

Le Languedoc, c'est plus de 2600 ans d'activité viti-vinicole. Depuis l'implantation de la vigne par les peuples grecs, les infrastructures et le négoce n'ont cessé d'y progresser jusqu'au XIX^{ème} siècle. En 1855, l'arrivée du chemin de fer apporte une richesse sans précédent à la région, mais cet essor est brutalement interrompu par une attaque généralisée d'oïdium puis de phylloxéra, qui anéantit le vignoble. La viticulture se reconstruit alors autour des vins de table pour assurer l'approvisionnement d'une population qui consomme du vin au quotidien. Au milieu du XX^{ème} siècle, la viticulture méditerranéenne connaît des transformations économiques et techniques importantes. La reconversion qualitative se met en marche.

La présence de la vigne dans les Terrasses du Larzac remonte à l'époque romaine, où le pays du lodévois avait une situation privilégiée : il s'étendait le long de la voie gallo-romaine, artère de circulation particulièrement empruntée, qui rejoignait Segodunum (Rodez). L'AOP Terrasses du Larzac est devenue en juin 2014 la deuxième appellation propre de la famille des AOC du Languedoc. La première est en blanc, c'est l'appellation Picpoul de Pinet. Les Terrasses du Larzac ont un cahier des charges tourné vers une limitation des rendements, dans un but qualitatif. Le terroir de la zone des Terrasses du Larzac où se trouvent les vignes date du Permien rouge (fin de l'ère primaire, de -280 à -225 millions d'années), appelé ainsi par la présence de ruffe.

Cette terre rouge est formée de pélites, une classe de roches sédimentaires détritiques formées par la combinaison de sédiments argileux et d'oxydes de fer. Elles sont le résultat d'un dépôt en milieu aquatique d'eau douce calme.

Les stades phénologiques de la vigne

L'Institut Français de la Vigne et du Vin conduit des missions de portée générale pour l'ensemble de la filière viti-vinicole, dans les domaines de la sélection végétale, de la viticulture, de la vinification et de la mise en marché des produits. L'IFV est implanté dans l'ensemble des bassins viticoles grâce à ses stations régionales.



Stade A ou 01 ou 00
Bourgeon d'hiver
L'oeil de l'année précédente est presque entièrement recouvert par deux écailles protectrices brunâtres.



Stade B ou 03 ou 05
Bourgeon dans le coton
L'oeil gonfle, ses écailles s'écartent et la bourre est très visible. Ce stade suit les pleurs.



Stade C ou 05 ou 09
Pointe verte
L'oeil continue à gonfler et à s'allonger. Il présente une pointe verte constituée par la jeune pousse.



Stade D ou 06 ou 11
Sortie des feuilles
Des feuilles rudimentaires rassemblées en rosette apparaissent. Leur base est encore protégée par la bourre progressivement rejetée hors des écailles.



Stade E ou 09 ou 13
2 à 3 feuilles étalées
Les premières feuilles sont totalement dégagées et présentent les caractères variétaux. Le rameau est nettement visible.



Stade F ou 12 ou 53
Grappes visibles
des grappes rudimentaire apparaissent au sommet de la pousse. Quatre à six feuilles étalées sont visibles.



Stade G ou 15 ou 55
Boutons floraux encore agglomérés
Les grappes s'espacent et s'allongent sur la pousse. Les boutons floraux sont encore agglomérés.



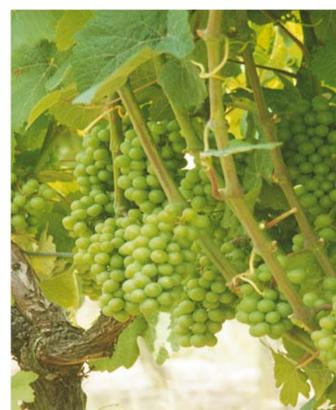
Stade H ou 17 ou 57 **Boutons floraux séparés**
Les boutons floraux sont nettement isolés. La forme typique de l'inflorescence apparaît.



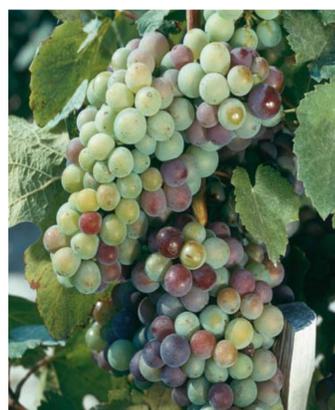
Stade I ou 23 ou 65
Floraison
Les capuchons se détachent à la base et tombent. Les étamines et le pistil sont visibles. Après ce stade, vient la nouaison des grains.



Stade K ou 31 ou 75
Petit pois
Les grains ont la taille d'un petit pois. Les grappes pendent.



Stade L ou 33 ou 77
Fermeture de la grappe
Les baies atteignent une taille suffisante pour se toucher.



Stade M ou 36 ou 81
Véraison
Les baies s'éclaircissent pour le raisin blanc ou se colorent pour le raisin noir.



Stade N ou 38 ou 89
Maturité
Les baies sont prêtes pour la récolte car elles ont atteint leur maturité technologique.



Stade O ou 43 ou 93
Début de la chute des feuilles.



Stade 47 ou 97
Fin de la chute des feuilles à l'automne.

Depuis 1994, la notation des stades phénologiques de la vigne s'effectue suivant une échelle numérique s'étalant de 1 à 47, établie par **Eichhorn & Lorenz**. Cette échelle complète celle de **Baggiolini**, notée de A à O, surtout au niveau de la floraison. Enfin, il existe une échelle universelle pour toutes les monocotylédones et les dicotylédones, appelée **BBCH** (Biologische Bundesanstalt bundessortenamt and CHEMical industry). Chaque stade est défini par une lettre et deux chiffres dans l'ordre : Baggiolini, Eichhorn & Lorenz et **BBCH**.

Les Virus

Le court noué ou la dégénérescence infectieuse. Vecteur : Xiphinema index

- **Sur feuilles :**

Panachures, des plages de feuille prennent une coloration jaune le long des nervures (disparition de la chlorophylle).



Déformation des feuilles due au Court-Noué : les sont asymétriques et très dentelées.



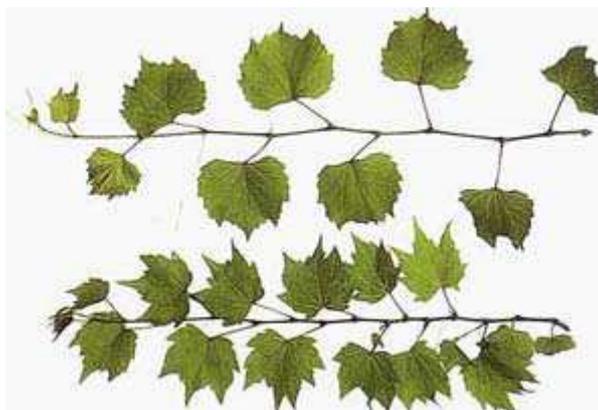
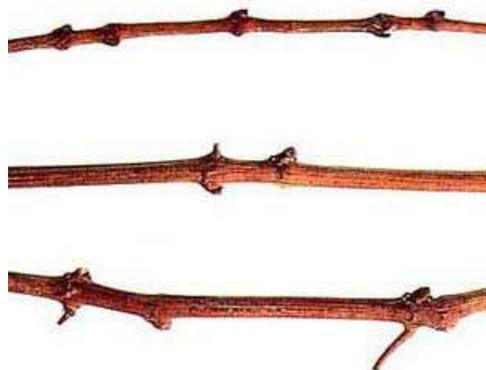
Déformations diverses des feuilles, allure d'éventail et indentation aigue des feuilles (dents s'allongent ou rétrécissent).

- **Sur rameaux :**

Fasciation : démultiplication du rameau qui semble constitué de plusieurs rameaux accolés



Raccourcissement des entre nœuds, Rameaux en zigzag, bifurcations anormales, Vigne plus basse et plus buissonnante

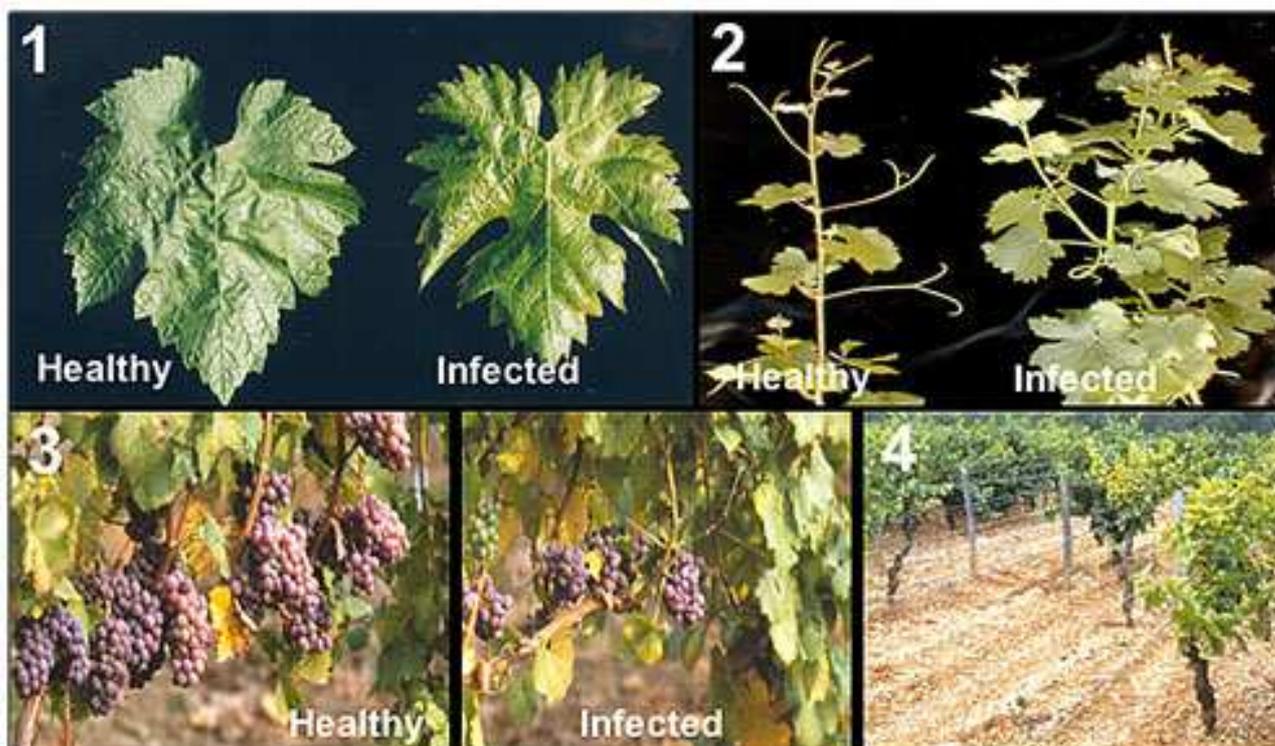
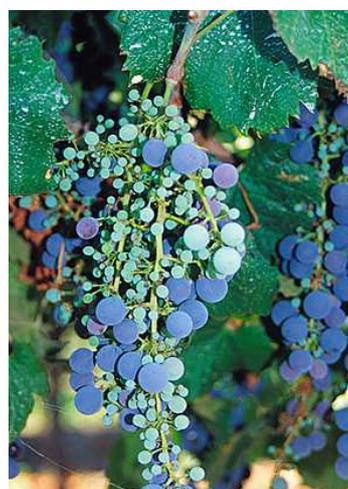


- **Sur grappe :**

Coulure

- **Sur racine :**

Moins nombreuses et diamètre plus important



Le complexe de l'enroulement :

vecteur : cochenille

- **Sur feuille :**

Enroulement du limbe des feuilles vers le bas

Epaississement du limbe

Rougisement/jaunissement du limbe, les nervures restant vertes



- **Sur grappe :**

Décoloration des baies

- **Sur racines :**

Moins nombreuses et plus larges.

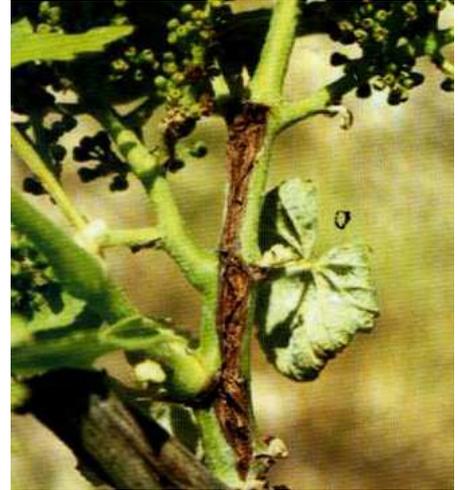
Les Bactéries

La nécrose bactérienne confusion av Exco, Euty, Mild sur sarment(rarement)

Vecteur : bactérie Xanthomonas ampelina

- **Sur les pousses :**

Au début de l'attaque, modification de la couleur de l'écorce de la base des pousses. Taches linéaires, continues, renflées, jaunâtres, virant au brun sur cépages blancs et rougeâtres sur cépages noirs.



- **Sur les feuilles :**

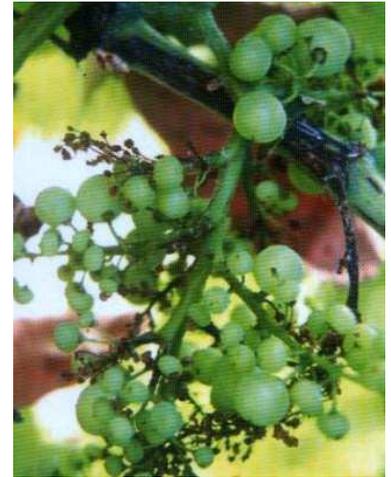
Nombreuses petites taches d'aspect huileux qui évoluent vers une plage nécrosée de faible Ø, de couleur brune parfois cernée d'un halo jaunâtre.



Les feuilles présentent des secteurs marginaux desséchés de couleur havane, se décolorent et tombent.

- **Sur les inflorescences :**

Si contamination externe : noircissement des boutons floraux et coulure.



Si contamination interne : nécrose des tissus conducteurs de la rafle.

Les tumeurs à Agrobacterium (Broussin)

Formation de tumeurs sur les racine, le tronc, et les sarments. Perturbation de la circulation de la sève.



Les Phytoplasmes ou Mycoplasmes

La Flavescence Dorée

Vecteur : la cicadelle : *Scaphoïdeus titanus*



- **Sur les rameaux :**

Entre nœuds court, noircissement, port pleureur (rameaux se ramollissent, se courbent et donnent un aspect saule pleureur)



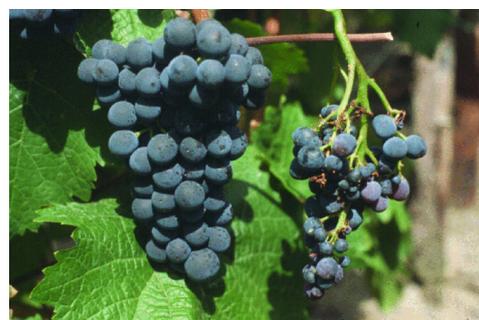
Mauvais aoutement, nécroses fréquentes des bourgeons apicaux.



- **Sur les inflorescences et les grappes :**

Dessèchement des inflorescences et flétrissement des grappes :

Si attaque précoce :
les inflorescences se dessèchent
et tombent en poussière.





Si attaque tardive :
les baies se flétrissent,
la pulpe devient fibreuse et compacte

• **Sur les feuilles :**

Changement de coloration (jaunissement pour les blancs et rougissement pour les rouges)



Feuilles rigides et cassantes

Bord du limbe involuté (recourbement
des feuilles en tuile)



Le Bois noir

Vecteur : *Hyalesthes Obsoletus*



Symptomes similaires à ceux de la Flavescence dorée ;

- Feuilles durcies
- Feuilles enroulées vers le bas
- Rougissement ou jaunissement du feuillage
- Non aoutement des rameaux

Différence entre Bois noir et Flavescence ne se voit qu'en laboratoire.

Les Oomycetes

Le mildiou : *Plasmopara viticola*

- **Sur les feuilles :**

Taches jaunes en tache d'huile



Apparition de marbrures brunes



Poudre blanche sur face inférieure

- **Sur les rameaux :**

Croissance plus rapide du côté qui porte le parasite : Courbure en S

- **Sur les inflorescences et les grappes :**

Forte **coulure** si attaque à floraison



Temps humide : **rot gris**
(conidiophores clairsemés)

Temps sec : rot brun (brunissement des tissus et aspect « coup de pouce »)



Les champignons Ascomycètes

L'Oïdium confusion av mildiou(taches) :

Uncinula necator

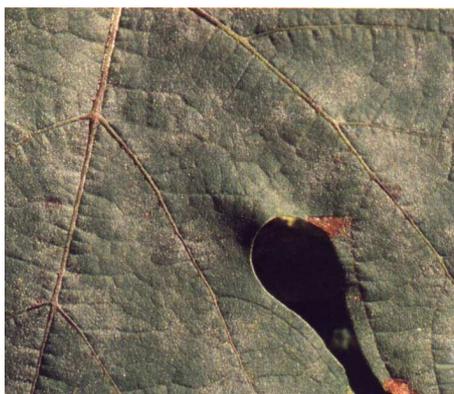
- **Sur rameaux :**

Entre nœuds courts et recouverts d'une poudre blanche : « drapeau »

Teinte brune sur sarments : taches étoilées couleur brun sombre.



- **Sur feuilles :**



Nécroses foliaires : frisure en bordure des feuilles puis taches brillantes en tache d'huile se développent sur la face supérieure du limbe.



Feutrage blanc grisâtre apparaît sur les taches avec des taches brun clair sur les nervures.

- **Sur inflorescences :**



Dessèchement partiel ou total ;
Toile d'araignée : poussière très abondante.

- **Sur grappes :**

Feutrage blanc (poussière)

Baies se couvrent de nécroses noires



L'Anthracnose :

Lésions pénétrantes ; s'attaque à tous les organes herbacés de la vigne.

- **Sur feuilles :**



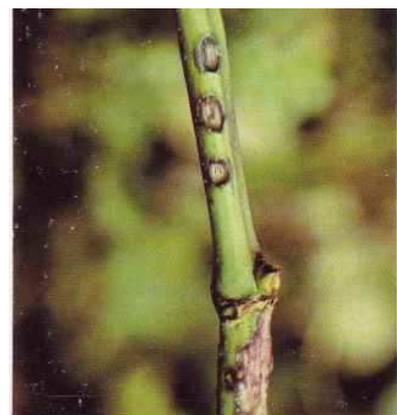
Taches noires circulaires puis polygonales qui se dessèchent formant des trous réguliers entourés d'une bordure noire.

Lésions sur feuilles dues à l'Anthracnose : le limbe est criblé de petits trous auréolés de noir et se déchire facilement par dessèchement du centre des taches.

- **Sur rameaux :**

Petits points isolés avec auréole foncée à l'extérieur

Pétiole se dessèche



Symptômes d'Anthracnose sur sarments : la partie atteinte porte un chancre creux, irrégulier, au pourtour dur et noir, renfermant du mycélium.

- **Sur grappes :**



Points noirs, taches décolorées, pellicule éclate et jus coule.

Le Black Rot : Confusion avec Excoriose

- **Sur feuilles :**



Tâches circulaires, colorées, tres bien circonscrites avec des petits points au milieu.

- **Sur bois :**



Rarement attaqués mais parfois nécroses tissulaires irrégulières.

- **Sur grappes :**

Flétrissement et dessèchement



Le Pourridié Laineux : *Rosellinia necatrix*

- **Rameaux et sarments :**



Pourriture du collet et des racines, mycélium laineux autour des racines.

Couche de mycélium blanc grisâtre à l'extérieur de l'écorce.

L'Excoriose :

- **Sur les rameaux et sarments :**



- Lésions nécrotiques à la base des rameaux

- Lésions s'accroissent et durant l'été la base du rameau grossit anormalement





- L'écorce se fend parfois jusqu'au bois, lésions brun-marron et striation liégeuse (plaquettes de chocolat)

- **Sur les inflorescences :**

Grappes se dessèchent.

- **Sur les feuilles :**

Ponctuations circulaires, chlorotiques en périphérie, puis brunes au centre. (criblée de plomb).

L'Eutypiose : Confusion avec le court-noué Eutypa lata

- **Sur rameaux :**

Rameaux rabougris, chlorotiques à entre-nœuds courts mais réguliers.



- **Sur feuilles :**



Feuilles petites chlorotiques, enroulées en forme de coupes gauffrées, nécrosées et déchirées en bordures.

- **Sur inflorescences :**

Forte coulure ou dessèchement total durant l'été et avortement des bouquets floraux.

- **Sur vieux bois :**



Zone nécrotique du bois sous-jacent, en forme d'éventail de couleur grisâtre à brun violet, empêchant la bonne circulation de la sève.

La Pourriture Grise : Botrytis Cinerea

- **Sur les feuilles :**

Tâches brunes rouges, au bord du limbe, de forme triangulaire, aillant l'aspect d'une brûlure sur la face supérieure et d'un feutrage gris sur la face inférieure.



- **Sur les rameaux :**

Symptômes rares. Parfois feutrage de mycélium et nécroses brunes allongées.



- **Sur les inflorescences :**

Dessèchement puis coulure.



- **Sur les grappes :**

Nécrose entraînant le flétrissement de la grappe et sa chute.
Pédoncule vert attaqué près du point d'attache → chute de la grappe.



- **Sur les baies :**

Contamination au niveau des blessures et au contact des baies entre elles. (grappes compactes).

Jeunes baies (véraison) prennent une coloration grisâtre, brunissent et pourrissent.



Maturité développement en étoile



***Le Rougeot Parasitaire* : Pseudopeziza tracheiphila**

- **Sur feuilles :**

Taches internervaires ou en bordure rouge-verdâtres ou jaunâtres selon la couleur du cépage.



- **Sur grappes :**

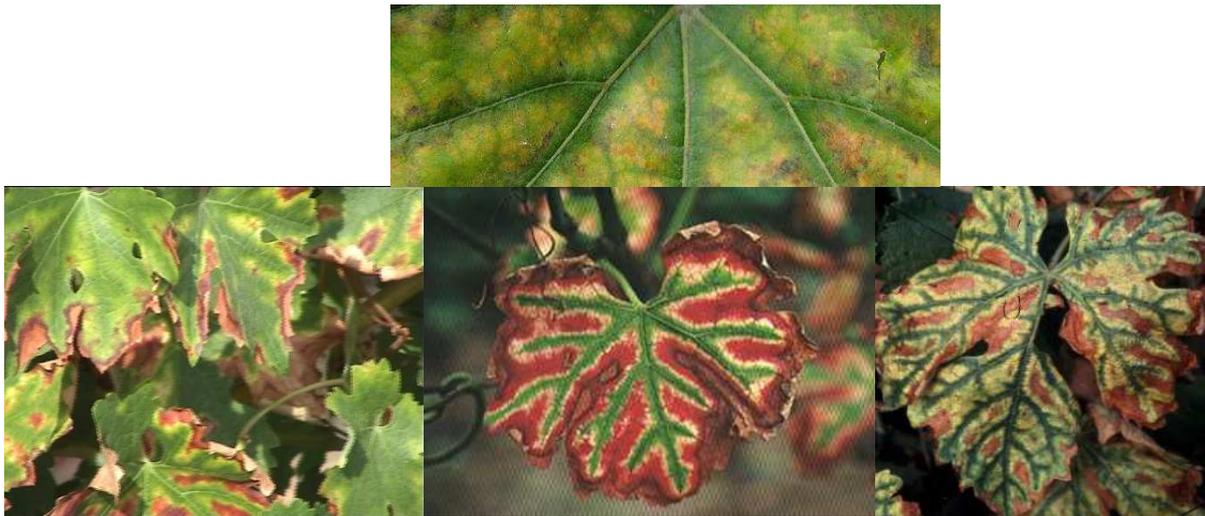
Rarement touchées ; si attaque tardive, grillage des baies.



Les champignons Basidiomycètes

L'Esca :

• **Sur les feuilles :**



Aspect marbré avec plages blanches puis jaunes, ou rouges, puis dessiccation internervaire, suivi de dessèchement.

En cas de forme foudroyante,
Dessèchement brusque dû à
l'interruption des communications
vasculaires avec tronc/racines.

Les rameaux deviennent bleu
foncé et cassent facilement.
Tandis que les grappes flétrissent
et sèchent.



- **Sur le tronc et les bras de la souche :**



Au centre, bois très décomposé et se désagrège très rapidement. Les bras ou troncs fortement atteints se fendent longitudinalement. Autour de la zone détruite, subsiste un anneau de bois sain qui assure temporairement l'alimentation de la plante.

Les Insectes

Lépidoptères

Vers de la Grappe : Eudemis, Cochylis, Pyrale, Eulia



Les chenilles enroulent et tordent les fleurs à l'aide de fils soyeux (cocon). Les fleurs fanent et se dessèchent.

Elles perforent les grains et dévorent l'intérieur de la baie. Elles relient les grains entre eux par un fil de soie formant un amas de 3 à 10 grains plus ou moins rongés. Les grains attaqués se ramollissent, se dessèchent ou pourrissent.

Coléoptères

Le Cigarier :

Enroulement des feuilles en cigare provoque une baisse de l'activité chlorophyllienne et donc une baisse du rendement.



Homoptères

Les Cicadelles :

Cicadelle de la flavescence :

Scaphoideus titanus

Nécrose du liber



Cicadelle pruineuse

Metcalfa pruinosa

Insecte piqueur suceur, se nourrit de sève et la rejette sous forme de pruine.



Cicadelle des grillures

Empoasca vitis

Se nourrit de la face inférieure de la feuille

Rougisement ou jaunissement de la bordure des feuilles, délimité par les petites nervures. Taches aux contours polygonaux à allure mosaïque.

Les décolorations gagnent le centre du limbe tandis que les bordures se dessèchent, brunissent et donnent aux feuilles un aspect grillé.



Les Cochenilles :

Insectes piqueurs suceurs absorbent la sève du végétal qui se dessèche. Vecteur du complexe de l'enroulement.

Sur le miellat sucré se développe un champignon noir, la fumagine, et les sarments noircissent.

Si la fumagine est en trop grande abondance, il y a réduction de la photosynthèse et asphyxie des feuilles.

Le Phylloxera :

• Sur Feuilles :

Galles



• Sur Racines :

Nodosités, Tubérosités



Les Acariens

Les Araignées Jaunes et Rouges :

Araignée rouge :



Rabougrissement puis jaunissement des feuilles qui se dessèchent et tombent en cas d'attaque grave.

Face supérieure : teinte grise mate et poussiéreuse pour les blancs, et rougissement anthocyanique pour les rouges.



Araignée jaunes tisserand:



Tout le limbe est envahi, ne subsiste que le réseau de nervures colorées en vert.

Acariose :

Arrêt de croissance d'une partie des pousses qui sont alors rabougries , les entre nœuds restent courts, les feuilles sont petites et frisées. Aspect buissonnant de la souche. Les grappes mal alimentées finissent par sécher et on assiste à un dépérissement progressif du cep.



Dégât avancé, sur les boutons floraux.



Erinose :

Piqûres sur les jeunes feuilles avec apparition de boursouflures typiques sur face supérieure et feutrage blanc sur face inférieure. Ce feutrage se forme par hypertrophie de la pilosité du feuillage.



COMPOSITION DU MOÛT DE RAISIN

Le moût est la vendange foulée, égrappée ou pas, pressée ou pas, qui va partir en cuve pour produire du vin.

Voici sa composition.

LES ACIDES ORGANIQUES

Ils sont présents dans la pulpe des baies, et dans le vin par suite des phénomènes fermentaires.

Ils confèrent au moût, et au vin, une acidité repérée par le pH (par chromatographie).

Ils participent au goût, à la couleur et à l'hygiène du vin.

1. Les acides du moût

90 % de l'acidité du moût provient d'acides organiques (pas minéraux) :

- **l'acide tartrique** (goût herbacé, métal, astringence)



Sa configuration absolue est L, mais son activité optique est d (ou +).

Il est spécifique à la vigne, qui est la seule plante européenne à le synthétiser.

Il provient de la scission des hexoses au niveau de la liaison C⁴ et C⁵.

Il ne résulte pas de la respiration cellulaire.

- **l'acide malique** (goût pomme verte) $\text{HOOC-CH}_2\text{-CHOH-COOH}$.

Il existe dans tous les fruits, il est synthétisé dans les tissus chlorophylliens.

Si la t° des baies est trop basse (<30°C), les sucres sont brûlés, donc l'acide malique s'amasse et la maturation se fait mal.

- Puis **l'acide citrique** $\text{HOOC-CH}_2\text{-C(-OH et -COOH)-CH}_2\text{-COOH}$. Il réduit l'activité levurienne.

Ce sont des acides-alcools car ils portent les 2 fonctions.

On trouve aussi :

des acides cétonique, pyruvique, glutarique ...,

l'acide oxalique (= éthan-1-2dioïque) HOOC-COOH ,

des acides en C₄ : glycolique, fumarique ...

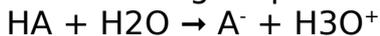
l'acide ascorbique (il est cyclique, il protège de l'oxydation les composés phénoliques) = vitamine C, diminue et est en faible quantité dans le vin,

...

acide hydroxy...oïque (alcool)

acide oxo...oïque (cétone)

Un acide organique dissous dans l'eau donne :



Ce sont des acides faibles, dans le moût et le vin.

2. L'acidité

* **L'acidité totale = réelle (pH) + volatile (acidité de titration).**

Elle atteint son max avant la véraison : ~16g/l en H₂SO₄. (H₂SO₄ = acide sulfurique= « vitriol »).

Puis elle baisse à 3g/l en H₂SO₄.

Le grain grossit ⇒ il a besoin d'énergie ⇒ il « brûle » l'acide malique ⇒ l'acidité

diminue.

* Δ L'excès d'azote de l'engrais augmente l'acidité des jus, car il fait augmenter la synthèse des acides organiques \Rightarrow il rallonge le cycle herbacé \Rightarrow il retarde la maturation.

* L'acide malique est moins fort que l'acide tartrique.

Ex : 7,5g d'acide tartrique donne 4,9g H_2SO_4 , pH=2,19, alors que 9g/l d'acide malique donne pH=2,40.

* Il y a un peu d'acide éthanoïque dans le vin.

3. Rôle de l'acidité dans le vin

* fraîcheur,
limite du développement des maladies,
en rouge, développe la couleur.

Dans le vin, seuls les acides tartrique, lactique et malique influencent le pH.

* Les **acides gras** de C_5 à C_{12} donnent des esters à l'odeur agréable.

Par contre, les autres acides gras (butyrique, iso-butyrique et iso-valérianique) donnent des odeurs de fromage.

* Les acides issus des 2 fermentations sont l'**acide éthanoïque** (aigre, mais on perçoit plutôt l'acétate d'éthyle au goût), **succinique** (amer et salé), **lactique** (aigrelet).

4. Pratiques œnologiques

* Si le pH > **3,54**, on ajoute de l'acide tartrique avant ou en cours de fermentation \Rightarrow précipité de tartrate acide de K^+ .

Ou on ajoute des grains verts.

* Si le pH < 3,54, on désacidifie par ajout de 2 sels : carbonate de calcium $CaCO_3$ ou bicarbonate de potassium K.

Donc le pH d'un vin dépend de la neutralisation de l'acide tartrique.

* Si l'acide tartrique est sursaturé dans le vin, il précipite en cristaux de tartrate de $K^+ C_4H_6O_5K$ si la t° baisse.

* Les acides gras présents dans la partie lipidique des bourbes sont le : linoléique, palmitique, oléique, stéarique et palmitoléique.
Ils nourrissent la levure.

Il ne faut pas un pH trop élevé sinon il y a développement de bactéries lactiques nuisibles.

* Il faut que l'acide lactique soit < 400mg/l.

LES GLUCIDES

1. Forme chimique

La pulpe renferme surtout 2 hexoses : glucose et fructose (par photosynthèse du saccharose $C_{12}H_{22}O_{11}$ et de l'amidon $C_6H_{10}O_5$).

* Les oses = sucres simples = des polyalcools avec une fonction aldéhyde ou cétonique (poly hydroxy aldéhydes ou des poly hydroxy cétones) : $C_n(H_2O)_n$ où $n < 7$.

* Glucose et fructose sont des hexoses = oses à 6C.

* Les sucres sont fermentescibles : en anaérobiose, ils se transforment en alcool sous l'action des levures.

2. Mesure de la quantité de sucre

* Δ Mesure de la teneur en sucres d'une solution :

on mesure son pouvoir rotatoire (dextrogyre ou lévogyre) par l'indice de réfraction : elle dévie la lumière,

on mesure la densité avec le mustimètre.

* On mesure la teneur en sucres réducteurs dans le vin en le passant sur une colonne de résine échangeuse d'anions.

3. Augmenter la teneur en sucre du moût

→ surmaturation (⇒ perte d'eau),

→ passage dans une membrane semi-perméable, par osmose inverse,

→ on concentre le moût à chaud ou sous-vide, ou à grande vitesse,

→ **chaptalisation** : addition de saccharose raffiné au moût,

→ ajout de moût concentré, rectifié ou pas,

→ **passerillage** : sur souche ou sur caisse ; caisses recouvertes de paille : vin de paille.

4. Rôle des sucres

* Depuis le débourrement jusqu'à la chute des feuilles, la plante fabrique des sucres :

→ respiration cellulaire,

→ croissance,

→ réserves sous forme d'amidon dans les feuilles, puis migration vers les bois et les fruits.

* La vigueur augmente, la teneur en sucre diminue.

* Les polysaccharides du vin agissent lors du débouillage.

5. Teneur en sucre dans le vin

Vins secs : < 2g/l,

vins demi-secs : < 20g/l,

vins doux : < 30g/l,

vins moelleux : 12g/l < < 45g/l,

vins liquoreux : > 45g/l.

LES SUBSTANCES AZOTEES

1. Forme

L'azote est synthétisé par les plantes pour donner de l'azote organique sous 3 formes :

→ forme monomère : les **acides aminés**, ou mono-peptides.

Ils résultent de la substitution d'H dans une molécule d'**ammoniac** NH₃.

COOH

R-CH'

\ NH₂

Dans le vin, on trouve ~21 acides aminés, dont 4 principaux :

acide glutamique,

arginine,

thréonine,

proline,

puis la cystéine et la méthionine,

→ forme polymère : les poly-peptides.

Ils résultent de la polymérisation des acides aminés, par élimination d'une molécule d'eau (par condensation).

→ forme : les protéines.

Les chaînes polypeptidiques se combinent pour donner les protéines (soit ~3 % de l'acide organique du vin).

2. Composés azotés en œnologie

* A maturité, le raisin peut renfermer 100 à 1100mg/l d'azote total, dont 60 à 200mg/l sous forme ammoniacale.

Ils sont assimilés par les levures ⇒ ils facilitent le démarrage de la fermentation alcoolique.

* Un acide aminé à n C donne un alcool supérieur à (n-1)C ⇒ rôle dans le bouquet du vin.

* L'assimilation des acides aminés soufrés donne du SO₂.

* On ajoute de la bentonite (= silicate d'alumine hydraté, qui forme une suspension colloïdale) au moût et au vin pour éviter la casse protéique.

LES COMPOSES PHENOLIQUES

Un **composé phénolique** = porte une fonction phénol, c'est-à-dire un groupement hydroxyle -OH sur un noyau aromatique (=benzénique).

1. Composés phénoliques du raisin

* Les flavonoïdes ont un squelette à 15C et 3OH :

→ les anthocyanes : pigments rouges ou bleus dans les raisins noirs,

→ les flavones : pigments jaunes dans tous les raisins.

* Les flavonoïdes sont des hétérosides : ils renferment un ou des sucres.

* La teneur en anthocyanes varie selon le cépage, le terroir, le climat, la maturation.

* A maturité, on a 2g/kg de raisin.

* La chromatographie n'est pas assez précise pour les différencier.

Chromatographie sur papier = séparer les constituants selon leur vitesse de diffusion.

2. Les anthocyanes

En solution, les anthocyanes sont colorés ou incolores.

* Dans le moût, la valence libre peut s'additionner avec l'ion -OH⁻, -HSO₃⁺ ou -H⁺
⇒ en milieu acide, l'anthocyane est rouge.

Si le pH augmente, la couleur devient bleue, puis verte.

* Ils sont solubles dans l'alcool, lentement et à t° d'~28°C ⇒ on fait macérer pendant la cuvaison.

3. Les non-flavonoïdes

Les **non-flavonoïdes** sont des polyphénols incolores :

→ les acides-phénols :

→ acides benzoïques : gallique, catéchique, vanilique, salicylique,

→ acides cinnamiques : coumarique, caféique, férulique.

4. Les tanins

* **tanins** = polyphénols incolores condensés résultant de polymérisation de l'acide catéchique et de matières glucidiques.

* Dans les vins élevés en barrique, on trouve aussi des tanins hydrolysables (= tanins pyrogalliques) provenant des barriques.

* On chauffe les remontages ou la macération finale pour dissoudre les tanins.

5. Dans le vin

- * △ Une oxydation trop poussée altère la matière colorante : c'est la **casse brune**.
- * La combinaison anthocyane-tanin a une forme colorée stable. On la favorise en chauffant à 45°C, après le travail des levures.
- * Dans le vin rouge, les anthocyanes libres se déposent ⇒ on filtre ou on passe au froid avant la mise en bouteille pour éliminer les anthocyanes sous forme colloïdale.
- * Chez les incolores, 20 à 25 % des acides phénols restent à l'état libre et peuvent donner des goûts pharmaceutiques en blanc ou rosé.
- * La formation d'éthylphénols peuvent donner des saveurs animales, en barrique, par manque d'hygiène.
- * Les modifications biochimiques des polyphénols par activité enzymatique donne des vinylphénols et éthylphénols.
- * Dans les moûts, les quinones (surtout l'acide caftarique) oxydent d'autres composants et provoquent un brunissement.
- * Dans la bouche, en se copolymérisant avec la salive, les polyphénols donnent le « corps », ou « tenue en bouche ».
- * Les tanins protègent les constituants du vin, sont des éléments de saveur et ont un léger pouvoir antiseptique, confère la « souplesse » aux vins vieux.

LES AROMES

- * **Arôme variétal libre** = **arôme primaire** = les substances odorantes issues de la pellicule de la variété :
 - ↪ les pyrazines sont liées à l'arôme du cabernet-sauvignon,
 - ↪ les esters : note fruitée et florale,
 - ↪ formiate d'éthyle : pruneau,
 - ↪ acétate de méthyle et d'éthyle : pomme,
 - ↪ isoamyle : banane,
 - ↪ les **terpénols**, caractéristiques des muscats, sensibles au botrytis,
- * acides terpéniques favorables : citronellol (citron), géraniol et nérol (rose), linalol (bois de rose).
- * **Précurseurs d'arôme** = les corps qui se transforment pour donner des matières odorantes : acides gras dans la pellicule et la pulpe.
- * **Arômes secondaires** = dûs à la vinification, **arômes supérieurs** = dûs au vieillissement.

LES SUBSTANCES MINÉRALES DE LA VENDANGE

1. La rafle

C'est la charpente de l'inflorescence en grappe, donc elle est ramifiée. Les pédicelles supportent le grain, en se terminant par un bourrelet. A la véraison, la rafle pèse 3 à 6 % du poids de la grappe.

- * La rafle est riche en composés phénoliques car 2 à 7 % sont des tanins (goût âpre).
- * L'eau représente 80 % de la rafle ⇒ échanges osmotiques qui diluent le jus ⇒ le ° alcoolique baisse.
- * Les matières minérales de la rafle (2 à 3%) sont surtout des sels de potassium.

* oses, acides organiques (pH=4 à 4,5), composés azotés.

2. La pellicule du grain

* C'est plusieurs couches de cellules (7 à 12 % du poids de la grappe) :
l'hypoderme (contient matières colorantes et odorantes)
+ la cuticule= « vernis »
+ la pruine au-dessus = « poussière » où se fixent levures et

bactéries.

* Les matières colorantes de la pellicule sont les anthocyanes (rouge) et flavones (blanc et rouge).

* Les cépages teinturiers ont aussi la couleur dans la pulpe.

* La pellicule renferme aussi des tanins et des matières pectiques (au pouvoir gélifiant), de l'acide benzoïque et cinnamique.

3. La pulpe

moût = raisin pressé (⇒ contient éventuellement les rafles).

La vendange contient 80 à 90 % de pulpe.

Pulpe = eau (80 % de la pulpe) + oses (14 à 250g/l) + polysaccharides + acides organiques (9 à 27g/l) + matières minérales (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺) + matières azotées (4 à 7g/l) + polyphénols + vitamines.

4. Les pépins

La fleur de vigne est tétramère, mais parfois non pas 4 mais jusqu'à 11 pépins. Les variétés apyrènes n'ont pas de pépins (raisin de Corinthe ; on pulvérise de la gibbérelline).

* Dans le pépin :

eau : 25 à 45 %,

tanins : 5 à 8 % (⇒ astringence),

huiles (surtout acide oléique et linoléique) : 13 à 20 %.

* ⚠ Ne pas écraser les pépins sinon l'acide linoléique se libère.

50 % des fleurs sont pollinisées (mâle et femelle).

La floraison dure 5 jours : éjection des capuchons floraux (=anthèse) ⇒ libération du pollen ⇒ fécondation ⇒ départ de la nouaison.

Coulure = les jeunes baies tombent.

Millerandage = pollinisation défectueuse.

Véraison : 8 à 15 jours

Maturation = accumulation des sucres : 35 à 50 jours.

5. La vendange

* Elle contient des traces d'arsenic (0,2mg/l), de cadmium et de plomb.

* Les vitamines liposolubles (A, D,E, K, F) n'existent pas dans le moût.

* Elle contient entre 200g et 300g/l de sucres.

6. Oligo-éléments

Calcium, potassium, magnésium, sodium, Cu, Fe, Si, Al, Mn, Zn selon le sol et le mode de culture.

LE SULFITAGE

Le dioxyde de soufre = « anhydride sulfureux » = SO₂. Quelle odeur désagréable, et que ça brûle les yeux !

Les levures produisent moins de 10mg/l de SO₂, donc bien homogénéiser le sulfitage !

1. Forme et apport

- On brûle des pastilles de soufre pur pour **mécher** les barriques et les foudres.
- On diffuse du métabisulfite de potassium K₂S₂O₅ ou le SO₂ sur la vendange, à la réception, après dilution de 10 à 20 fois.
- En cuve, on dilue le SO₂ gazeux dans de l'eau.
Mieux vaut 3 à 4 sulfitages à faible dose.

2. Propriétés œnologiques

- ▷ **antiseptique** : il inhibe le développement des micro-organismes (bactéries, levures, champignons). Les cervisiaie sont les plus résistantes.
- ▷ **antioxydant** : en présence de catalyseurs, il combine l'O₂ dissous :
 $SO_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow SO_3$
C'est inutile dans les moûts.
Dans les vins, ça évite la **madérisation** des rouges, et ça retarde l'oxydation des blancs.
- ▷ il **clarifie** : comme il inhibe les levures, il retarde le départ de fermentation, donc les matières dans le moût se déposent.
C'est utile pour débourber le blanc.
- ▷ **antioxydasique** : il évite la **casse oxydasique** (= oxydation de la pulpe catalysée par la tyrosine et la laccase des raisins pourris) en bloquant les oxydases.
- ▷ il **évite le goût d'évent** par combinaison de l'éthanal.
- ▷ Sur **vendange pourrie**, il **évite l'altération de la couleur**.
- ▷ Il **acidifie le moût**, car inhibe les bactéries lactiques pour la malolactique.

3. Effets défavorables

- ▷ le SO₂ résiduel dans le vin donne un mauvais goût et est toxique !
- ▷ il réduit l'**hydrogène sulfuré** H₂S pour donner des mercaptans C₂H₅HS (**odeur d'œuf pourri**).

4. Effets favorables

- ▷ il **augmente le degré alcoolique** car il purifie le milieu fermentaire.
- ▷ il permet d'**atténuer les mauvais goûts**.
- ▷ la **coloration est plus intense**.
- ▷ l'**acidité volatile diminue**.
- ▷ il **conserve les acides organiques**.

5. Doses

Pas de sulfitage si distillation (Cognac, ...) !

- ≤ 150 mg/l en rouge moyenne : 75 **100 mg/l en bio**
- ≤ 200 mg/l en blanc moyenne : 105 **150 mg/l en bio**
- ≤ 400 mg/l en liquoreux (Sauternes, Monbazillac, Jurançon), certains vins allemands.

→ 5g SO₂/hl d'eau pure détruit les levures.

Dans le moût, il faut 120 à 150g/hl pour les détruire.

En vinification : 5 g/hl en vendange rouge, après le passage dans les appareils métalliques,

3 g/hl en blanc, dans le jus à la sortie du pressoir,
on monte à 10 g/hl sur vendange pourrie.

Pendant l'élevage : 15 à 25 mg/l en rouge,
20 à 30 mg/l en blanc.

→ Formes :

Dans l'Union Européenne, seules les formulations suivantes sont autorisées en œnologie :

▷ Dioxyde de soufre sous forme gazeuse (sous forme liquide en coopérative),

▷ Bisulfite de potassium KHSO_3 ,

▷ Bisulfite d'ammonium NH_4HSO_3 (cette forme n'est autorisée que sur moût ou sur moût en fermentation),

▷ Métabisulfite de potassium $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$,

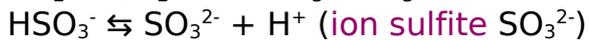
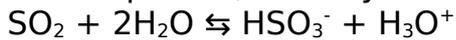
▷ ou bien de l'acide ascorbique (vitamine C) ou l'acide sorbique.

6. Chimie du sulfitage

→ Le SO_2 total = le SO_2 libre + le SO_2 combiné.

→ Le SO_2 en solution est appelé « acide sulfureux ».

→ A l'équilibre, le dioxyde de soufre et l'eau donnent du bisulfite HSO_3^- :



Donc, si le pH augmente, le % de SO_2 libre diminue.

→ Lors de la FA, le SO_2 se combine avec les aldéhydes et cétones, notamment l'acide pyruvique.

CONDUITE DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE (FA)

LES LEVURES

1. Cytologie

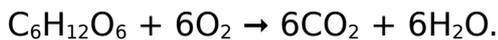
- * La **cytologie** = l'étude morphologique et fonctionnelle des composants de la cellule.
- * **champignon** = végétal sans racine ni vaisseaux ni feuilles, mais avec des filaments (= le mycelium). Il est hétérotrophe (= sans fonction chlorophyllienne pour se nourrir) donc il prend le C à d'autres végétaux.
- * La **photosynthèse** a lieu grâce à la chlorophylle :
$$6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} + \text{lumière} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}.$$
- * **virus** = entité insensible aux antibiotiques ; incapacité à se multiplier par division. Il a besoin pour cela d'infecter une cellule hôte pour utiliser sa machinerie : un virus est un parasite intracellulaire obligatoire.
- * La levure est le plus simple des organismes **eucaryotes** (= avec noyau et mitochondries, qui récupèrent l'énergie). C'est donc un champignon unicellulaire.
Elle se nourrit par absorption, après sécrétion d'enzymes qui « digèrent » le substrat.
Elle se reproduit de façon sexuée ou par bourgeonnement. Une levure **sporogène** se reproduit selon les 2 modes, sinon elle est **asporogène**.
- * Les levures sont localisées sur la pruine, et dans le chai, sous forme de **spores** (= déshydraté, sans métabolisme) en conditions défavorables.
- * les **saccharomyces cervisiaie** permettent l'élaboration de boissons fermentées, de pain, ...
- * Les levures se différencient par :
 - ↪ les sucres qu'elles peuvent fermenter,
 - ↪ leur rendement en ° d'alcool produit,
 - ↪ leur **pouvoir alcoologène** (= ° d'alcool maximal pouvant être obtenu),
 - ↪ les produits secondaires après fermentation,
 - ↪ la résistance au SO₂, **anhydride sulfureux**,
 - ↪ l'aptitude à assimiler les substances azotées.

2. Levures de vinification

- * Les **saccharomyces cervisiaie** sont sporogènes, de 8 à 9µm.
16,83g de sucre donnent 1° d'alcool.
Elles sont assez résistantes au SO₂.
Elles sont surtout utilisées pour la fin de la fermentation alcoolique.
- * Les **saccharomyces bailli** ont un pouvoir alcoologène faible, mais elles peuvent re-déclencher les fermentations des liquoreux.
- * Les **Kloeckera apiculata**, ou levures « **apiculées** », sont asporogènes, ont un très faible pouvoir alcoologène, un mauvais rendement, et donnent beaucoup d'acidité volatile. Mais elles sont sensibles au SO₂, donc sont faciles à éliminer.
- * Les **Hansenula et Pichia** se développent quand le vin est au contact de l'air, et donnent de l'acide acétique. Donc bien remplir la cuve.

3. Métabolisme

- * La levure a besoin d'eau, de glucides, de protides et de matières minérales.
Elle ne synthétise pas les glucides : elle les dégrade.
En présence d'O₂, la **respiration** : elle transforme le sucre en H₂O et CO₂, avec formation d'ATP (674 cal). Donc combustion totale :



Elle se multiplie alors : 4g sucre → 1g levure.

* En anaérobiose :

→ 1^e étape : la **glycolyse**.

La glycolyse transforme le glucose en **pyruvate** CH₃-CO-COO⁻ (= la base conjuguée de l'acide pyruvique), avec formation d'**ATP** (= adénosine triphosphate, source d'énergie de la levure).

→ 2^e étape : la fermentation alcoolique.

4. La fermentation alcoolique

* En anaérobiose, après la glycolyse, les levures transforment

→ **glycérol (de 5 à 11g/l)**

16,83g glucose → fructose → acide pyruvique ↘

fructose

1% **éthanol** + CO₂ ← éthanal

* Pour la levure, l'éthanol est un déchet dont elle se débarrasse dans le moût

* D'autres composés secondaires sont rejetés dans le moût à l'issue des processus fermentaires :

→ acides organiques issus du pyruvate : acétate, **succinate**, malate, citrate ...),

→ acide éthanoïque,

→ alcools supérieurs : **n-propanol, isobutanol, ...**

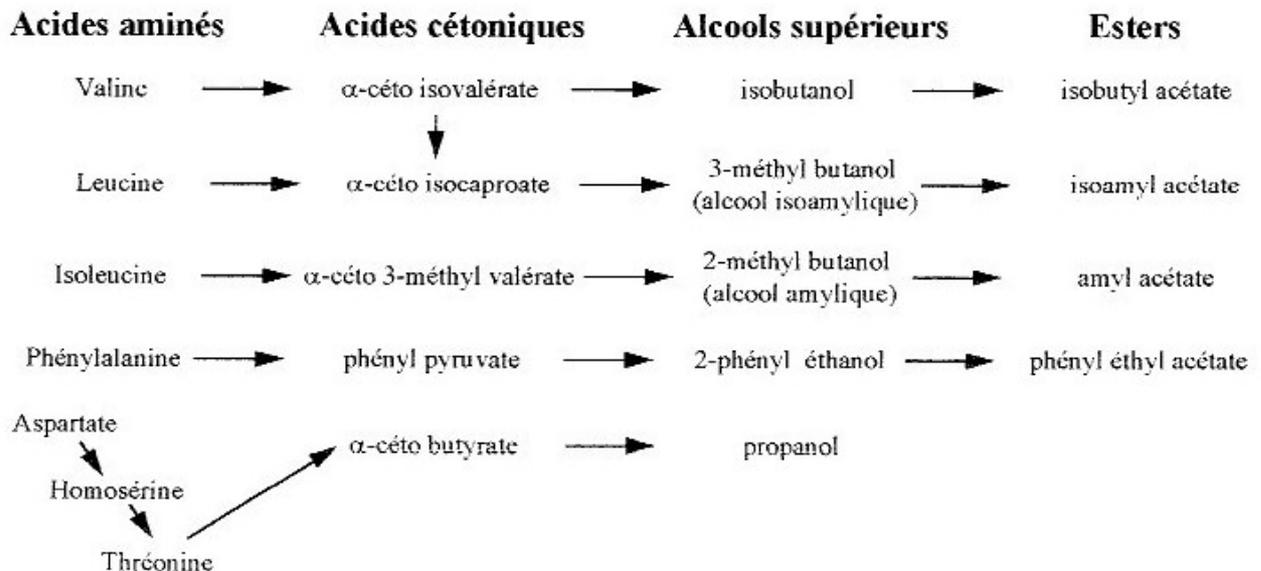
→ acide citrique,

→ esters (... « ate », R - C = O

\ O - R', il résulte de l'action d'un alcool sur un

acide carboxylique, ce sont les arômes des fruits, de l'éthanoate on a la

poire/banane/rose, du propanoate on a la fraise/pomme/abricot/ananas).



* 1g de sucre dégradé donne 0,5g de CO₂.

5. Autolyse des levures

* La saccharomyce cervisiaie subit une autodégradation enzymatique de ses constituants cellulaires qui commence dès la mort des levures.

Elle revêt 3 aspects en milieu acide :

→ la **protéolyse** permet la libération d'azote par des acides aminés,

→ la dégradation de la paroi cellulaire provoque l'augmentation de la teneur en hexoses au bout de 7 jours,

→ la formation de composés volatils, surtout esters et alcools terpéniques.

* L'autolyse en milieu acide ne peut se produire que quand le vin est au contact des lies pendant plusieurs mois : pour les vins mousseux et sur lies (contact < 7 à 8 mois).

Pour les **vins sur lies**, les lies sont régulièrement remises en suspension par **bâtonnage** (= 1 bâton remue dans le fût ou la cuve).

* On peut ajouter des **autolysats** de levures aux blancs tranquille pour remplacer les lies.

* Les Champagne ont ainsi une mousse plus fine et plus persistante, une meilleure qualité aromatique, mais ils vieillissent plus vite.

CONDUITE DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

1. Facteurs favorables

→ la $t^{\circ} > 15^{\circ}\text{C}$, donc démarrage spontané. A $t^{\circ} > 35^{\circ}\text{C}$, elle s'arrête.

Il y a dégagement de chaleur, donc on thermorégule :

de 28 à 32°C pour les rouges,

de 18 à 20°C.

→ on oxygène le moût pour accroître la perméabilité des membranes des levures. L'oxygène contenu dans le moût suffit à son développement.

La solubilité de l'O₂ de l'air dans les vins = 6 ml/l à t° ambiante.

→ La disponibilité en azote assimilable (azote total de 60 à 2400mg/l) régule le travail des levures : ion ammonium NH₄⁺, acides aminés.

→ l'éthanol et les acides gras créés gênent le travail des membranes des levures, donc on ajoute des écorces de levures, c'ad des parois de levures mortes.

→ le **levurage** : soit par un levain traditionnel (= moût en fermentation), soit

par des **LSA** (= levures sèches actives) réhydratées de 10 à 20g/hl.

* la densité (g/litre) du moût diminue pour atteindre 1,000, la densité de l'eau, et finalement atteindre celle du vin, 0,992 à 0,996.

2. Fermentation type

Elle se passe à t° constante.

En 24h, le milieu se sature en CO₂, les levures se reproduisent (~10⁷ cellules/ml).

L'activité devient maximale, puis la population diminue, il y a consommation de sucres pendant ~30 jours.

Le nombre de levures diminue car l'azote assimilable devient insuffisant.

3. Apports nécessaires à la levure

* en Carbone et en vitamines,

* en Azote : la levure en a besoin lors de sa multiplication, donc elle assimile les acides aminés et l'ammonium, soit pour l'incorporer aux protéines, soit pour l'utiliser en tant que source de carbone,

* en Oxygène : il faut subtilement aérer pour que l'oxygène soit bloqué dans le moût par l'action des enzymes,

* en sucres : pour fabriquer 1g de substance, les levures consomment

4g de sucre en aérobiose,
100g de sucre en anaérobiose,

* en sels minéraux, apportés par le moût.

* **△ Certains pesticides, présents dans les moûts, sont dégradés par la levure et conduisent à de mauvaises odeurs soufrées : le fongicide contre l'oïdium aux triazole et amidazole.**

4. Les enzymes

* Les catalyseurs spécifiques des levures sont des enzymes : ils transportent de l'énergie.

* **enzyme** = protéine indispensable comme catalyseur et accélérateur des réactions biochimiques (= sans en modifier les produits).

Ce sont des polypeptides qui agissent sur
le substrat,
la réaction qu'il favorise.

* **★ Les oxydases :**

→ l'**o-diphénol oxydase (O-DPO)** est très présent dans les fruits mûrs, il catalyse l'oxydation des phénols,

→ la **laccase** de *Botrytis cinerea* catalyse l'oxydation d'une grande variété de composés phénoliques, avec une bonne stabilité en milieu acide ~4,75.

Le sulfitage inhibe son action.

★ Pour former des aldéhydes et alcools en C6 :

dans le moût blanc, ils font développer un brunissement et une saveur herbacée.

★ Les glycohydrolases :

→ les **pectinases** dégradent les pectines et influent sur le bouquet des vins,

→ les **cellulases** dégradent les composés cellulosiques (feuilles).

★ Les protéases catalysent l'hydrolyse de la liaison peptidique entre 2 acides aminés.

* Les enzymes pectolytiques industrielles ajoutés à la vendange améliorent l'extraction des jus de muscats, sylvaner ... : 2 à 4g/hl.

Elles clarifient les moûts blancs par déstabilisation de l'équilibre collidal.

Les moûts rouges s'écoulent mieux, en vin de presse, après macération.

L'extraction et la stabilisation des couleurs se fait mieux, au cours de FA.

4. Pilotage de la fermentation

* suivi de la cinétique par mesure du taux de sucre dans le moût + mesure de la densité du moût,

* prise de la t°,

△ la t° est plus importante dans le chapeau ⇒ faire un remontage, avec un thermomètre au bout d'une tige, ou avec des couples thermo-électriques,

* on évite la formation de mousse car ça pourrait déborder en ajoutant du **mono- et diglycéride de l'acide oléique** < 10mg/l.

* **Formation des alcools supérieurs et esters :**

acide aminé → acide cétonique → aldéhyde → alcool → ester

désamination
= perte de NH₂

décarboxylation
= perte de CO₂

réduction

5. Modificateurs

* Facteurs de survie : les stérols et l'acide oléanique (contenu dans la pruline) maintiennent la viabilité des levures.

* Facteurs de croissance : les vitamines (thiamine, riboflavine, ...) présents dans le moût.

* Inhibiteurs de la fermentation :

→ l'éthanol ralentit l'assimilation de l'azote par les levures, donc leur multiplication,

→ les antiseptiques, les fongicides, les pesticides,

→ le CO₂ : à p > 7 bars dans la cuve, tout s'arrête,

→ la présence excessive de sucres et de tanins freinent,

→ si t°cuve < 15°C ou > 35°C, car

$t^{\circ}(\text{cuve}) = t^{\circ}(\text{moût}) + (\text{°alcool} + \text{° alcool en plus}) \times 1,3$

→ amélioration génétique des levures : par mutagénèse (= à l'aide d'agents chimiques), hybridation (=croisement de souches), clonage.

* Le botrytis dévie le métabolisme fermentaire des sucres vers une production accrue de glycérol.

CONDUITE DE LA TRANSFORMATION MALO-LACTIQUE

LES BACTERIES

- * une **bactérie** = organisme unicellulaire à noyau diffus (= **procaryote** ≠ eucaryotes, comme les levures).
- Espèces connues : 4170 mammifères, 800 000 insectes, 69 000 champignons, 5000 virus, 4700 bactéries.
- * Survie sous forme de spore.
- △ Le virus ≠ bactérie, car il envahit la cellule hôte pour se reproduire.
- * 1g de terre contient 1 milliard de bactéries !
- * Les bactéries sont aérobies ; anaérobie ⇒ production de méthane (pour la « méthanisation » des déchets organiques).
- * 95 % des bactéries sont inoffensives : elles « nettoient ».
- Les autres véhicules des maladies (choléra, peste, méningite, diphtérie, tuberculose, salmonelle ...
- *

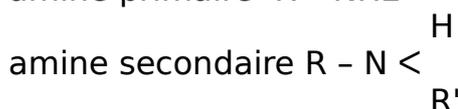
1. ADN

- * Le **chromosome** = double brin d'ADN en hélice. Il détient le patrimoine génétique.
- * L'ADN est formé de 4 **nucléobases** (= bases azotées)
Adénine, Cytosine, Guanine, Thymine AT-CG
- * La bactérie a 1 chromosome de 4200 gènes (la plante 5 et 28000 gènes, l'humain 23 et 26000 gènes).
- * mutation = modification naturelle ou provoquée de séquences de nucléotides de la molécule d'ADN.

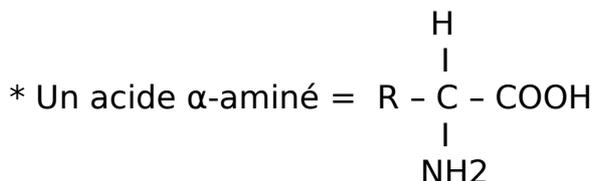
2. Les acides aminés

- * Ils dérivent de l'ammoniac NH_3 . Ce sont des associations de U, C, G, A par paquets de 3, où U = la nucléobase Uracile.

- * amine primaire $\text{R} - \text{NH}_2$



- * Les amines sont des bases faibles $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$ $\text{pKa} = 9,25$.



« acide amino - [α] - ... oïque »

- * Cette **liaison peptidique** vient de l'élimination d'une molécule d' H_2O entre le NH_2 et le COOH .

- * **fonction amide** $\text{R} - \text{C} - \text{NH}_2$
- $$\begin{array}{c} \text{R} - \text{C} - \text{NH}_2 \\ || \\ \text{O} \end{array}$$

- * ~ **20 acides aminés forment les protéines.**

3. Les protides

protide = ensemble des substances constituées de C, H, O et N ;
donc comprend les acides aminés,

donc comprend composés d'acides aminés : peptides et protéides.

LA TRANSFORMATION MALOLACTIQUE

* La transformation malolactique ou FML est généralement assurée par une espèce de bactérie lactique : **Oenococcus oeni**.
Les bactéries lactiques dégradent l'acide malique et citrique pour trouver leur énergie.

Suite à la fermentation alcoolique, le vin se trouble et du CO₂ se dégage :
le bi-acide malique se transforme en acide lactique.

* C'est une réaction biochimique athermique d'origine enzymatique.

* $\text{COOH-CHOH-CH}_2\text{-COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHOH-COOH} + \text{CO}_2$

* L'action des levures de la fermentation alcoolique + le sulfitage inhibent l'action des bactéries lactiques. Sinon, elles dégraderaient les sucres et de l'acidité volatile se formerait.

* Conditions favorables :

17° < t° < 20° et 3 < pH < 3,6,

introduction de lies ou de vins de presse où la réaction a déjà lieu,
ou LSA.

* Pour des vins de garde, et le chardonnay en Bourgogne (le sauvignon change ses saveurs) :
désacidification,
arôme de beurre frais (par le diacétyle),
stabilisation.

* On considère la FML achevée lorsque la teneur en acide malique résiduel est inférieure à 0.2 g/l .

* C'est la fermentation de l'acide citrique et des pentoses qui fait augmenter l'acidité volatile, en fin de transformation, et est facilitée par un pH élevé.

Une fois la malolactique terminée, les bactéries peuvent s'attaquer à l'acide tartrique, au glycérol, aux pentoses, ... et faire apparaître des défauts.

On peut l'éviter en éliminant les bactéries lactiques par chauffage, sulfitage, filtration, addition de lysozymes, d'acide fumarique ou de nisine.

* Suivi de la transformation par chromatographie sur papier 1 à 3 fois/semaine, puis par dosage enzymatique.

* **amertume** : les bactéries lactiques dégradent le glycérol en **acroléine** (aldéhyde).

* **maladie de la tourne** = piqûre lactique : les bactéries lactiques métabolisent des sucres en lactate, éthanol, acide acétique et CO₂.

* Le botrytis cinerea favorise la dégradation de l'acide malique, tout en déviant le métabolisme fermentaire des sucres vers une production accrue de glycérol.

* Lors de la FA, les levures inhibent l'activité des bactéries lactiques. Puis ça s'inverse.

Sauf en blanc, lors de l'élevage sur lies : l'autolyse des levures augmente l'azote du milieu, ce qui favorise la croissance des bactéries lactiques.

Résumons :

les grappes cueillies forment la vendange. La vendange est égrappée et/ou foulée et/ou pressée et devient du moût, qui part fermenter en cuve.

La fermentation alcoolique transforme le sucre en éthanol sous l'action de levures. Puis la transformation malo-lactique désacidifie le vin et lui apporte de la rondeur par l'action des bactéries lactiques, qui transforment l'acide malique en acide lactique.

Le vin est alors fait. Il s'agit de l'élever en cuve, fût ou bouteille selon le choix du vigneron.