



Traitement et valorisation des effluents par voies biotechnologiques

Andre Bories

► **To cite this version:**

Andre Bories. Traitement et valorisation des effluents par voies biotechnologiques. La valorisation des co-produits et effluents des industries agro-alimentaires, Jun 2005, Avignon, France. hal-02762342

HAL Id: hal-02762342

<https://hal.inrae.fr/hal-02762342>

Submitted on 4 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le traitement et la valorisation des effluents par voies biotechnologiques

André BORIES



Unité Expérimentale de Pech Rouge, 11430 Gruissan

Plan de l'exposé

- **Problématique des effluents d'IAA**
- **Composition**
- **Traitement/valorisation par voie biophysique**
 - ☞ *effluents alcoolisés (vinoles)*
 - ☞ *effluents sucrés (conserveries, lactosérum)*
- **Production de molécules d'intérêt industriel**
 - ☞ *acide propionique, DHA, 1,3-propanediol*
 - ☞
- **Transformation, enrichissement de co-produits**



Problématique des effluents d'IAA

Méconnaissance de la composition (2)

Difficultés de choix de traitements adaptés



Dégradation de constituants de haute valeur



Génération de déchets : boues d'épuration



Complexité des traitements
(multiétages : physico-chimique, biologiques anaérobie, aérobie,...)



Coûts investissement et exploitation élevés



Problématique des effluents d'IAA

Complexité et coûts du traitement des effluents d'IAA



Intérêts et compétitivité des voies de valorisation :

- ↓ *opérations unitaires pas plus complexes que l'épuration (techniques séparatives, fermentations, déshydratation,...)*
- ↓ *coûts de transformation concurrentiels*
- ↓ *développement durable : gestion ressources, énergie, CO₂*



Problématique des effluents d'IAA

Méconnaissance de la composition (1)

Évaluation de charge polluante: critères globaux
(DCO, DBO, COT, MS, MVS, ...)



Occultation composition qualitative



Nivellement par le bas de la qualité des effluents

Assimilation aux effluents industriels, urbains



Connotation déchets polluants, sans valeur



Plan de l'exposé

- Problématique des effluents d'IAA
- **Composition**
- Traitement/valorisation par voie biophysique
 - ▣ effluents alcoolisés (vinoles)
 - ▣ effluents sucrés (conserveries, lactosérum)
- Production de molécules d'intérêt industriel
 - ▣ acide propionique, DHA, 1,3-propanediol
 - ▣
- Transformation, enrichissement de co-produits

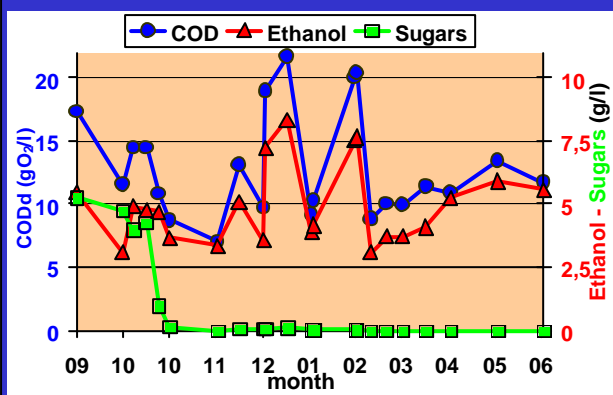


Composition des effluents d'IAA

IAA	DCO (g O ₂ /l)	Sucres (% DCO)	Éthanol (% DCO)
Caves vinicoles	10- 30	0 - 20	70 - 90
Boissons alcoolisées	10 - 30	0 - 20	70 - 90
Sirops de fruits	55	96	0
Conserveries fruits (pruneaux)	90	66	0
Conserveries maïs doux	91	60	0
Huilerie olive (marges)	81	39	5
Fromageries (lactosérum)	72	73	0
Distilleries vinicoles (vinasses)	15 - 100	0	0
Distilleries betteraves	20 - 100	0 -10	0



Evolution de la composition



DCO: 7 - 22 g/L

Ethanol: 2.5 - 8 g/L
(0.3 - 1% v/v)

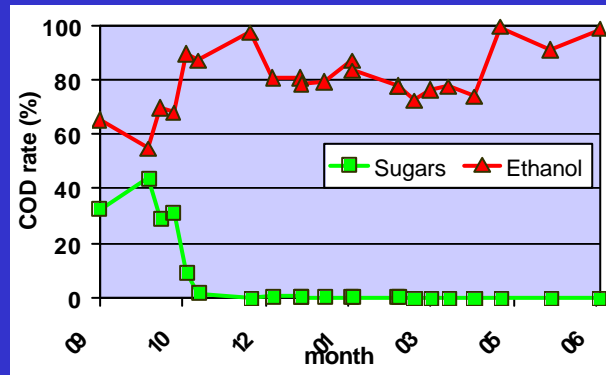
Sucres: 0 - 5 g/L

⇓ Ethanol: toujours présent à concentration élevée (0.3 - 1 % v/v)

⇓ Sucres: présents seulement en septembre/octobre



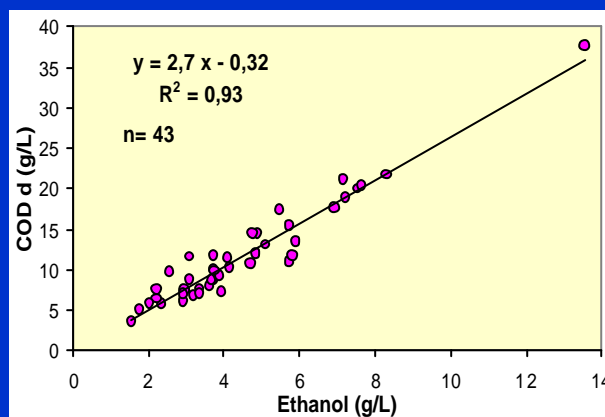
Proportion par rapport à la DCO



- ↓ éthanol : 75 - 99% de la DCO (55-70% sept-Oct)
- ↓ sucres : < 40% DCO (vendanges)
- ↓ éthanol + sucres : 75 - 99% de la DCO



Relation entre la concentration en éthanol et la DCO des effluents vinicoles



- ↓ corrélation linéaire entre la concentration en éthanol et la DCO
- ↓ possibilité d'estimer rapidement la DCO par dosage de l'éthanol



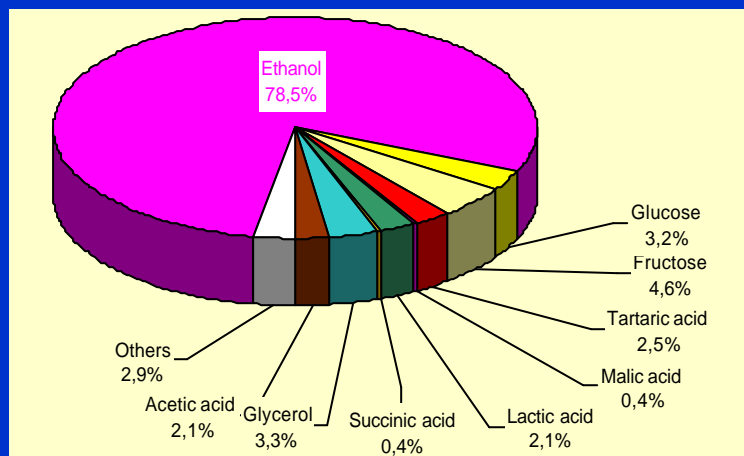
Composition des effluents vinicoles

(Septembre - Juin, Cave Anne de Joyeuse, Limoux)

	Concentration (g/l)	ratio DCO (g/g)
MES	0.70	
DCO brute	10.9	
DCO dissoute	10.1	
Ethanol	3.9	2.09
Glucose	0.30	1.07
Fructose	0.44	1.07
Acide tartrique	0.48	0.53
Acide malique	0.06	0.72
Acide lactique	0.20	1.07
Acide succinique	0.04	0.95
Glycérol	0.27	1.22
Acide acétique	0.19	1.07



Répartition de la DCO des effluents vinicoles (% COD)



En résumé :

Ethanol = # 80 % DCOd

effluents vinicoles: # vin dilué 10 - 20 fois

solution hydroalcoolique

Composition simple :

éthanol + sucres + a. organiques + glycérol : > 95 % DCO



Composition d'effluent de boissons alcoolisées

Conditionnement whiskies, rhums, élaboration cocktails

- **pH : 5,4**
- **DCO : 29,2 g O₂/l**
- **Éthanol : 13,2 g/l (1,7 % v/v) = 93 % DCO**
- **Sucres (glucose, fructose): 1,4 g/l = 5% DCO**



Composition du lactosérum

Lactosérum Vallée d'Aspe

- pH : 6,5
- Matière sèche : 75 g/l
- DCO : 72,3 g O₂/l
- Lactose: 47 g/l (coef DCO: 1,12 g DCO/g lactose)
- **lactose = 73 % de la DCO**

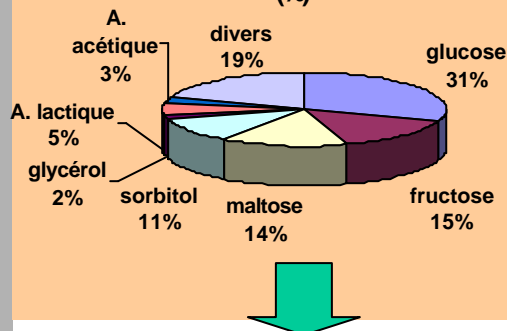


Effluent de conserverie de maïs doux (pressurage)

Composition

- pH : 4,02
- Brix : 6,6%
- MES : 29,8 g/l
- DCO (brut) : 90,6 g/l
- **DCO (centrif) : 57,2 g/l**
- **Glucose : 16,2 g/l**
- **Fructose : 8,1 g/l**
- **Maltose : 7,6 g/l**
- **Mannitol/sorbitol : 6 g/l**
- Glycérol : 0,9 g/l
- A. lactique : 1,45 g/l
- A. acétique : 1,5 g/l

Part des constituants dans la DCO (%)

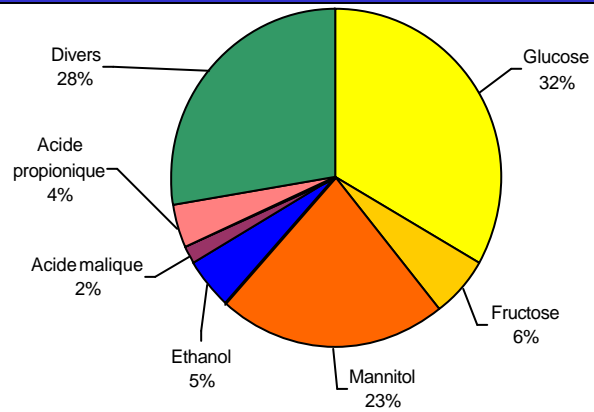


60 % de la DCO dissoute sont des sucres fermentescibles

Composition des margines

Répartition de la DCO

DCO dissoute (g/l)	80,8
Glucose (g/l)	25,1
Fructose (g/l)	4,5
Mannitol (g/l)	16
Glycérol (g/l)	0
Ethanol (g/l)	1,93
Acide malique (g/l)	1,82
Acide lactique (g/l)	0
Acide acétique (g/l)	0
A. propionique (g/l)	2,2



Sucres = 29,6 g/l = 39% DCO



Voies biotechnologiques de traitement /valorisation

Voie biophysique :

Fermentation alcoolique/distillation-concentration :
procédé ECCF

Production de molécules d'intérêt industriel

Modification de la composition : enrichissement



Plan de l'exposé

- Problématique des effluents d'IAA
- Composition
- **Traitement/valorisation par voie biophysique**
 - ▣ *effluents alcoolisés (vinicoles)*
 - ▣ *effluents sucrés (conserveries, lactosérum)*
- Production de molécules d'intérêt industriel
 - ▣ *acide propionique, DHA, 1,3-propanediol*
 - ▣
- Transformation, enrichissement de co-produits



Voie biophysique :

Fermentation alcoolique/distillation-concentration :

procédé ECCF

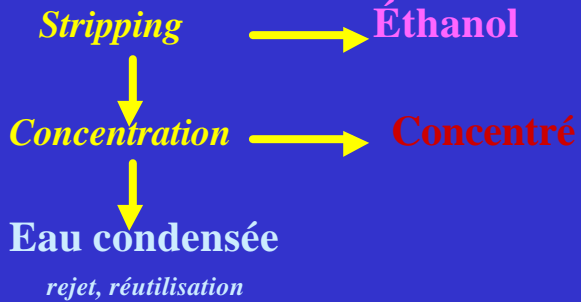


Principe du procédé biophysique (ECCF*)

Effluents sucrés

Effluents alcoolisés

*Fermentation
alcoolique*

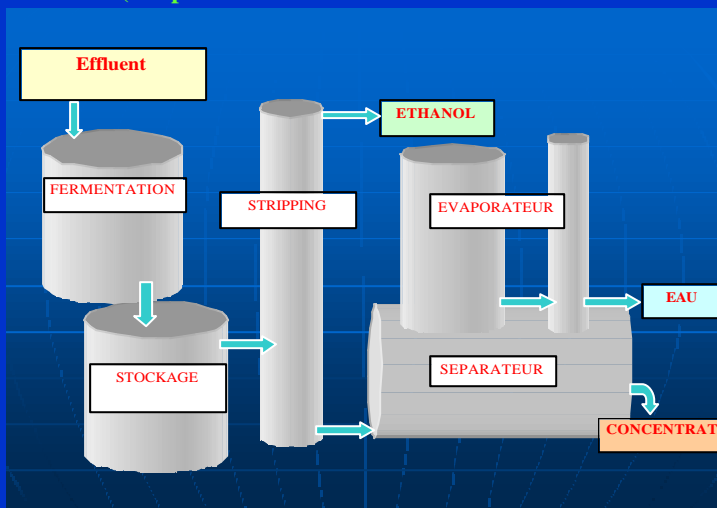


ECCF: *Evapo-concentration à Condensation Fractionnée*



Colloque Environnement, CRITT Agro-Alimentaire PACA, 07/06/05

Schéma de procédé ECCF® (Evapo-Concentration à Condensation Fractionnée)



Brevet INRA / France Évaporation



Prototype industriel ECCF



↓ Colonne de stripping
à la vapeur :
14 plateaux, 1 m³/h

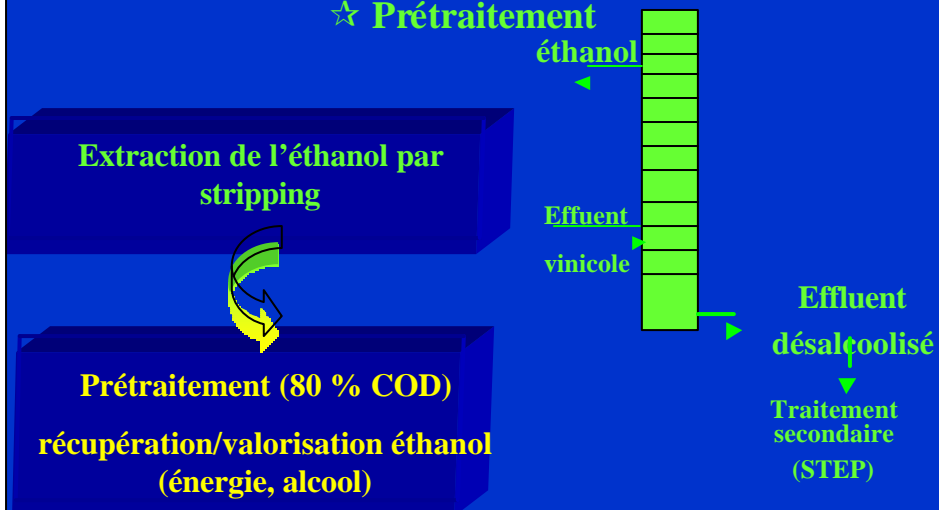
↓ Evaporateur :
Flot tombant, 0,5 m³/h

↓ Equipé en CMV



Stratégies de traitement des effluents vinicoles

☆ Prétraitement



Prétraitement par stripping seulement

Résultats étude Cave de Lambesc

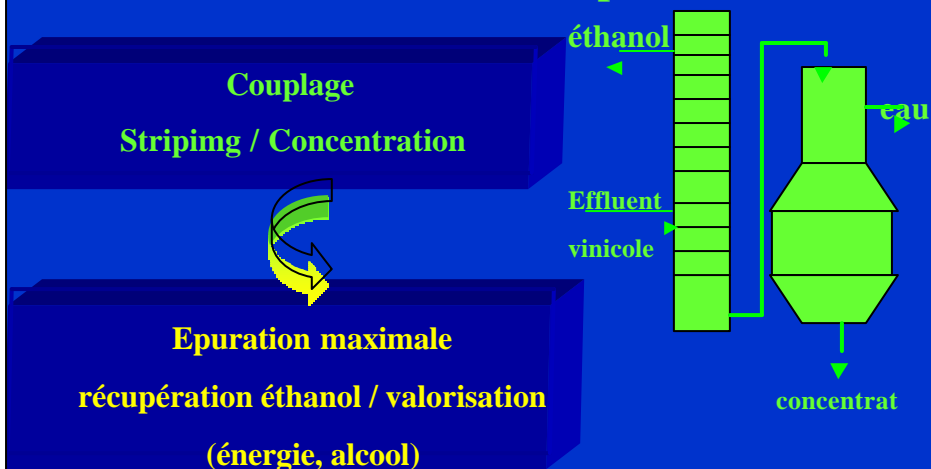
Paramètre	Avant traitement	Après traitement	Taux élimination (%)
pH	3.82	3.80	-
DCOd (g O ₂ /l)	28.7 - 21.2	5.1 - 4.3	80
Ethanol (g/l)	12.0-7.28	0-0.77	93
Conductivité (μS/cm)	1 507-1 650	1 813-1 400	-

- ☒ Elimination DCOd : 80%, DCO résiduelle : # 5 g/l
- ☒ Désalcoolisation complète
- ☒ Ethanol récupéré : # 20 l alcool 50% v/v / m³ effluent vinicole



Stratégies de traitement des effluents vinicoles

⌚ Traitement complet



Traitement par stripping + évaporation

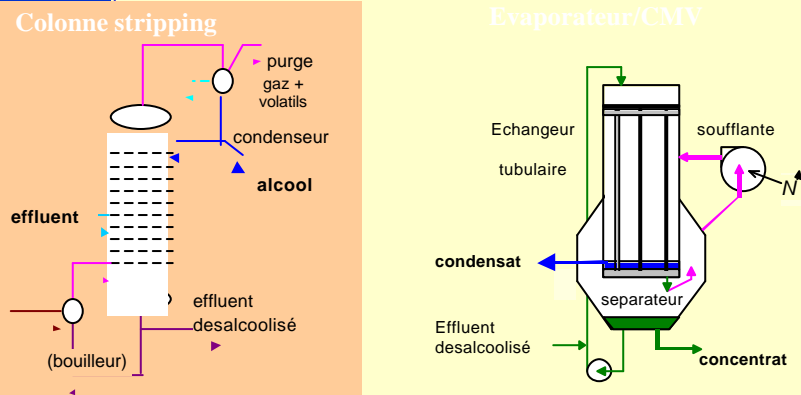
Résultats étude Cave de Lambesc

Paramètre	Avant traitement	Après traitement	Taux élimination (%)
pH	3.65 - 3.82	4.03-3.88	-
DCOd (g O ₂ /l)	23.4 - 21.2	0.224-0.088	99.2
Ethanol (g/l)	7.91 - 7.28	0.06-0.02	99.5
Conductivité (μS/cm)	2980 - 1650	39-31	98.4

- ☒ Elimination très élevée de la DCO (>99%)
et des matières minérales (> 98%)
- ☒ Désalcoolisation complète
- ☒ Ethanol récupéré : # 20 l alcool 50% v/v / m³ d'effluent vinicole



Procédé ECCF®



☒ Stripping seul: 18 kwh + 40 kg vapeur / m³ (2 euros/m³)

☒ Stripping + concentration: 25 kwh + 60 kg vapeur / m³ (3 euros / m³)



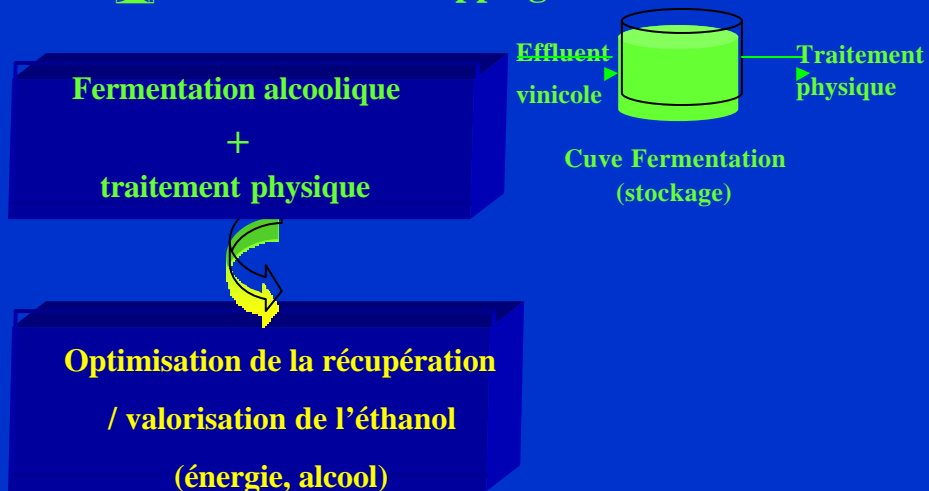
Intérêts du traitement bio-physique

- ↳ **Opérationnel à pleine capacité en quelques heures, arrêt et redémarrage aisés**
- ↳ **Insensible aux variations de charge et de débit**
- ↳ **Pas de production de boues biologiques**
- ↳ **Compacité, faible encombrement au sol**
- ↳ **Automatisation: capteurs physiques simples (température, pression, débit)**
- ↳ **Hautes performances d'épuration et valorisation des co-produits : technologie propre, sobre, développement durable**



Stratégies de traitement des effluents sucrés

Fermentation/stripping/concentration



Fermentation alcoolique et fractionnement du lactosérum par distillation - concentration

☆ Fermentation



Unité de fermentation
Lactosérum (3 l), prétraité à 65°C
Température fermentation: 35°C
Souche: *K. marxianus*

EVATEX



🕒 Distillation

Colonne 40 plateaux, sous vide (40 mP), 35 - 55°C

🕒 Concentration

Évaporateur Buchi (sous vide)



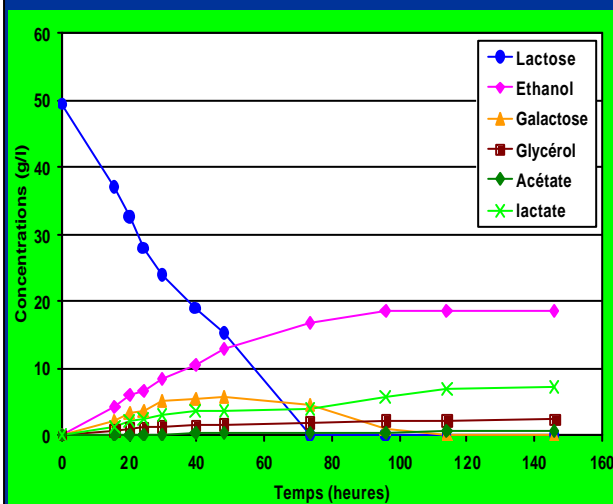
Lactosérum *Fermentation alcoolique*

- **Lactose** : disaccharide galactose-glucose
(4βD-galactopyranosyl-D-glucose)
- **Micro-organismes** :
 - ⇓ ☒ *Kluyveromyces lactis* (*K. marxianus*)
 - ☒ *Candida pseudotropicalis*
 - ⇓ *Saccharomyces cerevisiae* ne fermente pas le lactose



Fermentation alcoolique du lactosérum

Lactosérum non stérilisé + *K. marxianus*

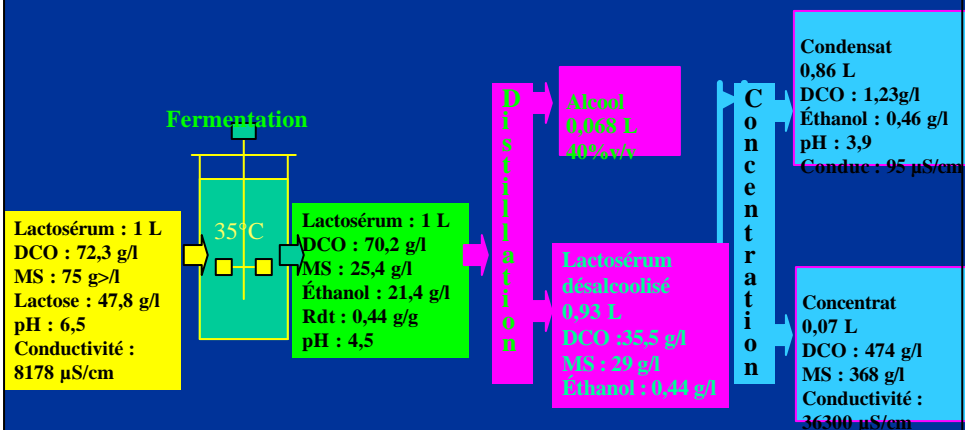


35°C
sans régulation pH

Éthanol : 18,5 g/l (0,37 g/g)
Pas d'acide acétique
Production acide lactique



Résultats



Élimination DCO : 98,2 à 99,5% (DCO résiduelle: 0,3 - 1,2 g/l)

Production: 27 l alcool pur / m3



Plan de l'exposé

- **Problématique des effluents d'IAA**
- **Composition**
- **Traitement/valorisation par voie biophysique**
 - ▢ *effluents alcoolisés (vinoles)*
 - ▢ *effluents sucrés (conserveries, lactosérum)*
- **Production de molécules d'intérêt industriel**
 - ▢ *acide propionique, DHA, 1,3-propanediol*
 - ▢
- **Transformation, enrichissement de co-produits**



Production acide propionique / vinasse de distilleries

Produit	Prix (euro/kg)	Usage	Substrat	Co-produit	Micro-organisme
DHA (dihydroxycétone)	50	Cosmétique (autobronzant)	glycérol	Vinasses, glycérine	Gluconobacter oxydans
Acide propionique	60	Antimicrobien alimentaire Synthèse arômes (esters)	Glycérol, a. lactique, sucres (lactose, ...)	Vinasses, Glycérine lactosérum	Propionibacterium acidipropionici
1,3-propanediol	< 5	Synthèse polyesters (fibres)	glycérol	Vinasses, glycérine	Clostridium butyricum
Vitamine B12	4 - 5000	alimentation	Glycérol, sucres	Vinasses, lactosérum	Propionibactéries



Production acide propionique / vinasse de distilleries

Produit	Prix (euro/kg)	Usage	Substrat	Co-produit	Micro-organisme
DHA (dihydroxycétone)	50	Cosmétique (autobronzant)	glycérol	Vinasses, glycérine	Gluconobacter oxydans
Acide propionique	60	Antimicrobien alimentaire Synthèse arômes (esters)	Glycérol, a. lactique, sucres (lactose, ...)	Vinasses, Glycérine lactosérum	Propionibacterium acidipropionici
1,3-propanediol	< 5	Synthèse polyesters (fibres)	glycérol	Vinasses, glycérine	Clostridium butyricum
Vitamine B12	4 - 5000	alimentation	Glycérol, sucres	Vinasses, lactosérum	Propionibactéries



Production acide propionique / vinasse de distilleries

Produit	Prix (euro/kg)	Usage	Substrat	Co-produit	Micro-organisme
DHA (dihydroxycétone)	50	Cosmétique (autobronzant)	glycérol	Vinasses, glycérine	Gluconobacter oxydans
Acide propionique	60	Antimicrobien alimentaire Synthèse arômes (esters)	Glycérol, a. lactique, sucres (lactose, ...)	Vinasses, Glycérine lactosérum	Propionibacterium acidipropionici
1,3-propanediol	< 5	Synthèse polyesters (fibres)	glycérol	Vinasses, glycérine	Clostridium butyricum
Vitamine B12	4 - 5000	alimentation	Glycérol, sucres	Vinasses, lactosérum	Propionibactéries

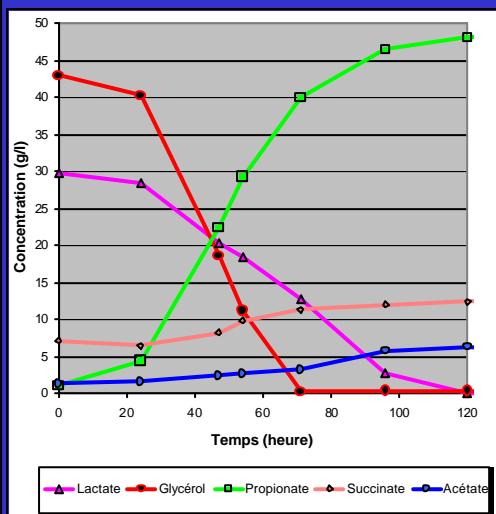


Production acide propionique / vinasse de distilleries

Produit	Prix (euro/kt)	Usage	Substrat	Co-produit	Micro-organisme
DHA (dihydroxycétone)	50	Cosmétique (autobronzant)	glycérol	Vinasses, glycérine	Gluconobacter oxydans
Acide propionique	60	Antimicrobien alimentaire Synthèse arômes (esters)	Glycérol, a. lactique, sucres (lactose, ...)	Vinasses, Glycérine lactosérum	Propionibacterium acidipropionici
1,3-propanediol	< 5	Synthèse polyesters (fibres)	glycérol	Vinasses, glycérine	Clostridium butyricum
Vitamine B12	4 - 5000	alimentation	Glycérol, sucres	Vinasses, lactosérum	Propionibactéries



Production acide propionique / vinasse de distilleries



Vinasse de vin préconcentrée
30°C, pH 6,5, anaérobiose,
P. acidipropionici

A. Propionique : 48 g/l



Production DHA / vinasse de distilleries

Vinasse de vin pré concentrée
30°C, pH 6,5, aérobiose,
G. oxydans



DHA : 48 g/l
Durée : h

Production 1,3-propanediol / vinasse de distilleries

Vinasse de vin pré concentrée
37°C, pH 6,5, anaérobiose,
C. butyricum



Diol : 48 g/l
Durée : h