

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE SCIENCES ALIMENTAIRES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

BELHADI Rabab et **BELDJORD Djouher**

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité: Nutrition et pathologies

THÈME

**Etude de cinétique de dégradation du
lactose par des nouvelles souches
*Lactobacillus sp. sur milieu lactosérum***

Soutenue publiquement le /06/2018

DEVANT LES JURYS :

President	Mr A. CHAALEL	MCA	U. Mostaganem
Encadreur	Mme N. BOUKEZZOULA	MAA	U. Mostaganem
Examinatrice	Mme K. ZERROUKI	MAA	U. Mostaganem

Thème réalisé au Laboratoire de LMBAFS et LSTPA.

Année universitaire 2017/2018

Remerciement

Nous tenons tous d'abord à remercier Dieu le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mm : Boukazzoula N, son précieux conseil et son aide durant de toute la période du travail.

Nos vifs remerciement vont également aux membre de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Un spécial remerciement pour Monsieur Homrani le directeur de Laboratoire des sciences Techniques de la Production Animalerie.

Nous tenons à remercier Madame Djahira l'ingénieur de *LMBAFS*, son aide durant la période du travail.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé du pré ou du loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers

A mes chers parents pour leur soutien, leur patience, leur encouragement durant mon parcours scolaire

A la mémoire de ma mère

Je ne saurais exprimer mon grand chagrin en ton absence

J'aurais aimé que tu sois à mes côtés ce jour. Que ce travail soit une prière pour le repos de ton âme

A mes sœurs Dalila, Samira, Rachida, Mokhtaria et Amina

A mon chère frère Mohamed

A mes nièces Chaimae Rahma et Bouchra

A mes neveux Dahouba et Yazen

Une spéciale dédicace à mon fiancé Ouandjli Ahmed et sa famille

A mon oncle bouabdellah

A mes tantes Fatiha et Bakhta

A mes cousines manel et Hadjer

A toutes ma famille

A mes amies Aicha Hafssa Ikram et tous mes camarades de la promotion 2018

A toute les personnes que j'aime

Trouver dans ce modeste travail mes sincères gratitude et reconnaissance, ce travail est le votre

Jouhara.

Dédicace

Je dédicace ce mémoire :

A mes chers parents.

A mes sœurs et mes frères.

A ma nièce Balkiss.

RABAB

Sommaire :

Introduction	1
---------------------------	---

Partie 1 : synthèse bibliographique

Chapitre I : Le Lactose

1/ Généralités.....	3
2/ Structure.....	3
3/ Teneur en lactose.....	4
3-1/dans le lait et les différents produits laitiers.....	5
4/ Synthèse de lactose.....	6
5/ Transformation biologique du lactose.....	6
5-1/ Fermentation lactique.....	6
5-2/ Métabolisme-hydrolyse enzymatique.....	6
5-3/ Hydrolyse du lactose.....	7
5-3-1/ Hydrolyse chimique.....	7
5-3-2/ Hydrolyse enzymatique.....	7

Chapitre II : La Lactase

1/ Généralités.....	8
2/ Définition de la bêta-galactosidase.....	8
3/ classification de la β -galactosidase.....	8
4/ Lactase intestinale.....	9
5/ Activité lactasique.....	9

Chapitre III : Intolérance au lactose

1/Définition.....	11
-------------------	----

2/ Les causes.....	11
2-1/ L'IL congénitale.....	11
2-2/ L'IL développementale.....	12
2-3/ L'IL primaire.....	12
2-4/ L'IL secondaire.....	12
3/ Traitement.....	12

Chapitre IV : les bactéries lactiques

1/ Généralité.....	13
2/ Définition.....	13
3/ Caractères généraux.....	14
4/ Habitat.....	15
5/ Classification.....	15
5-1/ Les principaux genres des bactéries lactiques.....	16
5-2/ Les Lactobacilles.....	16
6/ Intérêt des bactéries lactiques sur la santé humaine.....	16
7/ Les exigences nutritionnelles des bactéries lactiques.....	16
7-1/ Les glucides.....	17
7-2/ L'azote.....	17
7-3/ Les vitamines.....	17
7-4 /Les minéraux.....	17
7-5/ L'oxygène.....	18
8/ Rôle des bactéries lactiques.....	18
8-1/ Rôles technologiques.....	18

8-1-1/ Production d'arômes.....	18
8-1-2/ Production d'exopolysaccharides.....	18
8-2/ Rôle dans la conservation.....	18
8-2-1/ Production d'acides et diminution de PH.....	19
8-2-2/ Production de peroxyde d'hydrogène.....	19
8-2-3/ Production de bactériocines.....	19

Chapitre V : Le lactosérum

1-Généralités.....	20
2/Les différents types de lactosérum.....	20
3/La composition.....	21
4/Valorisation du lactosérum.....	21
4-1/ Valorisation directe.....	21
4-2/Valorisation indirecte.....	24

Partie 2 : Matériels et méthodes

Lieu de travail.....	25
1/ Matériels.....	25
1-1/ Matériels biologique.....	25
1-2/ Milieux de culture.....	25
1-3/ Appareillage.....	25
1-4/ Petit matériels.....	26
2/ Méthodes.....	26
2-1/ Réactivation des souches.....	26
2-2-/ Collecte de lactosérum.....	26
2-3/ Traitement de lactosérum (déprotéinisation).....	26

2-4/Mise en culture.....28

2-4-1/ Préparation de préculture.....28

Partie 3 : Résultats et discussion

1/Composition du lactosérum.....30

2/ La dégradation du lactose31

2-1/ lactose du lactosérum.....31

2-2/ Dégradation du lactose par les souches bactériennes *Lactobacillus sp*31

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Abstract

Introduction

Le lactose est le sucre essentiel dans le lait, sa présence peut provoquer une maladie de l'intolérance au lactose.

Le lactose est constitué de disaccharide constitué de deux monosaccharides: le glucose et le galactose et les hydrates de carbone essentiels présents dans le lait.

L'absorption du lactose implique la lactase qui est présente dans la bordure en brosse du petit tractus intestinal.

L'intolérance au lactose reste un état d'incapacité à hydrolyser le lactose et se caractérise par des problèmes digestifs en conséquence de l'indigestion du lactose (sucre principal du lait) provenant du lait et de ses produits dérivés (yaourts, fromage, etc.).

Intolérance au lactose ou la malabsorption de lactose a été évaluée comme un problème de santé majeur pour plus de 70% des problèmes de santé dans le monde.

Un enzyme de l'organisme (la lactase) permet de transformer le lactose des produits laitiers, afin de le rendre absorbable et digérable. Un déficit en lactase entraîne alors un amoindrissement des capacités de l'organisme à digérer le lactose. Le transit intestinal est donc accéléré et des symptômes digestifs apparaissent (diarrhées, gaz, douleurs, ballonnements, etc.).

Environ 75% de la population mondiale adulte présente un déficit en lactase à l'origine de troubles digestifs lors de l'ingestion de lait (Emond, 2004 ; Lomer *et al.*, 2008). La réduction des taux excessifs de lactose dans l'intestin peut diminuer les risques de ces troubles (ballonnement, diarrhées, vomissements...)

L'hypothèse que certains microorganismes sont capables de diminuer le lactose dans l'intestin et d'améliorer les propriétés nutritionnelles, diététiques et thérapeutiques est maintenant sujette de plusieurs recherches (Dilmi *et al.*, 2007), notamment les bactéries lactiques qui provoquent sa transformation chimiques en dégradant le lactose en acide lactique grâce à l'enzyme Béta-galactosidase (Clinquart, 2005).

Il semble bien que leurs rôles soient propices, sous réserve du choix correcte des souches et des modalités pratiques d'application (Givry, 2006). Parmi les effets revendiqués, la modulation de l'activité lactasique du fait que la digestion du lactose est assurée par les enzymes des bactéries. Voir la bêta galactosidase qui le converti en glucose et galactose au cours du transit dans le tube digestif (Drouault et *al.*,2002).

Les quantités du lactosérum disponibles dans le monde sont considérables puisqu'elles représentent au moins 85% du lait transformé en fromage. Le lactosérum liquide était souvent traité comme un déchet tandis qu'aujourd'hui on le considère comme un sous-produit utile de la production laitière, grâce à sa composition biochimique (lactose, protéines, vitamines,.).

Ce dernier est utilisé dans différents domaines tels que l'alimentation humaine, l'alimentation animale et éventuellement dans le domaine de la biotechnologie afin de produire des enzymes, vitamines, alcool, acides organiques (acide citrique, acide lactique,...etc) (Boudjema, 2009). Il est aussi utilisé comme milieu de culture à moindre coût.

La présente étude est consacrée à :

-Etudier la capacité des bactéries lactiques (du genre *Lactobacillus*) de dégrader le lactose par le suivi de la cinétique de sa dégradation sur un milieu de culture à base de lactosérum.

Chapitre I: le lactose

1/Généralité

Le lactose est un glucide (ou "sucre") naturellement présent dans les produits laitiers (de vache, chèvre ou brebis). Il est composé de glucose et de galactose, il est dégradé par une enzyme appelée la lactase. Lorsque cette enzyme est absente ou produite en quantité insuffisante, on parle d'intolérance au lactose.

c'est un constituant majeur de la matière sèche du lait et son constituant le plus abondant après l'eau (Mthien, 1998). Il est présent environ 97% des glucides totaux du lait de vache dans la quasi-totalité de lait des mammifères (Schaafsma,2008) à des teneurs variées (Jennes *et al.*, 1987 ; IFN, 2008).

Il constitue une source d'énergie pour les micro-organismes (bactéries lactiques, levures, etc).

2/Structure

Le lactose est un disaccharide constitué de D-galactose et de D-glucose reliés par une liaison osidique Béta (1-4) (Béta- galactopyranosyl (1-4) D-glucopyranose (Alpha ou Béta)) comme indique la figure 1.

L'établissement de la liaison osidique mobilise le groupement hydroxyle porté par le carbone anomérique (C1) du résidu galactose qui de ce fait perd sa propriété réductrice. Ainsi, dans la molécule de lactose, seul le glucose conserve sa fonction réductrice. La structure hémiacétal du résidu glucose conduit à un équilibre en solution entre les deux anomères.

Alpha et Béta qui diffèrent par la configuration de leur carbone anomérique (C1 du résidu glucose) (Thomas *et al.*, 2008).

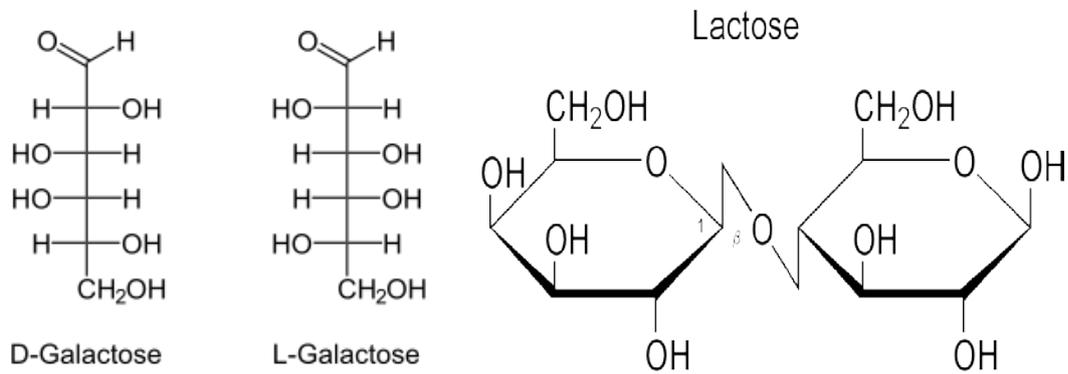


Figure 1 : Structure chimique du lactose (Thomas C et al,2008).

3/ Teneur en lactose dans le lait et les différents produits laitiers

Selon Raul (2001), le lactose est le principal glucide du lait des mammifères, il est prédominant dans le lait des ruminants et le lait humain. Par contre il se trouve a des concentrations très faibles dans le lait très gras des cétacés, environ 1% (Alais et Linden, 1997).

Des dérivés du lait tel que le yaourt , la crème fraiche , la crème glacée peuvent contenir 3 a 4% de lactose (Raul, 2001), les fromages frais peuvent en contenir 3 a 6 %. Les fromages affinés n'en contiennent pas ou seulement des traces (Schaafsma, 2008), le tableau 1 présente la teneur en lactose dans les produits laitiers.

Tableau 1 : Teneur en lactose dans les produits laitiers. (Emond, 2004).

Aliments	Portion (ml)	Quantité de Nutriment (g)
Petit-lait	100	39 à 75
Lait en poudre	100	36 à 52
Lait écrémé (vache, chèvre, brebis)	100	4 à 5
Lait entier (vache, chèvre, brebis)	100	4 à 5
Crème fraîche	100	4
Yaourt au lait entier	100	4
Crème glacée	100	3 à 8
Yaourt au lait demi-écrémé	100	2 à 7
Ricotta	100	1 à 5
Fromage frais à tartiner	100	1 à 3
Mozzarella	100	1 à 3
Beurre	100	0,5 à 1
Feta	100	0,5
Brie	100	0,1 à 1
Camembert	100	0,1 à 1
Parmesan	100	0,1 à 1
Emmental	100	0 à 3
Gruyère	100	0,1 à 1
Fromage à raclette	100	0,1

4/ Synthèse de lactose

Le lactose est synthétisé dans la glande mammaire par pination de liaison 1-4 d'un galactose sur un glucose (Pougheon et Goursaud, 2001). La [figure 2](#) explique la synthèse du lactose.

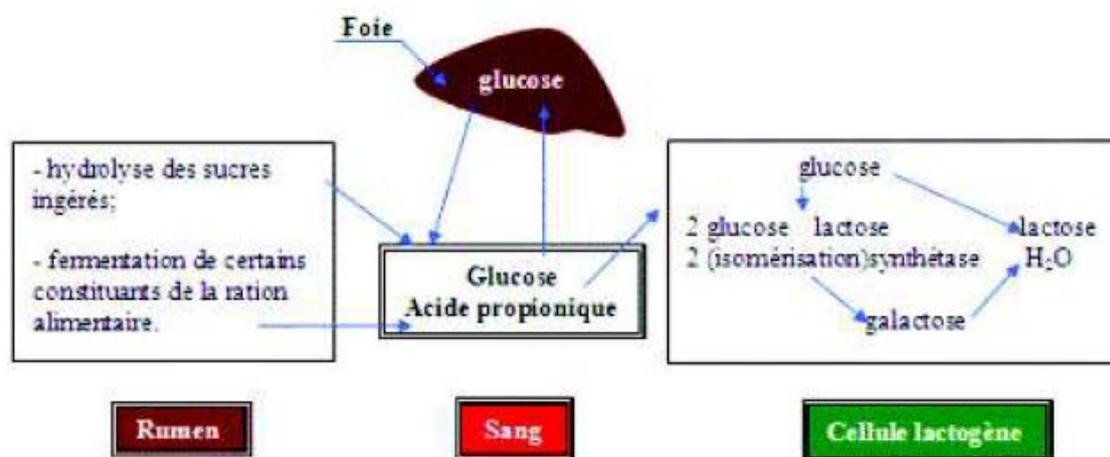


Figure 2 : Synthèse du lactose (Pougheon et Goursaud, 2001).

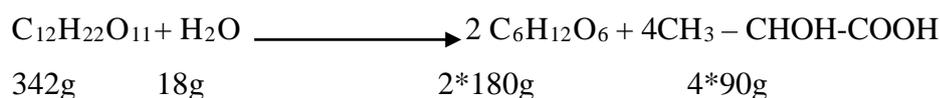
Le lactose est synthétisé dans les cellules des acini à partir du lactose sanguin, produit est en grande partie, par le foie. Il provient aussi pour une faible part de l'hydrolyse des sucres ingérés, saccharose par exemple, qui passe dans le sang au travers de la paroi intestinale.

Les cellules lactogènes ont la faculté d'isomérisation, elles transforment une partie du glucose prélevé en galactose, d'unir leurs molécules et ainsi produisent du lactose dans l'appareil de Golgi (Manthien, 1998).

5/ Transformation biologique du lactose

5-1/ Fermentation lactique

D'après Pougheon et Goursaud (2001), la fermentation et la transformation physicochimique du lactose la plus importante dans le domaine laitier (Amiot et al. 2002). Quelques bactéries adaptées au métabolisme du lactose (possédant une β -galactosidase) réalisent cette fermentation qui donne comme métabolite final essentiellement de l'acide.



Le métabolisme – hydrolyse enzymatique du lactose par les bactéries lactiques s'opère selon De Roissart (1986) en trois phases :

- 1- Le transport à travers la membrane avec accumulation dans l'espace intracellulaire qui s'opère soit par des perméases ATP-dépendantes, soit par des phospho-transférases phosphoenolpyruvate dépendantes.
- 2- Le clivage du disaccharide en ses composants (D-galactose et D-glucose) par une Béta-galactosidase.
- 3- La dégradation des monosaccharides par des voies métaboliques différentes selon l'espèce bactérienne.

D'après Romain et al. (2000) l'hydrolyse du lactose en glucose et galactose revêt un double avantage, nutritionnel et technologique.

5-2/ Métabolisme-hydrolyse enzymatique

Le métabolisme du lactose débute dans le jéjunum par l'action de la-galactosidase intestinale qui libéré lentement le glucose et le galactose au sein de l'organisme qui sont ensuite employés dans les cycles biologique du métabolisme après phosphorylation (Pougheon et Goursaud, 2001).

5-3/ Hydrolyse du lactose

Selon Thomas *et al.* (2008), l'assimilation du lactose nécessite au préalable son hydrolyse en glucose et galactose par la Béta-galactosidase (lactase), sécrété par les entérocytes de l'intestin grêle.

L'hydrolyse du lactose est relativement lente par rapport à celle d'autres glucides comme le saccharose ce qui fait du lactose un glucide assurant une fourniture d'énergie régulière et prolongée aux consommateurs de lait.

5-3-1/ Hydrolyse chimique

Cette technique, assez drastique, consiste à faire passer le lactosérum préalablement déprotéiné et déminéralisé sur résine acide à une température de l'ordre de 90-100 °C. (Romain *et al.*, 2008).

5-3-2/ Hydrolyse enzymatique

Selon Romain *et al.* (2008), elle met en œuvre des lactases d'origine microbienne (*Kluyveromyces lactis* ou *fragilis*) ou fongique (*Aspergillus niger* ou *oryzae*). Ces deux Béta-galactosidases sont les seules autorisées, elles diffèrent par leur pH optimum d'activité. Trois procédés sont actuellement proposés.

- * Procédé d'hydrolyse par enzyme libre
- * Procédé d'hydrolyse par enzyme fixée
- * Réacteur à membrane.

Chapitre II : la Lactase

1/ Généralités

La lactase (également connue sous le nom de lactase-phlorizine hydrolase, ou LPH), une partie de la famille des enzymes β -galactosidase, est un glycoside hydrolase impliquée dans l'hydrolyse du lactose disaccharide en constituants constitués de galactose et de glucose. La lactase est présente principalement le long de la membrane de la bordure en brosse des entérocytes différenciés qui tapissent les villosités de l'intestin grêle. Chez les humains, la lactase est codée par le gène LCT.

Selon Stewart et Amerine (1973), la Béta galactosidase est une enzyme d'*Echerichia coli*, lorsque cette bactérie pousse sur un milieu riche en lactose, elle exprime la Béta galactosidase (qui est un gène de l'opéron lactase) (Raisonnier, 2001 ; Prescottte et *al.*, 2003).

D'après Alais et *al.* (2003), cette enzyme existe chez les plantes (amandes, pêches, abricots, pomme...etc) et dans l'intestin des animaux sevrés. La déficience en cette enzyme peut entrainer des problèmes de digestibilité qui se traduit par des troubles intestinaux variés, dont l'intolérance au lactose est la conséquence de cette déficience (Lecleire, 2008).

2/ Définition de la bêta-galactosidase

La β -D-galactosidase également connue sous le nom de lactase était une enzyme ou une protéine qui catalyse l'hydrolyse de lactose. Ce lactose est principalement présent dans la plupart des produits laitiers monosaccharide glucose et galactose pour ingérer au-dessus de l'épithélium intestinal et a importance potentielle dans l'industrie laitière. La β -galactosidase hydrolyse également les résidus D-galactosyle polymères, oligosaccharides et métabolites secondaires.

3/ Classification de la β -galactosidase

La β -galactosidase appartient aux sous-familles 1, 2, 35 et 42 de la superfamille GH-A de glycoside hydrolases . La β -galactosidase était un biocatalyseur bien connu qui catalyse les réactions hydrolytiques et de transgalactosylation. Dans certains cas, il participe à la production de galacto-oligosaccharide prébiotique (GOS), qui sont synthétisés en raison de son associatif activité transglycosylase

4/ Lactase intestinale

C'est une glycoprotéine qui est synthétisée sous la forme d'un précurseur de haut poids moléculaire, elle est ancrée dans la membrane intestinale par son extrémité carboxyle-terminale (Jacob et *al.*, 1997). Elle est clivée lors de son transport intracellulaire vers le pôle apicale de la cellule avant son intégration dans la membrane de la bordure en brosse des entérocytes de l'intestin grêle (Raul, 2001).

La lactase est localisée dans la bordure en brosse des entérocytes, cellules qui tapissent la muqueuse intestinale. Elle n'est pas active dans les entérocytes les plus jeunes (situées au fond des cryptes) mais son activité est maximale dans les cellules plus âgées (situées dans la moitié supérieure des villosités). La répartition de l'enzyme le long de l'intestin grêle est également irrégulière : maximale dans le jéjunum proximal et faible dans le duodénum et l'iléon. Ceci explique pourquoi un renouvellement cellulaire accéléré, après un processus d'inflammation locale par exemple (gastro-entérite), peut diminuer l'activité de la lactase. La lactase hydrolyse également les glycolipides des membranes des globules gras du lait (Marteau et *al.*, 2005).

La quasi-totalité de la molécule se trouve dans la lumière intestinale au contact des nutriments, la molécule mature présente deux sites actifs qui hydrolyse le lactose (Waker et *al.*, 1992).

5/ Activité lactasique

La β -galactosidase a deux activités enzymatiques: d'une part, elle fend ou se sépare liaison β -glycosidique entre le galactose et ses résidus organiques et clive aussi cellobiose, calories, collatéraux et de la cellulose. D'autre part, il catalyse la transgalactosylation du lactose en allolactose (Juers et *al.*, 2013). Il existe deux types de lactases, neutres et acides, basées sur leur pH optimal pour l'activité enzymatique.

La β -galactosidase était une enzyme importante dans les industries alimentaires et pharmaceutiques.

L'activité enzymatique est une mesure de la quantité d'enzymes active dans une préparation. Le Katal (Kat) est l'unité suggérée par l'union internationale de biochimie, il s'est défini comme une quantité d'enzymes qui transforme une mole de substrat par seconde dans des conditions opératoires définies (Scriban, 1999).

L'activité lactasique est retrouvée sur l'intestin humain embryonnaire à partir de la huitième semaine de gestation. Elle augmente en fin de gestation et tout de suite avant la naissance, où elle atteint son maximum. Puis dans la petite enfance, l'activité de la lactase diminue progressivement pour ne plus représenter à l'âge adulte qu'environ 10% de ce qu'elle à la naissance (Absolonne, 1989).

Chapitre III : Intolérance au lactose

1/Définition

L'intolérance au lactose est liée à un sucre - lactose - et concerne essentiellement les adultes qui résulte une déficience d'une enzyme dite la lactase qui hydrolyse le lactose en glucose et galactose dans l'intestin grêle (Lubrano-Lavadera, 2014) .

Elle est caractérisée par des diarrhées, ballonnements et vomissements suite à l'ingestion du lait (Cerf-Bensussen, 2002).

Normalement, l'activité de la lactase diminue au cours des premières années de l'enfance, puis se stabilise à des niveaux variables selon les individus. Cette diminution est un phénomène physiologique normal. La non-persistence de la lactase n'est donc pas une pathologie mais une évolution physiologique normale (Lubrano-Lavadera, 2014) .

Mais la fraction de lactose non digéré qui parvient au côlon est fermentée par la flore colique, conduisant à la production de lactate, d'acides gras volatils et de gaz (H_2 , CO_2) (Lubrano-Lavadera, 2014) .

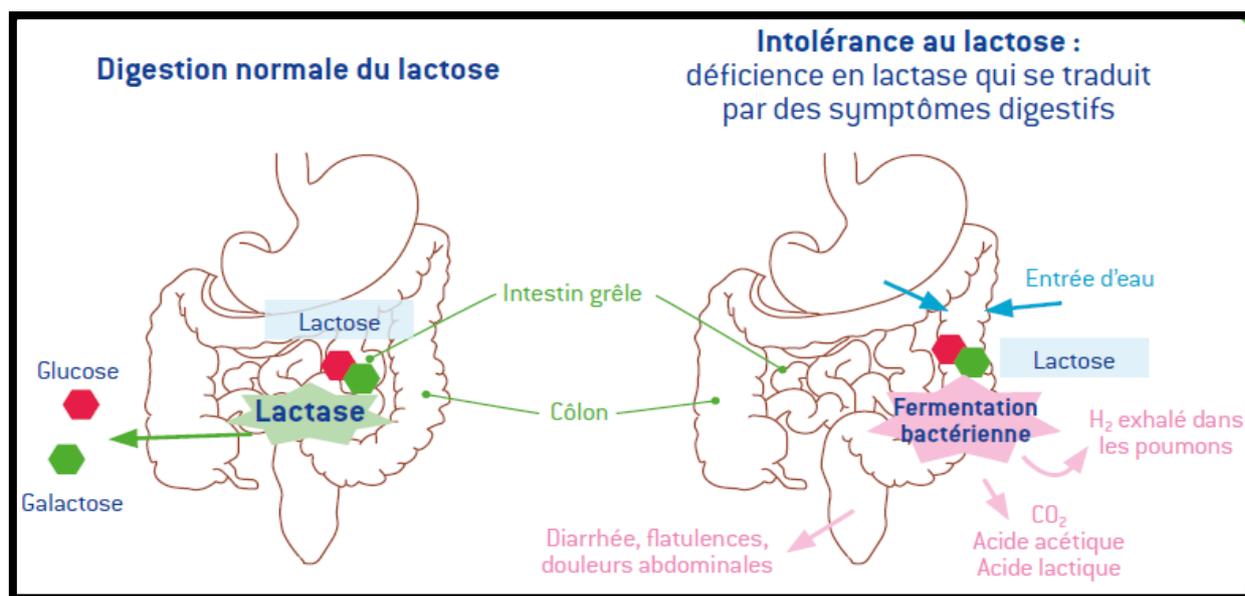


Figure 3: Mécanismes de mal-digestion du lactose (adapté de Burgain et *al.*, 2012).

2/ Les causes

Les causes et les formes en fonction de la cause de l'intolérance au lactose, on différencie les formes suivantes:

2-1/ L'intolérance au lactose congénitale : Le déficit congénital en lactase, lié à une défectuosité génétique, est très rare et se manifeste immédiatement après la naissance, dès que

le nouveau-né tète sa mère pour la première fois ou qu'il est alimenté au biberon. Les symptômes se manifestent sous la forme de diarrhées liquides. Cette forme d'intolérance au lactose est irréversible.

2-2/ L'intolérance au lactose développementale : touche les bébés prématurés qui sont nés entre la 28. et la 32. semaine de grossesse. L'enfant à naître ne produit en effet de la lactase qu'au cours des dernières semaines de la grossesse. Il peut donc arriver que les bébés prématurés ne disposent pas d'une activité enzymatique suffisante et qu'ils ne puissent pas digérer le lactose contenu dans le lait maternel.

2-3/ L'intolérance au lactose primaire : Le déficit primaire en lactase s'acquiert au fil de la vie. C'est chez le nouveau-né que l'activité de la lactase est la plus importante. Elle diminue lentement au fil de l'enfance et au début de l'âge adulte. Le déficit en lactase présente des différences marquées en fonction des individus, avec donc une activité restante plus ou moins importante. En réalité, cette IL primaire n'est pas une maladie, mais l'expression d'une adaptation normale aux changements alimentaires qui surviennent au fur et à mesure du développement. Ce type survient en général à partir de 5 ans.

2-4/ L'intolérance au lactose secondaire : Cette forme se manifeste le plus souvent en rapport avec des maladies du système digestif telles que la maladie de Crohn, la maladie cœliaque, les inflammations aiguës de l'intestin ou après de lourdes opérations chirurgicales de l'intestin. Ces pathologies s'accompagnent d'une inflammation ou d'une détérioration de la muqueuse intestinale. De ce fait, la production de la lactase diminue. Il peut en résulter une intolérance au lactose passagère ou bien définitive dans de rares cas (Marion Wäfler Gassmann *et al.*, 2013).

3/ Traitement

A partir du moment où l'intolérance au lactose est confirmée, il n'est pas nécessaire de suivre un régime sans lactose qu'en cas de déficit en lactase. Les personnes concernées doivent simplement passer à une alimentation pauvre en lactose (8 à 10 g de lactose /jour) vu que l'enzyme a une activité restante. La quantité de lactose qui est tolérée doit toujours être déterminée individuellement.

Les patients atteints d'un déficit en lactase peuvent digérer environ 12 g de lactose par jour (soit 2,5 dl de lait). Une meilleure tolérance est obtenue dès lors que le produit laitier est consommé lors d'un repas (en même temps que des protéines et des matières grasses) et que la quantité d'aliments contenant du lactose est ingérée tout au long de la journée (Marion Wäfler Gassmann *et al.*, 2013).

Chapitre IV : Les bactéries lactiques

1/ Généralités

Les bactéries lactiques sont des micro-organismes utiles à l'homme lui permettant de fabriquer et de conserver un nombre important de ses aliments. Elles sont surtout connues pour le rôle qu'elles jouent dans la préparation des laitages fermentés, elles sont utilisées également dans le saumurage des légumes, la boulangerie, la fabrication du vin, le saurissage des poissons, des viandes et des salaisons (EUFIC, 1999). Elles sont devenues les principaux candidats pro-biotiques et bénéficient d'un statut GRAS (Generally Regarded As Safe) (Ait Belghanaoui, 2006).

2/Définition

Les bactéries lactiques sont des bactéries à Gram-positif qui regroupent 12 genres bactériens dont les plus étudiés sont *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus* et *Pediococcus*. Ces bactéries peuvent avoir des formes de bâtonnet ou de coque, sont immobiles et ne sporulent pas. Elles ont également un métabolisme aérobie facultatif et ne produisent pas de catalase. Les bactéries lactiques ont en commun la capacité de fermenter les sucres en acide lactique. Certaines sont dites homo fermentaires car elles produisent très majoritairement de l'acide lactique alors que d'autres sont dites hétérofermentaires et produisent de l'acide lactique en même temps que d'autres composés (acétate et éthanol en général).

Les bactéries lactiques sont ubiquistes et on les trouve dans différentes niches écologiques comme le lait et les produits laitiers, les végétaux, la viande, le poisson, les muqueuses humaines et animales et dans le tractus digestif.

Les bactéries lactiques utilisées dans l'alimentation sont considérées comme nonpathogènes et se voient attribuer le qualificatif anglo-saxon d'organismes GRAS (Generally Regarded As Safe) (Adams and Marteau, 1995 ; Aguirre and Collins,1993 ; Salminen et al., 1998). Cependant, quelques membres du genre *Streptococcus* et *Enterococcus* ainsi que d'autres bactéries lactiques sont considérées comme pathogènes opportunistes (Aguirre and Collins, 1993).

3/ Caractères généraux

Les bactéries lactiques sont des cellules vivantes, autonomes et procaryotes (Doleyres, 2002). Elles sont un groupe de bacilles ou coccobacilles à Gram positif avec un type respiratoire aéro-anaérobies facultatives ou micro-aérophiles, asporulées, généralement non mobiles, catalase négative, oxydase négative, elles ne présentent ni nitrate-réductase, ni cytochrome-oxydase, ne liquéfient pas la gélatine ne produisent pas d'indole ni d'hydrogène sulfureux, seulement quelque espèces hydrolysent faiblement la caséine. Elles ont des besoins complexes en facteurs de croissance : acides aminés, peptides, bases puriques et pyrimidiques, vitamine B, des acides gras, les sels et les glucides fermentescibles (Dellaglio et *al.*, 1994; Gonzalez et *al.*, 2000). C'est la raison qui explique leur abondance dans le lait (Larpent, 1989 ; Novel, 1993).

Les bactéries lactiques se distinguent par leurs types de métabolisme, Lorsque l'acide lactique est le principal produit de la fermentation, le métabolisme est homofermentaire tandis que, si sa production est associée à du dioxyde de carbone, de l'acide acétique et de l'éthanol, le métabolisme est hétérofermentaire.

Les bactéries lactiques qui ont un métabolisme homofermentaires sont : *lactocoques*, *pédiocoques* et quelque *lactobacilles*.

Les bactéries lactiques dont le métabolisme est hétérofermentaire sont : *lactobacilles* et *Leuconostocs*.

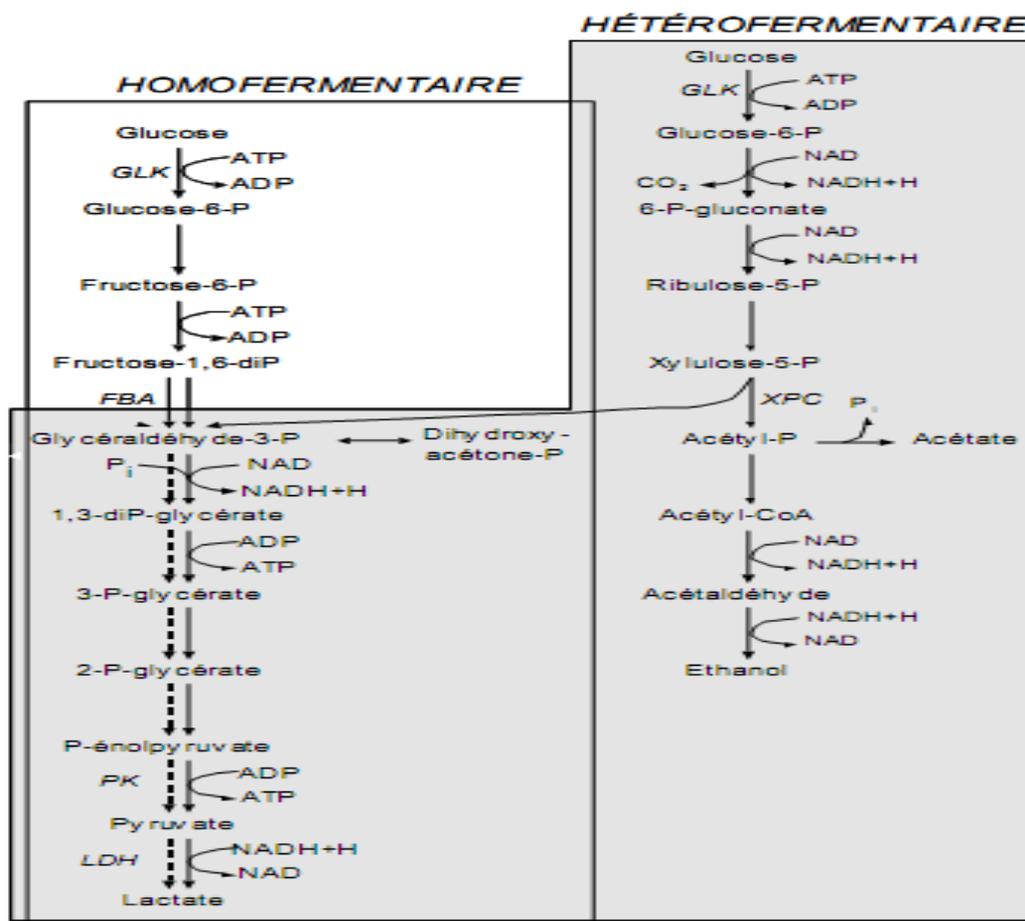


Figure 4: Voies homofermentaire et hétérofermentaire de la dégradation du glucose. Les principales enzymes sont : **GLK** : glucokinase, **FBA** : fructose-1,6-bisphosphate aldolase, **XPC** : xylulose-5-phosphate phosphocétolase, **PK** : pyruvate kinase, **LDH** : lactate déshydrogénase (Raynaud, 2006).

4/ Habitat

Les bactéries lactiques sont des ubiquistes, on les trouve dans différentes niches écologiques comme le lait et les produits laitiers, les végétaux, les viandes, les poissons, les muqueuses humaines et animales et dans le tractus digestif (Douault et Corthier, 2000) et ont été également retrouvées dans le sol, les engrais et les eaux d'égout.

5/Classification

La première classification des bactéries lactiques basée sur les propriétés observables à savoir les propriétés morphologiques, biochimiques et physiologiques a été établie en 1919 par Orla-Jensen. Les marqueurs chimio-taxonomiques tels que les compositions des acides gras et les constituants de la membrane cellulaire, ont été aussi utilisés pour la classification (Krieg, 2001).

Les nouvelles techniques pour l'identification et la classification des bactéries lactiques remettent couramment en cause et/ou complètent les approches phénotypiques anciennement utilisées (Garrity et al., 2008), qui sont pour identifier les espèces à l'intérieur des genres (Vandamme, 1996 ; Stiles et Holzopfel, 1997; Ho et al., 2007; Hadaf, 2012).

5-1/ Les principaux genres des bactéries lactiques

Les bactéries lactiques regroupent onze genres bactériens différents (SuttractFederighi, 1998). *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Lactobacoccus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *Tetragenococcus*, *vagococcus* et *Bifidobacterium*.

5-2/ Les Lactobacilles

Le genre *Lactobacillus*

Ce genre regroupe plus de 70 espèces (dont plusieurs sont divisées en sous-espèces). Le genre *Lactobacillus* est quantitativement le plus important des genres du groupe des bactéries lactiques. Les souches de Lactobacilles sont constituées de bacilles long et fin (parfois incurvés) ou de coccobacilles dont la forme est proche à celle des corynébactéries.

Les cellules sont généralement immobiles (pour les souches mobiles, la ciliature est péritriche).

6/ Intérêt des bactéries lactiques sur la santé humaine

Les probiotiques sont définis comme des micro-organismes vivants qui, après ingestion en quantité adéquate, produisent des effets bénéfiques sur la santé de l'hôte. Un intérêt considérable s'est développé ces dernières années autour de l'utilisation de cultures lactiques à effets « probiotiques » (*Bifidobacterium*, *Lactobacillus*) pour des applications alimentaires, pharmaceutiques ou encore en alimentation animale. Dans la majorité des cas, les produits laitiers tels les yaourts, laits fermentés, fromages, laits en poudre et crèmes glacées sont choisis comme vecteurs privilégiés des cultures probiotiques.

7/ Les exigences nutritionnelles des bactéries lactiques

Si les bactéries lactiques sont considérées comme un des groupes bactériens les plus exigeants du point de vue nutritionnel, c'est parce qu'elles requièrent non seulement des substrats complexes carbonés, azotés, phosphatés et soufrés, mais aussi des facteurs de croissance

comme les vitamines et les oligo-éléments dont le rôle de coenzyme a été déjà développé (Luquet,1986).

7-1/ Les glucides

Pour croître, les bactéries lactiques ont besoin d'un apport de nutriments comportant au moins un sucre fermentescible comme source d'énergie. La fermentation des sucres s'effectue essentiellement en trois étapes.

Premièrement, le transport du sucre à travers la barrière hydrophobe de la membrane cellulaire. Deuxièmement, le catabolisme intracellulaire du sucre et enfin la formation et l'expulsion extracellulaire des métabolites terminaux généralement acides (Monnet et Gripon, 1994).

Deux types de métabolismes fermentaires sont rencontrés. Un métabolisme aboutit de façon quasi-exclusive à la production d'acide lactique (caractère homofermentaire). L'autre peut produire de l'acide lactique, mais également de l'éthanol et de l'acide acétique suivant les conditions de cultures (caractère hétérofermentaire) (Renouf, 2006).

7-2/L'azote

Les bactéries lactiques exigent aussi l'apport exogène d'acides aminés pour leur croissance car elles sont incapables, pour la plupart, d'en effectuer la synthèse à partir d'une source azotée plus simple (Desmazaud, 1983).

Elles ne peuvent absorber et utiliser que des acides aminés libres, ou des peptides courts (peptidases, dipeptidases). Leur nutrition azotée exige donc l'hydrolyse des grandes protéines du lait, et notamment les caséines, par des enzymes (les protéases) situées dans la paroi extérieure de la cellule (Desmazaud, 1998).

7-3/Les vitamines

Les vitamines jouent dans le métabolisme cellulaire le rôle irremplaçable de coenzyme. Les bactéries lactiques sont, à quelques exceptions près, incapables de synthétiser des vitamines (Desmazaud et De Roissart, 1994), d'où l'importance d'un apport exogène de vitamines au milieu de culture (Cocaign-Bousquet et al, 1995).

7-4/Lesminéraux

La nécessité des ions dans le métabolisme s'explique d'abord par leur fonction de cofacteur pour de nombreuses enzymes (Novel, 1993). Du point de vue transport, le fer est un élément important puisqu'il a des affinités pour un

grand nombre de molécules chelatrices. Il augmente la croissance et la production d'acide lactique pour les lactocoques et une carence en cet élément donne lieu à une diminution de ce même acide (Boyaval, 1988).

Le potassium, quant à lui, est un cofacteur pour plusieurs enzymes bactériennes et un niveau élevé de K^+ dans le cytoplasme est requis pour la synthèse protéique. De plus, le système du K apparaît être très important pour contrôler le pH cytoplasmique (Desmazaud, 1983).

7-5/L'oxygène

Les bactéries lactiques sont communément appelées microaerophiles. Ainsi, elles tolèrent de petites quantités d'oxygène, mais de trop grandes teneurs en ce gaz peuvent leur être néfaste. La relation des bactéries lactiques avec l'oxygène a probablement un lien avec le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) produit dans la cellule en présence d'air. Il faut éliminer le H_2O_2 , car son accumulation devient toxique.

8/ Rôle des bactéries lactiques

8-1/ Rôles technologiques

8-1-1/ Production d'aromes

Certaines bactéries lactiques sont capables de produire des composés d'arômes qui participent aux qualités organoleptiques des fromages. La plupart des composés d'arôme sont issus du métabolisme du citrate: l'acétoïne et le diacétyl sont les plus importants.

8-1-2/Production d'exopolysaccharides

Certaines souches de bactéries lactiques ont la capacité de synthétiser et d'excréter, au cours de leur croissance, des polymères de sucre appelés polysaccharides exocellulaires ou EPS, qui permettent d'améliorer la texture et la viscosité du produit fini. En général, la présence de polysaccharides dans des produits fermentés, tels les yogourts, permet d'augmenter l'homogénéité du produit et rend sa présentation plus agréable (Desmazaud, 1983).

8-2/ Rôle dans la conservation

Les bactéries lactiques jouent un rôle essentielle dans la conservation des produits alimentaires elles sont capables de produire une variété de produits inhibiteurs dont les effets

peuvent se répercuter sur la flore lactique elle-même mais aussi sur la flore indésirable ou pathogène (Desmazaud, 1998).

8-2-1/ Production d'acides et diminution de pH

Les acides organiques sont produits par les bactéries lactiques lors du processus de fermentation et permettent d'inhiber la croissance des levures et d'autres bactéries qui ne peuvent se développer à pH acide. L'effet inhibiteur de ces acides organiques est principalement provoqué par les molécules non dissociées qui diffusent à travers les couches lipidiques des membranes des microorganismes provoquant ainsi un abaissement du pH dans le cytoplasme qui a pour conséquence la déstabilisation des cellules.

8-2-2/Production de peroxyde d'hydrogène

La production et l'accumulation de peroxyde d'hydrogène crée un environnement toxique pour les cellules non équipées de système de protection capable de dégrader ce composé. Son accumulation est inhibitrice vis-à-vis des souches qui génèrent de peroxyde mais aussi vis-à-vis d'autres microorganismes (De Roissart et Luquet, 1994).

8-2-3/Production de bactériocines

Les bactériocines sont des substances de nature protéique synthétisées par des bactéries et qui ont un pouvoir antibactérien dirigé contre des bactéries taxonomiquement proches du micro-organisme producteur. Ces peptides antibactériens ont une action contre les bactéries à Gram positif associées à l'altération de la qualité hygiénique des aliments et à certaines pathologies humaines.

D'autres agents antimicrobiens sont ainsi produits : dioxyde de carbone (CO₂), l'acide acétique, le Diacétyle et l'acétaldéhyde (Drider, 2009).

Chapitre V: le lactosérum

1/ Généralités

Le lactosérum, encore appelé sérum ou petit-lait, est un sous produit liquide de la Fromagerie et de la caséinerie. TI provient essentiellement de la séparation de la fraction du lait lors de la précipitation, ou floculation, de la caséine ou caillé.

Le lactosérum représente 50% de la matière sèche issue du lait. C'est un produit "Noble", au même titre que le fromage. L'évolution des industries fromagères conduit à une production de plus en plus importante de lactosérum (90 millions de tonnes en 1985 dans le monde), (Syclat, 1991).

La production est considérable puisqu'elle correspond en moyenne, à neuf fois le tonnage des fromages fabriqués (Veisseyre, 1975).

En moyenne, on peut considérer qu'il faut 10 litres de lait pour fabriquer 1kg de fromage de type "pâte pressée" (St Paulin, Gruyère) et 9 litres de lactosérum sont récupérés (Sattiez et Luquet, 1972).

2/ Les différents types de lactosérum

Deux types de lactosérums sont distingués selon que leur acidité est supérieure ou inférieure à pH=5. Le lactosérum acide est la fraction liquide résultant de la fabrication des fromages à coagulation lactique très marquée, pour lesquels le caillage a lieu sans emprésurage. Il s'agit des pâtes fraîches et des pâtes molles.

Le lactosérum doux est la fraction liquide résultant de la fabrication de fromages à coagulation lactique peu marquée et collectée au stade du moulage et du premier égouttage. Il s'agit des pâtes pressées et des pâtes cuites (Syclat, 1991). Les lactosérums acides ont une composition trop variable pour que des teneurs moyennes en divers constituants aient une signification. Ils renferment moins de lactose et plus de sels que les sérums doux (Veisseyre, 1975). Le tableau 2 ci-contre, nous donne les compositions moyennes des deux types de lactosérums produits en fromagerie.

Tableau 2 : composition moyenne des deux types de lactosérum produits en fromagerie.

Composition (g/l)	Lactosérum Doux	Lactosérum Acide
Matière sèche	70	65
Matière grasse	3,0 - 5,0	0,5 - 1,0
Lactose	50 - 51	44 - 46
Matières azotées	8,5 - 9,0	7,5 - 8,0
Matières minérales	5,0 - 5,5	7,5 - 8,0
Acide lactique	0,4 - 0,5	4,5 - 5,0

3/ La composition

En industries fromagères, la plus grande partie de l'eau contenue dans le lait se retrouve dans le lactosérum et avec elle, toutes les substances solubles: le lactose, les protéines solubles et des peptides, les sels minéraux solubles (lactates, chlorures ...) et les matières grasses.

Les protéines présentes sont les matières azotées ne précipitant pas; elles représentent 20% des protéines du lait; ce sont les albumines (75%), les globulines (10%) et divers autres (15%). Pour un litre de lactosérum en sortie d'usine, 66g de matières sèches sont récupérés soit: 49g de lactose (69-75%), 8g de protéines solubles (10-13%), 5g de cendres (5-8%) et 4g de matières grasses (4-7%) (Syclat, 1991).

Le lactosérum est un aliment intéressant non seulement par la présence du lactose, mais aussi par la teneur en protéines riches en acides aminés indispensables (lysine et tryptophane) et par la présence de nombreuses vitamines du groupe B (thiamine, acide pantothénique, riboflavine ...). (Veisseyre, 1975).

4/ Valorisation du lactosérum

4-1/ Valorisation directe

Considéré comme polluant lorsqu'il est rejeté dans les cours d'eau et les égouts, le déversement du sérum doit être nécessairement précédé d'une épuration très coûteuse (Veisseyre, 1975).

Il faut savoir que 50 000 litres de sérum seraient équivalents à la pollution d'une ville de 25000 habitants. La DBO (Demande Biochimique en Oxygène) d'un litre de sérum se situe entre 30 et 45g/l et nécessite donc l'oxygène de 4500 litres d'eau non polluée (Sattiez et Luquet, 1972).

Une opération d'épuration vise à éliminer le lactose et les protéines, c'est-à-dire les constituants nutritifs les plus précieux. Au lieu de les détruire, le lactosérum est valorisé en l'additionnant à l'alimentation animale ou humaine.

La figure suivante indique les principales transformations industrielles du lactosérum.

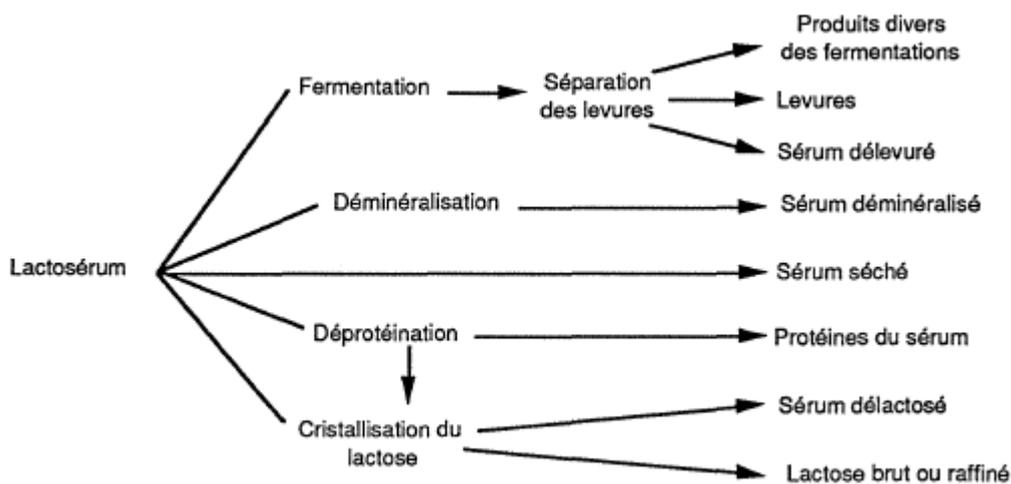


Figure 5: principales transformations industrielles du lactosérum (Veisseyre, 1975)

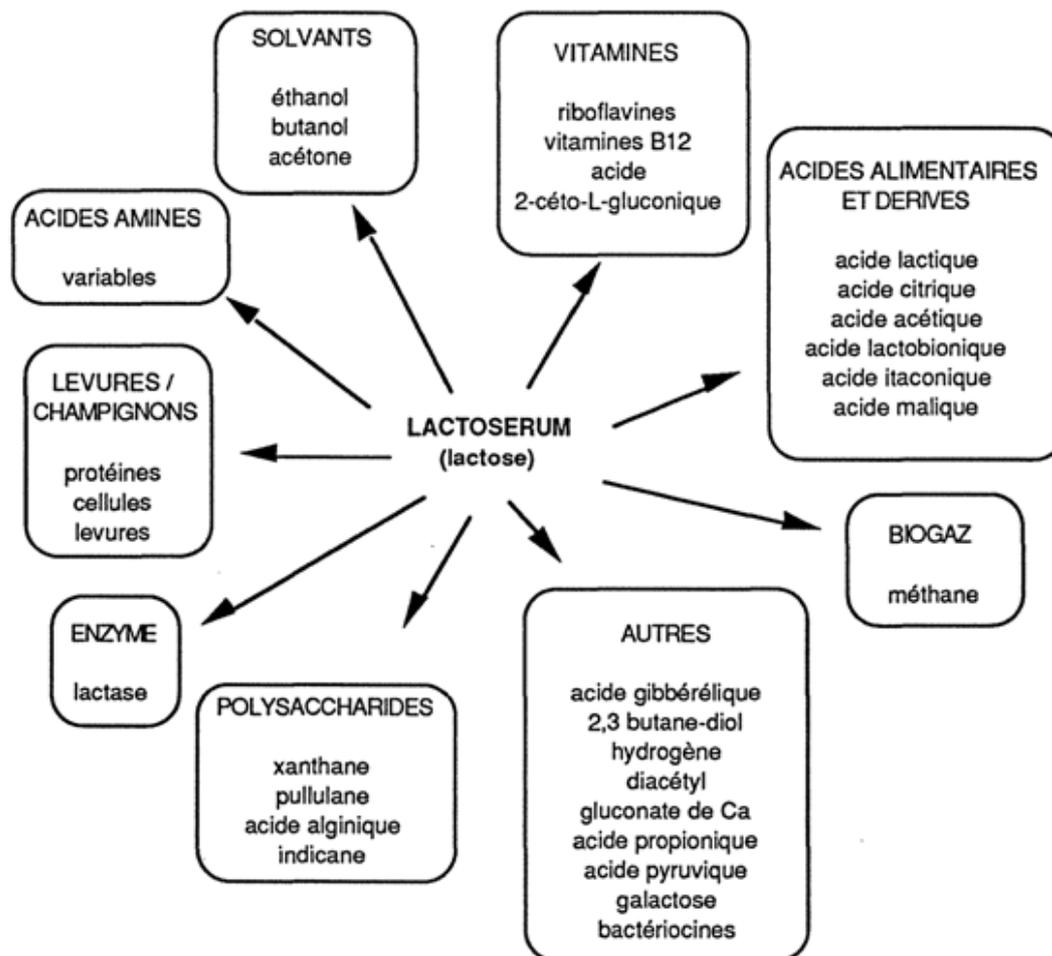


Figure 6: Valorisation indirecte du lactosérum (Zadow, 1989)

Les possibilités d'utilisation du lactosérum dans l'alimentation humaine sont très variées comme dans la panification, la confiserie, la chocolaterie, les sauces, les condiments ou les boissons. Toutefois, la teneur relativement élevée en sels ainsi que la dilution excessive des constituants rendent nécessaires certains traitements pour mieux adapter la composition du produit aux diverses utilisations industrielles (Veisseyre, 1975).

La mise en valeur du lactosérum passe par la séparation de ces différents constituants utilisant des techniques diverses et variées (concentration, dessiccation, extraction des protéines et du lactose par filtration précipitation (figure 6).

Il est possible également de fabriquer des boissons rafraîchissantes et nutritives à partir de lactosérum déprotéinisé (Driessen et Berg, 1990; Kravchenko, 1989) ou fermentées en présence de jus de raisin (Veisseyre1975; Sciancalepore, 1992).

4-2/ Valorisation indirecte

Actuellement, les techniques les plus avancées visent à valoriser ce lactosérum par biotransformation.

Grâce au lactose, il est possible de produire des solvants (Porroet coll., 1992), des vitamines, des polysaccharides (Zadow, 1989), du méthane, des enzymes, des acides aminés et organiques (Lewis et Yang, 1992; Morabito et Fick, 1992) et de nombreux autres composés (Campagnoet coll., 1993). L'ensemble des procédés de fermentation du lactosérum montre que le système de production d'acide lactique est l'un des plus avantageux.

Matériels et méthodes :

Lieu de travail

L'intégralité de ce travail a été réalisée au laboratoire de recherche des Microorganismes Bénéfiques, des Aliments Fonctionnels et de Santé (LMBAFS) et au laboratoire des Sciences Techniques de Production Animal (LSTPA) de l'université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.

1/ Matériels

1-1/ Matériel biologique

Dans la présente étude 27 souches lactiques (du genre *Lactobacillus*) isolées à partir du lait de chamelle et du lait de chèvre collecté de la région de Sahara algérienne, ces souches ont été utilisées pour l'étude de la cinétique de dégradation de lactose.

I.2. Milieux de culture

-Milieux de culture à base de lactosérum déprotéiné supplémenté

. Avant son utilisation comme milieu de culture, ce lactosérum est déprotéiné selon le protocole proposé par (Moulin et al., 1979).

- Milieu MRS (milieu de Man, Rogosa et Sharpe) pour la réactivation des bactéries lactiques.

1-3/ Appareillage

Les appareils utilisés dans le cadre de cette étude au niveau de laboratoire sont :

-Autoclave

-Agitateur

-Bain marie

-Étuve

-Lactoscan

1-4/ Petit matériels

Le petit matériel utilisé dans le cadre de cette étude est : micro-seringues, entonnoirs, papier filtre, spatule, différents types de verrerie (bêchers, fioles jaugées, fiole à vide, pipettes graduées, tubes à essais, Erlenmayer, tubes à essais en verre, bécher).

2/ Méthodes

2-1/ Réactivation des souches

Les souches utilisées dans notre étude sont des *Lactobacillus sp* (Souches isolées et identifiées par madame **N. Boukezzoula**). Elles sont revivifiées sur milieu MRS liquide, puis elles sont conservées à une température de 4°C dans des tubes de conservation.

Les souches bactériennes ont été réactivées avant leur utilisation sur milieu MRS liquide. La première pré-culture est réalisée dans 15 ml de bouillon MRS contenue dans un tube à essaiensemencé par 0.15 ml à partir de la première réactivation, les cultures sont incubées à 37°C pendant 18H (Dilmi bouras, 2002 ; Metlef, 2009) .

2-2/Collecte de lactosérum

Le lactosérum utilisé est de type acide qui provient de l'usine de fabrication fromagère Sidi Saada de la wilaya de Relizane.

2-3/ Traitement de lactosérum (déprotéinisation)

Le lactosérum acide, provenant de l'usine de fabrication fromagère Sidi Saada de la wilaya de Relizane, subit une déprotéinisation par chauffage selon le protocole proposé par Moulin *et al.* (1979).

D'abord, pour la préparation de milieu de culture il faut ajuster le pH de lactosérum à 4.6 par addition NaOH (1N), puis autoclavé dans le bain marie à 102°C pendant 5 min, après on fait la filtration à l'aide d'un papier Wattman, pour la déprotéinisation et on refait la même manipulation 2 ou 3 fois jusqu'à l'obtention d'un liquide limpide, le filtrat recueilli est réajusté à pH=7 par NaOH (1N), l'étape suivante est l'enrichissement du milieu avec les trois produits peptone, glucose et l'extrait de levure. Puis stérilisé à 120°C pendant 20 min.

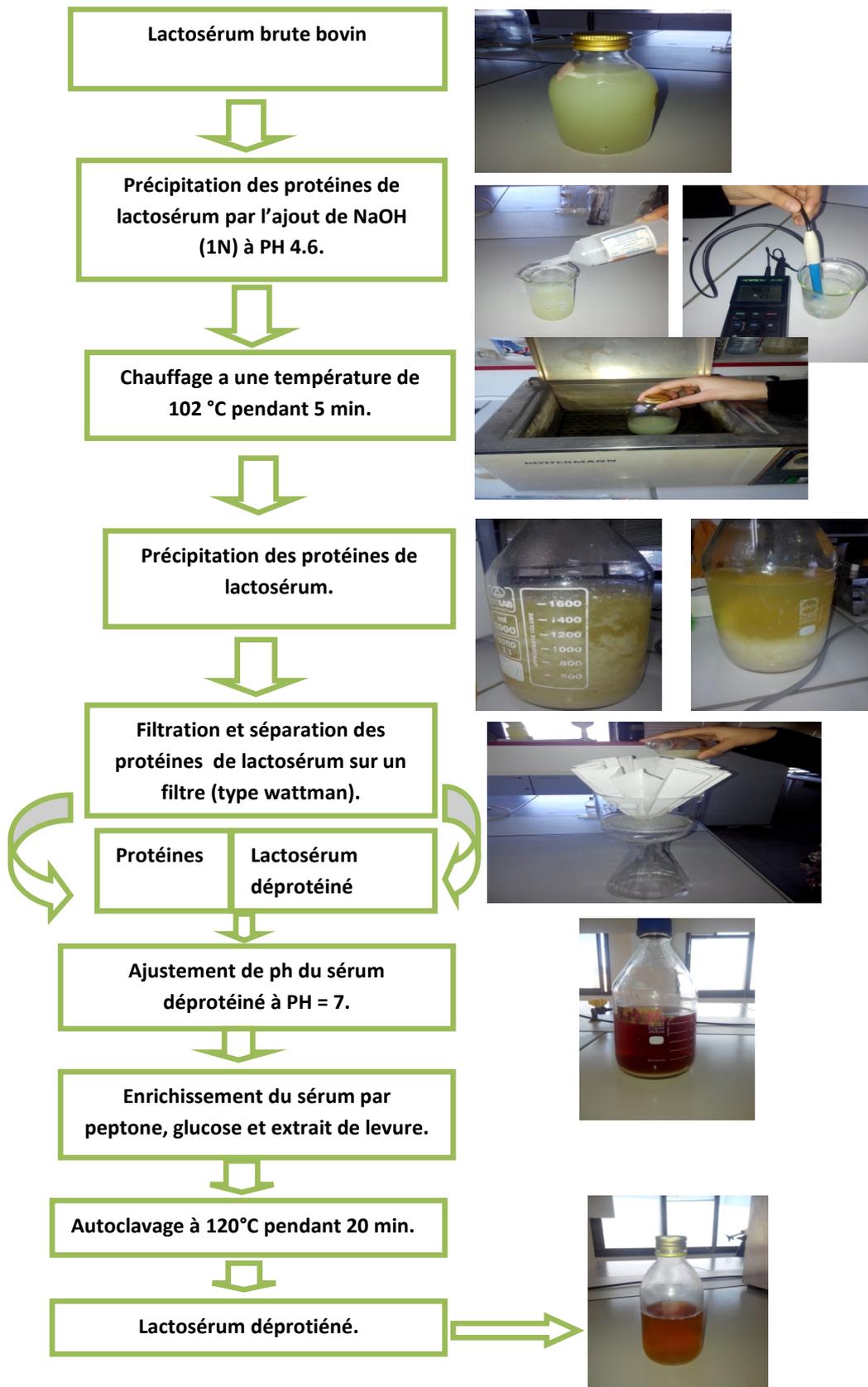


Figure 7 : Diagramme de déprotéinisation du lactosérum (Moulin *et al.*, 1979).

2- 4/ Mise en culture

2-4-1/ Préparation de préculture

Ensemencement des souches bactériennes dans le milieu de culture Lactosérum préparé se fait par les étapes suivantes :

- * Réactivation des souches par MRS liquide pendant 18H.
- * Chaque souche à un flacon de 100 ml de volume de milieu de culture.
- * Ensemencement de 10 ml de l'inoculum dans chaque flacon.
- * Renversement du mélange préparé (l'inoculum+lactosérum) de chaque flacons dans 5 tubes à essais de 20 ml de volume, étiqueté par numéro de souche et les horaires de fermentation.
- * Incubation des tubes à 37°C pendant 12 H.
- * Le suivi de la dégradation de lactose chaque 2H.
- * La lecture à l'aide de l'appareil Lactoscan.

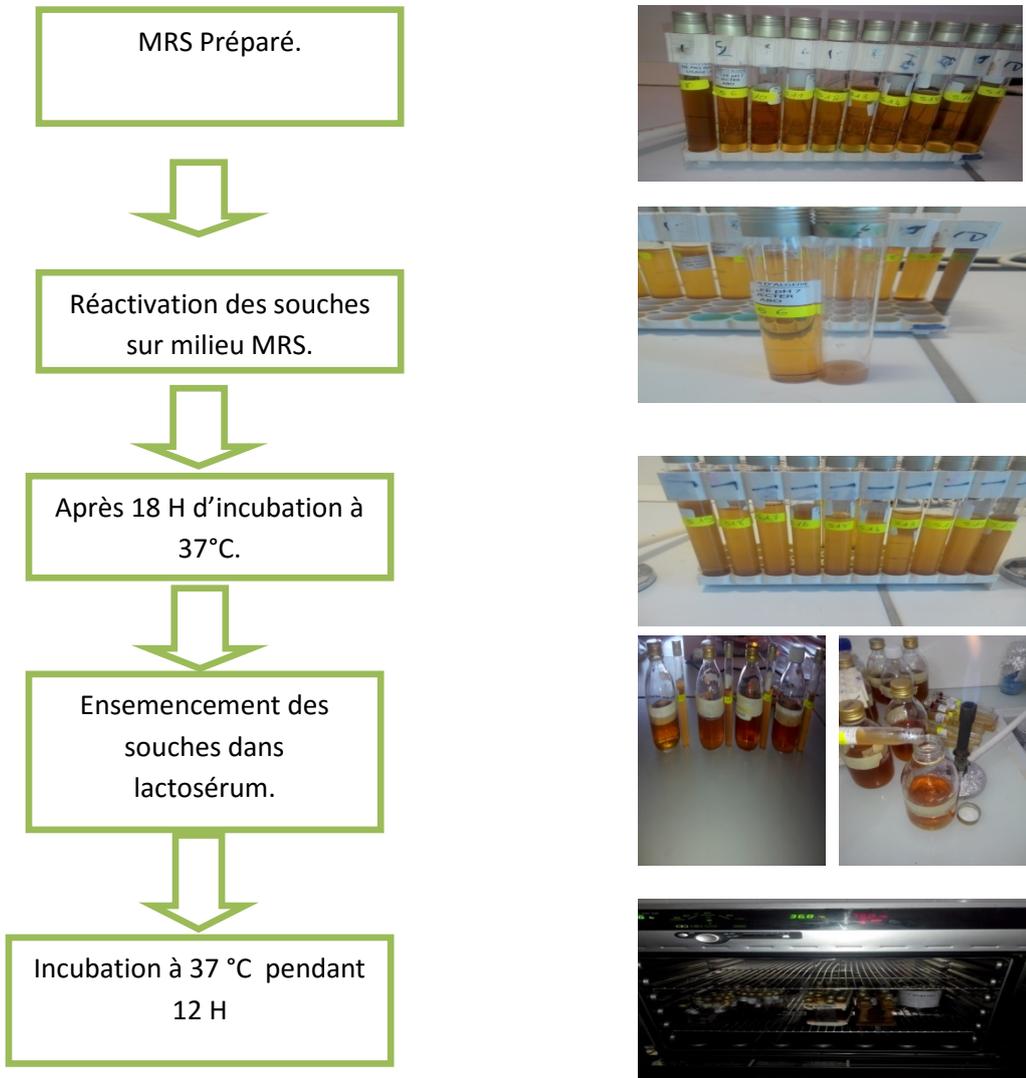


Figure 8 : Protocole de préparation de pré culture (Boudjema K *et al.*, 2009) .

Résultats et discussion :

1/ Composition du lactosérum :

Notre lactosérum provenant de la fromagerie Sidi Saada est utilisé comme un milieu de culture pour la fermentation lactique.

Avant l'utilisation du lactosérum il faut connaître ces paramètres biochimiques (pure et traité : après la déprotéinisation et l'enrichissement du milieu). Comme indique le tableau 6.

Tableau 3: La composition biochimique du lactosérum acide (pure et traité).

paramètres	Lactosérum pure	Lactosérum traité
Lactose	37.2	50.7
PH	3.53	6.5
Matière grasse	0.75	0
Protéines	3.38	2.49
Matière sèche	7.34	7.05
Taux de cendre	6.07	6.01

D'après nos résultats qui sont indiquées dans le tableau le lactose est le constituant principal du lactosérum (37.2 g/l).

Le lactose est le principal constituant du lactosérum de fromagerie, ce sucre représente une principale source de carbone pour les microorganismes (Luquet et Francois1990). Les résultats de Boudjema (2009) ont montré que le lactose représente 70 à 72 % de l'extrait sec de lactosérum.

Après enrichissement et stérilisation on remarque l'augmentation de concentration du lactose à 50.7 g/l. Cette augmentation de la concentration du lactose due peut-être à l'enrichissement du milieu par l'extrait de levure, peptone et glucose.

Après la déprotéinisation et le traitement de lactosérum, on observe une petite diminution de taux de protéine de 3.38 g/l à 2.49 g/l.

Donc on peut considérer notre lactosérum comme un milieu de culture adéquat à la fermentation de nos souches lactiques *Lactobacillus sp.*

2/ La dégradation du lactose :

2.1/ lactose du lactosérum

Nous avons marqué un dosage du lactose initial à temps=0, avant le traitement et l'ensemencement afin d'optimiser la quantité de dégradation de lactose par les bactéries *Lactobacillus sp.*

Nous avons trouvés que la quantité de lactose est de 37.2g/l. Après enrichissement et stérilisation on remarque l'augmentation de concentration du lactose à 50.7 g/l.

2-2/ Dégradation du lactose par les souches bactériennes *Lactobacillus sp.*

Nous avons effectué un taux de lactose après ensemencement des bactéries, à des intervalles de temps de : 0H, 2H, 4H, 6H, 8H, 10H et 12H à 37°C.

Les résultats montrent une grande variation dans les pourcentages de dégradation du lactose, entre les souches de même genre.

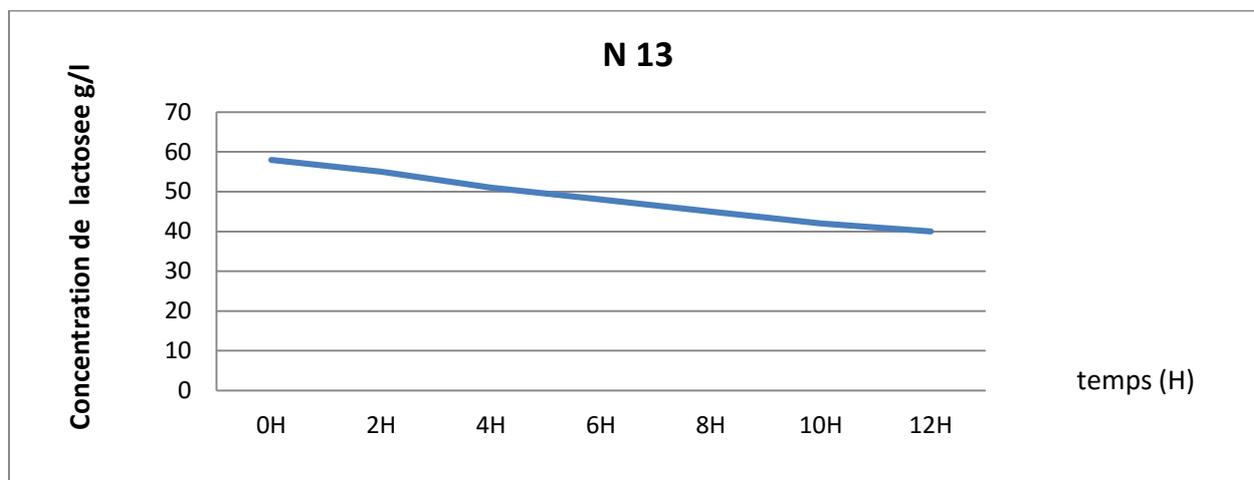


Figure9 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N13 en fonction du temps.

On remarque que la souche N13 à temps=0h a un dosage de lactose de 58 g/l, elle a dégradé la quantité de lactose dès les quatre premières heures en différence de 7 g/l, par contre la dégradation du lactose augmente après 8 heures qui suivent de fermentation par 11g/l.

D'après la figure 9, la dégradation du lactose par cette souche est remarquable, la quantité maximale de la dégradation du lactose au bout des 12 heures d'incubation à 37°C est de 18g/l.

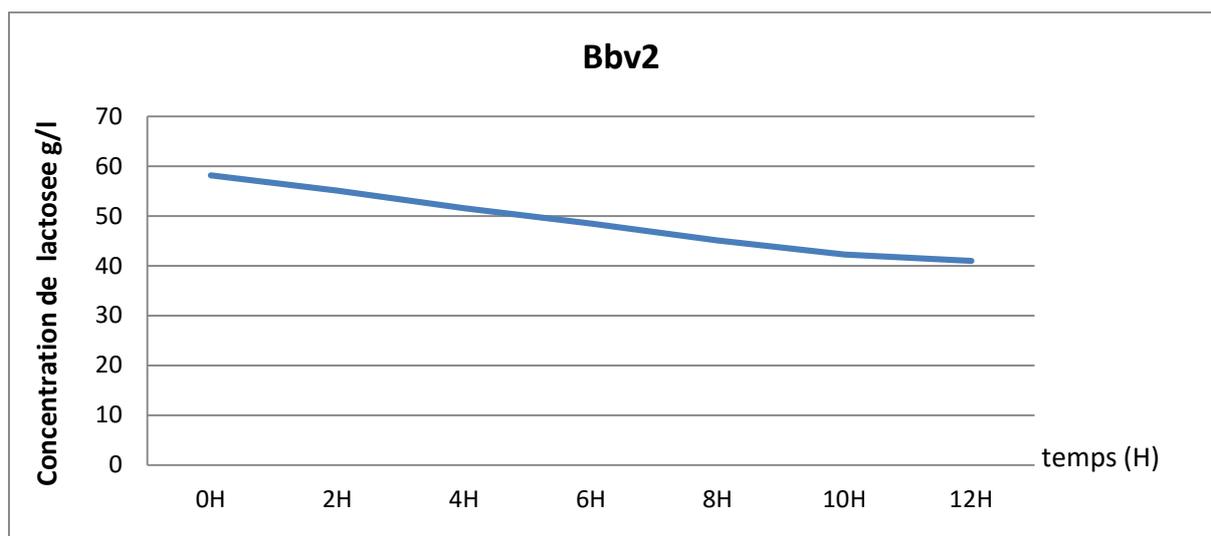


Figure 10 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N Bbv2 en fonction du temps.

La souche Bbv2 dégrade 6.6 g/l de lactose dès les 4 premières heures et après les 8 heures qui suivent dégrade 10.6 g/l.

Selon la figure 10 la dégradation du lactose augmente durant les 12 heures de fermentation par 17.2 g/l.

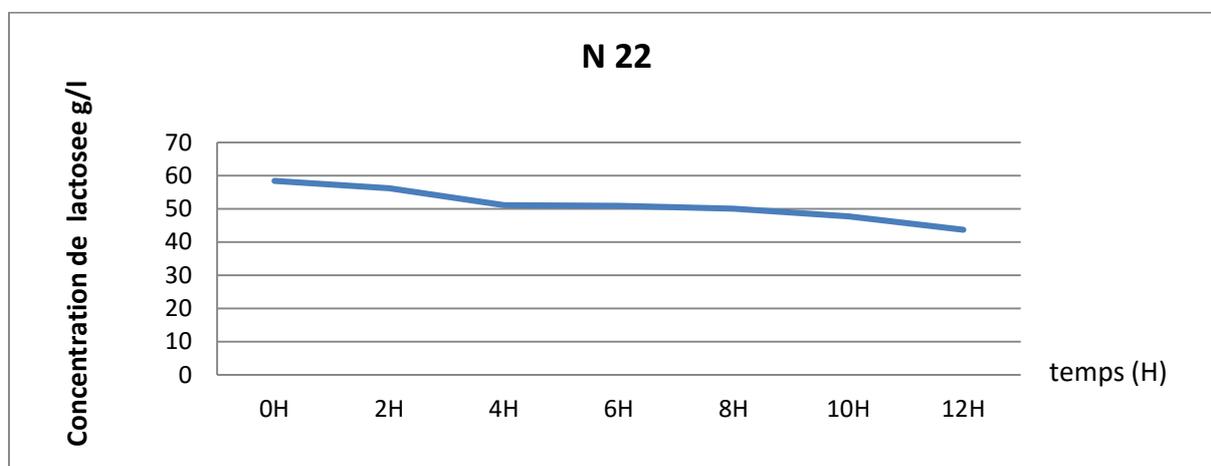


Figure 11 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N22.en fonction du temps.

Selon la figure 11, on remarque une même dégradation de 7.4 g/l dans les 4 heures premières et même après les 8 heures qui suit.

Cette souche marque une quantité de 14.8 g/l de dégradation du lactose durant les 12 heures de fermentation.

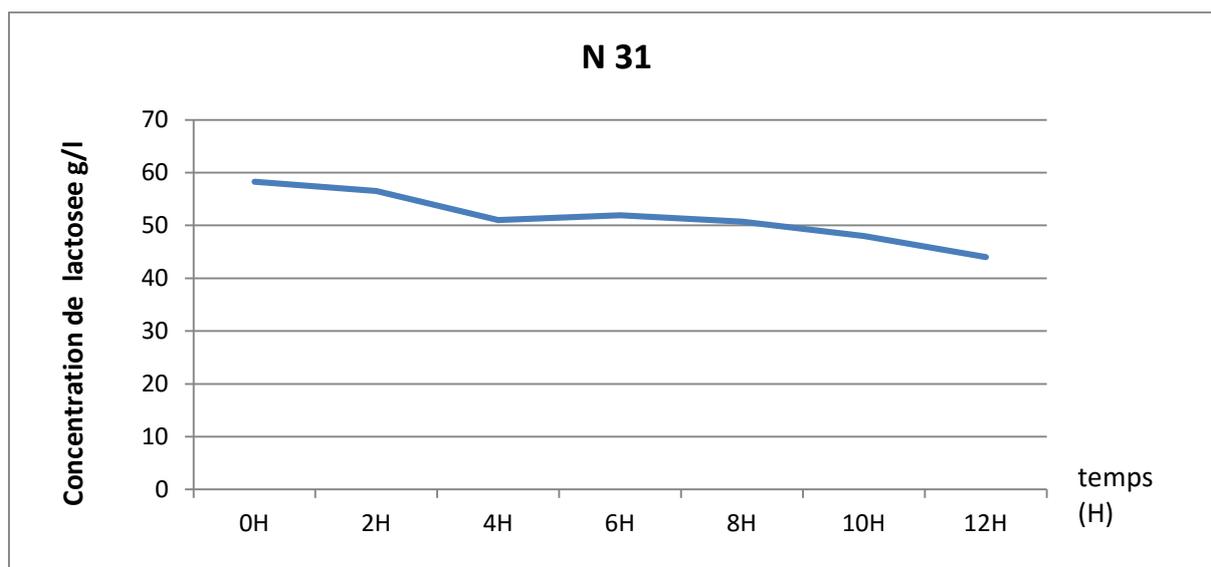


Figure 12 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N31 en fonction du temps.

On remarque que l'activité enzymatique de cette souche est forte pendant les 4 premières heures, puisqu'elle a dégradé 7.3 g/l, contrairement aux 8 heures qui suivent, on remarque une diminution dans le taux de dégradation 7 g/l.

Durant les 12 heures de fermentation, elle a dégradé 14.3 g/l.

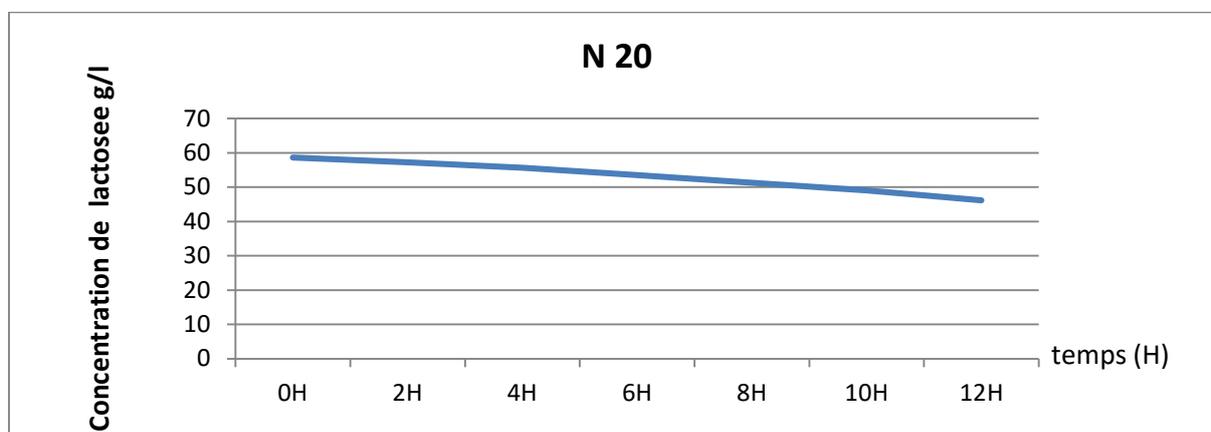


Figure 13 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N13 en fonction du temps.

D'après ce graphe on remarque une très faible dégradation durant les 4 premières heures par 2.9 g/l, par contre on remarque une augmentation de dégradation du lactose après les 8 heures qui suit 9.5 g/l.

Pendant 12 heures de fermentation, cette souche a dégradé une quantité de 12.4 g/l, et ça due aux dernières heures de fermentation.

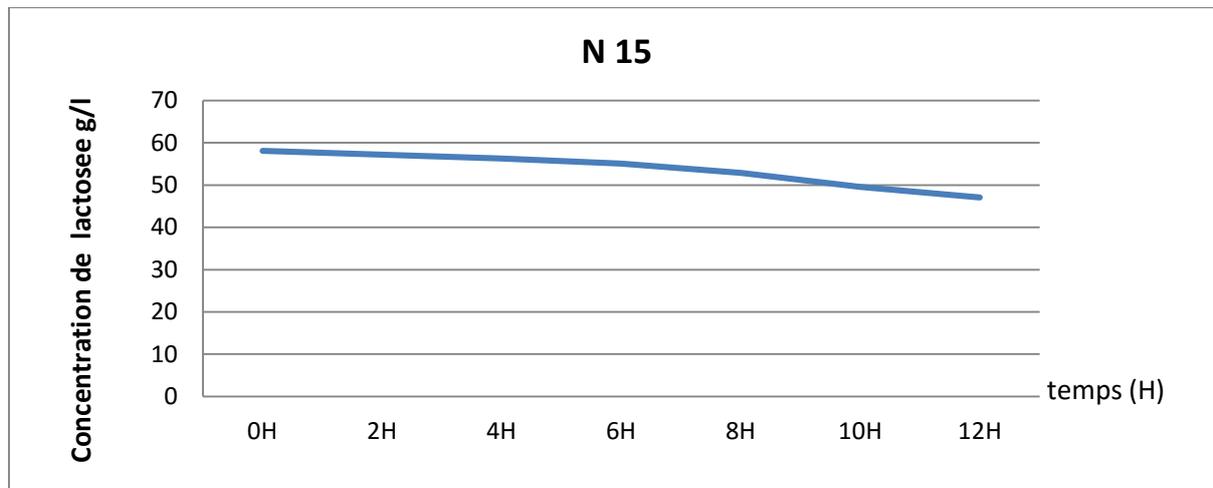


Figure 14 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N 15 en fonction du temps.

La dégradation du lactose par cette souche est moins important durant toutes les 12 heures d'incubation 11 g/l selon la figure 14.

L'activité enzymatique de cette souche a commencé de dégradé une très faible quantité =1.8 g/l du lactose durant les 4 premières heures et augmente la dégradation pendant les 8 heures qui suivent par 9.2 g/l

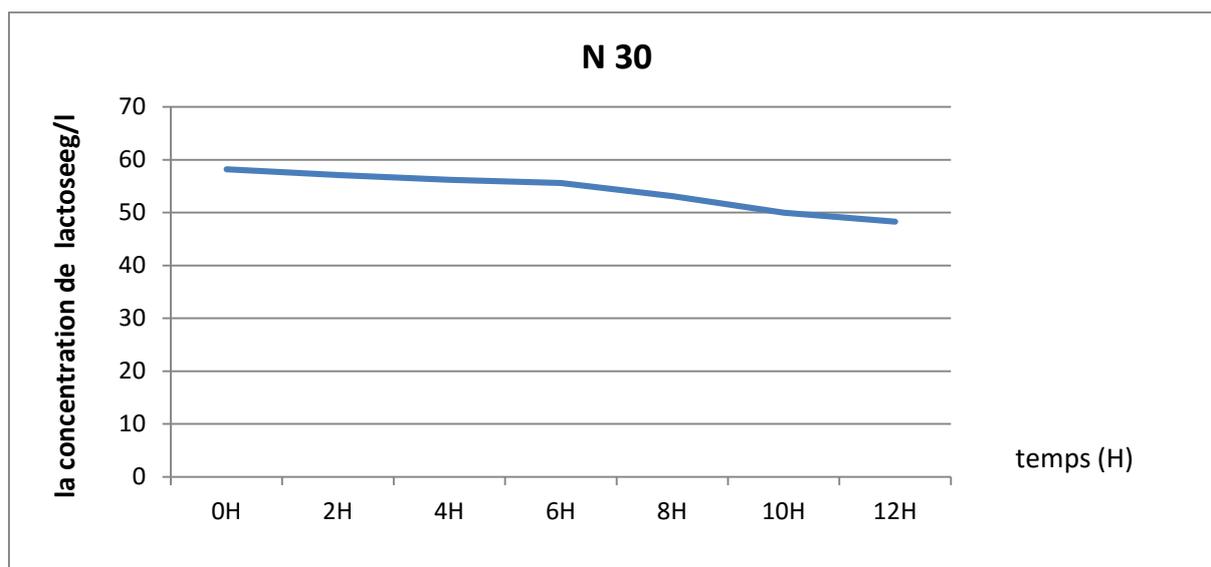


Figure 15 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N30 en fonction du temps.

Durant les 12 heures de fermentation la souche N 30 a dégradé 9.9 g/l du lactose initial. On remarque une faible dégradation durant toutes les heures.

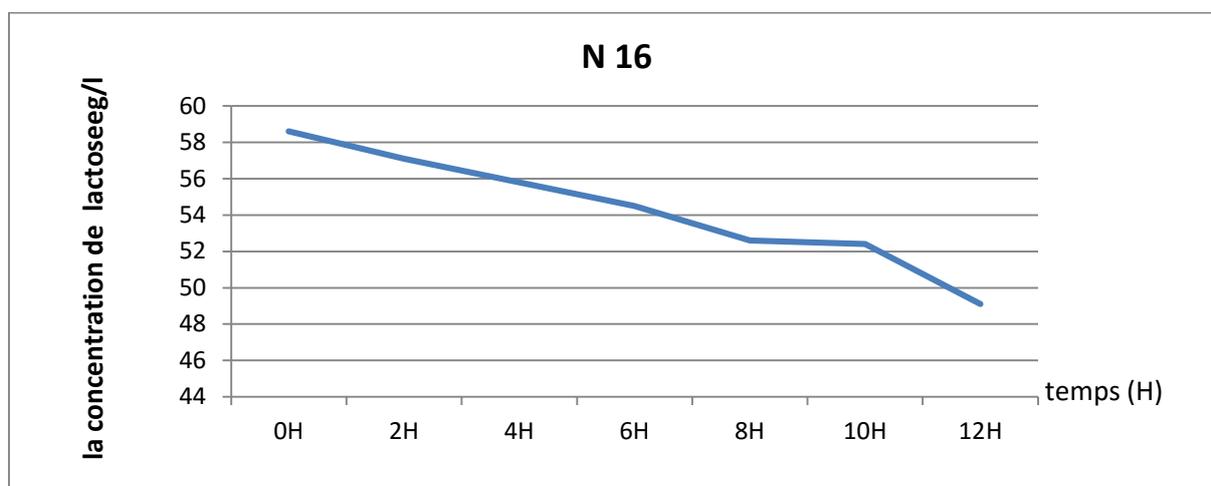


Figure 16 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N16 en fonction du temps.

La souche N16 durant les 4 heures premières, dégrade une faible quantité du lactose par rapport aux 8 heures qui suivent respectivement avec 2.8 g/l et 6.7 g/l.

Pendant la période de la fermentation c'est-à-dire durant les 12 heures, cette souche a dégradé 9.5 g/l du lactose initial, et cette différence n'est pas importante par rapport aux autres souches précédentes.

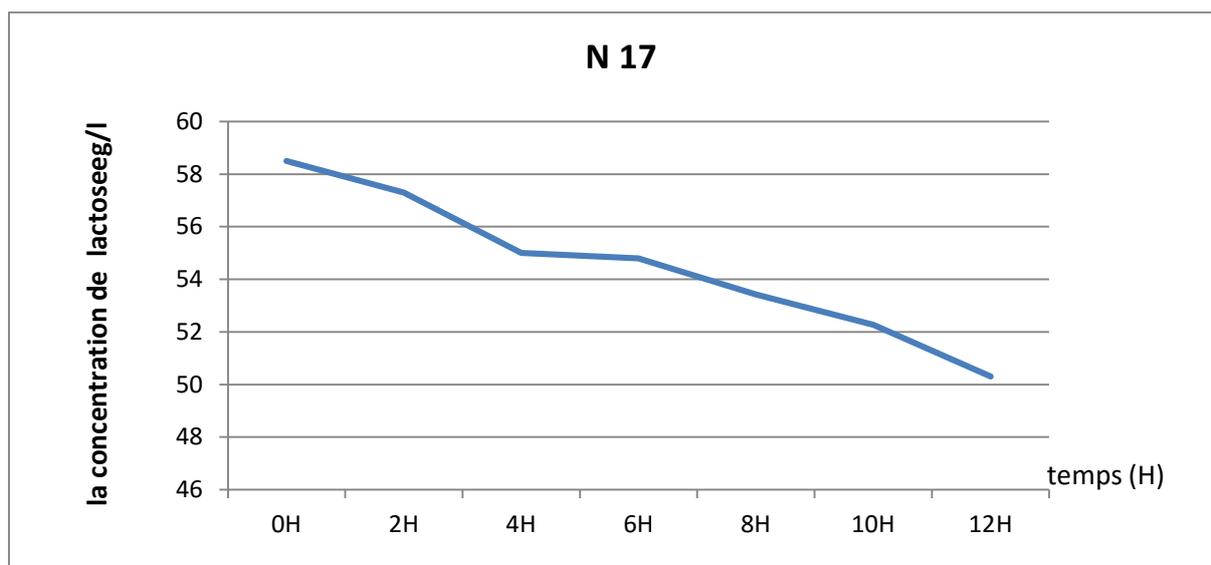


Figure 17 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N17 en fonction du temps.

On remarque que la souche N17 à temps=0h à commencé par 58.5 g/l du lactose, elle a dégradé 3.5g/l du lactose initial pendant les quatre premières heures , par contre on remarque une petite augmentation de la dégradation du lactose après 8 heures qui suivent de fermentation par 4.7g/l.

D’après la figure 17, la dégradation du lactose par cette souche est acceptable par rapport aux autres souches précédentes, la dégradation maximale du lactose au bout des 12 heures d’incubation à 37°C est de 8.2g/l.

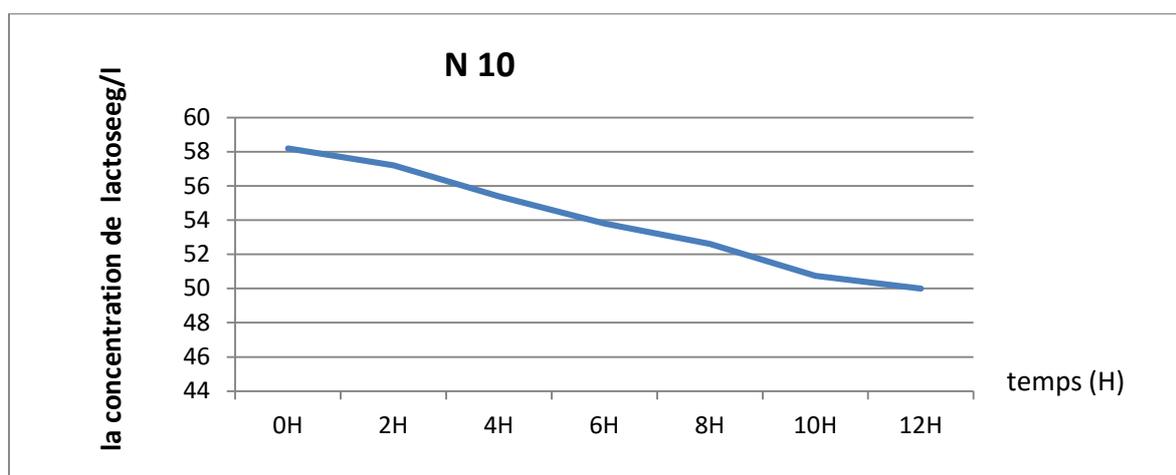


Figure 18 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N10 en fonction du temps.

Le lactose initial de la souche N10= 58.2 g/l, après 4 heures d'incubation on remarque une diminution de 2.8 g/l contrairement aux 8 heures qui suivent on note une augmentation de la dégradation de lactose par 5.4 g/l.

La dégradation maximale du lactose est identique à la souche N 17 = 8.2 g/l.

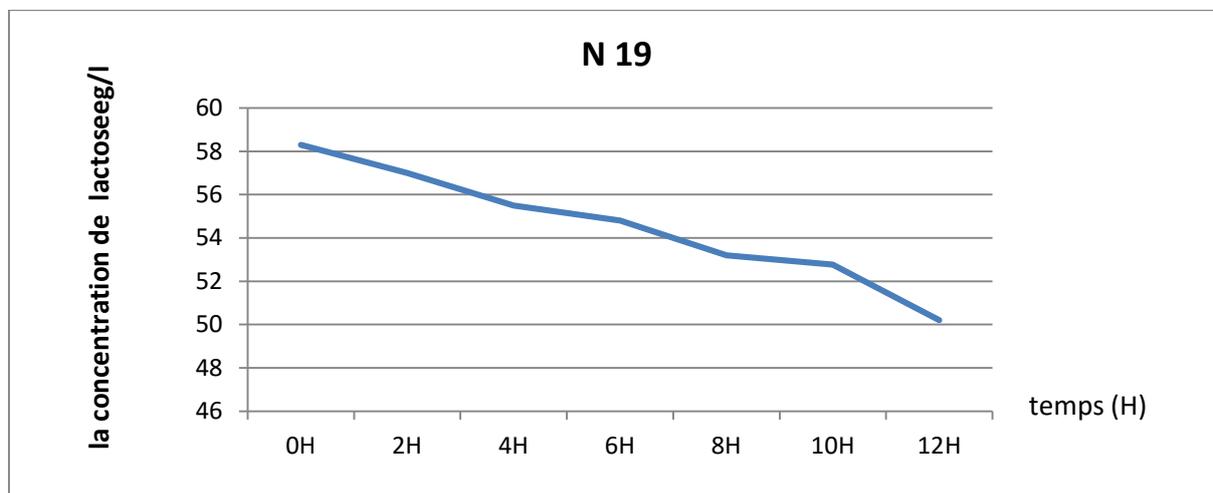


Figure 19 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N19 en fonction du temps.

La souche N19 a débuté avec un taux de lactose= 58.3 g/l, après 4 heures elle a dégradé une quantité de 2.8 g/l par contre de 5.3 g/l pendant les 8 heures suivantes.

La quantité maximale de la dégradation du lactose = 8.1 g/l.

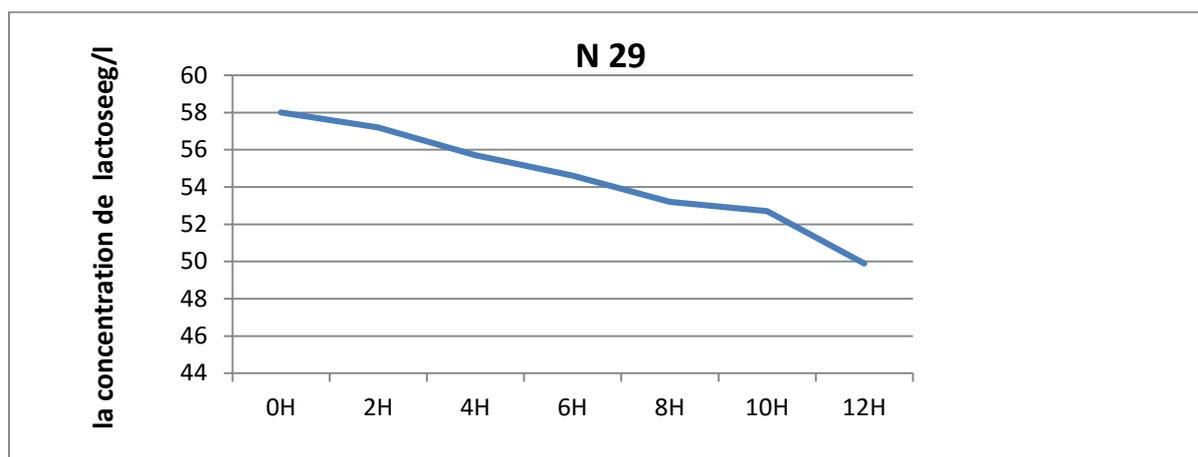


Figure 20 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N 29 en fonction du temps.

Le lactose initial de la souche N29 = 58 g/l, après 4 heures d'incubation on remarque une diminution de 2.3 g/l contrairement aux 8 heures qui suivent on note une augmentation de la dégradation de lactose par 5.8 g/l.

La quantité maximale qu'elle a dégradé cette souche = 8.1 g/l, qu'elle est pareil que la souche N19.

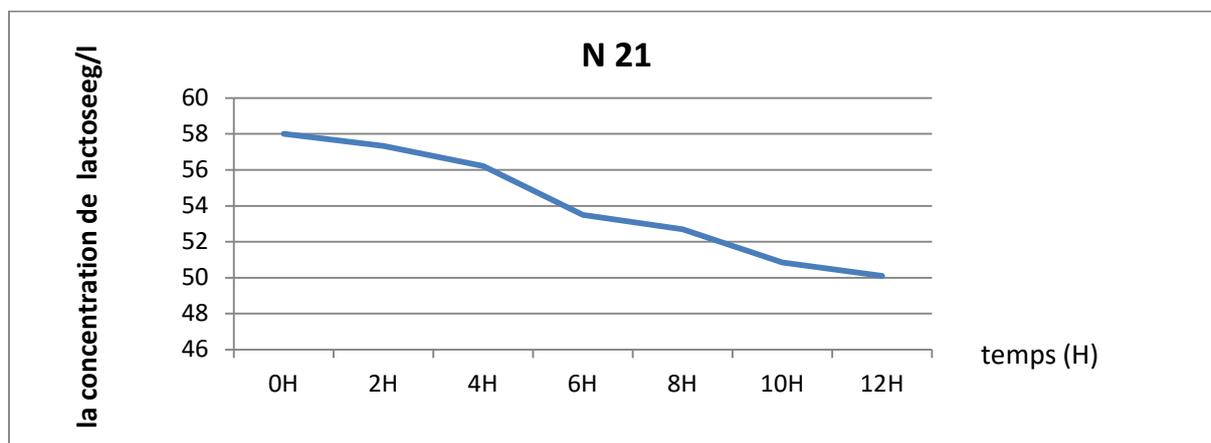


Figure 21 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N21 en fonction du temps.

On remarque que la souche N21 à temps=0h a une quantité du lactose = 58 g/l, elle a dégradé 1.79g/l durant les quatre premières heures, par contre la dégradation du lactose augmente après 8 heures qui suivent de fermentation par 6.11g/l.

D'après la figure 21, la dégradation du lactose par cette souche est moins importante que les autres souches, la quantité maximale de la dégradation du lactose au bout des 12 heures d'incubation à 37°C est de 7.9g/l.

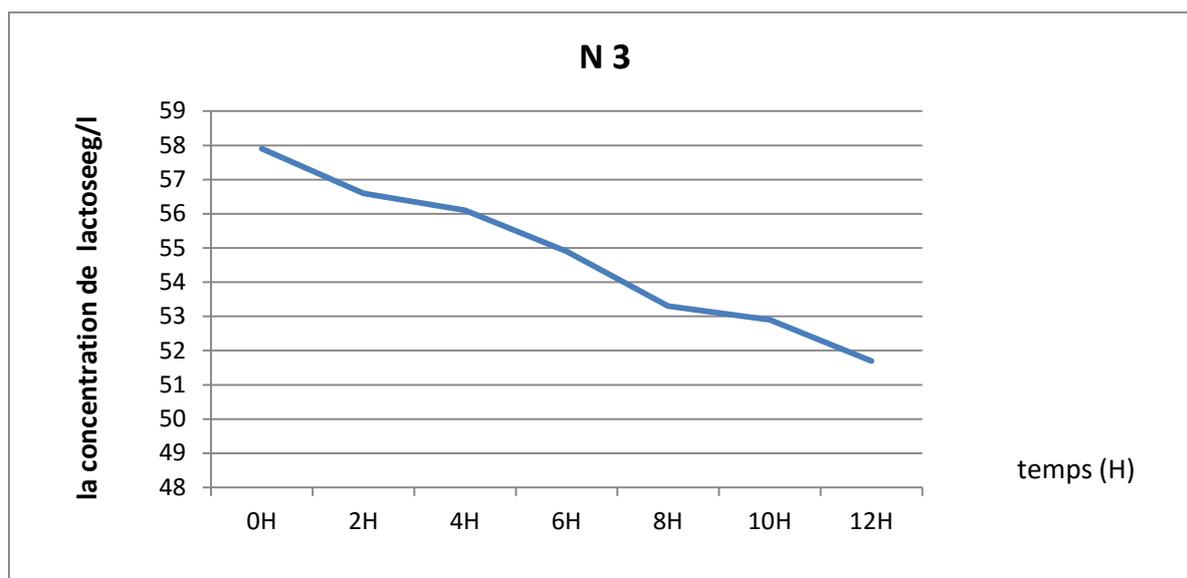


Figure 22 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N3 en fonction du temps.

La souche N3 a débuté avec une quantité de lactose= 57.9g/l, après 4 heures elle a dégradé 1.8 g/l par contre de 4.4 g/l pendant les 8 heures suivantes.

La dégradation maximale du lactose pendant les 12 H de fermentation = 6.2g/l.

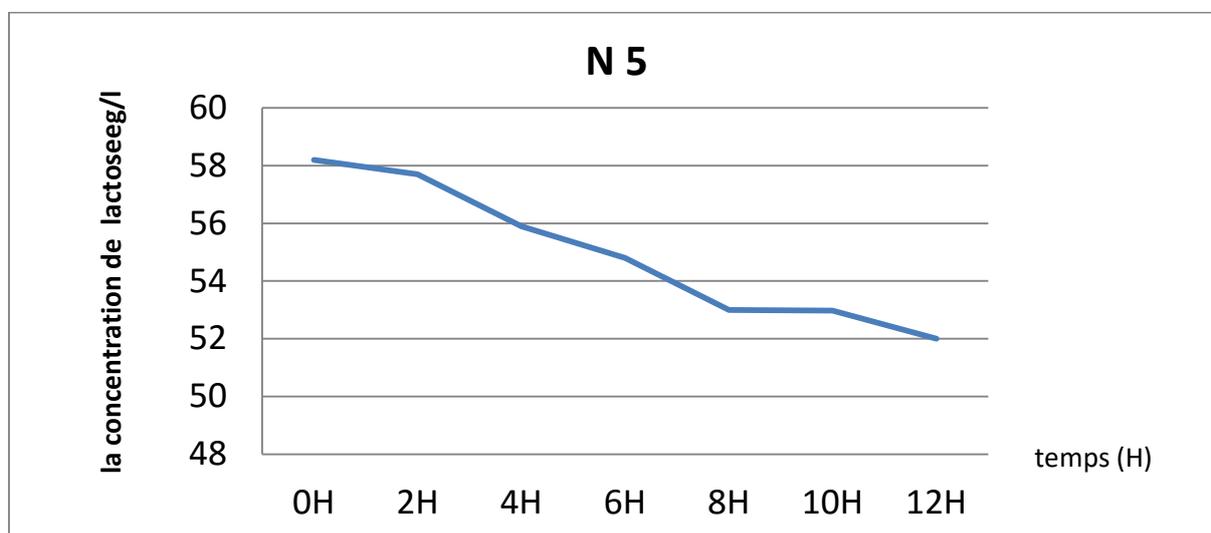


Figure 23 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N 5 en fonction du temps.

Le lactose initial de la souche N 5= 58.2 g/l, après 4 heures d'incubation on remarque une diminution de 2.3 g/l contrairement aux 8 heures qui suivent on note une petite augmentation de la dégradation de lactose par 3.9 g/l.

La quantité maximale qu'elle a dégradé cette souche = 6.2g/l, qu'elle est pareil que la souche N3.

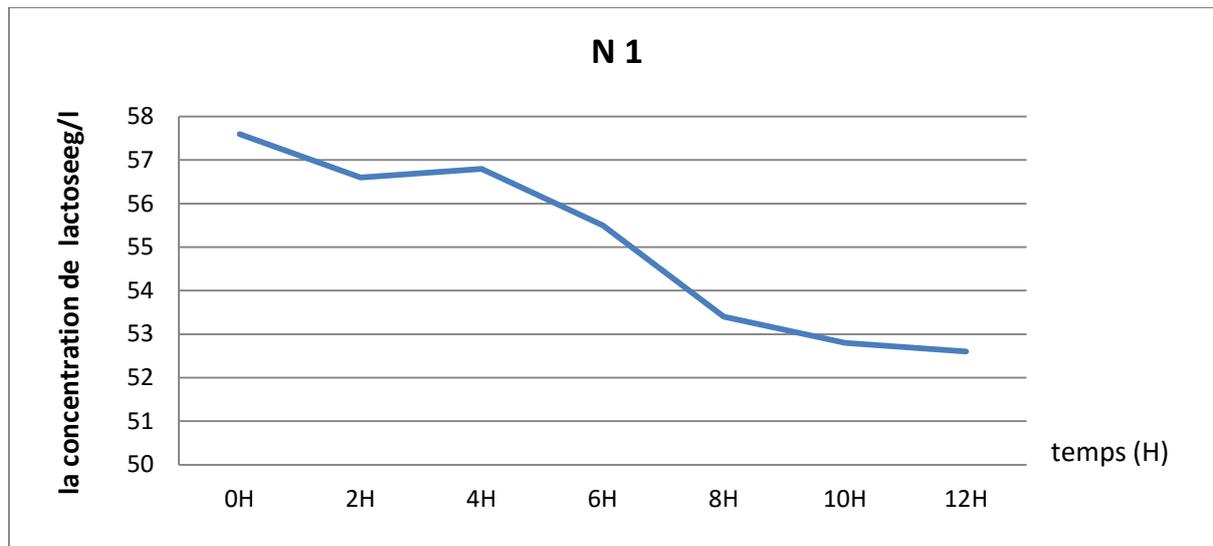


Figure 24 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N1 en fonction du temps.

Le lactose initial de cette souche = 57.6 g/l, selon ce graphe on remarque une dégradation après les 2 heures puis une petite augmentation après les 2 heures qui suivent respectivement avec 1 g/l et 0.2 g/l, Cette augmentation du lactose est due a la souche utilisée.

Après 12 heures de fermentation on observe une dégradation du lactose = 5 g/l.

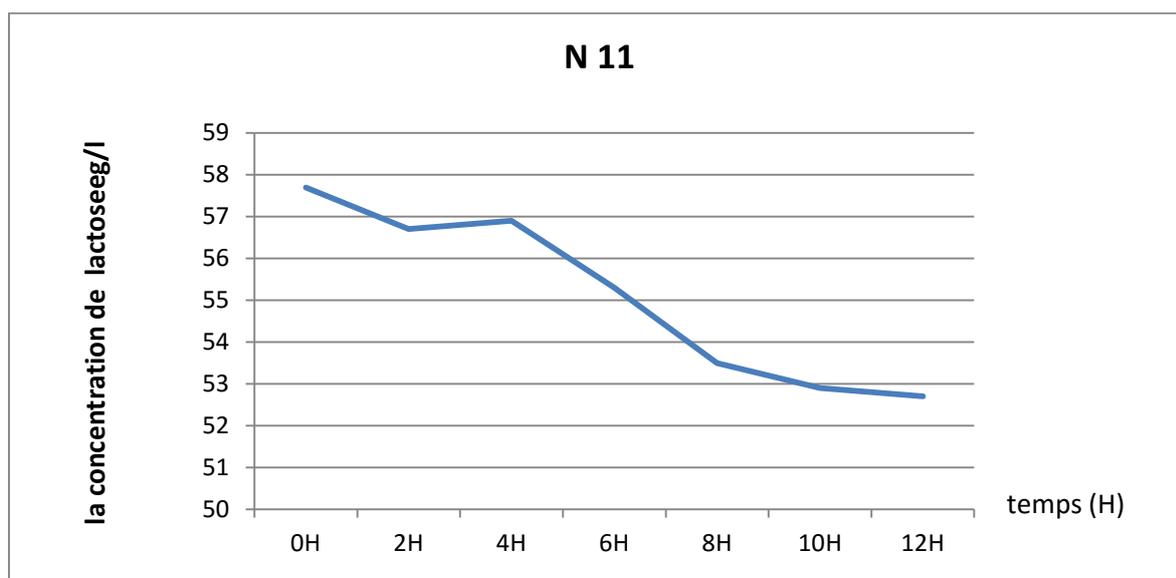


Figure 25 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N11 en fonction du temps.

Le quantité initiale du lactose = 57.7 g/l, selon ce graphe on remarque une dégradation après les 2 heures puis une petite augmentation après les 2 heures qui suivent respectivement avec 1 g/l et 0.2 g/l, Cette augmentation du lactose est due à la souche utilisée.

Après 12 heures de fermentation on observe une dégradation du lactose de N11 et N1 est identique =à 5 g/l.

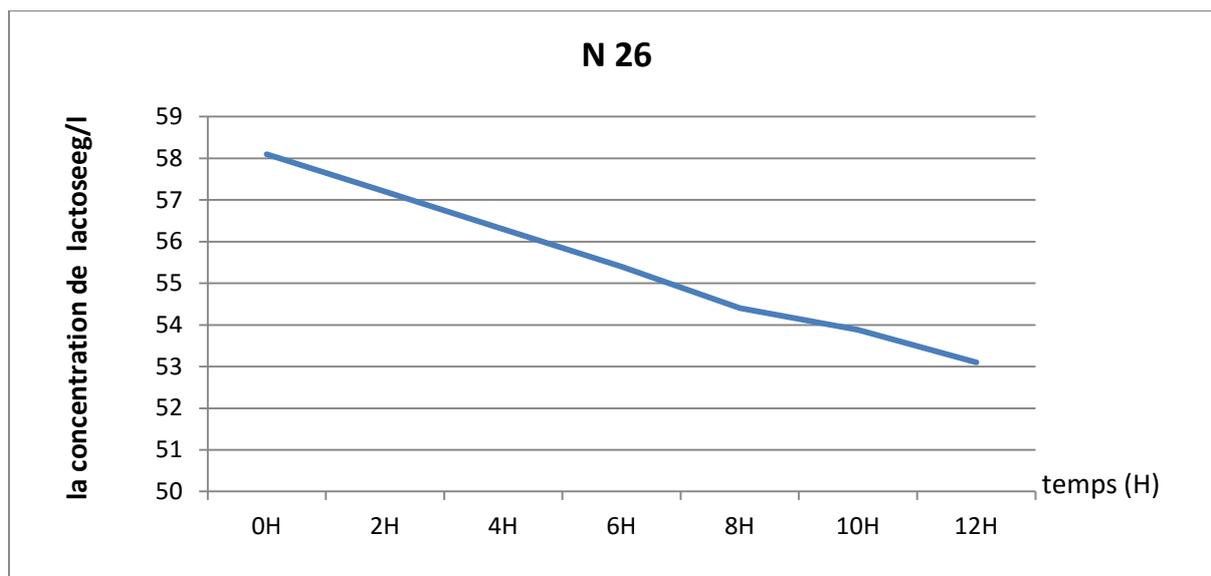


Figure 26 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N26 en fonction du temps.

Le lactose initial = 58.1 g/l, après 4 heures d'incubation on remarque une diminution de 1.8 g/l contrairement aux 8 heures qui suivent on note une petite augmentation de la dégradation du lactose par 3.2 g/l.

La quantité maximale qu'elle a dégradé cette souche est identique avec N1 et N11 est égal à 5 g/l.

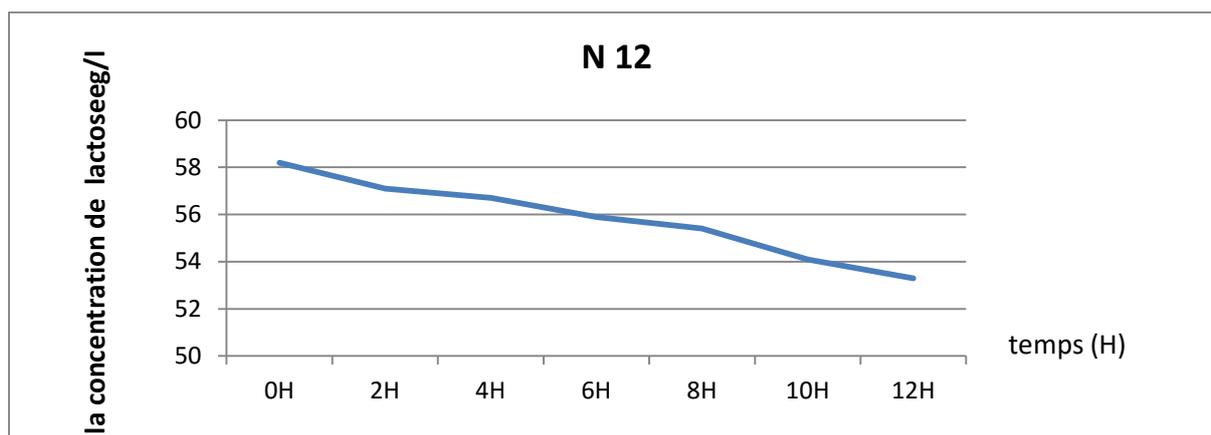


Figure 27 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche en fonction du temps.

Le lactose initial = 58.2 g/l, après 4 heures d'incubation on remarque une diminution de 1.5 g/l contrairement aux 8 heures qui suivent on note une petite augmentation de la dégradation de lactose par 3.4 g/l.

La quantité maximale qu'elle a dégradé cette souche = 4.9 g/l.

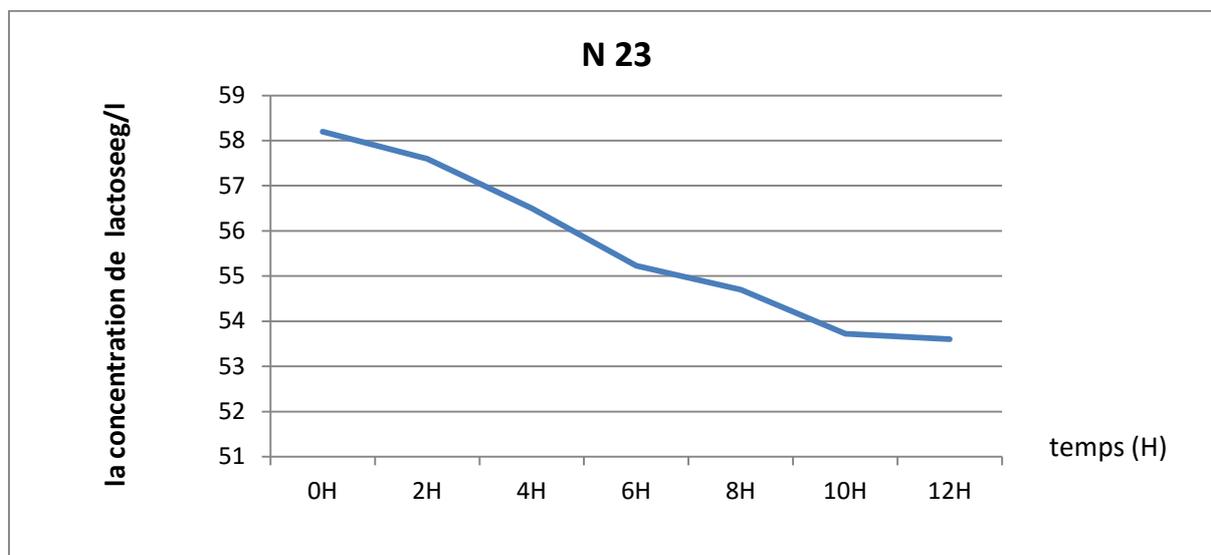


Figure 28 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N23 en fonction du temps.

On remarque que la souche N23 à temps= 0h, a une quantité du lactose = 58.2 g/l, elle a dégradé 1.7 g/l du lactose durant les quatre premières heures et après les 8 heures qui suivent de fermentation 2.9g/l de lactose dégradé.

D'après la figure 28, la dégradation du lactose par cette souche est moins importante par rapport aux autres souches car la dégradation maximale du lactose au bout des 12 heures d'incubation à 37°C est de 4.6 g/l.

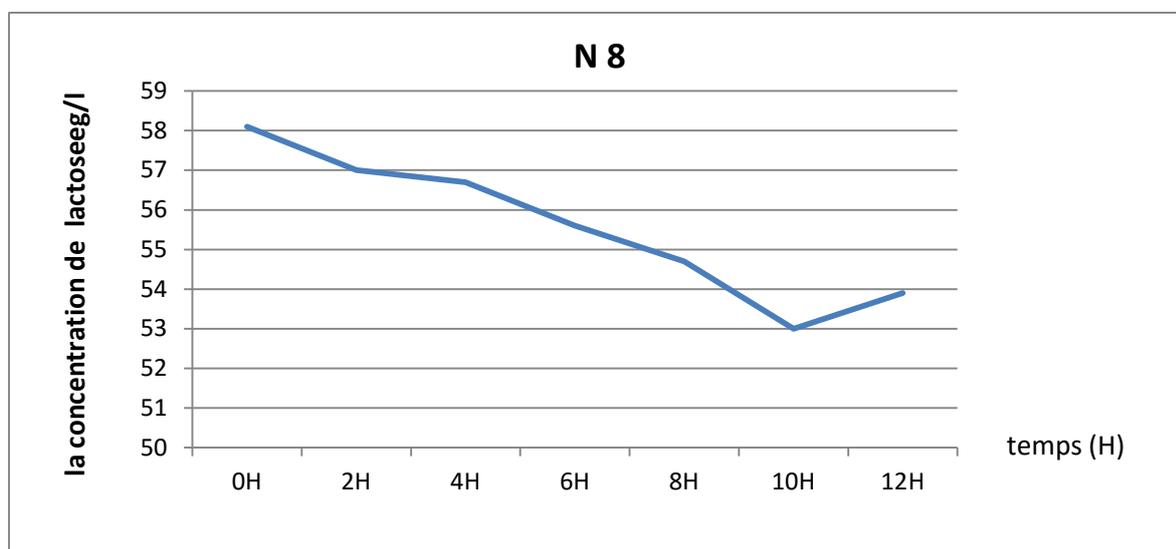


Figure 29 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N8 en fonction du temps.

La souche N08 durant les 4 heures premières, dégrade une faible quantité du lactose par rapport les 8 heures qui suivent respectivement avec 1.4 g/l et 2.8 g/l.

Pendant la période de la fermentation c'est-à-dire durant les 12 heures, cette souche a dégradé 4.2 g/l du lactose initial, et cette différence n'est pas importante par rapport aux autres souches précédentes.

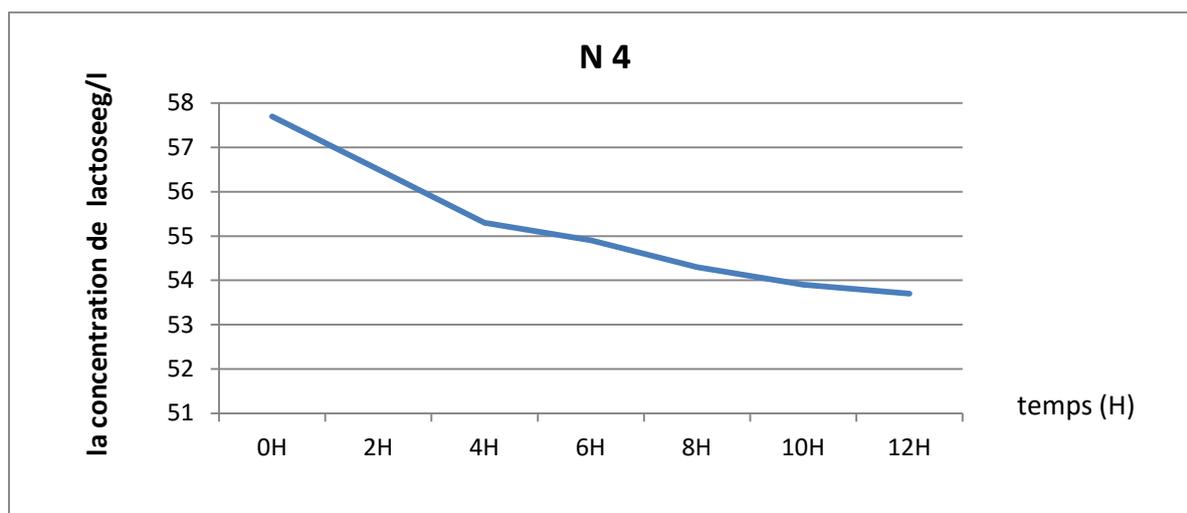


Figure 30 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N 4 en fonction du temps.

On remarque à temps=0h la quantité de lactose est 57.7 g/l, pendant les quatre premières heures elle a dégradé de 2.4 g/l, par contre la dégradation du lactose diminue après 8 heures qui suivent de la fermentation.

D'après la figure 30, la dégradation du lactose par cette souche n'est pas négligeable, la dégradation du lactose au bout des 12 heures d'incubation à 37°C est 4 g/l.

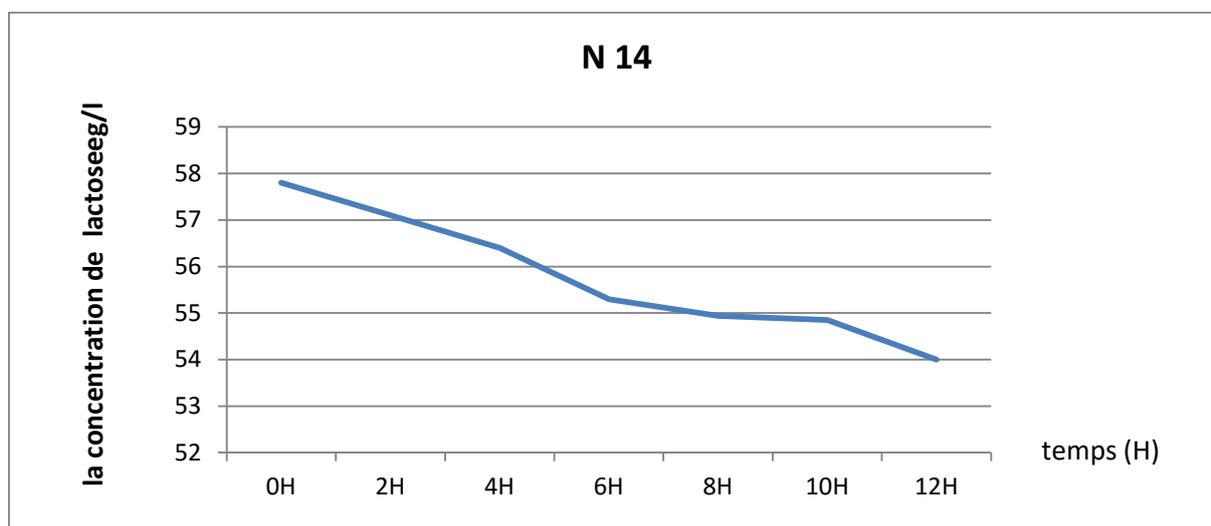


Figure 31 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N 14 en fonction du temps.

La souche N14 durant les 4 heures premières dégrade une faible quantité du lactose 1.4 g/l et de 2.4 g/l pendant les 8 heures suivantes de la fermentation.

Durant les 12 heures, cette souche a dégradé 3.4 g/l du lactose initial 57.8g/l.

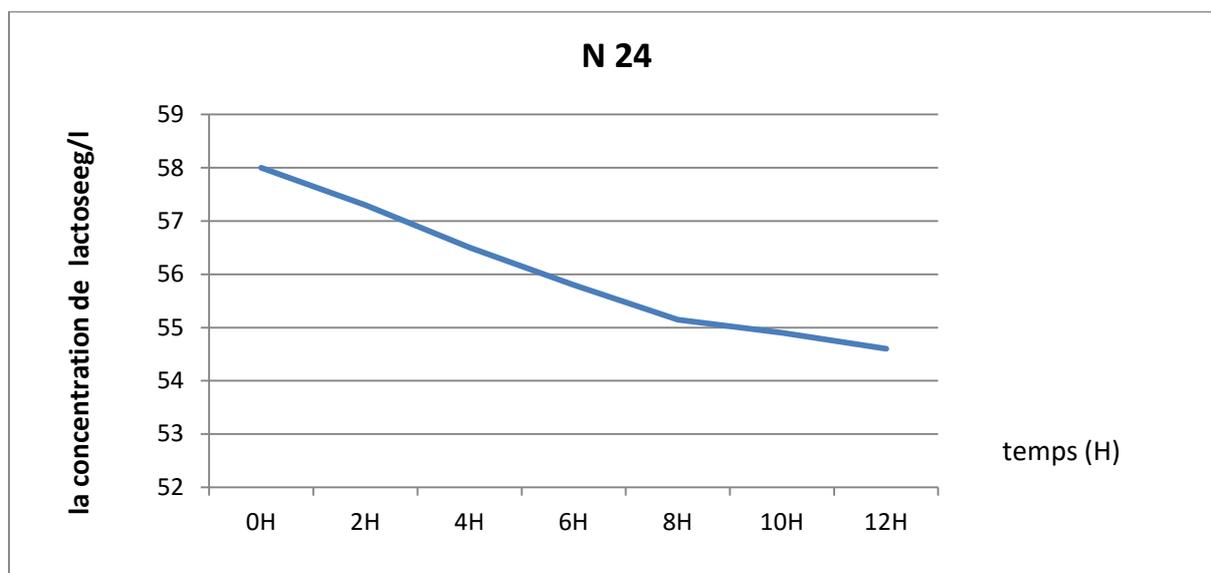


Figure 32 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N 24 en fonction du temps.

Le lactose initial de la souche N24 est 58.0 g/l, après 4 heures d'incubation on note une diminution de 1.5 g/l du lactose contrairement aux 8 heures suivantes de la fermentation il y'a une petite augmentation de la dégradation de lactose égal à 1.9 g/l.

La dégradation du lactose par la souche N24 est identique a la souche N14 égal à 3.4 g/l.

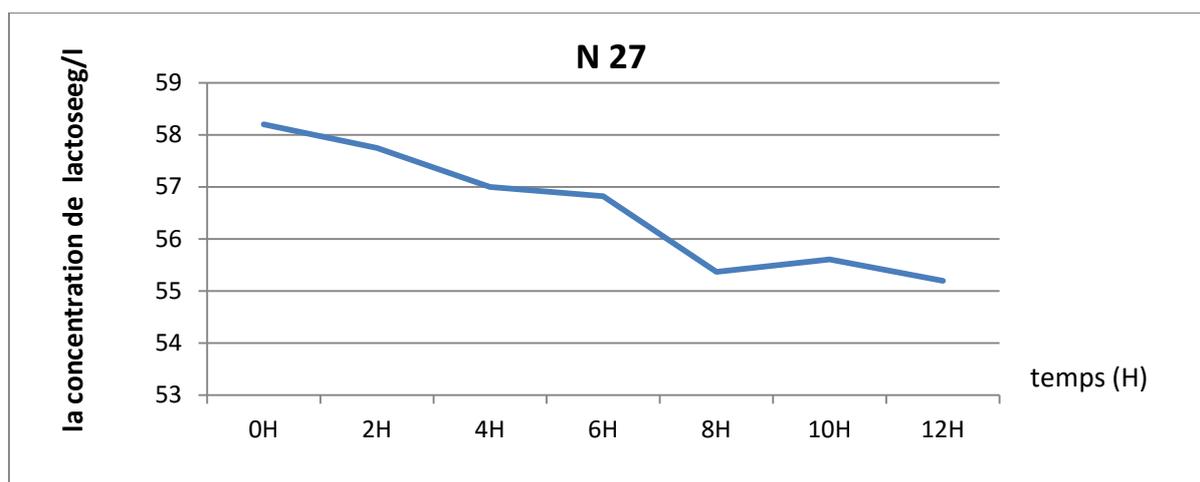


Figure 33 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N 27 en fonction du temps.

Le lactose à temps 0h est 58.2 g/l, durant les quatre premières heures elle a dégradé une quantité de 1.2 g/l de lactose, par contre la dégradation du lactose augmente après 8 heures suivantes de fermentation à 1.8 g/l.

D'après la figure 33, la dégradation du lactose par cette souche est très faible, la quantité maximale de la dégradation du lactose au bout des 12 heures d'incubation à 37°C = 3 g/l.

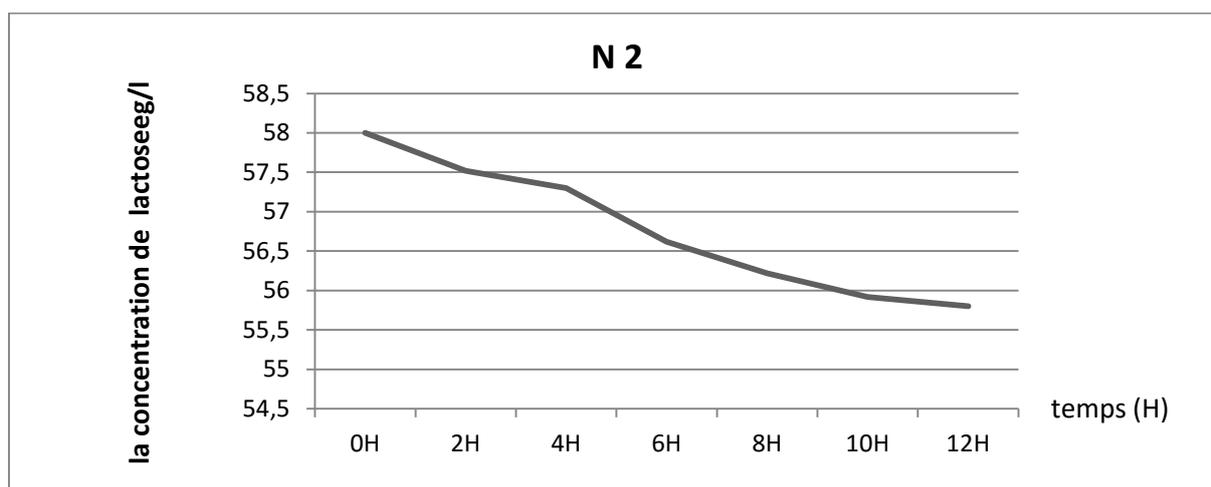


Figure 34 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N 2 en fonction du temps.

On remarque à temps=0h la quantité de lactose est 58 g/l, dès les quatre premières heures la souche a dégradé une quantité de 0.7 g/l de lactose, et la dégradation du lactose après les 8 heures qui suivent de fermentation est 1.5g/l.

D'après la figure 34, la dégradation du lactose par cette souche est négligeable par rapport aux souches étudiées car la concentration maximale de la dégradation du lactose au bout des 12 heures d'incubation à 37°C est 2.2 g/l.

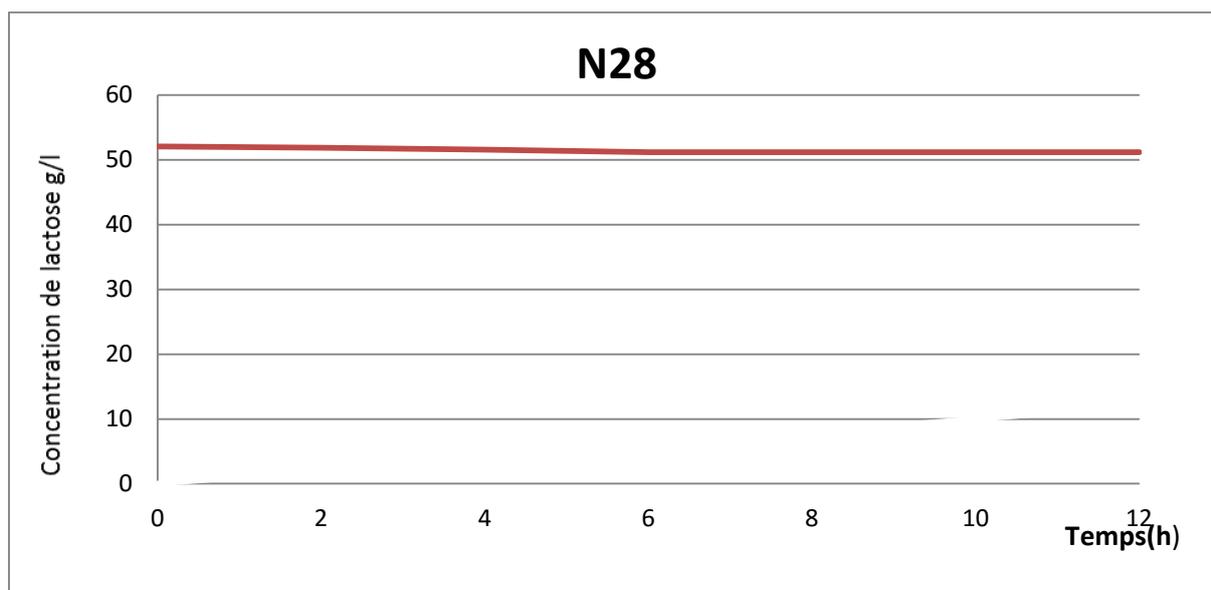


Figure 35 : Evolution de la dégradation de la concentration du lactose par la souche N28 en fonction du temps.

Selon ce graphe on remarque que le la quantité initial du lactose = 52.1 g/l, elle a dégradé 0.5 g/l de lactose dès les quatre premières heures par contre 0.4 g/l de lactose dans les 8 heures suivantes de fermentation due à la stabilisation du taux de lactose 51.6 g/l après les 4 heures jusqu'à 12 heures de fermentation.

D'après la figure 35, la dégradation de lactose par la souche N28 est très négligeable par rapport aux autres souches étudiées car le taux maximal de la dégradation du lactose durant les 12 heures de la fermentation est 0.9 g/l.

Conclusion

La consommation du lait ou ces produits dérivés, peut provoquer des troubles digestifs sévères à certains consommateurs, à cause d'un déficit en lactase qui peut être congénital ou acquis c'est une maladie nutritionnelle connue sous le nom intolérance au lactose.

Certaines bactéries lactiques sont capable de diminuer le lactose dans l'intestin, notamment les bactéries lactiques qui provoquent sa transformation chimique en le dégradant en glucose et galactose

L'objectif principale de ce travail était donc de sélectionner les bactéries lactiques du genre *Lactobacillus sp* isolés de lait de chamelle et lait de chèvre a haut pouvoir de dégradation de lactose en utilisant un milieu de culture à base de lactosérum déprotéinisé, provenant de l'usine de fabrication fromagère Sidi Saada de la wilaya de Relizane.

Les résultats de ce travail se résument comme suit :

Les résultats obtenus ont révélé que le lactosérum déprotéiné peut être considéré comme un milieu de culture adéquat à la croissance des souches lactiques étudiées

les résultats de suivit de la cinétique de dégradation de lactose par souches *Lactobacillus sp* testées ont montré une meilleurs dégradation par les deux souches N 13 et Bbv2 avec les valeurs de 18 g/l et 17.2 g/l respectivement, contrairement à la souche N 28 qu'elle n'as pas vraiment dégradé le lactose à cause a sa faible activité enzymatique.

Nos bactéries lactiques du genre *Lactobacillus sp* testées sont capables de dégrader le lactose et d'exercer des effets bénéfiques sur la sante humaine en portant aide aux personnes intolérantes au lactose.

References bibliographiques

- Absolonne J (1989). Le yaourt adaptation aux objectifs nutritionnels In « lait fermentés :Actualité de la recherche». John Libbey eurotext itd, 153-159.
- Adams MR, Marteau P (1995). On the safety of lactic acid bacteria from food, Int. J. Food Microbiol. 27, 263-264
- Aguirre M, Collins MD (1993) Lactic acid bacteria and human clinical infection. J. Appl. Bacteriol. 75, 95-107.
- Ait Belghanaoui A (2006). Influence d'un traitement probiotique (*Lactobacillus farciminis*) sur les altérations de la sensibilité viscérale liées au stress: rôle de la barrière épithéliale colique. Thèse pour obtenir ingénieur d'état en biologie. Option : contrôle de qualité et analyses 2011.
- Alais C & Linden G (1997). Abrégé de biochimie alimentaire. Ed. Masson, Paris: 16-182.
- Alais C, Linden G et Miclo L (2003). Abrégé de Biochimie alimentaire. Vol 5, Ed. Dunod, Paris, 213-234.
- Amoroso M J, Mancadenara M C, Diver G (1989). The growth and sugar utilization by *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* isolated from market yoghurt, Le lait, 69 : 519-528.
- Amiot J, Fournier S, Lebeuf Y, Paquin P & Simpson R (2002). Composition, propriétés physicochimique et techniques d'analyse du lait. In: Science et technologie du lait, transformation du lait. Ed. Presse internationale polytechnique fondation de technologie laitière du Quebec, INC Montréal, Canada, 324P.
- Anne-Sophie Lubrano-Lavadera (Syndifrais) Nutrition et Produits Laitiers Frais La Lettre Scientifique et Pratique de SYNDIFRAIS N° 4 : intolérance et allergie ; Octobre 2014.
- Boudjema K, (2009). Essai d'optimisation de la production d'acide lactique sur lactosérum par *Streptococcus thermophilus*. Mémoire de magister. Université M'Hamed Bougara: pp 5-19.
- Boyaval P, Terré S et Corre C (1988). Production d'acide lactique à partir de permeat de lactosérum par fermentation continu en réaction à membrane lait: pp 65-84.

- Burgain J (2012). Mal digestion du lactose: formes cliniques et solutions thérapeutiques. Cah Nutr Diet : 47:201-209.
- Cantarel B L, Coutinho P M, Rancurel C, Bernard T & Lombart VandHenrissat (2009) Nucleic Acids Res 37pp233–238.
- Cerf Bensussan N (2002). Un nouvel éclairage sur le rôle direct des bactéries lactiques vivantes dans la digestion du lactose. Yaourts et laits fermentés. Syndifrais, lettre n°8.
- Clinquart A (2005). Les techniques de conservation des Aliments, revue: sciences et technologie, 44, Faculté de médecine vétérinaires. Département des sciences des denrées alimentaires, Université de Liège 3-25.
- DE Roissart H B (1986). Bactéries lactiques. In: Lait et produits laitiers (vache-chèvre-brebis). Ed. APRIA, Paris 343-386.
- Dellaglio Fe, de Roissart H, Torriani S Curk, M C & Janssens D (1994). Caractéristiques générales des bactéries lactiques dans : H de Roissart & F. M. Luquet (éds). Bactéries lactiques : Aspects fondamentaux et technologiques, vol 1, pp.25-116.
- Desmazeaud M (1983). Comment les bactéries lactiques se comportent-elles dans le lait. Technique laitière 976, pp11-14.
- Desmazeaud M (1983). L'état de connaissances en matière nutrition des bactéries lactiques. Le lait : 63, 267-316.
- Desmazeaud M (1998). Bactéries lactiques et la fabrication de fromage. Laboratoire de recherches laitières. INRA. Jouy-en-Josas 1 p.
- Dilmi Bouras A (2002). Suivre de *Streptococcus thermophilus* et de *Lactobacillus bulgaricus* et leurs actions sur le métabolisme du cholestérol. Thèse de doctorat d'état. INA EL Harrach, Alger 1-99.
- Dilmi Bouras A, Koiche M, Tabti M (2007). The effect of *Lactobacillus paracasei* on the rabbit's cholesterolemia. African journal of biotechnology, Vol.6 (24): 2840-2845.
- Doleys Y (2002). Production en continu de ferments lactiques probiotiques par la technique des cellules immobilisées. Faculté des études supérieures de l'université Laval Québec, pp 5- 8.
- Douault S et Corthier G (2000). Effets des bactéries lactiques ingérées avec les laits fermentés sur la santé. INRA, EDP Sciences, pp 102-104.

- Droult S, Anba J & Corthier G (2002). *Streptococcus thermophilus* is able to produce a bêta-galactosidase active during its transit in the digestive of germ free mice. Appl. Environ. Microbiol. 68(2): 936-941.
- Emond L (2004). Conseils nutritionnels, intolerance au lactose. <http://www.servicevie.com/02santé/intoléranceaulactose/I/63%/alimentsprivilegiéetaeviter/C.lactoseetsanté-20/santé.html>.
- EUFIC(1999) The European Food Information Council.
- Federighi M (2005). Bactériologie alimentaire compendium d'hygiène des aliments 2 ed. Economica. Paris, pp 224-233.
- Garrity G, Brenner D, Krieg N et Staley J (2008). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. The Firmicutes Originally published by Williams and Wilkins, 1984, 2nd ed. Hardcover. Vol: 3: 1450 p.
- Givry L (2006) Optimisation de la fermentation lactique sur sirop de son de blé et purification d'une arabinose isomérase de *Lactobacillus bifementans*, Thèse de doctorat. Université de Champagne Ardenne Reims, 184P.
- Hadeif S (2012) Evaluation des aptitudes technologiques et Propriétés des lactiques locales. Mémoire de magister, pp 7-8.
- HakOu Triple (2011) publié à 17:08 le mardi 1 mars. Blog. Biologie.
- Harvey CB, Fox MF, Jeggo PA, Mantei N, Povey S & Swallow DM (1993). "Regional localization of the lactase-phlorizin hydrolase gene, LCT, to chromosome 2q21". Annals of Human.
- Ho T N T, Tuan N, Deschamps A et Caubet R.(2007). Isolation and identification lactic acid bacteria (LAB) of the Nem Chua fermented meat product Vietnam. Int. Workshop on Food Safety and Processing Technology, pp 134-142. Hogg T, (2005). Essential microbiology. John Wiley and Sons. Ltd, pp188-190.
- Jacob R, Zimmer K P & Naim H Y(1997). The apical sorting of lactose-phlorizin hydrolase implicates sorting sequences found in the mature domain. Eur. J. Cell. Biol., 72: 54-60.
- Juers D H, Matthews B W & Huber R (2013). Protein Sci 21.12, pp 1792-1807.
- Kravchenko E F(1989) Whey beverages. Bulletin of IDF, 233, 6, 61-67.
- Krieg N R (2001). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Ed. Vol: 1. Garrity G, Boone D, Castenholz W (1984) The Archaea and the Deeply

Branching and Phototrophic Bacteria. Originally published by Williams and Wilkins. 2nd ed. Hardcover: 721p.

- Larpent J P (1989). Les bactéries lactiques, Les microorganismes de fermentations dans: Microbiologie alimentaire. Tome 2, Bourgeois, CP, Larpent JP. Eds. Techniques et documentation Lavoisier, pp: 3-15.
- Lecleire S (2008). Digestion et absorption des nutriments. Vol.1. Ed: Masson, Paris, 45-50.
- Lewis VP & Yang S T (1992). A novel extrative fermentation process for propionic acid production from whey lactose. *Biotechnology Progress*, 8, 104-110.
- Lomer M C, Parkes G C & Sanderson JD (2008). Lactose intolerance in clinical practice- myths and realities.
- Luquet F M (1986). Lait et produits laitiers (vache, brebis, chèvre, T3., qualité, énergie et tables décomposition). Ed .Technique et Documentation. Paris, pp 343-442.
- Mahoney R R(2003). *Encyclopedia of Dairy sciences* Academic Press London 2 pp 907-914.
- Mantei N, Villa M, Enzler T, Wacker H, Boll W, James P, Hunziker W & Semenza G (1988). "Complete primary structure of human and rabbit lactase-phlorizin hydrolase: implications for biosynthesis, membrane anchoring and evolution of the enzyme". *The EMBO Journal*. 7 (9): 2705–13. PMC 457059 . PMID 2460343.
- Marion W G, Angelika Hayer, Muriel Jaquet & Annette Matzke, Suisse (2013). Société Suisse de Nutrition SSN.
- Marteau A & Marteau P (2005). Entre intolérance au lactose et mal digestion. *Cah.Nutr. Diet.*, 40 (Sppl.1) : S20-S23.
- Mathien J (1998). Guide technologique des IAA : Initiation à la physico-chimie du lait. Ed. Tec et doc. Lavoisier, Paris, 13-18.
- Morabito D & Fick M (1992). Valorisation du lactosérum, un co-produit des industries laitières et fromagères. Ecole de Printemps, Génie des procédés et protection de l'environnement Nancy, Thème de la Valorisation.
- Moulin G & Golzy P (1984). Whey a potential substrat for biotechnology. Ed. RUSSELL, G E. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, vol. 1: 347-374.

- Novel G (1993). Les bacteries lactiques in. Microbiologie industrielle, les microorganismes d'intérêt industriel. Ed. Technique et Documentation Lavoisier : 614p.
- Novel G (1993). Les bactéries lactiques dans: Microbiologie industrielle, les microorganismes d'intérêt industriel. Leveau, J Y, Bouix M, Tech. et Doc. Lavoisier Paris, pp:170-374.
- Pougheon S & Goursaud J (2001). Le lait. Caractéristiques physicochimiques. Ed : Tec et Doc., Lavoisier, Paris, 9-91.
- Prescott L M, Harley J P & Klein D A (2003). Microbiologie. Vol.2, Ed : De Boeck, Bruxelles, 275-277.
- Raisonier A (2001). Cours de biologie génique. Université Pierre et Marie Curie, Faculté de médecine, Pitie sal Petriere, 71-73.
- Raul F (2001). Lait: Nutrition et santé. Lactose et intolérance au lactose. Ed : Tec et Doc. Lavoisier, Paris, 341-351.
- Raynaud S (2006). Régulation métabolique et transcriptionnelle de l'autoacidification chez *Lactococcus lactis*. Thèse pour obtenir le grade de docteur. Spécialité : Sciences Écologiques, Vétérinaires, Agronomiques et bioingénieries.
- Roissart H, Torriani S, Curk M C & Janssens D (1994). Caractéristiques générales des bactéries lactiques. In Bactéries Lactiques. Ed. H Roissart et F M. Luquet. Paris: Lavoisier, pp 25-116.
- Romain J, Roignant M & Gerad B (2000). Génie des procédés appliqué à l'industrie laitière. Ed. Tec. Et Doc., Paris, 139-150.
- Romain J, Thomas G, Michel M, Pierre S & Gérard B (2008). Les produits laitiers deuxième édition. Lavoisier, p 170.
- Salminen S, Wright A, Morelli LP & Brassart D (1998). de Vos WM, Demonstration of safety of probiotics a review. Int. J. Food Microbiol. 44 : 93-106.
- Satiiez P & Luquet FM (1972). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. vol 2. Ed. by KON.SK. Tec & Doc, 10-24.
- Schaafsma G (2008). Lactose and lactose derivatives as bioactive ingredients in human. Nutrition. Int Dairy J. 18 : 458-65.

- Scriban R (1999). Biotechnologie. Vol 5. Ed. Tec & Doc. Lavoisier, Paris 1042 : 329-338.
- Stewart GF & Amerine MA (1973). Introduction to food science and technology. Ed. Academie press, Paris, p 256.
- Stiles M E & Holzapfel W H (1997). Lactic acid bacteria of foods and their current Taxonomy. International Journal of Food. Microbiology: 36 : pp1-29.
- Sylact (1991). Les lactosérums : Produits du lait aux utilisations multiples, Sylact, Paris.
- Terre S (1986). Propriétés technologiques, nutritionnelles et physiologiques de *S. thermophilus* et *L. bulgaricus*. Technique laitière et marketing 1006 : 26-39.
- Thomas G, Romain J & Gérard B (2008). Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Ed. TEC & DOC. Lavoisier, p 11-12.
- Vandamme P, Pot B, Gillis M, Devos P, Keresters K & Swwings J (1996). Polyphasic taxonomy a consensus approach to bacterial systematic. Microbiol. Rev. 60 : p 407.
- Veisseyre R (1975). Technologie du lait. Ed. La Maison Rustique, 250-275.
- Waker H, Keller P & Falchettor R (1992) Localisation of the two catalytic sites in intestinal lactase, phlorizin hydrolase. J. Biol. Chemin 267 : 18744-18752.
- [www.cniel.com /publicat/Questions_sur/pdf/QS_30.pdf](http://www.cniel.com/publicat/Questions_sur/pdf/QS_30.pdf) (2009) Les bactéries lactiques, ferments de la vie.
- Zadow J G (1989). Fermentation of whey and permeate, Bulletin of the IDF, 233, 5: 53-60.
- Zourari A, Accolas JP & Desmazeaud M J (1992). Métabolism and biochemical characteristics of yoghurt bacteria. Le lait, 72 : 1-34.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Teneur en lactose dans les produits laitiers.....	5
Tableau 2 : Composition moyenne des deux types de lactosérum produits en fromagerie... 	21
Tableau 3 : La composition biochimique du lactosérum acide (pure et traité).....	30

Liste des figures

Figure 1 : Structure chimique du lactose.....	4
Figure 2 : Synthèse du lactose.....	5
Figure 3 : Mécanismes de maldigestion du lactose	11
Figure 4 : Voies homofermentaire et hétérofermentaire de la dégradation du glucose.....	15
Figure 5 : Principales transformations industrielles du lactosérum.....	22
Figure 6 : Valorisation indirecte du lactosérum.....	23
Figure 7 : Diagramme de déprotéinisation du lactosérum.....	27
Figure 8 : Protocole de préparation de préculture.....	29
Figure 9 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N13 en fonction du temps.....	31
Figure 10 : Evolution de la concentration en lactose par la souche BbV₂ en fonction du temps.....	32
Figure 11 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N22 en fonction du temps.....	32
Figure 12 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N31 en fonction du temps.....	33
Figure 13 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N20 en fonction du temps.....	33
Figure 14 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N15 en fonction du temps.....	34
Figure 15 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N30 en fonction du temps.....	35
Figure 16 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N16 en fonction du temps.....	35
Figure 17 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N17 en fonction du temps.....	36
Figure 18 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N10 en fonction du temps.....	36
Figure 19 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N19 en fonction du temps.....	37

Figure 20 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N29 en fonction du temps.....	37
Figure 21 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N21 en fonction du temps.....	38
Figure 22 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N3 en fonction du temps.....	39
Figure 23 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N5 en fonction du temps.....	39
Figure 24 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N1 en fonction du temps.....	40
Figure 25 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N11 en fonction du temps.....	40
Figure 26 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N26 en fonction du temps.....	41
Figure 27 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N12 en fonction du temps.....	42
Figure 28 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N23 en fonction du temps.....	42
Figure 29 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N8 en fonction du temps.....	43
Figure 30 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N4 en fonction du temps.....	44
Figure 31 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N14 en fonction du temps.....	44
Figure 32 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N24 en fonction du temps.....	45
Figure 33 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N27 en fonction du temps.....	45
Figure 34 : Evolution de la concentration en lactose par la souche N2 en fonction du temps.....	46
Figure 35 : Evolution de la concentration en lactose par N28 en fonction du temps.....	47

Annexes

Milieu MRS bouillon (250ml) :

Composition (g/l) :

Peptone de caséine	2.5
Extrait de viande	2
Extrait de levure	1
Glucose	5
Hydrogénophosphate dipotassique	0.5
Tween 80	0.25
Hydrogénocitrate di-ammonium	0.5
Acétate de sodium	1.25
Sulfate de magnésium	0.05
Sulfate de manganèse	0.01
Eau distillé	250 ml



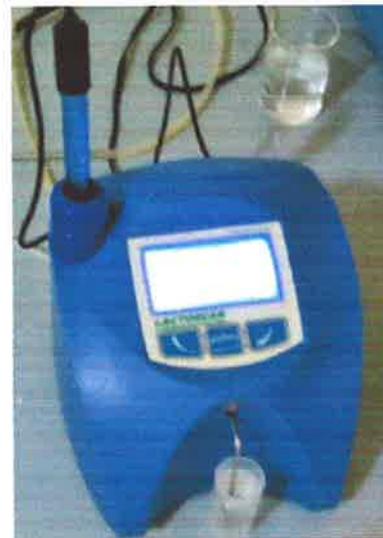
Agitateur



Balance



pH mètre



Lactoscan



Etuve

Résumé

Les bactéries lactiques sont très utilisées en industrie agro alimentaire. Les 27 souches utilisées dans notre étude sont du genre *Lactobacillus sp* qui produisent la β -galactosidase.

L'objectif de ce travail consiste à étudier la transformation du lactose par les *Lactobacillus sp*. dans un milieu de culture à base de lactosérum acide et stérilisé.

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une grande variation de dégradation de lactose entre les souches étudiées.

Ces résultats nous laissent conclure que parmi les 27 souches testées, les souches N13 et Bbv2 représentent une forte activité enzymatique en β -galactosidase, puisqu'elles dégradent le lactose en quantité très importante, par rapport aux autres souches notamment la N28, qui présentait la plus faible activité enzymatique.

Abstract

Lactic acid bacteria are widely used in the food industry. The 27 strains used in our study are of the genus *Lactobacillus sp* that produce β -galactosidase.

The objective of this work is to study the transformation of lactose by *Lactobacillus sp*. in a culture medium based on acidic whey and sterilized.

The results obtained show that there is a large variation in lactose degradation between the strains studied.

These results allow us to conclude that among the 27 strains tested, strains N13 and Bbv2 represent a strong enzymatic activity in β -galactosidase, since they degrade lactose in a very large amount, compared to other strains including N28, which had the lower enzymatic activity.