

Chapitre III Biotechnologies En agronomie à des fins alimentaires

1. Biotechnologie en agronomie

Au cours des cinquante dernières années, les avancées de la génétiques et de la biologie moléculaire ont permis la mise au point et la commercialisation d'organismes génétiquement modifiés (OGM) porteurs de caractères qui se sont affranchis de la barrière des espèces. Ces caractères peuvent se révéler très bénéfique. pour la production alimentaire.

A l'heure actuelle, les OGM les plus commercialisés sont le soja, le maïs et le coton. cultures transgéniques les plus nombreuses sont les notations de soja, suivies par le maïs et le coton. On estime que les cultures transgéniques couvrent près de, 4 % de l'ensemble des terres arables Les traits agronomiques sont les principaux traits qui sont conférés aux cultures Génétiquement modifiées. Dans un proche avenir, ils constitueront encore les caractères essentiels des nouvelles variétés transgéniques. Toutefois, à moyen terme, une proportion Faible mais croissante de ces cultures sera dotée de caractères modifiant la qualité et la valeur nutritionnelle.

Exp : le saumon à croissance rapide et le bétail transgéniques exprimant une teneur accrue en protéines à un stade de développement avancé. De nombreux agents de transformation des produits alimentaires (enzymes) obtenus à partir de micro-organismes, génétiquement modifiés sont présents sur le marché depuis plus de dix ans et sont utilisés dans des produits transformés très divers.

2- Chronologie de la biotechnologie alimentaire

La chronologie ci-dessous présente l'évolution de la biotechnologie alimentaire de la plus ancienne domestication des plantes et des animaux à des méthodes modernes et efficaces de sélection et de production des plantes et des animaux dotent des qualités les plus désirées. Ces dates sont des moments marquants de percées scientifiques et réglementaires et mettent en évidence le rôle important de la biotechnologie alimentaire, une façon moderne d'améliorer les cultures, la nourriture et les animaux

- **8500-5500 avant Jésus-Christ** : Les gens commencent à se sédentariser et à faire pousser des plantes et élever des animaux, le meilleur de leur récolte étant conserve pour servir de semence l'année suivante.

- 1800 avant Jésus-Christ Les Babyloniens améliorent la qualité des dattiers, en r politisant des arbres femelles avec le pollen d'arbres mâles présentant des, caractéristiques désirées.
- **1863** En observant des plantes de pois dans un jardin, le célèbre scientifique Mendel conclut que certaines «particules invisibles» (qui deviendront par la suite des gènes) transmettent des traits de génération en génération d'une manière prévisible les lois de l'hérédité commencent à être comprises »
- **1875** Création du premier grain hybride blé-seigle, plus résistant et présentant un rendement plus élevé.
- **1961** L'USDA enregistre le *Bacillus thuringiensis*(Bt), premier biopesticide.
- **1973** Les scientifiques Cohen et Boyer transfèrent avec succès du matériel génétique D'un organisme à un autre.
- **1986** L'EPA approuve la culture commerciale des premières plantes génétiquement modifiées culture du tabac résistant au virus de la mosaïque du tabac.
- **1992** La FDA instaure une po4tique stipulait que des aliments provenant de plantes biotechnologiques seraient règlement de la même manière que les autres aliments. La consultation pré-commercialisation auprès de la FDA est encouragée, conformément aux pratiques de l'industrie.
- **1993** L'utilisation de la somatotropine bovine recombinante (rbST) —protéine naturelle reproduite au moyen de la biotechnologie est utilisée chez les vaches afin d'augmenter la production de lait—est approuvée aux États-Unis.
- **1994** Les premiers aliments produits par la biotechnologie, la tomate FlavrSavr®, fait son entrée sur le marché après que la FDA a émis son avis consultatif sur la sécurité. La courge résistante aux virus est également plantée.
- **1996** Des variétés biotechnologiques de soja, de coton, de maïs, de colza, de tomate et

de graines de pomme de terre sont plantées sur 4,5 millions d'acres en Argentine, en Australie, au Canada, en Chine, au Mexique et aux Etats-Unis.

- **1996** La brebis Dolly est le premier clone d'animal à naître...»
- **1998** La papaye résistante aux virus, mise au point grâce à la biotechnologie pour sauver la culture de dévastation, est planté à Hawaï. Le maïs doux protégé contre les insectes est également planté
- **1999** L'Enviropig MC™ est génétiquement modifié au Canada pour produire une enzyme dans sa salive qui doit lui permettre d'obtenir plus de phosphore à partir de son alimentation. Cela doit permettre de réduire l'écoulement de phosphore dans les cours d'eau.
- **2008** La FDA publie son évaluation du risque sur les clones d'animaux, concluant que la nourriture produite à partir de clones est aussi sûre que d'autres aliments
- **2008** La betterave à sucre produite par la biotechnologie est commercialisée.
- **2011** Les variétés de soja riche en acide oléique aux niveaux plus élevés de matières grasses monoinsaturées bonnes pour la santé du cœur sont disponibles aux États-Unis'
- **2011** Des aliments complets supplémentaires améliorés par la biotechnologie sont soumis à l'examen du gouvernement, y compris les pommes non brunissantes et les, pommes de terre à faible teneur en acrylamide.
- **2012** Des chercheurs rapportent que la première vache « hypoallergénique », Daisy à été génétiquement modifiée pour supprimer une protéine qui peut déclencher des allergies au lactosérum chez les humains.
- **2012** Les cultures biotechnologiques sont plantées sur 170,3 millions d'acres par 17,3 millions d'agriculteurs dans 28 pays. Plus de 90% des agriculteurs qui plantent des semences biotechnologiques sont de petits agriculteurs pauvres en ressources des pays en développement.

3- Objectifs de l'utilisation de la biotechnologie en agronomie :

✓ Répondre aux défis sociaux -économiques :

- Aliments de qualité, production durable .
- Pathologies liées à l'alimentation (cardiovasc. obésité...)
- Lutter contre les maladies infectieuses animales et les zoonoses
- Agri- et aqua-cultures durables et changement climatique
- Biomatériaux à partir de bio-ressources renouvelables

✓ Impliquer tous les acteurs (industrie) dans la recherche

✓ Coordonner les programmes de recherche nationaux

✓ Réponse rapide à des besoins de recherche émergents

4- Aliments issus de la biotechnologie moderne :

Les aliments produits au moyen de la biotechnologie moderne peuvent être classés comme suit:

- ✓ Aliments constitués d'organismes vivants ou viables ou qui en contiennent, le maïs par

Exemple

- ✓ Aliments tirés d'OGM ou contenant des ingrédients qui en dérivent, comme la farine, les aliments protéinés ou de l'huile de soja génétiquement modifié.
- ✓ Aliments contenant tels ou tels ingrédients ou additifs produits par des microorganismes génétiquement modifiés (MGM), par ex. des colorants, des vitamines ou des acides aminés essentiels.
- ✓ Aliments contenant des ingrédients traités par des enzymes qui proviennent de MGM, par ex. le sirop de maïs à haute teneur en fructose produit à partir de l'amidon par action d'une glucose-isomérase tirée d'un micro-organisme génétiquement modifié.

5. Biotransformation

- C'est un processus biologique par lequel un composé organique (végétal ou animal) est modifié en produits utilisables ou des sources d'énergie.
- Elle implique des réactions simples catalysées par une cellule microbienne (micro-organisme).

- Les propriétés de biotransformations et bioconversion sont très similaires et, dans de nombreux cas, les termes sont cités comme interchangeable. **Cependant** : il y a une différence subtile entre **biotransformation** et **bioconversion**.

Biotransformation	Bioconversion
• Utilise des organismes vivants complets	• Utilise des enzymes
• Utilise l'activité catalytique des organismes vivants => peut comporter plusieurs étapes chimiques	• Souvent une seule étape chimique
• Un microorganisme vivant produira des enzymes en continu => elle implique souvent des enzymes qui sont très instables.	• Les enzymes sont plus stables

➤ La Biotransformation

- ✓ **Avantages** : • Peut effectuer des réactions impossible à réaliser par synthèse chimique classique ou qui sont trop cher. • Produit des composés biodégradables "nature-like"
- ✓ **Inconvénients** : • Régulation négative (propriétés inhibitrices et toxiques des réactifs et / ou des produits). • Les biocatalyseurs sont souvent sensibles aux conditions environnementales (température, pH, ...)

5.1. Biotransformation par des Microorganismes

- ✓ Appelée aussi **Bioconversion microbienne** ou **fermentation**
- ✓ Elle fait appel à l'emploi des bactéries ou des champignons cultivés en présence du réactif choisi comme précurseur de la molécule à synthétiser.
- ✓ C'est la culture des micro-organismes dans des conditions optimales pour la production des produits désirés.

5.2. Avantage des micro-organismes :

- ✓ Le monde des microorganismes représente un ensemble extrêmement hétérogène, dont les individus sont distribués dans toutes sortes d'habitats.
- ✓ Cette caractéristique a pour conséquence une grande diversité métabolique et biochimique.

- ✓ L'intérêt économique des microorganismes repose sur leur capacité à produire une grande diversité de molécules.

6. La fermentation :

- Elle est provoquée par des microorganismes anaérobies capables de décomposer la matière organique (glucides, lipides, protéides en acides organiques et alcools) et de donner différents produits suivant le type de fermentation.
- Le terme fermentation dérive du latin *fervere* = bouillir: un liquide en cours de fermentation, alcoolique par ex, présente un important dégagement gazeux et montre l'aspect d'un liquide en ébullition.

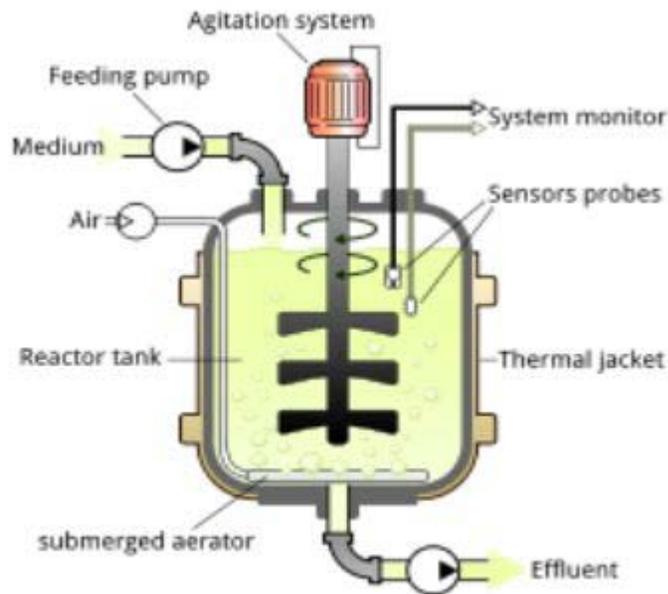
Le bioréacteur (Fermenteur) ou cytotuteur

- Un appareil utilisé pour des réactions enzymatiques (bioconversions/biotransformation) ou dans lequel on multiplie des micro-organismes (levures, bactéries, champignons microscopiques, algues, cellules animales et végétales) pour la production de biomasse, ou pour la production d'un métabolite, dans des conditions contrôlées (pH, T°, aération, ...)
- On parle de bio fermenteur pour les cultures de microorganismes et de bioréacteur ou cytotuteur pour la culture de cellules animales. Un système de contrôle-commande géré par ordinateur permettant d'enregistrer et piloter tous les paramètres de fonctionnement.

➤ Exemple de production dans un biofermenteur

Les réactions de bio-production ont été appliquées pour :

- 1. La production de plusieurs types de produits alimentaires (yaourts, fromages, ...) par des fermentations.
- 2. La production des arômes mais à travers des bioconversions et non des fermentations



Principe du bioréacteur

7- La conservation

La conservation des aliments vise à préserver leur comestibilité et leurs propriétés gustatives et nutritives. Elle implique notamment d'empêcher la croissance de microorganismes et de retarder l'oxydation des graisses qui provoque le rancissement

Il existe Différentes techniques de conservation des aliments pour empêcher la croissance des microorganismes.

- **Conservation par le froid**

- Réfrigération : Le froid arrête ou ralentit l'activité cellulaire, les réactions enzymatiques et le développement des microorganismes
- Congélation : une diminution importante de l'eau disponible, soit à une baisse de l'activité de l'eau, ce qui ralentit ou stoppe l'activité microbienne et enzymatique

- **Conservation par la chaleur**

- Pasteurisation : produit chauffé entre 60 et 100 C ; destruction microorganisme mais bactéries thermorésistantes pas tuées : donc nécessité d'un brusque refroidissement puis conservation au froid (4C) ou emballage sous vide (Lait, produits laitiers, vinaigre, miel...)
- Stérilisation : chauffage supérieur à 100 C : destruction de tous les microorganismes

Appertisation stérilisation dans un conditionnement étanche aux gaz, liquides et microorganismes (conserves)

- Traitement UHT (Ultra Haute température) : Chauffage entre 135 et 150 °C pendant 1 à 5s, puis refroidissement rapide et conditionnement aseptique (Lait, jus de fruit, desserts lactés, soupes)

- **Autres techniques de conservation**

- Déshydratation : Élimination partielle ou totale de l'eau de l'aliment => arrêt le développement des microorganismes et diminution poids et volume (intérêt pour transport et stockage) Aliments secs (saucisson, haricots) ; Aliments lyophilisés (café soluble, purée, soupe en sachets) ; Aliments salés (morue, olive, anchois cru) ; Aliments sucrés (confiture, fruits confits).

- Alcool et vinaigre : Acidité ou alcool : conservation aliments car ce sont des antiseptiques.
 - Les fermentations : Acide produit par les bactéries ou alcool, produit par les levures permet une meilleure conservation de l'aliment
 - L'usage d'additifs : Conservateurs chimiques prolongent durée de conservation aliments
 - *inhibent le développement des microorganismes et libération toxines.
 - *stabilité aliments (pas d'amélioration de la qualité) E100 colorants ; E200, conservateurs ; E300 agents anti-oxydants et E400 agent de texture
 - L'irradiation Rayonnements ionisants électromagnétiques :
 - * Augmente durée * conservation aliment, élimination microorganisme
 - * Effets négatifs : destruction vitamines et nutriments

- Les atmosphères modifiées : conditionnement sous atmosphère modifiée : remplacer l'air dans l'emballage par mélange gazeux avec moins d'oxygène, taux humidité maintenu, conservation au froid => inhibe le développement des microorganismes'

augmente durée de conservation aliments. Ex salade en sachet 5% O₂ ; 15 % CO₂

(Bactériostatique) et 80% azote (gaz inerte)

- **Les alicaments. Aliment et santé**

Le terme alicament est communément utilisé pour désigner les produits alimentaires industriels transformés, modifiés avec ajouts d'éléments divers qui sont supposés avoir 'des vertus de prévention, voire curatives pour la santé : baisse supposée du cholestérol avec certaines margarines enrichies en stérol, renforcement de l'immunité avec certains- produit

laitiers dont des souches spécifiques de bactéries ont etc. introduites. (Ex Danone des yaourts censés booster les défenses immunitaires. (Allégation de santé).

8. Sécurité, traçabilité et qualité des aliments

La sécurité alimentaire : La définition officielle de la sécurité alimentaire, adoptée lors du Sommet mondial de l'alimentation de 1996 (FAO 1996), est la suivante: « La sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active. »

La sécurité alimentaire repose sur quatre piliers à savoir :

La capacité pour un pays de produire sa propre alimentation ou de l'acheter, et donc de disposer de moyens en devises suffisants pour pouvoir l'acheter sur le marché international.

La disponibilité, d'une production alimentaire suffisante pour couvrir les besoins pour nourrir une population croissante.

Une qualité de l'alimentation, du point de vue tant nutritionnel, sanitaire, sensoriel que socioculturel La sécurité alimentaire, y intègre ainsi la sécurité sanitaire ou la salubrité des aliments.

La régularité, des disponibilités, des moyens d'accès à l'alimentation et de sa qualité ce qui se traduit par une nécessaire stabilité des prix et des revenus des populations vulnérables.

La traçabilité des aliments

La traçabilité est le processus qui assure qu'en cours de transformation par un ou plusieurs procédés quelconques comme , le découpage, laminage, extraction, mélange, chauffage, électrolyse... un produit ou l'ingrédient est toujours affecté de l'information qui lui a été initialement attribué, et ce jusqu'à sa destination finale.

Objectif de la traçabilité

- Identifier l'origine du problème (traçabilité amont) /- Retirer facilement le produit (traçabilité aval).

Qualité des aliments

Pour lutter contre la faim, la sous-alimentation et la malnutrition, et donc aussi contre la maladie et la pauvreté, il faut non seulement une plus grande quantité de nourriture, mais aussi des aliments de meilleure qualité. La biotechnologie peut-elle apporter une contribution utile dans ce domaine alimentaire ?

1. La qualité : Ensemble des propriétés et caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins et des attentes exprimés ou implicites des consommateurs.

2. La Certification de la qualité :

- La certification : est l'attestation par un organisme indépendant qu'un produit, service ou système est conforme à des normes
- La Norme : C'est un document public établissant une règle du jeu facultative élaboré par un organisme reconnu après discussion et accord de tous

Organismes définissant les normes :

- IFS : International Food Standard
- ISO 22000 : International Organisation for Standardisation