

VINIFICAZIONI SPERIMENTALI IN 100 L. // : CARATTERIZZAZIONE - INTERESSE E. AGUERA*, J.M. SABLAYROLLES**

* : Unité expérimentale INRA Pech Rouge ** : UMR 'Sciences pour l'œnologie', INRA Montpellier

Introduzione

La scala pilota (da qualche decina a qualche centinaia di litri) viene spesso utilizzata nella sperimentazione enologica, ma paradossalmente è mal caratterizzata. Esistono pochi studi sia sull'idrodinamica delle vasche che sulla rappresentatività dei risultati ottenuti su tale scala.

Questo articolo si propone di fare un punto su tali argomenti. E' basato sui risultati ottenuti con vasche da 100 litri equipaggiate specificamente per studiare da una parte le fermentazioni in fase liquida, dall'altra le vinificazioni in rosso.

Vinificazioni in fase liquida

Dispositivo sperimentale

La vasca utilizzata per la caratterizzazione delle fermentazioni in bianco ha un volume di 100 litri. Rispetto a quelle descritte precedentemente (Aguera et al., 2005), ha le seguenti strumentazioni :

- due misurazioni della temperatura a 3 livelli
 - o alto : 5 cm dalla superficie del liquido
 - o medio : metà altezza del liquido
 - o basso : 5 cm dal fondo della vasca
- prelievi a 3 livelli (e due posizioni):
 - o alto: 5 cm dalla superficie del liquido (centro della vasca e bordo). Punti h1 e h2
 - o basso : 5 cm dal fondo della vasca (centro della vasca e bordo). Punti b1 e b2
 - o fondo : sul fondo della vasca

Omogeneità

La questione dell'omogeneità del mezzo durante la fermentazione è più cruciale nelle condizioni di vinificazione in rosso, ma merita comunque di essere affrontata anche per le fermentazioni in bianco. In effetti, lo sviluppo di CO₂ ha un potere molto forte di agitazione (descritto da Garcia et al., 1993), ma il suo impatto reale rimane descritto in modo incompleto. Si è visto che, su scala industriale, tale sviluppo è generalmente sufficiente per far sì che, in caso di una fermentazione in fase liquida, la vasca possa essere considerata perfettamente omogenea nel corso di quasi tutta la fermentazione (Malherbe, 2003). Al contrario, su scala di laboratorio, l'agitazione creata dalla CO₂ è poco importante, spiegando il motivo per cui molte fermentazioni vengono condotte con un'agitazione meccanica. Per quanto riguarda la scala pilota, essa è poco descritta.

N.B. Nelle condizioni di vinificazione in rosso, vi è anche l'eterogeneità dovuta alla presenza di particelle solide e alla formazione del cappello.

- Popolazione di lieviti

La popolazione dei lieviti è perfettamente identica nella parte alta e bassa della vasca (figura 1). E' indipendente dal fatto che il prelievo venga effettuato al centro della vasca o su un lato (dati non riportati). Ciò è evidente anche nell'esempio scelto, che rappresenta una fermentazione stentata, che è il caso più sfavorevole dal punto di vista dei rischi di eterogeneità. Da notare che, in fine fermentazione, quando la velocità di sviluppo della CO₂ è troppo bassa (inferiore a circa 0.15 g/l.h) la popolazione diminuisce, ma sempre in modo identico nei diversi punti di prelievo. Si forma, nella fondo della vasca un deposito costituito dai lieviti sedimentati (e dalle particelle solide).

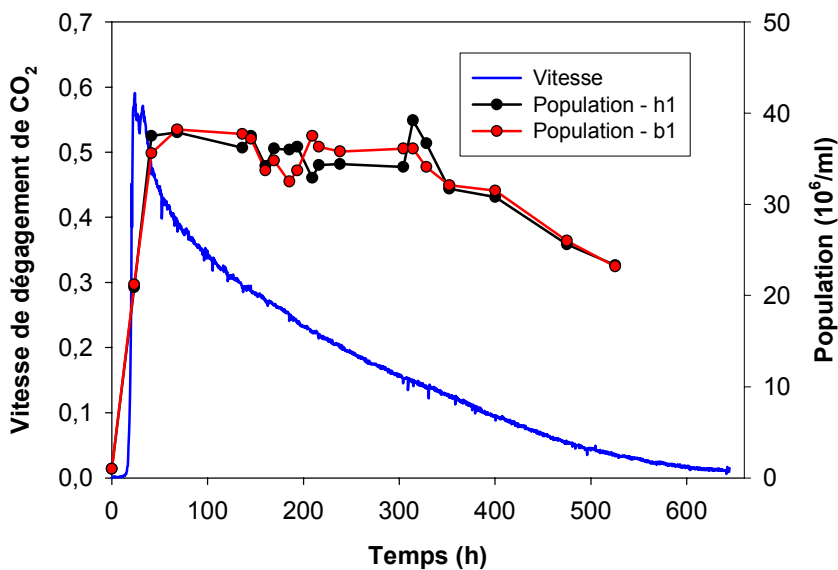


Figura 1
Evoluzione della velocità di sviluppo della CO₂ e della popolazione cellulare nella parte alta e bassa della vasca nel corso di una fermentazione stentata.

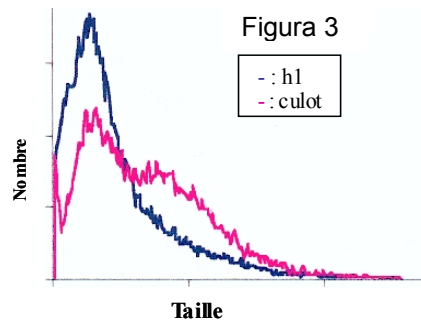
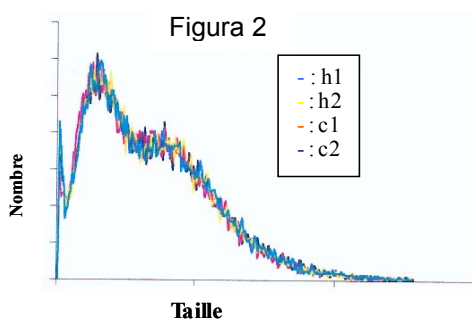


Figure 2 e 3. Morfologia dei lieviti: distribuzione per grandezza delle cellule di lievito alla fine della fermentazione (t = 525 h)

Figura 2 :Paragone dei 4 punti di prelievo

Figura 3 :Paragone con il fondo

Se si paragona lo stato fisiologico dei lieviti prelevati nei diversi punti, tracciando gli istogrammi di distribuzione per taglia, si ottengono risultati perfettamente sovrapponibili per tutti i punti di prelievo (h1, h2, c1, c2) (esempio in fine fermentazione: figura 2). Solo il campione prelevato nel sedimento è diverso (figura 3), con lieviti di grandezza inferiore, che dimostra un tasso di mortalità più alto.

La perfetta omogeneità dello stato fisiologico della popolazione di lieviti tra i 4 punti di prelievo è confermata dalla figura 4, che rappresenta l'evoluzione della vitalità cellulare durante la fermentazione.

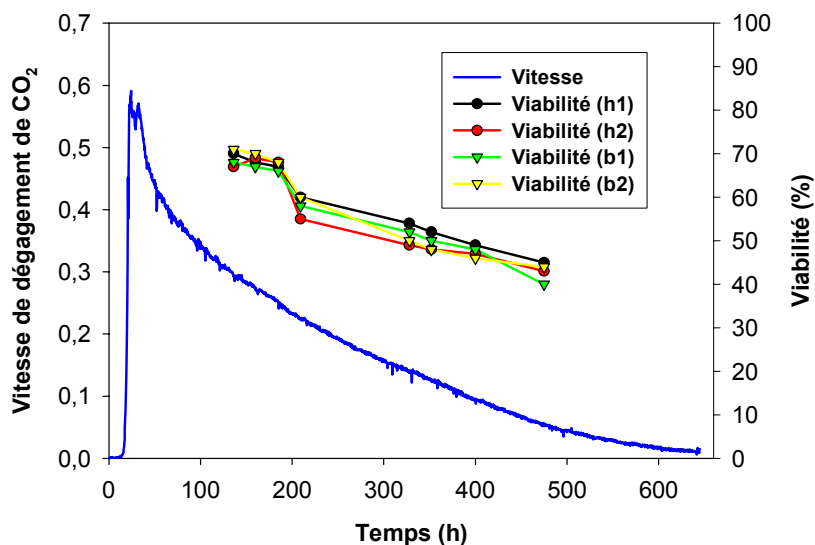


Figura 4
 Evoluzione della velocità di sviluppo della CO₂ e della vitalità cellulare.
 Prelievi in diversi punti:
 - alto: 5 cm dal livello del liquido (centro e bordo della vasca). Punti h1 e h2
 - basso: 5 cm dal fondo della vasca (centro e bordo della vasca). Punti b1 e b2

- Altri parametri

La temperatura è perfettamente omogenea, ai 3 livelli, fino alla fine fermentazione. In effetti non è stata osservata nessuna differenza superiore a 0.1°C (corrispondente alla precisione delle sonde della temperatura) fino all'esaurimento degli zuccheri.

Anche le misure della concentrazione degli zuccheri e dell'etanolo non hanno mostrato alcuna eterogeneità.

Quindi, nelle vinificazioni in bianco o rosé, l'agitazione prodotta dallo sviluppo della CO₂ sembra essere sufficiente per mantenere una perfetta omogeneità nel corso della fermentazione, ad eccezione di un piccolo strato, sul fondo della vasca.

Importanza della torbidità

La chiarificazione eccessiva dei mosti può provocare difficoltà di fermentazione. In effetti, le particelle solide rivestono un ruolo positivo sia a livello nutritivo (sorgente di lipidi) sia a livello fisico-chimico, favorendo scambi tra il mezzo e i lieviti e la nucleazione del gas carbonico. Il loro impatto può essere parzialmente compensato dall'agitazione del mezzo (dovuto allo sviluppo della CO₂) ed è logico che (i) tale impatto sia tanto più importante tanto più il volume diminuisce (scala di laboratorio) e (ii) su tale scala e nel caso di mosti molto chiarificati, le cinetiche fermentative siano diverse in base alla presenza o all'assenza di agitazione meccanica (D. Plouy, 2000). Com'è l'impatto della torbidità su scala pilota?

La figura 5 sintetizza le cinetiche ottenute con un mosto molto chiarificato (filtrato) e lo stesso mosto nel quale sono state aggiunte fecce fini (rispettivamente 0.4% e 3% del volume). Questa figura illustra il ruolo essenziale della torbidità sulla cinetica fermentativa. Essa non consente di definire un "tasso ideale di fecce" (che, dovrebbe tener conto delle conseguenze organolettiche e del tipo di mosto), ma indica che esso dovrebbe avvicinarsi al 3% (che è un valore abbastanza normale). La quantificazione della torbidità è difficile, perché il suo impatto è funzione non solo della quantità di particelle solide, ma anche della loro grandezza. Spesso viene espressa con NTU (l'intervallo considerato ottimale è 50 – 150 NTU).

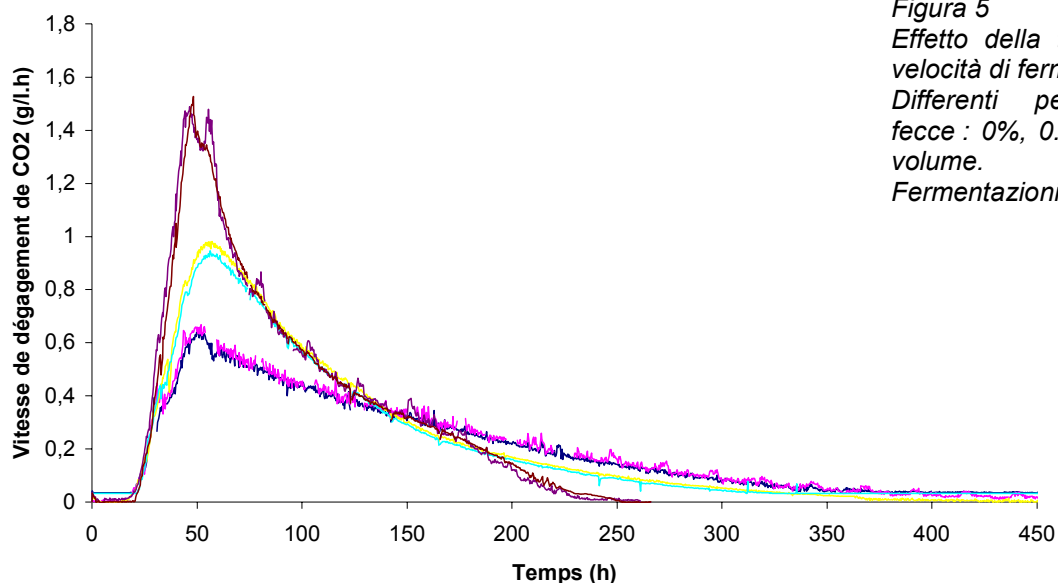


Figura 5
Effetto della torbidità sulla velocità di fermentazione. Differenti percentuali di fecce : 0%, 0.4% e 3% del volume. Fermentazioni in duplicato.

Paragone tra la scala pilota e la scala industriale

Vi sono ancora poche vasche industriali equipaggiate con strumenti che misurino in linea la cinetica fermentativa. Una di queste si trova all'Unité expérimentale de Pech Rouge. Essa ha le seguenti caratteristiche :

- volume : 110 hl
- regolazione della temperatura con un doppio involucro
- misura dello sviluppo della CO₂ con un flussometro volumetrico di tipo Venturi (Corrieu et al., 1997)

Il paragone con la scala pilota mostra una buona sovrapposizione delle curve (figura 6) . Ciò rafforza ancor di più l'interesse per la scala pilota, poiché, anche se ci sono ancora pochi dati acquisiti su scala industriale, si può già considerare che le fermentazioni su scala pilota rappresentino quelle su scala industriale.

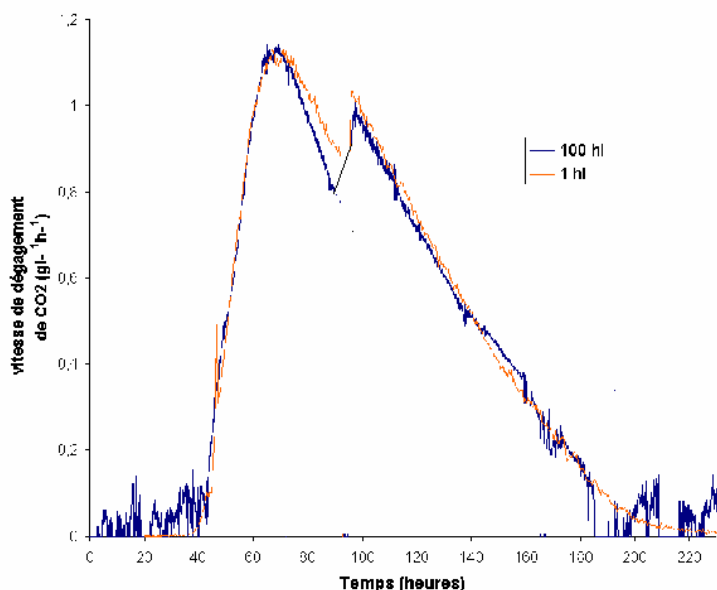


Figura 6.
Paragone delle cinetiche su scala pilota (1 hl) e su scala industriale (100 hl)

Vinificazioni in rosso

Omogeneità

- Dispositivo sperimentale

Per descrivere il comportamento idrodinamico in una vasca da 100 l di una vinificazione in rosso, abbiamo utilizzato:

- una vasca attrezzata con
 - o 5 sonde per la temperatura: 2 sonde a 2 livelli : (i) basso (a 5 cm dal fondo): S_{bf} e S_{bc} e (ii) centro della vasca (S_{mf} e S_{mc}); la quinta sonda è utilizzata per la regolazione (immersa nella fase liquida)
 - o 2 punti di prelievo : livello basso (P_b): a 5 cm dal fondo, livello intermedio (P_m): a metà altezza (verso la parte bassa del cappello).
- Una vasca trasparente, in PVC, per vedere il mosto in fermentazione ed in particolare la formazione del cappello.

Ogni vasca è attrezzata con un sistema manuale di follatura. Ogni follatura viene effettuata in modo standardizzato, immergendo il cappello 12 volte.

L'uva vendemmiata utilizzata dapprima viene diraspata e pigiata, la vinificazione viene condotta a 28°C in modo isoterma.

- *Formazione del cappello*



Foto 1,2 e 3 : Formazione del cappello nel corso di una vinificazione in rosso .Foto 1: riempimento della vasca, foto 2 : dopo la fermentazione del 5% degli zuccheri, foto 3 : dopo la fermentazione del 40% degli zuccheri. Mosto di Mourvèdre fermentato a 28°C. Vasca da 100 litri.

Durante la fermentazione, le parti solide vanno verso la superficie e formano un cappello che diventa sempre più compatto (esempio con un mosto di mourvèdre nelle foto 1, 2 e 3). Ciò si traduce in una diminuzione del suo spessore, soprattutto nel corso della prima metà della fermentazione (tabella 1). Da notare che:

- Una parte solamente del cappello è immerso (circa la metà). La parte superiore, non avendo, o avendo molto poco, liquido interstiziale è molto eterogenea, anche come temperatura e popolazione di lieviti.
- Lo spessore del cappello è variabile a seconda delle varietà, in particolare della grandezza media degli acini. Per i 4 vitigni testati, lo spessore finale rappresenta dal 36% (Carignan) al 53% (Marselan) dell'altezza totale.

Avanzamento della fermentazione (% dello zucchero consumato)	Altezza del cappello (cm)	Altezza del mosto (cm)
5%	60	40
40%	40	55
75%	36	58
90%	35	60

Tabella 1 : Evoluzione dello spessore del cappello durante la fermentazione. Mosto di Mourvèdre fermentato a 28°C.

Contrariamente al cappello, la fase liquida può essere considerata omogenea nel corso della maggior parte della fermentazione. Ciò è illustrato nelle tabelle 2 e 3, che sintetizzano rispettivamente i valori della temperatura e della popolazione dei lieviti in punti differenti. Da notare che tali valori sono stati misurati prima delle follature. Solo le misure effettuate al primo prelievo (dopo 24 ore di fermentazione, quando lo sviluppo di CO₂ era appena all'inizio) indicano una forte eterogeneità. Lo sviluppo della CO₂ è sufficiente per ottenere, sotto al cappello, una buona omogeneità del mezzo. Alcune misure della concentrazione della CO₂ disciolta indicano valori compresi tra 1.8 e 2 g/l , ovvero una leggera sovrasaturazione.

Tempo (h)	Avanzamento (% di zucchero consumato)	T _{mc} (°C)	T _{bc} (°C)	T _{mf} (°C)	T _{bf} (°C)	Sonda di regolazione (°C)
24	0,1 %	30,1	21,3	18,8	20,9	28,3
46	18 %	29,1	27,8	26	27,7	27,9
66	54 %	27,8	27,6	27,6	27,6	28,0
72	62 %	27,7	27,7	27,7	27,6	28,0
90	82 %	27,8	27,7	27,8	27,7	28,0
135	100 %	28	27,1	28	27,1	28

Tabella 2 : Evoluzione della temperatura durante la fermentazione. Mosto di Carignan fermentato a 28°C. 2 sonde a 2 livelli : (i) basso (a 5 cm dal fondo): T_{bf} e T_{bc} e (ii) centro della vasca T_{mf} et T_{mc} ; la quinta sonda, utilizzata per la regolazione (immersa nella fase liquida).

Tempo (h)	Avanzamento (% di zucchero consumato)	P _b (10 ⁶ /ml)	P _m (10 ⁶ /ml)
24	0,1 %	1,2	1,9
46	18 %	62	56
66	54 %	131	134
72	62 %	138	140
90	82 %	113	117
135	100 %	51	55

Tabella 3 : Evoluzione della popolazione di lieviti durante la fermentazione. Mosto di Carignan fermentato a 28°C. P_b : basso della vasca, P_m : centro della vasca

Impatto dei rimontaggi

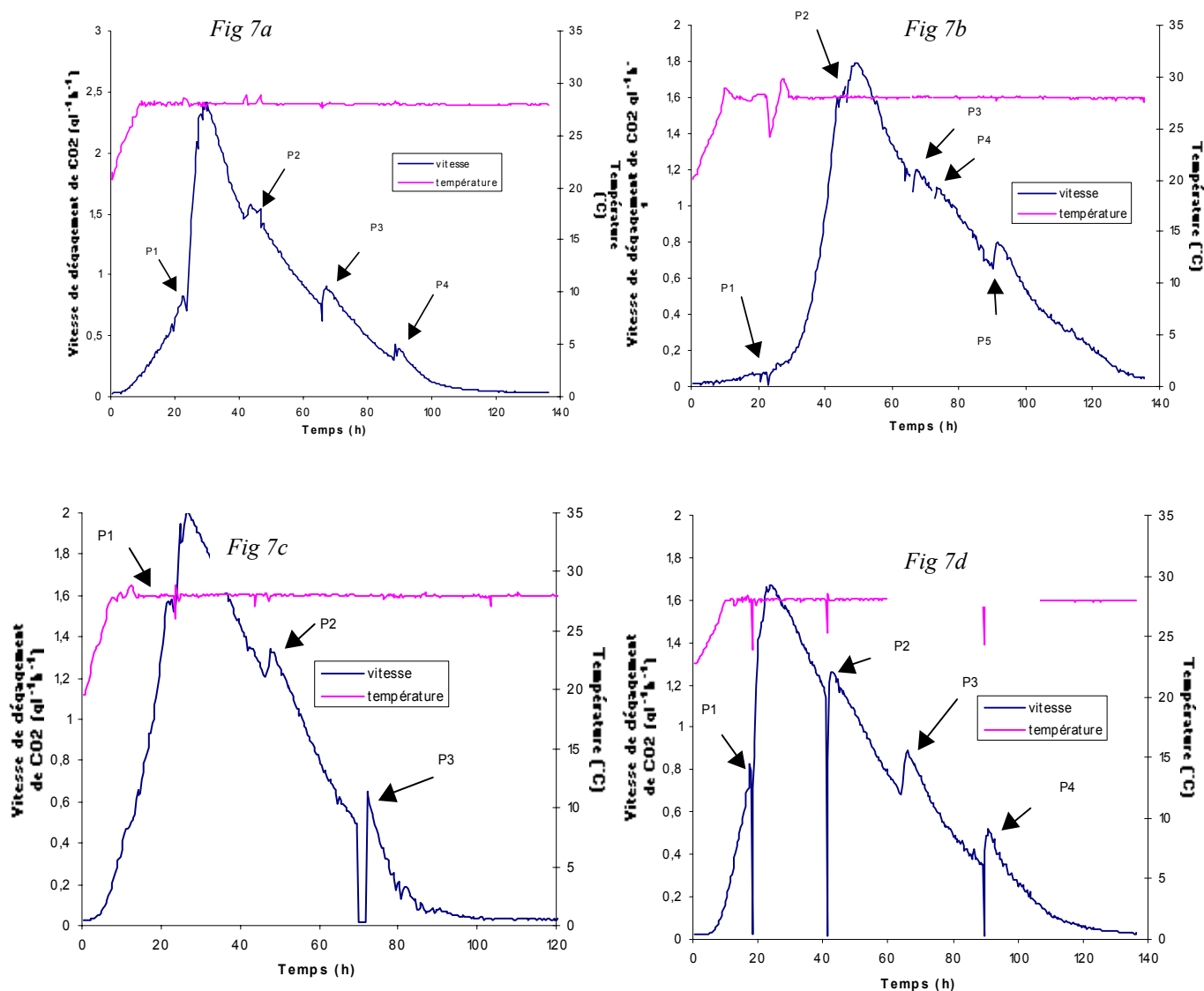


Fig 7 : Impatto delle follature (P) sulle cinetiche fermentative. Mosti di Marselan (7a), Carignan (7b e 7c) e Mourvèdre (7d) fermentati a 28°C.

La figura 7 visualizza l'impatto delle follature sulle cinetiche fermentative, ed in particolare che tali operazioni provocano un aumento molto significativo della velocità di fermentazione. Tale aumento è:

- Quasi istantaneo e si prolunga per diverse ore
- Più importante se il rimontaggio avviene nella seconda parte della fermentazione (fase stazionaria)

Si possono fare numerose ipotesi per spiegare quest'accelerazione della cinetica fermentativa :

- (1) aumento della temperatura, in seguito all'immersione del cappello
- (2) dissoluzione dei nutrienti delle parti solide
- (3) risospensione dei lieviti inizialmente fissati sul cappello.

Un'analisi complementare indica che l'ipotesi (1) può essere esclusa, perché la temperatura (misurata in diversi punti) varia meno di 0.5 °C, in seguito al rimontaggio.

L'ipotesi (2) è difficilmente verificabile. Al contrario, il meccanismo (3) è stato osservato : l'aumento della velocità è sistematicamente legato ad un accrescimento della popolazione dei lieviti misurati nel basso e nel mezzo (inizialmente sotto il cappello). Un esempio è dato nella tabella 4. Non è possibile affermare che tale meccanismo sia il solo implicato, ma è sicuramente il principale.

Occorre notare che alcune prove avevano mostrato un effetto simile a quello delle follature, anche quando venivano effettuate senza apertura della vasca. Ciò indica che, se l'ossigenazione può avere un ruolo positivo sulla vitalità dei lieviti alla fine della fermentazione, non è implicata in questo aumento della cinetica fermentativa.

Da un punto di vista pratico, questi risultati illustrano l'interesse delle operazioni di omogeneizzazione, come le follature, non solo per il trasferimento delle sostanze coloranti (motivo principale per cui vengono effettuate), ma anche per lo svolgimento della fermentazione.

Avanzamento (% di zucchero consumato)	Momento del prelievo	Pb	Pm
5%	Prima P1	36	51
	Dopo P1	87	104
40%	Prima P2	132	136
	Dopo P2	181	176
75%	Prima P3	113	118
	Dopo P3	176	170
90 %	Prima P4	100	105
	Dopo P4	182	154

Tabella 4 : Evoluzione della popolazione dei lieviti durante la fermentazione prima e dopo le follature. Mosto di Mourvèdre fermentato a 28°C. Pb : basso della vasca, Pm : centro della vasca.

Paragone con la scala industriale

Abbiamo potuto effettuare un solo confronto con una fermentazione realizzata, nelle stesse condizioni, in una vasca da 110 hl. Ad eccezione dell'inizio della fermentazione (dove le temperature erano sensibilmente diverse), le curve ottenute sono paragonabili (figura 8).

Quindi, la scala pilota può essere considerata rappresentativa (per lo meno a livello di svolgimento della fermentazione) anche per le vinificazioni in rosso.

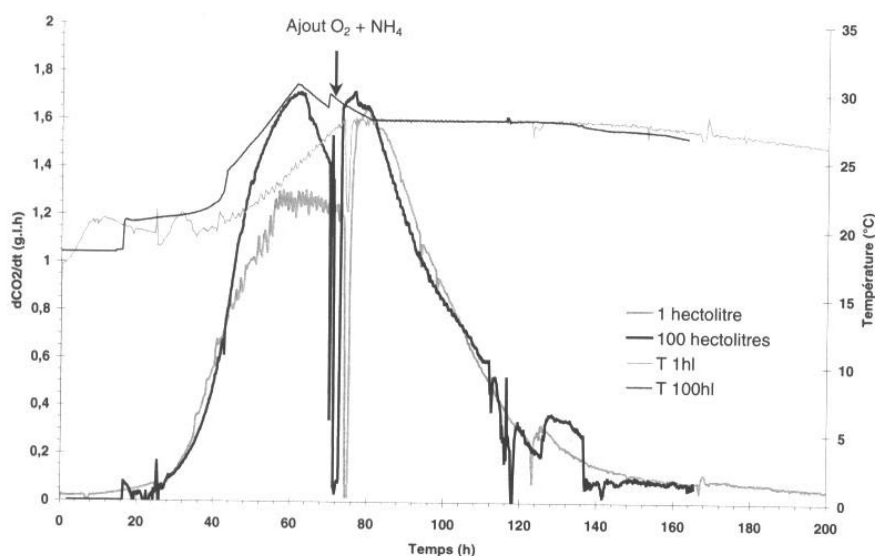


Fig. 8. Paragone delle cinetiche su scala pilota (1hl) e su scala industriale (100 hl) in condizioni di vinificazione in rosso.

Conclusione

La scala pilota, con volumi della vasca dell'ordine dell'ettolitro, costituisce un buon compromesso per realizzare sperimentazioni sulla fermentazione in condizioni enologiche. Consente, in effetti, di realizzare duplicati o anche triplicati rimanendo sufficientemente rappresentativa delle condizioni industriali.

L'installazione disponibile all'Unité expérimentale di Pech Rouge consente in oltre di stoccare i mosti e di realizzare fermentazioni (in fase liquida) nel corso di tutto l'anno. L'effetto della conservazione dei mosti e dunque l'interesse e la validità di tali fermentazioni differite verrà discusso nel prossimo articolo (parte III).

La terza parte del lavoro sarà pubblicata sul prossimo numero di Infowine.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Damien Plouy, Christian Picou e Marc Pérez per la loro partecipazione a tale studio.

Bibliografia

AGUERA E., PICOU C., PEREZ M., SABLAYROLLES J.M., 2005. *Vinification à l'échelle pilote (100l) – I : exemple de la halle pour fermentations différées de l'INRA Pech Rouge.. Wine Internet Technical Journal (www.vinidea.net)*

CORRIEU G., MERICAN F., PERRET B., (1997), *Device for fluid pressure loss and fluid flow measurement in pipe located in an alcohol fermentation process*, French Patent publication n° FR2746914

GARCIA A.I., PENDIELLA S.S., GARCIA L.A., DIAZ M., 1994. *Mechanisms for mixing and homogenization in beer fermentation*, *Bioprocess Engineering*, 10, 179-184.

MALHERBE S., 2003. *Modélisation de la fermentation alcoolique en conditions œnologiques. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II.*

PLOUY D., 2000. *Caractérisation de fermenteurs œnologiques à l'échelle du 100 litres. Mémoire d'Ingénieur. Fachhochschule Giessen-Friedberg Fachbereich.*