



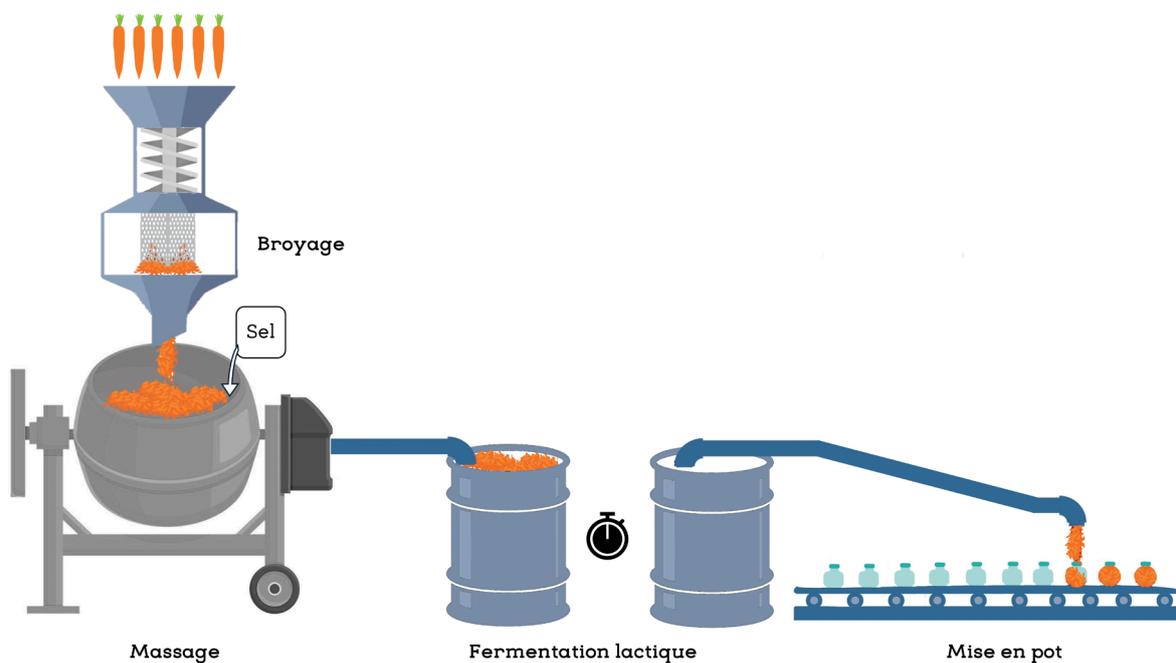
LÉGUMES LACTOFERMENTÉS

AUTEUR

François Michels
Pôle Technologique de Conservation Alimentaire de DiversiFERM

VERSION 1

Avril 2025



Pour plus d'informations sur le contenu de cette
fiche, pour un accompagnement ou une formation sur
le sujet: info@diversiferm.be ou 081/62.23.17

Partenaires du projet **TRÈFLE**



Ensemble pour un système alimentaire durable



Financé par
l'Union européenne
NextGenerationEU



TABLE DES MATIÈRES

Contexte	3
Principe	4
FONCTIONNEMENT DE LA LACTOFERMENTATION	4
SÉLECTION DES SOUCHES ADÉQUATES	7
Conduite de fermentation	9
MATIÈRES PREMIÈRES	9
DÉCOUPE ET VARIÉTÉ	11
MASSAGE/SAUMURAGE	11
SUIVI DE L'ACIDIFICATION	12
TEMPÉRATURE DE FERMENTATION	13
Procédés de fabrication	15
MOYENNE ÉCHELLE	15
GRANDE ÉCHELLE	17
Bibliographie	18

1. Contexte

La fermentation lactique ou lactofermentation est un processus qui intervient dans la conservation de nombreux aliments connus tels que la choucroute, les olives en bocaux, le saucisson, le yaourt et bien d'autres. Cette méthode peut être appliquée à de nombreux autres végétaux, légumes et fruits, afin de prolonger leur durée de conservation, de quelques jours à plusieurs mois.

La consommation de légumes lactofermentés présente en **outre de nombreux intérêts sur la santé humaine**, repris dans la littérature scientifique (*Lactofermentation des légumes - de la transformation à la vente : Christine Raiffaud - Livre science et culture scientifique / Cultura, s. d.*):

1. Augmentation de la diversité du microbiote. Notons toutefois que la majorité des bactéries sont détruites par les sels biliaires ou par l'acidité de l'estomac !
2. Diminution des facteurs de diverses inflammations
3. Amélioration de la digestibilité, en prédigérant l'inuline du topinambour, le fructose de l'oignon ou du poireau ou en diminuant la teneur des glucosinolates de soufre dans la choucroute, ce qui en limite les flatulences
4. Augmentation de la biodisponibilité de certains minéraux (Fer, Zinc), par la dégradation de l'acide oxalique et phytique qui les séquestrent
5. Amélioration de la teneur en vitamine :
 - Vitamine B9 (acide folique)
 - Vitamine C : le taux de vitamine C peut doubler entre un chou et une choucroute du même chou

Le Codex Alimentarius, recueil international de recommandations pour l'établissement des lois alimentaires, désigne dans sa norme sur les fruits et légumes marinés fermentés qu'un aliment peut être désigné comme tel si il est (Norme pour les Fruits et Légumes marinés fermentés, 2023) : «

- Préparé à partir de **fruits et/ou légumes sains**, propres et comestibles [...]
- Transformé dans le but d'obtenir un produit [...] **acidifié conservé par une fermentation naturelle** [...] avec ajout d'ingrédients appropriés afin d'assurer la conservation du produit et sa qualité ;
- Traité [...] **dans un récipient hermétiquement scellé** afin d'assurer la qualité et la sécurité sanitaire du produit et d'en empêcher la détérioration ;
- Conditionné avec ou sans liquide de couverture approprié (par exemple huile, saumure ou en milieu acide tel que du vinaigre) [...] **pour assurer un pH équilibré inférieur à 4,6.** »

A ce jour, il n'existe pas de réglementation spécifique à la fermentation des légumes, à l'exception des appellations à respecter pour la choucroute (La Conservation par Lactofermentation | La sécurité alimentaire, 2023).



FIGURE 1.
Légumes lactofermentés d'une épicerie turque.

Le seul aliment issu de la fermentation lactique des végétaux défini dans la loi belge est la choucroute comme « une conserve de choux déchiquetés ayant subi la fermentation lactique » (Arrêté du Régent du 15 mai 1945 relatif aux produits alimentaires fabriqués ou préparés au moyen de fruits ou de substances végétales et aux produits alimentaires analogues, s. d.).

En l'absence de législation spécifique pour les autres légumes lactofermentés, la définition souvent employée est la suivante :

La lactofermentation est la transformation des sucres du légume en acide lactique par les micro-organismes spécifiques naturellement présents

2. Principe

FONCTIONNEMENT DE LA LACTOFERMENTATION

L'objectif de la lactofermentation est de favoriser le développement des bactéries lactiques au détriment des microorganismes d'altération et pathogènes. Ce développement bactérien acidifie l'aliment par conversion du sucre en acide lactique. Plus le milieu est acide (c'est-à-dire plus le pH est bas), plus le développement des microorganismes pathogènes et d'altération est limité. En effet, chaque type de microorganisme (pathogène, d'altération et de fermentation) a un pH optimal de croissance, et l'acidification freine la prolifération des indésirables.

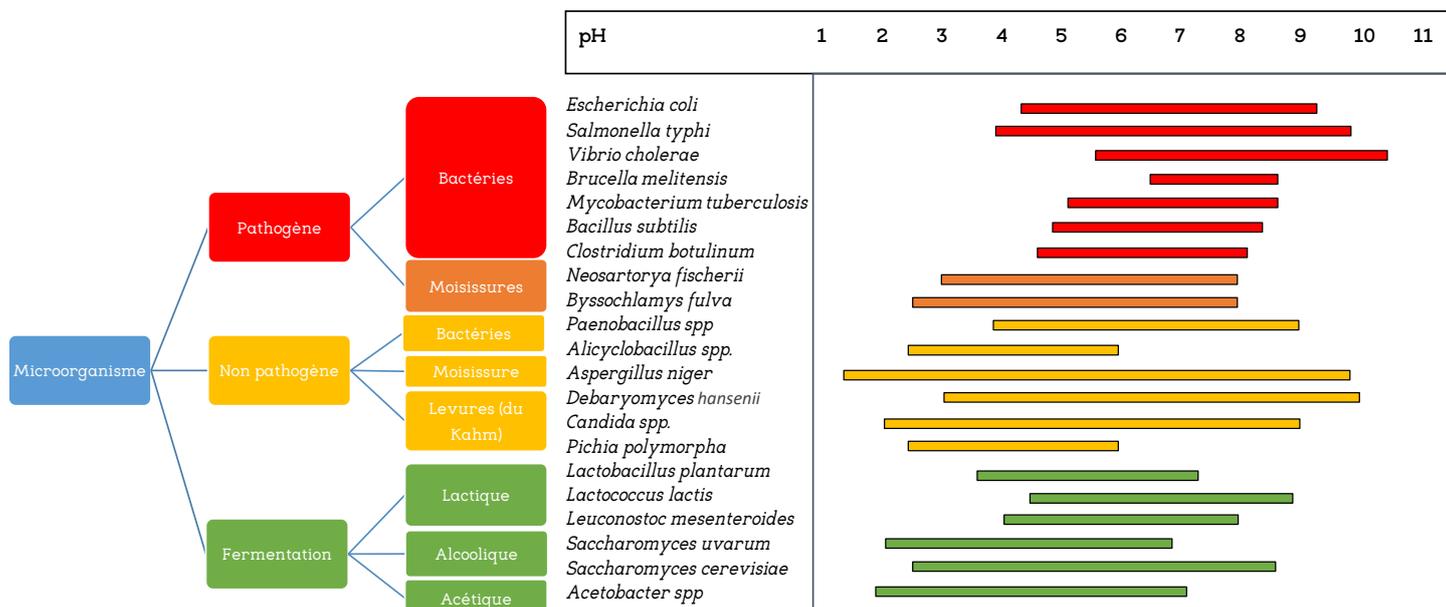


FIGURE 2. pH de développement des microorganismes.

Les bactéries lactiques sont naturellement présentes à la surface des légumes. Afin de les mettre en contact avec les sucres (sucre, amidon) contenus dans le légume, ce dernier est réduit de taille (râpé ou broyé). Cette action permet également de libérer les enzymes de dégradation du sucre et de l'amidon, respectivement dégradés en glucose/fructose et en glucose uniquement. Le fructose libéré est ensuite converti en glucose. Tout le sucre fermentescible est donc finalement disponible sous une seule forme : le glucose. Le glucose est ensuite fermenté par les bactéries lactiques en acide lactique. Nous verrons plus tard que cette conversion est favorisée en absence d'oxygène.

L'acide lactique produit fait baisser le pH et donc limite la croissance des microorganismes. Ainsi, la libération d'1% d'acide lactique suffit pour passer sous un pH de 4.5 et donc pour éviter les pathogènes tels que *Clostridium botulinum* mais il subsiste encore deux bactéries pathogènes principales, *E. coli* et la Salmonelle, qui appartiennent à la famille des entérobactéries.

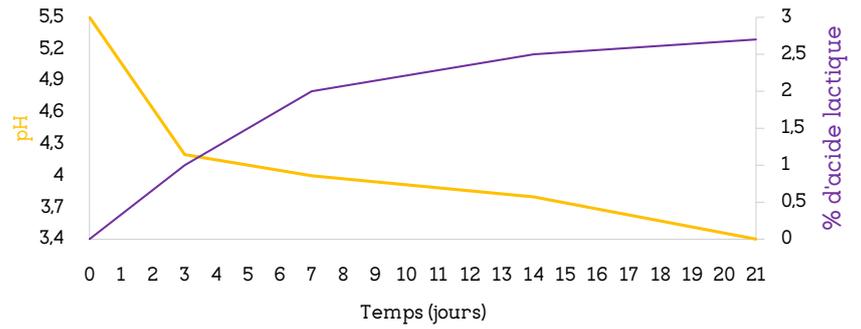


FIGURE 4. Acidification du milieu par l'acide lactique.

Avec une production de 2.5% d'acide lactique, le pH atteint 3.7 et permet d'empêcher le développement des entérobactéries. Au début de la fermentation, les entérobactéries sont présentes en grand nombre. Une acidification rapide limite leur multiplication et favorise le développement des bactéries lactiques.

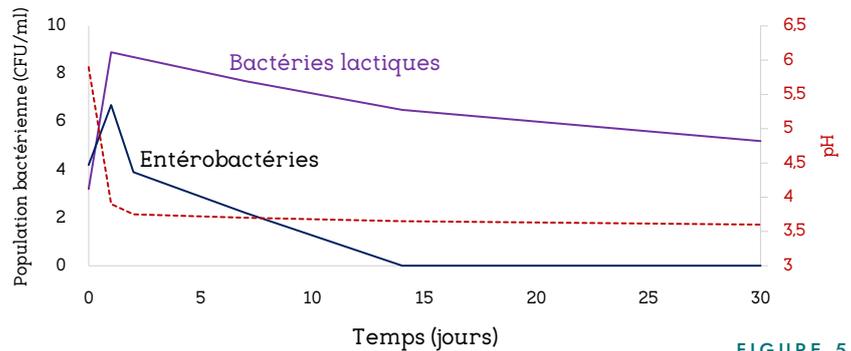
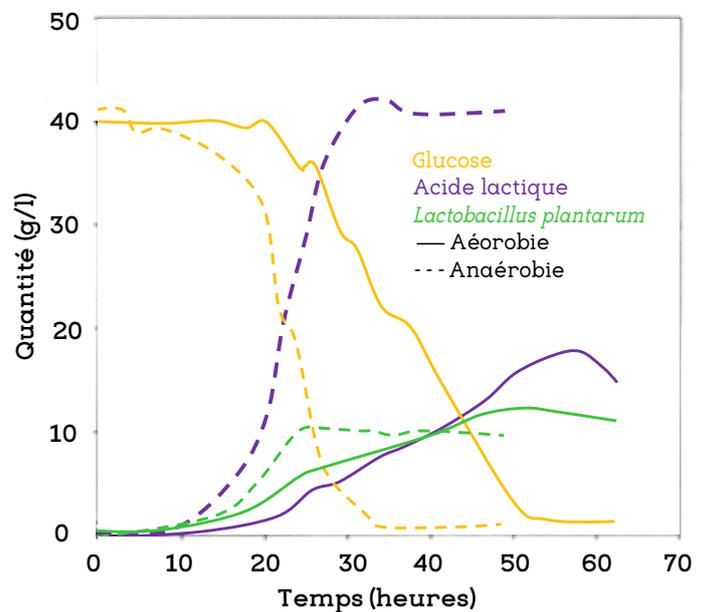


FIGURE 5. Croissance des entérobactéries et des bactéries lactiques (Projet FLEGME, s. d.).

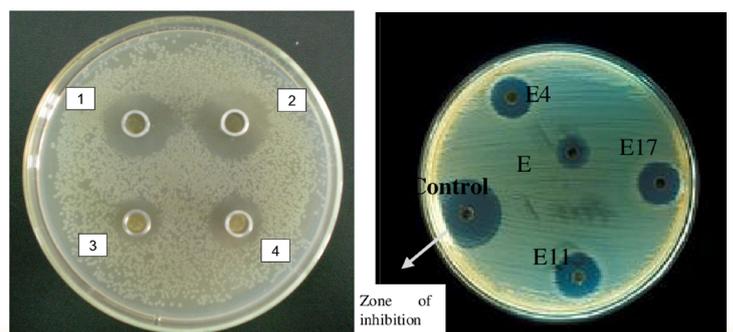
Afin d'accélérer l'acidification du milieu, il est conseillé de fermenter en absence d'oxygène (anaérobie). En effet, cela favorise légèrement la croissance des bactéries lactiques tout en inhibant celle des moisissures pathogènes. L'effet principal est que la production d'acide lactique est beaucoup plus importante, comme démontré dans le graphe ci-contre.

FIGURE 6. Conversion du glucose en acide lactique en fonction des conditions aérobies ou anaérobies et de la croissance de *Lactobacillus plantarum* (Adapté de Fu & Mathews, 1999)



Hormis le pH, l'autre facteur qui permet de réduire les entérobactéries est la libération de toxines appelées bactériocines par les bactéries lactiques. En effet, comme présenté ci-dessous dans les boîtes de Pétri, certaines bactéries lactiques peuvent libérer des bactériocines et inhiber autour d'elles la croissance d'*E. coli* ou de la Salmonelle.

FIGURE 7. Effet des bactériocines de bactéries lactiques sur *E. coli* (à gauche) ou la Salmonelle (à droite) (Age-Related Variations in Intestinal Microflora of Free-Range and Caged Hens, s. d.; Isolation of Lactic Acid Bacteria from Malaysian Non-Broiler Chicken (*Gallus Gallus*) Intestine with Potential Probiotic for Broiler Feeding, s. d.)



SÉLECTION DES SOUCHES ADÉQUATES

Il existe **deux types de bactéries lactiques** :

1. les **homofermentaires** qui produisent à partir d'une molécule de glucose deux molécules d'acides lactiques. La bactérie lactique homofermentaire la plus étudiée est *Lactobacillus plantarum*.
2. les **hétérofermentaires** qui produisent à partir d'une molécule de glucose une molécule d'acide lactique et selon les souches de l'acide acétique, de l'éthanol et/ou du CO₂. La bactérie lactique hétérofermentaire la plus étudiée est *Leuconostoc mesenteroides*.

La présence d'hétérofermentaires mène à une production d'acide lactique moins efficace et à une production de CO₂, ce qui fait monter les légumes à la surface du bocal et empêche de les maintenir en anaérobie. Afin d'éviter cela, **on va créer un environnement favorable aux homofermentaires, en jouant sur le sel, la température et le pH.**

Les observations suivantes se basent sur l'étude de la choucroute (Station et al., 1969) mais sont transposables à tous les légumes.

3. Le premier point de maîtrise est **le sel**. En effet, les bactéries lactiques sont halophiles, c'est-à-dire qu'elles se développent davantage dans un milieu légèrement salé. Le type de bactérie développé dépend également du niveau de sel. Par la figure ci-dessous, on déduit qu'un **taux de sel à 2.25% permet de favoriser les homofermentaires.**

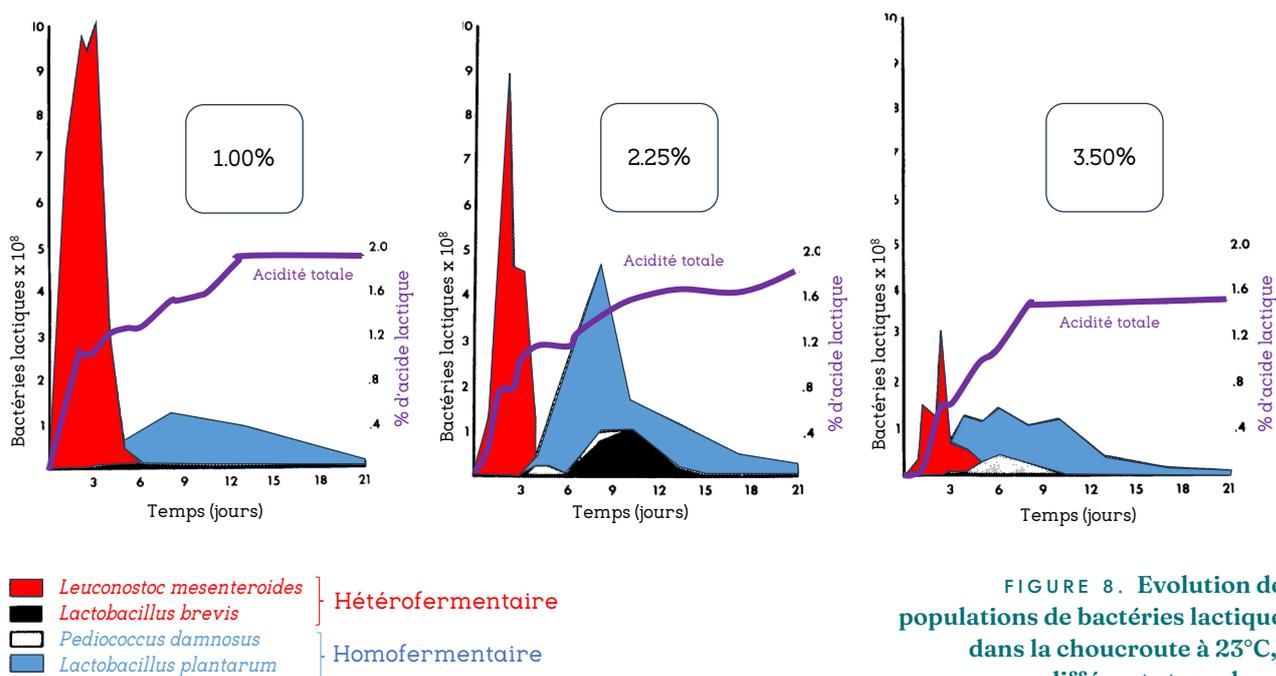
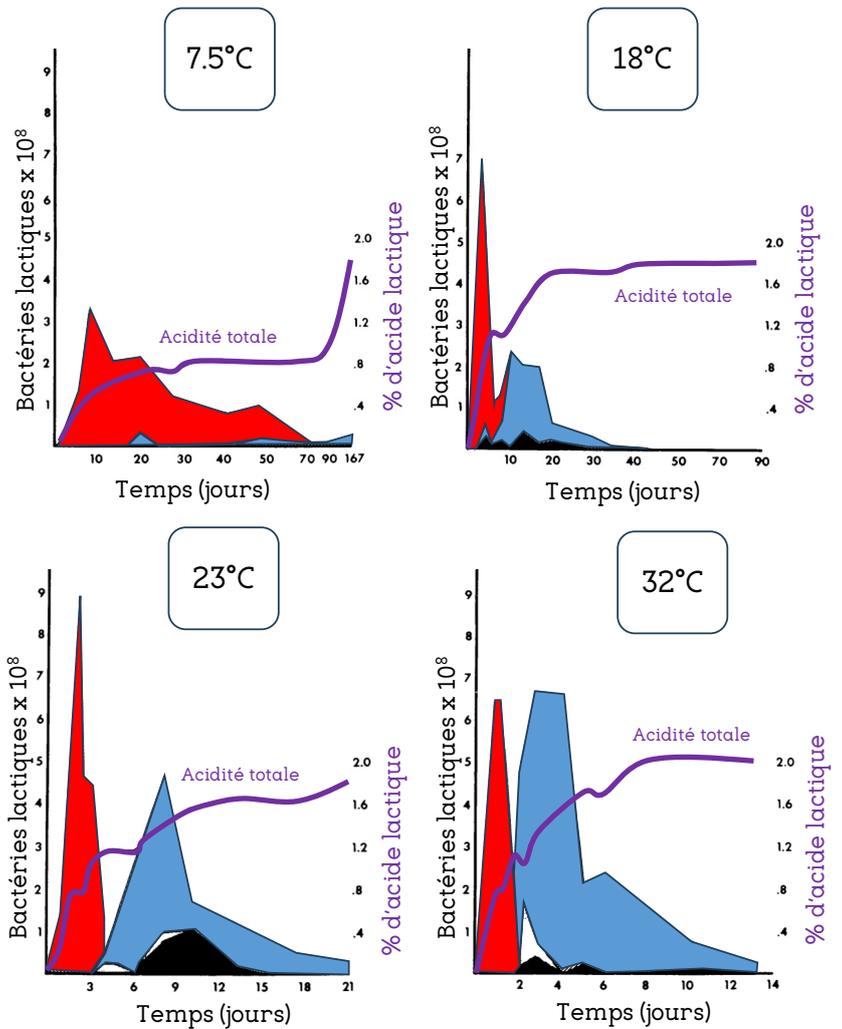


FIGURE 8. Evolution des populations de bactéries lactiques dans la choucroute à 23°C, à différents taux de sel.

Le second point de maîtrise est **la température**. Par le graphe ci-dessous, on déduit qu'une température de 23 à 32°C favorise les homofermentaires.

FIGURE 9. Evolution des populations de bactéries lactiques dans la choucroute à différentes températures (taux de sel : 2.25%).



Le troisième point de maîtrise est **le pH**. Le graphe ci-dessous présente le pH de lyse cellulaire des souches, à savoir le pH auquel les bactéries lactiques meurent. On constate que dans une solution d'acide chlorhydrique mimant le milieu du légume en fermentation, il faut atteindre un pH de 4 pour inactiver *Leuconostoc mesenteroides* (bactérie hétérofermentaire) tandis que *Lactobacillus plantarum* (bactérie homofermentaire) peut se développer jusqu'à pH 3.3. Notons qu'une lactofermentation n'atteint jamais un pH inférieur à 3.3 et n'inhibera jamais l'activité des hétérofermentaires. **Atteindre un pH inférieur à 4 en moins de deux jours permet donc non seulement d'inhiber les entérobactéries mais en plus de favoriser les homofermentaires.**

Les conditions de base pour assurer une bonne fermentation lactique sont donc :

- un milieu en anaérobie
- un taux de sel autour des 2%
- une température de 23 à 32°C
- atteindre un pH inférieur à 4 en moins de deux jours
- atteindre un pH inférieur à 3.7 avant la mise en pot pour assurer la sécurité du produit

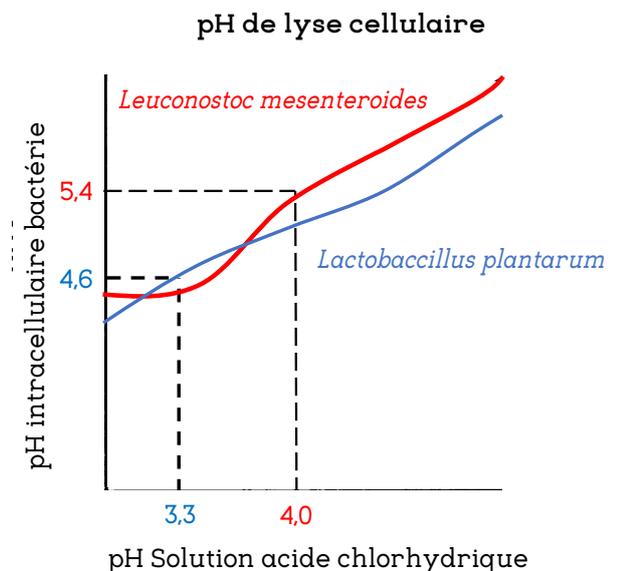
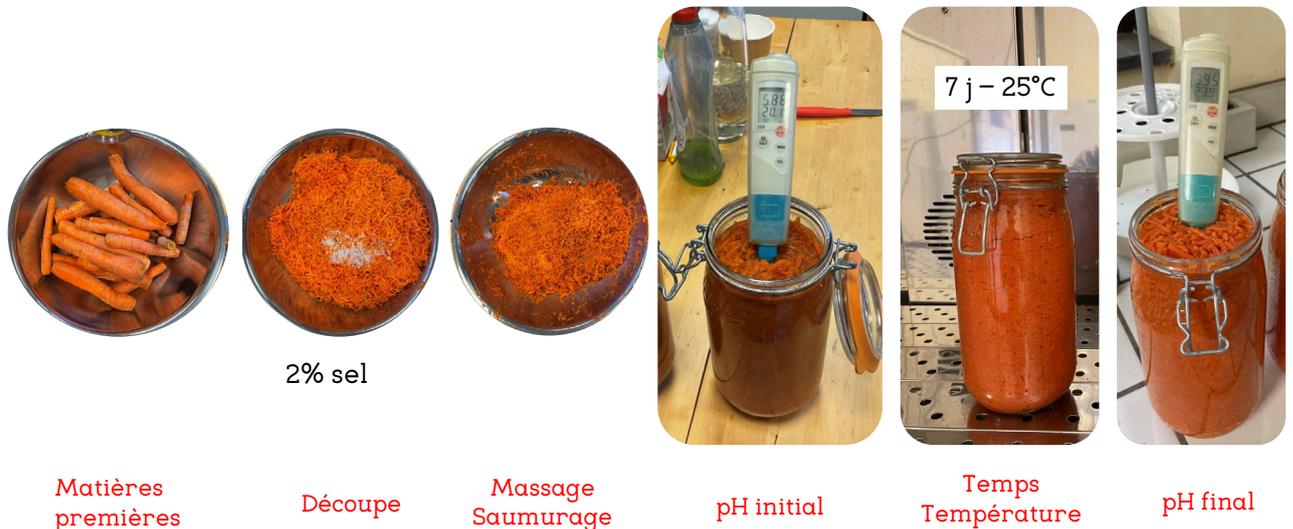


FIGURE 10. pH de lyse cellulaire des bactéries lactiques.

3. Conduite de fermentation

Cette section reprend les points de maitrise de la lactofermentation.



Les points de maitrise concernant :

1. **les matières premières**
2. **la découpe**
3. **le massage/saumurage**
4. **le suivi de l'acidification**
5. **la température de fermentation**

MATIÈRES PREMIÈRES

De manière générale, les matières premières doivent être les plus fraîches possibles car s'il y a un légume pourri, la moisissure peut rentrer en compétition avec la bactérie lactique et l'inhiber. C'est pour cela qu'il est déconseillé de faire de la fermentation lactique avec des invendus.

Pour conserver les flores lactiques sur les légumes, on recommande :

- Des matières premières non traitées ou bios
- De ne pas peler les légumes : le pelage de carotte élimine par exemple jusqu'à 30% de matière et une bonne partie de la flore lactique également
- De ne pas les laver au vinaigre : rinçage si nécessaire à l'eau non chlorée. Il est possible de déchlorer l'eau en la faisant bouillir.
- De ne pas se laver les mains au gel hydro alcoolique : privilégier le savon de Marseille
- De ne pas ébouillanter les herbes du jardin et ne pas peler le gingembre s'il est utilisé en starter sous forme de levain

FIGURE 11.
Procédé de base des carottes lactofermentées : en rouge, les points de maitrise.

Pour éviter d'inhiber cette flore :

- Privilégier un sel sans anti agglomérant, sans iode et sans fluor
- Utiliser des épices en grain plutôt qu'en poudre pour être sûr de ce que l'on utilise
- Les épices sont très chargées en microorganismes qui pourraient rentrer en compétition avec les bactéries lactiques : max. 1/2 cuillère à café (en grain !) pour un bocal de 500 ml
- Éviter trop de zeste dans l'agrumes, qui pourrait inhiber la croissance des bactéries lactiques

Recommandation par légume :

LÉGUME	CONSEIL
TOMATES CERISES	Très sucrées de base donc à interrompre rapidement car le produit peut être trop acide au goût. La solution est de mettre une portion de tomates vertes, qui représentent jusqu'à 15% des récoltes de tomate et qui sont telles quelles impropres à la consommation en raison d'une toxine appelée « tomatine ». La tomatine est en effet détruite par la fermentation lactique (Veselá et al., 2002).
LÉGUMES RACINES	Privilégier les légumes racines non gorgés d'eau et un peu sucré (patate douce, etc). Eviter le topinambour qui contient de l'inuline et dégage donc beaucoup de gaz
CHOUX	Préférer le chou chinois ou le chou pointu au chou blanc pour le kimchi Ajouter un peu de vinaigre en début de fermentation aide à conserver le croquant. Cela est utile pour la choucroute, moins pour le kimchi.
AIL, OIGNON	L'ail est fort basique donc il ne s'acidifie pas facilement et fermente plus facilement s'il est utilisé en mélange avec du chou ou du gingembre. Il peut devenir bleu ou violet lors de la lactofermentation mais ne représente aucun danger pour la consommation
LÉGUMES RICHES EN TANNINS (CHOU ROUGE, AUBERGINE, ETC)	A blanchir éventuellement pour réduire la teneur en tannins car ils peuvent inhiber la croissance des bactéries lactiques. Augmenter la teneur en sel pour favoriser l'activité des bactéries lactiques ou mélanger avec d'autres légumes crus moins riches en tannins qui fermenteront plus facilement. A l'inverse, pour stabiliser le croquant de certains légumes, on peut rajouter des tannins (feuilles de laurier, thé, chêne - même quantité que pour aromatiser une sauce bolognaise)
HARICOT	À blanchir pour les ramollir avant car la fermentation les durcit mais cela élimine les bactéries lactiques. Rajouter des herbes fraîches (ex. aneth) pour apporter des bactéries lactiques
POIVRON, ASPERGE	Ces légumes pourrissent le plus vite donc préférez un massage de sel à 3% plutôt que 2%

Ce qui fonctionne moins :

- Les feuilles (salade, épinard, etc) ne donnent pas de bons résultats
- La betterave rouge donne une fermentation sirupeuse, meilleure pour faire du bortsch, mais déborde souvent en bocal donc il est difficile de l'employer dans les mélanges

Vous trouverez plus d'informations sur le traitement de chaque légume dans le livre « Lactofermentation des légumes : De la transformation à la vente » (Educagri).

Pour des recettes, nous vous renvoyons vers le guide de fermentation du NOMA ou sur le site de [Fermenthings](#)

DÉCOUPE ET VARIÉTÉ

Le démarrage de la fermentation lactique est plus rapide avec une découpe fine. Le type de découpe dépend de la quantité d'eau qu'il rend : la découpe en râpé ou julienne convient pour les légumes qui dégorgent peu d'eau, comme les légumes racines tandis que la découpe en lamelles ou en morceaux grossiers sera privilégiée pour les légumes qui rendent de l'eau comme les légumes feuilles ou tiges (choux ou poireaux). L'épaisseur de la découpe dépend de la texture visée : plus la découpe est grosse, plus le légume lactofermenté sera croquant en bouche et inversement (Fabriquer, s. d.).

Cependant, **quel que soit le type de découpe, la vitesse de fermentation lactique dépend avant tout de la variété fermentée.** Le tableau ci-dessous (Projet FLEGME, s. d.) présente les paramètres de fermentation obtenus sur de la carotte et du chou en 40h à 19°C avec 1% de sel. On constate que l'objectif de passer à un pH inférieur à 4 en moins de deux jours n'est jamais atteint pour le chou. Dans ce cas-ci, il faudrait idéalement doubler la quantité de sel et porter la température à minimum 23°C pour accélérer et éviter la prolifération des entérobactéries.

PARAMÈTRE	CAROTTE (RÂPÉE ET COUPÉE EN RONDELLE)	CHOU (RÂPÉ ET FEUILLE)
PH	< 3.9	> 6.1
BACTÉRIES LACTIQUES	7.7 à 9.1 log CFU/g	0 à 5.8 log CFU/g
ENTÉROBACTÉRIES	6.1 à 7.2 log CFU/g	> 8 log CFU/g

MASSAGE/SAUMURAGE

Procéder au salage des légumes :

- Extrait l'eau des légumes (osmose)
- Préserve la texture car le salage inhibe l'action de certaines enzymes

Deux techniques de salage des légumes existent :

1. **Le massage :** il consiste à introduire la masse de sel à 2% par rapport à la masse des légumes (ex. 20 g de sel pour 1 kg de carotte). Les légumes sont massés avec le sel jusqu'à extraction du jus. Le jus sorti sert ensuite de liquide de couverture dans le contenant.
2. **Le saumurage :** il consiste à rajouter une solution d'eau et de sel qui permette d'atteindre 2% de sel au total, typiquement une solution de sel à 6% si l'on considère que la saumure représente un tiers du poids dans le contenant. Cette technique est moins efficace pour faire la fermentation lactique mais permet de conserver davantage la texture des légumes vu qu'ils ne seront pas malaxés.

SUIVI DE L'ACIDIFICATION

Quatre phases avec différents microorganismes se succèdent lors de la lactofermentation, en fonction de l'acidification :

- 1^{ÈRE} PHASE : les entérobactéries (*E. coli* – *Salmonelle*) sont prédominantes
- 2^E PHASE : les bactéries lactiques anaérobies facultatives hétérofermentaires se développent telles que *Leuconostoc mesenteroides*. Il y a production de CO₂.
- 3^E PHASE : les bactéries lactiques anaérobies homofermentaires prennent le relais avec notamment *Lactobacillus plantarum*. La production de CO₂ est à son minimum.
- 4^E PHASE : d'autres bactéries lactiques hétérofermentaires capable de fermenter les pentoses (sucres non fermentescibles pour les autres bactéries) telles que *Lactobacillus brevis* prennent le relais. Elles ne sont pas désirables car elles produisent du CO₂ et du diacétyle (notes de beurre, crème) à 10°C et à pH inférieur à 3,5 (*Lactobacillus brevis* - an overview | ScienceDirect Topics, s. d.).

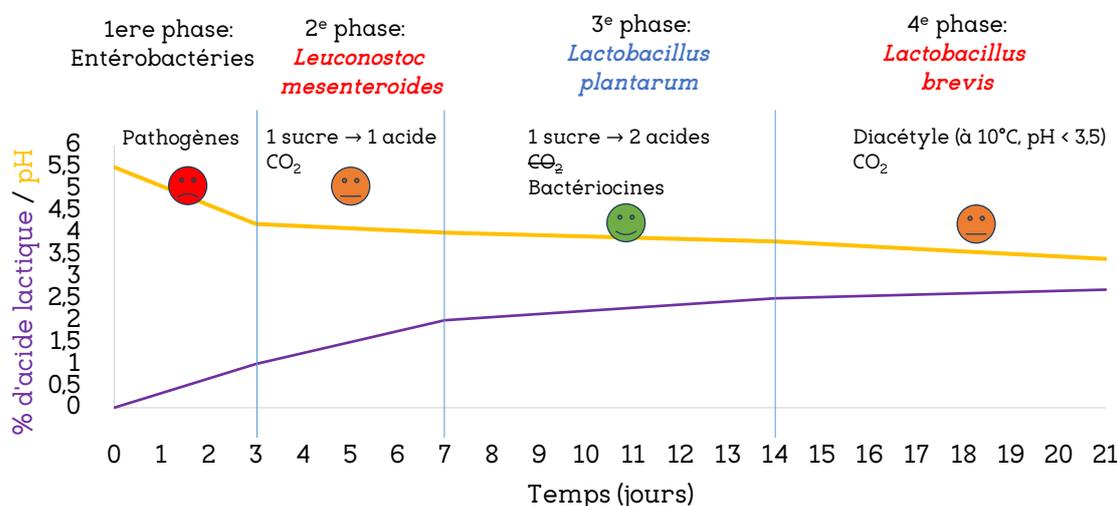


FIGURE 12.
Cinétique d'acidification des légumes lactofermentés.

L'objectif va donc être d'effectuer une fermentation en grand contenant (fût de 200 l, jarre de 30 l, Weck de 1,5 l, etc) jusqu'à atteindre la phase 3 puis mettre en contenant final (bocaux pour la vente) avant d'atteindre la phase 4.

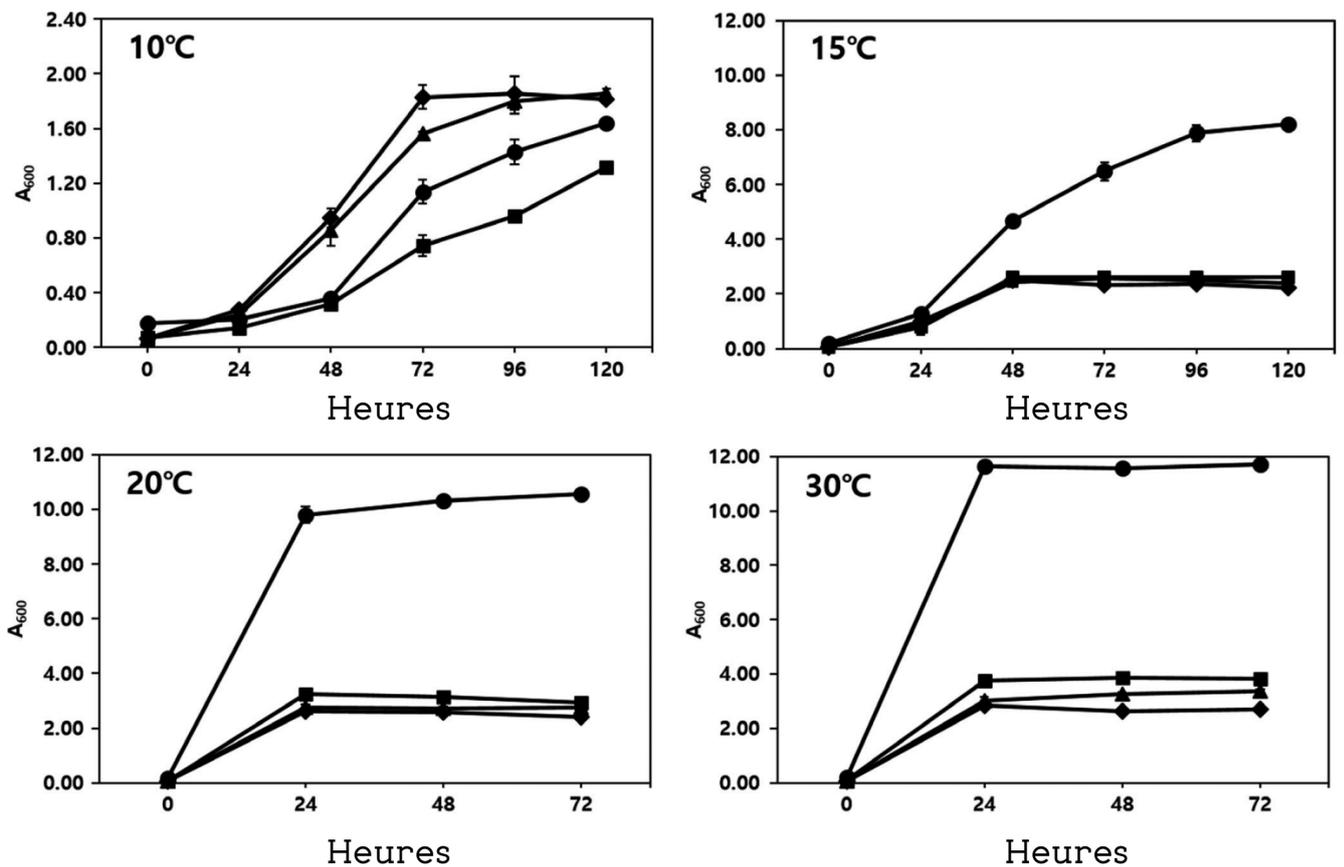
! **La phase 3 de mise en contenant final est atteinte lorsque le pH est inférieur à 3,7 et qu'il n'y pas ou plus de dégagement de CO₂.**

! **Le transfert de contenant pourrait poser question quant au contact avec l'oxygène, vu que la lactofermentation est favorisée par des conditions anaérobies. Dans les faits, l'opération de transfert, si elle est réalisée dans des conditions d'hygiène raisonnables, ne présente aucun risque. De plus, la fermentation en grand contenant facilite l'homogénéité du produit et facilite la maîtrise du procédé car les bactéries sont moins sensibles aux variations de température sous cette forme.**

TEMPÉRATURE DE FERMENTATION

Comme vu auparavant, la température conseillée de fermentation est de 23 à 32°C pour favoriser les homofermentaires. Par le graphe ci-dessous, on constate que :

- Quand on se rapproche de 15°C, on ralentit les hétérofermentaires tout en laissant actives les homofermentaires
- Quand on se rapproche de 30°C, on favorise *Lactobacillus plantarum* (homofermentaire)



Lactobacillus plantarum EM ●
Weissella cibaria HL1 ■
Leuconostoc mesenteroides HL2 ◆
Leuconostoc mesenteroides HL3 ▲

FIGURE 13.
Température de développement des espèces homofermentaires (bleu) et hétérofermentaires (rouge).
(Characterization of Juice Fermented with *Lactobacillus Plantarum* EM and Its Cholesterol-lowering Effects on Rats Fed a High-fat and High-cholesterol Diet, s. d.) (Rajouter la couleur dans la légende de la figure)

Les recommandations sont donc :

1. **Fermenter en grand contenant jusqu'à la 3^e phase à 26-28°C** pour favoriser les homofermentaires. Cela dure environ 5 à 7 jours pour le Kimchi et 3 semaines pour la choucroute.
2. **Stocker les produits dans le contenant final à max. 15°C** (cave) pour inhiber les hétérofermentaires en favorisant les homofermentaires

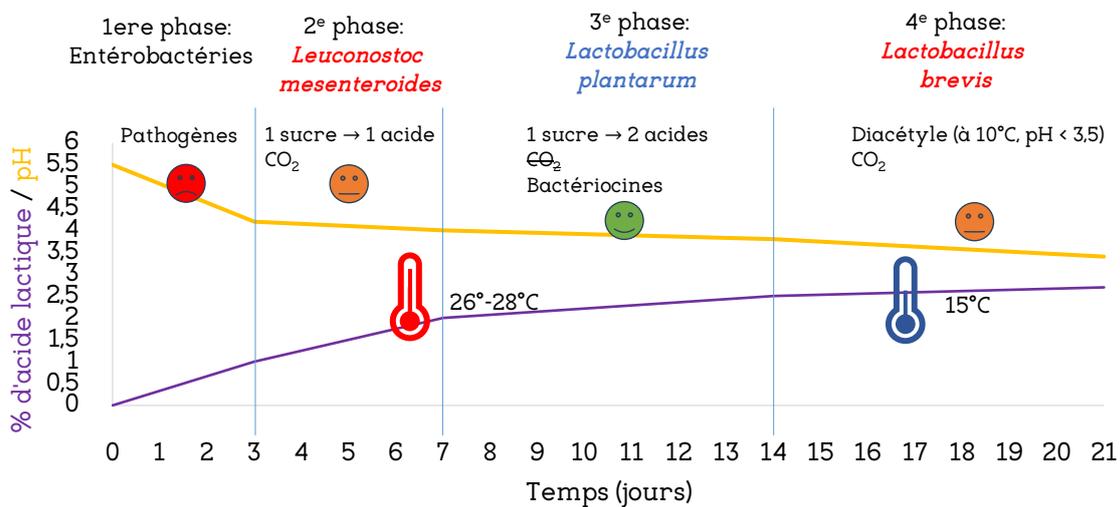


FIGURE 14.
Températures de
fermentation.

Si l'on souhaite ralentir l'activité au maximum, l'idéal reste un stockage final au frigo (< 4°C) jusqu'à la mise sur le marché. Cela évitera notamment le développement de *Lactobacillus brevis* et des notes d'arôme de beurre.

Précaution avant mise sur le marché :

- Une fois que le pH point bas est atteint :
 - Idéal d'attendre une semaine pour assurer qu'il ne remonte pas (risque pathogène) avant la vente en vérifiant le pH sur un bocal par lot
 - Certains attendent même jusqu'à 3 semaines avant la vente !

Les conditions idéales pour assurer une bonne fermentation lactique sont donc :

- un milieu en anaérobie
- un taux de sel autour des 2%
- une température de 26-28°C jusqu'à un pH de 3.7 dans un grand contenant puis transfert dans le contenant final puis stockage sous 15°C (cave) ou idéalement sous 4°C (frigo)
- atteindre un pH inférieur à 4 en moins de deux jours
- atteindre un pH inférieur à 3.7 avant la mise en pot pour assurer la sécurité du produit

Si l'on réunit toutes ces conditions, il est possible malgré tout que cela ne suffise pas pour avoir un produit fini qui ne libère pas de CO₂ à cause des hétérofermentaires encore trop présentes.



FIGURE 15.
Refermentation
due à la présence
d'hétérofermentaires.

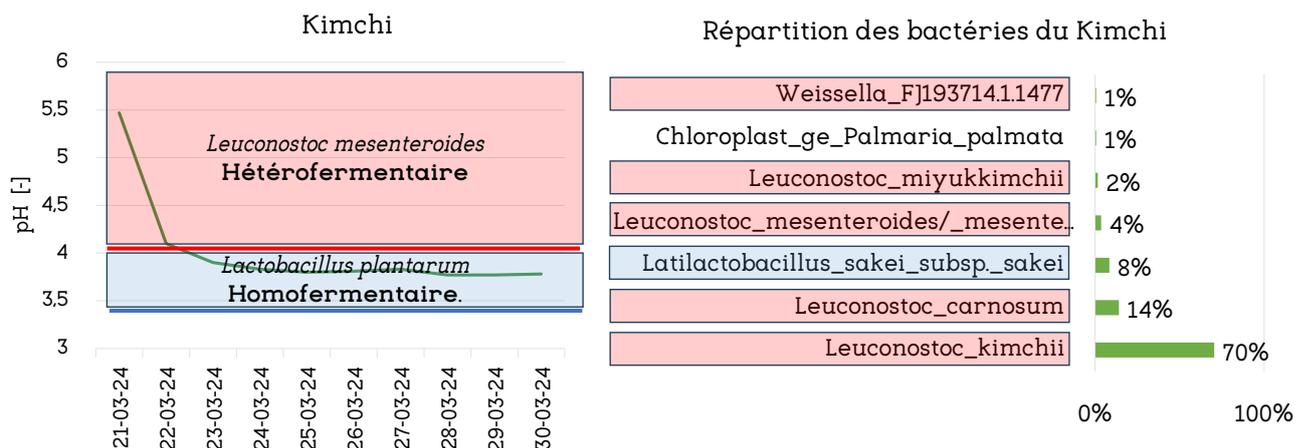


FIGURE 16.

A gauche, cinétique d'acidification du kimchi - à droite, répartition des bactéries par métataxonomie.

L'exemple donné ci-dessus est celui du Kimchi, fermenté avec toutes les conditions réunies. Malgré cela, on constate que plus de 90% des souches détectées sont des hétérofermentaires.

La solution est **d'homogénéiser en cours de fermentation** le produit afin d'éviter la majorité des re-fermentations en bocal. Cela permet deux choses :

1. les gaz sont remis en solution : cela acidifie légèrement le milieu et majore donc les homofermentaires
2. les bactéries sont remises en contact avec de nouveaux sucres, ce qui accélère la fermentation, l'acidification et donc favorise également les homofermentaires

4. Procédés de fabrication

MOYENNE ÉCHELLE

Les étapes principales sont :



La découpe :

Elle doit être la plus fine possible. Elle peut être réalisée au moyen d'une simple râpe ou d'un Robot type Robot-Coupe ou Dito Sama.

Le salage :

Le massage ou saumurage s'effectue à 2% en général dans des lèches frites manuellement, avec des gants pour garantir les bonnes conditions d'hygiène, après un lavage des mains au savon de Marseille (pas de Gel hydro alcoolique). Il permet d'extraire le jus du légume.





La mise en jarre :

Les légumes doivent être immergés dans le liquide. La jarre peut être simplement un weck avec joint pour un volume de 1.5 l et pour une plus grande quantité, un seau avec un barboteur, éventuellement muni d'un robinet qui peut aider lors du nettoyage. Pour des quantités de 50 à 100 kg, il est conseillé de laisser 25% d'espace de tête car la fermentation va créer beaucoup de CO₂ au début qui ne pourra pas intégralement sortir par le barboteur. L'espace de tête sera donc rapidement inerté par la libération de CO₂ et les conditions anaérobies seront maintenues.



La fermentation en jarre :

Elle dure environ 7 jours pour le kimchi ou la carotte et jusqu'à 3 semaines pour la choucroute à 26-28°C. La fermentation en jarre se conclut lorsque le pH est inférieur à 3.7 et qu'il n'y a plus de bulles. Il faut homogénéiser au moins une fois pendant la fermentation.



La mise en pot :

Elle est manuelle, peut être facilitée avec un entonnoir à bouches et doit être réalisée idéalement avec des gants. Les bouches utilisés peuvent être des simples Twist-Off. Le marché belge est encore peu connaisseur des légumes lactofermentés : il est conseillé donc de le vendre en pots inférieur à 250 g pour laisser le consommateur découvrir le produit. Pour la choucroute, le produit est plus connu et le conditionnement peut atteindre 1 kg. Notons que les gens sont plus prêts à payer un kimchi (7€ pour 250 g) plus cher que la choucroute (5.5€ pour 250 g).

Le stockage :

Il se fait au minimum en cave sous 15°C ou idéalement au frais sous 7°C. Le kimchi est souvent le best-seller des produits de légumes fermentés, pouvant représenter jusqu'à 60% des ventes et peuvent donc être à flux tendu sur le kimchi. Les autres produits se vendent de manière variable, ce qui pose la question de la conservation sur le moyen terme. En effet, vu que le produit est consommé lentement, il est important d'avoir plus de temps de vente et de consommation.

Une lactofermentation dont le pH est inférieur à 3.7 et qui est conservé sous 4°C peut porter une date de durabilité minimale (DDM) car elle ne présente aucun risque pour le consommateur et va seulement évoluer d'un point de vue organoleptique. C'est donc au producteur de décider du moment où son produit est « passé » et fixer sa DDM avant que cela n'arrive. Les DDM classiques étudiées dans le projet FLEGME vont de 7 semaines à 10 mois en fonction des produits (Projet FLEGME, s. d.). Chez

Fermentings, ils conservent un témoin de chaque production qui reste en chambre froide pendant 1 an. L'AFSCA peut ainsi vérifier la date de péremption après 1 an, en vérifiant que le pH est n'a pas bougé par rapport à la valeur initiale.

● **Ne pas jeter le jus de kimchi : il peut être utilisé pour faire des bloody Mary, des vinaigrettes, etc**

● **En Belgique, le kimchi fermenté trois mois pour la vente est trop fort en gout pour les consommateurs. Chez Fermentings, on le mélange avec du jus, de l'œuf et de la farine pour en faire des crêpes salées.**

GRANDE ÉCHELLE

Le changement d'échelle est rarement effectué mais ne présente aucun souci car l'augmentation des volumes n'entraîne pas de variation de température et peut donc se dérouler dans les mêmes conditions que celles décrites dans le point précédent. Un exemple souvent repris est le Canadien Tout Cru, qui emploie 5 ETP et qui transforme 520 tonnes de légumes par an.

Pour y arriver, Tout Cru travaille selon un procédé à la semaine :

1. Jeudi : Transformation
2. Lundi : Homogénéisation à la main
3. Mercredi : Mise en pot

Ils ne pratiquent pas de massage, à l'exception du kimchi, pour réduire les couts de main d'œuvre. Ils travaillent avec des fûts de 200l montés par 4 sur palette : chaque fut est rempli avec 150 kg de légumes et complété par la saumure à 8%, afin d'atteindre au total 2% de sel en masse. Les légumes sont maintenus immergés par des sacs remplis d'eau. Pour le massage du kimchi, les choux coupés sont mélangés aux épices, sel et condiments dans une « bétonneuse » en inox pendant 30 min avant d'être mis en fut.



FIGURE 18.
Cuve inox de mélange pour légumes fermentés
(©CRP-ELPE)

5. Bibliographie

Age-Related Variations in Intestinal Microflora of Free-Range and Caged Hens. (s. d.). ResearchGate. Consulté 13 mars 2025, à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/318461574_Age-Related_Variations_in_Intestinal_Microflora_of_Free-Range_and_Caged_Hens

Arrêté du Régent du 15 mai 1945 relatif aux produits alimentaires fabriqués ou préparés au moyen de fruits ou de substances végétales et aux produits alimentaires analogues.

Characterization of juice fermented with Lactobacillus plantarum EM and its cholesterol-lowering effects on rats fed a high-fat and high-cholesterol diet. (s. d.). ResearchGate. Consulté 14 mars 2025, à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/336111487_Characterization_of_juice_fermented_with_Lactobacillus_plantarum_EM_and_its_cholesterol-lowering_effects_on_rats_fed_a_high-fat_and_high-cholesterol_diet

Fabriquer. (s. d.). Consulté 18 mars 2025, à l'adresse <https://www.vegepolys-valley.eu/projet-flegme/les-lers-resultats/fabriquer/>

Fu, W., & Mathews, A. P. (1999). Lactic acid production from lactose by *Lactobacillus plantarum* : Kinetic model and effects of pH, substrate, and oxygen. *Biochemical Engineering Journal*, 3(3), 163-170. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(99\)00014-5](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(99)00014-5)

Isolation of Lactic Acid Bacteria from Malaysian Non-Broiler Chicken (Gallus gallus) Intestine with Potential Probiotic for Broiler Feeding. (s. d.). ResearchGate. Consulté 13 mars 2025, à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/267783627_Isolation_of_Lactic_Acid_Bacteria_from_Malaysian_Non-Broiler_Chicken_Gallus_gallus_Intestine_with_Potential_Probiotic_for_Broiler_Feeding

La Conservation par Lactofermentation / La sécurité alimentaire. (2023, septembre 7). <https://securite-alimentaire.com/la-conservation-par-lactofermentation/>

Lactobacillus brevis—An overview / ScienceDirect Topics. (s. d.). Consulté 14 mars 2025, à l'adresse <https://www.sciencedirect.com/topics/pharmacology-toxicology-and-pharmaceutical-science/lactobacillus-brevis>

Lactofermentation des légumes—De la transformation a la vente : Christine Raiffaud—Livre science et culture scientifique / Cultura. (s. d.). Consulté 12 mars 2025, à l'adresse <https://www.cultura.com/p-lactofermentation-des-legumes-de-la-transformation-a-la-vente-9791027504275.html>

Norme pour les Fruits et Légumes marinés fermentés, CXS 260-2007 (2023). https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%252A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B260-2007%252FCXS_260f.pdf

Projet FLEGME. (s. d.). Consulté 13 mars 2025, à l'adresse <https://www.vegepolys-valley.eu/projet-flegme/>

Station, N. Y. S. A. E., Pederson, C. S., & Albury, M. N. (1969). *Bulletin : Number 824: The Sauerkraut Fermentation.* <https://hdl.handle.net/1813/4794>

Veselá, M., Drdák, M., Šimon, P., & Veselý, M. (2002). Utilization of *Lactobacillus* sp. For steroid glycoalkaloids degradation by lactic acid fermentation. *Food / Nahrung*, 46(4), 251-255. [https://doi.org/10.1002/1521-3803\(20020701\)46:4<251::AID-FOOD251>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/1521-3803(20020701)46:4<251::AID-FOOD251>3.0.CO;2-U)