



La dynamique de la vie

L'eau support de vie

Sites contaminés par *E. coli*

Sites contaminés par *E. coli*

Résumé

Escherichia coli est une bactérie qui ne se rencontre pas normalement dans l'eau ; principalement d'origine humaine, elle constitue une contamination microbiologique épisodique des eaux. Résistante, son élimination dépend de l'abondance des apports mais aussi de la qualité du milieu récepteur.

De 1996 à 2003, sa présence est constatée partout, à des degrés divers. Les affluents et les étiers côtiers enregistrent les concentrations les plus fortes, toutefois en baisse pour la majorité d'entre eux.

En Loire, la contamination est moindre, le fleuve dilue, mais peine à éliminer les apports abondants, l'association avec les matières en suspension protège les bactéries ; les fortes concentrations sont observées aux périodes de hautes eaux. L'amélioration constatée depuis 1998, sur le fleuve en aval de Nantes, est venue de la diminution des rejets de l'agglomération.

Les crues hivernales transfèrent la contamination aux eaux et aux coquillages du littoral, plus encore sur la côte Nord que sur la côte Sud. En été, les plages atteintes sont moins nombreuses qu'auparavant, mais les concentrations y sont plus élevées, témoignant de sources de contamination proches.

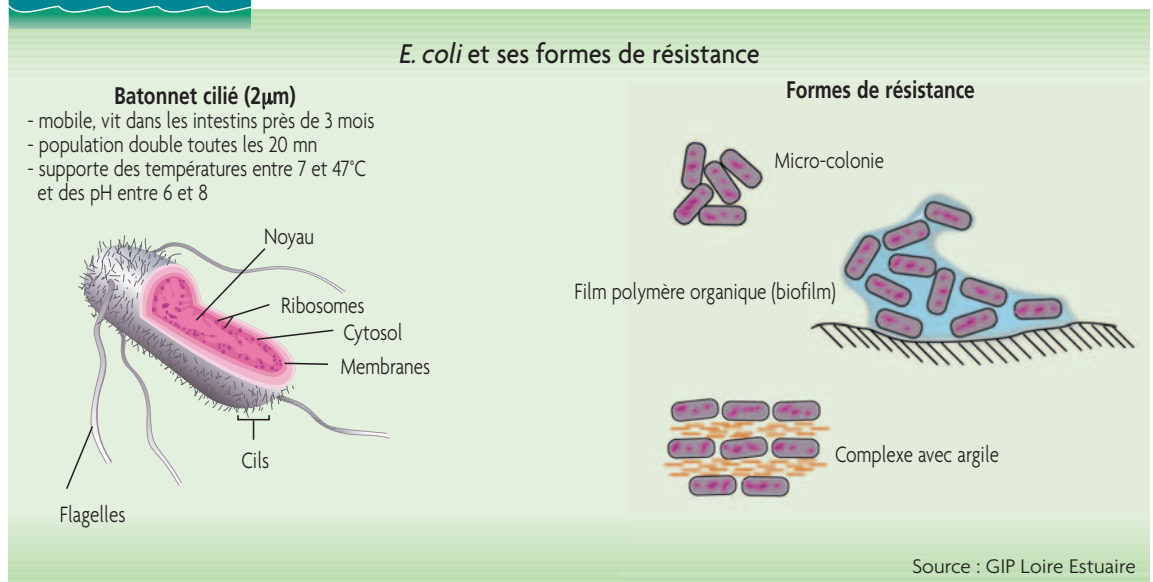


Objectif définition

L'indicateur suivra, à partir des concentrations en *E. coli* de l'eau, des coquillages et du sédiment, l'évolution de la contamination de la Loire, de ses affluents et du proche littoral

en relation avec les composantes du milieu. L'objectif est d'appréhender la capacité d'épuration du milieu face à l'introduction de micro-organismes issus des activités humaines.

FIGURE L2 A7 - 1



Le choix s'est porté sur le suivi de la concentration de la bactérie *Escherichia coli*, organisme microscopique unicellulaire aux facultés d'adaptation importantes. Au contraire de certaines bactéries normalement présentes dans les eaux où elles participent aux processus d'élaboration et de dégradation de la matière organique, *E. coli* est une bactérie fécale, soit d'origine humaine et déversée directement dans le milieu naturel ou via les stations d'épuration, soit d'origine animale et apportée par le ruissellement.

Dans les eaux, le sédiment et les coquillages, cette bactérie est recherchée en priorité car elle est largement dominante et sert de germe témoin vis-à-vis d'autres germes plus dangereux comme les Salmonelles ou les Streptocoques. Le nombre de cellules est souvent exprimé en puissance de 10 (ex : 10^4 soit 10 000 cell/100 ml), tant elle atteint des niveaux élevés.

Les apports de bactéries fécales à la Loire estuarienne et au littoral sont issus :

- de la Loire amont, des affluents et étiers vannés ou non,
- du ruissellement du bassin versant direct : prairies pâturées, épandage,
- des rejets directs des stations d'épuration (STEP). Du fait du coût élevé du traitement microbiologique, les stations d'épuration sont équipées uniquement quand l'arrêté préfectoral sur les normes de rejets le précise, en priorité les stations littorales.

Déversée dans ces milieux, *E. coli* s'élimine naturellement sous l'effet de facteurs environnementaux hostiles tels que les rayons UV du soleil, l'oxygène, la salinité, les produits inhibiteurs comme les métaux ou produits désinfectants, et plus rarement, une température ou un pH trop bas ou trop élevés. Des facteurs biologiques se rajoutent : la compétition avec les micro-organismes habituels de l'eau et la consommation par le zooplancton.

D'autres paramètres vont au contraire être favorables à sa survie comme le calme, la richesse

en nutriments dissous ou particuliers et, en Loire estuarienne, la rétention des eaux et des matières en suspension.

Résultante de tous ces facteurs, sa durée de vie dans les eaux naturelles, les sédiments et les coquillages peut être de quelques heures ou se prolonger quand les caractéristiques du milieu d'accueil se rapprochent de celles de son milieu d'origine : **une mauvaise qualité des eaux favorise l'accumulation des *E. coli***. La durée maximale de vie en milieu naturel n'est pas connue, mais en laboratoire, une survie de 8 à 10 jours a été obtenue dans des eaux de type estuarien, d'un mois dans des sédiments de type estuarien, et de 3 à 4 jours en eau de mer.

L'indicateur s'appuie sur les données de 48 points de mesures issues en majorité des réseaux de surveillance des eaux de baignade, des coquillages et des eaux destinées à l'alimentation, mais aussi des réseaux de surveillance patrimoniale des eaux superficielles. Des résultats d'analyses pratiqués dans les sédiments dragués complètent l'information.

Interprétation

Entre 1996 et 2003, la présence d'*E. coli* a été constatée, plus ou moins fréquemment, dans tous les sites, quel que soit le support. Les concentrations varient largement, entre 10 et 1 000 000 (10^6) cell/100 ml. Des dénombrements particulièrement abondants ont marqué l'hiver 2000-2001 à toutes les stations.

L'analyse des valeurs maximales fait ressortir le caractère intermittent des pollutions microbiennes mais aussi la répétition d'événements de contamination aiguë :

- les concentrations maximales les plus fortes sont observées dans les eaux des affluents de la Loire et des étiers côtiers avec des niveaux de l'ordre de 10^5 cell/100 ml, deux valeurs extrêmes dépassent 10^6 cell/100 ml (Brivet et Petite Rivière).

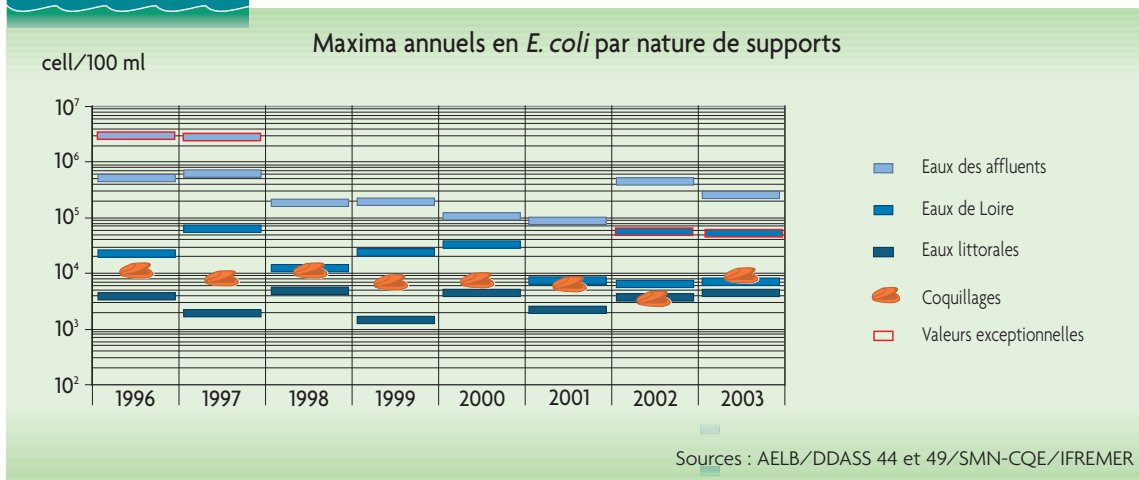
- en Loire, malgré la dilution des apports, les maxima se situent autour de 10^4 cell/100 ml, le maximum étant de 63 000 cell/100 ml à Nantes en 1997.

- les eaux des plages ont les valeurs maximales les plus basses, en raison de la salinité, entre 1 500 à 5 000 cell/100 ml avec cependant deux valeurs extrêmes à près de 35 000 cell/100 ml.

- les maxima dans les coquillages du littoral sont plus élevés que dans les eaux des plages, entre 5 000 et 10 000 cell/100 ml de liquide intervalvaire, car ils concentrent les micro-organismes filtrés.

Sur la période, la baisse des valeurs maximales n'est marquée que pour les eaux de la Loire en aval de Nantes.

GRAPHIQUE L2 A7 - 1



Des contaminations élevées toute l'année dans les affluents et les étiers

Au-delà de leurs maxima particulièrement élevés, les petits affluents de la Loire (le Brivet, la Petite Rivière, le Bodon), les canaux de Brière (Priory, Martigné, Taillée) et les étiers côtiers (le Calais, le Boivre) ont, toute l'année, des valeurs comprises entre 10^3 et 10^5 cell/100 ml avec des variations saisonnières peu marquées.

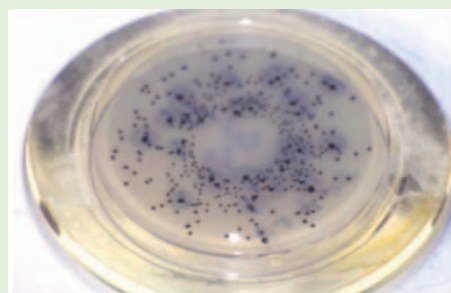
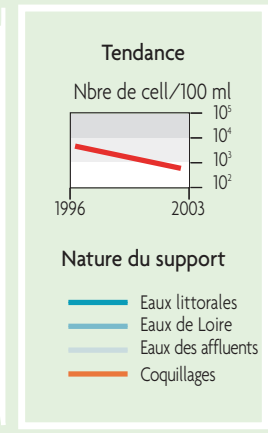
Ces cours d'eau ont en commun de faibles courants (présence de vannage), des nutriments et de la matière organique en abondance, autant d'éléments cumulés favorables à la survie sinon à la vie de la bactérie. La contamination est d'autant plus élevée que les affluents ont un bassin versant peuplé et sont les exutoires

d'importantes stations d'épuration auxquels s'ajoutent parfois des prairies d'élevage en bordure (ex. le Brivet exutoire de 3 STEP soit 110 000 EH).

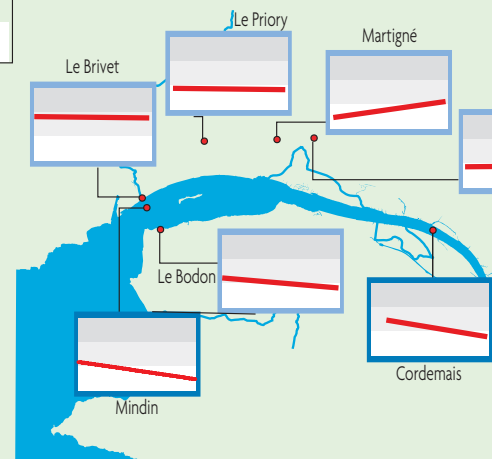
Entre 1996 et 2003, en dehors des maxima, les valeurs des dénombrements en *E. coli* diminuent pour la majorité des affluents et étiers. L'amélioration de la collecte des rejets est souvent à l'origine de cette baisse par exemple pour la Petite Rivière. Deux exceptions cependant, le Brivet où sont constatées, de nouveau depuis 2002, des valeurs supérieures à 10^5 , et le canal de Martigné où les concentrations augmentent.

CARTE L2 A7 - 1

Evolution des concentrations en *E. coli* des affluents, de la Loire et du littoral de 1996 à 2003



Culture de bactéries



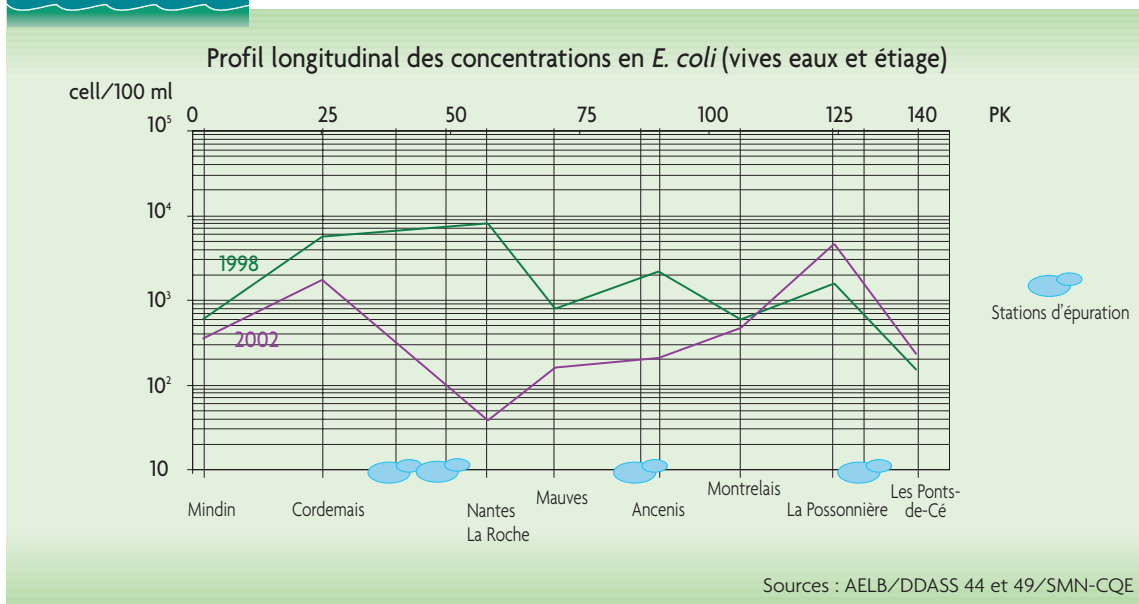
En Loire, des comportements et des évolutions contrastés

Sur le cours de la Loire, les concentrations oscillent généralement entre 10^2 et 10^4 cell/100 ml. Les stations présentent une variation saisonnière liée au débit fluvial et à la prédation par le zooplancton. Les niveaux sont plus élevés à proximité des rejets des villes. **Les valeurs les plus fortes se situent en hautes eaux hivernales, elles-mêmes liées**

aux précipitations favorisant le lessivage des sols et les flux en provenance du bassin amont.

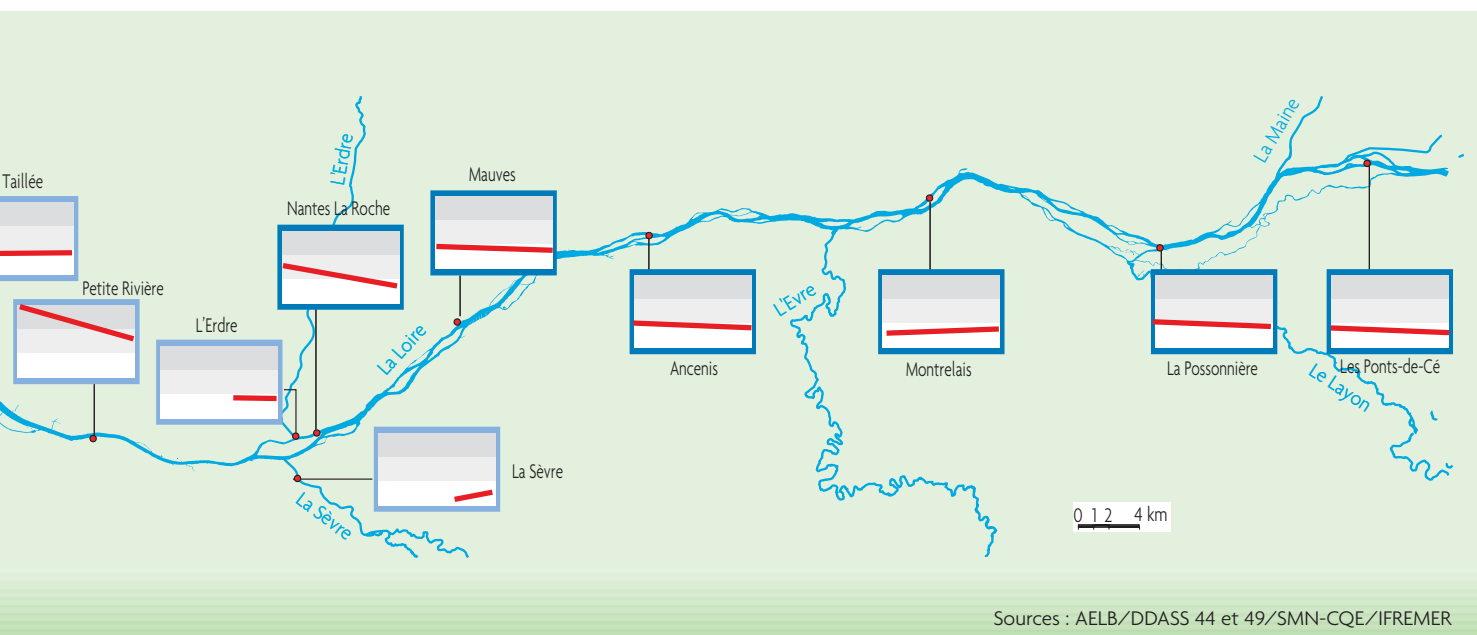
Aux variations d'apports au fleuve, le milieu récepteur répond différemment de l'amont vers l'aval. Deux secteurs se distinguent, encore plus clairement en période d'étiage, lorsque les flux amont sont réduits :

GRAPHIQUE L2 A7 - 2



- **Des Ponts-de-Cé à Mauves**, la limpidité des eaux, les UV du soleil et la prédation vive en septembre additionnent leurs effets pour faire disparaître les bactéries. Mais leur action est contrariée par la température élevée et la présence d'éléments nutritifs, et limitée face à l'abondance des apports. Des rejets importants et rapprochés, comme en 1998 ne

permettent pas aux eaux du fleuve de s'auto-épurer avant d'aborder l'agglomération nantaise et l'estuaire. En septembre 2002, une résorption de 10^3 est acquise en l'absence d'apport intermédiaire significatif. Sur l'ensemble de la période 1996-2003, l'évolution de la contamination a suivi les variations de l'hydraulicité du fleuve, sans amélioration.



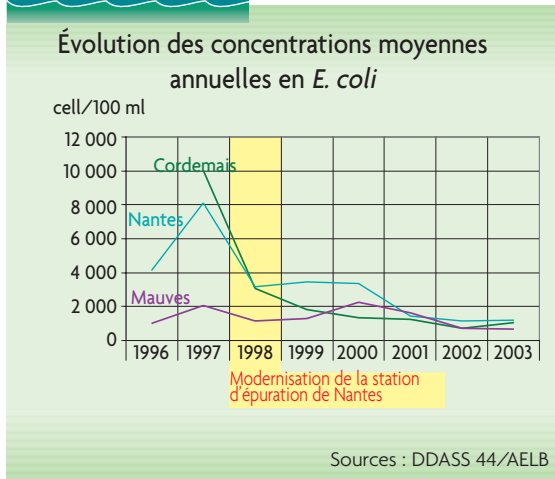
- **De Nantes à Mindin**, la capacité d'épuration de l'eau est inhibée par les processus hydro-sédimentaires. L'estuaire retient ses eaux contaminées d'autant plus que le coefficient de marée est élevé et le débit faible. La masse turbide conserve la contamination : *E. coli* se protège des UV et des prédateurs en se fixant sur les argiles, s'adapte au faible taux d'oxygène et se nourrit des éléments minéraux et organiques présents en abondance. La bactérie décante avec les particules sur le fond et est remise en suspension lors des vives eaux ; toutefois dans les dépôts plus

anciens, l'absence d'oxygène ne permet plus sa survie : des mesures effectuées dans des vases draguées du chenal montrent des niveaux de contamination faible en *E. coli* (<100 cell/g) cependant que les concentrations en Streptocoques, plus résistants, sont élevées.

Entre les étiages similaires de septembre 1998 et septembre 2002, les concentrations ont chuté. Une meilleure qualité bactériologique de l'eau est perceptible dès fin 1998 à Nantes-La Roche et Cordemais. Celle-ci peut être mise en relation avec l'efficacité accrue de la collecte et du fonctionnement des stations d'épuration de l'agglomération nantaise qui traitent les effluents de 600 000 habitants, représentant 80 % de l'ensemble des volumes rejetés entre Les Ponts-de-Cé et Saint-Nazaire. La contamination provenant de rejets intermédiaires comme ceux provenant de la Petite Rivière est mise en évidence et persiste au sein de la masse turbide.

En cas d'étiage peu prononcé, comme en septembre 2001, les concentrations en *E. coli* des Ponts-de-Cé à Mindin sont peu contrastées et toutes inférieures à 1000 cell/100 ml. Le milieu récepteur, aussi bien en amont de Nantes qu'en aval, a dilué et a eu la capacité de dégrader les apports issus du ruissellement des sols et des rejets directs sans doute eux-mêmes dilués.

GRAPHIQUE L2 A7 - 3



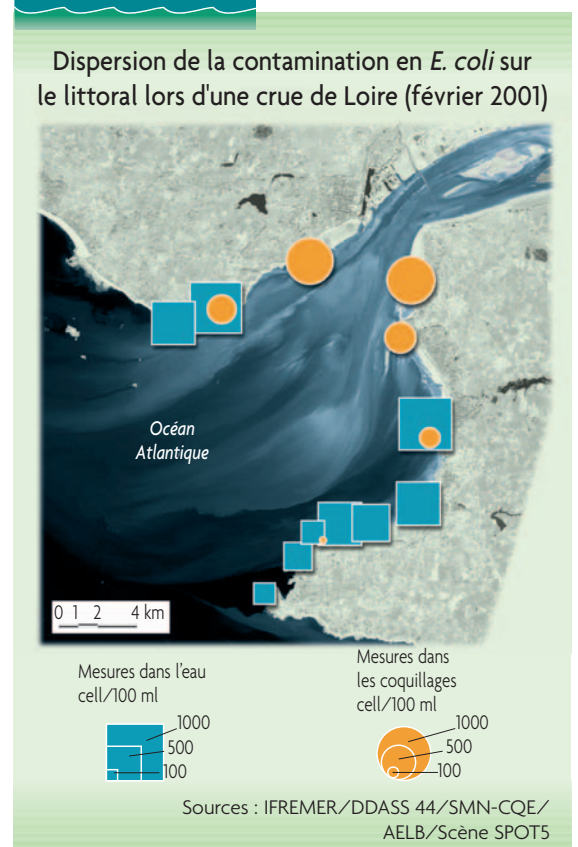
En hiver, les crues transfèrent la contamination au littoral

Parallèlement à l'accroissement des débits de la Loire, les concentrations en *E. coli* augmentent dans les eaux côtières et les coquillages. Les crues hivernales entraînent rapidement vers l'estuaire externe les bactéries contenues dans les eaux douces et plus froides du fleuve ; elles circulent en surface et ne se mélangent que très progressivement aux eaux marines, survivant ainsi plus longtemps et plus loin. Dans le même temps, les *E. coli* fixées sur les argiles du panache turbide, se déposent sur les plages avec les sédiments fins.

Le niveau de contamination atteint au débouché de l'estuaire est lié à la rapidité de montée de la crue et à son intensité, mais sa durée n'est pas égale à celle des épisodes de hauts débits car le lessivage prolongé des sols finit par épuiser une source importante d'apports au fleuve.

La dispersion de la contamination se fait plus vite sur la côte Sud que sur la côte Nord où le flux de la Loire est prépondérant. La pointe de Penchâteau au Pouliguen peut être touchée par les apports de la Loire dès 1000 m³/s alors que la pointe Saint-Gildas échappe à la contamination même en crue ; les sites en retrait du flux de la Loire connaissent aussi une contamination moindre.

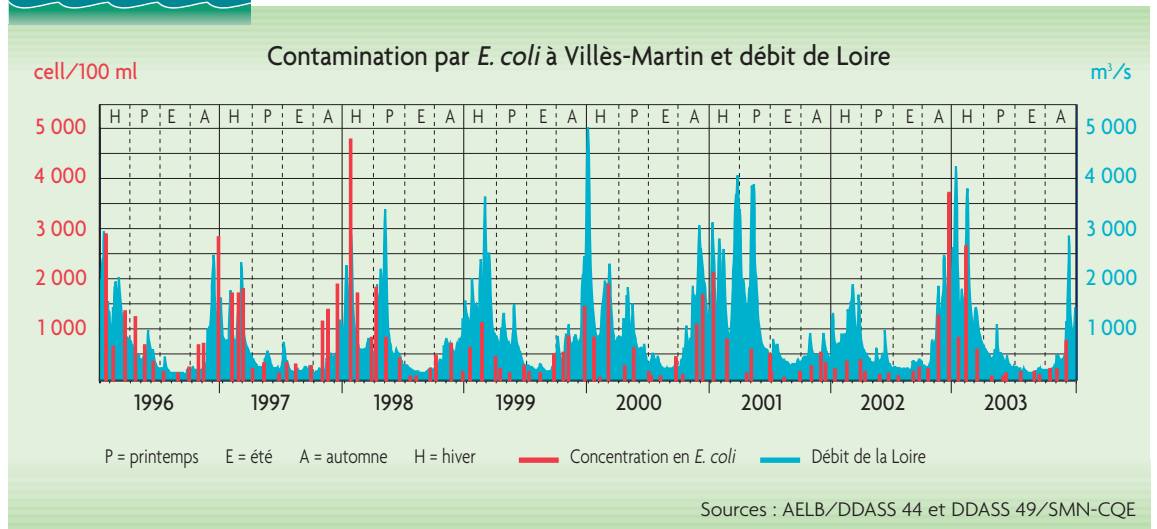
CARTE L2 A7 - 2



Pour les coquillages, la corrélation avec l'éloignement à l'estuaire est moins perceptible notamment pour la côte Sud, du fait de

l'accumulation plus progressive de la contamination dans les organismes vivants.

GRAPHIQUE L2 A7 - 4

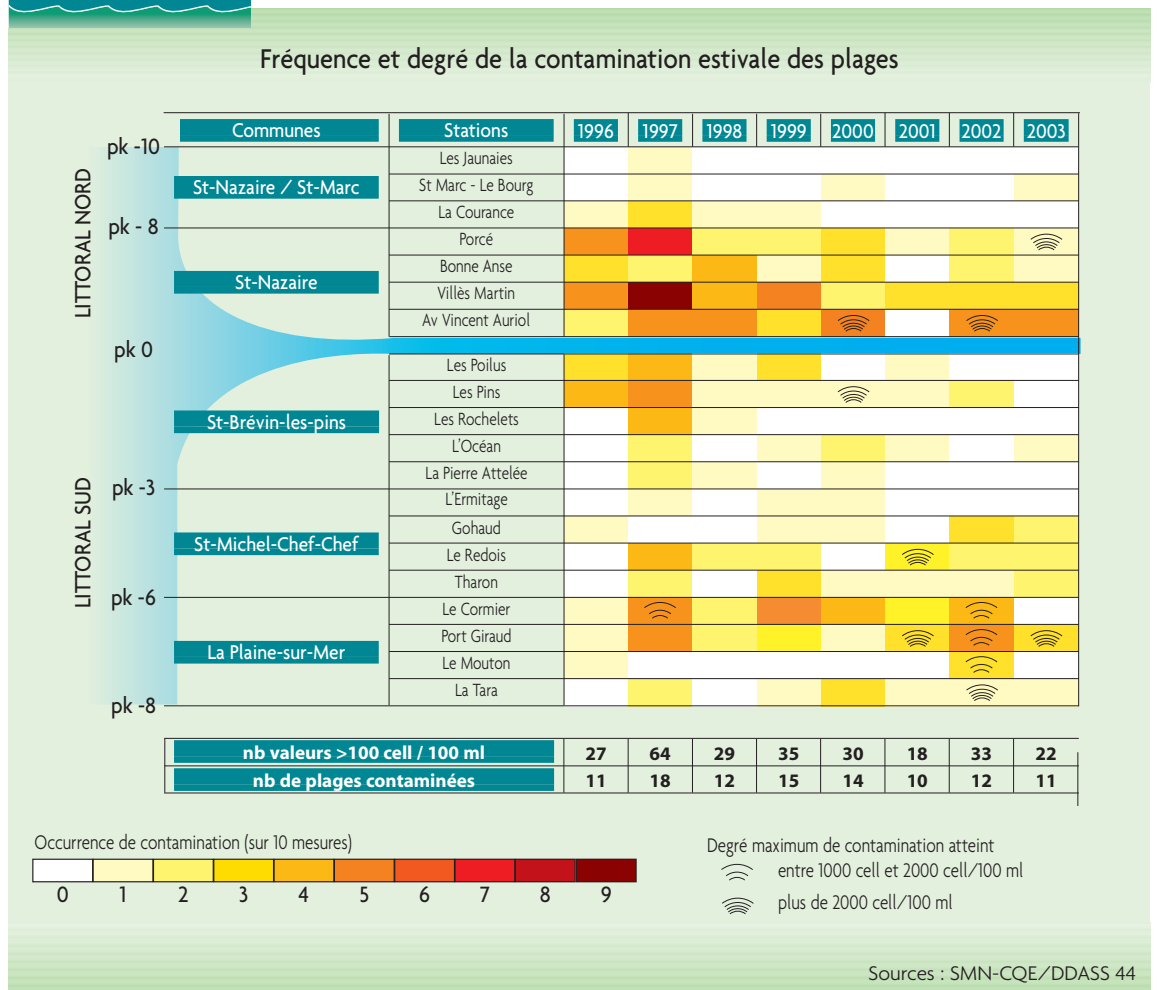


En été, une contamination de proximité des plages

Sur plus de 200 analyses pratiquées de juin à septembre chaque année, de Chemoulin à la pointe Saint-Gildas, en 2003 seulement 22 dépassent 100 cell/100 ml et concernent 11 des

20 plages suivies, sans que ces dépassements interviennent de façon nécessairement simultanée.

TABLEAU L2 A7 - 1



La présence de la bactérie est liée à plusieurs sources de contamination locales : pic de fréquentation des plages, surcharge des stations d'épuration du littoral ou des étiers proches, lessivages des terrains par les pluies d'orages et également remise en suspension des vases, sous l'effet des fortes houles. L'enchaînement de plusieurs de ces facteurs entraîne une détérioration localisée de la qualité bactériologique des eaux littorales. Ainsi, deux étés se distinguent : 1997, où avec des pluies soutenues, 18 plages ont été touchées et 2002, avec

les valeurs les plus fortes (34 600 cell/100 ml) suite à 2 périodes d'orages.

Entre 1996 et 2003, la fréquence des concentrations supérieures à 100 cell/100 ml tend à baisser, le nombre de plages concernées également, en relation avec les actions entreprises à la source. Par contre, des épisodes de plus forte contamination sont constatés depuis l'été 2000, notamment sur les plages en fond de baie de la côte Sud.

Sources & Méthodes

Les données de base proviennent des réseaux de surveillance, DDASS 44, DDASS 49, SMN-CQE, RNB (AELB), REMI (IFREMER). Les mesures sont effectuées à différentes fréquences, en fonction de l'objectif du réseau et concernent la qualité microbiologique des eaux de la Loire et de ses affluents, des eaux littorales, plages, étiers côtiers et des gisements naturels de coquillages. Les données sont complétées par les résultats d'analyses microbiologiques effectuées par le PANSN sur les sédiments dragués du chenal en 1999, 2000 et 2001.

La recherche d'*E. coli* est conduite dans un souci de protection sanitaire : au-delà de 20 000 cell/100 ml l'eau douce ne peut plus servir à la production d'eau potable ; les plages sont susceptibles de déclassement à partir d'une fréquence élevée de dépassement de

100 cell/100 ml et les coquillages à partir de 230 cell/100 ml de liquide intervalvaire. Le SEQ-Eau des cours d'eau ne prend pas en compte la contamination microbiologique dans la détermination de l'aptitude de l'eau à la biologie, mais l'intègre pour l'aptitude aux usages : eau potable, loisirs nautiques et irrigation.

La méthode de dénombrement consiste à inoculer de l'eau à analyser sur de microplaques comportant 96 micro-tubes. Le nombre de tubes positifs après 24 heures, permet, à l'aide d'une table, de connaître "le nombre le plus probable" (NPP) de cellules par 100 ml ; présence confirmée par une identification de l'espèce.

Pour construire l'indicateur, les dénombrements de coliformes thermotolérants ont été assimilés à des dénombrements d'*Escherichia coli* qui en représentent plus de 95%.

Des références

Programme scientifique Seine-aval vol. 6 : contaminations bactériennes et virales, 1999.

Sauriau P.-G., Guillaud J.-F. et al. : Rapport de synthèse de l'APEEL vol II Qualité des eaux, 1994.

Bouillard C. : Etude ultrastructurale des relations entre *Schistomosa mansoni* et les entérobactéries du genre *Salmonella* ; thèse Pharmacie Un. Paris V, 1987.