

SYNTHESE DE BIOETHANOL PAR FERMENTATION

Compétences transversales :

- Extraire des informations utiles.
- Mobiliser ses connaissances dans une situation nouvelle.
- Réaliser un dispositif expérimental correspondant à un protocole donné

Le bioéthanol est un biocarburant utilisé dans les moteurs à essence. Le préfixe bio indique que l'éthanol est produit à partir de matière organique (biomasse) et n'a pas de lien avec le terme « bio » parfois utilisé pour désigner l'agriculture biologique. Le préfixe « bio » est donc contesté dans certains pays francophones. Il s'agit d'un vecteur énergétique issu de l'agriculture, ou des déchets de l'industrie forestière, et appartenant à la famille des énergies renouvelables.

Les végétaux contenant du saccharose (betterave, canne à sucre...) ou de l'amidon (blé, maïs...) peuvent être transformés pour donner du bioéthanol, obtenu par fermentation du sucre extrait de la plante sucrière ou par hydrolyse enzymatiques de l'amidon contenu dans les céréales. On parle généralement de filière « sucre » pour désigner cette filière de production du « bioéthanol ».

Cet éthanol d'origine végétale n'est rien d'autre que de l'alcool éthylique, le même que celui que l'on trouve dans toutes les boissons alcoolisées. Il peut être mélangé à l'essence en des proportions allant de 5 à 85 %. Au-delà de 50 %, des adaptations aux moteurs de voitures sont souvent nécessaires.

Par rapport à la filière « huile » permettant de produire de l'huile végétale brute et du biodiesel (ester éthylique d'huile végétale ou EEHV), la filière « sucre » est de loin la plus développée dans le monde, principalement au Brésil, où le bioéthanol de canne à sucre couvre 22 % des besoins nationaux en carburant, en Suède où outre la vente de superéthanol, l'essence contient 5 % de bioéthanol (à base de canne à sucre). Aux États-Unis, plus de 10 % de l'essence contient du bioéthanol (principalement de maïs) à hauteur de 10 %.

Le développement des biocarburants est accusé de tirer vers le haut les prix du maïs, du soja et du blé. Cependant, plusieurs études ont montré qu'entre 0,5 % et 1 % de la surface cultivable était utilisée pour la production de biocarburants. D'autres études ont mis en avant la hausse de consommation de la viande dans les pays en voie de développement pour expliquer la pénurie en nourriture. Les études sur l'utilisation de surfaces cultivables ont mis en évidence la consommation importante par les élevages de viande.

Questions

1. A partir de quelles productions agricoles peut-on synthétiser du bioéthanol ?
2. Quels sont les avantages et les inconvénients du bioéthanol comme substituant du pétrole ?

Synthèse de bioéthanol par fermentation :

Protocole :

- Dans un bécher introduire 100 mL d'eau distillée et 4,0 g de levure de boulanger. Mélanger jusqu'à disparition des grumeaux.
- Ajouter 4,0 g de sucre de table et mélanger jusqu'à dissolution.
- Introduire le mélange dans un ballon.
- Placer le ballon dans un bain marie (charlotte contenant de l'eau chaude) et adapter un tube de dégagement coudé à la sortie du ballon.
- Introduire l'extrémité du tube à dégagement dans un tube à essai contenant de l'eau de chaux.

Travail a réalisé :

1. Schématiser le dispositif expérimental.
2. Identifier le gaz dégagé.
3. Pour mettre en évidence la présence d'éthanol, on peut utiliser une propriété des alcools : la réaction de réduction des ions permanganate MnO_4^- . En présence d'un alcool les ions permanganate se décolorent. Proposer et réaliser un protocole pour vérifier la présence d'éthanol dans le mélange.
4. Ecrire l'équation d'oxydo-réduction correspondante ; les couples oxydant/ réducteur sont :
 $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$ demi-équation : $\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e}^- = \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$
 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O} / \text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ demi-équation : $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} = \text{C}_2\text{H}_4\text{O} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$

Modélisation de la transformation :

1. Le sucre est du saccharose, quelle est sa formule brute ?
2. Lors de la fermentation, le sucre réagit avec l'eau. Ecrire et équilibrer l'équation de la réaction de synthèse du bioéthanol.
3. Calculer la masse molaire du sucre ($M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$; $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$)
4. Calculer la quantité de matière de sucre introduit dans le ballon.
5. Compléter le tableau d'avancement suivant :

Equation de la réaction		+ H_2O →			
Etat	avancement	Quantité de matière en mol			
Initial	0		Excès		
Intermédiaire	x		Excès		
Final	x_{max}		Excès		

6. Déterminer la composition molaire du mélange à l'état final (fin de la réaction, supposée totale)
7. Déterminer le volume maximal de bioéthanol que l'on peut produire à partir de 4,0 g de sucre. (masse volumique de l'éthanol $\rho = 789 \text{ g/L}$)
8. En déduire le volume de bioéthanol que l'on peut produire à partir d'une tonne de sucre.