

CHAPITRE III: CATABOLISME DES AUTRES COMPOSES ORGANIQUES

1- Dégradation des lipides

Les triglycérides sont hydrolysés en glycérol et acides gras, grâce à des lipases ou à des estérases moins spécifiques, souvent exocellulaires. Ces lipases se rencontrent chez les moisissures (*Aspergillus, Penicillium, Rhizopus, Geotrichum...*), les levures (*Candida, Torulopsis, Saccharomyces, Saccharomycopsis...*) et les bactéries (*Serratia, Pseudomonas, Xanthomonas, Chromobacterium, Alcaligenes, Staphylococcus...*).

Le glycérol entre dans la glycolyse au niveau de la dihydroxyacétone-P.

les acides gras, quant à eux, sont d'abord activés par l'ATP en présence de coenzyme A pour former un acyl-CoA, lequel est oxydé en β -céto-acyl-CoA. Après hydrolyse, il se forme de l'acétyl-CoA et un acyl-CoA possédant deux carbones de moins. Les réactions d'oxydation se poursuivent autant qu'il est nécessaire selon la longueur de la chaîne carbonée. L'acétyl-CoA formé peut être incorporé dans le cycle de Krebs et le shunt glyoxylique

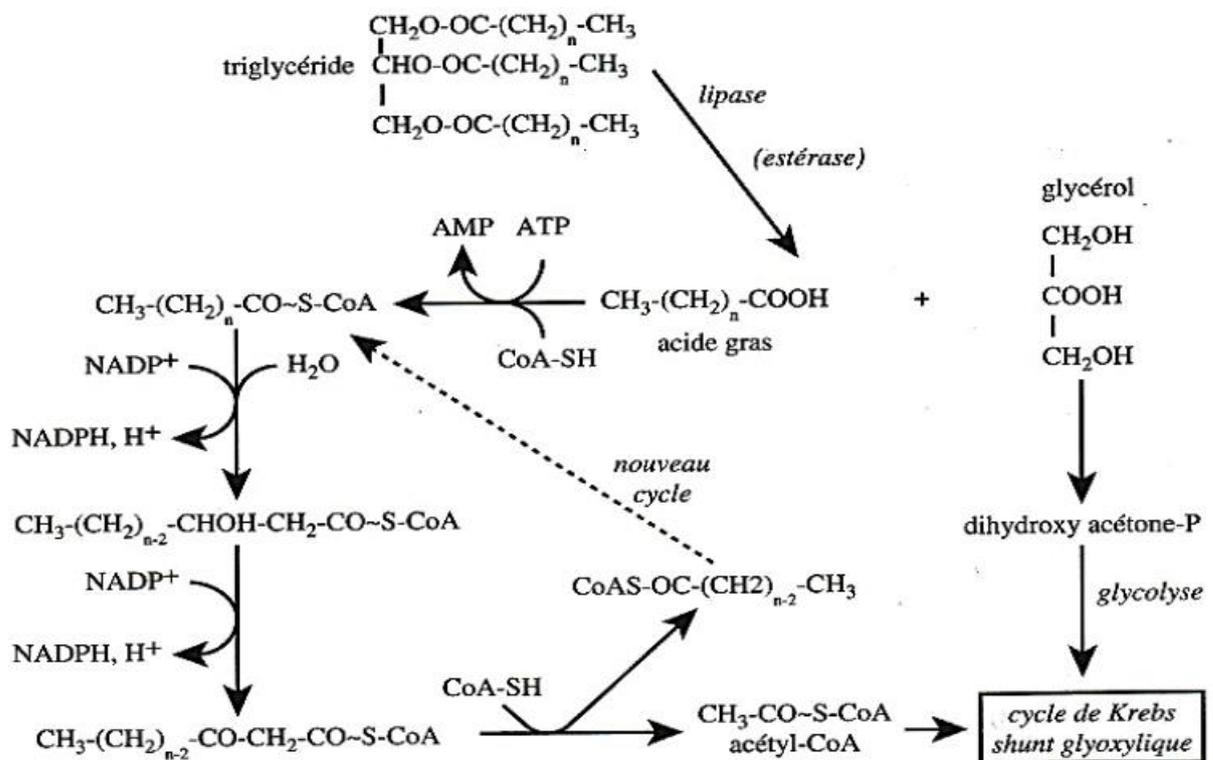


Figure 15 ■ Oxydation des lipides

2 - Dégradation des protéines

Les protéines sont des composés organiques de haut poids moléculaire, constituées d'acides aminés liés entre eux par des liaisons peptidiques. Leur dégradation comporte les étapes suivantes :

2-1- Protéolyse : protéases et peptidases

Il existe de nombreuses protéases microbiennes (généralement exocellulaires) plus ou moins spécifiques : collagénases, gélatinases... Elles agissent aussi bien sur les protéines que sur les oligopeptides. Elles scindent la molécule protéique en fragments polypeptidiques, constitués de quelques acides aminés seulement. Les espèces protéolytiques les plus connues appartiennent aux genres bactériens *Clostridium*, *Bacillus*, *Proteus*, *Streptomyces*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*... ainsi qu'à de nombreux genres fongiques.

Les peptidases hydrolysent les polypeptides et les transforment en leurs sous-unités constitutives, les acides aminés. De petits polypeptides pénètrent dans les cellules : chez la levure, il s'agit essentiellement de di- et tripeptides. L'entrée des acides aminés dépend de la présence de systèmes « perméase » nombreux et variés

Les peptidases sont de deux types, les endopeptidases et les exopeptidases, en fonction de leur mode d'attaque de la chaîne polypeptidique. Les exopeptidases sont elles-mêmes subdivisées en deux catégories :

- Les aminopeptidases commencent leur action par l'extrémité $-NH_2$ libre du polypeptide et leur activité dépend souvent de la présence d'ions métalliques.
- Les carboxypeptidases débutent leur attaque par l'extrémité $-COOH$ libre du polypeptide. L'activité de ces différentes enzymes conduit à la libération de di- et tripeptides qui sont ensuite hydrolysés en acides aminés.

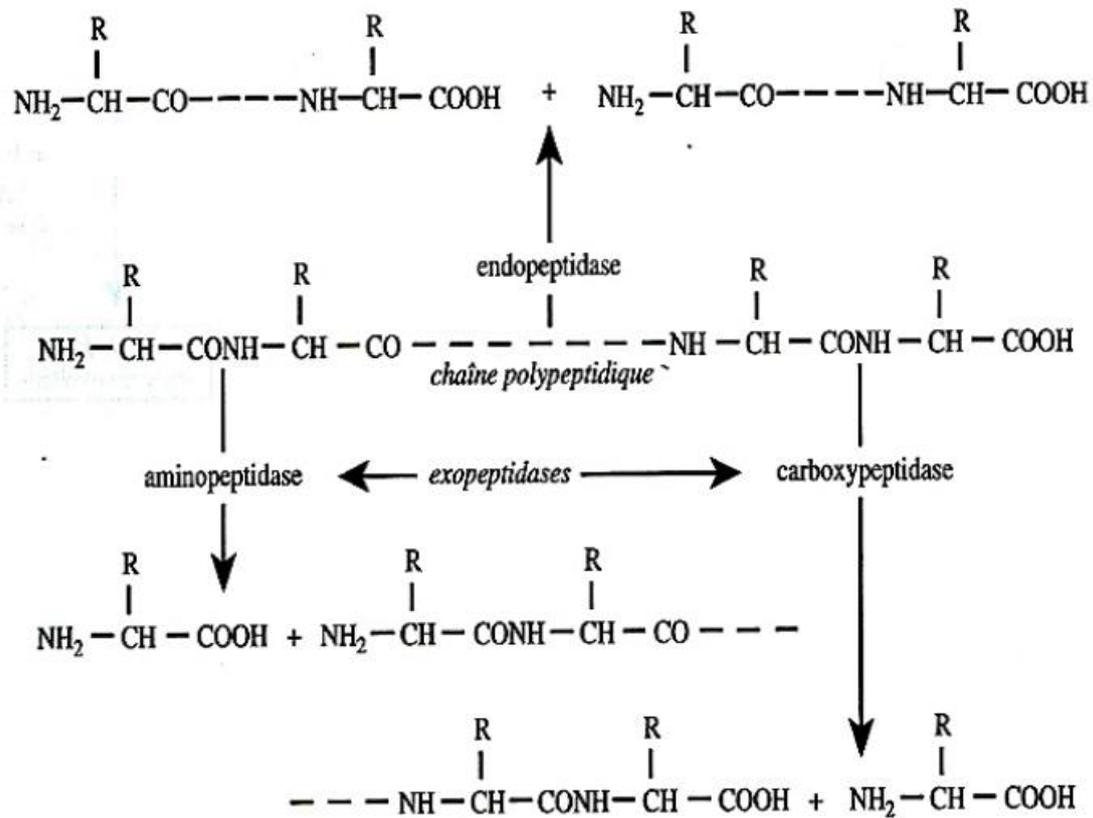


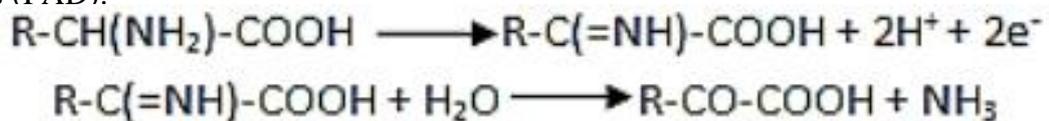
Figure 16 ■ Mode d'attaque des différentes peptidases

2-2- Catabolisme des acides aminés libérés

Il existe deux voies principales : la désamination et la décarboxylation.

Les aminoacides désaminases sont à la fois des enzymes oxydatives et des enzymes non oxydatives.

La désamination oxydative conduit à la formation d'un imino-acide qui est ensuite hydrolysé en ammoniacque et en acide α -cétonique : elle fait intervenir des coenzymes flaviniques (FAD).



La désamination non oxydative peut être de trois types :

La désamination de **aspartate** \longrightarrow **fumarate**. **aturé** ex. :

La désamination par **déshydratation** est particulière aux acides aminés hydroxylés (serine), elle est exclusivement microbienne. Il y a formation d'ammoniacque et d'un acide cétonique. La dégradation de la **cystéine** se fait par une réaction voisine mais il y a libération de **SH₂** (cystéine sulfhydrase).

La désamination **réductive** consiste en une **réduction** de l'acide aminé en **acide saturé correspondant**, avec formation d'**ammoniaque**.

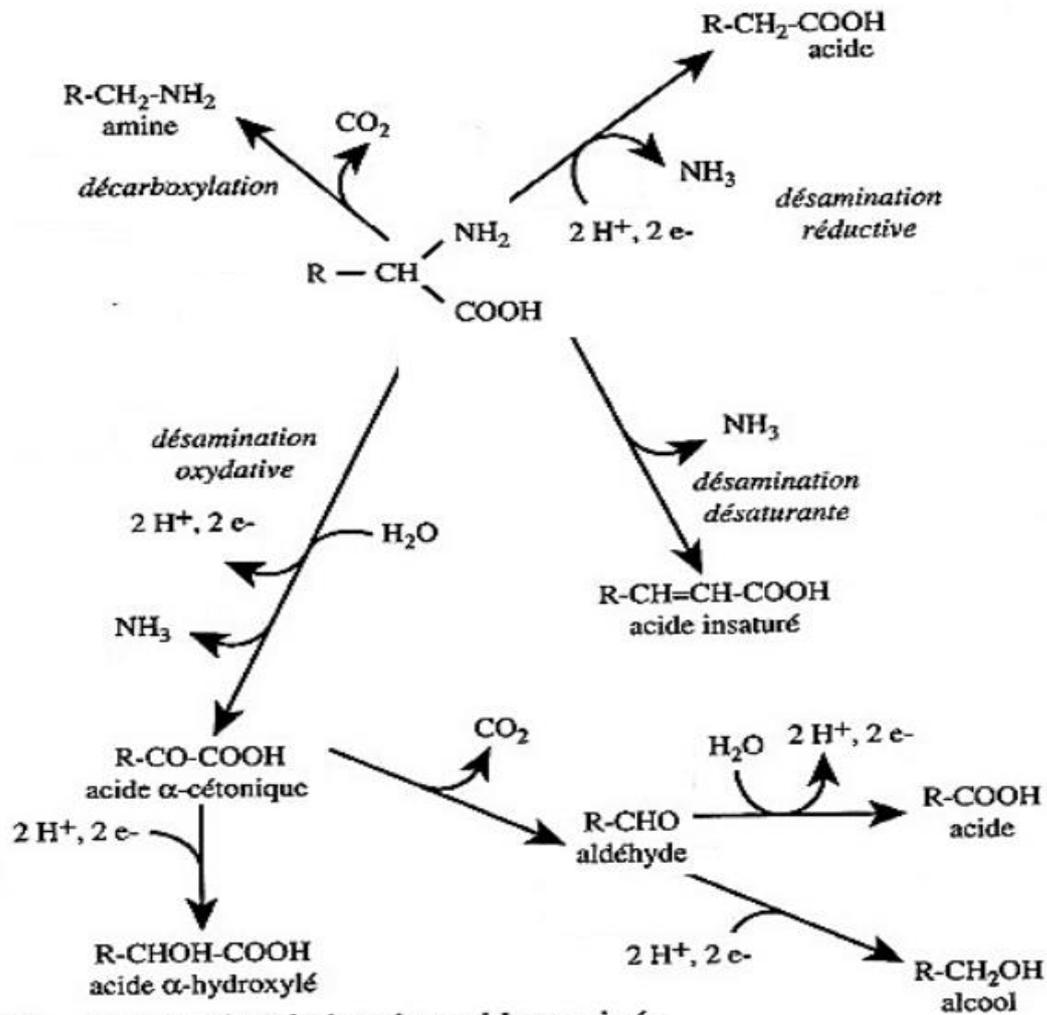
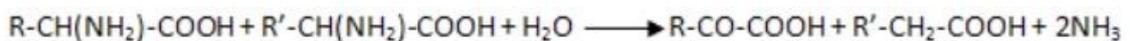


Figure 17 ■ Dégradation des acides aminés

Il existe un **dernier** type de **désamination**, appelé :

Désamination couplée (réaction de **Stickland**). Il s'agit d'une réaction **d'oxydoréduction** couplée **entre deux acides aminés**, l'un jouant le rôle d'**accepteur** d'hydrogène, l'autre de **donneur**



La réaction de **Stickland** est **réalisée** par un grand **nombre** de **bactéries anaérobies strictes** sporulées (**Clostridium**) : elle fait intervenir un coenzyme à NAD.

Les **Clostridium** qui ne réalisent pas cette réaction dégradent les acides aminés grâce à un processus catalytique de transamination proche de celui des animaux supérieurs.

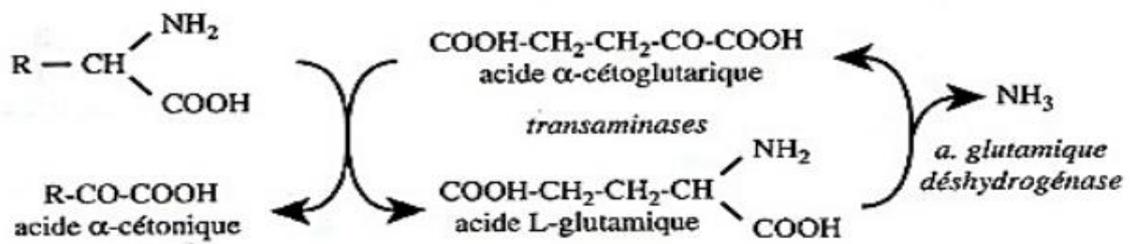


Figure 18 ■ Transamination chez les *Clostridium*

Les acides issus de la désamination intègrent les voies du métabolisme glucidique : pyruvate (alanine, glycine, sérine, cystéine...), acétyl-CoA (leucine, isoleucine, lysine...), oxaloacétate (aspartate)...

Les décarboxylases agissent sur les aminoacides pour former du CO₂ et une amine :



Cette réaction est effectuée par un grand nombre de microorganismes protéolytiques ou non. Les amines sont des composés nauséabonds, parfois toxiques (histamine).

La manière de dégrader un aminoacide est contrôlée en partie par le pH du milieu. Un milieu acide favorise la formation de décarboxylases alors que le milieu alcalin stimule celle de désaminases.

3-catabolisme des hydrocarbures

Beaucoup de Pseudomonas, d'autres groupes bactériens (Micrococcus, Actinomycètes), de levures et des moisissures sont capables d'utiliser comme seule source de carbone la quasi-totalité des hydrocarbures paraffiniques et aromatiques.

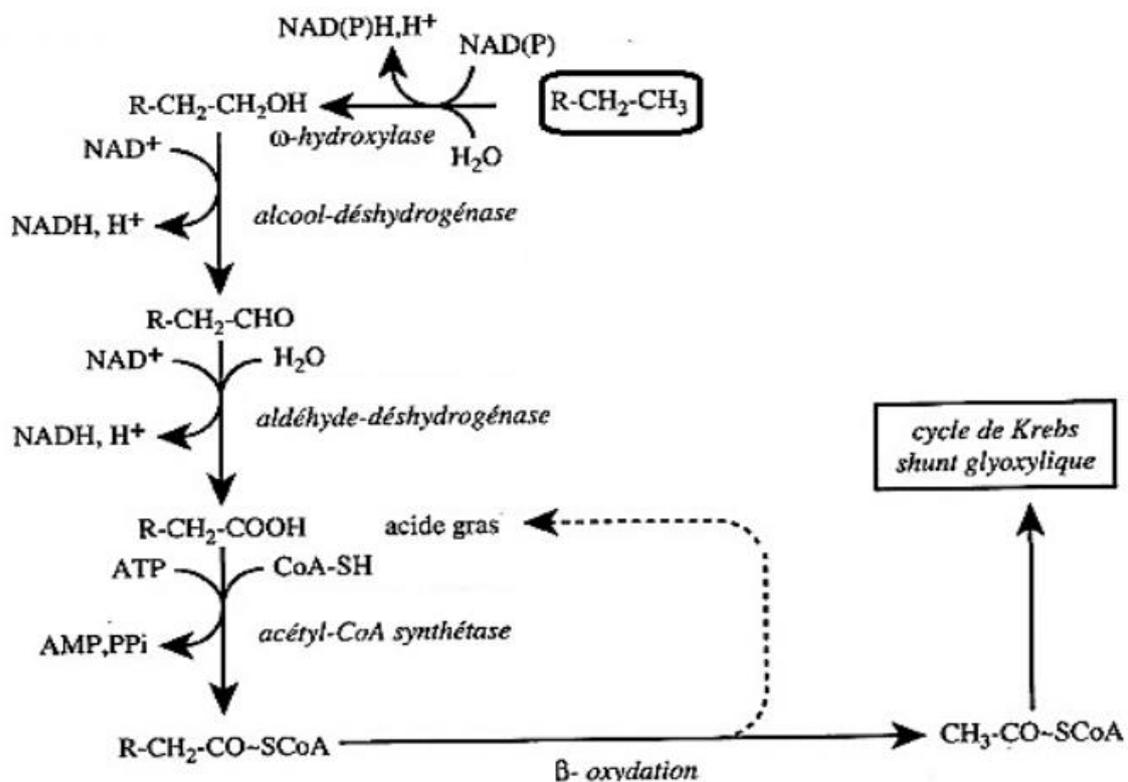


Figure 19 ■ Catabolisme des hydrocarbures paraffiniques

3-1- hydrocarbures paraffiniques

Les hydrocarbures paraffiniques sont oxydés par des étapes successives grâce à des déshydrogénases à NAD via l'aldéhyde et l'acide carboxylique. Une acyl-CoA synthétase permet d'activer cet acide monocarboxylique en acyl-CoA qui subit la β -oxydation génératrice de molécules d'acétyl-CoA par scissions successives. Il y a intervention d'une ω -hydroxylase NADP-dépendante, elle existe chez divers microorganismes et notamment chez *Pseudomonas* oleovorans cultivé sur Hexane

Chez les levures, le passage de l'Alcane à l'Acetyl COA se fait dans les microsomes et peroxyosomes.

3-2- Catabolisme des hydrocarbures et autres composés aromatiques

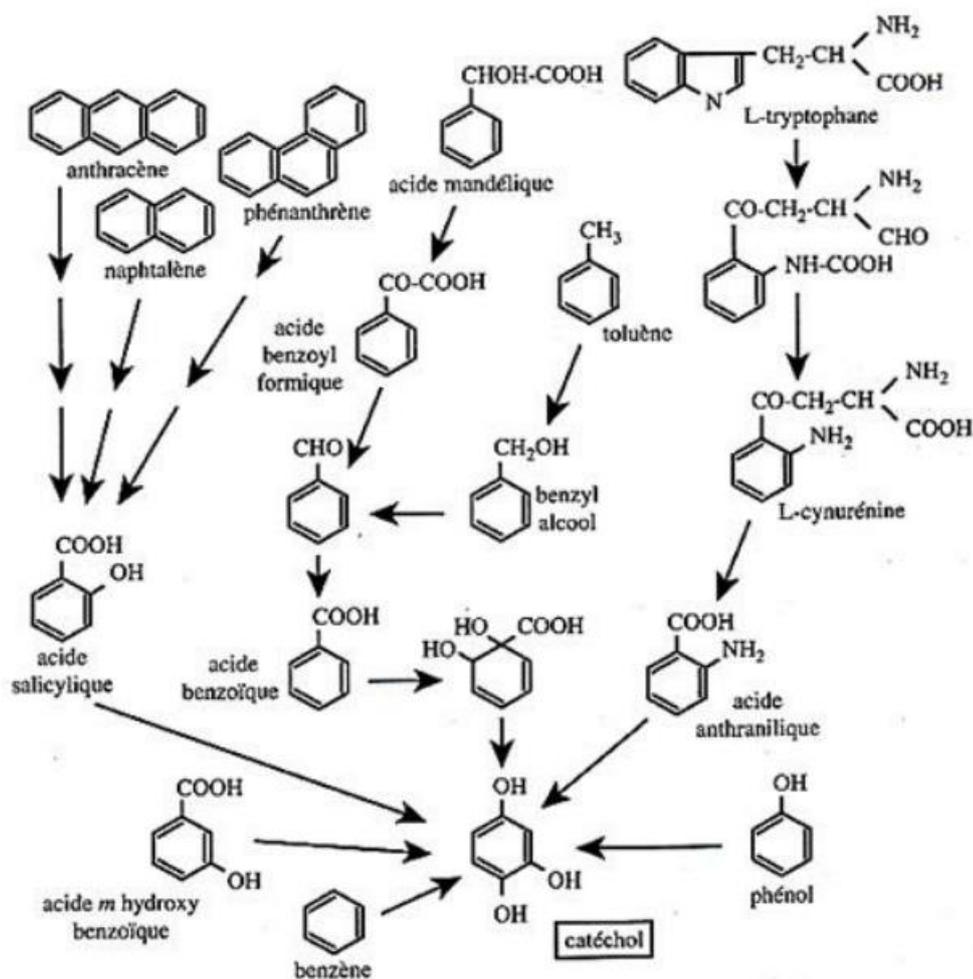


Figure 20 ■ Voies de dégradation des composés aromatiques aboutissant au catéchol

Certains **microorganismes**, notamment des **Pseudomonas** (*P. aeruginosa*, *P. putida*...) sont **capables** de **croître** en utilisant des **composés aromatiques**. Leur **oxydation aboutit**, dans un **premier temps**, à des composés à un **seul cycle aromatique** (**catéchol**, **protocatéchuate**, gentisate, homogentisate). **Ensuite**, il y a **clivage** du **cycle**, soit **entre deux carbones** portant les **hydroxyles** (orthofission), soit **entre un carbone** portant un **hydroxyle** et un **carbone n'en portant pas** (métafission).

Les composés **aromatiques halogénés** peuvent aussi être **dégradés biologiquement** : cas **d'épuration** des **sédiments** contenant des **polychlorobenzènes**. Après la **déchloration anaérobie**, il se produit une dégradation **aérobie** des produits **phénoliques** qui en sont **issus**.

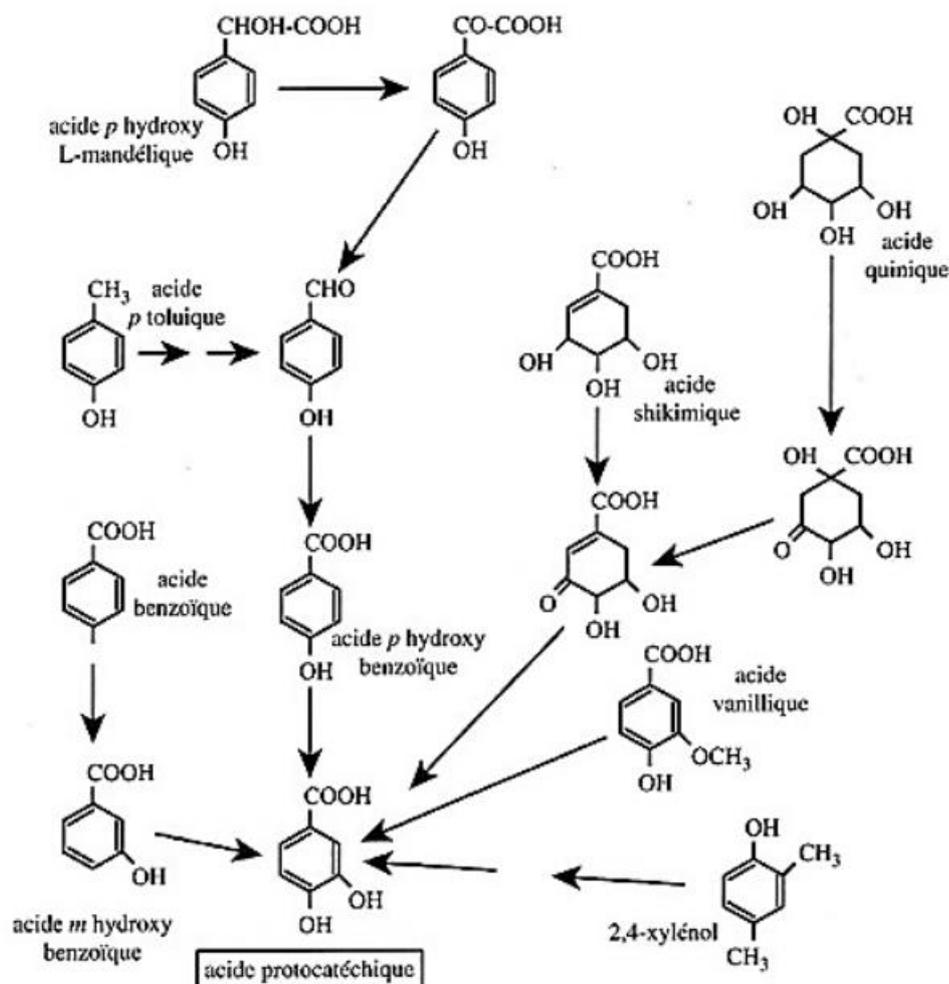


Figure 21 ■ Voies de dégradation des composés aromatiques aboutissant au protocatéchuate

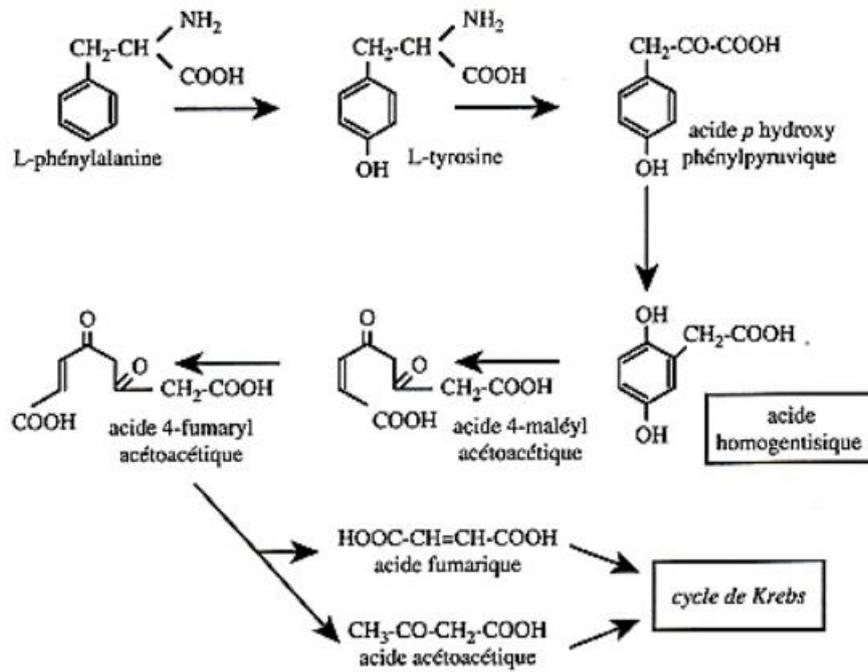


Figure 22 ■ Voies de dégradation des composés aromatiques passant par l'homogentisate

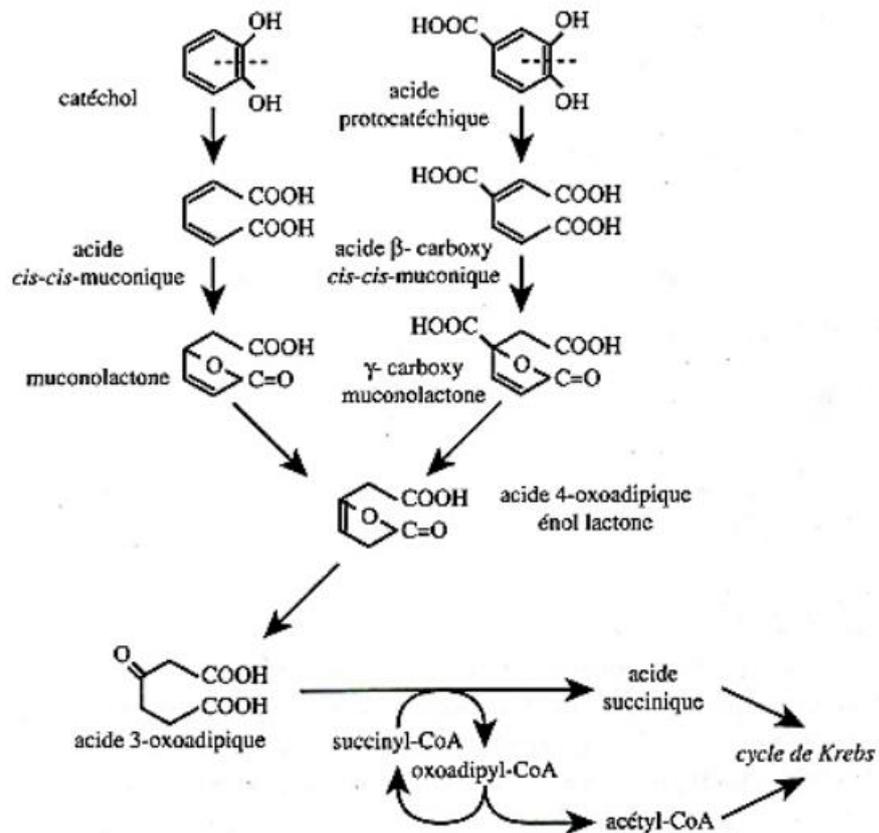


Figure 23 ■ Dégradation du catéchol et du protocatéchuate par orthofission

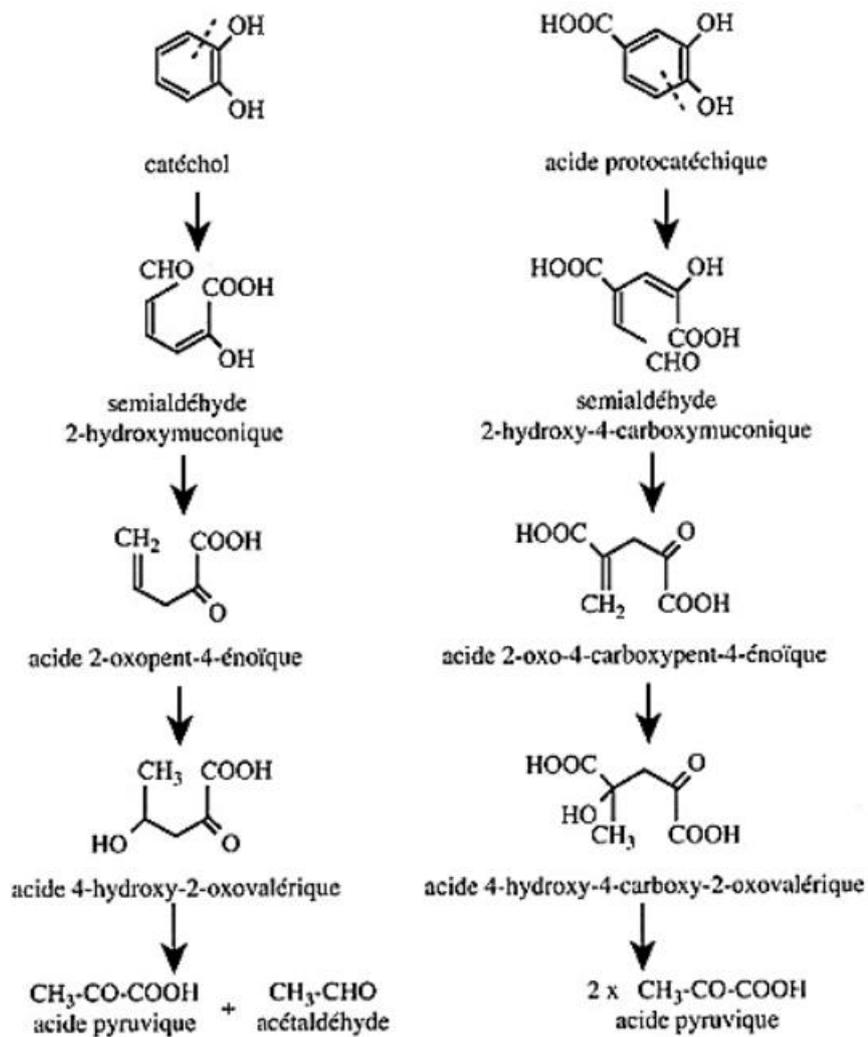


Figure 24 ■ Dégradation du catéchol et du protocatéchuate par métafission

4- Catabolisme du méthane et méthanol

Les microorganismes capables de croître sur méthane et méthanol, comme seule source de carbone, (ex. *Pseudomonas*) oxydent le méthane selon la chaîne :



Ces microorganismes sont dits « méthylophiles ». Ils peuvent être méthylophiles stricts (ne dégradant que le méthane ou méthanol), ou méthylophiles facultatifs (capables de dégrader, outre le méthane et méthanol, de nombreux composés à un ou plusieurs atomes de carbone).

5- Dégradation de l'éthanol

L'éthanol peut être dégradé totalement en CO₂ et H₂O comme chez certaines levures (*Brettanomyces*, *debyomyces*, *Hansenula*, *Pichia*...) comme il peut être transformé en acide acétique (*Acetobacter*, *Gluconobacter*). Dans les deux cas, la première étape conduit à la formation d'acétaldéhyde :



Dans le cas des levures, l'acétaldéhyde est incorporé dans le cycle de Krebs par oxydation en acétyl-CoA.



Cette dégradation est aérobie.

Dans le cas des bactéries acétiques, l'acétaldéhyde est transformé directement en acide acétique.



Cette fermentation (base de la fabrication du vinaigre) est aérobie. Certaines bactéries acétiques peuvent ensuite transformer l'acide acétique en CO₂ et H₂O par l'intermédiaire de l'acétyl-CoA.

Le vinaigre, fabriqué traditionnellement par une culture de surface (procédé d'Orléans) ou par ruissellement sur des copeaux de bois sur lesquels sont adsorbées les bactéries (procédé de Schutzenbach), est actuellement fabriqué par culture agitée fortement aérée (acétator, cavitator...).

6- Dégradation du glycérol

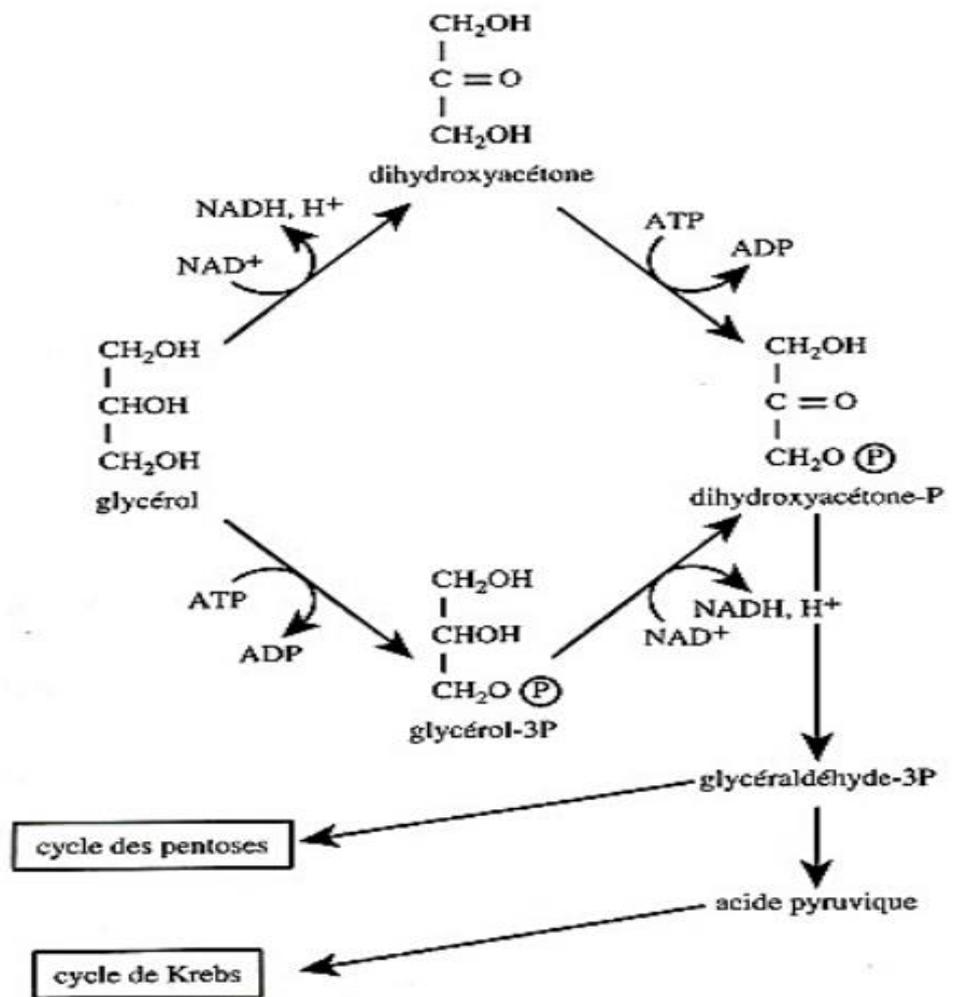


Figure 25 ■ Catabolisme du glycérol

Le catabolisme du glycérol a été étudié chez les Entérobactéries, les lactobacilles, les bactéries acétiques et chez *Clostridium butyricum*.

Le glycérol est dégradé, en particulier chez les bactéries acétiques, par deux voies (figure). *Acetobacter suboxydans*, qui ne possède pas de cycle de Krebs, peut cependant métaboliser le glycérol. Cette bactérie est utilisée pour la production de dihydroxyacétone, intermédiaire de la dégradation du glycérol. La dihydroxyacétone est employée comme agent tannant et en cosmétologie.

Entérobactéries catabolisent le glycérol en le transformant en dihydroxyacétone ou en glycéraldéhyde-3P, lesquels sont ensuite dégradés par la voie de la glycolyse. Le processus est uniquement fermentaire.

Le catabolisme du glycérol chez *Escherichia coli* fait intervenir une glycérol kinase qui donne naissance à l' α -glycérophosphate, qui est encore transformé en dihydroxyacétone-phosphate.