ÉTUDE DE CAS

Fermentation de 1 200 L de jus de raisin en vin

Vinification d’un vin rouge sec en cuve

VOLUME TRAITÉ	MATIÈRE PREMIÈRE	OBJECTIF
1 200 L de moût	Raisin rouge, 220 g/L de sucres	Vin sec ≈ 13 % vol.

DOCUMENT DE TRAVAIL

Cette étude reste pédagogique Elle ne peut être qu’à adapter après analyses du moût, essais de laboratoire, analyse des fiches techniques des produits et réglementation locale. Les doses de SO_2, nutriments et correcteurs ne doivent pas être appliquées automatiquement.



1. Objet et hypothèses de départ

L'objectif est de conduire 1 200 L de moût de raisin rouge jusqu'à un vin sec, microbiologiquement stable et apte à l'élevage.

Le scénario retient une fermentation alcoolique par Saccharomyces cerevisiae, suivie d'une fermentation malolactique (FML).

Paramètre	Hypothèse de cas	Cible / commentaire
Volume de moût	1 200 L	Prévoir une cuve de 1 500 à 1 600 L pour le chapeau, la mousse et le CO_2.
Sucres fermentescibles	220 g/L	Potentiel alcoolique approximatif : 12,9 à 13,2 % vol.
Température initiale	18 °C	Départ maîtrisé, puis conduite à 24-28 °C.
pH	3,40	À mesurer; cible indicative de 3,30-3,60.
Acidité totale	5,5 g/L en H_2SO_4 (hypothèse)	À confirmer par une analyse.
Azote assimilable (YAN)	150 mg N/L (hypothèse)	Analyse de l'ammoniac et du FAN du jus.
État sanitaire	Raisins sains	Trier; exclure les baies moisies ou altérées.

Point de décision

Avant tout ajout : mesurer au minimum température, densité ou °Brix, pH, acidité totale, SO_2 libre/total, YAN et état sanitaire. Les valeurs analytiques réelles doivent primer sur le scénario.

Le YAN (Yeast Assimilable Nitrogen) mesure les besoins nutritionnels des levures dans la vinification.
C'est la combinaison de deux mesures distincts.
L'ammoniac disponible dans le jus.
Le FAN (Free Amino Nitrogen) complexe de composés alpha-aminés que la levure absorbera.

Pour la, Saccharomyces cerevisiae, les valeurs optimales de YAN se situent généralement de 100 à 150 mg /L ce qui représente un léger déficit sur le plan nutritionnel.

2. Bilan matière simplifié

Masse initiale de sucres : 1 200 × 0,220 = 264 kg.

Avec un rendement pratique d'environ 0,47 kg d'éthanol par kg de sucres consommés, on obtient environ 124 kg d'éthanol, soit 157 L (ρ = 0,789 kg/L). Rapporté à 1 200 L, cela correspond à environ 13,1 % vol. La fermentation libère aussi de l'ordre de 120 à 130 kg de CO_2.

La réaction globale simplifiée est :

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{Levures}} 2\,CH_3CH_2OH + 2\,CO_2\uparrow$$

Une partie du dioxyde de carbone alimente toutefois la biomasse et des métabolites secondaires; le bilan présenté est donc un ordre de grandeur.

Danger CO_2

Le CO_2 est inodore, s'accumule dans les points bas et peut être mortel. Ventilation permanente, détecteur de CO_2, interdiction d'entrer dans une cuve et procédure d'espace confiné sont indispensables.

3. Additifs et auxiliaires œnologiques

Le tableau distingue la dose de travail retenue pour le cas, la quantité correspondant à 1 200 L et le caractère de l'ajout.

Produit	Dose de cas	Quantité pour 1 200 L	Moment / rôle
Métabisulfite de potassium	≈ 7 g/hL de produit	≈ 84 g	À l'encuvage on vise environ 40 mg/L de SO_2 apporté si le produit libère ≈ 57 % de SO_2.
Enzyme pectolytique	2 g/hL	24 g	Facilite l'extraction et la clarification.
Levure sèche active	20 g/hL	240 g	Inoculation 2-6 h après sulfitage.
Protecteur de réhydratation	25 g/hL	300 g	Dans l'eau de réhydratation; améliore la viabilité.
Nutriment organique complexe	20 g/hL	240 g	Fractionné au départ et vers 1/3 des sucres consommés.
DAP (phosphate diammonique)	0 à 15 g/hL	0 à 180 g	Apport d'azote minéral, jamais tardif.
Bactéries Oenococcus oeni	Dose fabricant	Dose pour 12 hL	Co-inoculation ou inoculation après fermentation alcoolique; déclenche la FML.
Acide tartrique	Après essai	Aucune dose prédéfinie	Correction d'acidité avant fermentation de préférence.
SO_2 après FML	Selon analyse	Calcul au moment du soutirage	Protection contre oxydation et altérations.

Calcul du métabisulfite

Pour viser 40 mg/L de SO_2 sur 1 200 L : $40 \times 1\,200 = 48\,000$ mg = 48 g de SO_2. Avec un métabisulfite apportant 57 % de SO_2 : $48 / 0{,}57 \approx 84$ g de produit. Ce calcul est un apport théorique, pas une garantie de SO_2 libre final.

4. Matériel, hygiène et préparation

Équipement	Spécification pratique
Cuve	1 500-1 600 L, alimentaire, thermorégulée si possible, avec vanne, dégustateur et chapeau flottant ou couvercle adapté.
Mesures	Thermomètre étalonné, densimètre/réfractomètre avec correction, pH-mètre étalonné, matériel de prélèvement et analyses SO_2/YAN/acides.
Transferts	Pompe alimentaire, tuyaux propres, canne de remontage, raccords désinfectables.
Sécurité	Ventilation, détecteur CO_2, lunettes, gants, chaussures antidérapantes; fiche de données de sécurité des produits.

Nettoyage et désinfection

- Éliminer les souillures, laver avec un produit adapté, rincer si requis, désinfecter, égoutter. Ne jamais mélanger produits chlorés et acides.
- Démonter et traiter les vannes, joints et tuyaux. Vérifier visuellement et olfactivement l'absence de résidu.
- Tracer le lot, les produits, les numéros de lots, les doses, heures, températures et opérateurs.

5. Protocole opératoire détaillé

Jour 0 - Réception et encuvage

- Peser ou estimer le volume, trier la vendange, érafler et fouler sans broyer les pépins. Transférer rapidement en cuve.
- Homogénéiser et prélever un échantillon représentatif. Mesurer densité/°Brix, température, pH, acidité, YAN, SO_2 et état sanitaire.
- Si justifié, dissoudre 84 g de métabisulfite dans un petit volume de moût puis incorporer uniformément. Ajouter 24 g d'enzyme préalablement dispersée si elle est retenue.
- Régler la température du moût autour de 18-20 °C. Laisser agir 2 à 6 h avant inoculation, selon le produit, l'état sanitaire et la stratégie.

Jour 0 - Préparation du levain

- Réhydrater 240 g de levures dans environ 2,4 L d'eau potable à la température prescrite par le fabricant, souvent 35-40 °C. Ajouter le protecteur si prévu.
- Après 15-20 min, incorporer progressivement du moût afin que l'écart entre levain et cuve ne dépasse pas environ 10 °C. La réhydratation totale ne doit pas s'éterniser.
- Inoculer, homogénéiser sans oxygénation excessive. Une aération contrôlée au tout début peut aider les levures; ensuite limiter les prises d'air.

Jours 1 à 3 - Début fermentation

- Contrôler température et densité au moins deux fois par jour. Viser une montée progressive vers 24-26 °C.
- Effectuer 1 à 2 remontages quotidiens, suffisamment doux pour mouiller le chapeau.
- Ajouter la première fraction de nutriment après confirmation d'un départ actif, conformément au diagnostic YAN.

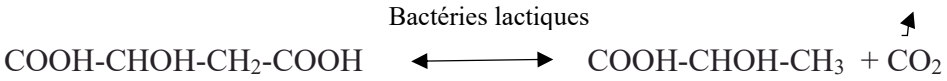
Jours 3 à 7 - Phase active

- Maintenir généralement 24-28 °C; éviter les pointes supérieures à 30 °C dans ce cas. Refroidir si nécessaire.
- À environ un tiers des sucres consommés, densité voisine de 1,060-1,070, incorporer la seconde fraction de nutriment.
  Ne pas attendre la fin de fermentation pour ajouter du DAP.
- Poursuivre les remontages 1 à 2 fois/jour. Goûter quotidiennement : fruit, réduction, volatile, amertume, sécheresse tannique.

Jours 7 à 12 - Fin de fermentation alcoolique

- Réduire l'extraction lorsque la densité approche 1,000. La fermentation est considérée terminée seulement si la densité est stable 48 h et si les sucres résiduels sont analytiquement bas, typiquement < 2-4 g/L selon l'objectif.
- Décuver et presser lorsque l'extraction recherchée est atteinte, typiquement après 8 à 15 jours de macération. Séparer vin de goutte et vin de presse; assembler après dégustation.
- En cas de ralentissement : vérifier température, densité réelle, sucres, YAN, alcool, levures viables et contamination avant toute correction.

Dans un second temps on effectue une fermentation matolactique consistant à transformer l'acide malique en acide lactique à l'aide de bactéries lactiques.



Semaine 2 à 6 - Fermentation malolactique

- Inoculer les bactéries selon la stratégie choisie et la dose fabricant. Maintenir 18-22 °C, cuve pleine, oxygène limité et SO_2 libre faible tant que la FML est active.
- Contrôler l'acide malique au moins chaque semaine. Ne pas conclure sur la seule absence de bulles; viser la valeur de fin recommandée par le laboratoire ou le cahier des charges.
- À la fin confirmée : soutirer, homogénéiser, analyser pH et SO_2, puis ajuster le SO_2 sur base analytique. Abaisser progressivement la température pour l'élevage.

Semaine 6 et suivantes - Stabilisation

- Vérifier stabilité microbiologique, protéique et tartrique, turbidité, oxygène dissous, SO_2 libre/total et conformité réglementaire.

Durée globale indicative
Fermentation alcoolique : 7 à 12 jours. Fermentation malolactique : 2 à 6 semaines. Stabilisation/élevage avant mise en bouteilles : au minimum 1 à 3 mois, souvent davantage selon le style.

6. Plan de suivi et critères d'acceptation

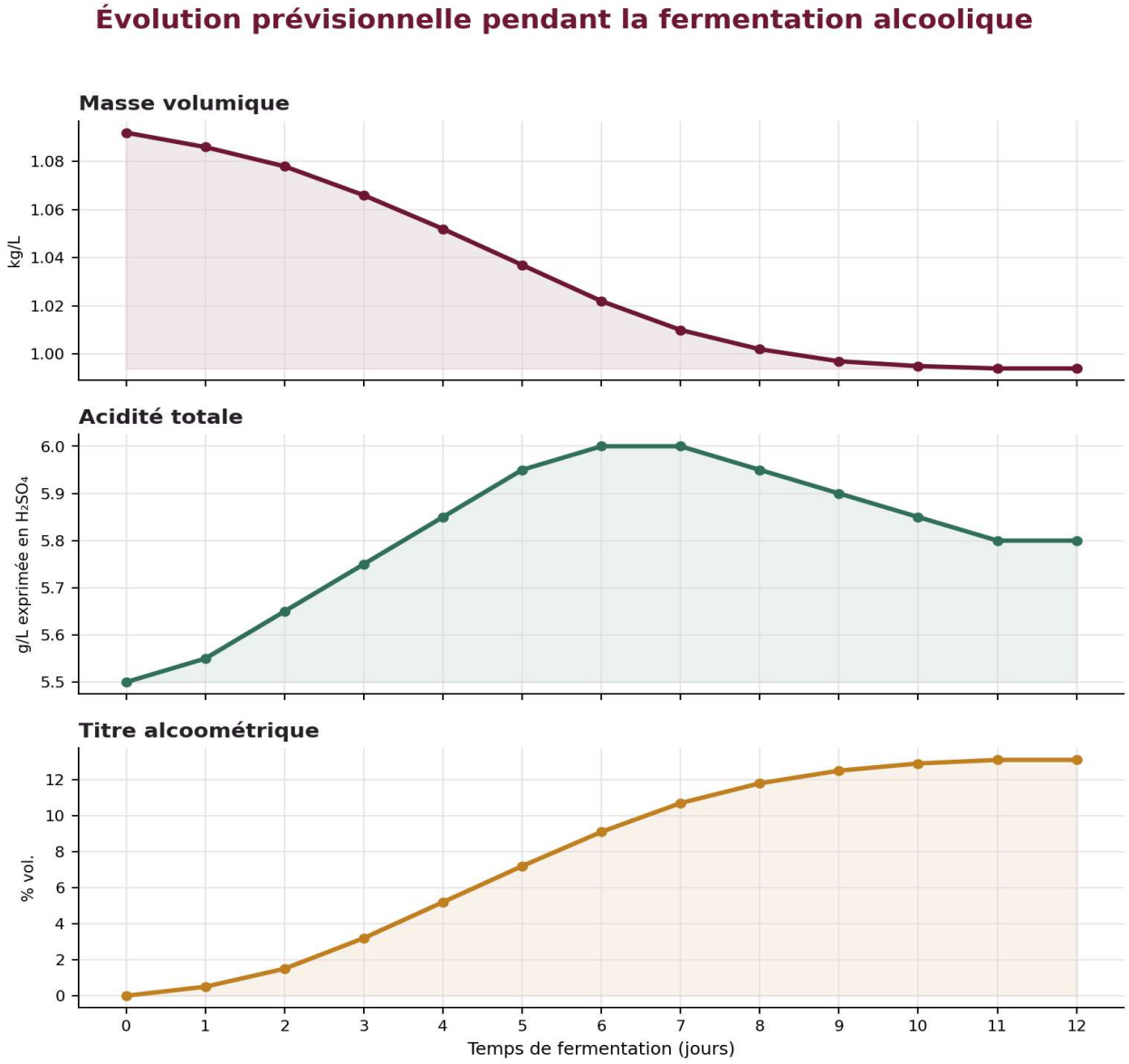
Étape	Mesure	Fréquence	Critère / action
Réception	T, densité, pH, acidité, YAN, état sanitaire	Chaque lot	Valider ou corriger le plan d'additifs.
Fermentation active	T et densité	2 fois/jour	Courbe régulière; 24-28 °C; intervenir sur dérive.
Fermentation active	Dégustation/odeur	Chaque jour	Absence de piqûre acétique, solvant, moisissure ou réduction forte.
Fin alcoolique	Densité + sucres résiduels	Deux mesures à 48 h	Densité stable et sucres conformes à l'objectif sec.
FML	Acide malique	Hebdomadaire	Fin confirmée analytiquement, pas à l'observation des bulles.
Après FML	pH, SO_2 libre/total, volatile	Après soutirage	Décider protection, filtration et élevage.

Courbe de conduite indicative

Jour	Densité indicative	Température	Opération dominante
0	1,090-1,095	18-20 °C	Analyse, sulfitage raisonné, enzyme, inoculation
2	1,075-1,085	22-25 °C	Remontage, suivi du départ, nutrition fraction 1
4	1,045-1,065	24-28 °C	Nutrition fraction 2 vers 1/3 d'avancement
7	1,005-1,020	24-27 °C	Réduire l'extraction, décider décuvage
10	0,992-0,998	22-25 °C	Confirmer fin alcoolique, pressurage/soutirage

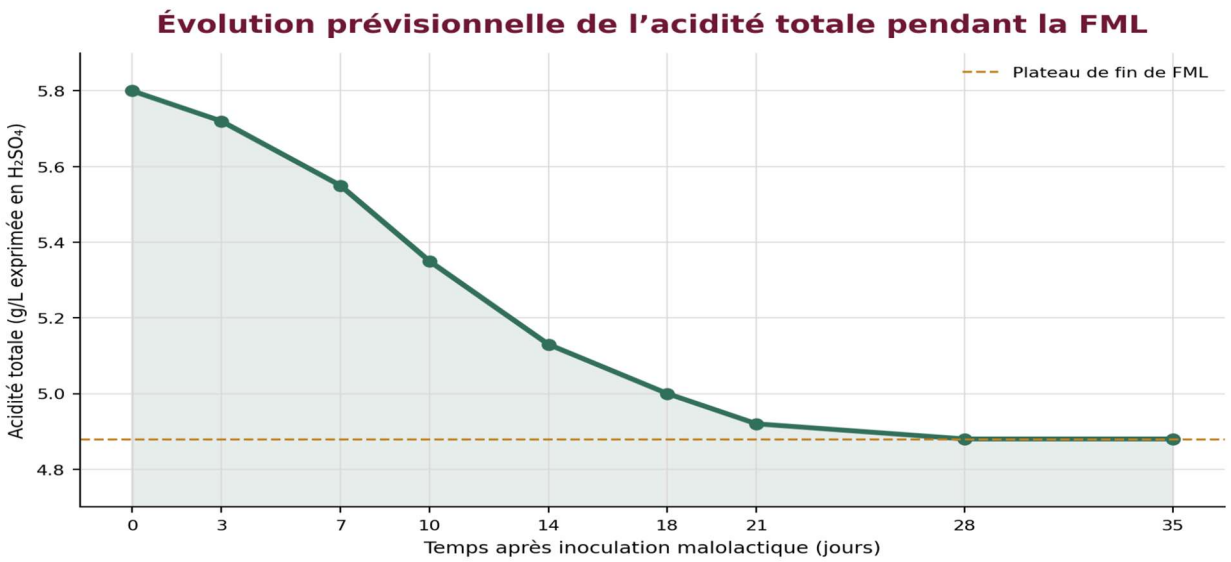
6.1 Courbes prévisionnelles d'évolution

Les courbes ci-dessous représentent un scenario pédagogique avec un mout initial a 220 g/L de sucres et un vin final proche de 13,1 % vol.
Elles ne constituent pas des mesures expérimentales. Les points réels doivent être reportes à partir des relevés quotidiens du lot.



Lecture des courbes

La masse volumique diminue avec la consommation des sucres. Le titre alcoométrique augmente puis atteint un plateau à l'épuisement des sucres. L'acidité totale peut évoluer modérément pendant la fermentation alcoolique; sa baisse plus nette est généralement associée à la fermentation malolactique,



Interprétation et contrôle

La diminution simulée est d'environ 0,92 g/L exprimée en H_2SO_4. Elle correspond approximativement à la perte d'un équivalent acide lors de la conversion de 2,5 g/L d'acide malique. La stabilité de l'acidité totale ne suffit pas à confirmer la fin de la FML : doser l'acide malique et viser le seuil défini par le laboratoire ou le cahier des charges, souvent inférieur à 0,1-0,2 g/L.

6.2 Tableaux des valeurs simulées

Tableau masse volumique, acidité totale et % d'alcool lors de la fermentation alcoolique.

Jour	Masse volumique (kg/L)	Acidité totale (g/L H_2SO_4)	Alcool (% vol.)
0	1,092	5,50	0,0
1	1,086	5,55	0,5
2	1,078	5,65	1,5
3	1,066	5,75	3,2
4	1,052	5,85	5,2
5	1,037	5,95	7,2
6	1,022	6,00	9,1
7	1,010	6,00	10,7
8	1,002	5,95	11,8
9	0,997	5,90	12,5
10	0,995	5,85	12,9
11	0,994	5,80	13,1
12	0,994	5,80	13,1

Acidité totale pendant la fermentation malolactique

La fermentation malolactique (FML) transforme l'acide malique, diacide plus vif, en acide lactique, monoacide plus souple, avec dégagement de CO_2. Le scénario part d'une acidité totale de 5,80 g/L exprimée en H_2SO_4 et d'environ 2,5 g/L d'acide malique.

Jour après inoculation	Acidité totale (g/L H_2SO_4)	Évolution
0	5,80	Début de FML
3	5,72	Démarrage
7	5,55	Activité croissante
10	5,35	Phase active
14	5,13	Phase active
18	5,00	Ralentissement
21	4,92	Proche de la fin
28	4,88	Plateau
35	4,88	Plateau confirmé

7. Gestion des écarts

Écart	Diagnostic prioritaire	Réponse raisonnée
Température > 30 °C	Refroidissement, sonde, activité	Refroidir progressivement; homogénéiser; surveiller viabilité.
Densité ne baisse plus	T, sucres, alcool, YAN, levures, acétique	Ne pas ajouter au hasard. Faire diagnostic; préparer si besoin un pied de cuve de reprise.
Odeur d'œuf / réduction	Nutrition, turbidité, température	Aération très précoce et/ou nutrition si justifiées; éviter traitement cuivre sans essai et contrôle.
Acidité volatile en hausse	Microbiologie, O_2, T, sucres	Isoler, refroidir, limiter O_2, analyser et décider avec l'œnologue.
FML lente	pH, T, alcool, SO_2, malique	Ramener 18-22 °C, vérifier conditions, réinoculer seulement sur diagnostic.

8. Bilan prévisionnel du lot

Flux / résultat	Valeur indicative	Commentaire
Moût entrant	1 200 L	À 220 g/L de sucres.
Sucres initiaux	264 kg	Base du potentiel alcoolique.
Éthanol formé	≈ 124 kg, soit ≈ 157 L	Rendement pratique retenu : 0,47 kg/kg.
Titre alcoométrique	≈ 13,1 % vol.	Valeur prévisionnelle; mesurer sur vin fini.
CO_2 dégagé	≈ 120-130 kg	À évacuer par ventilation.
Vin récupéré	≈ 1 080-1 140 L	Hypothèse 5-10 % de pertes : marcs, lies, soutirages.

Conclusion

Pour 1 200 L de moût à 220 g/L de sucres, une fermentation alcoolique bien conduite dure généralement 7 à 12 jours, suivie d'une FML de 2 à 6 semaines. La réussite dépend moins d'une liste fixe d'additifs que de l'analyse initiale, de l'hygiène, de la maîtrise thermique, de la nutrition fractionnée et d'un suivi quotidien.

9. Références réglementaires et techniques

• Organisation internationale de la vigne et du vin (OIV), Code international des pratiques œnologiques, édition en vigueur : https://www.oiv.int/fr/standards/code-international-des-pratiques-oenologiques
• Union européenne, Règlement délégué (UE) 2019/934 relatif aux pratiques œnologiques autorisées et à leurs restrictions : https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2019/934/oj/fra
• Union européenne, Règlement (UE) no 1308/2013 portant organisation commune des marchés des produits agricoles, secteur vitivinicole : https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2013/1308/oj/fra

Avertissement : cette étude est un support pédagogique. Elle ne remplace ni les analyses de laboratoire, ni la notice des fabricants, ni l'avis d'un œnologue, ni les règles d'une appellation ou la réglementation applicable au lieu de production.