation de chaque instant, ne permettant pas (sauf stockage/déstockage) d'approvisionner un consommateur le 15 du mois à 19h avec une électricité produite le 5 du mois à 8h.

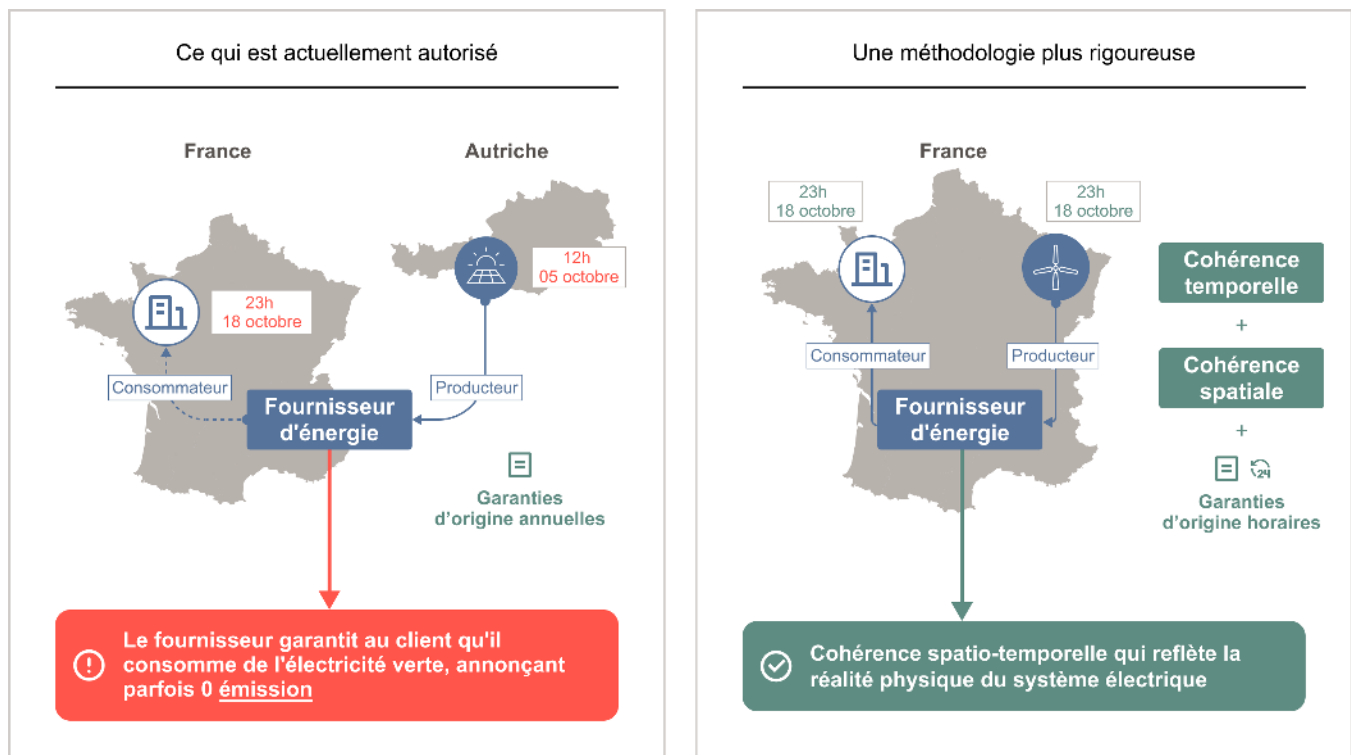


Image 1 - Illustration des incohérences spatiales et temporelles du système actuel de garanties d'origine

Passer à un système de garantie d'origine sur un pas de temps plus fin comme l'heure ou le quart d'heure comme recommandé par la dernière directive européenne RED III⁴, et limiter les flux aux interconnexions permettrait de résoudre en grande partie ce problème.

—> **Perte de confiance due à des offres de fourniture d'électricité trompeuses**

Les offres de fourniture développées par les fournisseurs d'électricité dans le système actuel reposent sur un principe de tout ou rien très éloigné de la réalité (offre verte ou non, 100% renouvelable ou non) suscitent donc de la méfiance de la part des consommateurs ; ce qui limite leur capacité à "attirer" de la consommation vers des offres vertes afin d'augmenter la production décarbonée.

En effet, puisque les fournisseurs n'ont pas la possibilité de garantir que la production décarbonée qu'ils achètent via des garanties d'origine sera effectivement disponible au moment de la consommation à satisfaire, il est possible de construire des offres 100% vertes très facilement et sans nuances.

En réalité, dans un système avec des garanties d'origine horaires et tenant compte de la disponibilité des interconnexions, les offres vertes seraient contraintes de présenter un taux de couverture en production renouvelable inférieur à 100%, certaines heures ne disposant pas de suffisamment de production renouvelable disponible ou pouvant être acheminée.

La partie non couverte par les renouvelables, essentielle pour le bon fonctionnement du réseau électrique serait visible. Améliorer le contenu carbone et/ou le mix de production utilisé (charbon, gaz, nucléaire,...) pour cette partie résiduelle deviendrait alors un levier d'action et de différenciation pour les fournisseurs.

A propos des offres vertes, l'ADEME concluait dans son avis de 2018 "qu'il serait utile de renforcer les contraintes temporelles d'utilisation des garanties d'origine[...] pour augmenter le niveau de qualité des offres vertes et leur impact sur le développement des EnR"⁵. Un système basé sur des garanties d'origine horaire permettrait ainsi aux fournisseurs qui le souhaitent de se différencier réellement en proposant des offres vertes reflétant davantage le niveau de décarbonation réel de leur fourniture, et donc aux consommateurs d'y voir plus clair. D'ailleurs, l'ADEME a par la suite lancé le label VertVolt en 2021, qui inclut une obligation de publier le taux de couverture demi-horaire de la consommation par la production (voir section 4.3).

⁴ [Amendment 9 from REDIII](#): "the energy source from which the energy was produced and the start and end dates of production, which may be specified [...] for renewable electricity, in accordance with the imbalance settlement period"

⁵ https://presse.ademe.fr/wp-content/uploads/2018/12/Avis-de-lademe_Offres_Vertes_Decembre2018.pdf

1.2 Améliorer la comptabilité carbone

Pour simplifier le propos de cette section, ne sont considérées que les émissions directes de l'électricité, aussi dénommées 'scope 2'⁶. Ce sont les émissions liées à la combustion d'énergies fossiles dans les centrales. Elles représentent environ les deux tiers des émissions en cycle de vie de l'électricité française. Le tiers restant correspond aux émissions de construction des centrales nucléaires, de fabrication des panneaux solaires, des pertes sur le réseau de transport, etc.

En France, deux standards de comptabilité des émissions des organisations coexistent :

- Le standard français "Bilan d'Émissions de Gaz à Effet de Serre", de l'ADEME⁷
- Le standard international de place "GHG Protocol", du World Resources Institute (WRI)⁸

Quel que soit le standard, une première méthode dite "location-based" est obligatoire.

Elle reflète la réalité physique de la consommation d'électricité qui provient en grande majorité⁹ du réseau national. Il est alors d'usage d'utiliser la moyenne *annuelle* de l'intensité carbone de l'électricité de ce réseau. Pour la France sur l'année 2023, cela représentait 39 gCO₂eq/kWh¹⁰. L'organisation obtient ses émissions en multipliant cette intensité carbone annuelle avec la quantité de kWh consommés dans l'année.

Même si l'équilibrage entre production et consommation se fait au niveau de chaque consommateur, c'est bien parce que l'équilibrage est atteint au niveau national que tous les consommateurs ont accès à leur électricité. Cette méthode retranscrit ainsi la dépendance physique d'une organisation au réseau électrique dans son ensemble (par exemple, s'il y avait une rupture d'approvisionnement en gaz fossile qui empêcherait les centrales à gaz d'assurer l'équilibre global à 19h). Elle valorise également la politique de l'Etat à décarboner son mix électrique ; ce qui permet d'attirer certaines entreprises sur son territoire.

En revanche, à part réduire sa consommation d'électricité, elle n'offre pas de leviers de décarbonation à l'organisation qui cherche à réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Pour cela, une autre méthode de comptabilisation est possible, celle dite "market-based"¹¹.

⁶ Nomenclature utilisée dans le GHG Protocol

⁷ Les grandes entreprises et collectivités françaises y sont légalement soumises. Source : [ADEME, 2022, Méthode pour la réalisation des bilans d'émissions de gaz à effet de serre](#)

⁸ Toutes les grandes organisations internationales suivent ce cadre car il est nécessaire pour candidater au Carbon Disclosure Project et à la Science Based Targets Initiative. Source : [GHG Protocol, 2015, Scope 2 Guidance](#) pour la comptabilisation de la consommation d'électricité

⁹ L'autre cas minoritaire correspond à l'autoconsommation

¹⁰ ADEME, Base Empreinte

¹¹ Elle n'est pas autorisée dans le cadre du standard de l'ADEME mais elle est obligatoire dans le cas du GHG Protocol si les données existent, et facultative sinon.

Elle reflète la réalité contractuelle de la consommation d'électricité. Les contrats "verts" d'électricité¹² certifient via des garanties d'origine que de l'électricité renouvelable a été produite dans un pays européen à un mois donné. Et c'est là tout le problème comme décrit dans la section précédente : la production n'a généralement pas lieu ni au même endroit ni à la même heure que la consommation.

Toutefois, du point de vue de la comptabilité carbone, il est permis de faire "comme si" en utilisant les intensités carbone des moyens de production sous-jacents, à savoir 0 gCO₂eq/kWh pour les énergies renouvelables.

Le schéma suivant illustre cette situation. Bien que l'entreprise ne consomme qu'une partie de son électricité au moment où la production solaire a lieu, elle compte 0 émissions pour toute sa consommation mensuelle car son électricité est 100% certifiée en garanties d'origine solaire. Or, l'intensité carbone du mix électrique, quand il y a peu ou pas de production solaire, est en réalité plus élevée.

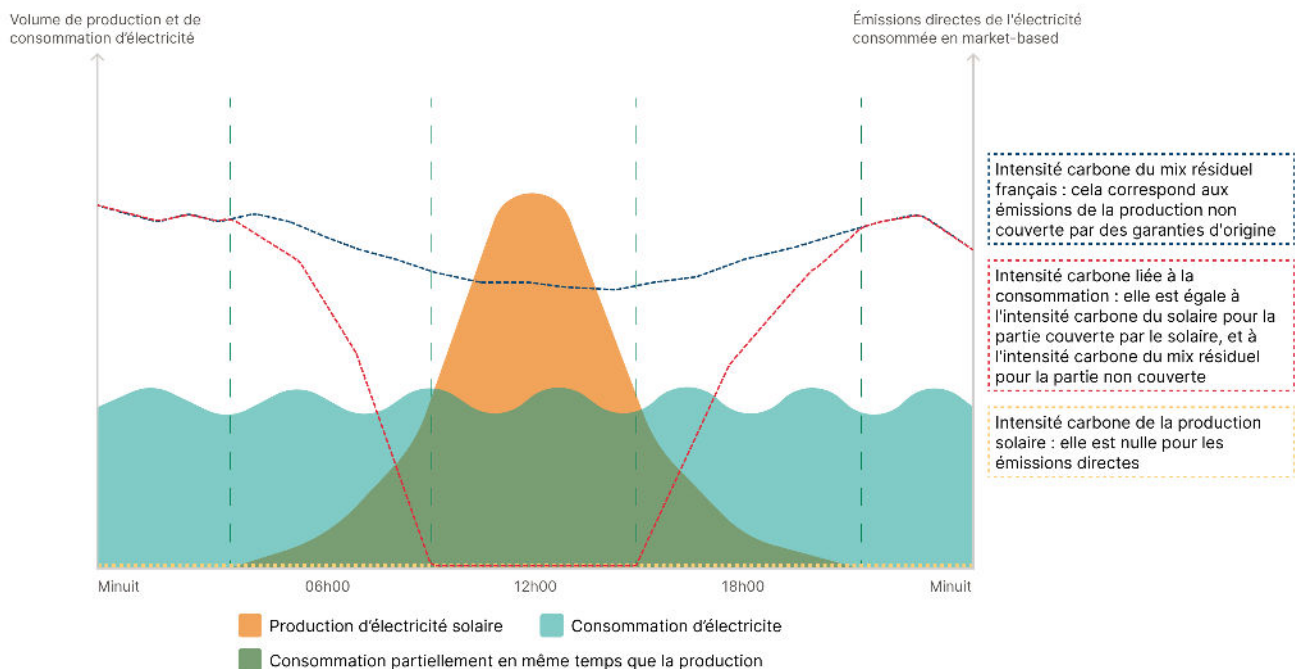


Image 2 - Le calcul des émissions "market-based" à un pas de temps fin (horaire ou sub horaire), comme illustré avec la courbe rouge, reflèterait mieux la réalité

¹² Divers types de contrats existent : acheter des garanties d'origine seules ou liées, "Power Purchase Agreement" seul ou groupé, etc. Plus de détails ici ["RE-Source, 2020, Introduction to Corporate Sourcing of Renewable Electricity in Europe"](#)

Cette méthode “market-based” est largement utilisée pour le calcul des objectifs de réduction et faute de robustesse, elle conduit généralement à une forme de greenwashing en permettant de réduire fortement les émissions liées à la consommation d’électricité à peu de coûts¹³.

C’est le cas d’entreprises comme Meta ou Apple. Elles annoncent des émissions directes nulles pour leur consommation d’électricité depuis des années¹⁴. Ceci est trompeur car il est démontré qu’un *matching* annuel des garanties d’origine ne conduit pas à réduire les émissions¹⁵.

Par ailleurs, peu importe la méthode, il est aujourd’hui impossible de valoriser les acteurs qui consomment leur électricité aux heures où le mix électrique est moins carboné (par exemple, la nuit où les centrales fossiles sont moins sollicitées). Pour ce faire, il faudrait passer à des profils de consommation et des intensités carbone horaires pour pouvoir calculer les émissions de l’organisation de façon plus fine¹⁶.

1.3 Créer un signal prix

Avec une granularité horaire, les garanties d’origine auraient une valeur elle aussi horaire : les heures avec une forte (voire excédentaire) production décarbonée enverraient un prix de la garantie faible (voire nul), alors que les heures pour lesquelles la production décarbonée ne serait pas suffisante pour satisfaire la demande enverraient un prix de la garantie d’origine élevée.

Ce signal prix horaire offre deux avantages :

—> **Flécher les investissements vers les moyens de production décarbonée les plus “efficaces”**

Avec le système actuel, le prix des garanties d’origine est le même quelle que soit l’heure de la journée à laquelle l’électricité est produite. Or, on constate dès à présent (et donc certainement davantage à l’avenir si rien n’est fait) que sur certaines heures, il y a un excès de production décarbonée. Sur ces heures, il existe un risque de voir toute production décarbonée additionnelle avoir une contribution nulle ou négative en termes de décarbonation (notamment si la production doit être “jetée”). A l’inverse, sur certaines heures (notamment la nuit), la couverture de la consommation en production décarbonée est en moyenne inférieure, et toute capacité additionnelle lors de ces heures permettrait de décarboner davantage le système.

Des garanties d’origine avec un prix horaire permettrait ainsi d’offrir une meilleure rémunération aux capacités de production décarbonées qui sont capables de produire sur ces heures moins fournies, et pour lesquelles le prix des garanties d’origine serait plus élevé. Par conséquent les développeurs de capacité, flécheraient leurs investissements vers certaines technologies plutôt que d’autres en

¹³ Le surcoût engendré par l’achat de garanties d’origine est généralement de quelques % sur la facture finale

¹⁴ <https://www.ft.com/content/2d6fc319-2165-42fb-8de1-0edf1d765be3>

¹⁵ https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624032402?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8dabab5c89516ef3

¹⁶ Plus de détails sur les manières d’allouer la production en fonction du profil temporel de consommation : <https://www.carbone4.com/publication-chauffage-electrique-climat>

fonction de leur profil de production attendu ; ce qui permettrait d'obtenir au global un mix de production décarboné plus adapté, maximisant à coût ou niveau de production identique la décarbonation du système électrique.

—> **Favoriser le développement de flexibilités décarbonées de type stockage ou gestion de la demande.**

Avec une variation horaire des prix des garanties d'origine, les capacités flexibles du système électrique pourraient capter des revenus supplémentaires, en déplaçant :

- (i) soit de la production décarbonée depuis des heures où le prix des garanties est faible vers celles où il est plus élevé s'agissant du stockage ;
- (ii) soit de la consommation depuis les heures où le prix des garanties est élevé vers celles où il est plus faible s'agissant de la flexibilité de la demande.

Ces actifs flexibles seraient exposés à un signal prix (et donc des revenus) supplémentaire en plus du signal prix propre au marché de gros de l'électricité. Ils pourraient ainsi contribuer, à capacité et type de production décarbonée équivalent, à augmenter le taux de *matching* horaire entre consommation et production décarbonée. Par exemple, dans le cas où la production photovoltaïque conduirait à un excédent de production et de garanties horaires disponibles au pic de la production solaire, les capacités flexibles pourraient intervenir pour capter cette production et la redistribuer au système la nuit, ou bien pour déplacer de la consommation en la plaçant davantage sur ces heures.

Pour les consommateurs flexibles, ce signal prix serait une opportunité de diminuer le coût de leur facture électrique. Pour ceux qui ne pourraient pas déplacer leur consommation, leur coût pourrait toutefois également être réduit grâce à la baisse des coûts permise par ceux flexibles. Il s'agit donc d'un choix sans regret, comme pour le développement de la flexibilité de la demande en général.





2. Les évolutions réglementaires imposeront le *matching* horaire à terme

Depuis la publication du premier whitepaper d'EnergyTag en 2021, de nombreux changements réglementaires ont eu lieu en Europe et aux Etats-Unis, et d'autres sont actuellement en cours de discussion. Tous ces éléments montrent que le passage des garanties d'origine à un pas de temps horaire ou sub-horaire n'est maintenant plus qu'une question de temps.

2.1 Directive européenne d'octobre 2023 sur la promotion de l'énergie produite à partir de sources renouvelables (RED III)

L'Union européenne a adopté en octobre 2023 la troisième version de la directive sur la promotion de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, plus connue sous le nom de RED III. Deux modifications importantes relatives aux garanties d'origine électricité ont été incluses dans ce texte :

- Une garantie d'origine n'est plus nécessairement égale à 1 MWh, et peut donc être en kWh ou Wh¹⁷. Cela constituait la principale barrière légale au passage à une émission de certificats sur un pas horaire ou sub-horaire car de nombreuses centrales produisent moins d'un MWh sur un pas de temps d'une heure. Bien que la RED III ait été adoptée, chaque État membre doit maintenant transposer la directive en droit national avant mai 2025.
- Il est désormais recommandé aux Etats membres d'aligner le pas de temps sur lequel porte une garantie d'origine avec le "pas de règlement des écarts"¹⁸ qui sera bientôt harmonisé dans l'Union européenne à 15 minutes. Bien que cela ne soit pas une obligation avec une date butoir pour son implémentation, ce changement montre bien la direction à suivre pour les Etats membres de l'Union européenne.

¹⁷ "La garantie d'origine correspond à un volume type de 1 MWh. Le cas échéant, ce volume type peut être fractionné, à condition que cette fraction soit un multiple de 1 Wh" https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202302413

¹⁸ <https://www.services-rte.com/fr/decouvrez-nos-offres-de-service/preparer-les-evolutions-liees-au-passage-du-pas-de-reglement-des-ecarts-a-15-isp15-a-venir.html#:~:text=Le%20pas%20de%20r%C3%A8glement%20des,en%20France%20de%2030%20minutes>.

2.2 Règlement délégué sur l'hydrogène de la Commission européenne

La commission européenne a publié en 2023 le règlement délégué qui détaille les conditions nécessaires pour que de l'hydrogène produit dans l'Union européenne, ou importé, puisse être qualifié comme "renouvelable" (Renewable Fuel From Non Biological Origin - RFNBO) et puisse donc participer aux objectifs de mobilité et d'industrie verte de l'Union européenne. Ce règlement impose le *matching* horaire entre production d'électricité renouvelable et consommation des électrolyseurs pour la production d'hydrogène ou de produits dérivés tels les carburants durables pour l'aviation (SAF), au plus tôt en 2027 et au plus tard au 1er janvier 2030. Le règlement impose des contraintes géographiques sur l'emplacement de la production renouvelable et de l'électrolyseur : le producteur et le point de consommation doivent être situés dans la même "bidding zone"¹⁹ (généralement un pays, la France est par exemple une bidding zone), et il est également possible de s'approvisionner dans une bidding zone voisine sur une heure donnée, si et seulement si les prix de l'électricité dans les deux zones sont identiques sur cette heure (ce qui signifie que les interconnexions entre les deux zones ne sont pas saturées).

2.3 Revue du Scope 2 du GHG Protocol

Le World Resources Institute a lancé en 2022 le processus de mise à jour du Scope 2 de la méthodologie GHG Protocol avec pour objectif principal de remettre à plat la possibilité d'utiliser du *matching* annuel entre production et consommation électrique pour le calcul des émissions de gaz à effet de serre. Un des principaux thèmes de cette mise à jour est la granularité temporelle. Le WRI vise une publication d'une version préliminaire de la méthodologie d'ici fin 2025 et une version finale en 2026.

¹⁹ Plus grandes zones géographiques pour lesquelles les échanges commerciaux ne sont pas limités.





3. Actions à mettre en place pour accélérer la transition

De nombreuses actions peuvent être mises en place pour faciliter la transition vers un système de garantie d'origine, et de *matching* entre production et consommation, plus robuste. Elles sont listées des plus faciles aux plus compliquées à mettre en œuvre.

3.1 Permettre l'émission des garanties d'origine en France à un pas de temps horaire ou infra-horaire

Permettre une émission des garanties d'origine sur un pas de temps horaire ne veut pas dire imposer un *matching* horaire entre production et consommation et constitue une option sans regret avec bénéfices sans contrainte majeure.

La période de production représentée sur une garantie d'origine (son émission) et le pas de temps imposé pour leur *matching* sont deux concepts différents. Par exemple, dans la plupart des pays, les garanties d'origine sont émises sur un pas de temps d'un mois, mais le pas de temps imposé pour le *matching* est l'année. Cela signifie qu'une garantie d'origine du mois de janvier peut être utilisée pour de la consommation du mois de mars, tant que consommation et production sont sur la même année civile.

Les Etats membres de l'Union européenne se doivent d'accepter l'import de garanties d'origine d'autres pays membres²⁰. Il est donc impossible de passer le système d'un État membre entièrement au pas horaire. Il est cependant possible d'avoir dans le même registre des garanties d'origine ayant des pas de temps d'émission différents. C'est déjà le cas par exemple en Norvège²¹ avec des garanties au pas de temps journalier lorsqu'elles sont locales, et au pas de temps mensuel lorsqu'elles sont importées d'autres pays.

Une émission à un pas horaire n'a pas d'impact négatif pour les consommateurs, mais permet aux acteurs qui souhaitent aller au-delà de la réglementation actuelle (pas de temps mensuel pour le *matching* en France) de le faire de manière standardisée avec un instrument reconnu, et de pouvoir aussi acheter et vendre des garanties d'origine sur les heures qui les intéressent. Cela permettra par exemple aux consommateurs et fournisseurs d'électricité qui le souhaitent de faciliter l'application

²⁰ Article L311-22 du Code de l'Energie

²¹ Bien que non membre de l'UE, la Norvège participe au système européen des garanties d'origine

du référentiel NZI de Carbone 4, et à l'Ademe d'avoir un calcul du taux de couverture du label VertVolt basé sur des garanties d'origine.

S'agissant de la mise en œuvre il n'existe pas de frein majeur identifié :

- Il existe des éléments concrets démontrant que ce passage à une émission de certificats horaire peut se faire sans surcoût ni complexité majeure : la Norvège émet des garanties d'origine à un pas de temps journalier depuis 2020 via l'utilisation du registre de garantie d'origine Unicorn Certigy (aussi utilisé en Italie, Lituanie, Grèce et Croatie) et a lancé une expérimentation d'émission de garantie à un pas de temps horaire en 2022²² qui a conduit Unicorn à conclure que le coût supplémentaire d'un registre de garantie d'origine à un pas de temps horaire est minime, et que leur solution Unicorn Certigy peut désormais être implémentée à un pas de temps horaire ou 15 minutes.
- Il n'y a besoin d'aucun changement législatif pour passer le système de certificat à une émission sur un pas de temps horaire. Cela nécessitera cependant des modifications du registre de garanties d'origine Grexel qui vient d'être nommé par la DGEC pour une durée de 5 ans.

Pour ces raisons, nous recommandons que les garanties d'origine en France puissent être émises au pas horaire dès que possible.

3.2 Faire passer l'unité des garanties d'origine du mégawattheure au kilowattheure ou wattheure

Actuellement une garantie d'origine correspond à 1 mégawattheure (MWh) d'énergie injecté sur le réseau. Grâce à la directive européenne RED III adoptée en octobre 2023, les États membres auront désormais la possibilité d'émettre des garanties d'origine avec une unité inférieure à ce MWh et de passer au kWh ou au Wh.

Ceci constitue une évolution importante car l'unité en MWh utilisée actuellement ne permet pas de représenter correctement la production réelle des centrales lorsque le pas de temps d'émission est fin, et notamment pour la production de centrales de petite taille. Ce mécanisme est illustré ci-dessous avec la comparaison entre la production d'une centrale solaire sur une journée et l'émission de garanties d'origine d'un volume de 1MWh.

²² <https://unicornsyste.ms.eu/en/news-energy?article=unicorn%2C-statkraft-and-statnett-will-demonstrate-usage-of-hourly-guarantees-of-origin-within-energytag-initiative&newsArticleId=60d09c9f6b00f4002989863b>

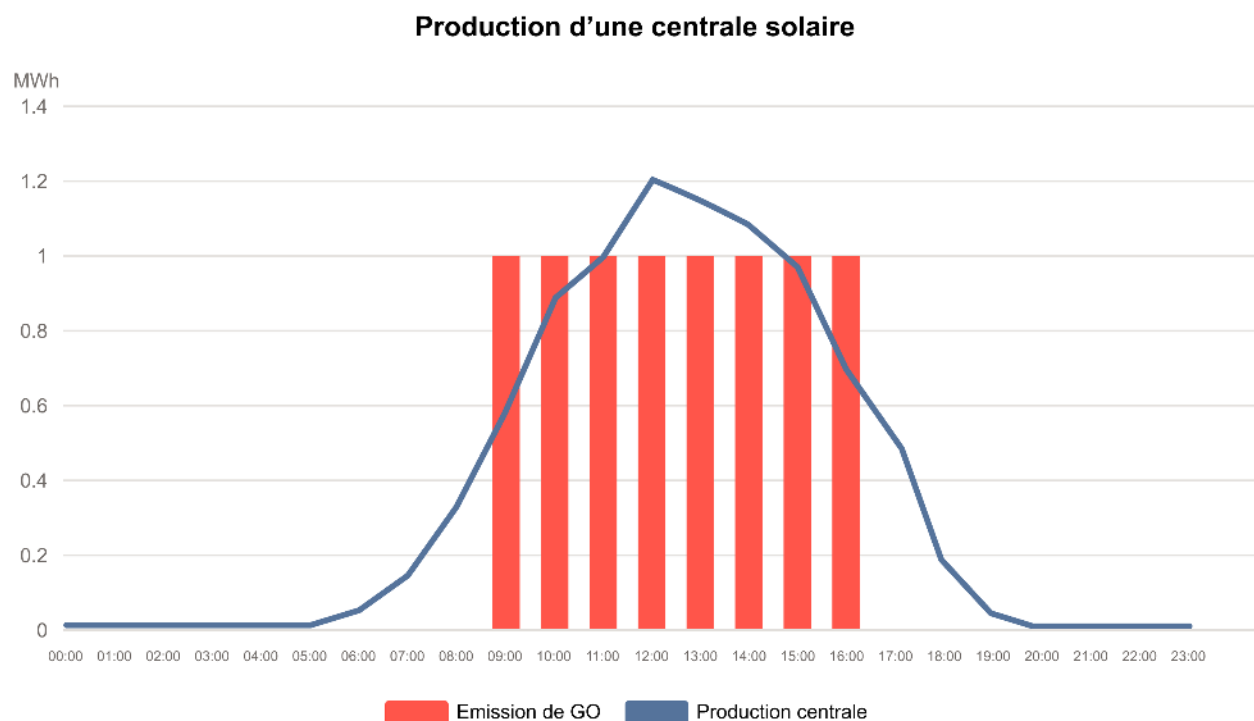


Image 3 - Émission de garanties d'origine (GO) avec une unité d'un MWh pour une centrale solaire sur une journée²³

Dans cet exemple, on peut voir les décalages sur les différentes heures de production au cours de la journée entre le nombre de garanties horaires émises en MWh et la production réelle sur ces heures.

Diminuer l'unité d'émission des garanties d'origine permettra donc d'avoir une émission qui représente mieux la production réelle des centrales, et notamment des centrales de petite taille.

S'agissant de la mise en oeuvre, un passage à une unité inférieure au MWh ne nécessite pas de changement au niveau européen car il est possible d'agréger pour atteindre un MWh pour exporter vers un autre pays européen, et à l'inverse une garantie d'origine d'un MWh importée d'un autre pays européen peut être divisé en 1000 garanties d'un kWh.

Ce changement nécessite en revanche une modification législative en France car le volume d'énergie correspondant à une garantie d'origine est fixé par l'article L311-23 du code de l'énergie²⁴. Cependant, la France devra transposer la directive européenne RED III avant mai 2025, offrant ainsi une opportunité de modifier l'article L311-23.

Nous recommandons de profiter de la transposition à venir de la REDIII pour passer l'unité d'émission des garanties d'origine en France du MWh au kWh.

²³ Dans cet exemple les volumes d'énergie ne donnant pas lieu à émission de garantie d'origine sur un pas de temps sont repris en compte sur le pas de temps suivant

²⁴ Article L311-23 du code de l'énergie: "Une garantie d'origine au plus est émise pour chaque unité d'énergie produite correspondant à un mégawattheure"

3.3 Encourager les initiatives volontaires en attendant un passage à un *matching* horaire obligatoire à moyen terme

Il existe déjà des initiatives volontaires “individuelles” basées sur le *matching* horaire en France :

- Certaines entreprises comme Google et Microsoft se sont publiquement engagées à “*matcher*” 100% de leur consommation à l’horizon 2030 sur chaque heure de l’année avec de la production décarbonée.
- La ville de Paris fait partie des premiers membres du “24/7 Carbon-Free Energy for Cities”, et d’autres villes et entreprises françaises ont récemment demandé dans leurs appels d’offres à avoir de la transparence sur la synchronicité entre production renouvelable et consommation.

De même, il existe aussi des initiatives volontaires “organisées” qui viennent compléter les premières et offrent un cadre méthodologique aux entités qui souhaiteraient s’inscrire dans la démarche :

Le référentiel Net Zero Initiative

Depuis 2019, le cabinet Carbone 4 construit le **référentiel Net Zero Initiative**²⁵, pour aiguiller les entreprises à contribuer au net zéro planétaire de la façon la plus rigoureuse possible. Il propose un cadre de reporting pour les émissions liées à la consommation d’électricité²⁶.

Notamment, pour rendre la méthode “**market-based**” **plus robuste**, **deux critères** sont suggérés avec un objectif cœur de **simplicité** dans l’application :

- **Cohérence spatiale** : les consommateurs et les producteurs doivent se trouver sur un **réseau connecté et limité aux pays/États ou provinces limitrophes**.
- **Cohérence temporelle** : la consommation doit avoir lieu **a minima dans les 30 jours suivant la période de production des garanties d’origine** (cohérence mensuelle) et la comptabilisation des réductions d’émissions dépend du niveau de cohérence temporelle :
 - 100 % de réductions d’émissions pour une cohérence horaire
 - 50 % de réductions d’émissions pour une cohérence journalière
 - 25 % de réductions d’émissions pour une cohérence mensuelle
 - Pas de réductions d’émissions pour une cohérence temporelle supérieure à un mois

²⁵ <https://www.net-zero-initiative.com/fr>

²⁶ <https://www.carbone4.com/nzi-for-energy-publication>

Le label VertVolt de l'ADEME

L'ADEME a lancé en 2021 le label VertVolt ayant pour but de distinguer les offres d'électricité verte "premium" destinées aux particuliers. Le label propose deux niveaux de labellisation (1 étoile ou 2 étoiles) selon le degré d' "additionnalité" des offres, c'est-à-dire la contribution des offres à la création et au financement de nouveaux sites de production d'électricité renouvelable.

Le label, quel que soit le niveau de labellisation, impose le calcul d'un "taux de couverture au pas de temps demi-horaire" pour chaque offre et sa publication sur le site du label.

Un taux de 60 % par exemple signifie que l'électricité commercialisée dans le cadre de l'offre labellisée est à chaque instant à 60 % d'origine renouvelable en moyenne. Elle est toujours à 100 % en moyenne sur le mois.	
Taux moyen de couverture demi-horaire (?)	76.49000000000001 %
Part des clients de l'offre ayant activé le suivi de consommation (?)	NC

Capture d'écran d'une offre sur le site du label VertVolt

L'utilisation de ce label mériterait d'être généralisée et affinée :

- **Étendre le label aux villes et entreprises** : permettre aux entités publiques (villes, communautés de communes, etc.) et aux entreprises qui le souhaitent de pouvoir bénéficier d'une offre labellisée VertVolt
- **Faire du taux de couverture demi-horaire un élément clé du label** : bien que son calcul et sa publication soient obligatoires, cet indicateur est souvent occulté par les fournisseurs car il ne rentre pas dans la notation. Or, il est fondamental et devrait donc contribuer à obtenir la meilleure note. C'est ce qui est réalisé dans le cadre du label du Green Building Council au France qui demande des taux minimum de couverture horaire pour atteindre les niveaux les plus élevés du label (voir image 6 ci-dessous)²⁷. Un taux minimum de couverture demi-horaire pourrait ainsi conditionner l'accès à certains niveaux du label Vertvolt.

²⁷ <https://ukgbc.org/wp-content/uploads/2023/08/Renewable-Energy-Procurement-Summary-Report.pdf>

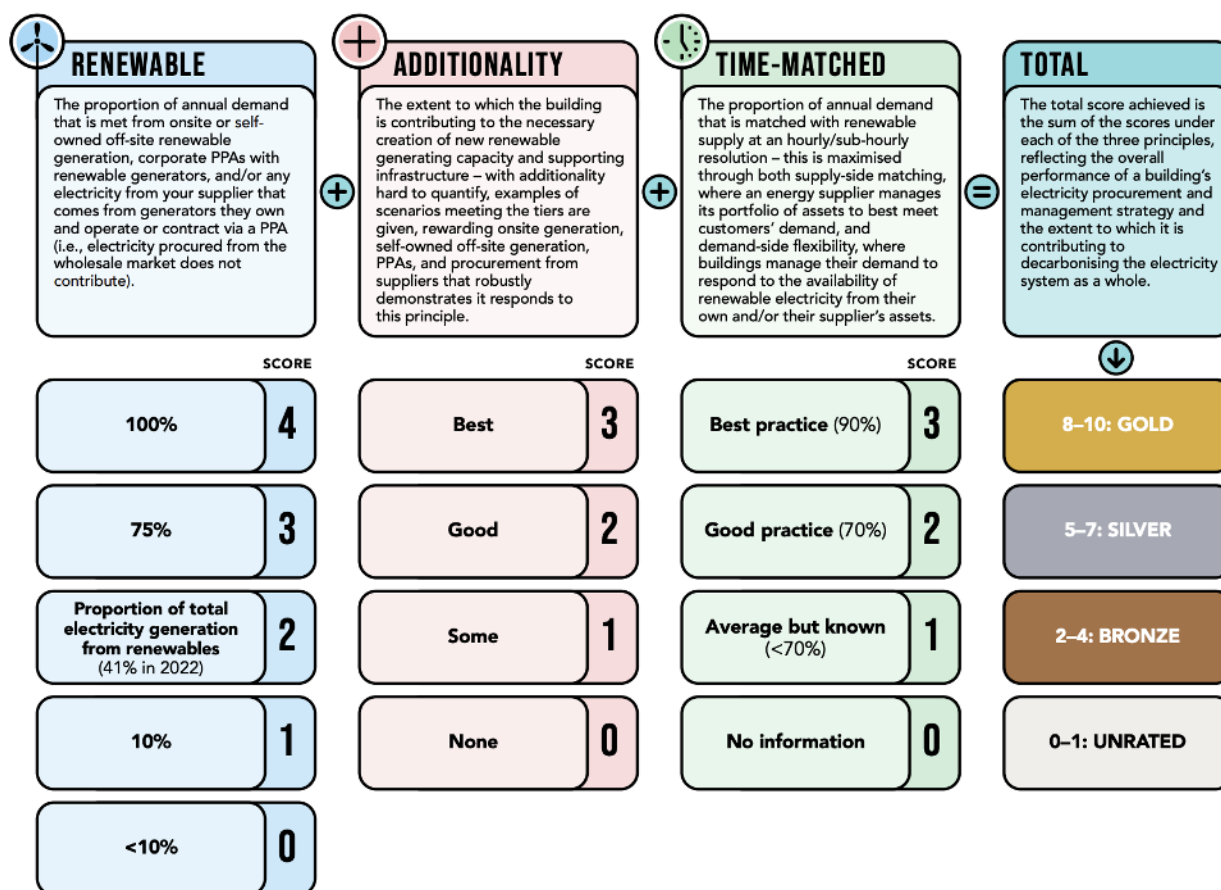


Image 4 – Un des trois piliers du label du Green Building Council au France est le matching horaire ('time-matched')

En conclusion, nous encourageons toute initiative volontaire qui fait du *matching* horaire la clé principale de la bonne qualité de l'électricité verte.

3.4 Inciter les autres États membres de l'Union européenne à accélérer sur le sujet

Le passage en France à une émission des garanties d'origine à un pas horaire et/ou à un volume inférieur à 1 MWh ne nécessite aucun changement au niveau de l'Union européenne. Toutefois, la cible devrait bien être un système de garantie d'origine horaire harmonisé en Europe.

D'un côté, La France est probablement l'un des pays les mieux placés dans l'Union européenne pour donner l'exemple sur le passage à un *matching* horaire. En effet, du fait de son parc de production en grande majorité décarboné et pilotable, le passage au *matching* horaire obligatoire ne devrait pas alourdir outre mesure le bilan carbone des consommateurs français, contrairement à de

nombreux pays européens. Le passage à un *matching* horaire dans toute l'Union européenne représente donc un avantage compétitif pour la France.

De l'autre côté, une harmonisation au niveau européen permettra :

- de faciliter le transfert de garanties d'origine entre pays et maximiser les bénéfices du dispositif en termes de décarbonation du système électrique français et européen. Tant que les Etats membres émettront des garanties d'origine à des granularités et temporalités différentes, les échanges seront nécessairement plus complexes.
- une limitation réaliste et efficace des transferts de garanties d'origine entre pays afin qu'ils ne soient pas disproportionnés par rapport aux flux physiques d'énergie ; ce que recommande l'association des gestionnaires de réseau de transport européenne (ENTSO-E)²⁸. D'ailleurs, le consortium de gestionnaires de réseau de transport *EnergyTrack&Trace* a suggéré plusieurs méthodes pour limiter les transferts, la plus simple à mettre en œuvre étant de limiter les transferts à la capacité d'interconnexion entre pays. La réglementation sur l'hydrogène vert dans l'UE impose cependant une méthodologie différente (pour le cas de l'hydrogène uniquement) qui autorise le transfert entre pays voisins sur une heure si et seulement si les prix de l'électricité sont identiques sur cette heure, ce qui signifie que la capacité d'interconnexion n'est pas saturée.

En complément d'un passage à l'horaire en France, la France aurait tout à gagner à agir au niveau européen pour inciter les autres États membres à passer également à une émission de certificats horaires, puis à imposer un *matching* horaire qui respecte les capacités d'interconnexion entre pays dans l'Union européenne. Cela rejoint par ailleurs les recommandations du CEA publiées dans le cadre des discussions sur la directive européenne RED III²⁹.

3.5 Imposer à terme le *matching* horaire pour les garanties d'origine

Si l'ouverture à un *matching* horaire sur base volontaire permettra d'obtenir une partie des bénéfices, seul le passage à une obligation permettra à terme de les maximiser. Par exemple, le signal prix pour encourager les investissements dans des moyens de production décarbonés ou de flexibilité ne pourra se faire que lorsque la demande pour des garanties horaires sera suffisamment élevée pour engendrer une volatilité et des écarts de prix à même de créer un signal suffisant.

Un passage à l'obligation demandera davantage de temps car il nécessite *a priori* un changement législatif contrairement à l'ouverture au volontariat³⁰.

²⁸ https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/clean-documents/Publications/Position%20papers%20and%20reports/2022/entso-e_pp_guarantees_of_origin_220715%20for%20publication.pdf

²⁹ <https://www.cea.fr/Documents/positions-cea-UE/2021-11-CEA-UE-directive-developpement-durable.pdf>

³⁰ Comme pour le passage au *matching* mensuel validé en 2018 par le Décret n°2018-243 du 5 avril 2018 organisant la mise aux enchères des garanties d'origine de l'électricité produite à partir de sources renouvelables

Imposer le *matching* horaire participe à l'éducation des consommateurs sur le fonctionnement du réseau électrique, à savoir qu'à tout moment production et consommation doivent être identiques. De facto, ce sera la fin du monde manichéen où une offre d'électricité est actuellement soit grise soit verte. Cela incitera donc les consommateurs et les fournisseurs à réfléchir au mix de technologies nécessaires pour combler les volumes d'électricité renouvelable manquants. Ce faisant, les consommateurs et les fournisseurs seront encouragés à acheter des énergies bas-carbone, et à hiérarchiser les technologies fossiles en fonction de leurs émissions, poussant ainsi le charbon et le fioul plus rapidement vers la sortie.

Nous recommandons donc un passage au *matching* horaire obligatoire à terme, après une première phase durant laquelle il aura été encouragé sur base volontaire.



Présentation des partenaires

EnergyTag

<https://energytag.org>

EnergyTag est une organisation non gouvernementale dont la mission est de faciliter l'émergence de certificats d'attribut d'énergie (garanties d'origine dans l'Union européenne) horaires et qui promeut le *matching* horaire et l'ajout de limites géographiques. EnergyTag est soutenue par plus de 100 organisations dans le monde entier, incluant des entreprises, régulateurs, gestionnaires de réseau, et des universités et a conseillé la Commission européenne et le gouvernement des Etats-Unis sur les thématiques de certificats horaires.

EnergyTag milite pour l'amélioration des systèmes de certificat gérés par les Etats, mais encourage aussi le développement de mécanismes volontaires afin de permettre aux consommateurs qui le souhaitent de pouvoir dès aujourd'hui bénéficier de *matching* horaire³¹ entre production et consommation. EnergyTag a travaillé avec plus de cinquante entreprises à la création du standard de certificat et *matching* horaire sur les trois dernières années, et dont la [deuxième version a été publiée en mars 2024](#).

Carbone 4

<https://www.carbone4.com/>

Le groupe Carbone 4 accompagne la transformation du monde vers la décarbonation, la préservation de la biodiversité et l'adaptation au changement climatique. Trait d'union entre l'excellence scientifique et le monde économique, Carbone 4 aide ses clients à appréhender le monde qui se dessine, avec lucidité et enthousiasme.

Carbone 4 sert deux missions :

- guider et éclairer le changement vers des stratégies assurant pérennité et résilience dans un monde soumis aux bouleversements climatiques, à des ressources finies et à l'érosion de la biodiversité,
- donner le pouvoir aux acteurs de se transformer en intégrant les contraintes des limites physiques planétaires, et de relever les défis associés.

³¹ "*matching* horaire" dans tout ce document signifie *matching* entre production et consommation sur un pas de temps horaire ou sub-horaire (30 minutes, 15 minutes ou moins).

Granular Energy

<https://www.granular-energy.com/>

Granular Energy est un fournisseur de logiciels de gestion de l'énergie verte et des garanties d'origine. Face à la demande de transparence accrue des consommateurs, Granular Energy aide les fournisseurs d'électricité à lancer une nouvelle génération d'offres de fourniture d'électricité.

La plateforme de gestion d'énergie verte de Granular Energy rationalise les processus existants, réduit les risques et offre une transparence inégalée aux consommateurs finaux au niveau annuel, mensuel, journalier ou infra-horaire. Utilisée par plus de 30 fournisseurs dans 10 pays, notre plateforme a permis le développement des plus grands programmes de matching horaire au monde.