



L'écho des CALANQUES

Regrouper toutes les volontés pour maintenir l'intégralité et assurer la sauvegarde du site classé des Calanques
Octobre 2019

N° 70

Calanques

En finir avec la pollution marine du Parc national Perfectionnons les stations d'épuration déficientes

Sensibilisés et outrés par les dysfonctionnements des stations d'épuration de Cassis et de La Ciotat et par les lenteurs des responsables à supprimer les rejets de l'usine d'alumine de Gardanne et de la station d'épuration de Marseille, dans les eaux du Parc national des Calanques, le Conseil d'Administration a décidé de consacrer un numéro de notre magazine sur cette question. Se référant à ses activités professionnelles de recherches et d'enseignement, notre président était tout indiqué pour la rédaction de ce numéro. Rappelons qu'il avait la responsabilité du laboratoire de biologie marine fondamentale et appliquée à la faculté des sciences de Marseille-Luminy et celle des enseignements de molysmologie (science des pollutions et autres nuisances) à l'Université de la Méditerranée.



Manifestation à Port-Miou d'une quarantaine d'associations à l'appel d'UCL.

Un environnement d'une exceptionnelle richesse.

En 2012, les Calanques ont été élevées au rang de Parc national, le plus haut statut de protection en France. La baie de La Ciotat vient d'être rangée parmi les plus belles baies du monde. Pourtant, avec la complicité ou l'ignorance des autorités responsables, on continue à y rejeter des effluents industriels et urbains polluants

Des déclarations incomplètes.

Il faut arrêter les déclarations incomplètes ou erronées concernant la pollution des calanques. Elles doivent laisser la place à des réalisations concrètes. Si on rejette, dans les eaux du PNC, les effluents qui sortent des stations d'épuration de Marseille, Cassis, La Ciotat et de l'usine d'alumine de Gardanne, c'est bien qu'ils charrient encore bon nombre de polluants. Si ce n'était pas le cas, on arrêterait ce gaspillage phénoménal d'eau douce en utilisant cette eau pour l'irrigation et la recharge des nappes phréatiques ; cette eau dont on a tant besoin dans le cadre du changement climatique ! C'est une question de bon sens qui devrait mettre fin aux déclarations intempestives et fausses.

Les rejets urbains polluants dans les Calanques doivent être supprimés.

Il est grand temps d'épurer à 100 % pour arrêter le scandale d'empoisonner la partie marine de ce haut lieu rattaché à notre patrimoine ! L'objectif doit être « Zéro pollution », « Zéro rejet ». Les techniques existent et ont fait leurs preuves. Il est temps de faire évoluer les mentalités et les fausses idées sur les performances des stations d'épuration actuelles.



Photo Michel Nox.

Détergents à la sortie de l'émissaire de Cortiou



Photo Michel Nox.

Sortie émissaire de Cortiou



Photo Jacques Latracol

La Ciotat, Exutoire

Dans l'idéal, une station d'épuration doit comporter les traitements suivants : traitements préliminaires (TP), traitement primaire (TI, souvent physico-chimique), traitement secondaire (TII, la plupart du temps biologique) et traitement tertiaire (TIII, dit de finition). Une telle station d'épuration épure à 100 % et permet de ne plus rien rejeter en mer et de recycler les eaux redevenues propres.



Photo Michel Nox.

Panaches à la sortie de l'émissaire de Cassis

Les stations d'épuration des effluents urbains de Marseille, Cassis et La Ciotat sont équipées des traitements TP, TI et TII. Ils leur manquent donc les traitements tertiaires (TIII).

Rejets de l'usine d'alumine de Gardanne

Dessin Frédéric Deligne



Les boues rouges ont été déversées dans les Calanques pendant 50 ans et s'étalent, comme un gigantesque linceul, sur les grands fonds de Toulon au golfe de Fos. Ce rejet, arrêté le 31 décembre 2015, a été remplacé par des effluents débarrassés de leur fraction



Photo Michel Nox.

boueuse tout en conservant des polluants rémanents et de grande toxicité. L'industriel Alteo s'est équipé de filtres presse et vient de mettre en place un traitement au dioxyde de carbone, ce qui est insuffisant. Avec l'aide de la justice, UCL réclame la mise en place d'un traitement complémentaire suffisamment performant pour arrêter le rejet dans les eaux du Parc national des Calanques.

Nous venons d'avoir confirmation, par notre avocat Maître Benoît Candon, que **la cour administrative d'appel de Marseille a rejeté la demande de sursis à exécution d'Alteo** concernant ses effluents polluants déversés dans la partie marine du Parc national des Calanques ! Cette décision conforte le jugement du tribunal administratif de Marseille, du 14 juin 2018, qui a avancé la date limite d'émission des six valeurs dérogatoires, **fixée maintenant au 31 décembre 2019**

Photo UCL



Lit asséché de l'Huveaune

On doit terminer l'assainissement de l'Huveaune et la rétablir dans son lit d'origine.

Les efforts de dépollution du grand fleuve marseillais doivent être poursuivis et accélérés, dans le cadre du Contrat de bassin. Marseille devrait avoir l'ambition de mettre à la disposition des Marseillais un cours d'eau ludique et poissonneux. Son rétablissement dans son lit d'origine faciliterait un tel projet, avec l'avantage d'arrêter le rejet non naturel de cette eau douce dans la partie marine du Parc National des Calanques.

Les fausses idées de certaines autorités.

A ce sujet, il me paraît opportun de souligner l'erreur de nombreux responsables communaux et politiques de croire (ou de faire semblant de croire) qu'ils ont résolu le problème de la pollution littorale parce qu'ils disposent d'une station d'épuration avec TI et TII et un émissaire en mer. Il est en effet courant d'entendre qu'une commune épure ses effluents à 80, 90, voire 95, même 98 % ! Or il s'agit seulement d'un ou deux paramètres de mesure de la pollution, essentiellement les MEST (Matières En Suspension Totales) et MO (Matières Organiques, sous forme de DCO et DBO5 = Demande Chimique et Demande Biologique en Oxygène). Des polluants plus redoutables au point de vue toxicité, peu ou pas biodégradables, donc indestructibles, passent allègrement ces filières de

traitement et constituent des poisons pour la vie marine : détergents, métaux lourds, pesticides, hydrocarbures, dérivés pharmaceutiques, perturbateurs endocriniens, etc. Le problème est qu'ils sont la plupart du temps invisibles dans l'eau de mer. La seule efficacité reconnue concerne la pollution microbiologique qui peut être entièrement éliminée au bénéfice des plages et des baigneurs et pour l'attribution du pavillon bleu. Ainsi, Cassis, La Ciotat et Marseille possèdent, comme plusieurs autres communes de France, des stations d'épuration d'une certaine efficacité, allant jusqu'au TII classique. Mais si elles rejettent en mer leurs effluents, c'est bien qu'ils ne sont **pas complètement débarrassés de leurs polluants**.

Les techniques d'épuration totale existent et ont fait leur preuve.

Jusqu'ici, en France, les traitements secondaires de deuxième génération et surtout les traitements tertiaires ne sont appliqués que dans quelques rares cas. Or les techniques existent et ont fait leur preuve. On est capable maintenant d'épurer en totalité une eau usée urbaine quelle qu'elle soit, et de la recycler et donc d'arrêter les rejets dans l'environnement terrestre et marin.



Photo Christian Ray

Step Cannes module d'ultrafiltration membranaire

Arrêter le gaspillage d'eau face au changement climatique.

Est-il nécessaire de rappeler que nous avons de plus en plus besoin d'eau de consommation, face au réchauffement climatique et aux mesures préfectorales de plus en plus nombreuses **d'économie d'eau** ? Le recyclage des eaux épurées constitue un apport non négligeable, notamment pour les besoins d'irrigation et de recharge des nappes phréatiques. Le calcul est simple : Cassis 5000 m³/Jour + La Ciotat 14.000 m³/jour + Marseille 325.500 m³/jour + Usine de Gardanne 270 m³/heure = 6480 m³/jour, soit un total de 350.980 m³/jour. Il est phénoménal !

S'opposer avec vigueur aux émissaires en mer.

Il est temps de faire évoluer les mentalités et les fausses idées sur les performances des stations d'épuration actuelles et sur les vertus des émissaires en mer. Ces longues canalisations artificielles sous-marines sont des procédés vieillots, obsolètes et même stupides. On ne fait que déporter un peu plus au large la pollution qui reviendra inmanquablement au rivage par le jeu des vents et des courants, en particulier pour les polluants rémanents les plus toxiques ! Il faut supprimer tous les émissaires en mer et s'opposer avec vigueur aux projets d'en construire d'autres.

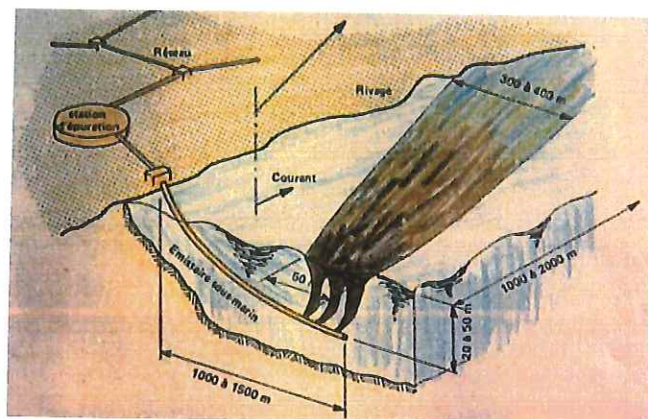


Schéma H. Augier

Émissaire en mer, une aberration

Cannes et bien d'autres villes ont montré l'exemple.

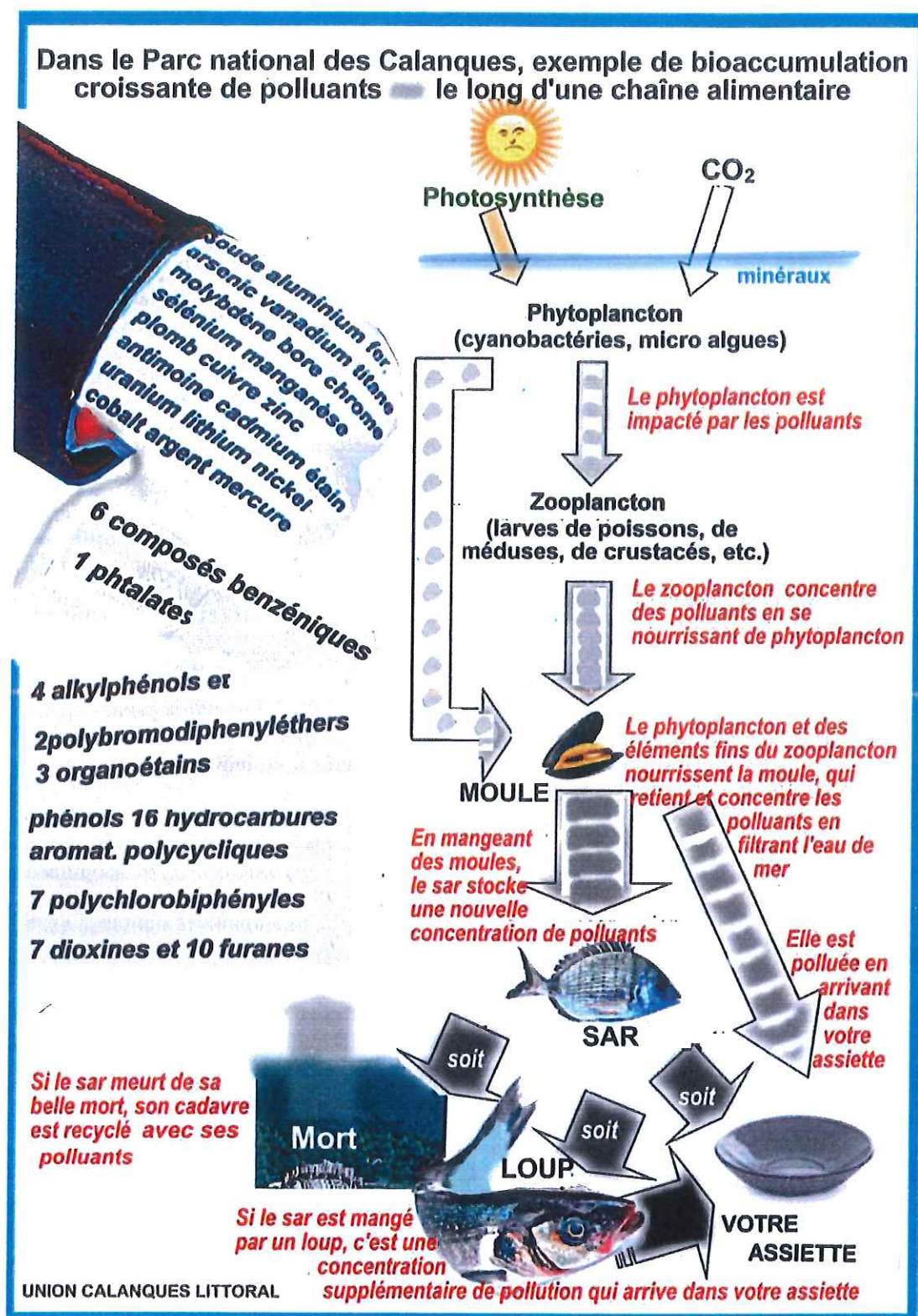
Cannes l'a fait, de nombreuses villes à travers le monde en sont pourvues, pourquoi pas Marseille, Cassis et La Ciotat, Marseille qui se veut la métropole de la Méditerranée. Elle a là l'opportunité de montrer la voie royale. Cassis et La Ciotat devraient suivre.

Les moyens financiers ne sont pas un obstacle.

Les moyens financiers ne sont pas un obstacle, dans la mesure où il s'agit d'un Parc national à dimension européenne et quand on sait que l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse vient d'être dotée d'un budget de 2,6 milliards d'euros pour les 6 ans à venir ! Son aide financière serait complétée par celles des organismes de rang local, métropolitain, départemental, régional, national et européen et probablement de généreux donateurs.

On dispose des moyens de mettre fin à ce scandale environnemental.

Au pays du Grenelle de l'environnement, au pays de la COP 21, n'est-il pas possible de susciter un grand élan de lucidité et de satisfaction générale et de mettre fin à un tel scandale ? D'autant plus que les moyens existent et sont opérationnels.



Est-il tolérable que les Calanques soient le seul Parc national au monde discrédité par des permis de polluer et de tuer la flore et la faune marines.

Annexe 1

La réalité de la pollution marine des calanques.

Un héritage empoisonné.

Il a fallu plus d'un siècle de combats et la mobilisation de milliers de personnes pour aboutir, enfin, en 2012, à la création du Parc National des Calanques. La joie fut immense puisque ce nouveau statut allait garantir la protection et la pérennité de ce site d'exception si cher aux Marseillais et si souvent menacé ! Du moins, le pensait-on ! En fait **le Parc national a eu en héritage une situation déplorable** :

- **Les rejets des effluents urbains partiellement dépollués** dans la crique de Cortiou (Marseille), la Pointe des Lombards et l'anse du Courton (Cassis), la calanque de l'Espinon (La Ciotat).
- **Le détournement à Cortiou** du grand fleuve marseillais, **l'Huveaune**, à cause de sa pollution.
- **Le rejet industriel de l'usine d'alumine de Gardanne** dans la baie de Cassis.
- Tout le monde espérait qu'en quelques années, grâce à son statut de Parc national, les Calanques, seraient débarrassées de ces rejets toxiques.
- Plus de 7 ans se sont écoulés depuis l'avènement du Parc national et rien n'a changé, ou si peu !
- Notre association qui n'a jamais cessé depuis plus d'un quart de siècle à agir pour la sauvegarde de ce joyau de la nature et qui est à l'origine de l'idée d'un Parc national (on l'oublie trop souvent), a décidé qu'il était temps de dénoncer la situation qui perdure et, selon sa méthode, de proposer un programme concret, réaliste, pour supprimer ces rejets et mettre définitivement fin à ce scandale.
 - **Etat des lieux.**

En premier lieu, pour couper court à toute polémique venant de personnes en mal de connaissances, il convient de s'interroger sur la présence de ces rejets. **Si les effluents rejetés n'étaient pas chargés en polluants ils ne seraient pas déversés en mer.** C'est d'une logique élémentaire et sans appel ! Ils seraient utilisés pour recyclage, irrigation des espaces cultivés et recharge des nappes phréatiques. Un volume considérable d'eau gaspillée dont on va avoir de plus en plus besoin avec le changement climatique qui a commencé.

Nous avons pu nous procurer les listes officielles des polluants contenus dans le rejet urbain de Cortiou et celui, industriel, en baie de la Ciotat, nous y avons ajouté les polluants urbains sortant des stations d'épuration de Cassis et de La Ciotat. Cette prise en compte totale permet d'estimer la réalité de la pollution de la partie marine du Parc national des Calanques. Pour en estimer l'importance il faut, en effet, considérer leur aspect additionnel qui peut faire franchir les seuils de toxicité. L'ensemble des données officielles collectées permet de dresser le bilan suivant. Cette liste est impressionnante autant que le pouvoir toxique des substances incriminées :

- **Matières organiques** (perturbation de la disponibilité en oxygène pour la photosynthèse et la respiration).
- **Matières en suspension totales** ou MEST (perturbation de la pénétration de la lumière et donc de la photosynthèse des végétaux marins, colmatage partiel des branchies de la faune).
- **Détergents**, plus particulièrement les tensio-actifs (perturbation de la croissance des posidonies, sclérose possible des feuilles, destruction partielle des branchies, l'organe respiratoire le plus répandu chez la faune marine). Par exemple, les données officielles indiquent que la station d'épuration de Marseille éliminerait de l'ordre de 85 % de la charge totale en détergents. Ce taux signifie que les 15 % restant sont des tensio-actifs résistants aux traitements de l'usine de dépollution. Ils sont appelés tensioactifs « durs », car leur structure chimique les rend difficilement biodégradables. A cause de ce pouvoir de survie, ils ne cessent de s'accumuler proportionnellement aux rejets continus des effluents. Le pouvoir toxique de ces substances est considérable.

- **Hydrocarbures** : 16 hydrocarbures, notamment anthracène, benzoanthracène, benzofluranthène, chrysène, fluorène, naphthalène, phénanthrène (forte toxicité, dysfonctionnement cellulaire) et surtout le benzo-3-pyrène (cancérogène).
- **Composés benzéniques** : au nombre de 6 (aberrations chromosomiques, cancérogènes).
- **Phénols** : 4 alkylphénols (perturbateurs endocriniens).
- **Métaux toxiques** : **aluminium** (toxique, perturbateur neurologique, perturbateur cellulaire), **argent** (toxique sur les stades larvaires), **cadmium** (maladie Itaï, déformation du squelette), **chrome** (toxique), **cobalt** (toxique), **cuivre** (algicide, atteinte à la base des chaînes marines trophiques), **étain**, dont 3 **organoétains** (perturbation de la reproduction et du système immunitaire, malformations morphologiques. Leur utilisation dans les peintures antifoulings des coques de bateaux a eu des effets dévastateurs sur les parcs d'aquaculture des moules et des huîtres), **fer** (perturbateur de la reproduction et de la croissance), **lithium** (effet possible sur la fonction rénale), **manganèse** (toxique), **mercure** (névropathie, paralysie fonctionnelle, destruction des reins), **molybdène** (perturbateur endocrinien), **nickel** (toxique, perturbateur du développement larvaire), **plomb** (saturnisme, perturbateur sanguin, dysfonctionnement reins, foie, système nerveux), **titane** (toxique pour le plancton), **uranium** (toxique), **vanadium** (désordres respiratoires, digestifs, sanguins et neurologiques), **zinc** (perturbateur photosynthèse et respiration, cancérogène)
- **Métalloïdes toxiques** : **antimoine** (toxique, possibles lésions hépatiques, rénales et cardiaques), **arsenic** (forte toxicité), **bore** (toxique).
- **Dioxines et furanes** : il a été dénombré 7 dioxines et 10 furanes (seuil de toxicité très bas, dysfonctionnement hépatique, nerveux, endocrinien, cancérogènes).
- **Polychlorobiphényles, PCB** : 7 PCB ont été relevés, mais il doit y en avoir plus (réduisent l'immunité naturelle, cancérogènes).
- **Soude** (toxique).
- **Sélénium** (toxique).
- **Phtalate** (possibles effets sur le foie et les reins, le système reproducteur mâle, possible perturbateur endocrinien).
- **Polybromodiphényléthers** (perturbateurs endocriniens).
- **Substances pharmaceutiques**. Des concentrations élevées à très élevées de résidus de substances pharmaceutiques ont été mises en évidence dans les rejets de Cortiou. Il s'agit essentiellement d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (aspirine, diclofenac, naproxène, ibuprofène, kétoprofène, etc.), d'antidépresseurs (amitryptiline, diazépam, nordiazepam, carbamazépine), de l'hypolipémiant le gemfibrozil et de diverses autres substances telles que la caféine et le paracétamol. Ces substances ont été mises en évidence non seulement dans la phase dissoute mais également dans la phase particulaire. On les retrouve d'ailleurs dans les sédiments. Les anti-inflammatoires non stéroïdiens sont présents à fortes concentrations, de l'ordre du µg/l, 250 µg/l pour le paracétamol. Les taux d'antidépresseurs sont moins élevés, de l'ordre de la dizaine de µg/l, 6 µg/l pour la carbamazépine. Ces résidus de médicaments sont à l'étude en ce qui concerne leur impact sur la biosphère marine. Des investigations n'ont pas été réalisées dans les effluents de Cassis et La Ciotat, mais on peut supposer que pas mal de ces polluants doivent s'y trouver, en moins grand nombre et à des concentrations plus faibles bien évidemment.
- **Perturbateurs endocriniens et résidus de pilules contraceptives** : ils n'ont pas été étudiés dans les effluents urbains rejetés dans les Calanques. Cependant la métropole d'Aix-Marseille-Provence a chargé son Comité scientifique de dresser une liste des composés à prendre en compte. J'ai été invité à y participer en tant qu'expert, à l'initiative de Monsieur Roland Giberti, Vice-Président de la métropole. La prise en compte de ces substances révélera très certainement leur présence dans les effluents, notamment de Marseille, compte tenu du nombre élevé d'habitants reliés à la collecte des eaux usées de la cité phocéenne et des communes avoisinantes. On compte parmi ces substances les POP (Polluants Organiques Persistants), encore appelés « les douze salopards » (Aldrine, dieldrine, DDT, chlordane, Endrine, heptachlore, toxaphène, mirex,

hexachlorobenzène, dioxines et furanes, PCB), certains pesticides, des agents plastifiants, les parabènes, le triclosan, etc. **Les résidus de pilules contraceptives** oestrogènes et progestagènes occupent une place spéciale et particulièrement inquiétante. Ils sont responsables d'une féminisation des poissons (développement d'ovules dans les testicules). Le phénomène a été observé à l'étranger mais aussi en France. Certaines espèces de poissons dans le Rhône et la Seine, mais aussi en mer, notamment au niveau de l'estuaire de la Loire (flets) et de la côte basque (mulets). A quand les Calanques !

Il convient d'y ajouter les **matières plastiques** qui ne sont pas en grande majorité issues de ces rejets, mais elles contribuent à aggraver la pollution, en se liant à certains polluants et en aggravant l'impact des polluants sur la faune marine. Des pêcheurs au chalut marseillais ont déclaré remonter parfois dans leurs filets un tiers de poissons et deux tiers de détritiques, dont une assez grande partie des plastiques ! Ce n'était malheureusement pas une galéjade marseillaise. Un travail très sérieux d'inventaire des déchets en mer réalisé par IFREMER allait confirmer les dires des pêcheurs et révéler l'ampleur de la pollution des fonds marins. Ainsi, pour la Méditerranée Nord-Ouest, les chiffres sont impressionnants : 19.350.000 débris et 8.250.000 plastiques à l'hectare !

Facteurs d'aggravation de la toxicité et de l'impact.

○ **Tout converge en surface et dans les zones les plus riches en biodiversité du parc.**

Que ce soit l'exutoire de Marseille ou celui de La Ciotat, les rejets se font au rivage et en surface. Il en est de même pour l'Huveaune. Le rejet de Cassis passe par un émissaire en mer dont l'orifice de sortie n'est pas très loin du rivage et à faible profondeur. Les effluents qui en sortent ne tardent pas à se diriger vers la surface et sur la bande littorale.

Il en est de même du rejet de l'usine d'alumine de Gardanne dans la baie de Cassis, malgré la profondeur de 300 mètres du rejet. Les boues rouges avaient une densité supérieure à l'eau de mer, ce qui explique leur écoulement dans le canyon de Cassidaigne jusque vers les grands fonds. Par contre, la fraction liquide, qui a remplacé ces boues, a une densité plus faible que l'eau de mer. Ces eaux ont donc tendance à remonter vers la surface et à être dispersées par les vents et les courants sur l'ensemble de la partie marine protégée du Parc national et au-delà. L'un de nous a eu la curiosité de poser la main à midi sur la partie de la canalisation terrestre qui est exposée au soleil brûlant de l'été : le métal était évidemment chaud ! La partie sous-marine de la canalisation parcourant plusieurs kilomètres avant d'arriver à la zone des 12-13 degrés, le refroidissement complet de l'eau à l'intérieur de la canalisation est impossible. Ce qui veut dire qu'à la différence de densité avec l'eau de mer, s'ajoute pendant plusieurs mois, presque toute la journée, la différence de température entre l'eau rejetée et celle des fonds marins qui est autour. Personne ne nous contredira si nous rappelons que cette eau polluée plus chaude n'aura pas le bon goût de stationner au fond, un principe élémentaire de physique la fera remonter ! D'autre part, un simple coup d'œil au régime des vents de la baie de Cassis montre que le vent d'est, le vent de sud-est, la brise de mer, le labé (vent de sud-ouest), le ricochet de la largade (ouest) et du mistral sur les îles et le Cap Canaille, se liguèrent pour pousser les eaux polluées vers le littoral, c'est-à-dire dans la partie la plus riche des peuplements marins benthiques du Parc national des Calanques.

○ **Phénomènes de cumul.**

Il est un aspect qui est rarement abordé, ni pris en compte, par les études en France et pourtant capital pour toute investigation sérieuse. En effet, un grand nombre des polluants contenus dans ces effluents urbains et industriels sont **peu ou pas biodégradables**. C'est le cas, notamment, des métaux et métalloïdes qui sont des éléments, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent pas, par définition, être décomposés en partie plus petites. C'est le cas aussi des PCB, dioxines, furanes, de certains hydrocarbures aromatiques, etc. C'est le cas encore d'une partie des tensioactifs des détergents. On a donc à faire à de nombreux produits quasi **indestructibles**. S'ils ne sont pas éliminés par les phénomènes naturels, ils vont donc avoir tendance à s'accumuler au fur et à mesure des arrivées journalières et continues de l'effluent, au débit horaire considérable (6480 m³/jour pour le rejet industriel, 325.300 m³/jour pour Marseille, 5000 m³/jour pour Cassis et 13680 m³ pour La Ciotat) ! Ce phénomène augmente la gravité de l'impact toxique de ces eaux sur la flore et la faune du voisinage et, par dispersion, accroît la charge polluante des eaux marines du Parc national et de la Méditerranée.

Il convient de tenir compte aussi que ces rejets s'**ajoutent** à la pollution de la Méditerranée, à ce qui est appelé « bruit de fond ». Ainsi les poissons analysés par l'ANSES sont contaminés non seulement dans la zone

d'influence du rejet industriel, mais également dans la zone témoin ! La somme de ces apports peut s'avérer suffisante pour faire franchir des **seuils de toxicité** irréversibles pour la flore et la faune marines.

○ **Concentration le long des chaînes alimentaires.**

De même, il est rarement tenu compte non plus de l'important phénomène de la concentration de nombreux polluants le long des **chaînes alimentaires** et des **réseaux trophiques**. C'est un gros reproche que l'on peut faire à de nombreuses investigations toxicologiques en France et à celle concernant les calanques.

A chaque passage d'un maillon à l'autre la concentration du produit augmente. Ainsi un polluant peut se trouver à l'état de trace dans l'eau de mer et à des concentrations de plus en plus élevées depuis le phytoplancton jusqu'aux gros poissons, en passant par le zooplancton, les petits poissons et les moyens poissons, selon le schéma suivant :

Eau de mer → Phytoplancton → Zooplancton → Petits poissons planctonophages → Moyens poissons → Gros poissons → Thons → Humains.

Le drame des pêcheurs de Minamata, au Japon, constitue un exemple édifiant. Les « experts » et les autorités dites responsables avaient donné leur autorisation à un industriel nippon pour un rejet en mer contenant du méthylmercure. Selon ces scientifiques, le rejet devait être dispersé sans problème et disparaître dans les immensités océaniques. Mais il fallait compter sur le phénomène de la bioconcentration, mal connu à l'époque. Le polluant, dosé à l'état de trace dans l'eau de mer, fut concentré le long des chaînes alimentaires, menant aux thons. En consommant les thons contaminés par le mercure, à tous les repas, les pêcheurs contractèrent la maladie dite de Minamata. C'est une névropathie très sévère qui se solda par une centaine de morts et de paralysés à vie. Les bébés étaient contaminés par leur mère avant de naître, le mercure n'étant pas arrêté par la barrière du placenta. Tout le monde devrait avoir lu le livre de Gigon (1975) pour comprendre l'intensité de ce drame. Heureusement, nous n'en sommes pas encore là en France. Mais nous pouvons porter témoignage ici que les dauphins (prédateurs en bout de chaînes alimentaires), recueillis morts sur les rivages méditerranéens français, disséqués et analysés dans mon laboratoire, présentaient des teneurs élevées en métaux lourds et notamment en mercure. Leur mort était probablement due à une névropathie semblable à celle des pêcheurs de Minamata et aggravée par d'autres troubles occasionnés par les autres polluants concentrés dans le foie, les reins et l'encéphale. Comme les pêcheurs de Minamata, ces dauphins consommaient des poissons à tous leurs repas.

○ **Sensibilité particulière des formes juvéniles, interruption des cycles de vie.**

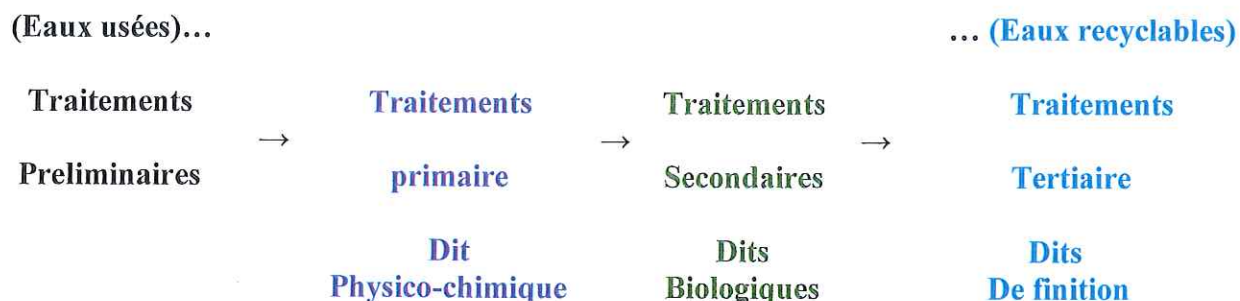
Les **seuils de toxicité** sont essentiellement estimés pour les organismes adultes. On néglige ainsi les stades juvéniles de très nombreuses espèces, dont le seuil de toxicité est beaucoup plus bas. Il s'agit des œufs, spores, larves, alevins, etc. La mort par intoxication de ces **formes juvéniles tronque le cycle de vie et raréfie les populations adultes**.

L'oursin comestible (*Paracentrotus lividus*) constitue un exemple édifiant à ce sujet qui mérite d'être développé. Le cycle de développement de cet échinoderme rappelle un peu celui du papillon. Les gamètes émis par les mâles et les femelles donnent des œufs qui ne vont pas se développer directement en petits oursins. Ils donnent naissance à une larve (le plutéus), comme les œufs du papillon donnent une chenille. La chenille se métamorphose en papillon, de même que le plutéus se métamorphose en petit oursin. Or, de nombreuses expériences toxicologiques ont montré que la larve de l'oursin était extrêmement sensible aux polluants métalliques, à des concentrations considérablement plus faibles que pour les adultes. La larve est donc irrémédiablement tuée et le cycle de développement de l'oursin interrompu. Un tel constat permet d'expliquer, en grande partie, la raréfaction des populations d'oursins le long du littoral de Marseille et des calanques.

Or le **cycle de vie de la plupart des espèces marines**, y compris les poissons, les crustacés et les organismes du plancton, comporte, au début de leur existence, un tel stade d'extrême sensibilité à la pollution. Des investigations à ce sujet sont extrêmement difficiles en mer.

Annexe 2

Différents traitements mis en œuvre dans les stations d'épuration



Les traitements préliminaires (TP) comportent :

- Le dégrillage qui permet de retirer de l'eau les déchets de tailles grosses à petites,
- Le dessablage qui enlève, dans des bassins de décantation, une partie des matériaux fins en suspension,
- Le déshuilage qui enlève, par écrémage, les huiles et graisses de densité plus faible que l'eau.

Les traitements primaires, dits physico-chimiques permettent d'éliminer une grande partie des matières en suspension (MES) grâce à l'utilisation de produits coagulants ou floculants (chlorure ferrique, polyphosphates, etc.). Les bassins les plus modernes sont équipés de décanteurs lamellaires qui augmentent de façon considérable la surface de décantation et donc les performances du traitement. La station de Marseille en est équipée. Le traitement primaire permet d'éliminer, selon le cas, de l'ordre de 60 à 90 % de MES, environ 30 % de matières organiques (MO) ainsi que certains germes pathogènes, mais il est peu efficace pour éliminer les produits toxiques, surtout les non biodégradables (métaux toxiques, pesticides, détergents, etc.).

Les traitements secondaires, dits biologiques.

Ces traitements utilisent le pouvoir épurateur de certaines bactéries spécialisées, d'où leur qualificatif de « biologique ». Selon la technique employée, les bactéries peuvent circuler dans le flot des eaux usées mises en mouvement (boues activées) ou être fixées sur un support traversé par les eaux à traiter (lits bactériens, bio-disques, bio-filtres) :

- **Boues activées** : le procédé se déroule dans un chenal d'aération alimenté par l'eau à traiter mise en mouvement. À la fin du circuit, un clarificateur permet de séparer l'eau épurée des boues résultant du travail des bactéries.
- **Lit bactérien** : le bassin utilisé est rempli de petits morceaux de roche poreuse volcanique (pouzzolane) sur lesquels les micro-organismes « polluphages » se développent et se nourrissent des matières contenues dans l'eau à traiter qui les traverse. À sa sortie l'eau traitée est séparée des suspensions créées par le traitement dans un clarificateur. Ce procédé convient bien à des eaux très chargées.
- **Bio-disques** : le procédé utilise un assemblage en parallèle de plusieurs disques minces réalisés en matériaux composites (polyéthylène haute densité par exemple) solidement fixés sur un axe horizontal. Le mouvement rotatif lent de l'ensemble le met alternativement en contact avec les eaux usées qui traversent le bassin et la couche d'air juste au-dessus de sa surface. La flore bactérienne développée sur les disques est ainsi tour à tour nourrie et oxygénée. Les eaux ainsi épurées passent ensuite par un bassin de décantation où elles se débarrassent des produits générés par le travail des bactéries. Ce procédé convient aussi bien pour les effluents urbains qu'industriels (papeteries, fromageries, agroalimentaire, industrie pétrolière, textile, etc.).

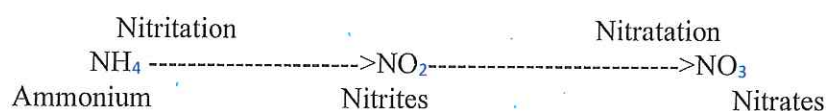
- **Bio-filtres** : l'unité de biofiltration est constituée d'un bassin garni d'un matériau filtrant (sable, biolite, billes de polystyrène expansé, etc.) de faible granulométrie (1 à 4 mm de diamètre). Ce garnissage granulaire sert de support aux micro-organismes épurateurs et assure aussi la rétention des MES lors du cheminement des eaux usées. Pour garder le milieu en aérobie des bulles d'air sont insufflées. Les biofiltres sont périodiquement lavés par courant d'eau et d'air. Le procédé, de faible emprise au sol, est surtout utilisé pour le traitement des eaux usées urbaines, lorsque se pose un problème de place disponible. Il permet d'éliminer entre 70 et 90 % des MES et des MO. À titre d'exemple, la récente station d'épuration de Marseille est équipée d'un bio-filtre.

Les traitements secondaires avancés.

Dans leur configuration de base, les procédés biologiques sont essentiellement employés pour l'élimination des MO, c'est-à-dire les composés carbonés présents sous forme soluble, pour lesquels le traitement primaire physico-chimique et souvent peu efficace, coûteux et difficile à mettre en œuvre. Mais la filière biologique peut être étendue, si nécessaire, à l'élimination des composés azotés et phosphorés moyennant la mise en œuvre d'étapes supplémentaires.

- **Élimination de l'azote.**

Les procédés généralement utilisés se fondent sur une série de transformations faisant intervenir des micro-organismes spécialisés jusqu'à production d'azote gazeux libéré dans l'atmosphère. Cette opération est facilitée par le fait que l'azote organique se transforme dans les eaux usées en azote ammoniacal. Le traitement comporte deux phases essentielles. La première phase consiste à transformer l'azote ammoniacal en nitrite, puis en nitrate selon la formule :



Ces oxydations font intervenir des bactéries autotrophes aérobies qui tirent leur énergie de l'oxydation du carbone contenu dans le dioxyde de carbone de l'effluent. Elles ont également besoin d'oxygène pour leur respiration, de sorte que cette première phase a lieu dans un bassin aérobie. La phase suivante consiste en une dénitrification biologique qui se déroule dans un bassin anoxique. Les nitrates, sous l'action de bactéries « dénitrifiantes », sont transformés en nitrites, puis en azote gazeux libéré dans l'atmosphère selon le procédé suivant :



Les deux phases s'opèrent souvent dans deux bassins différents, l'un aéré, l'autre sans aération. On peut aussi opérer par « syncopage » de l'aération, c'est-à-dire en créant une zone d'anoxie en tête du bassin aéré.

- **Élimination du phosphore.**

Le phosphore est en partie responsable de l'eutrophisation des milieux aquatiques, aussi la déphosphatation est-elle recommandée par la directive européenne 91/271 lorsque le milieu récepteur du rejet le nécessite et la charge polluante importante. Le procédé peut être réalisé par voie physico-chimique ou biologique. Le traitement physico-chimique s'appuie sur l'adjonction de réactifs sous forme de sels (sels de fer ou d'aluminium) qui permettent d'obtenir un précipité de phosphates insolubles qui se séparent de l'eau par simple décantation.

Le traitement biologique se fait en deux phases successives : une phase anaérobie au cours de laquelle des micro-organismes aérobies stricts soumis à une privation totale d'oxygène (stress anaérobie) libèrent du phosphore dans le milieu, et une phase aérobie, appliquée sur les mêmes micro-organismes, au cours de laquelle ces derniers réabsorbent le phosphore libéré précédemment et également celui présent dans l'eau usée. De façon imagée, on parle d'assimilation pléthorique du phosphore ! Les eaux ainsi traitées sont ensuite transférées dans un décanteur où les micro-organismes alourdis par leur charge en phosphate vont se retrouver dans les boues décantées au fond du bassin de décantation.

Les traitements tertiaires, dits de finition.

Les traitements tertiaires peuvent être définis comme des traitements complémentaires, ou de finition, situés en aval des autres traitements. Ils sont destinés à réaliser une dépollution poussée et même totale des eaux usées. Le choix d'un ou plusieurs de ces traitements tertiaires doit se faire, cas par cas, en fonction de la spécificité des effluents à traiter et de la place disponible. Voici quelques exemples, non hiérarchisés, de traitements actuellement disponibles et commercialisés :

⇒ Dispositifs de désinfection des eaux

La désinfection des eaux usées consiste à détruire ou inactiver la majorité ou la totalité des micro-organismes pathogènes encore présents et vivants dans l'effluent traité et notamment ceux porteurs de maladies pour les humains. Cette étape, indispensable pour presque tous les usages des eaux recyclées, devrait être obligatoire pour les rejets en milieux sensibles, notamment au niveau des zones balnéaires du littoral et des réseaux hydrographiques. Les procédés disponibles sont nombreux, nous en avons retenu quatre qui sont parmi les plus employés : chloration, ozonation, irradiation aux rayons ultraviolets et certains POA (procédés d'oxydation avancée). Ces procédés seront d'autant plus efficaces qu'ils seront appliqués à des effluents qui ont été, au préalable, débarrassés de la plus grande partie de leur charge polluante. La chloration tend à laisser la place aux autres procédés, car le rejet des eaux traitées dans l'environnement peut conduire à des problèmes de toxicité mal maîtrisés. L'utilisation de l'ozone, puissant oxydant à pouvoir élevé de stérilisation de l'eau, offre l'avantage supplémentaire de ne laisser aucun goût à l'eau traitée contrairement au chlore et d'éliminer ce qui peut encore rester comme micropolluants.

⇒ **Le lagunage** est un procédé d'épuration basé sur la transformation et l'assimilation des substances polluantes par des organismes aquatiques au sein d'un écosystème lagunaire spécialement créé.

⇒ **La phyto-restauration** consiste à utiliser des végétaux pour épurer les eaux usées. Le procédé est également connu sous les appellations de « phytoremédiation », « phytotechnologie » et, plus simplement, « jardins filtrants ».

⇒ **L'osmose inverse** est tirée du principe suivant : si l'on applique à une solution aqueuse en contact avec une membrane semi-perméable une pression supérieure à la pression osmotique, l'eau pure traverse alors la membrane. La perméabilité de la membrane peut être suffisamment faible (pores de 10^{-4} microns) pour permettre d'éliminer pratiquement toutes les impuretés (nitrates, métaux, pesticides, etc.) y compris virus et bactéries et de parvenir ainsi à l'objectif « pollution zéro ».

⇒ **Les échangeurs d'ions**, également appelés résines, sont des substances granuleuses insolubles dont la structure possède un radical acide ou basique. Ce matériau est capable de fixer les cations ou les anions minéraux et organiques selon sa composition. Son usage pour épurer l'eau et la désioniser est bien connu des laboratoires de chimie. Certaines résines sont spécialement adaptées pour éliminer par rétention les métaux lourds, les nitrates et certaines substances radioactives.

⇒ **La filtration sur sable** est l'une des méthodes de purification des eaux potables les plus anciennes et les plus rustiques mais toujours en vigueur. Elle est quelquefois employée comme seul traitement des eaux usées peu polluées de petites agglomérations. Elle est également intéressante dans la panoplie des traitements tertiaires. Elle consiste à faire passer l'eau à traiter à travers une épaisseur de sable qui va retenir une grande partie,

voire la presque totalité, des résidus des polluants après traitements primaire et secondaire. Filtration sur membranes

- ⇒ **La filtration sur membrane** est une séparation physique des polluants encore contenus dans les eaux usées traitées. L'eau purifiée traverse la membrane tandis que les polluants résiduels y sont retenus. Cette séparation dépend de la taille des « pores » de la membrane : de 0,1 à 10 µm pour la microfiltration, de 0,01 à 0,1 µm dans le cas de l'ultrafiltration. Cette technologie est très performante car elle permet d'éliminer non seulement les molécules résiduelles des polluants mais également les germes pathogènes, y compris les virus dans le cas de l'ultrafiltration.
- ⇒ **Charbon actif.** La méthode au charbon actif s'appuie sur un phénomène exclusivement physique, celui de l'adsorption des polluants à éliminer sur la surface d'un matériau solide disponible sous forme de poudre ou de granulés, sans qu'aucune réaction chimique ait lieu. Les particules de charbon actif sont placées dans une colonne parcourue par les eaux à traiter. Dans sa course, l'eau se débarrasse progressivement de sa charge polluante avant d'être recueillie en bas de colonne.
- ⇒ **Les procédés d'oxydation avancés (POA)** sont particulièrement appropriés pour le traitement des effluents contenant des composés toxiques, récalcitrants ou non biodégradables et qui ont passé intacts les filières classiques des traitements physico-chimiques et biologiques. Ils permettent également de réduire les niveaux de DBO/DCO et de détruire les composés organiques et inorganiques oxydables. Ozonation en traitement tertiaire
- ⇒ **L'ozone, ou trioxygène (O_3)** est un oxydant très puissant qui a le pouvoir de détruire, en milieu aquatique, un grand nombre de produits toxiques ainsi que les bactéries et les virus.



« Non à la prolongation pendant 30 ans des rejets toxiques. »

On reconnaît, de gauche à droite : **Rolland Dadena** porte-parole du Comité Santé Littoral Sud,
Bruno Saurez Président de l'association naturiste phocéenne,
Christian Guillaume, Jacky Plauchud et Barney Vaucher d'Union Calanques Littoral.

Ouvrages et magazines de référence

(Non exhaustif).

- Augier H., *Metallic contamination of marine flora and fauna of the French Mediterranean coast*. Sood Ram Prakash Edit. New Delhi « Heavy metal pollution, toxication and chelation. MD Publications DVT LTV, New Delhi, 1998, 86 p.
- Augier H., *Les calanques, parc national. Un siècle de combats et d'espérances*. Sang de la Terre, 2013, 303 p.
- Augier H., *Des égouts sous la mer. Le scandale des déjections urbaines*. Libre et Solidaire éditeur Paris, 2014, 224 p.
- Augier H., *Calanques : scandale et laxisme d'un Parc National*. Libre et solidaire éditeur Paris, 2015, 88 p.
- Augier H., *PCB, des polluants invisibles et redoutables. Une menace pour l'humanité*. Libre et Solidaire, 2015, 367 p.
- Augier H., Harmand J.M., Ronneau C., Neutron activation study of the elementary composition of edible sea urchins (*Paracentrotus lividus*) in marine creeks areas polluted by town sewages of Marseille (France). *Cellular and Molecular Biology, Fr.*, 1995, 41, 4, p. 533-544.
- Augier H., Park W.K., Ramonda G., Santimone M., **Teneurs en métaux lourds des oursins comestibles *Paracentrotus lividus* dans la zone marine des calanques polluée par le rejet des eaux usées de Marseille, après installation d'une station d'épuration**. Actes Colloque Intern. OKEANOS « Pour qui la Méditerranée au 21^{ème} siècle ? Villes des rivages et environnement littoral en Méditerranée ». Montpellier, France, 28/4 au 1/5/1994, p. 90-101.
- Augier H., Park W.K., Ronneau C., **Neutron activation study of the elementary composition of striped dolphins (*Stenella coerulealba*) collected from the French Mediterranean coast**. *Proceeding of the eight annual conference of the European cetacean society*, Montpellier, 1994, p. 27-234.
- Augier H., Dubout R., Guillaume C., Nougier E., Plauchud J., 2019. *Le livre noir des boues rouges*. Libre et Solidaire éditeur Paris, 2019, 160 p.
- ANSES, *Appui scientifique et technique relatif à l'impact potentiel sur la santé humaine du rejet en Méditerranée d'effluents issus des activités de transformation de minerai de bauxite*. Rapport Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail, 2 février 2015, Saisine n° 2014-SA-0223, 74 p.
- ANSES, *Appui scientifique et technique relatif à l'impact potentiel sur la santé humaine du rejet en Méditerranée d'effluents issus des activités de transformation de minerai de bauxite*. Rapport Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail, 21 décembre 2015, Saisine n° 2015-SA-0107, 44 p.
- ANSES, *Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'évaluation des risques sanitaires liés à la consommation de produits de la mer pêchés en Méditerranée dans une zone impactée par les activités de transformation de minerai de bauxite de l'usine d'Alteo*. Rapport ANSES, 25 Juillet 2016 : <https://www.anses.fr>.
- Budzinski H., Togola A., **Présence des résidus de médicaments dans les différents compartiments du milieu aquatique**. Environ. Risques et Santé, 2006, 5, 4 : 248-253.
- CETIIS, **Étude de la dispersion en mer des produits rejetés dans le canyon de Cassis – Phase n°3 : Simulation de la circulation et des dépôts par modélisation numérique**. Rapport bureau d'étude CETIIS, Aix-en-Provence, 1997, 61 p.
- Durbec J.P., *Facteurs de remontée d'eaux profondes (Upwellings) dans le canyon de Cassidaigne*. Rapport Université d'Aix Marseille II, Observatoire des Sciences de l'Univers, Centre d'Océanologie de Marseille, 1996).
- Geffard A., Geffard O., His E., Amiard J.C., **Relationships between metal bioaccumulation and metallothioneine levels in larvae of *Mytilus galloprovincialis* exposed to contaminated estuarine sediment**. *Mar. Ecol. Progress Series*, 2002, 233, p. 131-142.
- Gigon F., 1975. **Le 400^{ème} chat. Robert Lafont** édit. Paris (pollution par le mercure à Minamata, Japon) : 231 p.
- Guitton L., *Suspense au bord de la Méditerranée*. Edition à compte d'auteur. Editeur Aquiprint, Bruges, France, 2015, 123 p.
- Jany C., Pairaud I., Thouvevin B., Verney R., **Metroc : modélisation idéalisée de substances dissoutes et particulaires rejetées en rade de Marseille**. Rapport IFREMER RST.ODE/LER/PAC/12-21, 2012, 56 p.
- Jany C., Zebracki M., Sauzade D., Cossa D., Thouvenin B., Pairaud I., Djellali Z., Mounier S., Garnier C., Andral B., **Metroc : évaluation des apports de contaminants chimiques de la métropole marseillaise au milieu marin**. Rapport IFREMER n° 2009-0351, 2012, 140 p.
- Jezierska B., Lugowska K., Witeska M., **The effects of heavy metals on embryonic development of fish (a review)**. *Fish Physiol. Biochem.*, 2008, 35, 4, p. 625-640.
- Kobayashi N., **Comparative sensitivity of various developmental stages of sea urchin to some chemical**. *Mar. Biol.*, 1980, 58, 3, p. 163-171.
- Kobayashi N., Okamura H., **Effects of heavy metals on sea urchin embryos development**. 1. Tracing the cause by the effects. *Chemosphere*, 2004, 55, p. 1403-1412.
- Laboratoire de chimie analytique et marine, *Etude de l'effet d'un effluent sur le milieu marin, cas de l'usine Pechiney de Gardanne en baie de Cassis. Géochimie du Chrome et du Vanadium dans les sédiments. Essais de remobilisation*. Rapport Université des sciences et technologies de Lille, Laboratoire de chimie analytique et marine, EP 1750 CNRS, 1998.

- Lee H.H., Xu H., **Effects of metals on sea urchin development : A rapid bioassay.** *Mar. Pollut. Bull.*, 1984, 15, 1, p. 18-21.
- LHMA, **Analyses de poissons confiées par l'IFREMER au LHMA pour le compte d'Aluminium Pechiney Gardanne.** Rapport LHMA, 2005, 14 p.
- Mahé C., **Les pollutions dans les calanques : risques pour la santé et conseil en officine.** Thèse de pharmacie, Université d'Aix-Marseille, 2015.
- Mazzoleni M., Augier H., Rivoire G., Aldo F., **Plainte contre l'Etat français auprès de la Commission des Communautés Européennes pour non-respect du droit communautaire. Usine d'alumine de Gardanne.** Document en 4 parties, 2017, 105 p.
- Oursel B., **Transferts et dynamique des contaminants métalliques en zone côtière – Impact d'une agglomération méditerranéenne.** Thèse doctorat, 2013.
- Oursel B., Garnier C., Durrieu G., Mounier S., Omanovic D., Lucas Y., **Dynamics and fates of trace metals chronically input in a Mediterranean coastal zone impacted by a large urban area.** *Mar. Pollut. Bull.*, 2013, 31: 35-51.
- Oursel B., Garnier C., Durrieu G., Zebracki M., Thouvenin B., Mounier S., Lucas Y., **Dynamic of contaminant inputs to the sea from large coastal cities : the case of Marseille (France).** The 11th European Meeting on Environmental Chemistry, Portoroz, Slovénie, 8-11 décembre 2010, poster.
- Oursel B., Garnier C., Zebracki M., Durrieu G., Mounier S., Lucas Y., **Caractérisation des rejets (urbains et naturels) de l'agglomération Marseillaise sous différentes conditions climatiques.** 22ième Journée de la Chimie SCF-PACA, Toulon, Var, 11 mars 2011. Poster.
- Pagano G., Esposito A., Romana L.A., **Rapport sur les effets biologiques de l'effluent issu du traitement de la bauxite évalués à partir d'un test utilisant les embryons et le sperme de l'oursin de mer *Paracentrotus lividus*.** Rapport Aluminium Pechiney, 1992, 53 p.
- Pagano G., Meric S., De Biase A., Laccarino M., Petruzzelli D., Tünay O., Waran M., **Toxicity of bauxite manufacturing by-products in sea urchins embryos.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2002, 51, p 28-34.
- Parish K., Brown J., Cook R., Kapp M., **Heavy metals effect on the fertilization and development of sea urchin embryos.** *Rapport*, janvier 2012, 11 p., *On line*.
- Pinazo C., Frayse M., Doglioli A., Faure V., Pairaud I., Petrenko A., Thouvenin B., Tronczynski J., Verney R., Yohia C., Massilia : **Modélisation de la baie de Marseille : influence des apports anthropiques de la métropole sur l'écosystème marin.** Rapport scientifique ARCHIMER/IFREMER, 2013, 136 p.
- Sarrazin L., Diana C., Schembri T., Rebouillon P., **HPLC determination of polycyclic hydrocarbons (PAHs) in the littoral urban sewage area of Cortiou (Marseille, France).** *Intern. J. Environ. Stud.*, 2004, 61, 4 : 4132-425.
- Sauzade D., Andral B., Gonzalez J.L., Galgani F., Grenz C., Budzinski H., Togola A., Lardy S., **Synthèse de l'état de la contamination chimique du golfe de Marseille.** Rapport IFREMER DOP/LER-PAC/07-05 et Agence de l'Eau RMC, 2007, vol. 1, 123 p., vol. 2, 86p.
- Sfakianakis D.G., Renieri E., Kentouri M., Tsatsakis F., **Effect of heavy metals on fish larvae deformities : A review.** *Environ. Res.*, 2015, 137, p. 246-255.
- Syakti A., Asia L., Kanzari F., Umasangadji H., Malleret L., Ternois Y., Mille G., Doumenq P., **Distribution of organochlorine pesticides (OCs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in marine sediments directly exposed to waste water from Cortiou, Marseille.** *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2012, 19, 5: 1524-1535.
- Wafo E., Sarrazin L., Diana C., Schembri T., Lagadec V., Monod J.L., **Polychlorinated biphenyls and DDT residues distribution in sediments of Cortiou (Marseille, France).** *Mar. Pollut. Bull.*, 2006, 52, 1 : 104-107.
- Zebracki M., **Evaluation des flux bruts de contaminants chimiques par la métropole marseillaise à la mer.** Rapport final IFREMER, contrat n° 10/321 1467, 2011, 160 p.
- Zebracki M., Garnier C., Oursel B., Cossa D., Chiffolleau J.F., Mounier S., Robert P., Pairaud I., Andral B., **Contaminant inputs from large coastal cities into the sea: the case of Marseille (SW France).** The 11th European Meeting on Environmental Chemistry, Portoroz, Slovénie, 8-11 décembre 2010. Poster.
- Zebracki M., Oursel B., Garnier C., Lecalard C., Durrieu G., Mounier S., Robert P., Andral B., Pairaud I., Lucas Y., **Détermination des apports de contaminants chimiques d'une grande métropole côtière à la mer : cas de Marseille.** 22ième Journée de la Chimie SCF-PACA, Toulon, Var, 11 mars 2011. Poster.
- **Echo des Calanques n° 54** décembre 2016, **n° 55** mars 2017, **n° 57** novembre 2017, **n° 58** novembre 2017, **n° 59** décembre 2017, **n° 60** décembre 2017, **n° 61** mars 2018, **n° 63** mars 2018, **n° 64** juin 2018, **n° 67** janvier 2019, **n° 68** juin 2019, **n° 69** juillet 2019

Ces magazines sont consultables notre site internet : <http://ucl.association.free.fr/fenetrepublications.htm>

Avec le soutien de notre association
Union Calanques Littoral et ses très nombreux alliés associatifs et autres groupements.

Henry Augier
Président d'UCL

Maître de conférences honoraire, docteur d'Etat
Professeur honoraire à l'École Nationale des Travaux Publics de l'État
Ex-directeur du laboratoire de biologie marine fondamentale et appliquée et du
Centre d'Etudes, de Recherches et d'Informations sur la Mer (CERIMER)
à la Faculté des sciences de Marseille-Luminy
Ex responsable des enseignements de molysmologie (science des pollutions)
Ex Conseiller scientifique au Parc National de Port-Cros et au Conseil de l'Europe à Strasbourg
Expert international consultant
Plongeur professionnel breveté d'hyperbarie
Lanceur d'alertes
Auteur de nombreux ouvrages grand public sur notre environnement et le futur de notre humanité.

*Si seulement notre demande de création du Parc national des Calanques pouvait conduire
maintenant à un vrai Parc national débarrassé de toutes les nuisances qui l'empoisonnent !*



Photo UCL

*C'était déjà notre souhait lors du défilé dans les rues de Marseille
le 14 février 1998, voici maintenant bientôt 22 ans !!!*

L'Echo des Calanques est édité par l'association **Union Calanques Littoral**, 16, traverse des Baudillons – 13013 Marseille
de No ISSN: 1251-3741

Directeur la publication : Henry Augier. Imprimé par nos soins avec la participation de Renée Dubout, Jacky Plauchud,
Catherine Vieilledent, Christian Guillaume, Eliane Nougier.
Mise en page : Eliane Nougier