

UNIVERSITE MOHAMMED V - RABAT
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT-

ANNEE: 2017

THESE N°: 130

**BACTERIES LACTIQUES :
USAGE ALIMENTAIRE**

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le :

PAR

Mr. Hamza MORCHIDE EL IDRISSE

Né le 11 Décembre 1993 à Casablanca

Pour l'Obtention du Doctorat en Pharmacie

MOTS CLES : Fermentation – *Lactobacillus. bulgaricus* – *Streptococcus. thermophilus* –
Bactériocines – Probiotiques.

JURY

Mr. M. ZOUHDI

Professeur de Microbiologie

PRESIDENT

Mme. S. EL HAMZAOU

Professeur de Microbiologie

RAPPORTEUR

Mr. A. ZRARA

Professeur d'Immunologie

Mme. S. TELLAL

Professeur de Biochimie

JUGES

Mr. E. BOUAITI

Professeur d'Epidémiologie



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا

إنك أنت العليم الحكيم

سورة البقرة: الآية: 31



بِسْمِ اللَّهِ
الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT

DOYENS HONORAIRES :

1962 – 1969 : Professeur Abdelmalek FARAJ
1969 – 1974 : Professeur Abdellatif BERBICH
1974 – 1981 : Professeur Bachir LAZRAK
1981 – 1989 : Professeur Taieb CHKILI
1989 – 1997 : Professeur Mohamed Tahar ALAOUI
1997 – 2003 : Professeur Abdelmajid BELMAHI
2003 – 2013 : Professeur Najia HAJJAJ - HASSOUNI



ADMINISTRATION :

Doyen : Professeur Mohamed ADNAOUI
Vice Doyen chargé des Affaires Académiques et étudiantes
Professeur Mohammed AHALLAT
Vice Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération
Professeur Taoufiq DAKKA
Vice Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie
Professeur Jamal TAOUFIK
Secrétaire Général : Mr. Mohamed KARRA

1- ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS

**ET
PHARMACIENS**

PROFESSEURS :

Décembre 1984

Pr. MAAOUNI Abdelaziz	Médecine Interne – <i>Clinique Royale</i>
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi	Anesthésie -Réanimation
Pr. SETTAF Abdellatif	pathologie Chirurgicale

Novembre et Décembre 1985

Pr. BENSALD Younes	Pathologie Chirurgicale
--------------------	-------------------------

Janvier, Février et Décembre 1987

Pr. CHAHED OUZZANI Houria	Gastro-Entérologie
Pr. LACHKAR Hassan	Médecine Interne
Pr. YAHYAOUI Mohamed	Neurologie

Décembre 1988

Pr. BENHAMAMOUCH Mohamed Najib	Chirurgie Pédiatrique
Pr. DAFIRI Rachida	Radiologie

Décembre 1989

Pr. ADNAOUI Mohamed
Pr. CHAD Bouziane
Pr. OUAZZANI Taïbi Mohamed Réda

Médecine Interne – Doyen de la FMPR
Pathologie Chirurgicale
Neurologie

Janvier et Novembre 1990

Pr. CHKOFF Rachid
Pr. HACHIM Mohammed*
Pr. KHARBACH Aïcha
Pr. MANSOURI Fatima
Pr. TAZI Saoud Anas

Pathologie Chirurgicale
Médecine-Interne
Gynécologie -Obstétrique
Anatomie-Pathologique
Anesthésie Réanimation

Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AL HAMANY Zaïtounia
Pr. AZZOUZI Abderrahim
Pr. BAYAHIA Rabéa
Pr. BELKOUCHI Abdelkader
Pr. BENCHEKROUN Belabbes Abdellatif
Pr. BENSOU DA Yahia
Pr. BERRAHO Amina
Pr. BEZZAD Rachid
Pr. CHABRAOUI Layachi
Pr. CHERRAH Yahia
Pr. CHOKAIRI Omar
Pr. KHATTAB Mohamed
Pr. SOULAYMANI Rachida
Pr. TAOUFIK Jamal

Anatomie-Pathologique
Anesthésie Réanimation – Doyen de la FMPO
Néphrologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Pharmacie galénique
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Biochimie et Chimie
Pharmacologie
Histologie Embryologie
Pédiatrie
Pharmacologie – Dir. du Centre National PV
Chimie thérapeutique V.D à la pharmacie+Dir du CEDOC

Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed
Pr. BENSOU DA Adil
Pr. BOUJIDA Mohamed Najib
Pr. CHAHED OUAZZANI Laaziza
Pr. CHRAIBI Chafiq
Pr. DEHAYNI Mohamed*
Pr. EL OUAHABI Abdessamad
Pr. FELLAT Rokaya
Pr. GHAFIR Driss*
Pr. JIDDANE Mohamed
Pr. TAGHY Ahmed
Pr. ZOUHDI Mimoun

Chirurgie Générale V.D Aff. Acad. et Estud
Anesthésie Réanimation
Radiologie
Gastro-Entérologie
Gynécologie Obstétrique
Gynécologie Obstétrique
Neurochirurgie
Cardiologie
Médecine Interne
Anatomie
Chirurgie Générale
Microbiologie

Mars 1994

Pr. BENJAAFAR Nouredine
Pr. BEN RAIS Nozha
Pr. CAOUI Malika
Pr. CHRAIBI Abdelmjid
Pr. EL AMRANI Sabah

Radiothérapie
Biophysique
Biophysique
Endocrinologie et Maladies Métaboliques Doyen de la FMPA
Gynécologie Obstétrique



Pr. EL BARDOUNI Ahmed
Pr. EL HASSANI My Rachid
Pr. ERROUGANI Abdelkader
Pr. ESSAKALI Malika
Pr. ETTAYEBI Fouad
Pr. HADRI Larbi*
Pr. HASSAM Badredine
Pr. IFRINE Lahssan
Pr. JELTHI Ahmed
Pr. MAHFOUD Mustapha
Pr. RHRAB Brahim
Pr. SENOUCI Karima

Mars 1994

Pr. ABBAR Mohamed*
Pr. ABDELHAK M'barek
Pr. BELAIDI Halima
Pr. BENTAHILA Abdelali
Pr. BENYAHIA Mohammed Ali
Pr. BERRADA Mohamed Saleh
Pr. CHAMI Ilham
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae
Pr. JALIL Abdelouahed
Pr. LAKHDAR Amina
Pr. MOUANE Nezha

Mars 1995

Pr. ABOUQUAL Redouane
Pr. AMRAOUI Mohamed
Pr. BAIDADA Abdelaziz
Pr. BARGACH Samir
Pr. CHAARI Jilali*
Pr. DIMOU M'barek*
Pr. DRISSI KAMILI Med Nordine*
Pr. EL MESNAOUI Abbes
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila
Pr. HDA Abdelhamid*
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia
Pr. SEFIANI Abdelaziz
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Décembre 1996

Pr. AMIL Touriya*
Pr. BELKACEM Rachid
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan
Pr. GAOUZI Ahmed
Pr. MAHFOUDI M'barek*
Pr. OUADGHIRI Mohamed
Pr. OUZEDDOUN Naima
Pr. ZBIR EL Mehdi*

Traumato-Orthopédie
Radiologie
Chirurgie Générale- **Directeur CHIS**
Immunologie
Chirurgie Pédiatrique
Médecine Interne
Dermatologie
Chirurgie Générale
Anatomie Pathologique
Traumatologie – Orthopédie
Gynécologie –Obstétrique
Dermatologie

Urologie
Chirurgie – Pédiatrique
Neurologie
Pédiatrie
Gynécologie – Obstétrique
Traumatologie – Orthopédie
Radiologie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie

Réanimation Médicale
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Gynécologie Obstétrique
Médecine Interne
Anesthésie Réanimation
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Oto-Rhino-Laryngologie
Cardiologie - **Directeur HMI Med V**
Urologie
Ophtalmologie
Génétique
Réanimation Médicale

Radiologie
Chirurgie Pédiatrie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Radiologie
Traumatologie-Orthopédie
Néphrologie
Cardiologie



Novembre 1997

Pr. ALAMI Mohamed Hassan
Pr. BEN SLIMANE Lounis
Pr. BIROUK Nazha
Pr. ERREIMI Naima
Pr. FELLAT Nadia
Pr. HAIMEUR Charki*
Pr. KADDOURI Nouredine
Pr. KOUTANI Abdellatif
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ
Pr. TAOUFIQ Jallal
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Gynécologie-Obstétrique
Urologie
Neurologie
Pédiatrie
Cardiologie
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Pédiatrique
Urologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Psychiatrie
Gynécologie Obstétrique

Novembre 1998

Pr. AFIFI RAJAA
Pr. BENOMAR ALI
Pr. BOUGTAB Abdesslam
Pr. ER RIHANI Hassan
Pr. BENKIRANE Majid*
Pr. KHATOURI ALI*

Gastro-Entérologie
Neurologie – Doyen de la FMP Abulcassis
Chirurgie Générale
Oncologie Médicale
Hématologie
Cardiologie

Janvier 2000

Pr. ABID Ahmed*
Pr. AIT OUMAR Hassan
Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr.Sououd
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer
Pr. ECHARRAB El Mahjoub
Pr. EL FTOUH Mustapha
Pr. EL MOSTARCHID Brahim*
Pr. ISMAILI Hassane*
Pr. MAHMOUDI Abdelkrim*
Pr. TACHINANTE Rajae
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

Pneumophtisiologie
Pédiatrie
Pédiatrie
Pneumo-phtisiologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Pneumo-phtisiologie
Neurochirurgie
Traumatologie Orthopédie- Dir. Hop. Av. Marr.
Anesthésie-Réanimation Inspecteur du SSM
Anesthésie-Réanimation
Médecine Interne



Novembre 2000

Pr. AIDI Saadia
Pr. AJANA Fatima Zohra
Pr. BENAMR Said
Pr. CHERTI Mohammed
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma
Pr. EL HASSANI Amine
Pr. EL KHADER Khalid
Pr. EL MAGHRAOUI Abdellah*
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan
Pr. MAHASSINI Najat
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae
Pr. ROUIMI Abdelhadi*

Neurologie
Gastro-Entérologie
Chirurgie Générale
Cardiologie
Anesthésie-Réanimation
Pédiatrie Directeur Hop. Chekikh Zaied
Urologie
Rhumatologie
Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Anatomie Pathologique
Pédiatrie
Neurologie

Décembre 2000

Pr. ZOHAIR ABDELAH*

ORL

Décembre 2001

Pr. BALKHI Hicham*
Pr. BENABDELJLIL Maria
Pr. BENAMAR Loubna
Pr. BENAMOR Jouda
Pr. BENELBARHDADI Imane
Pr. BENNANI Rajae
Pr. BENOACHANE Thami
Pr. BEZZA Ahmed*
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi
Pr. BOUMDIN El Hassane*
Pr. CHAT Latifa
Pr. DAALI Mustapha*
Pr. DRISSI Sidi Mourad*
Pr. EL HIJRI Ahmed
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid
Pr. EL MADHI Tarik
Pr. EL OUNANI Mohamed
Pr. ETTAIR Said
Pr. GAZZAZ Miloudi*
Pr. HRORA Abdelmalek
Pr. KABBAJ Saad
Pr. KABIRI EL Hassane*
Pr. LAMRANI Moulay Omar
Pr. LEKEHAL Brahim
Pr. MAHASSIN Fattouma*
Pr. MEDARHRI Jalil
Pr. MIKDAME Mohammed*
Pr. MOHSINE Raouf
Pr. NOUINI Yassine
Pr. SABBABH Farid
Pr. SEFIANI Yasser
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Anesthésie-Réanimation
Neurologie
Néphrologie
Pneumo-phtisiologie
Gastro-Entérologie
Cardiologie
Pédiatrie
Rhumatologie
Anatomie
Radiologie
Radiologie
Chirurgie Générale
Radiologie
Anesthésie-Réanimation
Neuro-Chirurgie
Chirurgie-Pédiatrique
Chirurgie Générale
Pédiatrie **Directeur. Hop.d'Enfants**
Neuro-Chirurgie
Chirurgie Générale
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Thoracique
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Vasculaire Périphérique
Médecine Interne
Chirurgie Générale
Hématologie Clinique
Chirurgie Générale
Urologie **Directeur Hôpital Ibn Sina**
Chirurgie Générale
Chirurgie Vasculaire Périphérique
Pédiatrie



Décembre 2002

Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane*
Pr. AMEUR Ahmed *
Pr. AMRI Rachida
Pr. AOURARH Aziz*
Pr. BAMOU Youssef *
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene*
Pr. BENZEKRI Laila
Pr. BENZZOUBEIR Nadia
Pr. BERNOUSSI Zakiya
Pr. BICHRA Mohamed Zakariya*
Pr. CHOHO Abdelkrim *

Anatomie Pathologique
Urologie
Cardiologie
Gastro-Entérologie
Biochimie-Chimie
Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Dermatologie
Gastro-Entérologie
Anatomie Pathologique
Psychiatrie
Chirurgie Générale

Pr. CHKIRATE Bouchra
Pr. EL ALAMI EL FELLOUS Sidi Zouhair
Pr. EL HAOURI Mohamed *
Pr. FILALI ADIB Abdelhai
Pr. HAJJI Zakia
Pr. IKEN Ali
Pr. JAAFAR Abdeloihab*
Pr. KRIOUILE Yamina
Pr. LAGHMARI Mina
Pr. MABROUK Hfid*
Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss*
Pr. OUJILAL Abdelilah
Pr. RACHID Khalid *
Pr. RAISS Mohamed
Pr. RGUIBI IDRISSE Sidi Mustapha*
Pr. RHOU Hakima
Pr. SIAH Samir *
Pr. THIMOU Amal
Pr. ZENTAR Aziz*

Janvier 2004

Pr. ABDELLAH El Hassan
Pr. AMRANI Mariam
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas
Pr. BENKIRANE Ahmed*
Pr. BOUGHALEM Mohamed*
Pr. BOULAADAS Malik
Pr. BOURAZZA Ahmed*
Pr. CHAGAR Belkacem*
Pr. CHERRADI Nadia
Pr. EL FENNI Jamal*
Pr. EL HANCHI ZAKI
Pr. EL KHORASSANI Mohamed
Pr. EL YOUNASSI Badreddine*
Pr. HACHI Hafid
Pr. JABOUIRIK Fatima
Pr. KHARMAZ Mohamed
Pr. MOUGHIL Said
Pr. OUBAAZ Abdelbarre*
Pr. TARIB Abdelilah*
Pr. TIJAMI Fouad
Pr. ZARZUR Jamila

Janvier 2005

Pr. ABBASSI Abdellah
Pr. AL KANDRY Sif Eddine*
Pr. ALLALI Fadoua
Pr. AMAZOUZI Abdellah
Pr. AZIZ Nouredine*
Pr. BAHIRI Rachid

Pédiatrie
Chirurgie Pédiatrique
Dermatologie
Gynécologie Obstétrique
Ophtalmologie
Urologie
Traumatologie Orthopédie
Pédiatrie
Ophtalmologie
Traumatologie Orthopédie
Gynécologie Obstétrique
Oto-Rhino-Laryngologie
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Générale
Pneumophtisiologie
Néphrologie
Anesthésie Réanimation
Pédiatrie
Chirurgie Générale

Ophtalmologie
Anatomie Pathologique
Oto-Rhino-Laryngologie
Gastro-Entérologie
Anesthésie Réanimation
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
Neurologie
Traumatologie Orthopédie
Anatomie Pathologique
Radiologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie
Cardiologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Cardio-Vasculaire
Ophtalmologie
Pharmacie Clinique
Chirurgie Générale
Cardiologie

Chirurgie Réparatrice et Plastique
Chirurgie Générale
Rhumatologie
Ophtalmologie
Radiologie
Rhumatologie



Pr. BARKAT Amina
 Pr. BENYASS Aatif
 Pr. BERNOUSSI Abdelghani
 Pr. DOUDOUH Abderrahim*
 Pr. EL HAMZA OUI Sakina*
 Pr. HAJJI Leila
 Pr. HESSISSEN Leila
 Pr. JIDAL Mohamed*
 Pr. LAAROUSSI Mohamed
 Pr. LYAGOUBI Mohammed
 Pr. NIAMANE Radouane*
 Pr. RAGALA Abdelhak
 Pr. SBIHI Souad
 Pr. ZERAIDI Najia

Pédiatrie
 Cardiologie
 Ophtalmologie
 Biophysique
 Microbiologie
 Cardiologie (mise en disponibilité)
 Pédiatrie
 Radiologie
 Chirurgie Cardio-vasculaire
 Parasitologie
 Rhumatologie
 Gynécologie Obstétrique
 Histo-Embryologie Cytogénétique
 Gynécologie Obstétrique

Décembre 2005

Pr. CHANI Mohamed

Anesthésie Réanimation

Avril 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen*
 Pr. AKJOUJ Said*
 Pr. BELMEKKI Abdelkader*
 Pr. BENCHEIKH Razika
 Pr. BIYI Abdelhamid*
 Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine
 Pr. BOULAHYA Abdellatif*
 Pr. CHENGUETI ANSARI Anas
 Pr. DOGHMI Nawal
 Pr. FELLAT Ibtissam
 Pr. FAROUDY Mamoun
 Pr. HARMOUCHE Hicham
 Pr. HANAFI Sidi Mohamed*
 Pr. IDRIS LAHLOU Amine*
 Pr. JROUNDI Laila
 Pr. KARMOUNI Tariq
 Pr. KILI Amina
 Pr. KISRA Hassan
 Pr. KISRA Mounir
 Pr. LAATIRIS Abdelkader*
 Pr. LMIMOUNI Badreddine*
 Pr. MANSOURI Hamid*
 Pr. OUANASS Abderrazzak
 Pr. SAFI Soumaya*
 Pr. SEKKAT Fatima Zahra
 Pr. SOUALHI Mouna
 Pr. TELLAL Saida*
 Pr. ZAHRAOUI Rachida

Rhumatologie
 Radiologie
 Hématologie
 O.R.L
 Biophysique
 Chirurgie - Pédiatrique
 Chirurgie Cardio – Vasculaire
 Gynécologie Obstétrique
 Cardiologie
 Cardiologie
 Anesthésie Réanimation
 Médecine Interne
 Anesthésie Réanimation
 Microbiologie
 Radiologie
 Urologie
 Pédiatrie
 Psychiatrie
 Chirurgie – Pédiatrique
 Pharmacie Galénique
 Parasitologie
 Radiothérapie
 Psychiatrie
 Endocrinologie
 Psychiatrie
 Pneumo – Phtisiologie
 Biochimie
 Pneumo – Phtisiologie

Octobre 2007

Pr. ABIDI Khalid
 Pr. ACHACHI Leila

Réanimation médicale
 Pneumo phtisiologie



Pr. ACHOUR Abdessamad*
 Pr. AIT HOUSSA Mahdi*
 Pr. AMHAJJI Larbi*
 Pr. AOUI Sarra
 Pr. BAITE Abdelouahed*
 Pr. BALOUCH Lhousaine*
 Pr. BENZIANE Hamid*
 Pr. BOUTIMZINE Nourdine
 Pr. CHARKAOUI Naoual*
 Pr. EHIRCHIOU Abdelkader*
 Pr. ELABSI Mohamed
 Pr. EL MOUSSAOUI Rachid
 Pr. EL OMARI Fatima
 Pr. GHARIB Noureddine
 Pr. HADADI Khalid*
 Pr. ICHOU Mohamed*
 Pr. ISMAILI Nadia
 Pr. KEBDANI Tayeb
 Pr. LALAOUI SALIM Jaafar*
 Pr. LOUZI Lhousain*
 Pr. MADANI Naoufel
 Pr. MAHI Mohamed*
 Pr. MARC Karima
 Pr. MASRAR Azlarab
 Pr. MRABET Mustapha*
 Pr. MRANI Saad*
 Pr. OUZZIF Ez zohra*
 Pr. RABHI Monsef*
 Pr. RADOUANE Bouchaib*
 Pr. SEFFAR Myriame
 Pr. SEKHSOKH Yessine*
 Pr. SIFAT Hassan*
 Pr. TABERKANET Mustafa*
 Pr. TACHFOUTI Samira
 Pr. TAJDINE Mohammed Tariq*
 Pr. TANANE Mansour*
 Pr. TLIGUI Houssain
 Pr. TOUATI Zakia

Décembre 2007

Pr. DOUHAL ABDERRAHMAN

Décembre 2008

Pr ZOUBIR Mohamed*
 Pr TAHIRI My El Hassan*

Chirurgie générale
 Chirurgie cardio vasculaire
 Traumatologie orthopédie
 Parasitologie
 Anesthésie réanimation ***Directeur ERSM***
 Biochimie-chimie
 Pharmacie clinique
 Ophtalmologie
 Pharmacie galénique
 Chirurgie générale
 Chirurgie générale
 Anesthésie réanimation
 Psychiatrie
 Chirurgie plastique et réparatrice
 Radiothérapie
 Oncologie médicale
 Dermatologie
 Radiothérapie
 Anesthésie réanimation
 Microbiologie
 Réanimation médicale
 Radiologie
 Pneumo phtisiologie
 Hématologique
 Médecine préventive santé publique et hygiène
 Virologie
 Biochimie-chimie
 Médecine interne
 Radiologie
 Microbiologie
 Microbiologie
 Radiothérapie
 Chirurgie vasculaire périphérique
 Ophtalmologie
 Chirurgie générale
 Traumatologie orthopédie
 Parasitologie
 Cardiologie



Ophtalmologie

Anesthésie Réanimation
 Chirurgie Générale

Mars 2009

Pr. ABOUZAHIR Ali*
Pr. AGDR Aomar*
Pr. AIT ALI Abdelmounaim*
Pr. AIT BENHADDOU El hachmia
Pr. AKHADDAR Ali*
Pr. ALLALI Nazik
Pr. AMINE Bouchra
Pr. ARKHA Yassir
Pr. BELYAMANI Lahcen*
Pr. BJIJOU Younes
Pr. BOUHSAIN Sanae*
Pr. BOUI Mohammed*
Pr. BOUNAIM Ahmed*
Pr. BOUSSOUGA Mostapha*
Pr. CHAKOUR Mohammed *
Pr. CHTATA Hassan Toufik*
Pr. DOGHMI Kamal*
Pr. EL MALKI Hadj Omar
Pr. EL OUENNASS Mostapha*
Pr. ENNIBI Khalid*
Pr. FATHI Khalid
Pr. HASSIKOU Hasna *
Pr. KABBAJ Nawal
Pr. KABIRI Meryem
Pr. KARBOUBI Lamya
Pr. L'KASSIMI Hachemi*
Pr. LAMSAOURI Jamal*
Pr. MARMADE Lahcen
Pr. MESKINI Toufik
Pr. MESSAOUDI Nezha *
Pr. MSSROURI Rahal
Pr. NASSAR Ittimade
Pr. OUKERRAJ Latifa
Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani *

PROFESSEURS AGREGES :

Octobre 2010

Pr. ALILOU Mustapha
Pr. AMEZIANE Taoufiq*
Pr. BELAGUID Abdelaziz
Pr. BOUAITY Brahim*
Pr. CHADLI Mariama*
Pr. CHEMSI Mohamed*
Pr. DAMI Abdellah*
Pr. DARBI Abdellatif*
Pr. DENDANE Mohammed Anouar
Pr. EL HAFIDI Naima
Pr. EL KHARRAS Abdennasser*

Médecine interne
Pédiatre
Chirurgie Générale
Neurologie
Neuro-chirurgie
Radiologie
Rhumatologie
Neuro-chirurgie
Anesthésie Réanimation
Anatomie
Biochimie-chimie
Dermatologie
Chirurgie Générale
Traumatologie orthopédique
Hématologie biologique
Chirurgie vasculaire périphérique
Hématologie clinique
Chirurgie Générale
Microbiologie
Médecine interne
Gynécologie obstétrique
Rhumatologie
Gastro-entérologie
Pédiatrie
Pédiatrie
Microbiologie *Directeur Hôpital My Ismail*
Chimie Thérapeutique
Chirurgie Cardio-vasculaire
Pédiatrie
Hématologie biologique
Chirurgie Générale
Radiologie
Cardiologie
Pneumo-phtisiologie



Anesthésie réanimation
Médecine interne
Physiologie
ORL
Microbiologie
Médecine aéronautique
Biochimie chimie
Radiologie
Chirurgie pédiatrique
Pédiatrie
Radiologie

Pr. EL MAZOUZ Samir
Pr. EL SAYEGH Hachem
Pr. ERRABIH Ikram
Pr. LAMALMI Najat
Pr. MOSADIK Ahlam
Pr. MOUJAHID Mountassir*
Pr. NAZIH Mouna*
Pr. ZOUAIDIA Fouad

Chirurgie plastique et réparatrice
Urologie
Gastro entérologie
Anatomie pathologique
Anesthésie Réanimation
Chirurgie générale
Hématologie
Anatomie pathologique

Mai 2012

Pr. AMRANI Abdelouahed
Pr. ABOUELALAA Khalil*
Pr. BELAIZI Mohamed*
Pr. BENCHEBBA Driss*
Pr. DRISSI Mohamed*
Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna
Pr. EL KHATTABI Abdessadek*
Pr. EL OUAZZANI Hanane*
Pr. ER-RAJI Mounir
Pr. JAHID Ahmed
Pr. MEHSSANI Jamal*
Pr. RAISSOUNI Maha*

Chirurgie Pédiatrique
Anesthésie Réanimation
Psychiatrie
Traumatologie Orthopédique
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Médecine Interne
Pneumophtisiologie
Chirurgie Pédiatrique
Anatomie pathologique
Psychiatrie
Cardiologie

Février 2013

Pr. AHID Samir
Pr. AIT EL CADI Mina
Pr. AMRANI HANCHI Laila
Pr. AMOUR Mourad
Pr. AWAB Almahdi
Pr. BELAYACHI Jihane
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain
Pr. BENCHEKROUN Laila
Pr. BENKIRANE Souad
Pr. BENNANA Ahmed*
0.
Pr. BENSGHIR Mustapha*
Pr. BENYAHIA Mohammed*
Pr. BOUATIA Mustapha
Pr. BOUABID Ahmed Salim*
Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba
Pr. CHAIB Ali*
Pr. DENDANE Tarek
Pr. DINI Nouzha*
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa
Pr. ELFATEMI Nizare
Pr. EL GUERROUJ Hasnae
Pr. EL HARTI Jaouad

Pharmacologie – Chimie
Toxicologie
Gastro-Entérologie
Anesthésie Réanimation
Anesthésie Réanimation
Réanimation Médicale
Anesthésie Réanimation
Biochimie-Chimie
Hématologie
Informatique Pharmaceutique

Anesthésie Réanimation
Néphrologie
Chimie Analytique
Traumatologie Orthopédie
Anatomie
Cardiologie
Réanimation Médicale
Pédiatrie
Anesthésie Réanimation
Radiologie
Neuro-Chirurgie
Médecine Nucléaire
Chimie Thérapeutique



Pr. EL JOUDI Rachid*
 Pr. EL KABABRI Maria
 Pr. EL KHANNOUSSI Basma
 Pr. EL KHLOUFI Samir
 Pr. EL KORAICHI Alae
 Pr. EN-NOUALI Hassane*
 Pr. ERRGUIG Laila
 Pr. FIKRI Meryim
 Pr. GHFIR Imade
 Pr. IMANE Zineb
 Pr. IRAQI Hind
 Pr. KABBAJ Hakima
 Pr. KADIRI Mohamed*
 Pr. LATIB Rachida
 Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra
 Pr. MEDDAH Bouchra
 Pr. MELHAOUI Adyl
 Pr. MRABTI Hind
 Pr. NEJJARI Rachid
 Pr. OUBEJJA Houda
 Pr. OUKABLI Mohamed*
 Pr. RAHALI Younes
 Pr. RATBI Ilham
 Pr. RAHMANI Mounia
 Pr. REDA Karim*
 Pr. REGRAGUI Wafa
 Pr. RKAIN Hanan
 Pr. ROSTOM Samira
 Pr. ROUAS Lamiaa
 Pr. ROUIBAA Fedoua*
 Pr. SALIHOUN Mouna
 Pr. SAYAH Rochde
 Pr. SEDDIK Hassan*
 Pr. ZERHOUNI Hicham
 Pr. ZINE Ali*

Toxicologie
 Pédiatrie
 Anatomie Pathologie
 Anatomie
 Anesthésie Réanimation
 Radiologie
 Physiologie
 Radiologie
 Médecine Nucléaire
 Pédiatrie
 Endocrinologie et maladies métaboliques
 Microbiologie
 Psychiatrie
 Radiologie
 Médecine Interne
 Pharmacologie
 Neuro-chirurgie
 Oncologie Médicale
 Pharmacognosie
 Chirurgie Pédiatrique
 Anatomie Pathologique
 Pharmacie Galénique
 Génétique
 Neurologie
 Ophtalmologie
 Neurologie
 Physiologie
 Rhumatologie
 Anatomie Pathologique
 Gastro-Entérologie
 Gastro-Entérologie
 Chirurgie Cardio-Vasculaire
 Gastro-Entérologie
 Chirurgie Pédiatrique
 Traumatologie Orthopédie

Avril 2013

Pr. EL KHATIB Mohamed Karim*
 Pr. GHOUNDALE Omar*
 Pr. ZYANI Mohammad*

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
 Urologie
 Médecine Interne

***Enseignants Militaires**



MARS 2014

ACHIR ABDELLAH
BENCHAKROUN MOHAMMED
BOUCHIKH MOHAMMED
EL KABBAJ DRISS
EL MACHTANI IDRISSE SAMIRA
HARDIZI HOUYAM
HASSANI AMALE
HERRAK LAILA
JANANE ABDELLA TIF
JEAIDI ANASS
KOUACH JAOUAD
LEMNOUER ABDELHAY
MAKRAM SANAA
OULAHYANE RACHID
RHISSASSI MOHAMED JMFAR
SABRY MOHAMED
SEKKACH YOUSSEF
TAZL MOUKBA. :LA.KLA.

Chirurgie Thoracique
Traumatologie- Orthopédie
Chirurgie Thoracique
Néphrologie
Biochimie-Chimie
Histologie- Embryologie-Cytogénétique
Pédiatrie
Pneumologie
Urologie
Hématologie Biologique
Génécologie-Obstétrique
Microbiologie
Pharmacologie
Chirurgie Pédiatrique
CCV
Cardiologie
Médecine Interne
Génécologie-Obstétrique

***Enseignants Militaires**

DECEMBRE 2014

ABILKACEM RACHID'
AIT BOUGHIMA FADILA
BEKKALI HICHAM
BENAZZOU SALMA
BOUABDELLAH MOUNYA
BOUCHRIK MOURAD
DERRAJI SOUFIANE
DOBLALI TAOUFIK
EL AYOUBI EL IDRISSE ALI
EL GHADBANE ABDEDAIM HATIM
EL MARJANY MOHAMMED
FEJJAL NAWFAL
JAHIDI MOHAMED
LAKHAL ZOUHAIR
OUDGHIRI NEZHA
Rami Mohamed
SABIR MARIA
SBAI IDRISSE KARIM

Pédiatrie
Médecine Légale
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Maxillo-Faciale
Biochimie-Chimie
Parasitologie
Pharmacie Clinique
Microbiologie
Anatomie
Anesthésie-Réanimation
Radiothérapie
Chirurgie Réparatrice et Plastique
O.R.L
Cardiologie
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Pédiatrique
Psychiatrie
Médecine préventive, santé publique et Hyg.

***Enseignants Militaires**



AOUT 2015

Meziane meryem
Tahri latifa

Dermatologie
Rhumatologie

JANVIER 2016

BENKABBOU AMINE
EL ASRI FOUAD
ERRAMI NOUREDDINE
NITASSI SOPHIA

Chirurgie Générale
Ophtalmologie
O.R.L
O.R.L

2- ENSEIGNANTS – CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

PROFESSEURS / PRs. HABILITES

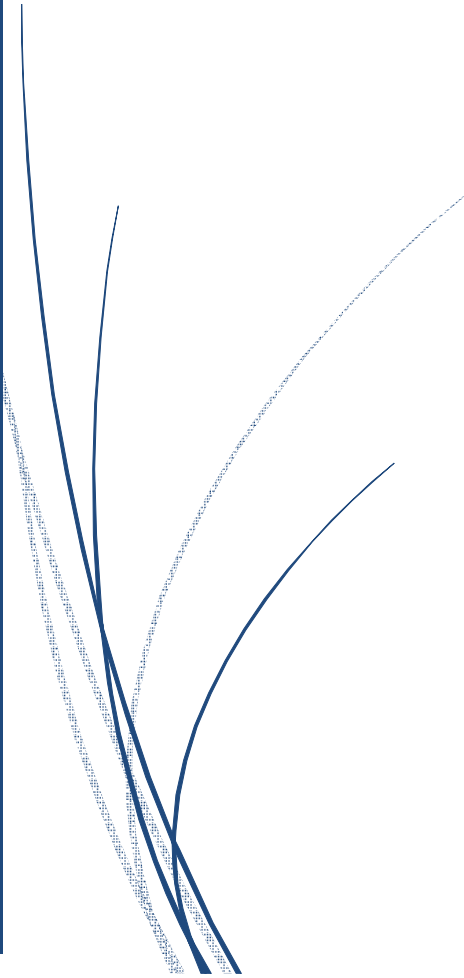
Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naima	Biochimie – chimie
Pr. ALAOUI KATIM	Pharmacologie
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. BOURJOUANE Mohamed	Microbiologie
Pr. CHAHED OUZZANI Lalla Chadia	Biochimie – chimie
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie
Pr. DRAOUI Mustapha	Chimie Analytique
Pr. EL GUESSABI Lahcen	Pharmacognosie
Pr. ETTAIB Abdelkader	Zootecnie
Pr. FAOUZI Moulay El Abbes	Pharmacologie
Pr. HAMZAOUI Laila	Biophysique
Pr. HMAMOUCHE Mohamed	Chimie Organique
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Biologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med	Chimie Organique
Pr. REDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie
Pr. ZELLOU Amina	Chimie Organique

*Mise à jour le 14/12/2016 par le
Service des Ressources Humaines*





DEDICACES



A Allah

Tout puissant

Qui m'a inspiré

Qui m'a guidé dans le bon chemin

Je vous dois ce que je suis devenue

Louanges et remerciements

Pour votre clémence et miséricorde

Mon père : Mohammed MORCHIDE EL IDRISSE

Ce modeste travail est le fruit de tous sacrifices déployés pour notre éducation.

Vous avez toujours souhaité le meilleur pour nous.

Vous avez fournis beaucoup d'efforts aussi bien physiques et moraux à notre égard.

Vous n'avez jamais cessé de nous encourager et de prier pour nous.

C'est grâce à vos percepts que nous avons appris à compter sur nous-mêmes.

Père : je t'aime et j'implore le tout puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie heureuse.

Ma mère : Khadija BENKHALQUI

Votre patience, votre bienveillance, votre dévouement et votre courage sont admirables.

Vous étiez toujours présente pour nous écouter, nous reconforter et nous montrer le droit chemin.

Vous avez déployé énormément d'efforts pour que nous ne manquions de rien.

Vous êtes une mère formidable.

Vous méritez sans conteste qu'on vous décerne les prix « Mère Exemplaire ».

Je t'aime et je te souhaite longue vie dans la bonne santé et le bonheur.

A Ma très chère sœur et consœur Sara

Tes conseils et tes orientations étaient toujours ceux d'une grande sœur.

Merci ma très chère sœur pour ton affection! Merci pour ta présence physique et morale à chaque fois que j'en avais besoin!

Tu m'as soutenue dans les différentes étapes de ma vie et de mes études.

Mon amour pour toi est si profond. Je te souhaite tout bonheur.

A la mémoire de mon grand-père paternel : Mohamed

Ma grand-mère maternelle : Zohra

Et ma tante maternelle : Najia

J'aurais bien voulu que vous soyez parmi nous en ce jour mémorable.

Que la clémence de dieu règne sur vous et que sa miséricorde apaise vos âmes.

A mon grand père : Saleh

Et ma grand-mère : Mina

Ce travail est le résultat de tes prières incessantes et de ton amour.

A toute la famille MORCHIDE EL IDRISSE,

A toute la famille BENKHALQUI,

A mes chers amis :

Sara ESSAFI, Amine SAHLAOUI, Mohamed MAFTOUHI, Fatima-zohra RAHMAOUI, Majda LHOUFATI, Abdejalil HAMZAOUI, Salma Bejnaoui, Abdelouahab ERRAJI, Ayoub ESSAD, et Yacine Bouqssim.

Votre soutien constant m'a beaucoup aidé.

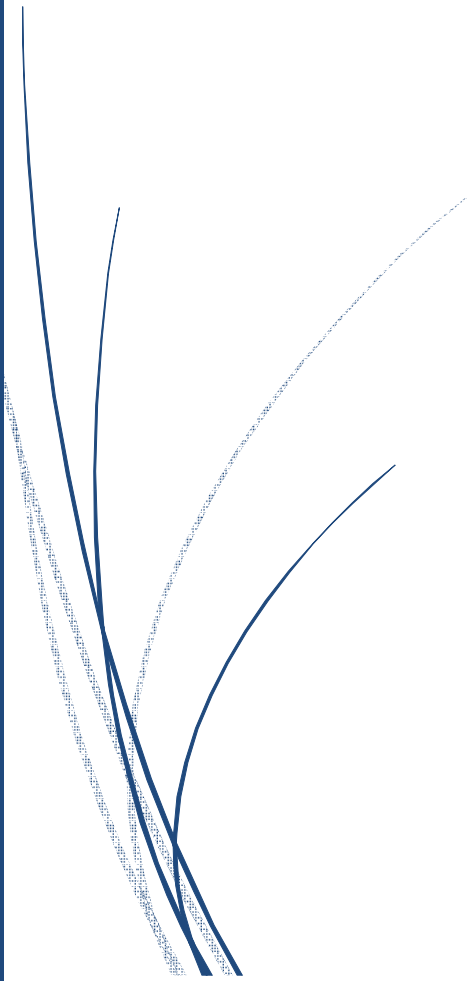
*A tous mes camarades de la 28ème promotion de la pharmacie à la Faculté
de Médecine et de Pharmacie de Rabat,*

Au Royaume du Maroc,

*Et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce
travail.*



Remerciements



A notre maître et Président de jury

Monsieur Mimoun ZOUHDI

Professeur de Microbiologie

Nous vous remercions pour le grand honneur que vous nous faites en acceptant de présider notre thèse.

Votre compétence, votre dynamisme, ainsi que vos qualités humaines et professionnelles exemplaires ont toujours suscité notre admiration.

Qu'il soit permis, cher maître, de vous exprimer notre sincère reconnaissance, notre profond respect et notre plus grande estime.

A notre Maître et Rapporteur de thèse

Madame Sakina EL HAMZAOUI

Professeur de Microbiologie

Vous m'avez toujours accueillie les bras ouverts, vous m'avez toujours donné de votre temps, de votre gentillesse, vous étiez toujours généreuse.

Merci pour votre soutien, votre patience et votre amour envers vos étudiants.

Vous êtes l'exemple d'un professeur qui donne tout

Je suis très heureux de pouvoir vous exprimer ma profonde gratitude pour tous les efforts que vous avez déployés et l'oreille attentive que vous m'avez accordée.

Que DIEU vous protège et protège votre famille, et vous accorde santé, prospérité et bonheur.

A notre Maître et juge de thèse

Monsieur Abdelhamid ZRARA

Professeur d'immunologie

Nous sommes sensibles à l'honneur que vous nous faites en acceptant de participer au jury de notre thèse et très touchés par la gentillesse avec laquelle vous nous avez toujours accueillis.

Puisse ce travail être pour nous, l'occasion de vous exprimer notre profond respect et notre gratitude la plus sincère.

A notre Maître et juge de thèse

Madame Saida TELLAL

Professeur de Biochimie

C'est un insigne honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail malgré vos multiples occupations.

Vos qualités scientifiques et humaines exigent respect et admiration et me servent de modèle dans mon parcours au quotidien.

Veillez agréer, cher maître, l'expression de notre vive reconnaissance, notre profond respect et notre respectueuse considération.

A notre Maître et juge de thèse

Monsieur El arbi BOUATI

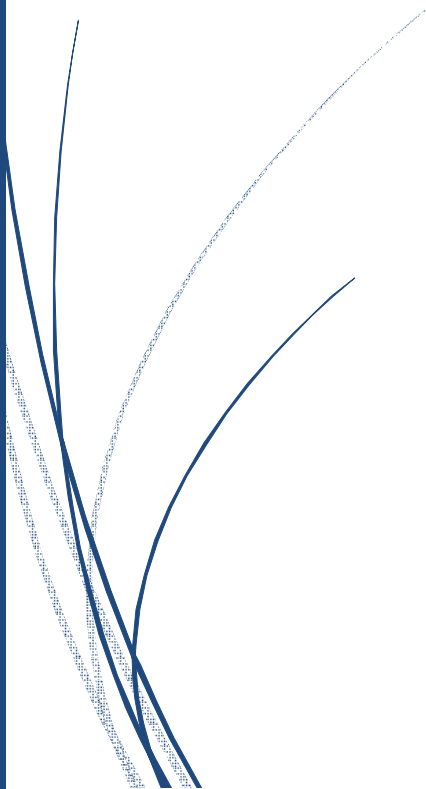
Professeur d'épidémiologie

Nous avons le privilège et l'honneur de vous avoir parmi les membres de notre jury.

Veillez accepter nos remerciements et notre admiration pour vos qualités d'enseignant et votre compétence.



Liste des illustrations



Liste des figures

Figure 1 : Métabolisme énergétique en aérobie et en anaérobie.....	6
Figure 2 : Structure de la mitochondrie	7
Figure 3 : Schéma représentatif du mécanisme de fermentation	9
Figure 4 : La fermentation du lactose chez les bactéries lactiques : voie homofermentaire et voie hétérofermentaires.....	11
Figure 5 : Bienfaits de la choucroute	14
Figure 6 : <i>Lactobacillus bulgaris</i>	22
Figure 7 : <i>Pediococcus</i>	23
Figure 8 : <i>Leuconostoc. lactis</i> G*22000	25
Figure 9 : Préparation du Kimchi	26
Figure 10 : <i>Weisella</i>	27
Figure 11 : <i>Lactococcus lactis</i> G * 20000.....	27
Figure 12 : <i>Streptococcus thermophilus</i> G*6250	28
Figure 13 : <i>Enterococcus</i> au microscope électronique	29
Figure 14 : frottis de <i>Bifidobacterium</i>	31
Figure15 :Racines de manioc	33
Figure 16 : Tempeh	35
Figure 17 : Miso	35
Figure 18 : Idli	36

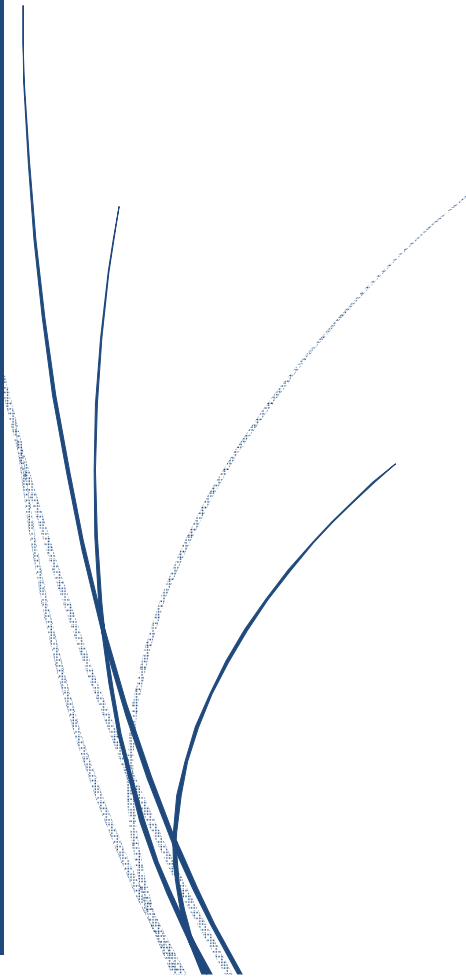
Figure 19 : Natto	36
Figure 20 : Modèle de la caséine dans la coagulation acide	49
Figure 21 : Voies de conversion des protéines en composés aromatiques dans les produits fermentés.....	50
Figure 22 : Localisation cellulaire des polysaccharides produits par les bactéries à gram positif et à gram négative.....	52
Figure 23 : égouttage du fromage frais	57
Figure 24 : Frottis de yaourt , coloration gram , G* 1000.	62

Liste des Tableaux

Tableau I : comparaison entre la respiration et la fermentation.	8
Tableau II : les Principaux besoins vitaminiques de quelques bactéries lactiques	16
Tableau III : Besoins nutritionnels des <i>Lactocoques</i>	17
Tableau IV : différenciation de quelques genres de bactéries lactiques	20
Tableau V : quelques caractéristiques de bactéries lactiques	21
Tableau VI : exemples de produits fermentés ; pays d'origine et microorganismes dominant la fermentation (d'après la revue Caplice et Fitzgerald, 1999).Les bactéries sont figurées en bleu, les levures en vert et les champignons en orange	37
Tableau VII : exemples de produits fermentés ; pays d'origine et microorganismes dominant la fermentation (d'après la revue Caplice et Fitzgerald, 1999).Les bactéries sont figurées en bleu, les levures en vert et les champignons en orange	38
Tableau VIII : Quelques bactériocines produites par les bactéries lactiques	44
Tableau IX : exemples d'utilisations des bactéries lactiques productrices de bactériocines dans différents produits alimentaires (d'après O'Sullivan <i>et al.</i> , 2002).....	45
Tableau X : Espèces des bactéries lactiques ayant un rôle probiotique[82].	53
Tableau XI : Différents types des fromages	59
Tableau XII : Différents types des fromages	60
Tableau XIII : Bactéries lactiques identifiées à partir de quelques fromages...	61



Sommaire



I. Introduction	1
II. Historique	3
III- Mécanisme de Fermentation	5
III.1. Métabolisme énergétique.....	6
III.2.Mécanisme de la fermentation.....	8
IV. Bactéries lactiques : Définition et caractéristiques.	12
IV.1.Définition	13
IV.2. Habitat	13
IV.3.Exigences nutritionnelles des bactéries lactiques	15
IV.4.Classification	18
IV.5.Caractéristiques	20
IV.5. 1. Famille : Lactococcaceae	21
IV. 5.1.1.Genre : Lactobacillus	21
IV.5.1.2.Pediococcus	23
IV.5.2. Famille : Carnobacteriaceae	24
IV.5.3. Famille : Leuconostocaceae	25
IV.5.3.1. Genre : Leuconostoc	25
IV.5.3.2 Genre : oenococcus	26
IV.5.3.3. Genre : Weissella	26
IV.5.4. Famille : Streptococcaceae	27

IV.5.4.1. Genre : Lactococcus	27
IV.5.4.2. Genre : Streptococcus.....	28
IV.5.5. Famille : Enterococcaceae.....	29
IV.5.5.1.Genre : Enterococcus	29
IV.5.5.2. Genre : Tetragenococcus	30
VI.5.5.3. Genre : Vagococcus	30
IV.5.6. Famille : Aerococcaceae	30
IV.5.7. Famille : Bifidobacteriaceae	31
V. Microorganismes et aliments.	32
VI. Utilité des bactéries lactiques	39
VI.1. Rôles des bactéries lactiques dans sécurité des aliments.....	40
VI.1.1-Acides organiques	40
VI.1.2.Dioxyde de carbone CO ₂	41
VI.1.3.Composés aromatiques	41
VI.1.4.Acides Gras	42
VI.1.5. Bactériocines	42
VI.2.Protéolyse chez les bactéries lactiques	48
VI.3.Pouvoir acidifiant des bactéries lactiques	51
VI.4.Pouvoir épaississant des bactéries lactiques	51
VI.5.Rôle Probiotique des bactéries lactiques	52
VI.5.1.Indications	53

VI.5.2.Dosage	54
VI.5.3.Précautions.....	54
VI.5.4.Effets indésirables	55
VI.5.5.Contre-indications.....	55
VII. Applications : Fromages et Yaourt.....	56
VII.1.Fromages	57
VII.1.1.Étapes de fabrication du fromage	57
VII.1.2.Types des fromages	59
VII.2.Yaourt	62
VIII. Conclusion.....	64
IX. Résumé	
X. Annexe	
XI. Bibliographie	



I. Introduction

Les bactéries lactiques sont des Micro-organismes responsables de la fermentation des produits alimentaires, fréquemment utilisées en Agro-alimentaire pour leur rôle dans la conservation des aliments, et la modification d'aspect et du goût.

Les techniques de Biologie moléculaire ont mis en évidence treize genres de ces bactéries : *Carbobactérium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragonococcus*, *Vagococcus*, *Weissela*, *Aerococcus*, et *Bifidobactérium*[1]

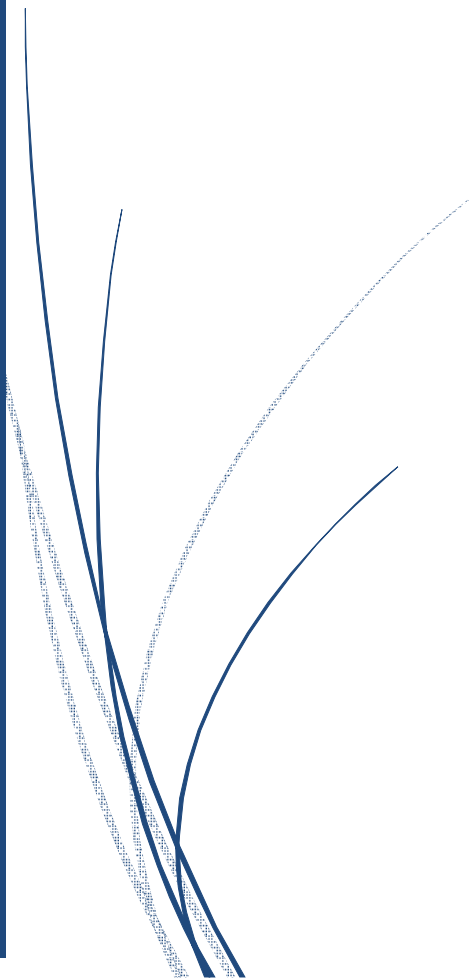
Les industries Agro-alimentaires cherchent de plus en plus à remplacer les conservateurs chimiques par des produits naturels dont les bactéries lactiques, mais il reste nécessaire de définir les principaux effets de ces bactéries afin de déterminer leur rapport bénéfice/risque.

Les objectifs de notre travail sont les suivants :

- Définir les bactéries lactiques et la fermentation lactique
- Déterminer la liaison entre les micro-organismes et les aliments.
- Caractériser les différentes bactéries lactiques
- Préciser l'utilité des bactéries lactiques et leurs inconvénients



II. Historique



Depuis des milliers d'années , l'homme utilisait la fermentation dans le caillage du lait par exemple sans même connaître l'existence des bactéries ou leur rôle dans la fermentation.

Ce n'est qu'en 1878 que Lister a pu isoler pour la première fois des Micro-organismes à partir du lait fermenté [2] groupés sous le terme de "*Bacterium. lactis*".

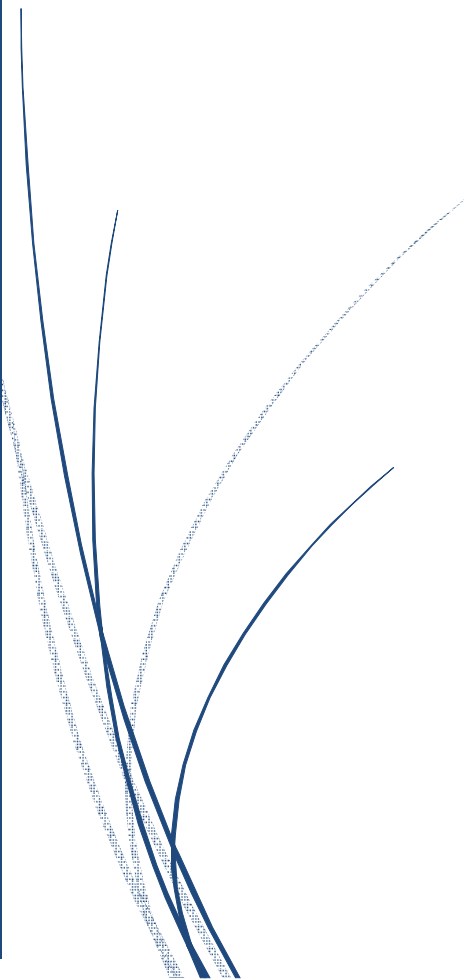
En 1890 Storch a isolé une deuxième bactérie à partir de la crème qui a cru qu'elle est responsable de la production d'arôme appelée "*Streptococcus. cremoris*"[2]

Quelques années plus tard précisément en 1919 les chercheurs ont montré que les bactéries lactiques responsables du développement de l'arôme contient un mélange de deux types différents de bactéries, le premier est responsable de la production d'acide lactique (*Streptococcus.lactis* et *Streptococcus. cremoris*) et le deuxième de la production d'arôme, Ces derniers sont dénommées *Betacoccus* aux états unis et *Leuconostoc* en Europe[2,3]

En 1936, des nouvelles bactéries lactiques aromatiques, sont apparues "*Streptococcus diacetylactis* et *Streptococcus citrophilus*"[3] et les chercheurs ont pu démontrer que la bactérie isolée par Storch en 1890 à partir de la crème est finalement *Streptococcus.diacetylactis*[2] en témoignant des similarités morphologiques et parfois physiologiques entre ces bactéries.

Et en 1938, Sherman utilisait la méthode de stéréotypage décrite par Lancefield pour donner une classification à ces *streptocoques*. Et quelques années plus tard plusieurs nouveaux genres de ces bactéries ont commencé à apparaître.

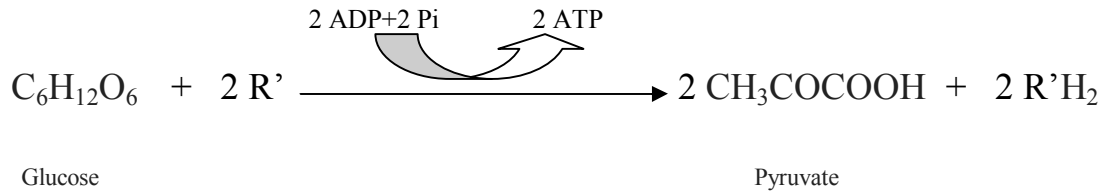
III- Mécanisme de Fermentation



III.1. Métabolisme énergétique

Le métabolisme énergétique se fait en plusieurs étapes :

La première étape est la glycolyse qui transforme le glucose en 2 molécules de pyruvates :



La deuxième étape : varie selon la présence ou l'absence de dioxygène (Figure 1).

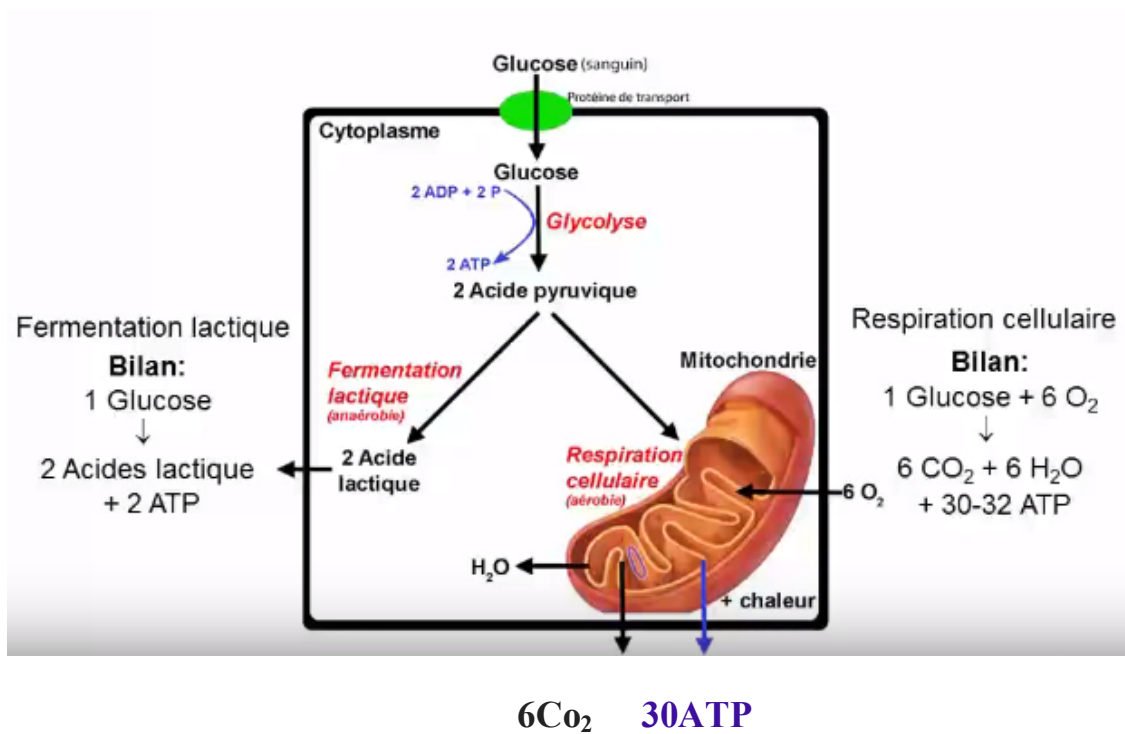


Figure 1 : Métabolisme énergétique en aérobie et en anaérobie [5].

- En présence de dioxygène : après la glycolyse le pyruvate va subir une oxydation suivie du cycle de Krebs et enfin une phosphorylation oxydative qui vont se dérouler au niveau de la mitochondrie (Figure 2).

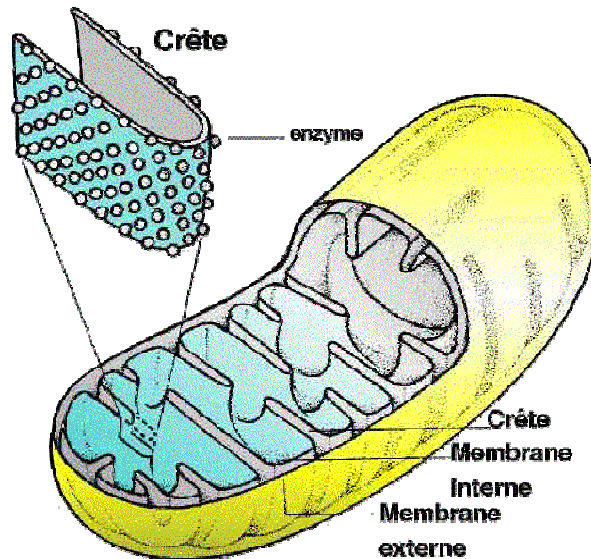





Figure 2 : Structure de la mitochondrie [6]

- En absence de dioxygène les cellules ne peuvent pas réaliser la respiration cellulaire pour produire l'ATP, elles vont donc utiliser une autre voie métabolique appelée fermentation qui se déroule au niveau du cytoplasme (Tableau I).

Tableau I : comparaison entre la respiration et la fermentation [7].

	Respiration	Fermentation
Réactifs	Matière organique + O_2	Matière organique
Produits	$H_2O + CO_2$	CO_2 Éthanol Acide lactique
1 ^{ère} étape	Glycolyse : R'H2 + Pyruvate + 2 ATP	
2 ^{ème} étape	Au niveau de la mitochondrie	
	 Cycle de Krebs CO_2	 Crêtes H_2O, R'
	Cytoplasme	
	 R'	
Production d'ATP	36 par glucose oxydé	2 par Glucose oxydé

III.2.Mécanisme de la fermentation.

Lorsque la fermentation produit l'acide lactique : on parle d'une fermentation lactique et lorsqu'elle produit de l'éthanol, on parle d'une fermentation alcoolique (figure 3).

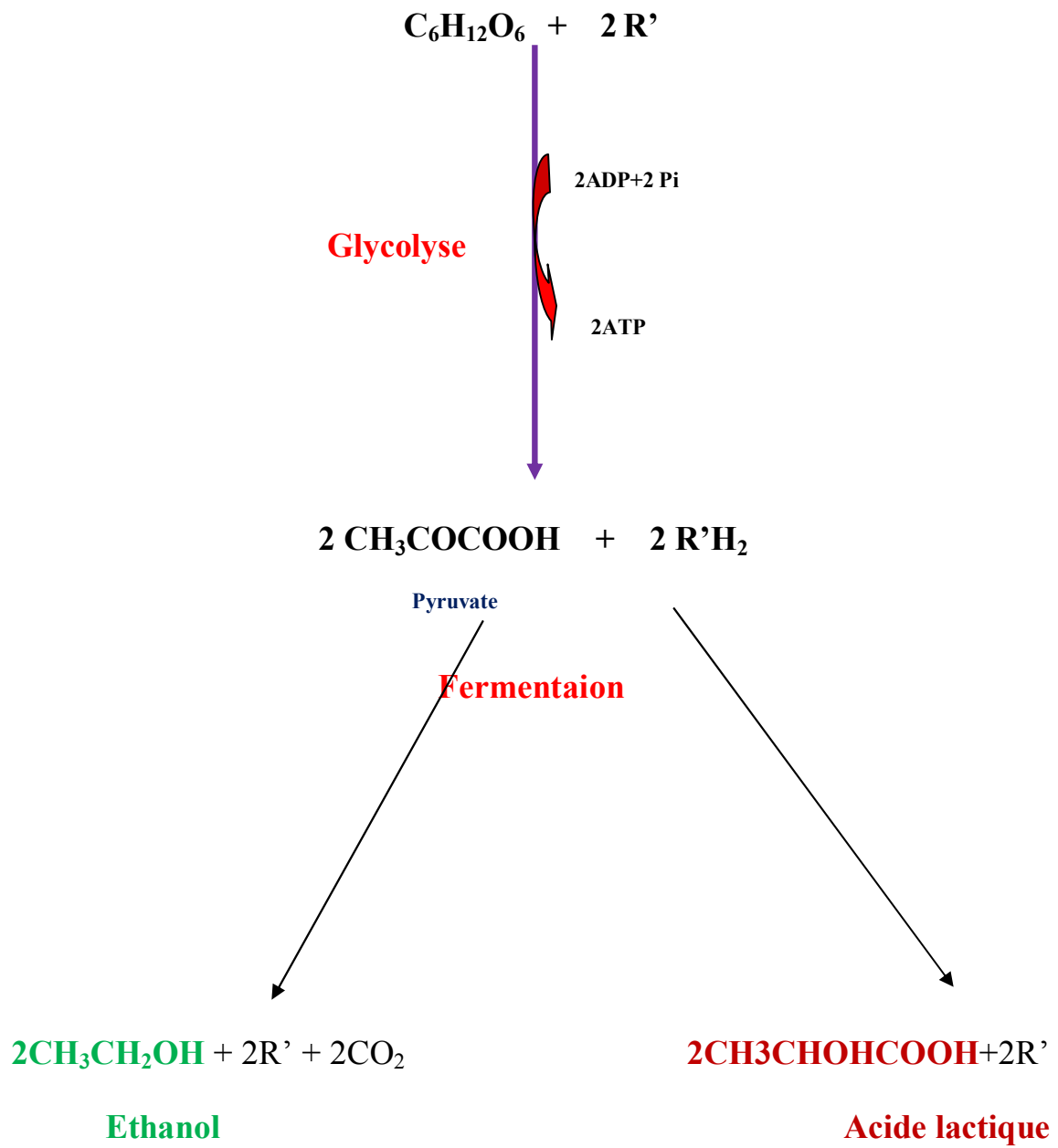
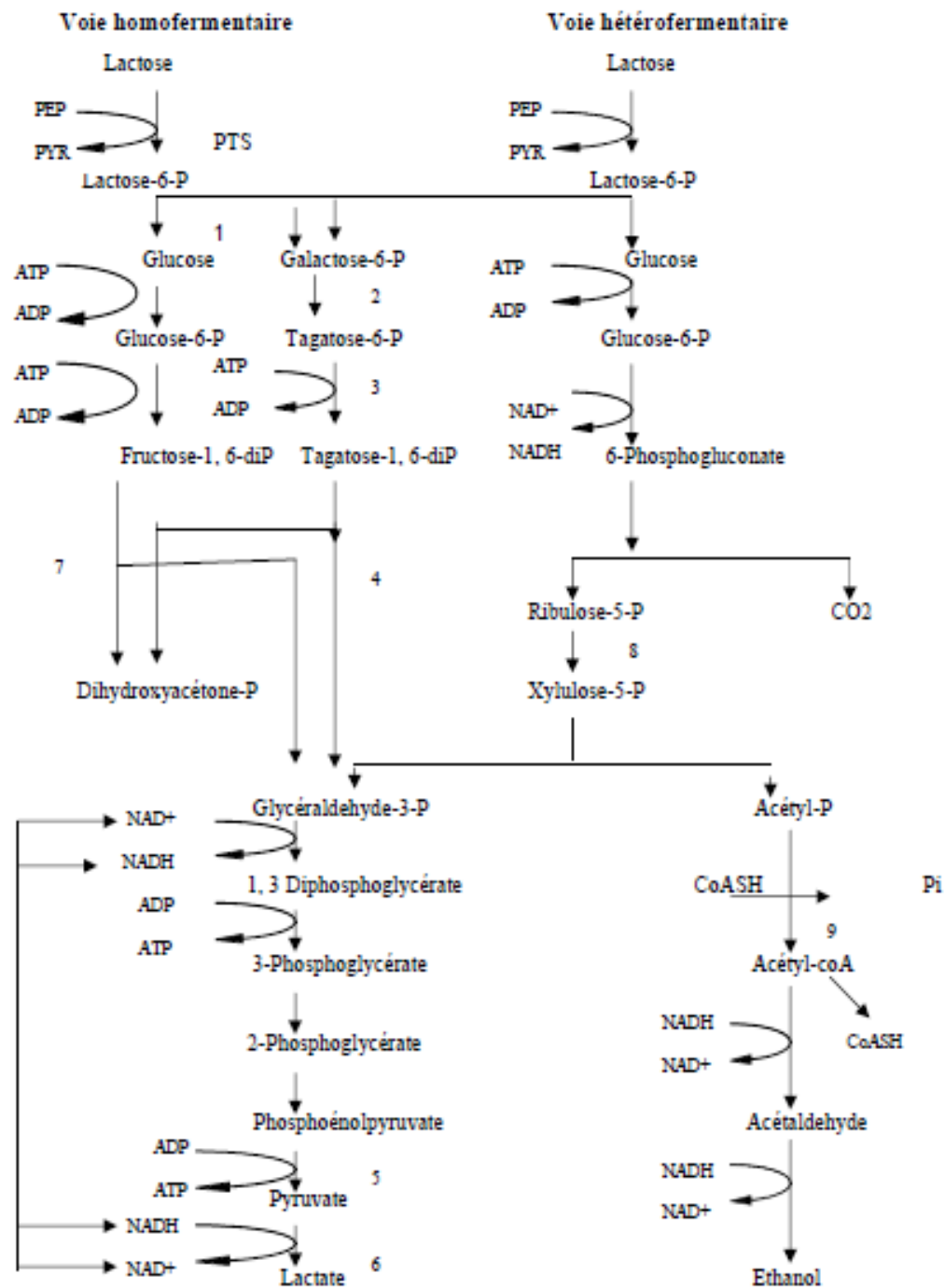


Figure 3 : Schéma représentatif du mécanisme de fermentation [7].

Les bactéries lactiques utilisent l'une des deux voies majeures du métabolisme du sucre :

- Il s'agit de la voie Homofermentaire ou (voie d'Embden-Meyorhoff-Parnas) lorsque l'acide lactique est le seul produit terminal.
- Lorsque, en plus de l'acide lactique d'autres composés sont produits tels que l'acétate, l'éthanol, et le gaz carbonique on parle donc de la voie hétérofermentaire ou (Dickens-Horecker) (figure 4)

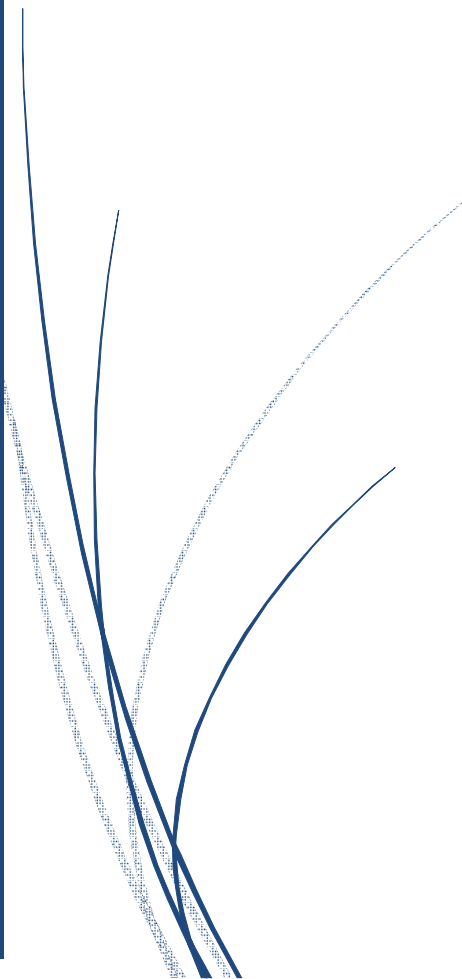


1 : phospho-β-galactosidase ; 2 : tagatose-6-phosphate Isomérase ; 3 : tagatose-6-phosphate Kinase ; 4 : tagatose-1, 6-diphosphate aldolase ; 5 : pyruvate Kinase ; 6 : lactate déshydrogénase ; 7 : fructose-1, 6-diphosphate aldolase ; 8 : pentose-5-phosphate céto-lase ; 9 : éthanol déshydrogénase)

Figure 4 : La fermentation du lactose chez les bactéries lactiques : voie homofermentaire et voie hétérofermentaires[8].



IV. Bactéries lactiques : Définition et caractéristiques.



IV.1.Définition :

Les bactéries lactiques sont définies comme étant des bactéries qui fermentent le glucose pour produire l'acide lactique.

Elles ont des besoins complexes en facteurs de croissance, acides aminés, peptides, bases puriques et pyrimidiques, vitamines B et Acides Gras, ce qui explique leur abondance dans le lait [9,10].

IV.2. Habitat :

Les bactéries lactiques ont pour habitat de nombreux milieux naturels.

Les espèces du genre *Lactococcus* sont isolées du lait et/ou des végétaux. L'espèce *Lactococcus. lactis* est isolée pour la première fois par Lister en 1873 à partir du lait fermenté [11].

Parmi les espèces du genre *Streptococcus* : le *Streptococcus thermophilus* qui est isolée du lait pasteurisé, du matériel de laiterie et de levains artisanaux [12].

Les espèces du genre *Leuconostoc* sont isolées du lait, des produits laitiers (exemple du fromage traditionnel El-Klila), des fruits, des légumes (en particulier la betterave), des végétaux en fermentation (comme la choucroute (figure 5)), des produits de panification et des solutions de sucre [13,14]

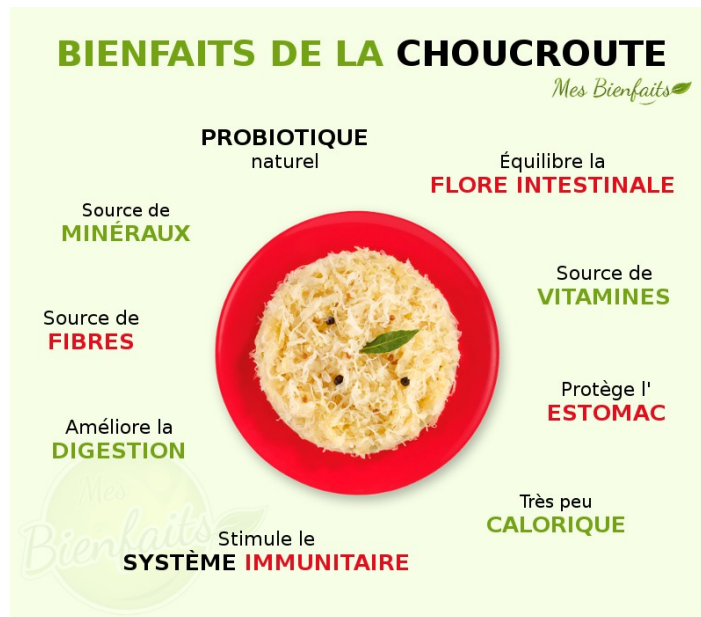


Figure 5 : Bienfaits de la choucroute [15]

Les espèces du genre *Pediococcus* sont présentes surtout dans les végétaux, les boissons alcoolisées, le lait, les différents fromages, et les préparations culinaires (Saucisses, anchois salés ou sauce de soja) [16-19].

Les espèces du genre *Lactobacillus* sont présentes dans plusieurs milieux différents :

- Dans le lait et les fromages (*Lactobacillus. casei*, *Lactobacillus. plantarum*, *Lactobacillus. curvatus* et *Lactobacillus. brevis*),
- Dans les laits fermentés (*Lactobacillus. brevis* et *Lactobacillus. fermentum*),
- Dans les produits végétaux fermentés, les marinades, l'ensilage, le vin et les viandes fraîches ou fermentées (*Lactobacillus. brevis*, *Lactobacillus. curvatus*, *Lactobacillus. buchneri* et *Lactobacillus. san francisco*)[19].

IV.3.Exigences nutritionnelles des bactéries lactiques :

Les bactéries lactiques sont souvent utilisées comme cultures protectrices ajoutées aux produits alimentaires pour éviter leurs altérations.

Elles sont parmi les bactéries les plus exigeantes au niveau nutritionnel, nous citons :

Glucides :

Les bactéries lactiques ont besoin de glucides pour croître

La fermentation de glucides s'effectue en trois étapes :

Dans un premier temps, le transport du sucre se fait à travers la barrière hydrophobe de la membrane cellulaire, suivi du catabolisme intracellulaire du sucre pour aboutir à la formation et l'expulsion extracellulaire des métabolites terminaux généralement acides.

Vitamines :

La plus part des bactéries lactiques sont incapables de synthétiser des vitamines, d'où l'importance d'un apport exogène (Tableau II).

Tableau II : les Principaux besoins vitaminiques de quelques bactéries lactiques [20]

Vitamines	<i>Lactobacilles</i>	<i>Lactocoques</i>	<i>Streptococcus. thermophilus</i>
Acide ascorbique			++
Acide folique(B11)	V	V	V
Acide nicotinique			+
Acide pantothénique(B5)	++	++	++
Biotine	V	+	+
Niacine	++	++	+
Pyridoxine (B6)	V	+	+
Riboflavine (B2)	++	V	++
Thiamine (B1)	V	V	+
Cobalamine (B12)	V	V	V

++ : Exigences absolue ; + : Stimulant mais non essentiel ; V : variable selon l'espèce

Minéraux :

Le fer joue un rôle important dans la production d'acide lactique essentiellement chez les *lactocoques*, il en va de même pour le potassium qui est nécessaire comme cofacteur pour plusieurs enzymes bactériennes [21].

Azote :

Un apport exogène d'azote est essentiel pour la croissance de ces bactéries.

Le tableau suivant montre un exemple des besoins nutritionnels des *Lactocoques* (Tableau III)

Tableau III : Besoins nutritionnels des *Lactocoques*[22].

Substances de croissance	<i>Lc.Lactis subsp.lactis</i>	<i>Lc. Lactis subsp.cremoris</i>	<i>Lc. Lactis subsp.lactis biovar diacetylactis</i>
<u>Acides aminés</u>			
Lysine	-	-	-
Leucine	+	+	+
Histidine	+	+	+
Valine	+	+	+
Cystéine	S	+	S
Aspartate	nd	nd	nd
Glutamate	+	+	+
Isoleucine	+	+	+
Tyrosine	nd	nd	nd
Méthionine	+	+	+
<u>Vitamines</u>			
Vit. B12	+	+	+
Biotine	+	+	+
Niacine	+	+	+
Pantothécate	+	+	+
Riboflavine	+	+	+
Thiamine	+	+	+
Pyridaxol	+	+	+
Acide folique	+	+	+
<u>Acides organiques</u>			
Acide acétique	+	+	+
Acide oléique	+	+	+
Acide orotique	nd	nd	nd
Acide formique	nd	nd	nd
<u>Acides nucléiques</u>			
Hypoxanthines	S	-	-
Adénine	S	S	-
Guanine	S	-	-
Thymine	S	-	-
Thymidine	S	-	-
Uracil	S	-	-

+ : Essentiel à la croissance; - : Non requise pour la croissance; S : Stimulant, nd : Non déterminé

IV.4.Classification :

La première classification des bactéries lactiques a été établie en 1919 par Orla-Jensen [21], elle est basée sur les propriétés morphologiques, biochimiques et physiologiques. La composition en acide gras et les constituants de la membrane cellulaire peuvent aussi être utilisées pour la classification [23].

Selon Ludwig [24], le phylum Firmicutes comprend trois classes : ***Bacilli***, ***Clostridia*** et ***Erysipelotrichi***.

Les bactéries lactiques appartenant au phylum Firmicutes et à la classe des *Bacilli* sont divisées en trois familles :

- ***Lactobacillaceae*** : regroupe *lactobacillus*, *paralactobacillus*, *Pediococcus*.
- ***Leuconostocaceae*** : contient *Leuconostoc*, *Oenococcus*, et *Weisella*.
- ***Streptococaceae*** : regroupe *Streptococcus*, *Lactococcus*, et *Lactovum* [24].

La nouvelle classification est basée sur l'homologie des séquences de l'ARN ribosomique (16S) a été établie par Bergey's manuel turst et cité par Amrouche[24] :

Phylum: *Fermicutes*.

Classe : *Bacilli*

Ordre : *Lactobacillale*

Famille: *Lactobacillaceae* .

Genre : *Lactobacillus*.

Genre : *Pediococcus*.

Famille : *Carnobacteriaceae*

Genre : *Carnobacterium*

Famille : *Leuconostocaceae*

Genre : *Leuconostoc*

Genre : *Oenococcus*

Genre : *Weisella*

Famille : *Streptococcaceae*

Genre : *Lactococcus*

Genre : *Streptococcus*

Famille : *Enterococcaceae*

Genre : *Enterococcus*

Genre : *Tétragonococcus*

Genre : *Vagococcus*

Famille : *Aerococcaceae*

Genre : *Aerococcus*

Le genre *Bifidobacterium* appartient à la famille des *bifidobacteriaceae* ,
ordre des *bifidobacteriales* , classe *Actinobacteria* .

La composition de l'ADN mesurée par hybridation permet de différencier les genres et les espèces entre eux en se basant sur le pourcentage en bases Guanine + Cytosine.

Le tableau ci-dessous définit quelques critères de différenciation des différentes espèces (Tableau IV) :

Tableau IV : différenciation de quelques genres de bactéries lactiques [25].

Genres	Cellules		Fermentation	% (G-C)
	Forme	Arrangements		
Streptococcus	Coques	chaines	Homolactique	34-46
Leuconostoc	Coques	Tétrade	Hétérolactique	36-43
Pediococcus	Coques	chaines	Homolactique	34-42
Lactobacillus	Bacilles	chaines	Homolactique et Hétérolactique	32-53

IV.5.Caractéristiques : (Tableau V)

Ce sont des coques ou des bâtonnets, Gram positifs, immobiles, non sporulés, catalase négative, et généralement ne produisent pas de nitrate réductase, et sont des aéro-anaérobies facultatifs, en présence d'oxygène elles sont incapables de réaliser la phosphorylation oxydative car elles ne peuvent pas synthétiser les cytochromes et les enzymes à noyau hème.

Tableau V : quelques caractéristiques de bactéries lactiques [26].

Caractéristiques	Bacilles					Coques						
	<i>Carnobacterium</i>	<i>Lactobacillus</i>	<i>Aerococcus</i>	<i>Enterococcus</i>	<i>Lactococcus</i>	<i>Vagococcus</i>	<i>Leuconostoc</i>	<i>Oenococcus</i>	<i>Pediococcus</i>	<i>Streptococcus</i>	<i>Tetragenococcus</i>	<i>Weissella</i> ^a
Formation des tétrades	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-
Production de gaz ^b	- ^c	±	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
Croissance à 10 °C	+	±	+	+	+	+	+	±	-	+	+	+
Croissance à 45 °C	-	±	-	+	-	-	-	±	±	-	-	-
Croissance dans 6.5 % NaCl	ND ^d	±	+	+	-	-	±	±	-	+	+	±
Croissance dans 18 % NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Croissance à pH 4,4	ND	±	-	+	±	±	±	+	-	-	-	±
Croissance à pH 9,6	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
Acide lactique	L	D, L, DL ^e	L	L	L	L	D	L, DL ^e	L	L	L	D, DL ^e

Notes :

+ : positif ; - : négatif ; ± : réponse variable selon les espèces ; ND : non déterminé.

^a *Weissella* peuvent être également sous forme de bacille.

^b Type de fermentation du glucose : homofermentaire (-) ou hétérofermentaire (+).

^c Faible quantité de CO₂ produite selon le milieu.

^d Peuvent ne pas se développer dans 8 % NaCl.

^e Production d'acide lactique D, L, ou DL acide variable selon les espèces

IV.5. 1. Famille : *Lactococcaceae*

IV.1.1. Genre : *Lactobacillus*

Ce sont des bacilles souvent allongés (figure 6), Gram +, non sporulés, parfois groupés en paires ou en chaînes, immobiles, catalase négative, micro-aérophiles ou anaérobies.



Figure 6 : *Lactobacillus. bulgaris*[27].

Le genre *Lactobacillus* a été subdivisé par Orla Jensen (1919) [28] en trois groupes :

➤ **Groupe I ou “*Thermobacterium*” :**

Comprend les lactobacilles homofermentaires stricts, la plupart étant thermophiles, se développant à 45°C mais pas à 15°C.

Les espèces les plus fréquentes dans l'alimentation (lait, yaourts, fromages) sont *Lactobacillus. helveticus*, *Lactobacillus. jugurti*, *Lactobacillus. bulgaricus*, *Lactobacillus. lactis*, *Lactobacillus. acidophilus*, *Lactobacillus. leichamni*, *Lactobacillus. delbrueckii*, *Lactobacillus. kefirifaciens*, et *Lactobacillus. mali*.

➤ **Groupe II ou “*Streptobacterium*” :**

Regroupe les *lactobacilles* hétérofermentaires facultatifs qui se développent à 15°C, fermentent les pentoses par voie hétérofermentaire et les hexoses par voie homofermentaire.

Ce groupe comporte les *Lactobacillus. casei* qui sont des lactobacilles prédominants dans le lait, les *Lactobacillus. plantarum* rencontrés dans la

choucroute, les *Lactobacillus. curvatus*, *Lactobacillus. sakei*, *Lactobacillus. acetotolerans*, *Lactobacillus. graminis*, et *Lactobacillus. rhamnosus*.

➤ **Groupe III ou “Betabacterium” :**

Comprend les lactobacilles hétérofermentaires stricts.

Les espèces les plus fréquentes dans l'alimentation sont *Lactobacillus. fermentum*, *Lactobacillus. buchneri*, *Lactobacillus. brevis*, *Lactobacillus. fructivorans*, *Lactobacillus. hilgardii*[28].

IV.5.1.2. *Pediococcus*

Sont des coques homofermentaires groupées en tétrade (figure 7). Ils sont mésophiles, lactose négative, leur développement nécessite la présence de divers facteurs de croissance.

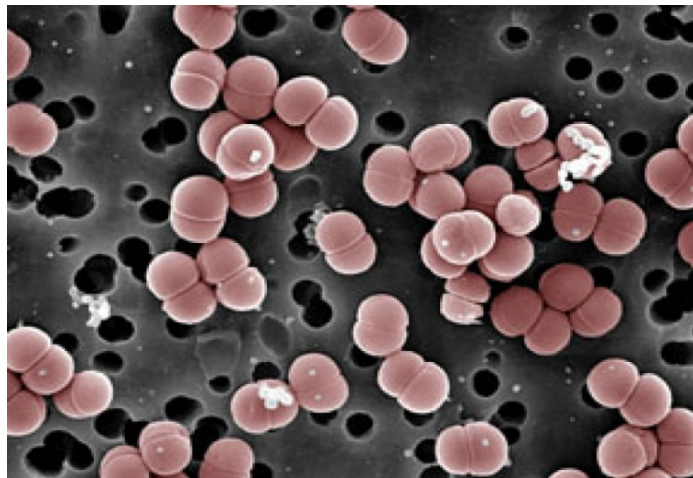


Figure 7 : *Pediococcus* [29].

Certaines espèces se distinguent par leur capacité à se développer à des teneurs en sels très élevées, comme *Pediococcus halophilus* , renommé

Tétragenococcus halophilus et *Tétragenococcus muriaticus* qui tolère jusqu'à 18% de NaCl.

Sept espèces de *Pediococcus* sont connues : *Pediococcus. acidilactici*, *Pediococcus. damnosus*, *Pediococcus. dextrinicum*, *Pediococcus. inopinatus*, *Pediococcus. parvutus*, *Pediococcus. pentosaceus* et *Pediococcus. urinaeequi* [30].

Les *pediococcus. Damnosus* sont des microorganismes majeurs de l'altération de la bière à cause de la formation de diacétyl/acétoïne qui créent le goût du beurre.

Les *pediocoques* sont utilisées comme agents antibactériens ou probiotiques et permettent également la maturation des fromages [31,32].

IV.5.2. Famille : Carnobacteriaceae

Genre : Carnobacterium

Sont des bacilles hétérofermentaires, anaérobies, catalase négative, souvent trouvés dans les viandes de bœuf, de poisson et de la volaille emballées sous vide et stockées à basse température [33].

Ce genre contient plusieurs espèces dont les principales sont : *Carnobacterium. divergens*, *Carnobacterium. carnis* et *Carnobacterium. piscicola*.

Les *Carnobacterium divergens* sont des bio-conservateurs contre les *Listeria. monocytogènes*, et les *Carnobacterium. Piscicola* ont un rôle principale dans la formation de la saveur des saucages fermentés [34,35].

IV.5.3. Famille : *Leuconostocaceae*

IV.5.3.1. Genre : *Leuconostoc*

Ce sont des coques groupés en paires ou en chaînes (figure 8), catalase négative, hétérofermentaires : produisant de l'acide lactique, du CO₂ et de l'éthanol [36].



Figure 8 : *Leuconostoc. lactis* G*22000[37].

Leur température optimale de croissance se situe entre 25 et 30°C. Le développement des *Leuconostoc* entraîne souvent l'apparition d'une viscosité dans le milieu [38].

Dans l'industrie laitière, les *Leuconostoc*, principalement les *Leuconostoc. mesenteroides* sous espèce *cremoris*, sont utilisés pour produire des substances aromatiques telles que le diacétyl et l'acétoïne à partir des citrates du lait.

Certaines espèces principalement les *Leuconostoc. carnosum* ont été proposées pour la bioconservation des produits carnés emballés sous vide et entreposés au froid, contre les *Listeria. monocytogènes*.

Ce genre est également important dans les fermentations naturelles des produits d'origine végétale, par exemple la choucroute ou le kimchi[38].



Figure 9 : Préparation du Kimchi [38]

IV.5.3.2 Genre : *oenococcus*

Sont des coques sphériques ou ovalaires, immobiles, non sporulées, anaérobies, hétérofermentaires et capable de croître entre 20 et 30°C, utilisées dans la fermentation des vins, et peu utilisées en agro-alimentaires.

IV.5.3.3. Genre : *Weissella*

Sont des coccobacilles ou des coques ovoïdes, à Gram positif, se présentant de manière isolée ou groupés par deux ou en courtes chaînes (figure 10), non sporulés, immobiles, catalase négative, oxydase négative, aéro-anaérobies ou micro-aérophiles, hétérofermentaires, cultivant à 15 °C, ayant des exigences nutritionnelles complexes.

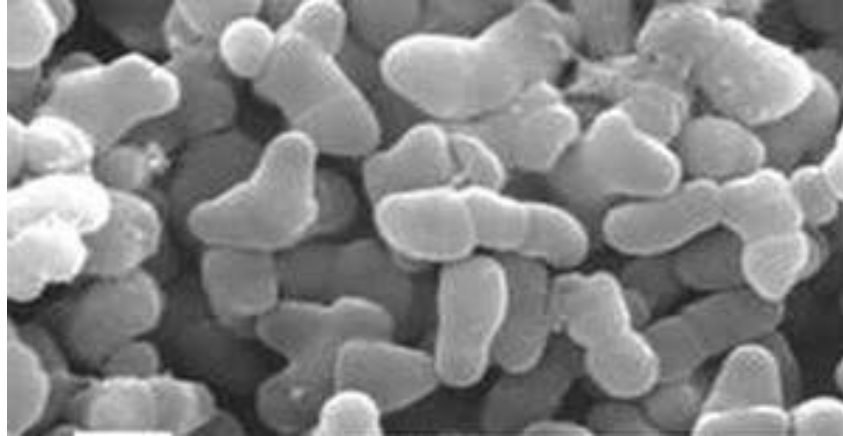


Figure 10 : *Weisella*[39]

IV.5.4. Famille : Streptococcaceae

IV.5.4.1. Genre : Lactococcus

Les lactocoques se présentent sous forme de coques en paire ou en chaînes de longueur variable (figure 11).

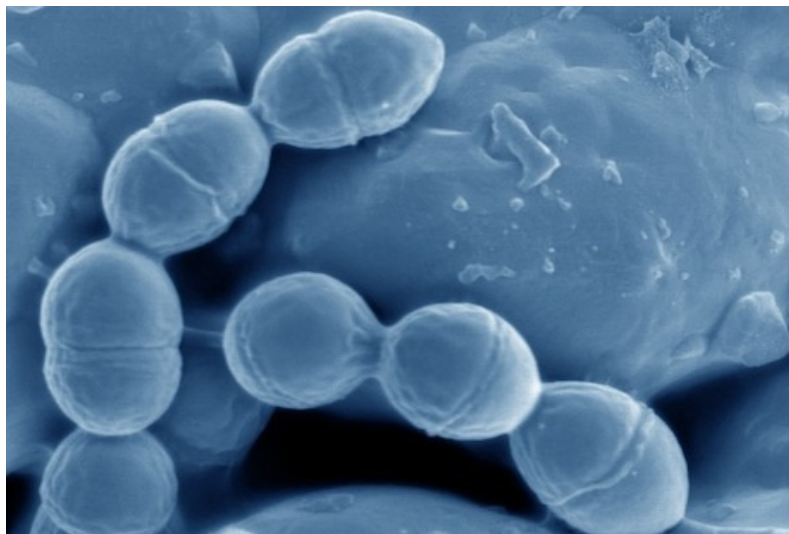


Figure 11 : *Lactococcus lactis* G * 20000[40]

Ce sont des bactéries anaérobies, homofermentaires. Leur température optimale de croissance est proche de 30°C, capable de se développer même à 10°C. Quelques espèces produisent des exopolysaccharides et des bactériocines [41].

Ils sont étroitement associés aux produits laitiers, mais seuls les *Lactococcus lactis* qui sont actuellement utilisées en technologie laitière [41]

Trois sous-espèces de *Lactococcus. lactis* peuvent être distinguées : *Lactococcus. lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus. lactis* ssp. *cremoris* et *Lactococcus. lactis* ssp. *hordniae*. Seules les deux premières sont importantes dans la fabrication des produits laitiers [42].

IV.5.4.2. Genre : *Streptococcus*

La seule espèce de streptocoques utilisée en technologie alimentaire est *Streptococcus. thermophilus* (figure 12), grâce à son rôle dans la fermentation du lait qui transforme le lactose en acide lactique (homofermentaire), entraînant la diminution rapide du pH ce qui entraîne une précipitation des caséines [43].

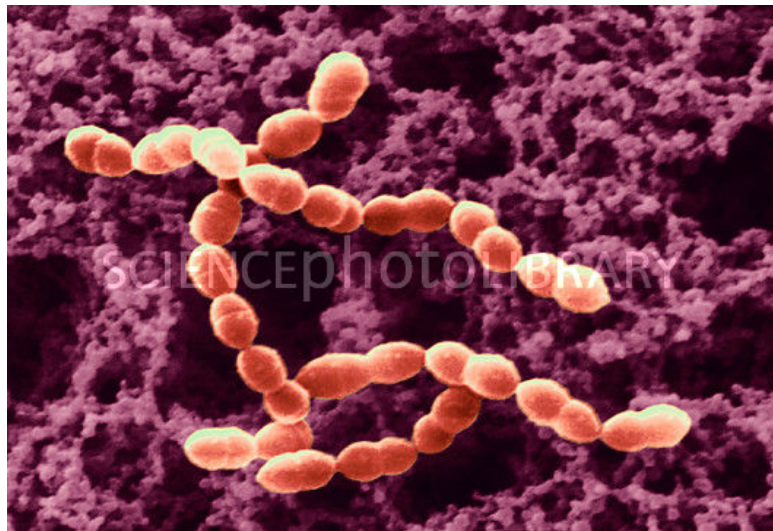


Figure 12 : *Streptococcus thermophilus* G*6250[44].

Streptococcus thermophilus se différencie par son habitat (lait et produits laitiers) et son caractère non pathogène. La résistance à la température, la capacité de croître à 52°C et le nombre limité des hydrates de carbones permettent de les distinguer de la plupart des autres streptocoques [45,46].

IV.5.5. Famille : Enterococcaceae.

IV.5.5.1.Genre : Enterococcus

Sont des cocci gram positif présentés sous forme de chainettes (figure 13)

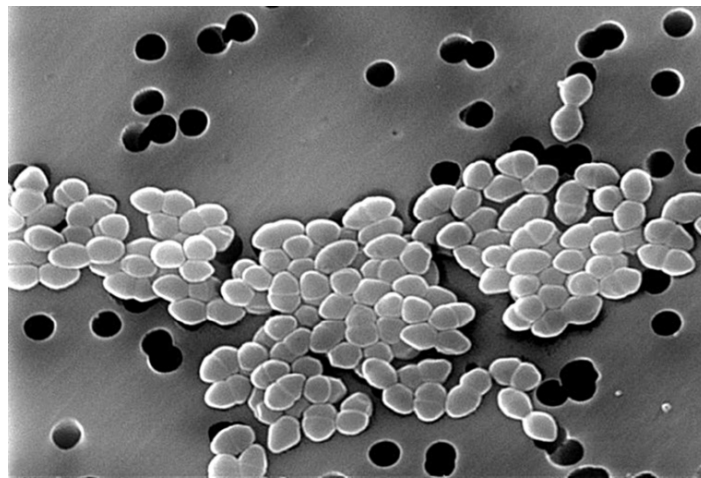


Figure 13 : *Enterococcus* au microscope électronique[47]

Le genre *Enterococcus* regroupe les streptocoques fécaux qui présentent une hémolyse de type λ , β , et qui appartiennent au groupe sérologique D. Ce sont des commensaux de l'intestin.

Les espèces rencontrées en alimentation sont essentiellement *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus durans* et *Enterococcus Bovis* [48].

Les entérocoques produisent des bactériocines, et peuvent être utilisées comme probiotiques [49].

IV.5.5.2. Genre : *Tetragenococcus*

Seulement deux espèces de *Tetragenococcus* sont connues : *Tetragenococcus. Halophilus* et *Tetragenococcus. muriaticus*

Ces bactéries résistent à des concentrations élevées en sel (supérieures à 18% NaCl). Et ont un rôle très important dans la fabrication des produits alimentaires à concentration de sel élevée comme les sauces de soja [50,51].

VI.5.5.3. Genre : *Vagococcus*

Sont des coques à gram positif, anaérobies, catalase négative, homofermentaires, peuvent croître entre 10 et 45 °C, ils se trouvent principalement dans le poisson, les matières fécales et l'eau.

Les espèces du genre *Vagococcus* sont facilement confondues avec les *lactocoques* au niveau morphologique, mais ces deux genres sont clairement distincts par leur composition en acides gras. Les amorces d'oligonucléotides rendent l'identification de ce genre fiable et réalisable [52,53].

IV.5.6. Famille : *Aerococcaceae*

Genre : *Aerococcus*

Sont des coques groupées en tétrades contenant cinq espèces et moins intéressant en agroalimentaire [53].

IV.5.7. Famille : Bifidobacteriaceae

Genre : *Bifidobacterium*

Ce sont des bacilles à Gram positif (figure 14), immobiles, non capsulés et non sporulés, anaérobies, catalase négative, nitrate réductase négative, se distinguant par leur aspect bifide.

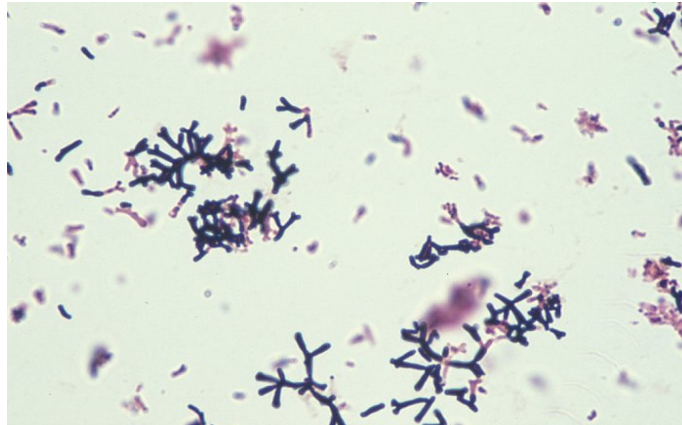


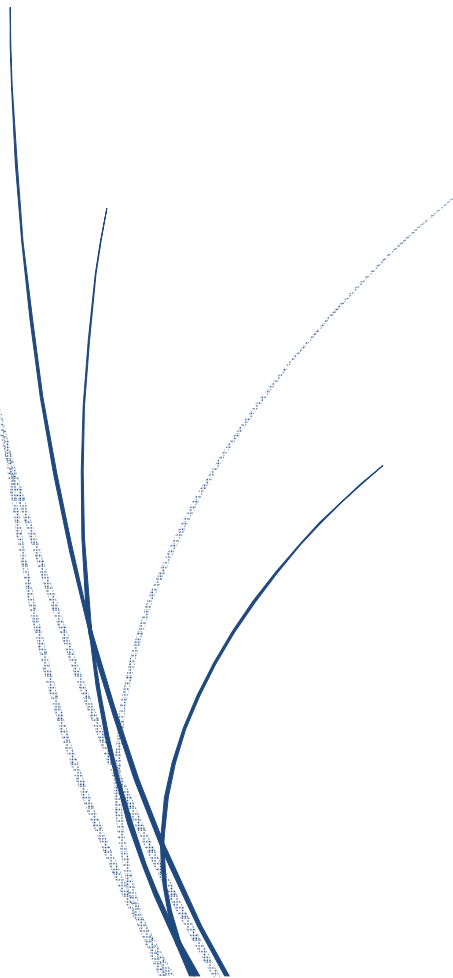
Figure 14: frottis de *Bifidobacterium*[27].

Elles sont le plus souvent présentes dans l'intestin de l'homme et des animaux comme elles peuvent être isolées des eaux usées.

Leur présence entraîne une protection contre les agents infectieux au niveau intestinal. Elles sont également utilisées comme agent de bio contrôle dans la fermentation de la viande, inhibent la croissance des *Listeria monocytogenes* et d'*Escherichia coli*.



V. Microorganismes et aliments.



La fermentation des aliments est une technique de conservation couramment employée. Les acteurs essentiels sont les bactéries, les levures et les moisissures. Il s'agit d'un processus strictement anaérobie.

La fermentation garantit, d'une part, l'amélioration de la durée de vie et de la qualité microbiologique des aliments (inhibition des microorganismes contaminants), et d'autre part, d'en améliorer les propriétés nutritionnelles (meilleure digestibilité du lactose du lait, diminution de la toxicité des racines de manioc) et organoleptiques (flaveur, arôme, texture, apparence) [54].



Figure15 : Racines de manioc [55]

De nombreuses classifications des fermentations alimentaires ont été établies suivant des critères différents. Steinkraus en 1997 [56] a distingué sept classes de fermentations alimentaires (Tableau VI) :

1-les fermentations à base de protéines végétales provenant de mélanges de végétaux et utilisées comme des substituts de viandes (ex : tempeh).

2-les sauces et les pâtes fermentées salées, riches en acides aminés et en peptides (ex : sauce au soja, miso).

3-les fermentations lactiques de végétaux (« pickle », choucroute, olive), de laits (yaourt, fromages), de mélanges à base de poissons (idli), ou de viandes (saucisses fermentées).

4-les fermentations alcooliques produisant les vins, les bières, les alcools asiatiques (alcool de riz), les alcools à base de sucre de canne (rhum).

5-les fermentations acétiques produisant les cidres et différents vinaigres (vinaigre de vin, vinaigre de coco, vinaigre de palmier)

6-les fermentations alcalines (le natto) ;

7-les fermentations à base de levains de panification.



Figure 16 : Tempeh[57]



Figure 17 : Miso [58]



Figure 18 : Idli [59]



Figure 19 : Natto[60]

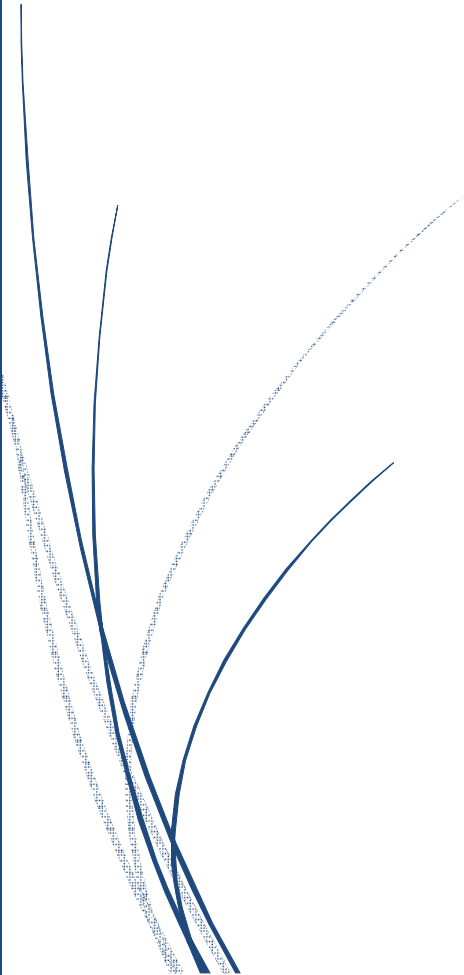
Tableau VI : exemples de produits fermentés ; pays d'origine et microorganismes dominant la fermentation (d'après la revue Caplice et Fitzgerald, 1999). Les bactéries sont figurées en bleu, les levures en vert et les champignons en orange [56].

Aliment fermenté	Pays d'origine	Microorganisme(s) fermentaire(s)	Matière première
Gari	Afrique de l'Ouest	• <i>Corynebacterium manihot</i> ,	Racine de manioc
		• bactéries lactiques (<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Streptococcus</i> spp.),	
		• Levures	
Ogi	Nigeria et Afrique de l'Ouest	• bactéries lactiques,	Maïs
		• <i>Cephalosporium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> spp,	
		• <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Candida mycoderma</i> , <i>Candida valida</i> , <i>Candida vini</i>	
Tempelh	Indonésie Surinam	• <i>Rhizopus oligosporus</i>	Pousses de soja
Sauce au soja	Orient	• <i>Lactobacillus</i> , <i>Tetragenococcus halophila</i>	Pousses de soja et de blé
		• <i>Aspergillus oryzae</i> ou <i>Aspergillus soyae</i> ,	
		• <i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	
Miso	Japon	• <i>Aspergillus oryzae</i> , • <i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	Pousses de soja
Choucroute	International	• bactéries lactiques (<i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus curvatus</i> , <i>Lactobacillus sakei</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i>)	Chou
		• bactéries lactiques (<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus bulgaricus</i> , <i>Propionibacterium shermanii</i>),	
		• occasionnellement <i>Penicillium</i> spp.	
Idli	Inde	• bactéries lactiques (<i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Enterococcus faecalis</i>), • <i>Torulopsis</i> , <i>Candida</i> , <i>Trichosporon pullulans</i>	Riz et poisson
Olives	Méditerranéen	• bactéries lactiques (<i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i>),	Olives vertes
		• bactéries lactiques (<i>Pediococcus cerevisiae</i> ,	
Pickles	International	• bactéries lactiques (<i>Pediococcus cerevisiae</i> ,	Concombre

Tableau VI : exemples de produits fermentés ; pays d'origine et microorganismes dominant la fermentation (d'après la revue Caplice et Fitzgerald, 1999). Les bactéries sont figurées en bleu, les levures en vert et les champignons en orange [56].

Saucisses fermentées	International	<ul style="list-style-type: none"> <i>Lactobacillus plantarum</i> bactéries lactiques (Lactobacilles et Pediococcus), Coques catalase positive (<i>Staphylococcus carnosus</i>, <i>Staphylococcus xylosum</i>, <i>Micrococcus varians</i>), occasionnellement des champignons et/ou des levures 	Porc et/ou bœuf, volaille
	International	<ul style="list-style-type: none"> <i>Streptococcus thermophilus</i>, <i>Lactobacillus bulgaricus</i> 	Lait
Bière	International	<ul style="list-style-type: none"> <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, <i>Saccharomyces carlsbergensis</i> 	Malt, houblon
	International	<ul style="list-style-type: none"> bactéries lactiques (<i>Leuconostoc</i>, <i>Lactobacillus</i>, <i>Pediococcus</i>, <i>Oenococcus</i>, <i>Streptococcus</i>), <i>Kloeckera apiculata</i>, <i>Saccharomyces ellipsoideus</i>, <i>Saccharomyces oviformis</i>, <i>Torulospora rosei</i> 	Baies de raisin
Cidre	International	<ul style="list-style-type: none"> <i>Lactobacillus</i> hétérofermentaires, <i>Kloeckera</i> spp, <i>Saccharomyces uvarum</i>, <i>Saccharomyces ellipsoideus</i>, <i>Acetobacter</i>, <i>Gluconobacter</i> 	Pommes
	International	<ul style="list-style-type: none"> <i>Bacillus</i> spp. 	Graines de Caroubier
Dawa-dawa	Nigeria	<ul style="list-style-type: none"> <i>Bacillus</i> spp. 	Graines de Caroubier
	Japon	<ul style="list-style-type: none"> <i>Bacillus subtilis</i> 	Pousses de soja
Pain	International	<ul style="list-style-type: none"> <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 	Farine de blé
	International	<ul style="list-style-type: none"> <i>Lactobacillus</i> spp. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, <i>Saccharomyces exigus</i> 	Farines de différentes céréales

VI. Utilité des bactéries lactiques



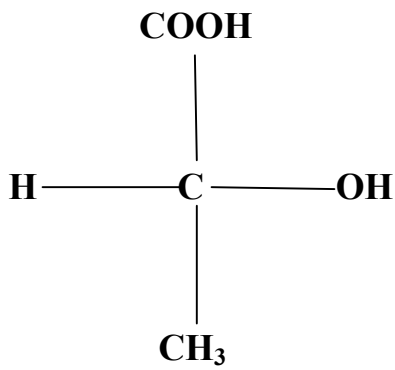
L'utilisation des bactéries lactiques dépend de leurs propriétés fonctionnelles et technologiques. La production par exemple d'acides organiques dans les aliments assure une baisse du pH jusqu'à une valeur défavorable pour le développement de la majorité des bactéries pathogènes, la synthèse des composés aromatiques détermine elle aussi certains caractères sensoriels et rhéologiques désirés des produits alimentaires.

VI.1. Rôles des bactéries lactiques dans la sécurité alimentaire.

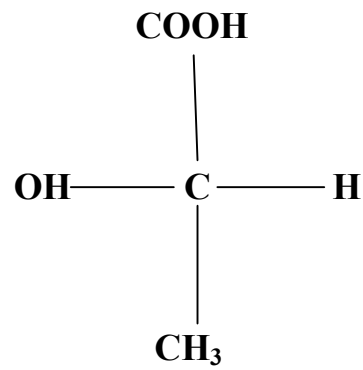
VI.1.1-Acides organiques :

Les acides organiques comme tous les acides ont un effet inhibiteur lié à la diminution du pH du milieu qui entraîne une acidification du cytoplasme cellulaire se traduisant par une inhibition des flores pathogènes (*Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Clostridium*) et des bactéries d'altération (*Pseudomonas* et les *Entéobactéries*)[61,62].

L'acide lactique : c'est le métabolite majeur de la fermentation des bactéries lactiques. A pH bas, une grande quantité d'acide lactique se trouve sous forme non dissociée qui est toxique pour de nombreuses bactéries, levures et moisissures. Les stéréo-isomères de l'acide lactique sont différents dans leur activité antimicrobienne, l'acide L-lactique est plus inhibiteur que l'acide D-lactique [63].



Acide D-lactique



Acide L-lactique

L'acide acétique : produit par les bactéries lactiques hétérofermentaires, interagit avec la membrane cellulaire et cause une acidification intracellulaire et une dénaturation des protéines. L'acide acétique est plus inhibiteur que l'acide lactique à l'égard de *Listeria monocytogenes*, du fait que cet acide a un pKa plus élevé par rapport à l'acide lactique et l'acide citrique [64].

VI.1.2. Dioxyde de carbone CO₂ :

Les bactéries lactiques hétérofermentaires synthétisent du dioxyde de carbone (CO₂) comme métabolite secondaire. Son accumulation dans le milieu extérieur crée une anaérobiose qui peut être toxique pour les microorganismes aérobies présents dans l'aliment.

VI.1.3. Composés aromatiques :

Le diacétyl : est un produit issu du métabolisme du citrate et qui est responsable de l'arôme « Beurre » des produits laitiers. Inhibe la croissance des bactéries à gram négatif à 200 µg/ml et celle à gram positif à 300 µg/ml. La production de diacétyl est faible durant la fermentation lactique, 4 µg/ml sont produits par *Lactococcus lactis*[65,66].

Acétaldéhyde : produit par *Lactobacillus delbrueckii* sous espèce *bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Il inhibe la croissance de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* et *Escherichia coli* dans les produits laitiers [67].

VI.1.4. Acides Gras :

Certains *Lactobacilles* et *Lactocoques* peuvent produire des quantités significatives d'acides gras libres dans le lait fermenté. L'activité de ces acides dépend de la longueur de la chaîne carbonée, la concentration et le pH du milieu.

L'acide arachidonique a un effet bactéricide sur les bactéries à gram positif dont *Listeria monocytogènes* [68].

VI.1.5. Bactériocines :

Certaines bactéries lactiques sont capables de produire des substances antimicrobiennes (Bactériocines) (Tableau VII) permettant d'améliorer la qualité et la sécurité des aliments fermentés.

Les bactériocines sont des peptides antimicrobiens libérés par des bactéries lactiques dans le milieu extracellulaire sous forme native, ou modifiée et dont la plupart ont une activité contre des bactéries pathogènes tels que *Listeria monocytogènes* (Tableau VIII) [69]

Les bactéries productrices de bactériocines peuvent ainsi être ajoutées comme starter dans des produits fermentés ou comme culture protectrice.

Les bactériocines sont divisés en trois classes :

- **Classe I** : Les lantibiotiques (exemple : Nisine) : peptides de taille inférieure à 5 kDa, stables à la chaleur et qui contiennent des acides aminés inhabituels soufrés formés en post-traduction.
- **Classe II** : Peptides de taille inférieure à 10 kDa, stables à la chaleur, ne contenant pas d'acides aminés modifiés (Pediocine PA-1, Entéroline, Sakacine) .
- **Classe III** : Protéines de taille supérieure à 30 kDa et sensibles à la chaleur (Enterolysine, Millericine) [70].

Tableau VII : Quelques bactériocines produites par les bactéries lactiques [71].

Genres	Bactériocines
<p>I. Lactococcus <i>Lactococcus. Lactis sous espèce Lactis</i></p> <p><i>Lactococcus. Lactis sous espèce Cremoris</i></p>	<p>Lactostrepcine, Nisine, Lactinice, Dricine, Lactococcine, Bactériocine</p> <p>Lactococcine, Lactocine, Diacetine, Diplococcine, Bactériocine.</p>
<p>II. Leuconostoc <i>Leuconostoc mesenteroides sous espèce mesenteroides</i></p>	<p>Mesenterocine, Leucocine</p>
<p>III. Streptococcus <i>Streptococcus. Thermophilus</i></p>	<p>Thermophiline</p>
<p>IV. Lactobacillus <i>Lactobacillus. Acidophilus</i></p> <p><i>Lactobacillus. Johnsonii</i></p> <p><i>Lactobacillus. Gasseri</i></p> <p><i>Lactobacillus. Reuteri</i></p> <p><i>Lactobacillus. Casei</i></p> <p><i>Lactobacillus. Plantarum</i></p> <p><i>Lactobacillus. Rhamnosus</i></p> <p><i>Lactobacillus delbrueckii</i></p>	<p>Lactacine, Acidophiline, Acidophilicine, Acidocine, Acidoline.</p> <p>Lactacine.</p> <p>Bactériocine, Gassericine.</p> <p>Reutercycline, Reutericine.</p> <p>Caseicine</p> <p>Plantaricine.</p> <p>Bactériocine.</p> <p>Bulgaricane, Lacticine, Lactobacilline.</p>
<p>V. Enterococcus <i>Enterococcus. Faecalis</i></p> <p><i>Enterococcus. faecium</i></p>	<p>Enterocine</p> <p>Enterocine</p>
<p>V.I Bifidobacterium <i>Bifidobacterium. Bifidum</i></p>	<p>Bifidocine</p>
<p>VII. Pediococcus <i>Pediococcus. Acidilactici</i></p>	<p>Pediocine</p>

Tableau VIII: exemples d'utilisations des bactéries lactiques productrices de bactériocines dans différents produits alimentaires (d'après O'Sullivan *et al.*, 2002).

Bactériocine	Application	Résultats	Références
-Produits laitiers et Fromages			
Pediocine (PA1)	<p>-Utilisation d'un <i>Lactococcus. lactis</i> producteur de pediocine en tant que ferment dans la production de cheddar.</p> <p>-Utilisation d'un <i>Lactobacillus. Plantarum</i> en pulvérisation à la surface munster.</p>	<p>-Réduction du Nombre de <i>Listeria. monocytogènes</i></p> <p>-Arrêt de la croissance de <i>Listeria. monocytogènes</i> après 11 jours et suppression totale après 21 jours</p>	<p>Buyung 1998</p> <p>Ennahar 1998</p>
Enterocine	<p>-Utilisation d'un entérocoque producteur d'entérocoque dans la production de Talegior (fromage italien)</p> <p>- Utilisation d'un <i>Enterocoque. Faecalis</i> producteur d'entérocoque en tant que ferment dans la production de Manchego</p>	<p>Inhibition de <i>Listeria. innocua</i></p> <p>Inhibition de <i>Listeria. monocytogènes</i></p>	<p>Giraffa 1993</p> <p>Nunes 1997</p>

Nisine	Utilisation d'un <i>Lactococcus. lactis</i> producteur de nisine dans la préparation d'un dessert lacté (quarg)	Reduction du nombre de bactéries sporulantes durant la conservation à certaines Température.	Piockova 1998
Lacticine 3147	Utilisation d'un <i>Lactococcus. lactis</i> producteur de lacticine dans la production du « cottage cheese »	Reduction de 99,99 % du nombre de <i>Listeria.monocytogènes</i> après 5 jours à 4 °C.	M.Auliff 1994
-Produits carnés			
Pediocine	<p>Incorporation d'un <i>Pediococcus. Acidilactici</i> producteur de pediocine dans :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la fabrication de saucisses de Franfort. - Fabrication de saucisses de dinde . -Fabrication de saucisses fermentées -Fabrication de saucisses de poulet 	<ul style="list-style-type: none"> -Contrôle de la croissance de <i>Listeria. monocytogènes</i> . - Reduction du nombre de <i>Listeria monocytogènes</i> -Inhibition de <i>Listeria. monocytogènes</i> . - Reduction du nombre de <i>listeria. monocytogènes</i> . 	<p>Berry 1991</p> <p>Luchansky 1992</p> <p>Foegeding 1992</p> <p>Baccus-Taylor 1992</p>

Leucocine A	Inoculation du bœuf emballé sous vide avec <i>Lactococcus. Gelium</i>	Retard de l'altération de la viande par <i>Lactobacillus. Sakei</i> producteur de sulfites jusqu'à 6 semaines.	Leisner 1996
Lactocine 705	Utilisation d'un <i>Lactobacillus. Casei</i> producteur de lactocine pour contrôler la présence de <i>Listeria. monocytogenes</i> dans la viande.	Inhibition de la croissance de <i>Listeria. monocytogenes</i> dans la viande.	Vignolo 1996
Sakacine A	Incorporation d'un <i>Lactobacillus. Sakei</i> producteur de Skacine dans la viande hachée et le porc cru.	Inhibition de <i>Listeria. monocytogenes</i>	Schillinger 1991

VI.2 Protéolyse chez les bactéries lactiques :

Le système protéolytique des bactéries lactiques est composé de protéases associées à la paroi cellulaire, qui catalysent l'hydrolyse initiale des protéines en peptides. Ces peptides sont ensuite dégradés par des endopeptidases ou exopeptidases en acides aminés et oligopeptides facilement transférables à travers les parois cellulaires [72,73]

Dans le lait la dénaturation des caséines conduit à leur précipitation en petits flocons puis en caillé conduisant à la coagulation du lait (figure 20). La progression de l'hydrolyse des protéines du caillé constitue l'ensemble des phénomènes les plus importants de l'affinage des fromages.

La libération de petits peptides et acides aminés contribue au développement d'arômes ou de ses précurseurs. En effet les acides aminés libres ont des saveurs variées certains ont une saveur sucrée (glycocolle, alanine, sérine), et d'autres une saveur amère (leucine, lysine, tryptophane), la cystine a une saveur de caoutchouc. La transformation de ces acides aminés en composés spécifiques sous l'action des lyases, décarboxylase, désaminases, et transaminases conduit à la formation des amines, des acides, et des aldéhydes qui confèrent également des propriétés organoleptiques (figure21) [74] .

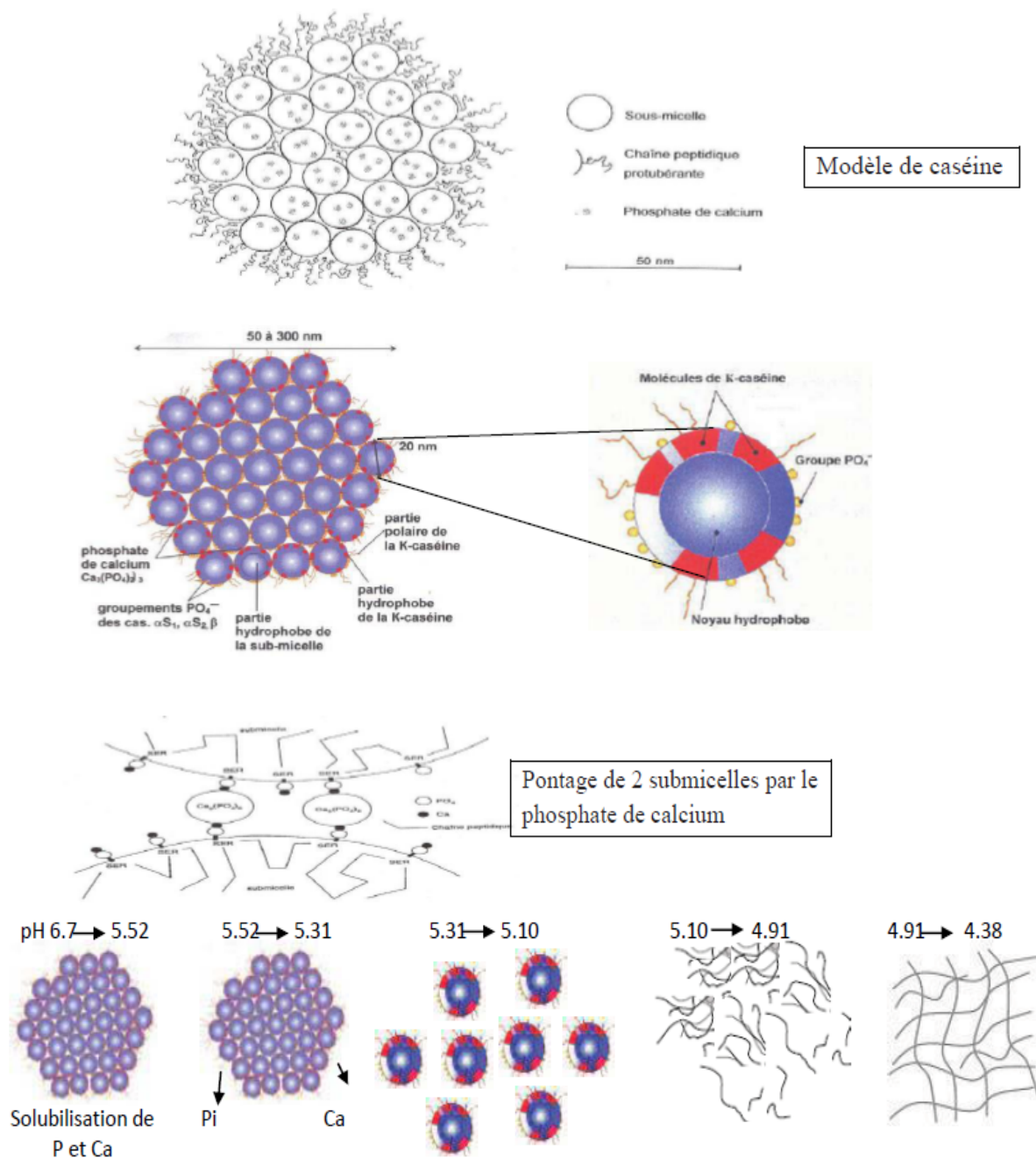


Figure 20 : Modèle de la caséine dans la coagulation acide [75].

Les micelles de caséines sont chargées négativement. Ceci entraîne une répulsion électrostatique qui assure la stabilité du lait.

Les fragments de K-caséine sont hydrophiles et se trouvent en périphérie des micelles, ils créent une couche d'hydratation (quantité d'eau retenue empêchant le rapprochement des colloïdes entre eux).

L'acide lactique, produit par les bactéries lactiques, va neutraliser les charges négatives des colloïdes à pH= 4.6 « point isoélectrique de la caséine », et va ainsi déshydrater les micelles, ce qui permettra à ces dernières de se rapprocher en formant des mailles « coagulation ».

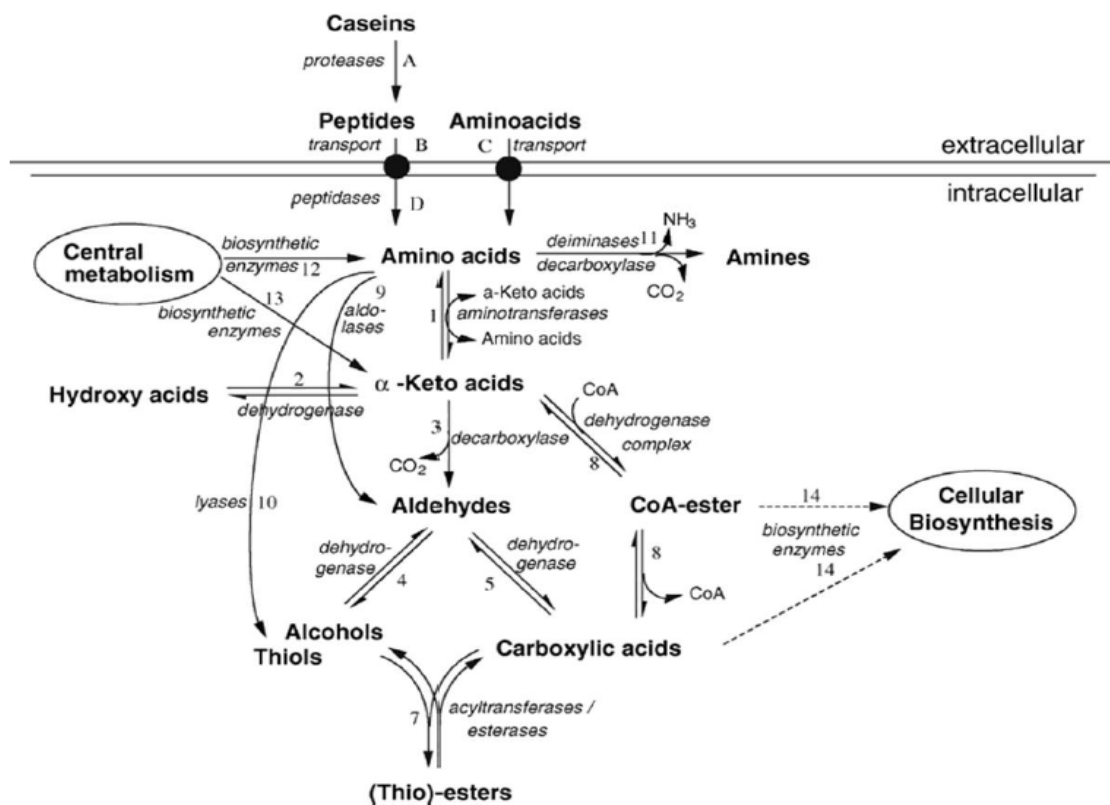


Figure 21 : Voies de conversion des protéines en composés aromatiques dans les produits fermentés [75].

La protéolyse dans les produits alimentaires est assurée par les espèces suivantes : (*Lactococcus lactis*, *Leuconostoc*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus farciminis*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosis*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus parabuchneri*, *Lactobacillus brevis*) [76].

VI.3.Pouvoir acidifiant des bactéries lactiques :

La fonction acidifiante des bactéries lactiques est due à la production d'acide lactique conduisant à l'abaissement du pH. Les *lactobacilles* et les *leuconostocs* sont connus par leur faible pouvoir acidifiant [77], ce qui est actuellement résolu en cultivant ces microorganismes en association avec des bactéries rapidement acidifiante comme *Lactococcus lactis* et *Lactobacillus delbrueckii* sous espèce *bulgaricus* [78].

VI.4.Pouvoir épaississant des bactéries lactiques :

Le pouvoir épaississant des bactéries lactiques est lié à leur capacité de produire des polysaccharides permettant d'augmenter la viscosité et l'onctuosité du produit fermenté et d'empêcher la précipitation au fond des fruits additionnés aux yaourts [79].

Les sucres synthétisés par les bactéries lactiques s'associent avec les glycoprotéines pour former autour de la cellule une fine couche appelée « Glycocalyx» (Figure22)

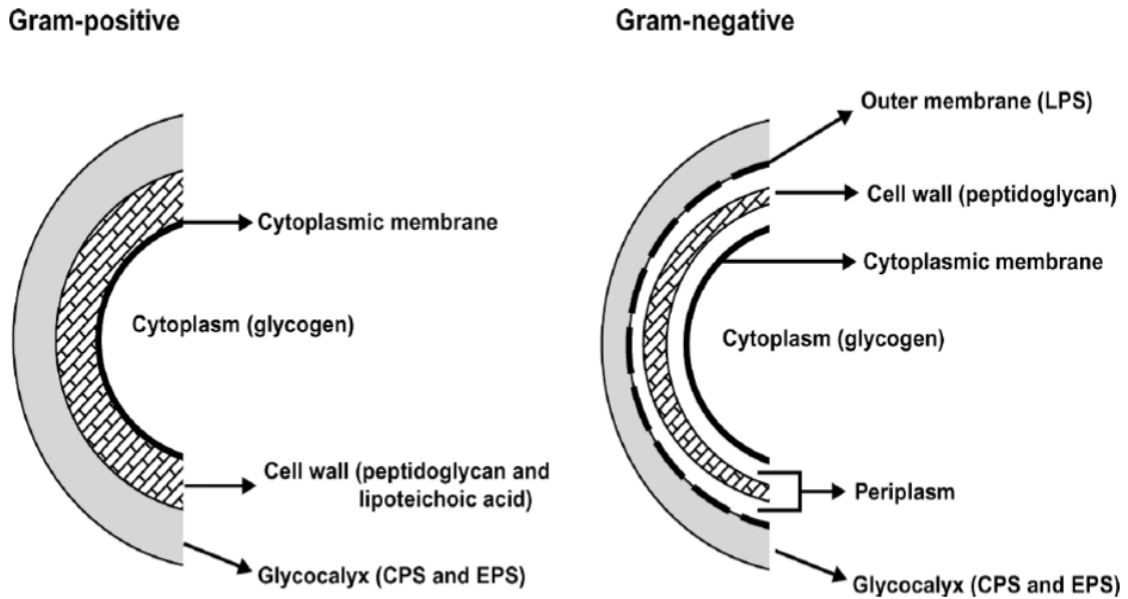


Figure 22 : Localisation cellulaire des polysaccharides produits par les bactéries à gram positif et à gram négative [80].

Cps : polysaccharides de la capsule

VI.5.Rôle Probiotique des bactéries lactiques :

Les probiotiques sont définis comme étant des micro-organismes vivants (bactérie ou levure, notamment ferment lactique) qui, lorsqu'ils sont ingérés en quantité suffisante, ont un effet bénéfique sur la santé en améliorant l'équilibre de la flore intestinale [81].

Le rôle probiotique des bactéries lactiques a été rapporté chez plusieurs espèces (Tableau IXX)

Tableau IXX : Espèces des bactéries lactiques ayant un rôle probiotique [82].

<i>Lactobacillus</i>	<i>Bifidobacterium</i>	Autres bactéries lactiques
<i>Lb acidophilus</i> , <i>Lb casei</i>	<i>B adolescentis</i> <i>B animalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i> <i>Enterococcus faecium</i>
<i>Lb fermentum</i> , <i>Lb curvaticus</i>	<i>B breve</i>	<i>Leuconstoc mesenteroides</i> <i>Lactococcus lactis</i>
<i>Lb amylovorus</i> , <i>Lb crispatus</i>	<i>B bifidum</i>	<i>Pediococcus acidilactici</i>
<i>Lb fructosus</i> , <i>Lb salivaticus</i>	<i>B infantis</i>	<i>Sporolactobacillus inulinus</i>
<i>Lb gallinarum</i> , <i>Lb gasseri</i>	<i>B lactis</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>
<i>Lb johnsonii</i> , <i>Lb paracasei</i>	<i>B longum</i>	
<i>Lb delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>		
<i>Lb plantarum</i> , <i>Lb reuteri</i>		
<i>Lb brevis</i> , <i>Lb rhamnosus</i> ,		

VI.5.1.Indications :

- Prévenir et traiter la diarrhée infectieuse.
- Soulager les symptômes du syndrome de l'intestin irritable.
- Traiter l'infection par *Helicobacter. pylori*.
- Prévenir les diarrhées associées aux antibiotiques.
- Prévenir les infections nosocomiales ou associées à un traitement médical.
- Traiter la constipation : l'administration de *Bifidobacterium. lactis* accélère le transit intestinal.

- Prévenir les récurrences de la maladie de Crohn.
- Action régulatrice sur le système immunitaire,
- Les *Lactobacillus. rhamnosus* ont procuré une protection légère, mais significative, contre les infections du système respiratoire.
- Plusieurs études rapportent que la concentration en cholestérol sérique diminue pendant la consommation de grandes quantités (680 à 5 000 mL par jour) de produits laitiers fermentés [83, 84]
- Des expériences ont montré que plusieurs bactéries lactiques pouvaient diminuer les taux d'enzymes responsables de l'activation de certains procarcinogènes tels que la β -glucuronidase, la β -glucosidase, l'azoréductase, ou encore la nitroréductase[85-87].

VI.5.2.Dosage :

➤ Prévention et traitement de la diarrhée

- Prendre de 6 à 12 milliards UFC de *Lactobacillus. rhamnosus* 1 fois par jour avant repas.
- Espacer la prise d'antibiotiques et de probiotiques, de 2 heures environ.

➤ Infections à *Helicobacter. pylori*

- Prendre de 125 millions à 4 milliards UFC de *Lactobacillus. johnsonii* par jour, en complément du traitement classique [88].

VI.5.3.Précautions

- la consommation de produits laitiers fermentés peut occasionner des troubles digestifs chez les personnes souffrant d'une intolérance grave au lactose.

VI.5.4.Effets indésirables

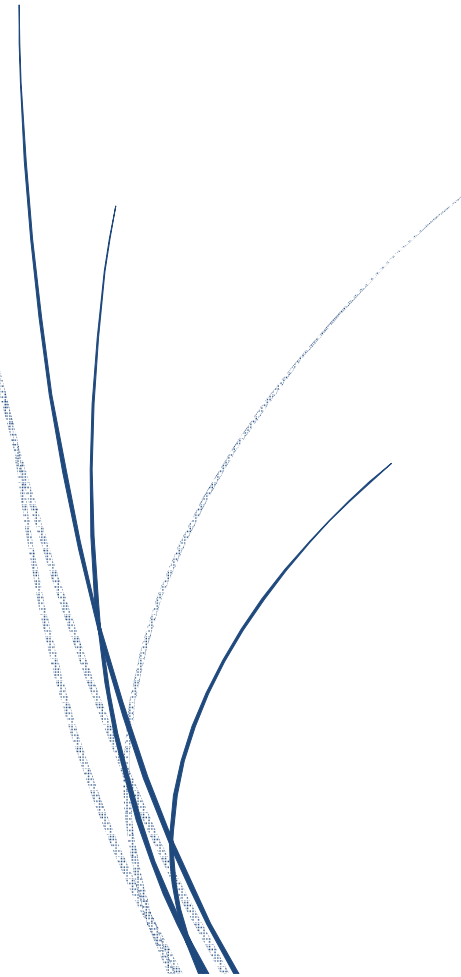
- Augmentation temporaire des gaz intestinaux chez certaines personnes.
- Une consommation élevée de probiotiques peut également provoquer une légère irritation intestinale chez certains en début de traitement. Si c'est le cas, on conseille de commencer avec de petites doses qu'on augmentera progressivement.

VI.5.5.Contre-indications

- Ne pas utiliser sans avis médical en cas d'affaiblissement du système immunitaire dû à une maladie (sida, lymphome) ou à un traitement médical (corticothérapie, chimiothérapie, radiothérapie).
- Ne pas utiliser sans avis médical en cas de nausées, fièvre, vomissements, et diarrhées contenant du sang ou de douleurs importantes au ventre [89,90].



VII. Applications : Fromages et Yaourt



VII.1.Fromages :

Le fromage est produit alimentaire obtenu par coagulation du lait, égouttage du caillé ainsi obtenu, et éventuellement affinage.

VII.1.1.Étapes de fabrication du fromage :

Le caillage : C'est la première étape de la fabrication du fromage, appelée aussi « coagulation ». Le but de cette étape est la solidification du lait par rajout de ferments lactiques ou de présure « enzyme issue de la caillette » (partie de l'estomac des veaux nourris exclusivement au lait).

L'égouttage : Correspond à l'extraction de presque 80% de l'eau contenue dans le caillé (Figure 23).



Figure 23 : égouttage du fromage frais [91]

Deux facteurs interviennent dans cette étape et qui vont déterminer la dureté et l'onctuosité du fromage :

Un facteur biologique : acidification ou « fermentation lactique »

Un facteur mécanique : qui se déroule en plusieurs phases : le découpage, le brassage, le chauffage et enfin le pressage.

C'est en combinant ces deux facteurs que l'on peut donner naissance à toutes les sortes de pâtes fromagères. En privilégiant le facteur biologique, on se rapprochera des fromages frais. A l'inverse, en favorisant le facteur mécanique, on produira des pâtes plutôt dures (Tableau IXX).

Pour obtenir un fromage frais, on favorise la fermentation lactique. Le lait est maintenu pendant quelques heures (de 12h à 48h) à une température d'environ 15°C, les ferments se développent et produisent de l'acide lactique qui déminéralise alors le caillé en lui enlevant une grande partie de son calcium, et donc, de sa souplesse. On obtient alors un caillé « lactique », d'une grande porosité qui s'égoutte lentement et spontanément.

A l'opposé, pour obtenir des pâtes dures, on va fabriquer plus rapidement et à plus haute température (30° à 40°C). L'égouttage se fait ici de manière mécanique, on découpe alors le caillé afin d'accélérer l'écoulement du lactosérum (« le petit lait »), on brasse et on chauffe. Le caillé se contracte alors sous le double effet du remous et de la chaleur. Quand il est suffisamment égoutté, il est mis en moule pour subir le pressage [92] .

L'affinage :

C'est l'étape de maturation du fromage dont laquelle il développe ses saveurs et acquiert sa texture définitive.

La caséine (protéine du lait et principal élément du fromage) va subir des fermentations successives qui vont engendrer une saveur et une texture agréables [93].

VII.1.2.Types des fromages :

Tableau XX : Différents types des fromages [94].

FAMILLES	EXEMPLES DE FROMAGES	CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES
FROMAGES FRAIS	Faisselles, Fromages blancs, Petits-Suisses...	- Caillé lactique (pas de présure) peu égoutté et non-affiné. ▶ Fromages très humides : 70 à 80% d'eau. ▶ Durée de conservation courte. ▶ Diverses présentations : natures, salés, avec des épices ou des herbes aromatiques, sucrés, aromatisés...
FROMAGES A PÂTE MOLLE ET A CROÛTE FLEURIE	Brie de Meaux, Brie de Melun, Camembert, Chaource, Coulommiers, Carré de l'Est, Neufchâtel...	- Caillé mixte (présure + acidification lactique). ▶ Affinage : en 2 à 6 semaines, les moisissures se multiplient et forment un duvet blanc appelé « la fleur ». ▶ Taux d'humidité : 50%.
FROMAGES A PÂTE MOLLE ET A CROÛTE LAVÉE	Epoisses, Langres, Livarot, Maroilles, Mont-d'Or, Munster, Pont-l'Evêque, Reblochon...	- Caillé mixte (présure + acidification lactique). ▶ Pendant l'affinage, leur surface est lavée avec de l'eau salée puis brossée afin de favoriser l'implantation d'une flore bactérienne rouge orangée. ▶ Taux d'humidité : 50%.
FROMAGES A PÂTE PERSILLÉE	Bleu d'Auvergne, Bleu de Gex, Bleu des Causses, Fourme d'Ambert, Fourme de Montbrison, Roquefort...	- Ils sont percés de trous avec de fines aiguilles pour « aérer » la pâte et permettre le développement de moisissures bleues en marbrures. ▶ Affinage : 12 à 30 semaines ; de l'intérieur vers l'extérieur. ▶ Taux d'humidité : 45 à 50%.

Tableau XX : Différents types des fromages [94].

FROMAGES A PÂTE PRESSEE NON-CUITE	Cantal, Edam, Gouda, Laguiole, Mimolette, Morbier, Ossau-Iraty, Pyrénées, Raclette, Saint Nectaire, Saint Paulin, Salers, Tome de Savoie, Tome des Bauges, Tome noire des Pyrénées...	<ul style="list-style-type: none"> - Caillé mixte, à dominante présure. ▶ Egouttage par pressage. ▶ Salage en bain de saumure ou salage à sec. ▶ Affinage : de 2 mois à plus d'un an. ▶ Taux d'humidité : 45 à 50%.
FROMAGES A PÂTE PRESSEE CUITE	Abondance, Beaufort, Comté, Emmental, Gruyère, Parmesan...	<ul style="list-style-type: none"> - Caillé présure très égoutté : cuisson du caillé, pressage, moulage. ▶ Dans certains fromages, les trous de la pâte sont provoqués par le CO₂ dégagé par les micro-organismes, transformant ainsi la pâte pendant l'affinage. Plus la température est élevée, plus les trous sont nombreux et grands. Ex : le Gruyère (affinage à 16-17°C) a des trous plus petits que l'Emmental (affinage à 20-22°C). ▶ Affinage : 6 à 24 mois ▶ Taux d'humidité : 35 à 40%.
FROMAGES FONDUS	Fromages de type crème de gruyère	<ul style="list-style-type: none"> - Ils résultent de la fonte de fromages à pâte pressée cuite ou non. ▶ Ils peuvent être additionnés de lait, crème, aromates... ▶ Taux d'humidité : 40 à 70%.
FROMAGES DE CHEVRE	Banon, Chabichou, Charolais, Chevrotin des Aravis, Crottin de Chavignol, Feta, Mâconnais, Pélardon, Picodon, Pouligny Saint- Pierre, Rigotte de Condrieu, Rocamadour, Selles-sur- Cher, Sainte Maure, Valençay...	<ul style="list-style-type: none"> - Leur fabrication est proche des fromages à pâte molle et à croûte fleurie. ▶ Affinage : selon sa durée, de quelques jours à quelques semaines, obtention de chèvres frais, tendres, ½ secs, secs ou durs. ▶ Diverses croûtes ; cendrées, saupoudrées d'aromates, entourées de feuilles... ▶ Diverses formes : bûchettes, pyramides, cylindres, pavés...

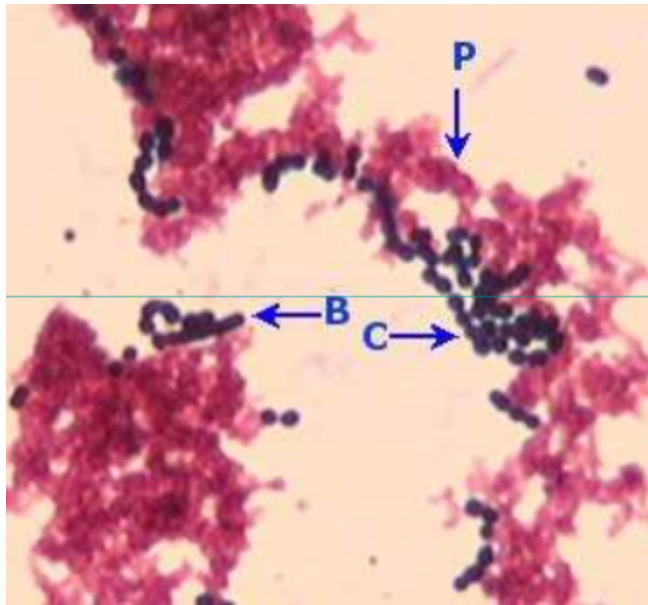
Tableau XXI : Bactéries lactiques identifiées à partir de quelques fromages [95-99].

	Feta	Fiore Sardo	Idiazábal	Manchego	Ozcypek	P. Romano	P. Sardo	P. Siciliano	P. Toscano	Roncal	Serra da Estrela
<i>Lactococcus</i> spp.			X					X			
<i>Lc. lactis</i>			X							X	X
<i>Lc. lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	X	X	X	X	X		X		X	X	
<i>Lc. lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	X	X	X		X*					X	
<i>Lc. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> biovar <i>diactetylactis</i>		X	X	X						X	
<i>Lc. garvieae</i>					X						
<i>Lc. raffinolactis</i>	X	X	X		X						
<i>Enterococcus</i> spp.		X	X				X	X			
<i>Ec. avium</i>	X		X							X	
<i>Ec. durans</i>	X	X	X	X	X*	X				X	
<i>Ec. faecalis</i>	X	X	X	X	X*			X		X	
<i>Ec. faecium</i>	X	X	X	X		X		X		X	X
<i>Ec. gallinarum</i>			X								
<i>Ec. hirae</i>	X		X								
<i>Ec. italicus</i>					X*						
<i>Ec. saccharolyticus</i>	X										
<i>Leuconostoc</i> spp.								X			
<i>Ln. citreum</i>					X						
<i>Ln. lactis</i>		X	X		X					X	X
<i>Ln. mesenteroides</i>					X						X
<i>Ln. mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i>	X		X							X	
<i>Ln. mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i>	X	X	X	X						X	
<i>Ln. paramesenteroides</i>			X		X*					X	
<i>Ln. pseudomesenteroides</i>					X*						
<i>Lactobacillus</i> spp.		X	X								
<i>Lb. acidophilus</i>			X	X						X	
<i>Lb. brevis</i>	X	X		X	X*		X		X		
<i>Lb. buchneri</i>	X								X		
<i>Lb. casei</i>		X	X		X*	X	X			X	
<i>Lb. coryniformis</i>		X									
<i>Lb. curvatus</i>		X	X	X		X		X	X		
<i>Lb. delbrueckii</i>			X				X			X	
<i>Lb. fermentum</i>		X		X		X					
<i>Lb. graminis</i>		X									
<i>Lb. helveticus</i>							X				
<i>Lb. paracasei</i>	X	X		X	X			X	X		X
<i>Lb. paraplantarum</i>	X	X									
<i>Lb. parabuchneri</i>					X*						
<i>Lb. pentosus</i>		X		X				X			
<i>Lb. plantarum</i>	X	X	X	X	X			X	X	X	X
<i>Lb. rhamnosus</i>	X	X						X			
<i>Lb. sake</i>		X									
<i>Lb. viridescens</i>		X									
<i>Streptococcus</i> spp.								X			
<i>St. thermophilus</i>		X			X		X		X		
<i>St. salivarius</i>					X						
<i>St. vestibularis</i>					X						
<i>Pediococcus</i> spp.								X			
<i>Pc. pentosaceus</i>				X							
<i>W. confusa</i>	X										

P : pecorino

VII.2.Yaourt :

Est un lait fermenté par le développement des bactéries lactiques thermophiles *Lactobacillus. delbrueckii* sous espèce *bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* qui doivent êtreensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit fini (figure24).



B = *Lactobacillus bulgaricus*
C = *Streptococcus thermophilus*
P = Protéines (Caséine)

Figure 24 : Frottis de yaourt , coloration gram , G* 1000[100].

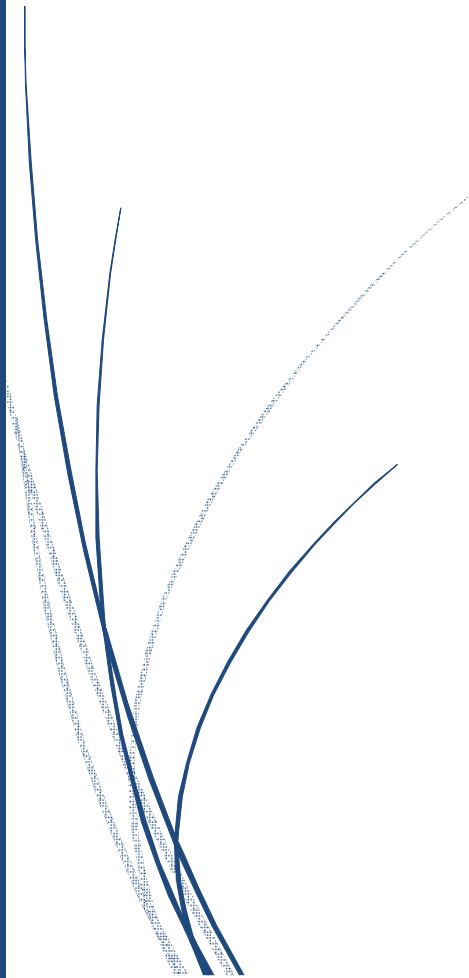
En début de fermentation, les *Streptococcus. thermophilus* se développent rapidement. Ils absorbent le lactose et le transforment en acide lactique, ce qui provoque une baisse du pH (acidification). Ils catalysent aussi le développement des *Lactobacillus. bulgaricus* en produisant des composants capables de stimuler leur croissance, comme l'acide formique et le gaz carbonique.

Les *Lactobacillus bulgaricus* hydrolyse la caséine grâce à une protéinase fixée sur ses parois. Les *Streptococcus thermophilus* ont une activité protéinase plus faible, donc bénéficient de la présence du *lactobacille*.

Ces deux espèces bactériennes synthétisent aussi des polysaccharides qu'elles excrètent à l'extérieur de la cellule (*exopolysaccharides*), et qui augmentent la viscosité du yaourt [100].



VIII. Conclusion



Les bactéries lactiques sont donc des bactéries bénéfiques vues leur nécessité dans la fabrication d'un grand nombre de produits alimentaires.

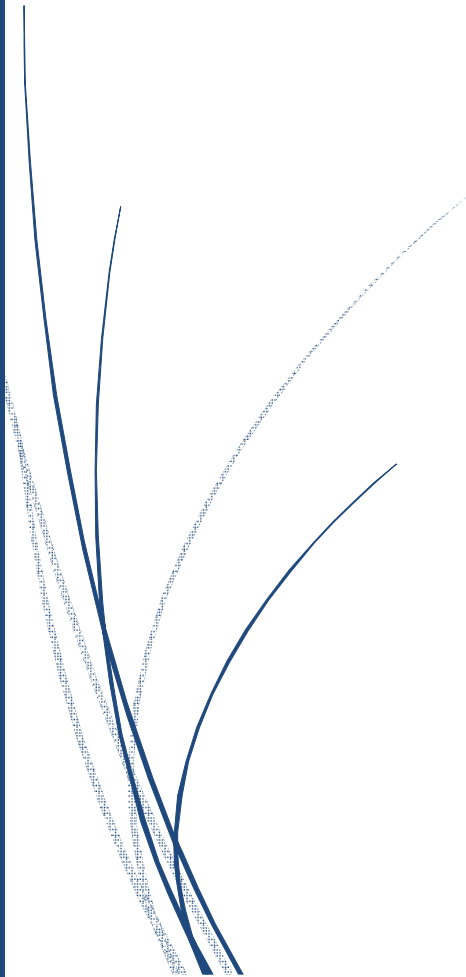
Elles garantissent d'une part la qualité microbiologique par inhibition des microorganismes contaminants, et d'autre part les caractères organoleptiques par production d'arômes et modification de la texture de certains aliments.

Leur rôle probiotique rend de ces bactéries des compléments alimentaires indiqués dans de nombreuses anomalies surtout au niveau intestinal.

Donc pour maintenir et renforcer la flore intestinale, on peut consommer régulièrement des aliments riches en ces bactéries : Yaourt, fromages, choucroute.



IX. Résumé



RESUME

Titre : Utilité des bactéries lactiques

Auteur : Hamza MORCHIDE EL IDRISSE

Directeur de thèse : Pr Sakina EL HAMZAOU

Mots clés : Fermentation, *Lactobacillus.bulgaricus*, *Streptococcus.thermophilus*, Bactériocines, Probiotiques .

Le but de notre travail est la détermination de l'utilité des bactéries lactiques.

En absence de dioxygène les cellules sont incapables de réaliser la respiration cellulaire, elles vont donc suivre une autre voie métabolique appelée « fermentation»

Les bactéries lactiques sont définies comme étant des bactéries qui fermentent le glucose pour produire l'acide lactique. Ces bactéries ont pu démontrer leur utilité surtout en agroalimentaire.

Elles produisent des bactériocines, du dioxyde de carbone , d'acide lactique et l'acide acétique, permettant la destruction de nombreuses bactéries pathogènes.

Parmi ces bactéries, certaines sont utilisées comme probiotiques et assurent donc le maintien de l'équilibre de la flore intestinale.

Les bactéries lactiques constituent un élément essentiel dans la fabrication de plusieurs produits laitiers, principalement les fromages et le yaourt.

ABSTRACT

Title: Usefulness of Lactic Acid Bacteria

Author: Hamza MORCHIDE EL IDRISSE

Rapporteur: Pr Sakina EL HAMZAOU

Key words: Fermentation, *Lactobacillus.bulgaricus*, *Streptococcus.thermophilus*, Bacteriocins, probiotics.

The purpose of our work is the determination of the utility of lactic acid bacteria.

In the absence of oxygen the cells are unable to perform cellular respiration, so they follow another metabolic pathway called "fermentation"

Lactic acid bacteria are defined as bacteria that ferment glucose to produce lactic acid. These bacteria have been able to demonstrate their utility especially in agriculture.

They produce bacteriocins, carbon dioxide, lactic acid and acetic acid, allowing the destruction of many pathogenic bacteria.

Among these bacteria, some are used as probiotics and they have an essential role in the maintenance of the intestinal flora balance

Lactic acid bacteria are an essential element in the production of several dairy products, as cheese and yoghurt.

ملخص

العنوان: دور بكتيريا حمض اللاكتيك

المؤلف: حمزة مرشد الادريسي

المقرر: الأستاذة سكيمة الحمزاوي

الكلمات الأساسية: تخمير، الملبنة بولغاريكوس، العقديّة ثيرموفيلوس، البكتيريوسين، البروبيوتيك.

الغرض من عملنا هو تحديد فائدة بكتيريا حمض اللاكتيك.

في غياب الأكسجين الخلايا غير قادرة على أداء التنفس الخلوي، لذلك تتبع مسار

أيض آخر يسمى "التخمير"

يتم تعريف بكتيريا حمض اللاكتيك بأنها البكتيريا التي تخمر الجلوكوز لإنتاج حمض

اللاكتيك. وقد أثبتت فائدتها في عدة مجالات خاصة الزراعات الغذائية .

ينتج هذا النوع من البكتيريا البكتيريوسين، ثاني أكسيد الكربون، الحمض اللبني

والحمض الخلي، مما يسمح بتدمير العديد من البكتيريا المسببة للأمراض.

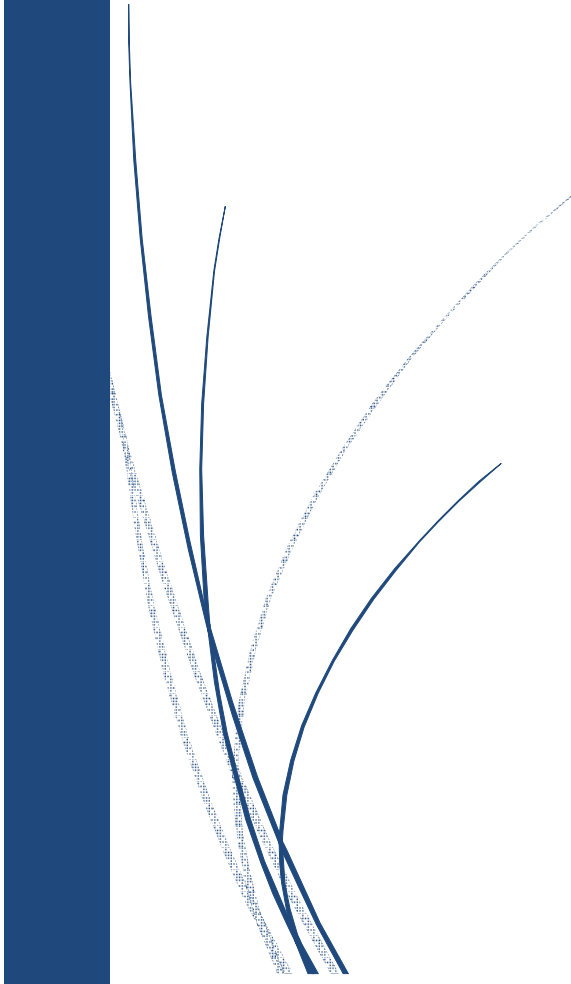
بعض هذه البكتيريا، يستخدم كبروبيوتيك وبالتالي يساهم في ضمان الحفاظ على توازن

الفلورة المعوية.

وتعتبر بكتيريا حمض اللاكتيك عنصرا أساسيا في إنتاج العديد من منتجات الألبان،

وخاصة الجبن واللبن الزبادي.

X. Annexe



Annexe I : Glossaire

-Apparence : Aspect, conforme ou non à la réalité, sous lequel quelque chose, quelqu'un apparaît à la vue ou à l'esprit.

- Arôme : L'arôme est un composé volatil qui permet une perception du goût et de l'odeur.

-Bifide : partagé en deux.

-Caséines : protéines constituant plus que 80% des protéines du lait.

-Choucroute : préparation alimentaire traditionnelle de choucroute de la cuisine alsacienne, obtenue par fermentation naturelle de variétés sélectionnées de chou cabus.

-Cottage-cheese : est un fromage frais à base de lait entier, demi-écrémé ou écrémé, où le lait est caillé soit par un procédé thermique, soit par contact avec un liquide acide (jus de citron, vinaigre) soit encore avec de la présure.

- culinaires : relatif à la cuisine

-Décarboxylase : est une enzyme réalisant une décarboxylation, c'est-à-dire une transformation chimique qui aboutit à la perte d'un groupe carboxyle

-Désaminase : est un type d'enzyme qui catalyse la désamination donc l'élimination d'une amine.

- Ensilage : Procédé de conservation de végétaux frais utilisant la fermentation lactique et consistant à les placer dans un silo ou à les mettre en tas et à les presser après les avoir hachés.

-Flaveur : Ensemble des sensations olfactives, gustatives et tactiles ressenties lors de la dégustation d'un produit.

-Flocons : petite masse légère d'une substance peu dense.

-Idli : Gâteaux préparés en cuisant à la vapeur une pâte composée d'un mélange de lentilles noires fermentées, et de riz.

-Kimchi : plat coréen composé de piments et de légumes lacto-fermentés.

-Levains : Ferment que l'on mélange à la pâte pour la faire lever.

-Lysase : une lyase est une enzyme qui catalyse la rupture de différentes liaisons chimiques par des moyens autres que l'hydrolyse ou l'oxydation, formant ainsi souvent une nouvelle liaison double ou un nouveau cycle.

-Maladie de Crohn : La maladie de Crohn est une maladie inflammatoire chronique du système digestif.

-Mésophile : qui a température optimale de croissance entre 20 °C et 40 °C

-Micro-aérophile : Désigne la famille des bactéries pour laquelle l'oxygène est indispensable mais qui ne se développent que dans des milieux où la pression partielle d'oxygène est nettement inférieure à celle de l'air.

-Miso : est un aliment japonais traditionnel qui se présente sous forme de pâte. Fermentée.

-Munster : C'est un fromage à base de lait de vache cru ou pasteurisé, à pâte molle à croûte lavée, de forme cylindrique.

-Natto : est un aliment japonais traditionnel à base d'haricots et de soja fermentés, consommé le plus souvent comme accompagnement du riz.

-Oligonucleotides : sont de courts segments d'acides nucléiques de quelques dizaines de nucléotides.

-Oncom : L'oncom est l'un des aliments de base en Indonésie, riche en protéines. Il existe deux types d'oncom : l'oncom rouge et l'oncom noir. Ce sont deux aliments fermentés à l'aide de moisissure. L'oncom noir est fabriqué à l'aide de la moisissure *Rhizopus microsporus variété. oligosporus* alors que l'oncom rouge est fabriqué en utilisant la moisissure *Neurospora intermedia variété Oncomensis*. C'est le seul aliment humain produit par *Neurospora*.

-Onctueux : qui présente à la fois une consistance moelleuse, douce et une saveur velouté.

-Pecorino : Fromage italien à base de lait entier de brebis.

-pKa : $\text{pH} = \text{pK}_a + \log_{10}([\text{A}^-]/[\text{AH}])$

-Phylum : est le deuxième niveau de classification classique des espèces vivantes.

-Pickle : cornichon.

-Remous : Mouvement massif en sens divers.

-Procarcinogènes : Produit qui doit être transformé par l'organisme pour devenir cancérigène.

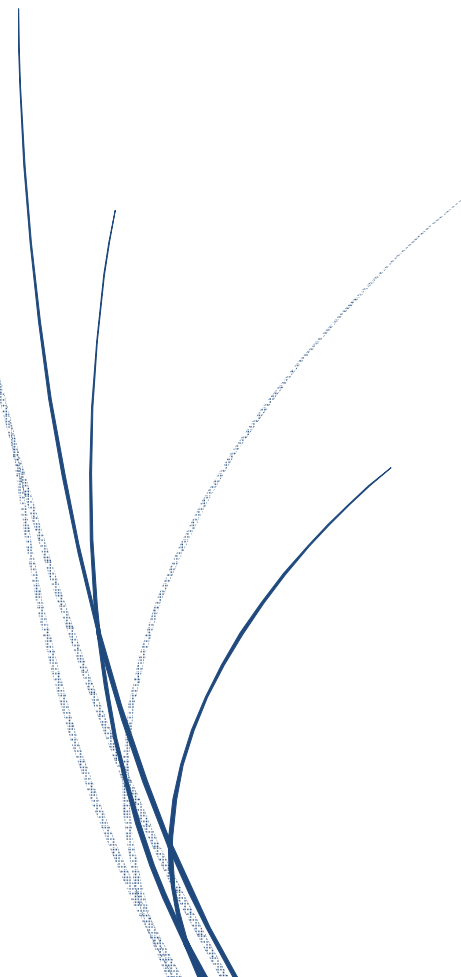
-Tempeh : produit alimentaire à base de soja fermenté, originaire d'Indonésie.

-Texture : ensemble des propriétés rhéologiques (écoulement) et de structure d'un produit alimentaire.

-Transaminase : enzyme qui catalyse un type de réaction entre un acide aminé et un acide α -cétonique.



XI. Bibliographie



- [1] **Carine. D ; Tonart. P.** Les bactériocines des bactéries lactiques caractéristiques et intérêts pour la bioconservation des produits alimentaires. BASE. 2009 VOLUME 13.
- [2] **Sandine. R, Elliker P,** Ecology of the lactic streptococcus. A review. Journal Milk Food Technology 1972.P:3,176–85.
- [3] **Rodrigues UM,, Facklam RR ,Collins MD.** , Specific and intraspecific molecular typing of lactococci based on polymorphism of DNA encoding rRNA. 1991;71:509–16.
- [4] **Jarvis AW,** Deoxyribonucleic acid homology among lactic streptococci. Appl Environ Microbiol 1981;1:77–83.
- [5] <https://cell.sio2.be/mitochondrie/3.php>
- [6] **Limoilou .C,** Département de biologie, . Description de la respiration cellulaire et de la fermentation lactique. 2015.
- [7] **Juan.D.**Les bons profs.fermentation alcoolique et fermentation lactique.2014.
- [8] **LEVEAU, J.Y. et BOUIX, M.** (1993). Les levures Dans : Microbiologie industrielle, les micro-organismes d'intérêt industriel. Paris, p : 2-39.
- [9]. **LARPENT, J.P.** (1989). Les bactéries lactiques, Les microorganismes de fermentations. Dans : Microbiologie alimentaire, Tome 2, Bourgeois, page: 3-15.

- [10] **NOVEL, G.** (1993). Les bactéries lactiques. Dans : Microbiologie industrielle, les microorganismes d'intérêt industriel. et Doc. Lavoisier Paris, pp:170-374.
- [11] **SANDINE, W.E.** (1988). New nomenclature of the non-rod-shaped lactic acid bacteria. *Biochimie*, page: 519-522.
- [12] **JONES R.J.** (2004) Observations on the succession dynamics of lactic acid bacteria populations in chill-stored vacuum packaged beef. *International Journal of Food Microbiology.*, vol. 90, page: 273-282.
- [13] **DEVOYOD, J. et POUILLAIN F.** (1988). Les Leuconostocs propriétés : leur rôle en technologie laitière. *Revue Le lait*, page: 249-280.
- [14] **FLEMING, H.P., FEETERS, R.F. and DAESCHEL, M.A.** (1985). The lactobacilli, pediococci and leuconostocs; vegetable products. In: *Bacterial Starter Cultures for foods*. Gilliland, page: 98-118.
- [15] <https://www.mesbienfaits.com/legumes/bienfaits-choucroute/>
- [16] **BACUS, J.N. and BROWN, W.L.** (1985). The pediococcus: meat products. In: *Bacterial Starter Cultures for foods*. Gilliland S. page: 86-96.
- [17] **CHAPMAN, H.R. and SHARPE, M.E.** (1981). Microbiology of cheese. In: *Dairy Microbiology*, Robinson R.K., Eds., Vol. 2, The microbiology of milk products, Applied Sciences Publishers LTD, page: 157-243.

- [18] **DELLAGLIO, F, SARRA, P.G. and VESCOVO, M.** (1981A). DNA-DNA homology of *Pediococcus* strains isolated from some Italian cheeses. *Zentralbi. Bakteriologie. Mikrobiologie. Hygiene*. page: 278-281.
- [19] **UCHIDA, K.** (1982). Multiplicity in soy pediococci carbohydrate fermentation and its application for analysis of their flora. *Journal of General and Applied Microbiology*, page: 215-223.
- [20] **CORRIEU.G, LUQUET François.M.** Bactéries lactiques. De la génétique aux ferments.
- [21] **abbas A,** <http://www.batna-biologie.com/t792-les-bacteries-lactiques>.
- [22] **Konnings.P, Driessen, Smide E.J et Molenaar** (1994) Mécanisme de transport des nutriments dans les bactéries lactiques .
- [23] **Krieg.M** (2001) *Bergeys Manual of Systematic bacteriology*. originally published by williams and wilkins, Volume 1.
- [24] **Ludwig.w, Schieffer.W** (2008) *Bergeys Taxonomic outlines-Revised Road map to the Phylum Firmicutes*, Volume 3.
- [25] **Scardovi O-JWew.**(1986). *Bergey's Manual of systematic bacteriology*.
- [26] **Axelsson, L.**(1998), *Lactic acid bacteria , Microbiology and functional aspects*
- [27] http://www.genoscope.cns.fr/externe/Francais/Projets/Projet_DF/DF.html.

- [28] **Orla.J**, (2007), Composition of the bacterial population of refrigerated beef, identified with direct 16S rRNA gene analysis and pure culture technique. *International Journal of Food Microbiology.*, vol. 118, page : 233-240.
- [29] <https://www.brewersjournal.info/pediococcus-friend-and-foe/>
- [30] **COLLINS M.D, WILLIAMS A.M, AND WALLBANKS. S**, (1990) The phylogeny of *Aerococcus* and *Pediococcus* as determined by 16S rRNA sequence analysis, description of *Tetragenococcus* gen. nov. *FEMS Microbiology Letters*, vol. 70,page : 255 - 262.
- [31] **GONZALEZ-FERNANDEZ .C, SANTOS.M, JAIMEI, ROVIRA. J** (2003). Influence of starter cultures and sugar concentrations on biogenic amine contents in chorizo dry sausage. *Food Microbiology*, vol. 20,page: 275-284.
- [32] **GURIRA O.Z., BUYS E.M.** (2005).Characterization and antimicrobial activity of *Pediococcus* species isolated from South African farm-style cheese. *Food Microbiology.* vol. 22,page : 159-168.
- [33] **BJÖRKROTH K.J, SCHILLINGER. U, GEISEN. R**, (2004).Taxonomic study of *Weissella confusa* and description of *Weissella cibaria* ssp., detected in food and clinical samples, vol. 52,page : 141 -148.
- [34] **JOFFRAUD. JCARDINAL. M, CORNET. J**, (2006) Effect of bacterial interactions on the spoilage of coldsmoked salmon. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 112,page : 51-61.

- [35] **Chapman.M, Hall.T**, (1995) , lactic acid bacteria, Page: 173 - 234.
- [36] **FLEMING, H.P., MC FEETERS, R.F. and DAESCHEL, M.A.** (1985). The lactobacilli, pediococci and leuconostocs; vegetable products. In: Bacterial Starter Cultures for foods. Gilliland S. E., pp: 98-118.
- [38] **BUDDE B.B, HORNBAEK T, JACOBSEN T, BARKHOLT .V, KOCH A.G.** (2003) *Leuconostoc carnosum* has the potential for use as a protective culture for vacuum-packed meats, culture isolation, bacteriocin identification, and meat application experiments. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 83, page: 171-184.
- [39] https://microbewiki.kenyon.edu/images/thumb/0/07/Figure_4.jpg/300px-Figure_4.
- [40] **Joseph. A** *Lactococcus lactis*. UW Department of Bacteriology. Magnification 20000X., University of Wisconsin-Madison.
- [41] **TAMIME A.Y**, 2002. Microbiology of starter cultures. In: Dairy microbiology handbook (Robinson R.K.). 3e Edition, page: 261-366.
- [42] **Bood.J, and Chapman . H**, (1995) lactic acid bacteria, page : 173 - 234.
- [43] **STILS M.E.and Holzapfl w.H.**(1997), *Int.J.food Microbiol* page :36:1-29.

- [44] Color enhanced scanning electron micrograph (SEM) of *Streptococcus thermophilus* bacteria in yogurt. By producing lactic acid, these bacteria and lactobacilli coagulate milk and thus form yogurt. Lactic acid bacteria are probiotic (useful to humans). Microscope mag. 6250x.
- [45] **HADDIE J.M**, (1986). Other streptococci. In : Bergey's manual of systematic bacteriology.
- [46] **PILET M.F., MAGRAS C., FEDERIGHI M.**, 2005. Bactéries lactiques. In : bactériologie alimentaire (Federighi M.). 2e Edition., Economica. Paris. Page: 219-240.
- [47] **Carr FJ, Chill D, Maida N.** (2002), The lactic acid bacteria: a literature survey. *Crit Rev Microbiol* page : 28,281–370.
- [48] **FRANZ C.M.A.P, STILES M.E., SCHLEIFER K.H., HOLZAPFEL W.H.** (2003). Enterococci in foods - a conundrum for food safety. *International Journal of Food Microbiology Enterococci in Foods. Functional and Safety Aspects.* Page : 88,105-122.
- [49] **MORENO M.R.F., SARANTINOPOULOS P., TSAKALIDOU E., DE VUYST L.** (2006) The role and application of enterococci in food and health. *International Journal of Food Microbiology*, page : 1-24,106.
- [50] **MASUDA S, YAMAGUCHI H, KUROKAWA. T, SHIRAKAMI T, TSUJI R.F., NISHIMURA I.** (2008), Immunomodulatory effect of halophilic lactic acid bacterium *Tetragenococcus halophilus* from soy sauce moromi grown in high-salt medium. *International Journal of Food Microbiology*, page: 121, 245-252.

- [51] **TOSUKHOWONG. A, NAKAYAMA. J, MIZUNOE. Y, SUGIMOTO. S, FUKUDA. D, SONOMOTO. K,** (2005) Reconstitution and function of Tetragenococcus halophila chaperonin 60 tetradecamer. Journal of Bioscience and Bioengineering, vol. 99,page 30-37.
- [52] **AMMOR. S, RACHMAN. C, CHAILLOU. S.** (2005), Phenotypic and genotypic identification of lactic acid bacteria isolated from a small-scale facility producing traditional dry sausages. Food Microbiology., vol. 22, page :373-382.
- [53] **ENDO. A, OKADA. S,** (2005) Monitoring the lactic acid bacterial diversity during shochu fermentation by PCR-denaturing gradient gel electrophoresis. Journal of Bioscience and Bioengineering, vol. 99, page: 216-221.
- [54] **Engesser, D. M., and Hammes. P.** (1994).Non-heme catalase activity of lactic acid bacteria. syst. Appl. Microbiol.
- [55] http://blackeuse.com/la-farine-de-manio-c-dans-vos-soins-capillaires_30951.html.
- [56. **Caplice, E., and G. F. Fitzgerald.** (1999), Food fermentations : role of microorganisms in food production and preservation, page: 50,131
- [57] <http://www.onegreenplanet.org/vegan-recipe/tempeh-and-mushroom-bourguignon/>
- [58. <http://www.lesilo.co/le-silo/du-miso-ca-se-mange/>

- [59] <http://www.vegrecipesofindia.com/idli-recipe-with-idli-rava/>
- [60] <http://www.seriousseats.com/recipes/2010/05/seriously-asian-natto-fermented-soybeans-miso-soup-recipe.html>
- [61] **kachker.E** (1987), Bioenergetics of lactic acid bacteria : cytoplasmic pH and osmotolerance. FEMS Microbiology Reviews page : 233-244.
- [62] **SeP.S**,(1983). use of starter cultures in meat. journal of food protection, page :46,997-1006.
- [63] **yang.z**, (2000). antimicrobial compounds and extracellular Polysaccharides produced by lactic acid bacteria : structures and properties. Academyc dissertation .Departement of food technology . Faculty of agriculture and Forestry. University of Helsinky. P 61.
- [64] **Holzapfel.E**,(1989), Behaviour of *Listeria monocytogenes* Journal of food protection, page:52, 688-695.
- [65] **Jay.J**, (1982), Antimicrobial pproperties of diacetyl, Applied and environmental Microbiology, page :525-532.
- [66] **Jay.J**, (1986), Modem food Microbiology, edition 3, page: 234.
- [67] **Piard. J et Desmazeaud. M**, (1991), Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria: oxygen metabolites and catabolism en products, page : 71,525-541.
- [68] **Knapp. H et Melly. M**, (1986), Bactericidal effect of polyunsaturated fatty acids. Journal of infectious Diseases page : 84-94,154.

- [69] **Cleveland.J** , **Montville.T** , (2001). Bacteriocins :Safe, natural antimicrobials for food preservation, International journal food Microbial, Biotechnol. Page : 24-32.
- [70] **Quadri. E** ,(1994), chemical and genetic characterization of bacteriocins produced by barnobacterium pisicola , journal of biologie and chemistry page : 269.
- [71] **Holzapfel.W** , (2001), Taxonomy and important features of probiotic microorganism in food and nutrition , page : 73.
- [72] **Savijoki.K, et Varmanen. P**, (2006). Proteolytic systems of lactic acid bacteria. Appl microbial Biotechnol Page 394-406.
- [73] **Liu. M** , **Bayjanov. J** , and **Siezen.R** , (2010) , The proteolytic systemof lactic acid bacteria revisited : a genomic comparaison. BmC genomics , page : 2-15.
- [74] **Singh.T** , **Drake.M** , et **Cadwallader. L** (2003) , Flavor of cheddar cheese : A chemical and sensory perspective. Comprehensive reviews in Food science and food safety ,Page : 166-189 .
- [75] **Abbas. K**, (2012) , Effet de traitements thermiques sur les propriétés fonctionnelles de fromages traditionnels : ;e cas des pates persillées . Thèse présentée à l'université Blaise pascal pour l'obtention du grade de docteur d'université .

- [76] **Settani. L , et Moschetti. G** , (2010), Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese quality and provide health benefits. Food Microbiology page: 691-697.
- [77] **Corrieu.G , et Luquet. F**, (2008), Bactéries lactiques de la génétique aux ferments, Edition tec.
- [78] **Oliveira. M , Sodini. I , Remeuf. F , et Corrieu. G** , (2001) , Effect of milk supplementation and culture composition on acidification, textural properties and microbiological stability of fermented milks containing probiotics bacteria, International dairy journal page :935-942.
- [79]. **Vijayandra. S , Palanivel. J , Mahadevamma. S** , (2008), physico-chemical characterization of an exopolysaccharide produced by a non-ropy strain of *Leuconostoc* page : 300-307
- [80] **Ruas-Madielo. P , et Reyes- gavilon. G** , (2005) , Methods for the screening, isolation , and characterization of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria, page : 843-856.
- [81] **Almeida. K, Tamine. A, Oliveira.M**, (2008), Acidification of probiotic bacteria in Minas Frescal cheese whey, page : 311-316.
- [82] **Holzappel. W, Geisen. R , et Schillinger. U**, (2001), Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in food and nutrition, page : 73.

- [83] **Bazarre T.L, Wu L, Yuhas J.A**, (1983) ,Total and HDL-cholesterol concentrations following yogurt and calcium supplementation, page : 1225-1232.
- [84. **Gilliland S.E**, (1990) , Health and nutritional benefits from lactic acid bacteria, FEMS Microbiol. Page : 175-188.
- [85. **Hepner G, Fried R, StJeor S, Fusetti L, Morin R**,(1979), Hypocholesterolemic effect of yogurt and milk, page : 32 19-24.
- [86. **Rossouw. J.E, Burger. E, venderVyer. P, Ferreira.J**(1981), The effect of skim milk, yogurt and full cream on human serum lipids, page : 351-356.
- [87. **Thompson L.V, Jenkins. D, Amer.A, Reichert. R, Jenkins. A, Kamulsky. J**, (1982) , The effect of fermented and unfermented milk on serum cholesterol, page : 1106- 1111.
- [88] **Ayebo. D, Angelo.E, Shahani.M**, (1980) , Effect of ingested Lactobacillus acidophilus milk upon fecal flora and activity in humans, Milchwissenschaft page : 730-733.
- [89] **Goldin.R, Gorbach.L**, (1992), Probiotics for humans, Probiotics, the scientific basis, Chapman & Hall, page : 335-376.
- [90] **Goldin.R., Gorbach.L., Saxelin. M, Barakat. S, Gualtieri. L, Salminen. S**, (1992) , Survival of Lactobacillus species (strain GG) in human gastrointestinal tract,page : 121- 128.
- [91] <http://fermedumoulinet.com/index.php/la-fromagerie/>

- [92] **Vassiliadis. A, Psoni. L, Nikolaou. S, arvanitis. L, Tzanetakis. N. & Litopoulou–Tzanetaki. E,** (2009). Changes in microbial populations, kinds of lactic acid bacteria and biochemical characteristics of Greek traditional feta cheese during ripening. *International Journal of Dairy Technology*, page : 62, 39-47
- [93] **Mannu. L, Comunian. R, and Scintu. M,** (2000). Mesophilic lactobacilli in Fiore Sardo cheese: PCR-identification and evolution during cheese ripening. *International of Dairy Journal*, Page :10, 383-389.
- [94] **Ortigosa. M, Irigoyen. A., Urdin. M, Garcia. S, Ibanez. F, and Torre. P,** (2008). Sources of enterococci in Idiazabal-type cheese. *International Journal of Food Microbiology*, page :125, 146-152
- [95] **Pisano. M, Fadda. M, Deplano. M, Corda. A, and Cosentino. S,** (2006). Microbiological and chemical characterization of Fiore Sardo, a traditional Sardinian cheese made from ewe's milk. *International Journal of Dairy Technology*, page: 59, 171–179.
- [96] **Freitas. C, and Malcata. F,** (2000). Microbiology and biochemistry of cheeses with Appellation d'Origine Protegee and manufactured in the Iberian Peninsula from ovine and caprine milks. *Journal of Dairy Science*,page: 83, 584-602.

- [97] **Bizzarro. R, Tarelli. G, Giraffa, G, and Neviani. E,** (2000). Phenotypic and genotypic characterization of lactic acid bacteria isolated from Pecorino Toscano cheese. *Italian Journal Food Science*, page: 12, 303–31.
- [98] **Alegria, A, Szczesny. P, Mayo, B, Bardowski. J, and Kowalczyk. M,** (2012). Biodiversity in Oscypek, a Traditional Polish Cheese, Determined by Culture-Dependent and –Independent Approaches. *Applied and Environmental Microbiology*, page:78,1890-1898.
- [99] <https://www4.ac-nancy-metz.fr/svt/general/laboratoire/index.php?idp=527>
- [100] **Pedrosa M., Golner. B, Goldin. B, Baraket. S, Dallal. G, Russel. R,** (1990) , Effect of *Lactobacillus acidophilus* or yogurt feeding on bacterial fecal enzymes in the elderly, *Gastroenterology*.

Serment de Galien

Je jure en présence des maîtres de cette faculté :

- *D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*
- *D'exercer ma profession avec conscience, dans l'intérêt de la santé publique, sans jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.*
- *D'être fidèle dans l'exercice de la pharmacie à la législation en vigueur, aux règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*
- *De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession, de ne jamais consentir à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.*
- *Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses, que je sois méprisée de mes confrères si je manquais à mes engagements.*

جامعة محمد الخامس
كلية الطب والصيدلة
- الرباط -

قسم الصيدلي

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَأَحْسِنُ بِاللَّهِ الْعَظِيمِ

- ◀ أن أراقب الله في مهنتي
- ◀ أن أبجل أساتذتي الذين تعلمت على أيديهم مبادئ مهنتي وأعترف لهم بالجميل وأبقى دوما وفيا لتعاليمهم.
- ◀ أن أزاول مهنتي بوازع من ضميري لما فيه صالح الصحة العمومية، وأن لا أقصر أبدا في مسؤوليتي وواجباتي تجاه المريض وكرامته الإنسانية.
- ◀ أن ألتزم أثناء ممارستي للصيدلة بالقوانين المعمول بها وبأدب السلوك والشرف، وكذا بالاستقامة والترفع.
- ◀ أن لا أفشي الأسرار التي قد تعهد إلى أو التي قد أطلع عليها أثناء القيام بمهامي، وأن لا أوافق على استعمال معلوماتي لإفساد الأخلاق أو تشجيع الأعمال الإجرامية.
- ◀ لأحظى بتقدير الناس إن أنا تقيدت بعهودي، أو أحتقر من طرف زملائي إن أنا لم أف بالتزاماتي.

"والله على ما أقول شهيد"

البكتيريا اللبنية: الإستعمال الغذائي

أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم :

من طرف

السيد: حمزة مرشد الإدريسي

المزاد في: 11 دجنبر 1993 بالدار البيضاء

لنيل شهادة الدكتوراه في الصيدلة

الكلمات الأساسية: التخمر – الملبنة بولغاريكوس – العقديّة تيرموفيلوس – البكتيريوسين – البروبيوتيك.

تحت إشراف اللجنة المكونة من الأساتذة

رئيس

السيد: ميمون زوهدي

أستاذ في علم الأحياء الدقيقة

مشرف

السيدة: سكيّنة الحمزاوي

أستاذة في علم الأحياء الدقيقة

السيد: عبد الحميد ازرارّة

أستاذ في علم المناعة

أعضاء

السيدة: سعيدة طلال

أستاذة في الكيمياء الحيوية

السيد: العربي بوغيطي

أستاذ في علم الأوبئة