

SOMMAIRE

1 LES PROFILS DES EAUX DE BAINADE DE LA VILLE DE MARSEILLE.....	1
PHASE 1 : ETAT DES LIEUX.....	3
2 DÉLIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	3
2.1 CARACTÉRISTIQUES DIVERSES, FREQUENTATION, USAGES.....	3
2.2 DÉFINITION DES ZONES D'INFLUENCE.....	5
2.2.1 Périmètre immédiat.....	5
2.2.2 Périmètre éloigné.....	7
3 VULNÉRABILITÉ DE LA ZONE DE BAINADE.....	10
3.1 CARACTÉRISTIQUES GÉOGRAPHIQUES.....	10
3.1.1 Morphologie du littoral / exposition des plages.....	10
3.1.2 Description des bassins versants / hydrographie.....	10
3.1.3 Sensibilité aux inondations	11
3.1.4 Météorologie.....	12
3.2 CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES.....	17
3.2.1 Géologie – Hydrogéologie.....	17
3.2.2 Hydrogéologie – Aquifères	18
3.2.3 Transfert au littoral	20
3.3 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES	22
3.3.1 Bathymétrie.....	22
3.3.2 Marées.....	22
3.3.3 Les Vagues.....	22
3.3.4 Élévation du niveau de la mer.....	22
3.3.5 Courantologie.....	23
3.4 SYNTHÈSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA ZONE DE BAINADE.....	24
4 IDENTIFICATION DES SOURCES DE POLLUTIONS BACTERIOLOGIQUES.....	25
4.1 CONTEXTE URBAIN	25
4.1.1 Evolution de la population.....	25
4.1.2 Logements	25
4.1.3 Estimation de la capacité d'accueil estival de Marseille	26
4.2 CONTEXTE AGRICOLE.....	27
4.3 CONTEXTE INDUSTRIEL.....	28
4.4 CONTEXTE DE L'ASSAINISSEMENT.....	28
4.4.1 Contexte général	28
4.4.2 Assainissement des eaux usées.....	29
4.4.3 La station d'épuration.....	33
4.4.4 Assainissement non collectif.....	33
4.4.5 Réseau des eaux pluviales.....	34
4.4.6 Seuils de pluviométrie pour déversement dans le milieu naturel du réseau d'assainissement	34
4.4.7 Détermination des flux bactériologiques.....	35
4.5 CONTEXTE PORTUAIRE.....	37
4.6 LES FERRY.....	38
4.7 APPORTS VIA LES COURS D'EAU.....	38
4.8 APPORTS VIA LES MASSES D'EAU SOUTERRAINE.....	41
4.9 APPORTS VIA LES SÉDIMENTS.....	41
4.10 LE LAC BORELY.....	41

4.11 L'HIPPODROME BORELY.....	42
5 IDENTIFICATION DES AUTRES SOURCES DE POLLUTIONS.....	44
5.1 LES CYANOBACTÉRIES.....	44
5.2 LE PHYTOPLANCTON.....	44
5.3 LES MACRO ALGUES.....	47
5.4 LES MÉDUSES.....	47
5.5 LES MACRO DÉCHETS.....	48
5.6 LES HYDROCARBURES.....	50
5.6.1 Contexte portuaire.....	50
5.6.2 Contexte industriel.....	50
5.7 SYNTHÈSE DES SOURCES DE POLLUTIONS DE LA ZONE DE BAINNADE.....	51
PHASE 2 : DIAGNOSTIC.....	52
6 HIÉRARCHISATION DES SOURCES DE POLLUTION.....	52
6.1 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES DE SURVEILLANCE	52
6.1.1 Classement des plages.....	52
6.1.2 Auto surveillance.....	54
6.1.3 Inter corrélation Escherichia coli/entérocoques.....	54
6.1.4 Analyses des pics de pollution.....	55
6.1.5 Inter corrélations entre plages.....	60
6.1.6 Effet Jour/ Heure.....	61
6.1.7 Effet des températures de l'eau et de l'air/ensoleillement.....	63
6.1.8 Effet du niveau de la mer.....	64
6.1.9 Corrélations avec les variables forçantes.....	64
6.1.10 Seuils.....	67
6.1.11 Evolution des concentrations bactériologiques suite a des épisodes pluvieux.....	68
6.2 MODÉLISATION HYDRODYNAMIQUE.....	71
6.2.1 Modèles mis en place.....	71
6.2.2 Scénarii de modelisation.....	71
6.2.3 Résultats de la modélisation hydrodynamique.....	74
6.3 ANALYSE DE RISQUE = CLASSEMENT DES SOURCES DE POLLUTION.....	86
6.3.1 Méthode d'analyse de risque choisie.....	86
6.3.2 Indices de vulnérabilité.....	86
6.3.3 Indices des aléas.....	88
6.3.4 Cartographie des risques biologiques et autres.....	92
PHASE 3 : MESURES DE GESTION.....	94
7 MESURES DE GESTION DU RISQUE SANITAIRE.....	95
7.1 RISQUE BACTÉRIOLOGIQUE	95
7.1.1 Mesures de gestion en routine.....	95
7.1.2 Mesures de gestion en cas de pollution.....	96
7.2 RISQUE CYANOBACTÉRIES.....	100
7.3 RISQUE MACRO ALGUES.....	100
7.4 RISQUE PHYTOPLANCTON.....	100
7.4.1 Mesures de gestion en routine.....	100
7.4.2 Mesures de gestion en cas de pollution.....	101
7.5 RISQUE MÉDUSES.....	101
7.5.1 Mesures de gestion en routine.....	101
7.5.2 Mesures de gestion en cas de pollution.....	102
7.6 RISQUE MACRO DÉCHETS.....	102
7.6.1 Mesures de gestion en routine.....	102

7.6.2 Mesures de gestion en cas de pollution.....	102
<u>7.7 RISQUE HYDROCARBURES.....</u>	<u>102</u>
7.7.1 Mesures de gestion en routine.....	102
7.7.2 Mesures de gestion en cas de pollution.....	103
8 PLANS D’ACTIONS.....	104
8.1 DIMINUTION DES POLLUTIONS BACTÉRIOLOGIQUES.....	104
8.2 DIMINUTION DES AUTRES POLLUTIONS.....	104
8.2.1 Les macro déchets.....	104
8.2.2 Les Méduses.....	105
9 RÉVISION DU PROFIL.....	109
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	110
LISTE DES FIGURES.....	114
LISTES DES TABLEAUX.....	119
ANNEXES.....	121

1 LES PROFILS DES EAUX DE BAINNADE DE LA VILLE DE MARSEILLE

La commune de Marseille dispose de 21 plages réparties le long du littoral dont la majorité sont intégrées dans le tissu urbain. Ces 21 zones de baignade sont déclarées à l'Union Européenne.

La réglementation (article D.1332-20 du Code de la Santé Publique) stipule que « *Pour les eaux de baignade contiguës soumises à des sources de pollution communes, un profil commun peut être établi par la ou les personnes responsables des eaux de baignade* ».

Du fait de leur configuration ainsi que par choix de la collectivité, aucun regroupement de zone de baignade n'est effectué pour la commune de Marseille.

Ce document concerne le profil de la zone de baignade Huveaune; un point de prélèvement est défini sur cette plage (Figure 1).



Figure 1 : Localisation de la zone de baignade Huveaune (Sources : ARS PACA, BD Carthage®)

CHOIX DU TYPE DE PROFIL

Différents types de profils peuvent être établis en fonction de la qualité de la zone de baignade. Selon la vulnérabilité du site et les diverses pollutions pouvant l'impacter, le profil des eaux de baignade pourra être simple ou complexe. Le « Guide national pour l'élaboration d'un profil de baignade » publié par la DGS (Direction Générale de la Santé) détermine trois types de profil :

Profil de type 1 : Le risque de pollution de l'eau de baignade n'est pas avéré.

L'eau de baignade est de qualité « suffisante », « bonne » ou « excellente » au sens de la directive 2006/7/CE (simulation à partir des résultats du contrôle sanitaire des quatre dernières saisons balnéaires).

Profil de type 2 : Le risque de contamination est avéré et les causes sont connues.

L'eau de baignade est de qualité « insuffisante » au sens de la directive 2006/7/CE (simulation à partir des résultats du contrôle sanitaire des quatre dernières saisons balnéaires). L'identification et l'évaluation des sources de pollution est simple ou les causes de contamination et leurs impacts sont connus.

Profil de type 3 : Le risque de contamination est avéré et les causes sont insuffisamment connues.

L'eau de baignade est de qualité « insuffisante » au sens de la directive 2006/7/CE (simulation à partir des résultats du contrôle sanitaire des quatre dernières saisons balnéaires). L'identification et l'évaluation des sources de contamination sont complexes ou les causes de contamination et leurs impacts sont insuffisamment connus.

Les profils 2 et 3 intègrent en plus des analyses statistiques et/ou une modélisation.

Le choix du type de profil est basé sur la qualité de la zone de baignade au regard des critères de la directive 2006/7/CE. Le classement de la zone de baignade Huveaune est présenté ci-dessous (Tableau 1).

La zone de baignade Huveaune présente une eau de qualité insuffisante. Ceci ajouté à un contexte complexe concernant les sources de pollution et leur devenir, le profil établi pour cette zone de baignade est de type 3.

Dans ce cadre, il intègre une analyse statistique des données et la réalisation de scénarii de modélisation.

Tableau 1 : Classement de la qualité de la zone de baignade Huveaune (Ville de Marseille) selon la Directive de 2006/7/CE

Nom de la plage	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Huveaune	INS	INS	INS	SUF	INS	INS

- Excellente qualité
- Bonne qualité
- Qualité suffisante
- Qualité insuffisante

PHASE 1 : ETAT DES LIEUX

2 DÉLIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 CARACTÉRISTIQUES DIVERSES, FREQUENTATION, USAGES

Présentation	Région : Provence-Alpes-Côte d'Azur Département : Bouches-du-Rhône Ville : Marseille Code INSEE : 13055 Coordonnées : (Lambert II Carto) X : 847037 m Y : 1811100 m Longueur de la plage: 300 m Largeur de la plage: 20 m Gestion de la zone de baignade : Ville de Marseille Responsable : Mr le Maire de Marseille	Plage : Huveaune Code plage : 282403001M013552 Type eau : mer 
	Poste de secours	Oui
Surveillance	Période annuelle de surveillance	Début juin à début septembre
	Période journalière de surveillance	De 9h30 à 19h (semaine et week-end)
	Nombre de Maîtres Nageurs Sauveteurs	4
	Site accessible aux personnes à mobilité réduite (préciser si tiralo)	Non
Pratique	Douches	Oui
	Toilettes	Oui
	Point eau potable	Oui
	Accès autorisé aux animaux si oui préciser (Chiens, chevaux...)	Non
	Poubelles	Oui
	Autres	
de la plage Usages et fréquentation	<u>Usages sur la plage</u> - Baignade - Activités sportives : Surf, Funboard, Planche à voile, Kitesurf, Kayak <u>Fréquentation de la plage</u> La fréquentation estivale de la plage de l'Huveaune durant la saison balnéaire 2009 (du 5 juin au 1 ^{er} septembre) était de 175 315 personnes soit environ 1970 personnes/jour.	

Les heures d'ouverture à la baignade ainsi que des informations sur la dangerosité du plan d'eau et sur la qualité sanitaire de l'eau sont indiquées par voie d'affichage à l'entrée de la plage ainsi qu'au niveau du poste de secours.

Un registre est accessible au niveau du poste de secours pour recevoir toutes les remarques du public.

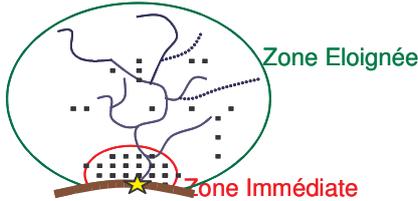
Les baigneurs sont tenus de respecter la zone de baignade autorisée et de se conformer strictement à la signalisation marquée par un pavillon des bains (rappelés au panneau d'affichage) placé au sommet d'un mât situé en bordure de la plage.

Lorsque le pavillon des baignades est violet, interdisant la baignade pour des raisons de dégradation de la qualité sanitaire des eaux, les activités nautiques pratiquées à partir du rivage sont interdites.

2.2 DÉFINITION DES ZONES D'INFLUENCE

En fonction de la distance à la zone de baignade ARS, deux périmètres d'influence sont définis dans lesquels les indicateurs de vulnérabilité et les sources de pollutions sont recherchés. En effet, concernant les pollutions bactériologiques la distance à la zone de baignade influe sur le devenir de la bactérie et donc sur l'impact de celle-ci sur la qualité de l'eau de baignade.

Les deux zones définies sont:



- **Zone immédiate** : comprise entre 0 et 1 km de distance du littoral,
- **Zone éloignée** : comprise entre le littoral et l'extrémité du bassin versant.

L'objectif de ce zonage est d'élaborer une codification des sources de pollutions et permettre ainsi la priorisation des actions.

2.2.1 PÉRIMÈTRE IMMÉDIAT

Par définition, la zone immédiate est comprise entre 0 et 1 km de distance du littoral.

La définition des zones ne peut se faire uniquement à partir d'une notion de distance, en effet doivent être pris en compte deux autres aspects dans leur définition :

1. la présence d'une zone urbanisée,
2. la présence d'exutoires (ruisseau, estuaire, canalisation) dans un rayon de 500 m des limites du bassin versant.

Les embouchures de l'Huveaune et du ruisseau de Bonneveine sont situées à proximité de la zone de baignade (Figure 2).

Dans le cas de la zone de baignade Huveaune, le périmètre immédiat correspond à la limite des périmètres du bassin versant pluvial et sanitaire de la zone de baignade (Figure 3).



Figure 2 : Cours d'eau débouchant à proximité de la zone de baignade Huveaune (Sources : BD Carthage®, ARS PACA)

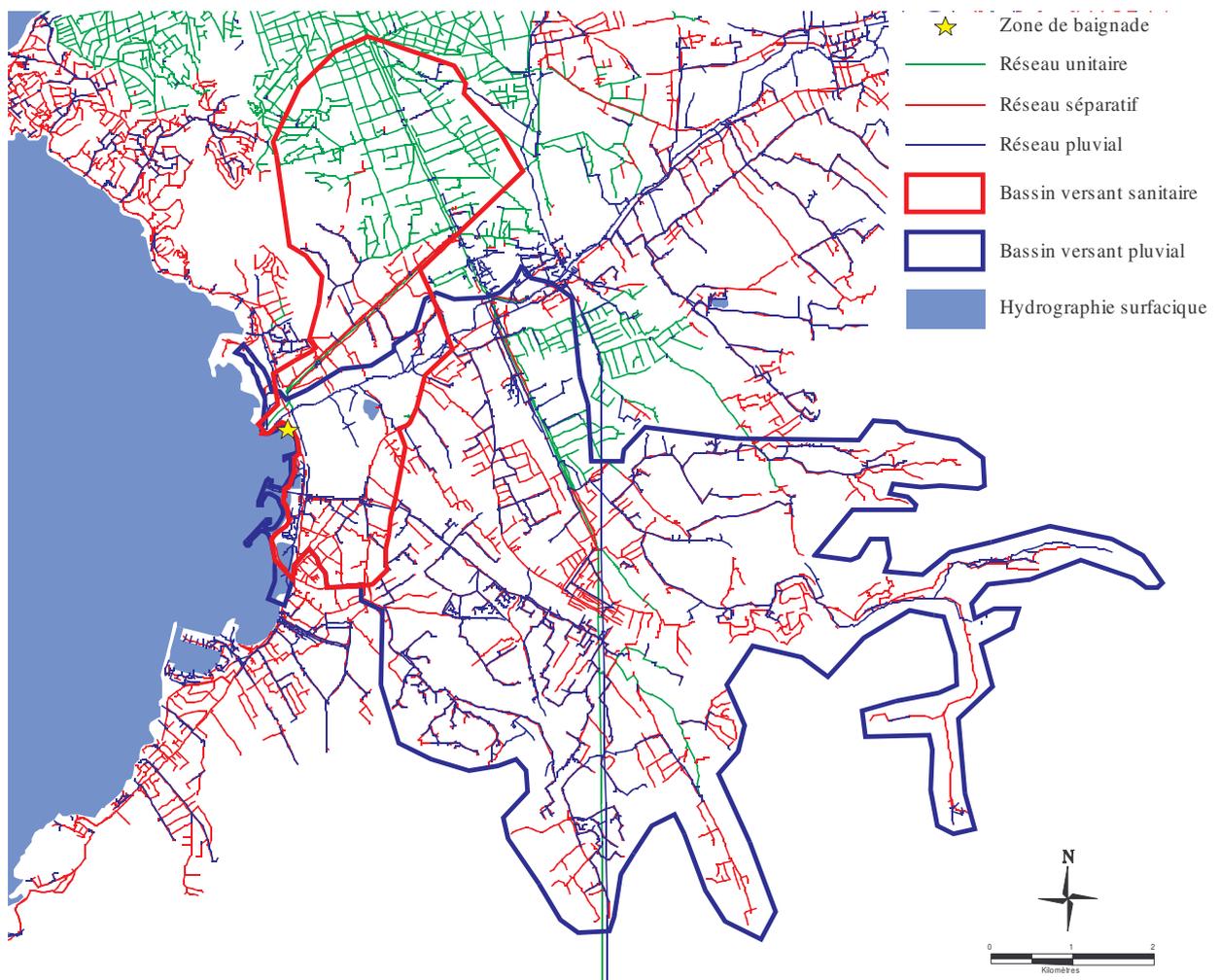


Figure 3 : Bassins versants sanitaire et pluvial définissant le périmètre immédiat de la zone de baignade Huveaune (Source : ARS PACA, BD Carthage®, SERAM-DEA)

2.2.2 PÉRIMÈTRE ÉLOIGNÉ

La zone de baignade Huveaune est sous l'influence de : (Figure 4)

- L'Huveaune
- Le Jarret – affluent de l'Huveaune
- Le ruisseau de Bonneveine

Ces cours d'eau constituent une source de pollution potentielle pour la zone de baignade. La zone éloignée sera donc définie en fonction de ces cours d'eau.

La limite du périmètre éloigné correspond à la limite du bassin versant hydrographique.

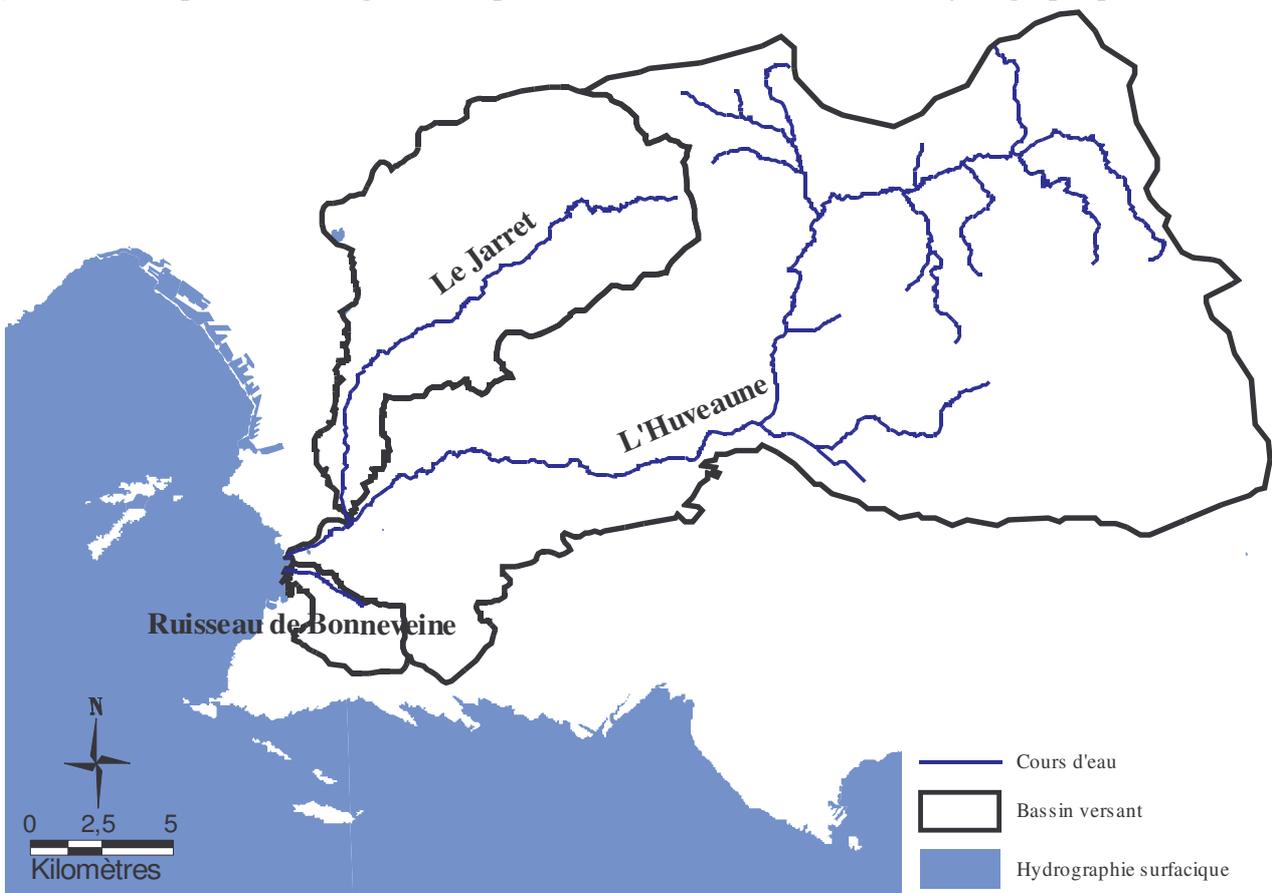


Figure 4: Cours d'eau à proximité de la zone de baignade Huveaune ainsi que leur bassin versant (Source: BD Carthage®)

Les objectifs du profil sont (1) d'évaluer les indicateurs pertinents de la qualité des eaux de baignade et (2) d'établir des plans d'actions de réduction/élimination des pollutions identifiées. Le plan d'actions est à mettre en œuvre par le responsable de l'eau de baignade et doit donc être réalisable dans un périmètre sur lequel il peut agir. Il est donc nécessaire de définir le périmètre éloigné à un territoire pertinent.

La survie des bactéries libérées est directement influencée par la distance à parcourir pour arriver aux points de baignade. Ainsi, lorsque le bassin versant est très vaste, il n'y a lieu de considérer les sources de pollution très éloignées que si leur impact sur la qualité microbiologique au niveau de la zone de baignade est significatif.

Le guide national de réalisation des profils propose que soient pris en compte les rejets situés de telle manière que le temps de transfert jusqu'à la zone de baignade soit inférieur à 10h (DGS, 2009). Ceci fait appel à deux notions : le temps de transfert d'un rejet direct au milieu naturel et le temps de concentration d'une particule.

Le temps de concentration correspond au temps que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin versant la plus éloignée « hydrologiquement » de l'exutoire pour parvenir à celui-ci. Le temps de transfert correspond quant à lui au temps que met une pollution directement déversée dans le cours d'eau.

En ce qui concerne le bassin versant de l'Huveaune, plusieurs approches ont été abordées:

- La formule de Kirpich : $T_c = 0,0195 * L^{0,77} * S^{-0,385}$

où L représente la longueur du cours d'eau principal en m, et S sa pente en m/m

- Un modèle développé par la SERAM selon une approche de type réservoir linéaire
- Une approche Manning-Strickler avec calculs des vitesses d'écoulement en fonction de la pente du lit de l'Huveaune.

Toutes ces méthodes convergent vers un même résultat : un temps inférieur à 10 heures. Ainsi tout le bassin versant peut contribuer à la pollution arrivant jusqu'à la plage Huveaune.

Cependant l'objectif du profil est de définir des indicateurs ainsi qu'un plan d'actions réalistes et applicables à l'échelle du responsable des eaux de baignade de Marseille.

Ainsi le périmètre éloigné a été réduit de la façon suivante (Figure 5). La limite du bassin versant de l'Huveaune correspond à la limite du réseau d'assainissement de Marseille.

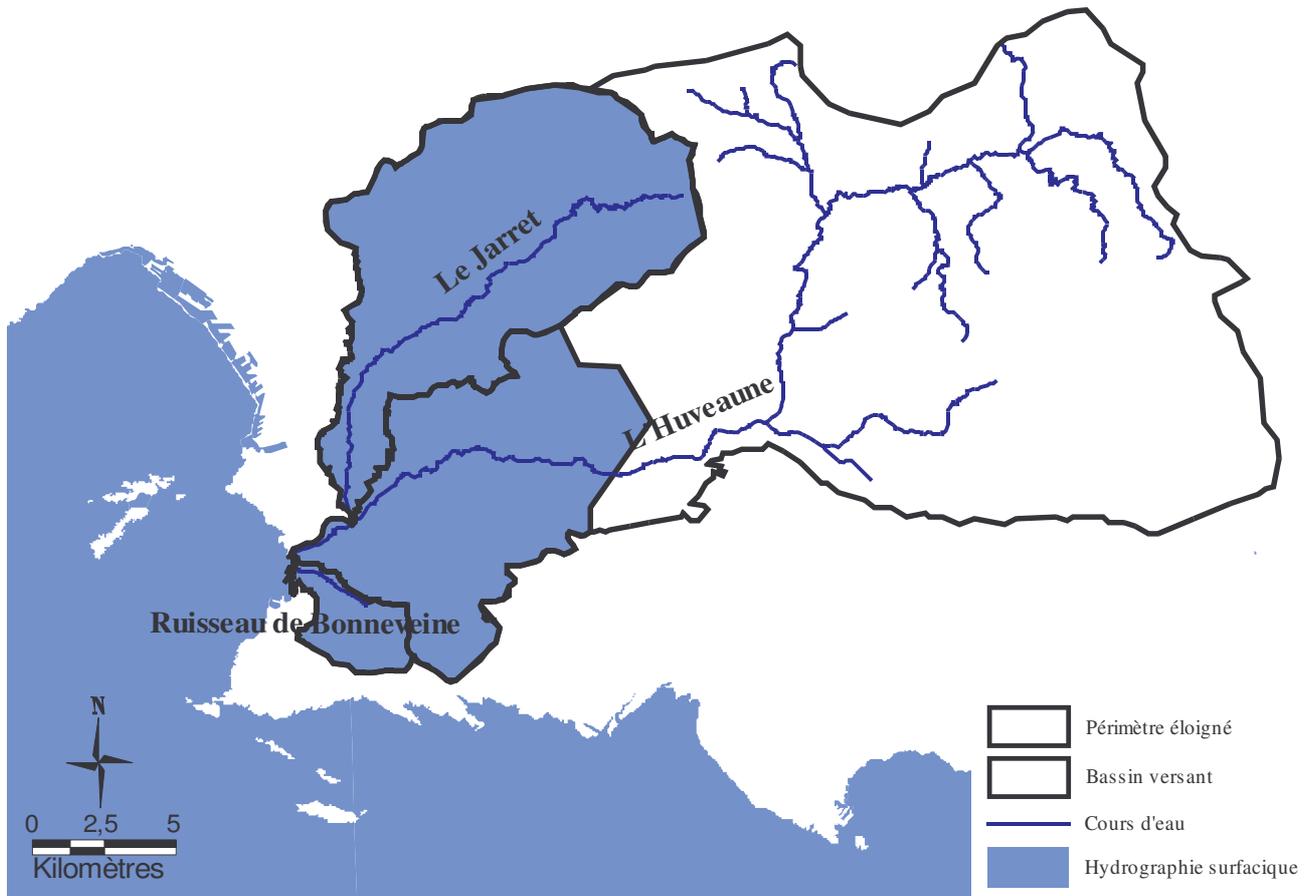


Figure 5: Périmètre éloigné de la plage Huveaune (Source : BD Carthage®)

Il n'est pas possible de déterminer un temps de concentration pour le Jarret et le ruisseau de Bonneveine du fait d'un manque de mesure de débit sur ces 2 cours d'eau ; mais compte tenu des

résultats obtenus pour le bassin versant de l’Huveaune, les bassins versants du Jarret et du ruisseau de Bonneveine sont pris dans leur globalité.

Le plan d’actions visant à réduire et/ou éliminer les sources de pollutions tient compte de celles identifiées dans les périmètres immédiats et éloignés.

La pollution véhiculée par l’Huveaune en débit de crue concentre celles de l’ensemble du bassin versant hydrographique. Les mesures de gestion préconisées au terme du profil intégreront la gestion de ce risque pour le responsable de l'eau de baignade.

Le plan d’action quant à lui insistera sur l’importance de la mise en œuvre d’un Schéma d’Aménagement et de Gestion des Eaux ou d’un Contrat de rivière, pour la réduction des pollutions amont, nécessitant la fédération des collectivités traversées par le cours d’eau

3 VULNÉRABILITÉ DE LA ZONE DE BAIGNADE

3.1 CARACTÉRISTIQUES GÉOGRAPHIQUES

3.1.1 MORPHOLOGIE DU LITTORAL / EXPOSITION DES PLAGES

La description de la morphologie des zones de baignade permet de fournir une indication sur le renouvellement des masses d'eau et donc sur la capacité du milieu à revenir à son état initial après une pollution.

La zone de baignade Huveaune est située en milieu semi-ouvert (Figure 6). La pollution aura tendance à persister un peu plus longtemps dans le milieu.

La morphologie de la plage explique le dynamisme local et le renouvellement des masses d'eau dont le temps est estimé, grâce au modèle hydrodynamique mis en place dans le cadre de ce profil, entre 6 et 9 heures.

POINT DE BAIGNADE	EXPOSITION	TYPE DE CÔTE	DIGUE/ENROCHEMENT	PENTE DE LA ZONE DE BAIGNADE
HUVEAUNE	SEMI-OUVERTE	ROCHEUSE	OUI	1,3 %



Figure 6: Caractéristiques du littoral du point de baignade Huveaune (Source : ARS PACA)

3.1.2 DESCRIPTION DES BASSINS VERSANTS / HYDROGRAPHIE

En terme de contamination, les germes témoins de contamination fécale (ex : *Escherichia coli*) sont véhiculés depuis leur source d'émission jusqu'à l'aval (la zone de baignade), entraînés par l'écoulement gravitaire de l'eau.

Durant leur trajet au travers des cours d'eau ou des eaux de ruissellement, ils sont soumis à de nombreux stress environnementaux qui font décroître leur nombre avec le temps.

Les cours d'eau intégrés dans les périmètres d'influence de la zone de baignade sont:

- L'Huveaune
- Le Jarret
- Le ruisseau de Bonneveine

L'Huveaune, long de 48 km prend sa source dans le massif de la Sainte Baume. Le Jarret, son affluent, est long de 21 km et prend sa source dans le massif de l'Etoile. Ces 2 cours d'eau, juste après leur point de confluence, sont déviés par la vanne barrage de la Pugette et rejoignent le site de rejet de Cortiou via le 2^{ème} émissaire (Figure 7).

Ils sont détournés jusqu'à une hauteur d'eau de 2,30 m mesurée au niveau de la Pugette (équivalent à un débit de 30 m³/s).

Au-delà, le **surplus de débit** est déversé en direction de la mer par l'exutoire naturel de l'Huveaune au droit de la zone de baignade Huveaune.

L'analyse des données de pluie en fonction du déversement montre que ce celui-ci se produit à partir d'une pluie de 8 mm mesurée à Marseille.

Cependant, le bassin versant de l'Huveaune étant très vaste, le débit observé à Marseille peut résulter de pluies observées en dehors de la commune.

Les caractéristiques hydrologiques et de qualité bactériologique de ces cours d'eau sont décrites dans la partie « 4.7 Apports via les cours d'eau ».

En ce qui concerne le ruisseau de Bonneveine, celui-ci est détourné via le poste de relèvement Hamburg. Celui-ci reprend son cours naturel lors d'épisodes pluvieux de l'ordre de 2 mm en 1h.



Figure 7: Cartographie des ruisseaux influençant la zone de baignade Huveaune (Sources : SERAM-DEA, BD Carthage®, ARS PACA)

3.1.3 SENSIBILITÉ AUX INONDATIONS

La connaissance des zones inondables est une indication de la capacité du milieu à absorber les fortes pluies et donc du transfert de pollution induit.

Le risque d'inondation sur la commune de Marseille correspond :

- aux crues torrentielles de la plupart des ruisseaux communaux, en particulier, l'Huveaune, le Jarret, dont les zones inondables engendrées sont illustrées dans la Figure 8.

- au ruissellement urbain dû à l'imperméabilisation des sols de la commune. Le centre ville est le principal secteur concerné. (Le réseau du centre ville de type unitaire commence à déborder à partir d'une pluie de 18 mm/1h)

En amont des cours d'eau, la pollution est drainée contrairement à l'aval où, de part la présence des zones urbanisées, les cours d'eau ne peuvent s'étendre ; les sections de ceux-ci sont diminuées provoquant ainsi une augmentation de leur débit. Ainsi la pollution arrive très vite à la zone de baignade.

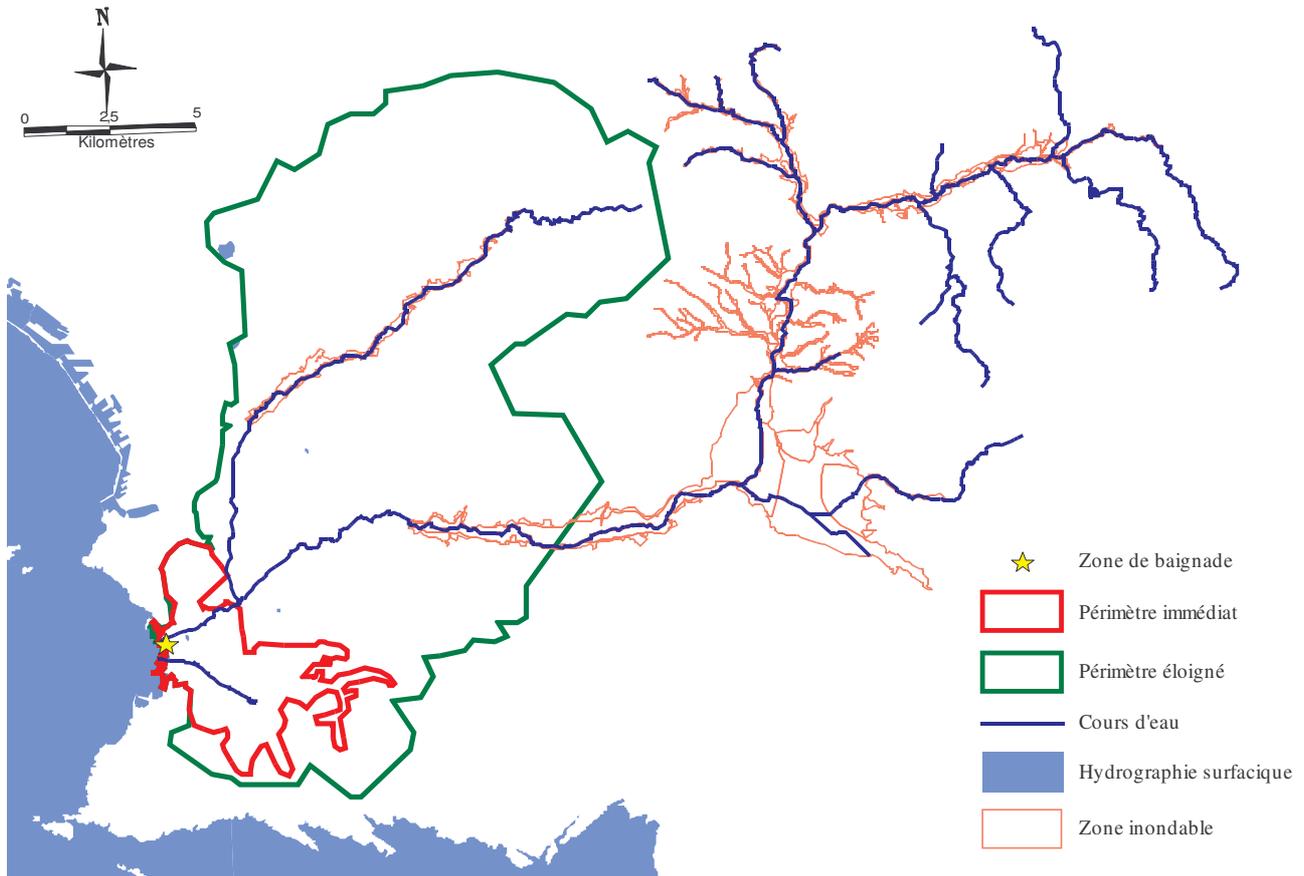


Figure 8: Localisation des zones inondables (Sources: DIREN PACA, ARS PACA)

3.1.4 MÉTÉOROLOGIE

Les facteurs météorologiques forment une composante particulière, ils peuvent être à l'origine des pollutions et agir sur leur devenir. Ainsi, la pluie aura un rôle sur l'apparition des polluants, le vent sur leur déplacement, la température de l'eau et la lumière reçue (irradiante) auront un impact sur le devenir de la charge bactérienne elle-même.

Le climat de la zone d'étude est de type méditerranéen caractérisé par un excellent ensoleillement et un régime de pluie irrégulier aussi bien d'un mois à l'autre que d'une année à l'autre.

3.1.4.1 PLUVIOMÉTRIE

L'ensemble des données pluviométriques journalières des 25 pluviomètres répartis sur l'ensemble du territoire de Marseille a été utilisé (Figure 9). Ceci permet d'avoir une représentation moyennée géographiquement de ce qui se passe sur l'ensemble de la commune de Marseille.

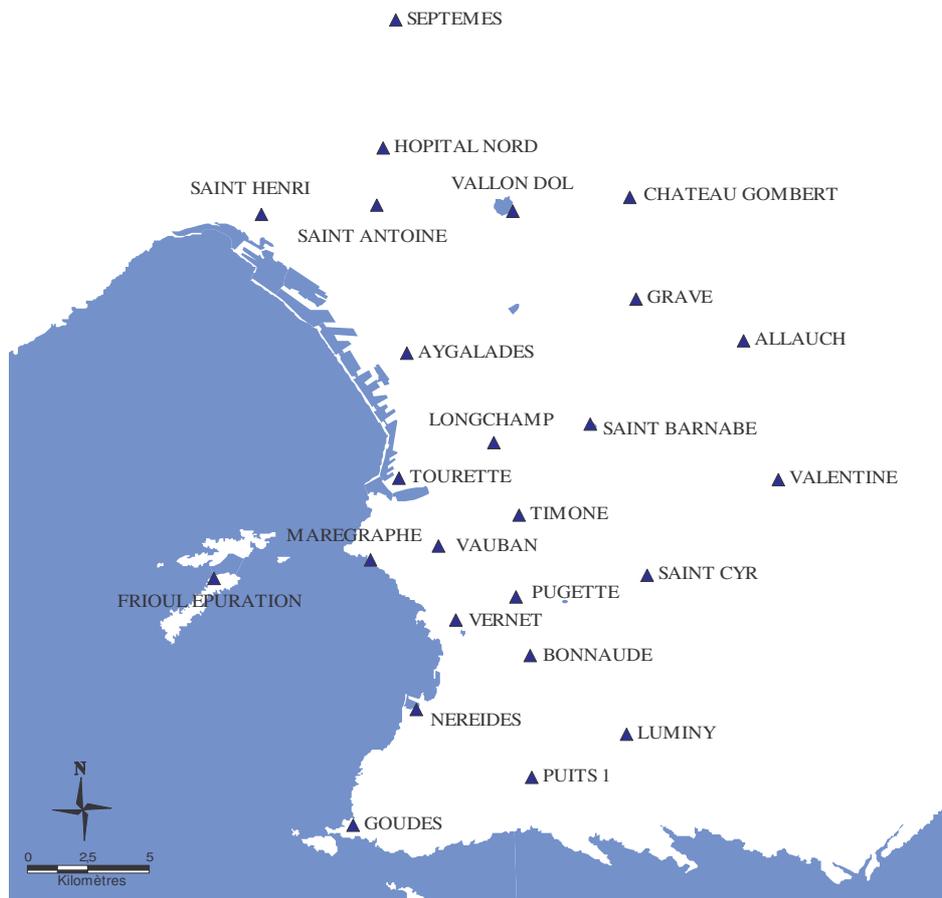


Figure 9: Localisation des 25 pluviomètres répartis sur l'ensemble du territoire de Marseille (Source: SERAM-DEA)

Pluviométrie mensuelle

La Figure 10 présente la pluviométrie mensuelle cumulée moyennée entre 2000 et 2009. Nous pouvons remarquer deux épisodes où les précipitations sont les plus importantes : au printemps et en automne.

En automne, c'est en septembre que les précipitations les plus importantes sont observées ($86,4 \text{ mm} \pm 57,7 \text{ mm}$) ; au printemps c'est en avril ($49,7 \pm 34,9 \text{ mm}$). Les plus faibles précipitations sont observées de juin à août avec un minimum observé en juillet ($8 \pm 9,8 \text{ mm}$), c'est-à-dire pendant la saison estivale.

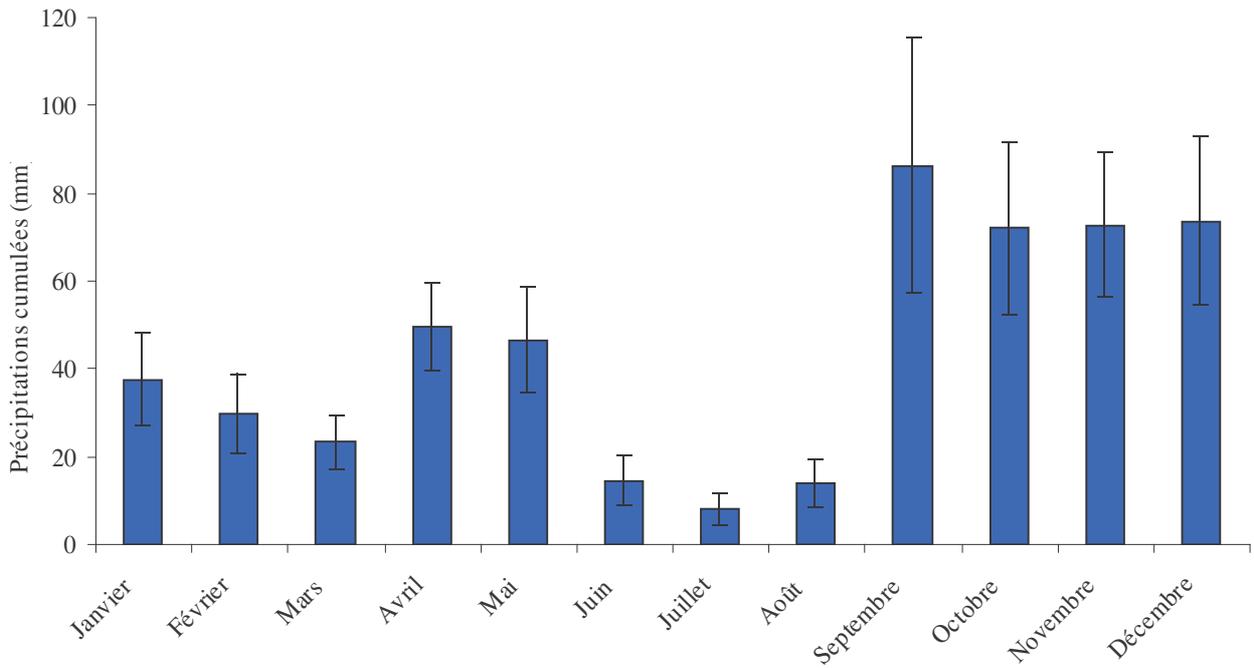


Figure 10: Pluviométrie mensuelle cumulée moyennée de 2000 à 2009 (\pm SE) sur l'ensemble des 25 pluviomètres répartis sur l'ensemble du territoire marseillais (Source : SERAM-DEA)

Intensité de la pluie

La Figure 11 présente l'intensité mensuelle moyenne et maximale de la pluie sur 6 min entre 2000 et 2009.

C'est en automne que cette intensité est la plus élevée avec un maximum atteint en septembre (6,2 mm ; max =12 mm). Des intensités élevées peuvent également être observées en saison estivale.

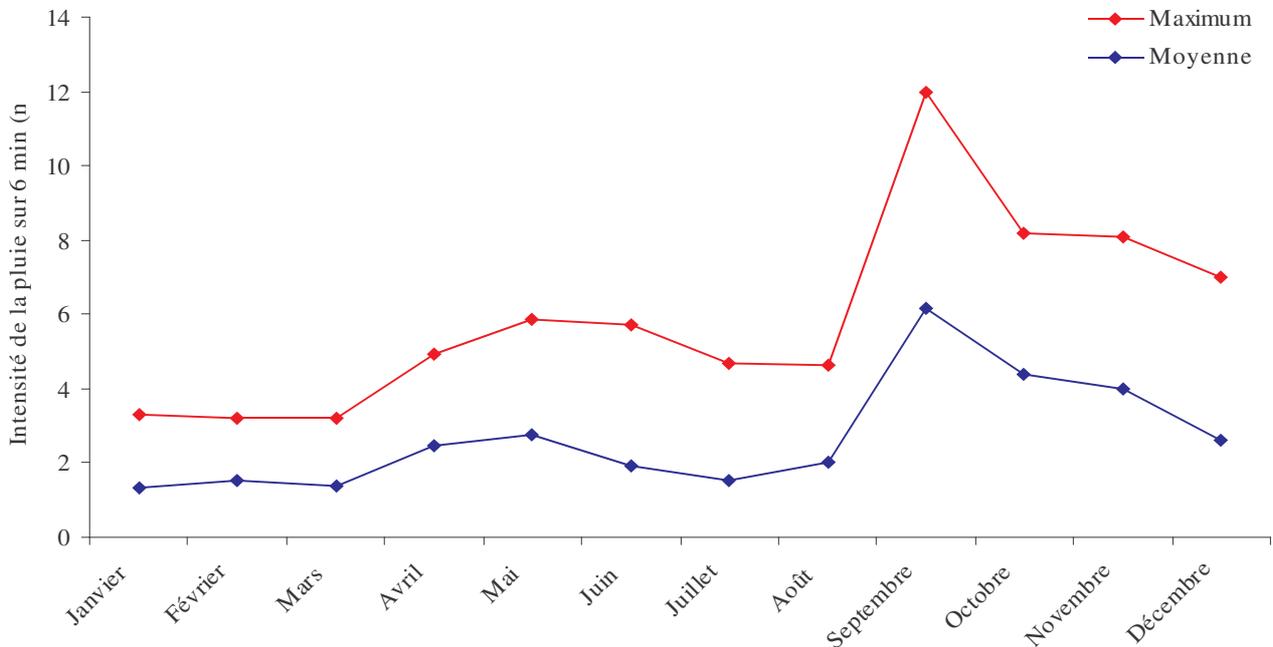


Figure 11: Intensité mensuelle moyenne et maximale de la pluie sur 6min de 2000 à 2009 sur l'ensemble des 25 pluviomètres répartis sur l'ensemble du territoire marseillais (Source: SERAM-DEA)

L'ensemble des données des 25 pluviomètres est utilisé pour décrire la pluviométrie générale ; cependant la pluviométrie locale doit être étudiée afin voir l'influence de celle-ci à proximité de la zone de baignade car c'est elle qui influe sur le réseau d'assainissement localement.

Il convient de définir pour la zone de baignade Huveaune le pluviomètre le mieux adapté. Il a été choisi de prendre en considération le pluviomètre le plus proche de la zone de baignade qui est représentatif de l'impact direct sur la plage ; il s'agit du pluviomètre **Vernet**. Les données de ce pluviomètre sont utilisées dans les analyses statistiques.

Distribution de la fréquence des pluies

Afin de définir des mesures de gestion cohérentes avec la fréquence des pluies sur le site, la distribution de la fréquence des pluies journalières est étudiée durant la saison balnéaire (de mai à septembre) pour différentes classes d'intensité. Les données traitées sont issues du pluviomètre Vernet de 2000 à 2009.

La moitié des pluies journalières entre 2000 et 2009 en saison estivale sont d'intensité inférieure à 2mm.

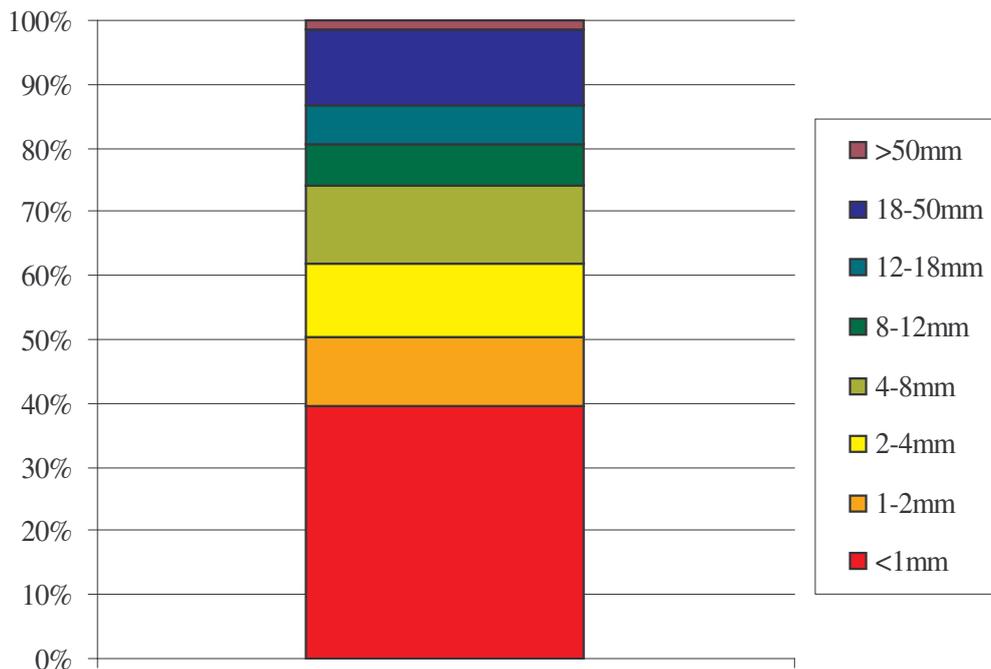


Figure 12: Distribution de la fréquence des pluies journalières durant la saison balnéaire pour différentes classes d'intensité – Pluviomètre Vernet – 2000 à 2009 (Source: SERAM-DEA)

3.1.4.2 VENT

Le vent en agissant sur le déplacement des masses d'eau et la formation de la houle, a un rôle sur le devenir de la pollution : son déplacement mais aussi sa dilution dans le milieu marin.

Une analyse fréquentielle des vitesses et des directions du vent, mesurées à la Station Météo France située au niveau de l'Hippodrome de Marseille, a été réalisée sur les données du 1^{er} mai au 30 septembre de 2005 à 2009.

Caractéristiques des vents entre 2005 et 2009

La rose des vents ci-dessous présente la direction et l'intensité moyenne du vent enregistré par la station de Météo France entre Mai et Septembre de 2005 à 2009 (Figure 13).

Elle indique que la majorité des vents sont des vents de secteur Nord/Nord-Ouest et Sud-Est. Les vents de Nord-Ouest atteignent des intensités moyennes supérieures à 8m/s.

Les mêmes tendances s'observent entre les différentes saisons (Figure 14).

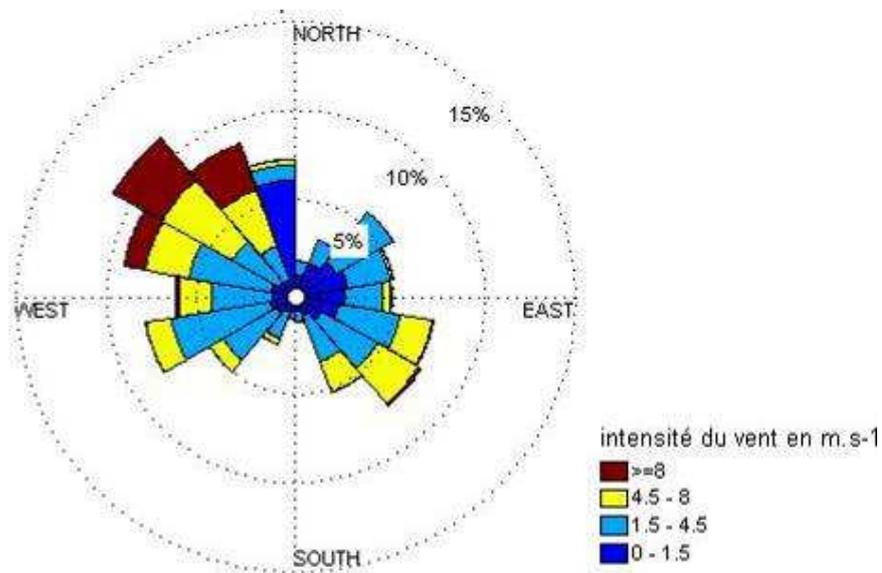


Figure 13: Rose des vents (direction de provenance du vent) entre début Mai et fin Septembre de 2005 à 2009, données mesurées à la station de l'hippodrome de Marseille (Source: Météo France)

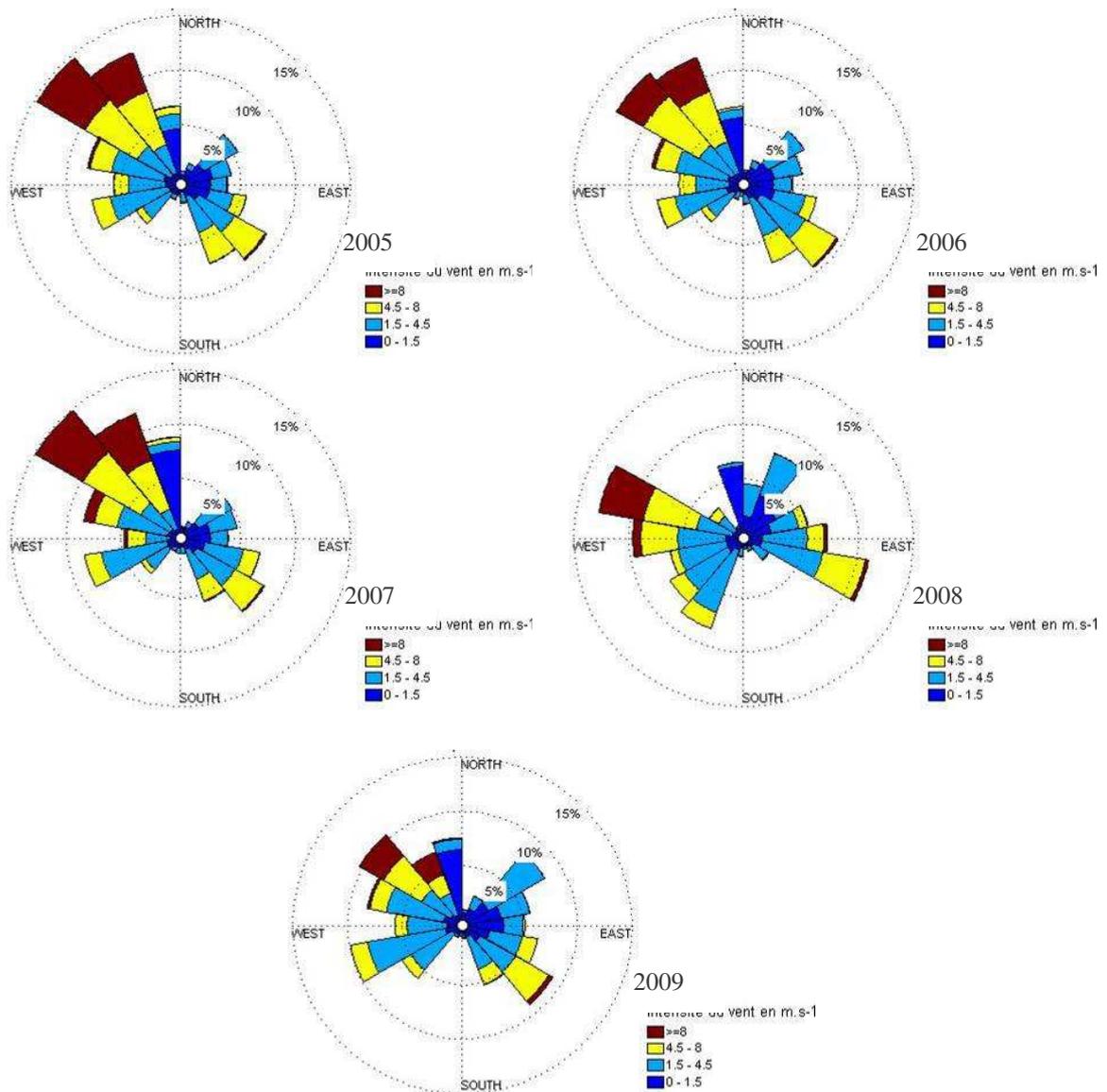


Figure 14 : Roses des vents (direction de provenance du vent) du 1^{er} mai au 30 septembre pour chaque saison balnéaire de 2005 à 2009, données mesurées à la station de l'hippodrome de Marseille (Source : Météo France)

L'analyse des secteurs de vent majoritairement rencontrés durant la saison balnéaire est essentielle à la compréhension de certains résultats bactériologiques mise en évidence dans l'analyse statistique.

Cette étude permet également de définir les différents secteurs de vent définis dans les scénarii de modélisation.

Le nombre de pluies rencontrées pour différents secteurs de vents ainsi que différents cumuls de pluie sont présentés dans le Tableau 2.

Cette analyse montre que la majorité des pluies sont associées à des vents de secteurs Est-Sud/Est et Ouest-Nord/Ouest.

Tableau 2: Nombre de pluies observées par secteurs de vent pour différents cumuls de pluie

Direction du vent	Nombre de pluies	[0 ; 4[	[4 ; 12[	[12 ; 18[	[18 ; 26[	> 26
N	5	2	3	0	0	0
NE	4	3	0	1	0	0
E	20	9	6	0	2	3
SE	18	7	7	2	1	1
S	7	5	1	1	0	0
SO	8	6	1	0	0	1
O	16	12	1	2	0	1
NO	24	16	4	0	3	1

3.2 CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES

La géologie et la pédologie influencent le régime hydrographique de la région, donc, le drainage des polluants, leur rejet via les cours d'eau ainsi que leur présence dans les eaux souterraines.

3.2.1 GÉOLOGIE – HYDROGÉOLOGIE

La perméabilité d'un sol est fonction de sa nature géologique et donc du type de roche. Les sols perméables permettront l'infiltration d'eau dans le sol créant une nappe. Les sols imperméables favoriseront le ruissellement des eaux de précipitations vers les cours d'eau, augmentant leur débit.

La zone d'influence de l'Huveaune est constituée de roches perméables, calcaires, marnes et gypses entrecoupées par un cordon imperméable composé d'argile.

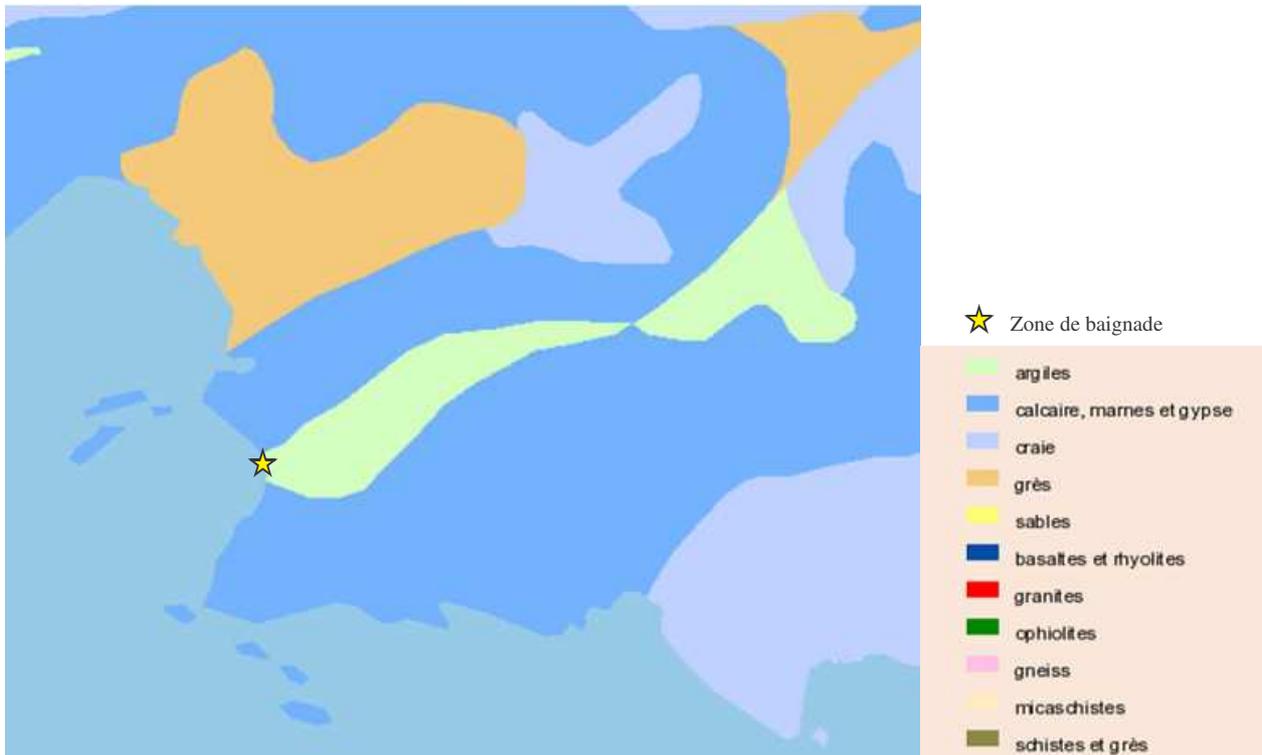


Figure 15: Carte lithologique simplifiée 1/1 000 000 (Source : Infoterre, BRGM)

3.2.2 HYDROGÉOLOGIE – AQUIFÈRES

Dans le cadre de la Directive Cadre Européenne sur l’Eau, le périmètre d’influence inclut 4 masses d’eaux souterraines (Figure 16).

Les masses d’eau susceptibles d’influencer la zone de baignade Huveaune sont les masses d’eaux 6312 voire 6215.

Une influence de la masse d’eau 6215 peut être envisageable uniquement s’il existe des échanges avec la nappe aquifère ; ce qui paraît peu probable compte tenu du fait que le sol est constitué d’argile.

Les caractéristiques de ces masses d’eau sont résumées dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Caractéristiques générales des masses d’eau souterraine de la zone d’étude

Nappes souterraines	6312	6215
Nom	Alluvions de l’Arc de Berre et de l’Huveaune	Formations oligocènes région de Marseille
Type	Alluvial	Dominante sédimentaire
Surface à l’affleurement (km ²)	89	256
Caractéristiques secondaires	Ecoulements poreux libres	Ecoulements libres ou captifs majoritairement captifs
Vulnérabilité face aux pollutions	Vulnérabilité limitée	Vulnérabilité limitée

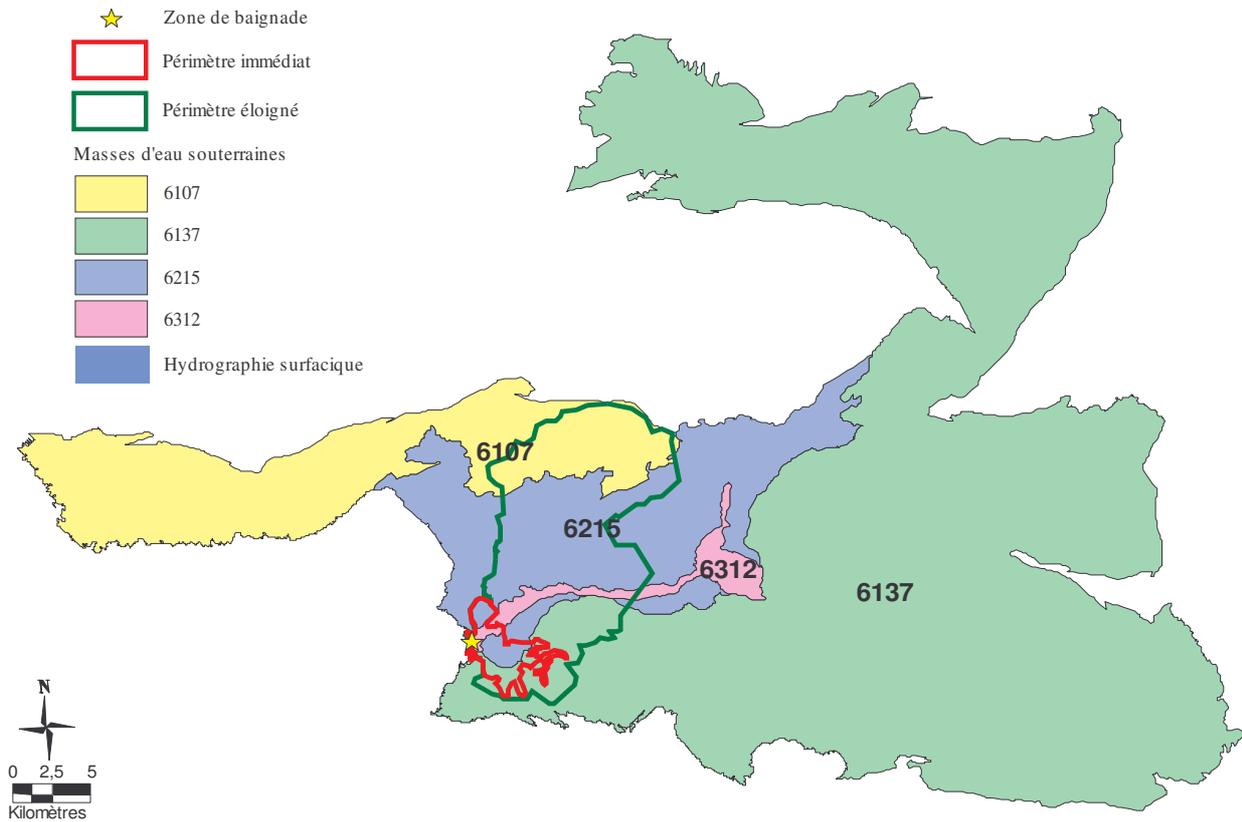


Figure 16: Localisation des masses d'eau souterraine de la zone d'étude (Sources : DIREN PACA, ARS PACA)

La masse d'eau 6215 ne présente aucune résurgence connue à proximité de la zone de baignade ou dans un cours d'eau pouvant influencer sa qualité contrairement à la masse d'eau 6312 qui présente une résurgence en aval du pont de Saint Giniez (Figure 17).

La qualité bactériologique de cette masse d'eau est présentée dans le paragraphe 4.8 Apports via les masses d'eau

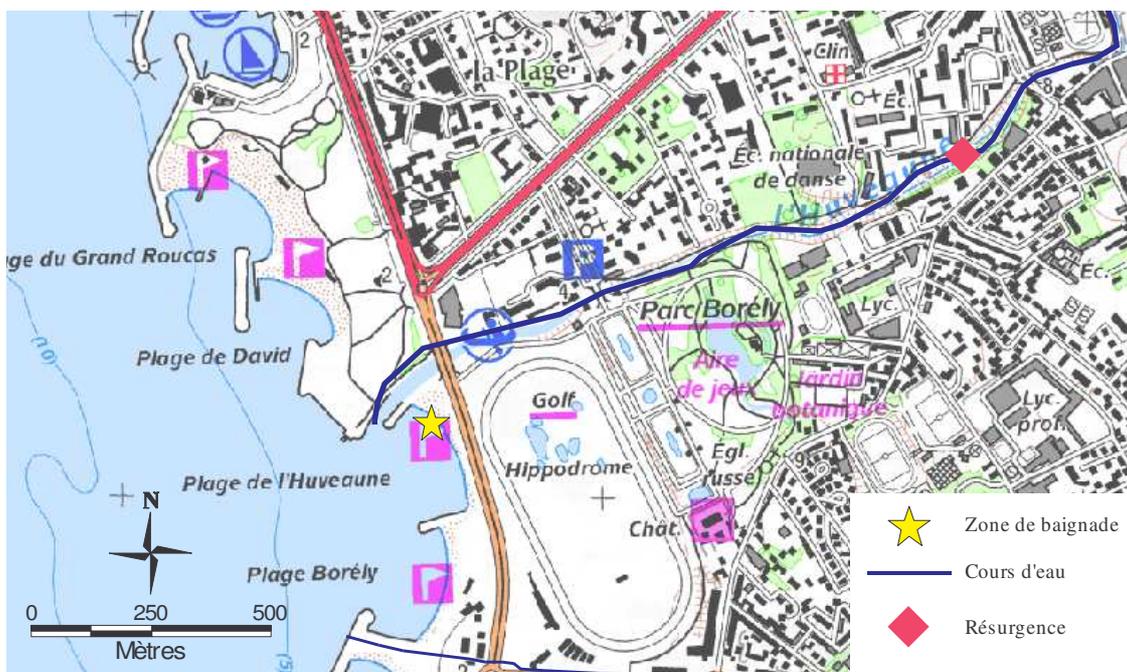


Figure 17: Localisation de la résurgence de la masse d'eau souterraine 6315 (Source: IGN)

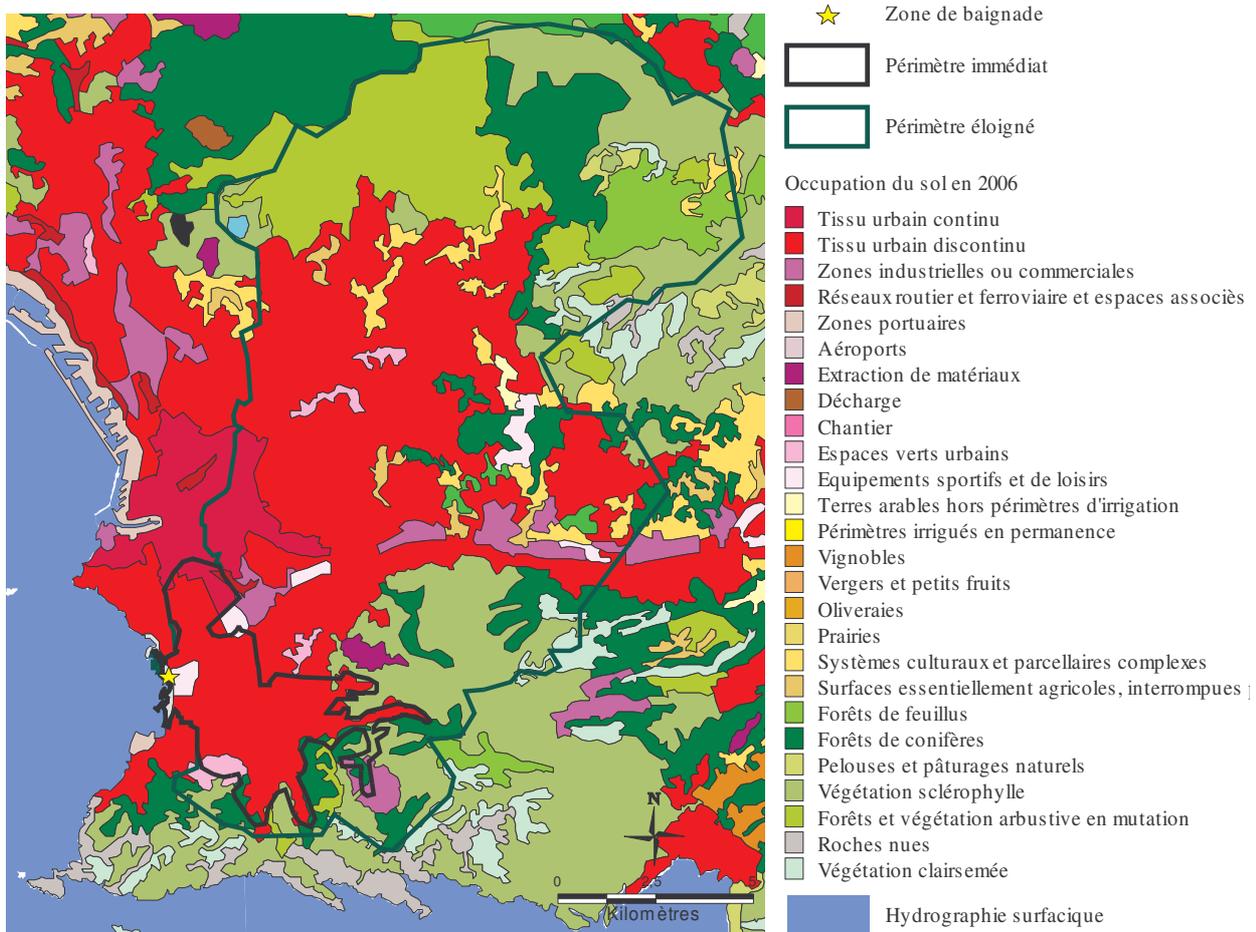


Figure 19: Occupation du sol de la zone d'étude (Source: Corine Land Cover 2006)

Tableau 4 : Occupation du sol de la zone d'étude (Source : Corine land Cover 2006)

Type	Surface en km ²	% Surface du périmètre immédiat	% Surface du périmètre éloigné
Forêts et milieux semi naturels	138	10,1	43
Territoires artificialisés	173	90,6	53
Territoires agricoles	11	0	3,5
Plages, dunes et sables	1,2	0,3	0,4
Surfaces en eau	0,25	0	0,1

Le périmètre d'influence de la zone de baignade Huveaune présente de fortes pentes en amont. Cependant, celles-ci drainent les sols de zones plutôt rurales perméables ; de ce fait le ruissellement des eaux y est amoindri.

A l'inverse, le périmètre immédiat de la zone de baignade Huveaune présente des pentes moins fortes mais une couverture au sol composée de tissus urbains imperméables ; ainsi la vitesse de ruissellement y est accélérée ; la survie des bactéries jusqu'à la zone de baignade est de ce fait favorisée ; la charge bactérienne sera moins abattue.

Conclusion générale des caractéristiques géologiques :

La prédominance de zones urbaines confère au sol une forte imperméabilité ; l'infiltration de l'eau est donc plus difficile vers les sous-sols. Ainsi, la qualité de l'eau de baignade sera directement impactée plutôt par les rejets du réseau d'eaux usées et les eaux de ruissellement que par des eaux d'infiltrations.

3.3 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Sur le plan hydrodynamique, les phénomènes susceptibles de conditionner directement ou indirectement le transport des masses d'eau dans la zone d'étude sont : la bathymétrie, la circulation générale, le vent, les marées et la houle.

3.3.1 BATHYMÉTRIE

Pour comprendre la répartition des courants sur un plan d'eau, il est essentiel d'avoir une bonne représentation de la forme du fond marin.

A Marseille, les caractéristiques morphologiques sont fortement accidentées ; en effet, le plan d'eau marseillais se compose de deux rades parsemées de plusieurs îles. Ces reliefs sous-marins contribuent à canaliser les écoulements.

Pour représenter au mieux les variations bathymétriques, les grilles de calculs des modèles réalisés ont une très haute résolution spatiale.

Les données bathymétriques employées pour réaliser ces terrains bathymétriques ont une large couverture spatiale et une très haute résolution.

3.3.2 MARÉES

En Méditerranée, les marées sont de faibles amplitudes. Leur hauteur est de quelques dizaines de centimètres.

L'influence de la marée sur le devenir d'une pollution dans la zone de baignade est jugée non significative. De ce fait, l'importance relative des autres forçages est d'autant plus marquée.

3.3.3 LES VAGUES

Les pollutions dont il est essentiel de décrire le devenir, sont le plus fréquemment introduites au niveau du trait de côte.

Un des forçages majeur de l'hydrodynamique littoral provient du déferlement des vagues à l'approche de ce trait de côte.

Ainsi, l'influence des vagues sur la circulation côtière est prise en compte dans la stratégie de modélisation hydrodynamique.

Le modèle SWAN est employé pour représenter conjointement la génération locale de la mer de vent et la propagation de la houle du large vers la côte.

L'hydrodynamique intègre l'effet des vagues sur les courants côtiers qui déterminent le devenir d'une pollution bactériologique.

3.3.4 ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER

Les fluctuations du niveau marin induisent des courants en milieu peu profond.

A Marseille, l'amplitude de variation du niveau de la mer est relativement faible (environ 60 cm mesuré au niveau du vieux port) et dépend essentiellement des variations de pression atmosphérique.

D'une part, les conditions aux limites en élévation de surface adoptées dans la stratégie de modélisation tiennent compte de ces variations (modèle MENOR) ; d'autre part, les variations de pression atmosphérique sont également imposées au sein des modèles hydrodynamiques.

Les effets de la pression atmosphérique sur la génération des courants sont intégrés dans la solution du modèle hydrodynamique.

3.3.5 COURANTOLOGIE

3.3.5.1 COURANTOLOGIE GÉNÉRALE

La mer Méditerranée est une mer presque entièrement fermée communiquant avec l'Atlantique par le détroit de Gibraltar. Sa superficie est de 2,5 millions de km², elle présente une profondeur moyenne de 1 500 m avec un maximum atteignant 5 121 m au niveau de la fosse Matapan.

En Méditerranée occidentale, la circulation générale est notamment caractérisée par la présence d'une large circulation cyclonique occupant le bassin Liguro-Provençal.

Cette circulation est principalement conditionnée par la formation hivernale d'eau profonde dans le golfe du Lion (Madec et Crépon, 1991) et par les régimes de vent de Mistral et Tramontane.

La branche côtière de cette circulation est le courant Liguro-Provençal-Catalan, dénommé Courant Nord par Millot (1990) qui longe d'Est en Ouest les côtes françaises.

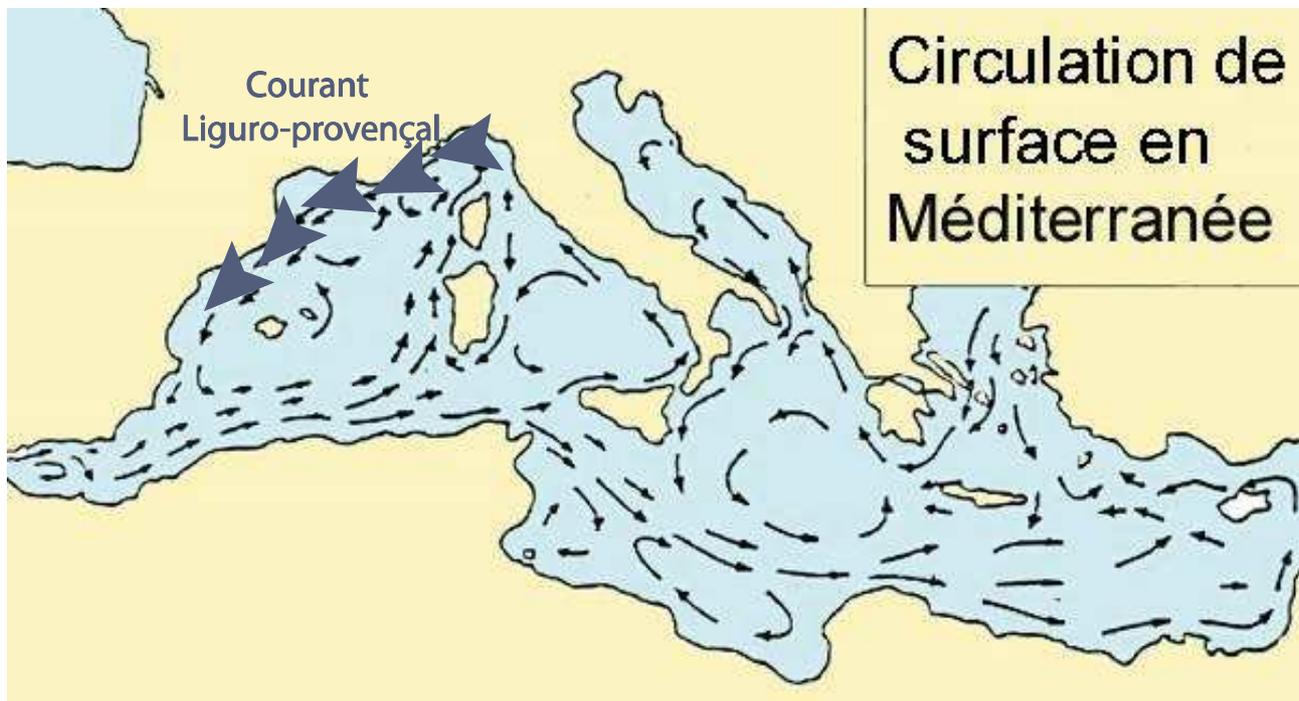


Figure 20: Caractéristiques hydrauliques et circulation des eaux en Méditerranée (Source: Lacombe et Tchernia, 1972)

Ce Courant Nord est présent toute l'année. Il est relativement stable et s'écoule, entre la surface et une profondeur de 200 à 300 m, sous la forme d'une veine large de 20-30 km qui suit la partie supérieure du talus (isobathes 100-300 m). Le Courant Nord est relativement proche de la côte entre Nice et Marseille avant de traverser le Golfe du Lion en direction du Cap Creus. Il influence occasionnellement de manière directe (intrusion) ou indirecte sur les mouvements des masses d'eau du plateau continental.

Les effets de la courantologie grande échelle sont pris en compte dans la solution hydrodynamique côtière par imposition aux limites des modèles côtiers (modèle MOHID) des résultats du modèle MENOR (Ifremer).

La propagation des pollutions calculée par le modèle côtier tient compte de la circulation hauturière.

3.3.5.2 COURANTOLOGIE LOCALE

Une bonne connaissance du fonctionnement hydrodynamique locale permet :

- D'évaluer la vulnérabilité d'une zone de baignade aux différentes sources de pollution;
- D'évaluer l'impact des différents forçages de la dynamique (vent, débits) dans le transport de pollutions vers la plage afin de pouvoir prévoir le risque de pollution en fonction des facteurs environnementaux en complément de l'approche statistique réalisé dans les profils. La modélisation permet d'évaluer le déplacement d'une pollution dans l'espace et dans le temps.
- De mettre en place une stratégie optimale de gestion active des eaux de baignade durant la saison estivale en complétant l'analyse de risque réalisée dans le profil.

3.4 SYNTHÈSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA ZONE DE BAIGNADE

La zone de baignade Huveaune est relativement vulnérable aux pollutions. En effet, située en milieu semi-ouvert, la pollution aura tendance à persister plus longtemps dans le milieu.

De plus en fonction du vent, la pollution aura tendance à être déplacée vers le large ou être plaquée vers la côte pouvant ainsi augmenter la persistance de la pollution au niveau de la zone de baignade.

Cette vulnérabilité est accrue par temps de pluie. En effet, la prédominance de zones urbanisées à proximité immédiate de la plage, confèrent au sol une forte imperméabilité ; la vitesse de ruissellement y est donc accéléré et la survie des bactéries jusqu'à la zone de baignade favorisée.

De plus, la zone de baignade est sous l'influence du ruisseau de Bonneveine et de l'Huveaune qui retrouvent leur cours naturel pour différentes intensités de pluie et peuvent être responsables d'apports de pollutions.

Sur le plan hydrodynamique, les phénomènes susceptibles de conditionner directement ou indirectement le transport des masses d'eau dans la zone d'étude sont : la bathymétrie, la circulation générale, le vent, les marées et la houle. Ces différents paramètres sont ainsi pris en compte dans la modélisation mise en place dans le cadre de la réalisation des profils de la Ville de Marseille.

4 IDENTIFICATION DES SOURCES DE POLLUTIONS BACTERIOLOGIQUES

Le profil doit recenser toutes les sources de pollution présentes sur la zone d'étude, cette partie présente la synthèse de ce recensement pour la plage Huveaune, concernant le risque microbiologique (*Escherichia coli* et entérocoques).

4.1 CONTEXTE URBAIN

L'étude de la population de la commune de Marseille a pour but d'évaluer la pression induite sur la qualité des eaux de baignade notamment de manière indirecte via le réseau d'assainissement, liée aux fortes variations de population.

La commune de Marseille, d'une superficie de 240 km², fait partie de la Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole. A l'heure actuelle, plus d'un million d'habitants ont été recensés sur cette communauté sur une superficie de 67 500 hectares.

La majorité de la population de la CUMPM se concentre à Marseille qui recense près de 840 000 habitants au dernier recensement en 2006. Ceci représente près de 82% de la population du territoire de la communauté. En 2006, la densité de 3 487 habitants au km² était largement supérieure à la densité nationale (112 hab/km²) ; La pression sur le milieu est donc importante.

4.1.1 ÉVOLUTION DE LA POPULATION

La commune de Marseille gagne en moyenne 5 802 habitants par an entre 1999 et 2006. Si ce rythme de croissance demeure constant dans le temps, en 2015 Marseille comptera 891 200 habitants.

Tableau 5: Statistiques des populations (Source: INSEE)

Commune	Population 1999	Population 2006	Taux de croissance	Superficie (km ²)	Densité 1999 (hab/km ²)	Densité 2006 (hab/km ²)
Marseille	797 491	839 043	5,2	240	3 314	3 487

La zone de baignade Huveaune située au centre de la zone urbaine subit ainsi une pression anthropique importante. Ceci est à relier avec la fréquentation de cette plage qui est en moyenne de 1970 personnes par jour, représentant une densité de 0,33 individus/m².

4.1.2 LOGEMENTS

Le nombre de résidences secondaires est un bon indicateur de la fréquentation en période de congés, de week-ends et donc pendant la période estivale.

Le tableau ci-dessous présente les données concernant les logements pour Marseille. Nous pouvons constater un accroissement du nombre des résidences principales (liée à l'augmentation de la population) et une légère diminution du nombre de résidences secondaires.

Tableau 6: Données concernant la typologie des logements à Marseille (Source : INSEE)

Marseille	Nombre en 1999	Nombre en 2006	Evolution en %
Résidences principales	346 820	369 726	6,2
Résidences secondaires	6 533	6 405	- 2,0
Logements vacants	32 265	29 517	- 9,3
Total	385 618	405 648	4,9

La proportion de pression sur le réseau d'assainissement est relativement homogène dans le temps.

4.1.3 ESTIMATION DE LA CAPACITÉ D'ACCUEIL ESTIVAL DE MARSEILLE

A Marseille, l'offre en hébergement est diversifiée. Elle se compose d'un important parc hôtelier, d'un vaste parc de meublés, de résidences de tourisme et de chambres d'hôtes. Les hôtels et les résidences de tourisme sont les principaux modes d'hébergement en termes de capacité. Ils représentent à eux seuls près de 83% de la capacité d'accueil des hébergements marchands de la ville.

Malgré cela la capacité d'accueil estival est relativement limitée (7477 places).

Tableau 7: Offre d'hébergement à Marseille par type d'hébergement (Source : observatoire local du Tourisme à Marseille chiffres de 2008)

Type d'hébergement	Etablissements	Part	Capacité d'accueil	Part
Hôtels homologués	83	31,9 %	4 914	65,7 %
Résidences de tourisme	5	1,9 %	1 254	16,8 %
Résidences hôtelières	4	1,6 %	646	8,6 %
Meublés	157	60,4 %	574	7,7 %
Chambres d'hôtes	11	4,2 %	89	1,2 %
Total hébergement	260	100 %	7 477	100 %

Conclusion générale du contexte urbain

La fréquentation de la plage est essentiellement constituée par les habitants de la ville de Marseille. Au vu de la densité de personne sur la zone de baignade, l'influence de l'homme sur la qualité de l'eau de baignade est à considérer.

En moyenne, 1970 personnes par jour fréquentent la zone de baignade Huveaune. Considérons un pic de fréquentation entre 12h et 16h où 80 % de ces personnes sont présentes sur la zone de baignade et où 40 % des personnes présentes sont dans l'eau ; ce qui correspond à 630 baigneurs.

Une étude de quantification des apports en bactéries fécales par les baigneurs a été menée en 2009 par Elmir. Les apports pour un baigneur peuvent être estimés à 2×10^7 *Escherichia coli* et entre $2,6 \times 10^4$ à $5,5 \times 10^6$ entérocoques.

Le risque de contamination inter humaine peut également conditionner le risque bactériologique. En eau confinée, la promiscuité fait peser un risque de contamination entre baigneurs. La densité des baigneurs et le renouvellement de l'eau sont des éléments essentiels à investiguer et évaluer spécifiquement.

Ainsi il convient de déterminer le volume d'eau alloué à un baigneur. Si ce volume excède le seuil requis, on suppose qu'il y a peu de risque de contamination interhumaine.

Les seuils sont les suivants :

- 20 m^3 par baigneur si la surface de baignade est $>$ à 5000 m^2
- 15 m^3 par baigneur si la surface de baignade est comprise entre 1500 et 5000 m^2
- 10 m^3 par baigneur si la surface de baignade est $<$ à 1500 m^2

Les baigneurs ne sont pas répartis uniformément dans la zone de baignade, mais sont principalement regroupés dans les 50 premiers mètres à partir du bord. Considérant cette surface, le seuil pour la zone de baignade Huveaune est de 20 m^3 .

Le volume d'eau alloué par baigneur est de 16 m^3 . Ainsi il y a un risque de contamination interhumaine.

4.2 CONTEXTE AGRICOLE

L'étude du contexte agricole permet d'évaluer la pollution liée au drainage des sols. En effet, l'agriculture peut être responsable d'apports bactériologiques notamment par les sites d'élevage, mais aussi les surfaces agricoles soumises à épandages de boues ou compost, tandis que les autres surfaces agricoles peuvent être responsables d'apports en azote et phosphore.

La carte ci-dessous représente les zones agricoles de la zone d'étude. Le contexte agricole est relativement limité sur notre périmètre d'étude (3,5 % de la surface totale du périmètre éloigné). La majorité étant représentée par la juxtaposition de petites parcelles de cultures annuelles diversifiées, de prairie et/ou de cultures permanente.

Il est important de remarquer que la surface agricole est plus importante au-delà du périmètre de la zone d'étude considérée. Les surfaces sont essentiellement concentrées de part et autres de l'Huveaune.

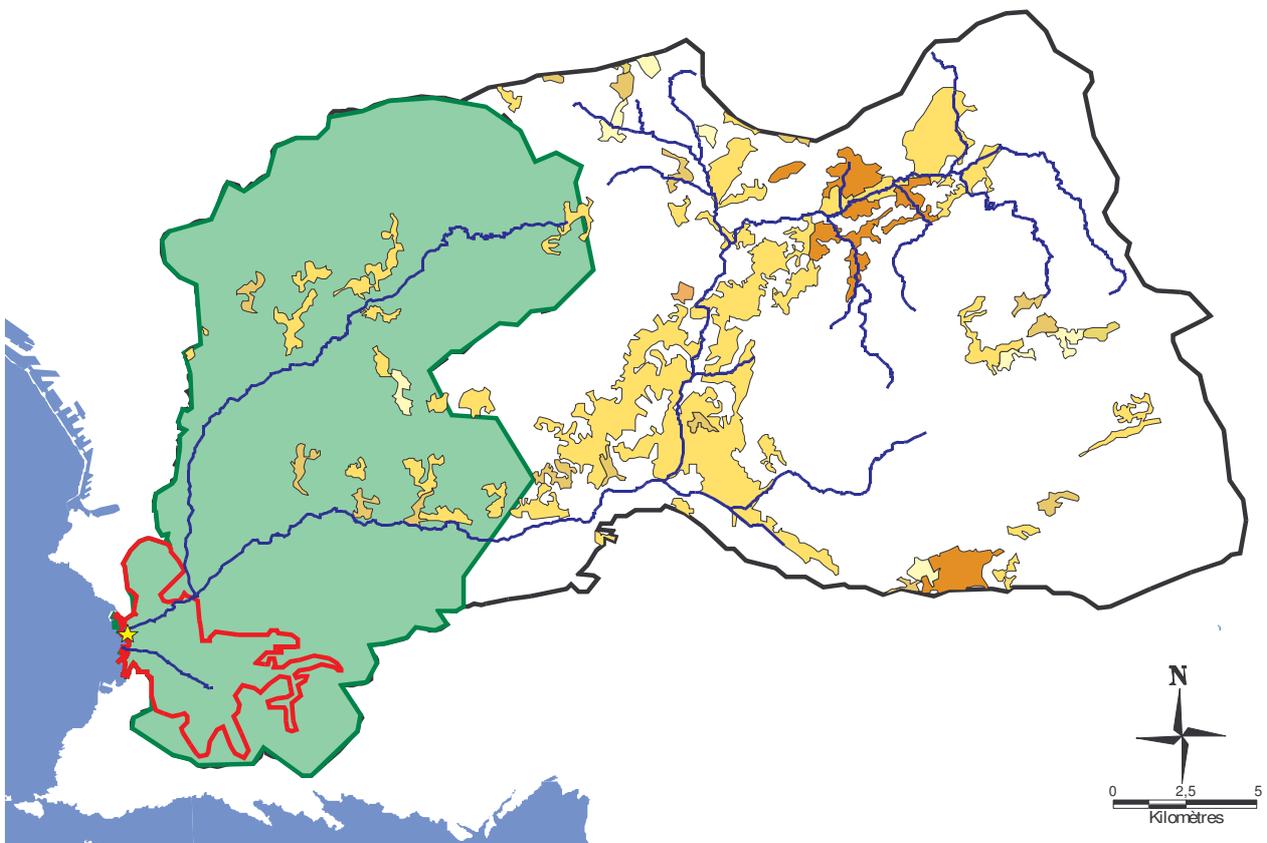
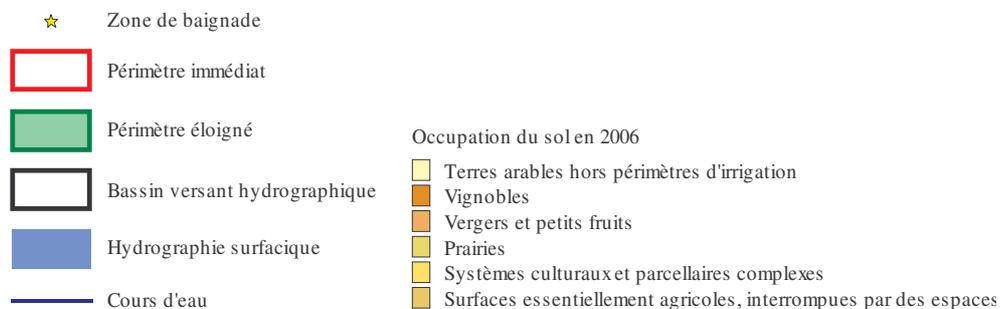


Figure 21: Localisation du contexte agricole (Sources : Corine Land Cover 2006, BD Carthage, ARS)



Au vu de la situation des surfaces agricoles par rapport à la zone de baignade et leurs superficies sur le périmètre d'étude, le risque lié au contexte agricole est relativement faible.

Pour autant la majorité des surfaces agricoles se situent au-delà du périmètre de la zone d'étude considérée. Ces surfaces sont essentiellement concentrées de part et autres de l'Huveaune.

La pollution véhiculée par l'Huveaune en débit de crue concentre celles de l'ensemble du bassin versant hydrographique. Les mesures de réduction des pollutions liés au contexte agricole devront être prise sur l'ensemble du bassin versant hydrographique nécessitant ainsi la fédération des collectivités traversées par le cours d'eau et ses affluents.

4.3 CONTEXTE INDUSTRIEL

Les sites industriels peuvent être des sources potentielles de pollution bactériologique.

La carte ci-dessous localise les principales zones d'activités industrielles sur le périmètre d'étude (Figure 22). Les activités sont aussi diverses que l'industrie alimentaire (sucre, boissons), Stockage de céréales, traitement de surface, mise en décharge et dépôt de ferraille, chimie, parachimie, fabrication de phytosanitaires, pesticides, fabrication de matières plastiques de base, fabrication de produits savonniers mais aussi regroupement et reconditionnement de déchets (Bois, papier et carton).

Ces types d'activités ne sont pas responsables de pollutions bactériologiques.

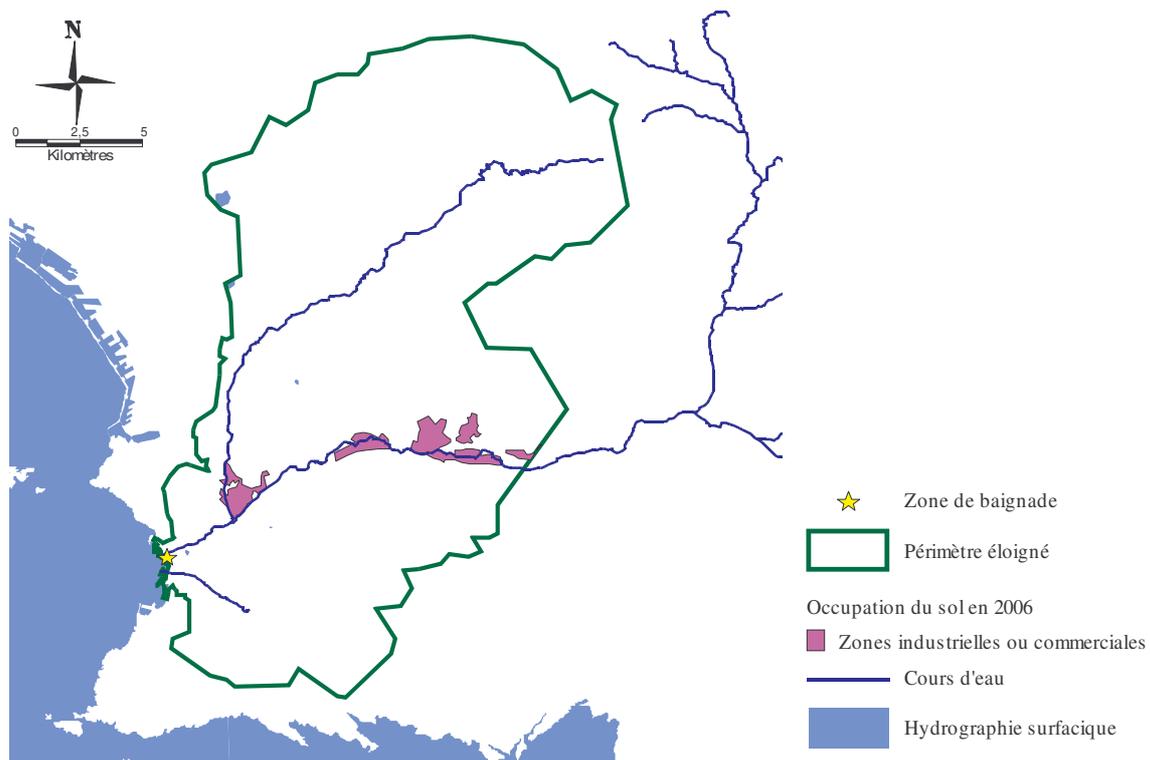


Figure 22: Localisation du contexte industriel (Sources : Corine Land Cover 2006, BD Carthage®)

4.4 CONTEXTE DE L'ASSAINISSEMENT

4.4.1 CONTEXTE GÉNÉRAL

Depuis le 1^{er} Janvier 2001, un contrat de Délégation de Service Public d'une durée de 12 ans a été confié à la SERAM par Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole.

La délégation concerne l'ensemble du système d'assainissement de Marseille qui comprend :

- le réseau d'assainissement unitaire et séparatif implanté sur le territoire de la Commune de Marseille,

- l'entretien des ruisseaux inscrits à l'inventaire,
- les deux unités de la station d'épuration de Marseille ainsi que la station d'épuration de l'île du Frioul,
- ainsi que le réseau d'eaux pluviales de la ville de Marseille.

Un Service Public d'Assainissement Non Collectif (SPANC) est mis en place sur la Communauté Urbaine. La SERAM a été chargée du diagnostic des installations sur le territoire de Marseille (En 2009, 83 % des installations ont été contrôlées).

4.4.2 ASSAINISSEMENT DES EAUX USÉES

4.4.2.1 COLLECTE DES EAUX USÉES

Le réseau d'assainissement de la ville de Marseille est de type unitaire au niveau du centre ville et séparatif sur sa périphérie (Figure 23).

Le réseau des eaux usées est composé de réseaux principaux débouchant à la station d'épuration. Il s'agit du Collecteur Littoral Nord, du Collecteur Périphérique, des Collecteurs des vallées de l'Huveaune et du Jarret et du Collecteur Littoral Sud.

La collecte des eaux usées de la commune de Marseille est assurée par un linéaire de 1723,01 km (Rapport Annuel du Délégué, 2009).

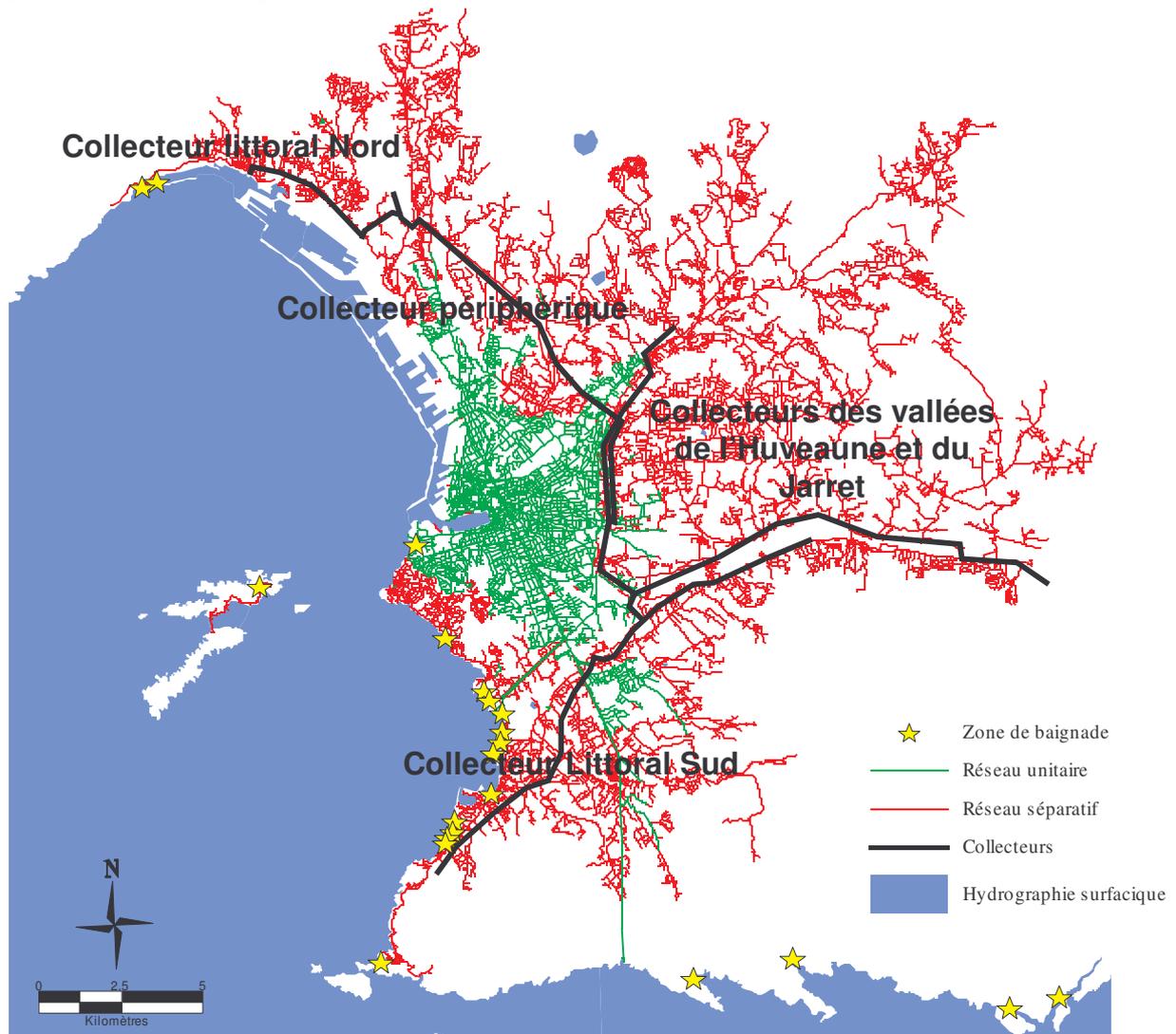


Figure 23: Plan du réseau d'eaux usées de Marseille (Sources : SERAM-DEA, BD Carthage, ARS PACA)

A proximité de la zone de baignade Huveaune, le réseau d'assainissement est de type séparatif (Figure 24).

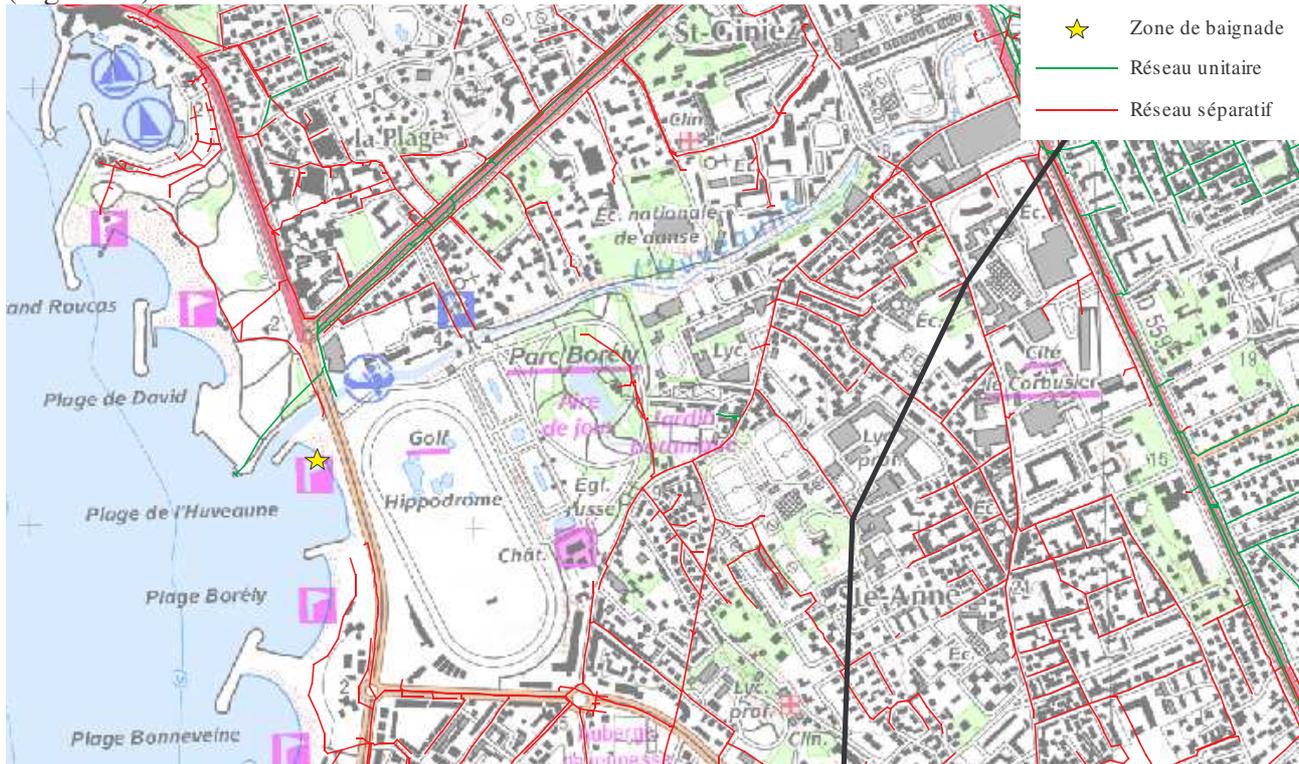


Figure 24: Plan du réseau d'eaux usées à proximité de la zone de baignade Huveaune (Sources: SERAM-DEA, ARS PACA, IGN)

4.4.2.2 REJETS AU NIVEAU DE LA ZONE DE BAINNADE

Les postes de relèvement (PR)

Le réseau d'assainissement est constitué de canalisations légèrement inclinées, pour permettre l'écoulement naturel des effluents. Mais, arrivé à une certaine profondeur, il est nécessaire de « remonter » l'eau, pour pouvoir recommencer à la laisser s'écouler dans une autre canalisation. C'est le rôle assuré par les postes de relèvement.

Ces stations sont réparties sur les réseaux unitaire, séparatif et pluvial.

En collaboration avec la SERAM, les postes de relèvement, situés dans le périmètre immédiat, pouvant impacter la zone de baignade Huveaune ont été recensés. Les éventuels rejets de ces PR se font directement sur la zone de baignade ou via un exutoire du réseau unitaire. Il s'agit des PR CMV4, Muette, Ponson, Gironne, Borely, Hambourg et Bonneveine.

Tableau 8: Caractéristiques des postes de relèvement pouvant impacter la zone de baignade Huveaune (Source : Rapport Annuel du Délégué, 2009)

NOM	Type de réseau	Débit total des pompes (l/s)	Télesurveillance	Déversoir	Volume journalier pompé Eté 09 (m ³ /j)	Rejets
CMV4	Sanitaire	-	NON	NON	-	dans l'Huveaune
Muette	Sanitaire	159	OUI	OUI	2491	via le déversoir Prado
Ponson	Sanitaire	18	OUI	OUI	223	via le déversoir Prado
Gironne	Pluvial	28	OUI	OUI	446	via le déversoir Prado
Borely	Sanitaire	6	OUI	OUI	45	dans l'Huveaune
Bonneveine	Sanitaire	54	OUI	OUI	2047	dans le ruisseau de Bonneveine
Hambourg	Pluvial	21	OUI	OUI	1161	via le ruisseau de Bonneveine

Tous les PR pouvant impacter la zone de baignade Huveaune sont télésurveillés excepté le PR CMV4 situé sur la plage. Ceci permet des interventions rapides de l'exploitant. Ces postes ne sont pas équipés de débitmètre mais uniquement de poire de niveau fournissant une information du type « tout ou rien » (atteinte du niveau déversoir ou non).

Sont également installés des compteurs horaires permettant de comptabiliser le temps de fonctionnement des pompes. 2 relevés sont effectués par an (fin avril et fin septembre).

Les volumes journaliers pompés durant l'été 2009 montrent que les PR Muette et Bonneveine sont ceux qui présentent un risque dans le cas où les pompes se mettraient en défaut.

L'estimation des flux bactériologiques associés aux rejets potentiels est réalisée dans la partie 4.4.7 Détermination des flux bactériologiques.

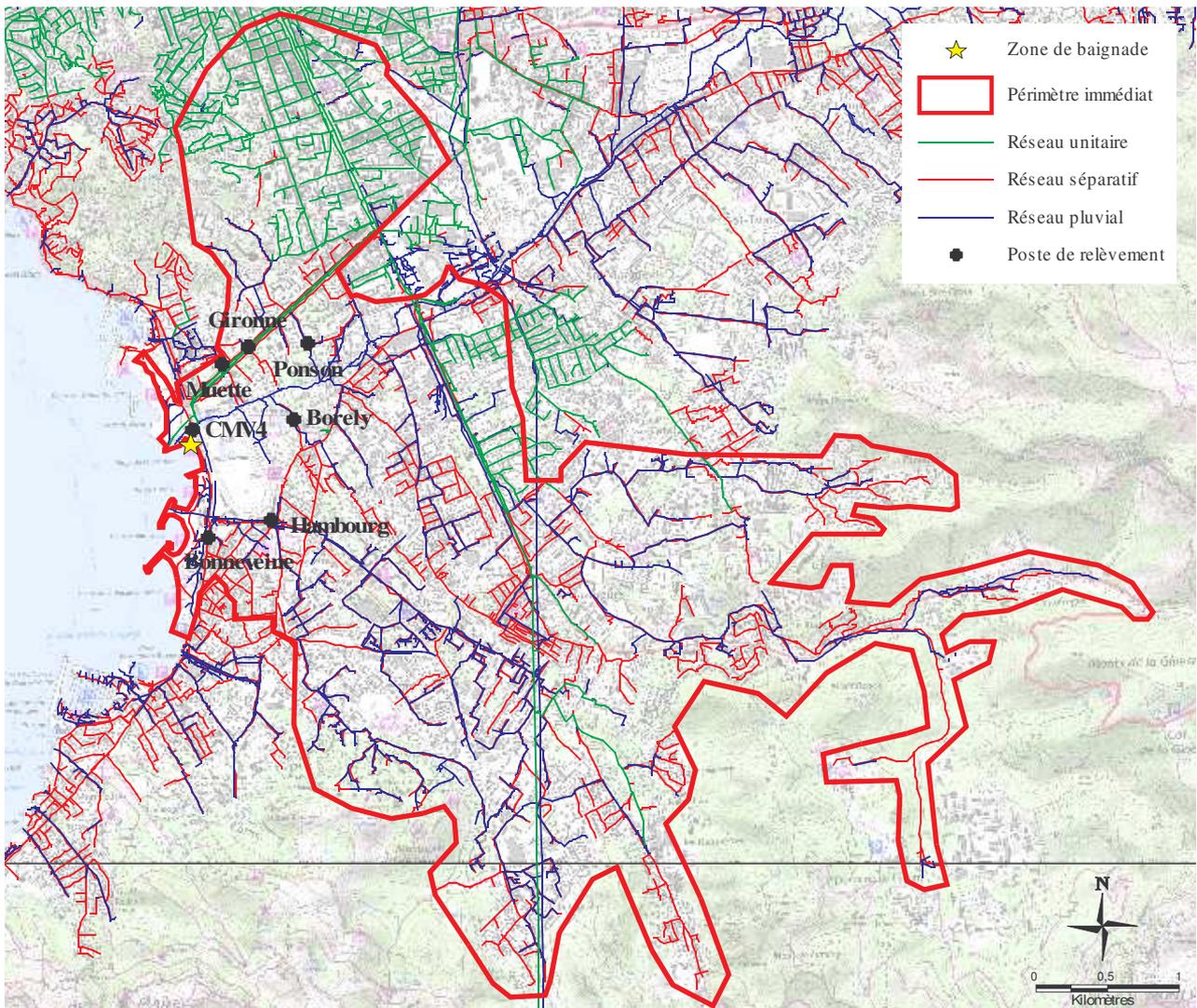


Figure 25: Localisation des postes de relèvement pouvant impacter la zone de baignade Huveaune (Sources : SERAM, IGN)

Les déversoirs d'orage (DO)

Les déversoirs d'orage sont les ouvrages permettant de délester le réseau en cas de pluie. Ils permettent de rejeter une partie des effluents dans le milieu naturel ou dans un bassin de rétention, sans passer par la station d'épuration.

Les déversoirs d'orage dont le rejet a lieu directement à proximité immédiate de la plage Huveaune sont (Figure 26) :

- le déversoir du 1^{er} émissaire communément appelé **Déversoir du Prado** dont l'exutoire est situé en rive droite de l'exutoire de l'Huveaune. Ce déversoir est piloté par un vannage automatisé. La SERAM gère le fonctionnement de ce déversoir en fonction du risque inondations.
- Un autre déversoir parallèle au déversoir du 1^{er} émissaire est présent au niveau de l'Huveaune, il s'agit du **Déversoir du Collecteur 18 bis**.

D'autres déversoirs d'orage peuvent impacter indirectement la zone de baignade Huveaune. En effet, leur rejet a lieu dans le Jarret ou dans l'Huveaune en amont de la vanne barrage de la Pugette.

Tableau 9: Déversoirs d'orage du réseau unitaire pouvant impacter la zone de baignade Huveaune ainsi que l'ouvrage déversant et le lieu du déversement (Source: SERAM-DEA)

	DEVERSOIR	Ouvrage déversant	Rejets
1	Déversoir Prado	Emissaire 1	A proximité de la zone de baignade
2	Prado 2 (Déversoir du collecteur 18 bis)	Collecteur 18 bis	
3	Prado 3	Déversoir Prado	
4	Lazer	Collecteur Lazer	dans l'Huveaune
5	Brossolette	Collecteur 20	vers le Jarret
6	Blancarde	Affluent Collecteur Rive Gauche Jarret	
7	Chave	Affluent Collecteur Rive Gauche Jarret	
8	Sakakini	Collecteur 20	
9	Jeanne d'Arc	Affluent Collecteur Périphérique	
10	Roche Montolivet	Affluent Blancarde	
11	St Pierre	Affluent Collecteur Périphérique	

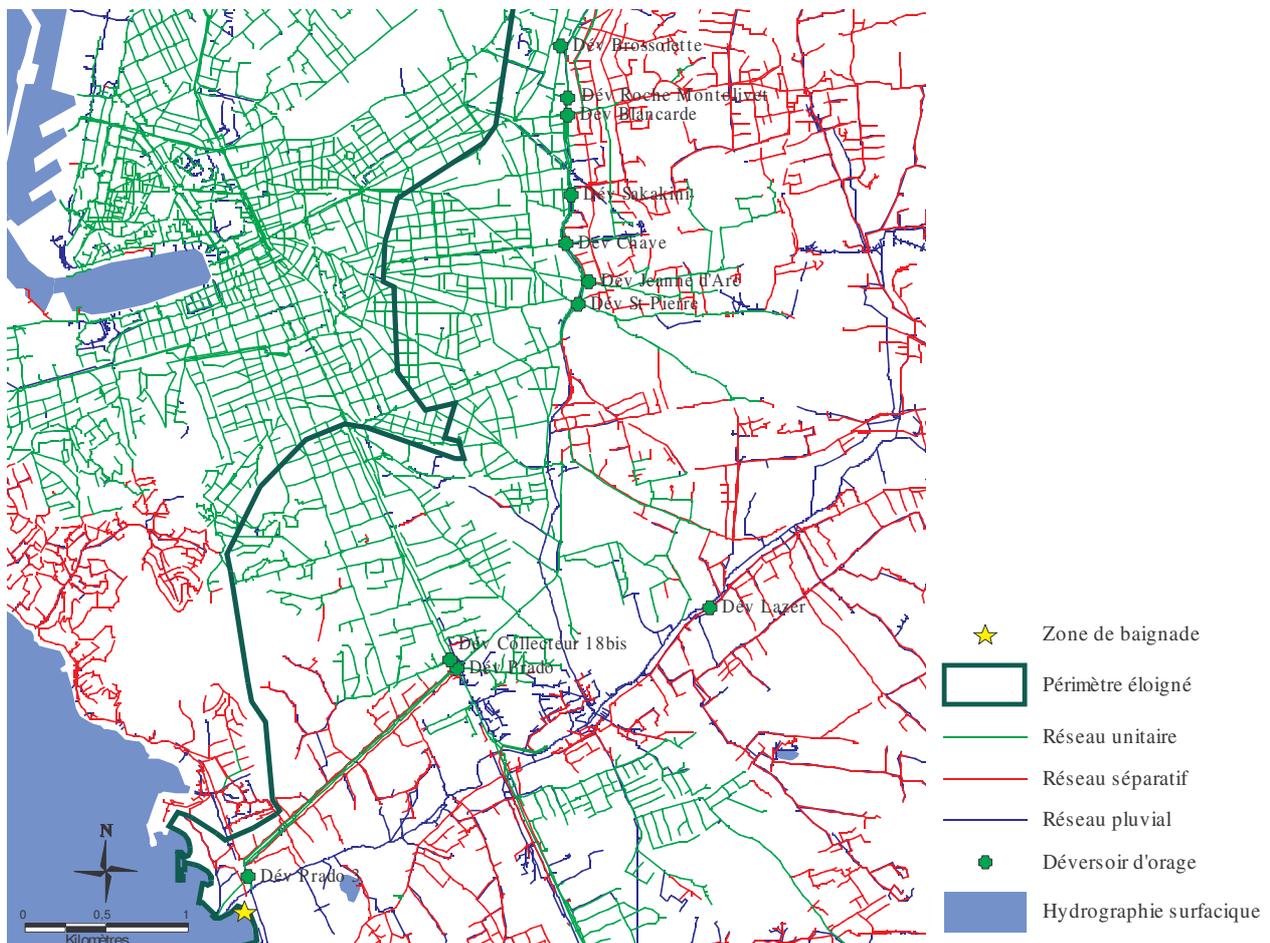


Figure 26: Déversoirs d'orage pouvant impacter la zone de baignade Huveaune (Source : SERAM-DEA)

Les déversoirs d'orage sont une source de pollution par temps de pluie.

Cependant le déversoir du Prado constitue également une source de pollution par temps sec. En effet, suite à un déversement de ce déversoir, il persiste un volume d'eaux stagnantes contaminées entre le déversoir et son exutoire.

La station de pompage Gironne permet de pomper les eaux de temps sec de l'émissaire depuis le rond point du Prado jusqu'à la station et de les envoyer vers la station d'épuration mais des problèmes persistent de la station à l'exutoire.

4.4.3 LA STATION D'ÉPURATION

Le rejet de la station d'épuration s'effectue au niveau de Cortiou.

Une modélisation numérique du devenir de rejets de systèmes d'assainissement communautaires sur le milieu naturel et ses usages a été réalisée par le bureau d'études Safège dans le cadre d'une étude sur l'extension biologique des stations d'épuration de la Communauté Urbaine.

L'ensemble des résultats des simulations conduites sur le rejet de Cortiou permet de conclure que celui-ci n'influence pas les teneurs en germes bactériens de la rade de Marseille.

4.4.4 ASSAINISSEMENT NON COLLECTIF

Le périmètre d'étude de la zone de baignade Huveaune est situé en zone d'assainissement collectif.

Aucun système d'ANC n'est présent dans le périmètre d'étude immédiat de la zone de baignade Huveaune et ne constitue donc pas une source de pollution potentielle.

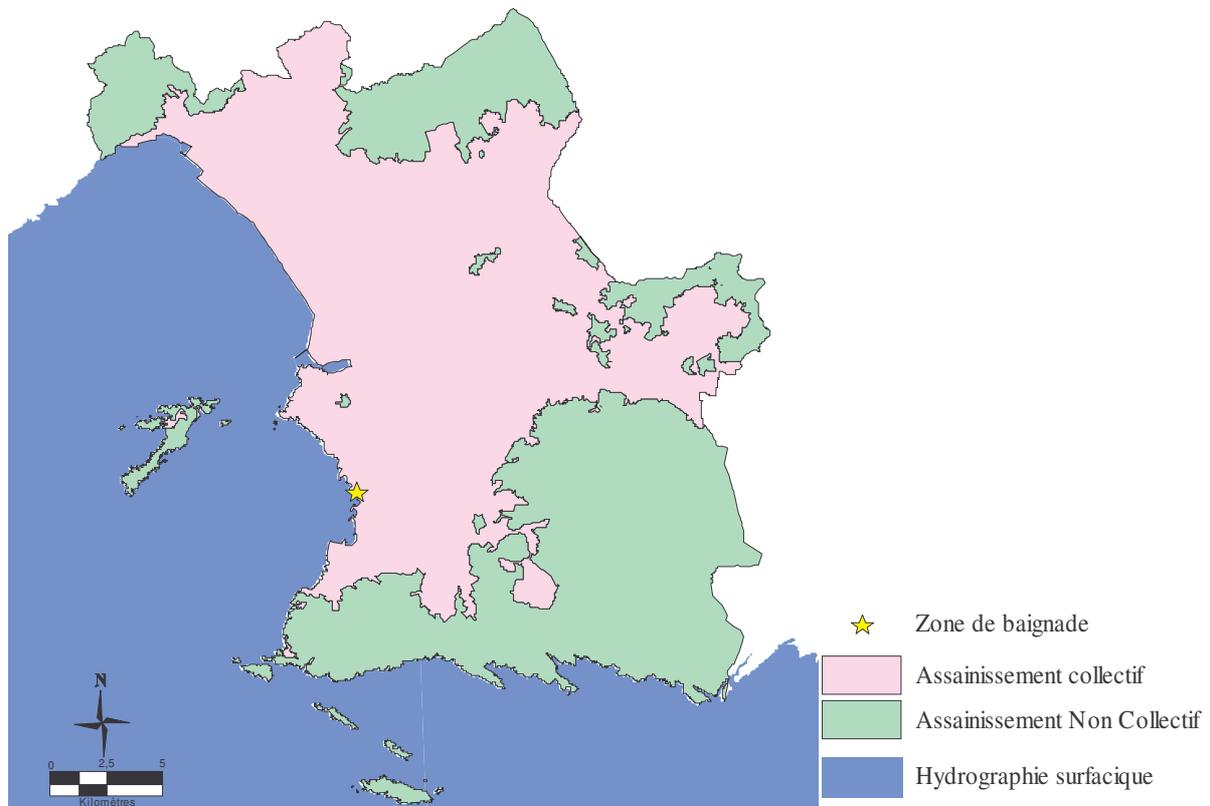


Figure 27: Zonage d'assainissement collectif et non collectif (Sources : SERAM-DEA, BD Carthage, ARS PACA)

4.4.5 RÉSEAU DES EAUX PLUVIALES

La SERAM exploite le réseau pluvial de Marseille qui comporte 12 315 points d'engouffrements (16 691 grilles et/ou avaloirs), dans un réseau de 579 km constitué d'ouvrages visitables, de canalisations et de cours d'eau à ciel ouvert.

Mis à part, l'Huveaune et le ruisseau de Bonneveine, seul un rejet pluvial arrive à proximité de la zone de baignade Huveaune : rejet pluvial « Prado » (Figure 28).

L'estimation des flux bactériologiques associés aux rejets potentiels est réalisée dans la partie 4.4.7 Détermination des flux bactériologiques.

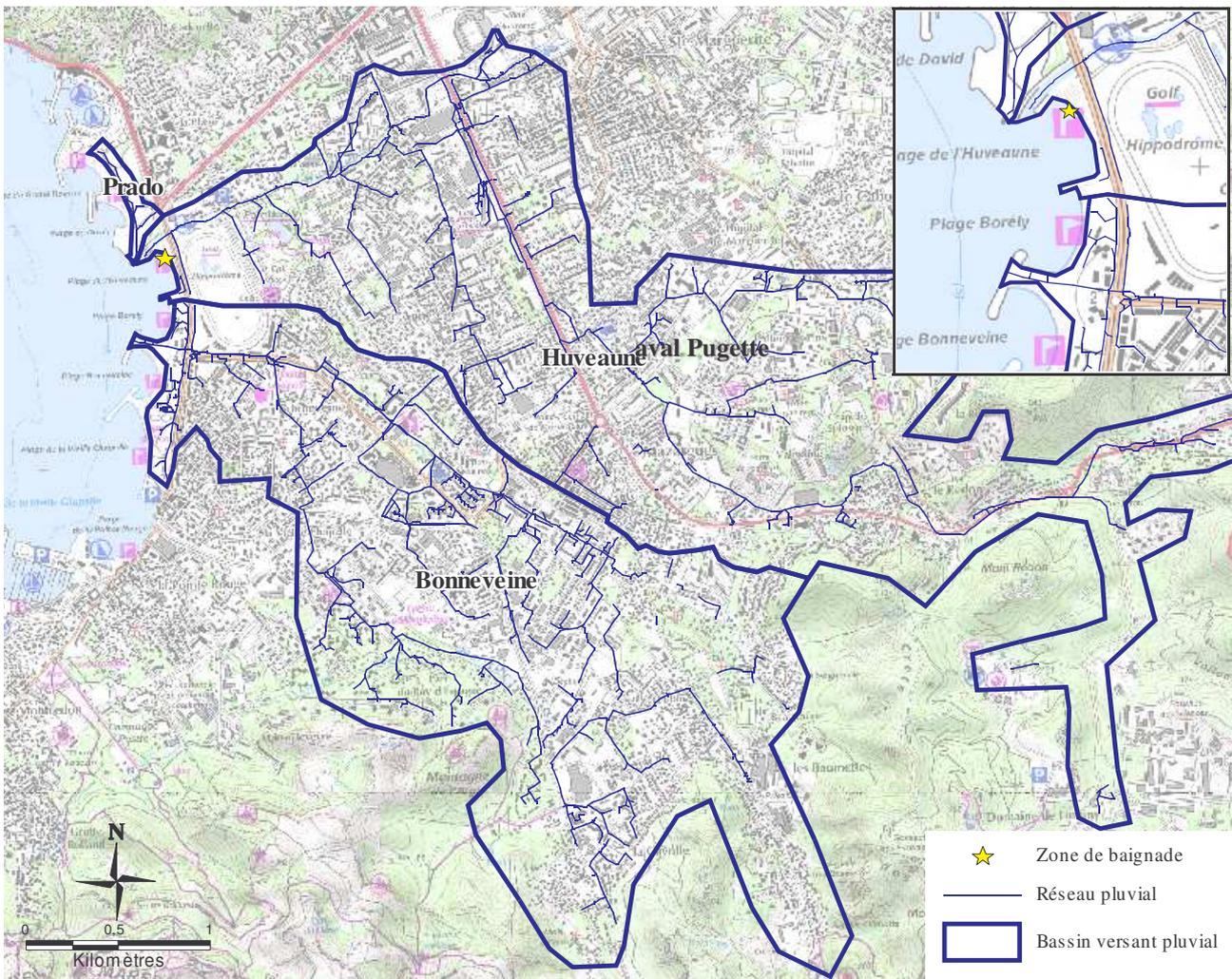


Figure 28: Sous bassins pluviaux et réseau pluvial associé de la zone d'étude (Sources: SERAM-DEA, ARS PACA, IGN)

4.4.6 SEUILS DE PLUVIOMÉTRIE POUR DÉVERSEMENT DANS LE MILIEU NATUREL DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT

Le système d'assainissement de Marseille est sensible à la pluie.

L'étude des seuils de déversement du réseau d'assainissement a été effectuée en rapprochant des données observées de pluie et celles de déversements. Les résultats commentés ci-dessous sont illustrés en figure ci-après.

L'analyse des données montre :

- Que le déversement du réseau unitaire par les déversoirs (excepté le déversoir du Prado) se produit à partir d'une pluie de 4 mm en 1h.

- Que le déversement du Prado vers les plages se produit à partir d'une pluie de 12 mm en 1h
- Que le réseau unitaire commence à déborder à partir d'une pluie de 18 mm en 1h
- L'Huveaune reprend son cours naturel à partir d'une pluie supérieure à 8 mm en 1h.

Le ruisseau de Bonneveine reprend son cours naturel pour une pluie de 2 mm en 1h..

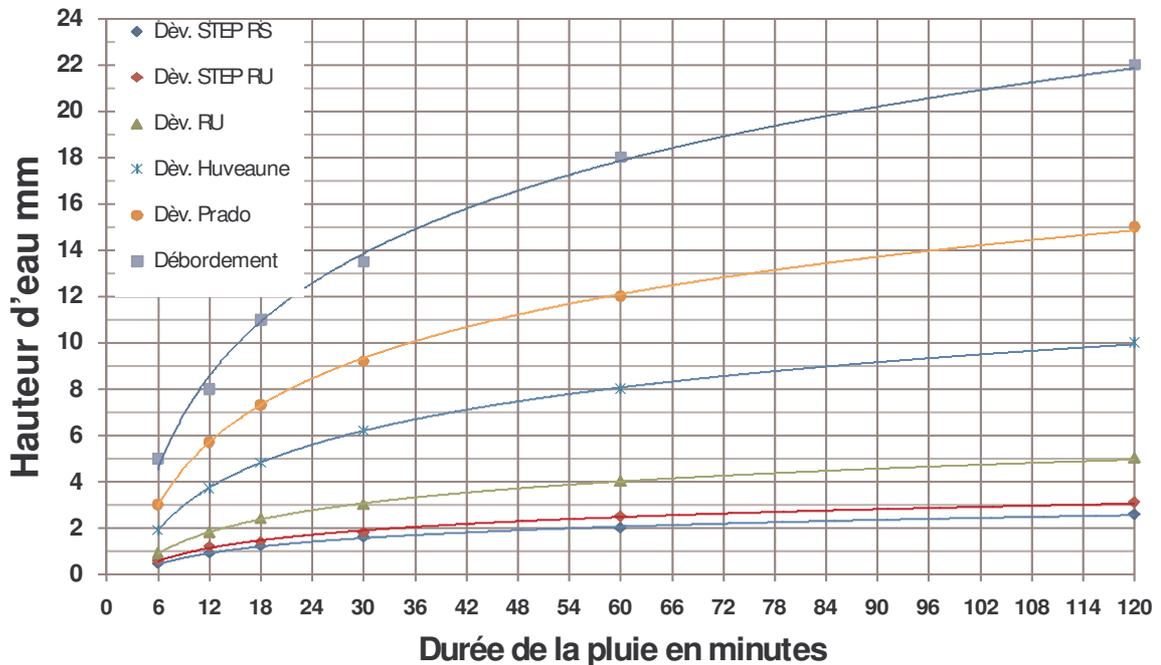


Figure 29: Relation entre la pluie et le déversement de différents ouvrages (Source : SERAM)

4.4.7 DÉTERMINATION DES FLUX BACTÉRIOLOGIQUES

Afin d'estimer l'impact des différentes sources de pollution à l'aide de l'outil de modélisation hydrodynamique sur les eaux de baignade, d'adapter les mesures de gestion et de hiérarchiser les plans d'action, il est nécessaire de quantifier les flux bactériologiques associés aux différents rejets pouvant impacter la zone de baignade Huveaune.

Un flux correspond au produit d'un débit et d'une concentration.

4.4.7.1 DÉBITS DES REJETS

En ce qui concerne les stations de relèvement, le débit est estimé en fonction du débit et du temps de fonctionnement des pompes des stations mesurés 2 fois par an.

Le débit du déversoir du Prado est de 8 m³/s

Pour le rejet pluvial « Prado », l'Huveaune et le ruisseau de Bonneveine, le débit est estimé par un modèle de type réservoir linéaire

Principe du modèle réservoir linéaire :

Il s'agit du modèle le plus fréquemment utilisé en France pour déterminer la réponse d'un bassin versant à un événement pluvieux.

En fonction d'une pluie, il est possible de déterminer le débit en sortie qui est fonction de la surface, de la pente et du coefficient de ruissellement du bassin versant ainsi que du plus long chemin hydrologique.

Le modèle de réservoir linéaire associe une équation de stockage : $S(t) = K Q(t)$ avec une équation de conservation des volumes : $dS(t) / dt = In(t) - Q(t)$

$S(t)$ = stockage en lame d'eau sur le bassin et dans le réseau de collecte au temps t

Q(t) = débit en lame d'eau au temps t
 In(t) = Intensité de pluie nette au temps t

K = Décalage entre les centres de gravité des distributions dans le temps de la pluie nette et du débit qui en résulte.

Au n^{ième} pas de temps, en supposant le débit initial nul, les équations s'intègrent au pas de temps dt selon :

$$Q_n = Q_{n-1} e^{-\Delta t/K} + i_n (1 - e^{-\Delta t/K}) * (S * C_{imp} * 10) / \Delta t$$

Qn = débit en m³/s

D'après Desbordes, le paramètre K est calculé selon :

$$K = 2,46 * 2,5 S^{0,179} I^{-0,363} (1 + C_{imp})^{-1,92} (T_p/2,5)^{0,213} L^{0,148} H_p^{-0,066} * 0,07 * S^{0,09}$$

K = en minutes

S = Surface du bassin versant en hectares

I = Pente du bassin versant en %

C_{imp} = Coefficient d'imperméabilisation

T_p = Durée de la pluie en minutes

L = Longueur de l'axe principal en mètres

H_p = Hauteur totale de pluie

Le Tableau 10 récapitule les débits maximaux des différents rejets pouvant impacter la zone de baignade Huveaune.

Tableau 10: Débit maximal des rejets en fonction de différentes intensités de pluie (Sources : SERAM-RPT)

	Nom du rejet	0	4	12	18	26
Débit maximal du rejet (m ³ /s)	PR Borely	0,001				
	PR Gironne	0,005				
	PR Muette	0,029				
	PR Ponson	0,003				
	PR CMV4					
	PR Hambourg	0,013				
	PR Bonneveine	0,024				
	Rejet Pluvial Prado RP		0,00	0,01	0,02	0,03
	Huveaune		0,23	12,99	36,01	67,40
	Bonneveine		0,86	2,64	3,99	5,81
	Déversoir du Prado				8	8

4.4.7.2 DÉTERMINATION DES CONCENTRATIONS BACTÉRIOLOGIQUES ASSOCIÉES AUX DÉBITS

Afin de déterminer un flux, il convient de multiplier le débit par une concentration en germes bactériens.

Les concentrations choisies pour chaque type d'eau sont issues du Guide national pour l'élaboration d'un profil de vulnérabilité des eaux de baignade établi par le Ministère de la Santé et des Sports.

En ce qui concerne les *Escherichia coli*, les concentrations sont les suivantes :

- Poste de relèvement : Eaux usées brutes : 10⁸ *E.coli*/100 ml
- Rejet pluvial : Eaux pluviales non traitées : 10⁴ *E.coli*/100 ml
- Déversoirs d'orage : Mélange Eaux usées/eaux pluviales : 10⁶ *E.coli* /100 ml

Les concentrations en entérocoques associées à ces rejets correspondent aux concentrations en *Escherichia coli* diminuées de moitié.

Remarques :

L’Huveaune et le Jarret correspondent à des eaux pluviales jusqu’à une pluie de 4 mm. Au-delà, de part la présence de rejets de déversoirs d’orages dans ces cours d’eau, la concentration est estimée à $10^5 E.coli /100 ml$ (estimation cohérente avec ce qui a été mesuré sur le terrain).

Les postes de relèvement Gironne et Hambourg sont situés sur le réseau pluvial ainsi la concentration associée aux rejets de ces stations sera celle correspondant à des eaux pluviales à savoir $10^4 E.coli/100 ml$.

4.4.7.3 RÉCAPITULATIF DES FLUX BACTÉRIOLOGIQUES

Afin de déterminer un flux bactériologique, il convient de multiplier le débit par la concentration en germes bactériens.

Le tableau ci-dessous récapitule les flux pour chaque rejet.

Tableau 11 : Flux bactériologique maximal (germes/s) des rejets pour différents intensités de pluie (Source : SERAM-RPT)

	Nom du rejet	<i>Escherichia coli</i>					Entérocoques				
		Pluie (mm/1h)					Pluie (mm/1h)				
		0	4	12	18	26	0	4	12	18	26
Flux bactériologique maximal (germes/s)	PR Borely	5E+08					3E+08				
	PR Gironne	5E+05					3E+05				
	PR Muette	3E+10					1E+10				
	PR Ponson	3E+09					1E+09				
	PR CMV4										
	PR Hambourg	1E+06					7E+05				
	PR Bonneveine	2E+10					1E+10				
	Rejet Pluvial Prado RP		4E+05	1E+06	2E+06	3E+06		2E+05	6E+05	9E+05	1E+06
	Huveaune		2E+07	1E+10	4E+10	7E+10		1E+07	6E+09	2E+10	3E+10
	Bonneveine		9E+07	3E+08	4E+08	6E+08		4E+07	1E+08	2E+08	3E+08
	Déversoir du Prado				8E+06	8E+06				4E+06	4E+06

NB: E+08 = 10^8

4.5 CONTEXTE PORTUAIRE

La qualité des eaux de baignade dépend non seulement des rejets des activités des bassins versants (rejets industriels, urbains, agricoles, ...) mais aussi des rejets des activités maritimes.

Les activités de plaisance, de pêche ou de commerce tendent à se développer considérablement. Elles sont cependant à l’origine de déversements d’eaux contaminées provenant des aires de carénage et des sanitaires des bateaux dans les ports de plaisance ou dans les zones de mouillage.

A Marseille, 5 principaux ports sont recensés : l’Estaque, le Grand Port Maritime de Marseille, le Vieux Port, le Port de la Pointe Rouge et le Port du Frioul.

Ces ports sont situés en dehors du périmètre d’influence de la zone de baignade Huveaune ainsi l’impact de ceux-ci n’est pas identifié comme un facteur de risque pour la zone de baignade.

4.6 LES FERRY

Un nombre important de ferry transite au large des côtes de Marseille notamment en direction de la Corse (Figure 30). Ces bateaux peuvent être responsables d'apports bactériologiques par rejet des eaux grises.

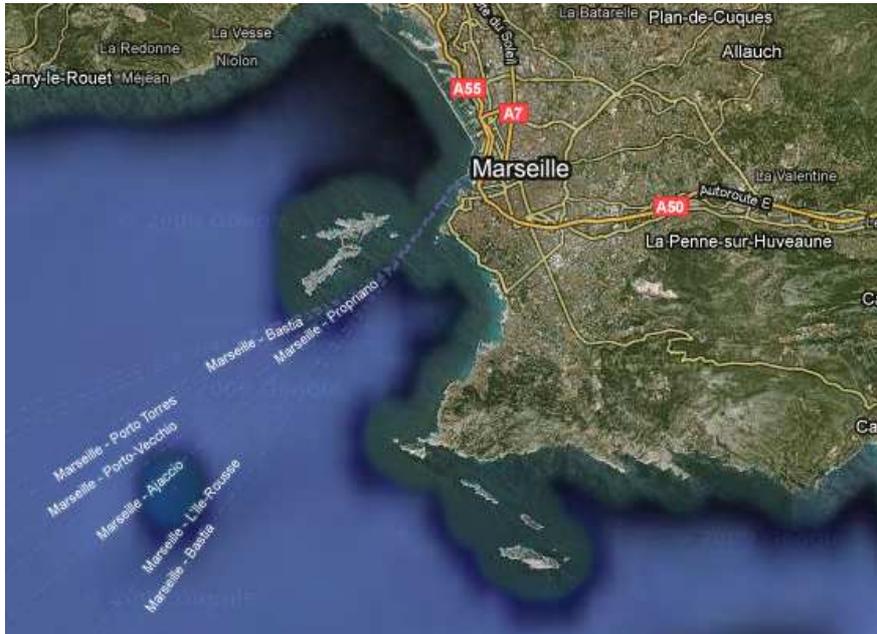


Figure 30: Trajet des ferry (Source: Google Map)

Afin de confirmer l'impact de ces bateaux sur les plages de Marseille, un scénario de déversement d'un ferry est intégré à la modélisation réalisée dans le cadre des profils.

Les résultats de la modélisation montrent que le panache du rejet d'un ferry se dilue rapidement et n'atteint pas les côtes.

Les ferry ne constituent donc pas une source de pollution.

4.7 APPORTS VIA LES COURS D'EAU

L'objectif de ce chapitre est de recenser les données existantes et/ou à obtenir au travers des différents réseaux de mesures situés à proximité de la zone de baignade.

Les données obtenues et/ou l'identification des données manquantes a pour but dans le cadre du profil des eaux de baignade de quantifier et donc hiérarchiser les sources de pollutions bactériologiques potentielles.

La zone de baignade Huveaune est sous l'influence de l'Huveaune et son affluent le Jarret ainsi que du ruisseau de Bonneveine.

L'Huveaune et le Jarret sont détournés via la vanne barrage de la Pugette et le ruisseau de Bonneveine par le poste de relèvement Hamburg.

4.7.1.1 SURVEILLANCE QUALITATIVE

Sur l'ensemble des réseaux de mesure existants, aucun ne propose de mesure bactériologique sur les cours d'eau de la zone d'étude. Dans le cadre de ce profil, des mesures complémentaires ont ainsi été effectuées.

Par temps sec, un prélèvement du Ruisseau de Bonneveine en aval de la station Hamburg révèle des concentrations importantes en *Escherichia coli* et entérocoques (respectivement >34659 et

20795 germes/100ml). Un second prélèvement réalisé après la mise en service de la station révèle des teneurs en *Escherichia coli* identique au premier prélèvement mais une concentration plus faible en entérocoques (4104 NPP/100 ml).

De nombreux rejets de déversoirs d'orage par temps de pluie ont lieu dans l'Huveaune et le Jarret qui reprennent leur cours naturel à partir d'une pluie de 8 mm en 1h. Ces cours d'eau sont ainsi responsables d'apports d'eaux contaminées à proximité de la zone de baignade Huveaune.

Les mesures à l'embouchure de l'Huveaune présentent des concentrations conformes à la réglementation.

La SERAM a entrepris des campagnes de mesures sur l'Huveaune et le Jarret (Figure 31). Le Tableau 12 présente les résultats des analyses.



Figure 31: Points de prélèvement Campagne Ruisseau SERAM (Source: SERAM)

A l'entrée de la commune, les concentrations sont déjà de 10^3 *E.coli*/100ml. En tête du Jarret, les concentrations en *E.coli* et en entérocoques sont de l'ordre de 10^3 (en provenance de Plan-de-Cuques) et augmentent de manière importante de l'amont vers l'aval, avec une légère décroissance au niveau de la Pugette. Ces résultats indiquent l'apport de multiples pollutions microbiologiques sur l'ensemble du cours d'eau.

En ce qui concerne l'Huveaune, de l'amont vers l'aval, on note une très légère augmentation des concentrations en indicateurs de contamination fécale, plus particulièrement, entre les sites de St Marcel (H2) et St Loup (H3), ce qui démontre l'apport d'une contamination microbiologique à ce niveau.

Tableau 12: Concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques à différents points de mesures sur l’Huveaune et le Jarret (Source : SERAM)

Cours d'eau	Codes graphique	Sites échantillonnés	08/09/2010		30/8/2010	
			<i>Escherichia coli</i> (NPP*/100mL)	Entérocoques (NPP*/100mL)	<i>Escherichia coli</i> (NPP*/100mL)	Entérocoques (NPP*/100mL)
Jarret	J1	Tête du Jarret - La Croix Rouge (Patte d'Oie)	1383	878	18540	2162
	J2	64 av de la Croix Rouge (confluent La Grave- Le Jarret)	20213	1163	2437	1854
	J3	Bd Gémy - Métro Malpassé	169921	13141	62099	39827
	J4	Chemin de l'Argile	2711377	295687	353527	71344
	J5	La Pugette	831842	218232	231148	96541
Huveaune	H1	Tête de l'Huveaune - La Penne sur Huveaune - Chemin du mouton	2223	598	5166	1065
	H2	Saint Marcel (La Montre- L'horloge)	2563	255	2923	180
	H3	Saint Loup (Parking Supermarché, M. Pagnol)	12357	1377	5943	1268
	H4	La Gardanne (Bd Florian, jeu de boules)	10654	678	6627	838
	H5	La Pugette	8296	1013	7949	2365

4.7.1.2 SURVEILLANCE QUANTITATIVE

La connaissance des débits véhiculés pas les cours d’eau est nécessaire à l’évaluation des flux de pollution microbiologique pouvant être engendrés, étant directement influencé par les précipitations.

La SERAM dispose d’un capteur (Ramon) mesurant le débit de l’Huveaune en aval de la vanne barrage de la Pugette.



Figure 32: Localisation du capteur Ramon (Source: SERAM)

Le Tableau 13 résume le débit moyen de l’Huveaune mesurés au niveau ce capteur durant la saison balnéaire (de 2005 à 2009).

Ces flux sont en adéquation avec ceux déterminés dans la partie 4.4.7 Détermination des flux bactériologiques.

Tableau 13: Débit moyen ($\pm SE$) et maximal de l'Huveaune mesuré au niveau du capteur Ramon (Sources: SERAM-DEA)

	Débit (m ³ /s)	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
RAMON	Moyenne	0,141	0,097	0,043	0,029	0,118
	Ecart-type	0,867	0,972	1,081	0,694	1,771
	Maximum	51,58	44,83	55,08	55,08	62,34

4.8 APPORTS VIA LES MASSES D'EAU SOUTERRAINE

Comme il a été présenté dans la partie 3.2.2 Hydrogéologie – Aquifères, la masse d'eau 6312 présente une résurgence.

En 2007, dans le cadre d'une étude de l'Huveaune à l'aval du barrage de la Pugette, un prélèvement a été réalisé au niveau de cette résurgence. Les analyses révèlent de faibles concentrations (190 *Escherichia coli*/100 ml et 60 entérocoques/100 ml).

Compte tenu de ces résultats et de la distance entre cette résurgence et la zone de baignade, la masse d'eau souterraine ne constitue pas une source potentielle de pollution pour la zone de baignade Huveaune.

4.9 APPORTS VIA LES SÉDIMENTS

Les sédiments sont un réservoir très important de bactéries fécales qui peuvent être remises en suspension par les activités récréatives, une augmentation de débit, le vent, la houle ou l'effet des marées en zone estuarienne ou côtière.

De plus, la survie des bactéries fécales serait meilleure dans les sédiments que dans la colonne d'eau et les concentrations observées dans les sédiments sont souvent de 10 à 100 fois supérieures à celles de la colonne d'eau sus-jacente (Garcia-Armisen, 2006)

Des prélèvements de sédiments et d'eau ont été réalisés au niveau de la zone de baignade Huveaune. Le prélèvement de juin fait suite à la pluie du 15-17 juin.

Les sédiments présentent des concentrations importantes en germes bactériens. Ceci peut influencer la qualité de l'eau de baignade ; le risque ne peut toute fois être quantifié.

Tableau 14: Concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques dans les sédiments au niveau de la zone de baignade Huveaune (Nombre le plus probable et limites de l'intervalle de confiance) (Source : Rivages Pro Tech, LMGEM)

Huveaune	<i>Escherichia coli</i> pour 100ml			Entérocoques pour 100ml		
	Nombre le plus probable	Limite inférieure	Limite supérieure	Nombre le plus probable	Limite inférieure	Limite supérieure
13/04/2010	197	112	346	30	8	121
30/06/2010	2508	1858	3384	3297	2374	4579
15/07/2010	0	0	0	15	2	106

4.10 LE LAC BORELY

Le lac Borely, situé à proximité de la zone de baignade Huveaune, se trouve au centre d'un parc où l'on trouve toutes sortes de canards, oies, paons, poules, coqs et cygnes blancs qui se baladent librement dans les 17 hectares du parc (Figure 33).

De part la présence de ces animaux, il y a un risque que l'eau du lac soit contaminée.

Le lac est alimenté par forage et sa surverse est reliée à l’Huveaune.

En 2007, dans le cadre d’une étude de l’Huveaune à l’aval du barrage de la Pugette, un prélèvement de la surverse du lac a été réalisé. Les analyses révèlent des concentrations de 5 400 *Escherichia coli*/100 ml et 3 000 entérocoques/100 ml.

Le lac Borely constitue donc une source de pollution pour la zone de baignade.



Figure 33: Localisation du Lac Borely

4.11 L’HIPPODROME BORELY

L’Hippodrome Borely est situé à proximité de la zone de baignade Huveaune (Figure 34).

Les eaux de lavage des écuries de l’hippodrome sont directement évacuées via le réseau pluvial de la zone et via le ruisseau de Bonneveine en aval du poste de relèvement Hamburg. Cependant l’hippodrome n’est pas utilisé durant la saison balnéaire et ne constitue donc pas une source de pollution.

Pour rappel, par temps sec et en période estivale, la station de pompage Hamburg pompe les eaux du ruisseau de Bonneveine et les renvoie vers la station d’épuration pour traitement.

De plus, l’hippodrome dispose d’une cuve à lisier. Lorsque cette cuve est pleine, le contenu est pompé et épandu le long de l’hippodrome. Si une pluie survient, une pollution suite au ruissellement sur ces substances préalablement épandues est alors possible.



Figure 34: Localisation de l'Hippodrome Borely

5 IDENTIFICATION DES AUTRES SOURCES DE POLLUTIONS

Le profil doit recenser toutes les sources de pollution présentes sur la zone d'étude, cette partie présente la synthèse de ce recensement pour la plage Huveaune, concernant les risques annexes pour la zone de baignade : prolifération d'espèces potentiellement toxiques, hydrocarbures, macro déchets.

5.1 LES CYANOBACTÉRIES

A ce jour, aucune efflorescence dominée par des cyanobactéries n'a été mentionnée sur les eaux côtières françaises. Concernant les eaux littorales de Marseille, les caractéristiques environnementales ne sont pas des conditions propices au développement de ce groupe et donc présenter de risque sanitaire pour les baigneurs (organismes essentiellement d'eaux douces en Europe).

5.2 LE PHYTOPLANCTON

L'évaluation du risque par le phytoplancton et les mesures de gestion qui en découlent sont établies par l'Institut Paul Ricard dans le cadre de cette étude.

L'apparition de blooms phytoplanctoniques peut être découpée en deux types de phénomènes : d'une part une multiplication importante des organismes favorisée par des facteurs climatiques (fortes températures, baisse de salinité et/ou stratification des masses d'eaux), hydrologiques et chimiques (apport de sels nutritifs) et d'autre part une concentration de ces organismes généralement due à des facteurs physiques, météorologiques ou hydrologiques.

Si les constituants de ces efflorescences sont en majorité non toxiques, quelques espèces produisent des toxines dont les conséquences sur l'environnement marin peuvent être importantes (mortalité massive de poissons, de coquillages, altération de la croissance de certaines espèces), ou provoquer des intoxications alimentaires après consommation de bivalves. Les organismes en cause sont en général des dinoflagellés mais peuvent aussi appartenir à d'autres groupes du phytoplancton : diatomées, phytoflagellés.

Si les espèces toxiques peuvent appartenir à plusieurs groupes, la réalité des efflorescences toxiques en Méditerranée est principalement le fait de dinoflagellés, et plus précisément. En effet, depuis une dizaine d'années, *Ostreopsis* se développe en Méditerranée. La description morphologique des spécimens d'*Ostreopsis* suggère la présence de deux espèces distinctes en mer Méditerranée : *O. cf. siamensis* et *O. ovata* (Penna, 2005) (Figure 35).

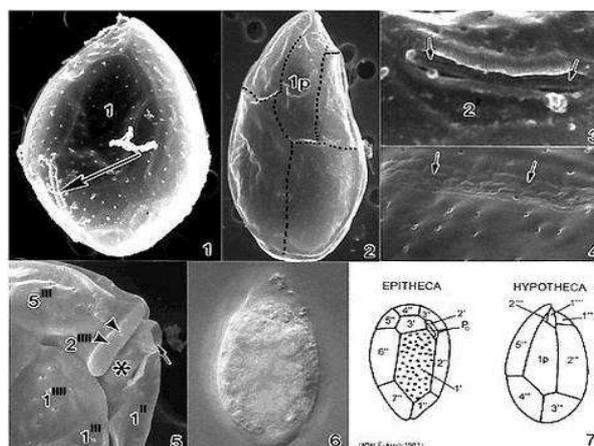


Figure 35 : Photo de la micro algue *Ostreopsis ovata* (Source : Smithsonian institution)

Ostreopsis ovata est une algue microscopique unicellulaire qui vit habituellement dans les eaux chaudes tropicales. Elle est benthique et épiphyte, et, en présence de conditions favorables, elle peut se multiplier dans de grandes proportions et donner lieu à des efflorescences ou blooms (ARPAL, 2006), qui constituent un problème émergent pour les eaux méditerranéennes.

Les *Ostreopsis* produisent des palytoxines (PTX) qui figurent, avec les ciguatoxines, parmi les toxines naturelles les plus toxiques connues. On retrouve la présence de palytoxines dans les deux types de souches isolées en Méditerranée (*O. cf. siamensis* et *O. ovata*) (Penna, 2005).

Les PTX sont transportées par le vent entraînant l'intoxication des baigneurs et des personnes proches du littoral. On pense qu'il existe une assez grande diversité génétique au sein des *Ostreopsis* que l'on peut retrouver en Méditerranée, ce qui va entraîner une diversité chimique des palytoxines produites (ostréocines) avec des effets toxiques sensiblement différents.

Les effets sanitaires liés à la présence de blooms d'*Ostreopsis* peuvent intervenir par inhalation d'aérosols marins (Gallitelli, 2005) et consistent essentiellement en des phénomènes irritatifs et beaucoup plus rarement en des difficultés respiratoires. A ce jour aucune intoxication par voie alimentaire n'a été décrite en Europe.

Aujourd'hui on ignore le lien entre la concentration dans le milieu marin du genre *Ostreopsis* et la teneur en PTX dans les embruns. Il faut donc éviter les zones où les algues sont concentrées sur la mer ou la plage, mettre des vêtements hermétiques et éviter de se baigner en cas de blooms.

La liste des espèces comestibles susceptibles de bio concentrer la PTX n'est pas connue. Il n'y a pas encore de données sur la relation dose de toxine-réponse de l'organisme. Les personnes les plus sensibles seraient les asthmatiques ou les immunodéprimés.

Cette micro algue se détecte visuellement par la présence de mousses superficielles, une augmentation de la turbidité des eaux, une fine pellicule brune sur les rochers et beaucoup de matière en suspension (Figure 36).

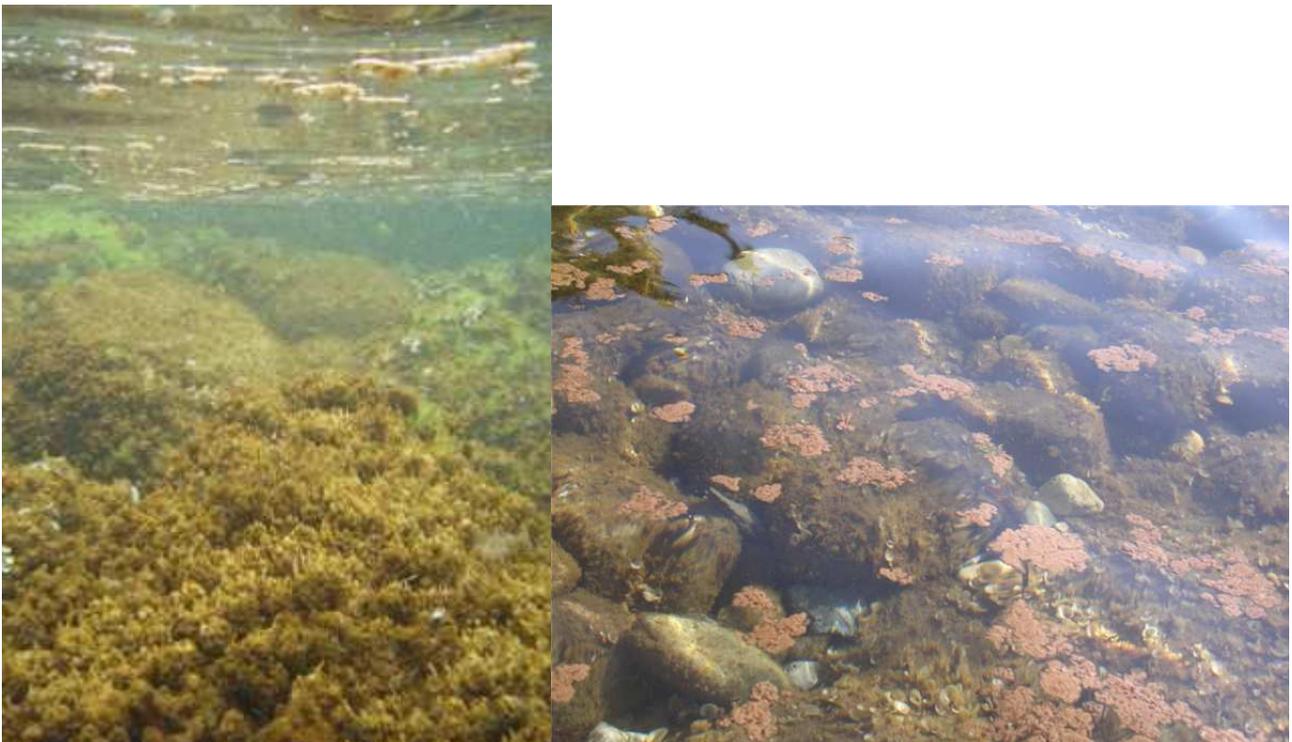


Figure 36: Efflorescence d'*Ostreopsis ovata*

D'une manière générale, les causes possibles des changements observés dans la distribution géographique des blooms algaux incluent un réchauffement global et le commerce international (Van Dolah, 2000). Mais les raisons précises de l'augmentation de l'incidence de ce type de blooms sont encore inconnues.

L'observation des circonstances de survenue des blooms d'*Ostreopsis* permet cependant de formuler des hypothèses sur les facteurs favorisant :

- la température élevée de ces derniers étés (Zingone, 2006) ;
- l'usage fréquent de gros blocs de pierre pour lutter contre l'érosion des plages, qui crée des zones d'eaux peu profondes et exposées au soleil (Zingone, 2006) ;
- les endroits riches en éléments nutritifs tels que la proximité des estuaires;
- une haute pression atmosphérique, une mer calme et l'absence de vent pendant plusieurs jours (Gallitelli, 2005), comme c'était le cas dans la calanque du Morgiret (Marseille, France) en août 2006.

Dans le cadre des profils de vulnérabilité, des prélèvements ont été réalisés au niveau de la zone de baignade Huveaune. La méthodologie de prélèvement et d'analyse du phytoplancton est présentée en Annexe 2.

Cette zone de baignade a été choisie car elle présente un risque potentiel d'efflorescence phytoplanctonique de part ces caractéristiques morphologiques: orientation, présence d'enrochements qui favorisent à faible profondeur des zones de calmes propices au développement d'*Ostreopsis* ; mais aussi par la proximité de l'Huveaune qui constitue une source d'apports nutritifs.

Le graphique ci-dessous présente les résultats des analyses pour la zone de baignade Huveaune.

A partir de la mi-août, des teneurs élevées en *Ostreopsis ovata* associée aux algues sont observées. Cependant aucune n'est dénombrée dans l'eau.

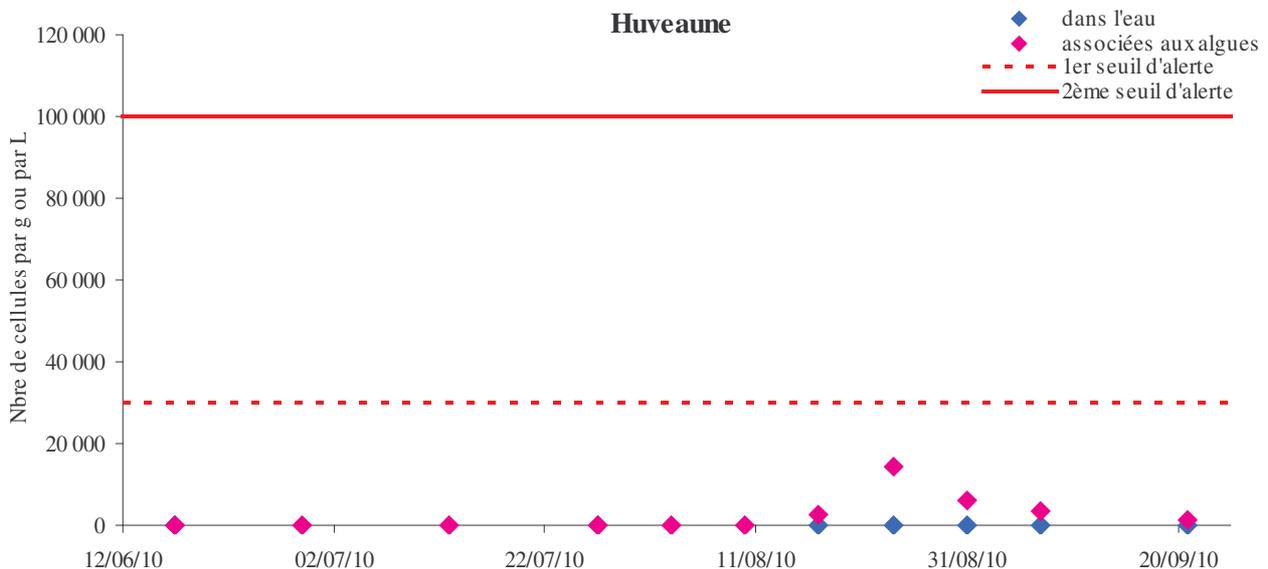


Figure 37: Concentrations en *Ostreopsis ovata* mesurée associées aux algues et dans l'eau (Source : Institut Paul Ricard)

La zone de baignade Huveaune présente un risque de prolifération de l'algue *Ostreopsis ovata*.

5.3 LES MACRO ALGUES

Le risque lié à une efflorescence algale de type Marée Verte sur les plages de Marseille n'est pas avéré.

5.4 LES MÉDUSES

Les méduses sont des organismes planctoniques, vivant dans la colonne d'eau et se déplacent grâce aux courants. La majorité des méduses sont urticantes, elles présentent des capsules venimeuses et un système d'harpon baignant de ce venin qui se déploie au contact de la cible. Chaque année en France des milliers de baigneurs se font piquer par les méduses.

Différents travaux de recherches sont réalisés depuis plus de 20 ans pour comprendre ces phénomènes et essayer de les corrélés à différents facteurs (température, salinité, pollution...). Aujourd'hui, il est encore difficile d'expliquer ces phénomènes d'invasion massive de méduses sur les côtes françaises. A chaque fois que ces phénomènes se produisent, les eaux présentent un niveau d'eutrophisation assez élevé. Par contre, l'inverse n'est pas montré il n'y a pas forcément de prolifération de méduse chaque fois que le milieu est eutrophisé. La température de l'eau élevée est aussi un facteur de prolifération des méduses.

Les deux principales espèces de méduse rencontrées sur les côtes méditerranéennes sont les *Pelagica noctiluca* (violette) et *Aurelia aurita* (petite blanche transparente). Les premières sont très urticantes pouvant causer des noyades, concernant les *Aurelia*, la majorité des personnes n'y sont pas sensibles.

Aujourd'hui les hypothèses expliquant ces proliférations de méduses sont :

- la pêche qui provoque la diminution des prédateurs des méduses dans le milieu (comme le thon), - récifs artificiels : bonne solution pour éviter sur Marseille !!! -
- l'aménagement du littoral diminuant les zones de pontes pour les tortues principales prédateurs,
- le rejet de médicament (pilules....) entraînant la féminisation des poissons et donc la diminution de reproduction de prédateurs.

Au niveau des plages de Marseille, et donc de la zone de baignade Huveaune, les proliférations de méduses ne sont pas recensées, ainsi malgré la connaissance de leur existence l'analyse quantifiée du risque n'est pas possible.



Figure 38: *Pelagica noctiluca* et *Aurelia aurita*

5.5 LES MACRO DÉCHETS

Les données présentées dans cette partie proviennent d'une étude réalisée par l'Association Mer-Terre pour le compte de la Direction Mer et Littoral intitulée « Etude pour un programme de gestion raisonnée des macro déchets sur la rade de Marseille ».

L'ensemble du littoral marseillais est concerné par cette pollution. D'une façon générale, à partir du Vieux Port, jusqu'aux calanques, les zones rocheuses sont souvent parsemées de déchets abandonnés ou échoués. Les trous et failles naturelles et ceux constitués par les amoncellements rocheux constituent des zones d'abandons préférentielles des déchets par les personnes qui ne font pas l'effort de trouver une poubelle.

La zone de baignade Huveaune est concernée par le risque d'échouage de macro déchets. Elle est désignée comme étant la plage la plus vulnérable aux échouages de déchets par Mistral après un temps de pluies avec du vent d'est.

Les évaluations menées lors des nettoyages réalisés avec des associations bénévoles et par les services techniques ont permis de connaître les quantités de macro déchets qui s'échouent sur les différentes zones du littoral marseillais (Figure 39).

Près de 0,8 m³ de déchets sont ramassés par jour sur la zone de baignade Huveaune (« plage des Véliplanchistes »).

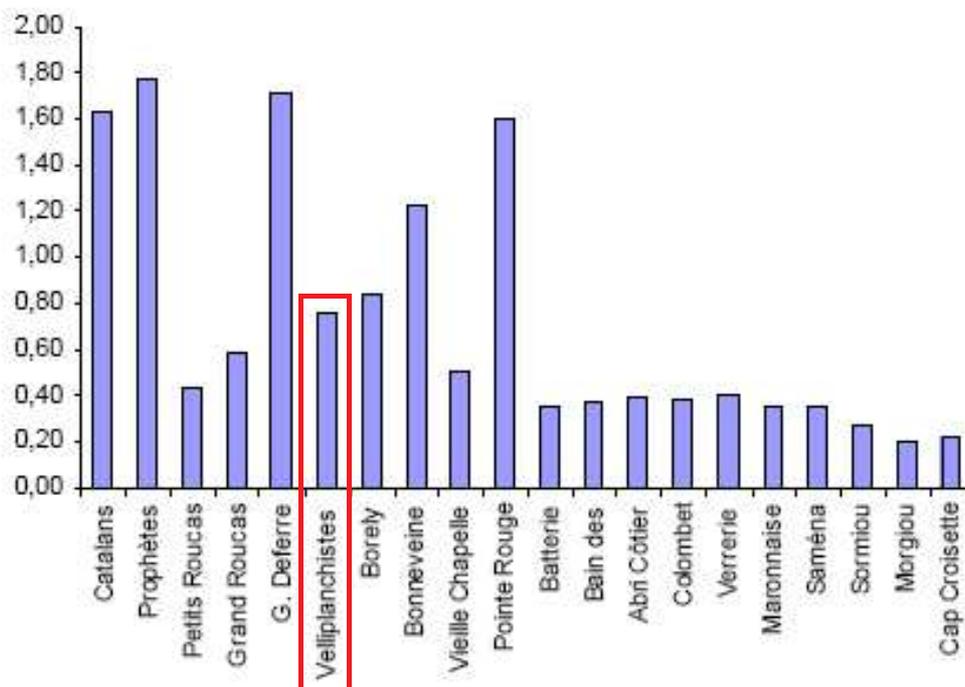


Figure 39: Moyenne de macro déchets collectés en m³/J sur les plages marseillaises (Source: Mer-Terre)

L'Huveaune est un vecteur de macro déchets. Depuis 2006, 3 campagnes de ramassage au niveau de ce cours d'eau ont été effectuées.

En 3 campagnes, ce sont presque **100 m³** qui ont été retirés de ce fleuve (Tableau 15).

Tableau 15: Les volumes en m³ de macro déchets ramassés dans l’Huveaune et sur ses berges depuis 2006
(Source : Mer-Terre, nettoyage avec LPO et Hunamar)

Date	Site	Organisateur	Nombre participants	Linéaire	Verre	Plastique	Caoutchouc	Papier carton	Métal	Textile	Autres	VT
23/9/06	St Menet	Lpo	250	500	0,7	28	25,2	2,8	11,2	2,1		70
29/9/07	Pont de Vivaux	LPO	170	300	0,28	4,9		2,8	5,18	0,84		14
4/10/08	St Loup	Hunamar	150	400	0,75	3,6		2	4	0,3	4,2	15
Total			570	1200	1,73	36,5	25,2	7,6	20,38	3,24	4,2	99,00

Sur les 3 nettoyages auquel Mer-Terre a participé, les catégories de déchets les plus importantes retirés sur l’Huveaune correspondent aux déchets d’emballages en plastique, aux pneus et à la ferraille (Figure 40 et Figure 41).

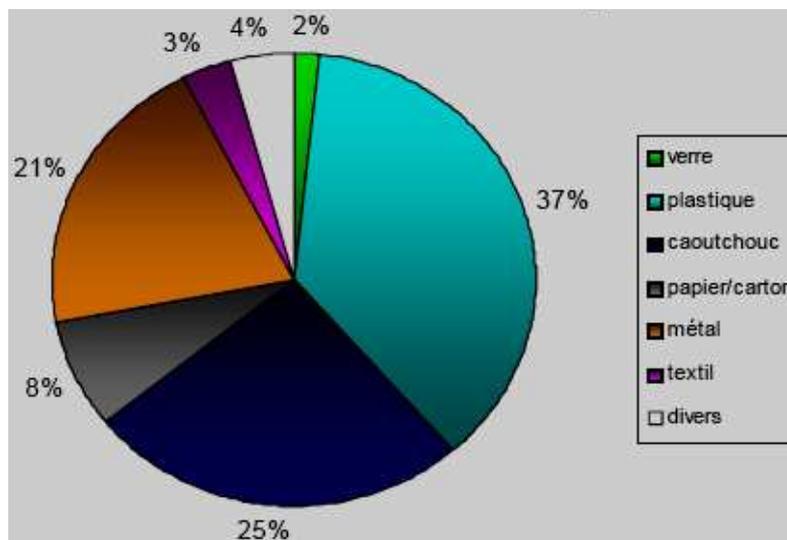


Figure 40: Moyenne des proportions des déchets ramassés sur les rives de l’Huveaune depuis 2006 (Source: Mer-Terre)

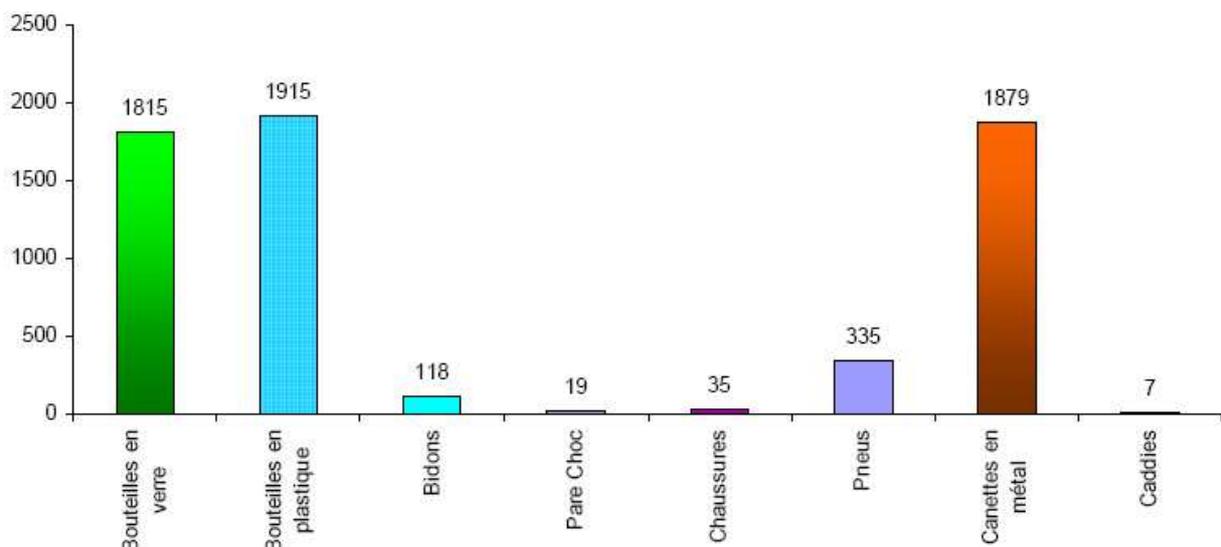


Figure 41: Quantités de déchets comptés depuis 2006 durant les nettoyages des rives de l’Huveaune (Source : Mer-Terre)

Suite à des enquêtes menées auprès des services techniques qui entretiennent le littoral, des entreprises exploitantes et les gestionnaires des espaces protégés insulaires ainsi que l'analyse des données quantitatives et qualitatives rassemblées mise en relation avec le contexte géographique et la météo, l'association Mer-Terre a désigné certaines sources des pollutions par macro déchets sur le littoral marseillais. Ces sources sont les suivantes :

- L'**Huveaune** : à l'origine d'une pollution importante de la rade de Marseille. Les eaux de l'Huveaune se déversent dans la rade lors des événements pluvieux. Les eaux montent et passent au dessus des dégrilleurs entraînant les déchets flottants vers la mer.
- Le **Rhône** : le lessivage des berges lors des crues et les abandons chroniques de déchets dans ce fleuve entraînent des déchets flottants sur le littoral marseillais notamment sur sa partie exposée à l'ouest qui constitue la majeure partie de son littoral.
- Le **nettoyage et le lessivage des rues** peuvent également dans certains endroits entraîner des arrivages de déchets sur le littoral. Les vents dominants, les courants et les vagues vont ensuite les rassembler pour ceux qui flottent et les ramener jusqu'aux zones d'échouages naturelles.
- Les **commerçants en bordure littorale**, distributeurs de produits de consommations emballés, contribuent à l'arrivage de déchets sur les plages (emballages de repas rapides).
- Les **pêcheurs de loisir** sont à l'origine d'une pollution significative sur les rochers marseillais (grande quantité de boîtes d'appâts, de fils de pêche et des déchets d'emballages qui sont laissés sur place après leur départ).
- Les **usagers des plages** ont aussi été identifiés comme des sources de déchets. Les trous dans les digues sont particulièrement impactées par des abandons de déchets.

Les arrivages des déchets flottants sont le plus souvent associés à des événements pluvieux accompagnés de vent. Le Mistral pousse les déchets flottants vers le littoral exposé à l'ouest. Les échouages de déchets par ce vent sont récurrents. Les vents d'Est accompagnés de pluies contribuent également très largement à l'arrivage de déchets flottants sur les côtes exposées à l'est. Le vent participe aussi à ce processus en transportant des sachets et des bouteilles en plastique où des objets plus lourds suivant sa puissance.

5.6 LES HYDROCARBURES

L'activité de plaisance, de pêche ou de commerce peut être à l'origine de rejets d'hydrocarbures.

5.6.1 CONTEXTE PORTUAIRE

De nombreux bateaux transitent aux larges des côtes de Marseille et peuvent être à l'origine de pollutions par les hydrocarbures.

5.6.2 CONTEXTE INDUSTRIEL

Aucune ICPE produisant ou libérant des hydrocarbures dans le milieu naturel n'est recensé sur la zone d'étude.

5.7 SYNTHÈSE DES SOURCES DE POLLUTIONS DE LA ZONE DE BAIGNADE

Les sources de pollution de la zone de baignade Huveaune sont les suivantes :

Sources bactériologiques

- L'**Huveaune** et le **Jarret** qui retrouvent leur cours naturels pour une pluie de 8mm/1h mesurée à Marseille. Plusieurs **déversoirs d'orage** déversent dans ces cours d'eau pour une pluie supérieure à 4 mm/1h.
- Le **déversoir du Prado** qui sert de point de délestage instrumentalisé du réseau unitaire en cas de pluies supérieures à 12mm/1h. Il est également une source de pollution par temps sec de part la présence d'un volume d'eaux contaminées entre le poste de relèvement **Gironne** (qui pompe les eaux de temps sec) et l'exutoire du déversoir.
- le **Ruisseau de Bonneveine**, source de pollution par temps de pluie mais aussi responsable d'apports par temps sec de part la présence d'eaux stagnantes entre le poste de relèvement **Hambourg** et l'exutoire du ruisseau.
- Les **postes de relèvement CMV4, Muette, Ponson, Borely, Bonneveine, Hambourg.**
- L'importante **fréquentation** de la zone de baignade durant la saison balnéaire ; la pression anthropique est très forte au niveau de la zone de baignade.
- Le **rejet pluvial « Prado »**
- Le **lac Borely** : sa **surverse** est reliée à l'Huveaune
- L'**hippodrome Borely**

Autres sources de pollutions

- Le **phytoplancton** : les analyses réalisés durant la saison 2010 montre qu'il peut y avoir un risque potentiel de prolifération *d'Ostreopsis ovata*.
- Les **méduses** : tout comme l'ensemble du littoral marseillais, la zone de baignade Huveaune est soumise aux arrivées de méduses. A ce jour aucun recensement n'est effectué ; le risque ne peut donc être évalué.
- Les **macro déchets** qui peuvent provenir de l'Huveaune, des différentes activités industrielles ou commerciales situées à proximité des la zone de baignade.
- Les **hydrocarbures**

PHASE 2 : DIAGNOSTIC

6 HIÉRARCHISATION DES SOURCES DE POLLUTION

6.1 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES DE SURVEILLANCE

6.1.1 CLASSEMENT DES PLAGES

6.1.1.1 GÉNÉRALITÉS

Le classement annuel des plages est dressé par l'Agence Régionale de Santé 13 conformément aux dispositions de la directive européenne 76/160/CE. Les indicateurs de contamination fécale pris en compte pour ce classement sont donc :

- Coliformes totaux
- *Escherichia coli*
- Streptocoques fécaux (entérocoques)

Le classement est fait conformément à la Directive n° 76/160/CEE du 8 décembre 1975 établissant les normes de qualité d'eau de baignade. Le décret n° 81-324 du 7 avril 1981, modifié, a transcrit en droit français les dispositions de cette directive.

Tableau 16: Rappel des critères de directive de 1976 avec un calcul en moyenne des concentrations, et un pourcentage en fonction du temps.

DÉCRET 91-980	ENTÉROCOQUES	<i>ESCHERICHIA COLI</i>	
A BONNE	90% ≤ 100	80% ≤ 100	95% ≤ 2000
B MOYENNE		95% ≤ 2000	
C MOMENTANÉMENT POLLUÉE		5 % à 33 % > 2000	
D MAUVAISE		+ DE 33 % > 2000	

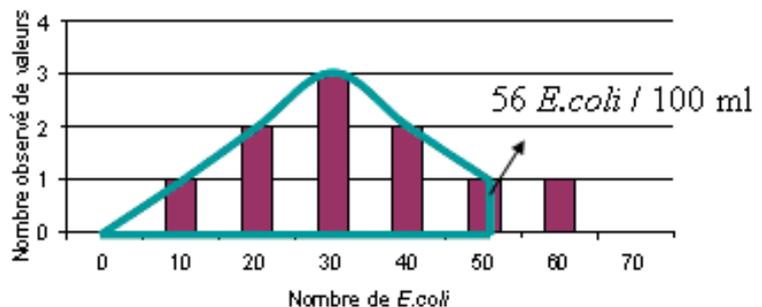
Le mode de calcul selon la Directive 2006/7/CE du classement annuel est basé sur la notion de percentile et sur la prise en compte des 4 dernières années de mesures bactériologiques selon une approche paramétrique.

Définition du percentile

Le percentile, exemple 90, est la valeur pour laquelle 90 % des concentrations en germes mesurées sont inférieures.

Par exemple, si l'on calcule le percentile 90 du jeu de données suivant, 90 % des concentrations sont inférieures à 56 *E.coli* 100 ml⁻¹, et l'eau est donc d'excellente qualité pour ce paramètre.

- 1 valeur de 10 *E.coli*/100mL
- 2 valeurs de 20 *E.coli*/100mL
- 3 valeurs de 30 *E.coli*/100mL
- 2 valeurs de 40 *E.coli*/100mL
- 1 valeur de 50 *E.coli*/100mL
- 1 valeur de 60 *E.coli*/100mL



Mode de calcul

La valeur du percentile est calculée de la manière suivante :

1. Prendre la valeur log10 de tous les dénombrements bactériens de la séquence de données à évaluer (si une valeur égale à zéro est obtenue, prendre la valeur log10 du seuil minimal de détection de la méthode analytique utilisée.)

2. Calculer la moyenne arithmétique des valeurs log10 (μ).
3. Calculer l'écart type des valeurs log10 (σ).
4. La valeur au 90^e percentile supérieur de la fonction de densité de probabilité des données est tirée de l'équation suivante : **90^{ème} percentile supérieur = antilog ($\mu + 1,282 \sigma$)**.
5. La valeur au 95^e percentile supérieur de la fonction de densité de probabilité des données est tirée de l'équation suivante : **95^{ème} percentile supérieur = antilog ($\mu + 1,65 \sigma$)**.

Pour les eaux cotières et les eaux de transition (eaux de mer)

	Paramètre	Excellente qualité	Bonne qualité	Qualité suffisante	Méthodes de référence pour l'analyse
1	Entérocoques intestinaux (UFC/100ml)	100 *	200 *	185 **	ISO 7899-1 ou ISO 7899-2
2	<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	250 *	500 *	500 **	ISO 9308-3 ou ISO 9308-1

* Evaluation au 95^e percentile.

** Evaluation au 90^e percentile.

Entérocoques intestinaux		Percentile 95 < 100	100 < Percentile 95 < 200	Percentile 95 > 200 et Percentile 90 < 185	Percentile 90 > 185
E s c h e r i c h i a c o l i	Percentile 95 < 250	Excellente	Bonne	Suffisante	Insuffisante
	250 < Percentile 95 < 500	Bonne	Bonne	Suffisante	Insuffisante
	Percentile 95 > 500 et percentile 90 < 500	Suffisante	Suffisante	Suffisante	Insuffisante
	Percentile 90 > 500	Insuffisante	Insuffisante	Insuffisante	Insuffisante

Les données utilisées pour l'analyse statistique sont les analyses réglementaires ARS et les données d'auto surveillance de la Direction de la Santé Publique selon la méthode Colilert. Ces données sont également complétées par les résultats d'analyses réalisées par la SERAM.

6.1.1.2 QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX DE BAIGNADE

Le nombre de prélèvement effectué sur cette plage est représentatif et robuste puisque sur les 6 dernières années, 125 analyses officielles ont été réalisées pour cette zone de baignade (soit en moyenne 21 analyses par saison balnéaire).

L'étude de l'indice annuel de classement des eaux de baignade permet d'apprécier l'évolution de la qualité des eaux.

Le classement des eaux de baignade montre une eau de qualité moyenne sur la période 2002-2010 (Tableau 17).

Tableau 17: Classement annuel de la qualité de l'eau de baignade selon la directive 76/160/CE (Source: ARS PACA)

Nom des plages	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Huveaune	B	B	B	B	B	B	B	B	B

	Bonne qualité
	Qualité moyenne
	Momentanément polluée
	Mauvaise qualité

La qualité des eaux de baignade, selon la simulation de la directive 2006/7/CE est insuffisante exceptée en 2008 où elle est suffisante (Tableau 18).

Tableau 18: Classement annuel de la qualité de l'eau de baignade selon la directive 2006/7/CE (Source: ARS PACA)

Nom de la plage	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Huveaune	INS	INS	INS	SUF	INS	INS

Excellente qualité
 Bonne qualité
 Qualité suffisante
 Qualité insuffisante

L'étude des percentiles permet d'affiner la compréhension du classement de la plage, notamment en regardant le paramètre le plus pénalisant, et d'appréhender son évolution.

Les valeurs de percentiles sont relativement stables dans le temps entre 2005 et 2009. Le passage en classe de qualité Insuffisante est lié à la variable *Escherichia coli*. Cependant en 2010, une très nette augmentation des percentiles entérocoques, responsables du classement en Insuffisante qualité pour cette année.

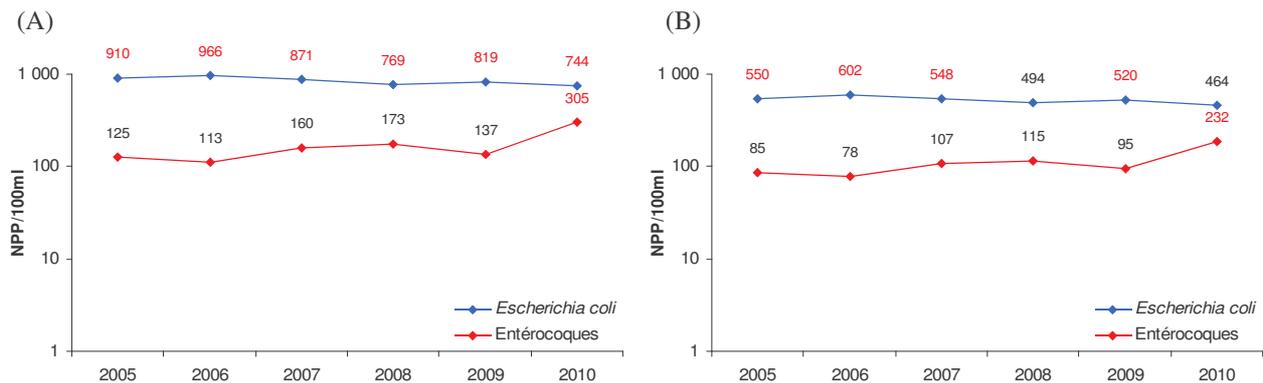


Figure 42: Evolution des 95^{ème} (A) et 90^{ème} (B) percentiles *Escherichia coli* (NPP/100ml) et entérocoques (NPP/100ml)

6.1.2 AUTO SURVEILLANCE

En dehors des analyses officielles, la DSP a mis en place une auto surveillance au niveau de certaines zones de baignade afin de prévenir le risque de dégradation de la qualité de l'eau de baignade et de prendre les mesures préventives adéquates telle que la fermeture de plage.

Ces prélèvements sont réalisés la veille des prélèvements officiels mais aussi suite à de mauvais résultats.

Les échantillons sont analysés grâce à la méthode rapide Colilert permettant de fournir un résultat d'analyse en 18 heures. Les paramètres analysés concernent les coliformes totaux et *Escherichia coli*.

La zone de baignade de Huveaune est concernée par l'auto surveillance. Depuis 2010, l'auto surveillance concerne également le paramètre entérocoques.

6.1.3 INTER CORRÉLATION *ESCHERICHIA COLI*/ENTÉROCOQUES

La phase 3 du profil doit établir les mesures de gestion de la qualité des eaux de baignade lors de la saison estivale. Pour cela l'auto surveillance à l'aide d'une méthode d'analyse peut être employée.

L'évaluation de la relation entre les paramètres *Escherichia coli* et entérocoques a pour but d'établir si les deux paramètres doivent être suivis ou si l'un des deux suffit pour mettre en évidence une pollution. Pour cela, une corrélation bivariée est réalisée entre la variable *E.coli* et entérocoque.

La zone de baignade Huveaune présente une corrélation significative entre les concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques (Figure 43).

Cependant, la simple analyse par corrélation ne suffit pas à répondre à l'objectif de l'analyse, en effet, il ne tient pas compte des valeurs seuils d'une pollution à court terme (*E.coli* > 1000 NPP/100ml - entérocoques >370 NPP/100 ml).

L'analyse visuelle du graphique montre alors des dépassements de seuil au regard du paramètre entérocoques qui ne sont pas mise en évidence par le paramètre *E.coli*. Ceci s'explique par le devenir différent des ces indicateurs dans le milieu, avec une persistance plus importante des entérocoques dans le milieu notamment après une pollution. Ceci est d'autant plus marqué sur la plage de baignade qui est sous l'influence de l'Huveaune.

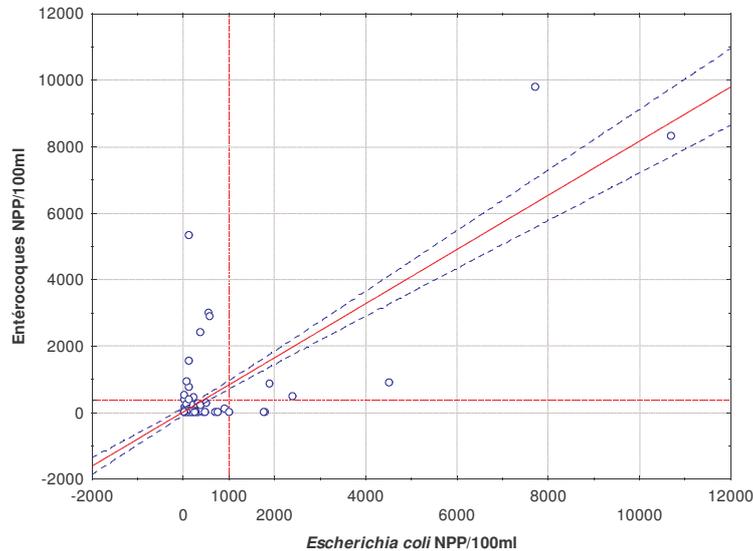


Figure 43: *Escherichia coli* vs entérocoques - zone de baignade Huveaune (données 2005-2010)

En conclusion pour la zone de baignade Huveaune, il est fortement conseillé de suivre simultanément les deux paramètres en tant qu'indicateurs de pollution à court terme.

6.1.4 ANALYSES DES PICS DE POLLUTION

6.1.4.1 POLLUTION CHRONIQUE OU PONCTUELLE

Le simple classement de la qualité des eaux de baignade, ne permet pas d'avoir une compréhension du type de pollution - chronique ou ponctuelle - à laquelle peut être soumise une plage. Cette notion est nécessaire afin de définir précisément les mesures de gestion puis les plans d'actions de réduction/élimination de la pollution.

Pour cela, un test non paramétrique de Kolmogorov-Smirnov est réalisé. Ce test consiste à une comparaison de moyenne entre le site étudié et un site de référence. Ceci revient à évaluer l'importance du bruit de fond.

Les concentrations officielles en *Escherichia coli* et entérocoques sur 5 années (2005 à 2009) (auxquelles ont été enlevées les valeurs supérieures au 95^{ème} percentile calculé sur ces mêmes valeurs) ont été comparé à un jeu de données de référence correspondant à des concentrations d'eau d'excellente qualité.

La valeur de référence choisie est la plage d'En Vau. Les quelques pics de pollutions ont été enlevés permettant ainsi d'avoir le bruit de fond de référence d'un site sans influence.

La zone de baignade Huveaune est soumise à des pollutions chroniques au regard des paramètres *E.coli* et entérocoques (Tableau 19).

Tableau 19: 95^{ème} percentile, moyenne et écart-type *E.coli* et entérocoques de la zone de baignade Huveaune et du site de référence (Source : ARS PACA)

	Escherichia coli NPP/100 ml			Entérocoques NPP/100 ml			TYPE DE POLLUTION
	P95	MOYENNE	ECART TYPE	P95	MOYENNE	ECART TYPE	
Huveaune	720,8	130,1	125,5	168,5	29,4	32,1	CHRONIQUE
Référence	322	1,592	0,555	41	1,2	0,2	

6.1.4.2 POLLUTIONS À COURT TERME

La pollution à court terme peut-être identifiée par un dépassement de l’une des valeurs seuils proposées par l’Agence Française de Sécurité Sanitaire de l’Environnement et du Travail (AFSSET). Ces seuils pour les eaux de mer sont les suivants : **1000 *Escherichia coli* /100 ml** et **370 entérocoques/100 ml**.

Les données de surveillance officielle et auto surveillance sont analysées afin d’avoir une représentation la plus complète des événements. Pour rappel, les analyses officielles ne sont pas effectuées sur une plage fermée de manière préventive.

Les graphiques ci-dessous présentent le nombre d’analyses où la concentration en *Escherichia coli* et entérocoques est supérieure au seuil AFSSET. Les données utilisées correspondent aux données officielles et analyses Colilert de 2005 à 2010.

La zone de baignade Huveaune présente 27 pollutions à court terme au regard du paramètre *Escherichia coli* et 16 pour le paramètre entérocoques.

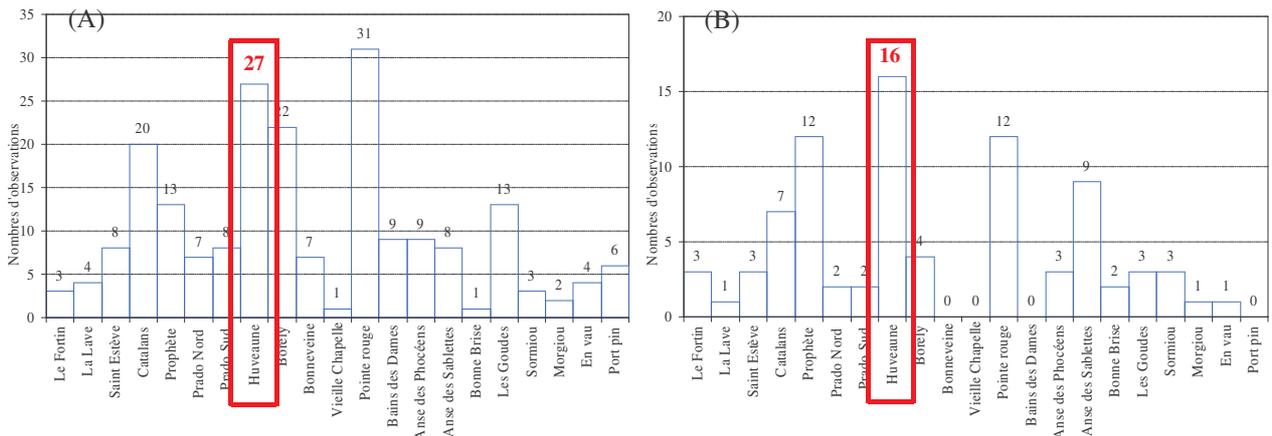


Figure 44: Nombre d’analyses dont la concentration en *Escherichia coli* (A) ou entérocoques (B) est supérieure au seuil AFSSET (1000 et 370 NPP/100ml)

Les graphiques ci-dessous (Figure 45) présentent l’évolution du nombre de pollutions à court terme par année de 2005 à 2010.

La zone de baignade Huveaune présente en moyenne deux pollutions à court terme chaque année.

L’impression d’augmentation du nombre de pollutions à court terme liée au paramètre entérocoques est liée à l’intégration depuis la saison balnéaire 2010 des analyses Entérolert.

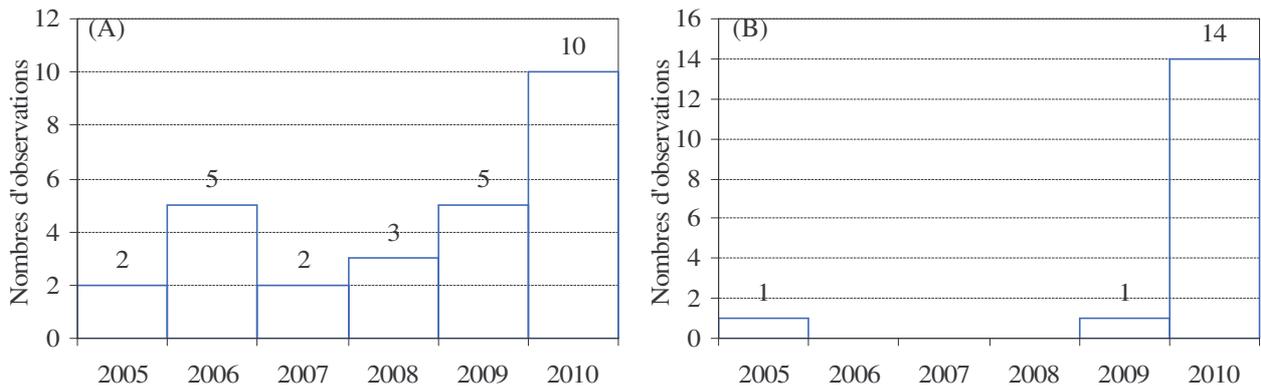


Figure 45: Evolution du nombre de pollutions à court terme liées au *Escherichia coli* (A) et entérocoques (B) entre 2005 et 2010 : données officielles et auto surveillance (Source : ARS PACA)

Une étape ultérieure à l'analyse consiste à quantifier le nombre de pollution à court terme ayant eu lieu en temps sec et suite à un événement pluvieux (Figure 46). De 2005 à 2009, ont été considéré par temps sec, les analyses effectuées sans aucune pluie durant les 3 jours précédents le prélèvement.

Près de 75 % des pollutions à court lié au paramètre *Escherichia coli* ont eu lieu par temps de pluie et près de 90 % pour celles liées au paramètre entérocoques.

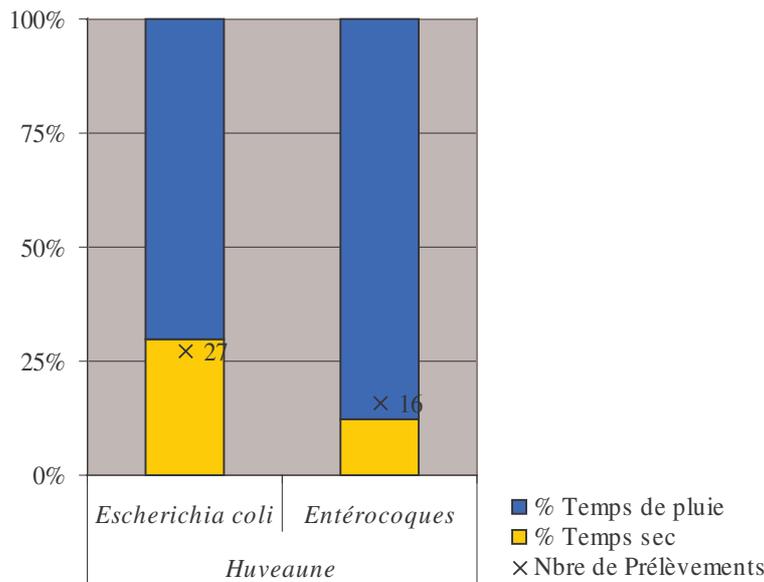


Figure 46: Répartition du nombre de pollutions à court terme au regard de la pluviométrie (Sources : ARS PACA, Météo France)

Le graphique ci-dessous présente le nombre de fermetures préventives pour chaque zone de baignade. Ces fermetures font suite à des orages ou à des résultats d'analyses non conformes au regard du paramètre *E.coli*. Le paramètre entérocoques n'étant pas pénalisant jusqu'à la saison 2009, il n'y a pas de fermeture préventive au regard de ce paramètre.

Sur la période 2005-juillet 2010, la plage Huveaune a été fermée pendant 40 jours.

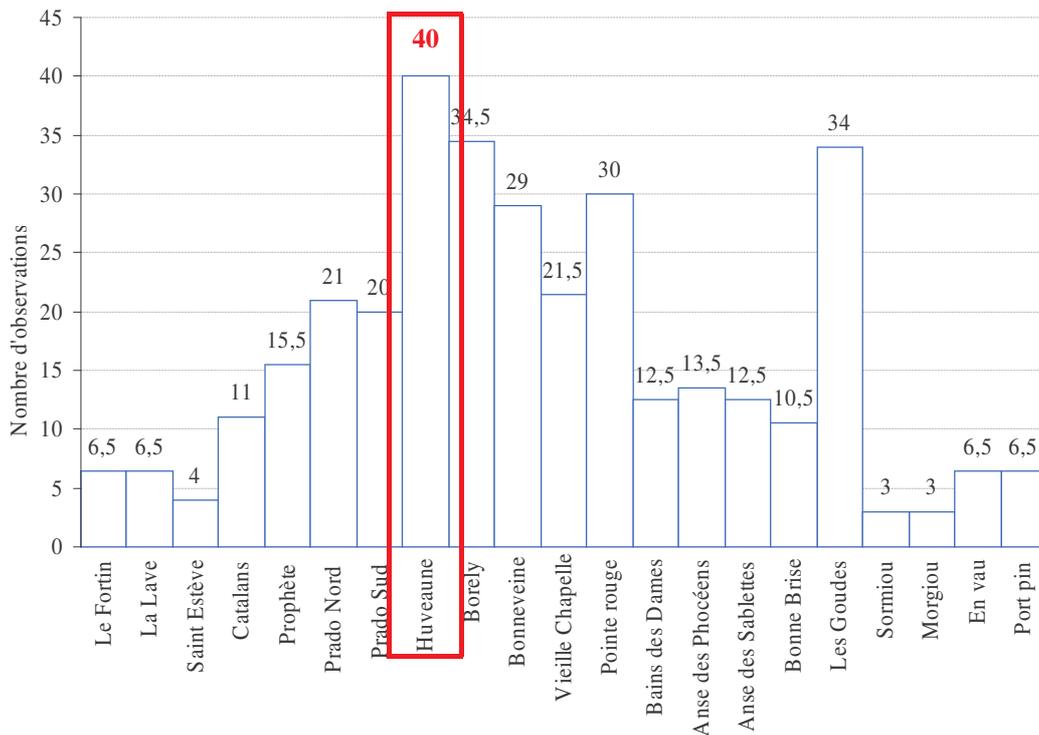


Figure 47: Nombre de fermetures (saisons balnéaires 2005-2010, Source : DSP)

Dans un second temps, l'importance des pics de pollution est analysée par une analyse graphique « boîtes à moustache » qui permet de connaître les moyennes des pics, mais aussi leur dispersion autour de la moyenne (Figure 48). Cette approche complémentaire de la première permet d'évaluer l'importance des pollutions au regard des seuils AFSSET (*E.coli* > 1000 NPP/100ml - entérocoques >370 NPP/100 ml) et ainsi d'établir une hiérarchisation des plans d'actions entre plages.

La zone de baignade Huveaune présente les concentrations moyennes les plus élevées (supérieures à 5000 *E.coli* et 1000 entérocoques).

Il est important de remarquer que les concentrations des mesures d'auto surveillance (analyses SEM) sont supérieures aux analyses officielles (LDA13).

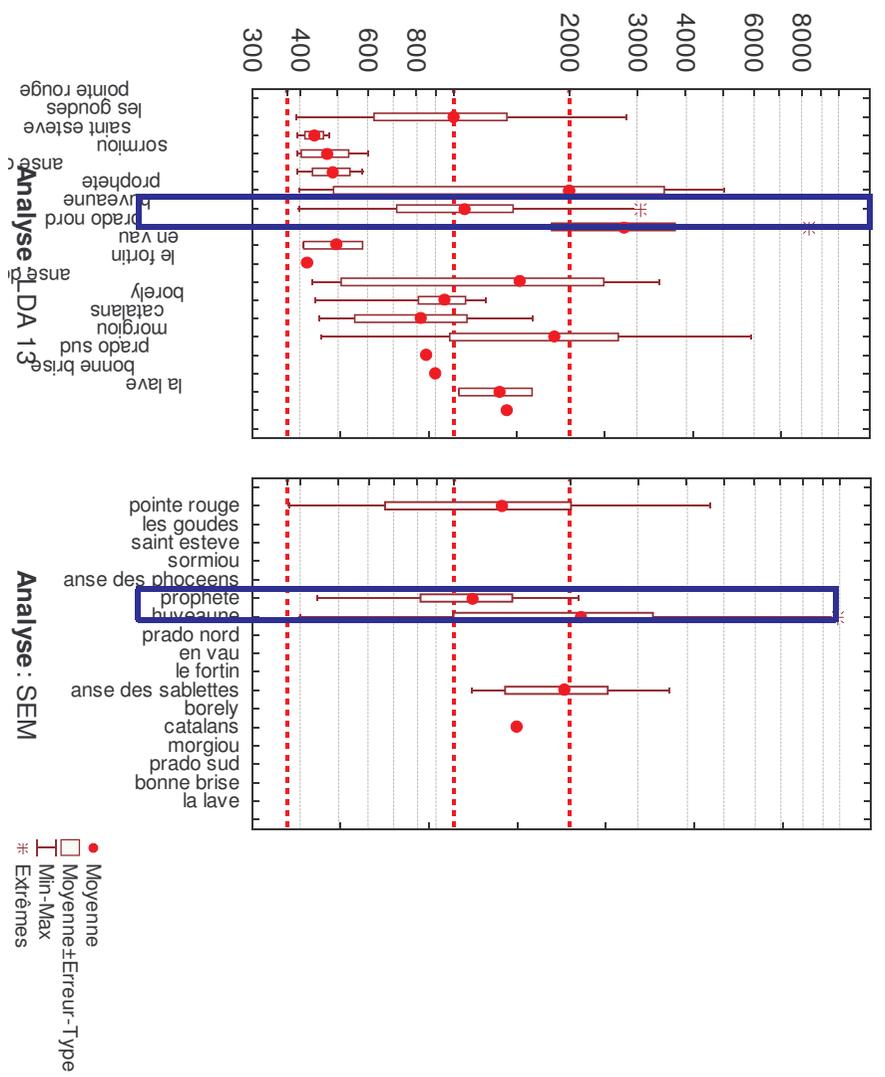
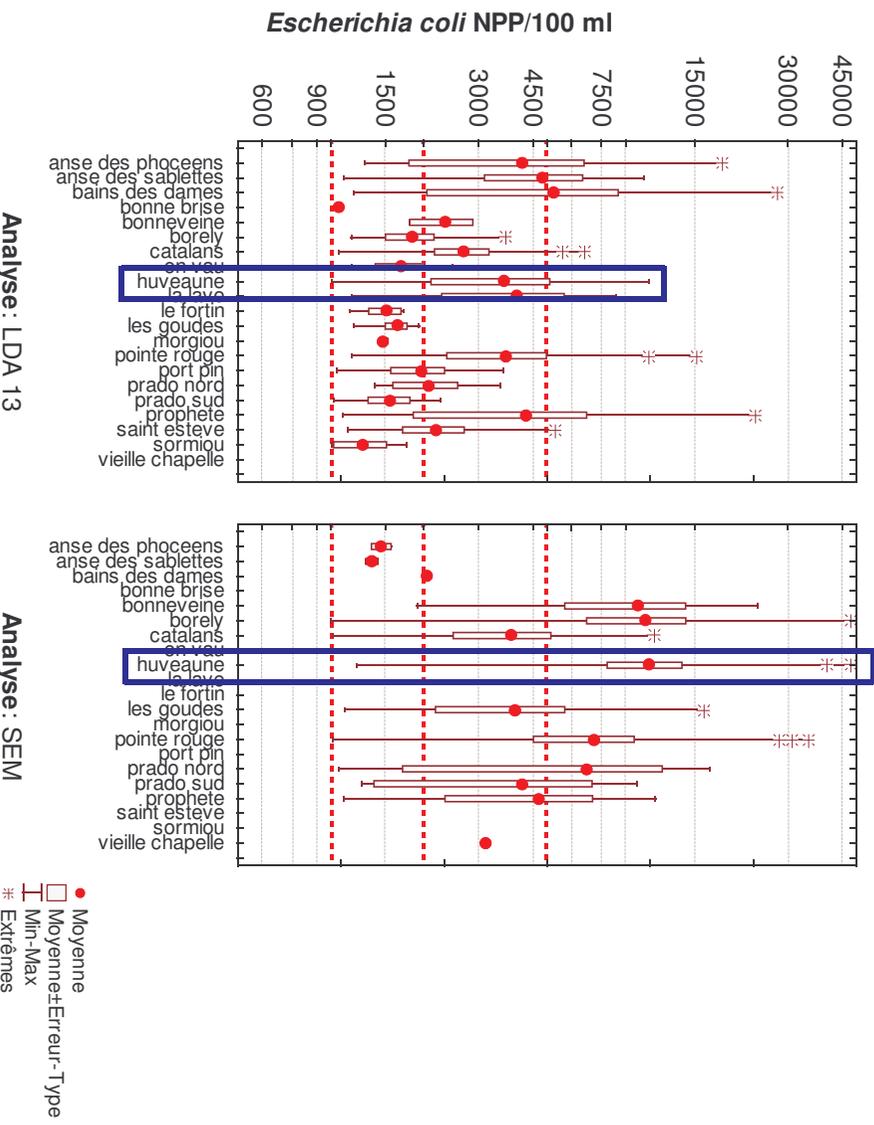


Figure 48: Représentation graphique de type « boîte à moustache des concentrations en Escherichia coli et entérocoques des pollutions à court terme d'une part en considérant toutes les données et d'autre part en distinguant les données officielles et celles provenant des analyses Coliert (Source : ARS PACA)

6.1.5 INTER CORRÉLATIONS ENTRE PLAGES

Les mesures de gestion définies au terme du profil doivent permettre au responsable de l'eau de baignade d'avoir une gestion optimale du risque de pollution sur chaque plage tout en ayant une approche simple.

L'analyse suivante doit montrer si des actions communes à certaines plages peuvent être entreprises sur d'autres lorsque l'une d'elles indiquent une pollution. Pour cela, la corrélation entre les concentrations en *E.coli* et entérocoques entre les plages est évaluée. Ces inter corrélations ont été effectuées pour des groupements de plage pertinents en terme de géographique et de caractéristiques de pollutions similaires.

En ce qui concerne le paramètre *Escherichia coli*, la zone de baignade Huveaune présente une corrélation positive significative avec toutes les plages de la zone urbaine sauf Pointe Rouge (Tableau 20). La corrélation est liée à l'existence de valeurs fortes très supérieures à 1000 NPP/100 ml, la relation n'est pas significative pour des valeurs inférieures à 1000 NPP/100 ml (Figure 49).

Tableau 20: Coefficients de corrélation entre concentrations en *Escherichia coli* (Source : ARS PACA)

Variable	bonneveine	borely	huveaune	pointe rouge	prado nord	prado sud	vieille chapelle
bonneveine	1,00	0,87	0,80	0,03	0,94	0,91	0,84
borely	0,87	1,00	0,94	0,07	0,86	0,84	0,71
huveaune	0,80	0,94	1,00	0,09	0,62	0,77	0,65
pointe rouge	0,03	0,07	0,09	1,00	0,03	0,04	0,06
prado nord	0,94	0,86	0,62	0,03	1,00	0,91	0,80
prado sud	0,91	0,84	0,77	0,04	0,91	1,00	0,82
vieille chapelle	0,84	0,71	0,65	0,06	0,80	0,82	1,00

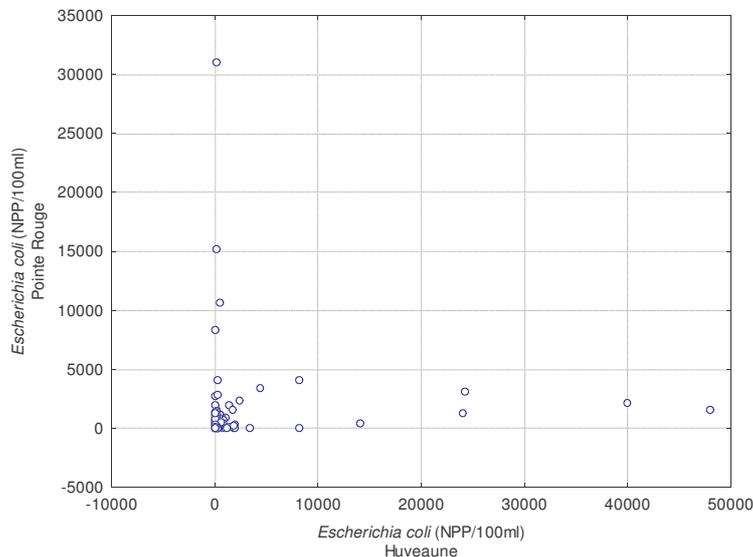


Figure 49: Concentration en *E.coli* de la zone de baignade Huveaune en fonction de celle de la zone de baignade Pointe Rouge (Source: ARS PACA)

Une analyse factorielle des correspondances des concentrations en *Escherichia coli* permet de faire ressortir un groupe de plages similaires : Prado Nord, Prado Sud, Huveaune, Borely, Bonneveine et Vieille Chapelle (Figure 50).

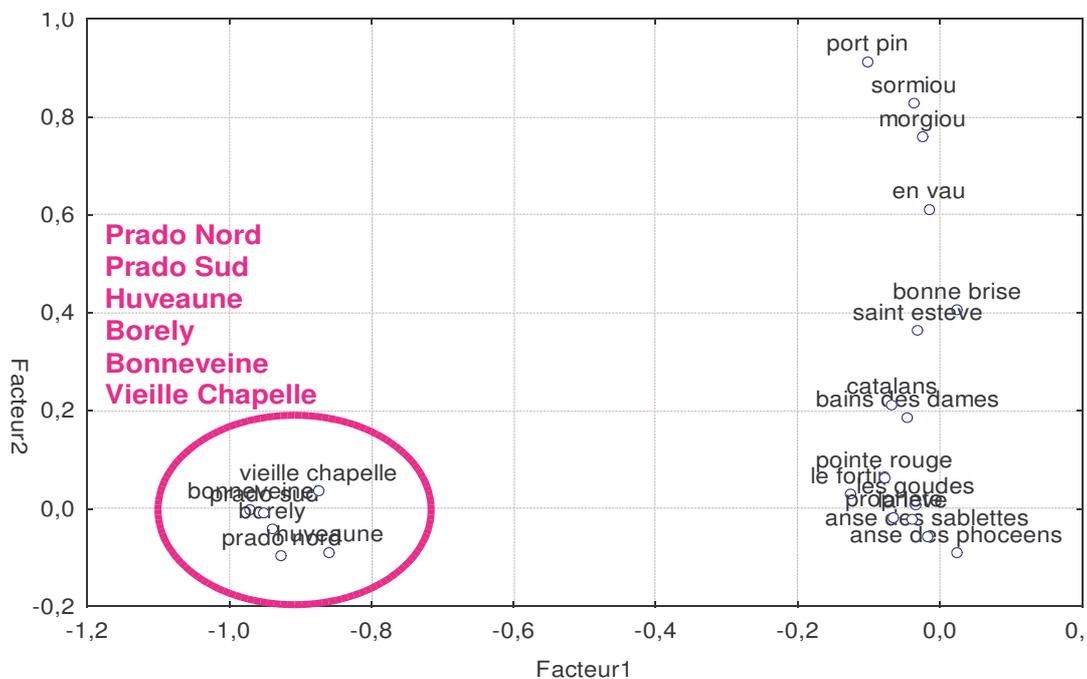


Figure 50: Analyse factorielle des correspondances *Escherichia coli*- 2005-2010 (Source : ARS PACA)

En ce qui concerne le paramètre entérocoques, des corrélations significatives sont mises en évidence avec les zones de baignade Bonneveine et Vieille Chapelle. Mais aucune valeur n'est supérieure à 370 NPP/100ml donc la corrélation ne peut être prise en compte.

6.1.6 EFFET JOUR/ HEURE

La fréquentation de la zone de baignade constitue une source potentielle de pollution bactériologique du fait d'apport par le baigneur lui-même.

Ce paramètre ne faisant pas l'objet de mesures régulières, le moment du prélèvement (heure/jour) est utilisé comme indicateur indirect de cet effet pour évaluer son impact sur la qualité de l'eau de baignade. L'objectif étant d'adapter les mesures de gestion aux périodes les plus à risque et d'établir l'impact sur l'évolution de la qualité de l'eau de baignade d'une fréquentation croissante dans la journée.

Afin d'évaluer, s'il est possible de mettre en évidence cet effet sur la qualité de l'échantillon, les variables bactériologiques sont corrélées à l'heure / jour du prélèvement.

Afin d'avoir un jeu de données représentatif pour chaque tranche horaire ou jour l'ensemble des plages est traité simultanément.

6.1.6.1 JOUR

Les graphiques ci-dessous présentent la répartition des concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques en fonction des jours de prélèvements.

La présentation des analyses *E.coli* et entérocoques par jour de prélèvement puis selon une approche boîte à moustache ne met pas en évidence de relation entre le jour de prélèvement et la qualité de l'eau de baignade : le jour n'est donc pas un indicateur pertinent de gestion.

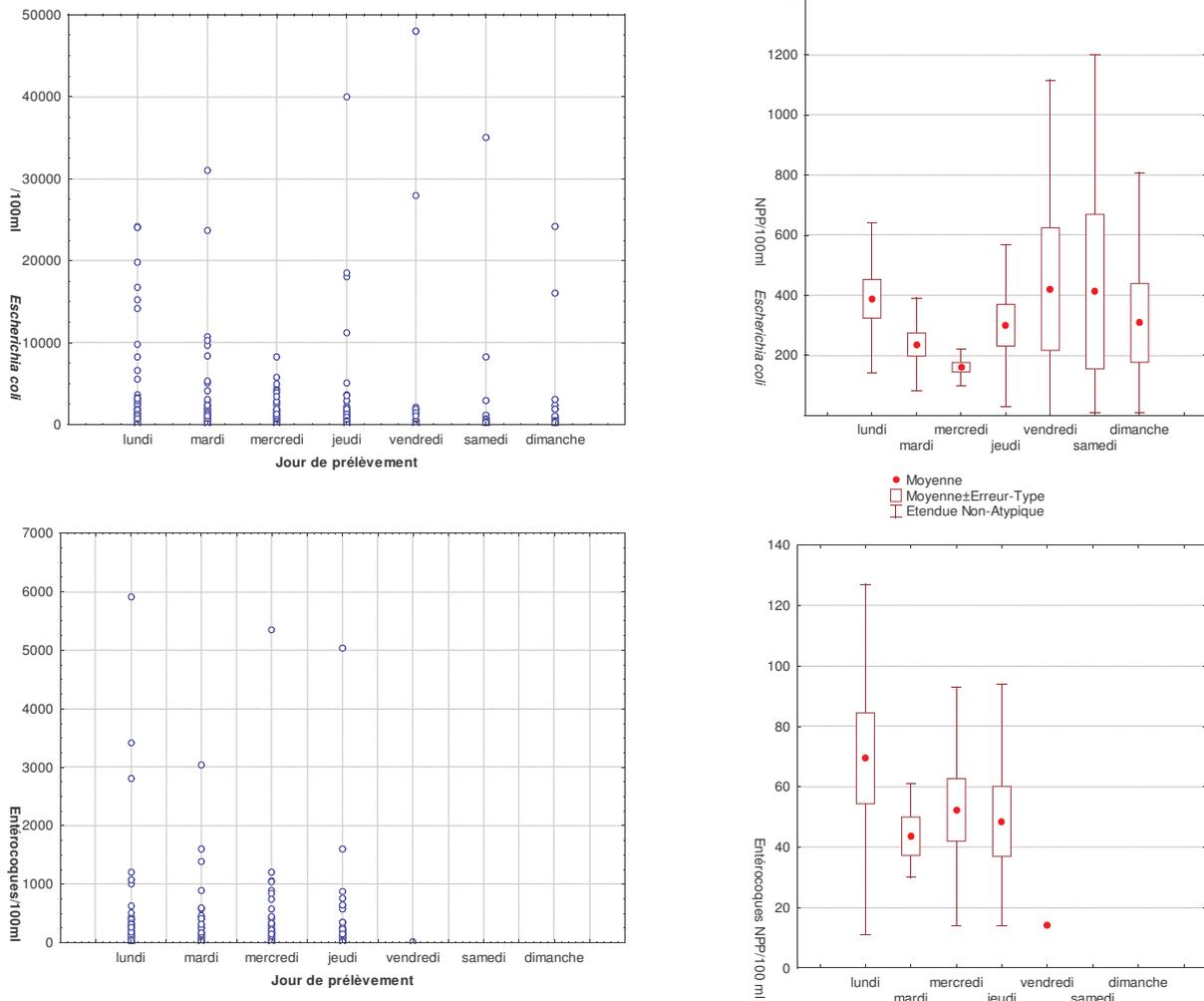


Figure 51: Concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques en fonction du jour de prélèvement (Source: ARS PACA)

6.1.6.2 HEURE

Les graphiques ci-dessous présentent la répartition des concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques en fonction des heures de prélèvements.

La présentation des analyses *E.coli* en fonction de l'heure montre une tendance à l'augmentation des concentrations mesurées qui n'est pas significatif lors de l'analyse par boîte à moustache. L'impression de tendance cohérente avec un horaire de présence de baigneurs est uniquement liée à quelques valeurs extrêmes.

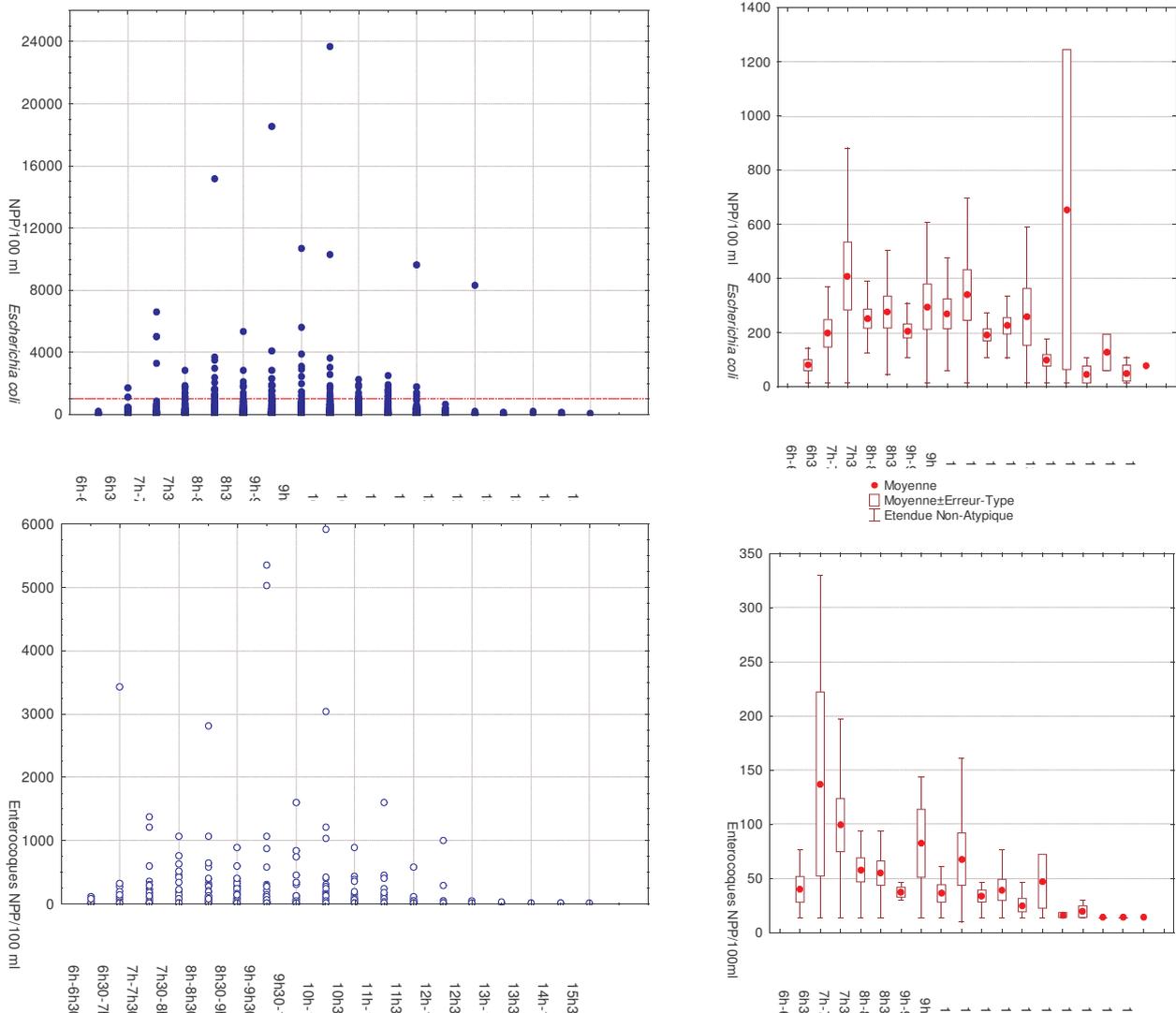


Figure 52: Concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques en fonction du jour de prélèvement (ARS PACA)

Afin de valider l'effet de l'augmentation de la population dans la zone de baignade sur la concentration mesurée dans le milieu, il est fortement préconisée de faire une série de tests d'analyse sur une journée à pas de temps horaire.

L'objectif est d'établir le risque lié à la fréquentation sur le devenir d'une qualité d'eau établie à l'aide d'une analyse effectuée tôt le matin, notamment pour les valeurs proches du seuil AFSSET.

6.1.7 EFFET DES TEMPÉRATURES DE L'EAU ET DE L'AIR/ENSOLEILLEMENT

Dans le but d'établir des mesures de gestion adaptée à l'évaluation du risque maximal, les variables Température de l'eau/air, Rayonnement Global (lumière) et niveau de la mer (apports de pollution par stagnation d'eau de mer dans les canalisations) sont testées comme indicateur pertinent de la qualité de l'eau de baignade.

La température de l'eau, ainsi que le rayonnement global influence le devenir de la bactérie dans le milieu. La température de l'air, est un indicateur indirect de la fréquentation de l'eau de baignade ; le baigneur est plus fréquemment dans l'eau en fonction de l'augmentation de température.

Les graphiques ci-dessous représente la répartition des concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques en fonction des températures de l'eau et de l'air relevées au moment du prélèvement.

Il n'est pas mis en évidence de relation entre les concentrations en bactéries fécales et la température de l'eau. Ceci peut s'expliquer par la multiplicité des paramètres pouvant influencer le devenir de la bactérie : tout d'abord, l'heure de son rejet dans le milieu, puis les paramètres influençant directement son métabolisme et enfin les caractéristiques physiques qui ont un rôle majeur sur la dilution : vent, courants.

Aucune relation directe entre la température de l'air et la qualité de l'eau de baignade n'est mise en évidence.

Les mesures de gestion doivent souligner l'importance de la surveillance de la quantité de personnes présente dans la zone de baignade pour adapter le suivi.

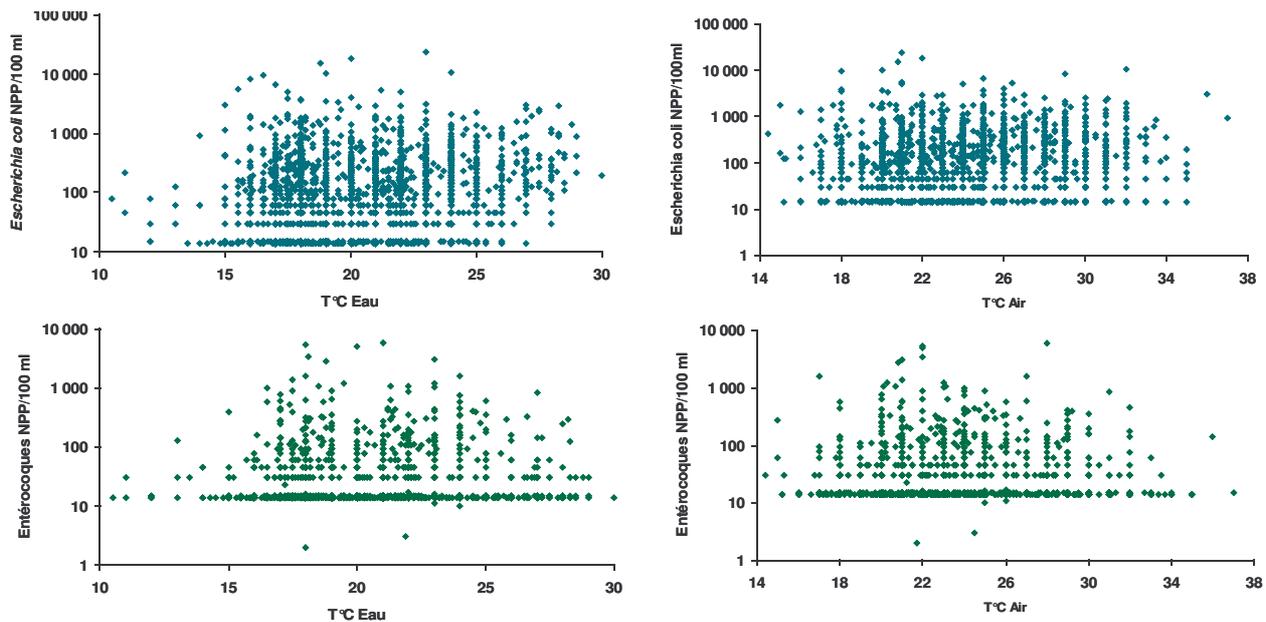


Figure 53: Répartition des concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques en fonction des températures de l'eau et de l'air relevées au moment du prélèvement (Source : ARS PACA)

6.1.8 EFFET DU NIVEAU DE LA MER

Les variations de niveau de la mer peuvent entraîner sur certaines plages des apports bactériologiques du fait de la pénétration dans les conduites d'assainissement.

Afin d'identifier si la variable « niveau de la mer » peut être un bon indicateur de la qualité de l'eau, la relation avec les variables bactériologiques est analysée.

Aucune tendance n'apparaît entre les variables bactériologiques et le niveau de la mer.

6.1.9 CORRÉLATIONS AVEC LES VARIABLES FORÇANTES

Afin d'étudier les relations entre les résultats des analyses bactériologiques et les variables environnementales, des corrélations croisées entre les paramètres deux à deux ont été réalisés pour chaque plage.

L'objectif est ainsi de déterminer les seuils des indicateurs de dégradation de la qualité de l'eau de baignade.

L'analyse statistique corrèle les différentes données environnementales aux données microbiologiques. Elle permet d'évaluer l'influence des variables environnementales sur la qualité des eaux de baignade. Cette analyse permet d'évaluer des indicateurs pertinents de la qualité des

eaux de baignade. L'objectif est de déterminer à partir de quel seuil on a un risque de dégradation de la qualité des eaux de baignade. Pour cela on utilise l'analyse de corrélation pour évaluer la relation entre les variables explicatives (pluie, vent, déversements...) et les variables à expliquer (paramètres bactériologiques).

6.1.9.1 DESCRIPTION DES VARIABLES

Les variables bactériologiques (*E.coli* et entérocoques) représentent l'ensemble des analyses bactériologiques effectuées par la Direction de la Santé Publique et par la SERAM de 2005 à 2010.

La variable **Pluie** représente le cumul de pluie enregistré par le pluviomètre Vernet durant les 24, 48 et 72 heures précédant un prélèvement.

En ce qui concerne le vent, les variables **vent dir** et **vent for** représentent respectivement la direction (en °) et la force du vent vecteur moyen (en m/s) durant les 24, 48 et 72 heures précédant un prélèvement.

La variable **nivdev_xx-J1** correspond au volume déversé en litres au niveau du poste de relèvement xx la veille du prélèvement.

La variable **dev_prado** représente le volume déversé en m³ au niveau du déversoir Prado la veille du prélèvement.

La variable **ramon** correspond au débit journalier de l'Huveaune en m³/s mesurée au niveau du capteur Ramon situé en aval de la vanne barrage de la Pugette.

6.1.9.2 CORRÉLATION AVEC LA PLUIE

Une corrélation significative est mise en évidence entre la concentration en *Escherichia coli* et le cumul de pluie mesuré au niveau du pluviomètre Vernet la veille du prélèvement.

Il est important de remarquer la dégradation de la qualité par temps de pluie mais aussi en temps sec.

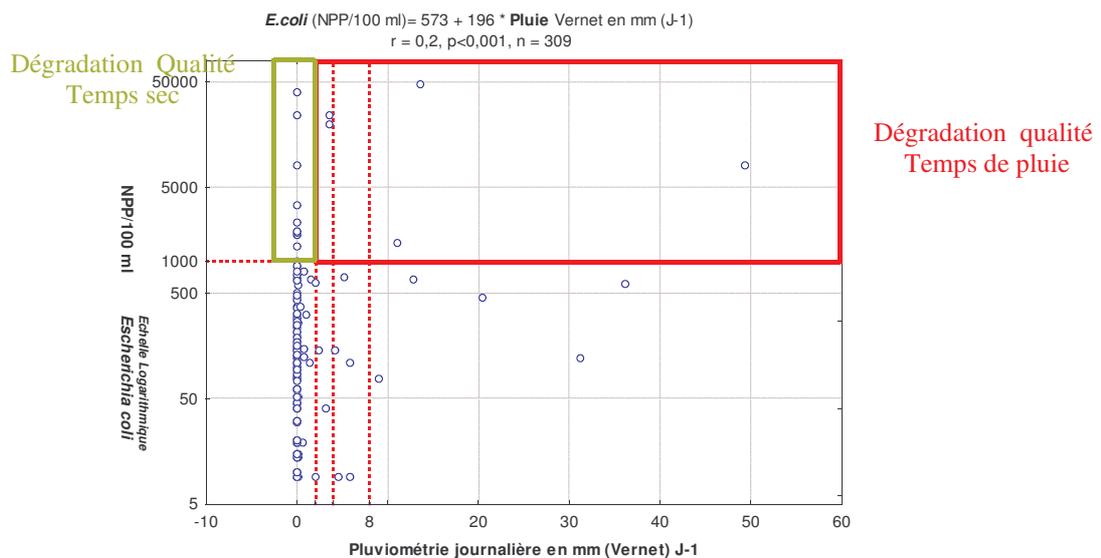


Figure 54: Concentrations en *Escherichia coli* (NPP/100ml) en fonction du cumul de pluie (en mm) mesuré au niveau du pluviomètre Vernet la veille du prélèvement (Sources : ARS PACA, SERAM)

6.1.9.3 CORRÉLATIONS AVEC LES DÉVERSEMENTS

Aucune corrélation n'est mise en évidence avec les déversements du déversoir du Prado ou des postes de relèvement pouvant impacter la zone de baignade Huveaune.

Ceci est lié au faible nombre de déversements.

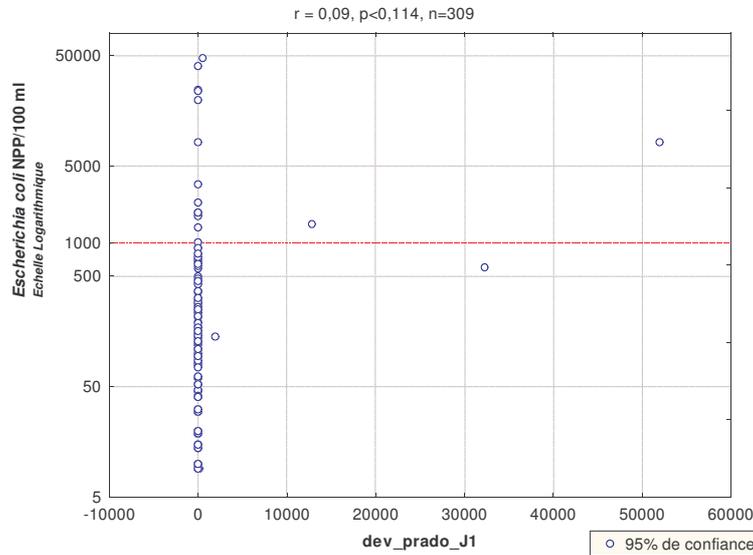


Figure 55: Escherichia coli (NPP/100ml) en fonction du volume déversé en m³ au niveau du déversoir du Prado (Sources: ARS PACA, SERAM)

En ce qui concerne l'influence de l'Huveaune, une corrélation significative est mise en évidence entre son débit et les concentrations au niveau de la zone de baignade. Des pollutions sont aussi observées sans surverse de l'Huveaune.

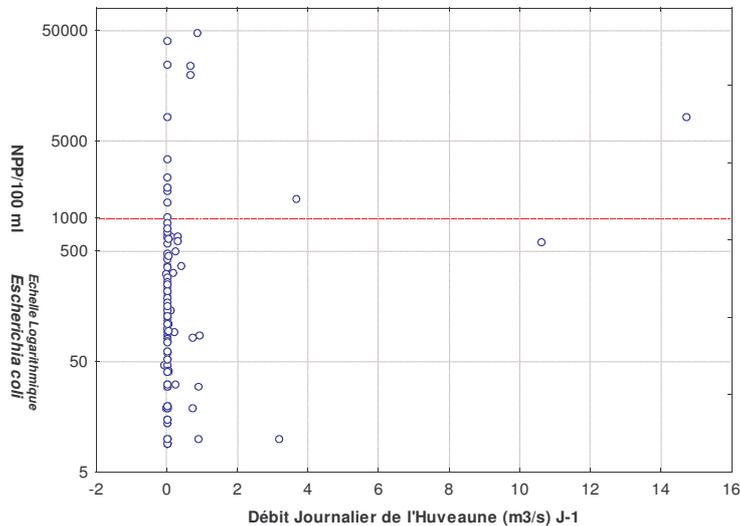


Figure 56: Escherichia coli (NPP/100ml) en fonction du débit journalier de l'Huveaune en m³/s mesuré au niveau du capteur Ramon (Sources: ARS PACA, SERAM-DEA)

6.1.9.4 CORRÉLATION AVEC LE VENT

Le vent n'est pas responsable d'apports en germes bactériens mais agit sur le déplacement des masses d'eau et donc a un rôle sur le devenir de la pollution : son déplacement mais aussi sa dilution dans le milieu marin.

Les plus fortes concentrations sont rencontrés par vent de secteur Sud-Est et Nord-Ouest. Ces secteurs de vent correspondent aux secteurs majoritaires rencontrés au niveau de la commune de

Marseille. Les mauvais résultats ont donc par probabilité plus de chance d’être mesurées lors de ces directions de vent.

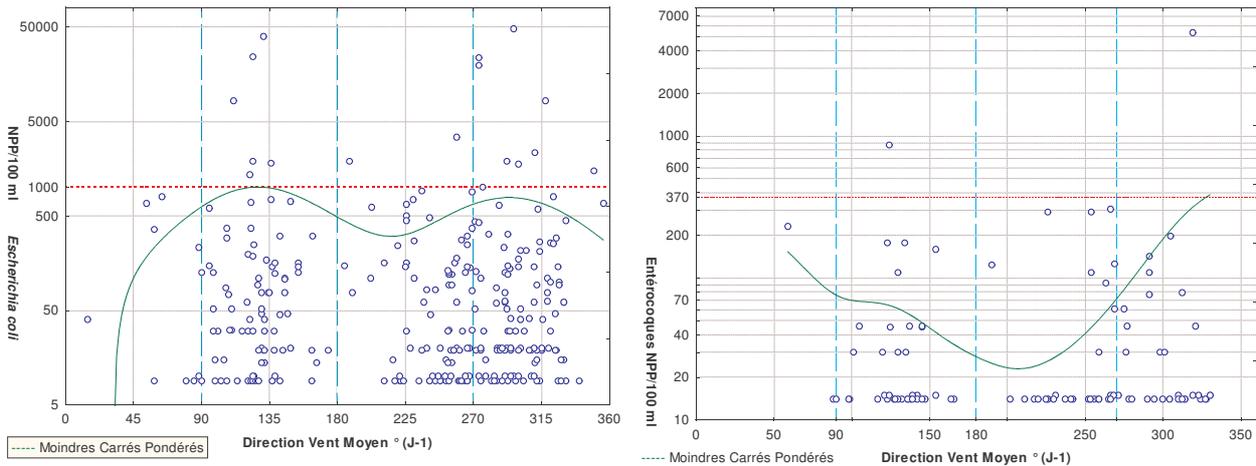


Figure 57: Concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques en fonction de la direction du vent (Sources : ARS PACA, Météo France)

6.1.10 SEUILS

Une étape ultérieure à l’analyse consiste à évaluer les seuils de pluie ainsi que du débit de l’Huveaune pour lesquels la qualité de l’eau se dégrade. La recherche de l’existence de ce seuil est réalisé en regardant la répartition de la qualité par rapport aux seuils bactériologiques de l’AFSSET (*E.coli* > 1000 NPP/100ml - entérocoques >370 NPP/100 ml).

Cette analyse est effectuée sur la pluviométrie cumulée journalière (Figure 58) ainsi que sur le débit moyen journalier de l’Huveaune la veille du prélèvement (Figure 59).

6.1.10.1 PLUIE

Le seuil 2 mm a été choisi car la moitié des pluies à Marseille sont inférieures à ce seuil ; 4 mm correspond au seuil de déversement du réseau unitaire et 8 mm au seuil de déversement de l’Huveaune au niveau de la vanne barrage de la Pugette.

La proportion d’échantillons dont la concentration en *Escherichia coli* est supérieure au seuil AFSSET est visible à partir d’une pluie de 2 mm.

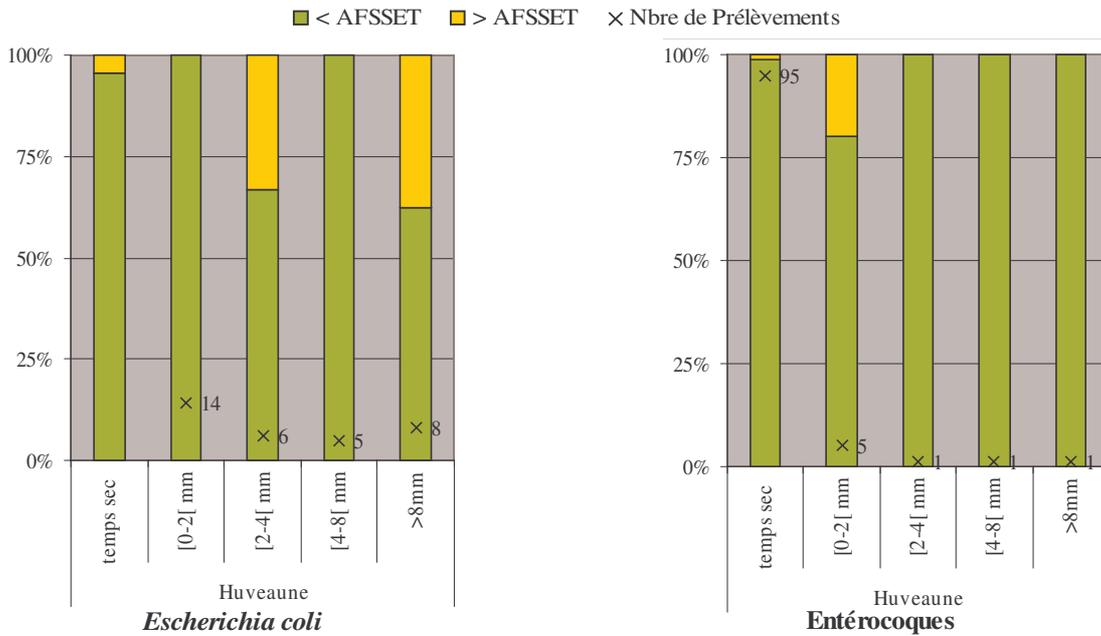


Figure 58: Répartition de la qualité des échantillons au regard du seuil AFSSET en fonction de la pluviométrie journalière

6.1.10.2 DÉBIT DE L’HUYEAUNE

Pour pallier au fait qu’il y a peu de déversement de l’Huveaune en été, la même analyse a été effectuée en prenant en compte l’ensemble des données été et hiver ; ceci augmente ainsi la pool de données disponibles pour cette analyse.

Des dépassements de seuils AFSSET sont rencontrés dès lors que le débit augmente.

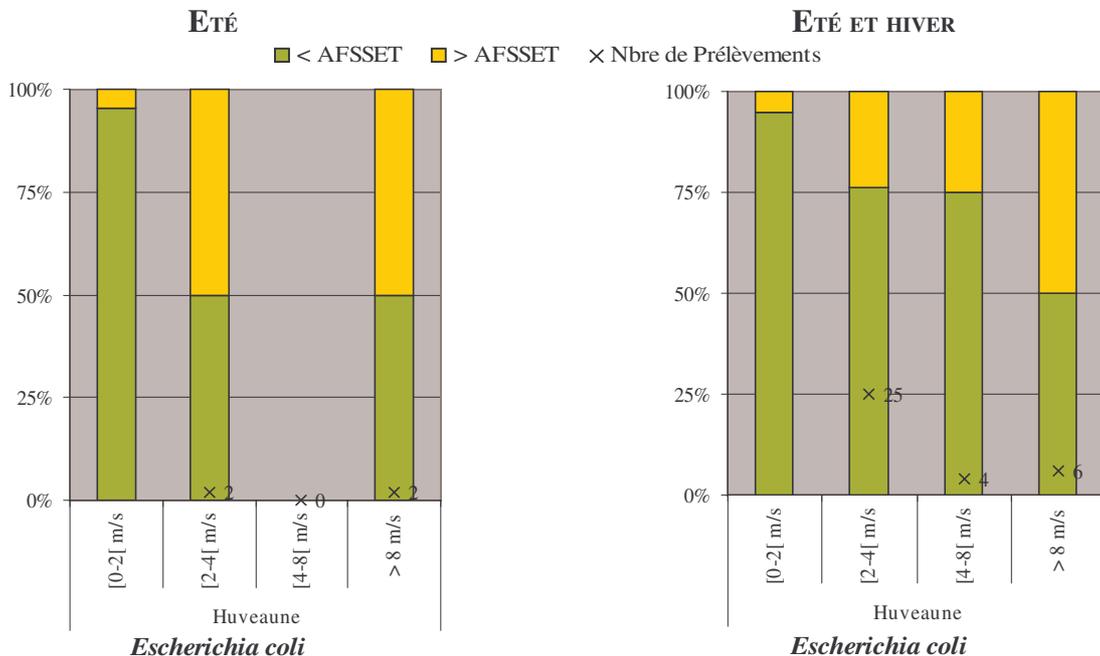


Figure 59: Répartition de la qualité des échantillons au regard du seuil AFSSET en fonction du débit de l’Huveaune

6.1.11 ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS BACTÉRIOLOGIQUES SUITE A DES ÉPISODES PLUVIEUX

L’objectif de cette analyse est de montrer la durée de la pollution au niveau de la zone de baignade Huveaune suite à un déversement au niveau de la vanne barrage de la Pugette.

Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution des concentrations bactériologiques suite à différents épisodes pluvieux.

La pollution persiste plusieurs jours après la fin de la pluie. Celui est d'autant plus marqué pour les entérocoques.

Episode pluvieux du 15-17 juin 2010

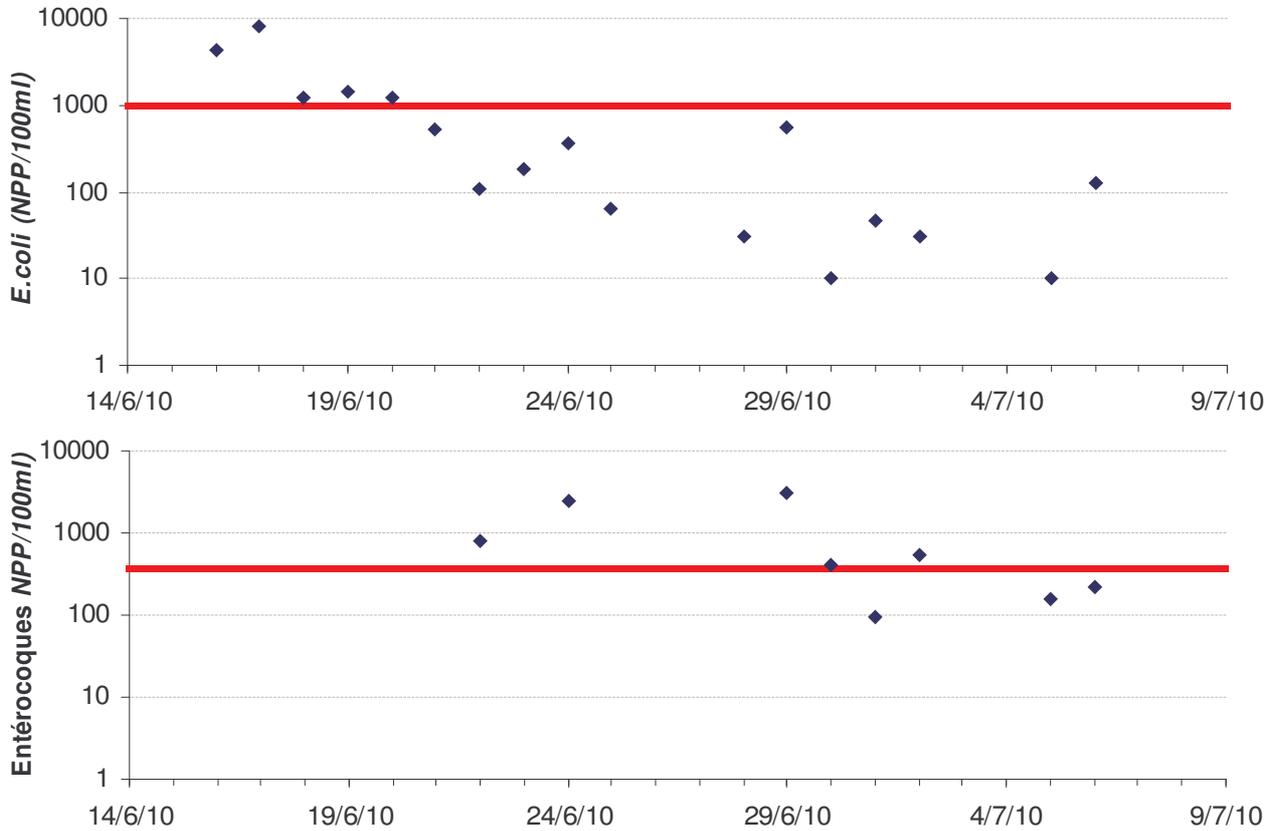
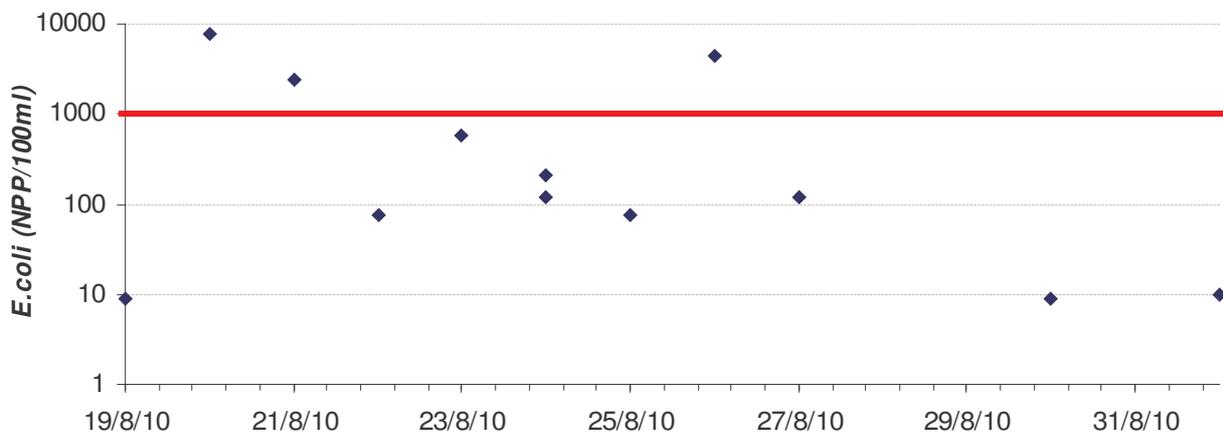


Figure 60: Evolution des concentrations en Escherichia coli et entérocoques suite à l'épisode pluvieux du 15-17 juin 2010 (Source : ARS PACA)

Episode pluvieux du 19-20 août 2010



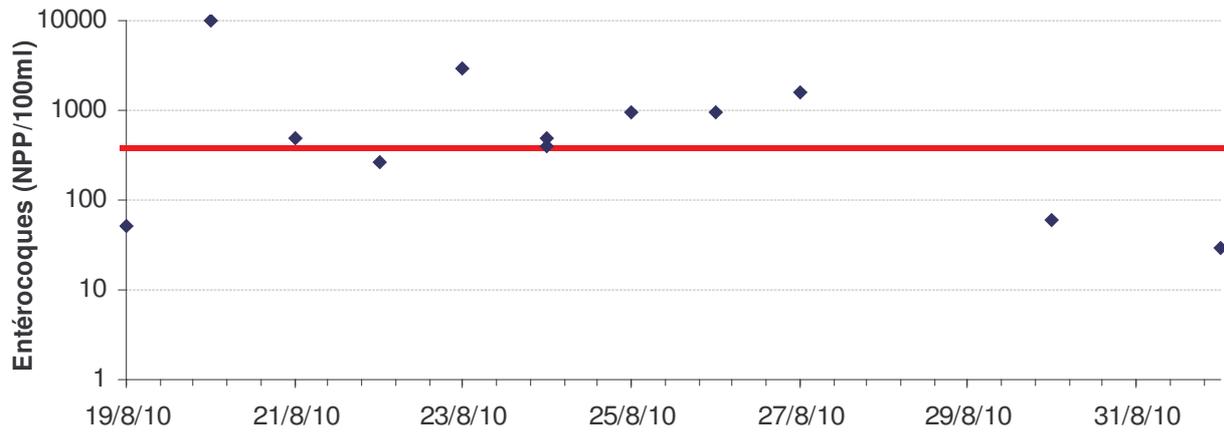


Figure 61: Evolution des concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques suite à l'épisode pluvieux du 19-20 août 2010 (Source : ARS PACA)

Episode pluvieux du 2 août 2009

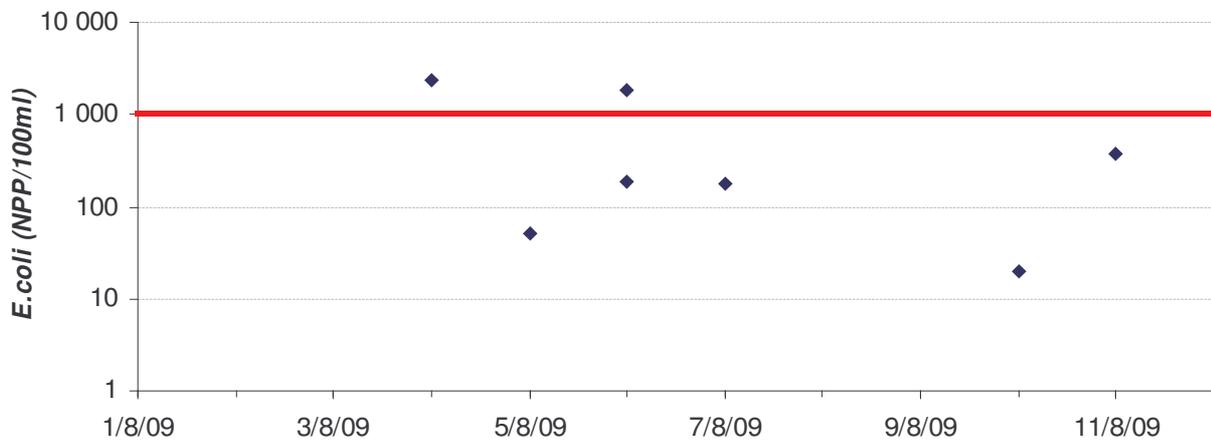


Figure 62: Evolution des concentrations en *Escherichia coli* suite à l'épisode pluvieux du 2 août 2009 (Source : ARS PACA)

6.2 MODÉLISATION HYDRODYNAMIQUE

6.2.1 MODÈLES MIS EN PLACE

La modélisation mise en place dans le cadre des profils des zones de baignade de Marseille est réalisée avec un maillage fin (Figure 63). En effet, il s'agit tout d'abord de **modèles haute résolution de l'ordre de 25 m (Z1, Z2 et Z3)**. Cette résolution permet de pouvoir différencier les résultats de 2 plages contiguës mais séparées par un épi ou un aménagement côtier.

Ces modèles sont imbriqués à l'intérieur d'un maillage plus large dont la résolution spatiale est de **80 m (SonB)**. Ce domaine plus large permet de prendre en considération les effets des rejets distants des plages ; la résolution spatiale requise est moins élevée.

Les résultats de simulation du modèle grande échelle de l'IFREMER **MENOR** sont intégrés dans la solution proposée par forçage des conditions aux limites. Le modèle MENOR ayant une discrétisation spatiale de **1200m**, une grille de calcul additionnel de résolution **240 m (SonA)** a été adoptée pour réaliser la transition entre le modèle MENOR et les modèles de plus fines échelles.

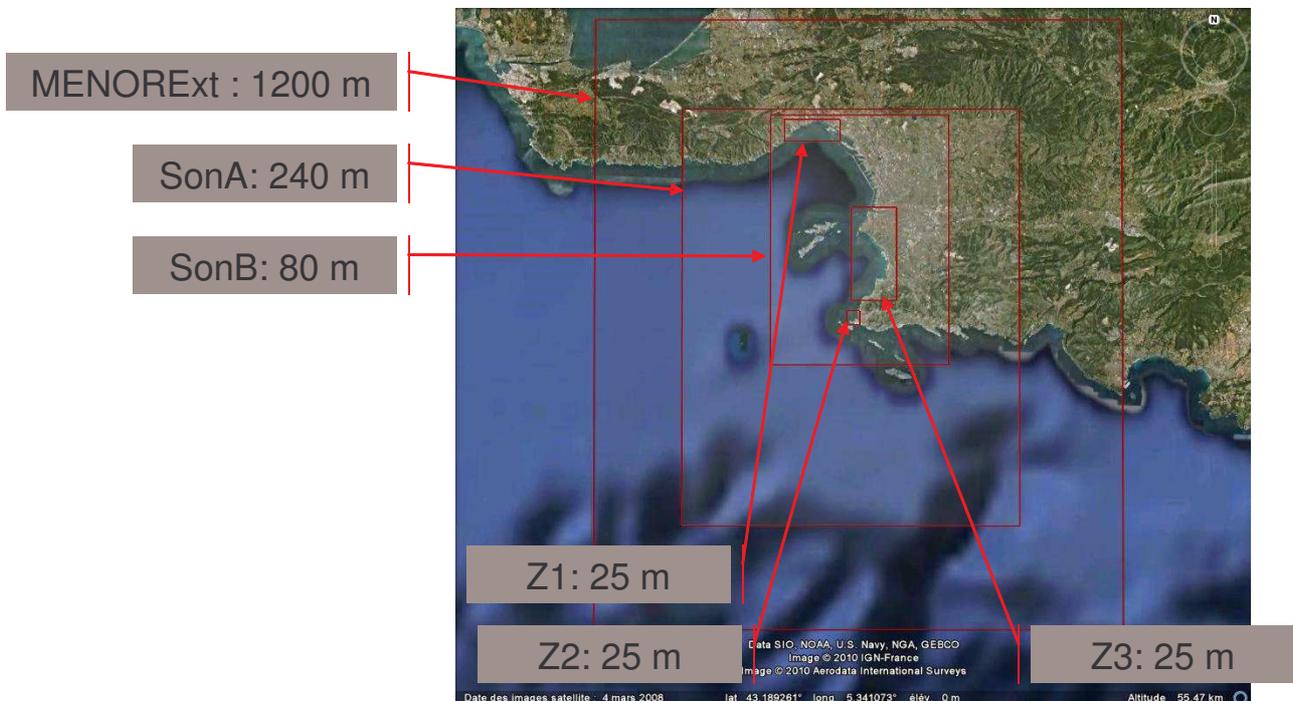


Figure 63: Implantation et emboîtement des différents modèles mis en place dans le cadre des profils des zones de baignade de Marseille

6.2.2 SCÉNARIIS DE MODELISATION

Différents paramètres ont permis de déterminer les scénariis mis en place dans le cadre de la modélisation des rejets de Marseille.

➤ Pluie

- **Temps sec** : Simulation de déversement des postes de relèvement pendant 6 heures.
- **Pluie de 4 mm en 1h** (Période de retour = 3 semaines) : Petite pluie qui provoque du ruissellement mais pas de déversement du réseau unitaire ni de l'Huveaune.
- **Pluie de 12 mm en 1h** (Période de retour = 2 mois) : Pluie qui provoque du ruissellement, le déversement de l'Huveaune ainsi que celui du réseau unitaire à l'exception du déversoir Prado.

- **Pluie de 18 mm en 1h** (Période de retour = 5 mois) : Pluie qui provoque du ruissellement, le déversement de l’Huveaune ainsi que celui du réseau unitaire y compris le déversoir Prado.
- **Pluie de 26 mm en 1h** (Période de retour = 1 an) : Pluie qui provoque ruissellement, déversements ainsi que le début du débordement du réseau.

➤ **Direction des Vents :**

La direction de vent privilégié pour chaque scénario de pluie a été déterminée en étudiant le secteur de vent le plus fréquemment observé en fonction des seuils de pluie pré-établis. Les données utilisées sont la pluviométrie cumulée journalière du pluviomètre Vernet et le vent moyen journalier de la station Météo France de l’hippodrome.

Les vents les plus fréquemment rencontrés par temps de pluie sont de secteur Est, Sud/Est, Ouest, et Nord/Ouest (Tableau 21).

Les secteurs de vent retenus sont ESE pour l’ensemble des intervalles de pluviométrie identifiés et ONO pour l’intervalle de pluviométrie correspondant à la tranche [0,4[mm de pluie.

Le bien-fondé du regroupement des secteurs de vents E et SE en une orientation ESE sera éprouvé par comparaison des résultats de simulation faisant intervenir successivement un vent d’Est, d’Est-Sud-Est puis de Sud-Est sur le scénario de pluie correspondant à la tranche [18,26[.

Tableau 21: Nombre de pluies observées par secteurs de vent pour différents cumuls de pluie en mm (Sources : SERAM, Météo France)

Direction du vent	Nombre de pluies	[0,4[	[4,12[	[12,18[	[18,26[	>26
N	5	2	3	0	0	0
NE	4	3	0	1	0	0
E	20	9	6	0	2	3
SE	18	7	7	2	1	1
S	7	5	1	1	0	0
SO	8	6	1	0	0	1
O	16	12	1	2	0	1
NO	24	16	4	0	3	1

➤ **Intensité des Vents :**

Pour chaque association direction de vent et classe de pluviométrie, l’intensité du vent à adopter a été déterminée en effectuant une moyenne sur l’intensité des vents journalier relevé lors des évènements correspondants (pluviométrie et direction du vent).

Tableau 22: Intensité des vents adoptés pour chaque association intensité de pluie / direction de vent (Sources : SERAM, Météo France)

Direction du vent	Classe de pluviométrie (mm)				
	[0,4[	[4,12[	[12,18[	[18,26[	>26
E				5	
SE				5	
ESE	2	2.7	1.8	5	3.6
ONO	3.8				

La présence du relief marqué autour de la baie de Marseille fait varier le vent (en intensité et direction) en fonction de l’endroit où on se situe. Le vent étant le moteur principal de la circulation

aux échelles de notre problématique, il est important de tenir compte de la variabilité spatiale du vent. L'exploitation des données issues des stations météo installées par RPT nous a conduit à mettre en place un modèle atmosphérique local. A l'aide de ce modèle numérique dont la résolution spatiale est de 500 m, nous avons pu reconstruire des champs de vent représentatifs des critères issus de l'analyse statistique réalisée.

Ces caractéristiques de vent seront employées pour le forçage de l'hydrodynamique par deux biais différents. Le vent ainsi déterminé sera imposé à la limite air-mer du modèle de manière à forcer la dynamique qui découle de la friction de l'air à la surface du plan d'eau. Le vent sera aussi employé dans le module de vagues pour la génération du clapot local.

➤ **Caractéristiques de la houle :**

Pour chaque classe de direction de vent, nous avons déterminé les caractéristiques de la houle venant du large. Cette identification des régimes de houle a été réalisée en effectuant une moyenne sur les paramètres intégraux du champ de vague au large. Cette moyenne a été calculée sur les jours correspondants aux orientations de vent retenues pendant les épisodes pluvieux. Au cours de cette analyse nous avons déterminé que les caractéristiques des vagues au large n'étaient pas sensibles aux faibles variations de secteurs de vent. Deux scénarii de vagues se rapportant aux directions principales du vent (ESE et ONO) ont été retenus.

➤ **Caractéristiques de la circulation hauturière :**

Les échelles de temps de la circulation hauturière sont très différentes de celles des événements pluvieux autour desquels se construit notre approche. L'établissement d'une correspondance entre les schémas de circulation hauturière et les événements pluvieux n'a pas donné de résultat probant. Une moyenne climato sur les mois de juillet et août sera employée.

➤ **Récapitulatif des paramètres différenciant les scénarii retenus :**

Seuils de pluie

- Temps sec
- Pluie 4 mm/1h
- Pluie 12 mm/1h
- Pluie 18 mm/1h
- Pluie 26 mm/1h

Direction de vent

- Vent de secteur Est-Sud-Est
- Vente de secteur Ouest-Nord-Ouest
- Test de sensibilité de variation du secteur de vent Est Sud-Est

Intensité du vent

- Déterminée par moyenne sur les événements correspondants
- Pas de vent

Caractéristique de la houle au large

- Déterminée par moyenne sur les événements correspondants
- Pas de houle

Rejets considérés

- TOUS (ceux correspondants au seuil de pluie)
- Séparation des rejets Huveaune, Bonneveine, Déversoir du Prado, Grand Port Maritime de Marseille et Vieux Port

⇒ 14 scénarii de modélisation

Tableau 23: Récapitulatif des paramètres pris en compte pour les différents scénarii de modélisation

Scénario	Pluviométrie (mm/h)	Rejets	Direction du vent	Intensité du vent		Houle
				m/s	km/h	
S01	0	Tous déversements associés*	ESE	2	7.2	ESE
S02	0	Tous déversements associés*	ONO	3.8	13.7	ONO
S03	0	Tous déversements associés*	NUL			
S04	4	Tous déversements associés*	ESE	2.7	9.7	ESE
S05	12	Tous déversements associés*	ESE	1.8	6.5	ESE
S06	12	Huveaune et GPMM	ESE	1.8	6.5	ESE
S07	12	Ruisseau de Bonneveine et Vieux Port	ESE	1.8	6.5	ESE
S08	18	Tous déversements associés*	ESE	5	18	ESE
S09	18	Huveaune et GPMM	ESE	5	18	ESE
S10	18	Ruisseau de Bonneveine et Vieux Port	ESE	5	18	ESE
S11	18	Déversoir du Prado	ESE	5	18	ESE
S12	18	Tous déversements associés*	E	5	18	ESE
S13	18	Tous déversements associés*	SE	5	18	ESE
S14	26	Tous déversements associés*	ESE	3.6	13	ESE

* les rejets considérés sont détaillés dans la partie 6.2.2 Scénarii de modélisation § Pluie

6.2.3 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION HYDRODYNAMIQUE

La zone de baignade Huveaune est susceptible d'être impactée par différents rejets de poste de relèvement, de réseaux pluviaux, l'Huveaune et le déversoir du Prado.



Figure 64: Localisation des points de rejets pris en compte dans la modélisation (Source: Google Earth)

Les principaux résultats de la modélisation sont présentés ci-après.

L'ensemble des concentrations maximales en germes bactériens, le délai pour atteindre cette concentration au niveau de la zone de baignade, le délai pour que la zone de baignade soit polluée (*Escherichia coli* > 1 000 NPP/100ml et/ou entérocoques > 370 NPP/100ml) ainsi que la durée de la pollution pour chacun des scénarii est récapitulé dans le Tableau 24 .

Scénarii temps sec, déversements des postes de relèvement

Quelque soit la direction du vent, le modèle numérique met en évidence un impact notable des rejets des postes de relèvement sur la zone de baignade Huveaune.

Les résultats pour le scénario S03 sans vent, ni vagues sont présentés ci-après.

S03 : Temps sec, sans vent, ni vague, déversement des postes de relèvement

La pollution en *E.coli* survient 30mn après le début des déversements, elle atteint la valeur maximale de 185 000 *E.coli*/100ml et dure pendant 32h00. La pollution en entérocoques survient

30mn après le début des déversements, elle atteint la valeur maximale de 120 000 entérocoques/100ml et dure pendant plus de 48h00.

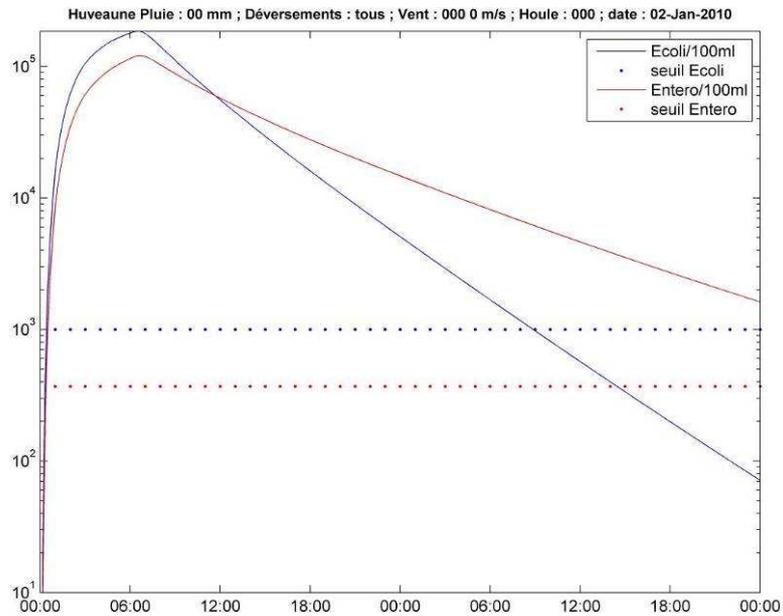
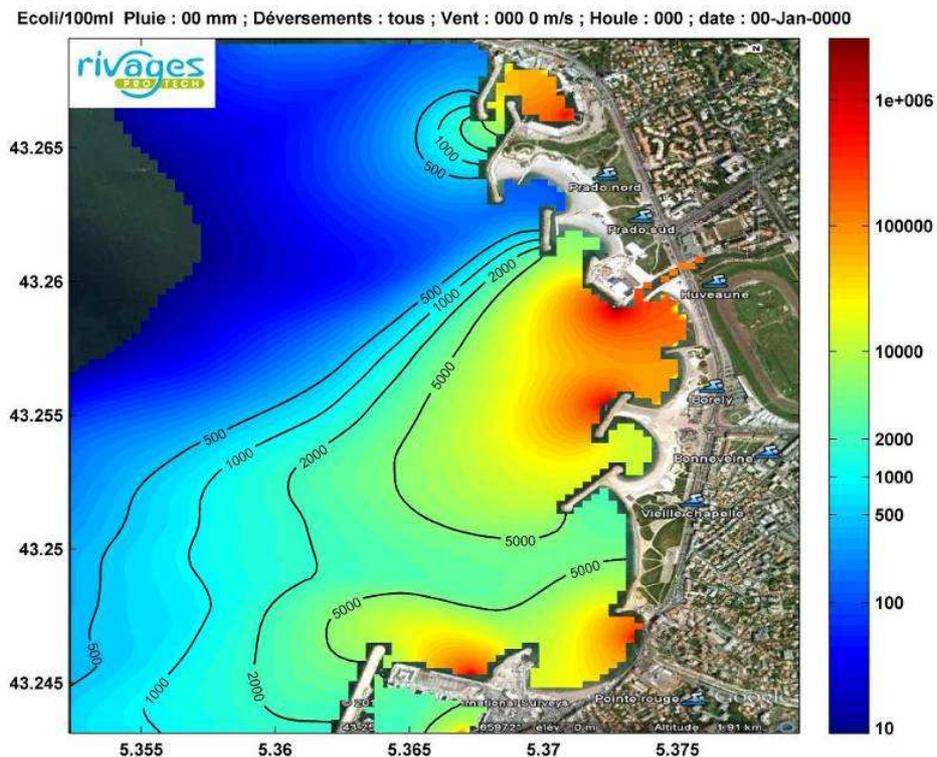


Figure 65: Evolution des concentrations en Escherichia coli et entérocoques en fonction du temps mesurée au niveau de la zone de baignade Huveaune suite à un déversement des postes de relèvement pendant 6h – Temps sec – Sans vent, ni vague

Les panaches des sources de pollution se superposent ne laissant pas percevoir de limite claire entre leurs zones d'influences respectives.

A la vue des gradients de concentrations maximales atteintes au cours de la simulation de ce scénario nous pouvons néanmoins établir des zones d'influences privilégiées par groupement de source de pollution. Ainsi, un regroupement de déversements lié au rejet des PR Muette, Ponson et Borely et Gironne impacte directement la plage Huveaune. Une autre source de pollution est constituée du regroupement des rejets des PR Hamburg et Bonneveine.



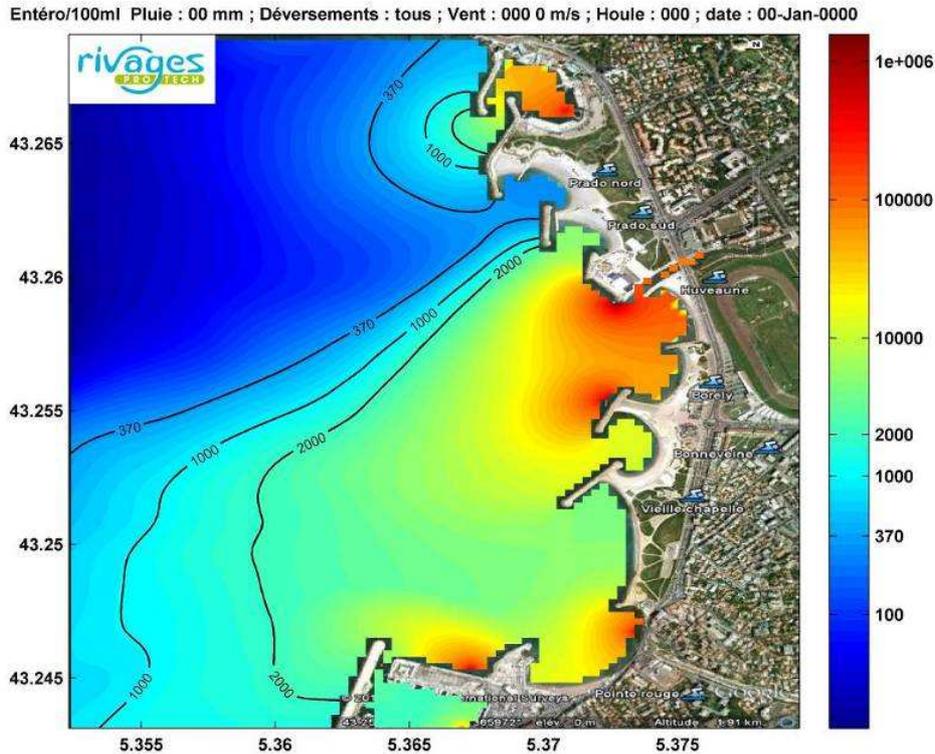


Figure 66: Teneurs simulées (NPP/100ml) en *Escherichia coli* et entérocoques suite à un déversement de postes de relèvement pendant 6h - Temps sec - Sans vent, ni vague

S04 : Pluie de 4 mm/1h, Vent ESE, tous déversements associés à la pluie

Le modèle numérique met en évidence que la zone de baignade Huveaune n'est pas impactée lors d'une pluie de 4 mm en 1h en prenant en compte l'ensemble des déversements associés à cette pluie lorsque le vent souffle d'ESE. On observe néanmoins une légère augmentation des concentrations bactériennes (19 *E.coli*/100ml et 15 entérocoques/100ml) environ 6h00 après le début de la pluie.

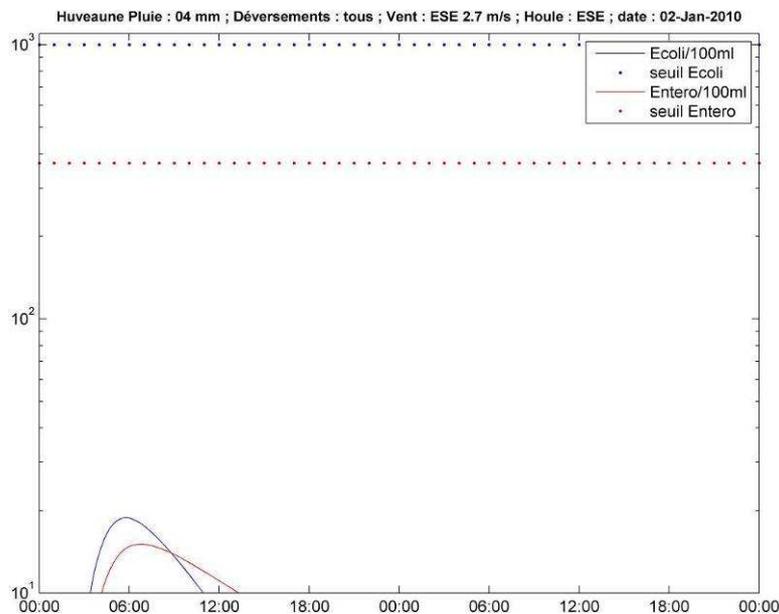


Figure 67 : Evolution des concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques mesurées au niveau de la zone de baignade Huveaune en fonction du temps – Pluie 4 mm/1h, Vent ESE, Tous déversements associés à cette pluie

Au niveau de l'embouchure de l'Huveaune, le panache se propage directement le long de la digue Sud qui canalise le cours d'eau vers la plage de l'Huveaune. Ce déversement de faible ampleur est responsable de la légère augmentation des concentrations bactériennes sur la plage Huveaune. Le

panache issu du rejet du ruisseau de Bonneveine se propage vers le large et le long du trait de côte en direction de la plage de Borely.

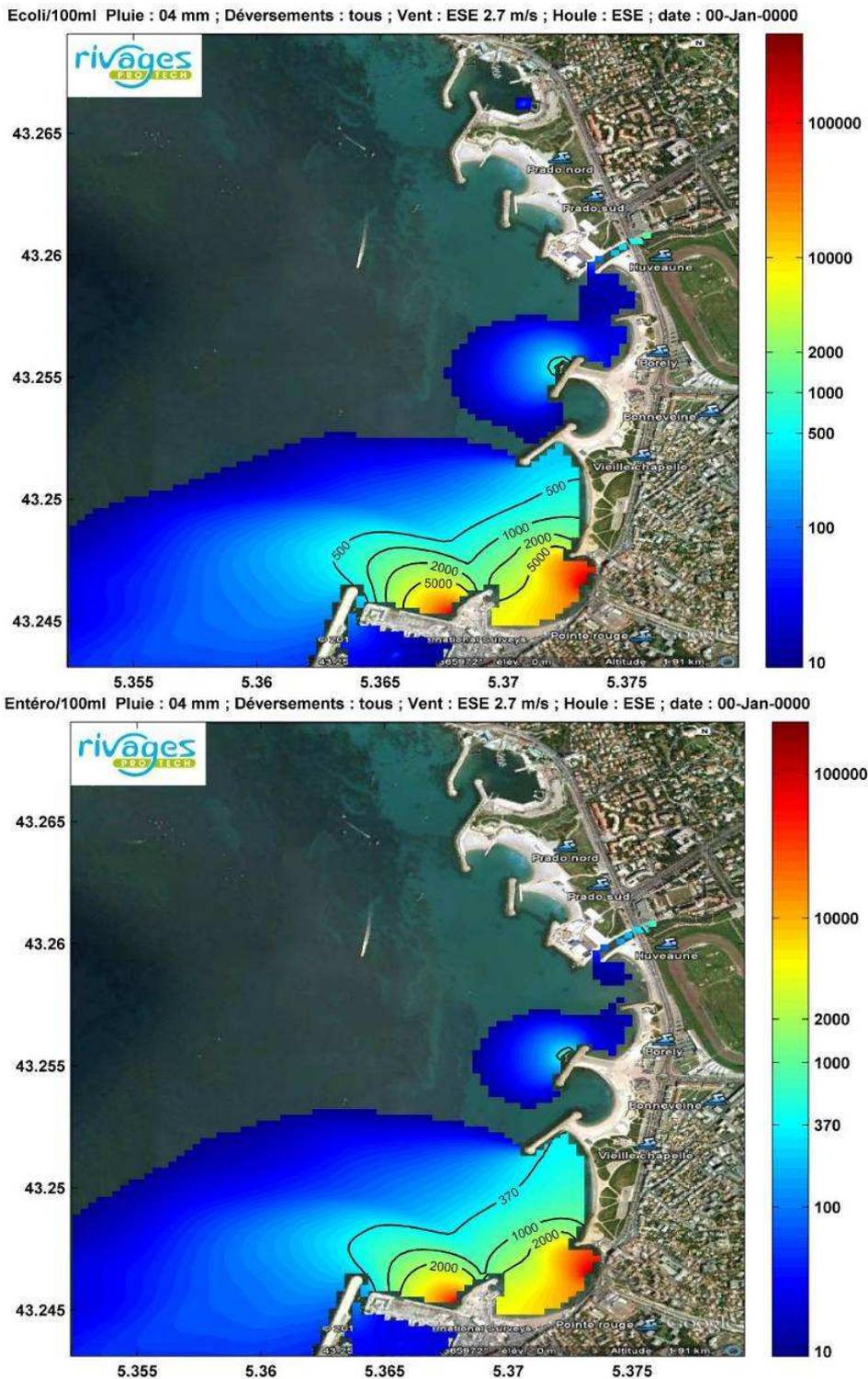


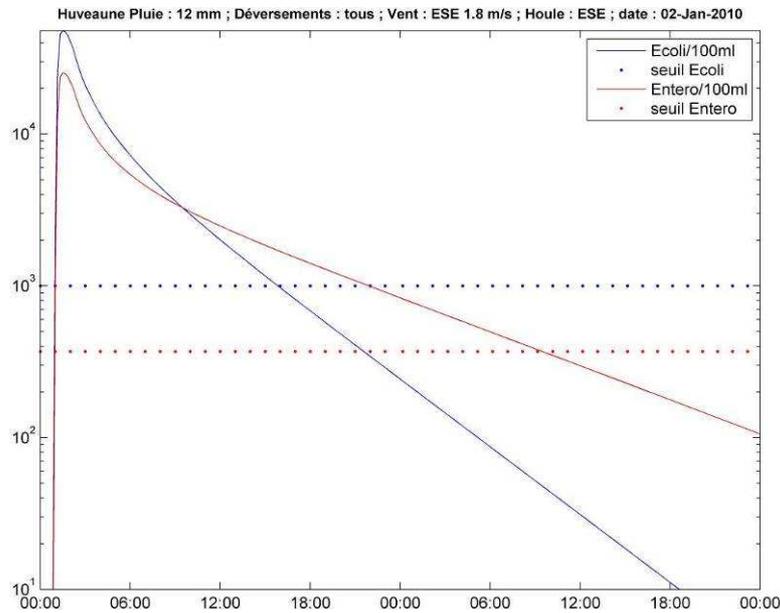
Figure 68 : Teneurs simulées (NPP/100ml) en Escherichia coli et entérocoques – Pluie 4 mm/1h, Vent ESE, tous déversements associés à cette pluie

S05 : Pluie de 12 mm/1h, Vent ESE, tous déversements associés à la pluie

Le modèle numérique met en évidence que la zone de baignade Huveaune est impactée lors d'une pluie de 12 mm en 1h en prenant en compte l'ensemble des déversements associés à cette pluie lorsque le vent souffle d'ESE.

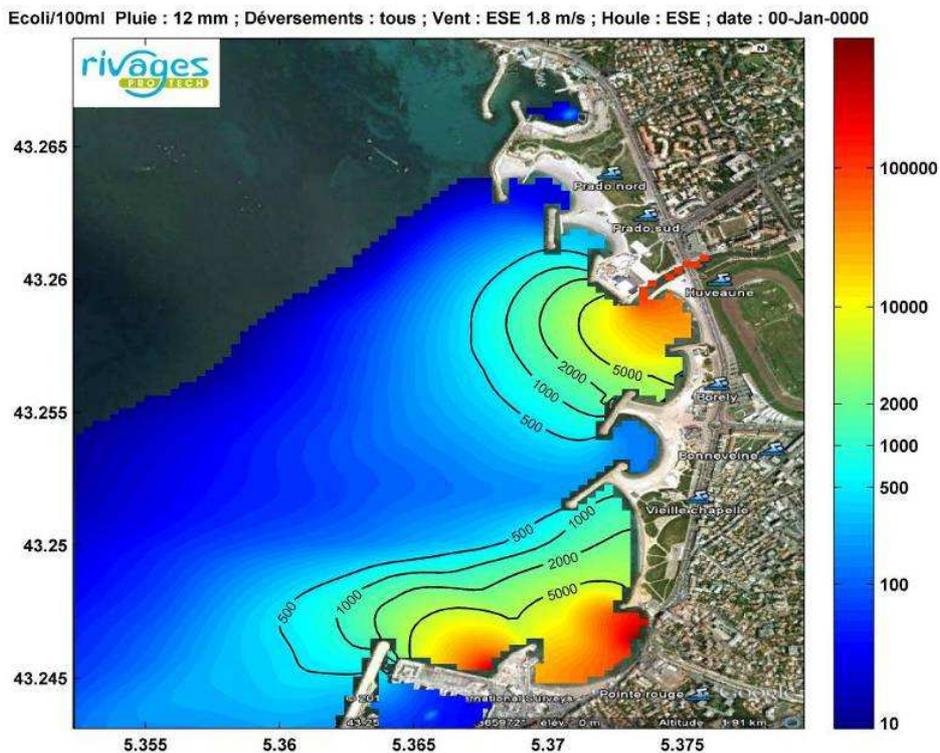
La pollution en *E.coli* survient 1h00 après le début des déversements, elle atteint la valeur maximale de 47 900 *E.coli*/100ml et dure pendant 15h00.

La pollution en entérocoques survient 1h00 après le début des déversements, elle atteint la valeur maximale de 25 300 entérocoques/100ml et dure pendant 32h00.



Le panache issu des rejets proches de l'embouchure de l'Huveaune génère une pollution (au sens AFSSET) contenue entre le brise lame au sud de la plage de Borely et le sud de la plage de Prado Sud.

La partie des panaches bactériens plus diluée (concentration inférieure au seuil AFSSET) se propage depuis l'embouchure de l'Huveaune vers le Sud-Ouest.



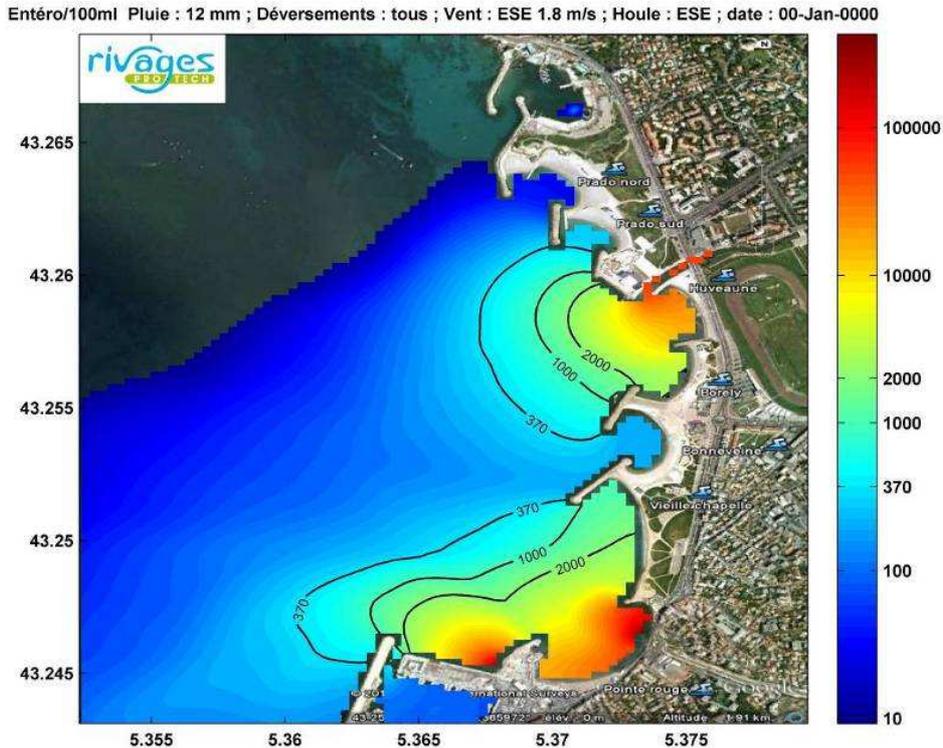


Figure 70 : Teneurs simulées (NPP/100ml) en *Escherichia coli* et entérocoques – Pluie 12 mm/1h, Vent ESE, tous déversements associés à cette pluie

S08 : Pluie de 18 mm/1h, Vent ESE, tous déversements associés à la pluie

Le modèle numérique met en évidence que la zone de baignade Huveaune est impactée lors d'une pluie de 18 mm en 1h en prenant en compte de l'ensemble des déversements associés à cette pluie lorsque le vent souffle d'ESE.

La pollution en *E.coli* survient 50mn après le début des déversements, elle atteint la valeur maximale de 83 000 *E.coli*/100ml et dure pendant 18h20.

La pollution en entérocoques survient 50mn après le début des déversements, elle atteint la valeur 44 300 entérocoques/100ml et dure pendant 38h40.

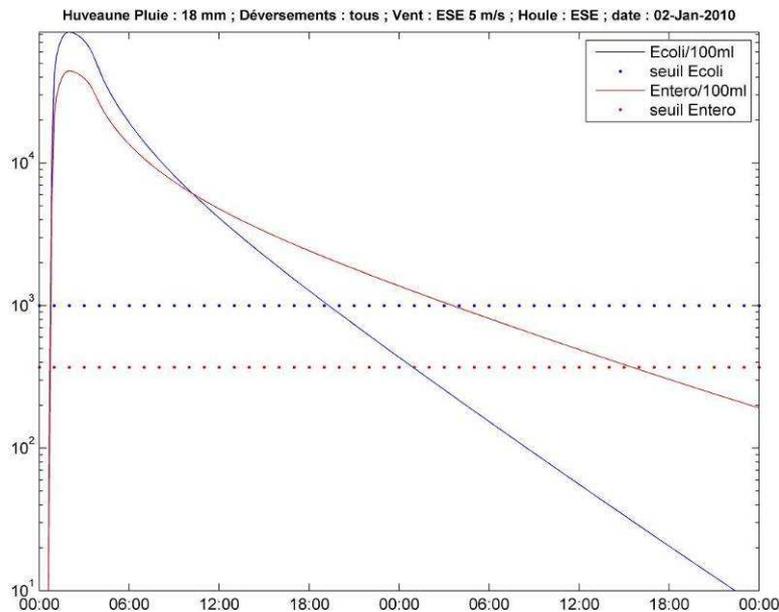


Figure 71: Evolution des concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques mesurées au niveau de la zone de baignade Huveaune en fonction du temps – Pluie 18 mm/1h, Vent ESE, Tous déversements associés à cette pluie

Les panaches de pollution (au sens AFSSET) issus des déversements proches de l'Huveaune (Huveaune, Déversoir Prado et Prado RP) se superposent.

L'extension du panache en mer se fait de manière quasi-isotrope. En délimitant les panache au moyen de la valeur de concentration de 2000 bactéries/100ml, la différenciation des zones d'influence des différents rejets est plus aisée. Ainsi les plages de Prado Nord à Bonneveine semblent être impactées directement par les rejets proches de l'Huveaune.

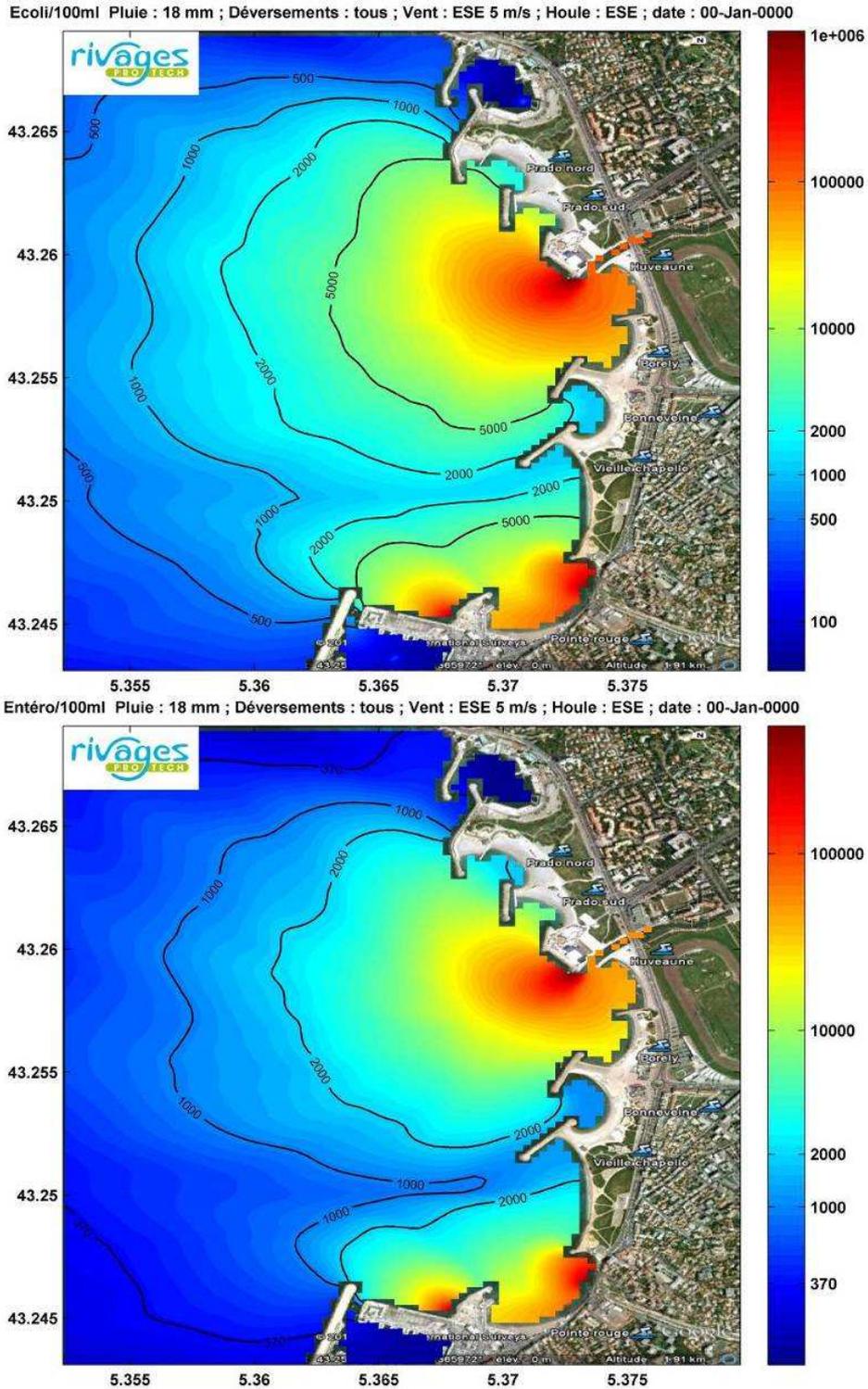


Figure 72 : Teneurs simulées (NPP/100ml) en Escherichia coli et entérocoques – Pluie 18 mm/1h, Vent ESE, tous déversements associés à cette pluie

S09 : Pluie de 18 mm/1h, Vent ESE, Surverse de l’Huveaune

Le modèle numérique met en évidence que la zone de baignade Huveaune est impactée lorsque l’Huveaune reprend son cours naturel lorsque le vent souffle d’ESE.

La pollution en *E.coli* survient 50mn après le début du rejet, elle atteint la valeur maximale de 69 000 *E.coli*/100ml et dure pendant 17h00.

La pollution en entérocoques survient 50mn après le début du rejet, elle atteint la valeur 35 800 entérocoques/100ml et dure pendant 35h30.

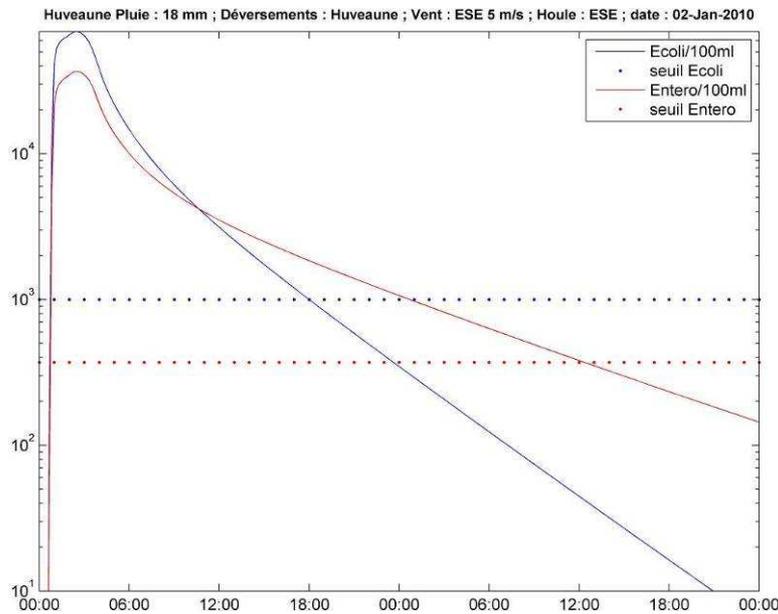
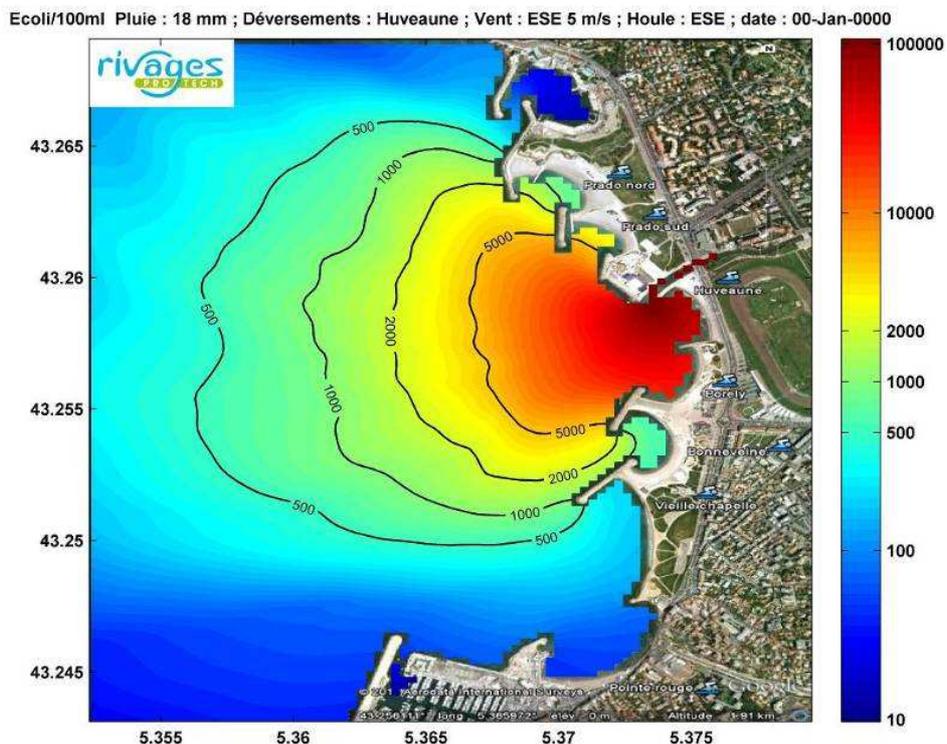


Figure 73 : Evolution des concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques mesurées au niveau de la zone de baignade Huveaune en fonction du temps – Pluie 18 mm/1h, Vent ESE, Sur verse de l’Huveaune

Le panache de pollution (au sens AFSSET) issu de la surverse de l’Huveaune, s’étendent du nord de la plage de Prado Nord jusqu’au brise lame dont le tombolo forme la séparation entre les plages de Vieille Chapelle et Bonneveine.



Entéro/100ml Pluie : 18 mm ; Déversements : Huveaune ; Vent : ESE 5 m/s ; Houle : ESE ; date : 00-Jan-0000

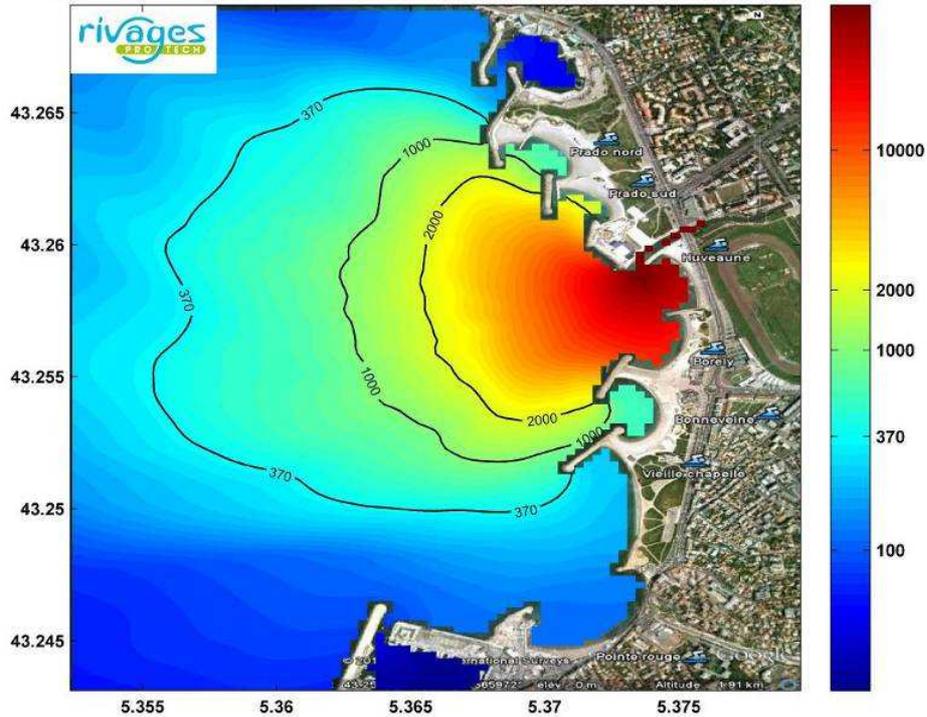
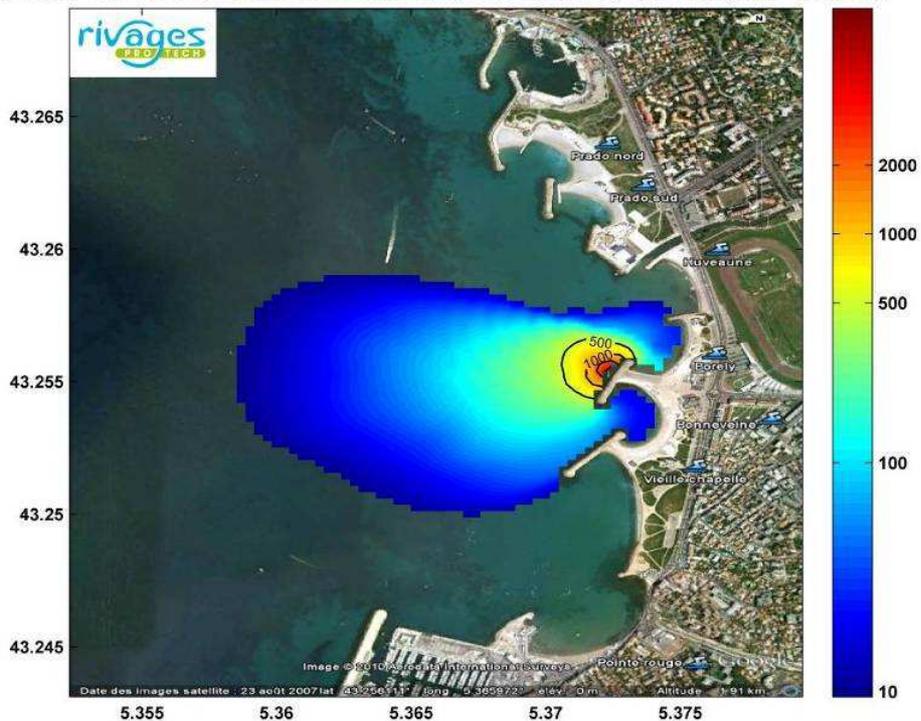


Figure 74 : Teneurs simulées (NPP/100ml) en Escherichia coli et entérocoques – Pluie 18 mm/1h, Vent ESE, Surverse de l’Huveaune

S10 : Pluie de 18 mm/1h, Vent ESE, Rejet du Ruisseau de Bonneveine

Le panache de pollution (au sens AFSSET) issu du rejet du Ruisseau de Bonneveine par 18 mm de pluie en une heure est très limité dans l'espace : il n’atteint pas la zone de baignade Huveaune.

Ecoli/100ml Pluie : 18 mm ; Déversements : Bonneveine ; Vent : ESE 5 m/s ; Houle : ESE ; date : 00-Jan-0000



Entéro/100ml Pluie : 18 mm ; Déversements : Bonneveine ; Vent : ESE 5 m/s ; Houle : ESE ; date : 00-Jan-0000

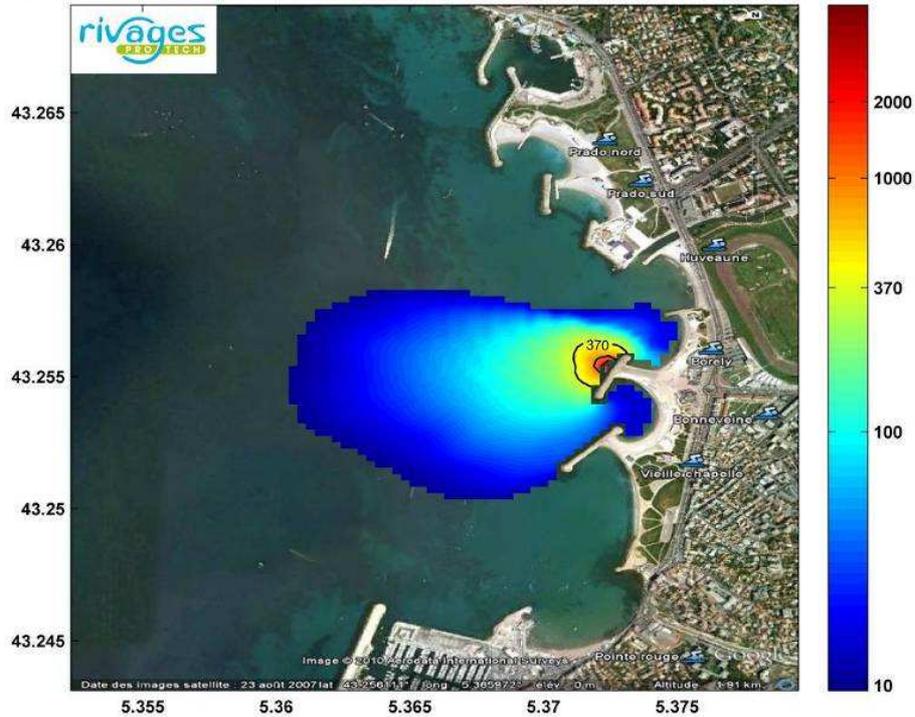


Figure 75 Teneurs simulées (NPP/100ml) en Escherichia coli et entérocoques – Pluie 18 mm/1h, Vent ESE, Rejet du Ruisseau de Bonneveine

S11 : Pluie de 18 mm/1h, Vent ESE, Rejet du Déversoir du Prado

Le modèle numérique met en évidence que la zone de baignade Huveaune lorsque le vent souffle d'ESE est impactée en prenant en compte le déversement du Déversoir Prado.

La pollution en *E.coli* survient 1h00 après le début du rejet, elle atteint la valeur maximale de 19 100 *E.coli*/100ml et dure pendant 11h00.

La pollution en entérocoques survient 1h00 après le début du rejet, elle atteint la valeur 10 300 entérocoques/100ml et dure pendant 21h10.

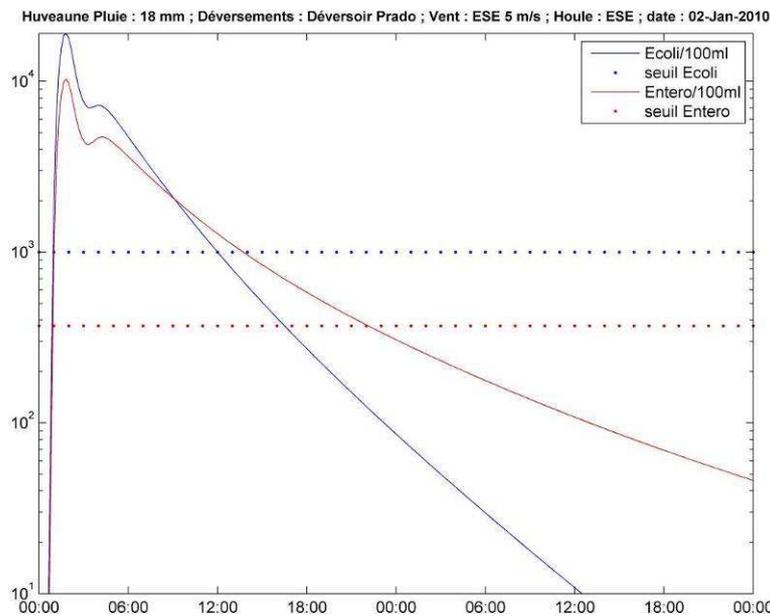


Figure 76 : Evolution des concentrations en Escherichia coli et entérocoques mesurées au niveau de la zone de baignade Huveaune en fonction du temps – Pluie 18 mm/1h, Vent ESE, Rejet du Déversoir du Prado

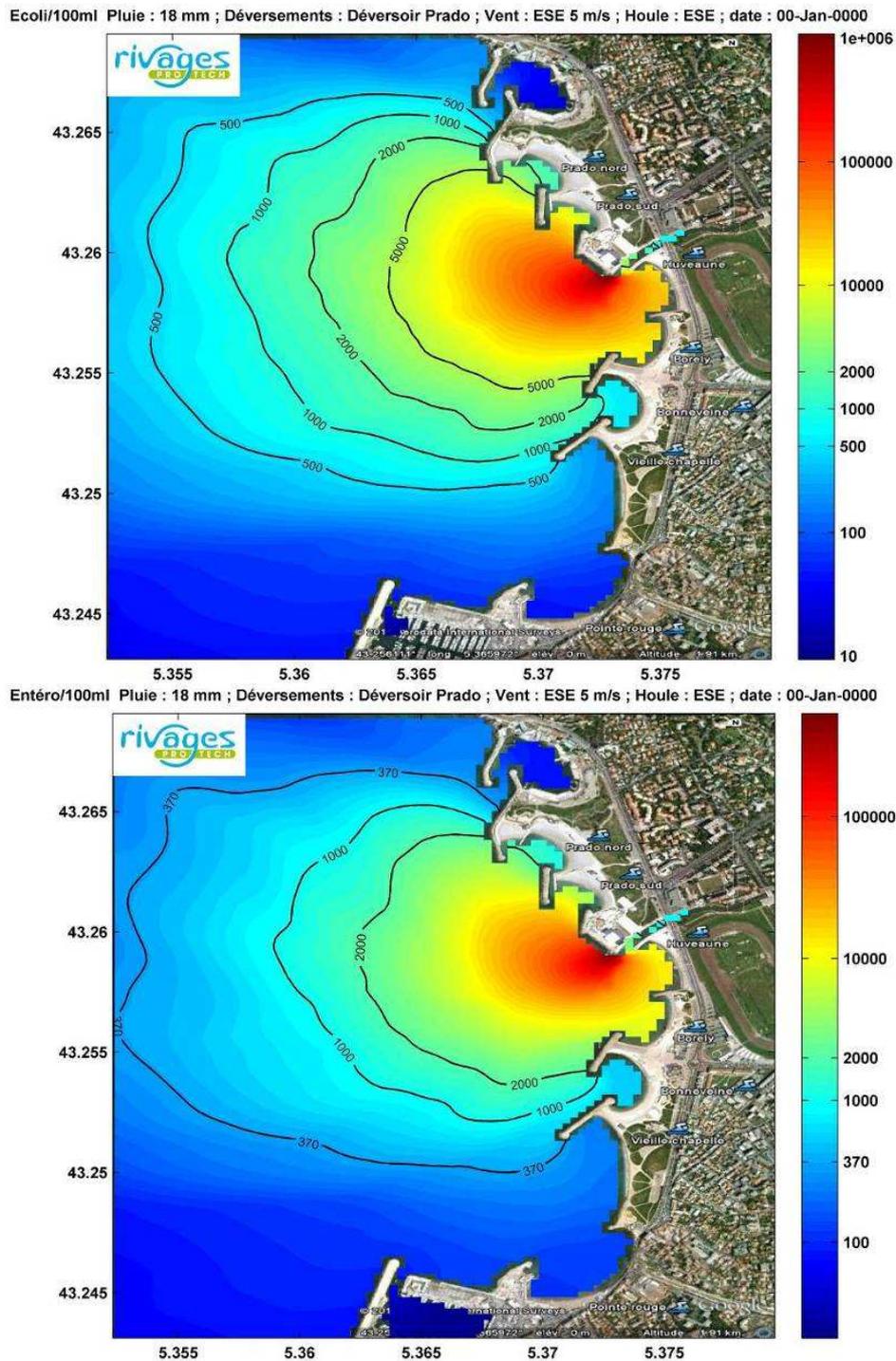


Figure 77 : Teneurs simulées (NPP/100ml) en *Escherichia coli* et entérocoques – Pluie 18 mm/1h, Vent ESE, rejet du déversoir du Prado

Le tableau présenté ci-après récapitule les différents résultats pour chaque scénarii.

Pour chaque indicateur de contamination (*Escherichia coli* et entérocoques), est présenté :

- La **concentration maximale** (NPP/100ml) atteinte au niveau de la zone de baignade
- Le **délai** (en heures) pour que **la zone de baignade présente une pollution** (*Escherichia coli* > 1000 NPP/100 ml et/ou entérocoques > 370 NPP/100ml)
- Le **délai** (en heures) pour que **la pollution atteigne sa concentration maximale** au niveau de la zone de baignade
- La **durée** (en heures) **de la pollution** au niveau de la zone de baignade : *Escherichia coli* > 1000 NPP/100 ml et entérocoques > 370 NPP/100ml

Tableau 24: Récapitulatif des paramètres pris en compte dans chaque scénario et les résultats associés pour les *Escherichia coli* et les entérocoques

Scénario	S03	S01	S02	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	
Pluviométrie (mm/h)	0 = Temps sec			4	12			18						26	
Rejets	TOUS			TOUS	TOUS	Huveaune et GPMM	Bonneveine et Vieux Port	TOUS	Huveaune et GPMM	Bonneveine et Vieux Port	Déversoir du Prado	TOUS		TOUS	
Direction du vent	NUL	ESE	ONO	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	E	SE	ESE	
Intensité du vent		2	3.8	2.7	1.8	1.8	1.8	5	5	5	5	5	5	3.6	
Houle		ESE	ONO	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	ESE	
<i>Escherichia coli</i>	Concentration maximale (NPP /100ml)	185 310	297 840	302 540	20	47 930	47 930	10	82 970	69 030	10	19 110	82 680	82 750	77 340
	Délai (h) pour <i>E.coli</i> >1000 NPP/100ml	1	1	1	-	1	1	-	1	1	-	1	1	1	1
	Délai (h) pour atteindre la concentration maximale	7	7	7	6	2	2	6	3	3	6	2	3	3	4
	Durée (h) de la pollution (>1000 <i>E.coli</i> /100ml)	33	29	24	-	15	15	-	19	17	-	12	19	19	21
Entérocoques	Concentration maximale (NPP /100ml)	120 930	179 030	178 660	20	25 300	25 300	10	44 340	36 780	10	10 310	44 240	44 270	42 290
	Délai (h) pour entérocoques >370 NPP/100ml	1	1	1	-	1	1	-	1	1	-	1	1	1	1
	Délai (h) pour atteindre concentration maximale	7	7	7	7	2	2	7	3	3	6	2	3	3	4
	Durée (h) de la pollution (>370 entérocoques/100ml)	48	48	46	-	33	33	-	39	36	-	22	39	42	46

Par temps sec, la zone de baignade Huveaune est impactée par les rejets potentiels des postes de relèvement Muette, Ponson, Borely et Gironne.

La zone de baignade Huveaune est polluée (au sens d'un dépassement des seuils AFSSET) à partir d'une pluie de 12 mm/1h.

Le ruisseau de Bonneveine n'influence pas les concentrations mesurées au niveau de la zone de baignade.

Pour une pluie supérieure à 12mm/1h, malgré une contribution du rejet du Déversoir Prado, l'Huveaune est presque exclusivement responsable de l'élévation des concentrations bactériennes.

6.3 ANALYSE DE RISQUE = CLASSEMENT DES SOURCES DE POLLUTION

6.3.1 MÉTHODE D'ANALYSE DE RISQUE CHOISIE

Cette analyse est une étude quantitative. Elle permet de mettre en évidence :

- **le niveau de vulnérabilité de notre zone**
- **le niveau d'impact des aléas (leur gravité et leur fréquence).**

La compréhension de la qualité des eaux est conditionnée par la vulnérabilité du site étudié et par les différentes sources de pollution pouvant l'impacter (aléas).

La vulnérabilité est définie ici comme la fragilité d'un système dans son ensemble et sa capacité à surmonter la crise provoquée par l'aléa.

Les aléas, phénomène à l'origine du risque évalué, correspondant ici à la source bactériologique, est définie par une : intensité et une fréquence.

L'analyse de risque permet de :

- déterminer les principaux facteurs impactant sa qualité
- améliorer les connaissances, la compréhension des origines de pollution.

L'analyse de risque se base sur l'évaluation d'un indice de vulnérabilité et d'un niveau d'impact de la plage étudiée.

La vulnérabilité a été présentée dans la partie « Vulnérabilité ». Les aléas de la zone ont été présentés dans la partie « Identification des sources de pollutions bactériennes ».

6.3.2 INDICES DE VULNÉRABILITÉ

Chaque vulnérabilité est définie par son origine, son type d'impact sur les polluants, ses caractéristiques et les conséquences associées.

Les vulnérabilités présentées apparaissent associées à un indice : faible, moyen ou fort.

Les niveaux de vulnérabilité de la zone de baignade Huveaune sont présentés dans le tableau ci-dessous.

| La vulnérabilité de la zone de baignade Huveaune est très forte.

Indices de vulnérabilité de la zone de baignade Huveaune

Origine	Type d'impact sur les polluants	Caractéristiques	Conséquences associés	Niveau de vulnérabilité
Morphologie de plage	Dispersion des polluants	Semi-ouverte	Limite le renouvellement de l'eau Tendance à garder plus longtemps une pollution	Moyen
Pluie	Agit sur l'origine de pollution, sur leur devenir et leur déplacement	Peu fréquente en saison estivale mais peut être de forte intensité	Apports de pollutions via les déversements des DO et PR, le réseau pluvial et le ruissellement	Fort
Vent	Agit sur le déplacement des pollutions	Vent de secteur Ouest -Nord/Ouest	Déplacement de la pollution vers la côte	Fort
		Vent de secteur Est - Sud/Est	Déplacement de la pollution vers le large	Moyen
Transfert au littoral	Lessivage du sol/vitesse de ruissellement	Zone d'étude imperméable Ruissellement important	Transfert de pollution rapide Favorisation de la survie des bactéries	Fort
Cours d'eau	Microbiologique	Huveaune reprend son cours naturel pour une pluie > 8mm/1h. Qualité relativement dégradée	Apports de pollutions jusqu'à la zone de baignade	Fort

Niveau de vulnérabilité

Faible
Moyen
Fort

6.3.3 INDICES DES ALÉAS

L'évaluation du niveau de risque se base sur :

- La **source de la pollution** : origine de la pollution (activité agricole, problème de poste de relèvement...)
- Si le danger est lié à un problème de matériel, de méthode, de matière première, de milieu ou de main d'œuvre : la méthode « des 5M », utilisée pour connaître la cause du danger

Matériel (problème de vétusté du réseau d'assainissement...), **Méthode** (mauvaise utilisation du matériel entraînant une pollution, par exemple, rinçage de machines de chantier à proximité de la zone de baignade), elle en générale couplée à la main d'œuvre, **Matière Première** (utilisation de produits polluants), **Milieu** (apport de pollution microbiologique via un cours d'eau), **Main d'œuvre** (mauvais comportement, par exemple personne ne ramassant pas les déjections fécales de son animal en le promenant sur la plage...). Bien sûr, plusieurs causes (M) peuvent être additionnées pour expliquer un aléa.

- La **cause du danger**, par exemple l'arrêt d'une pompe de station d'épuration
- Les **conséquences** associées, par exemple le rejet d'eaux usées dans le milieu

Aux différents dangers sont associés un **indice de gravité** et un **indice de fréquence** permettant d'établir un niveau d'aléas.

Gravité

INDICE	GRAVITÉ
1	IMPACT NON SIGNIFICATIF SUR LA QUALITÉ DES EAUX DE BAINADE
5	IMPACT INDIRECT SUR LA QUALITÉ DES EAUX DE BAINADE (DILUTION OU TEMPORISATION) ET CHARGE < 5000 EQH
10	IMPACT INDIRECT SUR LA QUALITÉ DES EAUX DE BAINADE (DILUTION OU TEMPORISATION) ET CHARGE > 5000 EQH
15	IMPACT DIRECT SUR LA QUALITÉ DES EAUX DE BAINADE (DILUTION OU TEMPORISATION) ET CHARGE < 5000 EQH
20	IMPACT DIRECT SUR LA QUALITÉ DES EAUX DE BAINADE (DILUTION OU TEMPORISATION) ET CHARGE > 5000 EQH

Fréquence

INDICE	FRÉQUENCE
1	ANNUELLE OU AU-DELÀ ; APPARITION TRÈS PEU PROBABLE MAIS NON NULLE
2	TRIMESTRIELLE
3	MENSUELLE
4	HEBDOMADAIRE
5	QUOTIDIENNE

Niveau d'impact des aléas

RISQUE		FRÉQUENCE				
		1	2	3	4	5
GRAVITÉ	1	1	2	3	4	5
	5	5	10	15	20	25
	10	10	20	30	40	50
	15	15	30	45	60	75
	20	20	40	60	80	100

	RISQUE FAIBLE > PARAMÈTRE NON PRIS EN COMPTE
	RISQUE MODÉRÉ > PRISE EN COMPTE DU PARAMÈTRE À DISCUTER
	RISQUE SIGNIFICATIF > PARAMÈTRE À PRENDRE EN COMPTE

Les aléas identifiés pour la zone de baignade Huveaune sont présentés dans le tableau ci-dessous. L'analyse de risque associé à un indice de gravité et de fréquence permet de hiérarchiser l'impact des risques.

Les contextes n'impactant pas la qualité microbiologique de cette plage ne sont donc pas mentionnés ici.

Les sources de pollutions présentant les niveaux de risque les plus importants sont l'Huveaune (et le Jarret), le Déversoir du Prado.

Indices des aléas de la zone de baignade Huveaune

SOURCE DE POLLUTIONS	Milieu	Matières	Matériel	Méthode	Main d'œuvre	Cause et conséquences du danger		Evaluation du risque		
						CAUSE DU DANGER	CONSEQUENCES	Gravité	Fréquence	Niveau de risque
Huveaune (et son affluent le Jarret)	x			x	x	Reprend son cours naturel en cas d'ouverture de la vanne barrage de la Pugette (8mm de pluie en 1h mesurée à Marseille)	Rejet d'eaux contaminées Contamination de la zone de baignade	20	3	60
Déversoir du Prado (temps sec)			x			En dessous du niveau de la mer donc mélange d'eau de mer et d'eaux usées	Apports microbiologiques ponctuels Contamination du milieu	20	2	40
Déversoir du Prado (temps de pluie)			x	x	x	Ouverture des clapets suite à la mise en charge du réseau dès 12mm de pluie en 1h	Déversement d'eaux usées à proximité de la zone de baignade - Contamination de la zone de baignade	20	2	40
Déversoir du collecteur 18bis/Prado 3			x			Déversement d'eaux usées à proximité de la zone de baignade suite à la mise en charge du réseau dès 12mm de pluie en 1h	Contamination de la zone de baignade	10	3	30
Déversoir Lazer	x		x			Déversement d'eaux usées dans l'Huveaune suite à la mise en charge du réseau dès 4mm de pluie en 1h	Contamination de la zone de baignade en cas de surverse au niveau de la vanne de la Pugette	10	3	30
Déversoirs Brossolette, Blancarde, Chave, Sakakini, Jeanne d'Arc, Roche Montolivet, St Pierre	x		x			Déversement d'eaux usées dans le Jarret suite à la mise en charge du réseau dès 4mm de pluie en 1h	Contamination de la zone de baignade en cas de surverse au niveau de la vanne de la Pugette	10	3	30
Lac Borely	x					Surverse du lac	Rejet d'eaux contaminées dans l'Huveaune Contamination de la zone de baignade	5	5	25
Fréquentation de la zone de baignade					x	Plage très fréquentée après la fermeture des WC publics	Contamination de la zone de baignade	5	5	25
Fréquentation de la zone de baignade					x	Plage très fréquentée en période estivale	Contamination de la zone de baignade	5	5	25
PR Muette			x			Défaillance des pompes Passage au niveau déversement	Rejet d'eaux usées Contamination de la zone de baignade	20	1	20
PR Ponson			x			Défaillance des pompes Passage au niveau déversement	Rejet d'eaux usées Contamination de la zone de baignade	20	1	20
PR Gironne			x			Défaillance des pompes Passage au niveau déversement	Rejet d'eaux contaminées Contamination de la zone de baignade	15	1	15
PR Borely			x			Défaillance des pompes Passage au niveau déversement	Rejet d'eaux usées Contamination de la zone de baignade	10	1	10

SOURCE DE POLLUTIONS	Milieu	Matières	Matériel	Méthode	Main d'œuvre	Cause et conséquences du danger		Evaluation du risque		
						CAUSE DU DANGER	CONSEQUENCES	Gravité	Fréquence	Niveau de risque
PR CMV4			x			Défaillance des pompes Passage au niveau déversement	Rejet d'eaux usées Contamination de la zone de baignade	5	1	5
Hippodrome Borely					x	Epandage du lisier	Ruissellement jusqu'au zone de baignade	5	1	5
Lac Borely	x					Vidange du lac	Rejet d'eaux contaminées dans l'Huveaune Contamination de la zone de baignade	5	1	5

Légende des sources de pollutions

	Eaux superficielles
	Eaux usées
	Eaux pluviales
	Zone de baignade (Fréquentation, bateaux,...)
	Divers

6.3.4 CARTOGRAPHIE DES RISQUES BIOLOGIQUES ET AUTRES

La présentation sous carte des différents risques pour la zone de baignade permet de localiser précisément les sources de pollutions pouvant l'impacter (Figure 32). Elle permet également d'aider à la hiérarchisation des plans d'actions.

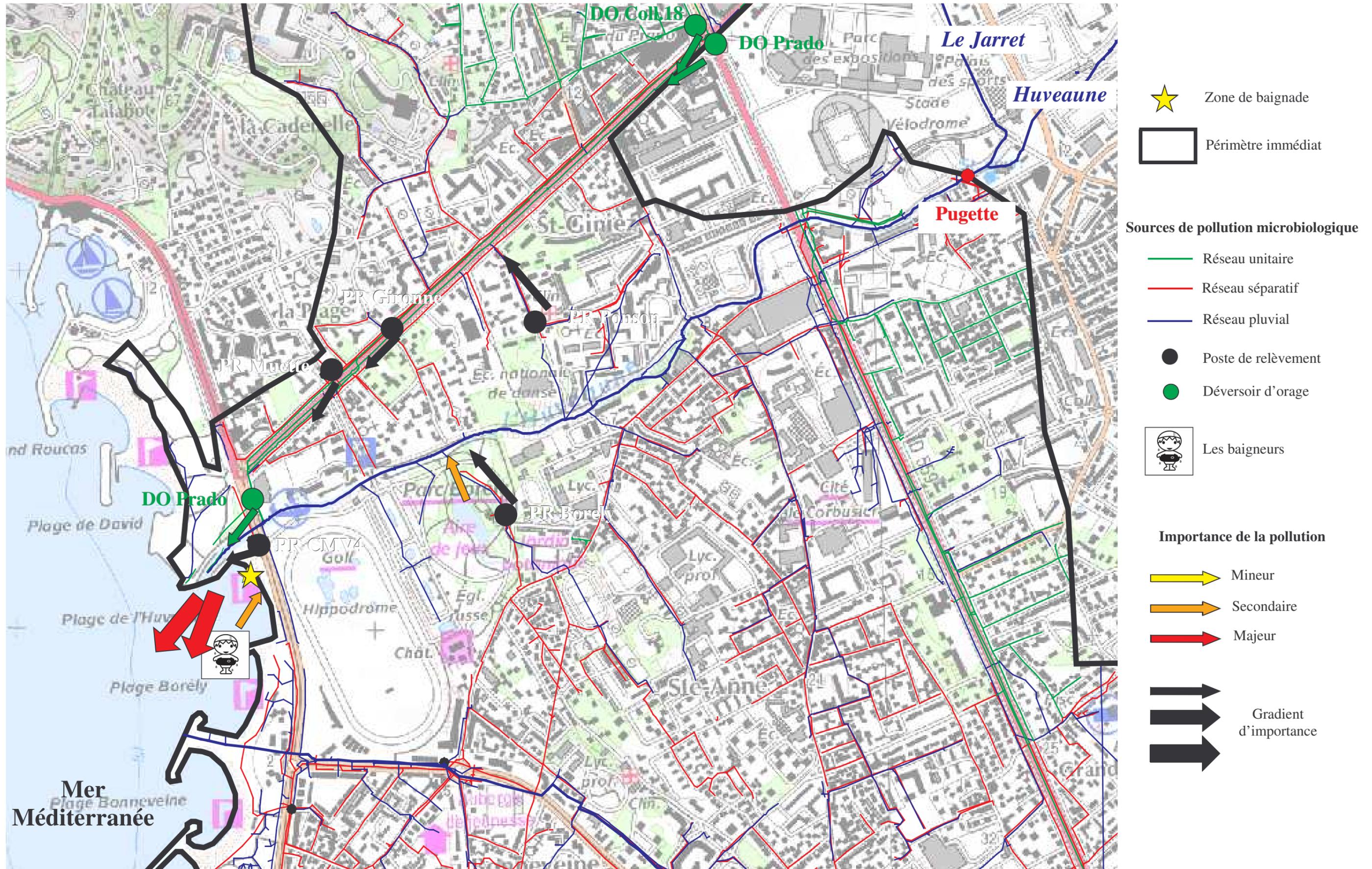


Figure : Cartographie des risques de la zone de baignade Huveaune (Sources : ARS PACA, BD Carthage®, SERAM-DEA, IGN)

PHASE 3 : MESURES DE GESTION

Le profil de la zone de baignade Huveaune sur la commune de Marseille met en évidence une eau de qualité « moyenne » selon les critères de la directive 76/160/CEE. Considérant les 4 dernières années de classement et selon les critères de la directive 2006/7/CE, la qualité de l'eau de baignade serait « insuffisante » en 2010. Au regard de l'évolution des percentiles, les deux paramètres microbiologiques : *Escherichia coli* et entérocoques sont à l'origine de ce déclassement selon ces critères.

L'étude de l'hydrographie est importante pour déterminer les périmètres d'influence de la zone d'étude. L'apport d'eaux contaminées vers le littoral est pris en compte.

Le périmètre éloigné est défini en fonction du temps de transfert et de la topographie du bassin versant. La présence de végétation sur ce périmètre confère aux sols une forte perméabilité ; l'infiltration de l'eau est donc facilitée vers les sous-sols malgré une pente importante.

Le périmètre immédiat est défini en fonction du réseau d'assainissement (bassins versants sanitaire et pluvial) et de la présence d'exutoires dans un rayon de 500 m à partir de la zone de baignade.

Sur ce périmètre, les tissus urbains sont largement représentés ce qui rend le sol imperméable.

De part sa situation en milieu semi fermé, la zone de baignade Huveaune est vulnérable aux pollutions qui ont tendance à persister plus longtemps dans le milieu. Cette vulnérabilité est accrue par temps de pluie ; en effet, la prédominance de zones urbanisées à proximité immédiate de la plage, confère au sol une forte imperméabilité ; la vitesse de ruissellement y est donc accélérée et la survie des bactéries jusqu'à la zone de baignade favorisée.

De plus, la qualité de l'eau de baignade est sous l'influence de l'Huveaune (et son affluent le Jarret) qui retrouvent leur cours naturel pour une pluie supérieure à 8 mm/1h et peuvent être responsables d'apports de pollutions ; tout comme le déversoir du Prado (délestage du réseau unitaire) en cas d'événements pluvieux importants (> 12 mm/1h).

L'apport de pollution bactériologique dans l'Huveaune et le Jarret est essentiellement lié au rejet des déversoirs d'orage situés le long de ces cours d'eau.

Par temps sec, les principales sources de pollutions correspondent à des apports ponctuels via les eaux stagnantes contaminées du déversoir du Prado.

Ce profil met en évidence 38 pollutions microbiologiques sur le site (données officielles et auto surveillance pour les saisons balnéaires 2005 à 2010). Ces pollutions peuvent être qualifiées de pollution à court terme.

Une pollution à court terme est définie par l'article D.1332-15 du Code de la Santé Publique comme : « *une contamination microbiologique portant sur les paramètres *Escherichia coli* ou entérocoques intestinaux qui a des causes aisément identifiables, qui ne devrait normalement pas affecter la qualité des eaux de baignade pendant plus de 72 heures environ à partir du moment où la qualité de ces eaux a commencé à être affectée* ».

La pollution à court terme peut-être identifiée par un dépassement de l'une des valeurs seuils proposées par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET). Ces seuils pour les eaux de mer sont les suivants : 1000 *Escherichia coli* /100 ml et 370 entérocoques/100 ml.

La zone de baignade Huveaune est également soumise à des pollutions non bactériologiques comme le phytoplancton, les méduses, les macro déchets ou encore les hydrocarbures.

Ce profil met en évidence l'existence de prolifération de phytoplancton (*Ostreopsis ovata*). La présence de cette algue microscopique tropicale toxique a été signalée (dans les algues mais pas dans l'eau) au niveau de la zone de baignade Huveaune durant la saison balnéaire 2010.

La zone de baignade Huveaune tout comme l'ensemble de la Méditerranée est régulièrement concernée par l'arrivée de méduses. Les deux principales espèces de méduse rencontrées sur les côtes sont les *Pelagica noctiluca* (violette) et *Aurelia aurita* (petite blanche transparente). Les premières sont très urticantes, concernant les *Aurelia*, la majorité des personnes n'y sont pas sensibles.

La zone de baignade Huveaune, comme le confirme son surnom « Epluchures Beach » est également soumise à des pollutions liées aux macro déchets. La principale source n'est autre que le cours d'eau Huveaune responsables d'apports par temps de pluie.

L'objectif de cette phase 3 est de définir les mesures de gestion de la zone de baignade en saison estivale pour les risques mis en évidence et de proposer des plans d'actions visant à réduire et/ou éliminer les sources de pollutions pouvant passer par des améliorations de la connaissance des rejets bactériologique en terme de quantification.

7 MESURES DE GESTION DU RISQUE SANITAIRE

7.1 RISQUE BACTÉRIOLOGIQUE

7.1.1 MESURES DE GESTION EN ROUTINE

Surveillance officielle : La qualité de l'eau de baignade est appréciée par la surveillance réglementaire au travers de deux paramètres microbiologiques (*Escherichia coli* et entérocoques intestinaux). Ce contrôle est assuré par la Direction de la Santé Publique qui a délégué de l'ARS PACA.

La fréquence d'échantillonnage doit respecter les dispositions de la directive 2006/7/CE c'est-à-dire au moins 4 prélèvements durant la saison balnéaire et dans un laps de temps inférieur ou égal à 1 mois entre 2 prélèvements.

Les prélèvements effectués par la DSP ainsi que les analyses réalisées par un laboratoire agréé (méthode normalisée qui fournit des résultats dans un délai minimal de 36 heures) sont réalisés selon un planning défini en début de saison.

Sur les six dernières années (2005-2010), la surveillance respecte ces préconisations avec un nombre de prélèvements moyen de 21 analyses par saison.

Auto surveillance : En dehors des analyses officielles, la DSP a mis en place une auto surveillance au niveau de certaines zones de baignade afin de prévenir le risque de dégradation de la qualité de l'eau de baignade et de prendre les mesures préventives adéquates telle que la fermeture de plage. Ces prélèvements sont réalisés la veille des prélèvements officiels et sur demande lors de fermetures préventives.

Les échantillons sont analysés grâce à la méthode rapide Colilert. Depuis la saison 2010, des analyses de type Entérolert sont réalisées en parallèle sur la zone de baignade Huveaune. Ces méthodes d'analyse permettent de fournir un résultat d'analyse en 18 heures.

Au terme de ce profil, il est préconisé de maintenir 20 prélèvements officiels selon un calendrier défini avant la saison balnéaire (Mardi et Jeudi) ; ainsi qu'une auto surveillance journalière (selon

une méthode d'analyse rapide permettant la gestion ouverture/fermeture dans la journée) des 2 paramètres bactériologiques *E.coli* et entérocoques.

7.1.2 MESURES DE GESTION EN CAS DE POLLUTION

7.1.2.1 PROCÉDURE DE GESTION D'UNE POLLUTION NON ANTICIPÉE : RÉSULTAT D'UNE ANALYSE OFFICIELLE

Pour rappel, il s'agit donc d'une pollution qui ne pourra pas être ôtée du classement officiel selon les critères de la directive 2006/7/CE.

- Elle est définie par une analyse officielle dont le seuil dépasse 1000 *E.coli*/100ml et/ou 370 entérocoques/100ml.
- Le Responsable de l'eau de baignade déclare la fermeture de la zone de baignade.
- Le Responsable de l'eau de baignade doit rechercher la cause de la pollution.
- Une contre analyse doit être effectuée pour valider la fin de la pollution et permettre la réouverture de la zone de baignade.
- L'information du public sur l'événement de pollution est obligatoire à partir de 2012.

En parallèle, une fiche de synthèse sous format A3 du profil des eaux de baignade est par ailleurs rendue disponible au public dans un endroit signalé.

Cette fiche reprend les caractéristiques de la baignade, un schéma de la zone de baignade, un historique de la qualité de l'eau sur au moins 4 années avec la liste des épisodes de pollutions sur ces 4 années, une carte de la zone d'étude et l'inventaire des sources de pollution et les mesures de gestions qui ont été ou qui seront prises pour chaque source de pollution. Celle-ci sera affichée à proximité de la zone de baignade, à côté des résultats du contrôle sanitaire de la qualité de l'eau.

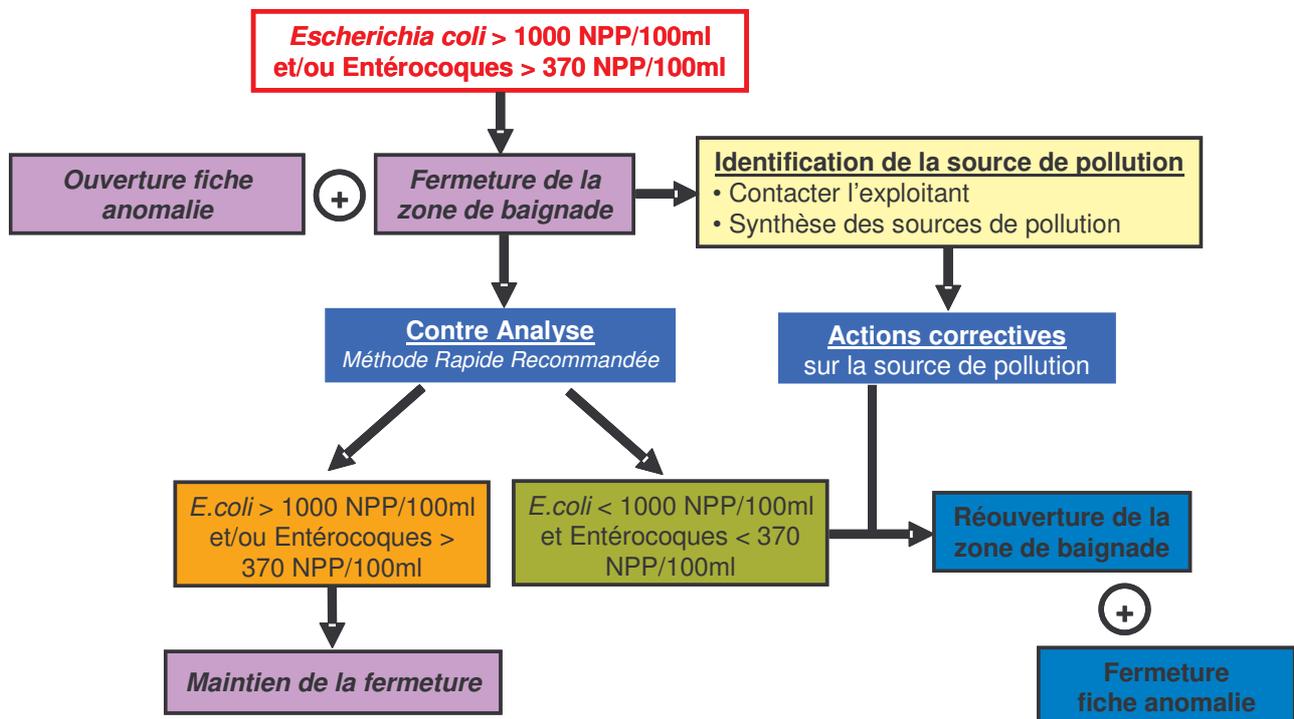


Figure 78: Procédure de gestion d'une pollution suite à une analyse officielle

Chaque résultat d'analyse officielle non conforme doit faire l'objet d'un enregistrement via l'ouverture d'une « fiche anomalie » (Annexe 4) validée par le Responsable de l'eau de baignade. Cette fiche reprend les résultats de l'analyse et de la contre analyse ainsi que les décisions prises et les actions engagées.

7.1.2.2 PROCÉDURE DE GESTION SUITE À UNE POLLUTION À COURT TERME

La pollution à court terme peut-être identifiée par un dépassement de l'une des valeurs seuils proposées par l'AFSSET : **1 000 *Escherichia coli* /100ml** et **370 entérocoques/100ml**.

Dans le cadre de la mise en évidence d'une pollution à court terme par le suivi officiel, la Directive 2006/7/CE prévoit que des prélèvements peuvent être écartés sous les conditions concomitantes suivantes :

Lors de pollutions à court terme dont les causes sont identifiées
ET

Lorsqu'il y a eu une interdiction de baignade pour éviter l'exposition des baigneurs à cette pollution

Du fait de la 2^{ème} condition, les pollutions à court terme correspondent donc à des pollutions prévisibles.

Une pollution prévisible est une pollution par exemple déclenchée en temps de pluie (ex : déversement d'un déversoir d'orage) ou celle faisant l'objet d'une surveillance (ex : déversement d'un poste de relèvement)...

La gestion au quotidien d'une zone de baignade nécessite donc de définir des indicateurs autres que l'analyse d'un échantillon d'eau.

Les indicateurs envisagés peuvent être notamment la pluviométrie, la température, l'ensoleillement, la direction et la force du vent, le débit du ou des cours d'eau, le nombre de baigneurs, des paramètres de qualité de l'eau (température, pH, etc.), la surverse d'un déversoir d'orage, les caractéristiques de rejets d'eaux usées traitées ou encore la fréquentation touristique.

Le choix de ces indicateurs et de leurs seuils d'alerte est déterminant puisque c'est sur la base de leur dépassement que seront déclenchées les mesures de gestion du risque sanitaire (telle que la fermeture de la plage).

D'après ce profil, les indicateurs pertinents de gestion de la zone de baignade Huveaune sont :

- un **résultat d'auto surveillance dont la concentration en *Escherichia coli* est supérieure à 500 NPP/100ml**
- un **résultat d'auto surveillance dont les concentrations bactériennes sont supérieures aux seuils AFSSET : 1000 *E.coli*/100ml et/ou 370 entérocoques/100 ml**
- le **déversement des postes de relèvement Muette, Ponson, Borely, Gironne**. L'exploitant doit impérativement informer le responsable de l'eau de baignade dès que le PR déverse. Le **déversement d'une durée de 6h** sert de seuil à la définition des procédures de gestion du risque sanitaire lié à cet indicateur.
- le **dépassement du seuil de pluviométrie de 2mm/1h** mesurée au niveau du pluviomètre Vernet
- la **surverse de l'Huveaune** au niveau de la vanne barrage de la Pugette
- le **déversement du Déversoir du Prado**

En cas de l'accomplissement de l'un de ces indicateurs ; il convient de déclencher les mesures de gestion de risque sanitaire liées à la zone de baignade.

Les figures ci-après présentent les mesures de gestion pour chacun de ces indicateurs.

Les analyses rapides préconisées dans ces procédures consistent en une analyse permettant l'ouverture/fermeture de la zone de baignade dans la journée.

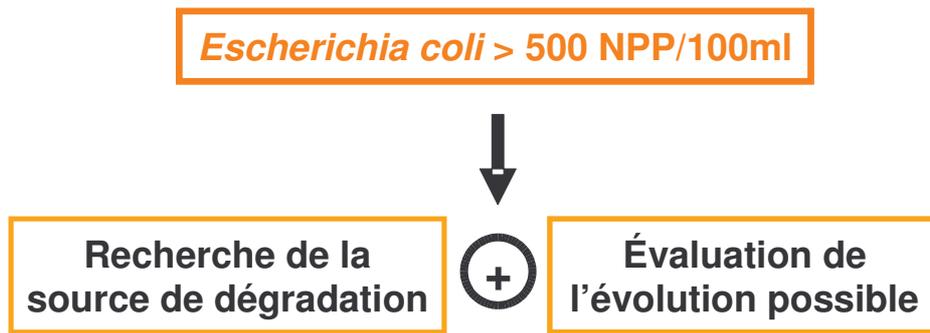


Figure 79: Procédure de gestion suite à un résultat d'auto surveillance E.coli > 500NPP/100ml

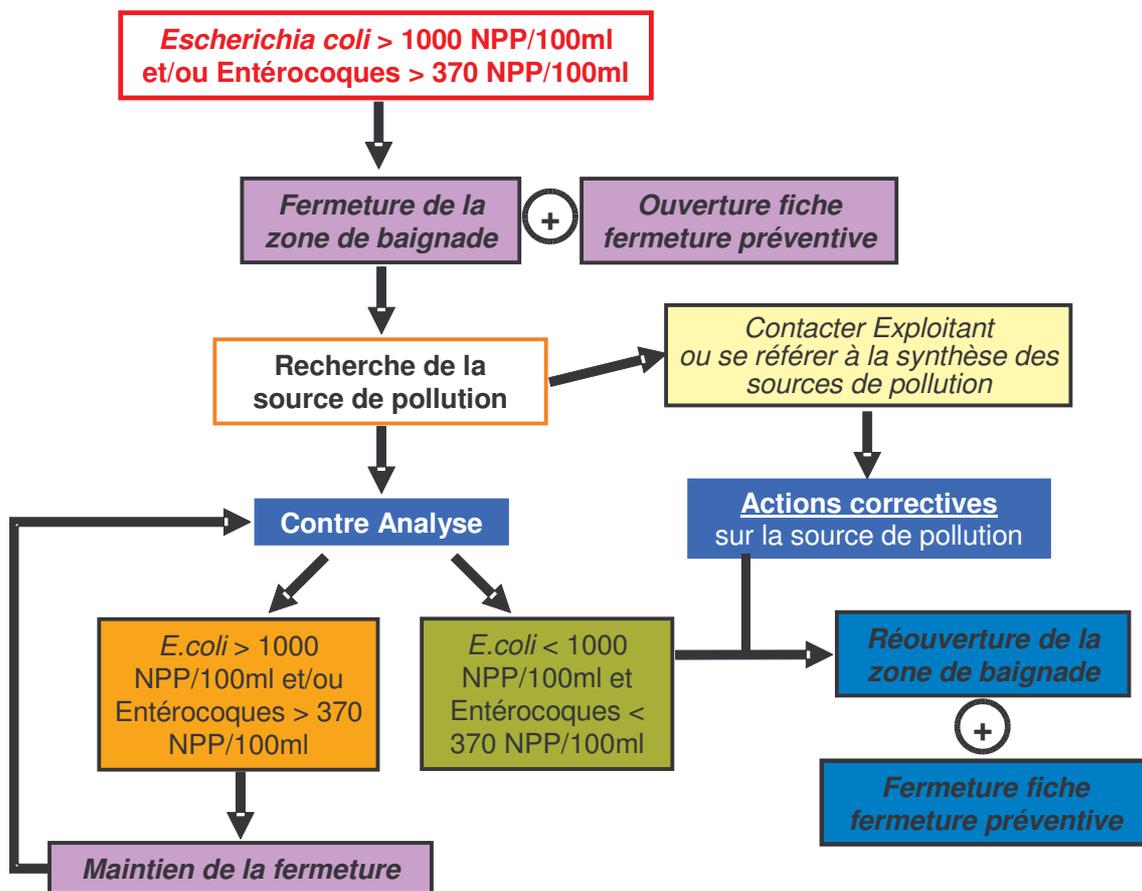


Figure 80: Procédure de gestion suite à un résultat d'auto surveillance E.coli > 1 000NPP/100ml et/ou entérocoques > 370 entérocoques/100ml

Chaque fermeture de plage suite au déclenchement d'un indicateur doit faire l'objet d'un enregistrement via l'ouverture d'une « *fiche fermeture préventive* » (Annexe 5) validée par le Responsable de l'eau de baignade. Cette fiche reprend les caractéristiques de l'indicateur, les résultats de l'analyse ainsi que les décisions prises et les actions engagées.

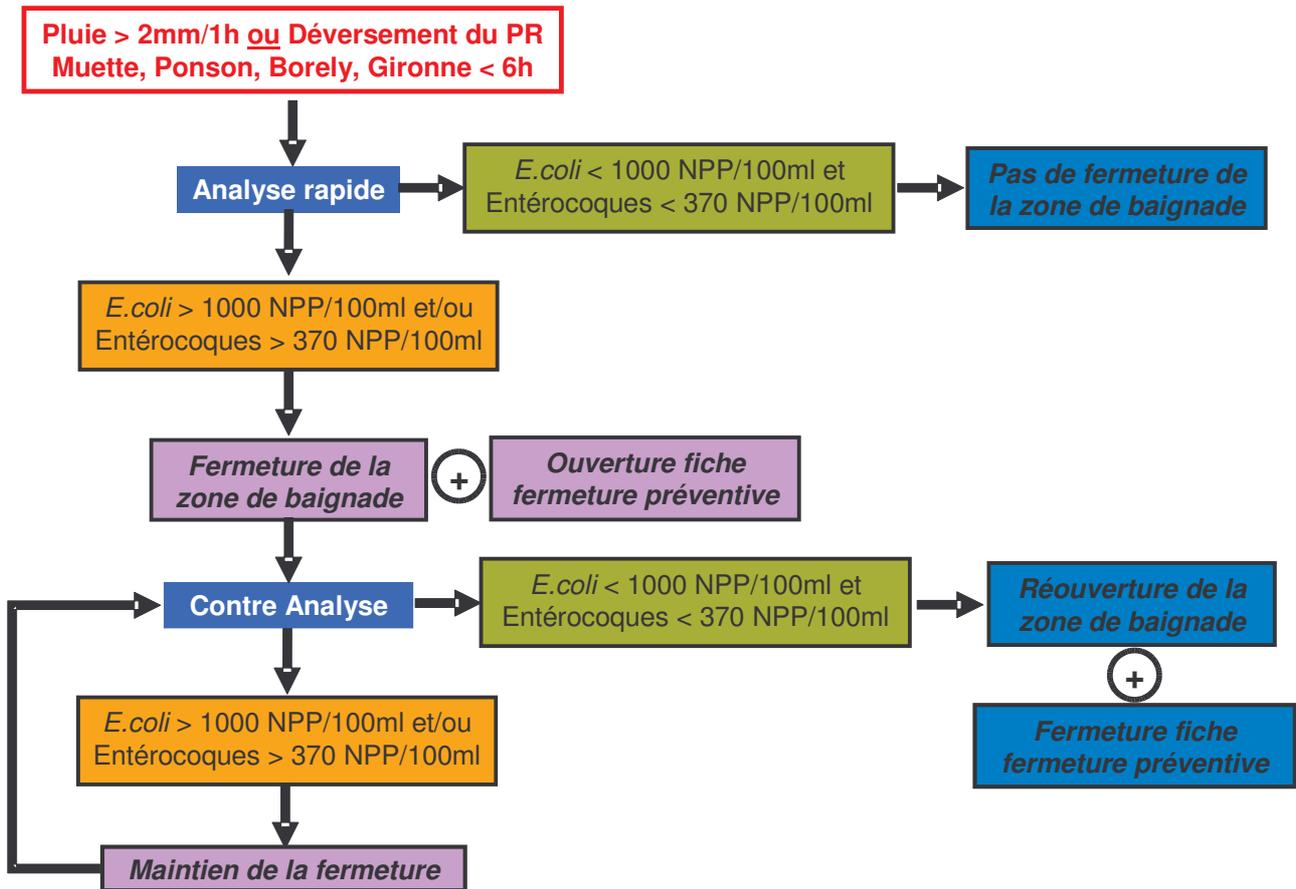


Figure 81: Procédure de gestion suite à une pluie supérieure à 2mm/1h ou suite au déversement du PR Muette, Ponson, Borely, Gironne de moins de 6h

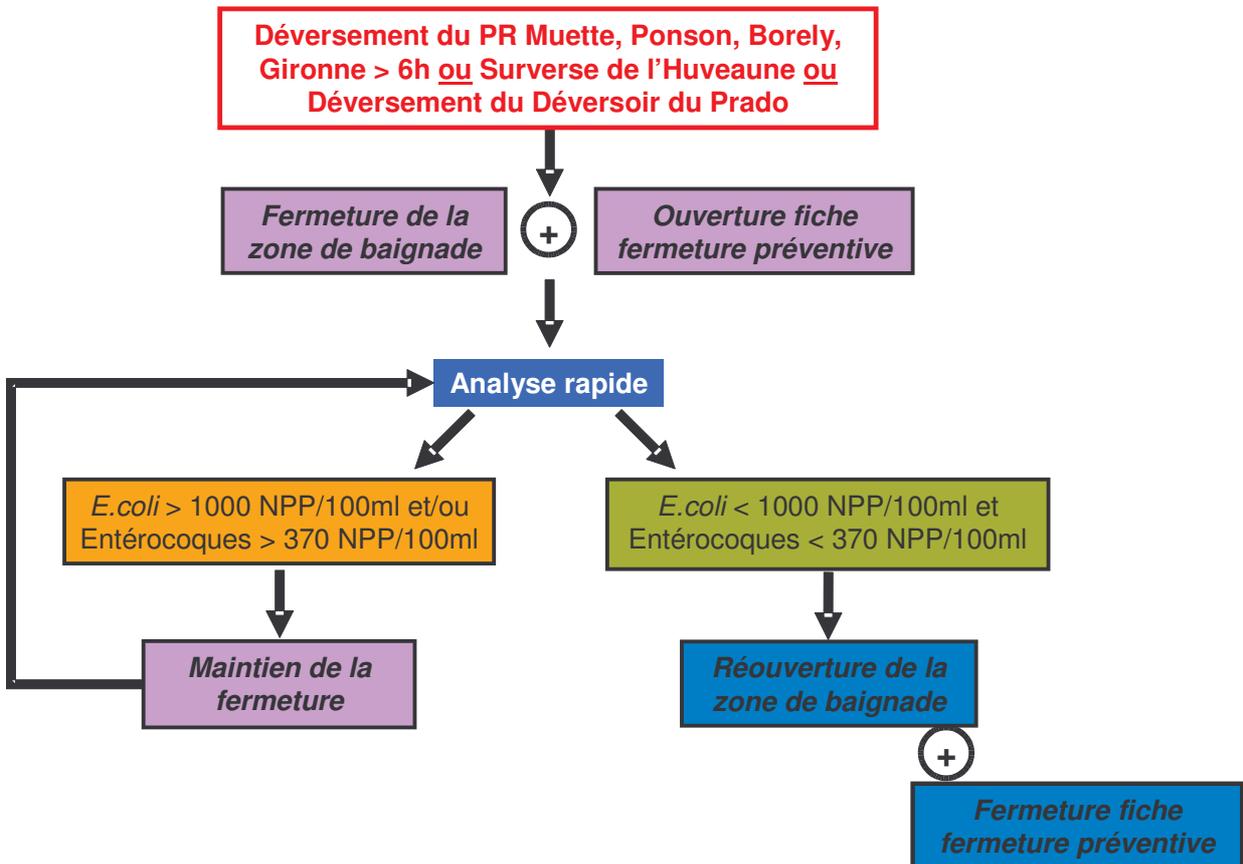


Figure 82: Procédure de gestion suite au déversement du PR Muette, Ponson, Borely, Gironne pendant plus de 6h ou suite à la surverse de l'Huveaune ou suite au déversement du Déversoir du Prado

Dans le cas d'un déclenchement des indicateurs « Surverse de l'Huveaune » et « Déversement du déversoir Prado », la zone de baignade Huveaune doit rester fermée tant que l'indicateur est déclenché.

De plus, la réouverture de la zone de baignade ne peut s'effectuer uniquement lorsque :

1. cet **indicateur** (surverse de l'Huveaune et déversement du Prado) est **terminé** ;
2. les **résultats d'analyses sont conformes** (<1 000 *E.coli*/100ml et <370 entérocoques/100ml)
3. **hors période du risque maximal.**

La période de risque maximal est évaluée à partir du début de la pluie pour un déversement de 1h (vent ESE) a :

- 1<t<33h lorsqu'il n'y a uniquement la surverse de l'Huveaune
- 1<t<39h lorsque l'on considère la surverse de l'Huveaune et le déversement du déversoir Prado

Dans le cas d'une pollution à court terme au niveau de la zone de baignade Huveaune, le responsable de l'eau de baignade informe l'ARS de la fin de la pollution en réalisant un prélèvement 72 heures après la détection de cette pollution.

Attention si ce prélèvement est écarté (accord de l'ARS) il s'avère nécessaire de réaliser un prélèvement supplémentaire 7 jours après la fin de la pollution afin d'obtenir un nombre suffisant au classement (4 par saison).

Ces prélèvements supplémentaires sont à la charge de la personne Responsable de l'eau de baignade et ne sont pas pris en compte dans le classement.

7.2 RISQUE CYANOBACTÉRIES

Les caractéristiques environnementales des eaux littorales de Marseille ne sont pas propices au développement de ce groupe et ne présentent donc pas de risque sanitaire pour les baigneurs.

7.3 RISQUE MACRO ALGUES

Le risque lié à une efflorescence algale de type Marée Verte sur les plages de Marseille n'est pas avéré.

7.4 RISQUE PHYTOPLANCTON

Depuis quelques années, *Ostreopsis ovata*, micro algue benthique productrice de toxine (palytoxine), se développe en Méditerranée. L'inhalation d'aérosols marins engendre des phénomènes irritatifs voir des difficultés respiratoires.

7.4.1 MESURES DE GESTION EN ROUTINE

Un protocole de surveillance et d'intervention pour prévenir l'apparition de cas humains liés à la présence d'*Ostreopsis spp* dans les eaux de baignade méditerranéennes a été rédigé par la DGS (DGS/EA3/EA4/2010/238 du 30 juin 2010).

La principale mesure prévue par le dispositif de surveillance par la DGS est une **surveillance visuelle** de l'ensemble des eaux de baignade du pourtour méditerranéen français, sans recours systématique à des prélèvements d'eau;

La surveillance visuelle, peut être exercée par les écoles et centres de plongée, les surveillants de baignade, les préleveurs chargés du contrôle sanitaire, etc.

Suite à ce profil, il est préconisé une surveillance visuelle qui sous-entend une formation des MNS à la reconnaissance du phénomène ainsi qu'à la démarche d'alerte à suivre. Il est également préconisé de poursuivre les campagnes de surveillance pour évaluer la saisonnalité de l'événement.

De plus il est souhaitable d'intégrer le risque « phytoplancton » dans les projets d'aménagements en privilégiant la circulation des eaux.

7.4.2 MESURES DE GESTION EN CAS DE POLLUTION

La prolifération de phytoplancton entraîne un changement de couleur du milieu. Il est donc fortement conseillé d'**interdire la baignade** dans des zones stables et lorsque la couleur de l'eau est anormale (vert fluo, rouge, marron...).

Le protocole de surveillance et d'intervention de la DGS prévoit qu'un **prélèvement d'eau** soit effectué uniquement si les signes évocateurs de la présence d'*Ostreopsis spp* coïncident avec le signalement d'au moins un cas groupé humain (au moins deux cas humains liés).

Dans ce cas, les **signaux environnementaux** doivent être recueillis par l'ARS concernée. Le protocole décisionnel « surveillance environnementale » est présentée en annexe 3.

7.5 RISQUE MÉDUSES

La zone de baignade Huveaune tout comme l'ensemble de la Méditerranée peut être concernée par l'arrivée de méduses.

Les deux principales espèces de méduses rencontrées sur les côtes méditerranéennes sont les *Pelagica noctiluca* et *Aurelia aurita* (Figure 83). Les premières sont très urticantes pouvant causer des noyades, concernant les *Aurelia*, la majorité des personnes n'y sont pas sensibles.



Figure 83: *Pelagica noctiluca* et *Aurelia aurita*

7.5.1 MESURES DE GESTION EN ROUTINE

Du fait de la mise en évidence du risque, il est préconisé une **surveillance visuelle** de la zone de baignade pour détecter l'arrivée de ces méduses.

Cette surveillance peut être réalisée par les **MNS** ce qui implique une **formation** de ceux-ci à la gestion du risque méduses, qui passe notamment par la reconnaissance des différentes espèces rencontrées.

7.5.2 MESURES DE GESTION EN CAS DE POLLUTION

Dans le cas de prolifération d'*Aurelia aurita*, un **panneau d'information et de prévention** peut être mise en place. En ce qui concerne la prolifération de *Pelagia noctiluca*, le conseil sanitaire donné par la DGS est une **interdiction de la baignade**.

A ce jour, aucun recensement lié à la problématique méduses n'est réalisé. Il est préconisé d'effectuer ce **recensement** à compter de la prochaine saison estivale.

De plus, un **protocole de traitement des victimes** doit être rédigé et mis à disposition dans tous les postes MNS.

La conduite à tenir en cas de piqûre est la suivante:

- retirer les tentacules visibles avec une pince ou à la main doublement gantée
- frotter avec du sable,
- rincer soigneusement la plaie avec de l'eau de mer mais pas avec de l'eau douce!
- appliquer un antiseptique
- sécher la plaie à l'air libre
- si la douleur persiste demander conseil à un pharmacien
- si des malaises surviennent ou si le membre touché est très enflé, consulter immédiatement un médecin.

Les gestes à éviter et devant faire l'objet d'une information au public :

- ne jamais inciser la plaie et ne pas chercher à la faire saigner
- ne pas sucer la blessure pour aspirer le venin
- éviter les baignades en cas de regroupement de méduses
- ne jamais toucher les méduses échouées sur la plage.

7.6 RISQUE MACRO DÉCHETS

7.6.1 MESURES DE GESTION EN ROUTINE

La zone de baignade Huveaune dispose de plusieurs poubelles. Un dispositif de récupération des macro déchets est mis en place par la Ville de Marseille. Les services de gestion de la propreté et du nettoyage des plages sont assurés par la Communauté Urbaine de Marseille Provence Métropole. Le ramassage des poubelles ainsi que le nettoyage manuel de la plage sont effectués tous les jours en saison estivale.

7.6.2 MESURES DE GESTION EN CAS DE POLLUTION

La pollution par les macro déchets au niveau de la zone de baignade Huveaune se produit généralement après un événement pluvieux. En effet, l'Huveaune est une importante source d'apports en macro déchets. Ces macro déchets arrivent jusqu'à la zone de baignade en cas de surverse au niveau de la vanne barrage de la Pugette.

Il est conseillé de procéder suite à un événement pluvieux à une **collecte en bateau des déchets** en bordure de la zone de baignade.

7.7 RISQUE HYDROCARBURES

7.7.1 MESURES DE GESTION EN ROUTINE

Un nombre important de bateaux transite au large des côtes de Marseille notamment en direction de la Corse. Les bateaux peuvent être responsables d'apports en hydrocarbures.

La mesure de gestion, déjà mise en place par les MNS sur la zone de baignade Huveaune est une **surveillance visuelle** de l'arrivée d'hydrocarbures en direction de la plage.

7.7.2 MESURES DE GESTION EN CAS DE POLLUTION

La DSP dispose d'une **procédure de fermeture de plage** en cas de pollution par les hydrocarbures. Cette procédure est déclenchée par la police nationale en charge de la surveillance de la zone de baignade Huveaune (Figure 84).

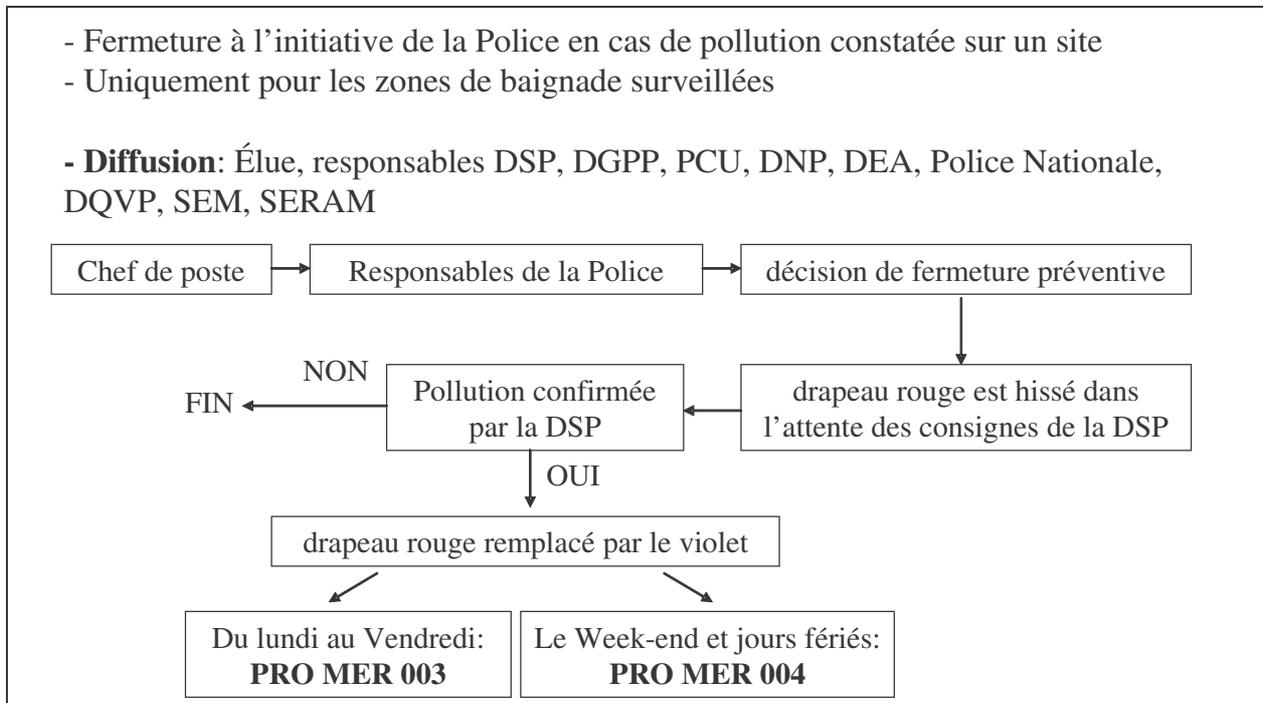


Figure 84: Procédure PRO MER 005 : fermeture de la plage par la police nationale ne cas d'alerte pollution (Hydrocarbures) (Source : DSP)

En cas de pollution de « faible ampleur », il faut prendre contact avec des entreprises de dépollution aux hydrocarbures.

Dans le cas d'une pollution beaucoup plus importante, le plan Infra polmar sera mis en place.

8 PLANS D' ACTIONS

8.1 DIMINUTION DES POLLUTIONS BACTÉRIOLOGIQUES

Le risque de pollution de la zone de baignade Huveaune est lié à l'Huveaune, au déversoir du Prado (en temps sec et en temps de pluie) ainsi qu'à l'importante fréquentation de la zone de baignade.

Les solutions de réduction des pollutions sont :

- la **recherche des sources de pollution de l'Huveaune et du Jarret**. La SERAM réalise actuellement des enquêtes sur le terrain afin de déterminer précisément les points d'apports de pollutions dans ces cours d'eau sur le territoire de la commune de Marseille.
- la **mise en place d'un SAGE** sur le Bassin versant de l'Huveaune ainsi que l'application des actions définies dans celui-ci
- la **diminution des déversements du déversoir Prado en temps de pluie** : réalisation d'une étude afin d'évaluer d'une solution de stockage et **en temps sec** : une étude est en cours ; l'une des solutions serait de mettre un clapet à l'exutoire et de pomper les eaux stagnantes.
- la **réduction des rejets des déversoirs d'orage** déversant dans l'Huveaune et le Jarret : évaluation d'une solution – Elaboration d'un Schéma Directeur
- la **réalisation d'une étude afin d'éviter la surverse du lac Borely dans l'Huveaune**
- le **libre accès aux WC publics** la nuit

De plus, les baigneurs eux-mêmes sont un important vecteur de pollution.

Une étude de Elmir *et al.* a montré que prendre une douche avant d'aller se baigner réduisait considérablement l'apports en bactéries.

Ainsi la solution proposée est une **sensibilisation du public** de l'intérêt de prendre une douche avant le 1^{er} bain. Ceci peut se faire sous la forme de **panneau d'informations**.

Les plans d'actions ne concernent pas uniquement des opérations de réduction de pollutions mais concernent également des démarches permettant d'améliorer les connaissances des rejets afin de mieux gérer les pollutions induites lors de déversement. Ainsi il conviendrait d'installer des capteurs au niveau des postes de relèvement afin de déterminer précisément le volume d'eau déversé en cas de rejet.

8.2 DIMINUTION DES AUTRES POLLUTIONS

8.2.1 LES MACRO DÉCHETS

La zone de baignade Huveaune est soumise à l'échouage de macro déchets. Le plan de gestion raisonnée des macro déchets sur la rade de Marseille mis en place dans le cadre de l'étude de l'association Mer-Terre a permis de déterminer les actions sous deux angles : les actions préventives et les actions curatives.

Les actions préventives

➤ **La sensibilisation** : oeuvrer auprès de différents publics cibles identifiés, apporter les informations qui permettent une prise de conscience, une modification des comportements ainsi qu'une amélioration de l'organisation des actions publiques.

- **L'aménagement des zones côtières**

Les zones côtières doivent être aménagées avec des équipements adaptés et suffisamment nombreux pour permettre aux usagers d'y déposer leurs déchets et donc d'éviter qu'ils ne se retrouvent dans le milieu marin.

Les actions curatives

➤ **Les propositions de réponses curatives en amont sur le bassin versant**

Les solutions curatives en amont sur bassin versant visent à empêcher les macro déchets présents dans le bassin versant d'arriver sur le littoral.

- ***L'entretien des cours d'eau*** : Campagne de sensibilisation afin de limiter tout abandon de déchets dans le cours d'eau et sur leurs berges ; Sensibiliser les riverains à la nécessité d'entretenir les berges ; Installer des poubelles dans les endroits appropriés et les vider régulièrement ; Coordonner les opérations de nettoyage déjà existantes et organiser des nettoyages plus adaptés aux rythmes du cours d'eau. (Crues/sécheresse)

- ***L'entretien des voiries = la propreté des rues*** : Le nettoyage des caniveaux et l'enlèvement des déchets avant l'utilisation de l'eau, Une dotation en poubelles municipales optimales vidées régulièrement afin de ne pas déborder et être sources de macro déchets et une incitation à l'abandon de déchets dans la rue.

- ***L'entretien du réseau d'eaux pluviales*** : désobstruer le réseau, les avaloirs et points d'engouffrement, à favoriser les écoulements en enlevant les embâcles. La réduction des rejets de macro déchets via les eaux pluviales passe par une amélioration globale de son entretien ainsi que par la sensibilisation et la formation du personnel chargé de son entretien.

➤ **Les propositions de réponses curatives : le nettoyage du bord de mer**

La pollution par les macro déchets au niveau de la zone de baignade Huveaune se produit généralement après un événement pluvieux. En effet, l'Huveaune est une importante source d'apports en macro déchets. Ces macro déchets arrivent jusqu'à la zone de baignade en cas de surverse au niveau de la vanne barrage de la Pugette.

Pour limiter l'échouage de macro déchets au niveau de la zone de baignade, un **barrage flottant** en aval de la vanne barrage de la Pugette pourrait être installé.

De plus, suite à un événement pluvieux, un **nettoyage du bord de mer en bateau** pourrait être mis en place.

8.2.2 LES MÉDUSES

La zone de baignade Huveaune comme l'ensemble de la Méditerranée est soumise régulièrement à des arrivées de méduses.

A l'heure actuelle, une des manières de se protéger des méduses est l'installation de filet permettant de délimiter la zone de baignade.

Ce système peut également permettre de lutter contre une pollution de macro déchets et hydrocarbures.

**FILTS
ANTI
MEDUSES**

Validée par la Commission Nautique, cette zone de baignade est protégée contre les méduses grâce à un barrage installé par des plongeurs professionnels, dans le respect de la faune et la flore aquatiques.

Le système peut également permettre de lutter contre une pollution de macros déchets et hydrocarbures !



Légende des sources de pollutions

	Eaux superficielles
	Eaux usées
	Eaux pluviales
	Zone de baignade (Fréquentation, bateaux,...)
	Divers

Pollutions bactériologiques

SOURCE DE POLLUTIONS	Cause et conséquences du danger		Evaluation du risque			Plans d'actions	
	CAUSE DU DANGER	CONSEQUENCES	Gravité	Fréquence	Niveau de risque	A METTRE EN PLACE	Échéance
Huveaune (et son affluent le Jarret)	Reprend son cours naturel en cas d'ouverture de la vanne barrage de la Pugette (8mm de pluie en 1h mesurée à Marseille)	Rejet d'eaux contaminées Contamination de la zone de baignade	20	3	60	Mise en place d'un SAGE Applications des actions définies dans le SAGE Evaluation d'une solution de stockage en cas de pluie Bien respecter le scénario d'ouverture de la vanne	2013 2015 2013
Déversoir du Prado (temps sec)	En dessous du niveau de la mer donc mélange d'eau de mer et d'eaux usées	Apports microbiologiques ponctuels Contamination du milieu	20	2	40	Evaluation d'une solution en cours - Clapet et pompage de la pollution	2013
Déversoir du Prado (temps de pluie)	Ouverture des clapets suite à la mise en charge du réseau dès 12mm de pluie en 1h	Déversement d'eaux usées à proximité de la zone de baignade - Contamination de la zone de baignade	20	2	40	Evaluation d'une solution de stockage des rejets	2013
Déversoir du collecteur 18bis/Prado 3	Déversement d'eaux usées à proximité de la zone de baignade suite à la mise en charge du réseau dès 12mm de pluie en 1h	Contamination de la zone de baignade	10	3	30	Evaluation d'une solution de réduction des rejets - Schéma Directeur	2011
Déversoir Lazer	Déversement d'eaux usées dans l'Huveaune suite à la mise en charge du réseau dès 4mm de pluie en 1h	Contamination de la zone de baignade en cas de surverse au niveau de la vanne de la Pugette	10	3	30	Evaluation d'une solution de réduction des rejets - Schéma Directeur et mise en œuvre des actions	2011
Déversoirs Brossolette, Blancarde, Chave, Sakakini, Jeanne d'Arc, Roche Montolivet, St Pierre	Déversement d'eaux usées dans le Jarret suite à la mise en charge du réseau dès 4mm de pluie en 1h	Contamination de la zone de baignade en cas de surverse au niveau de la vanne de la Pugette	10	3	30	Evaluation d'une solution de réduction des rejets - Schéma Directeur et mise en œuvre des actions	2011
Lac Borely	Surverse du lac	Rejet d'eaux contaminées dans l'Huveaune Contamination de la zone de baignade	5	5	25	Analyse bactériologique de l'eau du lac - Réalisation d'une étude pour éviter la surverse dans l'Huveaune	2011
Fréquentation de la zone de baignade	Plage très fréquentée après la fermeture des WC publics	Contamination de la zone de baignade	5	5	25	Laisser les WC ouverts la nuit	2011
Fréquentation de la zone de baignade	Plage très fréquentée en période estivale	Contamination de la zone de baignade	5	5	25	Sensibiliser les baigneurs à prendre une douche avant le 1er bain	2013
PR Muette	Défaillance des pompes Passage au niveau déversement	Rejet d'eaux usées Contamination de la zone de baignade	20	1	20	Sécurisation de la motorisation	2013
PR Ponson	Défaillance des pompes Passage au niveau déversement	Rejet d'eaux usées Contamination de la zone de baignade	20	1	20	Mise en place de capteur de mesure de hauteur d'eau	2011
PR Gironne	Défaillance des pompes Passage au niveau déversement	Rejet d'eaux contaminées Contamination de la zone de baignade	15	1	15	Mise en place de capteur de mesure de hauteur d'eau	2011
PR Borely	Défaillance des pompes Passage au niveau déversement	Rejet d'eaux usées Contamination de la zone de baignade	10	1	10	Mise en place de capteur de mesure de hauteur d'eau	2011
PR CMV4	Défaillance des pompes Passage au niveau déversement	Rejet d'eaux usées Contamination de la zone de baignade	5	1	5	Télésurveillance 24h/24 Mise en place de capteur de mesure de hauteur d'eau	2011
Hippodrome Borely	Epandage du lisier	Ruissellement jusqu'à la zone de baignade	5	1	5	Eviter l'epandage durant la saison balnéaire	2011
Lac Borely	Vidange du lac	Rejet d'eaux contaminées dans l'Huveaune Contamination de la zone de baignade	5	1	5	Éviter de vidanger le lac en saison balnéaire - Sensibilisation du gestionnaire du lac	2011

Macro déchets

SOURCE DE POLLUTIONS	Cause et conséquences du danger		Plans d'actions	
	CAUSE DU DANGER	CONSEQUENCES	A METTRE EN PLACE	Échéance
Fréquentation de la zone de baignade	Plage très fréquentée en période estivale Mauvaise pratique des usagers	Contamination de la zone de baignade	Sensibilisation du public Nettoyage du bord de mer en bateau	2011
Huveaune	Reprend son cours naturel en cas d'ouverture de la vanne barrage de la Pugette (8mm de pluie en 1h mesurée à Marseille)	Contamination de la zone de baignade	Mise en place d'un barrage flottant au niveau du cours d'eau	

Légende des sources de pollution

	Eaux superficielles
	Eaux usées
	Eaux pluviales
	Zone de baignade (Fréquentation, bateaux,...)
	Divers

9 RÉVISION DU PROFIL

La qualité de l'eau de baignade de la zone de baignade Huveaune en fonction de la directive 2006/7/CE serait classée en qualité **insuffisante** au vu de la simulation réalisée dans ce profil.

D'après le décret n°2008-990 du 21 septembre 2008, le profil des eaux de baignade doit être révisé régulièrement afin de déterminer si l'un des éléments présentés a changé. Le cas échéant, il convient de le mettre à jour.

La fréquence et l'ampleur des révisions doivent être déterminés sur la base de la nature et de la gravité de la pollution.

Cependant elles doivent au moins respecter les dispositions prévues et être au moins effectuées :

- tous les quatre ans pour les eaux classées comme étant de « bonne » qualité
- tous les trois ans pour les eaux de baignade classées comme étant de qualité « suffisante »
- tous les deux ans pour les eaux de baignade classées comme étant de qualité « insuffisante »

Le profil d'une eau de baignade classée précédemment comme étant de qualité « excellente » ne doit être réexaminé et, le cas échéant, mis à jour si le classement passe à la qualité « bonne », « suffisante » ou « insuffisante ». Le réexamen portera alors sur tous les éléments du profil

De plus, le profil devra aussi être révisé, avant le début de la saison balnéaire suivante, si des travaux de construction importants ou de changements importants dans les infrastructures effectués sur les zones de baignade ou à proximité ont eu lieu.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Anonyme, 1976. *Directive 76/160/CEE du Conseil des Communautés Européennes du 8 décembre 1975, relative à la qualité des eaux de baignade*, 7p.

Anonyme, 1979. *Directive Oiseaux 79/409/CEE du Conseil des Communautés Européennes du 2 avril 1979 concernant la conservation des oiseaux sauvages*.

Anonyme, 1981. *Décret n°81-324 du 7 avril 1981, fixant les normes d'hygiène et de sécurité applicables aux piscines et aux baignades aménagées*, Ministère de la Santé et de la sécurité sociale, 4p.

Anonyme, 1983. *Décret n°83-874 du 27 septembre 1983 portant publication de la convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires faite à Londres le 2 novembre 1973, telle que modifiée par le protocole de 1978 relatif à ladite convention (17 février 1978)*, Journal officiel, p.2919, 108p.

Anonyme, 1992. *Loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau*.

Anonyme, 1992. *Directive Habitats 92/43/CEE du Conseil des Communautés Européennes du 21 mai 1992, concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages*.

Anonyme, 1998. *Marpol a 25 ans*, Organisation Maritime Internationale, Reflets de l'OMI, J6993, 1998, 40p.

Anonyme, 2000. *Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000, établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau*, 72p.

Anonyme, 2004. *Loi n°2004-338 du 21 avril 2004, portant sur la transposition de la directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000, établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau*.

Anonyme, 2004. *Les hydrocarbures dans les eaux pluviales – Solutions de traitement et perspectives*, GRAIE, 25p.

Anonyme, 2005. *Modèle de courantologie et dispersion de la région de Marseille – Logiciel Mars 3D*, SEAMER, Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole, 20p.

Anonyme, 2006. *Directive 2006/7/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 février 2006 concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade et abrogeant la directive 76/160/CEE*, 15p.

Anonyme, 2006. *Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques*, 53p.

Anonyme, 2006. *Petit guide d'identification de l'algue Ostreopsis ovata, l'algue invisible*. Agence régionale pour la protection de l'environnement en Ligurie (ARPAL).

Anonyme, 2007. *Décret n°2007-983 du 15 mai 2007 relatif au premier recensement des eaux de baignade par les communes*, Ministère de l'écologie et du développement durable, 1p.

Anonyme, 2007. *Arrêté du 15 mai 2007, fixant les modalités de réalisation du premier recensement des eaux de baignade par les communes*, 3p.

Anonyme, 2007. *Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires pour le transport maritime*, Société financière internationale, Groupe de la Banque Mondiale, 21p.

Anonyme, 2007. *Qualité microbiologique des eaux de baignade - Classement de la qualité des eaux de baignade à l'échelon national par la méthode de la nouvelle directive européenne 2006/7/CE - Méthode et résultats généraux*, AFSSET, 17p.

Anonyme, 2007. *Qualité microbiologique des eaux de baignade - Rapport méthodologique - Valeurs seuils échantillon unique pour les eaux de baignade : étude de faisabilité méthodologique*, AFSSET, 56p.

Anonyme, 2007. *Nautisme et Environnement - Etat des lieux et recommandations - "Objectif : rejet zéro"*, Conseil supérieur de la navigation de plaisance et des sports nautiques, 78p.

Anonyme, 2008. *Décret n°2008-990 du 18 septembre 2008, relatif à la gestion de la qualité des eaux de baignade et des piscines*, Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative, 10p.

Anonyme, 2008. *Arrêté du 22 septembre 2008, relatif à la fréquence d'échantillonnage et aux modalités d'évaluation de la qualité et de classement des eaux de baignade*, 4p.

Anonyme, 2008. *Arrêté du 23 septembre 2008, relatif aux règles de traitement des échantillons et aux méthodes de référence pour les analyses d'eau dans le cadre de la surveillance de la qualité des eaux de baignade*, 4p.

Anonyme, 2009. *Circulaire n°DGS/EA4/2009/389 du 30 décembre 2009 relative à l'élaboration des profils des eaux de baignade au sens de la directive 2006/7/CE*, Ministère de la santé et des Sports, 5p.

Anonyme, 2009. *Guide d'élaboration des profils de vulnérabilité des eaux de baignade*, Agence de l'Eau Seine Normandie, Document provisoire, 154p.

Anonyme, 2009. *Guide national pour l'élaboration d'un profil de baignade*, Ministère de la Santé et des Sports, 17p.

Anonyme, 2009. *Tourisme – Chiffres-clés 2008*, Observatoire local du tourisme à Marseille, 28p.

Anonyme, 2010. *Circulaire n°DGS/EA4/2010/259 du 9 juillet 2010 relative aux modalités de recensement, d'exercice du contrôle sanitaire et de classement des eaux de baignade pour la saison balnéaire de l'année 2010 ainsi qu'aux consignes d'utilisation de la version V3.0 de l'application informatique de gestion des eaux de baignade SISE-baignades*, Ministère de la santé et des Sports, 14p.

Anonyme, 2010. *Note de service N°DGS/EA3/EA4/2010/238 du 30 juin 2010 relative à la surveillance sanitaire et environnementale et aux modalités de gestion des risques sanitaires pour la saison balnéaire 2010, liés à la présence de la micro algue toxique *Ostreopsis spp.* dans les eaux de baignade en méditerranée et à la contamination par ses toxiques des produits de la mer issus de la pêche de loisir*, Ministère de la Santé et des Sports, 54p.

- Anonyme, 2010. *La révision du POS de Marseille – Atelier partenarial « Approche littorale »*, ppt 38 slides.
- BETEREM-BCEOM pour le compte de la Direction de l'Eau et de l'Assainissement (Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole), 2005. *Diagnostic Assainissement de la Ville de Marseille*, Groupement, 102p.
- Bizzozero Lucie, 2010. *Les nouveaux risques biologiques des eaux de baignade sur le littoral méditerranéen : analyse prospective*, Ecole des Hautes études de santé publique, 91p.
- Bonn F., 2000. *Géomorphologie dynamique*, Cours d'université consultables sur : www.callisto.si.usherb.ca/~fbonn/PageFB/GEO437/GEO437Chap3/GEO437Chap3.html.
- Bonnefont J.L., Lelong P. et Martin Y., 1986. *Étude expérimentale de la disparition de coliformes fécaux d'un effluent urbain en milieu marin*, Deuxième Colloque International de Bactériologie marine - CNRS, Brest, 1-5 octobre 1984, IFREMER, Actes de Colloques, 3, pp. 567-572
- Chadeau Claire, 2004. *Étude de l'impact des équipements d'assainissement sur la qualité des eaux de baignade du littoral marseillais*, 100p.
- Copramex pour le compte de la Direction de la Qualité de Vie Partagée – Ville de Marseille, 2007. *Étude de l'Huveaune à l'aval du barrage de la Pugette*, 87p.
- Dupoiron Bénédicte, 2005. *Méthodologie d'élaboration des profils des eaux de baignade prévus par la future directive européenne : faisabilité de la construction d'un index de fragilité vis-à-vis des contaminations microbiologiques*, Mémoire de fin d'études 2004-2005, Ecole Nationale de la Santé Publique, 64p.
- Elmir Samir M., Shibataa Tomoyuki, Solo-Gabrielea Helena M., Sinigalliano Christopher D., Gidleya Maribeth L., Miller Gary, Plano Lisa R.W., Kish Jonathan, Fleming Kelly Withum Lora E., 2009. *Quantitative evaluation of enterococci and Bacteroidales released by adults and toddlers in marine water*, Water research 43, 4610-4616.
- Gallitelli M, Ungaro N, Addante LM, Procacci V, Silveri NG, Sabba C., 2005. *Respiratory illness as a reaction to tropical algal blooms occurring in atemperate climate*. JAMA. 2005 Jun 1; 293(21):2599-600
- Ginger Environnement & Infrastructures, 2007. *Impact de la nouvelle réglementation européenne sur la qualité sanitaire des eaux de baignade des plages du littoral marseillais*, 116p.
- Grossel H, 2007. *Protocole exploratoire de prélèvement d'espèces phytoplanctoniques épi-benthiques, en vue de leur dénombrement dans le cadre d'un réseau de surveillance*, Ifremer.
- Institut Paul Ricard, 2010. *Évaluation du risque phytoplanctonique des eaux de baignade de la Ville de Marseille, Rapport de synthèse*, 20p.
- Lacombe H. et Tchernia P., 1972. *Le problème de la formation des eaux marines profondes. Déroulement du phénomène en Méditerranée nord-occidentale par hiver très froid (Janvier-Mars 1963)*, Ann, Inst. Oceanogr., 48, 75-110.
- Lafage J., SERAM, 2009. *Diagnostic des systèmes d'ANC – CUMPM - Commune de Marseille*, ppt 24 slides.

- Lagasque Marie-Paule, 1999. *Modélisation de l'autoépuration bactérienne des rivières - Application au bassin versant du Célé dans le but de la définition de zones vulnérables à la pollution bactérienne*, 32p.
- Laplace D., 2008. *Cours d'Hydrologie Urbaine*, SERAM, ppt 182 slides.
- Laplace D., Rovera A., Guivarch J.Y. et Giannetti S., 2009. *Gestion de l'assainissement et qualité des eaux de baignade à Marseille*, 6p.
- Parajuli Prem B., 2007. *Dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree Doctor of philosophy – SWAT Bacteria sub-model evaluation and application*, , 247p.
- Penna A, Vila M, Fraga S, et al., 2005. *Characterization of *Ostreopsis* and *coocilia* (dinophyceae) isolates in the western mediterranean sea based on morphology toxicity and internal transcribed spacer 5.8S rDNA sequences*. J. Phycol. 2005;41:212-225.
- Poitou I., 2009. *Étude pour un programme de gestion raisonnée des macro déchets sur la rade de Marseille*, Association Mer-Terre, 71p.
- SAFEGE pour la Communauté Urbaine de Marseille Provence Métropole, 2005. *Extension biologique des stations d'épuration de la Communauté Urbaine - Modélisation numérique du devenir des rejets des systèmes d'assainissement communautaires*, 174p.
- Sansoni G, Borghini B, Camici G, Cassoti M, Righini P, Rustighi C., 2003. *Fioriture algali di *Ostreopsis ovata* (Gonyaulacales : Dinophyceae) : un problema emergente*. Biologia ambientale. 2003 ;17(1) :17-23.
- Société d'Exploitation du Réseau d'Assainissement de Marseille, Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole, 2010. *Rapport Annuel du Délégué du Service Assainissement 2009*, 171p.
- Société d'Exploitation du Réseau d'Assainissement de Marseille (SEC-Mesures), 2002. *Qualité des eaux de baignade de la zone balnéaire de Marseille – Inventaire du risque Assainissement*, 150p.
- Tognetto L, Bellato S, Moro I, Andreoli C., 1994. *Occurrence of *Ostreopsis ovata* (Dinophyceae) in the Tyrrhenian Sea during summer 1994*. Botanica Marina. 1995; 38:291-295.
- Van Dolah FM., 2000. *Marine algal toxins: origins, health effects, and their increased occurrence*. Environ Health Perspect. 2000; 108(suppl 1):133-141.
- Wither A., Rehfisch M., Austin G., 2005. *The impact of bird populations on the microbiological quality of bathing waters*. Water Science & Technology Vol 51 No 3-4 pp 199–207 q IWA Publishing, 9p.
- Zingone A, Siano R, D'Alelio D, Sarno D., 2006. *Potentially toxic and harmful microalgae from coastal waters of the Campania region (Tyrrhenian Sea, Mediterranean Sea)*. Harmful algae. 2006;5:321-337.

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : LOCALISATION DE LA ZONE DE BAINNADE HUVEAUNE (SOURCES : ARS PACA, BD CARTHAGE®).....	1
FIGURE 2 : COURS D’EAU DÉBOUCHANT À PROXIMITÉ DE LA ZONE DE BAINNADE HUVEAUNE (SOURCES : BD CARTHAGE®, ARS PACA).....	6
FIGURE 3 : BASSINS VERSANTS SANITAIRE ET PLUVIAL DÉFINISSANT LE PÉRIMÈTRE IMMÉDIAT DE LA ZONE DE BAINNADE HUVEAUNE (SOURCE : ARS PACA, BD CARTHAGE®, SERAM-DEA).....	7
FIGURE 4: COURS D'EAU À PROXIMITÉ DE LA ZONE DE BAINNADE HUVEAUNE AINSI QUE LEUR BASSIN VERSANT (SOURCE: BD CARTHAGE®).....	7
FIGURE 5: PÉRIMÈTRE ÉLOIGNÉ DE LA PLAGE HUVEAUNE (SOURCE : BD CARTHAGE®).....	8
FIGURE 6: CARACTÉRISTIQUES DU LITTORAL DU POINT DE BAINNADE HUVEAUNE (SOURCE : ARS PACA).....	10
FIGURE 7: CARTOGRAPHIE DES RUISSEAUX INFLUENÇANT LA ZONE DE BAINNADE HUVEAUNE (SOURCES : SERAM-DEA, BD CARTHAGE®, ARS PACA)....	11
FIGURE 8: LOCALISATION DES ZONES INONDABLES (SOURCES: DIREN PACA, ARS PACA).....	12
FIGURE 9: LOCALISATION DES 25 PLUVIOMÈTRES RÉPARTIS SUR L'ENSEMBLE DU TERRITOIRE DE MARSEILLE (SOURCE: SERAM-DEA).....	13
FIGURE 10: PLUVIOMÉTRIE MENSUELLE CUMULÉE MOYENNÉE DE 2000 À 2009 (±SE) SUR L'ENSEMBLE DES 25 PLUVIOMÈTRES RÉPARTIS SUR L'ENSEMBLE DU TERRITOIRE MARSEILLAIS (SOURCE : SERAM-DEA).....	14
FIGURE 11: INTENSITÉ MENSUELLE MOYENNE ET MAXIMALE DE LA PLUIE SUR 6MIN DE 2000 À 2009 SUR L'ENSEMBLE DES 25 PLUVIOMÈTRES RÉPARTIS SUR L'ENSEMBLE DU TERRITOIRE MARSEILLAIS (SOURCE: SERAM-DEA).....	14
FIGURE 12: DISTRIBUTION DE LA FRÉQUENCE DES PLUIES JOURNALIÈRES DURANT LA SAISON BALNÉAIRE POUR DIFFÉRENTES CLASSES D’INTENSITÉ – PLUVIOMÈTRE VERNET – 2000 À 2009 (SOURCE: SERAM-DEA).....	15
FIGURE 13: ROSE DES VENTS (DIRECTION DE PROVENANCE DU VENT) ENTRE DÉBUT MAI ET FIN SEPTEMBRE DE 2005 À 2009, DONNÉES MESURÉES À LA STATION DE L’HIPPODROME DE MARSEILLE (SOURCE: MÉTÉO FRANCE).....	16
FIGURE 14 : ROSES DES VENTS (DIRECTION DE PROVENANCE DU VENT) DU 1ER MAI AU 30 SEPTEMBRE POUR CHAQUE SAISON BALNÉAIRE DE 2005 À 2009, DONNÉES MESURÉES À LA STATION DE L’HIPPODROME DE MARSEILLE (SOURCE : MÉTÉO FRANCE).....	16
FIGURE 15: CARTE LITHOLOGIQUE SIMPLIFIÉ 1/1 000 000 (SOURCE : INFOTERRE, BRGM).....	18
FIGURE 16: LOCALISATION DES MASSES D’EAU SOUTERRAINE DE LA ZONE D’ÉTUDE (SOURCES : DIREN PACA, ARS PACA).....	19
FIGURE 17: LOCALISATION DE LA RÉSURGENCE DE LA MASSE D'EAU SOUTERRAINE 6315 (SOURCE: IGN).....	19

FIGURE 18: TOPOGRAPHIE DU PÉRIMÈTRE IMMÉDIAT (SOURCES : IGN, ARS PACA).....	20
FIGURE 19: OCCUPATION DU SOL DE LA ZONE D'ÉTUDE (SOURCE: CORINE LAND COVER 2006).....	21
FIGURE 20: CARACTÉRISTIQUES HYDRAULIQUES ET CIRCULATION DES EAUX EN MÉDITERRANÉE (SOURCE: LACOMBE ET TCHERNIA, 1972).....	23
FIGURE 21: LOCALISATION DU CONTEXTE AGRICOLE (SOURCES : CORINE LAND COVER 2006, BD CARTHAGE, ARS).....	27
FIGURE 22: LOCALISATION DU CONTEXTE INDUSTRIEL (SOURCES : CORINE LAND COVER 2006, BD CARTHAGE®).....	28
FIGURE 23: PLAN DU RÉSEAU D'EAUX USÉES DE MARSEILLE (SOURCES : SERAM-DEA, BD CARTHAGE, ARS PACA).....	29
FIGURE 24: PLAN DU RÉSEAU D'EAUX USÉES À PROXIMITÉ DE LA ZONE DE BAINNADE HUVEAUNE (SOURCES: SERAM-DEA, ARS PACA, IGN).....	30
FIGURE 25: LOCALISATION DES POSTES DE RELÈVEMENT POUVANT IMPACTER LA ZONE DE BAINNADE HUVEAUNE (SOURCES : SERAM, IGN).....	31
FIGURE 26: DÉVERSOIRS D'ORAGE POUVANT IMPACTER LA ZONE DE BAINNADE HUVEAUNE (SOURCE : SERAM-DEA).....	32
FIGURE 27: ZONAGE D'ASSAINISSEMENT COLLECTIF ET NON COLLECTIF (SOURCES : SERAM-DEA, BD CARTHAGE, ARS PACA).....	33
FIGURE 28: SOUS BASSINS PLUVIAUX ET RÉSEAU PLUVIAL ASSOCIÉ DE LA ZONE D'ÉTUDE (SOURCES: SERAM-DEA, ARS PACA, IGN).....	34
FIGURE 29: RELATION ENTRE LA PLUIE ET LE DÉVERSEMENT DE DIFFÉRENTS OUVRAGES (SOURCE : SERAM).....	35
FIGURE 30: TRAJET DES FERRY (SOURCE: GOOGLE MAP).....	38
FIGURE 31: POINTS DE PRÉLÈVEMENT CAMPAGNE RUISSEAU SERAM (SOURCE: SERAM).....	39
FIGURE 32: LOCALISATION DU CAPTEUR RAMON (SOURCE: SERAM).....	40
FIGURE 33: LOCALISATION DU LAC BORELY.....	42
FIGURE 34: LOCALISATION DE L'HIPPODROME BORELY.....	43
FIGURE 35 : PHOTO DE LA MICRO ALGUE OSTREOPSIS OVATA (SOURCE : SMITHSONIAN INSTITUTION).....	44
FIGURE 36: EFFLORESCENCE D'OSTREOPSIS OVATA.....	45
FIGURE 37: CONCENTRATIONS EN OSTREOPSIS OVATA MESURÉE ASSOCIÉES AUX ALGUES ET DANS L'EAU (SOURCE : INSTITUT PAUL RICARD).....	46
FIGURE 38: PELAGICA NOCTILUCA ET AURELIA AURITA.....	47
FIGURE 39: MOYENNE DE MACRO DÉCHETS COLLECTÉS EN M3/J SUR LES PLAGES MARSEILLAISES (SOURCE: MER-TERRE).....	48
FIGURE 40: MOYENNE DES PROPORTIONS DES DÉCHETS RAMASSÉS SUR LES RIVES DE L'HUVEAUNE DEPUIS 2006 (SOURCE: MER-TERRE).....	49
FIGURE 41: QUANTITÉS DE DÉCHETS COMPTÉS DEPUIS 2006 DURANT LES NETTOYAGES DES RIVES DE L'HUVEAUNE (SOURCE : MER-TERRE).....	49

**FIGURE 42: EVOLUTION DES 95ÈME (A) ET 90ÈME (B) PERCENTILES
ESCHERICHIA COLI (NPP/100ML) ET ENTÉROCOQUES (NPP/100ML).....54**

**FIGURE 43: ESCHERICHIA COLI VS ENTÉROCOQUES - ZONE DE BAIGNADE
HUVEAUNE (DONNÉES 2005-2010).....55**

**FIGURE 44: NOMBRE D'ANALYSES DONT LA CONCENTRATION EN ESCHERICHIA
COLI (A) OU ENTÉROCOQUES (B) EST SUPÉRIEURE AU SEUIL AFSSET (1000 ET 370
NPP/100ML).....56**

**FIGURE 45: EVOLUTION DU NOMBRE DE POLLUTIONS À COURT TERME LIÉES
AU ESCHERICHIA COLI (A) ET ENTÉROCOQUES (B) ENTRE 2005 ET 2010 :
DONNÉES OFFICIELLES ET AUTO SURVEILLANCE (SOURCE : ARS PACA).....57**

**FIGURE 46: RÉPARTITION DU NOMBRE DE POLLUTIONS À COURT TERME AU
REGARD DE LA PLUVIOMÉTRIE (SOURCES : ARS PACA, MÉTÉO FRANCE).....57**

**FIGURE 47: NOMBRE DE FERMETURES (SAISONS BALNÉAIRES 2005-2010,
SOURCE : DSP).....58**

**FIGURE 48: REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE TYPE « BOÎTE À MOUSTACHE DES
CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES DES
POLLUTIONS À COURT TERME D'UNE PART EN CONSIDÉRANT TOUTES LES
DONNÉES ET D'AUTRE PART EN DISTINGUANT LES DONNÉES OFFICIELLES ET
CELLES PROVENANT DES ANALYSES COLILERT (SOURCE : ARS PACA).....59**

**FIGURE 49: CONCENTRATION EN E.COLI DE LA ZONE DE BAIGNADE HUVEAUNE
EN FONCTION DE CELLE DE LA ZONE DE BAIGNADE POINTE ROUGE (SOURCE:
ARS PACA).....60**

**FIGURE 50: ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES ESCHERICHIA
COLI- 2005-2010 (SOURCE : ARS PACA).....61**

**FIGURE 51: CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES EN
FONCTION DU JOUR DE PRÉLÈVEMENT (SOURCE: ARS PACA).....62**

**FIGURE 52: CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES EN
FONCTION DU JOUR DE PRÉLÈVEMENT (ARS PACA).....63**

**FIGURE 53: RÉPARTITION DES CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET
ENTÉROCOQUES EN FONCTION DES TEMPÉRATURES DE L'EAU ET DE L'AIR
RELEVÉES AU MOMENT DU PRÉLÈVEMENT (SOURCE : ARS PACA).....64**

**FIGURE 54: CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI (NPP/100ML) EN
FONCTION DU CUMUL DE PLUIE (EN MM) MESURÉ AU NIVEAU DU
PLUVIOMÈTRE VERNET LA VEILLE DU PRÉLÈVEMENT (SOURCES : ARS PACA,
SERAM).....65**

**FIGURE 55: ESCHERICHIA COLI (NPP/100ML) EN FONCTION DU VOLUME
DÉVERSÉ EN M3 AU NIVEAU DU DÉVERSOIR DU PRADO (SOURCES: ARS PACA,
SERAM).....66**

**FIGURE 56: ESCHERICHIA COLI (NPP/100ML) EN FONCTION DU DÉBIT
JOURNALIER DE L'HUVEAUNE EN M3/S MESURÉ AU NIVEAU DU CAPTEUR
RAMON (SOURCES: ARS PACA, SERAM-DEA).....66**

**FIGURE 57: CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES EN
FONCTION DE LA DIRECTION DU VENT (SOURCES : ARS PACA, MÉTÉO FRANCE)**

FIGURE 58: RÉPARTITION DE LA QUALITÉ DES ÉCHANTILLONS AU REGARD DU SEUIL AFSSET EN FONCTION DE LA PLUVIOMÉTRIE JOURNALIÈRE.....68

FIGURE 59: RÉPARTITION DE LA QUALITÉ DES ÉCHANTILLONS AU REGARD DU SEUIL AFSSET EN FONCTION DU DÉBIT DE L'HUVEAUNE.....68

FIGURE 60: EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES SUITE À L'ÉPISODE PLUVIEUX DU 15-17 JUIN 2010 (SOURCE : ARS PACA).....69

FIGURE 61: EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES SUITE À L'ÉPISODE PLUVIEUX DU 19-20 AOÛT 2010 (SOURCE : ARS PACA).....70

FIGURE 62: EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI SUITE À L'ÉPISODE PLUVIEUX DU 2 AOÛT 2009 (SOURCE : ARS PACA).....70

FIGURE 63:IMPLANTATION ET EMBOÎTEMENT DES DIFFÉRENTS MODÈLES MIS EN PLACE DANS LE CADRE DES PROFILS DES ZONES DE BAINADE DE MARSEILLE.....71

FIGURE 64: LOCALISATION DES POINTS DE REJETS PRIS EN COMPTE DANS LA MODÉLISATION (SOURCE: GOOGLE EARTH).....74

FIGURE 65: EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES EN FONCTION DU TEMPS MESURÉE AU NIVEAU DE LA ZONE DE BAINADE HUVEAUNE SUITE À UN DÉVERSEMENT DES POSTES DE RELÈVEMENT PENDANT 6H – TEMPS SEC – SANS VENT, NI VAGUE.....75

FIGURE 66: TENEURS SIMULÉES (NPP/100ML) EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES SUITE À UN DÉVERSEMENT DE POSTES DE RELÈVEMENT PENDANT 6H - TEMPS SEC - SANS VENT, NI VAGUE.....76

FIGURE 67 : EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES MESURÉES AU NIVEAU DE LA ZONE DE BAINADE HUVEAUNE EN FONCTION DU TEMPS – PLUIE 4 MM/1H, VENT ESE, TOUS DÉVERSEMENTS ASSOCIÉS À CETTE PLUIE.....76

FIGURE 68 : TENEURS SIMULÉES (NPP/100ML) EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES – PLUIE 4 MM/1H, VENT ESE, TOUS DÉVERSEMENTS ASSOCIÉS À CETTE PLUIE.....77

FIGURE 69 : EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES MESURÉES AU NIVEAU DE LA ZONE DE BAINADE HUVEAUNE EN FONCTION DU TEMPS – PLUIE 12 MM/1H, VENT ESE, TOUS DÉVERSEMENTS ASSOCIÉS À CETTE PLUIE.....78

FIGURE 70 : TENEURS SIMULÉES (NPP/100ML) EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES – PLUIE 12 MM/1H, VENT ESE, TOUS DÉVERSEMENTS ASSOCIÉS À CETTE PLUIE.....79

FIGURE 71: EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES MESURÉES AU NIVEAU DE LA ZONE DE BAINADE HUVEAUNE EN FONCTION DU TEMPS – PLUIE 18 MM/1H, VENT ESE, TOUS DÉVERSEMENTS ASSOCIÉS À CETTE PLUIE.....79

FIGURE 72 : TENEURS SIMULÉES (NPP/100ML) EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES – PLUIE 18 MM/1H, VENT ESE, TOUS DÉVERSEMENTS ASSOCIÉS À CETTE PLUIE.....80

FIGURE 73 : EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES MESURÉES AU NIVEAU DE LA ZONE DE BAINADE HUVEAUNE EN FONCTION DU TEMPS – PLUIE 18 MM/1H, VENT ESE, SUR VERSE DE L’HUVEAUNE.....	81
FIGURE 74 : TENEURS SIMULÉES (NPP/100ML) EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES – PLUIE 18 MM/1H, VENT ESE, SUR VERSE DE L’HUVEAUNE.....	82
FIGURE 75 TENEURS SIMULÉES (NPP/100ML) EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES – PLUIE 18 MM/1H, VENT ESE, REJET DU RUISSEAU DE BONNEVEINE.....	83
FIGURE 76 : EVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES MESURÉES AU NIVEAU DE LA ZONE DE BAINADE HUVEAUNE EN FONCTION DU TEMPS – PLUIE 18 MM/1H, VENT ESE, REJET DU DÉVERSOIR DU PRADO.....	83
FIGURE 77 : TENEURS SIMULÉES (NPP/100ML) EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES – PLUIE 18 MM/1H, VENT ESE, REJET DU DÉVERSOIR DU PRADO	84
FIGURE 78: PROCÉDURE DE GESTION D'UNE POLLUTION SUITE À UNE ANALYSE OFFICIELLE.....	96
FIGURE 79: PROCÉDURE DE GESTION SUITE À UN RÉSULTAT D'AUTO SURVEILLANCE E.COLI > 500NPP/100ML.....	98
FIGURE 80: PROCÉDURE DE GESTION SUITE À UN RÉSULTAT D'AUTO SURVEILLANCE E.COLI > 1 000NPP/100ML ET/OU ENTÉROCOQUES > 370 ENTÉROCOQUES/100ML.....	98
FIGURE 81: PROCÉDURE DE GESTION SUITE À UNE PLUIE SUPÉRIEURE À 2MM/1H OU SUITE AU DÉVERSEMENT DU PR MUETTE, PONSON, BORELY, GIRONNE DE MOINS DE 6H.....	99
FIGURE 82: PROCÉDURE DE GESTION SUITE AU DÉVERSEMENT DU PR MUETTE, PONSON, BORELY, GIRONNE PENDANT PLUS DE 6H OU SUITE À LA SURVERSE DE L’HUVEAUNE OU SUITE AU DÉVERSEMENT DU DÉVERSOIR DU PRADO.....	99
FIGURE 83: PELAGICA NOCTILUCA ET AURELIA AURITA.....	101
FIGURE 84: PROCÉDURE PRO MER 005 : FERMETURE DE LA PLAGE PAR LA POLICE NATIONALE NE CAS D’ALERTE POLLUTION (HYDROCARBURES) (SOURCE : DSP).....	103
FIGURE 85: PADINA PAVONICA, STYPOCAULON SCOPARIUM, PLOCANIUM CARTILAGINEUN.....	124

LISTES DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : CLASSEMENT DE LA QUALITÉ DE LA ZONE DE BAIGNADE HUVEAUNE (VILLE DE MARSEILLE) SELON LA DIRECTIVE DE 2006/7/CE.....	2
TABLEAU 2: NOMBRE DE PLUIES OBSERVÉES PAR SECTEURS DE VENT POUR DIFFÉRENTS CUMULS DE PLUIE.....	17
TABLEAU 3 : CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES MASSES D’EAU SOUTERRAINE DE LA ZONE D’ÉTUDE	18
TABLEAU 4 : OCCUPATION DU SOL DE LA ZONE D’ÉTUDE (SOURCE : CORINE LAND COVER 2006).....	21
TABLEAU 5: STATISTIQUES DES POPULATIONS (SOURCE: INSEE).....	25
TABLEAU 6: DONNÉES CONCERNANT LA TYPOLOGIE DES LOGEMENTS À MARSEILLE (SOURCE : INSEE).....	25
TABLEAU 7: OFFRE D’HÉBERGEMENT À MARSEILLE PAR TYPE D’HÉBERGEMENT (SOURCE : OBSERVATOIRE LOCAL DU TOURISME À MARSEILLE CHIFFRES DE 2008).....	26
TABLEAU 8: CARACTÉRISTIQUES DES POSTES DE RELÈVEMENT POUVANT IMPACTER LA ZONE DE BAIGNADE HUVEAUNE (SOURCE : RAPPORT ANNUEL DU DÉLÉGATAIRE, 2009).....	30
TABLEAU 9: DÉVERSOIRS D’ORAGE DU RÉSEAU UNITAIRE POUVANT IMPACTER LA ZONE DE BAIGNADE HUVEAUNE AINSI QUE L’OUVRAGE DÉVERSANT ET LE LIEU DU DÉVERSEMENT (SOURCE: SERAM-DEA).....	32
TABLEAU 10: DÉBIT MAXIMAL DES REJETS EN FONCTION DE DIFFÉRENTES INTENSITÉS DE PLUIE (SOURCES : SERAM-RPT).....	36
TABLEAU 11 : FLUX BACTÉRIOLOGIQUE MAXIMAL (GERMES/S) DES REJETS POUR DIFFÉRENTS INTENSITÉS DE PLUIE (SOURCE : SERAM-RPT).....	37
TABLEAU 12: CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES À DIFFÉRENTS POINTS DE MESURES SUR L’HUVEAUNE ET LE JARRET (SOURCE : SERAM).....	40
TABLEAU 13: DÉBIT MOYEN (\pm SE) ET MAXIMAL DE L’HUVEAUNE MESURÉ AU NIVEAU DU CAPTEUR RAMON (SOURCES: SERAM-DEA).....	41
TABLEAU 14: CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI ET ENTÉROCOQUES DANS LES SÉDIMENTS AU NIVEAU DE LA ZONE DE BAIGNADE HUVEAUNE (NOMBRE LE PLUS PROBABLE ET LIMITES DE L’INTERVALLE DE CONFIANCE) (SOURCE : RIVAGES PRO TECH, LMGEM).....	41
TABLEAU 15: LES VOLUMES EN M3 DE MACRO DÉCHETS RAMASSÉES DANS L’HUVEAUNE ET SUR SES BERGES DEPUIS 2006 (SOURCE : MER-TERRE, NETTOYAGE AVEC LPO ET HUNAMAR).....	49
TABLEAU 16: RAPPEL DES CRITÈRES DE DIRECTIVE DE 1976 AVEC UN CALCUL EN MOYENNE DES CONCENTRATIONS, ET UN POURCENTAGE EN FONCTION DU TEMPS.....	52
TABLEAU 17: CLASSEMENT ANNUEL DE LA QUALITÉ DE L’EAU DE BAIGNADE SELON LA DIRECTIVE 76/160/CE (SOURCE: ARS PACA).....	53

TABLEAU 18: CLASSEMENT ANNUEL DE LA QUALITÉ DE L'EAU DE BAIGNADE SELON LA DIRECTIVE 2006/7/CE (SOURCE: ARS PACA).....	54
TABLEAU 19: 95ÈME PERCENTILE, MOYENNE ET ÉCART-TYPE E.COLI ET ENTÉROCOQUES DE LA ZONE DE BAIGNADE HUVEAUNE ET DU SITE DE RÉFÉRENCE (SOURCE : ARS PACA).....	56
TABLEAU 20: COEFFICIENTS DE CORRÉLATION ENTRE CONCENTRATIONS EN ESCHERICHIA COLI (SOURCE : ARS PACA).....	60
TABLEAU 21: NOMBRE DE PLUIES OBSERVÉES PAR SECTEURS DE VENT POUR DIFFÉRENTS CUMULS DE PLUIE EN MM (SOURCES : SERAM, MÉTÉO FRANCE)...	72
TABLEAU 22: INTENSITÉ DES VENTS ADOPTÉS POUR CHAQUE ASSOCIATION INTENSITÉ DE PLUIE / DIRECTION DE VENT (SOURCES : SERAM, MÉTÉO FRANCE).....	72
TABLEAU 23: RÉCAPITULATIF DES PARAMÈTRES PRIS EN COMPTE POUR LES DIFFÉRENTS SCÉNARIIS DE MODÉLISATION.....	74
TABLEAU 24: RÉCAPITULATIF DES PARAMÈTRES PRIS EN COMPTE DANS CHAQUE SCÉNARIO ET LES RÉSULTATS ASSOCIÉS POUR LES ESCHERICHIA COLI ET LES ENTÉROCOQUES.....	85

ANNEXES

Annexe 1 : Extrait de la Directive Européenne 2006/7/CE

Annexe 2 : Protocole d'échantillonnage (eau et algues) pour le dénombrement d'*Ostreopsis.spp*

Annexe 3 : Protocole décisionnel « Surveillance environnementale » *Ostreopsis ovata*

Annexe 4 : Fiche anomalie

Annexe 5 : Fiche fermeture préventive

Annexe 1 : Extrait de la Directive Européenne 2006/7/CE

Le profil des eaux de baignade s'inscrit dans le cadre des nouvelles dispositions réglementaires découlant de la Directive Européenne 2006/7/CE sur la qualité des eaux de baignade.

La transposition de cette directive (Directive 2006/7/CE) a été achevée en droit français par la publication¹ d'un Décret du 18 septembre 2008 et deux Arrêtés des 22 et 23 septembre 2008, lesquels viennent compléter les textes parus en 2007². Ce cadre réglementaire est plus contraignant que la réglementation découlant de la Directive 76/160/CEE du 8 décembre 1975 et anticipe certaines obligations de la Directive 2006/7/CE de 2 ans (application des nouveaux seuils et de la nouvelle méthode de classement). Il exigera des communes une gestion active des plages, par l'établissement de profils des eaux de baignade (1), une surveillance régulière (2) et un renforcement de la communication et de la participation du public (3).

La réglementation impose la présentation des éléments suivants dans le profil des eaux de baignade.

Article D. 1332-20 du décret d'application n°2008-990 du 18 septembre 2008 relatif à la gestion de la qualité des eaux de baignade et des piscines :

1°- une description des caractéristiques physiques, géographiques et hydrogéologiques des eaux de baignade et des autres eaux de surface du bassin versant des eaux de baignade concernées, qui pourraient être source de pollution ;

2°- une identification et une évaluation des sources de pollution qui pourraient affecter les eaux de baignade et altérer la santé des baigneurs ;

3°- une évaluation du potentiel de prolifération des cyanobactéries ;

4°- une évaluation du potentiel de prolifération des macro algues et du phytoplancton ;

5°- si l'évaluation des sources de pollution laisse apparaître un risque de pollution à court terme, les informations suivantes :

a), la cause, la fréquence et la durée prévisibles de la pollution à court terme à laquelle on peut s'attendre,

b) les mesures de gestion prévues pour l'élimination des sources de pollution à court terme et leur calendrier,

c) les mesures de gestion prises durant les pollutions à court terme et l'identité et les coordonnées des instances responsables de ces mesures ;

6°- l'emplacement du ou des points de surveillance ;

7°- si l'évaluation des sources de pollution laisse apparaître un risque de pollution par des cyanobactéries, des macro algues ou du phytoplancton, un risque de pollution par déchets, ou un

¹ Décret du 18 septembre 2008 relatif à la gestion de la qualité des eaux de baignade et de piscine ; arrêté du 22 septembre 2008 relatif à la fréquence d'échantillonnage et aux modalités d'évaluation de la qualité et du classement des eaux de baignade ; arrêté du 23 septembre 2008 relatif aux règles de traitement des échantillons et aux méthodes de référence pour les analyses d'eau dans le cadre de la surveillance de la qualité des eaux de baignade.

² Arrêté du 15 mai 2007 fixant les modalités de réalisation du premier recensement des eaux de baignade par les communes et circulaire du 13 juin 2007 relative au premier recensement des eaux de baignade en métropole.

risque de pollution entraînant une interdiction ou une décision de fermeture du site de baignade durant toute une saison balnéaire au moins, les informations suivantes :

- a) le détail de toutes ces sources de pollution,
- b) les mesures de gestion prises pour éviter, réduire et éliminer les sources de pollution afin d'améliorer la qualité de l'eau de baignade, et leur calendrier ;

8°- les données pertinentes disponibles, obtenues lors des surveillances et des évaluations effectuées en application des dispositions de la présente section et du Code de l'environnement.

Les informations mentionnées aux 1, 2 et 6 sont également fournies sur une carte détaillée, lorsque cela est faisable.

Pour les eaux de baignade contiguës soumises à des sources de pollution communes, un profil commun peut être établi par la ou les personnes responsables des eaux de baignade.

Annexe 2 : Protocole d'échantillonnage (Eau et algues) pour le dénombrement d'*Ostreopsis.spp*

I. Echantillonnage

1) Prélèvement de macro algues

Pour déterminer le nombre de cellules d'*Ostreopsis.spp* par gramme d'algue, il est nécessaire de prélever 100g d'algues brunes type queue de paon (*Padina pavonica*), balai de mer (*Stypocaulon scoparium*) ; algues rouges type *Plocanium cartilagineum* fréquentes en milieu peu profond.

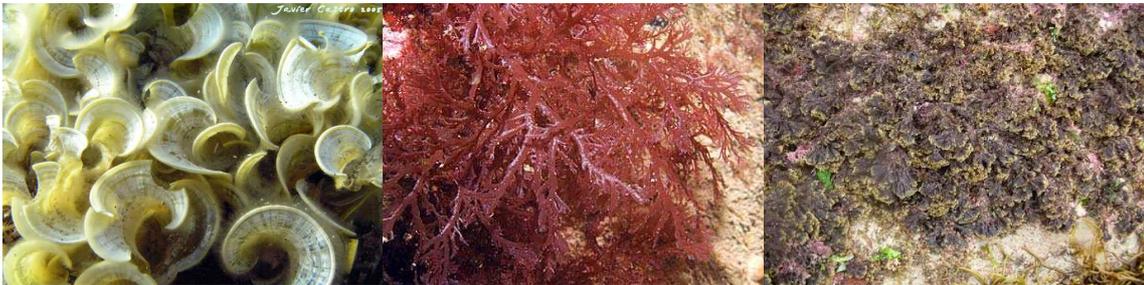


Figure 85: *Padina Pavonica*, *Stypocaulon scoparium*, *Plocanium cartilagineum*

- prélever les algues et les placer dans un flacon en polyéthylène d'1L à col large, compléter avec un peu d'eau de mer du point de prélèvement,
- identifier l'échantillon,
- l'échantillon est conservé dans une glacière jusqu'à acheminement au laboratoire.

2) Prélèvement d'eau

- Prélever dans la colonne d'eau 200mL à l'aide d'un flacon en polyéthylène à col large,
- lugoler l'échantillon à raison de 5mL de lugol pour 100mL d'échantillon,
- identifier l'échantillon d'eau associé à l'échantillon de macro algues,
- l'échantillon est conservé dans une glacière jusqu'à acheminement au laboratoire.

II. Traitement des échantillons

1) Echantillon de macro algues.

Le principe est de décrocher les cellules épibenthiques fixées sur les macro algues.

- secouer énergiquement le flacon (contenant l'eau et les algues du site) une 1^{ère} fois pendant 1 à 2 minutes,

- dans un 2^{ème} flacon en PE, récupérer à l'aide d'un entonnoir et d'un tamis à grosse maille le 1^{er} filtrat,
 - remettre les macro algues dans le 1^{er} flacon en PE puis ajouter environ 300 mL d'eau de mer filtrée, répéter l'opération 2 fois. Le volume de filtrat doit atteindre environ 1L,
 - récupérer les algues, puis les laisser égoutter afin de retirer l'excédent d'eau, puis les peser et noter le poids humide,
 - passer le filtrat sur un tamis de 200µm puis 100µm afin de retirer un maximum de débris algaux et optimiser l'observation microscopique,
 - lugoler le filtrat final à raison de 50mL de lugol/L.
- 2) Echantillon d'eau.

Pas de traitement particulier.

III. Observation microscopique et dénombrement.

1) Filtrat algal.

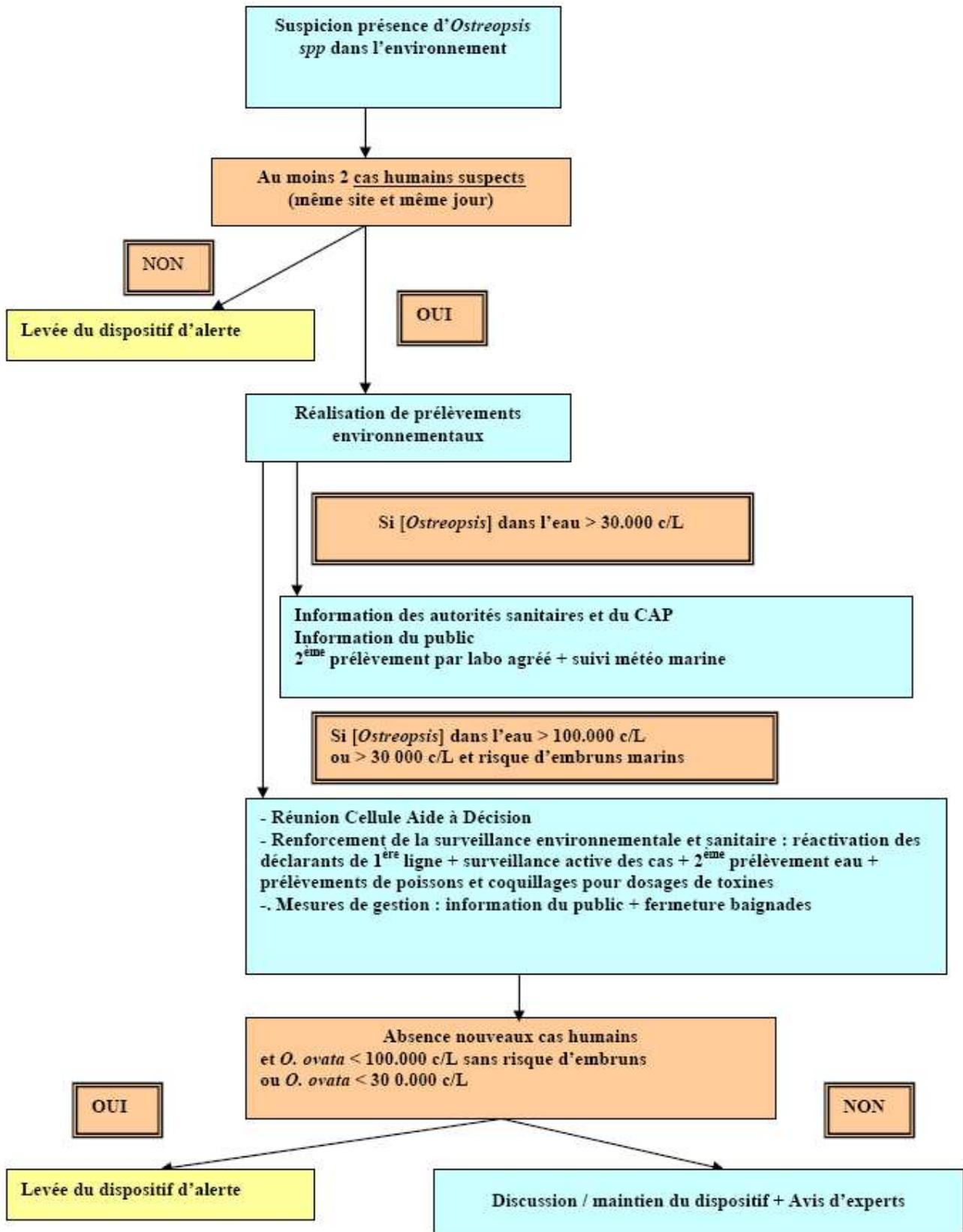
Afin d'optimiser l'observation et le dénombrement des cellules, il est nécessaire de diluer au 1/10 l'échantillon :

- dans une cuve de 10 mL, mettre 1 mL de filtrat et compléter avec l'eau de mer filtrée,
- laisser décanter au minimum 3h,
- observation au microscope inversé, à l'objectif ×10,
- compter l'ensemble de la cellule ou faire un diamètre si la cuve est chargée.

2) Echantillon d'eau

- mettre à décanter dans une cuve, un volume de 10 mL,
- laissez décanter au minimum 3h,
- observation et dénombrement à l'objectif ×10

Annexe 3 : Protocole décisionnel « Surveillance environnementale » *Ostreopsis ovata*



Annexe 4 : Fiche Anomalie

Fiche anomalie		N°:	
Ouverture de la fiche		Clôture de la fiche	
Date :	Heure :	Date :	Heure :
Validation et signature du responsable EDB		Validation et signature de l' AMO	
<u>Observations : facteurs d'influence :</u> <u>Courantologie :</u> <u>Météorologie :</u>			
Résultats d'analyse :		Résultats contre analyse :	
Date:		Date:	
Décisions prises et actions engagées :			
Évaluation des résultats :			
Lien vers document concernant la gestion de crise (analyse, recherches...)			

Annexe 5 : Fiche fermeture préventive

Fiche fermeture préventive		N°:	
Ouverture de la fiche		Clôture de la fiche	
Date :	Heure :	Date :	Heure :
Validation et signature du responsable EDB		Validation et signature de l'AMO	
Indicateur déclenché :			
Origine :			
Observations : facteurs d'influence :			
Courantologie :			
Météorologie :			
Résultats d'analyse :		Résultats contre analyse :	
Date:		Date:	
Décisions prises et actions engagées :			
Évaluation des résultats :			
Lien vers document concernant la gestion de crise (analyse, recherches...)			