



SEMAINE 2 : L'ENERGIE SOLAIRE

Ce document contient les retranscriptions textuelles des vidéos proposées dans la partie « Autres applications » de la semaine 2 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. Des figures choisies par les intervenants ont été ajoutées afin d'illustrer leurs propos.

Comment traiter nos eaux par voie solaire ?

Gaël PLANTARD

Maître de Conférences – Université de Perpignan

Je vais vous présenter les moyens originaux pour traiter les eaux par voie solaire et avant ça nous allons faire le bilan des pollutions existantes.

Alors, il faut savoir que les pollutions ont diverses origines.

- Elles sont liées à notre activité par exemple agricole avec la présence de pesticides. Nous sommes de très forts consommateurs et utilisateurs de pesticides.
- A l'activité également industrielle avec l'utilisation de produits dérivés des produits hydrocarbures ;
- Egalement l'industrie chimique et pharmaceutique.

L'ensemble de ces industries produit de nombreux polluants.

Alors cette pollution se retrouve dans nos eaux, cette eau est traitée actuellement par des moyens dits biologiques qui permettent de traiter, pour vous donner un ordre de grandeur, jusqu'à 90 à 95% de cette pollution.

Les 5 % ou 5 à 10 % de cette pollution restante contient en fait ce qu'on appelle des bio récalcitrants. Alors ce n'est pas tant la quantité qui pose problème mais c'est plus en fait leur capacité à résister à des procédés de traitement biologique classique.

⇒ Donc en fait, on met en place différents outils pour traiter cette pollution.

Alors, on est aidés par des directives, des directives européennes qui visent à limiter les émissions de ces polluants.

- A hauteur de 30 à 70 % des substances dangereuses prioritaires doivent être réduites à l'horizon 2020.
- On cherche également à réhabiliter les nappes phréatiques, alors on essaie de cibler des polluants qui sont présents en très faible quantité dans ces eaux et à réduire cette pollution.
- Et également, on vise la réutilisation des eaux usées donc par exemple, réutilisation des eaux en sortie de station d'épuration pour de l'irrigation d'espaces verts ou de zones agricoles.

Comme je vous le disais, les procédés biologiques ne permettent pas de traiter totalement cette pollution donc on développe des procédés originaux qui sont les procédés d'oxydation avancée qui permettent de s'attaquer à cette pollution récalcitrante.

Alors moi je travaille spécifiquement sur la photocatalyse. Alors ça fait partie des procédés de d'oxydation avancée.

- Le principe en fait est relativement simple finalement, il consiste à utiliser, comme vous le voyez sur cette image en fait, un semi-conducteur – alors c'est un matériau photosensible -.
- Il va permettre de capter un rayonnement, le rayonnement UV et de photoexciter des électrons qui sont contenus dans ce qu'on appelle la bande de valence.
- Ils vont libérer ces électrons pour les orienter vers la bande de conduction et donc les rendre accessibles.
- Ces électrons vont réagir en surface avec des molécules environnantes (donc ça peut être de l'eau, des espèces contenues dans l'eau, formes ioniques), qui vont générer des réactions qu'on appelle d'oxydo-réduction et générer ce qu'on appelle des espèces radicalaires.

- ✓ Alors ces espèces radicalaires, elles sont sympathiques puisqu'elles permettent en fait de s'attaquer aux polluants biorécalcitrants dont je vous parlais dans le transparent précédent.

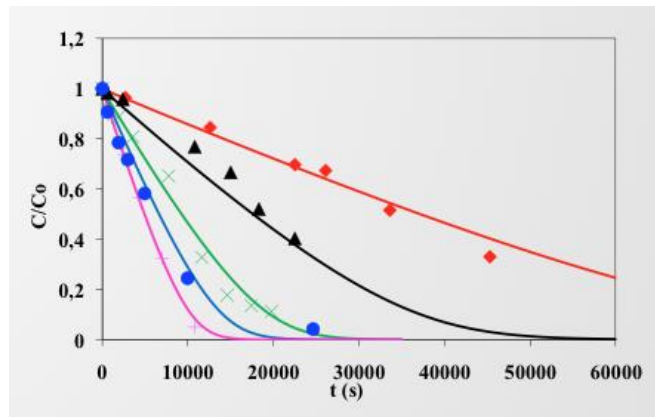
Pourquoi elles permettent de s'attaquer à ces polluants récalcitrants ?

- Parce qu'elles sont extrêmement réactives du fait qu'elles ont des durées de vie extrêmement courtes, de l'ordre de la nanoseconde et donc elles vont permettre de minéraliser, c'est-à-dire de dégrader des polluants pour les rendre et les transformer sous la forme de CO₂ et d'eau.

Alors maintenant la question qu'on peut se poser, c'est comment transposer ce qui se passe à la petite échelle à des applications concrètes comme des applications développées par la société Résolution ou des irrigations des espaces verts ?

- Alors nous, on procède en deux étapes :
 - ✓ la première étape, ça consiste à travailler dans des conditions contrôlées de façon à comprendre et maîtriser le processus de dégradation.
 - Donc on travaille avec des molécules cibles qui sont représentatives des familles de polluants dont je vous parlais en introduction ;
 - On va les placer en fait dans des volumes, donc des volumes de 1 litre par exemple, à une concentration donnée ;
 - On va faire circuler cette solution devant ce qu'on appelle un photoréacteur qui est sur le schéma, sur la diapositive et on va appliquer des conditions d'irradiation variable.
 - ✓ Et donc on va mesurer à l'aide de différents moyens l'évolution de cette concentration au cours du temps.
 - ✓ On peut suivre sur une molécule cible, on utilise ce qu'on appelle les moyens HPLC : on suit une molécule ou alors la matière organique totale par des moyennes qu'on appelle les TOC donc qui suit le carbone organique total.

En suivant cette cinétique au cours du temps, on voit sur ce graphique qu'on a différentes évolutions, ces évolutions vont évidemment dépendre des conditions d'irradiation et des conditions dans lesquelles on a réalisé ces mesures et nous, ce qu'on essaie de faire derrière, c'est de faire coller des modèles en fait qui vont être capables de représenter l'évolution de cette concentration.

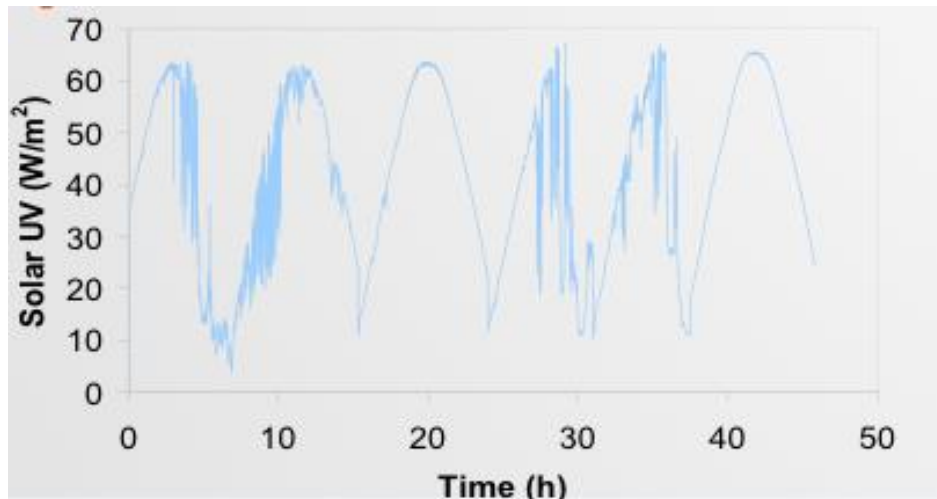


⇒ Alors ces modèles tiennent compte de paramètres cinétiques dont l'intensité et autre paramètres par exemple et on essaie d'identifier les paramètres caractéristiques de ces cinétiques.

Une fois que l'on a modélisé cette réaction, on peut donc essayer de valider ces mécanismes dans des conditions dites réelles, c'est-à-dire conditions solaires.

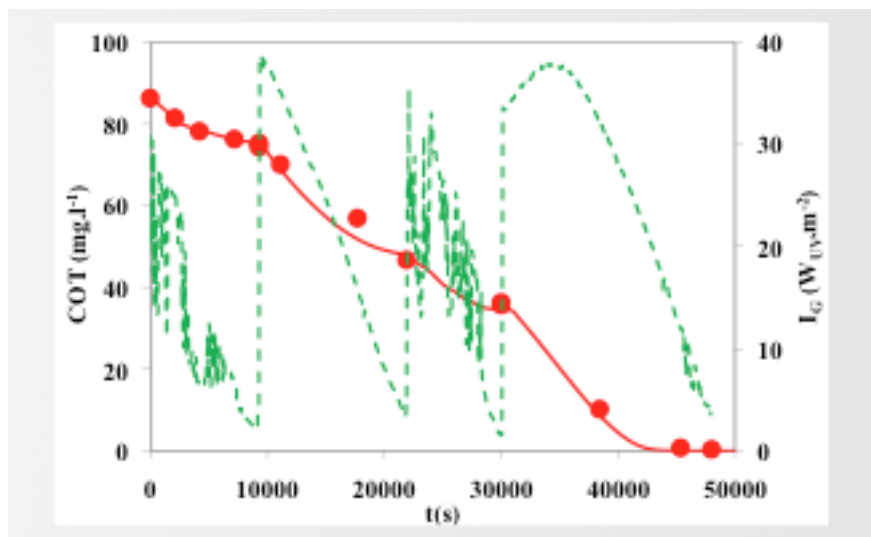
Alors, quelles sont les contraintes posées par l'utilisation de l'énergie solaire ?

- ✓ Elles sont multiples mais la principale, c'est que c'est une ressource intermittente.
- On va se retrouver avec une densité de flux inégalement répartie sur le territoire.
- ⇒ Vous savez bien en fait que le rayonnement n'est pas le même à Paris qu'il ne l'est par exemple à Perpignan.
- ✓ De la même manière, on va se retrouver avec des intermittences liées à la météo par exemple donc avec des passages nuageux mais également l'alternance des cycles jour/nuit et également des saisons.
- ⇒ Nous n'avons pas le même ensoleillement donc été que nous avons l'hiver, aussi bien en temps qu'en intensité.
- ⇒ Pour représenter ça, on voit sur ce graphique donc les courbes bleues représentant les alternances de différents jours au cours du temps.



Ce qu'on va faire, c'est qu'on va valider nos expériences dans des conditions réelles. Donc on a développé ce qu'on appelle des prototypes qui sont des proto à petite échelle, qui font par exemple deux mètres carrés exposés au soleil, avec des réservoirs de quelques dizaines de litres et on va faire circuler de la même manière notre solution au soleil de façon à pouvoir la traiter.

- ✓ On suit donc, comme on peut le voir sur le graphique, à la fois les conditions d'irradiation, avec ce qu'on appelle un pyranomètre qui va enregistrer la densité de flux UV reçu par le pilote et on va également suivre (donc c'est ce qu'on voit, les points rouges) en fait, de points expérimentaux qui vont correspondre à la concentration de ce polluant qui évolue au cours du temps.
- Ce qu'on peut voir ici, c'est que le trait rouge en fait, qui est le modèle est bien représentatif de nos expériences.



- Ça veut dire que le modèle qu'on a validé en conditions internes, dans des conditions parfaitement maîtrisées, représente bien finalement l'évolution de la concentration dans des conditions dites réelles, c'est à dire conditions d'irradiation solaire.

L'intérêt de valider ce modèle, il est multiple mais le principal c'est qu'on peut utiliser ce modèle pour estimer, pour évaluer la capacité que va avoir ce pilote à traiter nos eaux sur des plus grandes échelles, c'est-à-dire sur des plus grandes surfaces mais surtout sur des plus grandes échelles de temps.

⇒ Par exemple qu'est-ce qui se passe sur un mois voire sur une année ?

Pour conclure, on voit sur ce dernier graphe en fait l'évolution des volumes traités suivant les différents mois de traitement et ça, ça nous permet de définir la capacité de traitement de ces pilotes et tout notre travail est là en fait, il consiste à dimensionner, être capable de traiter en fait, d'estimer la capacité de traitement de nos procédés photo catalytiques.

Alors pour illustrer un peu nos propos et pour vous proposer une application concrète en fait, qui consiste à réutiliser nos eaux. Si on se place en sortie de station d'épuration, je vous le disais tout à l'heure, en fait qu'on a une pollution qui est multiple.

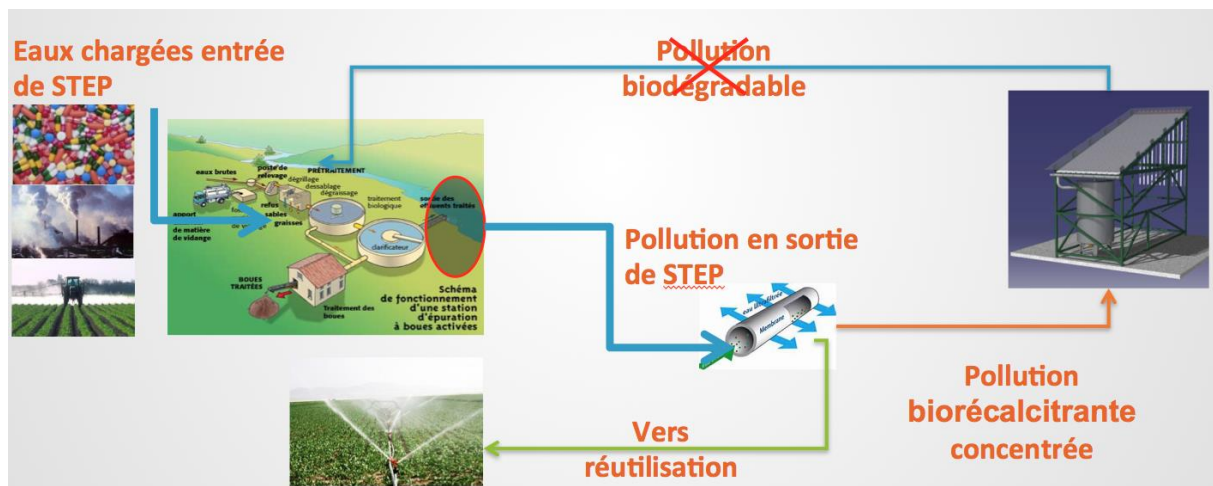
➤ Donc on a différents polluants qui rentrent dans nos stations et qui vont être traités biologiquement.

➤ Ils vont être traités partiellement biologiquement et donc en sortie de station d'épuration, on va se retrouver avec une pollution dite rémanente, persistante.

⇒ Donc on peut positionner un procédé d'oxydation avancée.

⇒ Le problème, c'est que les capacités de traitement de ces procédés sont insuffisantes pour pouvoir s'attaquer à de tels volumes.

Donc, ce qu'on va faire, on va essayer d'hybrider ce procédé avec un procédé membranaire.



✓ Alors, ce procédé membranaire, il va permettre en fait de concentrer fortement la pollution.

- D'une part il va séparer les eaux et donc filtrer et rendre une eau propre pour une application d'irrigation par exemple avec un niveau sanitaire qui est suffisant ;

- Et ensuite, il va concentrer la pollution (dont il va y avoir une partie de l'eau qui va être concentrée), il va concentrer cette pollution de façon à pouvoir l'envoyer vers le procédé photo catalytique.
- ✓ Ce procédé photo catalytiques là, que vous voyez à droite de votre écran, va permettre de traiter ces eaux.
- Alors dans ce cas-là, on ne va pas viser minéralisation complète qui serait trop longue mais on va essayer tout simplement de rendre ces polluants biodégradables, c'est-à-dire qu'on va casser ces macromolécules de façon à les rendre assimilables par le procédé biologique et ainsi pouvoir renvoyer en tête de station en fait cette pollution de façon à ce qu'elle puisse être traitée par les procédés classiques conventionnels que sont les procédés d'oxydation avancée.

Voilà un petit peu dans quel contexte se placent mon travail et mes activités de recherche.