

CHAP 02 –DEUX SIECLES ENERGIE ELECTRIQUE

TP Φ 2 LES CENTRALES HYDRAULIQUES (K & HISTORIQUE) DE KEMBS

Cette fiche activité documentaire est en partie le travail de ma collègue de physique Madame Tavernier, que je remercie sincèrement pour la mise à disposition de son travail.

A travers l'étude de la centrale K de Kembs, nous allons nous intéresser à l'exploitation du Rhin pour produire de l'électricité



10 grandes centrales hydroélectriques et 2 petites centrales jalonnent le Rhin entre Bâle et Lauterbourg, sur près de 185 kilomètres de frontière commune entre la France, la Suisse et l'Allemagne. Celles exploitées par EDF produisent en moyenne chaque année plus de 8 milliards de kWh, soit les 2/3 de la consommation électrique de l'Alsace (1,8 millions d'habitants).

Centrale hydraulique Strasbourg



Centrale hydraulique Marckolsheim



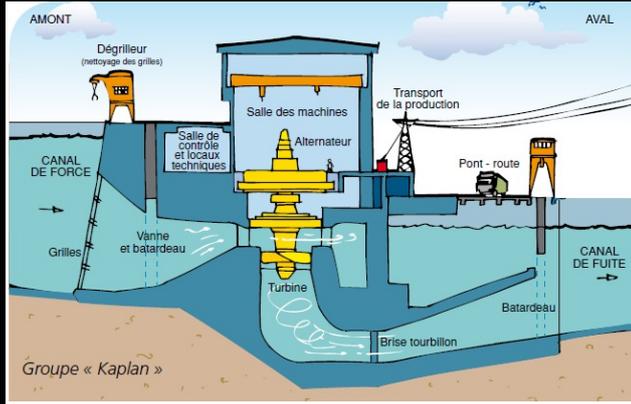
Document 1. Les centrales hydrauliques de Kembs

Actuellement, on distingue deux centrales hydrauliques à Kembs : la centrale historique et la centrale K.

- La **centrale historique hydroélectrique de Kembs** est une centrale hydroélectrique de turbinage au fil de l'eau sur le Rhin à Kembs dans le Haut-Rhin. Il s'agit de la première centrale hydroélectrique sur le Rhin franco-allemand, elle marque le début du Grand Canal d'Alsace. Commencée en 1928, la construction de la 1^{ère} centrale sur le Rhin par "l'Energie Electrique du Rhin" s'est achevée en 1932. Endommagée à deux reprises durant la 2^{ème} guerre mondiale, la centrale a été reconstruite et nationalisée en 1946 avec la création d'EDF. La centrale de Kembs est considérée comme exemplaire de l'architecture industrielle des années 30. Elle délivre une puissance installée de 160 MW.
- A l'automne 2016, la **centrale K** est inaugurée. Elle se trouve à l'entrée du Grand Canal d'Alsace et permet de dériver le débit réservé du Vieux Rhin depuis l'entrée du canal. La lettre K a été choisie en référence :
 - René **K**oechlin, ingénieur français, spécialiste dans la production d'électricité par force hydraulique à l'origine du projet de construction du Grand Canal d'Alsace et des équipements hydroélectriques associés ;
 - **K**raft qui signifie force en allemand, pour la référence à la "force hydraulique" qui permet de produire de l'énergie électrique ;
 - **K**embs, puisque cette centrale fait partie de la nouvelle concession hydraulique de Kembs.



Document 2.
Principe de fonctionnement de la centrale hydraulique



Document 3. La nouvelle centrale K de Kembs en chiffres

- Puissance délivrée $P(K) = 8,4 \text{ MW}$ (2 turbines à axe horizontal d'une puissance $4,2 \text{ MW}$ chacune)
- 2 groupes de production pour un débit moyen de $45 \text{ m}^3/\text{s}$
- 11 m de hauteur de chute
- $E_{\text{Reel}}(K) = 28$ millions de kWh produits par an sans émission de CO_2 .
- 2 passes à poissons (pour la montaison et la dévalaison)
- 5 ans de travaux
- 50 millions d'euros investis

Document 4. Quelques équivalences

Equivalences	Les multiples
1 tep* = $12,0 \times 10^3$ kWh	kilo (k) = 10^3 soit mille
	Méga(M) = 10^6 soit un million
	Giga (G) = 10^9 soit un milliards

*La tonne d'équivalent pétrole (tep) représente la quantité d'énergie contenue dans une tonne de pétrole brut. Cette unité est utilisée pour exprimer dans une unité commune la valeur énergétique des diverses sources d'énergie.

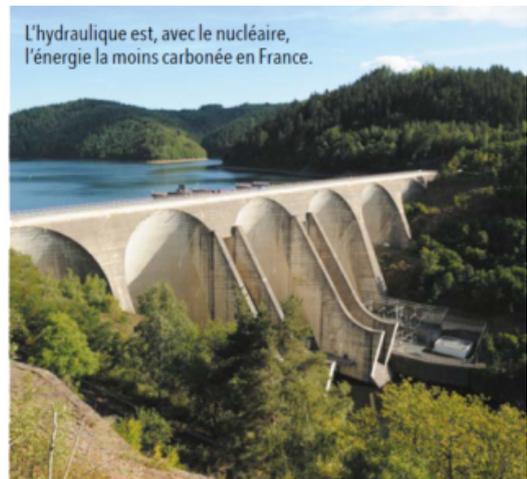
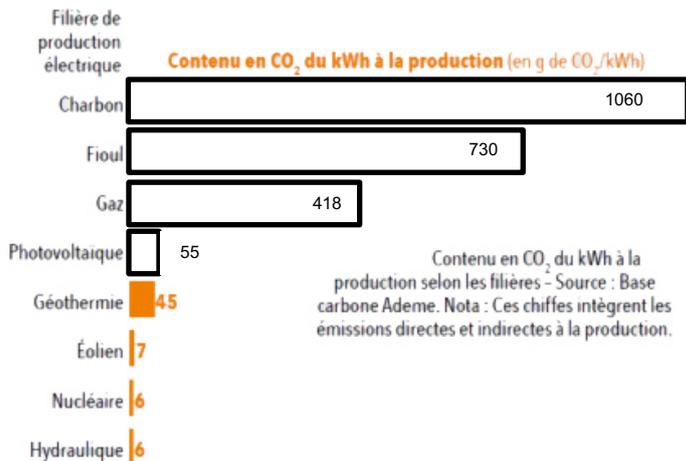
Document 5. Le contenu en CO_2 du kWh.

Face au changement climatique, la baisse des émissions de CO_2 est une priorité majeure. La France, qui fait déjà partie des pays les moins émetteurs de CO_2 par habitant en Europe grâce à son système électrique très décarboné, s'est engagée à poursuivre la réduction de ses émissions.

Sur le total des émissions de GES de la France, environ les deux tiers sont liées à la consommation d'énergie (5 % sont liées à l'électricité, 40 % au pétrole et 20 % au gaz). Pour les réduire, il est bien sûr souhaitable de chercher à consommer moins d'énergie, par des mesures de sobriété et d'efficacité énergétique. Mais nos sociétés continueront à avoir besoin d'énergie et il est donc essentiel d'avoir recours à des vecteurs énergétiques aussi décarbonnés que possible.

Contenu en CO_2 des énergies ?

Les émissions associées à la production et à la combustion d'une tonne de charbon, de pétrole ou de gaz naturel sont connues. En revanche, s'agissant de l'électricité, le sujet est plus complexe et suppose une méthodologie adaptée pour éviter des erreurs de fond dans l'analyse. En effet, la comparaison des émissions des énergies est essentielle, car c'est l'un des éléments majeurs sur la base duquel on doit définir les choix énergétiques et suivre leur mise en oeuvre par les acteurs concernés, que ce soit dans le bâtiment, dans les transports ou dans l'industrie.



L'hydraulique est, avec le nucléaire, l'énergie la moins carbonnée en France.

A°) EN CLASSE : ETUDE DE LA CENTRALE K.

Rendement de la centrale K.

1. Représenter le diagramme énergétique de la centrale hydroélectrique K de Kembs. On fera apparaître les termes puissance utile et puissance fournie. A l'aide du document 3, compléter ce diagramme en faisant apparaître la puissance délivrée P(K) de la nouvelle centrale K.

2. Pour calculer la puissance fournie par l'eau à une turbine, on applique la formule $P_{\text{fournie}}(\text{eau}) = h \times d \times \mu \times g$.

Identifier chaque terme de la formule.

A l'aide du document 3, retrouver la valeur de la chute d'eau h et du débit moyen d.

Appliquer la formule, pour calculer la puissance fournie par l'eau à une turbine. Le résultat s'exprime en MW.

Données. $\mu_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ et $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

3. Dans le document 3, on m'indique que la centrale K est constituée de 2 turbines. En déduire la puissance $P_{\text{fournie}}(\text{eau})$ fournie par l'eau à la centrale K de Kembs. Compléter le diagramme énergétique de la centrale K de Kembs. En déduire la valeur de la puissance perdue.

4. AVANTAGE 1 - Calculer le rendement de la centrale $\frac{P_{\text{Fournie}}}{P_{\text{Reçue}}}$. Commenter

Energie produite par la centrale K – Equivalence tonne pétrole – Rejet GES.

5. On nous indique dans l'énoncé que la centrale K produit une puissance $P = 8,4 \text{ MW}$.

On rappelle la formule pour calculer l'énergie: $E = P \times \Delta t$

Calculer en une année l'énergie théorique produite $E_{\text{Théorie}}(\text{K})$ en **kWh** en supposant qu'elle fonctionne 24h/24h.

On donne 1 année = 9 000 h

6. AVANTAGE 2 – Non rejet de GAS

Au lieu d'une centrale hydraulique, si on avait construit une centrale thermique au charbon ; il y aurait alors émission de GAS (Gaz à Effet de Serre)

Retrouver dans le document 5, la masse de GAS rejetée par kWh produit à partir du charbon. 1kWh Charbon =

En déduire alors la masse de GES non rejetée grâce à l'utilisation de la puissance hydraulique du Rhin pour faire fonctionner cette centrale K.

7. En moyenne, un habitant en France émet par son activité environ 9 tonnes annuelle de CO_2

Calculer le nombre de personnes que la centrale K compense

8. On a montré que l'énergie produite en une année par la centrale K a pour valeur $E_{\text{Théorie}}(\text{K}) = 75,6 \times 10^6 \text{ kWh}$.

On arrondit cette valeur à $E_{\text{Théorie}}(\text{K}) = 75 \times 10^6 \text{ kWh}$.

On définit 1 tep = $12,0 \times 10^3 \text{ kWh}$, la quantité d'énergie contenue dans une **tonne de pétrole brut**.

Exprimer l'énergie en tep de la centrale K.

9. AVANTAGE 3 – Coût exploitation

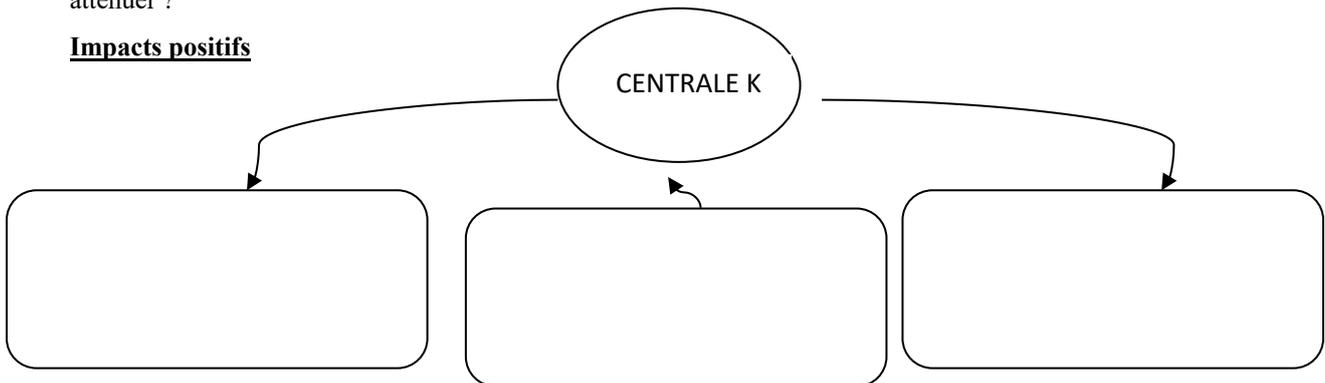
1 tep sur le marché coûte 750 €. Calculer le coût annuel d'une centrale thermique équivalente à la centrale K.

Le projet K coûte dans sa globalité 50 Millions euros. Calculer le nombre d'année nécessaire pour un retour sur investissement.

10. Dans le document 3, on m'indique que la nouvelle centrale thermique K produit « réellement » en un an une énergie $E_{\text{Reel}}(K) = 28$ millions de kWh = 28×10^6 kWh. C'est donc l'énergie consommée par les habitants. Un foyer consomme en moyenne 3 000 kWh par an d'énergie. Calculer le nombre de foyers qu'elle alimente annuellement.

11. Conclure sur l'impact positif de la centrale K. Mais réfléchir aux impacts négatifs environnementaux. Comment les atténuer ?

Impacts positifs



Impacts négatifs & solutions ?

12. (A la maison) Lire le document 6.

Essaye de réfléchir à cette opposition d'idée. Selon certaines personnes « la France est un bon élève et fourni les efforts pour baisser ses rejets en GES » et d'autres affirment « les chiffres sont faux et la France a au contraire augmenté ses rejets en GES ».

Document 6. Combien les Français émettent-ils de tonnes de CO₂?

La France émet moins de CO₂ que les principaux pays développés. C'est grâce à son énergie électrique, essentiellement assise sur le nucléaire. Les dépenses de consommation des ménages ont cependant pour effet d'alourdir l'empreinte carbone hexagonale.

9 tonnes : c'est la quantité annuelle de CO₂ émise en moyenne par un habitant en France selon un rapport publié en 2010 par l'Insee sur l'économie française. Soit l'équivalent de 9 allers-retours Paris-New York en avion ou de 76.500 kilomètres de 4x4 en ville, selon le blog écolo [Green-IT](#).

Le résultat est plutôt positif : la France, qui représente 1% de la population mondiale et 3% de la richesse planétaire, ne génère que 1,3% des émissions de CO₂ de l'ensemble de la planète. En comparaison, les Etats-Unis et la Chine sont à l'origine de 18,5% chacun des émissions de gaz à effet de serre dans le monde tandis que l'Allemagne y contribue à hauteur de 2,6% et le Royaume-Uni à hauteur de 1,7%.

Cette particularité française est due, selon l'Insee, au fait que l'énergie électrique produite en France provient à 90% de technologies non émettrices de CO₂ (entre 75 et 78% de l'énergie nucléaire et entre 11 et 13% de l'énergie hydroélectrique). Dans le monde, seul un tiers de l'énergie électrique est produite sans recours aux hydrocarbures (gaz, charbon et pétrole). Cela vaut d'ailleurs à la France d'être classée 7ème pays le moins pollué au monde, selon une étude des universités de Yale et de Columbia.

Les ménages aisés émettent deux fois plus de CO₂ en consommant

En 2005, environ 410 millions de tonnes de CO₂ ont été émises sur le territoire français du fait de l'activité économique. Soit 6,7 tonnes par an et par habitant. Deux tiers de ces émissions sont à mettre sur le passif de l'appareil productif national. Les émissions du secteur primaire (agriculture) sont relativement faibles (4% des 280 millions de tonnes émises par les activités productives). Celles du secteur secondaire (industrie et construction) en revanche sont prépondérantes (64%).

Le tiers restant (130 millions de tonnes) est émis par les ménages, pour se chauffer et se déplacer. Mais les ménages sont aussi de gros consommateurs, ce qui stimule les importations. Or des émissions de CO₂ sont également produites à l'étranger du fait de nos importations. Au final, selon les calculs de l'Insee, les émissions de CO₂ induites par la demande finale intérieure française (ménages, administrations et investissement) se montent à près de 550 millions de tonnes (soit 9 tonnes par an et par habitants), dont 40% émis à l'étranger.

La quantité de CO₂ émise induite par les dépenses de consommation des ménages est croissante avec le niveau de vie: les 20% de ménages les plus aisés sont responsables de 29% des émissions, quand les 20% les plus modestes ne sont à l'origine que de 11% de ces émissions. De même, si la propension à émettre du CO₂ est plus faible chez les cadres que chez les ouvriers et les agriculteurs, ils consomment davantage, donc émettent plus.