

# Annexes

## Annexe 1.

### ❖ La pollution.

La pollution est un problème d'actualité affectant pratiquement tous les écosystèmes y compris l'environnement marin, qui apparaît en totalité ou en partie comme le sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects, altérant les modalités de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Selon le Comité Scientifique Officiel de la Maison-Blanche pour la protection de l'environnement (1965), ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou à travers des ressources en produits agricoles, en eau, et autres produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il détient, les possibilités récréatives du milieu ou encore en enlaidissant la nature.

On peut distinguer deux grandes formes de pollution :

- Les pollutions ponctuelles, souvent relativement immédiates, qui proviennent de sources bien identifiées (rejets domestiques ou industriels par égouts, effluents d'élevage ...) et peuvent être traitées par des stations d'épuration.
- Les pollutions diffuses, comme celles dues aux épandages de pesticides et d'engrais sur les terres agricoles, qui concernent l'ensemble d'un bassin versant, Elles mettent plus de temps à atteindre les milieux aquatiques et ne peuvent être traitées qu'à la source en diminuant l'usage des substances responsables.

Ces pollutions peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville, par exemples), périodiques (augmentation saisonnières des rejets liées au tourisme, aux crues ...), ou encore accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif de produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou du lessivage des sols suite a de fortes pluies (Anonyme.2005).

### 1. Les principaux types de pollution marine.

Il existe plusieurs manières de classer la pollution marine. On peut parler de pollutions généralisées quand il y a un changement global qui affecte une partie ou la totalité de la biosphère tels que l'effet de serre, la couche d'ozone et les pluies acides et de pollution localisée quand il s'agit d'érosion, de destruction de la nature par le feu, de pollution par les pesticides, de pollution nucléaire...etc. on rencontre également des pollutions pélagiques et continentale, des pollution atmosphérique, ainsi que d'autres types de pollution.

Il existe aussi d'autres types de classifications de la pollution :

#### ○ Classification selon MARPOL.

Pollution par les navires: Causée par immersion de matériaux ou rejets opérationnels ; il s'agit de trois catégories de déversements :

- rejets huileux particuliers aux pétroliers

- rejets huileux communs à tous les navires
- rejets non huileux communs.

Pollution terrigène : Ce sont des polluants apportés par le continent (apports de matières organiques et minérales, apports nutritifs d'origine agricole, ...etc.)

Pollution atmosphérique : Ce sont les gaz et les particules provenant de sources continentales naturelles (poussière de sols) ou anthropiques (zones urbaines et industrielles).

- **Classification selon l'origine.**

Pollution urbaine : Due principalement aux rejets domestiques et elle est liée aux grandes concentrations urbaines.

Pollution industrielle : Liée au développement de l'industrie et aussi variée que les activités industrielles elles-mêmes

Pollution agricole : Due aux insecticides, pesticides, fongicides, engrais chimiques ou naturels utilisés pour la production agricole

- **Classification selon le type.**

Pollution physique : On parle de ce type de pollution quand le milieu marin est modifié dans sa structure physique par divers facteurs

Pollution chimique : Due au déversement des rejets industriels apportant de grandes quantités de substances chimiques dont certaines sont non dégradables

Pollution biologique : C'est un phénomène naturel dû aux micro-organismes. Il s'agit de la contamination microbienne. (Equinoxe, 1990).

## **2. La contamination microbienne:**

C'est la pollution biologique du milieu marin, caractérisée par la présence de microorganismes dans l'eau qui servent généralement de nourriture à de nombreux organismes marins ; favorisant la fixation d'algues ou de larves sur certains substrats, permettant également la dégradation de certains polluants ; cependant , elle est considérée comme dangereuse, si les agents présents sont pathogènes (tab.5) ; elle peut entraîner la propagation de certaines maladies infectieuses, ce qui limite la pratique d'activités récréatives (baignade) et la pêche notamment des mollusques bivalves. De plus, elle est souvent ponctuelle, par conséquent se prête difficilement à une identification précise. (Vaillant, 1973).

**Tableau 5 :** Principaux agents pathogènes pour les animaux à sang chaud et pour l'homme, fréquents dans les eaux polluées (Creteur, 1998)

Germes	Maladie	Origine
Virus	Poliomyélite; Hépatite virale	Se trouve dans les effluents de stations d'épuration
<i>Vibrio cholerae</i>	Choléra	Transmis par les égouts et les eaux polluées
<i>Salmonella typhi</i>	Fièvre typhoïde	Fréquent dans les égouts et les effluents en période d'épidémies
<i>Shigella dysenteriae</i>	Dysenterie	Eaux polluées
<i>Bacillus anthracis</i>	Anthrax/ Charbon	Egouts. Spores résistantes aux traitements
<i>Brucella sp.</i>	Brucellose	Normalement transmise par le lait infecté. Egouts soupçonnés aussi
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculose	Isolé dans les effluents de sanatorium
<i>Leptospira ictero-haemorrhagiae</i>	Leptospirose	Porté par les rats d'égout
<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie	Se répand par l'usage des eaux d'égout comme fertilisant ; commun dans les régions chaudes

## 2.1. Les facteurs d'environnement affectant la survie des microorganismes dans l'eau.

### 2.1.1. La température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision; en effet, celle ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz. En influant sur la dissociation des sels dissous, elle agit sur le pH. La température de l'eau est mesurée à l'aide d'un thermomètre immergé à environ 20 cm de profondeur.

### 2.1.2. Le potentiel d'hydrogène :

Le pH joue un rôle important sur la baisse ou l'augmentation de la concentration en gaz carbonique CO<sub>2</sub> et de l'ammonification. Le pH de l'eau de mer varie entre 7.9 et 8.3.

### 2.1.3. L'oxygène dissous :

La solubilité de l'oxygène dissous est fonction de la température, de la pression de l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l. Elle a tendance à diminuer avec la profondeur.

#### 2.1.4. La salinité :

C'est la concentration des corps chimiques qui, en solution dans l'eau, se dissocient sous forme de cations. Un litre d'eau de mer contient environ 35g de sel, dont 30g de chlorure de sodium. La salinité a une action sur la répartition des micro-organismes.

#### 2.1.5. Les matières particulaires en suspension :

Les variations portent sur l'ensemble du matériel particulaire en suspension dans l'eau de mer, c'est à dire la majorité des organismes phytoplanctoniques susceptibles d'être filtrés par les Moules, auxquels il faut ajouter les particules minérales et les détritiques organiques enrobés de bactéries ainsi que certains agrégats bactériens.

Les agressions de l'environnement ont pour les cellules bactériennes un impact immédiat, aussi ne serons nous pas surpris d'apprendre que les bactéries possèdent des mécanismes qui les aident à s'accommoder d'un milieu changeant et parfois hostile. Certaines espèces de bactéries sont capables de croître dans des circonstances spectaculaires : au dessus du point d'ébullition de l'eau, ou au dessous de son point de congélation ; dans des saumures saturées ; à des pH atteignant des valeurs aussi basses que 1, ou aussi élevées que 11 ; et aux pressions hydrostatiques extrêmes du plus profonds des océans. Certaines bactéries ne sont capables de croître que si elles sont dans l'un de ces environnements extrêmes (Guiraud.2003)

Les bactéries ne croissent pas seulement de plus en plus lentement aux températures de plus en plus basses, ou de plus en plus élevées ; il existe des températures limites précises au dessus et en dessous desquelles la croissance d'une souche donnée ne peut plus avoir lieu. Le taux de croissance décroît rapidement au-delà de la température optimale. D'après Nerdhardt et al (1994), la température maximale de croissance d'*E. coli* est approximativement 48° C. Sa température optimale est de 39° C et sa température minimale de 8° C ; alors que son domaine normal de température s'étend de 21° C à 37° C.

Généralement, on classe les bactéries sur la base de la gamme de leurs températures de croissance, on distingue :

- Les psychrophiles ou psychrotrophes, capables de se développer en dessous de 15-20°C, parmi eux il y a les psychrophiles facultatifs, capables de se développer à 20°C, telles les bactéries de la flore Gram négatif saprophyte (*Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, etc.) et des pathogènes (*Listeria*, *Yersinia*).
- Les mésophiles qui comportent la majorité des micro-organismes, capables de se développer entre 15 à 45 °C.
- Les thermophiles, capables de se développer au dessus de 45°C et les thermophiles extrêmes jusqu'à 75-80°C, telles les bactéries lactiques (*Lactobacillus* « *thermobacter* », *Streptococcus thermophilus*), les propionibactéries (*Propionibacterium shermanii*) et les sporulées (*Clostridium thermosaccharolyticum*).

NB : Ne pas confondre micro-organismes thermophiles et thermorésistant, la thermorésistance est l'aptitude à résister à un traitement thermique alors que la thermophilie est l'aptitude à se développer à température élevée.

Tout comme la température, la plupart des bactéries peuvent croître dans une large gamme de pH. Elles s'accommodent à de larges variations du pH de leurs milieux de croissance en maintenant leur pH interne au voisinage d'une valeur optimale.

Il faut signaler aussi que chez les bactéries sporulées, le taux de sporulation, la thermo résistance des spores et le taux de germination dépendent également du pH. La relation des micro-organismes avec le pH a des applications hygiéniques : ainsi la plupart des bactéries pathogènes sont incapables de se développer à un pH inférieur à 4,5 (Guiraud, 2003).

La bactérie *Escherichia coli* a une bonne croissance à un pH proche de la neutralité, entre pH 6 et 8 ; elle peut croître, mais plus lentement à un pH d'environ une unité au dessus ou au dessous de ces limites (Nerdhardt *et al.*, 1994), Compte tenu de ce comportement vis-à-vis du pH externe, le pH intérieur de la cellule est maintenu à une valeur peu différente de 7,6. Les bactéries sont classées entre neutrophile (*E. coli* acidophile et basophile. L'espèce *Thiobacillus ferrooxidans* est acidophile, et croit le mieux à pH 2, tout en maintenant son pH interne proche de 6,5 sur toute la gamme de pH de croissance, qui s'étend de 2 à 8. A l'autre extrême le basophile, croit le mieux à pH 10,5 et maintenant son pH interne à 9. En conclusion, lorsqu'une bactérie croit à des valeurs de pH inférieur à son pH interne, son cytoplasme est plus basique que son environnement, et lorsqu'elle croit à des valeurs supérieures, son cytoplasme est plus acide.

Parfois des phénomènes d'antagonisme et de synergie peuvent être observés. Ainsi, un développement qui peut avoir lieu à un pH et à une température donnée (tab. 6). Peut être inhibé lorsque les deux conditions se cumulent (Guiraud, 2003).

**Tableau 6 :** Comportement de quelques groupes microbiens en fonction du milieu (Guiraud, 2003)

Germes	pH favorable	Température favorable
<i>Aeromonas</i>	4.5/9.0	2°/45°C
<i>Bacillus cereus</i>	4.5/9.3	5°/55°C
<i>Brucella</i>	4.5/8.8	6°/42°C
<i>Campylobacter</i>	4.9/9.0	32°/45°C
<i>Clostridium botulinum</i>	4.5/8.5	10°/50°C
<i>Clostridium perfringens</i>	5.5/8.0	15°/50°C
<i>Escherichia coli</i>	4.4/9.0	7°/46°C
<i>Listeria monocytogenes</i>	4.4/9.4	-0.4°/45°C
<i>Pseudomonas</i>	4.0/9.0	8°/45°C
<i>Salmonella</i>	3.8/9.5	5°/46°C
<i>Shigella</i>	5.0/9.2	7°/46°C
<i>Staphylococcus aureus</i>	4.0/9.8	7°/48°C
<i>Staphylococcus pyogenes</i>	4.8/9.3	10°/45°C
<i>Vibrio cholerae</i>	5.0/9.6	10°/43°C
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	4.8/11	5°/43°C
<i>Vibrio vulnificus</i>	5.0/10	8°/43°C
<i>Yersinia enterocolitica</i>	4.2/9.6	-1.3°/42°C

Les exigences que manifestent les microorganismes vis-à-vis de la concentration en chlorure de sodium conduit à la distinction d'un certain nombre de germes:

- Les Sténotopes qui ne supportent pas les écarts de concentration salines et n'acceptent de se développer qu'entre des limites rapprochées : c'est le cas des bactéries halophiles faibles ou sténohalines.
- Les hyperhalophiles, leur croissance n'est possible qu'à de fortes concentrations salines.
- Enfin un groupe important est constitué de germes halophiles modérés, ou indifférent, halophiles préférentiels, halotolérant (croit de préférence dans des milieux peu ou modérément salés, mais qui acceptent de se développer à de fortes concentrations salines), halorésistant (indifférentes aux salinités, survivent dans des milieux salés et reprennent leurs vitalité à des salinités normales) ou non halophiles. (Nerdhardt *et al.*, 1994).

## 2.2. Les germes indicateurs de contamination fécale :

La majorité des micro-organismes pathogènes est d'origine fécale. En effet, pour contrôler ce type de pollution, on se base sur le choix de témoins nommés germes indicateurs ou germes tests.

Le choix de ces indicateurs microbiens doit répondre à certaines exigences (Leclerc, 1978; Papadakis, 1982) :

- Etre toujours présent et a plus grandes concentrations que les germes pathogènes à surveiller.
- Etre capable de se multiplier dans le milieu aquatique.
- Etre plus résistants que les germes pathogènes dans l'environnement aquatique et aux désinfectants.
- Etre mis en évidence, dénombrés et identifiés à l'aide de techniques simples.

Généralement, les indicateurs les plus spécifiques de la contamination fécale directe sont les coliformes fécaux (témoignant d'une contamination récente) et les streptocoques fécaux (témoignant d'une contamination ancienne) dont le dénombrement et l'identification sont associés ensemble (Rodier, 1996).

### 2.2.1. Les coliformes :

Ce sont des bactéries gram négatif appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* qui sont capables de fermenter le lactose. Les coliformes sont rencontrés largement dans les fèces d'origine animale et humaine.

Ce groupe est constitué de deux catégories de bactéries : les coliformes totaux et les coliformes fécaux.

Puisque les coliformes meurent lors de leur séjour en eau de mer, leur présence indique une contamination récente par des matières fécales.

#### 2.2.1.1. Les Coliformes totaux :

Ce sont des bacilles gram négatif, ne formant pas de spores, ne possédant pas d'oxydase, anaérobies facultatives et fermentant le lactose avec production de gaz en 48 h à 35°C (Kabler et Clark, 1961).

Ils peuvent avoir d'autres sources à part la matière fécale à savoir les cours d'eau, les eaux de ruissellement et certains types d'effluents industriels. Ce groupe est présenté par les germes suivants : *Enterobacter*, *Serratia*, *Yersinia*, *Rahnella*, et *Buttiauxella* (Larpen et Larpen, 1985).

#### 2.2.1.2. Les Coliformes fécaux (thermotolérants) :

Les Coliformes fécaux ou Coliformes thermotolérants, sont un sous- groupe des coliformes totaux, capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (fig.46) et, dans un moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* (Elmund et al., 199 ; Santé Canada, 1991 ; Edberg et al., 2000).

La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des Coliformes thermotolérants détectés (Barthe et al., 1998 ; Edberg et al., 2000). Bien que la présence de Coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux

enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire (Barthe et *al.*, 1998 ;OMS ,2000).C'est pourquoi, il serait plus approprié d'utiliser le terme générique « Coliformes thermotolérants » plutôt que celui de « coliformes fécaux » (OMS,1994 ; Robertson,1995).

L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de la pollution produite par les matières fécales (CEAEQ, 2000).

Par ailleurs, ce sont de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux, ces derniers leurs sont préférables pour cette fonction (Robertson, 1995).



**Figure 46:** *Escherichia coli* (*E. coli*) en coloration Gram (wikipedia, 2008).

### 2.2.2. Les Entérocoques.

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D de LanceField (Sharpe, 1979). Elles sont définies comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, Gram positifs. Elles se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et elles possèdent le caractère fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz (Manuel de Bergey, 1984).

Il y a 5 espèces reconnues parmi les streptocoques fécaux (SF) : *S. bovis*, *S. equinus*, *S. avium*, *S. faecalis* et *S. faecium*.

Les entérocoques sont d'origines intestinales, de l'homme et des animaux à sang chaud et indiquent une pollution par des matières fécales. Ce groupe bactérien est souvent utilisé comme témoin supplémentaire de contamination fécale du milieu aquatique. Les entérocoques ne sont pas pathogènes pour l'homme mais leur présence en grand nombre pourrait indiquer la présence de bactéries pathogènes (fig.47).

Il est possible de connaître l'origine de la contamination fécale par l'utilisation du rapport (*Coliformes fécaux*/*Streptocoques fécaux*) CF/SF. Ce ratio est valable seulement quand la contamination est récente car les *Streptocoques fécaux* persistent plus longtemps que les *Coliformes fécaux* dans l'eau de mer (Bouchriti *et al.*, 1992).

Selon Bourgeois (1980), lorsque le rapport CF/SF est supérieur à 4, la contamination est essentiellement d'origine humaine, s'il est inférieur à 0.7, la contamination est d'origine animale et si le rapport est situé entre 0.7 et 4 la contamination est d'origine mixte (tab.7).

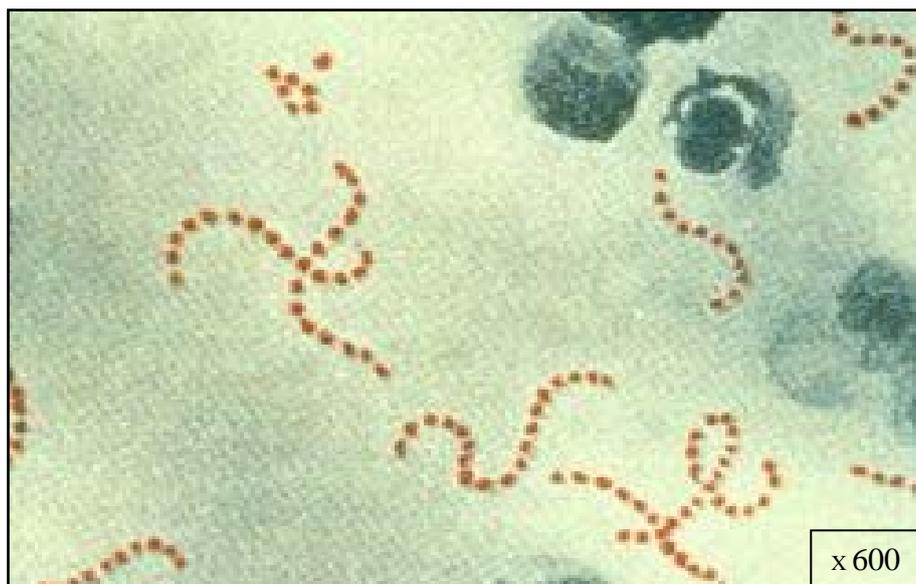
**Tableau 7:** Détermination de l'origine de la pollution fécale selon le rapport de Bourgeois (1980).

Ratio CF/SF	Source de Contamination
$R < 0.7$	Origine animale
$0.7 < R < 1$	Mixte
$R > 4$	Origine exclusivement humaine

En 1982 Borrego et Romero ont apporté des modifications au rapport de Bourgeois, permettant ainsi d'avoir un renseignement précis sur l'origine de la contamination (tab.8).

**Tableau 8 :** Détermination de l'origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF. Borrego et Romero (1982).

Ratio CF/SF	Source de Contamination
$R < 0.7$	Principalement ou entièrement d'origine animale
$0.7 < R < 1$	Mixte à prédominance animale
$1 < R < 2$	Origine incertaine
$2 < R < 4$	Mixte à prédominance humaine
$R > 4$	Source exclusivement humaine



**Figure 47:** Les *Streptocoques* germes indicateurs d'une contamination fécale (wikipedia, 2008).

### 2.3. Les germes pathogènes.

Ces germes proviennent le plus souvent des côtes polluées par les égouts, les effluents et d'autres sources de pollution.

Les bivalves peuvent être des vecteurs de nombreux germes pathogènes dont les plus fréquents peuvent engendrer des infections et des maladies épidémiques.

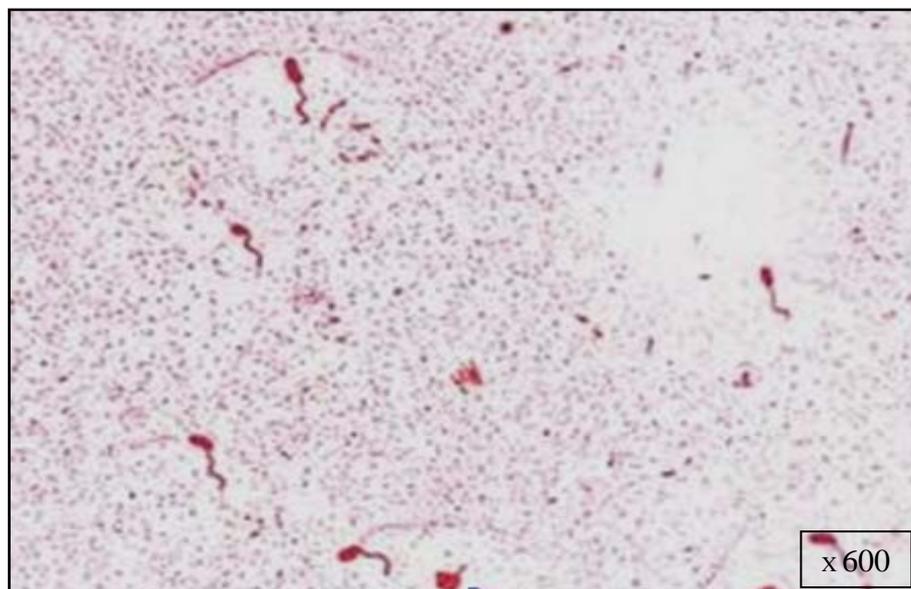
#### 2.3.1. Le *V.cholerae*.

C'est l'espèce la plus connue du genre *Vibrio*. Elle ne se trouve pas à l'état naturel dans l'eau propre, mais est introduite par les eaux usées non traitées (fig.48).

Une classification basée sur les antigènes somatiques O de nature glucido-lipido-protéique spécifiques à *V. cholerae* a permis de distinguer *V.cholerae* O<sub>1</sub> et *V.cholerae* non O<sub>1</sub>. Alors que les facteurs antigéniques H, de nature protéique, sont communs à tous les vibrions (Pilet et al., 1979).

Le *V. cholerae* est considéré comme témoin de contamination récente par l'homme infecté. Une fois libéré dans l'eau, ce germe peut contaminer les coquillages qui le transmettent au consommateur (Boutin et al., 1982 ; Garay et al., 1985).

Il provoque le choléra, des toxi-infections intestinales aiguës strictement adaptée à l'espèce humaine. Après une incubation de 1 à 5 jours, la maladie se manifeste par des vomissements spontanés, des diarrhées profuses avec des selles aqueuses et incolores (OMS, 1978).



**Figure 48:** *Vibrio* du choléra en coloration Gram (wikipedia, 2008).

### 2.3.2. Les Salmonelles.

Les espèces du genre *salmonella* appartiennent au groupe des *Salmonellae* et à la famille des *Enterobacteriaceae*. Le genre *Salmonella* est l'un des plus importants de cette famille. Il comprend des bactéries asporulées, gram négatifs, généralement mobiles grâce à des cils péritriches, parfois immobiles (*S.pullorum*, *S.gallinarum*).



**Figure 49:** *Salmonella typhimurium* en rouge observée au microscope électronique

(wikipedia. 2008)

Sur la base des caractéristiques, le genre salmonella est subdivisé en 4 sous-genres :

- **Sous genre I** : Il est le plus important car il contient la majorité des espèces pathogènes pour l'homme et l'animal.
- **Sous genre II** : Il contient des sérotypes communément trouvés chez les reptiles et rarement chez l'homme.
- **Sous genre III** : Il contient le groupe Arizona.
- **Sous genre IV** : Il contient les sérotypes rares de salmonella.

Les salmonelles sont des organismes mésophiles, distribués dans le monde entier. La température optimale de croissance est 37°C (FAO, 1996). Elles sont présentes chez l'homme au niveau des intestins, mais aussi chez les mammifères, les oiseaux et bon nombre d'animaux à sang chaud (Brissou et Denis, 1978).

La présence des salmonelles dans l'eau et dans les fruits de mer indique une contamination fécale directe ou indirecte à partir des déchets de l'homme et des animaux. C'est la raison pour laquelle, dans beaucoup de réglementations, on exige la recherche de *salmonella* pour évaluer et déterminer la salubrité des mollusques destinés à la consommation humaine.

La principale source de salmonelles est constituée par les malades qui libèrent jusqu'à un milliard de salmonelles par gramme de matière fécale (libérant) et les porteurs apparemment sains, ne présentant pas de symptômes cliniques mais continuent à excréter des salmonelles pendant des mois voir des années (Brissou, 1968).

Les études épidémiologiques amènent à distinguer 3 groupes de salmonelloses :

**Les formes septicémiques** (salmonelloses majeures) : fièvre typhoïde et paratyphoïde. Elles sont engendrées par des salmonelles qui ne se rencontrent que chez l'homme et qui en est le seul réservoir : *S.typhi* et *S.paratyphi* A et B (fig.49).

**Les formes digestives** : toxi-infections alimentaires. Elles sont engendrées par des salmonelles dont l'hôte naturel est l'animal, mais qui peuvent contaminer l'homme. Le nombre de genre d'infection augmente en raison du mode d'alimentation collectif qui se généralise dans les pays industrialisés.

**Les autres salmonelloses** : Elles sont plus rares : méningites, atteintes ostéo-articulaires, infections pulmonaires.

Le tableau 9 résume la fréquence d'apparition (avec pour certains les toxi-infections associées) des différents sérotypes de *Salmonella* en fonction du lieu de prélèvements.

**Tableau 9:** Importance des principales espèces du genre *Salmonella* (numéro d'ordre sur 20 espèces) chez l'homme, les animaux, dans les égouts et en eau de mer et toxi-infections associées. (Equinoxe (1990))

	Hommes	Animaux	Egouts	Eau de mer	Toxi-infections
<b>Paratyphi A</b> <b>Paratyphi B</b>	18 3	19 16	20 1	Très rare 1	Fièvres Paratyphoïdes
<b>Typhimurium</b>	1	1	2	2	Diarrhée, Fièvre, vomissement
<b>Dublin</b> <b>Panama</b>	16	2 15	17 6	rare rare	Salmonelloses
<b>Typhi</b> <b>Enteritidis</b>	2 4	20 3	15 16	très rare 10	Fièvre typhoïde ---

### 2.3.3. Les *Staphylocoques*.

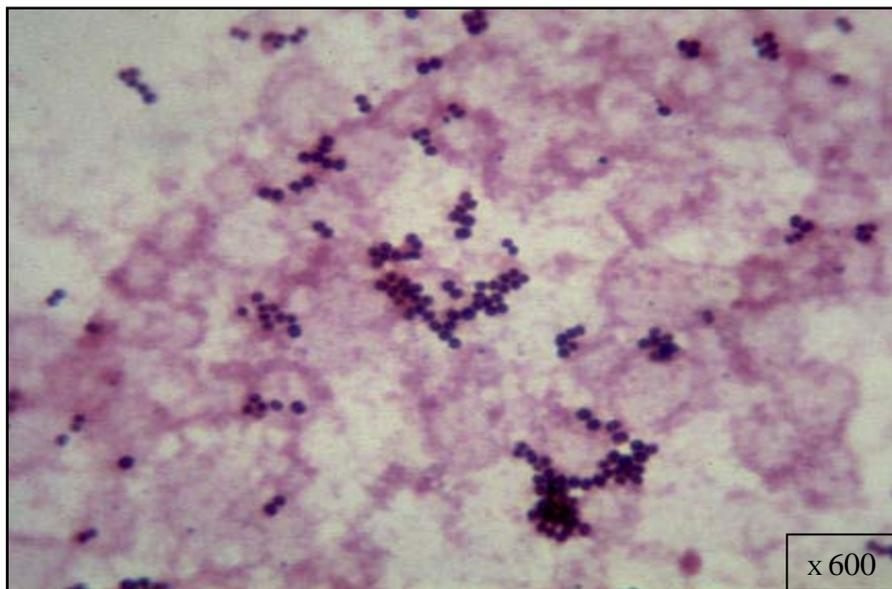
Ces bactéries appartiennent à la famille de *Micrococcaceae* (Manuel de Bergey, 1984). Ce sont des cocci à Gram positifs arrangés en paires, en tétrades ou en grappes (fig.50). Ils sont immobiles, aérobies ou anaérobies facultatifs, asporulés (OMS, 1995 c).

Cette famille comprend les genres suivants : *Planococcus*, *Micrococcus* et *Staphylococcus*. Kloos et Schleifer (1975) ont pu identifier 11 espèces au sein du genre *Staphylococcus*, en 1984, ils ont pu distinguer 19 espèces (Manuel de Bergey, 1984).

Parmi ces espèces, *S. aureus* revêt plus d'intérêt quant à la pollution de eaux littorales et des fruits de mer. Deux autres espèces (*S. epidermidis* et *S. saprophyticus*) sont assez fréquemment rencontrées dans l'eau, mais leur pouvoir pathogène est moins important.

Les staphylocoques sont trouvés au niveau des muqueuses nasales, les follicules pileux, la peau et la région périnéale des animaux à sang chaud y compris l'homme. Les produits de la mer comestibles peuvent être contaminés par les staphylocoques, soit par l'intermédiaire de manipulateurs infectés soit par l'environnement. Fréquemment, la contamination est due à un individu atteint d'une infection aux mains, d'un rhume ou d'un mal de gorge (FAO, 1996).

L'espèce la plus importante, *S. aureus* donne des colonies noires dans le milieu Chapman, c'est un germe mésophile avec une température de croissance minimum de 10°C, mais des températures plus élevées sont nécessaires à la production des toxines. Elle possède l'aptitude d'élaborer des entérotoxines (six types distincts : A, B, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, D, E) qui provoquent des intoxications alimentaires (Ababouch, 1995) causant des vomissements, des nausées et des diarrhées (FAO, 1996). Les symptômes ne durent généralement pas plus de 24 heures, mais dans les cas graves, la déshydratation peut conduire au choc ou collapsus.



**Figure 50:** Les *Staphylocoques* en coloration Gram  
(Wikipedia, 2008)

#### **2.3.4 .Les Bacillaceae.**

Les espèces de cette famille sont sous forme de bâtonnets, de filaments ramifiés ou de coques. Parmi les bâtonnets, on distingue deux genres qui interviennent dans la pollution du milieu marin: *Bacillus* et *Clostridium*.

Le genre *Clostridium* représente un intérêt particulier dans la pollution de l'eau et des

fruits de mer. Il est capable de sporuler, souvent très toxigène et très résistant. Les espèces les plus importantes dans ce genre sont : *C. botulinum* et *C. perfringens*.

- ***C.perfringens***

*C. perfringens* est une bactérie en forme de bâtonnet (bacille) qui forme des spores et qui peut se développer seulement en l'absence d'oxygène. C'est une bactérie commune qu'on retrouve dans le sol et qui habite normalement les intestins des êtres humains et d'autres animaux. Ce genre est rejeté en quantités considérables dans les eaux usées (OMS, 1995a).

*C. perfringens* est plus résistant que les autres indicateurs, mais il est difficile de le détecter dans l'eau de mer. Il peut contaminer les coquillages stockés dans de mauvaises conditions (Tengueu, 1996).

*C. perfringens* cause une intoxication alimentaire en produisant une série de toxines lorsqu'on consomme de la nourriture où la bactérie est présente en grand nombre. Les symptômes sont habituellement la diarrhée et des crampes abdominales. Il n'y a généralement pas de fièvre ni de vomissements.

- ***C.botulinum***

Ce germe est souvent rencontré dans le milieu aquatique marin. Il a été isolé à partir de l'eau, des sédiments, des coquillages et des poissons (Smith et al, 1982).

*C. botulinum* est une bactérie en forme de bâtonnet (bacille), strictement anaérobie et qui forme des spores (fig.51).

Il existe sept types de toxines botuliques désignées par les lettres A, B, C, D, E, F et G, mais c'est le type E qui intervient le plus fréquemment dans les intoxications provoquées par la consommation des poissons et de fruits de mer en conserve (Troller, 1986 ; Frazier et Westhoff, 1988), car les spores de *C. botulinum* sont largement répandus dans les eaux salées.

La consommation d'aliments contenant la toxine de *C. botulinum* cause une maladie appelée botulisme qui est grave, mais relativement rare.

Ce sont surtout les symptômes neurologiques paralytiques qui débent, alors que les symptômes digestifs (nausée et vomissement) sont secondaires. En effet, les accidents respiratoires sont la cause de la mort (FAO, 1996) Le seul traitement du botulisme est l'administration d'une antitoxine spécifique. Malheureusement, cette antitoxine est généralement inefficace si elle est administrée après l'apparition des principaux symptômes. Il est donc extrêmement important de commencer le traitement dès les premiers signes d'un empoisonnement.



**Figure 51:** *Clostridium botulinum* en coloration Gram  
(Wikipedia, 2008)

### 2.3.5. Les *Pseudomonas*.

Ces germes appartiennent à la famille des *Pseudomonaceae*. Ce sont des bacilles gram négatifs, aérobies, asporulées, très mobiles par un ou plusieurs flagelles polaires (fig.52). Il s'agit de bactéries pathogènes ou d'altérations, parfois même redoutables et mortelles (Brisou et Denis, 1978).

Les *Pseudomonas* provoquent chez l'homme des affections de la sphère oto-rhino-laryngée (ORL) lors des baignades en rivière, en piscine ou par suite de l'utilisation des bassins tourbillons.

*Pseudomonas aeruginosa* est une espèce qui revêt une importance principale dans la pollution microbienne du milieu marin. Elle est occasionnellement éliminée par les intestins et les urines. Sa présence dans l'eau est associée aux activités humaines, on le trouve dans environ 10% des matières fécales normales et fréquemment dans les eaux usées où ses concentrations peuvent atteindre 1 million /100 ml. Elle provoque des infections des oreilles, des yeux, des brûlures et des voies urinaires ainsi que l'entérite (OMS, 1995 a).



**Figure 52 :** *Pseudomonas aeruginosa* en coloration de Gram  
(wikipedia, 2008)

### 2.3.6. Les *Shigella*.

La *Shigella* est une bactérie en forme de bâtonnet qui ne constitue pas de spores. Elle est aéro-anaérobie facultative. C'est l'agent causal d'une infection alimentaire appelée « shigellose » ou dysenterie bacillaire. Cette maladie est d'une gravité extrêmement variable et peut causer la nausée, des vomissements, des douleurs abdominales, de la diarrhée, des selles aqueuses contenant souvent du sang et du mucus, des frissons et de la fièvre (fig.53).



**Figure 53:** *Shigella flexnerii* en rouge observée au microscope électronique  
(wikipedia. 2008)