

I. Introduction à la Biotechnologie

I.1. Origine et définition de la Biotechnologie

Le mot biotechnologie est formé de deux termes : BIO venant du grec « *bios* » signifiant « vie » et ayant abouti au mot « *biologie* » au début du XIX^e siècle et TECHNOLOGIE venant du grec « *technologia* ». Ce mot est apparu dans les textes français en 1656 pour désigner « l'étude des techniques, des outils, des machines et des matériaux ».

Le terme « biotechnologie » a été utilisé par le hongrois Károly Ereky en 1919 pour décrire une technologie basée sur la conversion des matières premières organiques en un produit plus utile dans un livre intitulé « La biotechnologie de la viande, la graisse et la production de lait dans une agriculture à grande échelle ». Depuis son apparition, la notion de la biotechnologie a été définie de diverses manières.

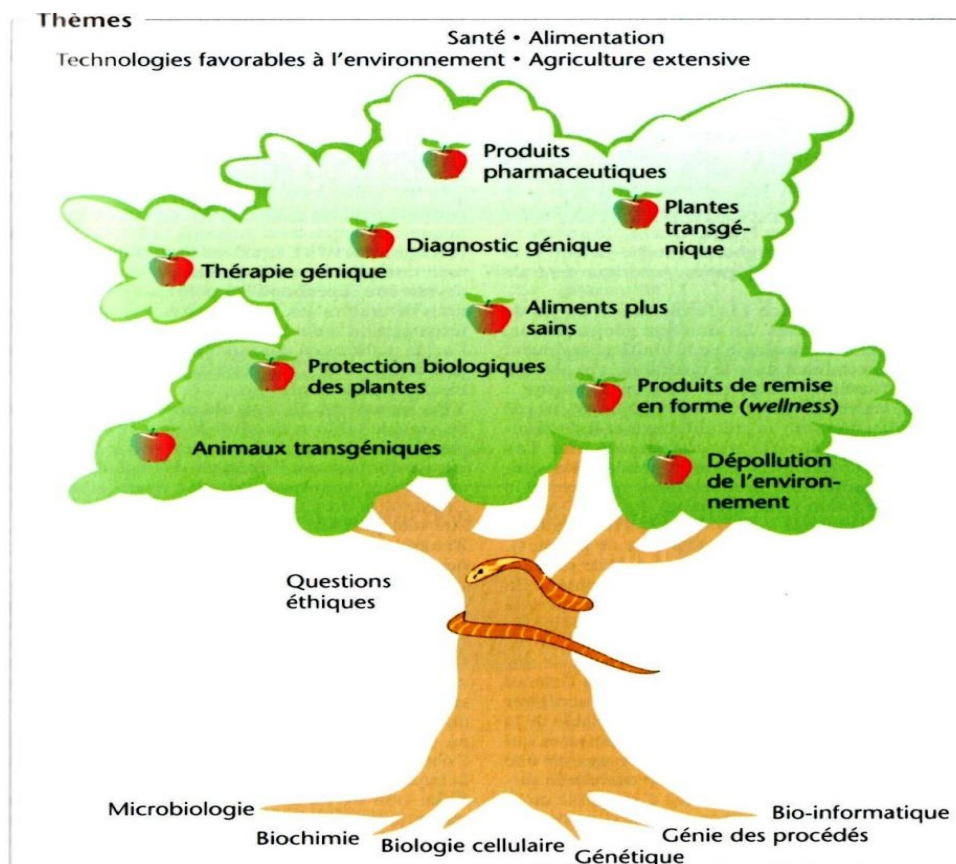
La portée de la biotechnologie est tellement large qu'il est difficile d'en donner une définition pratique ; de plus, cette définition change avec le temps en raison du développement rapide de nouvelles techniques et des découvertes dans le domaine de la biologie moléculaire, deux facteurs qui ouvrent constamment de nouvelles perspectives.

- La définition de travail de la FDA de la biotechnologie est « l'application des systèmes biologiques et des organismes aux processus techniques et industriels ». Cette définition est nécessairement large. Elle prend à la fois les sciences « anciennes » et la « nouvelles » : les anciennes techniques de fabrication de bières ou de yogourt ainsi que les utilisations les plus avancées de la technologie de l'ADN recombinant. Il prend en compte beaucoup d'applications, de la production d'enzymes pour des lessives, à la reproduction sélective des plantes et des animaux, au génie génétique de bactéries pour nettoyer des marées noires.

- Selon l'OCDE (organisation de coopération et de développement économique) la biotechnologie est : “L'application de la science et de la technologie à des organismes vivants, de même qu'à ses composantes, produits et modélisations, pour modifier des matériaux vivants ou non-vivants aux fins de la production de connaissances, de biens et de services”. Cette définition de l'OCDE est très large car elle couvre toutes les biotechnologies modernes et aussi de nombreuses activités traditionnelles et intermédiaires.

❖ La biotechnologie un domaine multidisciplinaire

La biotechnologie est un domaine clairement multidisciplinaire impliquant la biochimie, la biologie moléculaire, la génétique, l'immunologie, la microbiologie, la pharmacologie, la fermentation, l'agriculture, etc. Chacun des domaines contributifs apporte son propre vocabulaire spécial et les normes de nomenclature et les difficultés considérables de communication sont le résultat.



I.2. Histoire de la biotechnologie

La biotechnologie ne date pas d'hier, elle était déjà présente dans les sociétés primitives. Ainsi, sans connaître ni comprendre les principes de la fermentation ou de la génétique, l'humanité utilise depuis l'Antiquité certains procédés biotechnologiques pour la production de fromage, de pain, de vin, pour l'élevage sélectif des animaux, la culture sélective des plantes, etc.

La biotechnologie commence à être considérée comme une science moderne dans les années soixante-dix grâce aux progrès de la biologie moléculaire et de la génétique. Ces progrès sont à l'origine des techniques de clonage et d'ADN recombinant qui ont permis aux scientifiques de mieux connaître les fonctions cellulaires et leurs composants chez les êtres vivants et ont rendu possible le développement de nouvelles méthodes d'isolement des cellules mères et des gènes des organismes vivants afin de produire *in vitro* les produits de leur métabolisme, qu'auparavant on ne pouvait obtenir qu'à l'aide de l'organisme vivant.

L'évolution de la biotechnologie est résumée en ce qui suit :

- **7000 av. J.-C.** - Les Chinois découvrent la fermentation par la fabrication de la bière.
- 6000 av. J.-C.- Le yaourt et le fromage sont fabriqués avec des bactéries lactiques.
- 4000 av. J.-C. - Les Egyptiens font cuire du pain levé avec de la levure.
- 100 av. J.-C. - Les Chinois utilisent le chrysanthème comme insecticide naturel
- **1650** – Procédé d'Orléans pour la fabrication du vinaigre.
- 1675 - Antonie van Leeuwenhoek découvre et décrit les protozoaires.
- 1798 - Edward Jenner utilise le premier vaccin viral pour inoculer un enfant varioleux.

- 1862 - Louis Pasteur découvre l'origine bactérienne de la fermentation.
- 1863 - Gregor Mendel découvre les lois de l'hérédité.
- 1881 - Louis Pasteur développe des vaccins contre les bactéries qui causent le choléra et l'anthrax chez les poulets.
- 1885 - Louis Pasteur et Emile Roux développent le premier vaccin contre la rage et l'utilisent sur Joseph Meister
- **1919** – Károly Ereky, Un ingénieur agricole hongrois, utilise pour la première fois le mot biotechnologie
- 1928 - Alexander Fleming découvre la pénicilline.
- 1933 - Le maïs hybride est commercialisé.
- 1950 - Le premier antibiotique synthétique est créé.
- 1953 - James D. Watson et Francis Crick décrivent la structure de l'ADN.
- 1973 - Stanley Norman Cohen et Herbert Boyer effectuent la première expérience d'ADN recombinant réussie, en utilisant des gènes bactériens.
- 1975 - Méthode de production d'anticorps monoclonaux développée par Köhler et César Milstein.
- 1980 - Le brevet américain de clonage de gènes est attribué à Cohen et Boyer.
- 1982 – Humulin, l'insuline humaine de Genentech produite par des bactéries génétiquement modifiées pour le traitement du diabète, est la première drogue biotechnologique à être approuvée par la *Food and Drug Administration*.
- 1985 - Kerin Mullis développe la PCR (technique de réaction en chaîne de la polymérase) permettant une amplification rapide de l'ADN.
- 1990 - Le premier traitement de thérapie génique approuvé par le gouvernement fédéral est effectué avec succès chez une jeune fille qui souffrait d'un trouble immunitaire.
- 1994 - La *Food and Drug Administration* des États-Unis approuve le premier aliment génétiquement modifié: la tomate «Flavr Savr».
- 1998 – La brebis Dolly, un clone identique à sa mère, voit le jour.
- 1999 - Découverte du gène responsable du développement de la fibrose kystique et des cellules souches humaines sont multipliées.
- **2001** - *Celera Genomics* et le *Human Genome Project* créent un brouillon de la séquence du génome humain. Il est publié par *Science and Nature Magazine*.
- 2002 - Le riz devient la première culture dont le génome est décodé.
- 2003 - Le projet du génome humain est complété, fournissant des informations sur les emplacements et la séquence des gènes humains sur tous les 46 chromosomes.
- 2008 - Les astronomes japonais lancent le premier module d'expérimentation médicale appelé «Kibo», destiné à être utilisé sur la Station spatiale internationale.
- 2012 - Zac Vawter utilise avec succès une jambe bionique contrôlée par le système nerveux pour escalader la *Chicago Willis Tower*.

I.3. Domaines d'application de la biotechnologie

- ✓ La biotechnologie peut être examinée de deux façons différentes : d'un point de vue horizontal, qui distingue les techniques utilisées ou d'un point de vue vertical, qui se concentre sur les secteurs d'application industrielle.

Les applications de la biotechnologie sont très diverses et leurs avantages sont tellement évidents que les industries les intègrent actuellement dans leurs processus de production d'une manière ou d'une autre.

Voici quelques-uns des secteurs ayant implanté des procédés biotechnologiques dans leur production :

- agriculture,
- sylviculture,
- chimie fine,
- savons et lessives,
- biorémédiation.
- élevage,
- pharmacie,
- chimie médico-légale,
- textile,
- aquaculture,
- diagnostic,
- alimentation,
- papier,

La biotechnologie a permis à ces secteurs :

- D'élaborer des produits nouveaux ou meilleurs,
- D'économiser du temps et de l'énergie en de nombreuses occasions,
- D'être plus respectueux de l'environnement.

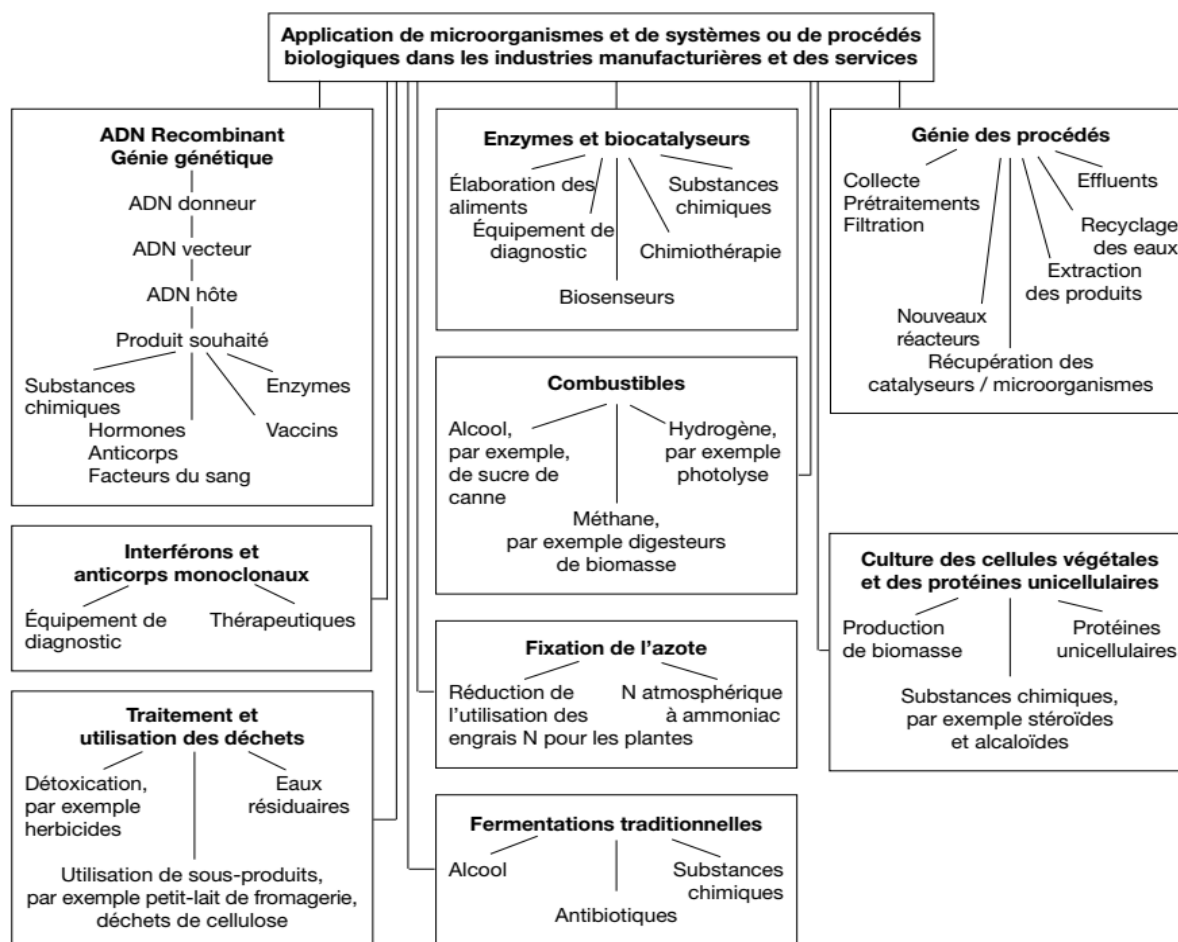
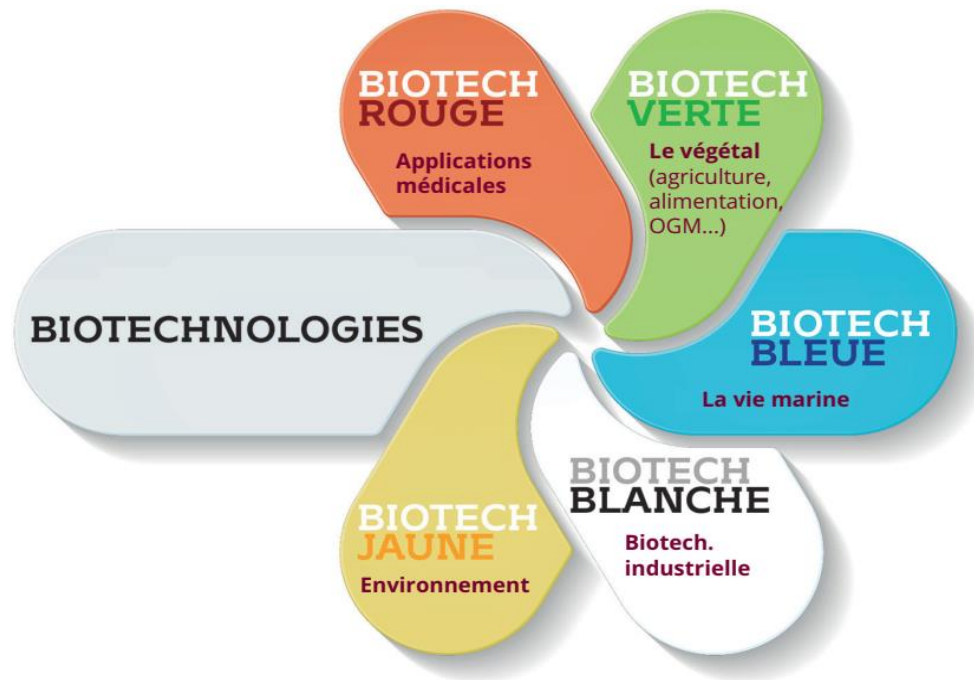


Figure : Domaines d'intérêt de la biotechnologie.

- ✓ Certains industriels et certains laboratoires ont proposé de classer les biotechnologies en « catégories colorées » :



• **Les biotechnologies rouges (Médecine)**

Elles concernent les domaines de la santé, du médicament, du diagnostic, de l'ingénierie tissulaire ainsi que le développement de procédés génétiques ou moléculaires ayant une finalité thérapeutique. C'est dans cette catégorie que les efforts les plus importants ont été entrepris. Il s'agit de la production de vaccins et d'antibiotiques, du diagnostic moléculaire, des thérapies régénératives/génétiques etc. Parmi les principaux médicaments nous pouvons citer l'insuline humaine, les hormones de croissance, les facteurs antihémophiliques ou les anticorps, ou encore les médicaments relevant de la chimie de synthèse, mais dont la conception a fait appel aux biotechnologies. Les techniques de séquençage de l'ADN sont de ces biotechnologies rouges qui sont à l'origine d'une véritable révolution dans le secteur de la médecine humaine.

• **Les biotechnologies blanches (Industrie)**

Elles ont pour objet la fabrication de produits (polymères, édulcorants, acides aminés, etc.), l'invention de procédés (bioraffinerie) ou la production de bioénergie à l'échelle industrielle à partir de l'utilisation de la biomasse qui est considérée comme une matière première renouvelable. Ces matières premières (maïs, paille, sucre, betterave, bois, oléagineux, etc.) sont transformées en produits finis (acides aminés, enzymes, produits pharmaceutiques, ingrédients, polymères, édulcorants tensioactifs, bioplastique, bioéthanol, etc.), généralement grâce à des micro-organismes. Ces méthodes illustrent la transition progressive de notre système industriel depuis les matières premières primaires fossiles vers les matières biologiques renouvelables.

- ***Les biotechnologies Jaunes (Environnement)***

C'est le domaine des technologies directement liées à la préservation de l'environnement et à la dépollution : traitement des eaux usées, revalorisation des déchets et résidus solides, épuration des gaz résiduels et de l'air ou encore bioremédiation des milieux pollués (sols, eaux et sédiments). Ces applications peuvent être divisées en deux branches principales : l'élimination des polluants et/ou des contaminants et l'entretien de la biodiversité. À titre d'exemple nous pouvons citer l'utilisation de microorganismes et de plantes pour dépolluer les sols des métaux lourds ou hydrocarbures. Les biotechnologies jaunes concernent également la production d'énergies. Nous pouvons citer la production de biocarburants, une énergie plus propre du point de vue écologique, en comparaison aux carburants fossiles.

- ***Les biotechnologies Vertes (Agriculture)***

Les biotechnologies vertes, ou végétales, permettent d'ouvrir des pistes pour relever les défis posés à l'agriculture : assurer la production alimentaire et énergétique tout en préservant l'environnement. Les approches et les applications incluent la création de nouvelles variétés végétales d'intérêt agricole, les produits de Biocontrôle alternatifs aux pesticides de synthèse chimique ou encore les Biostimulants.

- ***Les biotechnologies Bleues (Marines)***

La biotechnologie marine, ou biotechnologie bleue, exploite la diversité des environnements et des organismes marins, qui n'ont généralement pas d'équivalent sur terre, pour créer des produits et des applications d'intérêt industriel. Elle peut avoir des usages dans la cosmétologie (crèmes, soins du visage, thalassothérapie), l'industrie agroalimentaire (compléments alimentaires, engrais issus du traitement des microalgues), l'énergie (biocarburants de deuxième et troisième générations) ou encore pharmacologie.

I.4. Ingénierie biotechnologique

D'une façon générale on peut parler des techniques classiques (fermentation, enzymologie, cultures cellulaire) et des techniques modernes (ingénierie génétique et ingénierie des protéines). En général, Les procédés utilisés sont :

- ***ADN recombinant (génie génétique)***. Il est aujourd'hui possible de séparer le gène responsable de la codification de la production de certaines substances, de le transférer dans un autre organisme-hôte et de produire ainsi certaines protéines utiles de manière plus efficace. Cette technique est la base des procédés d'obtention à grande échelle des hormones, des vaccins, des facteurs de coagulation du sang et des enzymes.

- ***Culture des cellules végétales***. Cette technique est utilisée dans la production de substances chimiques telles que les stéroïdes, les alcaloïdes, les protéines unicellulaires pour la production de biomasse, etc. La reproduction de plantes modifiées, via les techniques de réplique, a déjà été expérimentée avec succès. Cette technologie permet de remédier aux

carences, d'améliorer les espèces et de mettre en place une résistance aux fléaux et aux maladies de nombreuses espèces végétales.

- **Fermentation industrielle.** Les procédés de fermentation sont les formes les plus anciennes de la biotechnologie, mais aujourd'hui ils sont contrôlés et orientés en fonction de notre intérêt. On obtient des aliments, des antibiotiques et des produits chimiques. Le potentiel est immense et très vaste, il suffit simplement de connaître le microorganisme adapté, de contrôler son métabolisme et sa croissance et d'être en mesure de l'utiliser à grande échelle.
- **Biocatalyse.** Cette technique dispose d'un vaste spectre d'applications. Par exemple, on obtient avec des biocatalyseurs des aliments et des substances chimiques. Les biosenseurs et certains équipements de diagnostic fonctionnent également avec des catalyseurs. En outre, on applique actuellement des biocatalyseurs dans des secteurs tels que l'industrie du textile, du papier, du tannage, etc., afin d'obtenir des technologies plus propres.
- **Bioremédiation.** Ce procédé a par ailleurs été officiellement inventé dans les années 1960 par George Robinson avec des expérimentations de dégradation de polluants par des microorganismes. Donc, il vise à utiliser de façon volontaire les microorganismes et plus précisément leurs capacités métaboliques afin de dégrader des polluants, en composés moins toxiques et non-toxiques pour limiter les impacts anthropiques sur l'environnement et la biodiversité. En outre, des méthodes biotechnologiques sont utilisées dans le traitement et la réutilisation des déchets, la détoxification des terres polluées aux herbicides, dans le traitement des eaux résiduaires, dans la récupération des déchets industriels (par exemple le petit-lait des fromageries ou les déchets de cellulose, etc.).