

150 ANS D'HISTOIRE COMMUNE SUR LA TERRE ET SOUS LA MER

Synthèse du projet Marsbiocity 2015-2018



BLANDINE
ILLUSTRATIONS

BEEST : Une recherche pionnière

« La biodiversité face à l'histoire d'un territoire »

Table des matières

En préalable d'un postulat audacieux.....	6
Introduction.....	8
Environnement en souffrance.....	8
Elargir l'horizon.....	8
Une méthodologie partenariale de recherche.....	9
Les partenaires de BEEST.....	9
Evaluer les changements écologiques du milieu marin.....	9
Préciser l'état de l'occupation des sols et de la démographie.....	9
Cartographier les pressions.....	9
Pourquoi ils y ont participé.....	10
Un recueil d'informations et d'indicateurs multi-sources.....	11
Définir un périmètre.....	11
Traiter et formater les informations pour leur exploitation.....	13
Focus.....	15
Recherches bibliographiques et coupures de presse.....	15
Les difficultés du projet.....	16
Deuxième partie : Un territoire scruté au prisme de l'histoire.....	17
A terre : Une histoire illustrée par l'évolution continue de pressions de tous ordres.....	17
Une expansion démographique marquée par des à-coups.....	17
Des espaces naturels dévastés par des feux de forêts, mais de mieux en mieux protégés.....	24
Une protection environnementale sans cesse accrue.....	26
Une aventure industrielle florissante puis déclinante.....	28
Un tourisme et des activités balnéaires tardifs mais attractifs.....	32
Un littoral de plus en plus aménagé et fréquenté.....	34
Une consommation des ménages en pleine transformation.....	36
Un assainissement confronté à des flux mieux maîtrisés mais plus complexes.....	47
Pêche, nautisme : la mer comme puits sans fond.....	56
En mer : un écosystème marin en mutation profonde.....	58

Les mammifères marins : un patrimoine menacé.....	61
Les récifs d'hermelles ou Sabellaria : un appât de pêche épuisé.....	63
Les oursins : des stocks en raréfaction.....	65
Les posidonies, un révélateur de l'état du milieu.....	66
Les Cystoseires : vulnérables et sans protection.....	71
L'évolution de l'ichtyofaune de la baie.....	73
Poissons, mollusques et crustacés : une faune en recomposition.....	76
De la terre à la mer : un changement climatique à l'œuvre.....	82
Les points les plus novateurs ou surprenants.....	84
Troisième partie : Des outils pour la connaissance et l'action.....	85
Une base de données spatio-temporelles unique à double lecture.....	86
Une contextualisation au service de la décision publique.....	88
Cibler les changements de trajectoires.....	88
Objectiver le poids des pressions.....	89
Des solutions de renforcement de la biodiversité marine.....	94
Des ateliers grandeur nature pour une écologie restaurée.....	94
Re-cyst pour redynamiser la biodiversité.....	94
Bionurse ouvre des nurseries dans le port.....	96
Récifs artificiels : 10 ans de recul et un impact avéré à Marseille.....	98
Réserves marines : un outil de préservation et de valorisations multiples.....	98
Un gain à mesurer dans la durée.....	99
Poursuivre le chemin.....	101
Et si BEEST devait connaître un prolongement.....	102
Crédits et remerciements.....	104

Table des illustrations

FIGURE 1 : CARTE DES SECTEURS DE L'ETUDE BEEST	11
FIGURE 2 : DONNEES DISPONIBLES - TERRE	14
FIGURE 3 : EVOLUTION DE LA POPULATION COMMUNALE - TERRITOIRE BEEST	17
FIGURE 4 : EVOLUTION DE L'ESPERANCE DE VIE EN FRANCE.....	18
FIGURE 5 : CARTE DES SURFACES ARTIFICIALISEES DE MARSEILLE.....	20
FIGURE 6 : PROMENADE GEORGES POMPIDOU, HIER ET AUJOURD'HUI	20
FIGURE 7 : CARTES ZONES AGRICOLES -1935-1970-2012	21
FIGURE 8 : EVOLUTION DES SAU (SURFACES AGRICOLES UTILES) ET DES CHEPTELS	22
FIGURE 9 : EVOLUTIONS DES VIGNES ET DES VERGERS	23
FIGURE 10 : CARTE DES SURFACES INCENDIEES.....	24
FIGURE 11 : SURFACES BRULEES DE 1960 A 2015	25
FIGURE 12 : CARTES DES SURFACES BENEFICIANT D'UNE PROTECTION	26
FIGURE 13 : SURFACES SOUMISES A PROTECTION(S) ENVIRONNEMENTALE(S).....	27
FIGURE 14 : EVOLUTION DES SITES D'INDUSTRIES MANUFACTURIERES DANS LE PERIMETRE DE BEEST	29
FIGURE 15 : EVOLUTION DES INDUSTRIES DE PLOMB, SOUFRE ET SOUDE.....	30
FIGURE 16 : SITES RECENSES DANS BASIAS - EXTRAIT CHRONOBEEST	31
FIGURE 17 : EVOLUTION DES ETABLISSEMENTS HOTELIERS.....	33
FIGURE 18 : EVOLUTION DES SURFACES CUMULEES GAGNEES SUR LA MER DES PORTS ET DES PLAGES	34
FIGURE 19 : ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES DES COURBES DE L'EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN E.COLI SUR LES PLAGES DE MARSEILLE	35
FIGURE 20 : CARTE DE LA QUALITE DES EAUX DE BAINADE SUR CHAQUE PLAGE – INDICE EN E.COLI INTEGRE SUR 18 ANS	35
FIGURE 21 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE DIFFERENTS PRODUITS COURANTS.....	37
FIGURE 22 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION D'EAU EN FRANCE.....	38
FIGURE 23 : EVOLUTION DE L'EQUIPEMENT EN WC ET SALLE DE BAINS	39
FIGURE 24 : EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE CERTAINS MEDICAMENTS	40
FIGURE 25 : UTILISATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES EN FRANCE	41
FIGURE 26 : PRODUCTION DE PLASTIQUE DANS LE MONDE	42
FIGURE 27 : EVACUATION DES DECHETS DANS LE GRAND EMISSAIRE - 1947	43
FIGURE 28 : QUANTITE DE DECHETS RECUPERES PAR DEGRILLAGE DANS L'HUVEAUNE ET LES AYGALES	43
FIGURE 29 : DECHETS RECUPERES EN RIVIERE – AOUT 2017	44
FIGURE 30 : CLASSIFICATION PAR SERAMM DES DECHETS DE RIVIERES RECUPERES SUR DIFFERENTS DEGRILLEURS....	44
FIGURE 31 : CARTE DES COTONS-TIGES RAMASSEES SUR LES PLAGES	45
FIGURE 32 : LOGIGRAMME DE CHEMINEMENT DE DEVENIR DES COTONS-TIGES.....	46
FIGURE 33 : CHRONOLOGIE DES PRINCIPALES ETAPES D'AMENAGEMENT DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT DE MARSEILLE ET DE SON BASSIN VERSANT	48
FIGURE 34 : FRISE CHRONOLOGIQUE - EXTRAIT CHRONOBEEST	48
FIGURE 35 : CARTE DE L'EVOLUTION DES RESEAUX DE L'AGGLOMERATION DE MARSEILLE	49
FIGURE 36 : LOGIGRAMME DE RECONSTITUTION DES FLUX D'EAU SUR LE TERRITOIRE	50
FIGURE 37 : CARTE DES PENTES DU TERRITOIRE DE BEEST.....	51
FIGURE 38 : VOLUME D'EAUX REJETEES PAR SECTEURS	52
FIGURE 39 : VOLUMES REJETES PAR TYPE D'EAUX	53
FIGURE 40 : EVOLUTION DES FLUX DE CONTAMINANTS REJETES DANS LE MILIEU MARIN DE L'ENSEMBLE DU TERRITOIRE	54

FIGURE 41 : EVOLUTION DES FLUX REJETES A CORTIOU	55
FIGURE 42 : EVOLUTION DE L'IMMATRICULATION DES NAVIRES	56
FIGURE 43 : EVOLUTION DU NOMBRE DE VENDEURS D'HAMEÇON	57
FIGURE 44 : FRISES CHRONOLOGIQUES MARINES.....	59
FIGURE 45 : DISPONIBILITES DES DONNEES MARINES.....	60
FIGURE 46 : GRAVURE DE LA CHASSE AUX MARSOUINS	61
FIGURE 47 : PECHE D'UN MARSOUIN - LE PETIT PROVENÇAL - 23 JUILLET 1894	61
FIGURE 48 : LA PECHE A LA DYNAMITE - LE PETIT PROVENÇAL -17 JANVIER 1922	62
FIGURE 49 : EVOLUTION DES SABELLARIAS.....	64
FIGURE 50 : EVOLUTION DES OURSINS.....	65
FIGURE 51 : PHOTO - HERBIER DE POSIDONIES	66
FIGURE 52 : CARTES ANCIENNES DES HERBIERS EN FACE DU PRADO.....	67
FIGURE 53 : CARTE DES HERBIERS DE POSIDONIES (EXTRAIT DE CHRONOBEEST)	68
FIGURE 54 : EVOLUTION DE LA SURFACE DES HERBIERS DU PRADO	68
FIGURE 55 : EVOLUTION DES ECALLES (NB D'ECAILLE/AN) DES RHYZOMES DE POSIDONIES - SECTEUR BEEST.....	69
FIGURE 56 : EVOLUTION DE L'ECART A LA MOYENNE DE LA DENSITE DES HERBIERS DE POSIDONIES	70
FIGURE 58 : EVOLUTION DU LINEAIRE DE CYSTOSEIRA AMENTACEA.....	72
FIGURE 59 : FRISE CHRONOLOGIQUE PECHE ET POISSONS.....	74
FIGURE 60 : POIDS EN KG DU THON ROUGE, DES CONCOURS DE PECHEES, RELATEES DANS LA PRESSE LOCALE.....	75
FIGURE 61 : EVOLUTION DES MEROUS DANS LA RESERVE DE LA COURONNE	75
FIGURE 62 : EVOLUTION DE LA STRUCTURE TROPHIQUE PISCICOLE PC ET CB.....	77
FIGURE 63 : BIOMASSE ET ABONDANCE PC ET CB	78
FIGURE 64 : BIOMASSE HORS ET DANS RESERVE - COURONNE ET CARRY	79
FIGURE 65 : EVOLUTION DES BIOMASSES - COURONNE.....	80
FIGURE 66 : EVOLUTION DES RICHESSES SPECIFIQUES	81
FIGURE 67 : EVOLUTION DES TEMPERATURES ET DE LA HAUTEUR DE LA MER	82
FIGURE 68 : EVOLUTION DES TEMPERATURES DES EAUX USEES	83
FIGURE 69 : EXTRAIT DE LA BASE DE DONNEES BEEST SOUS FORME DE CARTE ADM	86
FIGURE 70 : EXEMPLE DE VISUEL CHRONOBEEST.....	87
FIGURE 71 : EXEMPLE DE CHANGEMENT DE TRAJECTOIRE	88
FIGURE 72 : EXEMPLE DE GRILLE DE COTATION.....	90
FIGURE 73 : EXEMPLE DE RESULTATS : CYSTOSEIRES 1900.....	91
FIGURE 74 : EXEMPLE DE RESULTATS : CYSTOSEIRES 2000.....	92
FIGURE 75 : EXEMPLE DE RESULTATS : POSIDONIES 1970.....	93
FIGURE 76 : BOUQUET DE CYSTOSEIRES	95
FIGURE 77 : DISPOSITIF CALCAMFISH ENTRE LES HABITATS REFISH	96
FIGURE 78 : HABITATS REFISH AU PORT DE LA POINTE ROUGE	97
FIGURE 79 : EFFETS RESERVES MARINES : FACTEUR D'AUGMENTATION DE LA BIOMASSE PISCICOLE	100
FIGURE 80 : PRODUCTION DE BIOMASSE PROJET BIONURSE ET RECYST.....	100

En préalable d'un postulat audacieux...

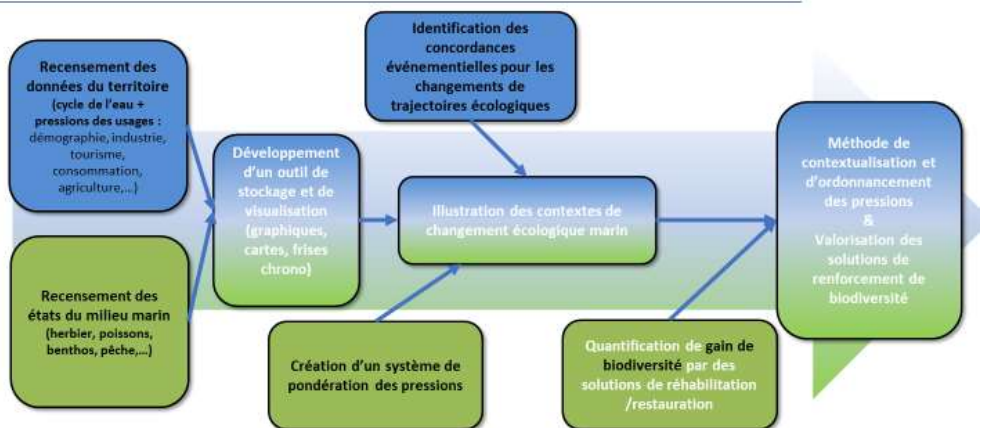
Comment les activités humaines ont influé depuis 150 ans sur la qualité du milieu marin et l'environnement du littoral marseillais ?

Poser cette question, tenter d'y répondre constitue un immense défi. C'est pourtant le postulat ambitieux sur lequel a débuté le projet BEEST. Mais comment l'aborder tant la tâche ouvre de pistes à prospecter, de points d'accroche potentiels ? Contrairement à n'importe quelle étude scientifique qui repose sur l'émergence d'une hypothèse autour de laquelle vont s'organiser toutes les recherches qui permettront de la vérifier, de l'amender ou de la rejeter, BEEST a débuté sur une idée (et non une hypothèse) : collecter tout ce qu'il est possible de rassembler comme documents, informations et données et regarder ensuite comment l'ensemble peut s'organiser, se contextualiser. Il n'était ainsi pas question, aux yeux de ses initiateurs et auteurs, de partir du principe que les activités humaines avaient eu, forcément, inévitablement, un impact sur le littoral et le milieu marin, et donc de s'employer avec acharnement à le démontrer. Il leur fallait adopter un regard aussi neutre que possible, s'extraire aussi peut-être de leurs habitudes...

L'exercice était délicat : avant de s'y atteler, chacun pressent déjà les frustrations à venir sur l'absence d'éléments relatifs aux périodes les plus anciennes, sur les sources mal identifiées, sur les périmètres d'observation spatiale ou temporelle qui diffèrent, sur la partialité éventuelle de certaines publications... Chacun se doute des imperfections qui pourraient altérer les conclusions. D'autant plus que le temps à y consacrer, les budgets affectés, les disponibilités et obligations des uns et des autres ajoutent encore des contraintes à l'accomplissement de la mission.

Malgré tous ces préalables, le projet BEEST s'est concrétisé en réussissant à se tenir entre les balises de cette vision initiale et en suivant une méthodologie de progression résumée par le schéma ci-dessous.

Illustration des différentes phases du projet BEEST



Cet ouvrage devait à l'origine raconter BEEST en une cinquantaine de pages. Il en compte plus de 100. C'est dire combien il a été difficile de choisir les axes à privilégier tant la matière s'est avérée considérable.

Au final, il se veut le reflet aussi objectif et honnête que possible de l'ensemble du travail réalisé. Sa forme inédite pourra dérouter : les pages qui suivent ne correspondent ni à une publication scientifique avec tout ce qu'elle comporte d'exigences et de mentions rigoureuses, ni à une brochure de vulgarisation destiné au lectorat le plus large où l'on peut s'autoriser quelques simplifications rapides. Mais c'est une volonté assumée. Ce document cible prioritairement des acteurs publics, parapublics, privés, politiques, associatifs, des citoyens aussi, sensibilisés aux problématiques environnementales, économiques, sociales d'un territoire qui, par son histoire et son évolution, a tant à révéler et à nous apprendre. Marseille est la plus vieille ville de France... et riche de leçons à tirer de ses transformations sur terre et sur mer. Ce livret s'efforce, à travers BEEST, de les éclairer.

Comme un socle à d'autres étapes...

Introduction

Pendant des siècles et jusqu'à la seconde partie du 20^{ème} siècle, personne ne s'est réellement demandé si la Méditerranée pouvait indéfiniment tout absorber et digérer. La préoccupation environnementale était quasi-inexistante, la biodiversité une notion inconnue, et si Marseille s'est préoccupée au 19^{ème} siècle de se doter d'un réseau d'assainissement, c'est plus pour enrayer la succession d'épidémies de choléra et de peste dans la ville que pour protéger la mer. D'ailleurs, le projet a été conçu pour que le grand émissaire se jette dans la calanque de Cortiou, sans que la perspective n'inquiète trop : au début des années 1890, dans le rapport de la commission d'enquête appelée à se prononcer sur l'utilité publique du projet, le rapporteur Lombard justifie le choix d'amener le "tout à l'égout" jusque dans le massif de Marseilleveyre, pour évacuer les eaux résiduelles des habitations et des usines. A ses yeux, le site était "le seul point du littoral où elles ne puissent devenir une cause de danger ou de gêne". "La calanque, dit-il, est entourée de rochers à pic, elle n'est d'aucune utilité et ne le sera vraisemblablement jamais. Il existe là de grands fonds sillonnés par un courant rapide, marchant presque toujours de l'Est à l'Ouest et se dirigeant au Sud de Planier. On comprend dès lors que les eaux sales et contenant des matières en suspension doivent être rejetées au large, sans crainte de les voir revenir dans la rade. C'est là l'avantage capital du projet".

Environnement en souffrance

Après-guerre, la construction du 2^{ème} émissaire avec réseau séparatif en 1978 a pour vocation de protéger les plages en vue d'éventuels développements touristiques sur le parc balnéaire. A partir des années 60 (J.M Peres, J.Picard) et surtout des années 70-80, sous l'impulsion de quelques scientifiques (les biologistes Alain Bombard ou Nardo Vicente) mais pas seulement (l'entrepreneur Paul Ricard, par exemple), la prise de conscience environnementale gagne certains milieux, à défaut de la population. Les pollutions et trainées brunâtres qui brouillent les eaux des calanques et du pourtour des îles, la fragilisation apparente des herbiers de posidonies dans les fonds, conduisent Marseille à s'équiper d'une station d'épuration en 1987. Les scientifiques notent une amélioration de la situation. Néanmoins, au début des années 90, malgré les pressions de l'Etat et de l'Europe, la mairie tente de s'opposer à l'intégration de modes de traitement biologique. Le directeur des services industriels, Jean-Charles Lardic, lâche dans une interview au quotidien "Le Méridional" le 27 juin 1992 : *"Nous voulons montrer, étude à l'appui, que le milieu marin, à la sortie de l'émissaire de Cortiou, peut très bien se charger d'auto-épurer la pollution organique. Une station biologique à Marseille serait un luxe inutile, un gaspillage. Nous avons d'autres chats à fouetter"*. En octobre 1993, le maire pointe à son tour, dans le même journal, *"une erreur d'appréciation technocratique de la part de gens qui n'ont peut-être jamais vu la Méditerranée et qui ne connaissent rien au problème. Ce qu'ils demandent ne sera pas fait et ne pourra être fait, à Marseille comme ailleurs, car leurs solutions techniques ne sont pas bonnes"*. La ville finira par se plier à l'obligation réglementaire pour aboutir à l'agrandissement du complexe Géolide en 2007.

Elargir l'horizon

La montée continue des exigences environnementales, tant dans les institutions que dans la population, va conduire les collectivités à porter de plus en plus d'attention à la qualité du littoral et du milieu marin, à le surveiller et à chercher les moyens de le « réparer » des atteintes subies les siècles passés. Le phénomène n'impacte pas seulement Marseille : on trouve la même problématique sur l'étang de Berre qui combine plusieurs usages (pêche, plaisance, industrie, plages...) ou à Cassis avec les rejets de 1966 à fin 2016 des boues rouges d'Alteo (ex-Péchiney). Attribuer tous les problèmes de pollutions des eaux ou de dégradation de la biodiversité aux activités industrielles, aux insuffisances des systèmes d'assainissement ou à l'explosion du tourisme balnéaire paraît néanmoins un peu réducteur. Dans le cadre de sa délégation de service public, la Métropole Aix-Marseille-Provence a donc missionné Seramm du groupe Suez sur un programme de recherche consistant à développer une méthode pour évaluer, dans une optique plus objective, les multiples pressions subies par le littoral marseillais depuis 150 ans. Ce projet mené sur trois ans, baptisé BEEST¹, a mis en évidence, grâce à la collaboration avec divers organismes de recherche, qu'en matière de contextualisation des évolutions du littoral, les explications peuvent apparaître plus complexes que les polémiques partisans qui pointent telle ou telle cause de dégradation de l'état du milieu marin en abordant souvent la situation par un seul prisme.

¹ Biomass Equivalency Ecosystem Service Transfer

Première partie :

Une méthodologie partenariale de recherche

Les partenaires de BEEST

Une étude de l'ampleur de BEEST implique la combinaison de compétences et d'expertises très diverses qu'une seule structure ne peut cumuler. Le travail a donc réuni trois partenaires principaux, chacun avec une mission bien définie.

Évaluer les changements écologiques du milieu marin

L'Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO), constitué en 2012, est une unité mixte de recherche du CNRS, de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), d'Aix-Marseille Université et de l'Université de Toulon-Var. Rassemblant plus de 200 chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens et doctorants sur cinq sites, doté d'instruments de haute technologie (radars, drones sous-marins, analyse d'images satellite, bouées...), il s'emploie à analyser et comprendre les phénomènes de circulation océanique et atmosphérique, les écosystèmes marins, la biodiversité, la pollution des océans ou les fonctionnements biologiques en environnements extrêmes. Les équipes impliquées dans BEEST ont tenté d'évaluer les transformations de l'état écologique du milieu marin sur tous les compartiments biologiques.

Préciser l'état de l'occupation des sols et de la démographie

L'Unité mixte de recherche (UMR 7300) Espace, née en 1997, associe le CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) et des laboratoires de trois universités, Aix-Marseille, Avignon/Pays de Vaucluse et Nice-Sophia Antipolis. Ses programmes de recherche se concentrent sur l'analyse spatiale par le biais de méthodes mathématiques et statistiques. Ils traitent d'une part, des systèmes territoriaux (ville, mobilités, réseaux, littoral, population, santé...), d'autre part, d'environnement (risques, eau, climat, paysage) et des problématiques qu'ils soulèvent et engendrent. Espace compte près d'une centaine d'enseignants-chercheurs, chercheurs CNRS, ingénieurs, techniciens, doctorants, professeurs, directeurs de recherche... Au sein de BEEST, son rôle était d'établir l'évolution de l'occupation du sol, de la démographie et des usages de l'agglomération marseillaise.

Cartographier les pressions

Le LyRE, implanté à Bordeaux, est le centre de R&D du groupe Suez Eau France. Il a pour objectif d'innover dans la gestion quantitative et qualitative de l'eau pour limiter l'impact des métropoles et agglomérations sur leur environnement. Ce laboratoire pluridisciplinaire d'une trentaine de chercheurs et ingénieurs porte ou participe à 28 projets de recherche et collabore avec des universités, des entreprises, des institutions publiques et privées. Il s'articule autour de quatre pôles : réseau, environnement, acteurs et usagers, Data. Sur BEEST, il a coopéré étroitement avec le SERAMM (Service d'Assainissement de Marseille Métropole) à Marseille, filiale de Suez, qui gère et exploite, pour le compte d'Aix-Marseille-Provence Métropole, en délégation de service public, les infrastructures d'assainissement des eaux usées et pluviales sur un territoire de 15 000 hectares comprenant également plusieurs communes du bassin versant de Marseille. Ses 430 collaborateurs interviennent au service de plus d'un million d'habitants.

Ensemble, les deux entités se sont attelées à développer la méthode et à reconstituer dans le temps l'évolution de l'ensemble des flux d'eaux vers la mer en fonction de l'évolution du territoire, de ses habitants et de ses activités ainsi que la qualité de l'eau de ces flux.

Pourquoi ils y ont participé...

Samuel Robert (Espace)

« Chercheur au CNRS, je dirige l'Observatoire Hommes-Milieux (OHM) « Littoral méditerranéen » qui s'intéresse à quatre sites côtiers en Méditerranée dont le littoral marseillais. Cet observatoire repose sur le principe que **la recherche scientifique dans le champ de l'environnement ne peut pas se mener de manière cloisonnée, déconnectée du reste de la société et doit être en prise avec les problématiques locales.** Répondre à la question posée par BEEST me paraissait donc cohérent avec les missions de l'OHM et en phase avec l'objectif du CNRS. Il fallait mettre au carré toute la connaissance de l'environnement récent de Marseille, l'appréhender avec des éléments d'histoire, organiser des données que nous détenions mais qui n'étaient pas mises en forme, en développer d'autres... **Il y avait convergence d'intérêts entre les partenaires. Avoir conçu un tel projet sur tout un bassin versant est nouveau** ».

Thierry Ohayon (SERAMM)

« Nous voulions expliquer que **les missions traditionnelles de Seramm, son travail, consistent à préserver le littoral.** La collectivité a accepté notre proposition et admis que le délégataire avait vocation à mener cette démarche. **Il n'y a pas eu auparavant de projet avec une telle volonté d'expliquer les choses en mêlant des milieux et des experts très différents** par leurs spécialités, leurs méthodes de travail, leurs spécialités... C'était novateur d'avoir l'ambition d'ouvrir à ce point les horizons ».

Sandrine Ruitton (MIO)

« L'intérêt était d'effectuer **un bilan des connaissances sur la zone marseillaise qui n'avait jamais été réalisé à une échelle spatiale et temporelle aussi large** et de travailler avec d'autres disciplines dans les sciences humaines et sociales pour disposer d'une vision plus globale que dans nos travaux habituels. De plus, **je trouvais intéressant qu'un prestataire privé s'intéresse à ces questions** et contribue à la connaissance ».

Thierry Polard (LYRE)

« Ecologue de formation et travaillant aujourd'hui pour le gestionnaire de l'assainissement, il m'a paru évidemment intéressant de **contribuer à faire le lien entre l'évolution des eaux urbaines et l'état écologique du littoral. La méthodologie n'existait pas et il a fallu la créer** : ce challenge scientifique était également stimulant, même (ou surtout) en ayant conscience des limites inévitables du travail ».

Philippe Eloy (Métropole AMP)

« On s'attend à ne voir qu'une activité assainissement dans une Délégation de service public... Mais **c'est dans l'air du temps d'aller au-delà avec des mesures de compensation à l'impact que l'assainissement produit sur les milieux naturels malgré les efforts de collecte, de traitement et de surveillance...**

Il y a toujours des pressions sur le milieu. La compensation est un prolongement pour tenter de contribuer à la préservation de la biodiversité. BEEST envoie un signal intéressant, certes plus novateur que scientifique, parce qu'il ouvre la voie à une manière d'aborder le problème différemment. **On ne fonctionne pas en silos, mais de manière transversale** ».

Un recueil d'informations et d'indicateurs multi-sources

Les interventions du groupement constitué pour BEEST ont permis de bâtir et d'agrémenter des bases de données exploitables pour évaluer aussi finement que possible et dans la limite des informations accessibles et disponibles Les pressions et impacts de l'action de l'homme sur la biodiversité du littoral métropolitain marseillais. Les partenaires ont œuvré à s'approcher de l'exhaustivité dans la collecte de leurs éléments afin de produire une étude crédible, fondée sur des paramètres objectifs et cohérents.

Pour mieux cibler leur quête de documents, délimiter les angles de recherche s'imposait, sans en privilégier un plus que l'autre, tant sur le périmètre strictement terrestre que sur le littoral, de la côte au large.

Collecter les données

Définir un périmètre

Le territoire couvert par l'étude BEEST s'étend sur 80 000 hectares, répartis en trois secteurs (figure ci-dessous), couvrant les principaux bassins versants :

- Secteur Nord : La totalité de la Côte Bleue à partir du Cap Couronne et le nord de Marseille, depuis le quartier des Aygaldes où s'écoule le ruisseau jusqu'au Vieux-Port.
- Secteur Sud : Le sud et l'est de Marseille, les bassins versant de l'Huveaune et du Jarret
- Secteur Calanques : Les calanques et espaces naturels du sud de Marseille à Cassis

L'ensemble recouvre 36 communes des Bouches-du-Rhône, principalement, et du Var (6 communes).

L'aire maritime prospectée est celle de la baie de Marseille, en proche côtier, de Carro à Cassis.



Figure 1 : Carte des secteurs de l'étude Beest

Décider d'un espace-temps

Pour comprendre comment les divers usages de l'espace par l'homme ont pu peser sur l'état du milieu marin, il fallait une période suffisamment longue. Les partenaires de BEEST se sont accordés sur une durée de plus de 150 ans, à savoir de 1850 à nos jours, au cours de laquelle l'urbanisation a progressé de manière galopante, les réseaux d'eau et d'assainissement se sont structurés, l'industrie a dynamisé l'essor de la vie économique et Marseille s'est imposée comme un pivot du commerce maritime en Méditerranée, en entamant vers le nord l'expansion de son port de commerce au-delà du seul Vieux-Port.

Le 20^{ème} siècle a conforté ces évolutions tout en se caractérisant par une accumulation d'événements (guerres, décolonisation, crises économiques...) qui ont contribué à l'accroissement des pressions sur l'environnement dans un temps où sa protection n'était qu'une préoccupation très marginale, voire inexistante.

Inventorier les axes de recherche sur le continent

BEEST a pris pour fondement à ses recherches que tout ce qui change dans l'espace terrestre peut potentiellement entraîner des conséquences pour le milieu marin. L'étude a recensé trois types de modifications :

- Le milieu physique et son peuplement : occupation et artificialisation des sols, géologie, relief, démographie...
- Les activités humaines : industrie, transports, tourisme, logement, agriculture, pêche, plaisance, modifications de la consommation des produits alimentaires et domestiques...
- La législation et la réglementation : plans d'urbanisme, aires marines protégées, quotas de pêche, mesures de prévention et de préservation, restrictions, interdictions...

Recenser et reconstituer les vecteurs de rejets directs dans le milieu marin

Parallèlement à celles liées aux différents usages du territoire, BEEST a intégré les pressions relevant de la circulation des eaux de la terre vers la mer. D'abord, ruisseaux et cours d'eau qui parsèment et irriguent l'aire métropolitaine. Ensuite, les eaux de ruissellement, canalisées ou pas par les réseaux pluviaux. Enfin, les eaux usées, issues de la consommation des ménages, et transitant par le système d'assainissement. Jusqu'en 1987 et la réalisation de la station d'épuration, le déversement s'opérait dans la mer par l'émissaire de Cortiou, sans traitement préalable. Nombre d'industries s'étant par ailleurs historiquement positionnées à proximité de cours d'eau, les rejets industriels, longtemps sauvages et non contrôlés, ont été également recensés. La recherche a consisté ensuite à quantifier et à qualifier autant que possible les volumes et leurs exutoires naturels ou aménagés.

Compiler les évolutions subies par la faune et la flore marines

Le monde marin constitue un réservoir de biodiversité dont la richesse et la pérennité restent très sensibles aux différents aménagements urbains et côtiers (plages, ports, réseaux...), aux multiples usages sur et sous la surface de la mer (pêche, plaisance, aquaculture, tourisme balnéaire...), aux pollutions et contaminants ainsi qu'aux changements environnementaux et climatiques (réchauffement des températures, pluies acides, montée de la mer, espèces invasives...). Tous représentent à des degrés divers une fragilisation ou menace potentielle pour la flore (herbiers de posidonie, cystoseires...) ou la faune (poissons, crustacés, mollusques...).

Le projet BEEST s'est employé à évaluer les évolutions des différents compartiments marins, en particulier sur l'état des algues (herbier de posidonie, cystoseires...) à différentes périodes ainsi que sur les peuplements de poissons ou d'oursins par exemple. Il a retracé l'histoire des pratiques et usages de la pêche en prenant appui sur les recherches et publications scientifiques, la littérature grise tels que les documents d'instances publiques, commerciales, industrielles...

Traiter et formater les informations pour leur exploitation

Sélectionner les données à acquérir et leurs détenteurs

Malgré son vaste champ d'investigation, toutes les données disponibles ne sont pas pertinentes pour BEEST. Les partenaires de l'étude ont donc préalablement identifié celles leur paraissant les plus appropriées pour étayer le contenu de leur recherche, puis se sont rapprochés des structures susceptibles de les leur fournir : producteurs de données comme l'INSEE ou l'IGN, collectivités territoriales, laboratoires de recherche, services de l'Etat, Agence de l'Eau, agences régionales ou locales spécialisées telles que l'AGAM, agence d'urbanisme métropolitaine, ou le CRIGE-Paca, expert de l'information géographique...

Ces sources officielles ont été complétées par la collecte d'autres informations issues de travaux universitaires, de cartes et photographies d'origine publique ou privée, des archives municipales, d'articles de presse consacrés directement ou indirectement aux thématiques traitées et de témoignages d'acteurs ayant eu à constater ou affronter des problématiques en lien avec le projet, tels des pêcheurs.

Valider des moyens de mesure homogènes et cohérents

La collecte de données de sources hétérogènes ne permet pas toujours leur exploitation brute. Leur retraitement digitalisé et leur validation étaient indispensables pour les faire correspondre au double cadrage spatial et temporel de l'étude BEEST. De nouvelles cartes ont été créées de toutes pièces, des évolutions historiques reconstituées et numérisées sous formes graphiques, des événements organisés sous forme de frises. Les valeurs retenues ont été homogénéisées sous forme d'indicateurs « métriques » analysables et comparables pour faciliter la mise en concordance des divers degrés de pressions et conséquences sur l'état du milieu. L'ensemble a été intégré dans une base de données numériques et couplé aux systèmes d'information géographique existants.

Contextualiser actions et transformations

Les acteurs de l'étude ont réussi à réunir plus de 270 paramètres dans une application unique et inédite, ChronoBEEST. Cette application doit permettre de visualiser et de noter des concordances événementielles qui ont marqué les évolutions du territoire terrestre ou marin, notamment lors de changements de trajectoires écologiques enregistrées dans le milieu marin. BEEST n'a pas pour ambition d'interpréter et commenter mais bien de mettre en lumière les résultats et constats engrangés afin d'aider à la compréhension des interactions et apprécier à terme sans a priori, ni partialité les avantages, inconvénients et risques pour la biodiversité de choix d'aménagement ou de protection.

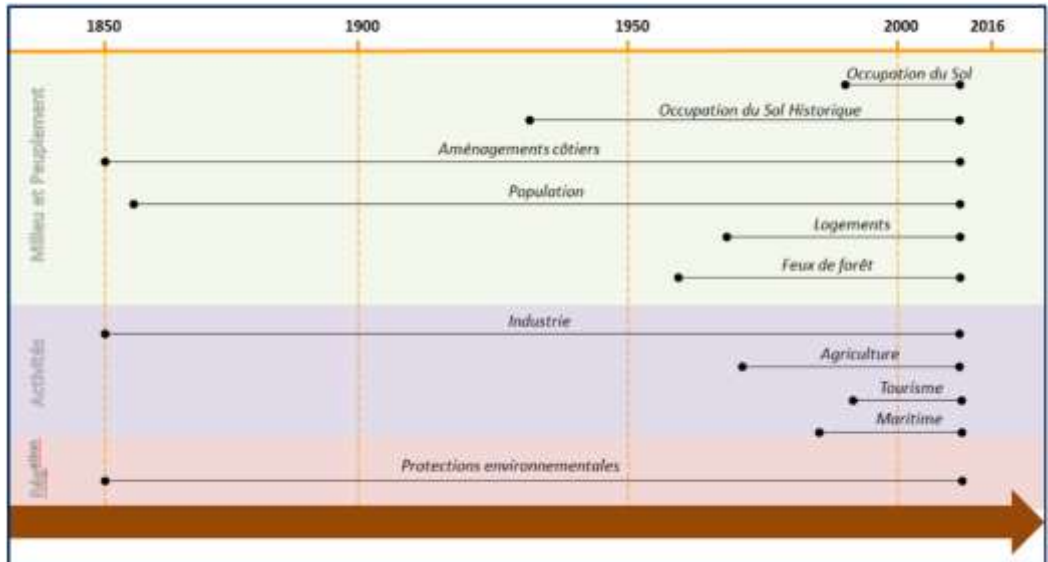


Figure 2 : Données disponibles - Terre

Sur les trois exemples détaillés ci-dessus à gauche (Milieu et peuplement, activités, réglementation), BEEST a établi un tableau synthétique relatif à la disponibilité de données dans le temps. Sur cette illustration, on constate, par exemple, que des données historiques existent pour les aménagements côtiers ou l'industrie dès 1850 alors qu'elles sont beaucoup plus récentes pour l'hébergement touristique ou la plaisance.

Focus

Recherches bibliographiques et coupures de presse

Pour compléter les données scientifiques disponibles, en particulier sur les périodes où elles manquent, une étude menée sur la presse locale recense une partie des articles relatifs aux espèces marines et à la pollution du littoral à Marseille depuis 1880. Intitulée « Pollution et biodiversité marseillaises, toute une histoire », cette recherche, débutée en septembre 2016, a été conduite par une Unité d'Enseignement Interdisciplinaire d'Aix-Marseille Université, rassemblant des étudiants de licence 1^{ère} année en Sciences de la Vie et de la Terre (SVT), sur le campus de Luminy.

Elle recouvrait quatre axes spécifiques :

- Présence et description d'espèces marines (poissons, méduses, crustacés...), tailles, masses, richesse...
- Données de pêche, évolution des pratiques artisanales, tonnages, unités de pêche...
- Pollution du littoral
- Représentation par la société

Ce travail pédagogique est inédit en Méditerranée. D'abord par la méthodologie bibliographique adoptée : toutes les informations collectées (archives municipales, bibliothèque Alcazar, musée d'Histoire de Marseille...) ont été intégrées, au travers de mots-clés, dans une banque de données,

afin d'évaluer l'intérêt accordé par les journalistes, et indirectement, à travers leur lectorat, par la société, à ces sujets.

Ensuite, par son côté interdisciplinaire puisqu'elle a associé des étudiants, des historiens et des océanographes.

L'inventaire opéré démontre que 48% des articles consultés concernaient la pêche, 23% la pollution, 13% la biodiversité. Les autres sujets portaient sur la science (6%), le commerce (3%), la protection (2%), le tourisme et la publicité (1% chacun), les 3% restants relevant de sujets très variés.

Il a contribué, par exemple, à renseigner l'évolution des pratiques de pêche à certaines périodes ainsi que les débats et réglementations qu'elles entraînaient (pêche à la dynamite, pêche au chlore...), la progression du tourisme balnéaire, certaines atteintes à la biodiversité qui seraient jugées intolérables de nos jours (massacre de marsouins), mais aussi les problèmes d'hygiène de la ville (salubrité, odeurs, maladies...).

La lecture de ces journaux, accessible à tous, est une véritable invitation à se replonger au siècle dernier et redécouvrir les préoccupations de l'époque, pas si éloignées des nôtres, mais avec un lyrisme et des détails souvent surprenants ou déroutants.

Les difficultés du projet...

Samuel Robert

« Au début, nous pensions remonter jusqu'à la fin de la colonisation, soit 1962. Mais **une observation sur 50 ans représentait une durée trop courte pour observer les effets de l'anthropisation sur l'environnement côtier et les peuplements de poissons.** Nous sommes donc remontés jusqu'au boom économique lié à l'empire colonial, lorsque l'activité commerciale a engendré les premiers aménagements de la Joliette. Cette date charnière faisait sens pour l'observation des pressions et des avancées sur le littoral et correspondait aussi à la mise en place du système d'évacuation des eaux usées. Evidemment, remonter aussi loin dans le temps a impliqué une difficulté d'accès à de l'information pertinente. **Une autre difficulté a été la question de l'homogénéité des données, voire leur existence même.** Nous avons pu créer et recomposer beaucoup d'informations à partir de sources plus ou moins directes pour coller à l'objectif. **Parfois, nous aurions voulu aller plus loin, mais nous ne pouvions pas.** Enfin, **il fallait s'accommoder de nos cultures scientifiques différentes.** Il y a eu parfois des divergences de vues, notamment sur le niveau d'interprétation à apporter pour raconter cette histoire environnementale ».

Thierry Ohayon

« Nous avons fourni les données issues de capteurs de supervision (eau, pluies) qui ont permis de nourrir le projet et les interprétations pour corrélérer les éléments. **Plus elles étaient récentes, plus c'était facile d'y accéder, mais la difficulté était de remonter dans le temps ».**

Sandrine Ruitton

« D'entrée, je savais qu'on n'aurait pas le même niveau d'information sur le niveau biologique. Mais ce genre de réponse est parfois difficile à accepter : si on ne l'a pas, on ne peut pas l'inventer ! Sur la nature des documents, **nous avions des données dispersées dans des documents scientifiques, mais surtout de la littérature grise qu'il fallait analyser, décortiquer, pour réussir à tirer quelque chose. Il fallait parfois éplucher une thèse de 300 pages pour n'en tirer que quelques lignes** et savoir comment les interpréter ensuite afin d'homogénéiser les informations. Par ailleurs, nous n'avons pas le même vocabulaire entre les différentes disciplines, il a fallu se caler à ce niveau ».

Thierry Polard

« **On cherchait à reconstituer des volumes avec des modèles séduisants sur le papier mais insatisfaisants au vu des données disponibles.** En croisant des indicateurs, des ratios, avec des multiplications et une approche plus rustique, nous pouvions obtenir des résultats plus en phase avec la réalité du travail, avec ce que nous appréhendions du fonctionnement et les hypothèses de départ mais aussi plus faciles à décrire.

Sur les 150 ans, nous avons pu intégrer les grandes mutations de l'assainissement et des eaux urbaines comme l'Huveaune ou le Jarret. **Il nous a fallu renoncer de fait à certains niveaux de détails.** Nous avons par exemple réfléchi sur les eaux urbaines au niveau mensuel, ce qui nous obligeait à faire l'impasse sur l'hétérogénéité des données de pluviométrie quotidienne. Mais c'était impossible de déployer l'étude à cette échelle si nous voulions une cohérence de données ».

Philippe Eloy

« BEEST a procédé au traitement et à la reconstitution de près de 300 paramètres. Si on n'est pas allé jusqu'à nourrir des algorithmes de traitement de données aptes à produire des diagnostics et des schémas d'action et d'intervention, l'histoire est désormais numérisée. En regardant plusieurs paramètres, **BEEST reconstitue des mises en concordance d'événements, pas des mises en corrélation. Il demeure compliqué de hiérarchiser les paramètres. Le calcul proposé pour estimer le poids de chacun vaut ce qui vaut** avec la grille de cotation des événements. On peut s'interroger sur l'intérêt de cette mise en concordance mais elle peut expliquer pas mal de choses ».

Deuxième partie :

Un territoire scruté au prisme de l'histoire

L'intégralité des travaux des partenaires de BEEST sur les 270 paramètres étudiés ne peut pas être restituée dans ce livret. La sélection suivante illustre plusieurs points marquants du projet sur l'état des évolutions inventoriées à terre, en mer et sur les réseaux d'écoulement des eaux usées et pluviales.

A terre : Une histoire illustrée par l'évolution continue de pressions de tous ordres

Une expansion démographique marquée par des à-coups

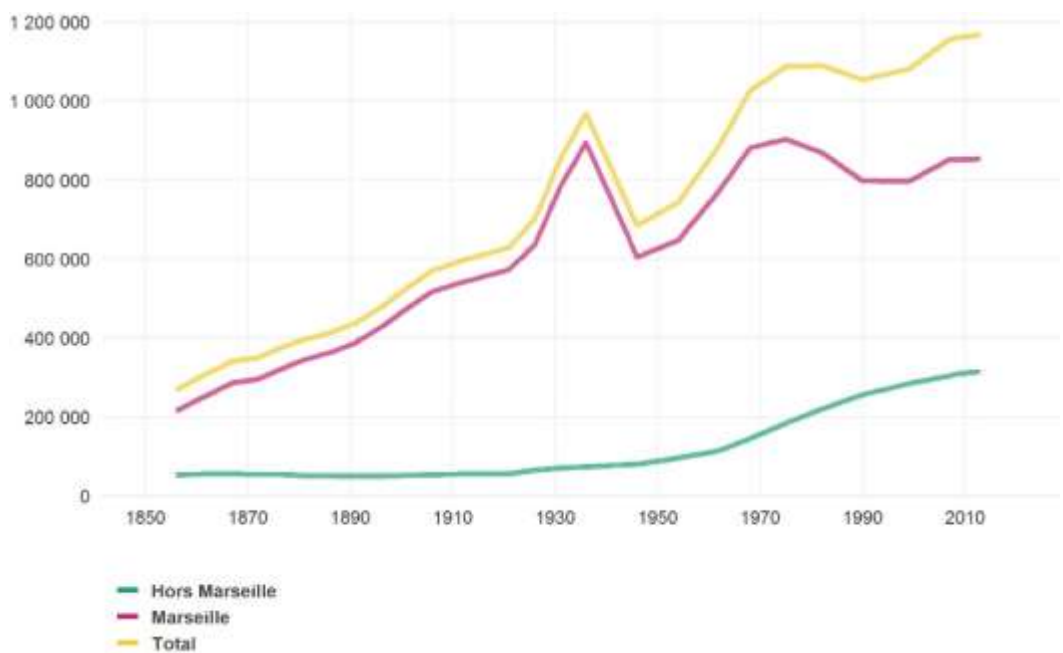


Figure 3 : Evolution de la population communale - territoire Beest

Selon les historiens, entre 1815 et 1870, la population de Marseille passe de 100 000 habitants à plus de 300 000 et représente à la fin de la période plus de la moitié de celle des Bouches-du-Rhône. Les habitants se concentrent principalement dans les quartiers les plus anciens, autour du centre-ville. L'hygiène se dégrade, les épidémies (variole, choléra) se multiplient, engendrant chaque fois des milliers de victimes. Une situation sanitaire que l'arrivée de l'eau au milieu du 19^{ème} siècle ne résoudra pas jusqu'à l'aménagement du système d'assainissement. Sous la vague des migrations, la population double entre 1870 et les années 20 pour dépasser les 652 000 habitants en 1926. Si les 10 000 morts comptabilisés durant la 1^{ère} guerre mondiale n'apparaissent pas sur la courbe en raison de la compensation assurée par l'immigration, la chute démographique est en revanche très visible après la 2^{ème} guerre mondiale, d'autant plus que la croissance s'était accélérée dans l'entre-deux-guerres. Cette forte hausse s'explique également par l'immigration italienne, espagnole, grecque, arménienne et l'arrivée massive de Corses.

Dans les années 50-70, la progression reprend, marquée, entre autres, par les effets de la décolonisation, jusqu'aux premières crises pétrolières et à l'exode de milliers de Marseillais dans les communes environnantes. Entre 1975 et 1990, la ville perd 100 000 habitants. Le nombre repart en légère hausse à compter des années 2000.

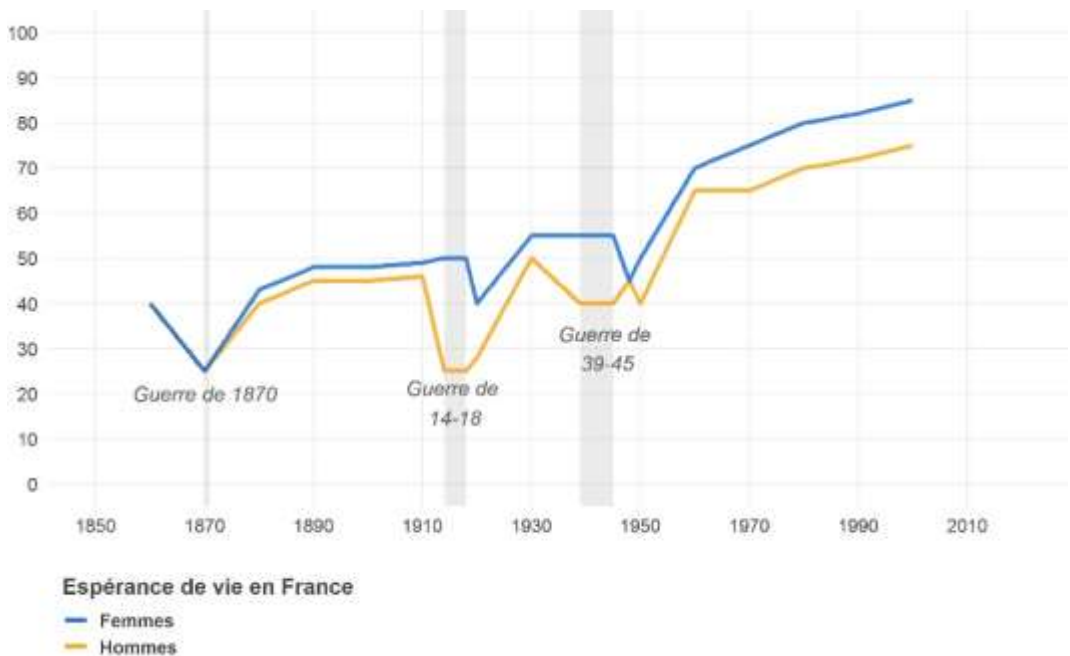


Figure 4 : Evolution de l'espérance de vie en France

BEEST a réuni des données non strictement locales qui s'appliquent également au territoire par défaut. L'amélioration des conditions d'hygiène, de santé et d'existence, les progrès de la science dans tous les domaines ont participé à l'allongement de l'espérance de vie à la naissance : entre le début du 20^{ème} siècle et aujourd'hui, elle a quasiment doublé ! Il y a 100 ans, elle atteignait à peine 50 ans. Un tel allongement n'est pas sans impact sur les modes de vie des individus et les évolutions des activités humaines et des territoires.

Une occupation et artificialisation croissantes des sols

Au milieu du 19^{ème} siècle, avec les débuts de la Révolution industrielle, puis à l'ouverture du canal de Suez en 1869, Marseille s'impose comme le port d'acheminement et d'expédition de marchandises entre Europe, Afrique, Asie et Amériques/Antilles. La ville entame une profonde transformation urbaine. Le chemin de fer arrive à la gare Saint-Charles en 1848, de nouveaux bassins portuaires sont aménagés à la Joliette à partir de 1853, la construction des Docks débute en 1858, la rue Impériale (aujourd'hui rue de la République) est percée entre 1862 et 1864 pour relier le Vieux-Port à la Joliette... Quelques quartiers se structurent et s'étoffent en voiries et habitations : Longchamp, National, cours Lieutaud, Chave, Baille, Vauban, et plus au sud, la Capelette, le Rouet, le Prado... De nombreux monuments publics et religieux émergent : Notre-Dame-de-la-Garde, Palais du Pharo, Cathédrale de la Major, Palais Longchamp, Palais de la Bourse, Préfecture, Palais de Justice, Eglise des Réformés... Cette expansion s'accompagne de la réalisation d'un réseau d'assainissement qui traverse la ville de part en part jusqu'à la calanque de Cortiou. Au début du 20^{ème} siècle, d'autres édifices s'élèvent : Pont transbordeur, Opéra municipal, escalier monumental de la gare Saint-Charles... Après la 2^{ème} guerre mondiale, l'habitat conquiert, de manière discontinue, de nouveaux territoires, le centre-ville restant le plus dense malgré la reconstruction des quartiers détruits par le conflit autour du Vieux-Port. La décolonisation accélère la construction de grands ensembles collectifs en périphérie, au sud et au nord, qui « absorbent » parfois les anciens 111 villages marseillais. Entre 1950 et 1974, 172 000 logements sont construits dont 50 000 HLM.

Les « 30 glorieuses » se caractérisent par l'aménagement d'infrastructures (autoroutes, Jarret, Corniche, Tunnel du Vieux-Port, métro...), de rues, avenues et parkings pour faciliter la circulation des voitures (50 000 en 1950, plus de 300 000 dans les années 80), de réseaux, d'équipements publics (hôpitaux, universités, plages, ports de plaisance...), de nouvelles zones urbaines et commerciales (Bonneveine, Merlan...) et de réhabilitations de quartiers (Centre Bourse, Belsunce/Porte d'Aix...).

La crise économique impacte durement la ville dans les années 70-80. Les voies du renouveau sont explorées à compter des années 90-2000 avec, pour projet le plus emblématique, l'opération d'intérêt national Euroméditerranée qui vise à renouer les liens entre ville et port en transformant l'espace urbain des quartiers Joliette, Arcenc, Saint-Charles, Belle de Mai et République.

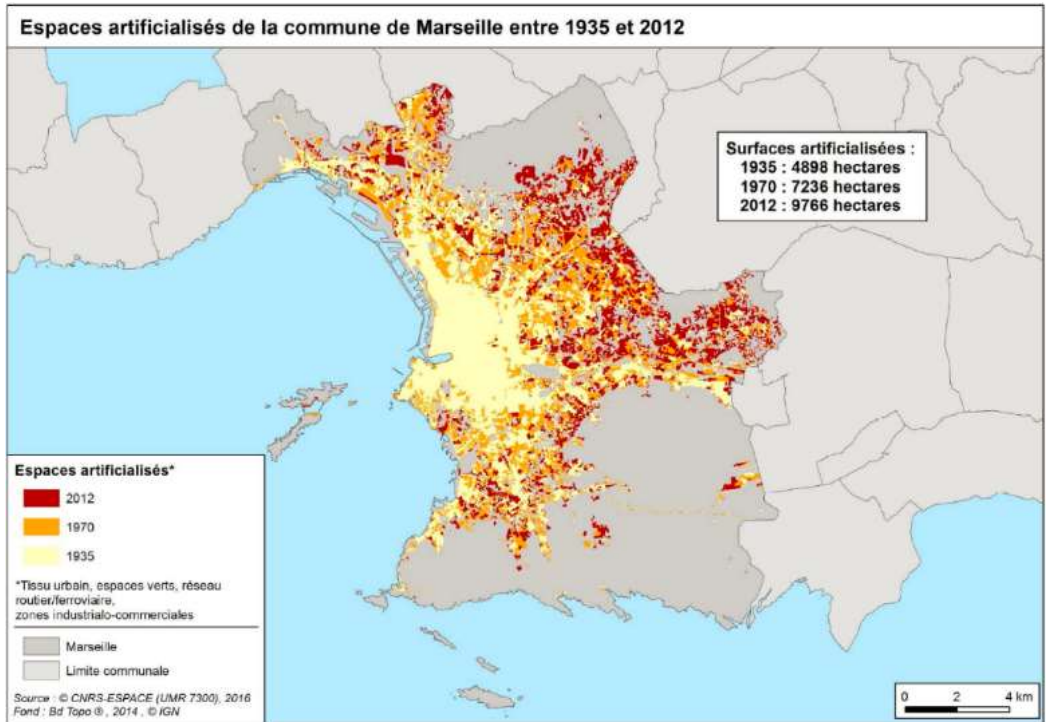


Figure 5 : Carte des surfaces artificialisées de Marseille



Figure 6 : Promenade Georges Pompidou, hier et aujourd'hui

Un recul ininterrompu des terres agricoles

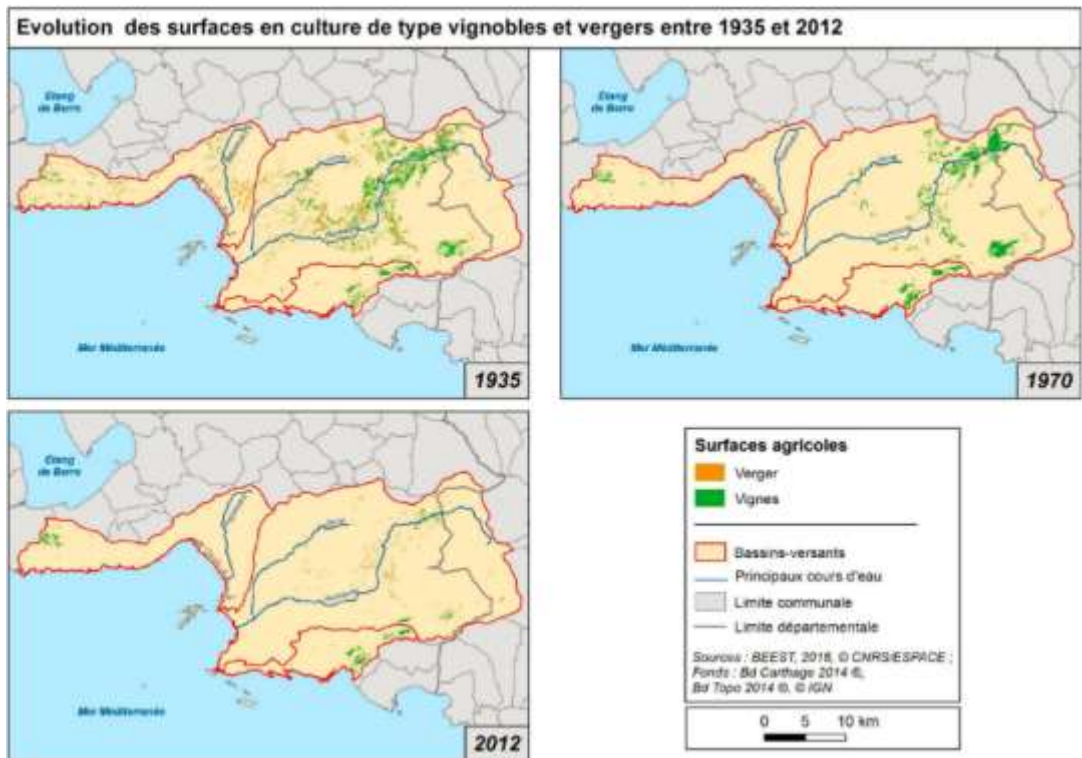


Figure 7 : Cartes zones agricoles -1935-1970-2012

Le recoupement de différentes données et notamment la numérisation des cartes de l'IGN de 1935 a permis de retracer l'évolution de l'imperméabilisation des surfaces à partir de l'artificialisation progressive du territoire.

Ce travail a aidé à établir un modèle d'écoulement des eaux pluviales et des rejets en mer nécessaire au calcul des différents flux hydriques et polluants. Deux types de zonage ont été définis pour l'étude : la tache urbaine (logements, industries, zones d'activités, infrastructures routières, ferroviaires...) et les espaces agricoles (vignobles, vergers...).

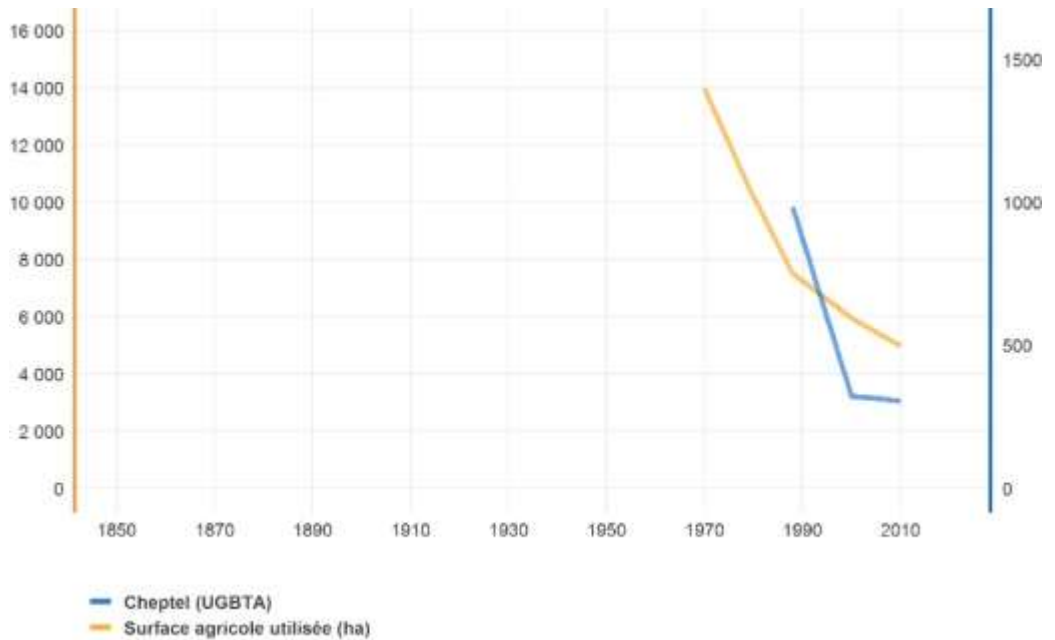


Figure 8 : Evolution des SAU (surfaces agricoles utiles) et des Cheptels

Selon la Cité de l'Agriculture de Marseille qui s'attache à promouvoir l'agriculture urbaine, la ville était autosuffisante dans les années 50. Sa production agricole, principalement de fruits et de légumes, permettait de nourrir sa population.

L'expansion démographique et urbaine s'est opérée au détriment des terres agricoles tant intra-muros qu'en périphérie, comme le montre cette courbe descendante combinant toutes les données des communes considérées.

Par comparaison, dans les Bouches-du-Rhône, si le nombre d'exploitations a chuté de 50% en 20 ans selon le recensement général agricole, la surface agricole cultivée (148 000 hectares, 4 900 exploitations) continue de représenter près d'un tiers du territoire, en particulier grâce au bassin maraîcher du nord du département (Châteaurenard), à la Camargue, aux vignobles du pays d'Aix et aux oliveraies de la vallée des Baux.

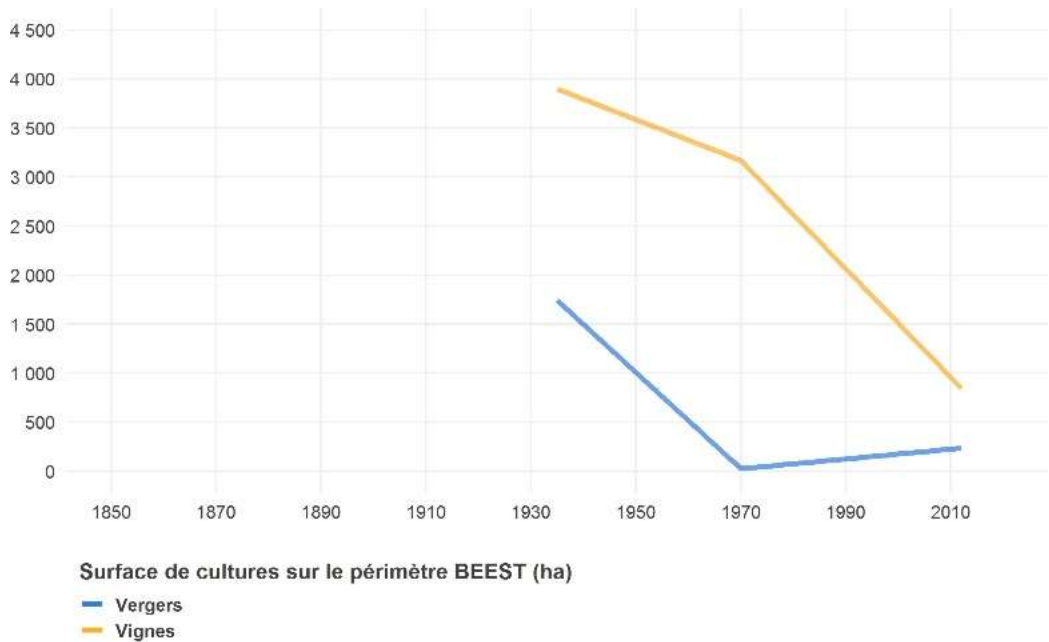


Figure 9 : Evolutions des Vignes et des Vergers

Les Phocéens, en fondant Massalia, ont introduit la vigne sur le territoire. Les Romains ont développé la culture dès le 2^{ème} siècle avant JC. Les moines l'ont étendue au Moyen-Age. Mais les maladies (en particulier le phylloxera vastatrix) dévastent la quasi-totalité des vignobles à la fin du 19^{ème} siècle. Au début du 20^{ème} siècle, la viticulture retrouve une certaine vitalité, se structure et se renforce en Provence.

Les données recensées dans BEEST ne permettent pas de représenter l'évolution des superficies cultivées avant 1970, mais elles attestent qu'à compter de cette période, l'extension urbaine s'est opérée au détriment de la production de vins typiquement marseillais. Une légère reprise est cependant identifiée au 21^{ème} siècle.

Des espaces naturels dévastés par des feux de forêts, mais de mieux en mieux protégés

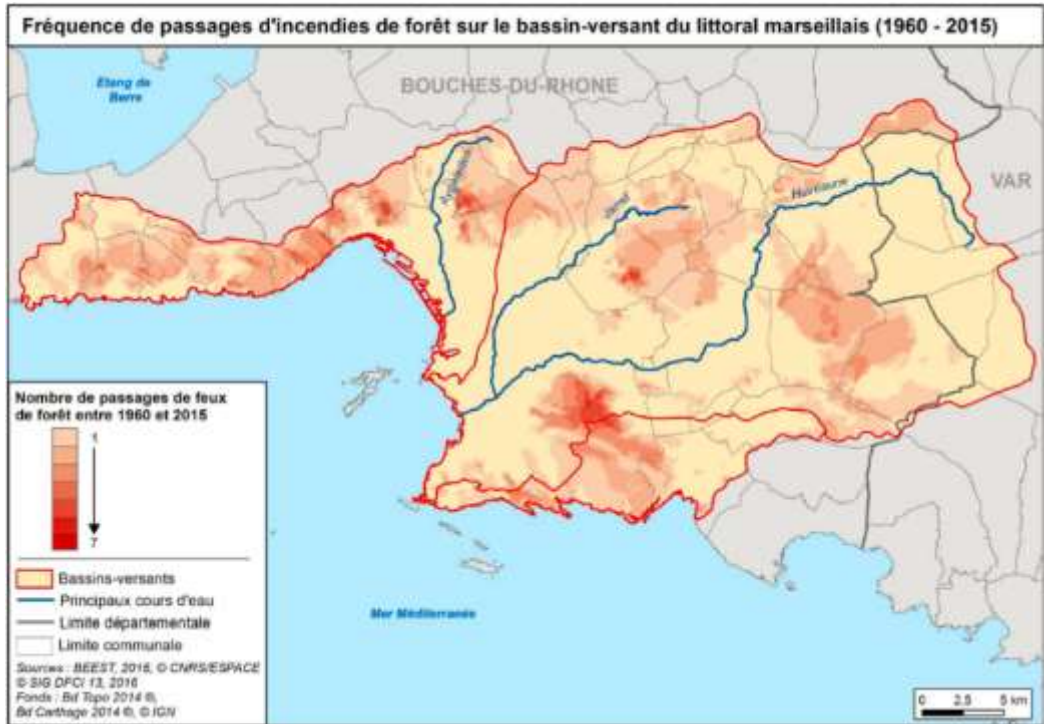


Figure 10 : Carte des surfaces incendiées

En août 2016, lorsqu'un incendie parcourt pendant plusieurs jours environ 3 000 hectares du nord de la métropole marseillaise, près de 1 800 pompiers combattent les flammes, attisées par un fort mistral. Leurs responsables évoquent alors « l'incendie du siècle ». D'autres grands incendies ont marqué les mémoires marseillaises. En ville, en 1919, lorsque l'opéra est entièrement détruit, ou en 1938, quand le magasin des Nouvelles Galeries sur la Canebière part en fumée, causant 73 morts, un événement dont résulte la création du bataillon des Marins Pompiers de Marseille. Dans les espaces naturels, en août 1979, lorsqu'ils déciment les calanques de Morgiou et Sormiou sur plus de 2 200 hectares, deux marins pompiers trouvant la mort dans la bataille.

BEEST se devait d'étudier les feux de forêts car les conséquences des pluies et du ruissellement sur les espaces brûlés peuvent contribuer à des entraînements significatifs de matières en suspension (MES) jusqu'à la mer.

En dehors des chronologies listant les incendies les plus dévastateurs pour la forêt du département, aucune carte n'avait été élaborée pour évaluer les surfaces atteintes sur l'agglomération marseillaise. BEEST a reconstitué l'ensemble des données depuis 1960, la période antérieure n'étant pas suffisamment renseignée. Les zones les plus foncées de la carte sont celles que le feu a traversées le plus fréquemment. Les massifs des calanques, la Côte Bleue ou la chaîne de l'Etoile restent les plus touchés.

Sur ce graphique, on retrouve en « pic » de surfaces incendiées les feux de l'été 1979. La Préfecture des Bouches-du-Rhône la considère comme une année record avec 1989. Ces années-là, 13 000 et 14 000 hectares avaient brûlé au total dans le département. Marseille et son bassin versant avaient été principalement impactés. En 1997, le feu était parti de la décharge de Septèmes-les-Vallons un jour de mistral. En trois jours, 4 650 hectares ont flambé dont 3 500 sur le massif de l'Etoile. En juillet 2009, plus de 1 000 hectares ont été détruits à l'est de Marseille et dans les calanques.

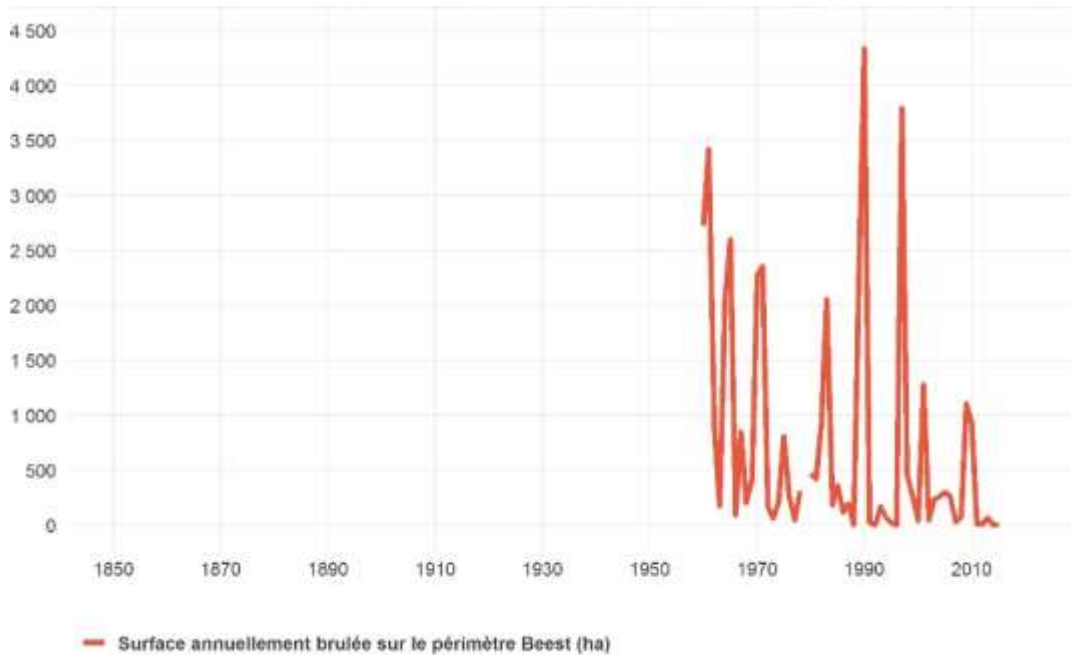


Figure 11 : Surfaces brûlées de 1960 à 2015

Une protection environnementale sans cesse accrue

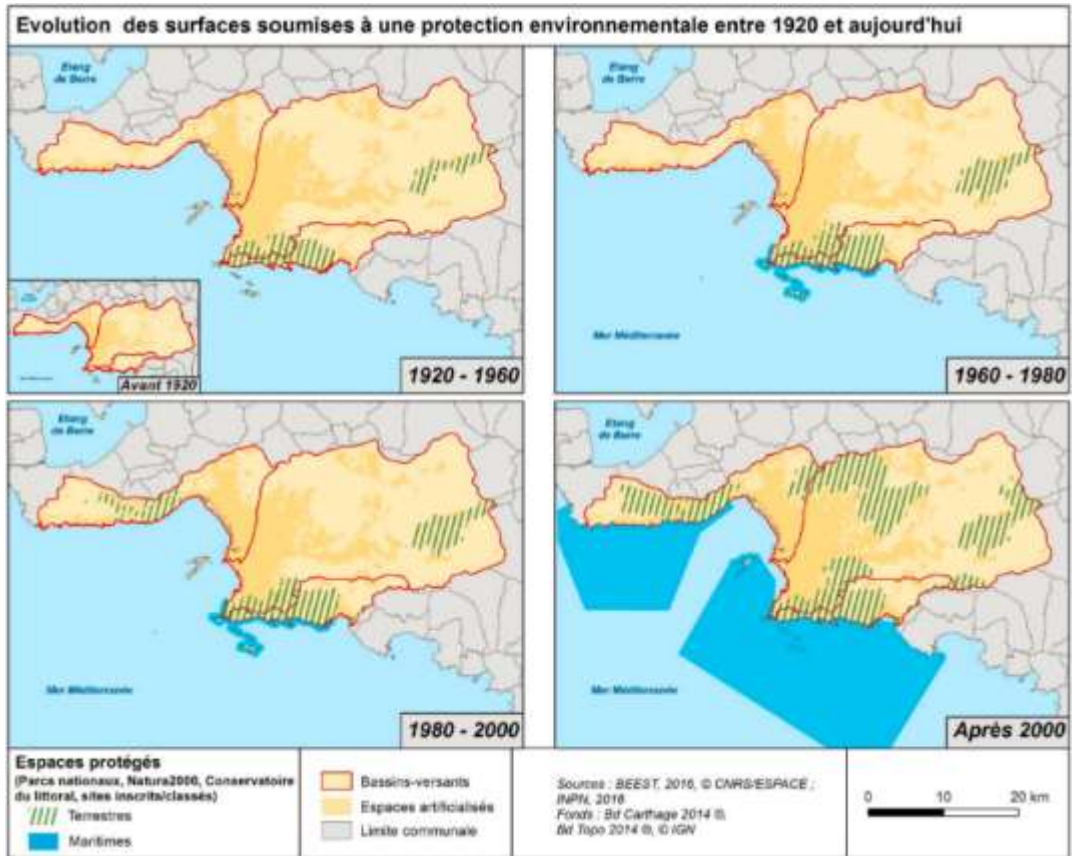


Figure 12 : Cartes des surfaces bénéficiant d'une protection

Ces quatre cartes, conçues spécifiquement dans le cadre de BEEST, témoignent de la montée incessante des préoccupations environnementales et du besoin de protection des espaces les plus fragiles et précieux. Les deux premières démontrent une très faible progression des zones protégées entre 1920 et 1980. L'accélération, sous la pression, entre autres, de la réglementation française et européenne et d'une prise de conscience collective, est notable entre 1980 et les années 2000. Sur la quatrième illustration, les zonages en bleu foncé représentent le parc national des calanques et le parc de la Côte Bleue. BEEST a ainsi repéré que dans un rayon de 35 kilomètres autour du Vieux Port de Marseille, 50% des surfaces naturelles bénéficient désormais d'un statut particulier de gestion, conservation ou préservation. **Chaque habitant dispose de 2000 m² d'espace protégé.** Une spécificité fortement valorisable pour une agglomération de plus d'un million de citoyens !

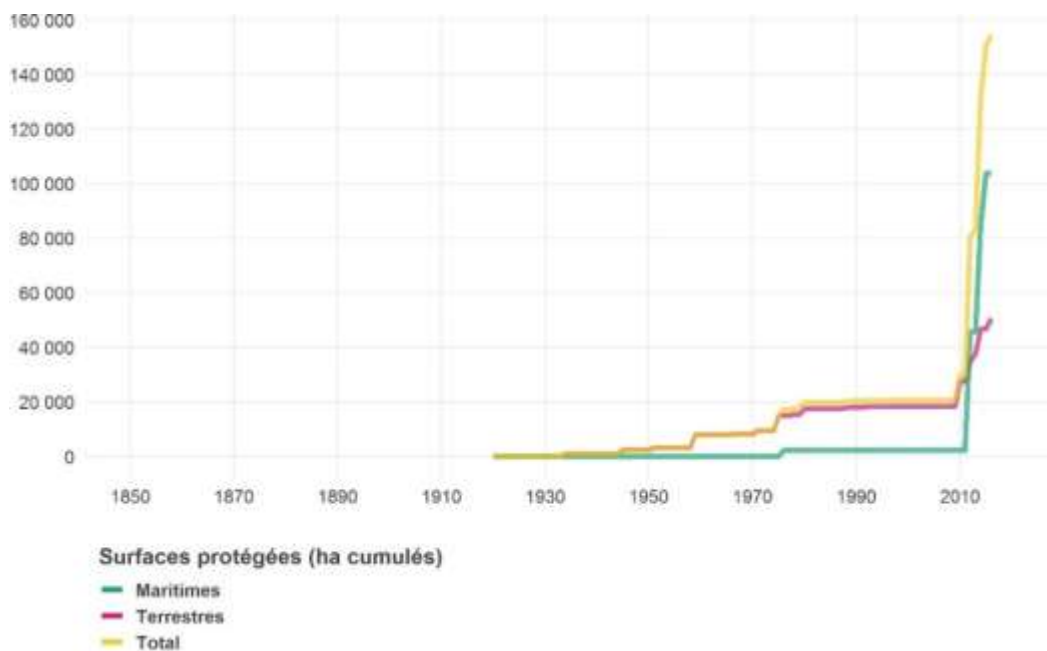


Figure 13 : Surfaces soumises à protection(s) environnementale(s)

Une aventure industrielle florissante puis déclinante

L'activité commerciale portuaire et l'internationalisation des échanges au milieu du 19^{ème} siècle entraînent à Marseille le développement d'industries le plus souvent directement liées à la transformation de produits d'importation : sucres, graines, blés, huiles... Certaines se positionnent à proximité du centre-ville, les savonneries par exemple, d'autres en périphérie, dans le nord (raffinerie de sucre dans le quartier Saint-Louis en 1857, tuileries dans le bassin de Séon, soude à Septèmes), dans le sud, autour de la Madrague de Montredon (plomb, soude, acide sulfurique, citrique, tartrique...), dans la vallée de l'Huveaune (verreries, chimie, minoterie, brasserie, alimentaire, métallurgie...) pour bénéficier de la proximité du cours d'eau. Le nombre d'ouvriers à Marseille quadruple entre 1834 et 1870, passant de 10 000 à 40 000.

Au tournant du 20^{ème} siècle, de nouvelles filières émergent, parfois très provisoirement (automobile avec Turcat-Méry au Prado), souvent plus durablement (chimie, agro-alimentaire, matériaux de construction...). Les colonies françaises préservent l'accès aux matières premières. En 1938, près de la moitié du trafic du port provient des échanges coloniaux. En 1954, le taux atteint 60%.

Si la crise de 1929 et les deux guerres ont perturbé un temps les activités, l'industrie marseillaise commence vraiment son déclin à partir de la décolonisation, le raffinage de pétrole, en plein essor, profitant surtout au pourtour de l'étang de Berre, et l'industrie (sidérurgie, chimie...) se repositionnant à Fos-sur-Mer à compter des années 60-70. Les usines, même les plus emblématiques (Coder, Terrin, Brasseries Zénith, Unipol...) disparaissent progressivement du paysage marseillais et de nombreux secteurs sont frappés dans la foulée des deux crises pétrolières : réparation navale, agroalimentaire, métallurgie, huileries-savonneries, matériaux de construction, alumine, matériels de transport... Les plans sociaux et les friches industrielles s'accumulent, le taux de chômage explose au-dessus de la moyenne nationale, la cité se paupérise, les conflits successifs sur le port entraînent, dans une concurrence méditerranéenne accrue, une chute des trafics de marchandises que les flux d'hydrocarbures peinent de plus en plus à masquer...

Peu à peu, face à l'absence de pistes crédibles de reconversion, l'économie marseillaise se tertiarise, les services représentant près de 90% des emplois en 2008. Depuis 2015, la Métropole Aix-Marseille-Provence, avec l'appui de la Chambre de Commerce et d'Industrie et de la Région sur la même ligne stratégique, affiche sa volonté de réindustrialiser l'agglomération par l'attraction de nouvelles activités (transition énergétique, réparation de yachts, économie circulaire...).

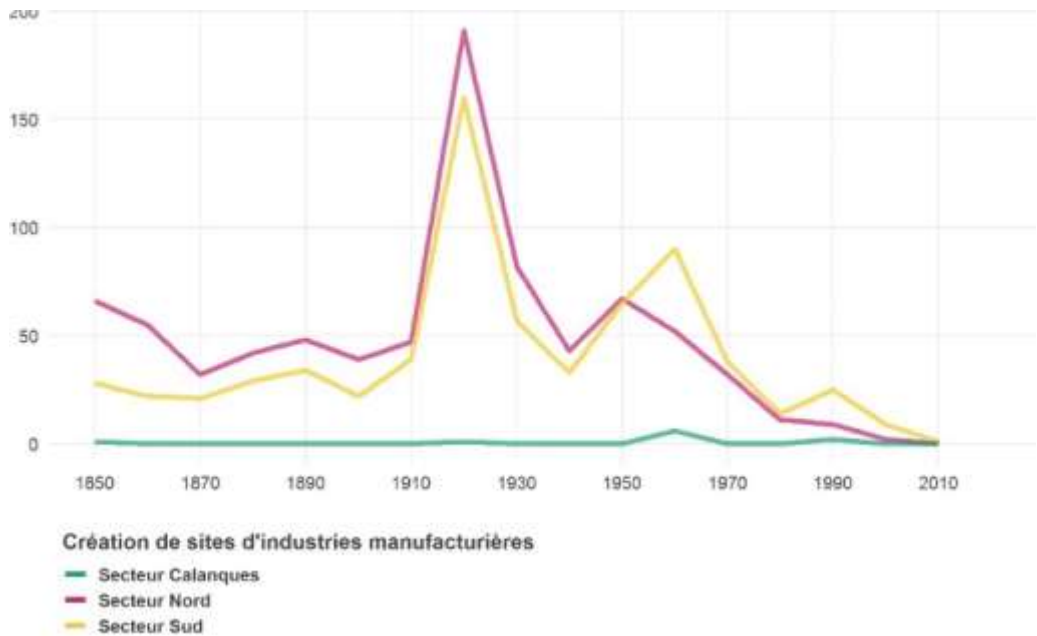


Figure 14 : Evolution des sites d'industries manufacturières dans le périmètre de Beest

L'industrie est un marqueur de l'occupation et des usages de l'espace urbain mais aussi un élément d'influence de la qualité de l'environnement en général, par ses émissions atmosphériques, et des milieux marins en particulier du fait de ses rejets aqueux.

Pour couvrir les 150 dernières années, l'étude BEEST a collecté et retraité les informations de la « Base de données d'Anciens Sites Industriels et d'Activités de Service » (BASIAS) qui recense les lieux ayant accueilli une ou plusieurs activités potentiellement polluantes. Conçue pour les acteurs territoriaux et propriétaires actuels ou futurs des sites inventoriés, BASIAS intègre les exploitants successifs, les types d'activités et les polluants émis, mais pas la cessation d'exploitation. Les données ont donc été enrichies par l'analyse de la littérature scientifique sur l'histoire industrielle locale : constructions/fermetures d'usines, production de matériaux, importation de matières premières, effectifs salariaux...

Pour une meilleure lisibilité, les dates de création de sites ont été regroupées par décennie et l'attention s'est concentrée sur ceux ayant connu une seule et même activité tout au long de leur occupation, soit 78,5% du total des unités recensées dans la base.

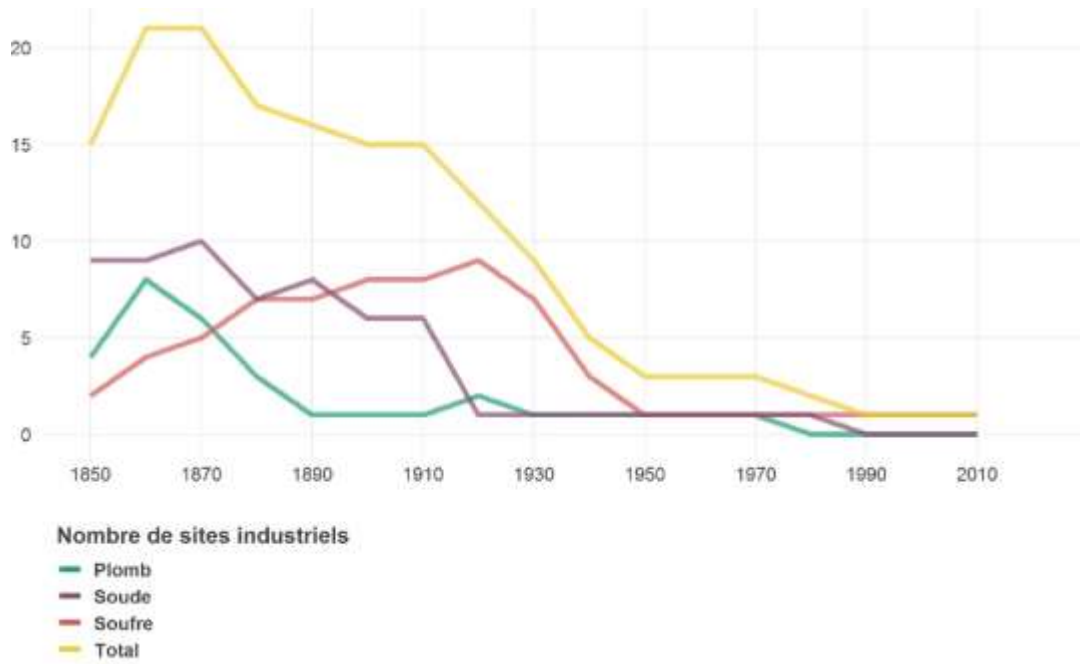


Figure 15 : Evolution des industries de plomb, soufre et soude

En s'intéressant aux industries productrices de plomb, soufre et soude, le graphique témoigne de la présence potentielle de contaminants de l'eau. Ces productions ont été réalisées à une époque où les rejets dans les milieux naturels n'étaient ni réglementés, ni contrôlés. Il identifie aussi clairement la disparition successive de ces filières.

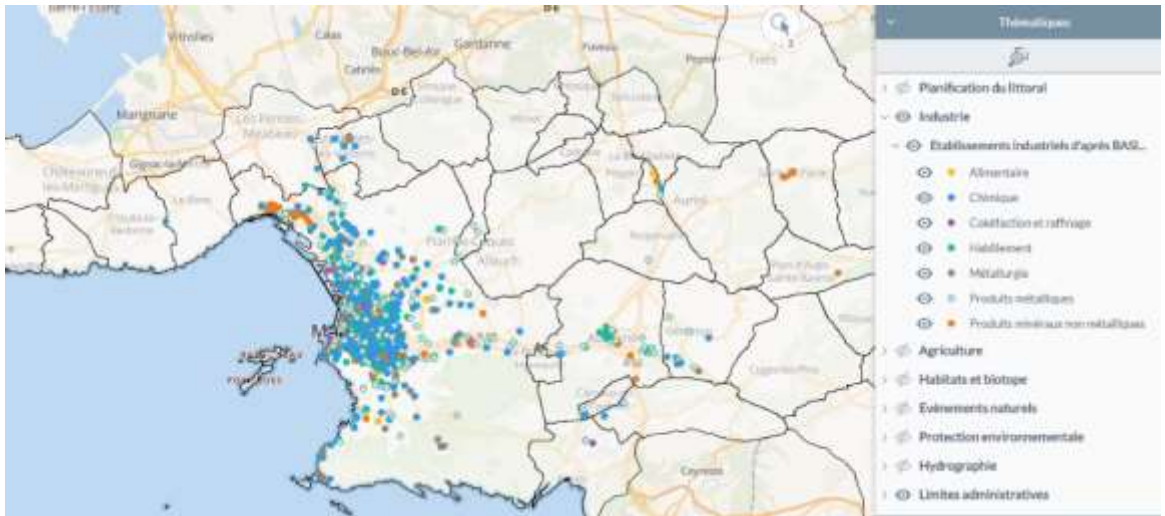


Figure 16 : Sites recensés dans BASIAS - extrait ChronoBeest

Elaborée dans le cadre de BEEST, cette carte identifie les sites industriels par grand secteur d'activités à Marseille et sur son bassin versant. Le territoire est fortement imprégné par les unités « chimiques » (chimie minérale, organique, fine, de spécialités...).

Un tourisme et des activités balnéaires tardifs mais attractifs

Dans l'histoire de Marseille, le tourisme demeure une préoccupation relativement récente. Ville de migrations et de commerce avant tout, grâce à son port et ses compagnies maritimes, le territoire a toujours « grouillé » d'étrangers de tous horizons, plus en quête d'une nouvelle vie ou de travail que de découvertes de monuments qu'elle ne possède pas jusqu'à la fin du 19^{ème} siècle. A peine identifie-t-on des bains de mer du côté du quartier d'Arcenc dans les années 1820-1850.

Dans la deuxième partie du 19^{ème} siècle et au début du siècle suivant, le centre-ville se couvre de grands cafés et cafés-concerts, de salles de spectacles, d'hôtels luxueux (Grand hôtel du Louvre et de la Paix, Grand Hôtel Noailles, Grand Hôtel Splendide) où séjourneront de nombreuses personnalités de la politique et des arts grâce à l'arrivée du chemin de fer Paris-Lyon-Marseille. Le parc Borély est aménagé au sud, un jardin zoologique dans les jardins du palais Longchamp, un « établissement thermal » au Roucas Blanc... La randonnée se développe avec la création de la Société des Excursionnistes Marseillais (1897) et d'autres loisirs sportifs (pétanque, hippisme, joutes, voile, pêche, chasse...). L'Olympique de Marseille voit le jour en 1899, la même année que les célébrations du 25^{ème} centenaire de la ville. En 1906, l'Exposition Coloniale sur une vingtaine d'hectares autour du Rond-Point-du-Prado attire en sept mois 1,8 million de visiteurs !

Dans les années 30 à 50, Marcel Pagnol popularise un « art de vivre » marseillais décliné aussi dans les opérettes... D'autres écrivains et cinéastes préféreront mettre en avant un côté « canaille » qui colle toujours à son image. Après-guerre, il faudra attendre les années 70 pour que Marseille se penche sur ses potentialités touristiques, avec pour aménagement emblématique le parc balnéaire du Prado.

Dans les années 90, la ville est sous-équipée en hôtels moyen et haut de gamme, en campings, en hébergement de jeunesse, en musées, par rapport à d'autres métropoles.

La réception couronnée de succès de la Coupe du Monde de football en 1998, puis de rugby en 2007, le pari osé mais réussi d'investir sur la croisière, la construction/rénovation de nombreux établissements hôteliers ont préparé le « boom » touristique de « 2013, Marseille capitale européenne de la culture ». Un événement porté par les communautés politique, économique, associative et artistique qui offre à la ville qui offre à la ville une attraction culturelle inédite en 2 600 ans...

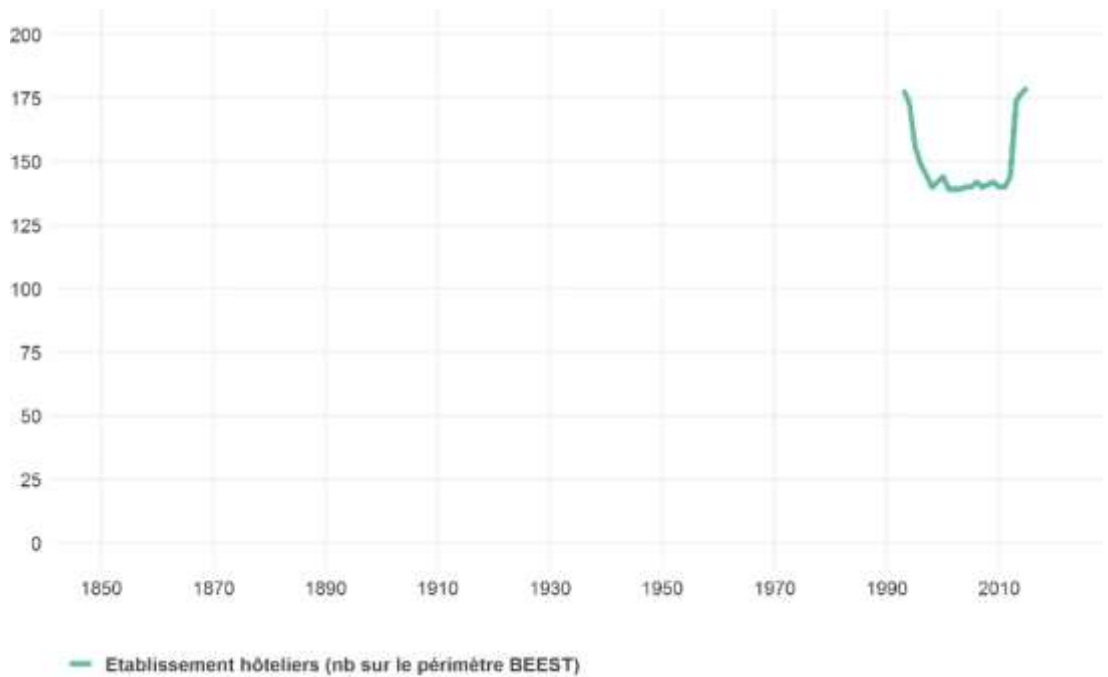


Figure 17 : Evolution des établissements hôteliers

Ce graphique permet de constater l'atonie de l'offre d'hébergement hôtelier à Marseille dans les années 90-2000 (auparavant, les données n'étaient pas disponibles). Un premier rebond a lieu après la Coupe du Monde de football de 1998. L'effet « 2013 – Capitale européenne de la culture » est flagrant.

Un littoral de plus en plus aménagé et fréquenté

Malgré l'existence d'établissements de bains de mer au 19^{ème} siècle, Marseille, au vu de ce graphique, n'est devenue une ville balnéaire que ces dernières décennies. L'aménagement des plages du Prado date des années 70-80 avec 26 hectares d'espaces verts et 10 hectares de plages de sable et de graviers. Selon la ville de Marseille, 40 hectares ont été conquis sur la mer pour les réaliser sur une longueur de près de deux kilomètres. Au nord de la ville, les plages de Corbière ont été également gagnées sur la mer.

Avec 50 km de littoral, la cité disposerait du « plus grand parc balnéaire urbain européen ». Selon l'Office de Tourisme, 3,5 millions de visiteurs fréquenteraient l'ensemble des plages chaque année.

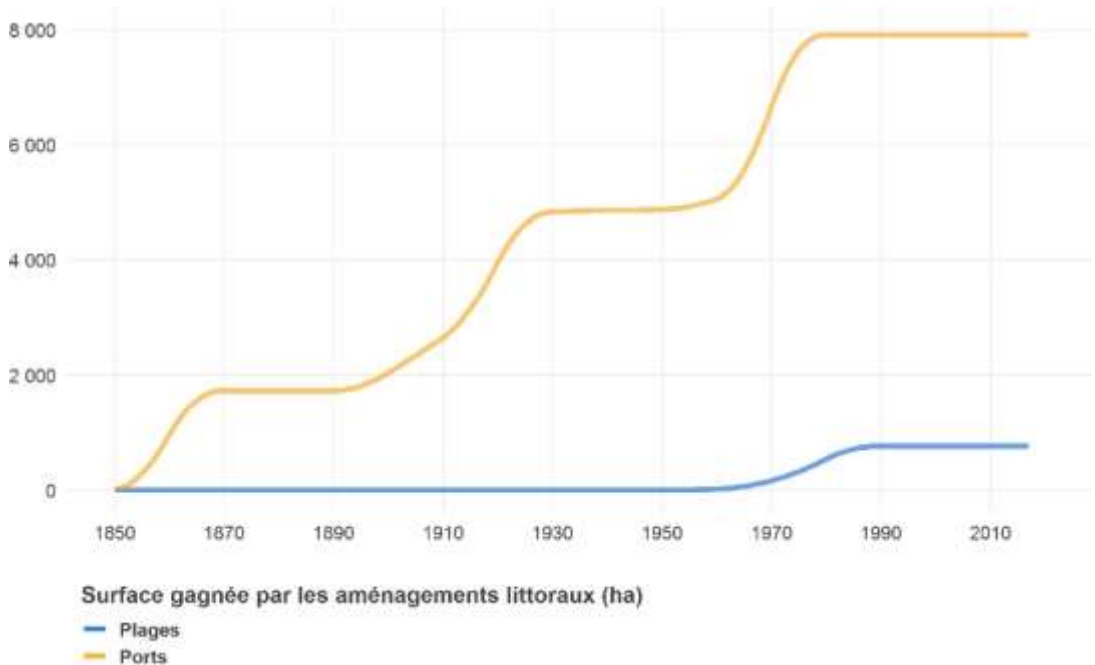


Figure 18 : Evolution des surfaces cumulées gagnées sur la mer des ports et des plages

Ce succès touristique des plages de Marseille chaque année n'est pas sans conséquence sur la qualité de l'eau de baignade.

En étudiant statistiquement les résultats de 8 696 analyses de l'Agence Régionale de Santé effectués entre 1999 et 2017, une histoire commune à la quasi-totalité des plages (82%) se dessine.

Pour le paramètre E.Coli, la perte de qualité de l'eau de baignade, prévisible à la fin du siècle dernier, a été stoppée entre 2003 et 2007 et l'amélioration n'a jamais cessé depuis lors.

Une étude plus approfondie qui reprendrait des analyses encore plus anciennes aiderait à préciser les tenants et aboutissants de cette histoire. Les courbes d'ACP ci-dessous illustrent l'évaluation de la qualité des eaux de baignade et la dynamique d'évolution du polluant de 1999 à 2017.

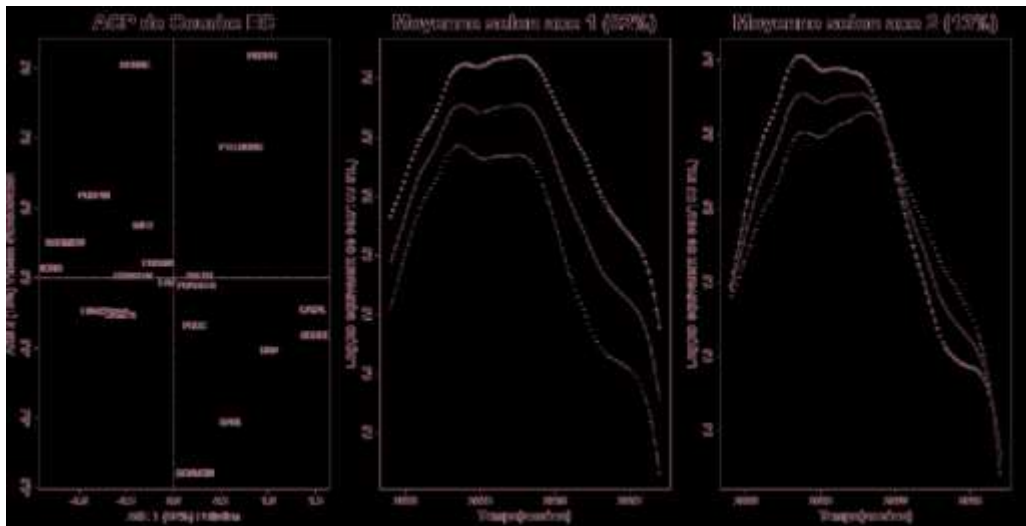


Figure 19 : Analyse en Composantes Principales des courbes de l'évolution de la concentration en E.Coli sur les plages de Marseille

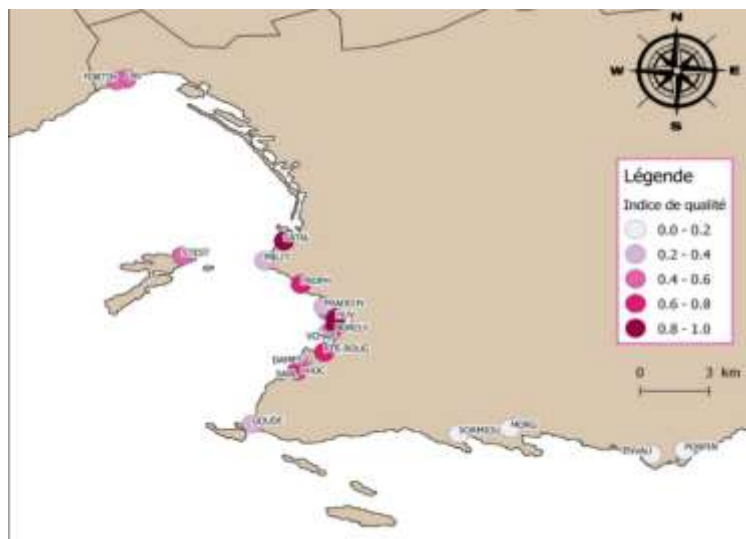


Figure 20 : Carte de la qualité des eaux de baignade sur chaque plage – Indice en E.Coli intégré sur 18 ans

Une consommation des ménages en pleine transformation

En 150 ans, c'est une évidence, nos modes de vie et notre consommation se sont radicalement transformés avec des accélérations à certaines périodes, dans la foulée de la révolution industrielle, dans les « 30 glorieuses » après la deuxième guerre mondiale, ou ces deux dernières décennies avec l'essor des nouvelles technologies.

Nombre de ces « progrès » pour notre vie quotidienne n'ont pas été sans impact pour le milieu marin en influant directement sur les caractéristiques des eaux usées. A la fin du 19^{ème} siècle, les rejets dans les rivières ou la mer étaient surtout composés des déjections humaines et animales, plus rarement d'émissions industrielles. Au début du 20^{ème} siècle, on lavait son linge à la main au savon de Marseille et ses sols au savon noir.

L'explosion des machines à laver dans les foyers, puis des lave-vaisselles, a entraîné une forte croissance de l'utilisation des lessives, pastilles, détergents combinant des substances chimiques, certes pratiques et efficaces, mais nocives pour le milieu naturel et très complexes à traiter et éliminer dans les systèmes traditionnels d'épuration.

Dans les pays industrialisés, les aliments se sont enrichis, au propre et au figuré, les engrais et pesticides ont intensifié la production agricole, les produits d'hygiène (gels douche, shampooing, dentifrice...) et les médicaments ont amélioré la santé des populations et prolongé l'espérance de vie, les cosmétiques ont rajeuni les allures, mais leurs molécules recèlent des bienfaits à nuancer dès lors qu'elles « naviguent » dans les eaux usées.

Considérées comme des « micropolluants », ces substances ont intégré le cycle de l'eau, de l'évier à la mer. Non sans conséquence sur l'homme et sur l'environnement, même si le recul dans le domaine reste encore faible. Avec une gravité variable individuellement mais potentiellement dramatique en cas d'interactions et d'accumulation (effet cocktail). La science identifiant mieux désormais les risques de ces « polluants émergents », les citoyens réclamant plus de transparence sur le sujet, la réglementation s'adapte, toujours plus contraignante, pour tenter de changer durablement mentalités et habitudes dans toutes les strates de la société.

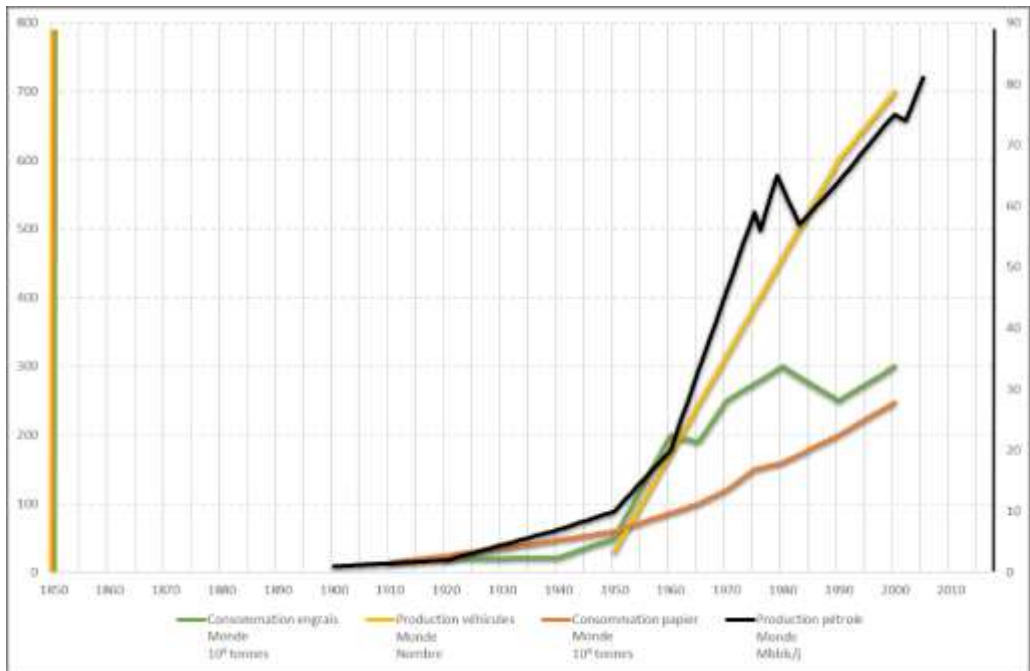


Figure 21 : Evolution de la consommation de différents produits courants

La production mondiale de pétrole s'accélère dans l'après-guerre pour suivre l'évolution des besoins de la population pour s'éclairer, se chauffer, se déplacer... Les deux baisses correspondent aux deux crises pétrolières de 1973 et 1979 et à leurs effets.

Mais la progression reprend sous l'ampleur de la mondialisation. Les activités et les produits issus du pétrole (notamment les plastiques et de nombreuses autres molécules chimiques) ont contribué grandement à des modifications de l'environnement.

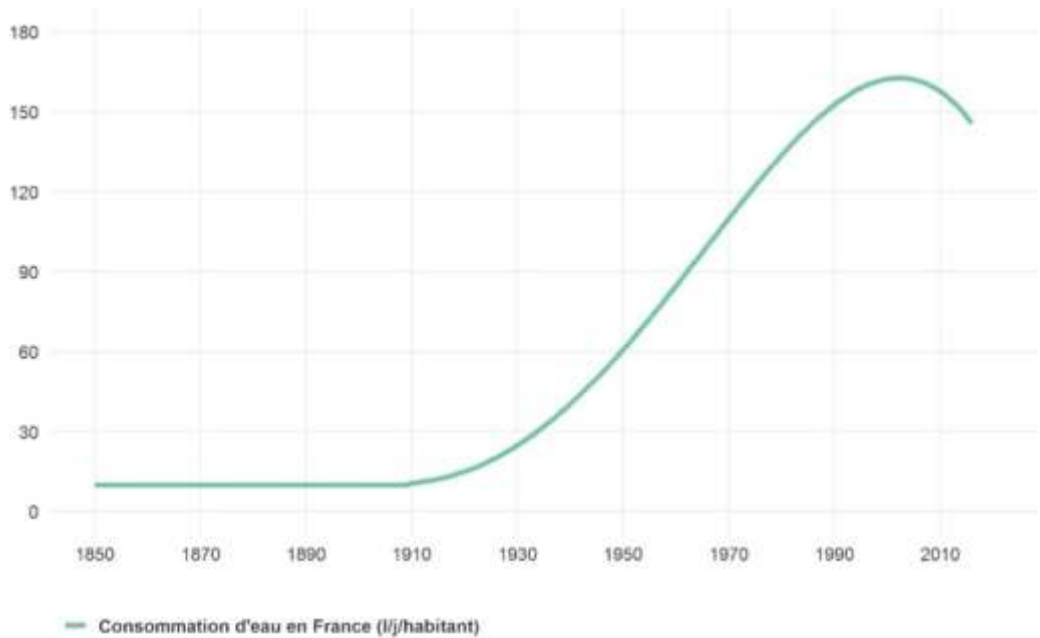


Figure 22 : Evolution de la consommation d'eau en France

Au prix d'un projet conduit entre 1834 et 1849, l'ingénieur suisse Frantz Mayor de Montricher réussit à amener les eaux de la Durance jusqu'à Marseille pour améliorer l'approvisionnement de la ville et permettre son développement. BEEST a permis de reconstituer les volumes de consommation à partir de 1910.

Au début du 20^{ème} siècle, elle avoisinait 15 à 20 litres par jour et par habitant. Dans les années 40, elle est évaluée à 50 litres par jour et par habitant. Avec l'amélioration de l'hygiène corporelle et domestique, elle atteint 150 litres par jour et par habitant dans les années 80. La progression est constante, jusque dans les années 2000.

Le fléchissement récent (145 litres par an et par habitant en 2012) s'explique vraisemblablement par la volonté de mieux maîtriser le montant des factures, de ne plus gaspiller la ressource et par la généralisation d'appareils plus économes.

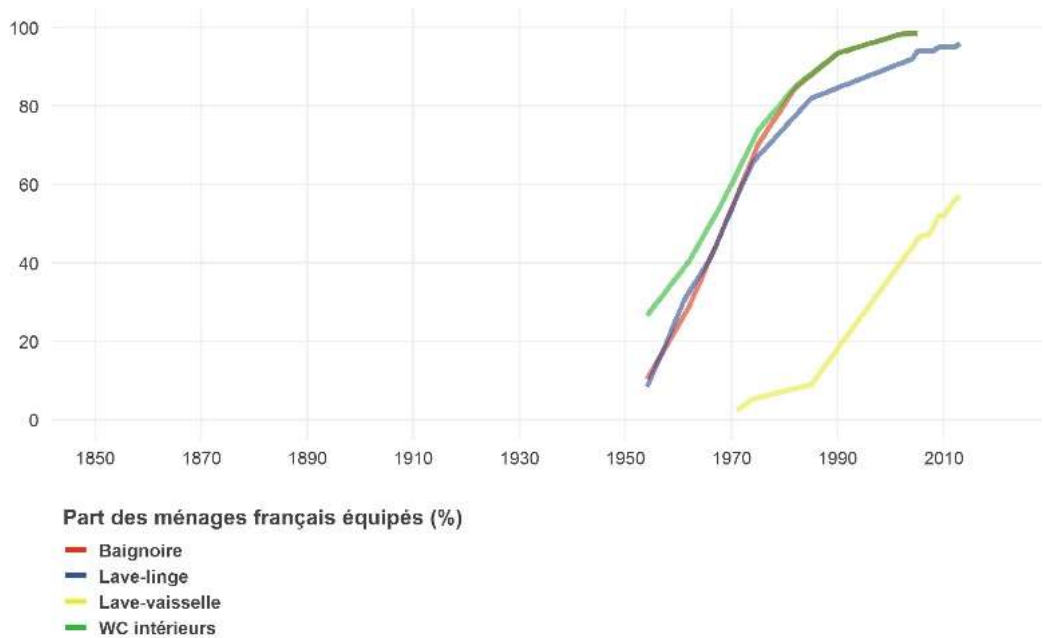


Figure 23 : Evolution de l'équipement en WC et Salle de bains

La consommation d'eau courante arrive à domicile en France dans les années 1880. Sans traitement préalable. La désinfection au chlore ou à l'ozone se répand à compter de 1914 pour enrayer les maladies. En 1954, seuls 10% des logements sont équipés de douches ou de baignoires et 27% de WC intérieurs. L'équipement s'accélère après-guerre. 99% des foyers possèdent aujourd'hui des sanitaires.

L'explosion de la société de consommation dans l'après-guerre a accéléré l'équipement des foyers en nouveaux moyens pour faciliter la vie quotidienne. Le taux de ménages disposant d'une machine à laver et d'un lave-vaisselle progresse jusqu'à se stabiliser autour de 95% pour l'une, près de 60% pour l'autre.

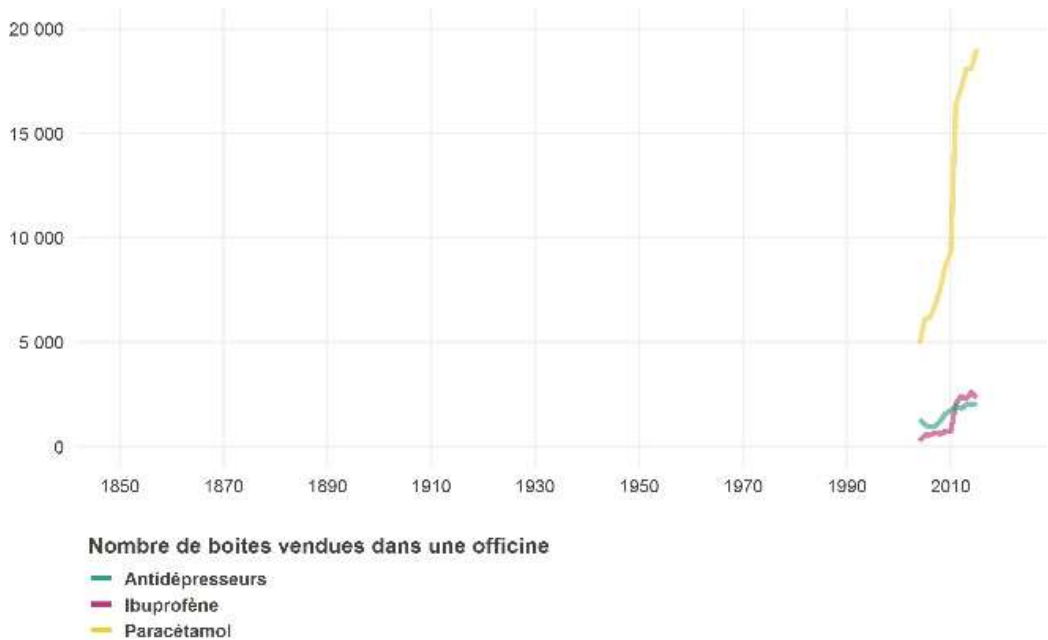


Figure 24 : Evolution de la consommation de certains médicaments

L'investissement, privé ou public, dans la recherche médicale a entraîné l'apparition continue de nouveaux médicaments qui ont contribué à un meilleur état de santé de la population. Le remboursement de la très grande majorité d'entre eux par la Sécurité Sociale participe à une surconsommation par rapport à d'autres pays.

En 2013, près de 2 800 substances médicamenteuses étaient recensées sur le marché français. Selon l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament, les antalgiques prédominent dans la consommation, les ventes de paracétamol étant passées de 177,4 millions de boîtes en 1990 à 245 millions de boîtes en 2011, ce qui fait de la France le plus grand consommateur européen. Pour les distribuer, le nombre d'officines de pharmacie a fortement progressé (de 17 017 en 1971 à 22 723 en 2000) avant de reculer (21 598 à fin 2018, selon l'Ordre National des Pharmaciens) mais les parapharmacies ont émergé ces deux dernières décennies. Ces substances chimiques finissent par se retrouver dans les eaux usées des foyers.

Elles ne sont pas les seules. L'évolution des modes de vie et de consommation des ménages combinée à l'expansion de la grande distribution a favorisé la constitution d'une industrie agroalimentaire puissante et innovante, apte à lancer sur le marché des produits de plus en plus élaborés. La consommation de produits frais s'est réduite au profit des produits transformés. Mais ces derniers contiennent des additifs, des conservateurs, des colorants, des exhausteurs de goût, des anti-oxydants ou acidifiants qui, outre d'impacter parfois la santé humaine, peuvent altérer aussi la qualité de l'environnement.



Figure 25 : Utilisation des produits phytosanitaires en France

Conçus pour prévenir, contrôler ou éliminer des espèces animales ou végétales jugées indésirables, les pesticides (insecticides, fongicides, herbicides) se sont répandus dans l'agriculture, principale utilisatrice, l'entretien des voiries et espaces verts et le jardinage tout au long du 20^{ème} siècle.

Selon l'INSERM, depuis les années 50, plus de 1 000 substances actives ont été introduites sur le marché des produits phytosanitaires. La dangerosité avérée de certaines d'entre elles a conduit à une réglementation plus restrictive, voire une interdiction de vente ou d'usage. Mais même si l'agriculture biologique qui s'efforce de les bannir de ses pratiques s'est développée depuis quelques années, ces « polluants organiques persistants » peuvent perdurer dans les sols et les eaux de surface et souterraines pendant des années.

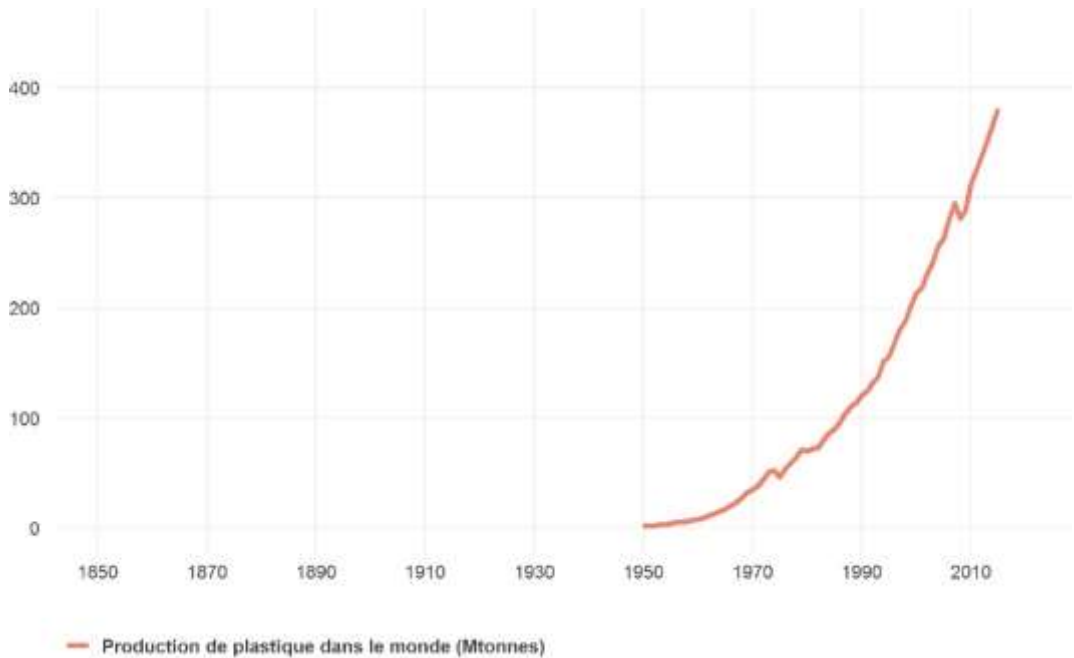


Figure 26 : Production de plastique dans le monde

La pollution de la Méditerranée, et plus globalement des océans, est maintenant avérée, avec des conséquences identifiées sur la survie des espèces marines. Les emballages plastiques, mais aussi acier, aluminium, carton, verre, papier, sont un révélateur de nos pratiques, notamment pour assurer la conservation des denrées alimentaires.

Leur usage a cru fortement, en parallèle avec l'expansion de la grande distribution en France. Ils emplissent nos ordures, malgré les encouragements des pouvoirs publics au tri sélectif. Pas toujours recyclables, faute de filière appropriée, de verrou technique ou de rentabilité, les emballages plastiques (polyéthylène, PVC, PET, PEHD...) se retrouvent dans la nature où ils résistent à la dégradation et se fractionnent durant des décennies.

Les mesures de restriction, telles l'interdiction des sacs plastiques dans les magasins, l'interdiction de vente de la vaisselle jetable en plastique, la valorisation de la collecte sélective, le renouveau de la consigne ou la structuration de filières de récupération et de traitement, visent à enrayer leur dissémination. Mais il faudra des années pour réparer les erreurs du passé.



Figure 27 : Evacuation des déchets dans le grand émissaire - 1947

Pendant la grève des éboueurs de 1947, les déchets étaient déversés directement dans le grand émissaire et finissait directement dans le milieu marin.

Cette époque est heureusement révolue mais ces dernières années, on a pu comptabiliser que les dégrilleurs automatiques positionnés sur la rivière Huveaune et le ruisseau des Aygaldes ont permis de retirer entre 400 et 700 t/an de déchets qui ne finiront pas à la mer... mais n'auraient jamais dû se retrouver dans les cours d'eau.

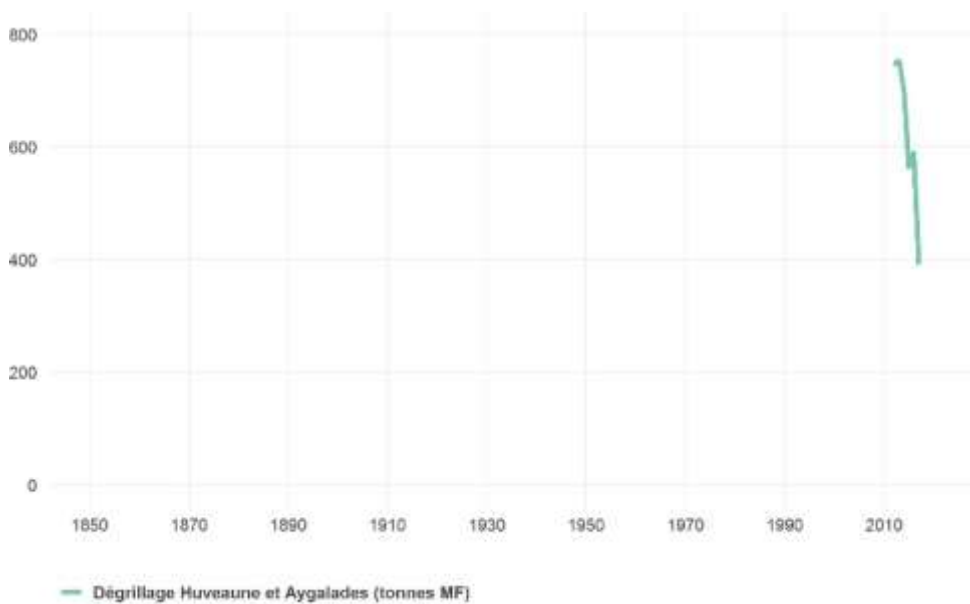


Figure 28 : Quantité de déchets récupérés par dégrillage dans l'Huveaune et les Aygaldes



Figure 29 : Déchets récupérés en rivière – Aout 2017



Figure 30 : Classification par SERAMM des déchets de rivières récupérés sur différents dégrilleurs

Ces « déchets sauvages » produits par le territoire concernent tous les papiers, plastiques, matériaux... qui échappent aux circuits habituels et organisés des collectes. Ils jonchent les trottoirs, les rues, les routes, les espaces verts et, sous l'effet des vents ou de la pluie, se retrouvent dans les rivières et dans la mer.

Certains sont particulièrement complexes à maîtriser et ramasser à l'image des cotons-tiges qui parsèment les plages. Une enquête a été réalisée sur leur usage et leur destination, après utilisation.

Un sondage a recueilli 4 500 réponses et l'étude menée conjointement avec l'association Merterre a permis de retracer leur cheminement jusque sur les sites balnéaires.



Figure 31 : Carte des cotons-tiges ramassés sur les plages

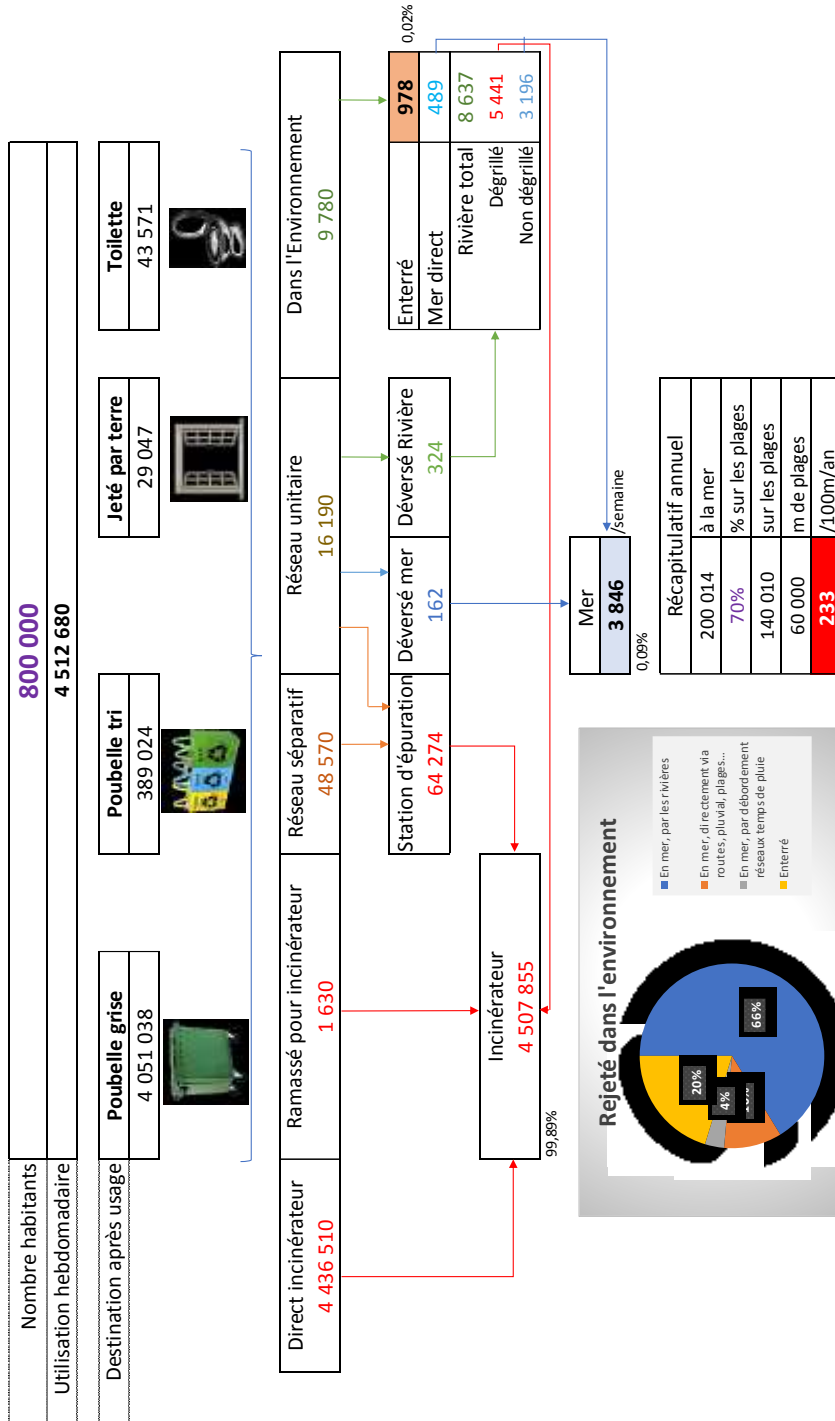


Figure 32 : Logigramme de cheminement de devenir des cotons-tiges

Un assainissement confronté à des flux mieux maîtrisés mais plus complexes

En 150 ans, le réseau d'assainissement de Marseille est parti d'un point presque zéro – sa construction est décidée dans les années 1890 - à un système de canalisations et installations déployé sur 15 000 hectares, collectant et traitant chaque année 150 millions de mètres cubes d'eaux usées et pluviales de Marseille et de seize autres communes.

En effet, jusqu'à la deuxième guerre mondiale, le réseau d'assainissement de Marseille, articulé autour du grand émissaire sur le principe de « tout à l'égout », s'est assez peu étendu, l'urbanisation se concentrant principalement dans les limites historiques de la ville. En 1953, il ne comptait ainsi que 374 km de canalisations !

L'expansion s'opère à partir de 1955, l'Etat reconnaissant le retard d'équipement de la ville. Elle se caractérise par la création du réseau séparatif eaux usées / eaux pluviales, la réalisation dans les années 70 d'un deuxième émissaire pour détourner les eaux de l'Huveaune et du Jarret afin de protéger les plages du Prado,

Géré et exploité par SERAMM dans le cadre juridique d'une délégation de service public de la métropole, le réseau recouvre à ce jour 1 947 km de réseaux unitaire, pluviaux et sanitaires, 97 stations de pompage, 33 bassins de rétention, 54 926 regards et 17 539 grilles et avaloirs (source SERAMM).

Le complexe de traitement Géolide se répartit sur deux sites, une station d'épuration aux abords du Stade Orange Vélodrome et une unité de traitement des boues, dans le massif de Marseilleveyre, à la Cayolle, désormais apte à produire du biogaz. La station d'épuration des eaux Géolide est composée d'une étape de traitement physico-chimique mise en œuvre en 1987, qui a été complétée par un étage biologique en 2007.

Sur le dernier demi-siècle, les préoccupations environnementales progressent, la préservation du littoral, la qualité de l'eau des plages deviennent une priorité de la collectivité.

A travers les recherches et travaux du LYRE, de SERAMM et Suez, BEEST éclaire l'effet de ces transformations sur les flux rejetés en mer.

Date	Événements historiques Assainissement
avant 1850	Les quelques réseaux d'assainissement existants débouchent vers le Vieux-Port
1850	Premier réseau d'assainissement Montricher vers la Joliette
1896	Fin de la tranche de travaux d'assainissement du réseau unitaire et de l'émissaire 1 d'Arenc à Cortiou
1959	Détournement, l'été, de l'Huveaune dans l'émissaire 1 pour la protection des plages
1960	Mise en service du réseau Jarret
1961	Mise en service du réseau Littoral Sud
1962	Mise en service du réseau Huveaune rive gauche
1970	Mise en service du réseau Huveaune rive droite
1970	Mise en service du réseau Littoral nord
1974	Mise en service du réseau périphérique
1979	Mise en service de l'émissaire 2
1980	Création Seramm Société d'Exploitation du Réseau d'Assainissement de Marseille
1985	Démarrage du Télécontrôle assainissement
1987	Mise en fonction de la station d'épuration - process physico-chimique
1988	Raccordements des communes limitrophes (Allauch, Septèmes-les-Vallons, Aubagne, La Penne, Roquevaire)
1990	Mise en place de vannes by-pass (pluvial vers séparatif)
1991	Raccordements des communes limitrophes (Gémenos, Carnoux)
1997	Raccordements des communes limitrophes (Sibam)
1998	Mise en place de l'autosurveillance
2007	Mise en fonction de la station d'épuration - process biologique
2007	Mise en service du bassin de rétention République sur réseau unitaire
2009	Mise en service des bassins de rétention du Plan d'Aou, de la ZAC de Château Gombert ou du Parc des Bruyères
2009	Raccordements des communes limitrophes (Le Rove)
2015	Mise en service du Bassin de rétention Guesde sur réseau unitaire
2017	Mise en service du Bassin Ganay
2018	Mise en service des 2 bassins de rétention Lajout

Figure 33 : Chronologie des principales étapes d'aménagement du système d'assainissement de Marseille et de son bassin versant



Figure 34 : Frise chronologique - extrait ChronoBeeest

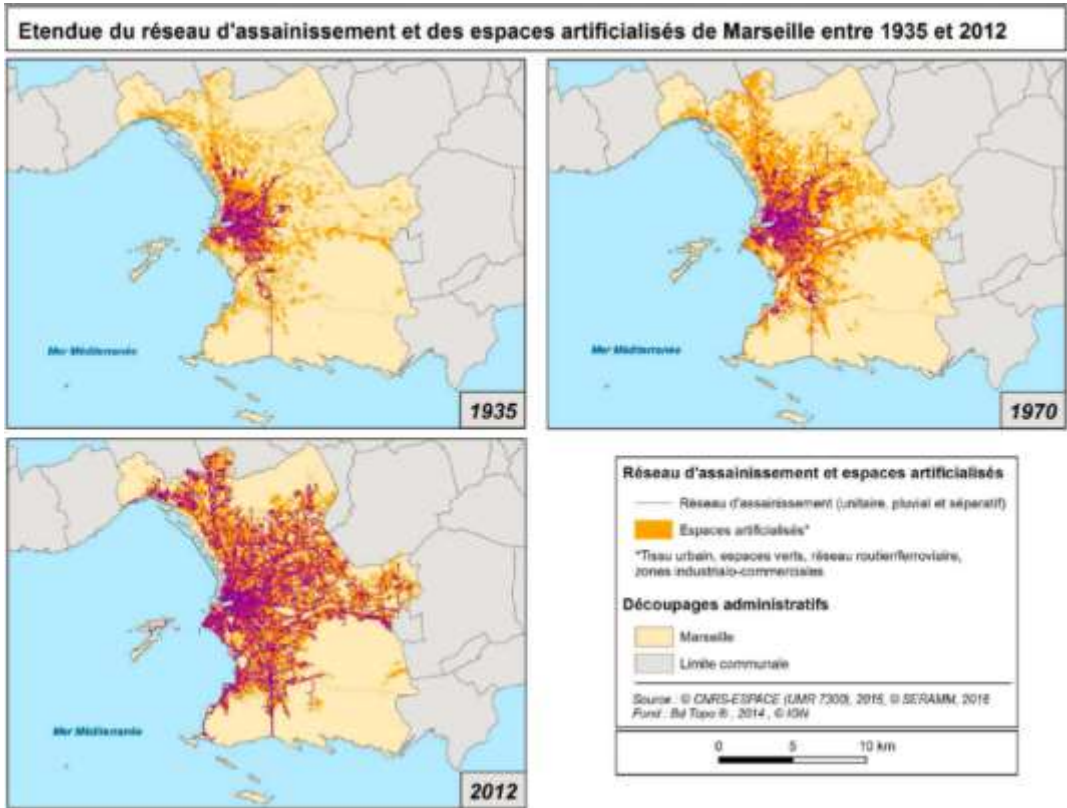


Figure 35 : Carte de l'évolution des réseaux de l'agglomération de Marseille

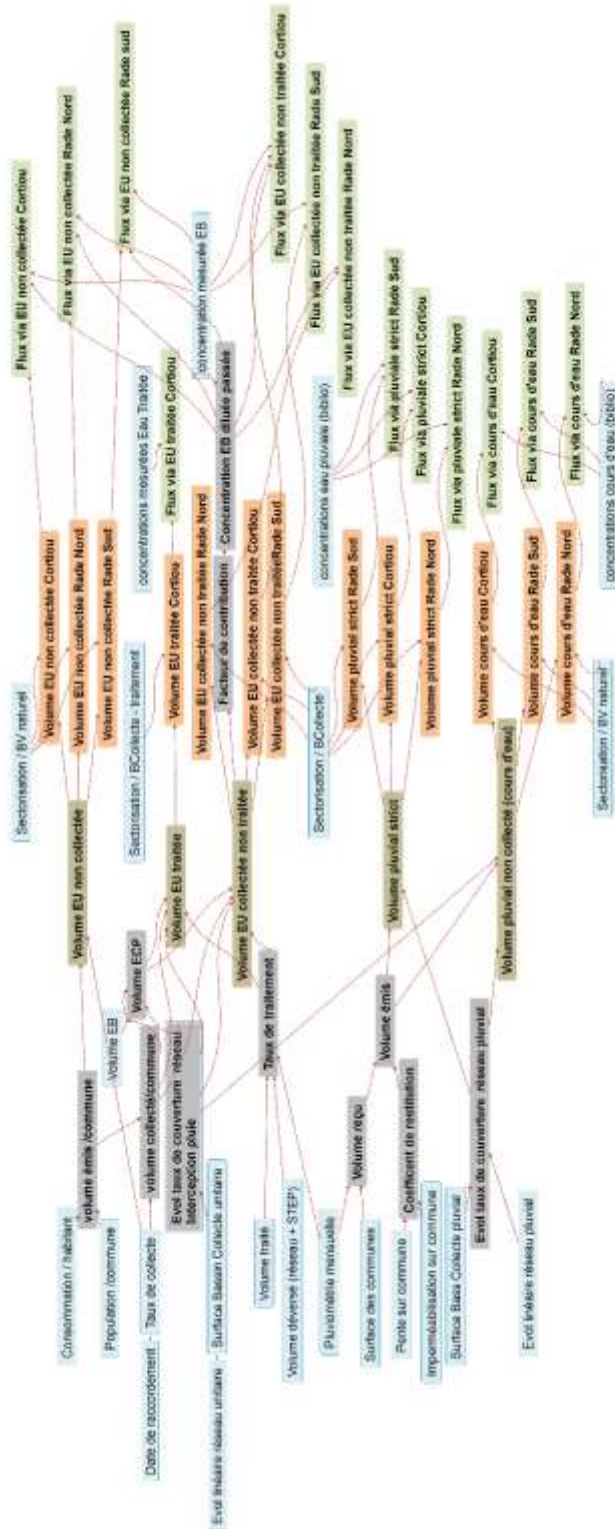


Figure 36 : Logigramme de reconstitution des flux d'eau sur le territoire

Ce logigramme complexe reconstitue la méthodologie suivie pour évaluer les volumes d'eaux usées et pluviales du bassin versant de Marseille. Elle se lit de gauche à droite. En bleu ciel, à gauche, les différents éléments pris en compte pour établir l'estimation : consommation par habitant, population par commune, taux et date des raccordements aux réseaux, évolution des réseaux, surface des communes, pentes... En grisé, les taux et coefficients pour estimer les volumes collectés ou non, traités ou non (en orange), en eaux usées et eaux pluviales. La moitié droite de la carte représente la reproduction de la méthodologie mais par secteur géographique de BEEST. En vert, à l'extrémité de la carte, l'ensemble des typologies de flux inventoriés dans le cadre de l'étude.

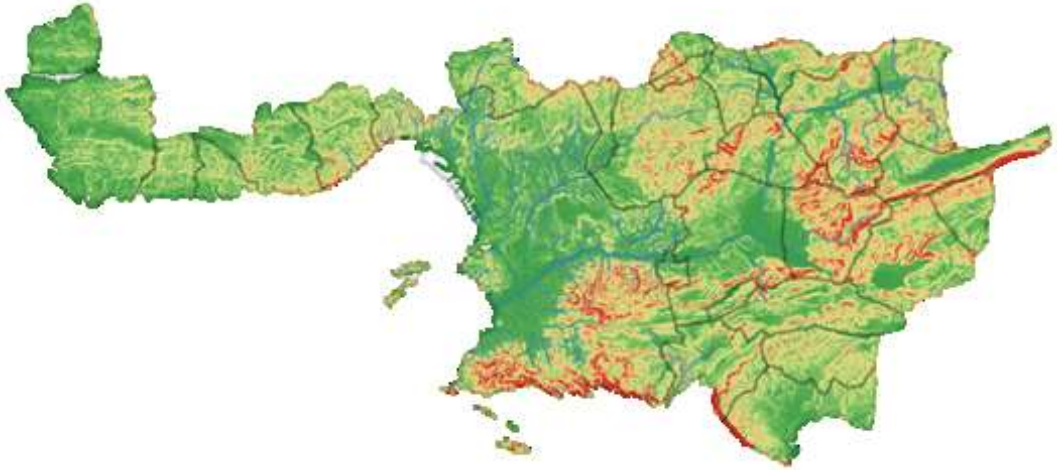


Figure 37 : Carte des pentes du territoire de Beest

Cette carte répertorie les pentes naturelles des cours d'eau et pluies sur Marseille et son bassin versant. Elle a permis d'estimer les volumes de ruissellement des eaux pluviales à partir de l'occupation du territoire et des valeurs de pluviométrie mensuelle.

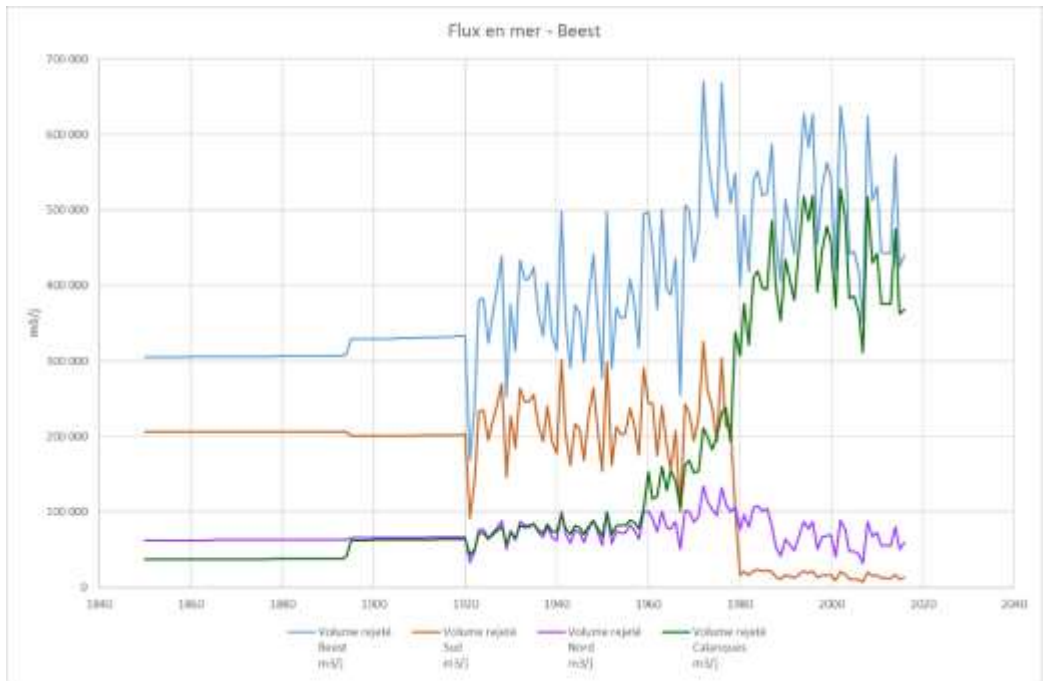


Figure 38 : Volume d'eaux rejetées par secteurs

La mission de SERAMM et du LYRE consistait, dans BEEST, à retracer l'évolution dans l'espace et le temps des pressions associées aux eaux urbaines depuis 1850. Cette option d'une étude sur les 168 dernières années ne permet pas de prendre en compte les altérations antérieures du milieu marin (rejets directs dans le Vieux-Port pour le cœur urbain de Marseille, dragages...), faute de documentation suffisante. Mais, sur le plan spatial, en séparant Marseille et son bassin versant en trois secteurs distincts (nord, sud et calanques), la sectorisation permet d'établir des comparaisons en fonction des différents vecteurs de pressions subies par telle ou telle partie du territoire, depuis leur lieu d'émission jusqu'à leur exutoire (naturel, bassin versant, bassin de collecte).

Toutes les eaux tombant du ciel ou pompées pour être distribuées ont été quantifiées et classées jusqu'aux exutoires marins en fonction de leur parcours : « volumes collectés traités », « volumes collectés non traités » et « volumes non collectés » et ce pour chaque commune, puis compilées par secteurs.

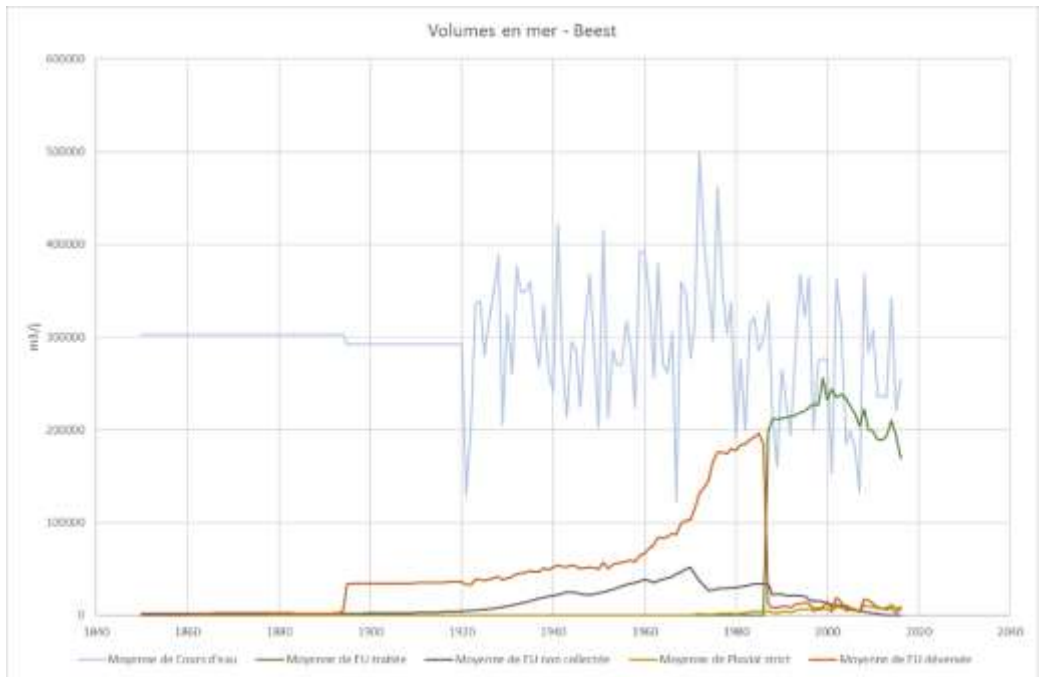


Figure 39 : Volumés rejetés par type d'eaux

Sur la Figure 39, on distingue la part de rejets non collectés qui se sont, entre autres, déversés dans la mer. On retrouve en « rejets collectés non traités » la prise en compte de l'aménagement du réseau d'assainissement de Marseille, avec le grand émissaire qui se jetait directement dans la calanque de Cortiou. Apparaît aussi le premier réseau de collecte des eaux pluviales, à compter des années 70. Enfin, les « rejets non traités » deviennent les « rejets traités » à partir de la mise en service de la station d'épuration au milieu des années 80.

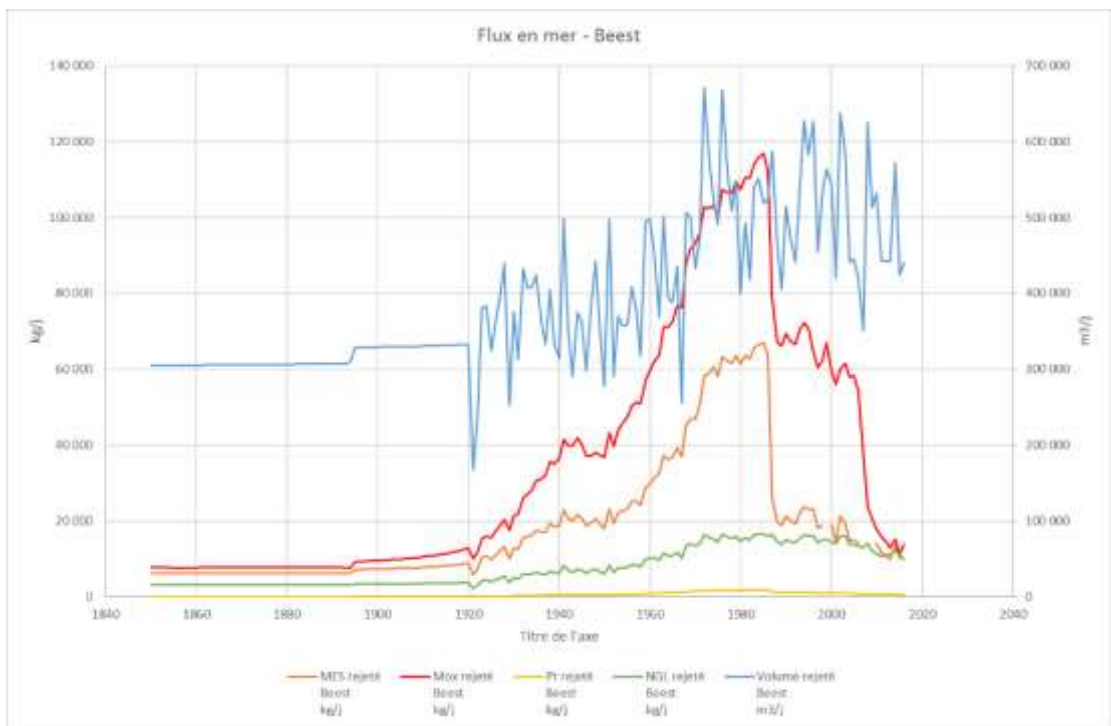


Figure 40 : Evolution des flux de contaminants rejetés dans le milieu marin de l'ensemble du territoire

A partir de l'évaluation des flux globaux, leur charge en contaminants a été calculée selon les données accessibles (analyses d'autosurveillance) ou par l'intermédiaire d'indicateurs.

Sur ce graphique, les courbes ascendantes sont ainsi liées à la démographie, aux changements dans la consommation des ménages et à l'évolution du réseau d'assainissement.

L'effondrement de deux des courbes s'explique par la mise en service des deux tranches de la station d'épuration qui a permis d'améliorer la qualité des eaux rejetées à la Calanque de Cortiou comme le montre la figure 41.

Les efforts de la collectivité ont donc permis de redescendre à un flux de macro-polluant à la mer du même ordre que celui des années 20 du siècle dernier, il y a un siècle.

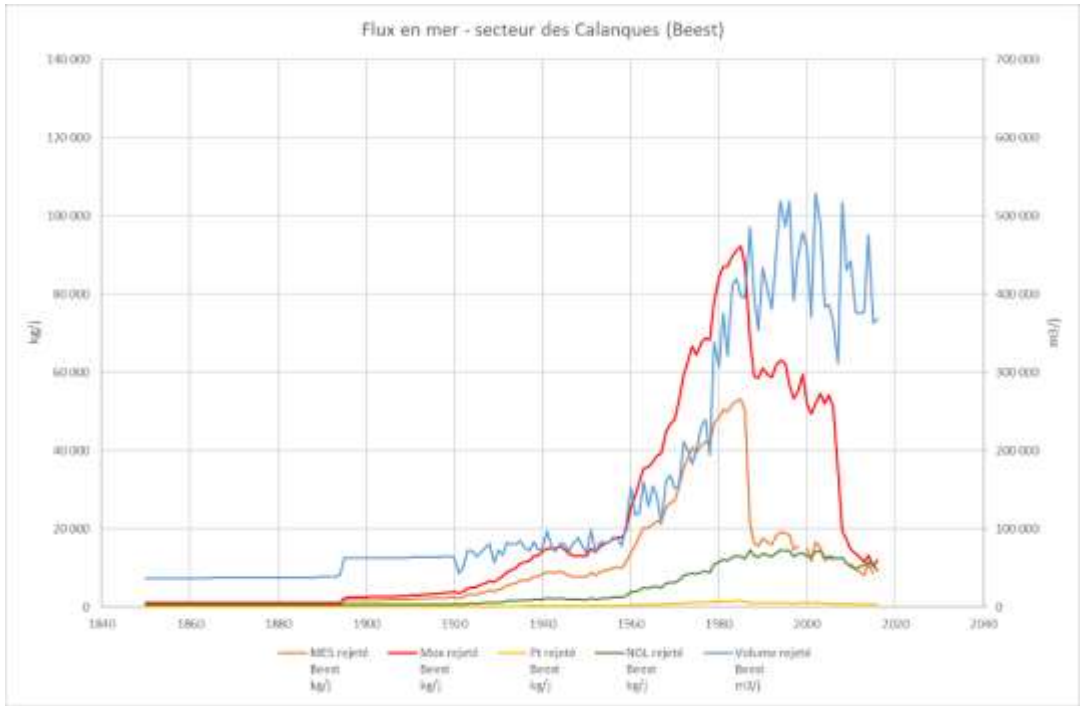


Figure 41 : Evolution des flux rejetés à Cortiou

Pêche, nautisme : la mer comme puits sans fond

Dès les années 1850, les historiens notent l'essor de la pêche de loisir à Marseille dans le monde ouvrier. Elle s'imposera peu à peu comme un élément de l'art de vivre à la marseillaise et participera au développement des cabanons le long des côtes. Des illustrations et des ouvrages du 19^{ème} et du début du 20^{ème} siècle témoignent des alignements de ces édifices sommaires, à Endoume ou dans l'anse du Prophète avant les premiers aménagements de la Corniche.

A la même époque, le Vieux-Port n'est qu'un enchevêtrement de mâts où les embarcations des pêcheurs se mêlent aux bateaux de commerce. C'est aussi au 19^{ème} siècle qu'émerge la pratique des joutes, le plus ancien sport marin connu à Marseille, dont l'Estaque restitue chaque année l'atmosphère enfiévrée, et les régates de voiliers, la première étant organisée à l'initiative de pêcheurs et de plaisanciers en 1846. La première société nautique naît en 1862, le CNTL en 1882, la Société Nautique, toujours au Quai de Rive-Neuve, en 1887... Cet engouement de la population conduit la ville à aménager de nouveaux ports de plaisance entre l'Estaque et la Pointe-Rouge.

Parallèlement, la pêche commerciale s'industrialise avec des bateaux aux capacités sans cesse accrues et des méthodes de prélèvement des ressources marines à la fois plus fines et plus massives. Si les prud'homies de pêche ont été recensées à Marseille dès le Moyen-Age, l'Etat restructure l'organisation de l'activité professionnelle en 1859. La Halle aux poissons s'implante en 1909 pour la vente en gros et « à la criée » sur le Vieux-Port où elle demeure jusqu'à son transfert sur le port de Saumaty dans les années 70.

Cette histoire des différents usages du plan d'eau se heurte néanmoins à bien des carences dans les connaissances. Il n'existe pas de statistiques anciennes sur les tonnages pêchés, les espèces privilégiées... Un manque de données révélateur d'une période où l'analyse des conséquences des activités humaines sur la mer et l'environnement suscitait finalement peu d'intérêt.

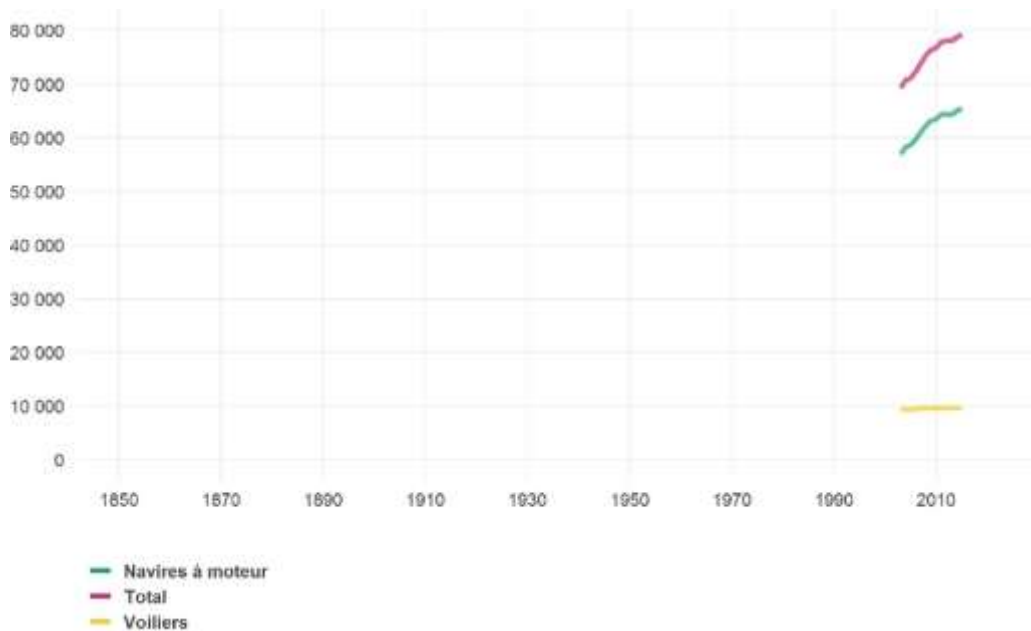


Figure 42 : Evolution de l'immatriculation des navires

L'absence de données disponibles sur la période antérieure ne permet pas d'apprécier l'évolution historique de la plaisance. La progression est toutefois notable sur les 20 dernières années.



FIG. 21 – Traditionnellement pratiquée à Marseille, la pêche à la ligne connaît un essor remarquable à la fin du XIX^e siècle, en devenant un des loisirs préférés des milieux populaires. L'angle du quai aux Huiles, à proximité du marché aux appâts, est un poste âprement disputé. Carte postale de la première décennie du XIX^e siècle, AD BdR, 88 Fi 335.

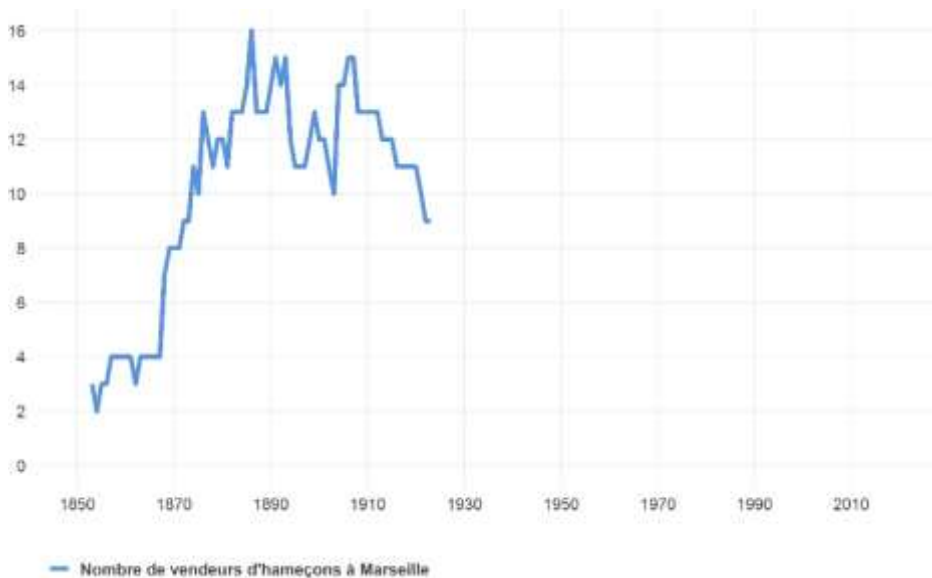


Figure 43 : Evolution du nombre de vendeurs d'hameçon

L'évolution du nombre de fabricants et marchands d'hameçons à Marseille entre 1853 et 1923, relevé par Daniel Faget, témoigne de l'engouement pour la pêche à la ligne ou à la palangrotte à l'aide de petites embarcations. La presse locale relate ce goût de la population pour cette activité (en 1893 dans *Le Petit Marseillais*) qui aura sans doute des conséquences sur l'abondance des appâts naturels prélevés dans le milieu marin (comme les Sabellarias).

En mer : un écosystème marin en mutation profonde



Sur le siècle et demi objet de l'étude, de nombreuses transformations s'opèrent dans la pratique de la mer par les hommes. La pêche pèse sur la ressource halieutique par l'adoption de procédés de plus en plus performants : motorisation et mécanisation des navires, pêche à la dynamite, au cyanure, à la javel, filets traînants (eissaugue, tartanon, gangui, pêche au boeuf...), filets flottants dérivants (sardinal), palangre, filets nylon plus efficaces que le coton, treuils hydrauliques pour lever filets et palangres, jusqu'aux sonars et radars dans les bouleversements les plus récents pour détecter les bancs de poissons. La pêche de loisir n'est pas en reste à travers le temps : les pêcheurs amateurs prélèvent dans certaines zones des tonnages parfois équivalents à la petite pêche côtière, mais sans contrôle, ni quotas ! L'adaptation des modes de conservation du poisson à bord, avec la congélation, ou d'acheminement vers la terre (cages flottantes pour transporter les poissons vivants) prolonge les périodes de sortie des bateaux en améliorant leur capacité de stockage. Mais la pêche subit également les contraintes de la réglementation européenne, nationale ou locale, en particulier sur le dernier demi-siècle, qui s'applique aux zones de pêche ou à la protection de certaines espèces, ce qui implique une perte de liberté pour l'homme de la mer.

Le milieu marin a souffert des pollutions ponctuelles (naufages de pétroliers, dégazages sauvages...) et des effets du changement climatique

(montée des températures de l'eau, acidification, surélévation du niveau de la mer, espèces invasives...) qui fragilisent, menacent ou altèrent le stock disponible et les écosystèmes côtiers.

Selon le MIO, les premiers propos alarmistes sur le déclin de la ressource en Méditerranée à cause d'une surexploitation datent de la fin du 18^{ème} siècle ! Le contexte de pêche a évolué aussi sous la pression démographique pour nourrir la population. Il a muté avec la colonisation, les concurrences intra-européennes sur les eaux, la mondialisation des échanges...

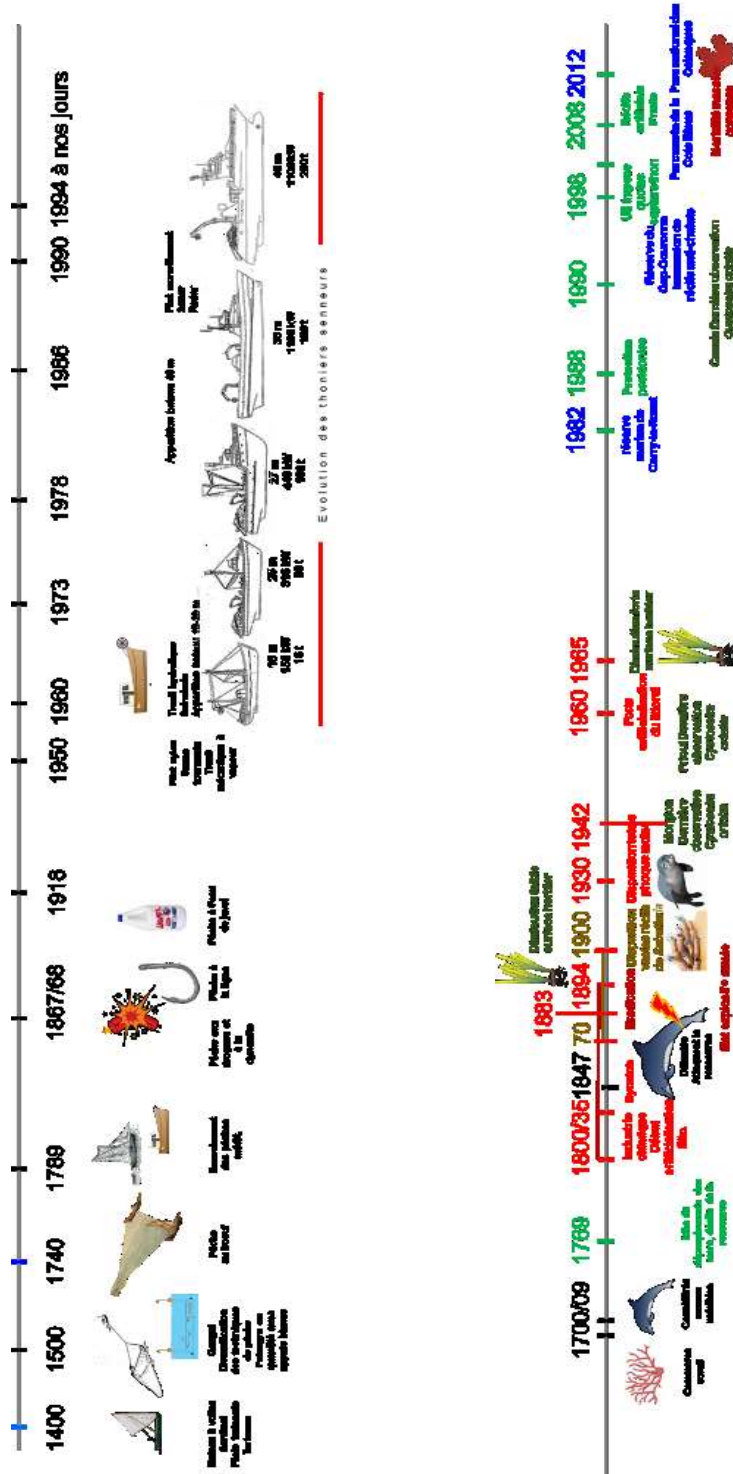


Figure 44 : Frises chronologiques marines

Cette frise met en perspective sur une échelle de temps les évolutions des techniques de pêche, des flottes de navires et les atteintes et protections effectuées sur la faune et la flore marine et sous-marine.

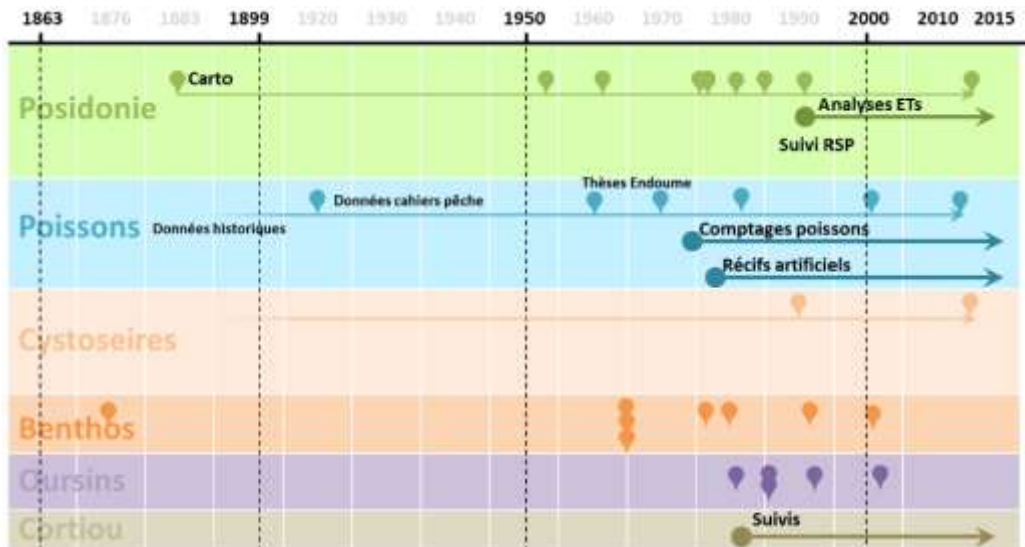


Figure 45 : Disponibilités des données marines

Dans sa recherche de données sur l'évolution du milieu marin sur le littoral marseillais, le MIO a pu recenser plus de 150 références scientifiques en ligne et plus de 330 dans la littérature grise depuis 1863. Cette illustration résume les champs d'investigation thématiques sur les herbiers de posidonie, les peuplements de poissons, les forêts de cystoseires, les oursins et quelques invertébrés ainsi que les types d'informations accessibles, les bulles indiquant la date précise des études collectées. Le MIO a parallèlement puisé dans les ressources bibliographiques de sa plate-forme macrophytes qui contient plus de 200 références sur les poissons sur la seule zone de Marseille depuis 1863. Enfin, des bases d'informations telles que la plateforme cartographique MEDTRIX qui compile les résultats des réseaux de surveillance du milieu marin côtier de la côte méditerranéenne française ou le portail des données marines de l'IFREMER (Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer) ont été consultées pour enrichir l'étude, comme les journaux des archives municipales, sources de mémoire...



Les mammifères marins : un patrimoine menacé



Figure 46 : Gravure de la chasse aux Marsouins

Pêche d'un Marsouin. — L'équipage du remorqueur *l'Utile*, de la Compagnie Chambon, a pêché, dans la journée d'hier, un superbe marsouin. Il était de dimensions peu communes et, en le dépeçant, on s'est rendu compte de la voracité de ce monstre qui avait englouti, depuis quelques heures à peine, plus de 10 kilos de poissons tels que sardines, maquereaux, girelles et autres petits poissons. Nous ne saurions trop féliciter ces hardis pêcheurs qui se consacrent à la chasse de ce forban qui dépeuple notre golfe.

Si les équipages des remorqueurs de notre port consacraient leurs loisirs à cette pêche, on en aurait sans doute bientôt fini avec les marsouins, dont les déprédations empêchent le repeuplement de nos eaux, compromis par tant de causes sur lesquelles il faudra bien tôt ou tard jeter les yeux.

Figure 47 : Pêche d'un Marsouin - Le Petit Provençal - 23 juillet 1894

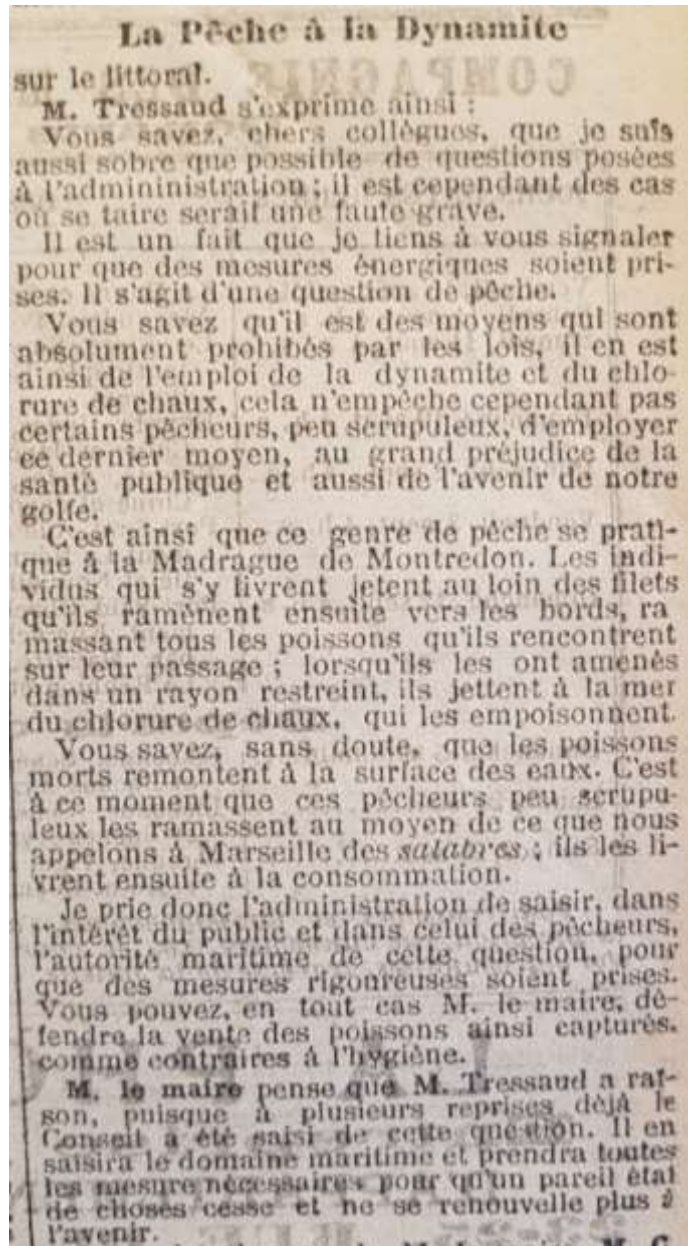


Figure 48 : La pêche à la dynamite - Le Petit Provençal - 17 janvier 1922

Dans la baie de Marseille, les cétacés étaient nombreux au XIXe siècle. Mais lorsqu'ils ne servaient pas à l'alimentation ou à la production d'huile pour l'éclairage, les communautés de pêcheurs percevaient les mammifères marins comme une menace parce qu'ils redoutaient leurs attaques ou convoitaient les mêmes proies. L'homme ne s'est d'ailleurs pas privé de tenter de les éradiquer jusqu'à provoquer l'extinction locale de nombre d'entre eux ! Les marsouins et les phoques moines, par exemple, ont disparu à Marseille et ne sont plus signalés en Méditerranée nord-occidentale. Des primes étaient aussi offertes par les prud'homies de pêche, les Conseils Généraux et l'administration de la marine pour détruire les dauphins avec des systèmes très élaborés, se dépliant en croix pour perforer leur estomac, du harponnage ou encore à la dynamite à l'image des 80 dauphins massacrés à La Ciotat en 1893 !

Au début du XXe siècle, le gouvernement français a même envoyé régulièrement des torpilleurs de la Marine Nationale afin de les exterminer.

Il faudra attendre les années 1970 pour que les premières réglementations voient le jour afin d'enrayer leur destruction sur le territoire national en interdisant leur mutilation, leur naturalisation, la détérioration de leur habitat, la perturbation, la capture ou l'enlèvement intentionnel.

Considérés désormais comme partie intégrante du patrimoine naturel méditerranéen, parce qu'ils participent à la dynamique et à la régulation de la ressource ichthyologique, les mammifères marins constituent des espèces en danger critique d'extinction. Ils figurent dans la liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) et sont à ce titre protégés.

Le corail : saccagé puis préservé

Utilisé pour des bijoux, des amulettes et comme médication, le corail rouge a joué un rôle important dans les activités commerciales en Méditerranée, surtout depuis le début du 18ème siècle, et en particulier dans la région marseillaise.

Vivant dans des habitats rocheux entre 5 et 700 mètres de profondeur, il a d'abord fait l'objet de récoltes en plongée libre dans les zones les moins profondes, puis d'arrachages par le biais de techniques de plus en plus perfectionnées et destructrices, depuis de vieux filets (radasses ou fauberts) aux croix de Saint-André. Ces croix pouvaient mesurer jusqu'à 5 mètres d'envergure. Si elles sont interdites en France et dans la plupart des pays, les derniers bateaux à les avoir utilisées ont été répertoriés en Corse au début des années 1980.

Le corail rouge est aujourd'hui protégé par son inscription à l'annexe II de la convention de Berne et à l'annexe III de la convention de Barcelone, mais son exploitation n'est pas interdite. Les stocks doivent être gérés, compte tenu de la lente croissance des gisements corallifères. La pêche est réglementée depuis 1976 par un système de licences, de quotas, de taille minimale et de mise en jachère afin de permettre aux sites de se régénérer et d'éviter un épuisement définitif de la ressource. Le braconnage reste néanmoins une menace pour l'espèce.

Les récifs d'hermelles ou Sabellaria : un appât de pêche épuisé

L'exemple de l'hermelle (*Sabellaria alveolata*) nourrit la mémoire de la biodiversité marine de Marseille et de l'histoire de la pêche amateur et à la palangre. Cette espèce était utilisée comme appât. Son existence, sous forme de colonies ou récifs, est attestée dans le golfe de Marseille dès la fin du 19^{ème} siècle. Collectée par des petits métiers pour la vendre aux pêcheurs et plaisanciers (ils sont près d'un millier en 1882 inscrits au quartier maritime), bien adaptée aux hameçons des palangrottes et de la pêche à la ligne, elle a subi, selon les évaluations de l'époque, un prélèvement estimé à un minimum de 50 000 kilos par an entre 1880 et 1900. Un marché aux appâts existait en 1880 sur le quai de Rive-Neuve à Marseille. A partir du début du 20ème siècle, les gisements de *Sabellaria* sont épuisés. Elle illustre l'impact de l'Homme sur le paysage littoral et de la non-récupération de l'environnement, même en cessant la source de l'impact sur la ressource.

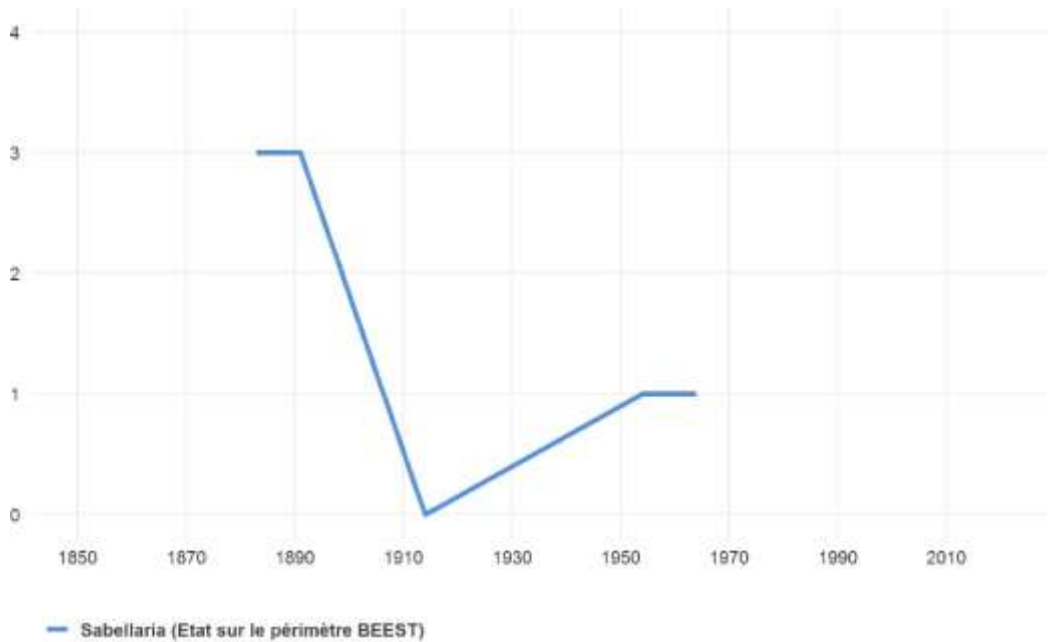


Figure 49 : Evolution des Sabellarias

Pour élaborer cette courbe d'évolution des Sabellaria, BEEST a défini pour chaque période un coefficient de 1 à 4, établi en fonction des éléments historiques collectés. Quand un témoignage, un document faisaient état d'une forte présence de Sabellaria, le coefficient 4 était appliqué.

Lorsque, au contraire, il évoquait une quasi-absence ou disparition de l'espèce, le coefficient 1 était attribué. Cette méthode a permis de numériser des ressources documentaires sur des quantités qui n'existaient pas afin de conforter les données sur le milieu marin. Elle a été utilisée également pour les oursins.

Les oursins : des stocks en raréfaction

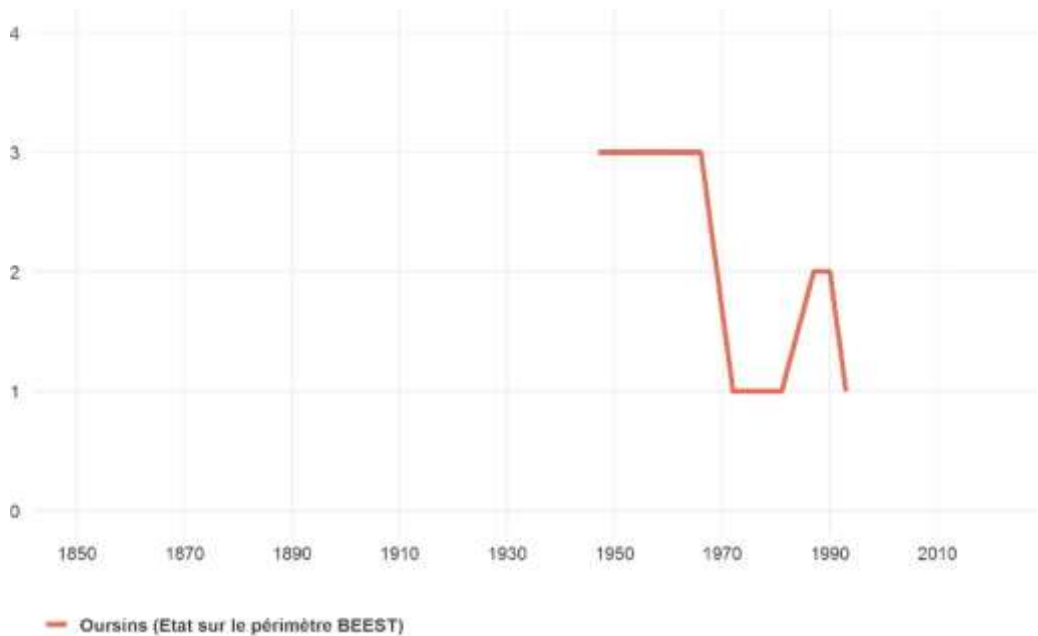


Figure 50 : Evolution des Oursins

L'oursin comestible (*Paracentrotus lividus*) est prélevé par l'homme depuis l'antiquité. Son activité de brouteur d'algues peut modifier le paysage végétal marin. Par rapport aux étoiles de mer, concombres de mer, crinoïdes ou ophiures, il est le seul échinoderme d'importance économique en France. Jusqu'en 1966, les quantités d'oursins pêchées avoisinaient 700 à 800 tonnes par an, partagées en quantités équivalentes entre la Bretagne et la Méditerranée. A partir de 1970, les quantités totales débarquées commencent à diminuer.

Sa pêche en Méditerranée est soumise à des réglementations concernant la taille minimale, la période et la technique de prélèvement. Cependant, malgré ces restrictions, les populations sont moins abondantes. En 1987, les débarquements en Méditerranée plafonnent à 200 tonnes en moyenne (pour 20 tonnes en Bretagne). Le Quartier maritime de Marseille, principal site de débarquement, comptabilise 128 tonnes d'oursins en 1990, à 69% pêchées durant les mois de janvier, février et octobre. En 1993, seulement 45 tonnes hors novembre et décembre.

Quelles que soient les raisons de la raréfaction des stocks (surexploitation, maladies, conditions météo, modification du milieu...), le respect de la réglementation locale en vigueur est primordial pour préserver la biodiversité et la durabilité de la pêche professionnelle, de loisir ou la plongée sous-marine. Il reste cependant interdit, pour des raisons sanitaires, de les ramasser dans le secteur Madrague - Riou - Cap Morgiou et au niveau des rejets des stations d'épuration de Cassis et de La Ciotat.

Les posidonies, un révélateur de l'état du milieu

La posidonie parsème les fonds marins et certaines zones rocheuses. Cette plante très sensible aux variations du milieu produit des feuilles (formant des écailles à l'automne), des fleurs, des fruits, des racines fixées sur des tiges enfouies dans le sol appelées rhizomes. L'ensemble formé par les racines, écailles, rhizomes et le sédiment est appelé matte. Dès 1980, les scientifiques confirment le rôle majeur et emblématique joué en Méditerranée par l'herbier de posidonie dans les équilibres littoraux et mettent en exergue sa sensibilité aux pressions humaines et sa régression à proximité des grands centres urbains et industriels. Les gestionnaires d'espaces naturels et les politiques prennent dans le même temps conscience de la dégradation du milieu marin et des écosystèmes côtiers. Le suivi des herbiers de posidonie devient une priorité.

En 1984, naît le premier Réseau de Surveillance Posidonies (RSP) coordonné par le GIS Posidonie, avec le double objectif de surveiller à long terme l'évolution de l'état des herbiers de posidonies et d'utiliser ces herbiers comme indicateur biologique de la qualité globale des eaux littorales.



Figure 51 : Photo - Herbier de Posidonies

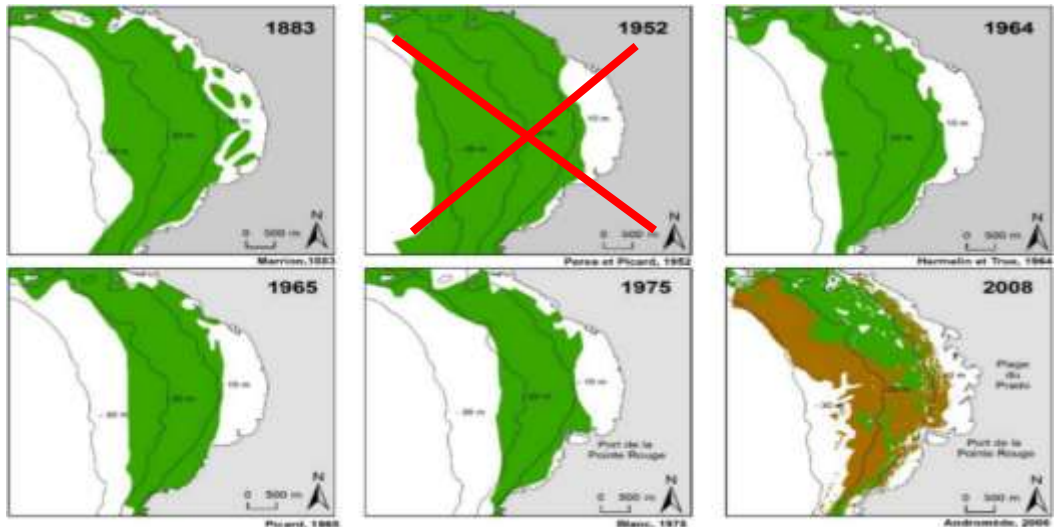


Figure 52 : Cartes anciennes des herbiers en face du Prado

A partir de cartographies anciennes des herbiers de posidonies, BEEST a tenté de mesurer comment le milieu marin marseillais a réagi aux différentes pressions accumulées sur le littoral. Même si ces cartes ne recouvrent pas toujours des territoires similaires, si elles manquent de précisions par rapport aux exigences scientifiques actuelles, elles apportent des informations pertinentes sur la présence ou non d'herbiers.

A partir des années 50, l'habitude de cartographier ces herbiers s'est généralisée, sans cependant toujours se fonder sur des critères et méthodologies similaires et comparables (apnée, plongée, repères visuels...), parfois même destructives (dragages, bennes...).

L'émergence de nouvelles technologies comme la photographie aérienne, la vidéo sous-marine ou les sonars couplées à des observations de terrain et à des solutions logicielles performantes de traitement d'image ont permis une appréhension plus réelle et exploitable de l'évolution du milieu et d'aboutir à des cartes à plus grande échelle.

Concernant les herbiers situés en face du Prado, la première d'entre elles date de 1883 (carte des biocénoses de Marion) et demeure un point de référence incontestable malgré une échelle à 1/125 000 et reste cohérente avec les dernières données de cartographie de la matte au sonar.

Pour évaluer l'évolution globale de l'herbier de posidonie sur le littoral marseillais, les cartes ont été digitalisées à l'échelle 1/50 000. Elles représentent les herbiers vivants en vert et les mattes mortes en marron. Elles sont considérées comme « informatives » et non pas « significatives ». Compte tenu des techniques mises en œuvre, la carte de 2008 est jugée la plus fiable, les autres ont une fiabilité jugée de faible à moyenne. Seule la carte de 1952 a été écartée, la surface décrite paraissant peu crédible notamment par rapport à la matte morte.

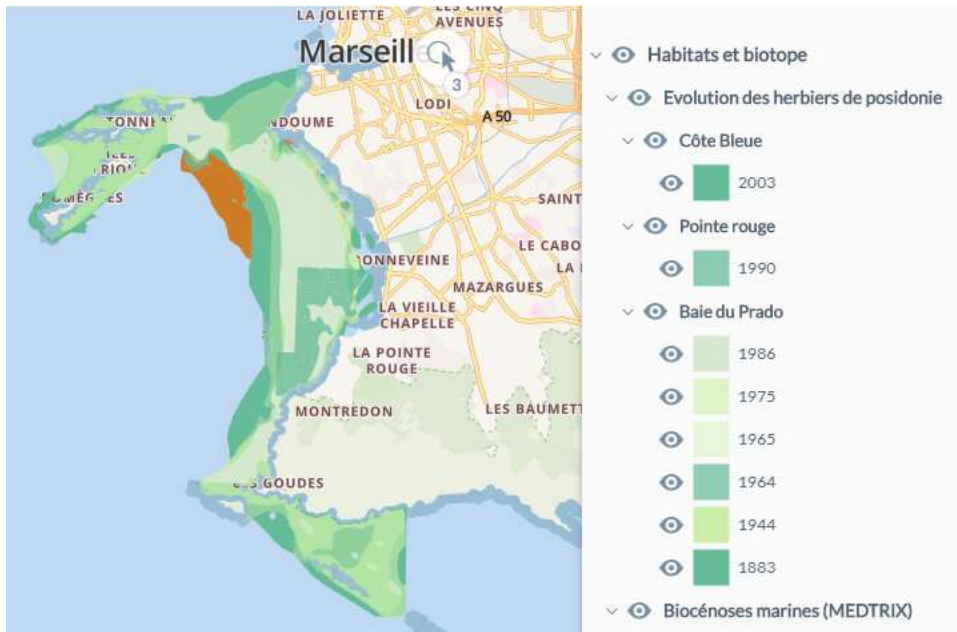


Figure 53 : Carte des herbiers de Posidonies (extrait de ChronoBeest)

Une fois ces cartes digitalisées, les surfaces des herbiers vivants ont été déterminées. La courbe de la figure 54 démontre que la surface en hectares s'est réduite de 1 084 hectares en 1883 à 439 hectares en 2008.

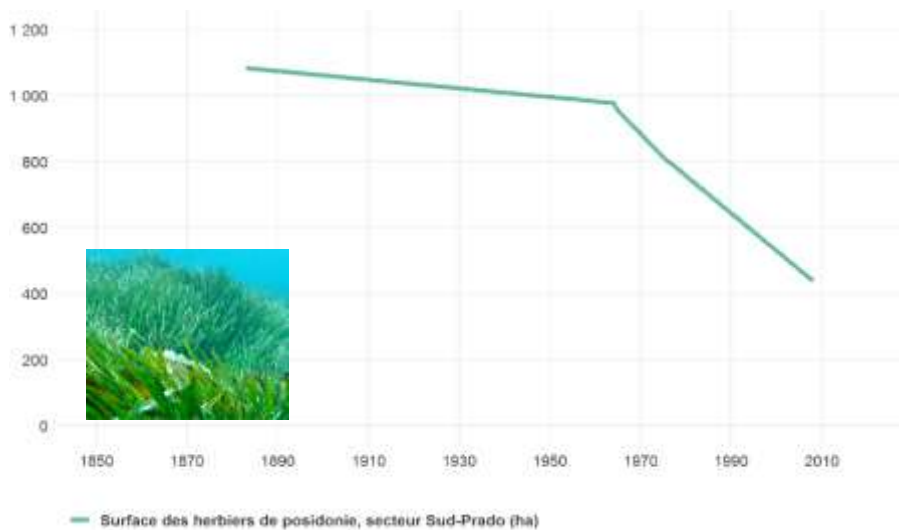


Figure 54 : Evolution de la surface des Herbiers du Prado

On notera la « cassure » de la figure 54, autour de 1964 qui indique un changement de trajectoire écologique avec une vitesse de régression de de l'herbier qui reste constant jusqu'à nos jours.

Afin d'avoir une idée générale de l'état global d'un herbier, des prélèvements autorisés de rhizomes ont été effectués localement afin de quantifier leur croissance et la production foliaire (fig 55 et 56).

Chaque site connaît une situation différente. Au Frioul, la croissance du rhizome est faible mais la production foliaire est bonne. A l'inverse, à Cassis, la croissance est meilleure mais la production foliaire plus faible qu'au Frioul. Au niveau de la rade Sud les valeurs de croissance du rhizome et de production foliaire sont significativement supérieures à toutes celles des autres sites.

La densité des herbiers a été mesurée dans les trois secteurs étudiés par BEEST. Les données démontrent qu'elle s'est plutôt améliorée dans le secteur Côte Bleue à des profondeurs inférieures à 25 mètres.

Sur le secteur sud (Prado), une amélioration est constatée dans les profondeurs de 12 à 16 mètres, mais la dégradation est sensible à plus de 25 mètres.

Dans les calanques, quel que soit le secteur (plateau des chèvres, Sormiou/Riou/Morgiou, Cassis), l'herbier recule en superficie mais continue de se développer, à un rythme néanmoins plus lent.

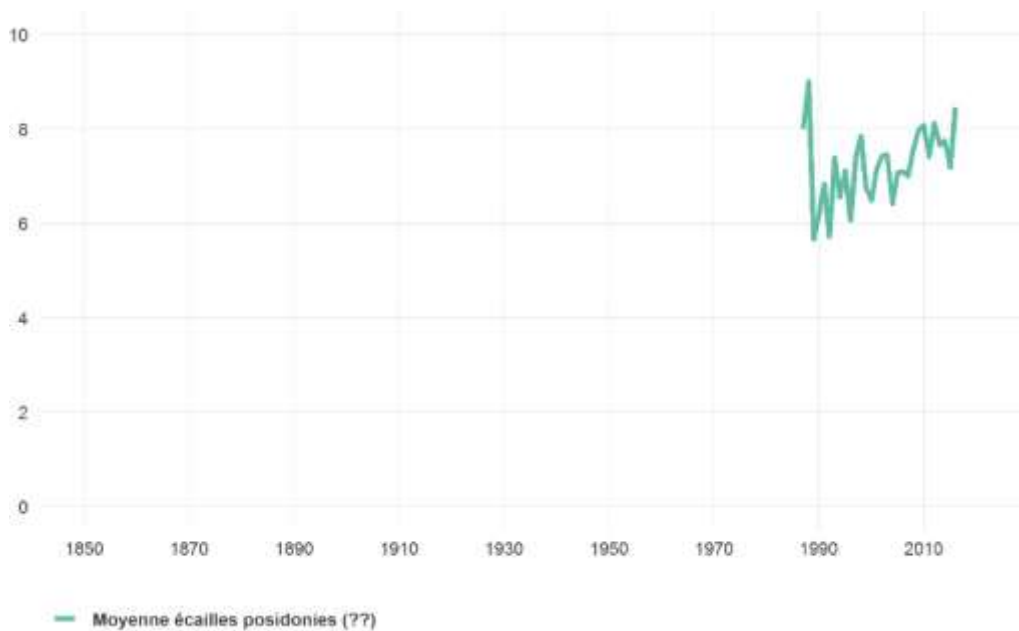


Figure 55 : Evolution des écailles (nb d'écaille/an) des Rhizomes de Posidonies - secteur Beest

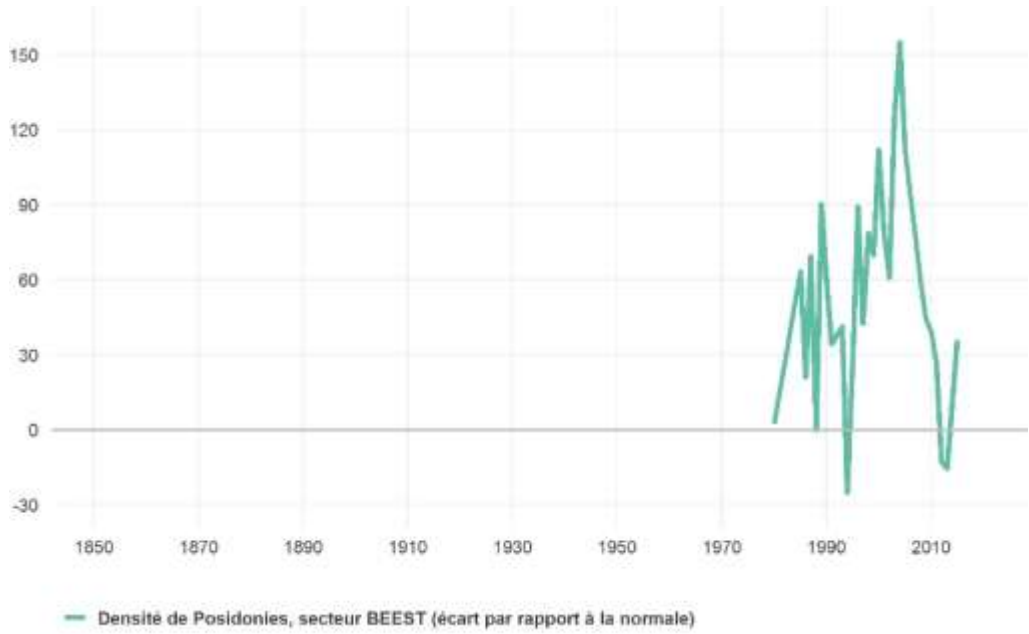


Figure 56 : Evolution de l'écart à la moyenne de la densité des herbiers de Posidonies

Les Cystoseires : vulnérables et sans protection

Les espèces du genre *Cystoseira* sur la frange littorale sont considérées comme indicatrices de la qualité des eaux, mais aucune ne bénéficie d'un statut de protection légal. L'espèce la plus abondante de zones rocheuses exposées est *Cystoseira amentacea*. Cette espèce endémique de Méditerranée se développe sous forme de ceintures très longues et denses. Sa position au niveau de la surface (de 0 à 10 mètres de profondeur) la protège des espèces herbivores mais la rend très vulnérable aux pollutions. Au 19^{ème} siècle, des observations (Thibaut et al.) ont répertorié 106 spécimens de *Cystoseira amentacea* sur les côtes méditerranéennes françaises. Elles ont noté que cette espèce était décrite comme présente partout à Marseille, îles et Côte Bleue incluses. Au cours du 19^e siècle, 13 spécimens de *Cystoseira crinita* ont été également enregistrés entre 1815 et 1892 à Marseille. Durant le XX^e siècle, plusieurs enregistrements ont pu être énumérés entre 1942 et 2010. Les enquêtes de terrain n'ont révélé aucun individu observé à Martigues-Ponteau, Marseille et Cassis. Les premiers rapports d'une régression massive des cystoseires autour de l'émissaire de Cortiou ont été documentés dès 1964 par les chercheurs de la station marine d'Endoume.

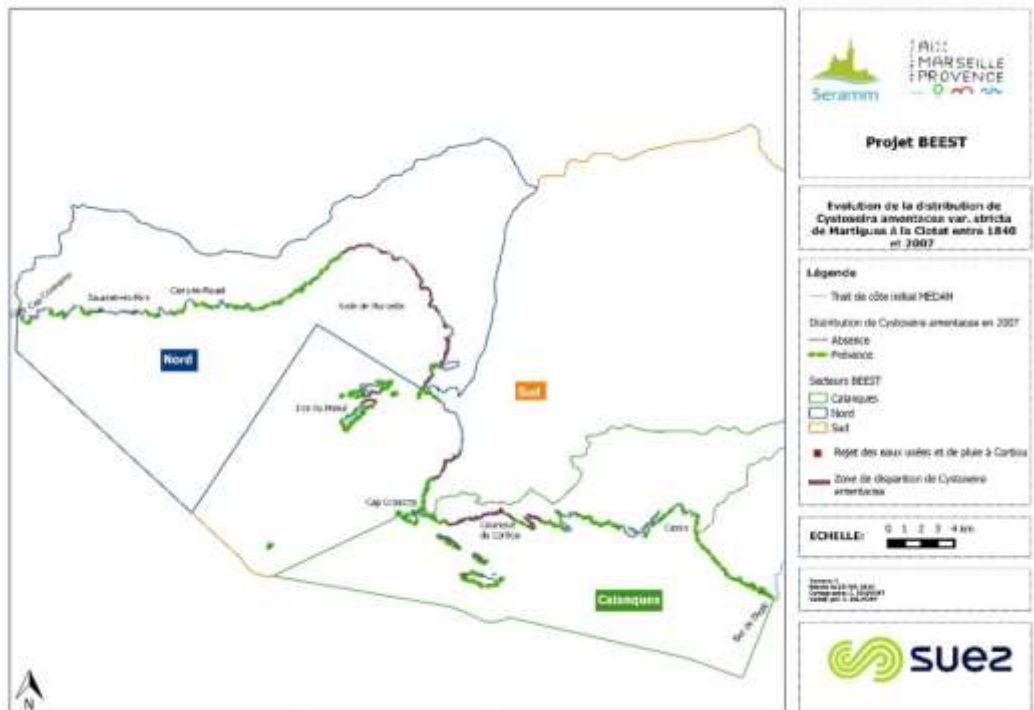


Figure 57 : Zone de répartition et disparition de *Cystoseira amentacea*

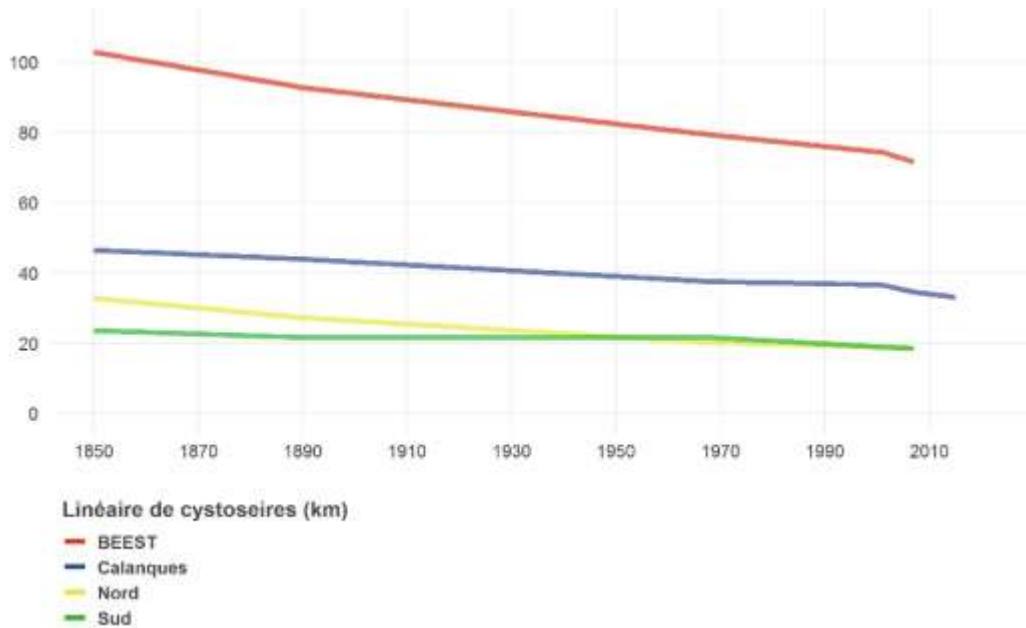


Figure 58 : Evolution du linéaire de *Cystoseira amentacée*

Depuis une vingtaine d'années, les scientifiques font état d'une diminution des communautés de cystoseires mais le recul sur le littoral remonterait beaucoup plus loin dans le temps selon les estimations réalisées dans le cadre de BEEST. Comme pour les flux polluants, l'étude s'est attachée à reconstituer la présence de linéaires à partir d'observations ponctuelles pour les périodes les plus anciennes et la prise en compte de la nature et de la configuration de la côte.

Les courbes montrent deux changements de trajectoires, le premier dans les années 1890 avec un ralentissement de la perte notamment dans les secteurs Nord et Sud et en 2002 une accélération de la diminution de linéaire dans le secteur des Calanques.

L'évolution de l'ichtyofaune de la baie

Il a été impossible de recueillir suffisamment de données fiables pour pouvoir retracer sur une longue période l'évolution de la qualité ou la quantité de poissons présentes dans la baie de Marseille. Les données chiffrées de pêche n'étant pas tracées en totalité, elles sont difficilement interprétables en l'état et reflètent difficilement la réalité.

Les données historiques sur le golfe de Marseille ont donc été complétées par la recherche d'informations dans la presse locale et auprès de pêcheurs, en particulier sur les captures de pélagiques (petits et gros), la présence de mérous et des mammifères marins.

Les pêcheurs professionnels interrogés de la Madrague de Montredon n'ont pas noté de changement sur la ressource à leur échelle (environ 20 ans d'activité) mais ont noté la disparition d'une algue brune surtout dans le secteur des Calanques ainsi qu'une recrudescence de plastique avec de gros rassemblements dans le secteur du Plateau des Chèvres.

Les témoignages de pêcheurs à la retraite confirment une baisse continue du poids des prises et parfois l'apparition, dans leurs filets, de nouvelles espèces. Ils notent aussi la dégradation du milieu avec les pollutions de matières plastiques et un usage de la mer de plus en plus anarchique (plaisance, plongée sous-marine, braconnage...).

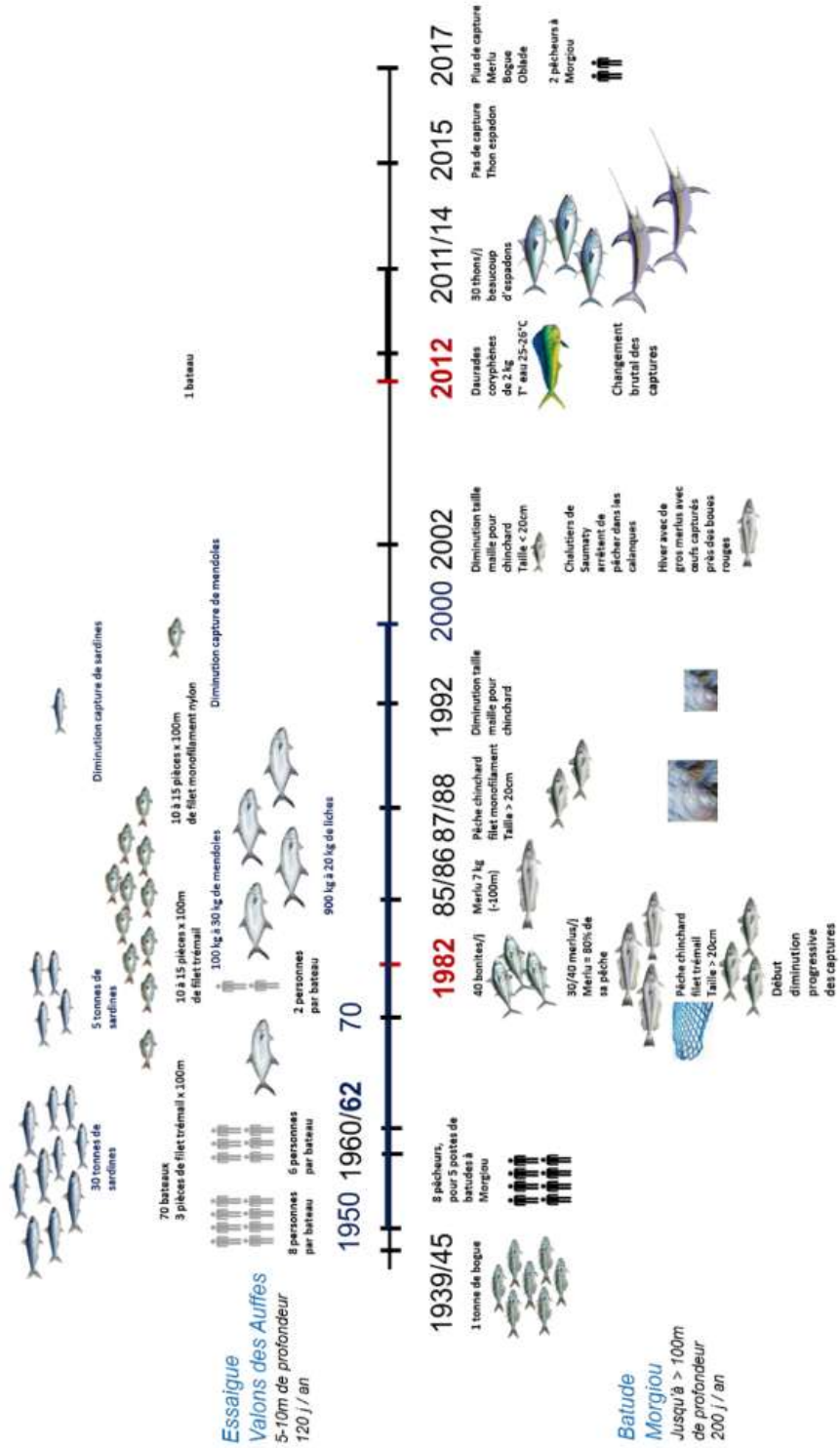


Figure 59 : Frise chronologique pêche et poissons

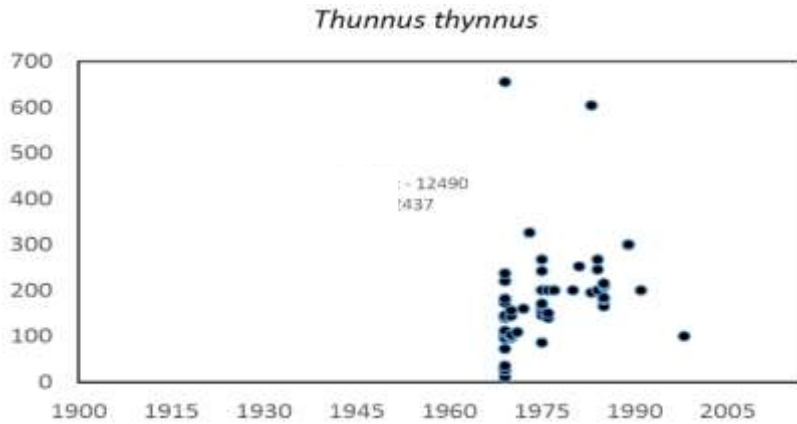


Figure 60 : Poids en kg du Thon rouge, des concours de pêches, relatées dans la presse locale

Pour le thon rouge (*Thunnus thynnus*), l'espèce était fréquemment citée notamment avec les concours de pêche sportive entre 1970 et 2000. En 1970, il y avait beaucoup de captures avec des individus de tailles élevées à faibles puis une diminution des prises jusqu'aux années 2000.

On peut cependant constater un relatif maintien du poids des thons pêchés, entre 150 et 300 kg, dans les années 70 à 90.

Les recherches dans la presse ont attesté de la présence de mérus de grandes tailles capturées par chasse sous-marine en mai 1970 (respectivement 25, 20, 17,13 et 7 kg) et septembre 1982 au Cap Croisette par 7 mètres de fond (20 kg). Cible principale de cette chasse, l'espèce s'est raréfiée en baie de Marseille. Elle est protégée par un moratoire. Le suivi mis en place sur la réserve de la Couronne démontre son retour dans les eaux et la progression de la biomasse qui illustre parfaitement bien la mise en place de ce type de solution (figure 61).

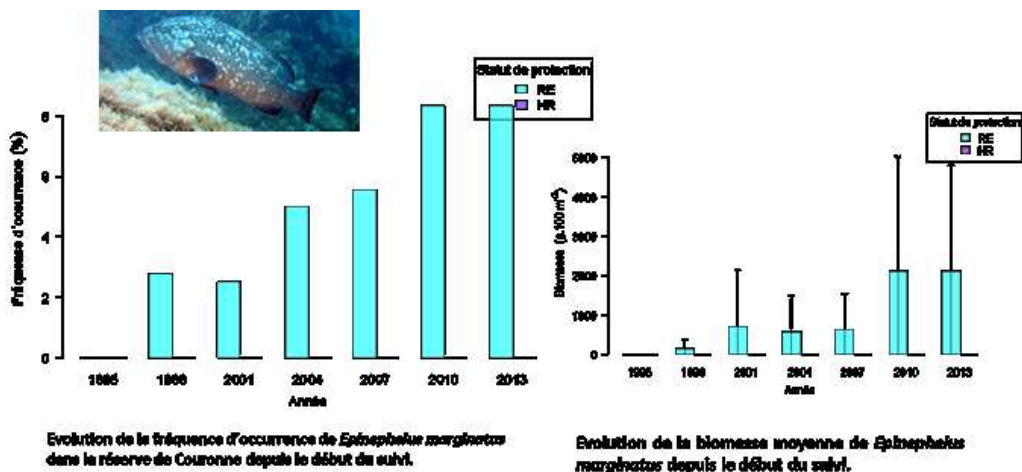


Figure 61 : Evolution des mérus dans la réserve de la Couronne

Poissons, mollusques et crustacés : une faune en recomposition

Les travaux effectués par le MIO dans BEEST révèlent une transformation, tout au long de l'histoire, de la composition des peuplements de poissons, des invertébrés et des modifications dans la végétation marine du littoral marseillais. Quelles que soient les espèces, il n'existe pas cependant d'observations opérées sur du long terme, seulement des données ponctuelles, parfois répétées pour une zone à plusieurs reprises mais généralement pas de manière régulière. Au mieux, dans quelques cas, des suivis de quelques années existent,

Afin de mieux comprendre les chapitres et figures qui suivent et expliquer les évolutions constatées dans les peuplements et la végétation, il importe préalablement d'expliquer ce qu'est un réseau trophique.

Dans un écosystème, les espèces sont reliées entre elles par des relations alimentaires qui peuvent se résumer par la question « Qui mange qui ? ». Ces relations constituent un réseau trophique. On parle de niveau trophique pour désigner le rang qu'occupe un être vivant dans ce réseau. Le niveau trophique le plus bas est occupé par les producteurs primaires (phyto, zooplancton,...), le niveau le plus haut par les super-prédateurs (dont l'homme).

Les poissons qui constituent l'ichtyofaune peuvent être regroupés en sept catégories trophiques définies par Bell et Harmelin-Vivien (1983).

- planctonophages diurnes : espèces de pleine eau s'alimentant la journée (bogues, picarels, castagnoles...)
- planctonophages nocturnes : espèces s'alimentant de zooplancton la nuit (barbiers, apogons...)
- herbivores : appartenant à ce groupe, la saupe est la seule espèce de poisson exclusivement herbivore présente en Méditerranée nord-occidentale
- mésocarnivores : prédateurs dont les proies ont une taille moyenne telles des crustacés ou des mollusques (labres, sars, pageots, rougets barbets...)
- omnivores : espèces ayant un large spectre alimentaire et généralement opportunistes en fonction de la ressource disponible (sars à museau pointu, dorades, mulets...)
- macro-carnivores : prédateurs de proies de grande taille par rapport à la leur, comme des crustacés, mollusques et éventuellement quelques petits poissons (certaines rascasses, pagres, serrans, anguilles, baudroies, merlus, mostelles...).
- piscivores, ou ichtyophages : prédateurs de proies de grandes tailles majoritairement composées de poissons (bars, chapons, congres, mérours, dentés, barracudas...).

Peuplements de poissons : richesse, densité et biomasse en évolution

La recherche s'est concentrée sur la littérature scientifique relative aux secteurs ciblés par le projet. La disponibilité des données variait selon les lieux et les périodes. L'analyse se base sur les données disponibles des années 1980 à 2012 sur deux sites privilégiés, la Côte Bleue (CB) où a été créé le Parc Marin de la Côte Bleue en 1982 avec des mesures de gestion en faveur de la conservation des peuplements de poissons, et le Plateau des Chèvres (PC), zone soumise à une forte influence du rejet de la station d'épuration et dans le Parc National des Calanques depuis 2012.

A travers l'expertise du MIO, BEEST a permis de rassembler des descripteurs d'évolution des compartiments biologiques tels que les assemblages de poissons des herbiers de posidonie, la richesse des espèces concernées, leur densité moyenne, leur biomasse (masse des êtres vivants présents dans un milieu donné à un moment donné), la taille des individus et la structure trophique (liens entre prédateurs et proies).

La richesse, la densité et la biomasse ont diminué sur les deux sites, avec une diminution plus marquée dans le Plateau des Chèvres (PC).

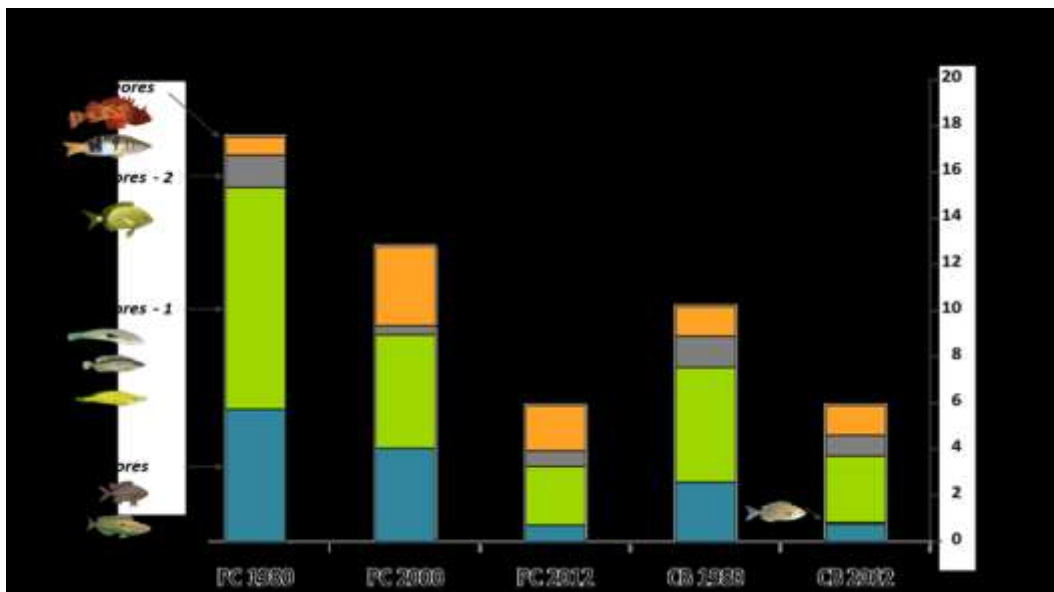


Figure 62 : Evolution de la structure trophique piscicole PC et CB

Mais au cours du temps, la structure trophique des assemblages a changé. Le niveau trophique moyen des assemblages de poisson était plus élevé en 2012 qu'en 1980, principalement au PC, devenant récemment plus conforme à celui de peuplements de poissons classiques des herbiers de posidonie.

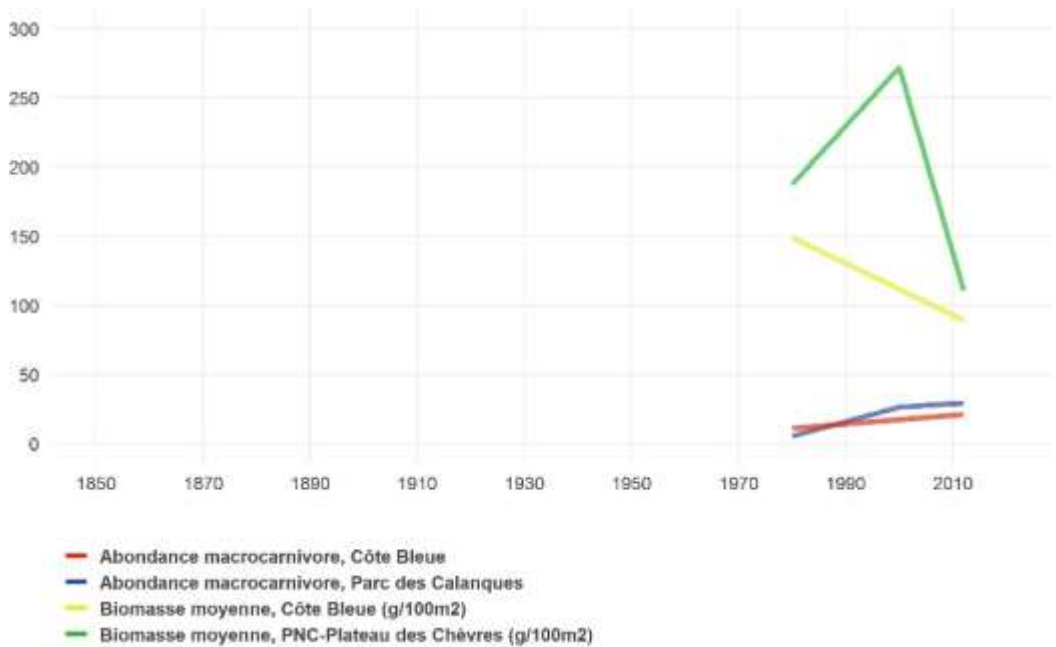


Figure 63 : Biomasse et abondance PC et CB

Ce changement semble répondre à l'amélioration du traitement physico-chimique et biologique des eaux usées avec notamment la diminution des poissons planctonophages et une augmentation relative des poissons macro-carnivores. D'autres facteurs bien entendu peuvent influencer la composition et l'abondance des assemblages de poisson, en particulier la pression de pêche et le changement climatique.

L'abondance des macro-carnivores progresse ainsi sur les deux réserves de la Côte Bleue et sur le plateau des Chèvres depuis une trentaine d'années. Elle a été multipliée par 2 sur la Côte Bleue et par 4 sur le Plateau de Chèvres. Pendant le même temps, la biomasse totale de poissons a chuté dans les deux zones.

A noter que l'on observe, ces dernières années, une prépondérance en augmentation de la catégorie trophique des herbivores hors et dans la Réserve de Carry-le-Rouet.

Réserves : un effet avéré aux variations pas toujours explicables

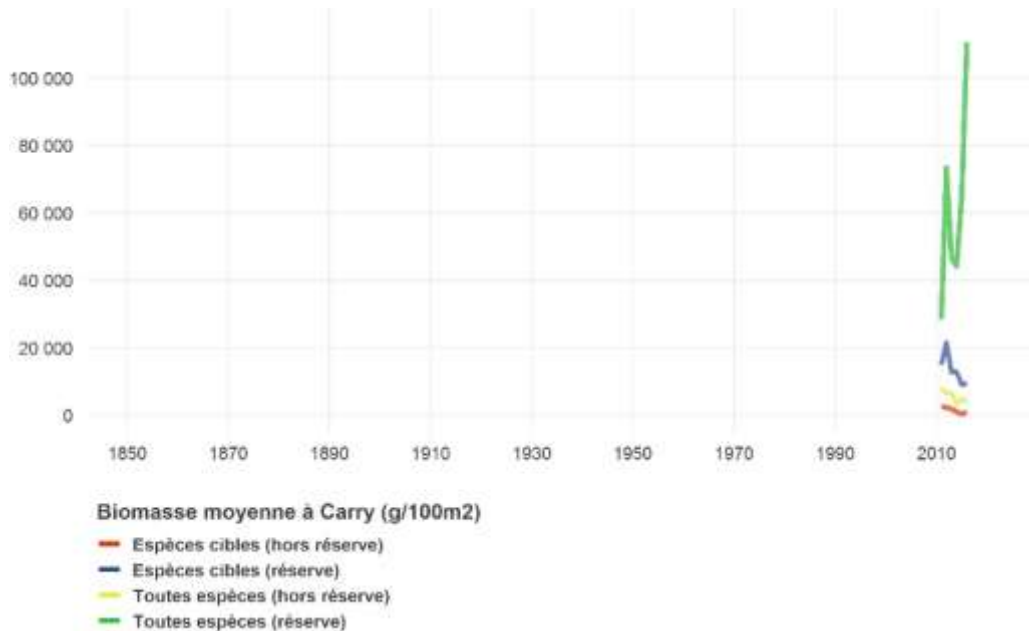


Figure 64 : Biomasse Hors et dans Réserve - Couronne et Carry

En 1982 naît la réserve de Carry-le-Rouet, avec le Parc marin de la Côte Bleue. Elle protège une superficie de 85 hectares de fonds typiquement méditerranéens d'herbiers de posidonies et de roches de 0 à 31 mètres de profondeur constituant 85% des habitats, ainsi que quelques îlots sableux. Des récifs artificiels expérimentaux y ont été aménagés à plusieurs reprises, sous différentes formes. Par ailleurs, des études ont été conduites à plusieurs périodes sur les peuplements, notamment par le Gis Posidonies.

La biomasse moyenne, toutes espèces de poissons confondues, est très significativement différente entre la réserve, où elle continue d'augmenter et l'extérieur de la zone sous protection.

La biomasse des espèces dites cibles (1) après avoir atteint un maximum en 2012 (> 26 kg en moyenne par transect) dans la réserve n'a cessé de diminuer depuis (environ 50%). Hors réserve, la biomasse moyenne d'espèces cibles est faible (0.5 à 3.3 kg par transect) et a fortement diminué depuis 2014. La biomasse des espèces cibles demeure néanmoins nettement plus élevée en zone protégée qu'en dehors.

- (1) Girelles communes, sar à tête noire, sar à museau pointu, crénilabre-paon, serran-chèvre, serran-écriture, labres merle, labre vert, dorade grise, rouget-barbet de roche, rascasse brune)

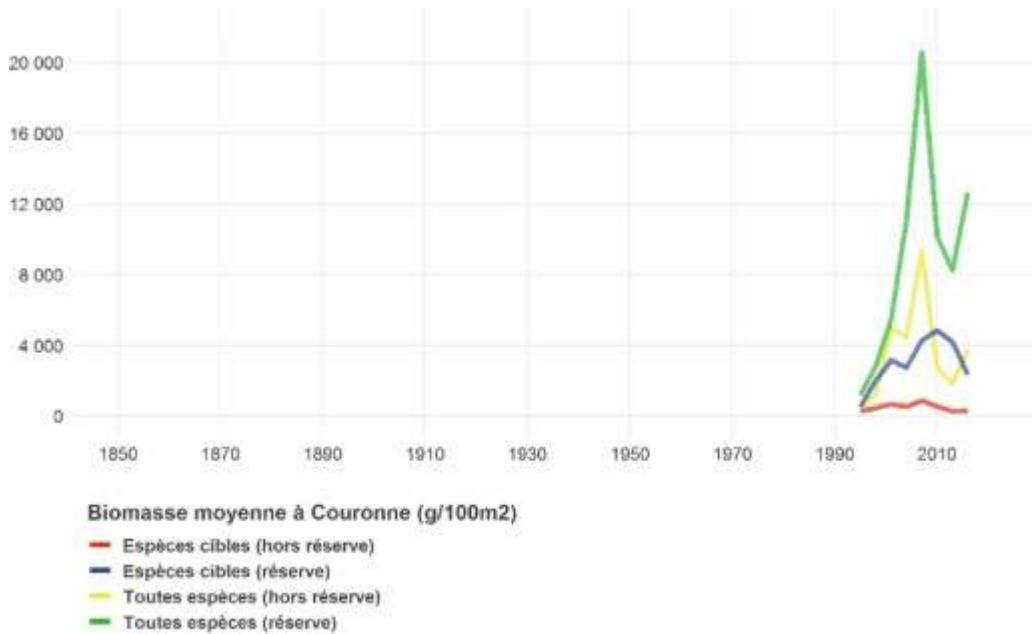


Figure 65 : Evolution des biomasses - Couronne

La réserve marine du Cap-Couronne (210 ha), réserve intégrale à une profondeur comprise entre -11 et -50 m a été créée à la fin 1996 au droit du Cap Couronne, à la demande du Comité Local des Pêches Maritimes (CLPM) de Martigues et des pêcheurs professionnels aux petits métiers du port de Carro. Ecologiquement riche et d'un grand intérêt pour la pêche locale, elle comprend une zone d'aménagement des fonds au moyen de récifs artificiels devant le Cap Couronne dans l'esprit d'améliorer les activités halieutiques.

La biomasse moyenne augmente fortement jusqu'en 2007, plus significativement à l'intérieur de la réserve qu'à l'extérieur, puis chute jusqu'en 2013 avant de repartir à la hausse. La similarité de l'évolution entre les deux courbes témoigne des variations naturelles, valables également sur Carry dont l'effet réserve est plus prononcé sur ce descripteur Biomasse.

La richesse spécifique demeure toujours plus élevée dans la réserve de Carry mais a fortement diminué partout entre 2007 et 2010 (moins de 12 espèces en moyenne par transect dans la réserve et moins de 9 hors réserve). Le point le plus bas est atteint en 2013.

Depuis 2007, la richesse spécifique est de l'ordre de 12 à 8 espèces en moyenne par transect de 80 m². Elle diminue dans la réserve comme en dehors de la réserve et elle est beaucoup moins élevée (en dessous de 10 espèces). En 2007, le nombre d'espèces était 1,4 fois plus élevé dans la réserve qu'à l'extérieur. La différence entre les années est hautement significative dans la réserve comme à l'extérieur.

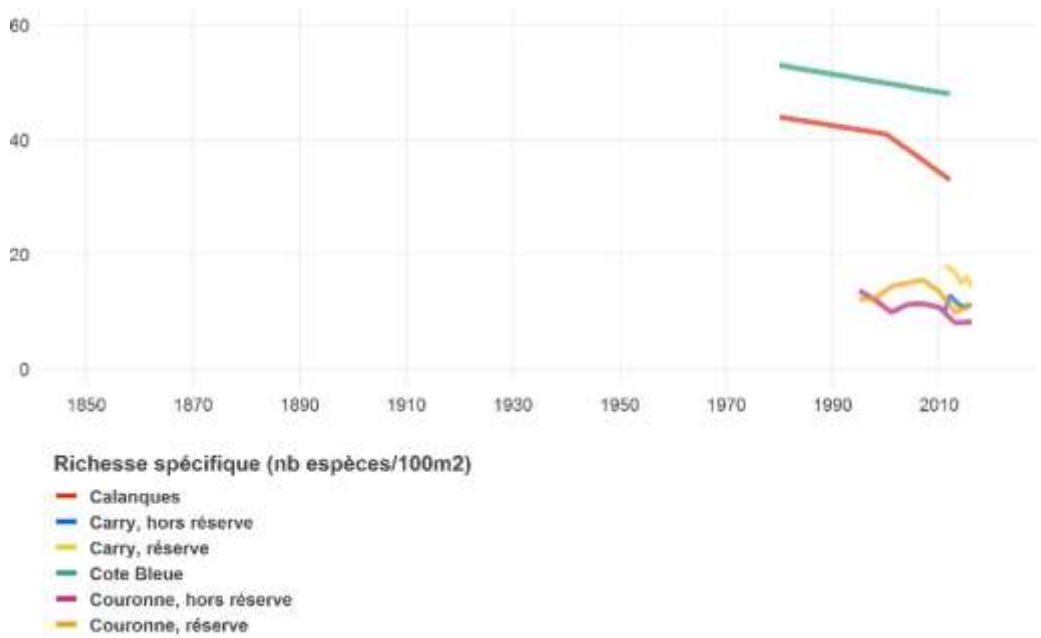


Figure 66 : Evolution des richesses spécifiques

Les richesses spécifiques de la Couronne et Carry sont similaires et 2 à 3 fois plus élevés que celles du plateau des Chèvres ou de la Côte Bleue. Toutefois, tous les secteurs étudiés montrent des richesses spécifiques qui continuent d'afficher une baisse tendancielle depuis une quarantaine d'années.

De la terre à la mer : un changement climatique à l'œuvre

Préserver la planète du réchauffement climatique semble devenu une priorité internationale, même si tous les Etats ne partagent pas encore ni l'analyse, ni les engagements ou les efforts. Marseille n'est pas épargnée par ces bouleversements. Nombre de données scientifiques en attestent.

En 40 ans, la température moyenne annuelle s'est ainsi élevée d'1,5° selon Météo France. Le cumul annuel des pluies, en dehors de quelques années exceptionnelles au-dessus de 700 mm (1990, 1991, 1995, 2002, 2008), diminue également avec des années 2016 et 2017 aux plus bas niveaux depuis 1990, hors 2007, au vu des calculs des services et pluviomètres de la Métropole.

Ces évolutions impactent les effluents circulant dans les réseaux d'assainissement des eaux usées et pluviales : à l'entrée de la station d'épuration de Marseille, leur température a augmenté de 3° depuis 2000. Le phénomène engendre la production d'H₂S, un gaz toxique, qui menace les égoutiers dans les canalisations, accélère la dégradation des installations et gêne aussi, la population, par les odeurs nauséabondes qu'il répand à la surface par les avaloirs : depuis 2000, le nombre de plaintes annuelles a doublé malgré les solutions techniques déployées.

Les perspectives ne sont pas plus rassurantes : lorsque le réseau a été construit à la fin du 19^{ème} siècle, les déversoirs d'orage avaient été calés à 40 cm au-dessus du plus haut niveau de la mer enregistré par le Marégraphe de la Corniche. En 2010, ils ont été remontés de 20 cm afin d'éviter que les entrées d'eau de mer ne parasitent les écoulements par temps de pluie et n'apportent aux effluents sulfates et chlorures. Les prévisions des scientifiques laissent entrevoir l'obligation de les surélever à nouveau de 10 cm avant 2050. A cette date en effet, la Méditerranée pourrait se situer à Marseille 10 cm plus haut qu'elle ne l'est en 2018 si la hausse moyenne estimée de 3 mm par an perdure.

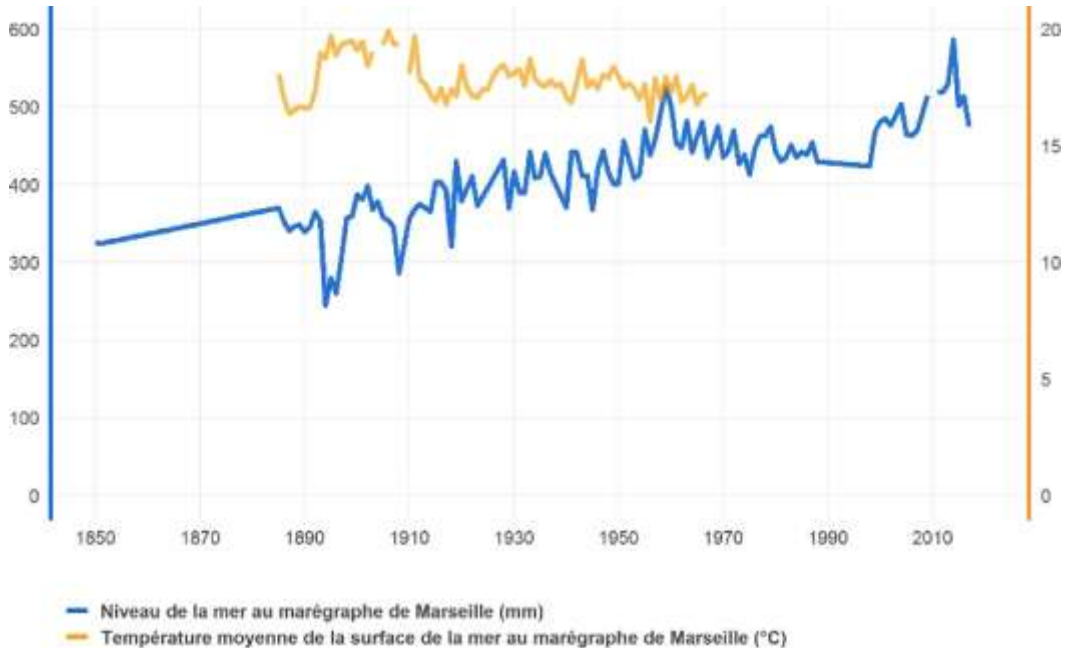


Figure 67 : Evolution des températures et de la hauteur de la mer

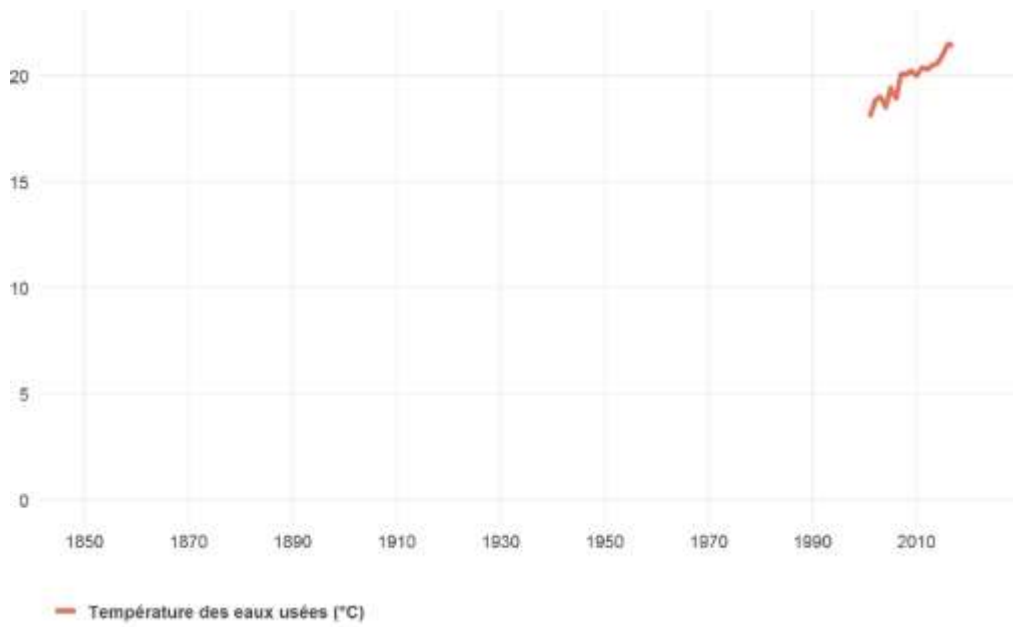


Figure 68 : Evolution des températures des eaux usées

Les points les plus novateurs ou surprenants...

Samuel Robert

« Nous n'avions jamais vu de travaux dont l'objectif initial, difficile à atteindre, visait à évaluer les effets anthropiques sur l'écologie marine. **Nous devons faire de la rétro-observation, c'est-à-dire reconstituer une observation a posteriori de l'environnement.** Trop de paramètres n'ont pas pu être pris en compte, mais on peut pointer des ruptures de courbes, des interactions entre les différents compartiments et bâtir un récit. **BEEST demeure une avancée car on a mis à jour des informations et enrichi nos questionnements sur l'évolution du littoral.** L'outil met en perspective des choix : que s'est-il passé dans l'histoire quand on a exprimé des choix similaires et qu'ont-ils produit ? »

Thierry Ohayon

« Au départ, l'idée consistait à mettre en évidence un bilan de biodiversité en mesurant que telle pression anthropique ou action pouvait provoquer tel effet positif ou négatif sur le milieu et ce, dans l'objectif de pouvoir mettre en œuvre des actions de compensation. Ce n'était pas simple à cause de la multiplicité des critères. **BEEST fournit un éclairage par une grille de lecture originale.** Des courbes démontrent que la station d'épuration n'a plus du tout entraîné les mêmes rejets dès lors que chaque étage a été mis en service en 1987 et 2007. Par la mise en forme des données, **l'outil donne une vision plus globale, étend la perspective** ».

Sandrine Ruitton

« BEEST a établi une méthode inédite pour recueillir les données essentielles pour ce genre d'analyse. **Sur certaines zones, les choses vont en s'améliorant et c'était intéressant de le synthétiser.** Mais faire comprendre pourquoi une observation atteste d'une amélioration demeure compliqué. Par exemple, lorsqu'on l'on constate que la qualité du milieu s'est accrue alors que la biomasse a diminué. Cela peut apparaître contradictoire... **La méthodologie a mis en évidence le manque de connaissances en biologie marine. Il est nécessaire d'instaurer des suivis à long terme.** Avec le changement climatique, on va souvent regretter de ne pas disposer de ces données, d'autant plus que son impact sera difficile à évaluer par rapport aux changements liés aux pressions anthropiques ».

Thierry Polard

« Ce qui est vraiment novateur, c'est la vision temporelle à long terme. Elle permet d'appréhender les grandes mutations qui se sont déroulées pendant cette période et que nous n'avions plus vraiment en tête parce que nous travaillons à améliorer la situation actuelle au jour le jour. Par exemple, sur les flux de matières oxydables. **On s'aperçoit que la situation actuelle est très nettement meilleure qu'il y a 40 ans. C'est un pas de recul sur la chronologie qui aide à mieux resituer l'état actuel dans une dynamique depuis des décennies.** L'effet de la station d'épuration était surprenant parce qu'il devenait visualisable. **Les stations sont parfois identifiées comme des sources de pollution. Cette étude révèle qu'elles dépolluent au contraire les flux du bassin versant. Le périmètre de Marseille se prêtait bien à cette mise en évidence** puisqu'on voit les deux décrochages liés aux deux étages de la station ».

Philippe Eloy

« Une fois que les données sont identifiées et collectées, on peut parler de méthode. Celle de BEEST peut être transposée partout, dès lors qu'on sait ce qu'on cherche, prévoir, quantifier le contexte, qualifier les pressions actuelles et futures... **Les réponses seront d'autant meilleures qu'on aura reconstitué le passé finement et explicitement.** BEEST est allé récupérer très loin les

données. La plupart des métropoles ont déjà des systèmes centralisés, mais il n'est pas sûr qu'il y en ait beaucoup avec des paramètres sur la biodiversité, qu'elles soient rigoureuses, sérieuses ».

Troisième partie :

Des outils pour la connaissance et l'action

Au vu de la diversité des recherches menées dans BEEST pour tendre à une quasi-exhaustivité des pressions humaines et terrestres sur les milieux marins et sous-marins, il est peut-être peu probable que d'autres données crédibles infirment ou enrichissent sensiblement à l'avenir l'état des lieux, en particulier sur les temps les plus anciens. La quête sur le territoire n'a pas toujours donné les résultats espérés. Certains paramètres n'ont jamais été mesurés dans le passé. Cette carence de connaissance ne peut être palliée par une quelconque reconstitution ou modélisation informatique. La frustration, admise par les partenaires, pourrait être perçue comme une faiblesse de leur projet. Elle constitue en fait sa force en lui offrant un socle solide et objectif pour comprendre les impacts de l'homme sur la biodiversité, dans un périmètre de réflexion similaire, il ne sera plus utile de se replonger à nouveau dans l'histoire puisque BEEST l'a déjà fait, ce qui n'empêchera pas de le compléter. La révélation des insuffisances d'autrefois éclaire la nécessité de se doter des moyens de nourrir et étoffer les connaissances présentes, régulièrement, constamment, sur des bases concertées et acceptées, en vue de faciliter, demain, l'analyse des changements de notre environnement.

En inventoriant plus de 270 paramètres, en favorisant les comparaisons, en donnant à visualiser aisément des conjonctions d'événements sur terre et en mer, l'application ChronoBEEST apparaît comme un outil complémentaire d'aide à la réflexion pour les choix futurs d'aménagement de la Métropole Aix-Marseille-Provence.



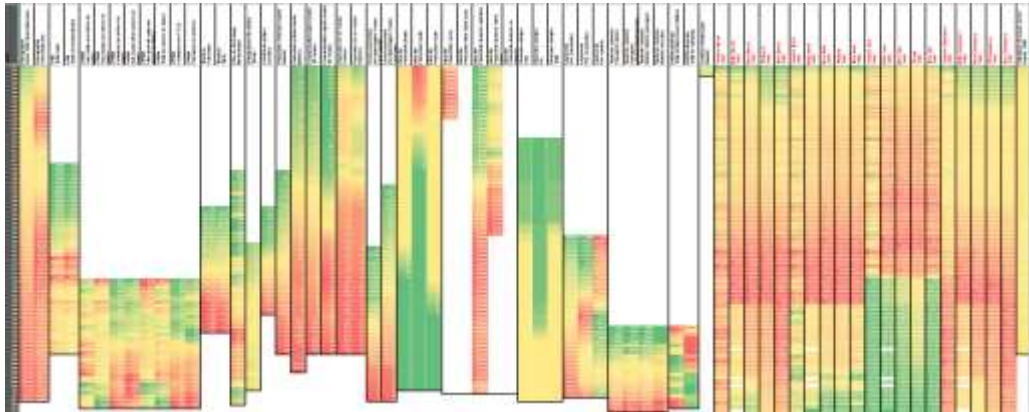


Figure 69 : Extrait de la Base de données Beest sous forme de carte ADM

Une base de données spatio-temporelles unique à double lecture

Toutes les données collectées par paramètre ont été entrées dans une base commune en fonction de leur date. BEEST a pu ainsi « fabriquer » une grille de lecture des interactions humaines avec le milieu qui révèle les périodes les plus sensibles en termes de concordances événementielles. Cette carte « génotypique » dites « carte ADM » Analyse de Données Marseillaises, colorée de nuances du vert au rouge croise les éléments temporels, par année à gauche, et les 270 paramètres recensés, en haut.

La lecture verticale permet de balayer l'évolution sur les 150 années. Pour les paramètres anthropiques, plus la colonne est rouge, plus l'intensité relative du paramètre (industrie, pêche, aménagement portuaire...) sur le milieu marin est élevé. Lorsqu'elle est verte, son influence est moindre. Pour les paramètres biologiques, plus la valeur des paramètres s'élève (augmentation de la biologie), plus on passe du rouge au vert.

Les parties blanches signifient que les données n'étaient pas disponibles pour les années concernées.

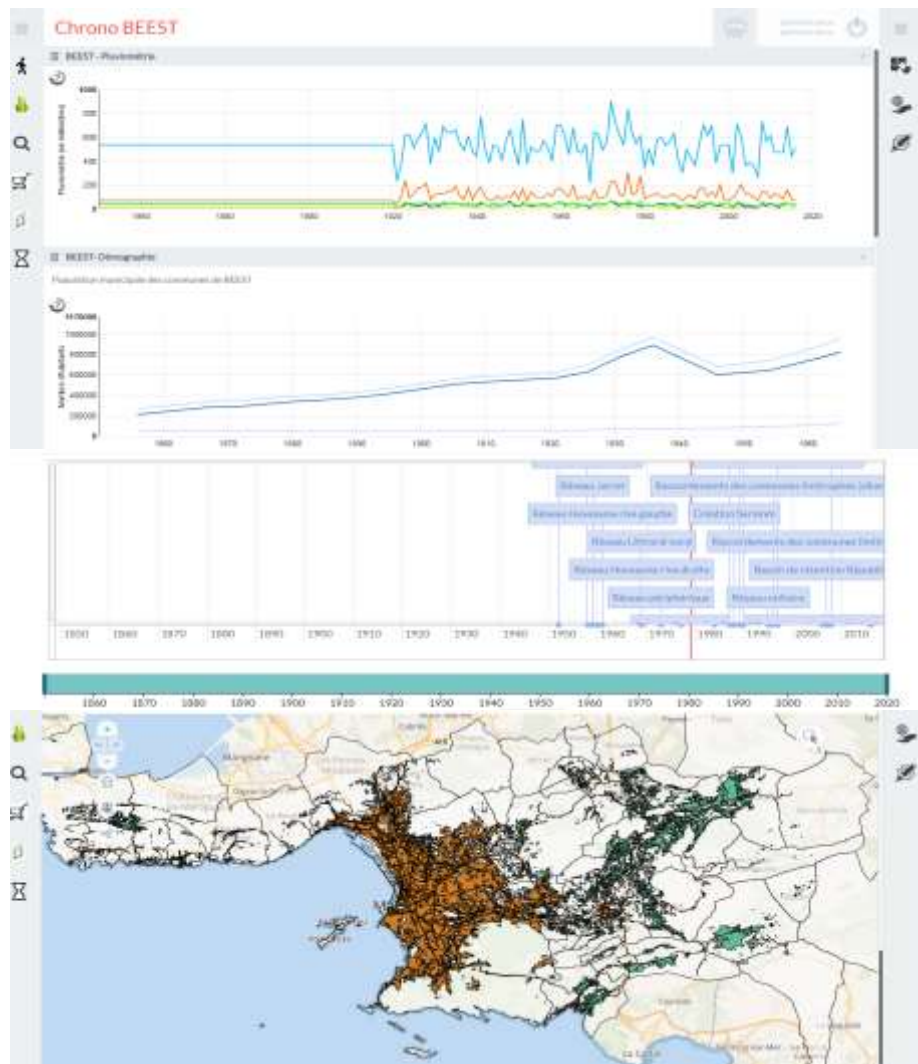
La lecture horizontale fournit un autre éclairage grâce au jeu de couleurs. Pour une période donnée, les fluctuations de couleurs révèlent la conjonction d'influences des différents usages (consommation des ménages, tourisme, eaux usées...) sur le littoral.

Cette grille d'analyse visuelle est totalement inédite sur un territoire.

L'application ChronoBEEST



ChronoBEEST a été créée afin de permettre une visualisation rapide et intuitive des éventuelles concordances entre événements. Le traitement et l'homogénéisation de l'ensemble des informations validées a permis de créer des graphiques, des frises chronologiques, des cartes, des tableaux... accessibles en quelques clics à partir d'une libre sélection de critères (période, lieu, usages...) par son utilisateur.



En fonction des paramètres et de la période qu'il définit, l'utilisateur de ChronoBEEST peut zoomer, par exemple, sur l'implantation des sites industriels inventoriés, visualiser leurs activités, les types de production...

S'il veut compléter sa recherche pour évaluer les flux de contaminants, de nouveaux graphiques peuvent s'ajouter à la carte initiale. Il peut encore approfondir son exploration en insérant des résultats relatifs à l'état du milieu marin. Un nouveau document se superpose sur son écran : carte des herbiers de posidonies, linéaires de cystoseires, biomasse de poissons...

Toutes les trajectoires d'évolution terrestre ou marine sont ainsi lisibles sur la même interface « multicouches », facilitant l'observation des concordances événementielles.

Une contextualisation au service de la décision publique

La méthode BEEST intègre une fonctionnalité originale dans l'analyse historique du territoire. Les partenaires ont conçu une méthode de calcul afin de classer le plus objectivement possible les poids respectifs des différentes activités humaines en termes de conséquences potentielles sur le milieu marin.

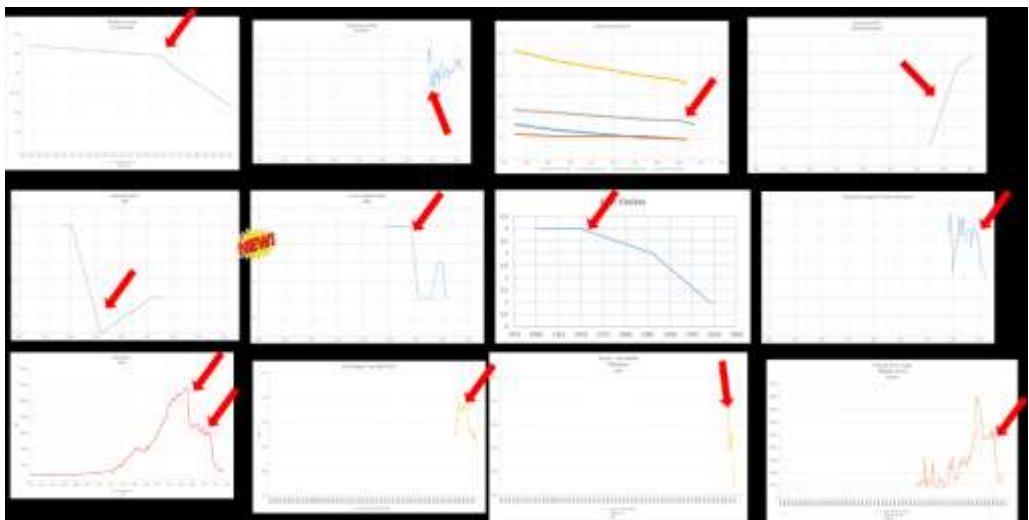


Figure 71 : exemple de changement de trajectoire

Cibler les changements de trajectoires

En étudiant les données collectées, en particulier sur l'évolution de la faune et de la flore marine et sous-marine, ils ont constaté sur nombre de graphiques des changements de trajectoires (rupture de pente dans les courbes).

Après la détection des changements de trajectoires historiques sur plusieurs paramètres (surface des Posidonies du Prado, linéaire de cystoseires, quantité d'oursins, biomasse de certains poissons...), il fallait avoir une vision contextualisée de ces changements.

Objectiver le poids des pressions

Toutes les pressions des activités humaines sur le milieu ne se valent pas. BEEST s'est donc efforcé de concevoir un modèle mathématique pour hiérarchiser les paramètres (nommés facteurs à cette étape) influant potentiellement sur un autre.

Pour y parvenir, un outil de calcul a été créé. Il permet de définir des périodes temporelles avant P1 et après le changement de trajectoire P2 et d'évaluer l'intensité de variation, entre les deux périodes, de chaque facteur influant sur le paramètre considéré.

Ensuite, un coefficient d'interaction (C) entre le paramètre étudié (ex : surface de posidonies, biomasse des poissons, ...) et le facteur (activité maritime, traitement de l'eau, construction des ports, ...) doit être appliqué sur chaque facteur dont on connaît la variation.

Ce coefficient (C) a été construit à partir de quatre variables :

S = La sensibilité du milieu, de l'écosystème ou de l'espèce

I = L'importance de la source d'impact

D = La distance par rapport à cette source d'impact,

O = L'occurrence (fréquence) de la pression

A titre d'illustration, un herbier de posidonie fixé sur un fond marin subira de plus graves conséquences d'un dépôt de sédiments ou d'une pollution que des poissons qui peuvent se relocaliser ailleurs.

Des grilles de cotation (Figure 71) ont été définies avec un niveau de 1 à 4 : 1, lorsque la pression était faible, 4 lorsqu'elle était jugée lourde.

Le poids final (P) attribué à chaque facteur prend donc la valeur de

$$P = C \times S \times I \times D \times O$$

La méthode permet de hiérarchiser chaque facteur par rapport à un changement de trajectoire historique d'un paramètre.

Sensibilité à un rejet apportant des Matières En Suspension (MES)	
4	<p>Substrat avec pente < 45° et / ou milieu calme avec peu ou pas e courant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espèce photosynthétique photophiles à une profondeur supérieure à -10 m. - Espèce autotrophe fixée à dynamique très lente : faible taux de croissance par exemple (< à 1 cm/an).
3	<p>Substrat avec pente < 45° et / ou milieu calme avec peu ou pas e courant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espèce photosynthétique photophiles se trouvant à une profondeur inférieure à -10 m. - Espèce autotrophe fixée, peu tolérant à la sédimentation (physiologie autre que la croissance). - Espèce autotrophe peu mobile et sensibles à la sédimentation <p>Substrat avec pente > 45° et / ou milieu agité, ouvert, courants importants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espèce photosynthétique photophiles à une profondeur supérieure à -10 m. - Espèce autotrophe fixée à dynamique très lente : faible taux de croissance par exemple (< à 1 cm/an) - Espèce autotrophe peu mobile et sensibles à la sédimentation
2	<p>Substrat avec pente < 45° et / ou milieu calme avec peu ou pas e courant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espèce photosynthétiques sciaphiles et à croissance rapide. - Espèce autotrophe fixée, à croissance rapide, tolérante à la sédimentation. - Espèce autotrophe très mobile <p>Substrat avec pente > 45° et / ou milieu agité, ouvert, courants importants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espèce photosynthétique photophiles se trouvant à une profondeur inférieure à -10 m. - Espèce autotrophe fixée, peu tolérant à la sédimentation - Espèce autotrophe peu mobile et sensibles à la sédimentation
1	<p>Substrat avec pente > 45° et / ou milieu agité, ouvert, courants importants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espèce photosynthétiques sciaphiles et à croissance rapide. - Espèce autotrophe fixée, à croissance rapide, tolérante à la sédimentation. - Espèce autotrophe très mobile
Importance : Activité	
4	<ul style="list-style-type: none"> - Activité qui entraine des perturbations supérieures aux capacités de renouvellement de la population (ex. surexploitation d'un stock par la pêche) - Perturbations supérieures aux capacités de résilience de l'écosystème
3	<ul style="list-style-type: none"> - Activité qui crée un dérangement continu et définitif des espèces présentes - Effet sur la population
2	<ul style="list-style-type: none"> - Activité qui crée un dérangement mais temporaire - Effets physiologiques sur certains individus sans mettre en danger la population - Besoins vitaux des espèces perturbés mais réversibles, inférieur à la résilience
1	<ul style="list-style-type: none"> - Activité qui ne crée aucun dérangement pour les communautés - Activité neutre pour les populations ou l'écosystème - Pas de conséquences sur les besoins vitaux des individus (O₂, lumière, nutriment, etc.)
Sensibilité à l'ensevelissement (aménagement côtiers, rejet de dragage, etc.)	
4	- Espèce fixée, ingénieure d'écosystème
3	- Espèce fixée, non ingénieure d'écosystème, à croissance lente
2	- Espèce fixée, non ingénieure d'écosystème, à croissance rapide
1	- Espèce à mobilité lente et à croissance rapide
1	- Espèce très mobile (nage)

Figure 72 : exemple de grille de cotation

Les facteurs peuvent ainsi être classés par ordre de poids P, positif ou négatif, et permettre une visualisation simple du contexte historique comme le montrent les résultats suivants.

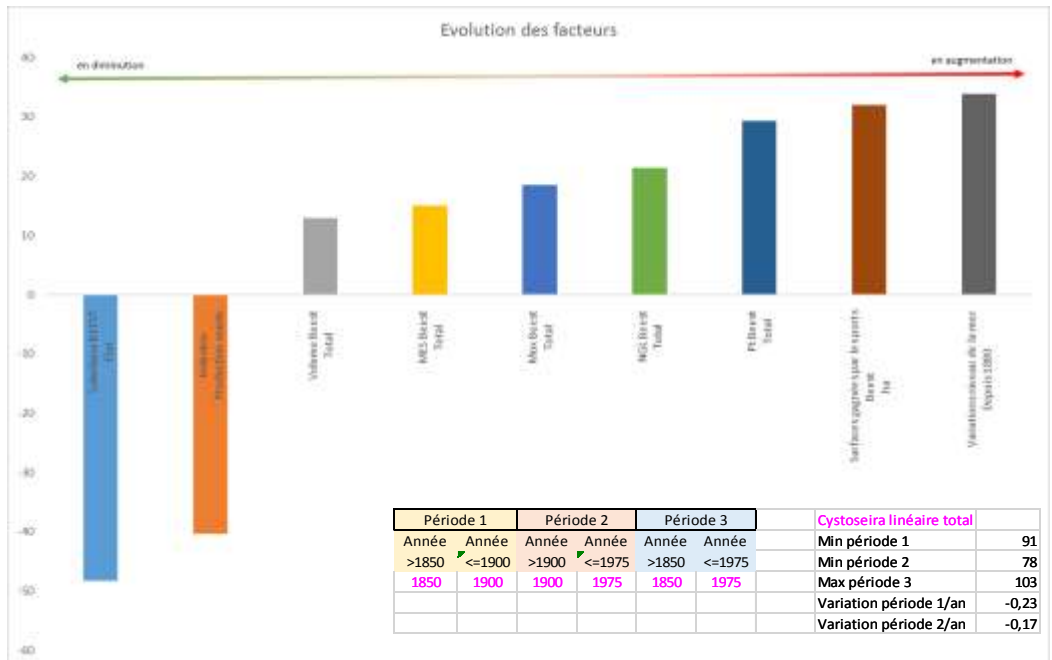


Figure 73 : Exemple de résultats : Cystoseires 1900

Périodes considérées : 1850-1900 vs 1900-1975

Territoire : Zone Beest.

Les constats entre les 2 périodes :

- La perte des cystoseires ralentit de 220 ml/an à 170 ml/an
- Arrêt des savonneries (-76%), malgré augmentation ports (+83%) et rejets EU (+20% pour NGL).
- Disparition Sabellarias concomitante

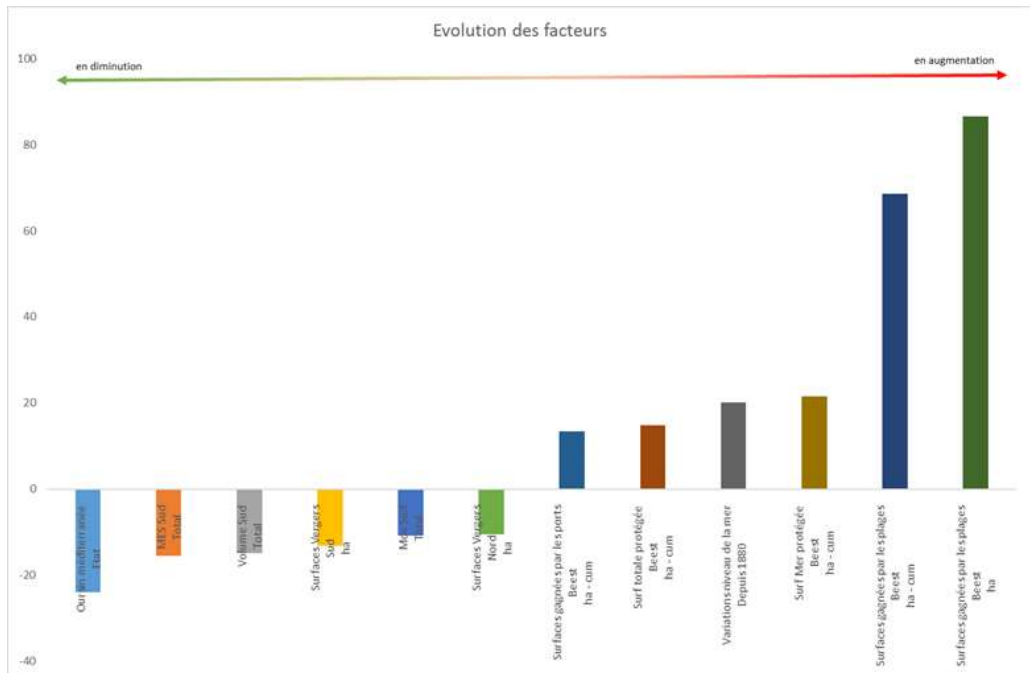


Figure 74 : Exemple de résultats : Cystoseires 2000

Périodes considérées : 1985-2000 vs 2000-2015

Territoire : Calanques

Les constats entre les 2 périodes :

- La perte accélère de 30 ml/an à 260 ml/an
- Baisse des rejets (-50% pour MOx), augmentation des herbivores (x2 à 3)
- -40% de surface viticole, x8 surface protégée en mer

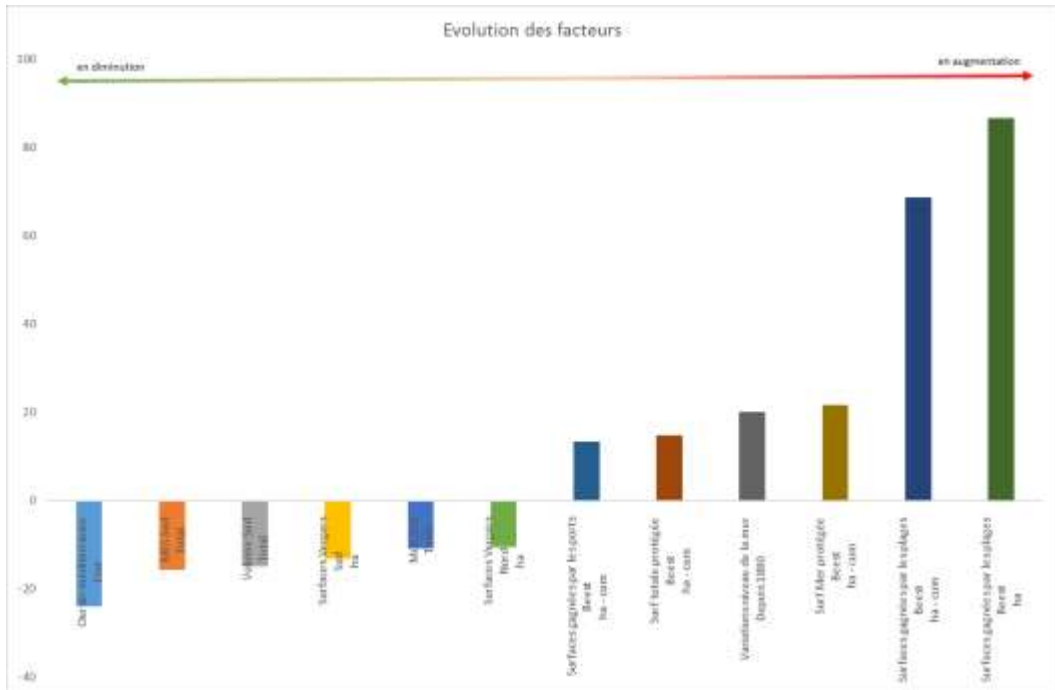


Figure 75 : Exemple de résultats : Posidonies 1970

Périodes considérées : 1944-1964 vs 1964-1984

Territoire : Zone Sud

Les constats entre les 2 périodes :

- La perte accélère de 1,2 ha/an à 12 ha/an
- Le linéaire de plage est x 10
- Le niveau de la mer augmente de 24%.
- Les oursins déclinent

Des solutions de renforcement de la biodiversité marine

Grâce à BEEST, une collectivité peut améliorer sa stratégie de préservation de la biodiversité sur une base de connaissances renforcée.

L'observation des effets passés et leur mise en contextualisation peuvent en effet à l'avenir éclairer différemment les alternatives d'aménagement. Afin d'éviter la dégradation environnementale, le porteur du projet doit pouvoir éviter, atténuer ou supprimer le ou les causes de cocktails de pression. Des mesures de compensation pourront être envisagées en dernier ressort dans de futurs projets. Mais la prise de conscience d'une certaine dette environnementale issue des actions passées pourra pousser à mettre en œuvre des actions de restauration ou de renforcement de fonctions écologiques.

Des ateliers grandeur nature pour une écologie restaurée

L'urbanisation du littoral, la mondialisation des échanges, les comportements des usagers de la mer n'ont pas épargné les milieux récepteurs. Et s'il faut absolument aller vers un arrêt des pressions ou leur forte réduction, il sera difficile d'éviter systématiquement d'avoir des pressions résiduelles issues de nos actions passées notamment.

Pour pouvoir répondre aux besoins éventuels de restaurer des fonctions écologiques ou de compenser des impacts résiduels, le projet Beest comprenait deux ateliers pilotes expérimentaux pour compléter les connaissances sur les solutions de renforcement de la biodiversité marine.

Le premier atelier, Re-Cyst, vise à favoriser l'implantation des cystoseires dans des zones où leur présence a reculé ou disparu.

Le second, Bionurse, s'appuie sur des aménagements pour renforcer l'effet nurserie en milieu portuaire tout en progressant sur la mesure d'efficacité par de nouvelles technologies.

Re-cyst pour redynamiser la biodiversité

« Re-Cyst » repose sur un postulat : la cystoseire faisant office d'indicateur du bon état écologique des petits fonds côtiers méditerranéens, la réussite de sa recolonisation et de sa survie sur le littoral témoignerait d'une amélioration de la qualité des eaux.

Mais par son mode de reproduction peu mobile, cette algue a besoin de plusieurs dizaines d'années pour prospérer. L'idée est d'accélérer le processus en la réimplantant « artificiellement » en vue de restaurer, par essaimage, la continuité écologique des ceintures de cystoseires. La méthode développée consiste à l'accrochage des bouquets fertiles aux côtes rocheuses par le biais d'anneaux fixés sur des lieux opportuns.

Ce projet-pilote est décliné dans le Parc National des Calanques. Il fait suite à l'initiative du projet « Cystore » du programme GIREL (Gestion des Infrastructures pour la Réhabilitation Ecologique du Littoral) conduit par Suez avec le Grand Port Maritime de Marseille et l'Agence de l'Eau Rhône Corse Méditerranée.

Suez a ciblé des endroits spécifiques pour mesurer l'évolution de l'algue et sa dissémination. La sélection s'est faite sur deux critères : choisir des espaces où elle a existé puis disparu et où un niveau théoriquement suffisant de qualité de l'eau a été rétabli pour maximiser les chances de succès de la transplantation. Deux sites ont été privilégiés en limite d'influence des rejets de l'émissaire de Cortiou (Ile Jarre en face nord, zone entre la calanque de la Mounine et la calanque de Marseilleveyre). Deux autres extérieurs au secteur d'influence de l'émissaire, entre la calanque de Sugiton et la calanque Saint-Jean-de-Dieu, et entre le cap de Devenson et la calanque de l'Oule. Le suivi scientifique dure trois ans, en collaboration avec l'Institut Océanologique Méditerranéen d'Aix-Marseille Université.

Plus de 200 bouquets de cystoseires ont été implantés en 2015 sur 36 points différents et une distance de près d'un kilomètre. La technique de recolonisation fonctionne sur tous les sites expérimentaux, mais de manière variable en termes de recrues de nouvelles

colonies d'algues et de survie. La capacité du procédé à produire des recrues en conditions favorables est donc validée mais elle peut être améliorée au vu des insuffisances constatées sur la durée du suivi (mortalité, faible croissance et fertilité...). Deux pistes seraient à explorer dans le cadre d'une expérimentation à plus grande échelle : augmenter la densité initiale de recrues et procéder à un suivi microcartographique des patchs de cystoseires afin de cerner plus rapidement les signes de restauration, de stabilité ou de régression.



Figure 76 : Bouquet de Cystoseires

Bionurse ouvre des nurseries dans le port

Bionurse considère que les aménagements portuaires, qui ont perturbé l'habitat côtier des milieux marins, ne sont pas forcément incompatibles avec une fonction écologique d'habitat. Bionurse consiste donc à reconstituer des habitats artificiels qui imitent la structure des herbiers de posidonies afin que les juvéniles de poissons s'y réfugient, s'y nourrissent et grandissent. L'augmentation de leur taux de survie leur permet ensuite de rejoindre le large et de se reproduire. Baptisé « Re-Fish », un module avec des fibres en bio-plastique, d'une superficie moyenne d'1 m², a été élaboré pour ce projet.

En 2015, 65 mètres carrés de surface de nurseries artificielles ont été installés sur les linéaires de quais du port de plaisance de la Pointe Rouge à Marseille.



Figure 77 : Dispositif Calcamfish entre les habitats Refish

L'expérimentation fait l'objet d'un suivi scientifique par comptage vidéo grâce à une technologie mise au point par Suez : le procédé CalCamFish (image ci-dessus). Plus pratique et moins perturbant pour la faune marine que les méthodes traditionnelles de comptage par plongeur biologiste, ce dispositif de prise de vue, placé entre ou sur les habitats, comptabilise et classe automatiquement par un procédé de traitement d'image les juvéniles de poissons qui fréquentent les infrastructures installées. Il se compose d'une caméra, posée sur une armature fixe et pointée sur un cadre rouge, qui filme tous les poissons qui passent entre l'objectif et ce cadre. Une comparaison est effectuée ensuite avec les observations sur les quais non équipés de « Re-Fish ».

Dès 2016, la tendance était à l'amélioration de la fréquentation par les juvéniles sur les quais équipés de nurseries. A fin 2018, elle était confirmée au vu des données collectées par le procédé CalCamFish.

Sur les 98 comptages automatisés effectués, soit 153 heures sur près de 30 mois, 2 841 passages de poissons ont été recensés.

La biodiversité semble également s'installer avec 25 espèces fixées ou vagiles différentes inventoriées à l'intérieur des modules « Re-Fish ». Sollicité pour expertiser l'ensemble du dispositif (Re-Fish + CalCamFish), le GIS Posidonie souligne : « Il y a en moyenne 3 fois plus de juvéniles de poissons sur les quais équipés de Re-Fish, une fréquence d'occurrence 1,5 fois plus grande. Les juvéniles privilégient l'habitat Re-Fish par rapport aux quais non équipés avec un indice de préférence deux fois plus grand ».

Une prolongation de l'expérimentation sur l'ensemble de l'enceinte portuaire serait judicieuse pour attester durablement de la plus-value apportée par cette démarche de revitalisation artificielle et contribuer à mieux appréhender les modalités de restauration et d'optimisation écologique à envisager.

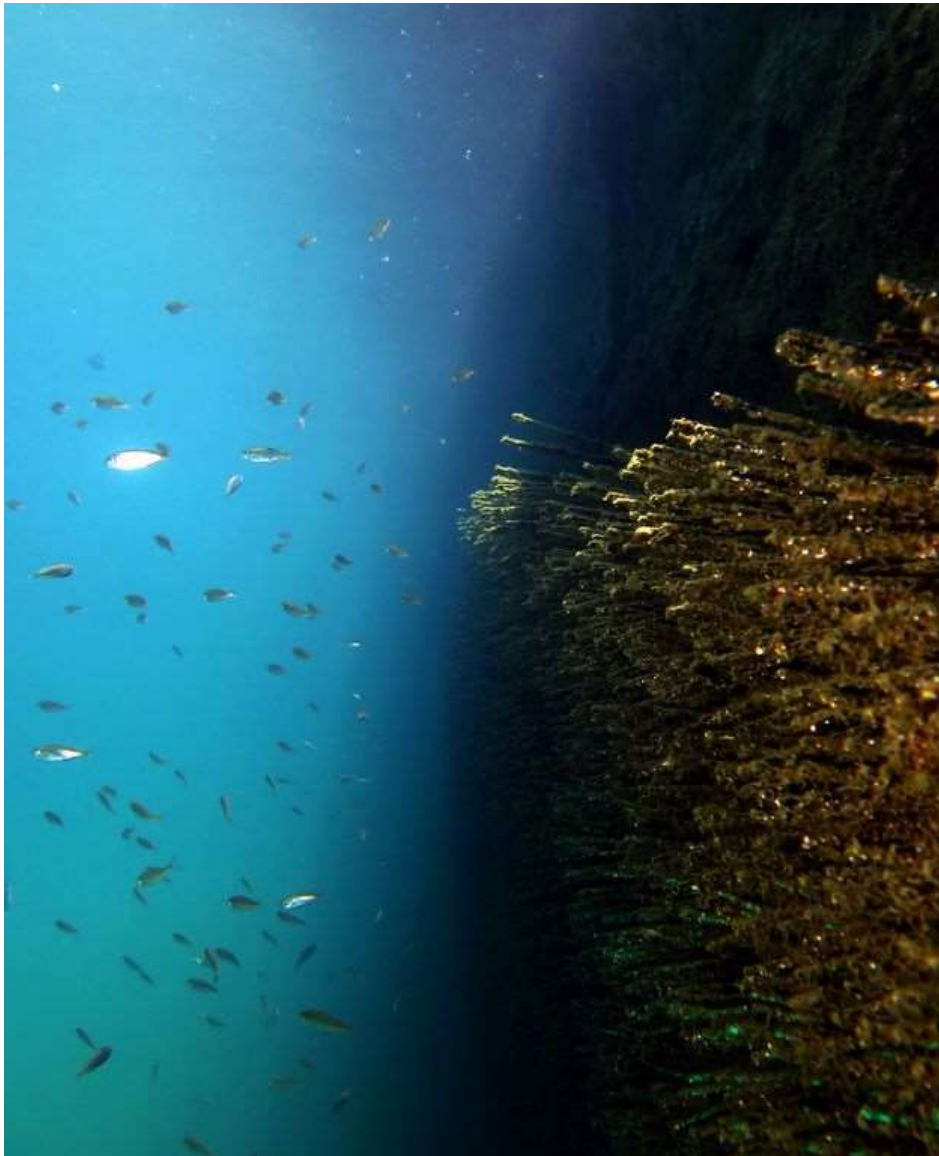


Figure 78 : Habitats Refish au port de la Pointe Rouge

Récifs artificiels : 10 ans de recul et un impact avéré à Marseille

D'autres actions de revitalisation de la biodiversité marine ont été mises en œuvre dans la baie de Marseille. En 2008, la ville a immergé plus de 400 récifs artificiels de six formes différentes sur 200 hectares, soit près de 30 000 m³ de structures, au large des plages du Prado afin de tenter de compenser les effets de leur aménagement à la fin des années 70.

L'implantation s'est opérée à 25-30 mètres de profondeur entre la Corniche et l'archipel du Frioul. Selon la mairie, c'est la plus grande surface artificielle de Méditerranée et d'Europe. Dix millions d'euros ont été investis, six pour la construction et l'installation des récifs, quatre pour le coût de fonctionnement et l'analyse scientifique de leurs retombées pour la redynamisation des milieux.

En mai 2018, un bilan a été effectué. La présence de poissons aurait progressé de + 264%, avec, de surcroît, une amélioration de 30% de la diversité des espèces (posidonies, sars, rougets, langoustes, mérours...). Pour le conseil scientifique des récifs du Prado, la production d'espèces a été similaire à celle d'un habitat rocheux naturel.

Le Parc des Calanques perçoit ces récifs comme « des incubateurs de vie marine ». Surveillée par une patrouille municipale, la zone reste protégée de la pêche, de la plongée et de l'ancrage de bateaux de plaisance pour laisser cette régénération s'inscrire dans la durée.

Le Parc Marin de la Côte Bleue avait été un précurseur de l'implantation de récifs artificiels. A ce jour, près de 4 900 m² y ont été déployés, principalement en dehors des réserves et font l'objet d'un suivi scientifique.

Réserves marines : un outil de préservation et de valorisations multiples

Si les résultats des actions de préservation mises en place depuis la création du Parc National des Calanques en 2012 demandent encore un peu de recul, les effets du Parc Marin de la Côte Bleue, né en 1983, sont attestés, ainsi que l'ont démontré nombre de données collectées dans BEEST. Les deux zones en « réserve marine à protection forte » (Cap Couronne, Carry-le-Rouet) recouvrent une superficie de 295 hectares.

La protection des milieux marins, la gestion des ressources côtières, les observations scientifiques et la sensibilisation des différents publics (pêcheurs, plaisanciers, baigneurs, scolaires...) participent à une meilleure connaissance du patrimoine naturel marin et à sa revitalisation.

Les réserves naturelles et les aires marines protégées constituent des pistes crédibles de restauration de la biodiversité sur le littoral de la Métropole Aix-Marseille-Provence. Le nombre d'espèces de poissons comptabilisées reste toujours supérieur en réserve, même si les comptages mis en place font état de variations selon les années.

Ces espaces permettent également la mise en œuvre de nouvelles technologies qui améliorent la connaissance et le suivi scientifique.

Ces « laboratoires de terrain » innovent aussi dans les pratiques en impliquant une communauté plus élargie que les seuls scientifiques dans le suivi de l'évolution de la biodiversité.



En collaboration avec le Parc National des Calanques, des campagnes de recensement d'espèces patrimoniales comme le mérou brun, le corb ou la grande nacre, sont ainsi régulièrement menées avec l'appui de « plongeurs sentinelles » bénévoles.

Un projet commun est également conduit sur l'étude et la conservation de la population des grands dauphins, des calanques à la Côte Bleue, avec le Groupe d'Étude des Cétacés de Méditerranée (GECM).

Un gain à mesurer dans la durée

Pour approfondir la démarche d'évaluation des solutions à biodiversité « positive » et l'inscrire, autant que possible dans la durée afin d'en apprécier les effets, il a fallu, dans le cadre de BEEST, opter pour une méthode qui permette d'une part, des mesures objectives de l'évolution de l'environnement marin, d'autre part, une comparaison entre ces mesures. Le gain de biomasse a été choisi, malgré ses imperfections.

En effet, il ne reflète pas systématiquement une amélioration de la qualité écologique. Si c'est le cas pour les herbiers de posidonies ou les cystoseires, il n'en est pas de même pour les algues vertes ou des espèces invasives. Pour les poissons, l'accroissement de la biomasse n'indique pas non plus pour tous une évolution favorable : la progression d'espèces planctonophages peut découler de la présence de pollutions organiques alors que la hausse d'espèces de haut niveau trophique présente une réelle valeur. En fonction des différentes démarches de gestion engagées sur les zones d'études de BEEST, il a donc été convenu d'opter pour une évaluation du gain de biomasse concernant :

- L'effet réserve (Parc marin de la Côte Bleue et Carry)
- Les habitats artificiels du port de la Pointe Rouge (projet Bionurse).
- La biomasse algale de cystoseires pour les projets d'implantation de cystoseires (projet Re-Cyst)

D'autres sources devraient être étudiées postérieurement au projet telles :

- Le développement de la biomasse sur les récifs artificiels du Prado
- La biomasse d'espèces benthiques végétales et animales pour les mouillages organisés sur les sites de plongée du Parc national des Calanques gérés par la Ville de Marseille
- La biomasse des posidonies sur les mouillages organisés à Sormiou et En-Vau dans le Parc national des Calanques, etc...

La quantification de la biomasse, malgré les réserves de rigueur, reste l'indicateur universel de l'accroissement de la ressource naturelle. Les figures ci-dessous illustrent cette approche.

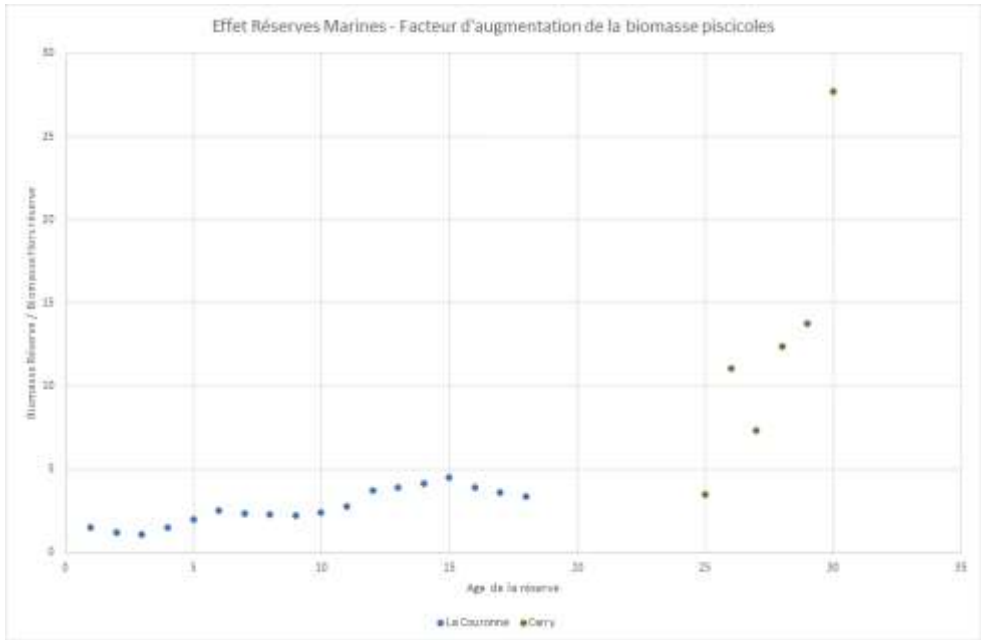


Figure 79 : Effets réserves marines : facteur d'augmentation de la biomasse piscicole

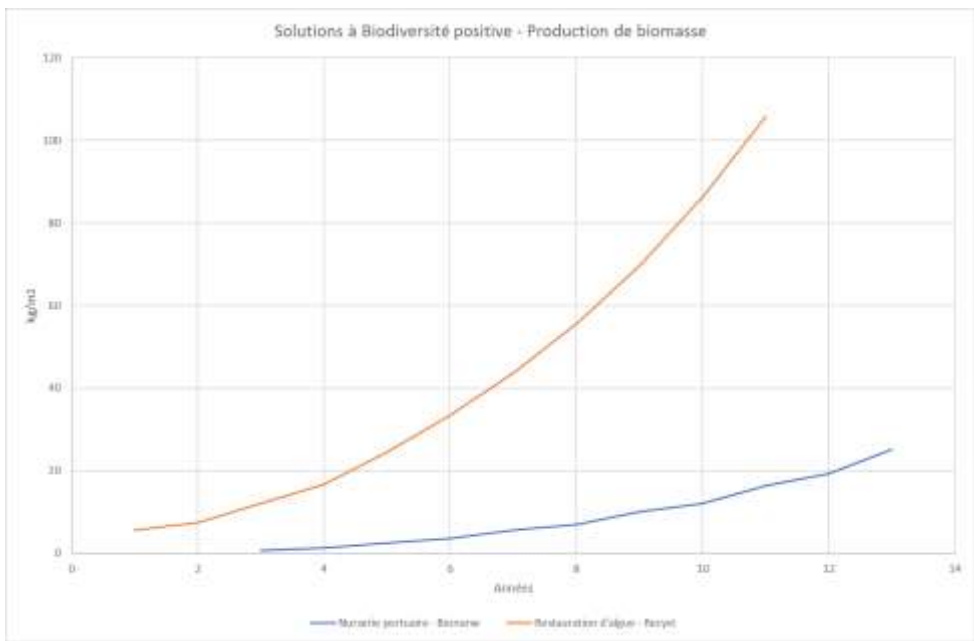


Figure 80 : Production de biomasse Projet Bionurse et Recyst

Poursuivre le chemin...

La métropole Aix-Marseille-Provence s'est dotée d'un Livre Bleu articulé autour de trois priorités : « Développer et Aménager », « Protéger et Sécuriser » et « Gérer et Entretienir ». Publié en mai 2018, il comprend une centaine d'actions pour le littoral. Le Contrat de Baie, signé en 2015, a été intégré dans le volet « Qualité des eaux et des milieux ». Son extension sur le Golfe de Fos a été engagée.

Ce « Livre Bleu » se caractérise par la volonté d'instituer un nouvel équilibre entre la valorisation du littoral et de ses différents usages (amélioration des plages, des ports, des sentiers littoraux, des bases nautiques, exploitation des ressources énergétiques, tourisme...) et la nécessité de mieux le protéger pour ne plus en altérer durablement les attraits. Il prévoit ainsi l'élaboration à l'horizon 2020 d'un Schéma Territorial de Restauration Ecologique sur les milieux dégradés et d'intégrer en 2022 un volet « Mer et Littoral » dans le futur Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) Métropolitain.

Par l'éclairage qu'il apporte sur 150 ans de fluctuantes aventures terrestres et marines à Marseille, BEEST ouvre le regard sur l'appréhension de tous ces enjeux et projets. La base de données constituée et l'application ChronoBEEST peuvent encore s'étoffer, s'enrichir des connaissances et observations qui dans les prochaines années affineront l'approche des problématiques et l'adoption de stratégies plus appropriées de préservation.

BEEST démontre qu'aucun développement des activités anthropiques, à proximité ou loin des côtes, n'est potentiellement anodin pour le milieu marin. Il révèle également que vouloir établir un simple lien de cause à effet à partir d'un paramètre unique serait réducteur : les facteurs en jeu peuvent en effet s'avérer beaucoup plus complexes. Il atteste enfin que pour réparer, régénérer la biodiversité, le moindre pas fait sens.

La poursuite éventuelle du projet, sous une forme et des modalités à déterminer, permettrait de mesurer l'ampleur de chacun d'entre eux.

Et si BEEST devait connaître un prolongement...

Samuel Robert

« Si BEEST doit donner lieu à un BEEST 2, ce serait pour affiner la démarche sur des terrains plus réduits. **On pourrait choisir un site particulier et reproduire la méthode pour analyser plus finement une zone côtière.** Par ailleurs, nous n'avons pas pu aboutir à un modèle conceptuel pour représenter sous forme graphique la façon dont on envisage le système et son fonctionnement, schématiser des hypothèses d'évolution et tenter ensuite d'établir des modèles dynamiques de fonctionnement et d'évolution du territoire. Nous pourrions néanmoins transposer la méthode de reconstitution de l'histoire environnementale et de l'action publique sur l'occupation des sols, l'industrie, les aspects de l'environnement passé... En tant que démarche, l'outil lui-même est transposable, mais il n'est pas un modèle de prédiction ou de simulation ».

Thierry Ohayon

« J'aimerais qu'on fasse un BEEST 2 pour enrichir les données, travailler sur leur analyse et leur exploitation, notamment à travers la carte ADM élaborée afin de mieux comprendre l'influence de tel paramètre sur tel événement et mieux en cerner les impacts. **Pour l'instant, BEEST est un outil de compréhension.** SERAMM peut montrer l'intérêt pour la Métropole de prendre certains sujets en considération et les besoins qui pourraient en découler. **Nous devons garder en mémoire que nous visons un outil d'évaluation et de compensation qui soit une aide à la décision des nouveaux projets avant même de les lancer.** ChronoBeest pourrait mieux éclairer les études réglementaires sur les effets potentiels d'un projet, fournir d'autres clés d'évaluation ».

Sandrine Ruitton

« Grâce au travail effectué avec BEEST, nous détenons 90% des informations sur la connaissance sur la zone. **Il serait intéressant d'initier de nouvelles études pour réactualiser des éléments qui n'ont plus été quantifiés depuis vingt ans, à certains endroits.** L'engagement de l'Etat, des gestionnaires locaux sur des suivis me semble important. **Si on réclame plus de données, c'est vraiment parce que c'est indispensable pour comprendre.** En tant que scientifiques, nous pourrions intervenir pour former des gestionnaires, des bureaux d'études, et analyser ensuite nous-mêmes les données ».

Thierry Polard

« Les données sur l'assainissement sont rafraîchies quotidiennement, ce n'est pas le cas des autres données qui décrivent le bassin versant ou l'état du littoral. **L'enjeu d'une suite au projet BEEST pourrait porter sur l'alimentation facilitée, voire automatique, des bases de données afin que l'outil se maintienne sur le long terme et s'enrichisse au fil du temps de nouvelles données et de chroniques plus longues.** ChronoBeest pourrait être un outil d'aide à la décision, de contextualisation en fonction de différentes variables, par exemple pour regarder ce qu'a entraîné dans le passé l'aménagement d'un port... »

Philippe Eloy

« BEEST n'aborde pas la question économique, lorsqu'on met des récifs artificiels, qu'on restaure la flore... **Il faudrait monétiser les différents paramètres : si on produit de la biomasse, qu'on restaure X mètres de posidonies ou de cystoseires, combien ça rapporte ? Peu de données existent là-dessus, mais c'est une extension possible...** On pourrait imaginer aussi un système algorithmique capable de faire tourner les données sur des temps de calcul longs, comme certains outils dans la santé lorsque les capacités informatiques surpassent celles des hommes. **BEEST a vocation à s'élargir, à intégrer plus d'acteurs que ceux du seul littoral marseillais. L'idée d'un observatoire de la donnée est essentielle.** Il ne faudrait pas une énième entité qui travaille dans son coin. Le portage politique peut permettre de centraliser ces données et de les porter au plus haut niveau ».

A retenir

1ère partie

- Une recherche conduite sans a priori, ni hypothèse préalable autre que d'identifier et évaluer toutes les sources d'activités humaines aux conséquences potentielles sur la qualité du milieu marin
- Un territoire ciblé, le bassin versant de Marseille (36 communes), et trois secteurs étudiés : Nord, Sud et Calanques
- Une période temporelle couvrant plus de 150 ans, de 1850 à nos jours
- Une volonté de collecter, qualifier et classier le maximum de données disponibles, scientifiques ou non
- Trois thématiques privilégiées : les usages terrestres et maritimes, les flux de rejets directs dans la mer, la faune et la flore marines
- La méthodologie de traitement scientifique harmonise et objective les informations recueillies

2ème partie

- L'artificialisation continue des sols a accru les pressions sur le milieu marin
- L'industrie perd de son influence mais s'efforce de devenir plus propre
- Une vocation touristique tardive génératrice de nouveaux challenges environnementaux
- La consommation des ménages a démultiplié les sources de contamination
- Une agriculture en régression mais plus productive
- Un assainissement mieux structuré soumis au défi des polluants émergents
- Une ressource halieutique fragilisée par la surexploitation
- Des fonds marins dégradés placés sous surveillance
- Un changement climatique à bien anticiper

3ème partie

- Plus de 270 paramètres intégrés dans la base de données
- Une visualisation lisible des concordances événementielles
- Une « Carte ADM » pour identifier les pressions et concordances les plus sensibles
- Des trajectoires en rupture aux causes et aux effets mieux appréhendés
- Des pressions anthropiques à l'ampleur scientifiquement évaluée
- Des actions restauratrices de biodiversité porteuses de promesses
- Des mesures de protection aux impacts positivement démontrés

Crédits et remerciements

Ce livret a été réalisé sous la supervision d'Eric Blin, pilote du projet et expert Environnement et Littoral de Suez Eau France. Contact pour vos commentaires à l'adresse : eric.blin@suez.com

Le projet BEEST a bénéficié de la collaboration des différents partenaires suivants :

- La Métropole Aix-Marseille-Provence et la Direction Générale Adjointe de l'Eau
- L'Institut Méditerranéen d'Océanologie de Marseille (MIO)
- L'Unité mixte de recherche Espace (UMR 7300)
- Le LYRE, centre de recherche du groupe Suez
- Suez Consulting
- SERAMM

Ainsi que la participation du GIS Posidonie

Remerciements

En plus des personnes déjà citées dans l'ouvrage, merci à tous les participants de près ou de loin qui ont participé à ce projet, qui ont été consultés ou qui ont apporté leur accompagnement professionnel, ainsi que les étudiants, et en particulier :

AgroParistech : Aminata Diallo

GIS Posidonie : Adrien Goujard, Patrick Astruch, Thomas Schon

MIO : Mélanie Ourgaud

Merterre : Isabelle Poitou

Seramm : Bruno Triboulet, Laura Pischedda, Patrice Lavignon, Stéphane Auran, Dominique Laplace

Suez : Dante Chazarin

Suez Consulting Aix-en-Provence : Fabrice Javel

UMR Espace : Marie Laure Tremelo, Théophile Plouvier

Et pardon à ceux qui ne sont pas cités...

Documentation et rapports Beest :

Point d'avancement 2016 – Seramm

Rapport annuel 2016 – MIO

Rapport d'avancement Recyst 2017 – Suez Consulting

Rapport annuel 2017 - MIO

Point d'avancement 2017 – Seramm

Rapport d'avancement Calcamfish 2017 – Suez

Rapport méthodologique flux eaux 2018 – Lyre

Rapport Bionurse 2018 – Suez

Rapport final Recyst 2018- Suez Consulting

Expertise Calcamfish et Refish - Gis Posidonies

BEEST, Analyse des pressions et des solutions de renforcement de biodiversité 2018 - MIO

Bilan final Beest 2018 – Seramm/Suez

Sources documentaires (autres que celles contenues dans BEEST) :

« Marseille, Histoire d'une ville », sous la direction de Régis Bertrand, édité par Scéren (CNDP/CRDP) et la ville de Marseille.

Livre Bleu de la Métropole Aix-Marseille-Provence, juin 2018, AMP-AGAM-AUPA.

« Marseille : Des solutions innovantes pour le littoral d'aujourd'hui et de demain », plaquette Suez-Seramm.

« Evolution des polluants domestiques ayant atteint le grand cycle de l'eau » d'Aminata Diallo (AgroParistech)

Conférences :

97ème congrès de l'ASTEE, Marseille, « Changement climatique : exemples d'actions sur les territoires », 6 juin 2018.

Sites web :

Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire : www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation : www.agreste.agriculture.gouv.fr

Ville de Marseille : www.marseille.fr

Conseil départemental des Bouches-du-Rhône : www.departement13.fr

Cité de l'agriculture de Marseille, www.cite-agri.fr

Agence Nationale de Sécurité du Médicament : <https://ansm.sante.fr/>

Pôle de compétitivité Mer Méditerranée : www.polemermediterranee.com

Parc National des Calanques : www.calanques-parcnational.fr

Parc Marin de la Côte Bleue : www.parcmarincotebleue.fr

Medtrix : <http://www.medtrix.fr/>

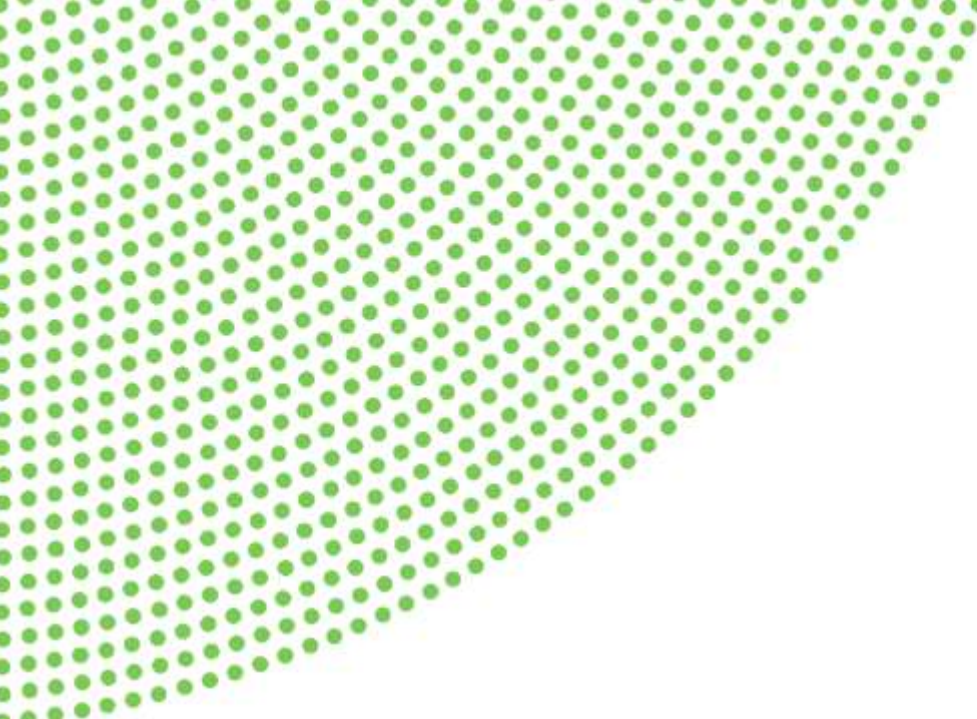
La rédaction a été assurée par Jean-Christophe Barla.

Graphisme / Mise en page : Blandine Le Lorec-Billot (illustrations de couverture), Amaury Barla

Crédits photos : E.Blin, F.Javel / tous droits réservés

Impression :

Juin 2019



Le projet Beest a permis de produire une démarche de mise en contexte, spatial et historique, des évaluations de la qualité des eaux et de la biodiversité côtières en rapport avec les aménagements, les activités et à l'évolution socio-économiques du territoire.

Ce livret illustre le travail effectué par les équipes du projet et permet de redécouvrir les évolutions historiques du littoral Marseillais tout en décrivant les méthodes et outils mis au point.

