



1.1 EXERCICES DE TECHNIQUE D'ESTIMATION EN ENERGIE

Exercice 1.1.i Estimation Éthanol :

Quelle superficie serait requise pour faire pousser assez de maïs pour se passer d'essence dans les voitures au Canada ? Dans l'exercice, des résolutions aux questions sont proposées, mais celles-ci ne sont pas uniques. L'important est d'arriver le plus proche de la réalité possible (une relation exacte à 20% ou 30% est souvent ce que recherche un ingénieur dans ses estimations) avec logique et réflexion, davantage qu'avec des calculs sophistiqués.



Question 1 : Avec la technique : tenter de deviner, faites une première estimation.

Question 2 : Avec une combinaison des techniques : diviser et conquérir, mentir habilement, utiliser les moyens du bord et suivre ses intuitions, faites une nouvelle estimation.

Question 3 : Selon vous, après l'étude du cas du Canada, est-ce une solution viable en France ?

RÉPONSES

Question 1 : Avec la technique : tenter de deviner, faites une première estimation.

Avec la technique, tenter de deviner, on réalise une première estimation à disons 200 000 km² de superficie de champ de maïs pour faire rouler les voitures Canadiennes sans essence.

Question 2 : Avec une combinaison des techniques : diviser et conquérir, mentir habilement, utiliser les moyens du bord et suivre ses intuitions, faites une nouvelle estimation.

Avec la technique, diviser et conquérir :

Cette technique prescrit de diviser le problème en sous problèmes. Ici, deux variables seront estimées afin de formuler l'estimation finale. La première sera l'énergie au km² que peut produire un champ de maïs, elle sera nommée Em. La deuxième sera l'énergie que consomment toutes les voitures canadiennes en essence sur une année, elle sera nommée Ec. Ainsi la division de Ec par Em mènera à une estimation.

Avec les techniques : mentir habilement, utiliser les moyens du bord et suivre ses intuitions ; les variables vues ci-dessus seront estimées :

En suivant ses intuitions, il est possible d'estimer que :

- L'efficacité de la photosynthèse globale du maïs est de ~ 1,5% ;
- L'efficacité de la conversion est de ~ 30% ;
- La production dure ~ 3 mois ou 25% de l'année.

Donc, par une estimation habile, l'efficacité annuelle de conversion solaire en éthanol est estimée à $0,015 \times 0,3 \times 0,25 \sim 0,1\%$. Par intuition :

- Il tombe 350 W/m² de soleil en moyenne sur une surface horizontale pendant l'été.

Puis, finalement, par une estimation habile, la puissance annuelle moyenne du champ de maïs est estimées à $P_m \sim 350 \times 0,001 \times 1000\text{m}/\text{km} \times 1000\text{m}/\text{km} \sim 350 \text{ kW}/\text{km}^2$. En joule, annuellement, la variable devient $E_m \sim P_m \times 8760 \text{ h} \times 3,6 \times 10^6 \text{ J}/\text{kWh} \sim 350 \times 10^4 \times 3 \times 10^6 \sim 1000 \times 10^{10} \text{ J}/\text{km}^2 \sim 10 \text{ TJ}/\text{km}^2$.

Ensuite, il faut chercher à estimer la variable Ec. Pour cela, en suivant ses intuitions, il peut être estimé que chaque voiture consomme 10L/100 km et parcourt 10 000km/an (certes un F150 consomme davantage, mais une Accent moins; certains roulent 30 000 km par an, d'autres 5 000. Internet pourrait renseigner ces données.). Puis, par un mensonge habile, l'hypothèse est formulée qu'il y a 1 voiture par Canadien (ici encore, internet pourrait préciser ce mensonge!).

Ainsi, ces premières suppositions permettent de calculer qu'il y a 35×10^6 voitures $\times 10 \text{ L}/100\text{km} \times 10 \text{ 000km}/\text{an} \sim 35 \times 10^9 \text{ L}$ d'essence sont requis. Par intuition, la densité énergétique de l'éthanol est de ~ 0,8 donc il faudrait 40 milliards de litres d'éthanol. Finalement, la variable recherchée est $E_c \sim 35 \times 10^9 \text{ L} \times 0,85 \text{ kg}/\text{L} \times 40 \text{ MJ}/\text{kg} \sim 1 \text{ 200} \times 10^{15} \text{ J}/\text{an} \sim 1 \text{ 200 000 TJ}/\text{an}$.

Maintenant que les deux variables de la technique, diviser et conquérir, sont connues il est possible de réaliser l'estimé final. Ainsi, il faut alors environ une superficie de $1 \text{ 200 000}/10 \sim 120 \text{ 000 km}^2$, soit un rectangle de 1000 km x 120 km.

120 000 km² est difficile à appréhender, la page suivante indique schématiquement ce que cela représente en superposant un tel rectangle sur la carte du Canada. Le rectangle est bien entendu installé sur le plus important centre de production des céréales (entre Edmonton et Winnipeg).



Cependant, le Canada ne dispose pas d'assez de surfaces cultivables pour se permettre une telle chose. Pourtant, la Canada (avec la Russie) fait partie des plus grands producteurs de céréales au monde. Qu'en serait-il d'un autre pays technologiquement développé qui déciderait de se lancer dans une telle opération?

La réponse simple est ci-dessous pour la France, mais elle peut aussi être valable pour les autres pays du G7.

Question 3 : Selon vous, après l'étude du cas du Canada, est-ce une solution viable en France ?

Pour le cas de la France :

- Il y a deux fois plus de Français que de Canadiens ;
- Ils ont deux fois moins de voitures ;
- Leurs voitures consomment deux fois moins ;
- L'ensoleillement moyen est comparable ;
- Ils auraient donc besoin d'une superficie deux fois moindre, environ ;
- Mais la France est 15 fois plus petite que le Canada.

Alors, c'est 8 fois plus ridicule d'y penser, environ...

Explorons alors aussi les batteries à l'instar de Elon Musk alors! Hélas, cette solution est tout aussi stupide que l'éthanol. Toute l'équipe des cours ENR le déplore mais il n'y a qu'une seule solution à long terme pour réduire l'empreinte de la voiture individuelle : réduire le ratio voiture personnelle/capita. Et pour cela il existe de nombreuses solutions dont le succès repose sur la durée de la période de transition.

C'est discuté dans une activité du cours Énergie.