

TP N° 1 : Production du Bioéthanol Par Fermentation Discontinue

Il y a deux sortes d'éthanol produit industriellement : l'éthanol de synthèse et l'éthanol produit par fermentation. L'éthanol de fermentation (ou bioéthanol) peut être produit à partir de biomasse contenant des sucres, de l'amidon ou de la cellulose.

✓ Comment fabrique-t-on le bioéthanol ?

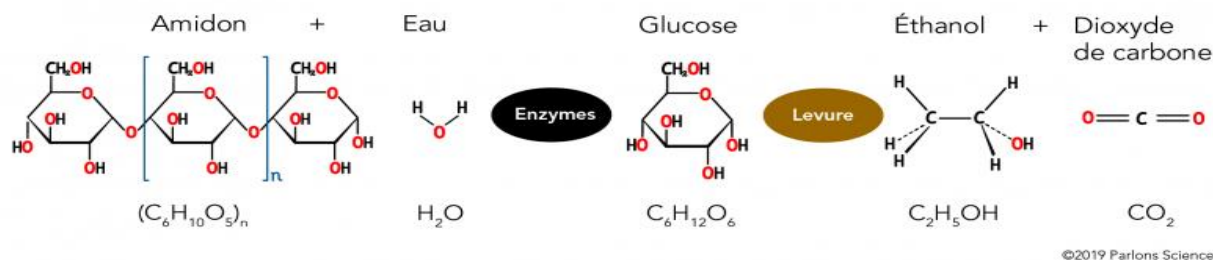
En général, la fabrication connaît trois étapes principales : L'extraction du sucre fermentescible, la fermentation et la distillation. Le bioéthanol est obtenu par un procédé de fermentation industrielle permettant la transformation du sucre contenu dans ces végétaux en alcool. Les unités de production utilisent des procédés discontinus ou en continus. Cet alcool brut (éthanol) est ensuite distillé puis déshydraté pour obtenir du bioéthanol.

Les principaux substrats de fermentation peuvent être classés en trois grandes catégories :

- les plantes amylacées : blé, maïs et des tubercules tels que le manioc, la pomme de terre ;
- les plantes sucrières : betteraves sucrières et canne à sucre ;
- la biomasse lignocellulosique constituée des trois principales fractions qui sont la cellulose, les hémicelluloses et la lignine.

✓ Exemple du processus de fabrication de l'éthanol par fermentation d'un substrat amylacé : le maïs

1. **Broyage** : Les grains entiers de maïs sont broyés pour en faire une sorte de farine. La farine est surtout constituée d'amidon. L'amidon est un glucide formé de longues chaînes de molécules de glucose.
2. **Liquéfaction** : On ajoute de l'eau à la farine pour en faire une « bouillie » et on chauffe la bouillie pour séparer les longues molécules d'amidon en fragments plus petits. On ajoute l'enzyme alpha-amylase comme catalyseur pour accélérer la séparation des molécules d'amidon.
3. **Saccharification** : Les fragments de molécules d'amidon sont réduits en simple glucose. Cette réaction est provoquée par un autre catalyseur, une enzyme appelée glucoamylase.
4. **Fermentation** : On ajoute à la bouillie de la levure (*Saccharomyces cerevisiae*). La fermentation est le processus biochimique qui se produit quand la levure décompose le glucose. La levure tire de l'énergie du glucose. Il en résulte de l'éthanol.
5. **Distillation et déshydratation** : Le produit qui résulte de la fermentation ne contient que 10 à 15 % d'éthanol. Pour obtenir de l'éthanol pur (à 100 %), il doit être concentré. Le point d'ébullition de l'éthanol (78°C) est plus bas que celui de l'eau. On peut donc faire évaporer l'éthanol de façon sélective et le condenser par un processus appelé distillation. Ce processus produit de l'éthanol pur à 95 %. Les 5 % qui restent sont en fait de l'eau. On tamise ensuite le mélange pour produire de l'éthanol déshydraté pur.
6. **Dénaturation** : On ajoute une petite quantité d'essence à l'éthanol pour le rendre non potable.



❖ Partie pratique

➤ Matériel :

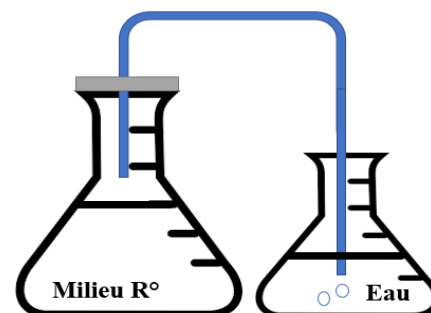
· 4g Levure de boulanger · 50g Saccharose · 50g amidon · Spatule · Papier filtre · Parafilm · Tuyau (ou paille) · 2 Erlenmeyers · Entonnoir · Verre à montre · Balance · Agitateur · Evaporateur rotatif.

➤ Mode opératoire :

Dans ce TP le processus de production du bioéthanol est réalisé avec 2 substrats (le saccharose et l'amidon) en trois étapes principales :

1. Fermentation :

- Dans un erlenmeyer, mesurer 200 ml d'eau tiède.
- Peser 2 g de levure fraîche, et l'ajouter à l'eau. Mélanger soigneusement la levure, de façon à ce qu'il ne reste pas de grumeaux.
- Ajouter 50g de saccharose en poudre. Mélanger jusqu'à dissolution.
- Mesurer le pH du milieu réactionnel avec un pH-mètre.
- Fermer hermétiquement l'erlenmeyer et attacher le, en utilisant un tuyau, avec un autre erlenmeyer qui contient de l'eau (le schéma).
- Laisser la préparation 2 semaines à 30°C.
- Mesurer le pH du mélange après la fin de l'incubation.



NB : Les mêmes étapes seront appliquées avec le deuxième substrat : l'amidon.

2. Centrifugation du mélange :

- Placer le mélange dans une centrifugeuse à 4000 tr/min pendant 10 min.
- Récupérer le surnageant contenant le métabolite recherché et abandonner le culot qui présente la biomasse.
- Mesurer le pH du surnageant récupéré.

3. Distillation :

- Verser le surnageant obtenu dans le ballon et régler la température du rotavapor à 78°C (voir conseils pratiques).

Le liquide obtenu dans le ballon réceptacle est **le distillat : du bioéthanol**.

- **Q :** Calculer le rendement en bioéthanol et comparer les 2 substrats utilisés.

❖ Conseils pratiques

Voici les règles à respecter lorsque l'on utilise un évaporateur rotatif :

- Vider les ballons de récupération (pompe et rotavapor).
- Si besoin, rajouter de l'eau distillée dans le bain-marie.
- Faire circuler l'eau dans le réfrigérant (doucement).
- Fixer votre ballon, contenant le solvant à extraire à l'aide d'un clip adapté (ne pas graisser).
- Allumer le bain-marie et choisir sa température de fonctionnement.
- Allumer la pompe et le régulateur de vide.
- Mettre votre ballon en rotation et fermer le robinet de mise sous vide.
- Choisir la pression de consigne sur le régulateur en fonction du solvant à évaporer.
- Mettre la pompe en marche en veillant à ce que l'ébullition dans votre ballon ne soit pas trop importante.
- Quand l'ébullition est stabilisée ou inexistante, tremper votre ballon dans le bain. Le solvant doit en priorité se condenser dans le ballon de récupération du rotavapor.
- Quand plus rien ne distille, arrêter le vide, ouvrir le robinet de mise sous vide et vider le ballon de récupération du rotavapor (dans un bidon de solvants usagés).
- Remettre le ballon de récupération, remettre le vide de façon à ce qu'il soit le plus faible possible et augmenter la vitesse de rotation de votre ballon.

Pour l'arrêt de l'appareil, les étapes à suivre sont les suivantes :

- Quand le vide est stable (généralement entre 5 et 15 mbar) pendant 2 à 3 minutes et que rien ne distille dans le ballon de récupération de la pompe, ouvrir le robinet de mise sous vide et arrêter la pompe.
- Arrêter la rotation et remonter votre ballon.
- Retirer votre ballon du montage et arrêter le chauffage.
- Vider les ballons de récupération.
- Couper la circulation d'eau.

