



SEMAINE 8 : LE MIX ÉNERGÉTIQUE

Ce document contient les transcriptions textuelles des vidéos proposées dans la partie « Le stockage chimique de l'énergie » de la semaine 8 du MOOC « Énergies renouvelables ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.

Le stockage chimique

Xavier PY

Professeur – Université de Perpignan Via Domitia

Le stockage de l'énergie peut être réalisé à l'aide d'une chimie, soit une réaction chimique qui va transformer la source d'énergie en un autre vecteur énergétique, soit à l'aide d'une réaction réversible, c'est-à-dire une réaction qui peut s'opérer dans un sens et dans l'autre à l'aide d'une régénération.

- ⇒ Alors, c'est certainement d'ailleurs le mode de stockage le plus important pour nous au niveau planétaire, puisque les plantes chlorophylliennes utilisent ce mode de stockage.
- ⇒ Donc le rayonnement solaire arrive sur la planète et les plantes chlorophylliennes utilisent ce rayonnement, plus le CO₂ gaz à effet de serre, de l'eau, des nutriments etc. pour transformer et stocker quelque part ce rayonnement solaire en biomasse.
- Tous les organismes vivants non chlorophylliens sur la planète bénéficient de cette masse de matière produite par les plantes chlorophylliennes pour vivre.
- ⇒ Donc finalement, toute la vie sur Terre repose sur le stockage chimique qui est développé par les plantes chlorophylliennes.
- Alors, aujourd'hui, dans le cadre des énergies renouvelables, on exploite ce même type de mode de stockage par la photosynthèse, donc on travaille avec des réacteurs

photocatalytiques avec des micros algues par exemple qui nous permettent de capter l'énergie solaire.

- ⇒ On va envoyer dans ces réacteurs des gaz comme du CO₂ gaz à effet de serre pour qu'ils soient convertis en biomasse, et la biomasse produite permet par exemple de faire des bio fiouls.
- Donc là, on a effectivement réussi à transformer un polluant majeur, gaz à effet de serre, en utilisant de l'énergie solaire pour produire du bio fioul.
- Bien sûr on n'est pas dans le cadre de réactions chimiques réversibles mais par contre on a stocké de l'énergie qui n'était pas forcément facile à utiliser, le rayonnement solaire, en un vecteur énergétique dont on a besoin et qui est facile à stocker puisqu'il suffit de mettre le bio fioul dans des barils.
- Alors, l'autre mode effectivement de stockage chimique est basé sur des réactions réversibles.
- ⇒ C'est le cas par exemple de ce qu'on développe au laboratoire PROMES depuis maintenant une quarantaine d'années et qui consiste à faire réagir de l'ammoniac sur des sels réactifs.
- ⇒ Et dans ce cas-là, la réaction dans un sens est endothermique, donc va permettre de produire du froid et dans l'autre sens elle va être exothermique, elle va produire du chaud et donc selon le mode utilisé de synthèse ou de recombinaison, on va pouvoir stocker et déstocker de la chaleur ou du froid d'ailleurs.

Alors, c'est un système qui est très intéressant, pourquoi ?

- Parce que déjà le stockage thermochimiques est le mode de stockage qui va permettre de stocker la plus grosse quantité d'énergie dans un volume le plus faible possible avec le moins de matière possible, donc une densité énergétique très importante.
- Autre avantage, on peut piloter très précisément la température de travail en travaillant sur le choix du sel, le choix des réactifs et puis le niveau de pression dans le système par exemple.
- Autre avantage, on va pouvoir complètement convertir l'énergie donc initiale en source d'énergie.
- ⇒ Un exemple très simple, l'énergie solaire, c'est une énergie une fois convertie, une fois qu'on a converti le rayonnement en chaleur, si on utilise des capteurs solaires type eau chaude sanitaire à bas niveau de température, 60°C – 50°C – 70°C à bas niveau de puissance.

- ⇒ Grâce au système thermochimique, on va pouvoir convertir cette chaleur à bas niveau en froid, pourquoi pas -30°C ou à haute température, pourquoi pas 300°C et à des niveaux de puissance beaucoup plus importants.
- ⇒ Donc on va revaloriser l'énergie et là le mode de stockage ne consiste pas seulement à stocker de l'énergie mais aussi à la revaloriser en niveau de potentiel énergétique et en niveau de puissance. Donc beaucoup d'avantages sur ce genre de système.

Aujourd'hui, la société Coldway par exemple, qui est une société incubée à partir du laboratoire PROMES et de l'Université de Perpignan sur Rivesaltes développe, industriellement maintenant, ce genre de système thermochimique pour par exemple, transporter des poches de sang ou des matériaux sensibles dans des caissons autonomes qui fonctionnent sur le mode de sa réaction thermochimique et que l'on peut régénérer par voie solaire par ailleurs.

- La même entreprise a développé un système thermochimique qui permet à l'aide d'un simple capteur d'eau chaude sanitaire - d'à-peu-près 2m^2 - et d'un système thermochimique, de produire 10 kilos de glace par jour donc sans autre apport énergétique.
- ⇒ Donc en plein désert, en utilisant l'énergie solaire, même pas de concentration solaire, un capteur plan à peu près standard peut produire de la glace.
- Donc on voit qu'effectivement le thermochimique permet vraiment des choses qu'aucun autre mode de stockage ne permet de faire.

Alors on peut se demander pourquoi effectivement ce n'est pas plus développé que ça ?

- ⇒ Tout simplement parce que c'est quand même beaucoup plus complexe, et donc beaucoup plus coûteux.

Alors, il y aussi des applications à plus haute température, se développent des recherches notamment à très haute température comme par exemple certaines recherches au Fort Solaire d'Odeillo qui consistent donc à convertir le rayonnement solaire concentré à $800 - 900^{\circ}\text{C}$ via des réactions de type de carbo réduction d'oxydes métalliques.

- ⇒ Donc on prend par exemple du ZnO en présence de carbone, on place ça à 900°C sous flux solaire concentré et on va produire du zinc (Zn).
- ⇒ L'avantage que ce zinc, on peut le mettre dans une boîte, schématiquement, le transporter où on veut, le garder le temps qu'on veut et donc c'est du stockage qui peut être à très longue durée.
- Le jour où on a besoin d'énergie, il suffit de placer de l'eau en contact avec ce zinc, l'oxygène de l'eau va se recombinaison avec le zinc pour redonner ZnO .

- ⇒ On a régénéré notre système, et qu'est-ce qui reste ? De l'hydrogène.
- ⇒ On a produit H₂ qui est un vecteur énergétique propre, on peut faire tourner des véhicules avec etc.
- Donc là, on est sur un mode de stockage thermo-chimique haute température où on va utiliser un flux solaire concentré pour finalement produire de l'hydrogène mais on n'est pas obligés de l'utiliser tout de suite, on peut garder la phase intermédiaire, le zinc, pour utiliser finalement le potentiel énergétique au moment opportun.

Donc on sent effectivement bien aujourd'hui que le potentiel est très important sur le mode de stockage, il est pour l'instant très peu développé sur le plan industriel mais par rapport aux problématiques de transition énergétique et aux enjeux de conversion aussi et de revalorisation des énergies renouvelables, il y a certainement beaucoup de choses à faire.