

# SCIENCES ET ALIMENTS

Facteurs cinétiques intervenant

dans l'évolution

du degré d'acidité

du vinaigre.



# SOMMAIRE

**Introduction.** Page 2

**I) La fabrication et la fermentation acétique du vinaigre.** Pages 3 à 5

a) La fabrication du vinaigre.

b) La fermentation acétique.

**II) Facteurs cinétiques intervenant dans l'évolution du degré d'acidité du vinaigre.** Pages 6 à 11

a) Présentation des expériences.

b) Exploitation des courbes, résultats et interprétation des expériences.

**Conclusion.** Page 12

**BIBLIOGRAPHIE.** Page 13

## Introduction.

On fait remonter à plusieurs milliers d'années la découverte du vinaigre. En effet, chez les Romains comme chez les Grecs, le breuvage le plus usité resta longtemps l'eau additionnée d'un vinaigre léger. Il y a environ 2000 ans, le vinaigre fut d'ailleurs le héros du repas le plus cher du monde à l'occasion d'un pari entre Marc Antoine et Cléopâtre, remporté par cette dernière en laissant une énorme perle se dissoudre dans son vinaigre avant de le boire.

Utilisé quotidiennement pour l'assaisonnement de différentes crudités, le vinaigre possède d'autres fonctions notamment dans le domaine médical et même esthétique. Cependant on ignore souvent les mécanismes intervenant dans sa fabrication. C'est pourquoi nous nous sommes intéressées aux facteurs cinétiques agissant dans l'évolution du degré d'acidité dans le cadre de sa confection. Dans un premier temps nous vous présenterons nos expériences ainsi que leurs résultats illustrés par des courbes et des photos que nous analyserons et interpréterons dans un second temps

## **I) La fabrication et la fermentation acétique du vinaigre.**

### **a) La fabrication du vinaigre.**

Le vinaigre est un produit obtenu en partant du vin ou de produits très variés (raisins secs, miel, cidre) lequel est rendu acide par la production spontanée d'acide acétique de formule  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

Il existe différents procédés de fabrication tels que la méthode orléanaise se pratiquant à l'aide de tonneaux en cascade (on ajoute régulièrement du vin dans le tonneau supérieur, et l'on soutire simultanément le vinaigre du tonneau inférieur).

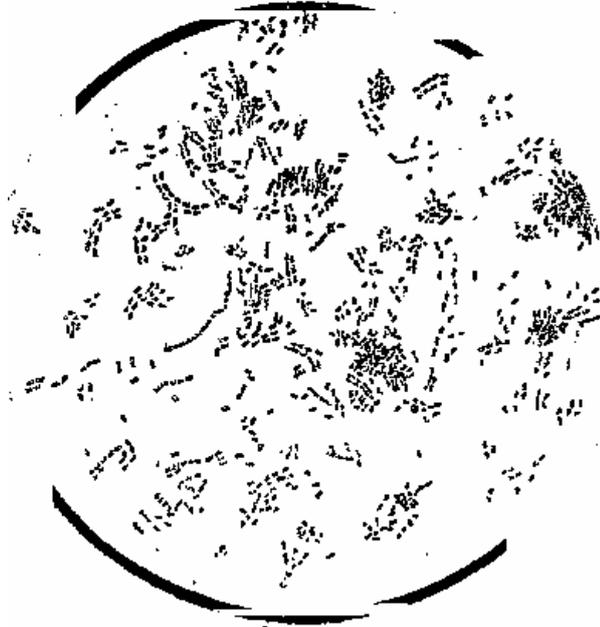
Une autre méthode, allemande, est connue sous le nom de procédé des copeaux de hêtre.

Le vinaigre le plus connu reste incontestablement le vinaigre balsamique fabriqué à Modène en Italie à partir de raisins blancs et sucrés.

### **b) La fermentation acétique.**

La fermentation du vinaigre est dite acétique. En effet, le vinaigre est le fruit de la transformation de l'alcool éthylique sous l'action conjuguée de l'oxygène de l'air et d'un champignon unicellulaire proche des levures, *Mycoderma aceti* : dans des conditions d'acidité limitées, à certaines concentrations en alcool et en présence de composés nutritifs telles les protéines présentes dans le vin (matières azotées, phosphate de magnésie et de potasse).

Les mycodermes, apportés par le vent et les insectes, se développent et forment à la surface un voile grisâtre, pouvant être fin ou solide. Ils aiment les émanations acides et se développent mieux si le milieu est initialement acidifié.



**Aspect microscopique des mycodermes (d'après l'Etude de Pasteur)**

Ces mycodermes sont qualifiés d'aérobie, c'est à dire qu'ils ne peuvent vivre qu'en présence d'oxygène.

Ces microorganismes assurent la fermentation acétique en produisant des enzymes, qui associées à l'oxygène de l'air convertissent l'alcool éthylique en acide acétique. C'est ce qu'on appelle la fermentation acétique, responsable de la formation de vinaigre.

Il faut noter cependant qu'une accumulation des mycodermes provoque leur chute au fond du récipient : le voile mycodermique prend alors le nom de « mère de vinaigre ».

La mère de vinaigre ainsi immergée a une action néfaste : au lieu de transformer le vin en vinaigre, elle le détruit en consommant l'oxygène qui, en solution, lui fait défaut.

La fermentation acétique se caractérise donc par l'équation bilan définie par Pasteur :

### Enzyme

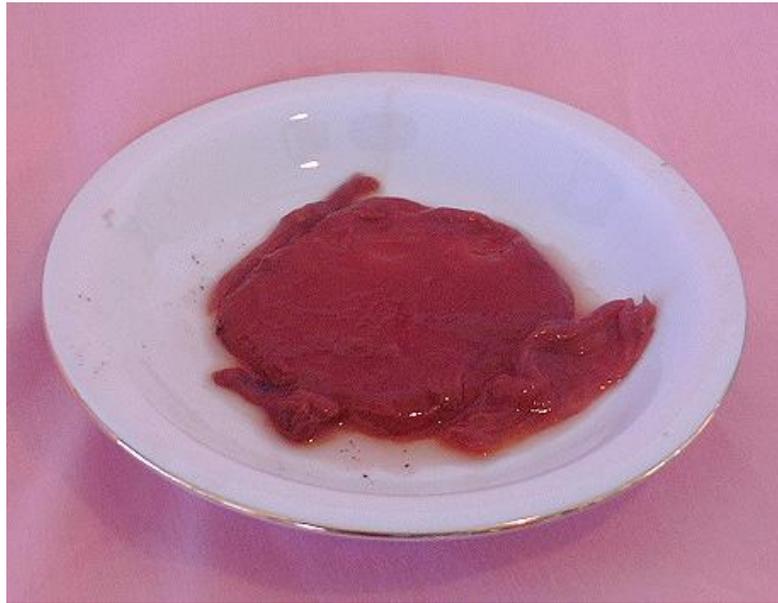
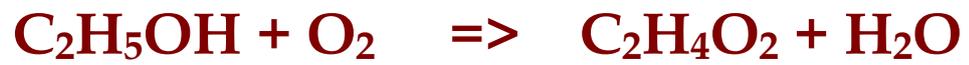


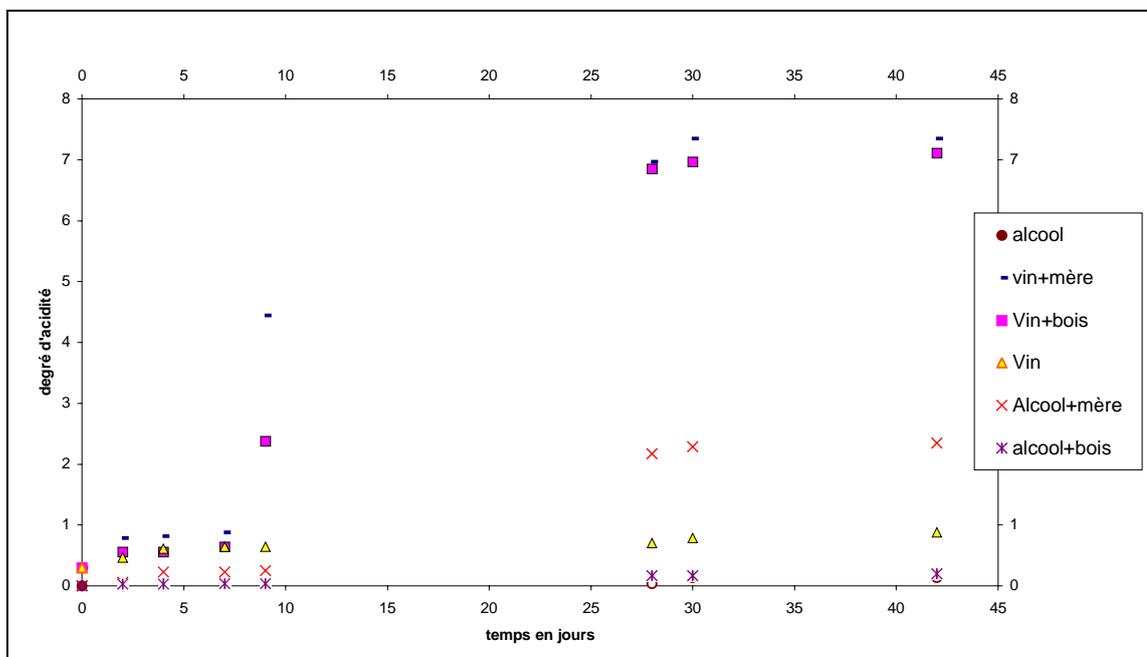
Photo de la mère de vinaigre

## II) Facteurs cinétiques intervenant dans l'évolution du degré d'acidité du vinaigre.

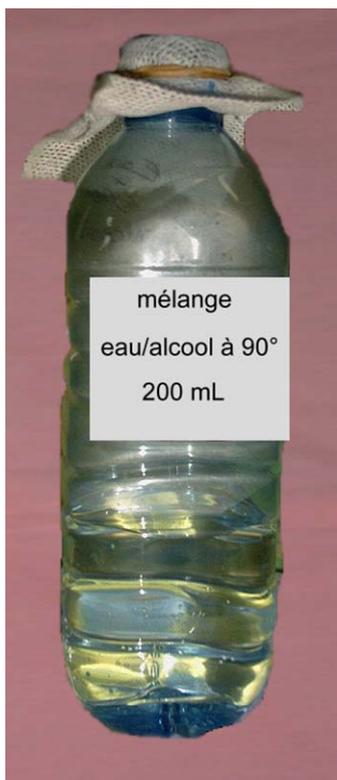
### a) Présentation des expériences.

Afin d'étudier d'éventuels aspects cinétiques pouvant jouer un rôle dans l'évolution du degré d'acidité, nous avons préparé six solutions différentes : les trois premières étant à base d'alcool à 90° et les suivantes à base de vin à 11°5 : alcool, alcool/mère, alcool/bois, vin, vin/mère, vin/bois (voir photos page 7 et page 8).

Pour pouvoir observer cette évolution, nous avons procédé à des dosages successifs par une solution de soude qui nous ont ensuite permis de calculer le degré d'acidité en fonction du temps représenté par les courbes suivantes. Rappelons que le degré d'acidité d'un vinaigre est égal à la masse d'acide éthanoïque, exprimée en grammes, présente dans 100g de vinaigre.



## Photos des solutions le premier jour



## Photos des solutions en cours d'acétification



## b) Exploitation des courbes, résultats et interprétation des expériences

1) Dans un premier temps, nous allons étudier les courbes représentant les mélanges à base de vin.

Les courbes vin/mère et vin/bois indiquent une acétification finale élevée. On atteint en effet un degré d'acidité de 7 proche de celui d'un vinaigre commercial (6°).

Notons que le mélange vin/mère s'acétifie plus rapidement que le mélange vin/bois.

Le vin seul, quant à lui, n'atteint qu'un degré d'acidité de 0,88.

Nous pouvons en déduire que mère et bois ont permis d'accélérer la fermentation : ce sont donc des facteurs cinétiques.

### Interprétation du résultat

\* Rappelons que le mélange vin/mère a été préparé à l'aide d'une solution de vin dans laquelle nous avons introduit une mère préalablement trempée dans du vinaigre. Comme nous l'avons vu précédemment, la mère de vinaigre ainsi immergée ralentit la formation de vinaigre. Comment pouvons nous alors expliquer la courbe obtenue ?

Ceci se justifie par la présence initiale de vinaigre à l'intérieur de la mère. En effet, l'acidité initiale de la solution a favorisé la formation d'un voile mince de **mycoderma aceti**, responsable de la fermentation acétique, que nous avons pu observer lors de ces expériences.

\* L'évolution rapide du degré d'acidité pour la courbe vin/bois est due à la propriété qu'a le bois humide d'absorber l'oxygène de l'air avec rapidité.

L'humectation de notre morceau de bois avec du vin a permis une fixation de l'oxygène sur le vin ainsi que le développement de *Mycoderma aceti* : on obtient ainsi de l'acide acétique (voir morceau de bois).

\* Le faible degré d'acidité obtenu pour le vin seul peut surprendre. En effet, tout le monde en a déjà fait l'expérience : une bouteille de vin laissée à l'air libre tourne vite en vinaigre. Pourquoi avons nous alors obtenu un degré d'acidité finale seulement de 0,88 ?

Ceci est dû au fait que chaque semaine nous avons à prélever une certaine quantité de solution pour pouvoir ensuite la doser et ainsi calculer le degré d'acidité.

Nous avons donc du régulièrement briser le voile mycodermique qui par ce fait retombé au fond de la solution. Ce résultat permet néanmoins de bien constater l'action néfaste qu'a la mère de vinaigre immergée. Notre voile de mycodermes se retrouvant privé d'oxygène consommait celui présent dans la solution pour pouvoir survivre.

La réaction entre les enzymes, produites par l'ADN du *mycoderma aceti*, et l'oxygène ne pouvait donc plus avoir lieu, la fermentation acétique s'est trouvée alors très ralentie voir stoppée.

2) Maintenant nous allons nous intéresser aux courbes représentant les mélanges à base d'alcool.

Nous pouvons ainsi regrouper les courbes alcool/bois (0,20) et alcool (0,14) qui restent quasiment constantes durant les 42 jours d'expérience.

Nous observons que le degré d'acidité final est très faible voire nul, ce qui est confirmé par l'absence d'odeur de ces 2 solutions.

Le mélange d'alcool et de mère présente à contrario une acidité plus élevée en fin d'expérience : 2,35°.

### Interprétation du résultat

L'introduction d'une mère renfermant déjà du vinaigre, a comme pour le vin, favorisé l'acétification quoique pénible du mélange.

Par contre, l'acétification n'a pas eu lieu dans les autres mélanges à base d'alcool, ceux ci ne contenant pas les éléments nutritifs essentiels à la formation d'acide acétique. De plus, l'activité des enzymes, on le sait, dépend fortement des conditions du milieu.

Ainsi, on peut penser que pour les solutions de vin dont le degré alcoolique est de 12 la vitesse de la catalyse enzymatique était à son optimum.

En utilisant une solution d'alcool pure à 90°, on s'est largement éloigné de cet optimum ce qui a entraîné l'inactivité des enzymes et peut-être même leur dénatura-tion.

## Conclusion.

Les expériences que nous avons réalisées nous ont permis de montrer l'existence de facteurs cinétiques permettant l'accélération du processus d'acétification en favorisant le développement de mycodermes.

Pour réaliser un vinaigre rapidement, on peut donc introduire des mycodermes, en n'oubliant pas qu'ils préfèrent les milieux acides et qu'ils ont besoin de composés nutritifs.

De nombreux sujets d'études sont encore exploitables concernant le vinaigre : son aromatisation, ses vertus dans les domaines esthétique et médical par exemple.

**Le vinaigre n'a pas fini de nous révéler tous ses secrets...**

# BIBLIOGRAPHIE

- Travaux Pratiques de Biologie de Didier Pol
- Encyclopédie Universalis
- Encyclopédie Encarta
- Etude sur le vin et le vinaigre de Pasteur
- Les vertus du vinaigre d'Anne Lavédrine

## Sites Internet

<http://www.reseauproteus.net/1001solutions/s/vinaigre.com/>

<http://www.vinaigre.com/contenu1.htm>

# Le Vinaigre

Pour cette seconde année de Travaux Personnels Encadrés, Julie et moi avons décidé de travailler ensemble, notre travail en commun s'étant déjà révélé efficace et agréable.

Le thème qui nous a le plus attirées était « Sciences et Aliments ». Après avoir hésité sur quelques sujets, notamment le fromage (dont la fabrication n'est pas favorisée par les conditions climatiques locales) et la fabrication d'alcool (le matériel spécifique nécessaire n'étant pas disponible), nous avons opté pour l'étude du vinaigre. Nous nous sommes plus particulièrement intéressées aux facteurs cinétiques intervenant dans l'évolution du degré d'acidité de l'alcool et du vin dans le cadre de la fabrication du vinaigre.

Pour répondre à cette problématique, nous avons dû réaliser un protocole expérimental. Après quelques recherches et conseils de professeurs, nous avons adopté la méthode du dosage qui nous paraissait abordable en terminale. Ainsi, nous avons décidé de préparer 6 solutions différentes à base d'alcool et de vin dont le dosage régulier par de la soude devait montrer l'influence de la mère du vinaigre et du bois sur l'évolution du degré d'acidité.

Nous nous sommes cependant heurtées à quelques problèmes.

Dans un premier temps, il nous a fallu déterminer la concentration de soude à utiliser pour nos dosages. Nous avons basé nos calculs sur le degré d'acidité final d'un vinaigre commercial, soit 6°.

Ensuite, nous avons eu des difficultés à choisir un indicateur coloré. En effet, compte tenu de la couleur du vin, le BBT ne permettait pas un repérage évident de l'équivalence. Sur les conseils d'un professeur, nous avons essayé de faire une défécation avec du charbon pilé dans le but d'éliminer les tanins du vin. Les résultats n'étant pas probants, nous avons finalement utilisé de la phénol phtaléine qui convenait bien à nos expériences.

Les microscopes du lycée n'étant pas assez puissants pour observer le champignon unicellulaire formant la mère de vinaigre (*mycoderma aceti*), nous avons fait des recherches au CDI et sur Internet concernant cette dernière. Pour notre étude, nous nous sommes tout particulièrement appuyées sur un ouvrage de Pasteur entièrement consacré au vin et au vinaigre.

Enfin, après le traçage des premières courbes, nous nous sommes aperçues qu'il nous manquait une étape importante de la fermentation, nos solutions s'étant essentiellement acidifiées durant les vacances d'Octobre. Pour rectifier cela, nous avons refait des solutions identiques aux précédentes que nous avons placées dans les mêmes conditions. Ainsi nous avons donc pu relever les valeurs qui manquaient à nos courbes.

**Julie et moi avons pratiquement tout réalisé ensemble, la répartition du travail ne s'étant faite que pour quelques recherches et pour les dosages (3 dosages par séance chacune )**

**Ces dosages, qui ont en quelque sorte « rythmé » nos séances hebdomadaires de TPE, nous ont finalement permis de tracer 6 courbes qui correspondent bien à notre problématique. Ces courbes, accompagnées de bouteilles de vinaigre feront partie de notre production.**

**Ces TPE ont été pour moi très enrichissants dans la mesure où ils m'ont permis d'acquérir un meilleur raisonnement scientifique , de découvrir de nombreuses caractéristiques du vinaigre , et de fabriquer mon propre vinaigre, à l'image des Grecs, des Romains et même des Egyptiens, il y a des millénaires.**

# SOMMAIRE

**Introduction.** Page 2

**I) La fabrication et la fermentation acétique du vinaigre.** Pages 3 à 5

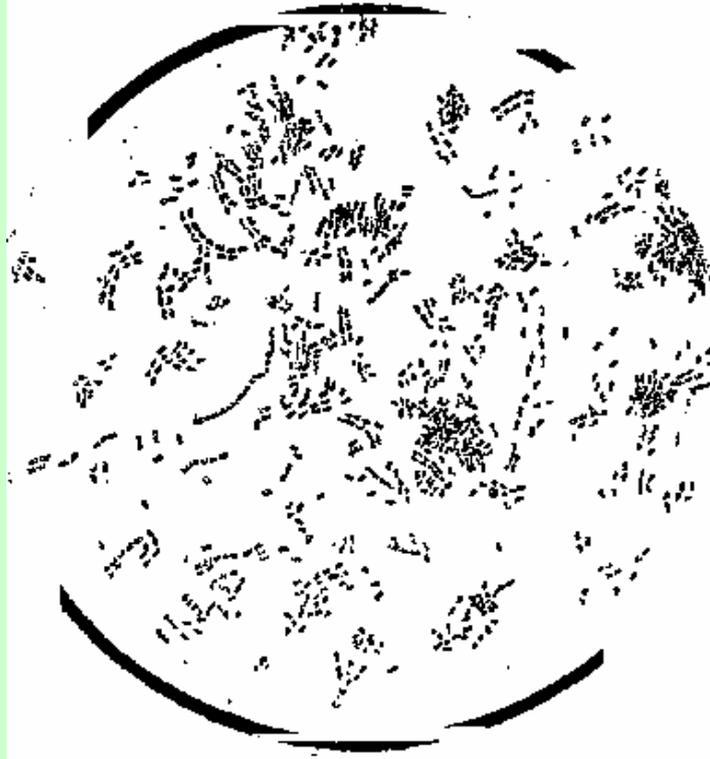
- a) La fabrication du vinaigre.
- b) La fermentation acétique.

**II) Facteurs cinétiques intervenant dans l'évolution du degré d'acidité du vinaigre.** Pages 6 à 11

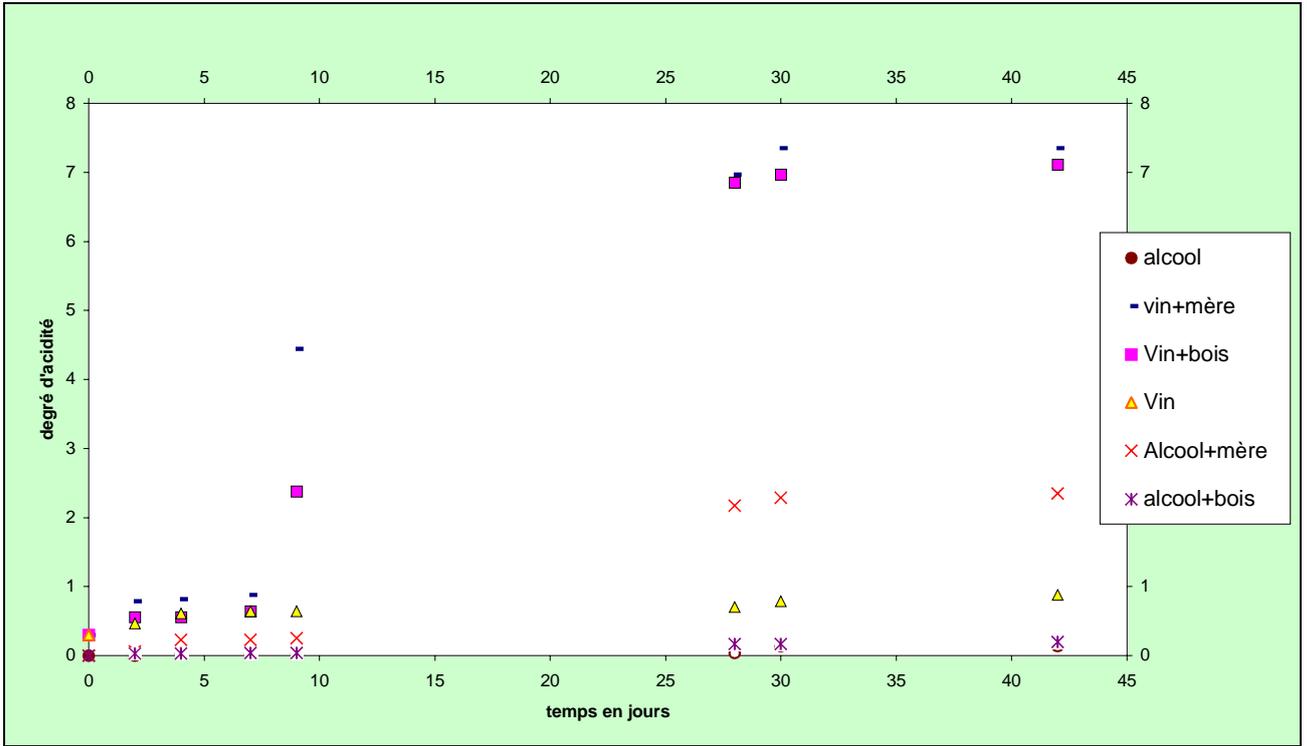
- a) Présentation des expériences.
- b) Exploitation des courbes, résultats et interprétation des expériences.

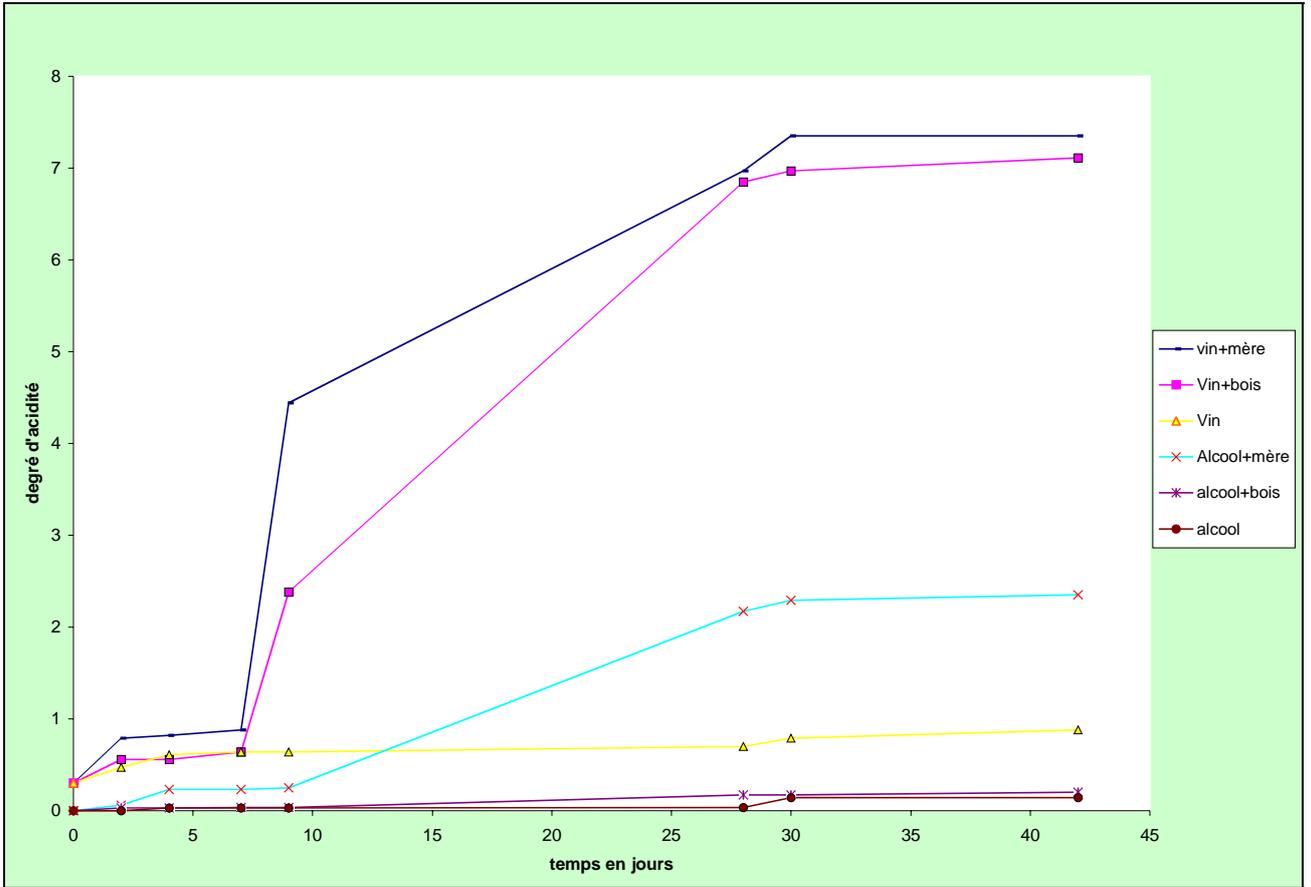
**Conclusion.** Page 12

**Bibliographie.** Page 13

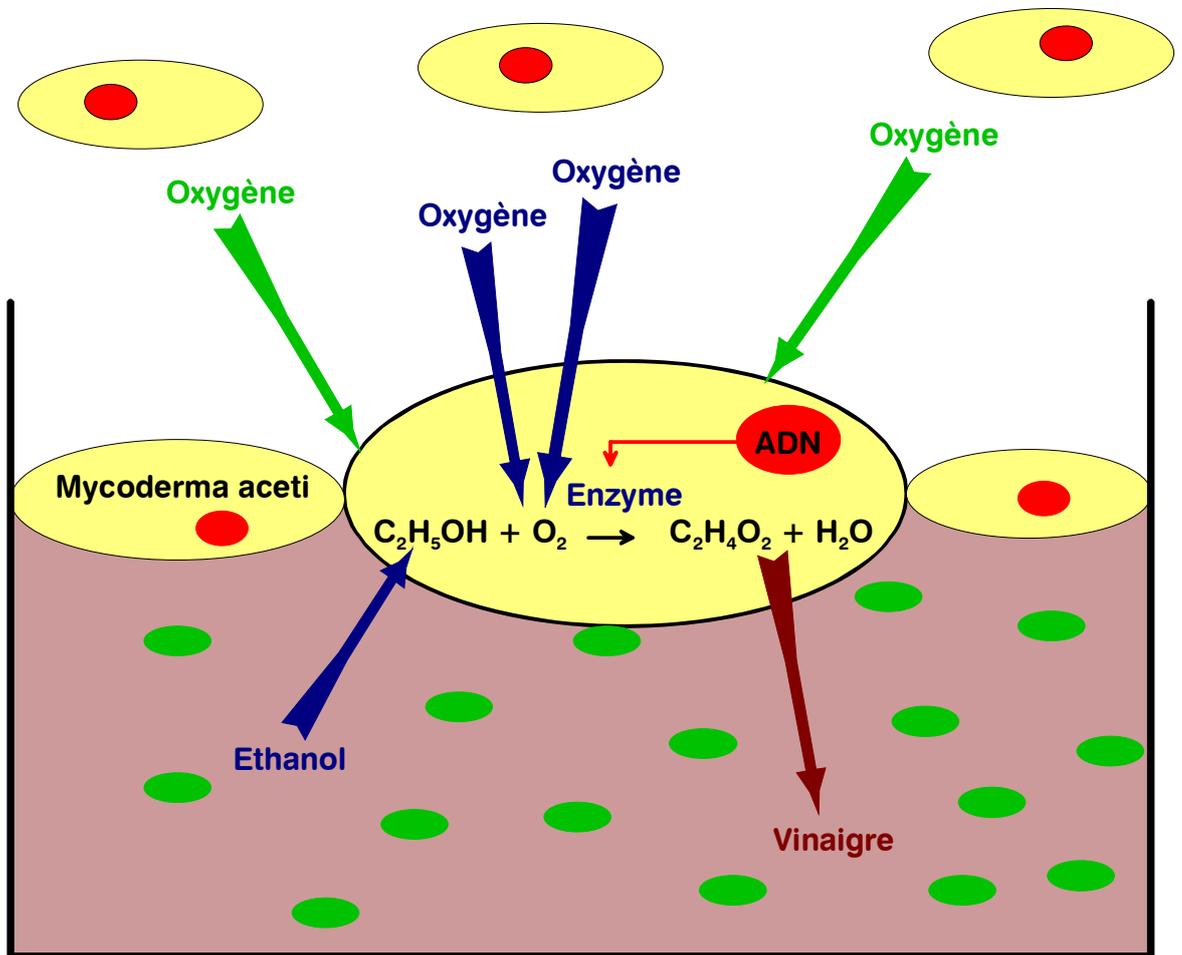


Aspect microscopique des mycodermes (d'après l'Étude de Pasteur).



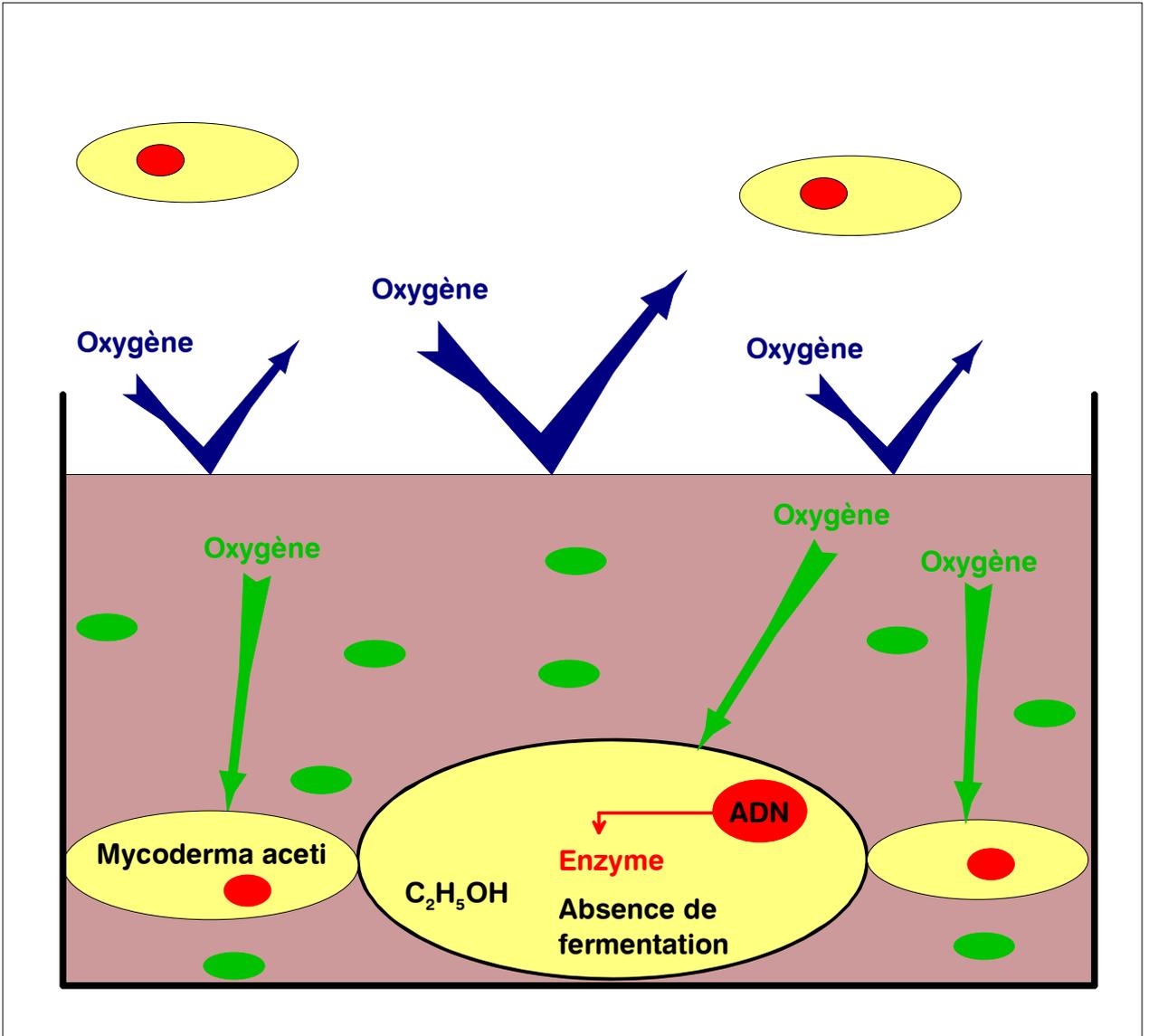


## La fermentation acétique



● Eléments essentiels à la vie de *Mycoderma aceti* (protéine, oxygène)

● Eléments essentiels à la fermentation acétique



# Qui dit vinaigre dit vinaigrettes...

## Qui dit vinaigre dit vinaigrettes...

### \*\*\*\*\*Vinaigrette classique\*\*\*\*\*

- 1 cuillerée à soupe de vinaigre
- 2 à 3 cuillerées à soupe d'huile
- Sel, poivre

Pour obtenir une émulsion homogène, il faut d'abord dissoudre le sel et le poivre dans le vinaigre, avant d'ajouter l'huile.

### \*\*\*\*\*Vinaigrette à la crème aigre\*\*\*\*\*

- 1 cuillerée à soupe de vinaigre
- 1 ½ cuillerée à soupe d'huile
- 1 ½ cuillerée à soupe d'eau
- 1 cuillerée à soupe de crème fraîche
- 1 cuillerée à soupe de yaourt
- 1 cuillerée à café de moutarde
- Sel, poivre

Mélanger le sel, le poivre et la moutarde et les dissoudre dans le vinaigre. Ajouter ensuite l'eau, l'huile et, pour finir, la crème fraîche et le yaourt, mélangés pour faire une crème aigre.

### \*\*\*\*\*Vinaigrette balsamique\*\*\*\*\*

- 2 cuillerées à soupe d'huile d'olive
- 1 cuillerée à soupe de vinaigre balsamique de Modène
- Sel, poivre

Mélanger tous les ingrédients. Cette vinaigrette d'exception se marie particulièrement bien avec les salades au goût prononcé comme la roquette, le mesclun ou la trévis.

\*\*\*\*\*Vinaigrette verte à l'américaine\*\*\*\*\*

- 1 cuillerée à soupe de vinaigre à l'estragon
- 1 cuillerée à café d'ail haché
- 1 cuillerée à soupe d'estragon frais haché
- 1 pincé de piment Cayenne
- 2 anchois frais ou en conserve
- 3 cuillerées à soupe d'huile d'arachide ou de tournesol

Piler les anchois au mortier avec l'ail, puis ajouter le piment de Cayenne, le vinaigre et l'estragon. Mélanger jusqu'à obtenir une pâte.

Émulsionner en ajoutant lentement l'huile. La sauce doit rester relativement épaisse.

Cette sauce est excellente avec les salades croquantes comme la romaine.

\*\*\*\*\*Vinaigrette d'or à la japonaise\*\*\*\*\*

- 1 ½ cuillerée à soupe de vinaigre
- 6 cuillerées à soupe d'eau froide
- 1 cuillerée à soupe de sucre en poudre
- 1 ½ cuillerée à café de moutarde au raifort (wasabi)
- 1 gros jaune d'œuf (ou 2 petits)
- 1/2 cuillerée à café de farine de maïs ou de Maïzéna

Mettre tous les ingrédients à l'exception de la moutarde dans un bol et les mélanger au fouet ou au mixer, puis les faire cuire au bain-marie pendant 5 minutes environ, jusqu'à ce que la sauce épaississe. Ajouter la moutarde et laisser refroidir.

Cette sauce japonaise d'une agréable couleur ensoleillée se sert froide avec des crudités, ou une salade composée aux fruits de mer ou de poulet.

\*\*\*\*\*

Bon appétit !  
**Bon appétit !**