

Devoir n°3**50 minutes**

Le développement des énergies renouvelables (EnR), incontournable à moyen terme, est encore freiné par des problèmes intrinsèques comme une production localisée et irrégulière dans le temps. L'acheminement de l'énergie doit se faire sur les zones de consommation et nécessite des dispositifs de stockage pour pallier la production intermittente.

Donnée

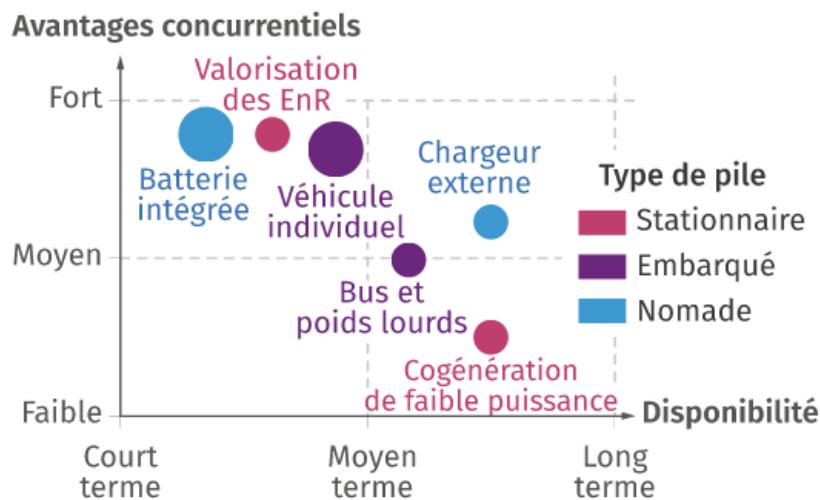
1,25 L de pétrole possède une masse de 1,0 kg et sa combustion libère une énergie de 40 MJ soit 11 kW·h.

Document 1. Besoins énergétiques

Aujourd'hui, chaque habitant en France consomme en moyenne une puissance de 5,1 kW avec une densité de population de 120 habitants/km². Le choix d'exploiter les ressources renouvelables d'énergie pour répondre à ces besoins implique de pouvoir calculer les apports de chacune de ces sources.

Pour cela, on détermine le flux d'énergie moyen par unité de surface pour chaque source d'énergie : le solaire 25 W·m⁻², l'éolien 2 à 3 W·m⁻², la biomasse 0,5 W·m⁻², la géothermie 0,06 W·m⁻² et l'hydroélectrique 0,02 W·m⁻².

En tenant compte de la variation de l'ensoleillement moyen suivant les saisons, on peut évaluer qu'il faudrait stocker pendant l'été 20 % de l'énergie totale pour pouvoir passer l'hiver.

Document 2. Pile à hydrogène**Document 3. La plateforme MYRTE : l'énergie solaire à la demande**

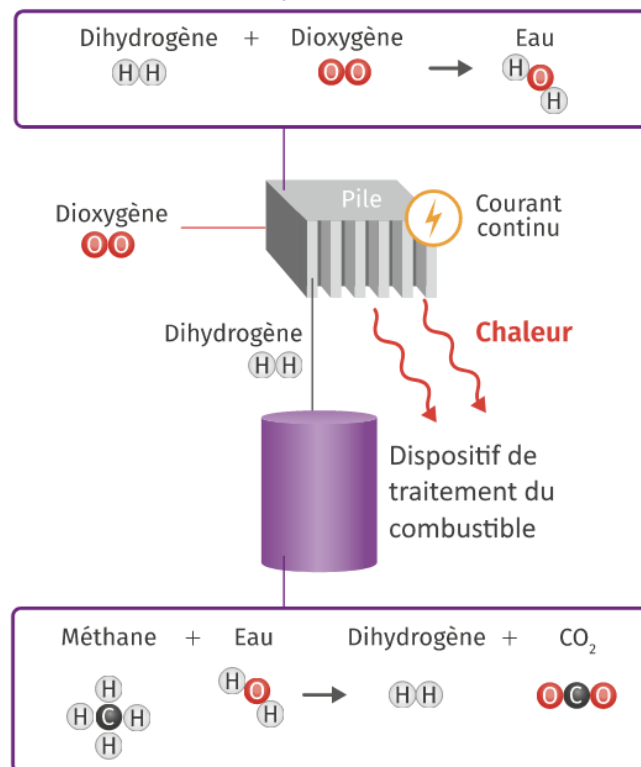
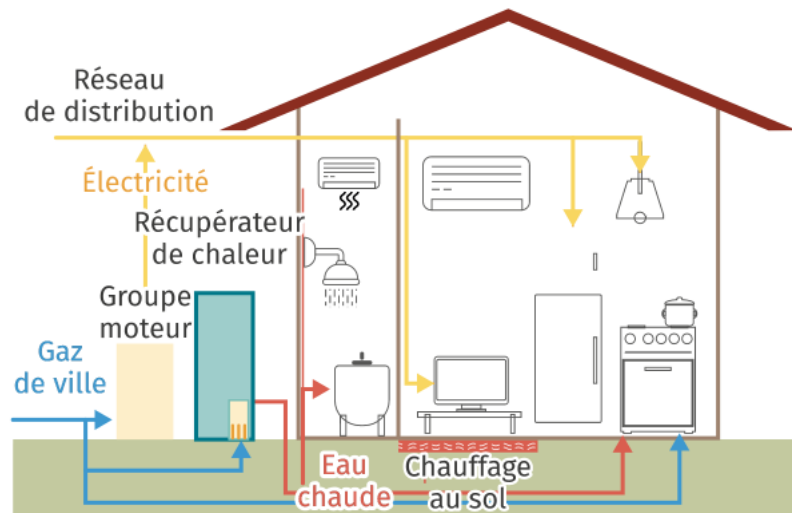
La plateforme MYRTE (Mission hydrogène renouvelable pour l'intégration au réseau électrique) est un projet expérimental de stockage de dihydrogène installé depuis 2012 en Corse. Il s'agit de la plus importante installation au monde de gestion d'énergie via le dihydrogène couplé à un champ photovoltaïque. Elle est constituée de 3 700 m² de panneaux solaires. Elle met en œuvre le déploiement du stockage de l'énergie photovoltaïque via le dihydrogène. Cette plateforme permet de stocker l'énergie produite via un électrolyseur qui transforme l'eau en dihydrogène et dioxygène (pendant les heures creuses). Elle est ensuite utilisée au sein d'une pile à combustible de 100 kW pour restituer de l'énergie électrique. Lors de pics de consommation, ce système fournit ainsi cette énergie stockée et peut également lisser la production de la centrale photovoltaïque. Le rendement global de l'installation est de l'ordre de 40 %.

Préciser clairement à quoi correspondent ces 40 % (stockage et restitution de l'électricité)

Document 4. L'ENE-FARM au Japon, pile à combustible résidentielle

Les piles à hydrogène (ou piles à combustible) résidentielles sont une réalité physique au Japon depuis 2009. En effet, l'ENE-FARM est un système de cogénération de piles à combustible résidentielles. Cette installation est capable de fournir de l'électricité et de la chaleur à partir de réactions chimiques décrites ci-dessous avec un rendement global de 94 %.

L'avantage de la pile à combustible résidentielle est qu'elle permet d'exploiter la chaleur produite par les réactions chimiques qui s'y déroulent, ce qui permet d'obtenir un rendement proche de 100 %.



Questions

1. En supposant que l'on utilise l'énergie solaire comme seule source pour satisfaire les besoins énergétiques de la France, calculer la surface de panneaux photovoltaïques nécessaire aux besoins d'un Français.
 - 2.a. Calculer la valeur de l'énergie solaire qu'un Français devrait stocker pendant l'été pour couvrir ses besoins en hiver.
 - 2.b. En déduire le volume de pétrole qui contiendrait cette énergie stockée pendant l'hiver.
 - 3.a. Identifier, parmi les utilisations du document 2, celles des piles à combustible de la plateforme MYRTE.
 - 3.b. Même question pour l'ENE-FARM.
- En supposant que la production des panneaux photovoltaïques de la plateforme MYRTE est de 700 MW·h sur un an, et qu'un tiers de cette production électrique est modulée par la chaîne de stockage à dihydrogène, calculer, sur un an :
- 5.a. l'énergie électrique délivrée au réseau par les panneaux photovoltaïques ;
 - 5.b. l'énergie électrique fournie au réseau par les piles à combustible ;
 - 5.c. l'énergie électrique totale fournie au réseau par la plateforme.
6. Donner les équations des réactions chimiques ayant lieu dans l'ENE-FARM.
 7. Quels sont les avantages d'une installation de type ENE-FARM par rapport à une installation classique *électricité du réseau de distribution + alimentation en gaz* pour la production de chaleur ? Vous répondrez à cette question en expliquant l'affirmation « *permet d'obtenir un rendement proche de 100 %* » mais aussi en présentant au moins deux autres arguments non cités dans le document.

Correction

1. Un français nécessite 5,1 kW. Le solaire produite 25 W·m⁻².
Il faut donc une surface de $5100 \div 25 = 204 \text{ m}^2$. [1]
- 2.a. Énergie totale annuelle : $5100 \times 365 \times 24 \times 3600 = 161 \text{ GJ}$ (ou 44,7 MW·h)
Il faut stocker pendant l'été 20 % de cette énergie, soit 32,2 GJ (ou 8,94 MW·h). [1]
0 si puissance au lieu d'énergie
- 2.b. 1,25 L de pétrole produit 40 MJ. Quelle volume pour 32,2 GJ ? Il s'agit d'une simple proportionnalité : $V = (32,2 \cdot 10^9 \times 1,25) \div (40 \cdot 10^6) = 1005 \text{ L}$ soit environ 1000 L. [1]
- 3.a. Il s'agit d'une valorisation des EnR [0,5]
OK si en plus « cogénérateur »
- 3.b. Il s'agit d'une cogénération de faible puissance [0,5]
- 5.a. Il s'agit des deux tiers restant (467 MW·h ou 1,68 TJ) [0,5]
- 5.b. 233 MW·h ont été stocké avec un rendement de 40 %, donc les piles à combustible ont restitué 93 MW·h (ou 335 GJ). [0,5]
- 5.c. Le total est donc de $467 + 93 = 560 \text{ MW}\cdot\text{h}$ [0,5]
6. $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ et $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$ [0,5]
0 si équation pas équilibrée
7. La chaleur produite par la pile et le dispositif de traitement est utilisée pour chauffer de l'eau et/ou la maison. C'est donc une énergie *utile* qui est comptée dans le rendement du dispositif. Ce très bon rendement permet donc de consommer moins d'énergie.
L'installation permet également d'être autonome par rapport au réseau électrique et d'éviter les pertes d'énergie lors du transport de l'électricité. Ça permet aussi de lisser la consommation de la

maison lors des pics ou des creux de consommation, la part d'électricité consommé provenant du réseau électrique pouvant varier. **[1]**

-1 si pas mention que la chaleur produite est *utile* et/ou que sinon, elle est perdue.

-1 par argument « autre » manquant