

Cours sur les probiotiques

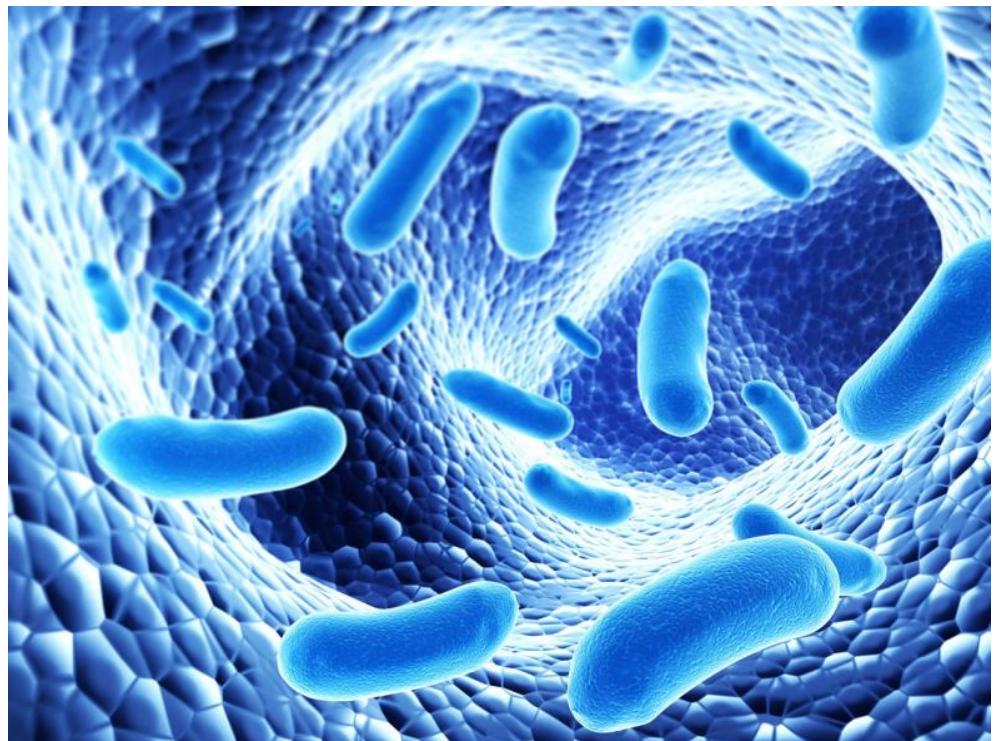


Table des matières

Objectifs du Cours.....	1
Pré-requis	1
Pré-test	2
1. Origine et formes des probiotiques.....	7
3. Critères de sélection des micro-organismes probiotiques	8
4. Effets bénéfiques sur la santé.....	8
4. 1. Fonctions principales des probiotiques	8
4. 1. 1. Fonctions trophiques	8
4. 1. 1. Fonctions de défense.....	9
4. 1. 3. Fonctions systémiques.....	9
4. 2. Action des probiotiques sur les troubles intestinaux	10
4. 2. 1. Amélioration de l'intolérance au lactose	10
4. 2. 2. Traitement des diarrhées aiguës.....	12
4. 2. 3. Maladies inflammatoire chroniques intestinales (MICI) .	15
4. 3. Action des probiotiques sur l' <i>Helicobacter pylori</i>	17
Post-test.....	21
Recherches et activités.....	21
Références	22
Références des images	23
Sites internet et liens utiles.....	23
Abréviations	24

Objectifs du Cours

Le présent cours sur les "**probiotiques**" vise à :

- _ connaître le monde des probiotiques ;
- _ comprendre les mécanismes d'action des probiotiques dans l'organisme ;
- _ connaître les souches probiotiques et leur application pour l'amélioration de l'état de santé ou de bien-être ou la prévention de certaines maladies.

Pré-requis

- _ Avoir des connaissances sur le concept des aliments fonctionnels ;
- _ Avoir des connaissances de base sur les micro-organismes colonisant le tube digestif.

Pré-test

Tester vos connaissances acquises

Avant de commencer l'étude du cours sur les probiotiques, il est préférable de vérifier que vous possédez des connaissances de base sur **le concept d'aliments fonctionnels, la flore intestinale, les parties du tube digestif, la muqueuse intestinale et notions de la nutrition de base.**

Test 1 : Remplissez les cases vides de la définition des aliments fonctionnels par les expressions suivantes :

- _ le risque d'une maladie chronique ;*
- _ la fonction nutritionnelle de base ;*
- _ effets physiologiques bénéfiques démontrés ;*
- _ un aliment traditionnel ;*
- _ la nourriture habituelle.*

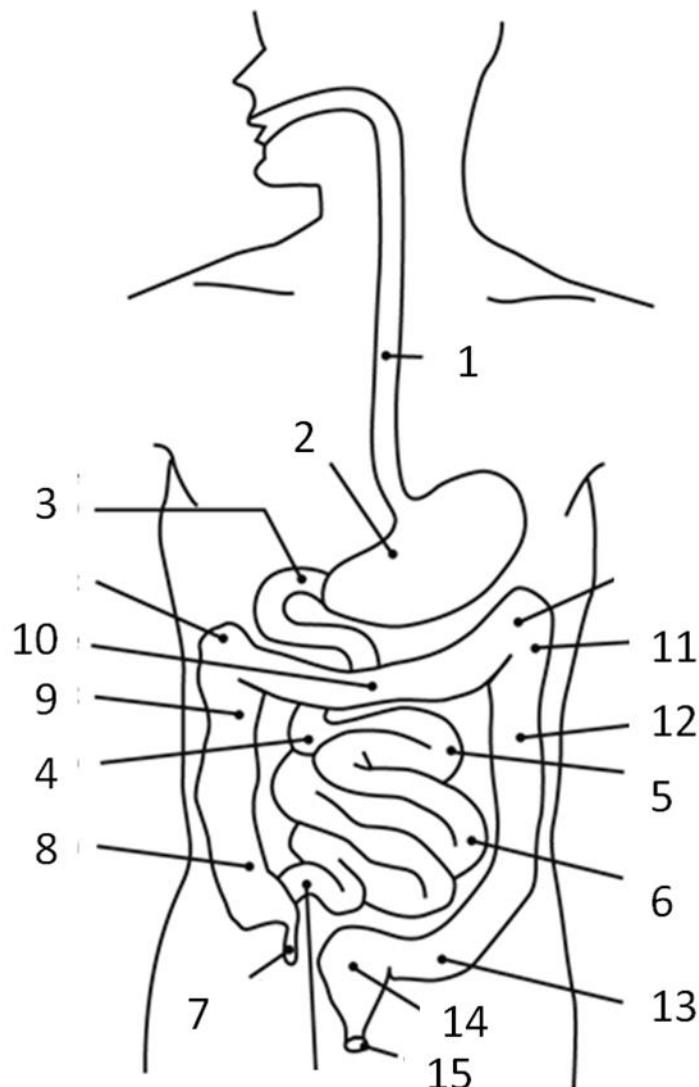
" un **aliment fonctionnel** est un aliment ressemblant en apparence à , et qui est consommé dans le cadre de , mais qui est capable d'exercer des ou de réduire au-delà de "

Test 2 : Remplissez les cases vides de la définition de la flore intestinale par les expressions suivantes :

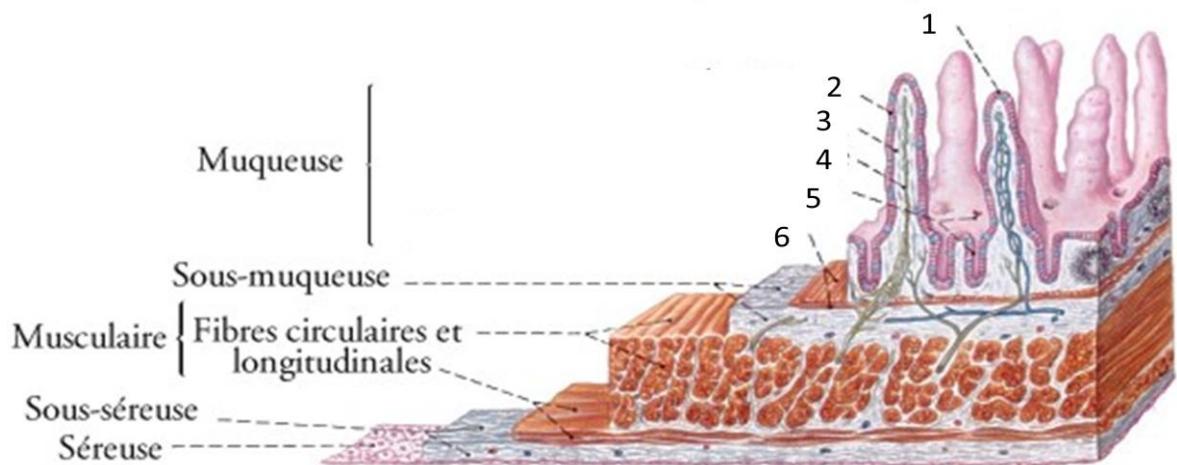
- _ naturellement ;*
- _ le microbiote intestinal ;*
- _ autres micro-organismes.*

" La flore intestinale également appelée , est constituée des différentes bactéries et qui se trouvent dans les organes composants le tube digestif ".

Test 3 : Citez les différents segments et parties du tube digestif¹.



Test 4 : Citez les constituants de la muqueuse intestinale².



Test 5 : Ajoutez les mots qui manquent dans le paragraphe suivant.

La fonction d'absorption des nutriments par les cellules intestinales est le processus qui permet le passage sélectif des vers le milieu intérieur, le sang ou la..... . Avant l'absorption, les constituants du chyme arrivé de l'estomac subissent de l'hydrolyse par les enzymes intestinales, pancréatiques et les acides en unités monomériques. Les polysaccharides sont transformés en monosaccharides par les enzymes, les protéines et les peptides sont transformés en acides aminés par les enzymes Mis à part les oligosaccharides indigestes qui vont poursuivre leur trajet au niveau de l'intestin et ne seront pas assimilés dans la partie haute de l'intestin, mais qui seront hydrolysés et fermentés par les

L'idée d'administrer des micro-organismes exogènes afin de moduler la flore dans un sens favorable ou tout simplement d'utiliser leurs métabolites est ancienne et à la base du "concept probiotiques" [1].

Définition :

Les probiotiques sont des **micro-organismes vivants** qui, lorsqu'ils sont administrés en **quantités adéquates**, ont des **effets bénéfiques** sur la santé de l'hôte [2].

Les probiotiques peuvent être des bactéries ou des levures présentes dans tout au long du tube digestif, mais aussi dans les orifices des oreilles, du nez, du vagin ... (Fig. 1).

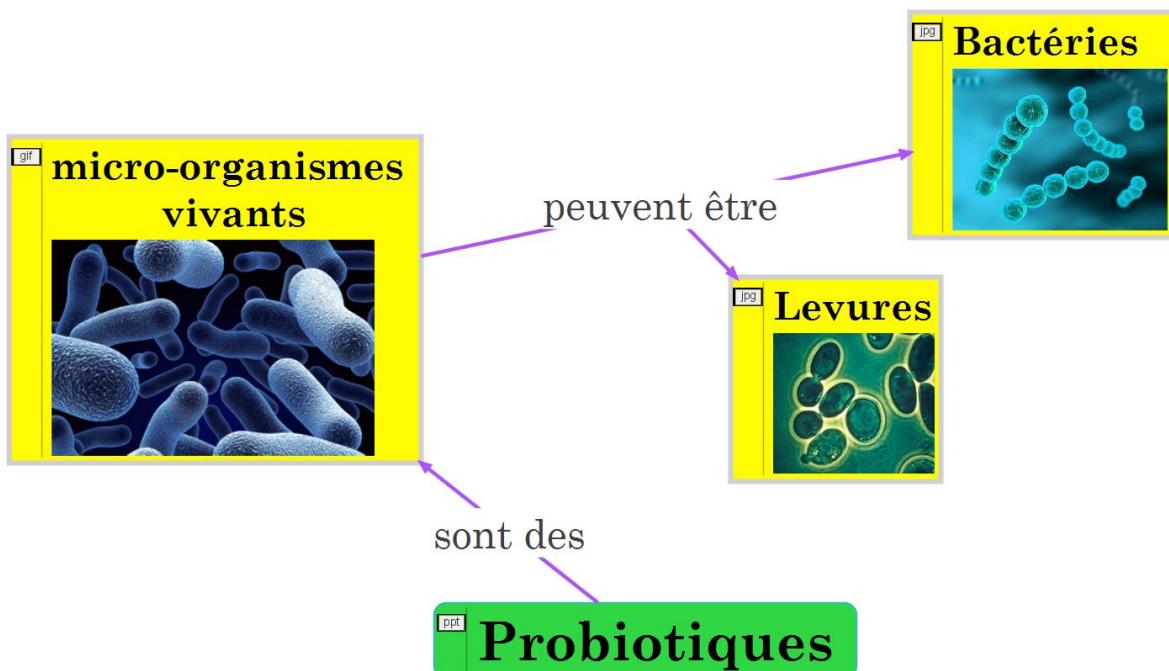


Fig. 1. Catre conceptuelle des probiotiques.

Les probiotiques sont considérés comme des "bactéries amies" non pathogènes qui fournissent au corps humain des éléments nécessaires pour qu'il soit en bonne santé. Outre leurs effets de prévention de certaines maladies qui

peuvent survenir dans l'estomac et dans les intestins, les probiotiques facilitent la digestion et améliorent la consistance des déchets.

Après l'extraordinaire découverte de *Leeuwenhoek*, le monde de nouveaux être vivants minuscules est apparu. *Louis Pasteur* avait découvert les bactéries lactiques. Ce n'est qu'après *Metchnikoff* que les bactéries lactiques sont reconnues avoir des effets bénéfiques sur la santé de l'hôte. En 1965, *Lilly* et *Stillwel* ont utilisé pour la première fois le terme **probiotique** pour décrire que ces micro-organismes sont présentes **pour favoriser la vie** d'autres cellules vivantes en stimulant notamment leur croissance [3], contrairement aux antibiotiques qui inhibent ou éliminent complètement certains micro-organismes (**Fig. 2**).

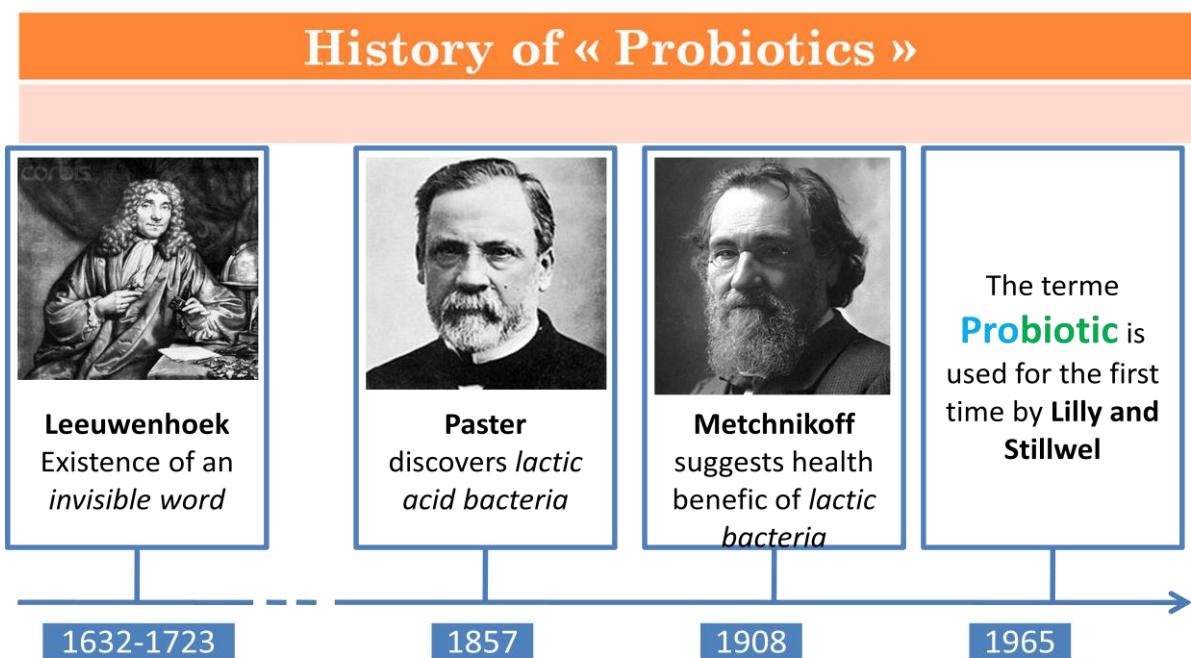


Fig. 2. Histoire des probiotiques.

Dès les années 50, de nombreux médicament probiotiques sont apparus, mais la majorité de ces produits a disparu du marché en raison de :

- _ la difficulté de garantir un produit pur et stable ;
- _ le manque d'information sur tels micro-organismes à survivre à leur passage dans l'estomac ;

_ absence de données rigoureuses et validées sur l'efficacité clinique.

C'est l'essor récent du "**concept aliments fonctionnels**" qui a fortement relancé l'intérêt porté aux probiotiques. De nombreux produits alimentaires contenant des probiotiques ont ainsi été développés [4].

Le choix des micro-organismes en fonction de leurs propriétés intrinsèques et la possibilité de les manipuler génétiquement permet d'envisager un développement futur important [4].

1. Origine et formes des probiotiques

Les probiotiques sont généralement présents (**Fig. 3**) :

- _ soit dans les aliments (produits laitiers fermentés) ;
- _ soit dans les médicaments ;
- _ soit dans les compléments alimentaires (la forme lyophilisée est la plus courante).

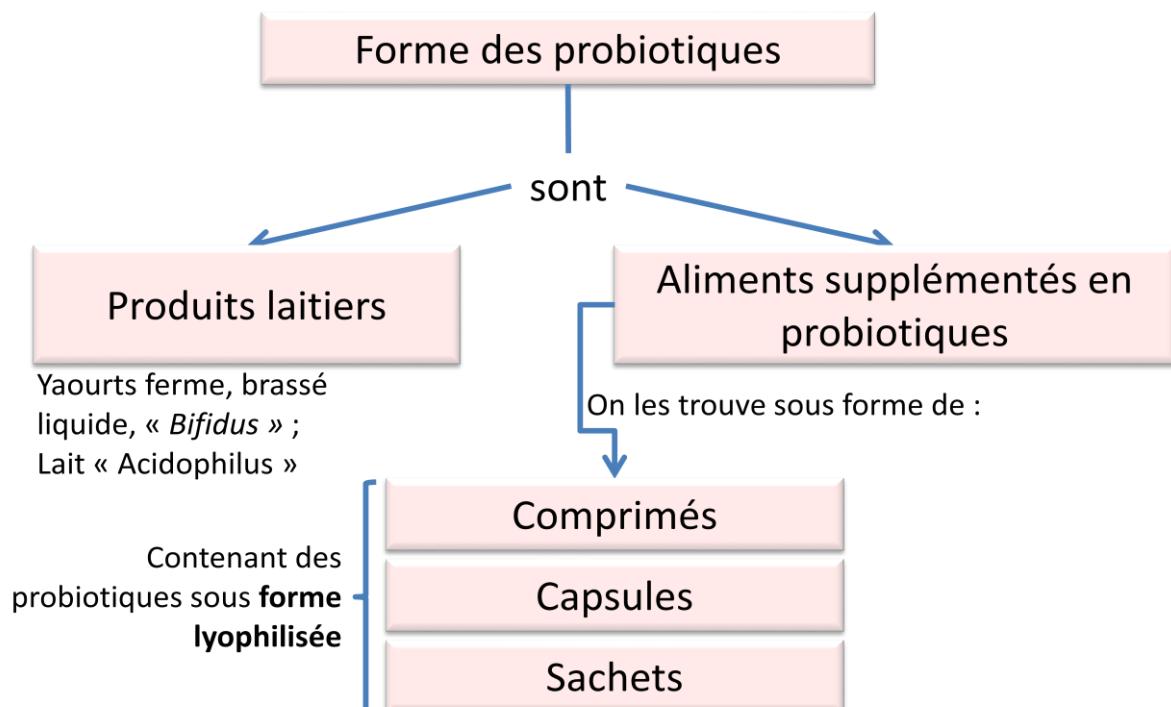


Fig. 3. Formes des probiotiques.

Les genres bactériens les plus fréquemment retrouvés dans des préparations revendiquant des propriétés probiotiques sont :

- _ *Lactobacillus* ;
- _ *Bifidobacterium* ;
- _ *Saccharomyces* ;
- _ *Enterococcus*.

3. Critères de sélection des micro-organismes probiotiques

Les probiotiques doivent avoir les caractéristiques suivantes [4, 5] :

- _ Origine humaine ;
- _ Résistance à l'acidité et à la toxicité biliaire ;
- _ Adhérence aux cellules intestinales épithéliales ;
- _ Colonisation (même transitoire) du tube digestif ;
- _ Antagonisme avec les germes pathogènes ;
- _ Production d'agents antimicrobiens (bactériocines, acide acétique...) ;
- _ Capacité d'immunomodulation ;
- _ Effets démontrés chez l'Homme ;
- _ Acceptabilité réglementaires.

4. Effets bénéfiques sur la santé

4. 1. Fonctions principales des probiotiques

Les probiotiques sont à ce jour recherchés car leurs fonctions bénéfiques sont de plus en plus révélées. Ces principales fonctions sont comme suite :

4. 1. 1. Fonctions trophiques

- _ La maturation du tube digestif, en particulier sur :
 - _ l'épaisseur de la muqueuse intestinale ;
 - _ la taille des villosités ;
 - _ la production du mucus ;
 - _ la vascularisation épithéliale ;
 - _ l'activité enzymatique de la muqueuse.
- _ La maturation du système immunitaire.

4. 1. 1. Fonctions de défense

_ **Un effet de barrière** en s'opposant à la multiplication et à l'implantation des bactéries exogènes :

_ sécrétions de molécules antibactériennes tels que **les acides organiques** qui diminuent le pH de la lumière intestinale (la production des acides lactique et acétique par lactobacilles et les bifidobactéries) et **les bactériiocines**, de nature peptidique ou protéique (Classes I, II et III), qui influencent directement sur la croissance des pathogènes [6] ;

_ l'occupation des récepteurs d'accroche qui permettent à une bactérie pathogène d'adhérer à la muqueuse intestinale ou d'empêcher l'adhésion des pathogènes par la compétition aux récepteurs de la muqueuse intestinale [3] ;

_ l'inhibition de la croissance des cellules pathogènes par les acides gras volatiles ;

_ la compétition pour les substrats.

_ **Un effet antitoxine :**

_ l'inhibition de la production ou des effets de toxines bactériennes. Le microbiote peut moduler l'impact des toxines produites par des micro-organismes pathogènes :

_ soit en **les dégradant** ;

_ soit en **agissant sur leur synthèse** ;

_ soit en **modifiant la sensibilité des entérocytes à ces toxines**.

_ **Stimulation du système immunitaire** par différents mécanismes d'immunomodulation tels que la régulation des cytokines (IFN- γ , IFN- α et IL-12) et stimulation de la sécrétion des IgA [7].

4. 1. 3. Fonctions systémiques

Grace aux dernières acquisitions de la recherche, il semble que la sécrétion des **molécules de signal** par les bactéries intestinales puissent **moduler**

l'**expression du gène cible** au niveau de l'épithélium intestinal et avoir un effet général sur l'hôte. Ces molécules entrent en contact avec l'hôte et déclenchent une cascade d'effet produisant des effets bénéfiques pour la santé.

4. 2. Action des probiotiques sur les troubles intestinaux

On distingue plusieurs types de troubles sur lesquels les effets bénéfiques des bactéries probiotiques sont bien étudiés chez l'Homme :

- _ l'intolérance au lactose ;
- _ les épisodes diarrhéiques aigus ;
- _ les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (**MICI**).

4. 2. 1. Amélioration de l'intolérance au lactose

Pour que les sucres soient assimilés par l'organisme, tous les dimères et les polymères doivent être hydrolysés en monosaccharides, sinon rien n'est absorbé. Donc, puisque le lactose est un dimère, une fois dans l'intestin grêle, il doit être digéré en unités monomériques. Pour cela une enzyme spécifique est indispensable pour son hydrolyse, il s'agit notamment de la β -galactosidase.

Définition :

L'intolérance au lactose chez l'adulte est due à une diminution importante de l'activité enzymatique de la lactase intestinale ou β -galactosidase (**Fig. 4**).

Si le lactose n'est pas complètement digéré, cela résultera d'une ingestion incomplète du lactose au niveau de l'intestin grêle. Une fois arrivé au côlon, le lactose est fermenté par la flore locale, ce qui conduit à une importante production d'hydrogène. Par la suite, ceci provoque des phénomènes de ballonnements, des douleurs abdominales voir des vomissements ou des diarrhées [8].

L'approche thérapeutique qui avait été proposée est d'exclure complètement le lait et les produits laitiers du régime alimentaire des patients. Mais, cette stratégie peut provoquer une malnutrition, notamment la carence en

calcium, en phosphore et en vitamines, et peut y aller à une diminution de la densité des minéraux dans les os, qui conduit à la fragilité de ces derniers [3]. Pour pallier à ce problème, des approches alternatives ont vu le jour, il s'agit notamment de l'ajout de galactosidase exogène dans les produits laitiers ou des bactéries productrices de cette enzyme.

La consommation de yaourt ou certains laits fermentés contenant des probiotiques permet une nette amélioration de l'intolérance au lactose, ce qui peut être expliquée par :

- L'action de β -galactosidase des bactéries contenue dans les laits fermentés qui est active au niveau de l'intestin grêle (la perméabilité ou la lyse de ces bactéries dans le tractus digestif favoriserait la libération de l'enzyme) ;
- Une diminution de la vitesse de la vidange gastrique et du transit (due à la texture gélifiée du produit) qui permet un temps de contact plus important avec la lactase endogène.

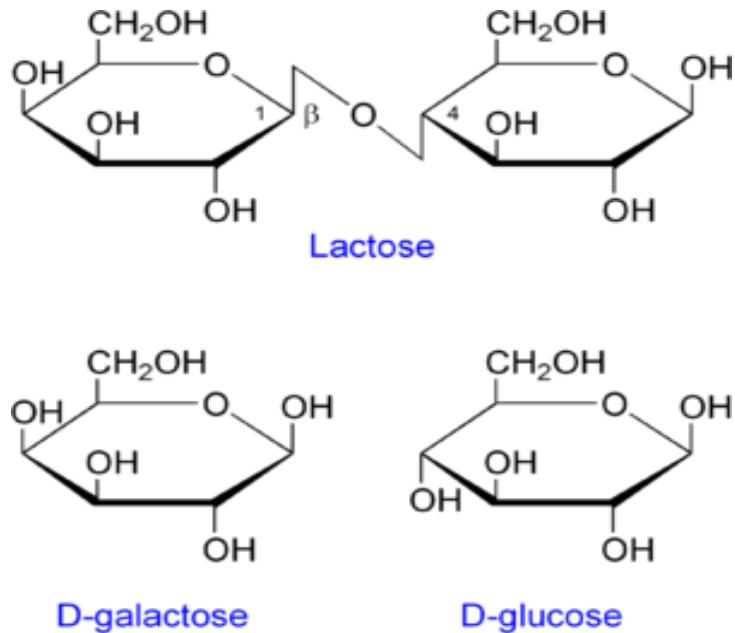


Fig. 4. Hydrolyse de lactose par la lactase.

4. 2. 2. Traitement des diarrhées aiguës

Les diarrhées dont la durée est limitée à une dizaine de jours sont appelées "diarrhées aiguës".

Les principales causes des diarrhées aiguës sont :

- _ bactéries ;
- _ virus ;
- _ médicaments (antibiotiques, chimiothérapie) ;
- _ intolérances alimentaires.

L'un des produits les plus utilisé pour le traitement des diarrhées est la levure *Saccharomyces boulardii*.

Les diarrhées d'infections aiguës sont les plus nombreuses avec une dominance des germes bactériens en été et une dominance virale en hiver.

Plusieurs micro-organismes ont fait l'objet d'étude pour leurs effets probiotiques dans ce genre de pathologie [8].

Les améliorations constatées peuvent être attribuées à leur effet antagoniste sur la flore pathogène soit :

- _ directement par sécrétion de substance inhibitrices (bactériocines, peroxydase) ;
- _ indirectement via une action sur la flore endogène ;
- _ ou stimulation des défenses immunitaires.

L'ingestion des *Saccharomyces boulardii* s'est avérée efficace par rapport à l'antibiotique vancomycine dans le traitement des diarrhées nosocomiales dues à l'infection de *Clostridium difficile*. Le mécanisme proposé sur l'action de *Saccharomyces boulardii* était la dégradation des toxines A et B (produites par *C. difficile*) et la production des récepteurs pour ces toxines sur le mucoépithélium intestinal [9].

Les diarrhées causées par les antibiotiques sont généralement attribuées à la prolifération anormale de *Clostridium difficile* dans le tube digestif, à cause du déséquilibre du microbiote intestinal provoqué par les antibiotiques [3].

L'ingestion des bactéries probiotiques telles que *Lactobacillus rhamnosus* GG ; *Lactobacillus casei* ; *Lactobacillus reuteri* réduisent la durée des diarrhées.

D'autres études montrent l'efficacité de la prévention avec les souches de *Bifidobacterium*.

La prise d'antibiotiques peut générer des troubles par l'intolérance de la flore intestinale. Ce qui conduit à une baisse de fermentations, un transfert d'eau, une diminution de l'effet barrière et la possibilité d'implantation de certaines pathologies. Il est proposé comme solution l'ingestion de *Bifidobacterium longum*, *Saccharomyces boulardii*, *Lactobacillus rhamnosus* GG ou *Enterococcus faecium* SF68, simultanément aux antibiotiques, permet de prévenir ces troubles.

Les mécanismes potentiels de la réduction des diarrhées causées par rotavirus sont illustrés dans la [fig. 5](#) et discuté par [Vlasova et al. \[10\]](#) :

- _ dans la lumière intestinale, les souches de *Lactobacillus* et de *Bifidobacterium* inhibent directement quelques virus en produisant de l'acide lactique, du H₂O₂, le monoxyde d'azote, les bactériocines et d'autres agents inhibiteurs ;
- _ le monoxyde d'azote produit par les souches de *Lactobacillus* a des effets microbicide et tumoricide ;
- _ les souches de *Lactobacillus* et de *Bifidobacterium* préservent l'intégralité de l'épithélium en concourant les pathogènes pour se fixer sur les récepteurs des cellules épithéliales de l'intestin ([CEI](#)) ;
- _ les souches de *Lactobacillus* captent les virus par un phénomène appelé **lectin-mediated binding**, ces lectines fixent les glycoprotéines virales dans le but de prévenir l'infection ;
- _ les acides gras à courtes chaînes produits par *Bifidobacterium* bloquent le développement des cellules dendritiques, ce qui induit l'apoptose des cellules T (*Fas-mediated T cells*), et qui diminuent l'expression des IL-12 (cytokine pro-inflammatoire), mais qui augmentent la production des IL-23 par les cellules dendritiques (cytokine qui stimule l'angiogenèse, mais réduit l'infiltration des lymphocytes CD8) ;
- _ les **CEI** sécrètent des mucines et des peptides antimicrobiens en réponse aux probiotiques de la flore intestinale commensale ([PFIC](#)), en régulant la

réPLICATION MICROBIENNE ET INTERAGISSANT AVEC LA MUQUEUSE INTESTINALE. Les **CEI** produisent des facteurs **BAFF** (*B-cell activating factor*) et **APRIL** qui stimulent l'activation des cellules B (plasma) à produire les IgA sécrétoires (**IgAs**), qui limite par la suite l'interaction microbienne avec l'épithélium. Sous les conditions homéostatiques, les **PFIC** stimulent la sécrétion des cytokines [incluant *thymus stimulating lymphoprotein* (TSLP), IL-33, IL-23, IL-25 et TGF β] par les **CEI** qui promeuvent le développement des cellules présentatrices d'antigènes (**CPAs**) (macrophage et les cellules dendritiques).

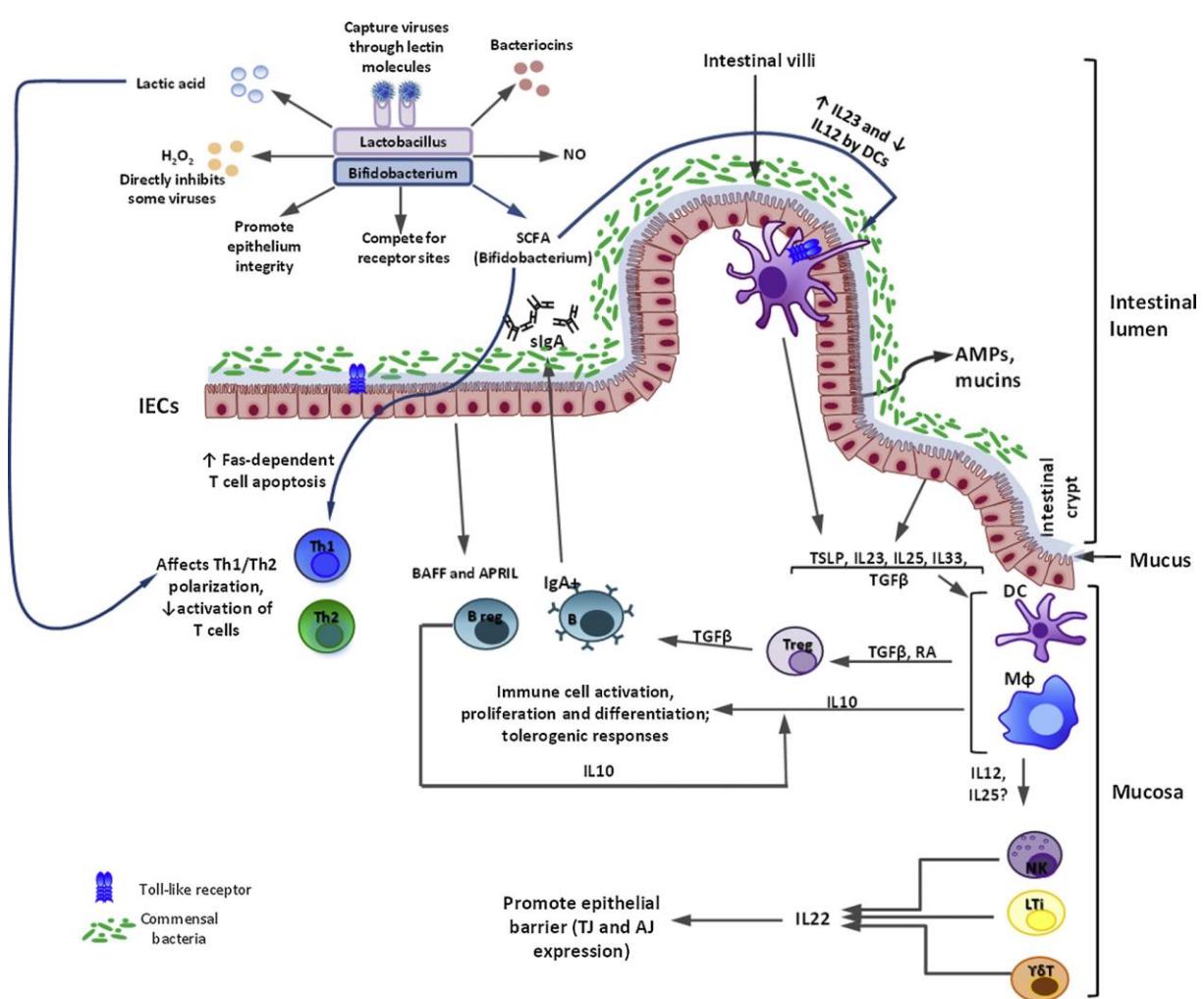


Fig. 5. Interaction entre les probiotiques du genre *Lactobacillus* et *Bifidobacterium* et la modulation du système immunitaire *in vitro* et *in vivo* [10].

Les **CPAs** induisent la génération des cellules T (*Treg*) régulatrices à travers des mécanismes dépendants de TGF β et de l'acide rétinoïque. TGF β et

l'IL-10 dérivés des cellules T (*Treg*) et les **CPAs** maintiennent la nature anti-inflammatoire de l'intestin en inhibant/réduisant les réponses des facteurs. Les cellules NK (*natural killers*) produisent l'IL-22 qui régule l'expression des protéines de jonctions serrées et adhérentes des **CEI**, régulant ainsi la fonction de la barrière intestinale.

4. 2. 3. Maladies inflammatoires chroniques intestinales (MICI)

L'intestin peut être le siège de maladies chroniques inflammatoires particulièrement douloureuses.

Plusieurs pathologies sont plus particulièrement décrites :

- _ la rectocolite hémorragique (**RCH**) ;
- _ la maladie de Crohn ;
- _ la pochite.

Définition :

La rectocolite hémorragique ou colite ulcéreuse est une inflammation chronique intestinale qui affecte l'extrémité distale du tube digestif, c'est-à-dire le côlon et le rectum qui sont toujours touchés. Son étiologie est à ce jour inconnue (**Fig. 5**).

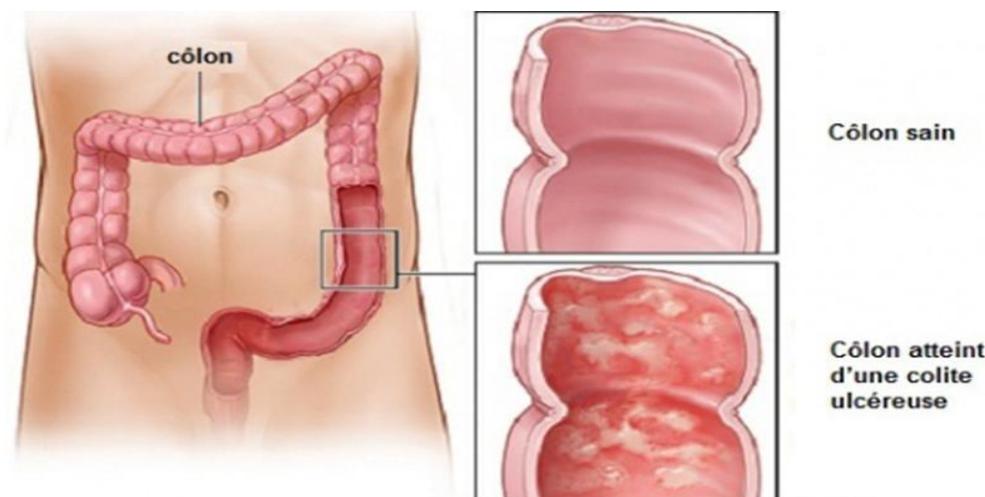


Fig. 5. Colite ulcéreuse³.

Définitions :

La maladie de Crohn est une maladie qui peut affecter tout le tube digestif. Elle est caractérisée par **une inflammation** le plus souvent retrouvée au niveau de **l'iléon et le côlon**.

La pochite est **l'inflammation de la poche** constituée après une anastomose iléo-anale (**Fig. 7**).

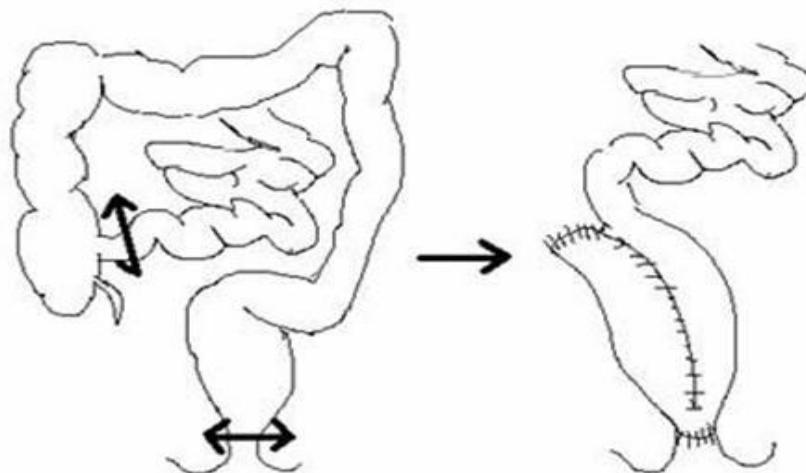


Fig. 7. Anastomose iléo-anale⁴.

Différentes souches de *Lactobacillus*, de *Bifidobacterium* et de *Propionibacterium* ont montré des effets clairement bénéfiques sur la colite induite chez un animal.

Chez l'Homme, les études cliniques rapportant des effets bénéfiques portent surtout sur **RCH** et la pochite.

Exemple :

Huit souches de bactéries lactiques et bifides, ainsi que *Saccharomyces boulardii* ont montré une diminution importante de ces deux cas [11].

4. 3. Action des probiotiques sur l'*Helicobacter pylori*

L'*Helicobacter pylori* est une bactérie qui se développe dans l'estomac, dans un milieu acide, responsable d'une **infection chronique de l'estomac**, touchant la moitié de la population mondiale, qui engendre l'ulcère d'estomac.

Quelques mécanismes observés ou proposés sur l'effet bénéfiques des probiotiques contre l'infection de *Helecobacter pylori* sont :

- Production de substances antimicrobiennes (bactériocines, acide lactique et le peroxyde d'hydrogène) ;
- Inhibition de l'uréase de *Helicobacter pylori* par l'acide lactique, ce qui induit à l'abaissement du pH gastrique (**Fig. 8**) ;

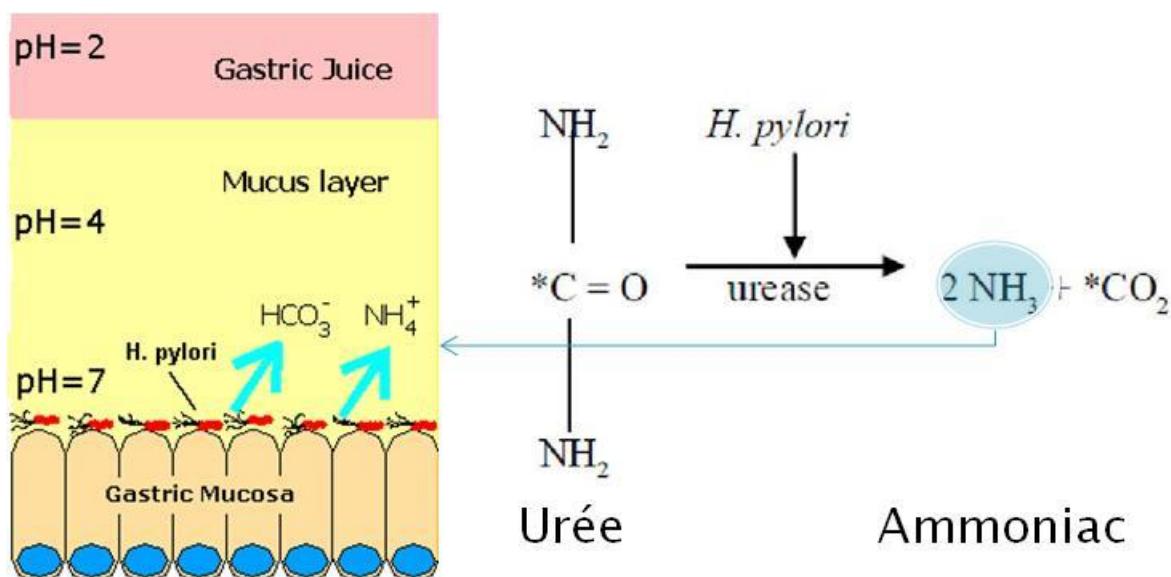


Fig. 8. Inhibition de l'uréase de l'*Helicobacter pylori*⁵.

- Compétition des probiotiques avec *Helicobacter pylori* pour l'adhésion à la paroi gastrique ;

Les effets inhibiteurs des bactéries probiotiques sur l'aptitude d'adhésion de l'*Helicobacter pylori* sont dus à la combinaison des substances bactériennes et la compétition aux sites d'adhésion ;

Remarque :

La consommation régulière des aliments à base de probiotiques peut rétablir la colonie de la muqueuse gastrique. La colonisation préalable de la surface de la muqueuse gastrique prévient ou réduit l'infection de l'*Helicobacter pylori*.

□ Effet de barrière de la muqueuse gastrique (réduction des propriétés d'adhésion de l'*Helicobacter pylori* sur la muqueuse gastrique par la mucine sécrétée par les cellules épithéliales) ;

Des préparations probiotiques à base de *Lactobacillus rhamnosus* GG, de *Lactobacillus acidophilus* et de *Bacillus animalis* subsp ont montré des effets de prévention contre l'*Helicobacter pylori* [12, 13].

Durant la gastrite, causée par l'infection de l'*Helicobacter pylori*, il y a réduction de la sécrétion de mucus par les cellules épithéliales endommagées, ce qui favoriserait l'augmentation de l'adhésion des cellules bactériennes.

La sécrétion du mucus par les cellules épithéliales de l'estomac dépend de l'expression des gènes de la mucine dits MUC1 et MUC5A. Les gènes sont réprimés par l'*Helicobacter pylori* lors de l'infection (**Fig. 9**).

Quelques souches de *Lactobacillus* augmentent l'expression des gènes de la mucine (ces gènes peuvent être réprimés par l'*Helicobacter pylori* lors de l'infection) ;

Définition :

La mucine est un gel de nature glycoprotéique, sécrétée par les cellules épithéliales pour empêcher certaines bactéries pathogènes de franchir la muqueuse intestinale. Ces bactéries peuvent provoquer de graves inflammations une fois infectées (**Fig. 10**).

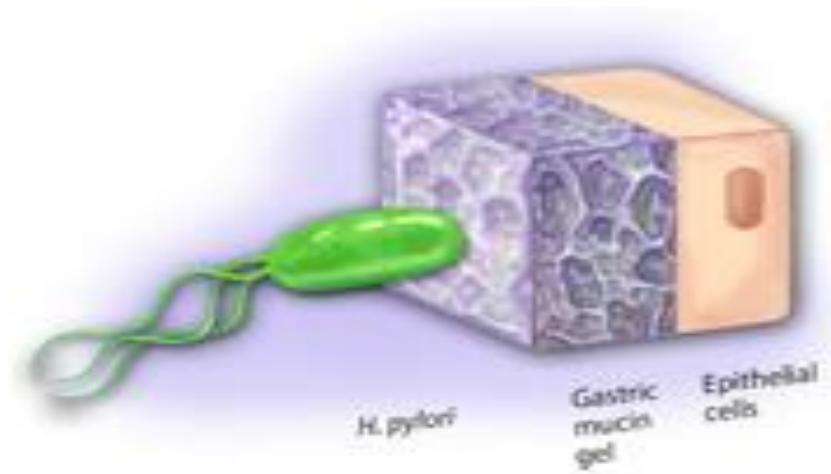


Fig. 9. L'effet de barrière du gel de la mucine⁶.

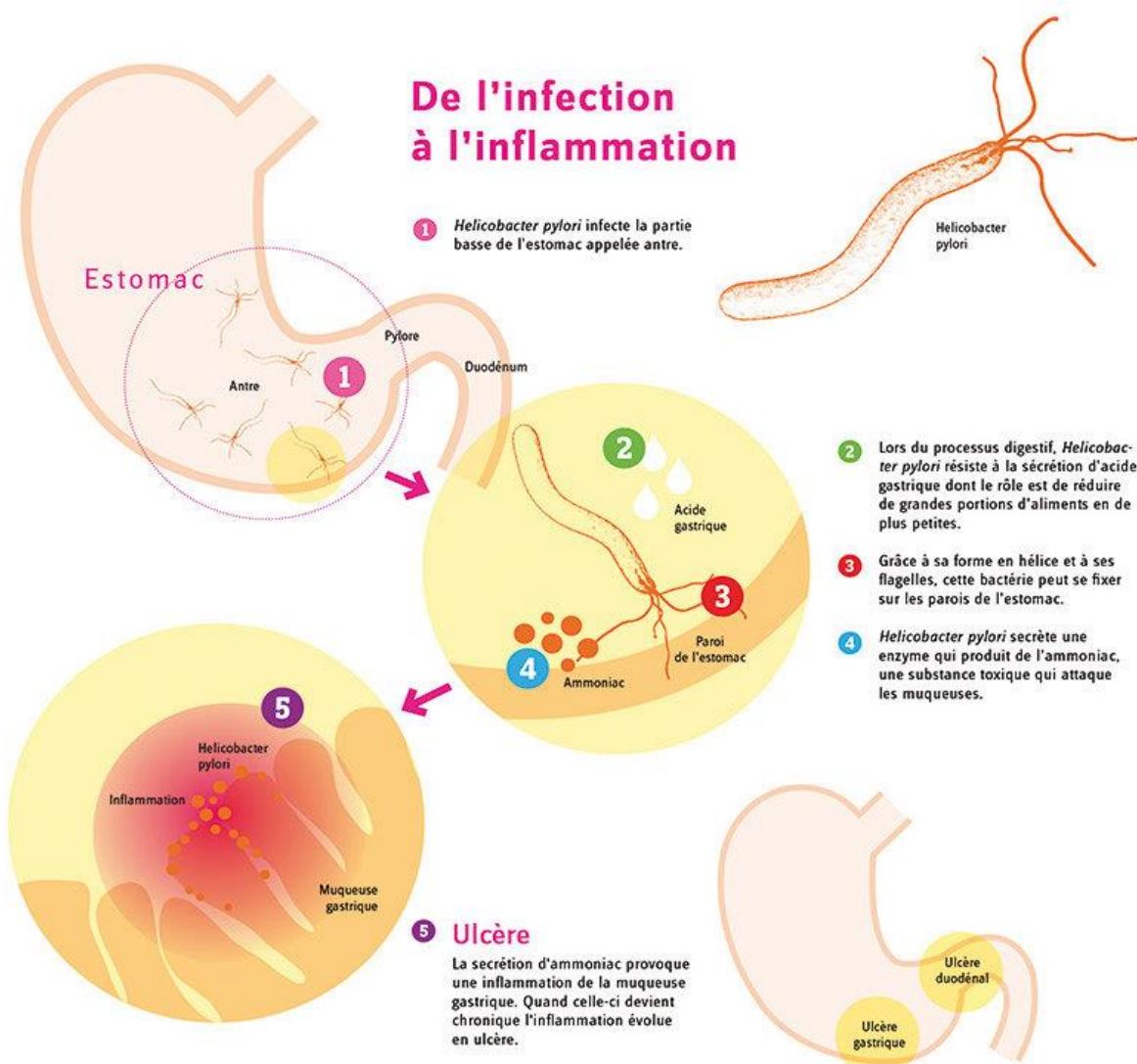


Fig. 10. De l'infection à l'inflammation de l'estomac causées par l'*Helicobacter pylori*⁷.

□ Stimulation immunitaire (**Fig. 11**)

- _ stimulation de la production locale des immunoglobulines IgA qui renforcent la barrière de la muqueuse gastrique ;
- _ les probiotiques agissent avec les cellules épithéliales à moduler la production des cytokines anti-inflammatoire (réduction de l'inflammation).

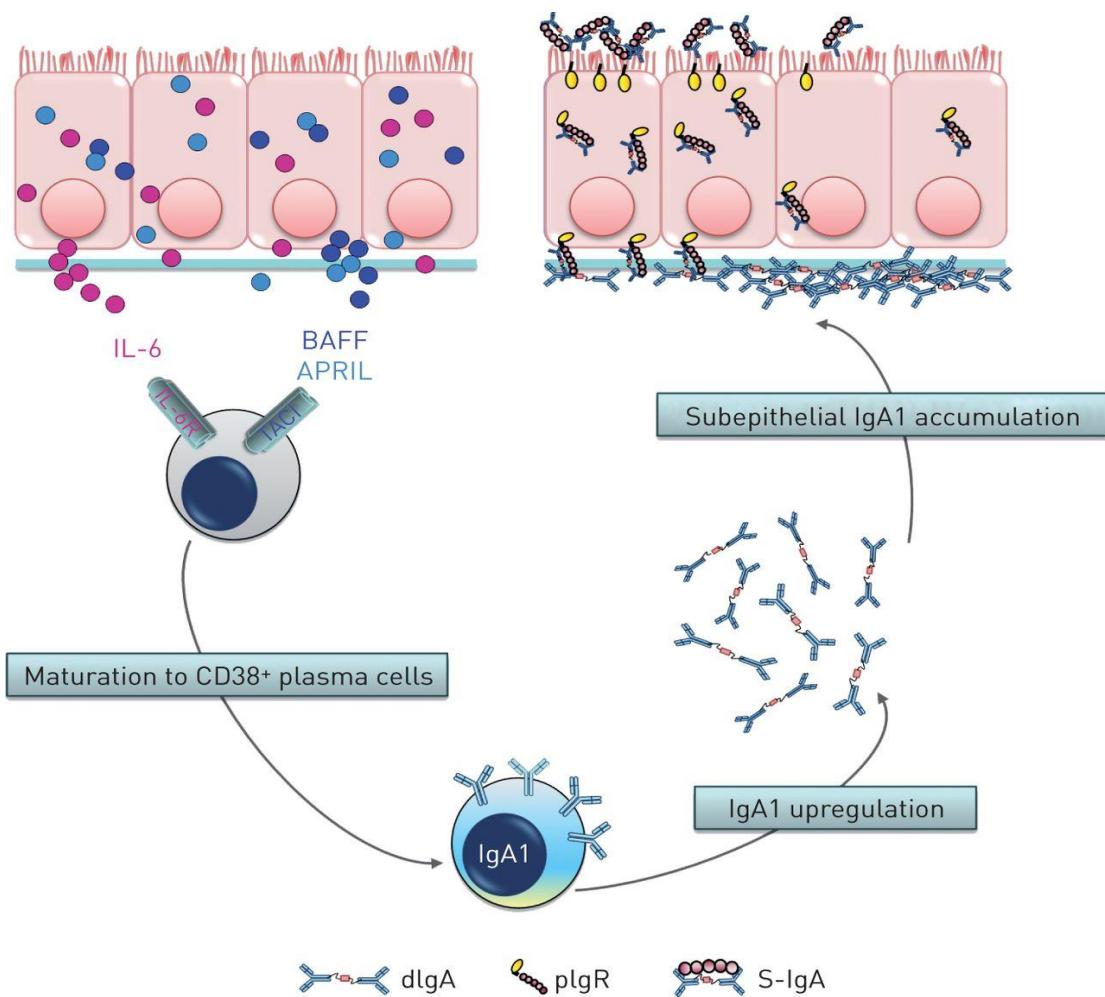


Fig. 11. Stimulation immunitaire (BAFF: *B-cell activating factor*)⁸.

Post-test

Tester vos connaissances acquises pendant le cours sur les probiotiques.

Répondez aux questions suivantes :

- _ Définissez les probiotiques.
- _ Quels sont les critères de sélection des probiotiques ?
- _ Quelles sont les fonctions principales des probiotiques ?
- _ Par quels mécanismes les bactéries probiotiques s'opposent-elles au développement des bactéries pathogènes ?
- _ Quelles sont les actions des probiotiques sur les troubles intestinaux ?
- _ Quelles sont les probiotiques qui agissent contre ces troubles intestinaux ?
- _ Quels sont les mécanismes observés ou proposés sur les effets bénéfiques des probiotiques contre l'infection de *Helicobacter pylori* ?

Recherches et activités

- _ Cherchez dans la littérature les probiotiques qui ont des effets sur la santé, et quelles sont leurs matrices alimentaires ? Détaillez leurs mécanismes d'action.
- _ Expliquez le mode d'action des trois classes de bactériocines sus-citées ?
- _ Comment se fait-il que les probiotiques qui synthétisent les bactériocines ne sont pas touchés par ces dernières ?

Références

- [1]. Fuller R. (1989). Probiotics in man and animal. *Journal of Applied Bacteriology*, 66: 365-378.
- [2]. FAO & OMS (2001). Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization. Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria.
- [3]. Drakoularakou A. Rastall R. & Gibson G. (2011). Functional foods for the gut: probiotics, prebiotics and synbiotics. In Saarela M. (Ed). Functional foods-Concept to product. 2nd edition, *Woodhead Publishing*, Oxford, Cambridge, Philadelphia, New Delhi.
- [4]. Brassart D. & Marteau P. (2002). Probiotiques bases nutritionnelles, effets démontrés et perspectives. Dans Roberfroid, M. (Ed.). Aliments fonctionnels. *Tec & Doc*, Paris, France.
- [5]. Brassart D. & Schiffri E. (2000). Pre and probiotics to reinforce mucosal defence mechanisms. *Trends Food Science Technology*, 8: 321-326.
- [6]. Ouwehand A., Kurvinen T. & Päivi Rissanen P. (2004). Use of a probiotic *Bifidobacterium* in a dry food matrix, an *in vivo* study. *International Journal of Food Microbiology*, 95: 103-106.
- [7]. Yan F. & Polk D. B. (2004). Commensal bacteria in the gut: learning who our friends are. *Current Opinion in Gastroenterology*, 20: 565-567.
- [8]. Furet J-P., Relano P., Langella P. & Corthier G. (2008). Les probiotiques consommés comme aliments ou compléments alimentaires. Dans Roberfroid, M. (Ed.). Aliments fonctionnels. 2^{ème} édition, *Tec & Doc*, Paris, France, P. 82.
- [9]. McFarland L.V. (2000). A review of the evidence of health claims for biotherapeutic agents. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 12: 65- 76.
- [10]. Vlasova, A. N. Kandasamy S., Chattha K. S., Rajashekara G. & Saif L. J. (2016). Comparison of probiotic lactobacilli and bifidobacteria effects, immune responses and rotavirus vaccines and infection in different host species. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 172: 72-84.
- [11]. Programme Nutrition Santé en Bretagne (2006).

- [12]. Cremonini F., Di Caro S. & Nista E. C. (2002). Meta-analysis: The effect of probiotic administration on antibiotic associated diarrhea. *Alimentary Pharmacology Therapies*, 16: 1461-1467.
- [13]. Tong J. L., Ran Z. H., Shen J., Zhang C. X. & Xiao S. D. (2007). Meta-analysis: the effect of supplementation with prebiotics on eradication rates and adverse events during *Helicobacter pylori* eradication therapy. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 25(2):155-168.

Références des images

- [1']. <https://texansonlineofficialshop.com/schema-systeme-digestif-2/>
(consulté le 11 Janvier 2019)
- [2']. http://vitalblog.fr/wp-content/uploads/2014/03/excret_intestin_paroi_F_F.jpg (consulté le 11 Janvier 2019)
- [3']. <http://book-med.info/colitis/38836> (consulté le 11 Janvier 2019)
- [4']. https://hepatoweb.com/DES/exposes/DES11_2010_MARTEAU/DREA_NIC.pdf (consulté le 11 Janvier 2019)
- [5']. www engr mun ca (consulté le 16 Novembre 2015)
- [6']. www nsf gov (consulté le 16 Novembre 2015)
- [7']. www paperblog fr (consulté le 16 Novembre 2015)
- [8']. www erj ersjournals com (consulté le 16 Novembre 2015)

Sites internet et liens utiles

- <https://www.youtube.com/watch?v=IPXzdA2x0qI>
- <https://www.youtube.com/watch?v=vtRSKL-ocDs>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ZTy1QJ3KAEo>
- https://lait.dairy-journal.org/articles/lait/abs/1993/02/lait_73_1993_2_22/lait_73_1993_2_22.html
- <http://www.helicobacter.fr/index.php/informations-sur-helicobacter-pylori/quest-ce-que-cest>

Abréviations

BAFF : *B-cell activating factor*

CEI : Cellules épithéliales de l'intestin

CPAs : Cellules présentatrices d'antigènes

IgAs : IgA sécrétoires

MICI : Maladies inflammatoires chroniques de l'intestin

PFIC : Probiotiques de la flore intestinale commensale

RCH : Rectocolite hémorragique