

Eoliennes, section GE.  
Durée 2h, Une feuille manuscrite recto-verso autorisée,  
calculatrices autorisées.

2 novembre 2021

## Parc éolien de Chamole

### 1 Introduction

#### 1.1 Extrait de Ouest-France, 29/09/2018

*Les plus hautes éoliennes de France inaugurées dans le Jura.*

*Les six colosses de béton, inaugurés hier, à Chamole, dans le Jura, s'élèvent à 193 mètres. Leurs pales sont censées produire l'équivalent de la consommation électrique de 12 000 foyers.*

Elles ont commencé à tourner en décembre, après un an de travaux. Les plus hautes éoliennes de France ont été inaugurées samedi à Chamole (Jura). Érigées sur les terres agricoles et dans les bois de cette commune de 170 habitants, elles dominent le premier plateau jurassien, avec une hauteur en bout de pale de 193 mètres.

« C'est une grande satisfaction, l'aboutissement de dix ans de travail avec des acteurs qui croient en la transition écologique », s'est réjoui Fabrice Gourat, président d'Intervent, bureau d'études mulhousien en charge du développement du parc éolien. Lancé en 2007, le projet réunit Intervent, l'allemand Enercon, qui a construit les éoliennes et en assure la maintenance, des investisseurs privés et des collectivités locales, dont la commune de Chamole.

« Il n'y a pas eu d'opposition. On a pris les devants, échangé avec les riverains et on les a intégrés au projet », a expliqué Jean-Louis Dufour, maire de Chamole. Environ 630 personnes ont ainsi investi près d'un million d'euros dans une société en charge du financement et l'exploitation de l'une des éoliennes. Elle servira à l'avenir au développement d'autres projets autour des énergies renouvelables.

Les trois pales de chaque édifice sont accrochées à un impressionnant rotor de 115 mètres de diamètre. Les éoliennes atteignent leur puissance maximale lorsque le vent souffle à 12 m/s à hauteur des nacelles, situées à 135 mètres, « un phénomène très régulier », estime Hartmut Schulteis, chargé de l'exploitation du parc pour Enercon. « Au sol, la vitesse du vent est bien moindre que dans d'autres régions, mais ces éoliennes sont les plus hautes de France pour aller chercher cette vitesse », détaille-il.

La production électrique attendue est de près de 33 millions de kWh par an, suffisant pour alimenter les communes environnantes en « électricité propre et renouvelable », selon les porteurs du projet. « Cela permettra d’éviter le rejet de 2 300 tonnes de gaz à effet de serre dans l’atmosphère chaque année », estiment-ils.

Le parc éolien de Chamole a nécessité un investissement total avoisinant 32 millions d’euros. Un contrat a été signé avec EDF pour le rachat de l’électricité, qui « permettra de rembourser les financements en quinze ans », selon Fabrice Gourat.

## 1.2 Compléments

D’après le site [eolienne-chamole.fr](http://eolienne-chamole.fr), une éolienne coûte dans les 5 millions d’euros : « Ce montant s’entend tout compris : l’éolienne bien sûr, mais aussi les travaux de terrassements, de réalisations de plateformes, de chemins —provisaires ou définitifs— de fouilles pour les raccordements sur Arbois et Poligny, les coûts de transport des composants, des travaux de construction, les études préalables de développement, les honoraires de notaires, huissiers, géomètres, etc ».

On dispose sur d’un suivi de production sur trois an (2018 étant une année de mise au point) pour une des éoliennes, fourni en Fig. 1.

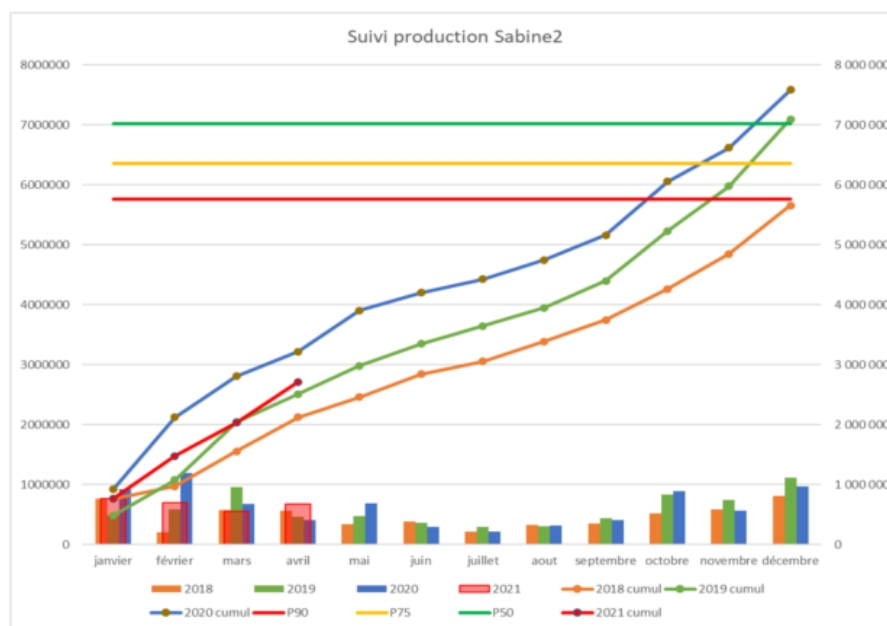


FIGURE 1 – Suivi de production de l’éolienne sabine2 du parc de Chamole. Issu de [eolienne-chamol.fr](http://eolienne-chamol.fr). On supposera que ce graphique, établi par un clown, possède un axe des ordonnées gradué en kWh. En revanche, aucune idée pour la signification de « P90 », « P75 », et « P50 ».

Toujours d’après le site internet [eolienne-chamole.fr](http://eolienne-chamole.fr) : « Il n’y a qu’un type de recette : la vente d’électricité. Lorsque l’autorisation de construire a été donnée, le tarif d’achat fixé par l’État était de 83 euros / MWh, soit 8.3 centimes / kWh. Ce tarif est réévalué selon une formule réglementaire qui tient partiellement compte de l’inflation. Cette rémunération

est garantie sur 15 ans. Cela a permis de rassurer les citoyens-investisseurs et la banque sur la pérennité de la recette ».

## 2 Questions

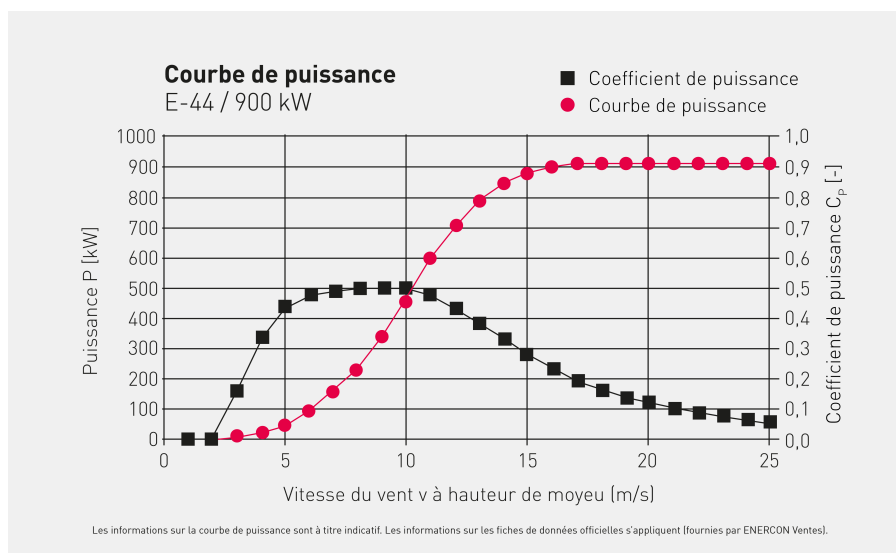


FIGURE 2 – Courbe de  $C_p$  et de puissance typique d’une éolienne : **attention, ici, c’est le modèle Enercon-44 il ne s’agit pas de celle de l’exercice !**

1. On parle dans l’article de 33 millions de kWh par an et de la consommation électrique (annuelle) de 12000 foyers. Donner la consommation annuelle du « foyer-type » qui a été retenue pour ce calcul. Cela vous semble-t-il élevé ou pas ? Ce foyer-type se chauffe-t-il d’après vous à l’électricité ?
2. A partir des données de cet article, estimer la puissance maximale de ces éoliennes (on prendra un coefficient de puissance  $C_p \simeq 0,28$  pour le point de fonctionnement à puissance maximale<sup>1</sup>, voir Fig. 2).
3. La vitesse angulaire spécifique est de 6.4 pour un vent de 12 m/s : calculer la vitesse de rotation en tours par minute.
4. Calculer la production annuelle du parc possible si les éoliennes fonctionnaient toute une année à leur puissance maximale.
5. On définit le facteur de charge annuel comme le rapport entre la production annuelle effective et la production annuelle du parc possible si les éoliennes fonctionnaient toute une année à leur puissance maximale. Quel est, d’après l’article, le facteur de charge escompté ? (pour information, celui des centrales nucléaires françaises est de 69% en 2019, celui des 3 plus gros parcs éoliens offshore en mer du nord (moyenné sur 10 ans) est de l’ordre de 38%, le facteur de charge moyen éolien en France est de 24.7% en 2019 et celui du solaire photovoltaïque est de 13.5%.)

1. Une éolienne est généralement dessinée avec son maximum de  $C_p$  pour la moitié de sa puissance maximale

6. A partir des données de la figure 1, calculer le facteur de charge des années 2018, 2019, 2020, et une fourchette de facteur de charge mensuelle (mini/maxi).
7. Vérifier la conformité entre le prix de vente du MWh d'électricité et le retour sur investissement de 15 ans évoqué.
8. Calculer le chiffre d'affaire de la vente d'électricité en 2020 à ce prix. Cela vous semble-t-il élevé ou pas ?