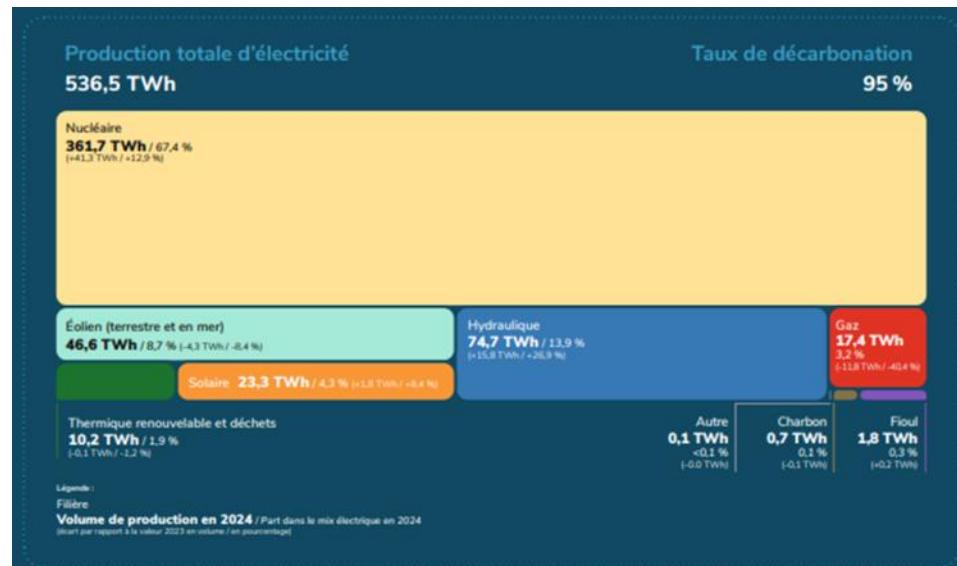


# TD Energie Climat

## I) TD 1 - Production Energétique



- 1) A partir des données fournies par RTE ci-dessous, déterminer le % de la part des énergies renouvelables dans la production d'énergie électrique totale française.

Le facteur de charge d'une unité de production électrique est le ratio entre l'énergie qu'elle produit sur une période donnée et l'énergie qu'elle aurait produite durant cette période si elle avait constamment fonctionné à puissance nominale : donner le taux d'utilisation du parc nucléaire et du parc hydraulique et comparer avec celui du parc éolien et du parc photovoltaïque. Quelles sont vos conclusions ?

## II) TD 2 – Climat et GES

Lors de réunions telles que la COP 21 (2015, Accords de Paris), les États se sont engagés à diminuer drastiquement leurs émissions de gaz à effet de serre, notamment le CO<sub>2</sub>, pour maintenir la hausse des T° sous la barre des 2°C.

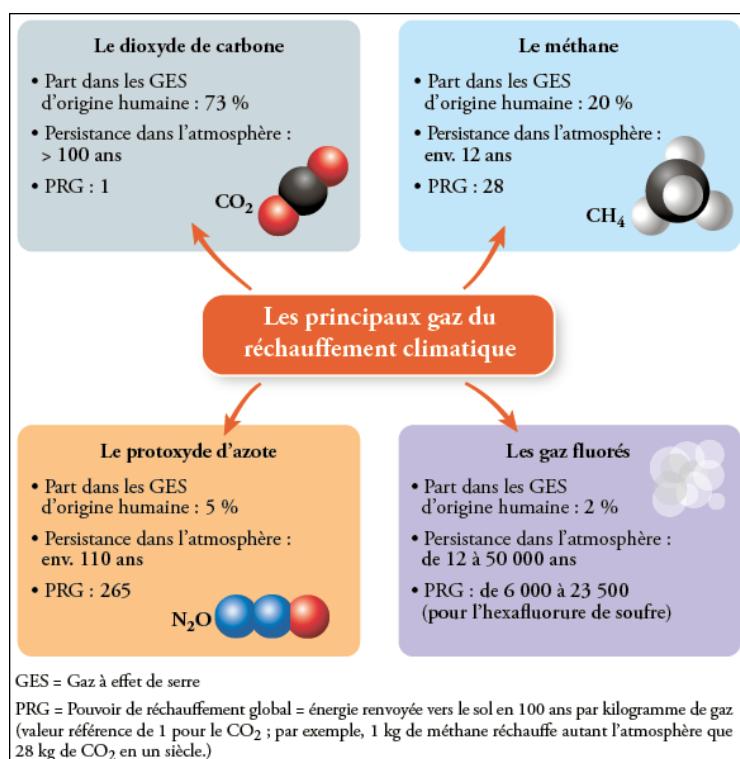
Pour 2030, l'UE s'est engagée à baisser ses émissions de CO<sub>2</sub> de -55% vs 1990 :

- 1) Quels sont les 2 leviers disponibles pour baisser les émissions de l'UE ?
- 2) En 1990, les émissions de GES (avant absorption par les puits de carbone) de l'UE étaient de 3,87 Gt. En 2018 les émissions étaient de 3,05 Gt. L'UE est-elle sur la bonne trajectoire ?
- 3) En quelle année l'UE pourrait-elle son objectif de -55% si la baisse des émissions poursuit son rythme actuel ?
- 4) Rappeler ce qu'est l'effet de serre et le rôle que jouent les GES dans ce phénomène naturel

L'effet de serre est un mécanisme ..... qui se produit en plusieurs étapes. Le soleil envoie de ..... sous forme de ..... à la terre. Une fois réchauffée, la Terre rejette la chaleur vers ..... La chaleur est retenue par des gaz présents dans l'atmosphère, les ..... On les appelle ainsi, car comme dans une serre de jardin, ils ..... l'énergie et la renvoient vers la Terre. Sans cela, la température sur Terre serait de ..... au lieu de .....

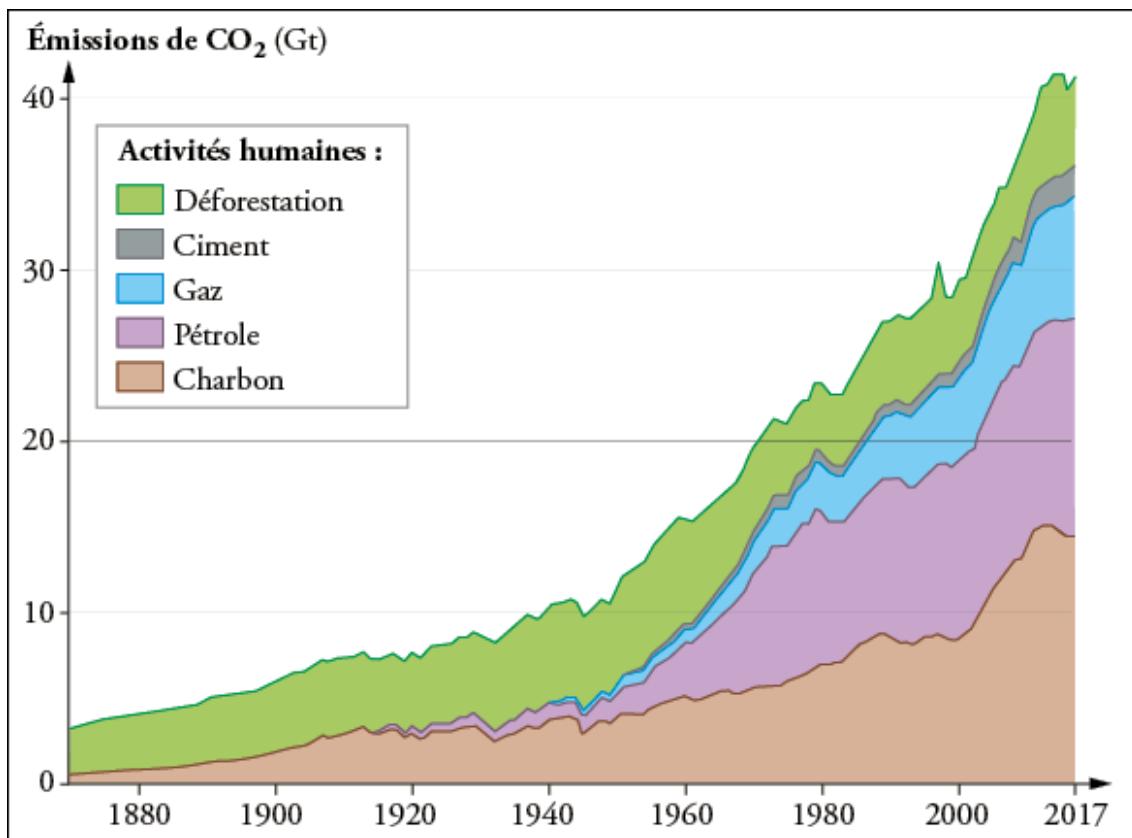
Mots à remplacer dans le texte: **-18°C / gaz à effet de serre / l'espace / rayonnements / naturel / 15°C / emprisonnent / l'énergie**

- 5) Quelle est la conséquence de l'élévation de la quantité de GES dans l'atmosphère ?
- 6) Pourquoi cherche-t-on principalement à limiter les émissions de CO<sub>2</sub> ? Quels sont les autres leviers ?



7) D'après le document ci-dessous (GIEC : émissions de CO<sub>2</sub> et activités humaines depuis 1850) :

- a. Quelle est l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'activité humaine entre 1850 et 2017 ?
- b. Quelle est la part de l'utilisation des sources d'énergie fossiles dans ces émissions en 2017 ?
- c. Expliquer la relation entre utilisation des sources d'énergies fossiles et émissions de CO<sub>2</sub> et les stratégies à adopter afin de limiter celles-ci.



### III) TD 3 Mix Energétique – Pilotable et Intermittent, cas du nucléaire et de l'éolien

Les Hauts-de-France disposent d'un parc nucléaire (CNPE de Gravelines : 6 réacteurs de 900 MW chacun) et d'un grand parc éolien (Fruges : 70 éoliennes de 2 MW chacune).

Le prochain parc, Centre Manche 2, dont les travaux doivent débuter vers 2027, deviendra le plus grand parc éolien de France, avec une puissance installée de 1500 MW (100 éoliennes de 15 MW de puissance unitaire).

#### FICHE TECHNIQUE D'UNE ÉOLIENNE DU PARC DE FRUGES

Puissance nominale (conditions optimales) : 2,3 MW

Diamètre du rotor : 71 m

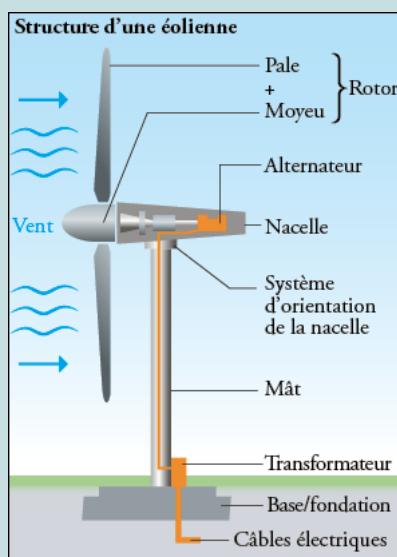
Vitesse de rotation du rotor : 6 à 21,5 tours par minute

La puissance du vent (en W) est donnée par :

$$PV = 12 \times S \times \rho_{air} \times v^3$$

où  $S$  est l'aire balayée par les pales de l'éolienne (en  $m^2$ ),  $\rho_{air}$  est la masse volumique de l'air ( $1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  à  $20^\circ\text{C}$ ) et  $v$  la vitesse du vent (en  $m \cdot s^{-1}$ ).

Plus on monte en altitude et plus la vitesse des vents augmente.



D'après la loi de Betz, on ne peut pas récupérer 100 % de la puissance du vent, mais au maximum une proportion  $C_p$ . Pour une éolienne tri-pales,  $C_p = 0,49$ . La puissance d'une éolienne est donnée par :

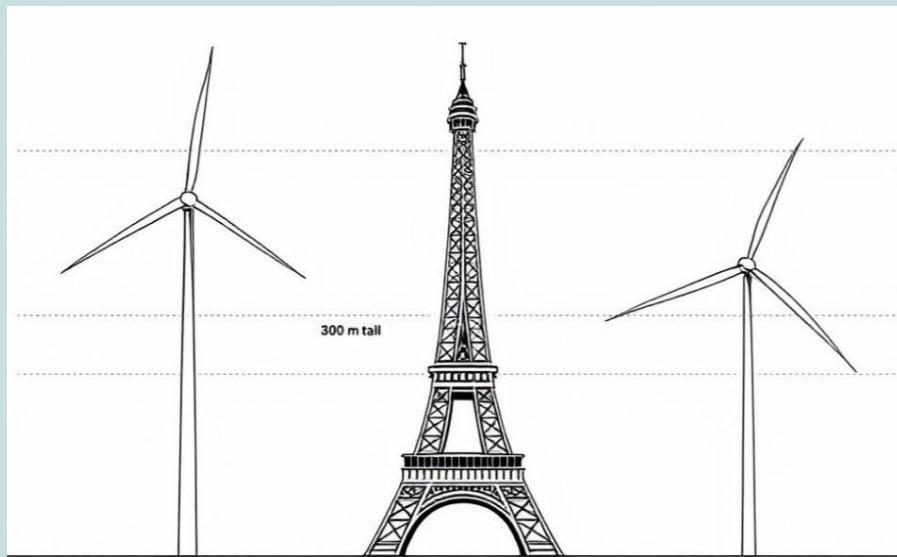
$$P = C_p \times PV$$

Les éoliennes se mettent à tourner lorsque le vent atteint une vitesse de démarrage, en général 14 km/h, et s'arrêtent automatiquement quand les vents dépassent la vitesse d'arrêt, à savoir 90 km/h car cela rendrait l'éolienne (une structure haute) instable et comporterait un danger.

Il serait possible de construire de petites éoliennes capables d'exploiter la moindre brise, mais elles ne produiraient que peu de puissance. En effet, la puissance produite est proportionnelle au carré de la longueur des pales.

Une éolienne offshore (implantée au large des côtes) est de très grande dimension (le diamètre du rotor dépasse désormais les 200 mètres, 300 pour la plus puissante au monde) et elle peut produire environ 15 MW actuellement (record : 26 MW).

En mer, quelle que soit la hauteur, la vitesse du vent est à peu près la même et il n'est pas nécessaire de monter les nacelles très haut. Plus on s'éloigne des côtes, plus le vent est fort et stable.



### EMPREINTE CARBONE COMPARÉE DE SOURCES D'ÉNERGIE

La production d'électricité, sans combustion, par une éolienne n'émet pas de CO<sub>2</sub>, mais qu'en est-il de sa construction, son transport, sa mise en place, son entretien et son démantèlement ?

Une analyse du cycle de vie (ACV) permet de fournir des données précises sur les impacts CO<sub>2</sub>eq de la production d'électricité. Elle prend en compte les impacts écologiques de l'extraction des matières premières, de l'utilisation au recyclage et au retraitement, en les rapportant à un coût en équivalent CO<sub>2</sub> par kilowattheure produit (g CO<sub>2</sub> eq/kWh). Ici en ligne 1 l'amont, en ligne 2 la combustion, lorsque applicable, et en ligne 3 le total, pour chaque source.

Éolien	Éolien en mer	Photovoltaïque	Hydraulique	Géothermie	Nucléaire	Charbon	Fioul	Gaz
14,1 g	15,6 g	43 g	6 g	45 g	6 g	89 g	102 g	67 g
0 g	0 g	0 g	0 g	0 g	0 g	969g	628 g	351 g
14,1 g	15,6 g	43 g	6 g	45 g	6 g	1060g	730 g	418 g

Voir aussi : [www.bilans-ges.ademe.fr](http://www.bilans-ges.ademe.fr)

- 1) Calculer la puissance totale délivrée par l'ensemble des parcs éoliens de Fruges, puis celle du CNPE de Gravelines
- 2) Calculer le nombre d'éoliennes nécessaire (puissance unitaire de 2 et 15 MW) pour produire la même puissance que la centrale nucléaire de Gravelines
- 3) Pour cet exercice, nous retenons le facteur de charge moyen de 85% pour le nucléaire, et de 45% pour l'éolien offshore. Dès lors, quel serait le nombre théorique d'éoliennes nécessaire pour produire autant d'électricité que la centrale nucléaire de Gravelines (pour 2 et 15 MW) ?
- 4) Quelles sont limites de la réponse précédente, et que pourriez-vous proposer si vous deviez remplacer la production électrique générée par le CNPE de Gravelines par une production 100% issue de l'éolien ? Expliquer la différence entre un facteur de charge subi et un facteur de charge choisi.
- 5) Comparez le bilan CO<sub>2</sub> annuel pour chaque parc à partir des données fournies (pour simplifier, nous comparerons le parc nucléaire de Gravelines à un parc éolien de même puissance, en supposant un facteur de charge de 100% dans les deux cas). Quelles sont vos conclusions ?