

2^{ème} année TC SNV
Semestre 4

Module de

Biotechnologies et applications

Dr HABBECHÉ A

Programme de la matière

Chapitre 1: La signification économique des microorganismes

Chapitre 2: Utilisation des microorganismes dans les fermentations alimentaires

Chapitre 3: Métabolites microbiens d'importances économiques

Chapitre 4: Application des biotechnologies dans le domaine médical

Chapitre 5: Application des biotechnologies dans le domaine animal

Chapitre 6: Application des biotechnologies dans le domaine agriculture

Chapitre 1 : La signification économique des microorganismes



1. Généralité

➤ Au sens large du terme, la biotechnologie c'est l'utilisation de:



La production de certaines substances à l'échelle industrielle

➤ Les microorganismes sont les plus utilisés pour leur:

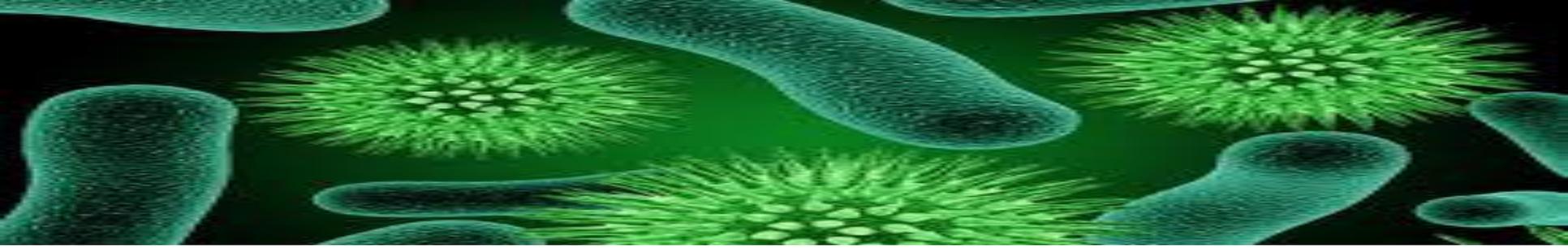
- Facilité de culture
- Rapidité de croissance
- Nombreux composés intéressants pour les industries sont produits naturellement par certains micro-organismes, tel que : les enzymes, les médicaments, les antibiotiques, les vitamines, les hormones...etc.
- Les microorganismes peuvent être également transformés par un gène d'intérêt de manière à ce qu'il produise une substance désirée (génie génétique).

Par exemple:

L'insuline humaine est produite par des bactéries dans lesquelles le gène codant pour l'insuline humaine a été introduit.

➤ Dans le domaine alimentaire, les capacités métaboliques de certains microorganismes sont utilisées pour les procédés de fermentation (production d'alcool, transformation du lait en yogourt ou fromage) et la production de divers aliments.

➤ Dans le domaine médical, les microorganismes sont impliqués dans la production de médicaments, ainsi qu'il permet de fournir une protection en inhibant le développement d'espèces pathogènes.



2. Les microorganismes

Le terme microorganisme regroupe des êtres vivants **microscopiques** et **ubiquitaires** qui représentent la biomasse la plus importante de la terre. Ils sont apparus il y a environ 3,8 milliards d'années.

Ils sont **indispensables** à l'équilibre de la biosphère en participant aux cycles élémentaires de la nature, mais peuvent s'avérer **néfastes**. Ils sont également largement utilisés pour la production de biens ou de services dans le contexte **des biotechnologies**.

C'est avec la production d'aliments fermentés que l'utilisation de microorganismes pour la conservation des aliments annonce la naissance des biotechnologies. Les progrès de la microbiologie initiés **au XIX^e siècle par Louis Pasteur en France**.



Aujourd'hui, la définition des biotechnologies désigne des technologies exploitant des processus cellulaires ou moléculaires grâce au génie génétique.

3. Caractéristiques des microorganismes

a) Les différentes formes des microorganismes

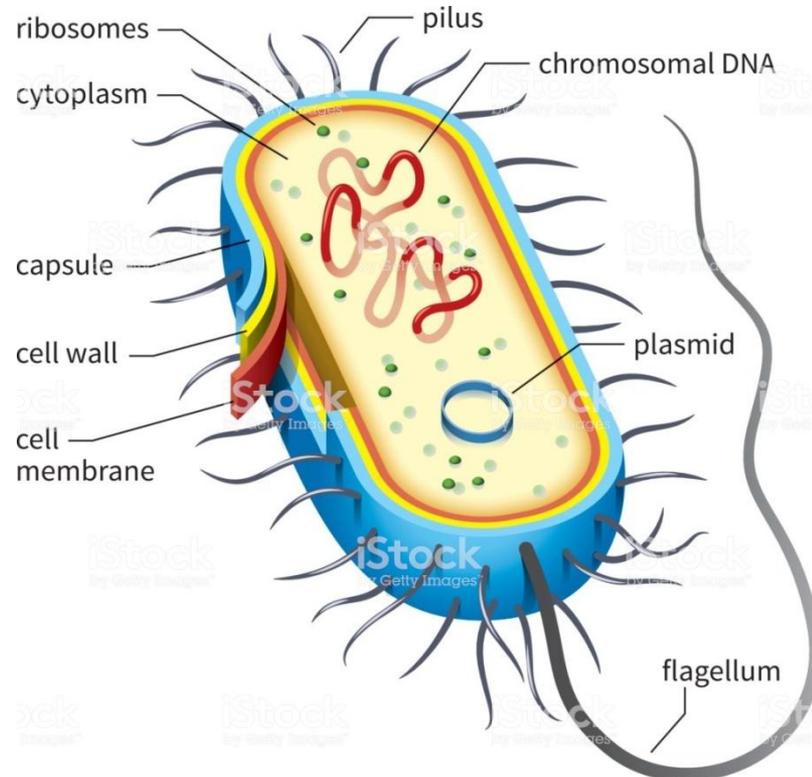
Les microorganismes englobe une variété d'espèces très différentes, qu'elles soient:

procaryotes (bactéries) ou **eucaryotes** (levures, algues, champignons, protistes et protozoaires), certains incluent aussi les virus.

Ces microorganismes se présentent sous plusieurs formes.

b) Structure des microorganismes

- Très simple
- Ils n'ont pas de noyau
- Quelques organelles cellulaires
- Membrane cellulaire
- Paroi cellulaire bactérienne
- Capsule bactérienne
- Cytoplasme
- Matériel génétique
- Flagelle



c) La taille des microorganismes

Les microorganismes sont souvent décrits comme **unicellulaires**, quelques protistes unicellulaires sont **visibles à l'œil nu** et quelques espèces **multicellulaires** sont **microscopiques**.

La taille moyenne des cellules bactériennes est de **0,5 à 1 μm** , mais il existe certaines bactéries ayant une taille de plus de 50 μm .

Les cellules eucaryotes ont un diamètre allant de **5 à 20 μm** .

d) habitats naturels des microorganismes

On trouve les microorganismes dans tous les types d'environnement présents dans la nature : ils colonisent dans tous les écosystèmes, comme:

les sols, les eaux douces, les eaux marines, l'air, mais aussi des environnements plus hostiles tels que **les pôles, les déserts, le fond des océans,...** etc.

Les microorganismes rencontrés dans des environnements extrêmes sont qualifiés d'**extrêmophiles**. De nombreux microorganismes sont associés aux **plantes** ou aux **animaux** avec lesquels ils peuvent entretenir des relations de **symbiose**, de **commensalisme** ou de **parasitisme**.

Certains microorganismes peuvent être pathogènes (peuvent provoquer des maladies chez les plantes ou les animaux).

4. Principaux microorganismes utilisés en biotechnologies

a) Bactéries lactiques

Les bactéries lactiques se caractérisent par la capacité de fermenter **les glucides** en **acide lactique** un acide faible, favorable à la conservation des aliments.

b) Bactéries acétiques

Présentes naturellement sur les fruits, dans l'air, dans le vin, les bactéries acétiques appartiennent, en majorité, au genre *Acetobacter gluconobacter* est présente sur les fruits et dans les vins pendant **la fermentation alcoolique seulement**. Ces bactéries oxydent **l'éthanol** en **acide éthanoïque**. Elles interviennent notamment lors de la fabrication du vinaigre

c) Les Actinomycètes

C'est le genre microbien le plus riche en **producteurs de métabolites secondaires** (antibiotiques, antifongiques, antitumoraux, insecticides).

d) Levures

Elles sont utilisées pour la production de **vitamines, d'enzymes, de biocarburants** et dans des procédés de fermentation industrielle.

e) Moisissures

Les moisissures sont connues principalement en tant qu'agents responsables de l'altération des aliments. Elles sont cependant utiles pour la production d'antibiotiques, d'enzymes, d'acide citrique, et de protéines alimentaires.

5. Conditions de croissance à l'échelle industriel

a) Substrats utilisés

Les principaux constituants des milieux de culture utilisés dans les procédés industriels

Source	Matière brute
Carbone et énergie	Petit-lait Grains de céréales Déchets agricoles (épis de maïs)
Azote	Eaux de lavage du maïs Farine de soja Déchets d'abattoir Ammoniaque et sel d'ammonium Nitrates
Vitamine	Préparation brutes de produits végétaux et animaux
Fer, Oligo-éléments	Dérives chimiques inorganiques bruts Phosphate pour engrais
Anti-mousses	Alcools supérieurs Silicones Esters naturels Huile végétale

b) Facteurs physico-chimiques

Méthodes de mesure de principaux paramètres physicochimiques contrôlés et éventuellement régulés

Paramètres	Capteurs	Régulations éventuelles
Température	Thermomètre a résistance en platine	Resistance plongeante ou double enceinte a circulation d'eau chaude. Circuit d'eau froide commande par électrovanne
Agitation	Capteurs de proximité (électrique) ou de positionnement (optique)	Moteur électrique/ axe/pales
Volume de milieu	Piezo résistance	Vidange
Mousse	Sonde a résistance électrique	Injection anti-mousse
Viscosite	Viscosimètre	
pH	Electrode	Injection acide ou base par pompe péristaltique
O2	Electrode type électrode de Clark	
CO2	Electrodes sélectives	
Gaz a la sortie	Analyseur paramagnétique (O2) analyse infrarouge (CO2)	

6. Différents types de production de métabolites

a) Métabolites primaires

Les métabolites primaires sont des composés associés aux synthèses cellulaires généralement produits pendant la phase de croissance

Productions	Micro-organismes	Milieux de culture	Productions	Utilisations
Biomasse: Protéines alimentaires	<i>Methylophilus methylotrophus</i> <i>Ca Utilis</i> <i>Fusarium graminearum</i> <i>Pe.cyclopium</i>	Méthanol Ethanol Amidon Lactosérum	10 000 t/an 100 t/an 300 t/an	Alimentation animale Additif alimentaire Alimentation humaine Alimentation animale
Métabolites primaires: Acides aminés Ac. Glutamique Thréonine Acides organiques Ac. Acétique Ac. Citrique Ac. Lactique Ac. gluconique	 <i>C. Glutamicium</i> <i>B. Subtilis</i> <i>Acetobacter aceti</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Lactobacillus delbureckii</i> <i>A.Niger</i>	 Mélasses Mélasses Ethanol, vin Mélasses Lactosérum	 370 000 t/an 160 t/an 300 000 t/an 400 000 t/an 40 000 t/an 45 000 t/an	 66% Alimentation humaine 33% Alimentation animale 1% Domaine médicale Vinaigre 60% alimentation (acidulant, émulsifiant, antioxydant) 10% Industrie pharmaceutique et cosmétique Acidifiant alimentaire Stabilisant produits carnes

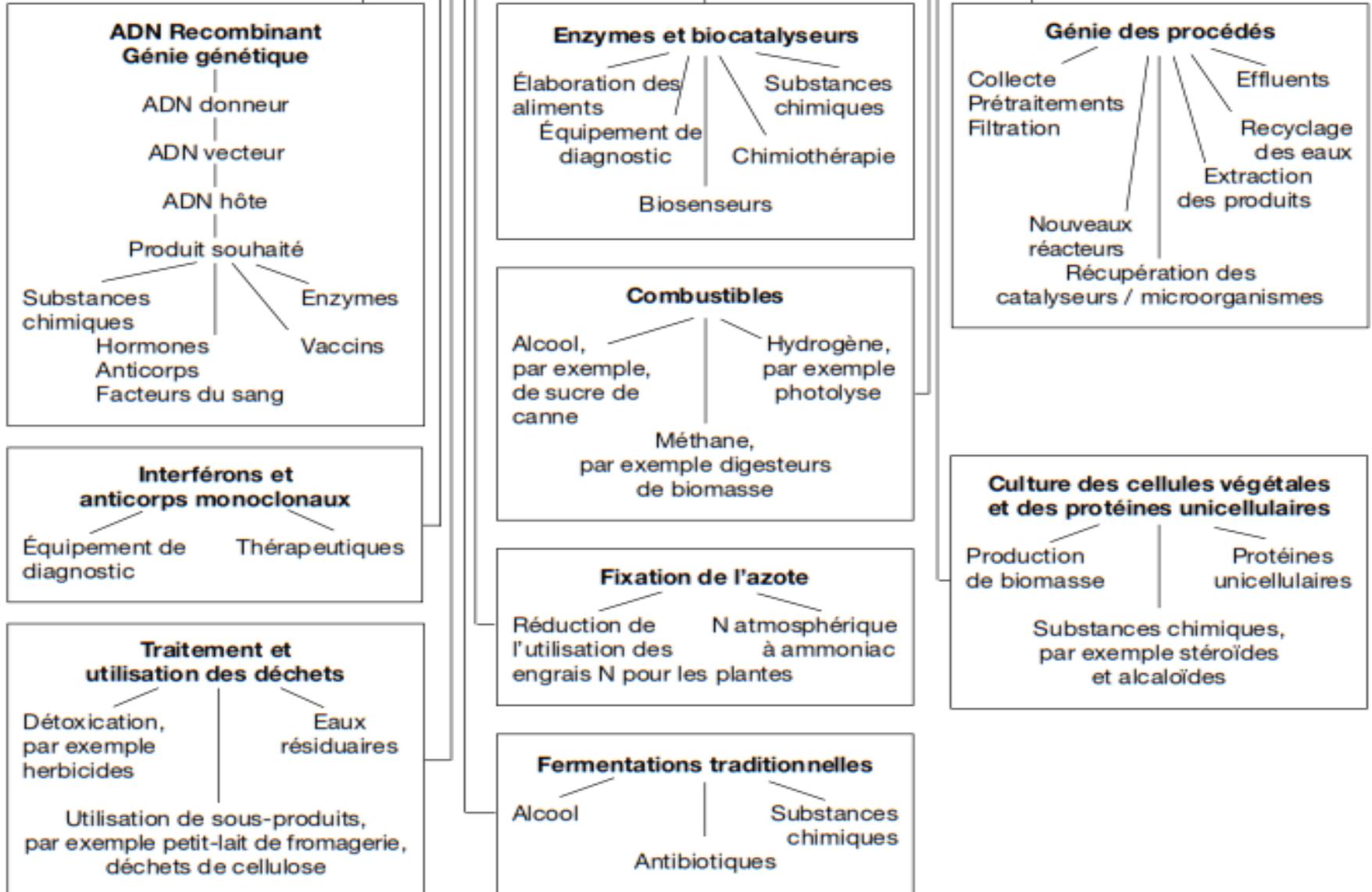
Productions	Micro-organismes	Milieux de culture	Productions	Utilisations
Bio fuel: Ethanol	<i>Sc. Cereviseae</i> <i>Cl. Thermocellum</i>	Amidon de céréales Mélasses canne à sucre Cellulose	10M t/an (Brésil)	Biocarburant, solvant
Lipides:	<i>A. Fumigatus</i> <i>Mucor miehi</i> <i>Pe. spinulosum</i>	Maltose Glucose Melasse	2 500 t/an 1 200 t/an 8 t/an	Alimentation
Nucléotides: 5'IMP 5'GMP ATP	<i>B. Subtilis</i> <i>B. Ammoniogenes</i> <i>B. Ammoniogenes</i>	Caséine, extrait de levure, Guanine, Biotine, Adénine, Glucose		
Polysaccharides : Dextrane Xantane Alginate	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> <i>Xanthomonas campestris</i> <i>Azotobacter vinelandii</i>	Saccharose 10-15% Amidon Saccharose 8g/l	191 t/an 610t/an 60 000 t/an	Alimentation (gélifiants) Pétrochimie (émulsifiants) Adhésifs, immobilisation de cellules ou enzymes
Vitamines: B12	<i>Propionibacterium shermanii</i> <i>Ps. Denitrificans</i>	« Corn steep» glucose Mélasse betterave Extrait de levure		36% pharmacie
B2 Précurseur vit C	<i>Eremothecium sahyii</i> <i>Acetobacter suboxydans</i>	Glucose, Uree Sorbitol 20%		64% additifs alimentaire

B) Métabolites secondaires: antibiotiques

Les métabolites secondaires sont produits habituellement après la phase de croissance: ils n'ont pas de relation directe avec la synthèse de matières cellulaires.

Productions	Micro-Organismes	Milieux de culture	Utilisations
Métabolites secondaires: Antibiotiques Pénicillines Rifamycine	<i>Pe.chrysogenum</i> <i>Amycolata mediterranei</i>	« Corn steep» glucose, lactose Farine de soja, glucose	Thérapeutique
Produits pharmacologiquement actifs Ergotamine Valiomaline Compactine Cyclosporine	<i>Claviceps purpura</i> <i>Streptomyces hygroscopicus</i> <i>Pe.citrinum</i> <i>Tolypocladium inflatum</i>		Migraines Diabète Cholestérol Immunosuppresseur
Aromes Anisaldehyde Geraniol Methylphenylacetate	<i>Trametes suavolens</i> <i>Ceratiocystis variospora</i> <i>Trametes odorata</i>		Anis Rose Miel
Insecticides Toxine	<i>B.thuringiensis</i>	Farine de coton, glucose, peptone	Anti-lepidoptere , diptere
Hormones végétales Gibberellines	<i>Phaecosphaeria sp</i>	Sirop de maltose, farine de soja	Suppression de la dormance, floraison

Application de microorganismes et de systèmes ou de procédés biologiques dans les industries manufacturières et des services



Conclusion

➤ Les propriétés des microorganismes dans de nombreux domaines sont:

- Leur petite taille (permet d'avoir un grand nombre de cellules dans un espace restreint)
- Développement rapide (permet d'avoir un grand nombre de cellules en peu de temps)
- Production de substances utiles (naturellement ou en insérant un gène d'intérêt)

Ces propriétés et capacités font que **les microorganismes sont extrêmement utiles** dans de nombreuses applications industrielles et économiques tel que: la santé, l'alimentation, l'agriculture et l'environnement.

➤ Les microorganismes sont présents **partout**, en tant que machinerie de production. Avant d'arriver à une exploitation industrielle, il est impératif de passer par la recherche fondamentale à l'échelle de laboratoire, se poursuit avec des expériences à l'échelle pilote et aboutit à l'échelle industrielle.

Il s'agit d'envisager la faisabilité de la transposition des techniques à mettre en œuvre, notamment aux coûts de production et aux investissements à réaliser. La montée de ces échelles implique un ensemble de procédés : la culture du microorganisme en bioréacteur, la séparation de la biomasse, la purification éventuelle des métabolites d'intérêt et leurs caractérisations.