

# La vinification par macération carbonique

Claude Flanzy, Michel Flanzy, Pierre Benard



éditions  
Quæ



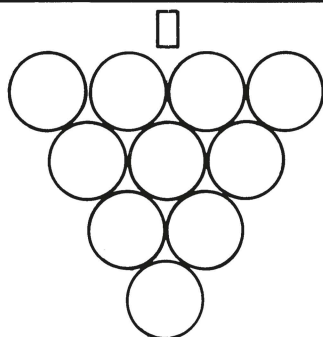
# **cevilar**

DIFFUSION DES RESULTATS DE LA  
RECHERCHE et de L'EXPERIMENTATION VITICOLE

---

## **LA VINIFICATION PAR MACERATION CARBONIQUE**

---



---

Claude FLANZY, Michel FLANZY, Pierre BENARD

© Éditions Quae, 2024  
ISBN : 978-2-7592-3916-0

© INRA, Paris, 1987  
ISBN : 2-85340-970-8

La Région Languedoc-Roussillon et l'État consacrent chaque année des sommes importantes à la Recherche et à l'Expérimentation dans le domaine viti-vinicole. Outre le fait de faire progresser les sciences et les techniques, ces efforts permettent aux entreprises, principalement aux groupements de producteurs, d'améliorer la qualité de leurs produits et ainsi de se placer en meilleure position sur le marché.

Pourtant, jusqu'à ce jour, peu d'entreprises ont pu mettre à profit les résultats de la recherche et de l'expérimentation.

Le CEVILAR, Comité économique agricole groupant les 65 groupements de producteurs de la Région Languedoc-Roussillon a donc décidé d'assurer la maîtrise d'œuvre d'un programme de diffusion des résultats sur la base de cinq thèmes figurant parmi les principales préoccupations des élaborateurs de notre région :

- la macération carbonique,
- la maîtrise des températures en œnologie,
- la stabilisation tartrique des vins,
- la fermentation malolactique,
- produire des vins blancs en Languedoc-Roussillon.

Ces brochures ont été rédigées par un ou plusieurs organismes spécialisés dans la question traitée. Leur édition a été possible grâce au financement de l'ONIVINS et de la Région Languedoc-Roussillon.

Cette brochure, conçue à la fois pour les chefs d'entreprises qui décident des grandes orientations et des investissements et pour les techniciens qui mettent en œuvre ces décisions, constitue un outil indispensable pour préparer la viticulture de l'an 2000.

Marcellin COURRET  
*Président du CEVILAR*



La rédaction de cet ouvrage a été réalisée par :

Claude FLANZY, Michel FLANZY, Pierre BENARD  
*Institut National de la Recherche Agronomique*

avec la participation de :

Pierre BARRE, Michel BOURZEIX, Paul BRECHOT, André BRUGIRARD, Jacques CHABAS, Pierre CHARNAY, Jules CHAUVET, Pierre DUPUY, Jacques FLANZY, Christian FOULONNEAU, Pierre GARCIA, Michel MOUTOUNET,

grâce au concours du personnel de l'Institut des Produits de la Vigne dont, notamment, les agents du laboratoire de Biochimie Métabolique et Technologie de Montpellier et de la Station Expérimentale de Pech-Rouge/Narbonne.

Isabelle DELMAS, Eliette CARAYOL, Philippe ABBAL et les spécialistes du Service des Publications de l'INRA ont assuré avec efficacité la réalisation matérielle du document dans les délais très brefs qui étaient impartis.

Des informations et des avis précieux ont été recueillis auprès de nombreuses personnalités du secteur de la Recherche-Développement et de la Profession viti-vinicole.

Les auteurs remercient vivement tous les Chercheurs, Techniciens et Professionnels qui ont contribué à une meilleure connaissance et à la diffusion de la vinification par macération carbonique.





# SOMMAIRE

---

## AVANT PROPOS

### **Introduction**

- 1 — Définitions
- 2 — Justification
- 3 — Mode d'emploi

### **Lexique des termes, abréviations et signes**

#### **1 — Bases théoriques**

- 1 — La vie sans oxygène
- 2 — Métabolisme anaérobie du raisin
- 3 — Macération carbonique du raisin

#### **2 — Conduite de la macération carbonique**

- 1 — Principes
- 2 — Aspects biologiques et conséquences technologiques
- 3 — Procédés facultatifs — Variantes
- 4 — Surveillance — Contrôles
- 5 — Erreurs à ne pas commettre

#### **3 — Caractéristiques des vins - Domaines d'application**

- 1 — Caractéristiques des vins
- 2 — Domaines d'application

#### **4 — Équipements**

- 1 — Récolte — Transport — Contrôle
- 2 — Encuvage
- 3 — Régulation thermique — Mise en anaérobiose
- 4 — Décuvage — Pressurage
- 5 — Modèles d'installations

## **5 — Aspects économiques**

- 1 — Place de la Macération carbonique dans le monde vinicole
- 2 — Intérêt économique
- 3 — Contraintes
- 4 — Aide à la décision

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## **TABLE DES MATIERES**

# AVANT-PROPOS

---

La première édition de “*La vinification par macération carbonique*”, parue en 1973, est épuisée depuis longtemps. La demande, sans cesse croissante, reste donc insatisfaite. Une nouvelle édition s’imposait. Elle devait tenir compte de plusieurs faits.

Depuis 1973, les recherches fondamentales sur le métabolisme anaérobie de la baie de raisin et les recherches technologiques correspondantes se sont poursuivies. Les acquisitions nouvelles ont une influence directe sur la pratique de la vinification par “macération carbonique”.

D’autre part, l’élévation heureuse du niveau des connaissances du praticien est indiscutable. Le niveau des épreuves du diplôme d’œnologie le prouve. L’œnologue veut comprendre le pourquoi de telle opération et en faire une application intelligente. Il est de plus en plus un biologiste exigeant ; ceci d’autant plus qu’il sait que cette technique est l’une des meilleures pour la production de vins aux qualités élevées aussi bien sur le plan organoleptique qu’hygiénique.

Enfin, le développement remarquable de ce mode de vinification réclame un document aussi précis que possible tant sur le plan scientifique que sur le plan des applications. L’œnologue doit être savamment instruit, parfaitement et minutieusement aidé dans ses raisonnements. Ainsi lui évitera-t-on certaines mésaventures toujours le fruit d’une méconnaissance à un quelconque niveau et, cela, quelle que soit la technique appliquée.

Cette nouvelle édition ne reprendra pas ce qui a été dit sur l’origine et la mise en train de la technique de vinification par macération carbonique voici un peu plus de 50 ans. Cependant, il convient de rappeler que si la vision “physiologique” de Pasteur en 1872 (62) sur la vinification du raisin mis en état “d’anaérobiose” avait été aussitôt exploitée, la science œnologique aurait réalisé alors ce qui s’est fait près de trois-quarts de siècle après. Il est singulier que les œnologues, de formations diverses et s’affirmant pastoriens n’aient retenu de l’œuvre de Pasteur que les travaux microbiologiques.

Que d’erreurs commises pour avoir ainsi négligé cet aspect fondamental de la physiologie de la baie de raisin après récolte ! En particulier, la conception des caves, de leur équipement n’a que rarement pris en compte, jusqu’à une période récente, la capacité des raisins à s’autotransformer. Des dépenses importantes dans d’autres domaines étaient consenties pour des résultats médiocres. Il est même arrivé que certaines caves par leur structure et leurs équipements de base aient permis d’obtenir

une macération carbonique plus ou moins bien maîtrisée ; elles ont été reconverties vers d'autres systèmes de vinification. Aujourd'hui ces mêmes caves ou de nouvelles entreprises cherchent à s'équiper pour appliquer la vinification par macération carbonique. La qualité du vin obtenu, sa plus-value marchande sont les facteurs déterminants.

La première partie de l'ouvrage présente les résultats expérimentaux obtenus sur le métabolisme anaérobie du raisin et la macération carbonique.

Les travaux menés sur le métabolisme anaérobie ont mis en évidence l'importance de l'admirable architecture que constitue l'ensemble des cellules de la baie de raisin. Ecraser la baie c'est détruire l'équilibre biologique qui fait du fruit une entité dynamique et autonome.

Les recherches sur la macération carbonique ont permis d'identifier et de mieux comprendre certains phénomènes. En outre, elles ont montré, comme cela avait été prouvé initialement avec l'*Aramon*, que la plupart des cépages, "nobles" ou plus modestes, pouvaient bénéficier de l'apport de cette vinification. C'est ainsi que les potentialités du *Carignan* tout comme celles de la *Syrah* ou du *Mourvèdre* sont exaltées par cette technique.

Dans une autre partie du document, les problèmes techniques soulevés par la conduite de la macération carbonique sont traités. Il ne s'agit pas d'un recueil de recettes ; néanmoins, cette partie est conçue de telle manière que l'œnologue puisse négliger les chapitres plus théoriques précédents et s'intéresser directement au "guide raisonné".

Les équipements souhaitables font l'objet d'une réflexion et d'une enquête sur les systèmes existants.

La partie économique est également abordée. Sa lecture permet de constater les avantages économiques que retire le professionnel de la mise en marché des vins de macération carbonique et les contraintes que cette dernière implique.

Le document actuel a pour objectif d'être un outil de travail pour l'œnologue moderne, soucieux de qualité et, partant, de l'avenir de la viticulture.

Travailler dans la clarté pour satisfaire au mieux des exigences humaines aussi vieilles que notre civilisation gréco-latine, n'est-ce pas un plaisir insigne pour l'œnologue ?

Michel FLANZY

# INTRODUCTION

---

## 1. Définitions

Nous appelons “vinification par macération carbonique” une technique exploitant les phénomènes qui se déroulent spontanément dans les baies intactes de raisin non foulé, lorsque ces baies sont placées en anaérobiose (fig. 1).

L'ensemble de ces phénomènes biologiques forme le “*métabolisme anaérobie*” (MA) des baies de raisin.

Pour plus de précision, la formule “*métabolisme anaérobie*” remplace les expressions “*fermentation intracellulaire*” ou “*fermentation propre*” employées abusivement, dans un sens général. Cependant, par convention et pour faciliter la lecture de ce guide, nous conserverons la locution “*fermentation intracellulaire*” dans le sens restrictif d'une production d'éthanol à partir de différents métabolites, sous la seule influence des enzymes endogènes des fruits. Afin de bien distinguer une telle fermentation de celle provoquée par les microorganismes exogènes, nous réserverons la dénomination “*fermentation microbienne*” à la dégradation des sucres provoquée par les levures et bactéries.

Par extension, nous qualifierons d’“*intracellulaire*” tout phénomène faisant partie du *métabolisme anaérobie* des fruits. Ainsi, le catabolisme intracellulaire de l'acide malique est distinct de la dégradation de cet acide par les bactéries lactiques.

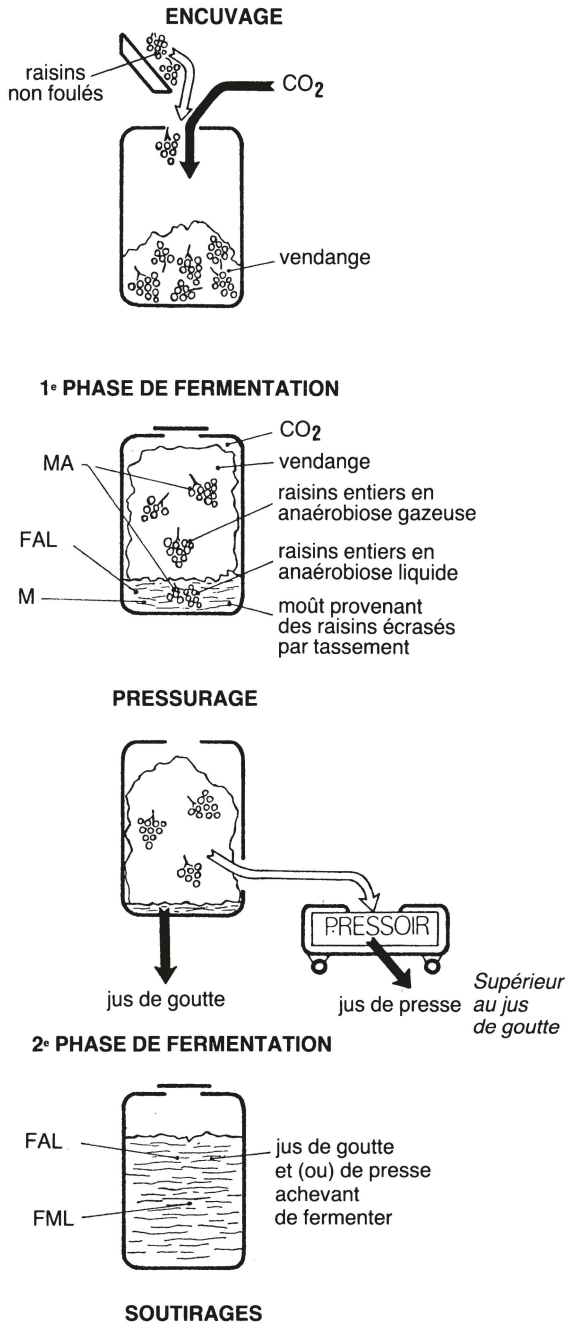
Fermentation intracellulaire et catabolisme intracellulaire de l'acide malique font partie du *métabolisme anaérobie* du raisin.

Toutes les vinifications faisant appel au *métabolisme anaérobie* des raisins appartiennent à une même famille de techniques œnologiques. L'une d'entre elles, *la vinification par macération carbonique*, favorise ce *métabolisme* par une mise en anaérobiose rapide des baies, au moyen d'un enrichissement initial en CO<sub>2</sub> exogène de l'atmosphère du récipient vinaire.

## 2. Justification

L'objectif poursuivi dans cet ouvrage est de diffuser d'une façon claire les connaissances actuelles sur la vinification par macération carbonique tant au niveau technique qu'au niveau économique.

Le public visé correspond, en particulier, à des responsables (administratifs et techniques) de groupements de producteurs, de caves coopératives, de caves particulières.



**Figure 1.** — Schéma de vinification par macération carbonique.

MA = métabolisme anaérobie du raisin.

FAL = fermentation alcoolique levurienne.

FML = fermentation malolactique.

M = macération.

La brochure doit être à la fois un guide du décideur et un guide de l'utilisateur.

— *Guide du décideur*. Ce dernier doit trouver les éléments lui permettant d'évaluer les enjeux : amélioration qualitative, coûts et plus-value, organisation de l'entreprise, insertion dans la production et le marché actuel ou projeté...

A partir de ces éléments, le décideur pourra développer des arguments logiques qui l'aideront dans son choix.

— *Guide de l'utilisateur*. La mise en œuvre du projet nécessite une bonne connaissance des caractéristiques biologiques et des impératifs technologiques de cette méthode.

Le guide doit aider l'utilisateur à acquérir les bases de raisonnement pour résoudre des problèmes techniques particuliers ; il doit par exemple favoriser une réflexion efficace sur les équipements les plus appropriés..

### **3. Mode d'emploi**

Pour le lecteur désirant s'informer rapidement des caractéristiques de la macération carbonique, la structure du guide permet d'aborder directement (chapitre 2 à 5) les problèmes concrets de la conduite de cette vinification et de son environnement technico-économique.

Le chapitre 1 doit procurer les bases de connaissances supplémentaires que souhaitera obtenir un technicien soucieux de mieux comprendre et donc de mieux maîtriser les phénomènes mis en jeu par cette méthode de vinification.

Dans le texte, les références bibliographiques sont signalées par des numéros placés entre parenthèses. La signification de ces numéros est donnée dans le chapitre "Références bibliographiques".

Les références, précédées de leur numéro codique, sont classées par ordre alphabétique des noms d'auteurs (nom du premier signataire pour une publication de plusieurs auteurs).

Les tableaux et figures sont numérotés. Les numéros, eux aussi entre parenthèses, sont précédés des termes tabl. ou fig.

Le lecteur pourra rencontrer des parenthèses ainsi constituées : (fig. 22 ; 20). L'expression fig. 22 concerne le graphique numéro 22. Le numéro 20 se rapporte à une référence bibliographique.

Le renvoi à un thème amplement développé dans un chapitre est signalé par la mise entre parenthèses du signe § suivi du numéro de code du paragraphe auquel il est fait allusion.





# LEXIQUE DES TERMES, ABREVIATIONS ET SIGNES

---

**Anabolisme** : réaction(s) de synthèse (de formation) d'une (ou de) substance(s) dans un organisme vivant.

**Anatomique** : qui a trait à l'organisation physique et à la physiologie de la baie de raisin.

**Bactéries lactiques hétérofermentatives** : bactéries qui, à partir de glucose, donnent des quantités d'acide lactique comprises entre 30 et 50 p. 100, ainsi que des quantités sensiblement égales (équimolaires) de CO<sub>2</sub> et d'éthanol. Parfois, une partie de l'éthanol est remplacée par de l'acide acétique.

**Bactéries lactiques homofermentatives** : bactéries qui, à partir de glucose, donnent des quantités d'acide lactique au moins égales à 80 ou 90 p. 100 de l'ensemble des produits formés.

**Catabolisme** : réaction(s) de dégradation d'une substance (métabolite) dans un organisme vivant.

**Ethanol p. 100 V** : concentration en éthanol égale au nombre de litres d'alcool pur contenus dans 100 litres de vin (anciennement degré Gay-Lussac : °GL).

**Fermentation intracellulaire** : expression employée dans le sens de "formation d'éthanol dans la baie de raisin sous la seule dépendance des propres enzymes du fruit".

**Levurien, levurienne** : qui a trait aux levures.

**Métabolisme (anabolisme + catabolisme)** : ensemble des réactions de synthèse et de dégradation d'une (ou de) substance(s) dans un organisme vivant.

**Raisin** : généralement employé dans le texte comme synonyme de "baie de raisin".

**A** : absorbance, synonyme de densité optique (DO).

**CO<sub>2</sub>** : gaz carbonique : dioxyde de carbone.

**FML** : fermentation malo-lactique.

**M** : macération : macération des parties solides de la grappe (rafle, pellicule, pulpe, pépins) dans le moût.

**MA** : métabolisme anaérobie : ensemble de phénomènes qui se déroulent spontanément dans des baies intactes de raisin non foulé lorsque ces baies sont placées dans une atmosphère dépourvue d'oxygène.

**MC** : macération carbonique : la vinification par macération carbonique exploite le métabolisme anaérobie du raisin. Elle favorise ce métabolisme par un enrichissement en gaz carbonique de l'atmosphère du récipient vinaire.

**O<sub>2</sub>** : oxygène.

**VCh** : vinification avec chauffage de la vendange : par extension, vin issu d'une vendange ayant subi un traitement thermique avant fermentation.

**VE** : vinification avec éraflage de la vendange : par extension, vin issu d'une vendange éraflée avant fermentation.

**VF** : vinification avec foulage de la vendange : par extension, vin issu d'une vendange foulée avant fermentation.

# 1

## BASES THEORIQUES

---

### 1. La vie sans oxygène

“La vie dans des conditions de déficience en oxygène ou même dans un environnement totalement dépourvu d’oxygène moléculaire, est largement répandue sur la planète. Le phénomène d’anaérobiose, permanente ou temporaire, complète ou partielle, peut être virtuellement observé à tous les niveaux d’évolution des systèmes biologiques, de l’organisme primitif unicellulaire à l’homme.

« Ceci se vérifie particulièrement bien chez les microorganismes. La levure *Saccharomyces cerevisiae*, anaérobie facultatif, peut aisément passer d’un environnement riche en oxygène à un autre qui en est totalement dépourvu et ceci en conservant sa fonction vitale ; à l’inverse, la bactérie de la fermentation butyrique *Clostridium pasteurianum* non seulement ne possède aucun mécanisme enzymatique lié à l’oxygène mais encore meurt en sa présence.

« Les plantes supérieures se trouvent fréquemment dans des situations où l’apport d’oxygène atmosphérique est fortement limité pour la plante entière ou pour une fraction, provoquant un manque d’oxygène temporaire ou prolongé. Il en est ainsi, parfois, de cellules d’organes succulents (fruits, tubercules) surtout durant de longues périodes de stockage » (d’après Vartapetian ; 66).

Depuis l’ouverture en 1819 par l’Académie des Sciences de France du Concours sur “l’influence des agents extérieurs surtout celle de l’air qui environne les fruits et l’altération qu’ils éprouvent“, de nombreux auteurs ont étudié les phénomènes qui se déroulent au sein des fruits placés dans un environnement plus ou moins appauvri en oxygène. Les travaux de Couverchel, Bérard, Cahours, Pasteur, Lechartier et Bellamy, Muntz, Gerber, Matruchot et Molliard (42)... ont permis d’arriver à l’idée d’une évolution du fruit vers un métabolisme de type fermentaire sans intervention de microorganismes exogènes.

Cette capacité d’autotransformation du fruit n’a été mise à profit et étudiée systématiquement, dans le cas du raisin, qu’à partir de 1934.

Bien des inconnues restent encore à découvrir au niveau de ce phénomène naturel qui pourrait devenir l’un des agents très évolués de “nouvelles biotechnologies“.

## 2. Métabolisme anaérobie du raisin

### 2.1. Généralités

Des raisins mûrs, séparés de la souche et placés dans une enceinte dont l'atmosphère est fortement enrichie en gaz carbonique, passent, plus ou moins rapidement, de la vie aérobie à une vie de forme anaérobie. Cette dernière provoque des manifestations biologiques différentes de celles observées au cours de la respiration.

Le métabolisme anaérobie (MA) des baies de raisin plongées dans une atmosphère de CO<sub>2</sub> se manifeste par des phénomènes de synthèses ou de dégradations et des phénomènes de diffusion : fermentation intracellulaire, évolution des acides organiques et des substances azotées, diffusion du CO<sub>2</sub> et des polyphénols...

La fermentation intracellulaire se traduit par une production d'éthanol et de produits secondaires normalement rencontrés à l'issue d'une fermentation de type levurien. Cependant, la concentration d'éthanol est limitée aux environs de 2 p. 100. V (43).

Si l'acide tartrique ne semble pas évoluer au cours du MA, en revanche, l'acide malique est fortement transformé sans qu'il y ait formation concomitante d'acide lactique. Les teneurs en pectines, substances liées à la structure des fruits, s'abaissent progressivement. L'augmentation globale d'acides aminés libres dans les baies s'accompagne d'une disparition très rapide de l'ammoniaque et d'une diminution de la concentration en azote protéique. Certains composés pouvant intervenir dans la genèse des arômes du vin évoluent ou apparaissent.

Après un temps de latence plus ou moins long, les polyphénols diffusent de la pellicule vers les cellules de la pulpe. Cette "extraction" est progressive et sélective selon les familles de substances phénoliques.

Ces différents phénomènes sont liés aux seuls systèmes enzymatiques du raisin. Cependant, des interférences existent nécessairement entre le MA des fruits et le milieu ambiant. C'est ainsi que la température des baies joue un rôle prédominant dans leur évolution au cours du MA. La durée du traitement en anoxie (absence d'oxygène) intervient également sur les caractéristiques du produit final.

Ces manifestations ont lieu pour des concentrations réduites en oxygène dans le milieu ambiant ; celui-ci peut être gazeux ou liquide. Ainsi, les raisins immergés dans une phase liquide s'orientent vers un MA dont l'intensité est limitée par rapport à celle observée dans des baies placées en phase gazeuse.

Le MA se manifeste pour tous les cépages testés. Son intensité varie selon la variété, l'origine de l'échantillon, les conditions expérimentales, l'année de production. En revanche, l'influence de la richesse des baies en sucres réducteurs n'a pu être mise en évidence.

En prenant pour critère du MA la production maximale d'éthanol par fermentation intracellulaire, les fluctuations annuelles apparaissent nettement (tabl. 1).