

LES ÉOLIENNES ONSHORE PEUVENT- ELLES RÉDUIRE SUFFISAMMENT LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE EN WALLONIE ?



Avec le soutien de la

FÉDÉRATION
WALLONIE-BRUXELLES



Une analyse réalisée par

PIERRE BONIVER

Professeur à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes Commerciales

Daniel Bacquelaine, Administrateur délégué du CJG
Axel Miller, Directeur du CJG
Corentin de Salle, Directeur scientifique du CJG

2023

Avenue de la Toison d'Or 84-86
1060 Bruxelles
Tél. : 02.500.50.40
cjg@cjg.be
www.cjg.be

**LES EOLIENNES ONSHORE
PEUVENT-ELLES RÉDUIRE
SUFFISAMMENT LES ÉMISSIONS
DE GAZ A EFFET DE SERRE
EN WALLONIE ?**





MISE AU POINT PRÉALABLE

Cet article est le résultat de l'analyse factuelle d'études d'incidences sur l'environnement relatives à plusieurs projets de parcs éoliens en région wallonne.

L'expertise qui le sous-tend s'est construite essentiellement à partir de l'examen des techniques et des données déclarées par les promoteurs des projets éoliens actuellement réalisés ou en voie de l'être.

L'objectif de l'article consiste donc en l'analyse des éléments constituant un dossier.

Il n'appartient pas à l'auteur d'augurer des tendances futures qui tiendraient compte de nouvelles technologies adjacentes à l'éolien telle que le stockage par batteries ou l'augmentation significative de la taille des machines actuelles.

Le cas échéant, les conclusions seront mises à jour en fonction des nouvelles technologies dont la mise en œuvre effective est prévue dans le cahier des charges de chaque promoteur.

INTRODUCTION : LEVER UNE AMBIGUÏTÉ

Dans sa brochure « Le développement éolien en Wallonie »,¹ le Service Public Wallon déclare : « l'éolien **soulage** la production d'énergie traditionnelle polluante ».

En réalité, les centrales à gaz qui sont « soulagées » par l'éolien ne sont pas des centrales traditionnelles.

Il s'agit de centrales à gaz dont la technologie est inspirée de celle d'un réacteur d'avion : le gaz qui s'y engouffre est comprimé, explose, et propulse les aubes d'une turbine couplée à un alternateur. Les produits gazeux de réaction - dont le CO₂ - s'échappent à l'air libre **sans récupération de leur chaleur**. Ce qui explique le **mauvais rendement** de ce type de centrale. Leur avantage sur les centrales traditionnelles est la rapidité avec laquelle elles se mettent à produire après leur mise à régime - moins d'une dizaine de minutes à pleine puissance. Cette rapidité leur permet de répondre de manière flexible aux convulsions de la puissance éolienne. On les appelle les centrales **backup**.

S'il n'y avait pas d'éoliennes, ce type de centrale n'existerait pas.

L'ambiguïté entretenue par les promoteurs éoliens autour du terme « centrale à gaz » sert à masquer le comportement très peu vertueux des centrales *backup* qui accompagnent l'éolien et la très maigre contribution de leur mariage forcé à la réduction des émissions des gaz à effet de serre.

C'est ce que nous nous proposons d'argumenter et chiffrer.

Remarques préalables :

- Nous entendons mettre en lumière les erreurs ou les manipulations inhérentes à un discours qui promeut l'éolien sans le mettre en perspective dans le paysage énergétique global.
- Comme l'électricité fournie par le réseau de distribution n'est pas stockée, d'une part toute production doit être aussitôt consommée et d'autre part, si la puissance nécessaire pour assurer une consommation donnée vient à faire défaut en tout ou partie de la part d'une source de production, le relais doit immédiatement être pris par une autre source pour assurer la continuité de l'approvisionnement. Dans cet article, nous fixons cette puissance à 1 MW par facilité pédagogique.

1. « Le développement éolien en Wallonie » - Brochure réalisée par « Wallonie SPW Energie » - Non clairement datée, mais comme on y trouve des tableaux de production chiffrés jusque l'année 2021, on suppose que la brochure a été éditée au plus tôt en 2022



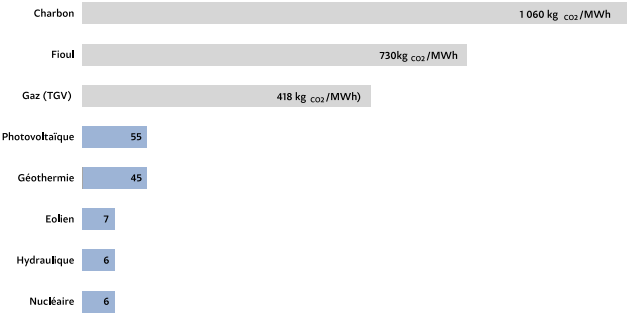
L'INTENSITÉ CARBONE, NOTRE FIL CONDUCTEUR

Qu'est-ce que l'intensité carbone ? L'intensité des émissions de CO₂, appelée **intensité carbone** (abréviation **IC**), est le rapport entre la masse de CO₂ émise par une source de production d'électricité et sa production proprement dite. L'unité courante de l'intensité carbone est le kgCO₂/MWh.

L'intérêt de l'indicateur « intensité carbone » est qu'elle permet de classer les émissions de CO₂ des systèmes ou filières de production électrique dans une région ou un pays donné, généralement en ordre décroissant. Ainsi, la figure 1 en représente l'inventaire pour la France.²

FIGURE 1

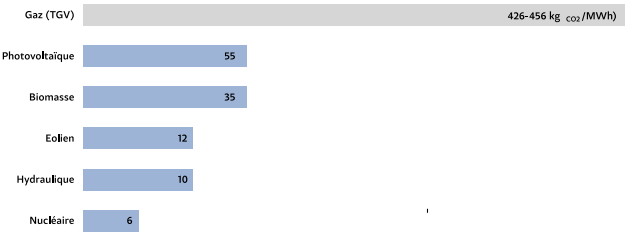
Filières de production électrique - Source Base Carbone Ademe (France)



Le tableau adapté à la Wallonie est représenté sur la figure 2.

FIGURE 2

Les principales filières de production et leur intensité carbone



Les chiffres et les échelles sont approximatifs et ne font référence à aucune statistique officielle. Par ailleurs, précisons que ce qui est important dans ce qui va suivre, ce sont les ordres de grandeur et les systèmes déclarés. Nous verrons plus loin (figure 7) que ce dernier tableau n'est, structurellement, ni complet ni conforme à la réalité.

2. ADEME : Agence de la transition écologique (France), anciennement Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

PREMIÈRES OBSERVATIONS

Tout système dont l'IC (intensité carbone) est inférieure à celui d'un autre système présente un avantage environnemental sur ce dernier. C'est ce que peut faire valoir l'hydraulique par rapport au gaz, par exemple. Les promoteurs de l'éolien vantent les économies de CO₂ réalisées par les MWh de leurs machines par rapport à ceux des centrales TGV conventionnelles (12 contre 426-456 kgCO₂/MWh). Nous verrons plus loin que la réalité n'est pas si rose. **C'est l'objet de cette analyse.**

Pour qu'un système producteur d'électricité intégrant le système global d'une région ou d'un pays puisse prétendre contribuer à la réduction des GES dans les années à venir, son intensité carbone doit nécessairement être inférieure à l'intensité moyenne du système de production global qu'il rejoint.

Dans la négative, la composante que constitue le système entrant va se diluer dans le système global et augmenter son empreinte carbone par augmentation de l'IC global. C'est le risque avec les centrales à charbon en Allemagne.

Inversement, si on enlève définitivement une composante à faible intensité carbone d'un système de production global à intensité carbone supportable, cela produit une conséquence identique qui est tout autant préjudiciables à l'intensité carbone du mix énergétique résiduel. Ce serait le cas avec la disparition des centrales nucléaires.

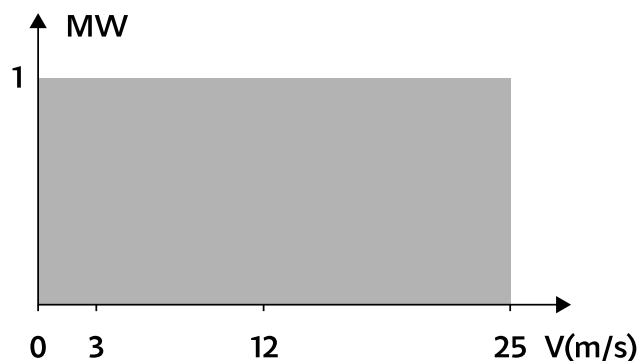
LA CENTRALE À GAZ CONVENTIONNELLE TGV, UN SYSTÈME DE PRODUCTION ÉLECTRIQUE AUTONOME

Bien avant l'installation des éoliennes, les centrales à gaz faisaient déjà partie du paysage énergétique wallon. Les centrales conventionnelles auxquelles la Commission Wallonne pour l'Energie (CWAPE)³ fait référence sont des centrales TGV (Turbine **G**az **V**apeur). Ce type de centrales à gaz fonctionne en tant que système de production électrique **autonome**, par opposition aux centrales flexibles ou *backup*, asservies aux convulsions du vent par l'intermédiaire de l'éolien qu'elles assistent (voir page 5).

L'intensité carbone d'une centrale TGV conventionnelle se monte à **456 kg** de CO₂ par MWh. Il s'agit d'un indice constant fixé en 2006 par la CWAPE. C'est par ailleurs le chiffre utilisé pour l'attribution des certificats verts.

FIGURE 3

Courbe de puissance d'une centrale TGV



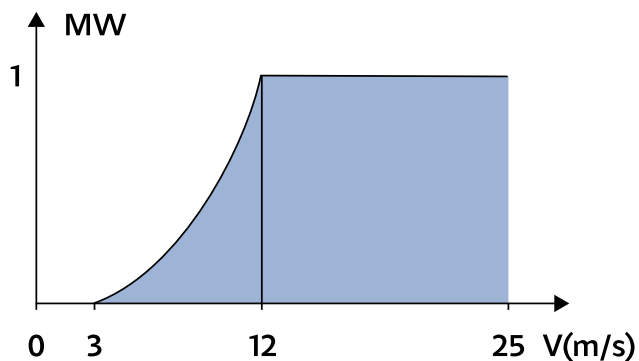
Il n'y a pas de « courbe » à proprement parler parce que la centrale TGV constitue un système autonome et, dès lors, sa puissance (nominale) est constante (1 MW). Elle n'est pas liée à celle de l'éolien, elle ne dépend pas de la vitesse du vent (figure 3).

3. CWAPE - Commission Wallonne Pour l'Energie - Version .2.3 de juin 2003 : Le régime des Certificats Verts. Rapport annuel spécifique 2006, CD-7i04-CWAPE sur l'évolution du marché des certificats verts, 2007

L'ÉOLIEN, UN SYSTÈME DE PRODUCTION ÉLECTRIQUE INCOMPLET

FIGURE 4

Courbe de puissance d'une éolienne



La puissance d'une éolienne dépend du cube de la vitesse du vent dans des limites dictées par la résistance mécanique des pales du rotor. Par rapport à la figure 3, la figure 4 fait apparaître **un manque de puissance pour toute vitesse de vent inférieure à 12 m/s**. Signalons que la vitesse moyenne du vent en Wallonie dépasse rarement 6,5 m/s à 100 mètres de hauteur.

Cela veut dire que **même en présence d'un vent moyen de 6,5 m/s**, pour assurer le MW constant de la figure 3, il faut l'appoint d'une **puissance complémentaire**, et pas seulement, comme d'aucuns le laissent entendre, quand il n'y a pas de vent.

LE BACKUP, CENTRALE À GAZ D'APPOINT, UN SYSTÈME DE PRODUCTION ÉLECTRIQUE ASSERVI AU VENT

On n'imagine pas une centrale TGV installée pour fonctionner en mode intermittent et souvent hors de la plage de ses rendement et puissance optimaux. Ce serait économiquement intenable.

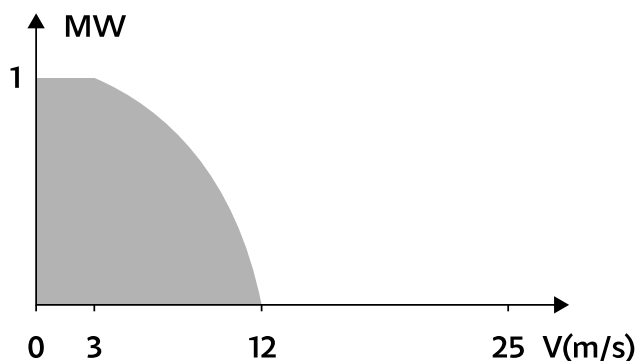
Afin de motiver les « gaziers » à construire ou convertir des centrales TGV en unités *backup*, l'Etat a mis en place le mécanisme de rémunération (ou réservation) de capacité (CRM). Ainsi, quand une unité *backup* fonctionne au ralenti en vue de tenir disponible sa capacité de produire quand le vent déclinera, l'investisseur reçoit une compensation de l'Etat.

Ces centrales flexibles sont moins performantes et ont une intensité carbone nettement supérieure à celle d'une centrale TGV. Nos calculs conduisent à une IC de quelque 630 au lieu de 456 kgCO₂/MWh.

En vue d'assurer une puissance de 1 MW constante, la complémentarité nécessaire des systèmes éolien et *backup* livre la courbe de puissance de la centrale *backup* (figure 5).

FIGURE 5

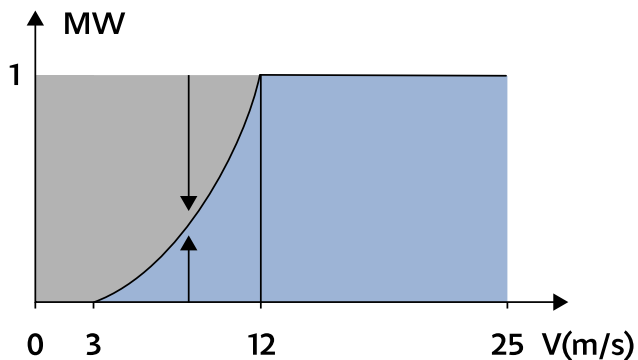
Courbe de puissance d'une centrale backup



LE SYSTÈME ÉOLIEN/BACKUP, UN SYSTÈME HYBRIDE AUTONOME

FIGURE 6

Courbe de puissance du système éolien/backup



Nous avons vu que, pour assurer une puissance continue de 1 MW à la manière d'une centrale TGV (figure 3), l'éolien seul ne peut assurer une production électrique continue sans l'appoint du gaz. Par conséquent, **l'éolien ne peut pas être considéré comme un système de production électrique autonome. En réalité, il n'est que la composante du système hybride vent/gaz.**

La figure 6 fait clairement apparaître qu'avec une vitesse de vent - fréquente en Wallonie - inférieure à 12 m/s, l'éolienne et la centrale *backup* fonctionnent **simultanément**.

BILAN CARBONE (CO₂) ANNUEL DU SYSTÈME HYBRIDE ÉOLIEN/BACKUP

A partir des courbes de puissance d'une éolienne et de la centrale backup conjuguée ainsi que des données émanant d'organismes wallons (CWaPE,⁴ CREG⁵ et APERe⁶ devenu EDORA⁷) bien au courant des énergies du vent et du gaz, nous avons calculé la masse annuelle de CO₂ émise par le système hybride éolien/backup.

Le tableau ci-après donne la synthèse des résultats relatifs à une éolienne Enercon E138 (Puissance nominale 4,2 MW / Diamètre 138 m / Hauteur totale 200 m / Vitesse moyenne du vent au niveau du rotor 6,4 m/s) sur le site Lierneux-Manhay.

En jaune, on trouve l'intensité carbone de la centrale backup (631) et l'intensité carbone de l'éolienne (12) parce que toute éolienne a un impact sur l'environnement qui n'est pas neutre.

La cellule colorée en bleu représente l'intensité carbone du système hybride éolien/backup.

La cellule colorée en rouge représente la masse annuelle de CO₂ émise par le système éolien/backup.

Schéma récapitulatif des IC (intensité carbone) et émissions de CO₂ d'un système hybride éolien/backup

Site de Lierneux-Manhay

Eolienne : E138

Puissance (MW) 4,2

Backup	
Graphe de Kent Hawkins	
E _{GP} (MWh)	7242
(CO ₂) _{GP} (kg)	4567150
IC _{GP} (kg CO ₂ / MWh)	631

Résultats pour une seule éolienne

Eolienne	
Rendement global R _v = 75,62 %	
E _s (MWh)	9671
(CO ₂) _v (kg)	116052
IC _v (kg CO ₂ / MWh)	12

Système hybride éolien/ backup

(E _{GP} + E _s) (MWh)	16913	
(CO ₂) _(GP+v) (kg)	4683202	> Masse de CO ₂ émise par année
IC _{v/G} (kg CO ₂ / MWh)	277	4683

4. Le régime des certificats verts - CWaPE - <https://energieplus-lesite.be/wp-content/uploads/2010/08/MecanismeCertificatVertJuin2003.pdf>
5. CREG - Commission de régulation de l'électricité et du gaz - Etude (F) 150604-CDC-1422 - 4 juin 2015, sur "Les mesures à prendre afin de disposer du volume adéquat de moyens de production conventionnels pour assurer la sécurité d'approvisionnement en électricité de la Belgique". Une des motivations de la mise en place d'un mécanisme de rémunération de la capacité (CRM) est de gérer l'intermittence de la production des RES (renewable energy sources)
6. APERe : Efficacité des éoliennes - Analyse rédigée par Bruno Claessens, version du 18 mars 2013
7. EDORA - Fédération de l'Energie D'Origine Renouvelable et Alternative : Contre-vérité - L'éolien produit du CO₂ / Le bilan carbone d'une éolienne. 10/02/2017

COROLLAIRES

Par MWh produit, le système éolien/backup émet 277 kgCO₂. Comparé aux 456 kgCO₂/MWh émis par une centrale TGV, on se trouve avec un système de production hybride qui peut difficilement revendiquer qu'il assure une limitation significative de la consommation d'énergie fossile (à peine 40 % de moins).

La déclaration suivante, fréquemment utilisée par les promoteurs quand ils présentent un projet de parc éolien, est incomplète et inexacte :

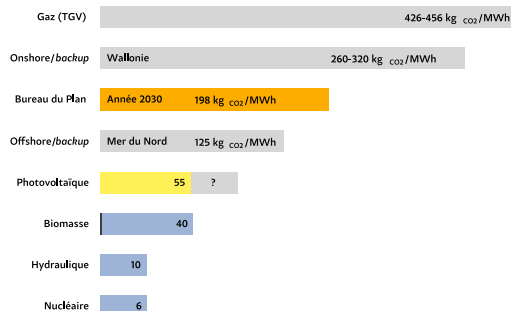
Le projet comporte 6 éoliennes d'une puissance de 4,2 MW par machine. Ce parc permettra de produire environ 58 GWh/an, ce qui équivaut à la consommation moyenne de 16.550 ménages. On constate que le parc éolien permet une économie d'environ 26.400 tonnes de CO₂ par an par rapport à une centrale TGV conventionnelle.

Cette déclaration doit être plus exactement remplacée par la suivante :

Le projet comporte 6 éoliennes d'une puissance de 4,2 MW par machine. Ces 6 éoliennes sont soutenues par l'appoint d'une centrale à gaz (backup) nécessaire pour compenser les carences du vent. Ce parc permettra de produire environ 58 GWh éoliens auxquels il faut ajouter 43,5 GWh gazeux, ce qui équivaut à la consommation moyenne de 29.000 ménages sans risque de coupure d'électricité. On constate que le système hybride constitué par le parc éolien et la centrale backup émet 28.128 tonnes de CO₂ par an.

FIGURE 7 : INSERTION DU SYSTÈME ÉOLIEN/BACKUP DANS LES FILIÈRES DE PRODUCTION ÉLECTRIQUE

Indices carbone des principaux systèmes autonomes de production électrique (officiellement déclarés)



La filière éolienne, absente du tableau, a rejoint le système éolien onshore/backup parce qu'elle en est la composante intrinsèque. Si nous l'avions laissée seule comme dans la figure 2, nous aurions dû nécessairement ajouter une ligne grise « Backup » au-dessus de la ligne « TGV » avec l'intensité calamiteuse de 630 kgCO₂/MWh.

Nous avons distingué l'intensité carbone pour l'éolien en Wallonie (Onshore/backup) et l'intensité carbone pour l'éolien en mer du Nord (Offshore/backup), déduites de notre feuille de calculs (Eolienne E138).

La ligne « Bureau du Plan » représente l'intensité carbone moyenne en 2030 et sera expliquée un peu plus loin.

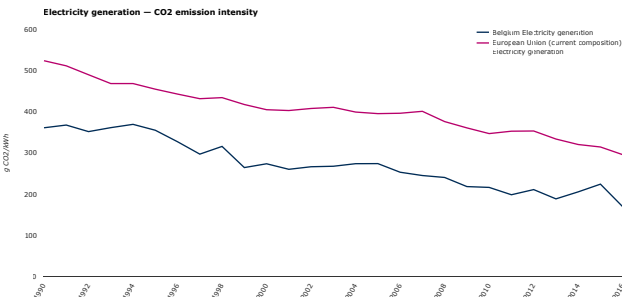
Signalons que la filière photovoltaïque devrait connaître le même sort parce que, comme l'éolien, elle a besoin de l'appoint, au moins nocturne, de centrales backup. Mais, ce n'est pas l'objet de la présente analyse.

INTENSITÉ CARBONE DU SYSTÈME ÉOLIEN/BACKUP ET RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GES (CO₂)

Revenons à la seconde observation faite précédemment : pour qu'un système producteur d'électricité intégrant le système global d'une région ou d'un pays puisse prétendre contribuer à la réduction des GES dans les années à venir, son intensité carbone doit nécessairement être inférieure à l'intensité moyenne du système de production global qu'il rejoint.

Considérons le graphe de l'évolution des intensités carbone moyennes de la Belgique depuis 1990 jusqu'à 2016, extrait de l'Agence Européenne de l'Environnement (figure 8).

FIGURE 8 : EN BLEU, ÉVOLUTION DES IC MOYENS DE LA BELGIQUE DEPUIS 1990



La décroissance de l'IC moyen belge se trouve confirmée par le Bureau du Plan (figure 9, p17).

L'intensité carbone moyenne prévue pour l'année 2030 est égale à 198 tCO₂/GWh (ou kgCO₂/MWh), passant à 165 à l'horizon 2050. Introduisons ces prévisions dans un tableau à côté des IC onshore et offshore.

IC (kgCO ₂ /MWh)	2023	2030	2050
Onshore Wallon	260-320	260-320	260-320
Belgique	± 196	198	165
Offshore	125	125	125

Le système éolien/backup en conditions onshore wallon affiche une intensité carbone supérieure (260 à 320) à celle de la moyenne (198) de l'ensemble du système global (belge). Par conséquent, le système éolien/backup en conditions onshore wallon ne peut prétendre contribuer à la réduction des gaz à effet de serre ni en 2030 et encore moins en 2050.

Seul le système éolien/backup en conditions offshore peut prétendre à une réduction des émissions de GES (125 < 198 kgCO₂/MWh) pour l'année 2030, et même 2050.

Et pour épiloguer, une métaphore : **pour refroidir la tasse du climat, peut-être faudrait-il commencer par ne plus lui ajouter de l'eau plus chaude...**

FIGURE 9

Indicateurs relatifs à la production d'électricité

	2015	2030	2050
Rendement moyen de la production thermique (%)	44,4	51,5	53,8
Taux d'utilisation moyen de la capacité (%)	38,6	41,5	36,8
Part des importations nettes d'électricité (%)	23,9	26,6	18,5
Électricité à partir de centrales de cogénération (%)	17,3	18,1	12,4
Électricité à partir de SER (y compris les déchets) (%)	23,3	38,6	46,7
Capacité installée (GW)	19,9	19,6	28,7
Charge de pointe (GW)	12,9	14,3	16,7
Intensité en carbone (tCO ₂ /GWh _{el} +th)	194	198	165

Source : PRIMES. Note : SER = sources d'énergie renouvelables.



Centre Jean Gol

*Avenue de la Toison d'Or 84-86
1060 Bruxelles*

*02.500.50.40
info@cjg.be*

www.cjg.be

Mise en page : Maurane Baliez

Editeur responsable : Richard Miller, Avenue de la Toison d'Or 84-86, 1060 Bruxelles