

LES MICROORGANISMES TOXINOGENES

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union – Discipline -Travail

UNIVERSITÉ DE COCODY / UFR BIOSCIENCES



LES MICROORGANISMES TOXINOGENES

Dr KOUAME Désiré

Maitre- Assistant

*UNIVERSITÉ DE COCODY / UFR BIOSCIENCES
Laboratoire de Biochimie et Sciences des Aliments (LaBSA)*



BIOCONTAMINATIONS

LES BIOCONTAMINATIONS

INTRODUCTION SUR LES TOXI-INFECTIONS ALIMENTAIRES (T.I.A)

L'évolution de l'industrie alimentaire tend à mettre sur le marché, un nombre de plus en plus grand d'aliments divers qui sont de plus en plus élaborés. Sans sa présentation finale, la denrée alimentaire est parfois différente de sa forme originelle qui lui offrait bien souvent une protection naturelle. En outre, l'aliment a subi un grand nombre de manipulation et, chacune d'entre elle étant susceptible d'apporter son lot de contaminant. De plus, on a tendance à exiger pour ces aliments des délais de conservation, de plus en plus long ; ce qui pose de sérieux problèmes.

Tous ces éléments c'est à dire : **le problème environnemental, l'eau, l'air, le sol, les manipulations nombreuses, les conservations prolongées ou non** entraînent une multiplication des risques sanitaires apportés par l'alimentation. Il est donc absolument nécessaire de faire progresser en même temps que les techniques de production des aliments, les techniques de contrôle sanitaires. On s'est trop souvent borné à réaliser le contrôle microbiologique sur le produit fini. Un tel contrôle a un intérêt limité parce qu'en cas de résultat défectueux, ce contrôle ne donne aucun renseignement sur l'origine de la contamination.

Ce qui est le plus important, c'est de « maîtriser les paramètres qui agissent sur la contamination du produit fini ». Cette maîtrise dépend d'une part de la qualité des matières premières, de l'environnement, des différents modes de traitement et; d'autre part de l'apport de microorganisme au cours de la chaîne de transformation.

Cet apport de microorganisme qui est sujet d'une origine multiple c'est à dire de l'eau, de l'air, du sol, du personnel et du matériel, en évoquant les conséquences de la multiplication des microorganismes constituant la flore des aliments. De tout ceci, une prévention et un traitement des bio contaminations permettent de contrôler le statut microbiologique des aliments

Les TIA constituent le concept de maladies infectieuses émergentes, elles sont issues d'une augmentation brutale de l'incidence des maladies infectieuses dans l'ensemble du monde vivant. C'est un nouveau concept : « **Food born diseases** » lié à trois facteurs : hôte, microorganisme et environnement. Comme exemple l'on a la fièvre hémorragique Ebola, l'augmentation brutale de l'épidémie à *Vibrio cholerea* O :139.

Les aliments sont contaminés par les eaux, le sol et, les microorganismes présents dans les aliments peuvent également les contaminer. L'on a aussi les méthodes de fabrications des aliments, les opérations techniques, le stockage, le transport et la commercialisation.

Les produits finis contiennent une flore qui résulte de contaminations successives et des traitements qui n'ont pu la réduire. Il faut donc éviter les altérations microbiennes, éviter les risques **d'intoxications** et **d'intoxinations** dangereux pour la santé.

La porte d'entrée des TIA est à 90% digestive mais, les manifestations sont très diverses allant même au système nerveux central avec la vache folle...La civilisation met au point plusieurs armes et remèdes : vaccins, médicaments, et mesures d'hygiène mais, c'est la coexistence pacifique, la paix des pays qui aura le dernier mot.

L'ORIGINE DES BIOCONTAMINATIONS :
L'EAU, L'AIR, LE SOL, L'ENVIRONNEMENT

A/ - L'EAU

La microbiologie aquatique concerne l'étude de la flore qui peuple les étangs, les lacs, les rivières, les océans. Cette étude doit prendre une importance considérable à cause de l'utilisation massive de l'eau. En général, les eaux naturelles sont utilisées à plusieurs échelles par contre, les eaux usées vont contribuer à un milieu potentiellement riche en microorganismes.

Une eau naturelle, est une eau qui de manière naturelle existe sans l'apport de l'être humain. Elle est constituée par les « océans » et les « eaux douces ».

Les bactéries sont les éléments clefs du cycle biologique des eaux douces. Ces bactéries vont débarrasser ce milieu d'un certain nombre de matières organiques. Ainsi, le résultat obtenu va être une augmentation considérable de la masse microbienne. C'est ainsi que leur usage doit être fait avec beaucoup plus de précautions; nous pouvons y rencontrer plusieurs types de **bactéries Gram + et Gram -**. L'on peut également y rencontrer des **virus** et des **parasites**.

Les eaux destinées à l'alimentation humaine doivent présenter un certain nombre de qualité. Elles doivent être : limpide, sans saveur, inodore; en plus elle doit être potable c'est à dire : exempte d'organismes pathogènes et, de tout polluant dangereux pour la santé du consommateur.

Elles sont issues des nappes profondes, des nappes phréatiques et, des eaux de surface.

Les maladies dues aux « eaux d'alimentation » sont d'origine diverse, elles peuvent être d'origine bactérienne, virale ou parasitaire.

Nous avons comme **maladies d'origine bactérienne** : les *Vibrionaceae* qui donnent le choléra, les *Salmonella* qui donnent la fièvre typhoïde, les *Shigella* qui donnent la dysenterie bacillaire. Nous avons comme **maladies virales** : la poliomyélite, les hépatites infectieuses dont l'hépatite A. Enfin comme **maladies d'origine parasitaire** nous avons : la bilharziose, les ankylostomiasés, les dracunculoses, les amibiases qui sont des Protozoaires responsables de diarrhées sanglantes.

B/ - L'AIR

L'étude de la microbiologie de l'air est, en rapport direct et étroit avec les infections aérogènes. Dans les années 1860, Louis Pasteur réalise un certain nombre d'expériences et démontre la présence d'un certain nombre de microorganismes dans l'atmosphère. Il montre que l'air contient des corps organiques visibles au microscope et, que leur distribution n'est pas uniforme dans l'atmosphère. L'air des montagnes est pur et renferme peu ou pas de germes tandis que, l'air des villes est au contraire contaminé par les populations denses qui les habitent.

Les microorganismes sont exceptionnellement à l'état libre dans l'atmosphère, ils se fixent habituellement sur des supports dont le volume et le poids spécifique conditionnent l'évolution.

Ainsi nous avons comme vecteurs les « **poussières** » et les « **gouttelettes d'expectorations** ». Les poussières sont de grosses particules qui sont de nature minérale, organique diverses. Nous avons les fibres végétales, les déchets tissulaires animaux, les poils, les grains de pollen, et fragments de cellules épithéliales cutanées.

LES MICROORGANISMES TOXINOGENES

Les « **gouttelettes d'expectorations** » représentent un danger plus important sur le plan épidémiologique. Elles sont constituées de « **macro gouttelettes de Flugge** » et, de « **micro gouttelettes** » produites par l'atomisation des sécrétions pharyngées et, nasales au cours des toux ou éternuements.

La flore microbienne est caractérisée par sa grande variabilité. Dans l'atmosphère extérieure, les microorganismes rencontrés varient en quantité selon les conditions d'environnement.

Ils sont beaucoup plus nombreux dans les zones chaudes que dans les zones froides; également plus nombreux dans les villes qu'en campagne. Les espèces « bactériennes » rencontrées souvent appartiennent aux genres: *Bacillus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium* ... Des « champignons » sont aussi rencontrés avec les genres : *Aspergillus*, *Penicillium* ...

On distingue deux infections par les voies aériennes supérieures qui sont : les maladies contagieuses aérogènes et les infections respiratoires liées à l'environnement.

1/ - les maladies contagieuses aérogènes Ce sont des maladies qui se transmettent d'individu à individu par l'intermédiaire de l'air ambiant et elles sont de plusieurs ordres :

* **Origine bactérienne** : coqueluche, pneumonie, diphtérie, méningite, tuberculose ...

* **Origine virale** : grippe, adénovirus, variole, oreillons, herpes, rougeole, rubéole, varicelle

2/ - les infections respiratoires liées à l'environnement Elles sont transmises par les microorganismes présents dans le milieu extérieur à l'homme. Ce sont des « **infections parasitaires** » de type aspergillose, actinomycose, candidose ...

C/ - LE SOL

Le sol est défini comme la partie de la croûte terrestre où la géologie et la biologie se rencontrent, il est en effet un milieu vivant sur un support organique et minéral solide et ses caractéristiques varient très largement suivant le lieu, le climat et la profondeur. Le sol renferme des matières organiques, minérales, de l'eau libre, des gaz circulants dont les principaux représentants sont : l'anhydride carbonique, l'oxygène, l'azote ... L'on a aussi une phase biologique constituée de forme végétale, animale et de microorganismes

La flore microbienne est très variée et comprend des bactéries, des champignons, des algues, des protozoaires et des virus. Le nombre de ces microorganismes peut atteindre plusieurs milliards par gramme de sol avec, les bactéries qui sont les plus importantes (1 à 10 milliards/ gr. de sol).

D/ - LES ETRES VIVANTS

La peau et les muqueuses de l'homme hébergent une infinie variété de microorganismes commensaux ou saprophytes qui constituent la « flore normale » résidente de la peau, des muqueuses respiratoires, digestives ou même vaginales.

- **La flore de la peau** est constituée en prédominance de :

* Corynebactéries * *Staph. aureus* * Coliformes * Microcoques * *Bacillus* * Levures et Moisissures

- **La flore de la bouche** * Streptocoques hémolytiques * *Staphylocoques*

* *Neisseria* * *Lactobacillus* * *Hemophilus* * Corynebactéries.

- **La flore du tube digestif**: l'acidité du tube digestif empêche toute multiplication microbienne. Par contre les intestins sont le siège d'un développement abondant et, varié d'une flore qui se modifie avec l'âge. Ainsi nous avons la « **flore de Veillon** » composée de :

* *Bifidobactérium* * *Streptococcus* * *Pseudomonas* * *Bacteroides* * *Veillonella* * *Clostridium*

* Levures * Coliformes ... La « **flore de Doderlein** » est spécifique au vagin avec les *Lactobacillus*

**LES PRINCIPALES
BACTERIES
TOXINOGENES
RENCONTREES
DANS LES ALIMENTS**

LES TOXINES BACTERIENNES

I/ - DEFINITION ET CLASSIFICATION

Une toxine bactérienne est définie comme toute substance toxique et antigénique élaborée par les microorganismes de type bactérien. L'on assiste alors à une libération d'enzymes diverses (streptolysine, hyaluronidase...) par ces bactéries qui sont à l'origine des lésions.

Une classification des toxines a été réalisée par Raynaud et Allouf d'une part en fonction de la localisation de cette toxine et d'autre part en fonction de sa nature chimique ce qui a permis de distinguer cinq (5) groupes de toxines.

En fonction de la localisation de la toxine au cours de la phase exponentielle de la croissance bactérienne, l'on deux (2) types de toxines :

- l'endotoxine qui est libérée après la lyse de la bactérie et,
- l'exotoxine qui est totalement ou partiellement libérée au cours de la vie du germe

En fonction de la nature chimique, nous avons également deux (2) types de toxines à savoir : les toxines protéiques et les toxines glucidolipidoprotéique

TABLEAU DE CLASSIFICATION DES TOXINES BACTERIENNES

Localisation au cours de la croissance exponentielle		Groupe	Nature chimique	Principales bactéries toxigènes
Restent localisées dans la cellule bactérienne ou à sa surface et ne sont libérées qu'à la lyse des bactéries	Toxines intra-cytoplasmiques	I	Protéique	<i>Shigella dysenteriae</i> <i>Yersinia pestis</i> <i>Clostridium perfringens</i>
	Toxines constitutives des parois bactériennes	II	Complexe Glucido-lipido-poly-peptidique	La plupart des bacilles Gram négatif (BG -) Ex : <i>Salmonella</i> dotée d'endotoxines classiques
	Toxines faiblement liées à la surface bactérienne	III	Protéine	Entérotoxine de <i>Staphylococcus aureus</i>
Entièrement libérées dans le milieu de la phase exponentielle	Exotoxines vraies	IV	Protéine	Entérotoxine de <i>Vibrio cholerae</i> Toxine de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Corynebacterium diphtheriae</i>
Partiellement libérées dans le milieu en phase exponentielle	Toxines à localisation mixte : Endocellulaire et Exocellulaire	V	Protéine	<i>Clostridium botulinum</i> <i>Clostridium tetani</i> et, de nombreux autres <i>Clostridium</i>

LES MICROORGANISMES TOXINOGENES

TABLEAU DES DOSES LETALES (DMM) DES TOXINES

TOXINES	Dose Minimale Mortelle (DMM) par mg de Protéine (pour la Sourie)
Toxine Botulinique A	2 à 6. 10 ⁻¹¹ g.
Toxine Botulinique B	2,5 à 3,5 10 ⁻¹¹ g.
Toxine Botulinique E	8. 10 ⁻⁸ g.
Toxine Diphtérique	6,2 10 ⁻⁸ g
Toxine Alpha de Clostridium perfringens	3,3 10 ⁻⁴ g
Toxine Staphylococcique Alpha	10-6 g
Toxine Tétanique	2 à 5. 10 ⁻¹¹ g

II/ - PROPRIETES DES TOXINES

II.1./ - Les Toxines Protéiques

Il existe près de 140 toxines différentes inventoriées dont certaines possèdent un **pouvoir toxique très élevé**, c'est le cas des toxines botuliniques et des toxines tétaniques qui sont les plus actives connues à ce jour (1 mg de toxine suffit pour détruire 1000 tonnes de matières vivantes). D'autres ont par contre une **spécificité d'action très étroite** et dont chacune provoque des symptômes particuliers. Enfin il en existe qui sont dotées d'un **pouvoir antigénique très fort** et, qui seront capable de produire des **anticorps** en réaction au contact de l'organisme avec ces toxines : ce sont des **antitoxines** qui seront à l'origine de l'obtention d'**anatoxines** qui fourniront les vaccins.

II. 2. / - Les Toxines Glucido-lipido-protéiques

Ce sont les constituants de la cellule bactérienne, injectée à faible dose à l'animal, l'endotoxine des bacilles Gram négatif (BG-) provoque une leucopénie intense et, une réaction fébrile en 30 mn qui caractérise son pouvoir pyrogène. Elles vont provoquer la mort de l'animal par collapsus-cardiovasculaire, lorsqu'elles sont injectées à doses élevées.

Le pouvoir antigénique des endotoxines étant faible, elles ne fournissent pas d'anatoxines et, d'antitoxine.

LES PRINCIPALES BACTERIES TOXINOGENES

Les critères établis pour la microbiologie alimentaire comportent à de rares exceptions près toujours les mêmes microorganismes. Ainsi a t'on choisit de présenter, les principales les bactéries toxigènes retenus et non retenues d'intérêt, leur signification et leurs caractéristiques.

LES BACTERIES ANAEROBIES STRICTES

I/ - GENERALITES

I.1./ - DEFINITION

Les bactéries anaérobies strictes forment un groupe dont la propriété essentielle est leur incapacité de vivre en présence d'oxygène : l'oxygène exerçant sur elles une action bactéricide ou bactériostatique. En effet, ces bactéries possèdent dans leur cellule, une chaîne de phosphorylation oxydative directe produisant de l'eau oxygénée (H₂O₂) en présence d'oxygène (O₂) moléculaire. Cette eau oxygénée s'accumule et exerce une action bactéricide en absence d'une catalase.

I.2./ - CLASSIFICATION GENERALE

Les bactéries anaérobies strictes sont divisées en deux (2) principaux groupes à savoir : les « **Telluriques et sporulées** » et les « **Non Telluriques et non sporulées** »

a/ - Les Anaérobies Telluriques et Sporulées

Ce sont des bacilles Gram positif (+) vivant dans le sol, très résistantes sous leur forme sporulée et pouvant élaborer une toxine protéique.

Ce groupe comprend :

- les anaérobies saprophytes
- les anaérobies des maladies toxiques comme le « botulisme » qui est une intoxication et le « tétanos » qui est une toxi-infection.
- les anaérobies des gangrènes gazeuses (toxi-infections)
- une bactérie intermédiaire : Clostridium perfringens, commensale des cavités naturelles de l'homme et de l'animal mais pouvant donner des gangrènes gazeuses, des toxi-infections alimentaires ou des septicémies avec manifestations toxiques.

b/ - Les Anaérobies Non Telluriques et Non Sporulées (Flore de VEILLON)

De morphologie variable, à famille et genres multiples. Ce sont des bactéries commensales des muqueuses humaines et animales. Fragiles et n'élaborant pas de toxine.

Elles peuvent être pathogènes occasionnellement : infections localisées ou septicémiques.

I. 3. / - TOXINOGENESE

Les anaérobies peuvent élaborer deux types de toxines : les protéiques et les glucido-lipido-polypeptidiques. Le pouvoir pathogène de ces germes est variable ; nul pour certains et très élevé pour d'autres.

a/ -Les Toxines protéiques

Seuls les anaérobies telluriques élaborent des toxines protéiques. Ces toxines sont endocellulaires ensuite diffusent dans le milieu extérieur. Elles sont thermolabiles et sont transformables en anatoxines d'où les vaccins antitétaniques.

b/ -Les Toxines glucido-lipido-polypeptidiques

Ces toxines ne sont présentes que chez quelques espèces seulement. Elles sont de loin moins toxiques que les précédentes mais, peuvent être cependant dermonécrotiques et létales pour les souris. Relativement thermostables, elles sont peu antigéniques.

II/ - LES BACTERIES SPORULEES TELLURIQUES

II.1./- HABITAT ET POUVOIR PATHOGENE

Les anaérobies telluriques sont saprophytes du sol où ils réalisent la pectinolyse, la cellulolyse, la protéolyse, la lipolyse, la fixation de l'azote, le métabolisme du soufre et du phosphate.

Ils sont commensaux et surtout abondants dans l'intestin des herbivores. Ils interviennent dans le processus digestifs et peuvent synthétiser des vitamines dont : la vitamine B12.

Certaines espèces prises en dehors de leur habitat naturel peuvent être pathogènes.

Quelques espèces sont toujours pathogènes pour l'homme ; c'est le cas de *Clostridium botulinum* et *Clostridium tetani*. D'autres peuvent le devenir sur un terrain propice (anaérobies des gangrènes gazeuses).

Enfin, d'autres sont exploités dans l'industrie pour leur pouvoir fermentaire, leur pouvoir lytique et pour la production des pectinases dans la préparation des jus de fruits.

II.2./ - MORPHOLOGIE ET CARACTERES CULTURAUX

Ce sont de gros bacilles Gram positif (+) à face parallèles et extrémités arrondies ou coupées net, isolés ou en chainettes.

Ils sont dotés d'une mobilité par ciliature péritriche sauf chez *Clostridium perfringens*

La spore peut être terminale (*C. tetani*), subterminale ou centrale chez les autres espèces

Ils également capsulés sauf *Clostridium perfringens*.

Les anaérobies telluriques poussent facilement en 24 heures à température mésophile sur milieux ordinaires en anaérobiose. Certaines espèces sont sulfito-réductrices. Les souches pathogènes peuvent être identifiées par toxinotypie.

III/ - L'ESPECE CLOSTRIDIUM BOTULINUM

III.1./- CARACTERES GENERAUX

Saprophytes du sol, c'est un agent d'intoxication alimentaire humaine et animale. Le «botulisme» humain, succédant à l'absorption d'aliment renfermant de la toxine est caractérisé par des paralysies flasques (oculaires et cardiorespiratoires), des troubles digestifs et urinaires, un tarissement de toutes les sécrétions surtout salivaires. Le botulisme animal est cliniquement voisin de celui de l'homme.

Le bacille botulique est mobile à ciliature péritriche, isolé ou en diplobacille avec une spore subterminale. La bactérie est détruite en trente (30) mn. à 60°C ou, en deux (2) mn. à 80°C.

La spore est très résistante : on tue ainsi 90% des spores à 115°C en huit (8) mn. et seulement les 5% restant résistent à 120°C après 10 mn.

III.2./ - TOXINOGENESE

a/ - Les types de toxines botuliniques

Clostridium botulinum élabore une toxine protéique dont une partie seulement diffuse dans le milieu extérieur. On connaît actuellement huit (8) types de toxines antigeniquement distinctes, désignées par des lettres A,B,C1,C2,D,E,F et G.

LES MICROORGANISMES TOXINOGENES

Habituellement, les souches de *Clostridium botulinum*, prise isolément, élaborent un seul type de toxine. Quelques rares souches synthétisent deux ou trois types de toxines à la fois (A et B par exemple) ; dans ce cas une des toxines est majeure et l'autre mineure.

b/ - Les propriétés et le pouvoir toxique de la toxine botulique

La toxine peut se transformer en anatoxine : le vaccin botulinique. Cette toxine thermolabile, présente dans un aliment est inactivée par une simple cuisson. Elle est synthétisée en milieu de culture entre le 5ème et le 10ème jour.

La toxine botulinique est le poison le plus puissant qui existe. La toxine A est la plus active.

La dose létale chez l'homme adulte est estimée à 100 mg (1 mg par voie orale) et, 1 mg de toxine renferme 2 à 8 X 10⁸ (8) DL₅₀ pour la souris.

c/ - Les différentes formes de botulisme

La maladie n'est pas transmissible entre individus, mais résulte le plus souvent d'ingestion d'un aliment contaminé. Trois (3) formes de botulisme peuvent être distinguées selon le mode de contamination.

-L'intoxication botulinique due à l'ingestion de toxine botulinique préformée dans un aliment. C'est la forme la plus fréquente.

-La toxi-infection botulinique causée par l'ingestion de bactéries et/ou spores de *Cl. botulinum*. Elle est observée chez les jeunes enfants (0-9 mois, botulisme infantile) dans certaines régions du monde comme la partie ouest des USA. La multiplication de *Clostridium neurotoxinogenes* dans l'intestin s'accompagne de production de toxine in situ qui atteint ensuite les motoneurones. Dans un tiers des cas, le botulisme infantile a été attribué à l'ingestion de miel et dans un autre tiers à l'inhalation de poussières contaminées par des spores de *Cl. botulinum*. Le botulisme par toxi-infection est également observé chez les adultes. Une chirurgie digestive ou des cancers intestinaux sont des causes favorisantes de toxi-infection.

-Le botulisme par blessure se déclare à la suite d'inoculation de bactéries et/ou de spores de *Cl. botulinum* dans une plaie. Cette forme est rare mais, elle est actuellement en recrudescence chez les personnes s'injectant des drogues.

d/ - Le mode d'action de la botuline et les symptômes du botulisme

La toxine et les bactéries vivantes ingérées passent sans dommage la barrière gastrique.

La toxine retrouvée dans l'intestin correspond à la toxine ingérée et, à la toxine libérée lors de la lyse bactérienne. La botuline résiste donc à l'acidité gastrique et aux sucs digestifs.

Une fois dans l'intestin elle passe dans les lymphatiques puis dans le sang et, va se fixer sur le tissu nerveux.

L'intoxication se traduit par une paralysie générale (de type flasque) de l'activité neuromusculaire et du système nerveux autonome. Cette toxine empêche en effet la transmission cholinergique dont le médiateur est l'acétylcholine, empêchant ainsi l'activation du mécanisme de libération par les ions calcium (Ca)

Tous les individus sont susceptibles de développer une intoxication botulique. Les jeunes enfants sont plus à risque face à cette toxi-infection et, les drogués vis-à-vis du botulisme par blessure.

IV/ - L'ESPECE CLOSTRIDIUM TETANI

IV.1./- CARACTERES BACTERIOLOGIQUES

Ce sont des bacilles Gram +, mobiles caractérisés par la position terminale de leur spore. *Clostridium tetani* est l'hôte normal du tube digestif des animaux mais peut persister longtemps dans le sol à l'état sporulé. Elle pénètre dans l'organisme par une plaie souillée parfois minime (piqueur par épingle) et se développe au point d'inoculation d'où elle élabore et lance dans l'organisme infecté, sa toxine responsable du tétanos qui est une toxi-infection.

La durée d'incubation est de 2 à 15 jours. La mort peut survenir même sous traitement.

La température de culture est de 37°C avec un pH de 7,4

En bouillon sous huile, elle produit un trouble homogène avec une odeur de corne brûlée.

La spore résiste à 100°C en huit (8) mn. et, en une (1) heure à 90°C

Cl. tetani est peu protéolytique, elle est cependant gélatinolytique. Elle possède des peptidases et des désaminases et produit régulièrement de l'hydrogène sulfureux (H₂S) et de l'indole. Elle est : glucose, saccharose, lactose, esculine et amidon négatif (-) c'est-à-dire non fermentés. Elle produit toutefois par fermentation des autres sucres, des acides acétique, propionique, butyrique et du propanol, de l'éthanol et du butanol.

Clostridium tetani possède une désoxyribonucléase, mais pas de lipase dont la lecithinase.

La tétanolysine, toxine hémolytique et antigénique, produit une hémolyse sur gélose au sang.

IV.1./- TOXINOGENESE

Cl. tetani élabore une toxine protéique d'un poids moléculaire (PM) = 67.000. Cette toxine est très active : 1 mg de toxine renferme 10 (8) DMM pour la souris.

Thermolabile et transformable donc en anatoxine (vaccin antitétanique), elle renferme plusieurs sites antigéniques, un seul entraînant l'élaboration d'un anticorps neutralisant, appelé : antitoxine ou sérum antitétanique.

La toxine élaborée au point d'infection va diffuser dans tout l'organisme par voie sanguine et par voie nerveuse pour se fixer sur les gangliosides au niveau du cerveau soit donc au niveau du système nerveux central. Après fixation, la toxine va déterminer une élévation de la chronaxie et une hyperexcitabilité des cellules nerveuses sans modification cytologique.

L'immunité peut se faire par séroprévention avec le sérum antitétanique ou par processus immunitaire actif à savoir : la vaccination.

V/ - L'ESPECE CLOSTRIDIUM PERFRINGENS

Il s'agit d'un bacille Gram positif (BG+), sporulé, immobile et capsulé

C'est un saprophyte rencontré dans le sol, l'eau, l'air et les produits alimentaires (viandes, légumes, semi-conserves...). Il est également un commensal de l'homme et des animaux, présent dans les cavités naturelles, les voies respiratoires.

Cl. perfringens est souvent pathogène et responsable chez l'homme de :

-Myosites, après une plaie souillée de terre et à l'origine de gangrènes gazeuses

-Viscerites, toxi-infections alimentaires graves ou bénignes survenant par petites épidémies collectives

-Appendicites, Méningites et Septicémies

Chez l'animal, *Cl. perfringens* est responsable d'entérotoxémies, d'hépatites nécrosantes, de mammites...

LES MICROORGANISMES TOXINOGENES

Cl. perfringens est anaérobie strict mais, extraordinairement réducteur : il réduit rapidement les milieux où on le place et, supporte des potentiels redox de départ.

En gélose profonde, elle donne des colonies lenticulaires noires avec un dégagement très important de gaz disloquant la gélose. En bouillon, l'on obtient un trouble avec odeur de rance.

Cl. perfringens est dotée : d'une lecithinase très active, une lipase et d'une sulfito-réductase active. Elle produit divers types de toxine selon la souche.

La dose minimale infectante de *Clostridium perfringens* ne paraît pas connue. En théorie, le dénombrement des spores et des cellules végétatives de *Clostridium* est considéré comme révélant la présence de *Cl. perfringens*.

LES VIBRIONACEAES : VIBRIO CHOLEREA

I/ - GENERALITES ET HISTORIQUE

Les « **Vibrionaceae** » sont des bactéries retrouvées dans les eaux douces et les eaux marines, dans le tube digestif d'animaux à vie aquatique et celui de l'homme. Ce sont des bacilles Gram négatif (BG-) non entérobactéries, mobiles ou immobiles, asporulés, aérobies, oxydase positif, réduisant les nitrates en nitrites (NR+), dégradant le glucose avec ou sans production de gaz. Ils sont cultivables sur milieux ordinaires, indologènes et protéolytiques.

« **VIBRIO** » est l'agent causal de plusieurs pandémies, la 1^{ère} découverte a eu lieu en **1817**. En **1883**, **Robert KOCH** confirme qu'il s'agit du *Bacillus komma* également présente en Egypte. En **1905**, **Lazeret d'EL TOR** lui donna le nom de *VIBRIO cholerae bio. de type El TOR*. En 1961, c'est la 7^{ème} pandémie en Indonésie et en 1970 ce fut l'Afrique qui fut affectée avec la Guinée (août 70), la Côte d'Ivoire (Sept 70) et l'Afrique du sud en 1979. En 1990, c'est en Amérique latine que la pandémie se répand.

II/ - HABITAT, EPIDEMIOLOGIE ET POUVOIR PATHOGENE

L'homme est le principal réservoir de cette bactérie mais également les aliments tels : que les eaux de consommation, les poissons, les crustacés...

Au niveau de la « **contamination** » : elle est soit directe, soit indirecte. La contamination directe est interhumaine avec le manuportage, l'aéroportage et le potage digestif. La contamination indirecte est réalisée dans les foyers avec les excréments des malades, les mouches comme agent vecteur et, elle affecte les eaux, le lait et bien d'autres aliments...

Au niveau « **épidémiologique** », les facteurs favorisants sont : le bas niveau socio-économique, le problème de l'eau et le non-respect des règles élémentaires d'hygiène (lavage des mains...)

Au niveau de la « **clinique** », il existe trois formes : la forme grave ou « cholera », la forme bénigne avec une simple diarrhée et, la forme atypique ou « cholera sec ».

Les **manifestations possibles** dans les trois cas sont : diarrhées, crampes musculaires douloureuses, douleurs abdominales, vomissements, déshydratations, baisse de la tension artérielle, pouls et respiration accélérée mais pas de fièvre.

Au niveau physiopathologique, l'on note la présence d'une « **toxine cholérique (CT)** » qui est une exotoxine qui entraîne une fuite de liquide et d'électrolytes.

III/ - CARACTERES BACTERIOLOGIQUES

III. 1/ - Taxonomie et Morphologie

-**Famille** : Vibrionaceae -**Genre** : Vibrio -**Espèces** : Vibrio cholerae (O :1)
-**Biotype** : V. cholerae, biotype El Tor / V. cholerae non O :1 (de O :2 à O :139) avec 11 espèces pathogènes humains (Ex : V. cholerae O :1/ V. parahemolyticus / V. vulnificus)

Ce sont des bacilles Gram négatif (BG-), incurvé en virgule, mobilité polaire monotriche, acapsulé et asporulé.

III. 2/ - Caractères Culturels et Antigéniques

-Aérobie préférentiel -Température : 37°C -pH: 8 -Halo résistant (NaCl 5%)
-Culture sur milieux usuels ou ordinaires -Milieu sélectif : TCBS
-Antigène somatique O : glucidolipidopolypeptidique spécifique à Vibrio cholerae permet de distinguer trois variétés
-Antigène flagellaire H : protéique, commun à tous les Vibrio

TOXI-INFECTIIONS ALIMENTAIRES

EXERCICE N° 1 : Q.R.C./Q.C.M. Deux réponses possibles : A : Vrai B : Faux

- 1/ - Un aliment contenant une toxine botulinique est forcément dangereux à manger
- 2/ - Le botulisme est une intoxication très rare
- 3/ - Un aliment contenant l'une des entérotoxines staphylococciques provoquera forcément des troubles chez les individus l'ingérant.
- 4/ - Les *Salmonella* sont responsables d'intoxications
- 5/ - Les *Shigella* peuvent causer des toxi-infections
- 6/ - Aucune maladie virale ne peut être transmise par les aliments
- 7/ - Donner la définition des termes suivants :
a/ - Toxi-Infections b/ - Intoxications c/ - Intoxications
- 8/ - Donner les définitions de la réfrigération; la congélation et la surgélation

EXERCICE N° 2 : Questions à Choix multiple (QCM) et Q. à Réponse Courte (QRC)

- 1/ - Citer quatre (4) bactéries pathogènes pouvant être l'origine d'infections graves
- 2/ - Les *Salmonella* sont-elles responsables d'intoxications ? Pourquoi ?
- 3/ - Donner la définition d'une toxine
- 4/ - Quels sont les deux (2) germes responsables d'intoxications alimentaires
a/ - *Staph. aureus* b/ - *Salmonella* c/ - *Lactobacillus lactis* d/ - *Candida albicans*.
e/ - *Clostridium perfringens* f/ - *Enterococcus faecalis* g/ - *Pseudomonas aeruginosa*
- 5/ - Citer trois (3) types d'aliments dans lesquels l'on peut rechercher le *Bacillus cereus*
- 6/ - Citer deux (2) bactéries responsables de diarrhées à mécanisme entéro-invasif
- 7/ - Citer 3 types de prélèvement à effectuer en cas de suspicion de «choléra» sur le campus de Cocody
- 8/ - Citer quatre (4) bactéries pathogènes pouvant être l'origine d'infections graves
- 9/ - A quelle température peut-on tuer les microbes ?

EXERCICE N° 3 : Les toxines bactériennes **

- Comparer la toxine « staphylococcique » et la toxine « botulinique » :
Les bactéries responsables, la nature et les effets de ces toxines ainsi que, les aliments pouvant être à l'origine des toxi-infections dues à ces toxines.

EXERCICE N° 4

- 1/ - Les toxi-infections alimentaires (TIA) ont trois (3) origines principales, citer-les tout simplement.
- 2/ - Parmi les germes responsables de T.I.A deux (2) au moins sont retrouvés très souvent dans les «viandes» : lesquels ?
- 3/ - Quels sont les deux principaux germes responsables des syndromes de forme dysentérique au cours des T.I.A.
- 4/ - Quels sont les principaux germes producteurs de «mycotoxines» et, dans quels aliments se multiplient - ils ?
- 5/ - Citer les germes responsables des fermentations : alcoolique, lactique et acétique ainsi que les produits alimentaires issus de chacune de ces fermentations

ORIGINE DES BIOCONTAMINATIONS

- EXERCICE N° 1 : Microbiologie de l'Air

- 1/ - Donner la définition des infections aérogènes tout en précisant les différents groupes
- 2/ - Les microorganismes se fixent habituellement sur des supports qui constituent les vecteurs des infections aérogènes : Présenter ces principaux vecteurs
- 3/ - Citer un (1) parasite, deux (2) virus et trois (3) bactéries, responsables d'infections aérogènes

- EXERCICE N° 2 : Microbiologie de l'Eau

- 1/ - Donner la définition des «eaux d'alimentation», préciser leurs qualités et, citer les principales origines de ces eaux.
- 2/ - Il existe plusieurs maladies dues aux eaux d'alimentation, elles ont trois principales origines : lesquelles ? Citer pour chacune d'elles deux exemples de parasites responsables

- EXERCICE N° 3 : Microbiologie des Etres Humains

- 1/ - Dans le cadre des relations entre «microorganismes et hôte», l'on en distingue plusieurs types ; donner la définition du parasitisme, de la symbiose et, du saprophytisme
- 2/ - Donner au moins quatre (4) germes présents dans la flore normale résidente :
*de la peau * de la bouche * du tube digestif
- 3/ - Dans les titres d'un journal « Frat-Mat » de l'An 2000 on lisait : « Abattoir de Port-bouët, de sérieux risques de maladies; la consommation de la viande n'est plus sans danger ... » Quel sont les principaux dangers au niveau alimentaire dont pourrait faire allusion ce quotidien ivoirien il y a près de 10 ans ? Qu'en est-il en 2014 ?
- 4/ - Peut-on accepter un animal en cuisine et, la décorer avec des plantes en pot? Pourquoi?
- 5/ - En cuisine, est ce que l'on a le droit de goûter une sauce avec le doigt ? Pourquoi?.

ETUDE DES GERMES PATHOGENES:
Staphylococcus, Clostridium, Salmonella

EXERCICE N° 1 : Recherche des Staphylocoques

- 1/ - Vous devez isoler et dénombrer les *Staphylococcus aureus*
 - a/ - Donner le nom du milieu de culture spécifique et présenter la méthode de dénombrement à utiliser pour cette recherche
 - b/ - Préciser la température et le temps d'incubation nécessaire pour un bon isolement
- 2/ - Présenter les caractères macroscopiques des colonies sur le milieu de culture
- 3/ - Indiquer les caractères microscopiques observés après une coloration de Gram puis, réaliser une représentation schématique de ces germes
- 4/ - Présenter les « tests biochimiques » utilisés pour la recherche et la mise en évidence de :
 - a/ - la Catalase
 - b/ - l'Oxydase et
 - c/ - la Bêta-galactosidase
- 5/ - Le germe recherché est « Staphylocoagulase positif » : quelle est la signification de ce résultat ?

EXERCICE N° 2 : Etude du pouvoir pathogène *

Staphylococcus aureus est responsable de septicémie au pronostic grave chez les sujets hospitalisés et affaiblis. La porte d'entrée des septicémies thrombo-emboliques est souvent une plaie sur infectée et le pouvoir pathogène repose surtout sur les capacités de multiplication et d'invasion du germe : 1/ - Donner la définition d'une septicémie

- 2/ - Citer deux (2) facteurs sécrétés par *Staphylococcus aureus* et qui contribue au pouvoir pathogène lors d'une septicémie et justifier leurs rôles
- 3/ - Pour l'un des facteurs dont la recherche est effectuée au laboratoire, expliquer sommairement le principe des tests réalisés et la signification des résultats obtenus

EXERCICE N° 4: Recherche des Clostridium (ASR)

Vous devez isoler et dénombrer des Anaéobies Sulfito-Réducteurs (ASR)

- 1/ - Donner le nom de deux (2) milieux de culture que vous pouvez utiliser
- 2/ - Préciser la température et le temps d'incubation
- 3/ - Présenter les caractères macroscopiques d'identification de ces germes

EXERCICE N° 5 : Entérobactéries (Salmonelle)

- 1/ - Donner la définition des Entérobactéries et présenter leurs caractères généraux
- 2/ - Présenter l'importance des germes appartenant au genre *SALMONELLA* dans le milieu des infections bactériennes et les différentes étapes nécessaires pour sa recherche
- 3/ - Déterminer les caractères biochimiques spécifiques des *SALMONELLA*

PETIT LEXIQUE D'HYGIENE ALIMENTAIRE

- **AEROBIE** : Germe dont le développement nécessite la présence d'oxygène
- **ANALYSES** : Examen de l'état ou des propriétés d'un produit
- **ANALYSES BACTERIOLOGIQUES** : Détermination du nombre de germes contenus dans une denrée, permettant de mettre en évidence en particulier certains germes caractéristiques d'une mauvaise hygiène ou de mauvaises conditions de travail.
- **ANTISEPTIQUE** : Substance chimique capable de détruire les germes microbiens ou d'en freiner le développement (*Ex : chlore, eau oxygénée*)
- **ASEPTIQUE** : Exempt de tout microbe
- **APPERTISATION** : Procédé de conservation de longue durée, développé par APPERT (1809) consistant en un traitement par la chaleur dans un récipient étanche, afin de détruire les germes
- **BACTERIE** : Organisme microscopique vivant, nombreuses espèces dont certaines sont pathogènes. Les bactéries sont universellement présentes
- **BACTERICIDE, ANTIBACTERIEN** : Agent chimique (*Ex chlore*) ou physique (*Ex : rayonnement ultra violet*) détruisant les bactéries
- **BACTERIOSTATIQUE** : Agent qui empêche la multiplication des germes
- **MALADIES D'ORIGINE BACTERIENNE** : Gastro-entérite, dysenterie, méningite, coqueluche, tétanos, diphtérie, typhoïde, pneumonie, choléra, tuberculose, syphilis ...
- **CHAMPIGNONS** : Microorganismes comprenant les levures et les moisissures et situés tout à fait en bas du régime végétal.
- **FONGICIDE, ANTIFONGIQUE** : Produit qui détruit les champignons
- **MYCOSE** : Affection cutanée causée par des champignons
- **CLOSTRIDIUM** : Bactéries anaérobies comprenant de nombreuses espèces dont *Clostridium perfringens* (agent de pollution fécale, responsable d'intoxications alimentaires) *Clostridium botulinum* (responsable du botulisme, intoxication rare mais très grave, causée le plus souvent par des conserves mal réalisées) et *Clostridium tetanii*, responsable du tétanos.
- **COLIFORMES** : Bactéries normalement présentes dans l'intestin humain et animal. Peu ou pas pathogènes mais témoins de « contamination fécale ».
- **ESCHERICHIA coli** : Bactéries de la famille des coliformes, très caractéristiques de la pollution fécale. Certaines sont pathogènes (gastro-entérite infantile)
- **COLONIE** : Population très importante de bactéries, issue d'une seule bactérie.
- **CONGELATION** : Refroidissement progressif des aliments jusqu'à 20 ° C
- **CONTAMINATION** : Transfert de microorganismes (ou de substances) d'un lieu à un autre, d'un produit à un autre, d'un porteur à un produit, etc ...
- **CONTAMINATION FECALE** : Transfert de germes originaires des matières fécales
- **DESINFECTANT** : Produit capable d'éliminer les microbes sur les matériaux
- **DETERGENT** : Produit qui dissout les souillures organiques en particulier les graisses
- **EPIDEMIE** : Atteinte simultanée d'un grand nombre d'individus par une maladie particulière
- **FERMENTATION** : Transformation de certaines substances par des enzymes microbiennes (*Ex : la fermentation acétique transforme le vin en vinaigre*)
- **FLORE MICROBIENNE** : Ensemble des microorganismes dans un lieu donnée
- **FROID** : Conditions de température qui freinent le développement microbien (jusqu'à 6 ° C) ou l'arrêtent complètement (à partir de - 15 ° C) mais qui ne tuent pas les germes
- **GASTRO-ENTERITE** : Affection de l'appareil digestif qui se traduit par des diarrhées et / ou des vomissements.
- **HYGIENE** : Ensemble des règles visant à l'amélioration de la santé
- **INSECTICIDES** : Substances naturelles ou synthétiques toxiques pour les insectes. Leur toxicité pour l'homme n'est jamais nulle.
- * **PESTICIDES** : Ensemble de produits destinés à lutter contre les parasites animaux ou végétaux

LES MICROORGANISMES TOXINOGENES

- **INTOXICATION ALIMENTAIRE** : Maladie provoquée par l'ingestion d'un aliment contaminé par des germes ou des substances toxiques. Intoxications provoquée par des toxines élaborées dans le produit, ou par un grand nombre de germes peu pathogènes, ou par un germe qui se développe à l'intérieur du tube digestif
- **LAVAGE** : Elimination des souillures par l'eau, additionnée ou non de produits (détergents, acides ...)
- * **NETTOYAGE** : Elimination de toute souillure, généralement associé à une désinfection
- **MARCHE EN AVANT** : Organisation du travail telle que les denrées élaborées et le matériel propre ne côtoient pas les denrées brutes (sales) ou le matériel souillé
- **MESOPHILE (GERME)** : Germe qui se développe aux températures moyennes de 30 ° C
- **MICROBES, MICROORGANISMES** : Organismes vivants de très petite taille, observables seulement au microscope. bactéries, champignons, protozoaires (*amibes*), virus
- * **MICROBICIDE, ANTIMICROBIEN** : Agent qui détruit les microbes
- **MULTIPLICATION BACTERIENNE** : Développement des bactéries par divisions successives : une bactérie en donne deux, qui en se divisant en donne quatre, ect ... Dans de bonnes conditions, une bactérie se divisant toutes les 20 mn. aura une descendance de un milliard d'individu en 10 heures
- **NORMES BACTERIOLOGIQUES**: Critères fixés par la législation, auxquels doivent satisfaire les denrées (Ex pour toutes les denrées, la norme relative aux Salmonelles est l'absence dans 25 g. de produit)
- **PARASITES**: Organismes vivant, indésirables, variés tels que les vers protozoaires (*amibes*), les hématozoaires du paludisme ou de la maladie du sommeil
- **PASTEURISATION** : Destruction par la chaleur de la plus grande partie de la flore microbienne, dont les germes pathogènes
- **PATHOGENE** : Capable de provoquer une maladie
- **PORTEUR DE GERMES** : Personne abritant des germes et susceptible de contaminer les produits manipulés. Ces porteurs sains n'ont pas les symptômes des germes dont ils sont porteurs
- **PSYCHROPHILES, CRYOPHILES (GERME)** : Qui se développe à basse température (0° C)
- **PUTREFACTION** : Décomposition des aliments par les microorganismes
- **REFRIGERATION, REFROIDISSEMENT** : Abaissement et maintien de la température des aliments entre 0° C et 3° C pour limiter le développement microbien.

- **SALMONELLES**: Bactéries très pathogènes responsables d'intoxications alimentaires et dont le principal réservoir est l'intestin humain et animal (Ex la fièvre typhoïde est due à *Salmonella typhi*)

- **SALUBRITE**: Pour un aliment, absence de microbes et de parasites pour un lieu, absence de toute source de contamination.
- **SERVICE DE CONTROLE**: Représentation des fraudes destinée à réprimer les tromperies et les falsifications et à promouvoir la qualité. Services vétérinaires chargés du contrôle des produits d'origine animale. Ils ont libre accès à toute heure, à tout lieu où sont manipulés des denrées alimentaires.
- **SPORE** : Forme que prennent des germes pour résister à des conditions défavorables à leur développement

- **STAPHYLOCOQUES** : Germes originaires de la région rhino-pharyngée, des plaies et infections (pus , panaris). Le Staphylocoque doré est pathogène, l'entérotoxine staphylococcique est très dangereuse.
- **STERILISATION** : Destruction de toute la flore microbienne, y compris les spores
- **STOCKAGE** : Entreposage des denrées dans des conditions optimales de températures , ventilation et humidité
- **THERMOPHILE (GERME)** : Qui se développe aux températures élevées (45-60° C)
- **TOXINE** : Poison élaborée par certaines bactéries, actif à très faible dose
- * **ENTEROTOXINE** : Toxine agressant l'intestin (entérotoxine staphylococcique)
- * **MYCOTOXINE** : Toxine élaborée par un champignon (Aflatoxine d'*Aspergillus*)
- * **NEUROTOXINE** : Toxine agressant le système nerveux (toxine botulinique)
- **VIRUS** : Microorganisme de taille très inférieure à celle des bactéries (observable au microscope électronique), vivant obligatoirement à l'intérieur d'une cellule ou d'une bactérie. (Ex : virus de l'hépatite présent dans certains coquillages)
- * **MALADIES VIRALES** : Grippe, oreillons, rougeoles, variole, poliomyélite, fièvre jaune, rage, herpes, encéphalite ...
- **VIRULENCE** : Degré de toxicité des germes, dépendant de leur nature et de l'état de l'hôte (Ex *Salmonella* a une virulence plus grande chez les nourrissons, les vieillards et les malades

LES TOXINES BACTERIENNES

I/ - DEFINITION ET CLASSIFICATION

Une toxine bactérienne est définie comme toute substance toxique et antigénique élaborée par les microorganismes de type bactérien. L'on assiste alors à une libération d'enzymes diverses (streptolysine, hyaluronidase...) par ces bactéries qui sont à l'origine des lésions.

Une classification des toxines a été réalisée par Raynaud et Allouf d'une part en fonction de la localisation de cette toxine et d'autre part en fonction de sa nature chimique ce qui a permis de distinguer cinq (5) groupes de toxines.

En fonction de la localisation de la toxine au cours de la phase exponentielle de la croissance bactérienne, l'on deux (2) types de toxines :

- l'endotoxine qui est libérée après la lyse de la bactérie et,
- l'exotoxine qui est totalement ou partiellement libérée au cours de la vie du germe

En fonction de la nature chimique, nous avons également deux (2) types de toxines à savoir : les toxines protéiques et les toxines glucidolipidoprotéique

TABLEAU DE CLASSIFICATION DES TOXINES BACTERIENNES

Localisation au cours de la croissance exponentielle		Groupe	Nature chimique	Principales bactéries toxigènes
Restent localisées dans la cellule bactérienne ou à sa surface et ne sont libérées qu'à la lyse des bactéries	Toxines intra-cytoplasmiques	I	Protéique	<i>Shigella dysenteriae</i> <i>Yersinia pestis</i> <i>Clostridium perfringens</i>
	Toxines constitutives des parois bactériennes	II	Complexe Glucido-lipido-poly-peptidique	La plupart des bacilles Gram négatif (BG -) Ex : <i>Salmonella</i> dotée d'endotoxines classiques
	Toxines faiblement liées à la surface bactérienne	III	Protéine	Entérotoxine de <i>Staphylococcus aureus</i>
Entièrement libérées dans le milieu de la phase exponentielle	Exotoxines vraies	IV	Protéine	Entérotoxine de <i>Vibrio cholerae</i> Toxine de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Corynebacterium diphtheriae</i>
Partiellement libérées dans le milieu en phase exponentielle	Toxines à localisation mixte : Endocellulaire et Exocellulaire	V	Protéine	<i>Clostridium botulinum</i> <i>Clostridium tetani</i> et, de nombreux autres <i>Clostridium</i>

LES MICROORGANISMES TOXINOGENES

TABLEAU DES DOSES LETALES (DMM) DES TOXINES

TOXINES	Dose Minimale Mortelle (DMM) par mg de Protéine (pour la Sourie)
Toxine Botulinique A	2 à 6. 10 ⁻¹¹ g.
Toxine Botulinique B	2,5 à 3,5 10 ⁻¹¹ g.
Toxine Botulinique E	8. 10 ⁻⁸ g.
Toxine Diphtérique	6,2 10 ⁻⁸ g
Toxine Alpha de Clostridium perfringens	3,3 10 ⁻⁴ g
Toxine Staphylococcique Alpha	10-6 g
Toxine Tétanique	2 à 5. 10 ⁻¹¹ g

II/ - PROPRIETES DES TOXINES

II.1./ - Les Toxines Protéiques

Il existe près de 140 toxines différentes inventoriées dont certaines possèdent un **pouvoir toxique très élevé**, c'est le cas des toxines botuliniques et des toxines tétaniques qui sont les plus actives connues à ce jour (1 mg de toxine suffit pour détruire 1000 tonnes de matières vivantes). D'autres ont par contre une **spécificité d'action très étroite** et dont chacune provoque des symptômes particuliers. Enfin il en existe qui sont dotées d'un **pouvoir antigénique très fort** et, qui seront capable de produire des **anticorps** en réaction au contact de l'organisme avec ces toxines : ce sont des **antitoxines** qui seront à l'origine de l'obtention d'**anatoxines** qui fourniront les vaccins.

II. 2. / - Les Toxines Glucido-lipido-protéiques

Ce sont les constituants de la cellule bactérienne, injectée à faible dose à l'animal, l'endotoxine des bacilles Gram négatif (BG-) provoque une leucopénie intense et, une réaction fébrile en 30 mn qui caractérise son pouvoir pyrogène. Elles vont provoquer la mort de l'animal par collapsus-cardiovasculaire, lorsqu'elles sont injectées à doses élevées.

Le pouvoir antigénique des endotoxines étant faible, elles ne fournissent pas d'anatoxines et, d'antitoxine.