OBSERVATOIRE « HOMMES-MILIEUX »
Littoral méditerranéen

L'évolution de l'occupation et l'utilisation des sols du littoral,

de la Ciotat à Port-Saint-Louis du Rhône

Caractérisation des interventions littorales en vue de l'estimation de leur incidence sur l'évolution des températures

Rapport d'avancement

15 Mars 2014

Responsable scientifique

Jacques AUTRAN

Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille – Laboratoire abc

jacques.autran@marseille.archi.fr

Sommaire

Résumé succinct du projet 3
1. Informations générales concernant le projet 4
2. Contexte problématique 5
Etat de l'art et question(s) associée(s) 5
Contexte local et intérêt du traitement de la question dans le cadre de l'OHM « Littoral méditerranéen » 7
Hypothèses 9
3. Méthodologie 10
Terrains étudiés 10
Données collectées, données créées 11
Démarche de traitement et d'analyse 20
4. Résultats 24
5. Discussion 28
Conclusion et perspectives 30
Bibliographie 31

Résumé succinct du projet

L'étude proposée a pour objectif d'étudier l'incidence de l'évolution de l'occupation et l'utilisation des sols du littoral, de la Ciotat à Port-Saint-Louis du Rhône, sur l'évolution des températures de ces territoires.

Le présent rapport présente les premiers résultats de l'étude soutenue par l'OHM Littoral Méditerranéen. Entreprise depuis Juillet 2013, cette étude s'est déroulée jusqu'à aujourd'hui en deux phases : après recueil de la documentation nécessaire, nous avons tout d'abord établi une base de données spatiales et temporelles décrivant les étapes principales de l'occupation du sol sur l'ensemble du littoral depuis 1830 jusqu'à aujourd'hui ; suite à l'analyse de cette évolution, nous avons choisi, décrit et analysé plus en détail deux ensembles urbains représentatifs : Martigues-Port de Bouc et Marseille. La troisième phase de l'étude, qui sera conduite aux mois d'Avril, Mai et Juin 2014, nous permettra de compléter les résultats de l'analyse d'indicateurs d'évolution obtenus à l'heure actuelle par une analyse de l'évolution des températures, ainsi que d'investir deux autres territoire (Sausset-Carry, La Ciotat), tout en s'efforçant de porter un regard critique sur la méthode utilisée et enfin de proposer les orientations principales pour la poursuite de cette étude.

L'étude a été conduite avec deux objectifs : d'une part, loin de vouloir apporter des résultats définitifs, il s'agissait d'estimer les effets du processus d'urbanisation sur le microclimat du littoral; d'éprouver simultanément le potentiel, les difficultés d'utilisation et les limites de la nomenclature « LCZ » dans l'interprétation du territoire et l'analyse de son évolution historique en matière microclimatique.

L'approche mise en œuvre s'appuie sur la cartographie et son corollaire actuel : les bases de données spatiales et les Système d'Information Géographique qui permettent leur exploitation.

Mots clés : Urbanisation, Historique, Microclimat, Occupation et Utilisation du sol

1. Informations générales concernant le projet

Responsable(s) scientifique(s)

Jacques AUTRAN

Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille – Laboratoire abc, 184 avenue de Luminy, Case 924, 13288 Marseille Cedex 9

Téléphone : 04 91 82 71 48

Email : jacques.autran@marseille.archi.fr

Nom-Prénom	Fonctions et laboratoire	Spécialité
AUTRAN Jacques	Chercheur – MCC, ENSA Marseille	Architecture et Ville, Géomatique
VILLADIEGO BERNAL Kattia	Doctorante, LIEU – IUAR / laboratoire abc - ENSAM	Architecture, Climat

Temporalité

Date de début des travaux : Juillet 2013

Date de fin des travaux pour la rédaction du rapport : Juin 2014

Poursuite de l'étude en cours : Oui

Demande de soutien financier à l'OHM pour l'année 2014 : Non

2. Contexte problématique

Etat de l'art et question(s) associée(s)

Au sein des milieux urbanisés, les espaces extérieurs constituent une composante essentielle de la vie quotidienne et de sa qualité. Espaces de loisir, de promenade, de rencontre, de convivialité, d'échange, accompagnés ou non d' équipements publics ou commerciaux, privés ou publics, leur fréquentation est pour partie tributaire du confort ressenti par les habitants. Les espaces urbains constituent aujourd'hui le lieu de résidence, de travail et de loisir d'une majorité de la population mondiale. Les zones littorales sont les plus soumises à ce développement. Parallèlement à ce processus de développement démographique, les températures au niveau mondial devraient subir, en hypothèse moyenne, une croissance de 2° d'ici 2050. En 2050-2100, les perspectives d'augmentation de la température sont évaluées, pour la région de Marseille, à l'équivalent aujourd'hui du climat de Cordoue, Tunis, Alger. Les évènements exceptionnels, comme les périodes de canicule, devraient augmenter à la fois en intensité et en fréquence (Service de l'observation et des statistiques, 2013).

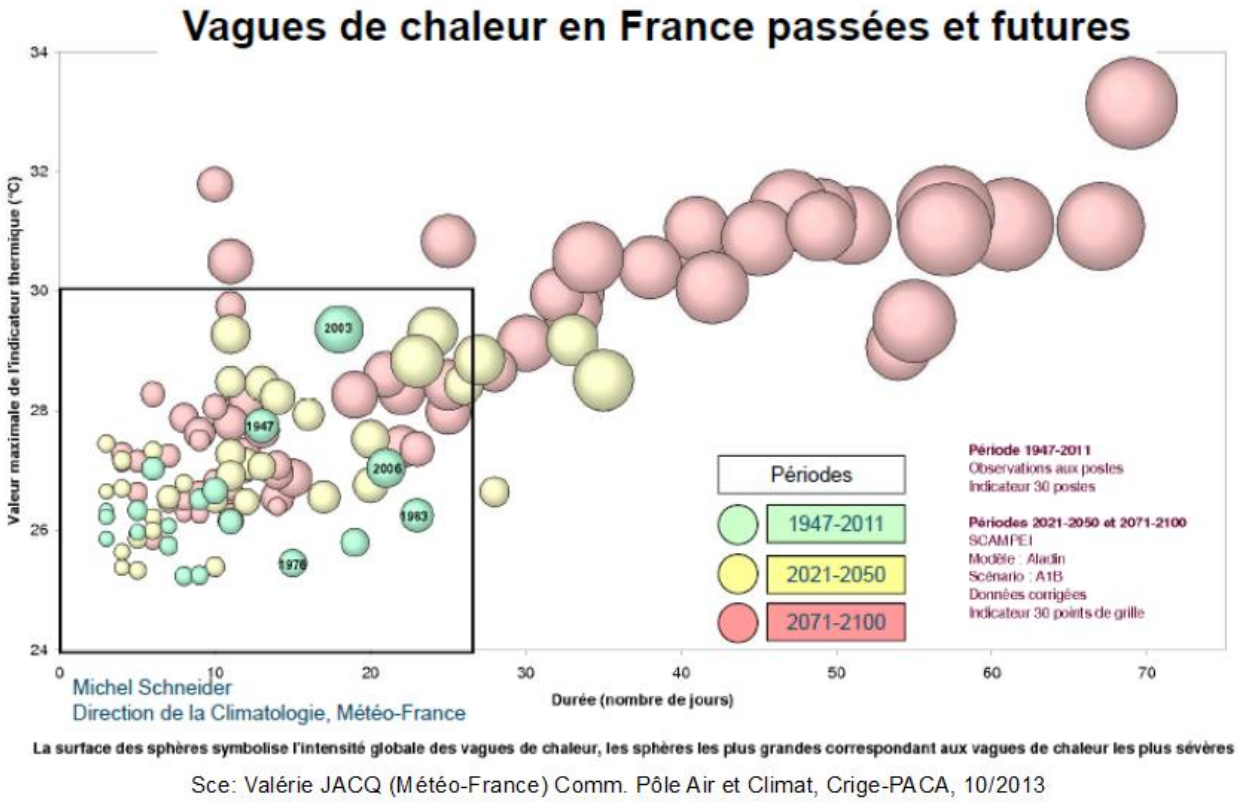


Fig. 1 - Evolution passée et futures des vagues de chaleur en France

Température, vent et ensoleillement sont les trois éléments principaux qui participent au confort ou à l'inconfort à l'échelle du piéton (sous-couche sol-toiture). Les rues, places, placettes, parcs, sont influencées également par les modifications que l'ensemble des édifices engendre sur leur

ambiance climatique et le confort résultant (perturbation du régime d'ensoleillement, modification de l'exposition aux vents dominants, production de chaleur de source anthropique). Dans des conditions moyennes ou extrêmes (périodes de canicule, de température basses et fort vent, …), l'ambiance thermique a des conséquences manifestes en terme économique pour les activités associées (inconfort au travail (seuil de température : 34°C), fréquentation commerciale, consommation d'énergie accrue (conditionnement d'air)) et plus largement d'aménité de ces espaces, mais aussi en terme de santé publique sur les populations à risque (risques de « coup de chaleur », de déshydratation en particulier sur les personnes âgées, les enfants (surmortalité de 15.000 personnes lors de la canicule d'Août 2003 (70.000 en Europe)).

La recherche conduite porte sur la température des espaces extérieurs qui elle-même conditionne pour une part le confort des espaces intérieurs aux édifices.

La température d'un espace extérieur, qu'il soit « naturel » ou urbanisé, est tributaire de sa morphologie, de la qualité des sols, des activités qui s'y déroulent. Le rôle de ces trois paramètres est aujourd'hui largement reconnu et étudié dans le domaine microclimatique. Certaines de ces études ont donné conduit au développement de la compréhension du phénomène d'« ilot de chaleur urbain » (ICU[1]), qui avait été mis en évidence dès le XIXe siècle pour la ville de Londres (Howard, 1833). L'ilot de chaleur urbain caractérise un écart de température important (pouvant dépasser 10°C) entre zone urbaine et zone agricole. Il est dû à la conjugaison d'une augmentation des apports d'énergie et d'une baisse des capacités de refroidissement, et se manifeste en période estivale et nocturne. Son intensité est fonction de la taille de la ville. Du fait des risques induits par ce phénomène, de nombreuses études locales (Saulnier D.*et al.,* 2009)portent sur l'analyse de ce phénomène, en préalable à l'établissement de politiques d'aménagement (SCOT, PLU). Ainsi, une analyse de l'état de territoires urbanisés permet de mieux différencier les zones aux microclimats différents, de prévoir les zones à risque en périodes extrêmes. Les acteurs des projets urbains et architecturaux sont conduits à considérer les conséquences de choix d'aménagement sur le microclimat : ils possèdent aujourd'hui un certain nombre de « leviers d'action » leur permettant de corriger sensiblement ce réchauffement ou de s'y adapter : végétalisation des espaces, aménagement de plans d'eau, modification des revêtements de sol (albédo, perméabilité) …etc. (Santamouris M. *et al.,* 2004, Colombert M., 2008).

En rapport avec les risques sanitaires encourus, une veille est maintenue en France du 1er Juin au 31 Août, une alerte étant déclenchée lorsque) la température nocturne est >= 20°C, diurne >= 35°C durant au moins 72h (pour la zone Sud).

[1] ICU « the most well documented example of anthropogenic climate modification » (Arnfield A.J., 2003)

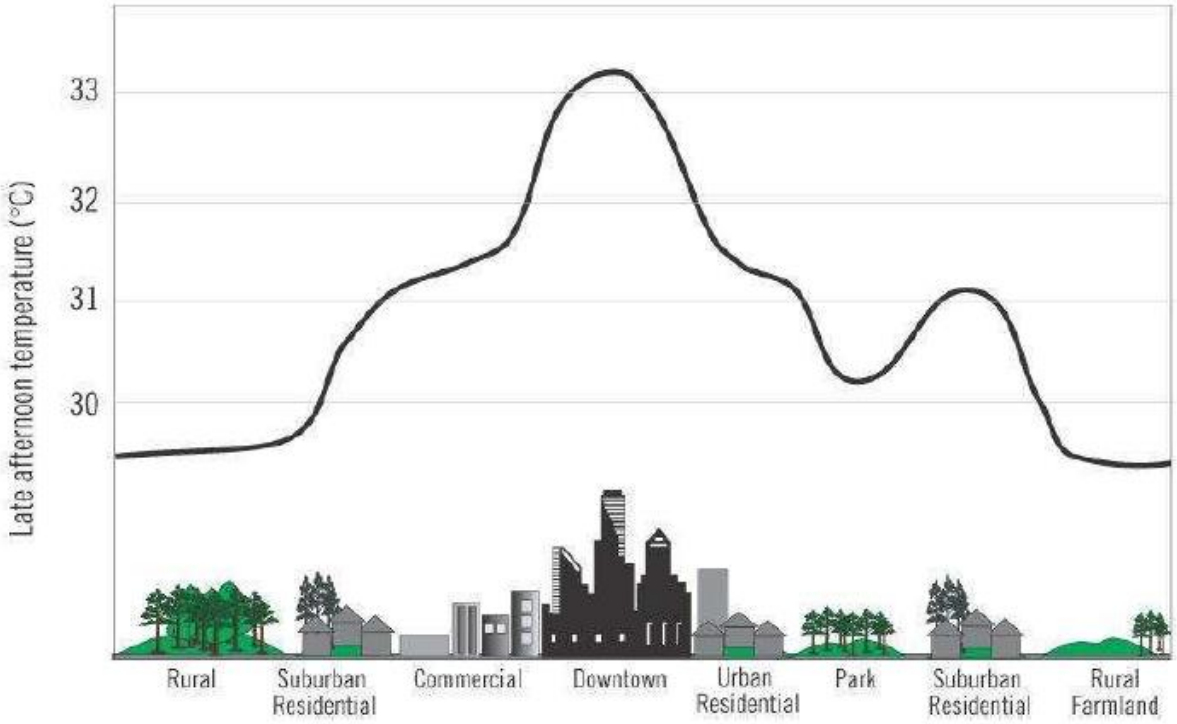


Fig.2 - Variations de température dépendantes de la forme urbaine

Contexte local et intérêt du traitement de la question dans le cadre de l'OHM « Littoral méditerranéen »

L'attractivité du littoral des calanques à l'embouchure du Rhône, tant d'ordre économique que liée à la dimension résidentielle et aux activités de loisir, a contribué à son anthropisation, et s'est traduite par l'artificialisation et la transformation des paysages. Les qualités microclimatiques des territoires urbanisés, marqués par le climat méditerranéen – tempéré : étés chauds et secs, hivers doux et humides - le relief immédiat et le voisinage d'espaces à dominante agricole, naturelle ou maritime, ont alors subies des dégradations que nous nous proposons d'estimer et de localiser.

Du golfe de La Ciotat à l'embouchure du Rhône, une grande diversité de fonctions (industrielle, touristique, résidentiel, réserve naturelle, grande métropole, …etc.) et de caractéristiques physiques forment le paysage d'aujourd'hui, résultat d'interventions et de périodes d'évolution variées (AGAM, 2012): industrialisation (Fos-sur-Mer, Martigues, Port-St-Louis du Rhône, ...etc.), développement du trafic maritime (Marseille, Fos-sur-Mer), développement du tourisme balnéaire (Côte bleue, Cassis, La Ciotat), extension résidentielle hors des grandes agglomération (Côte bleue), génératrice d'augmentation des trajets domicile - travail, extension des grandes agglomérations (Marseille, La Ciotat), baisse de l'activité agricole, incendies de forêt (chaine de l'Estaque, massif des Calanques).

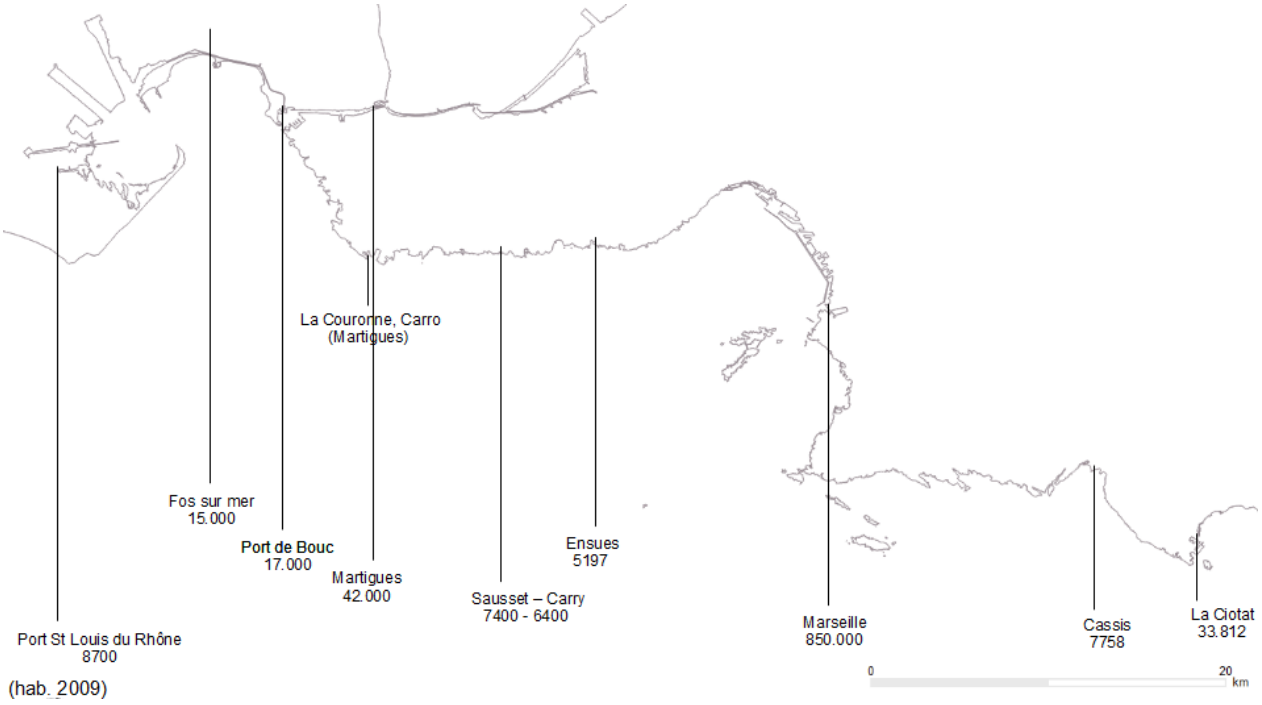


Fig 3 – Etendue du littoral étudié

La période que nous étudions s'étend de la seconde moitié du XIXe siècle à aujourd'hui. Nous nous attachons à caractériser d'un point de vue climatique les grandes étapes de cette évolution. L'évolution de la population (Fig. 4) conduit à distinguer deux périodes: une première période de lente évolution avant 1940-1950, une croissance plus forte après 1950 (seules échappent à ce rythme trois villes : Marseille, La Ciotat et Port de Bouc dont la population évoluent plus progressivement).

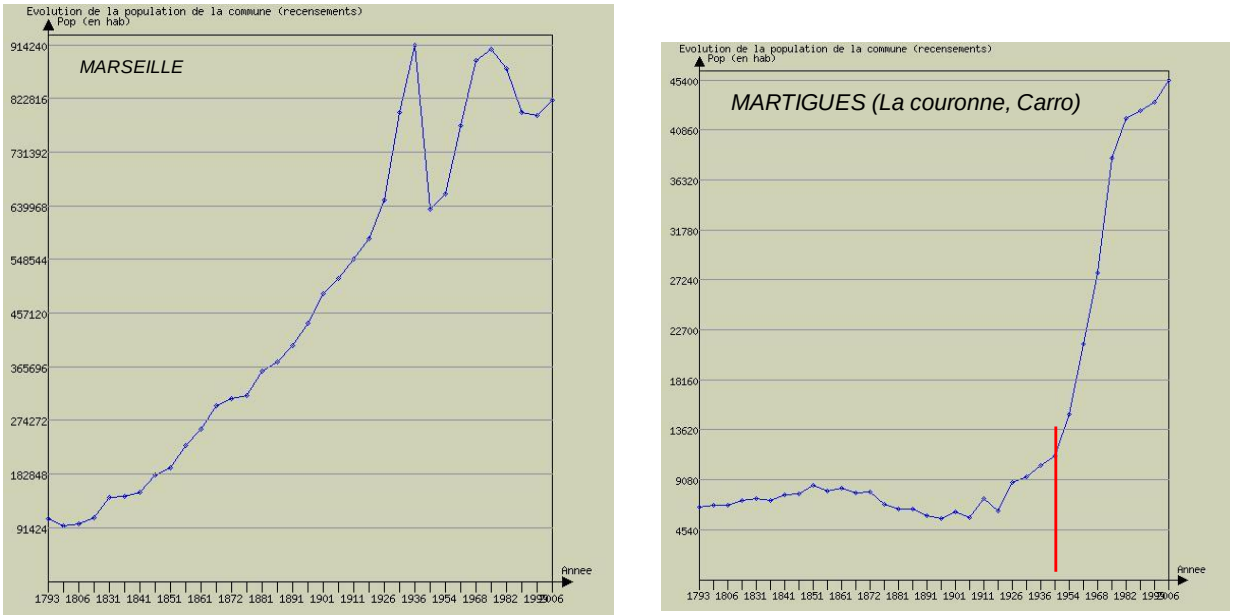


Fig.4 - Evolution de la population : Marseille, Martigues (sources INSEE et EHESS)

Hypothèses

Cette évolution s'est traduite par une large artificialisation du littoral (extension, renouvellement urbain, densification, déforestation,…etc.). Nous formulons l'hypothèse que celle-ci, comme tout aménagement urbain, a fait évoluer de façon significative le microclimat.

Pour caractériser cette artificialisation, et compte-tenu de l'étendue du territoire analysé, nous avons choisi de décrire l'occupation et l'usage des sols. Nous avons en effet émis l'hypothèse que cette description nous permettrait d'analyser l'incidence des changements d'occupation et d'usage sur les températures et d'estimer avec suffisamment de fiabilité les écarts entre zones artificialisées de différents types.

Nous proposons une étude cartographique du littoral qui a pour objectif de qualifier, de quantifier et de localiser les évolutions. Le rôle central que peut jouer la carte dans ce type d'étude a été souligné (Chao R. *et al.,* 2010) L'étendue du territoire concerné (100 km de côte environ), la qualité limitée des informations disponibles (documents d'archive pour la plupart) nous ont conduit à proposer une approche simplifiée, adaptée aux contraintes de mise en œuvre. Elle est basée sur l'interprétation visuelle de documents cartographiques et photos aériennes (cf. infra). Cette approche a été choisie parmi d'autres moyens d'investigation pratiqués aujourd'hui: les campagnes de mesures réalisées sur le terrain sont coûteuses, et bien entendu non envisageables dans une approche ayant pour objet de caractériser des situations disparues; la réalisation de simulations numériques ou analogiques, évitent les difficultés propres au terrain, mais nécessitent de disposer de modèles 3D : cette approche n'est envisageable qu'à échelle plus réduite (Benzerzour *et al.*, 2011). L'interprétation assistée par ordinateur (IAO) a été choisie, contrairement à d'autres approches diachroniques qui ont pu être mises en œuvre sur la base de techniques d'analyse d'images (Houet *et al.,* 2011 ; Martin, 2008)

La base de données construite permet de mettre en valeur les étapes de l'urbanisation, à différentes échelles, de localiser ces évolutions, d'évaluer leur ampleur et d'estimer leur impact (cf. §4).

L'examen de l'évolution de la population nous conduit à retenir une analyse historique privilégiant une comparaison entre l'état des territoires littoraux aujourd'hui et avant 1950, tout en rappelant toutefois l'évolution subie depuis le XIXème siècle (1860). Une cartographie plus détaillée de l'évolution, mettant en valeur des transformations plus progressives, n'apporterait pas d'informations supplémentaires significatives pour notre propos.

3. Méthodologie

Terrains étudiés

L'évolution de l'artificialisation de l'ensemble du littoral choisi a été étudiée dans un premier temps en le délimitant par le périmètre de l'étendue actuelle des territoires urbanisés en contact avec l'espace maritime ; les zones non urbanisées sont limitées à une bande côtière de 1 km. Cette première phase nous a permis de cerner les grandes étapes et lieux d'évolution, de 1830 à aujourd'hui (2006).

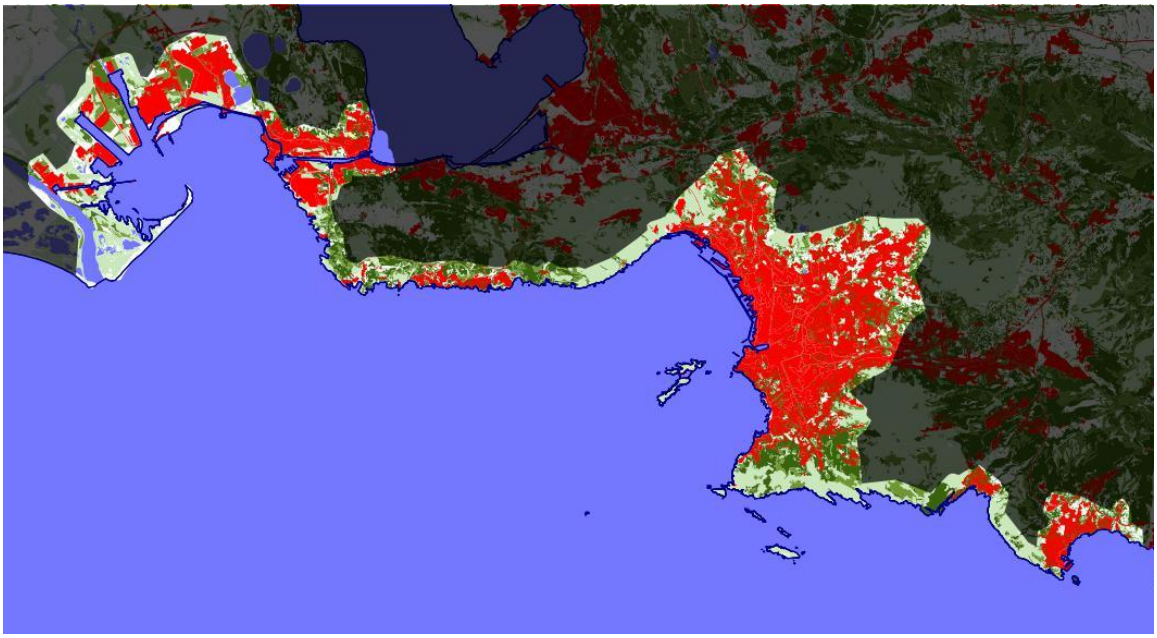


Fig. 5 - Périmètre urbain et naturel étudié dans un premier temps

Lors de la deuxième phase, deux secteurs ont été choisis pour une approche à plus grande échelle : Port-De-Bouc et Martigues, Marseille. Ces territoires, d'échelle différentes, sont représentatifs de différents cas d'évolution que l'on retrouve sur l'ensemble du territoire.

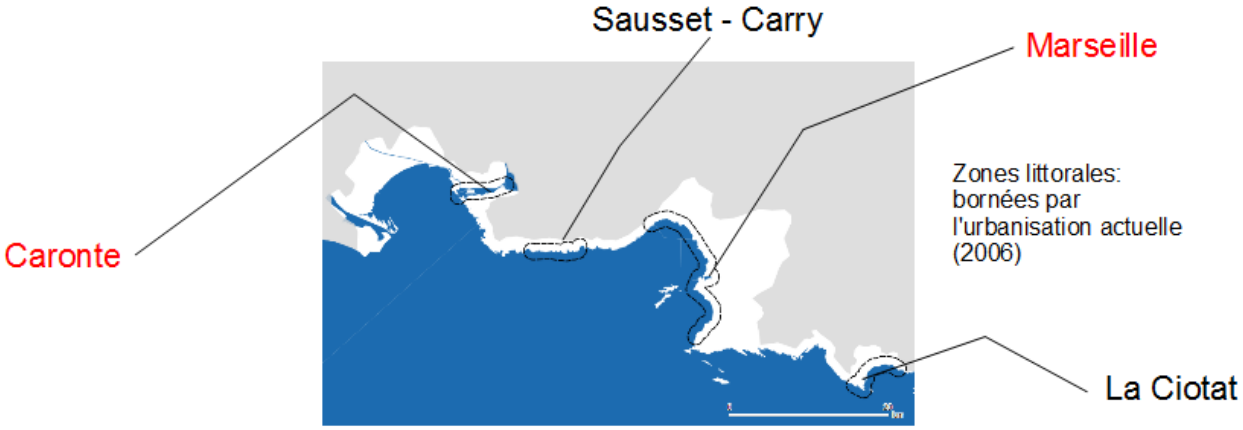


Fig. 6 – Secteurs d'étude détaillée

Port-De-Bouc et Martigues ont fait l'objet d'une description détaillée de l'occupation du sol en 1860, aux alentours de 1940 (selon les sources disponibles) et à l'heure actuelle (2009) sur l'ensemble de leur territoire. L'étendue de l'agglomération marseillaise et l'éloignement du littoral d'une partie de son territoire nous a conduits à ne réaliser cette description historique que pour une bande littorale.

La « bande littorale » couvre 1km de part et d'autre du trait de côte. La distance d'un km à l'intérieur des terres n'est fondée que sur la volonté de jeter les bases d'une étude détaillée postérieure de l'influence du plan d'eau maritime sur les espaces urbains avoisinants (il est communément considéré qu'un plan d'eau influe sur les températures des zones voisines sur une profondeur de 100 à 200m). Le tracé du trait de côte est celui de 1830, choisi pour mettre en valeur son recul (le plus souvent) par remblaiement lors de certaines interventions d'urbanisation. C'est la raison pour laquelle une bande marine de 1km a été également retenue. L'analyse réalisée sur Port-De-Bouc et Martigues (« Caronte ») et Marseille est limitée par cette bande littorale. Les extrémités de ces zones sont déterminées par l'étendue de l'urbanisation actuelle (2009).

Données collectées, données créées

L'essentiel des données créées pour réaliser l'analyse relèvent d'une description de l'occupation et de l'utilisation des sols. Pour ce faire, la définition d'une classification ou l'adoption d'une nomenclature existante est nécessaire. Nous avons choisi deux nomenclatures différentes : la nomenclature « Corine Land Cover » (JEGOU, 2009), utilisée jusqu'à aujourd'hui pour la description de l'occupation des sols des pays européens. Nous avons utilisé la base de données « OcsolPaca » réalisée pour 2006 et distribuée par le CRIGE-PACA et nous avons créé pour 1830, 1860 et les alentours de 1940 trois nouvelles bases de données. Nous nous sommes limités au niveau 1 de la nomenclature (la nomenclature CLC est une hiérarchie de classes organisée en 3 niveaux), en distinguant les zones artificialisées, les zones agricoles et naturelles (groupées en une seule classe), les zones humides et les étendues d'eau. L'usage de la cartographie basée sur cette nomenclature est limité à l'approche globale de l'urbanisation réalisée sur l'ensemble du littoral, à une échelle variant du 1/250.000 au 1/25.000.

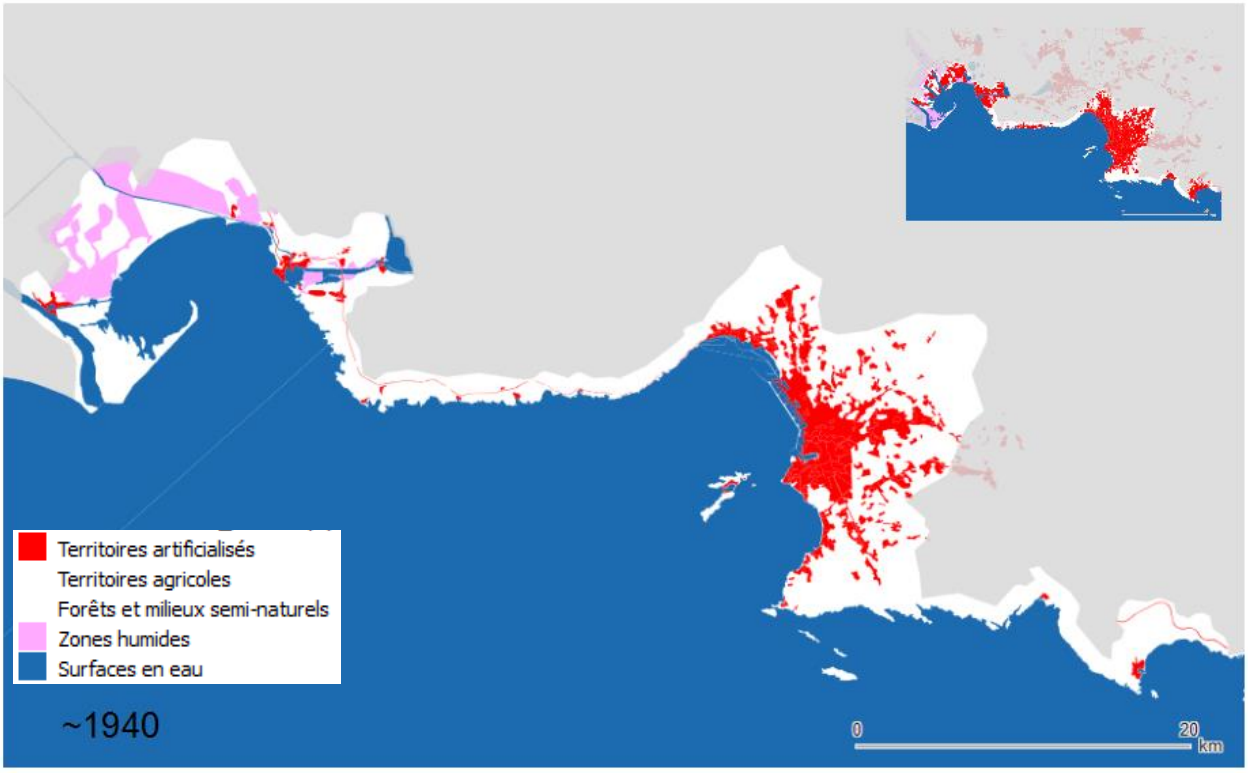


Fig. 7 – Caractérisation de l'occupation du sol selon le niveau 1 de la nomenclature CLC (1940)

Pour décrire en détail les états de l'occupation du sol et analyser l'incidence des interventions sur la température extérieure, nous avons choisi d'employer une autre nomenclature. Elle a été mise au point pour mieux caractériser, comparer et mutualiser les mesures sur l'ICU réalisées dans le monde (Stewart *et al.,* 2012). Les températures recueillies sont considérées comme étant exemptes de toute influence de zones voisines, et réalisées en situation de ciel clair et sans vent. La nomenclature propose une classification des territoires permettant la description de zones homogènes dites «Local Climatic Zones » (LCZ) (Fig. 8). Les auteurs proposent 17 classes principales, distinguant deux groupes: les types bâtis et les couvertures de sol (naturel). L'usage de la nomenclature permet ainsi de dépasser l'opposition ville – espaces naturels dans l'approche du phénomène des ilots de chaleur urbains.

Un ensemble de caractères participent à la définition de chacune des classes de la nomenclature (Fig. 9): ils relèvent de la morphologie (« facteur de vue du ciel », gabarit des rues, hauteur moyenne du bâti, de la végétation, rugosité du terrain), des propriétés de surface (surfaces bâties / imperméabilisées / perméables, albédo de surface, conductivité), et enfin de la production de chaleur anthropique (flux de chaleur (chauffage, climatisation, industrie, automobile, …)). Ces caractères constituent les « métadonnées » décrivant le site des mesures de température réalisées. Nous les utilisons pour décrire et ensuite analyser de façon détaillée l'évolution de l'artificialisation: extension urbaine, densification, modification des couvertures des sols, évolution de la couverture végétale, … etc.

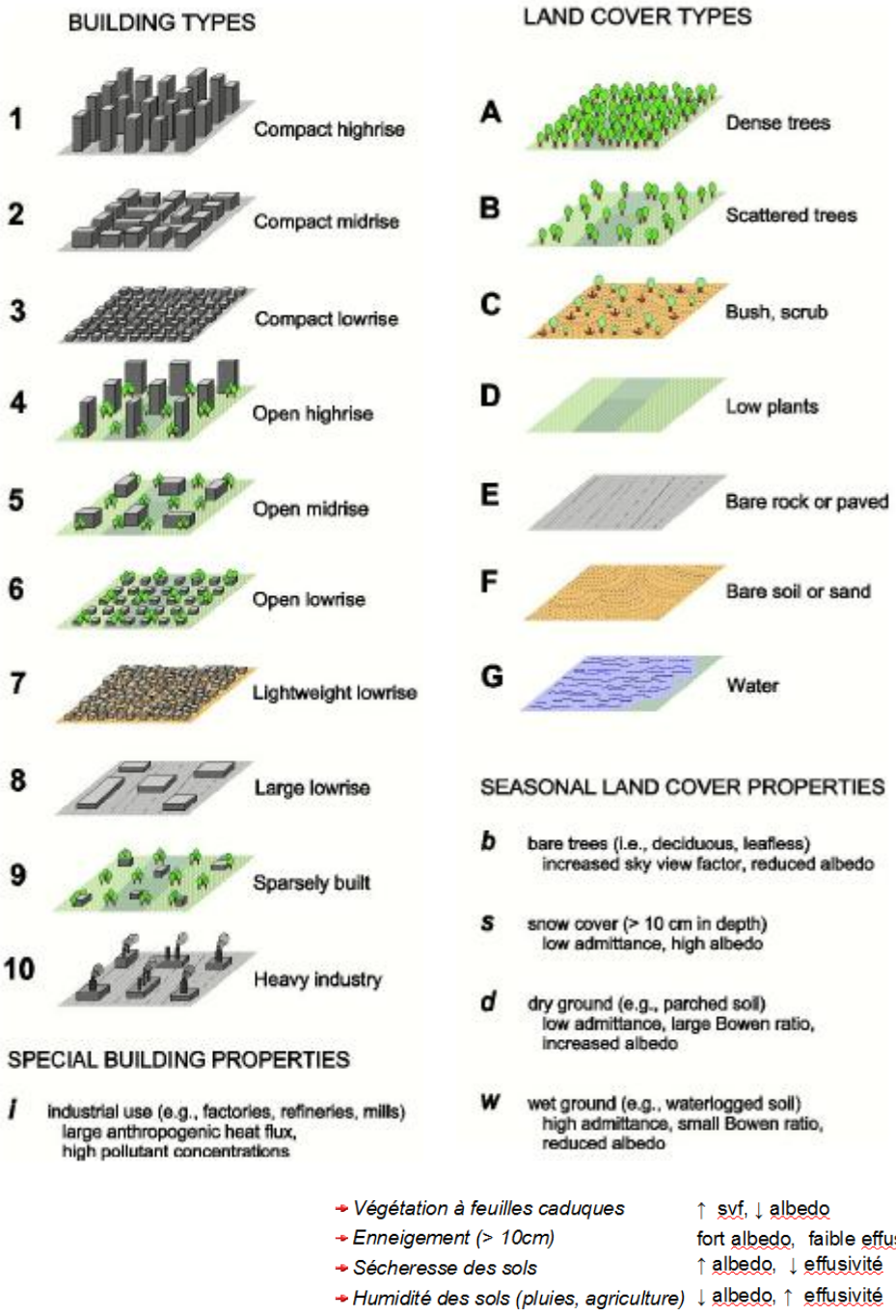
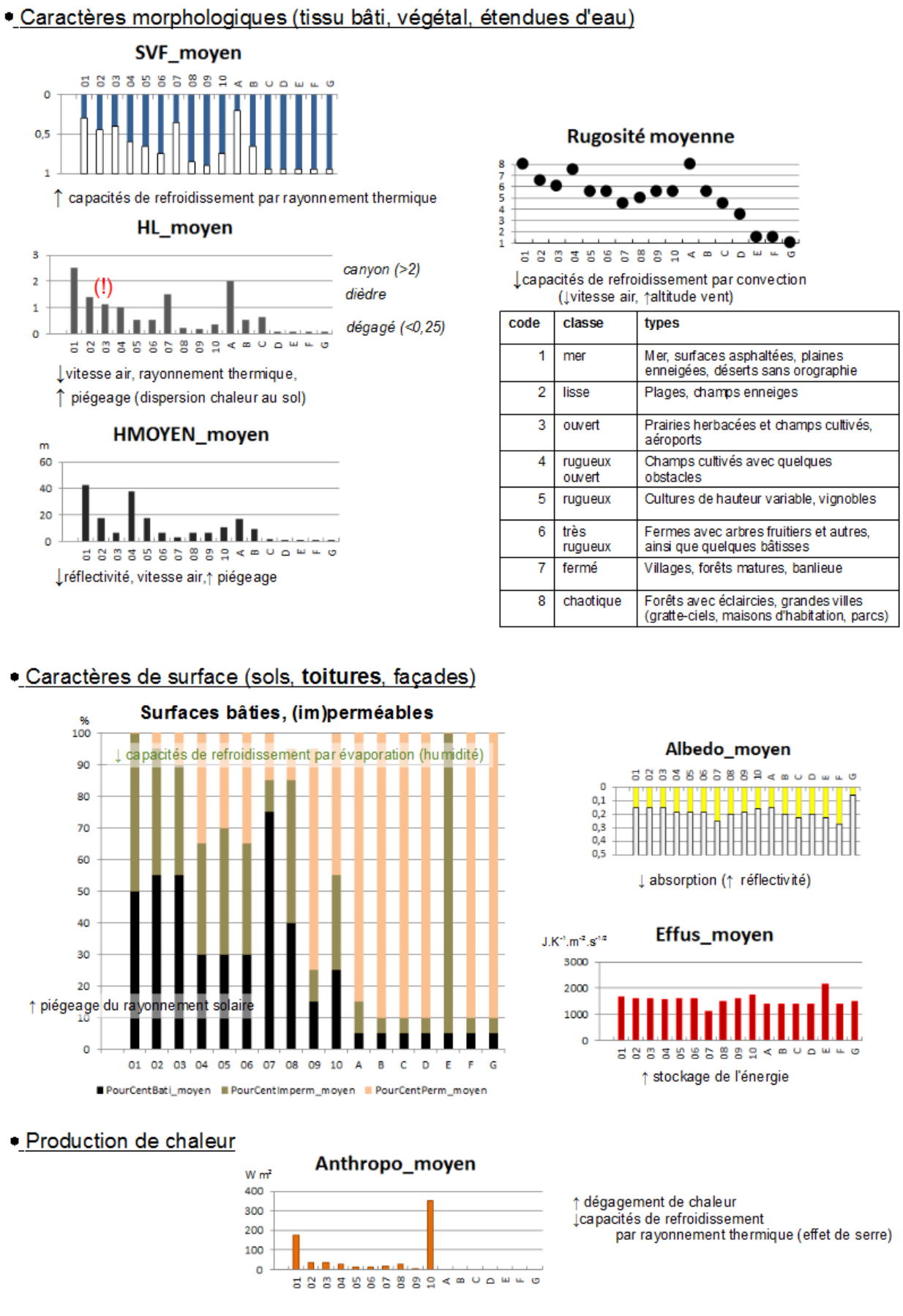


Fig. 8 - La nomenclature LCZ (Stewart *et al.,* 2012)



code	classe	types
1	mer	Mer, surfaces asphaltées, plaines enneigées, déserts sans orographie
2	lisse	Plages, champs enneiges
3	ouvert	Prairies herbacées et champs cultivés, aéroports
4	rugueux ouvert	Champs cultivés avec quelques obstacles
5	rugueux	Cultures de hauteur variable, vignobles
6	très rugueux	Fermes avec arbres fruitiers et autres, ainsi que quelques bâtisses
7	fermé	Villages, forêts matures, banlieue
8	chaotique	Forêts avec éclaircies, grandes villes (gratte-ciels, maisons d'habitation, parcs)

Fig. 9 - La variation des paramètres suivant les classes LCZ

L'utilisation de la nomenclature nous a permis de construire les bases de données détaillées d'occupation et d'usage des sols, tenant compte des caractéristiques qui ont une incidence sur les températures. Une cartographie peut être produite jusqu'à l'échelle du 1/10.000eme (Fig. 12 et annexe).

Cette cartographie a été réalisée pour les dates suivantes : 1860, alentours de 1940, 2009 (Fig. 13 et annexe). Le choix de ces dates, qui correspondent bien entendu aux moments que nous avons choisis d'analyser, est dépendant de la disponibilité des sources que nous avons pu recueillir et exploiter (Fig. 10, 11).

Nom	Source	Date	Lieu	Traitement : CLC/LCZ	Table résultante
Cadastre Napoléon 1/2000	Archives Départementales	1830	Fos-sur-Mer, Martigues, Marseille, Cassis, La Ciotat	CLC	ocsolCLC_1830
Carte d'Etat-Major 1/40.000	IGN	1855, 1860, 1861	Ensemble	CLC/LCZ	ocsolCLC_1860 LCZ_1860
Carte topo 1933, 1934, 1936, 1947 1/20.000	IGN	1933, 1936, 1947	Ensemble	CLC/LCZ	ocsolCLC_1933_1947 LCZ_193x
BD ocsolPaca	CRIGE-PACA	,1999, 2006	Ensemble	CLC	ocsolPACA2006_NIV1=1,4,5
Orthophotographies RVB15cm, IRC50cm	CRIGE-PACA	2009	Ensemble	LCZ	LCZ_20xx
Ortho historique NG90cm	IGN SHOM, CRIGE-PACA	1947,1949 1927	Martigues, Port de Bouc	LCZ	LCZ_193x
	INAMA		Marseille	CLC	ocsolCLC_1860, 1933_1947

Fig. 10 - Documents et bases de données recueillis et exploités pour la réalisation des bases d'occupation du sol

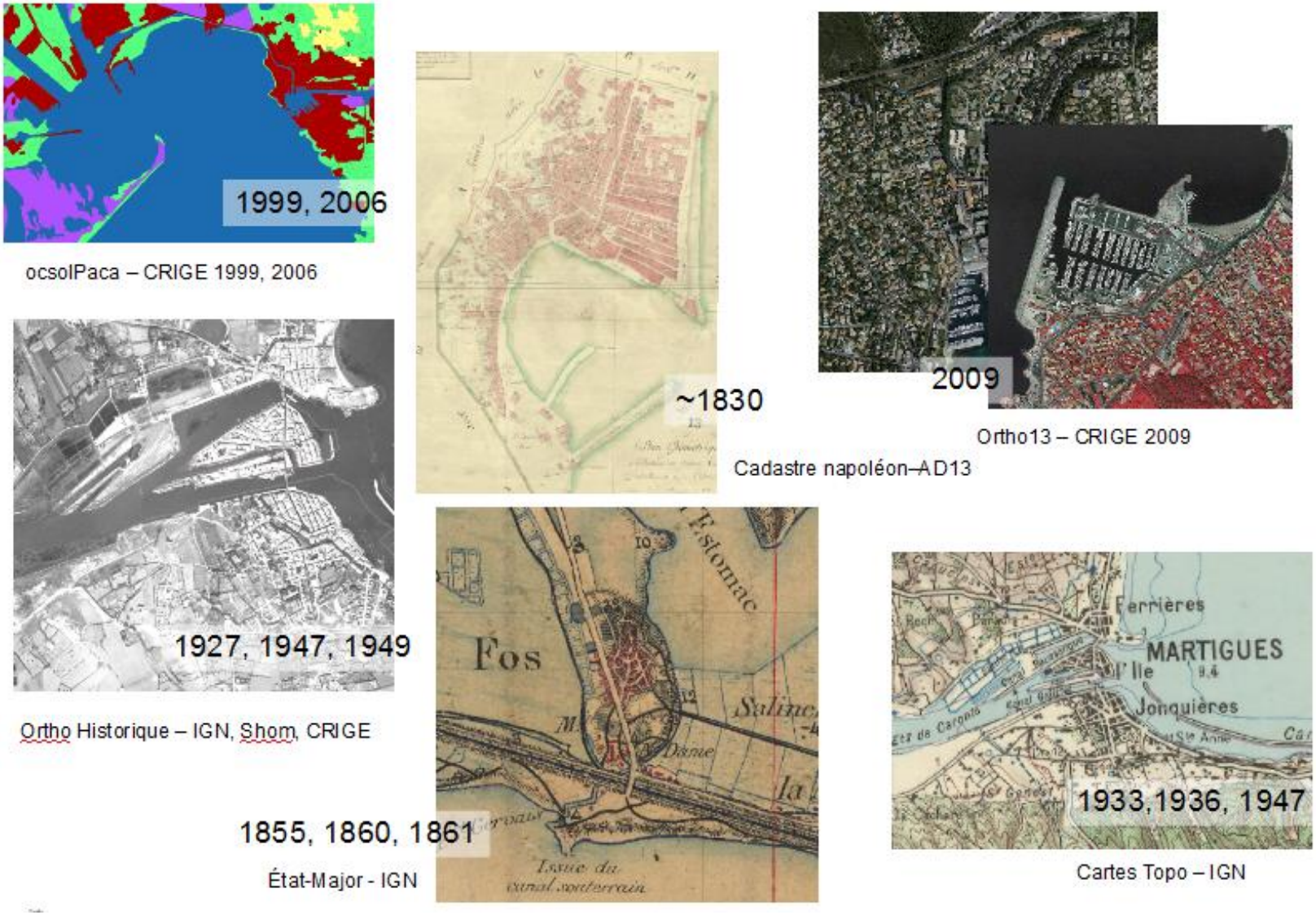


Fig. 11 - Echantillons des sources cartographiques et photographiques utilisées

1860

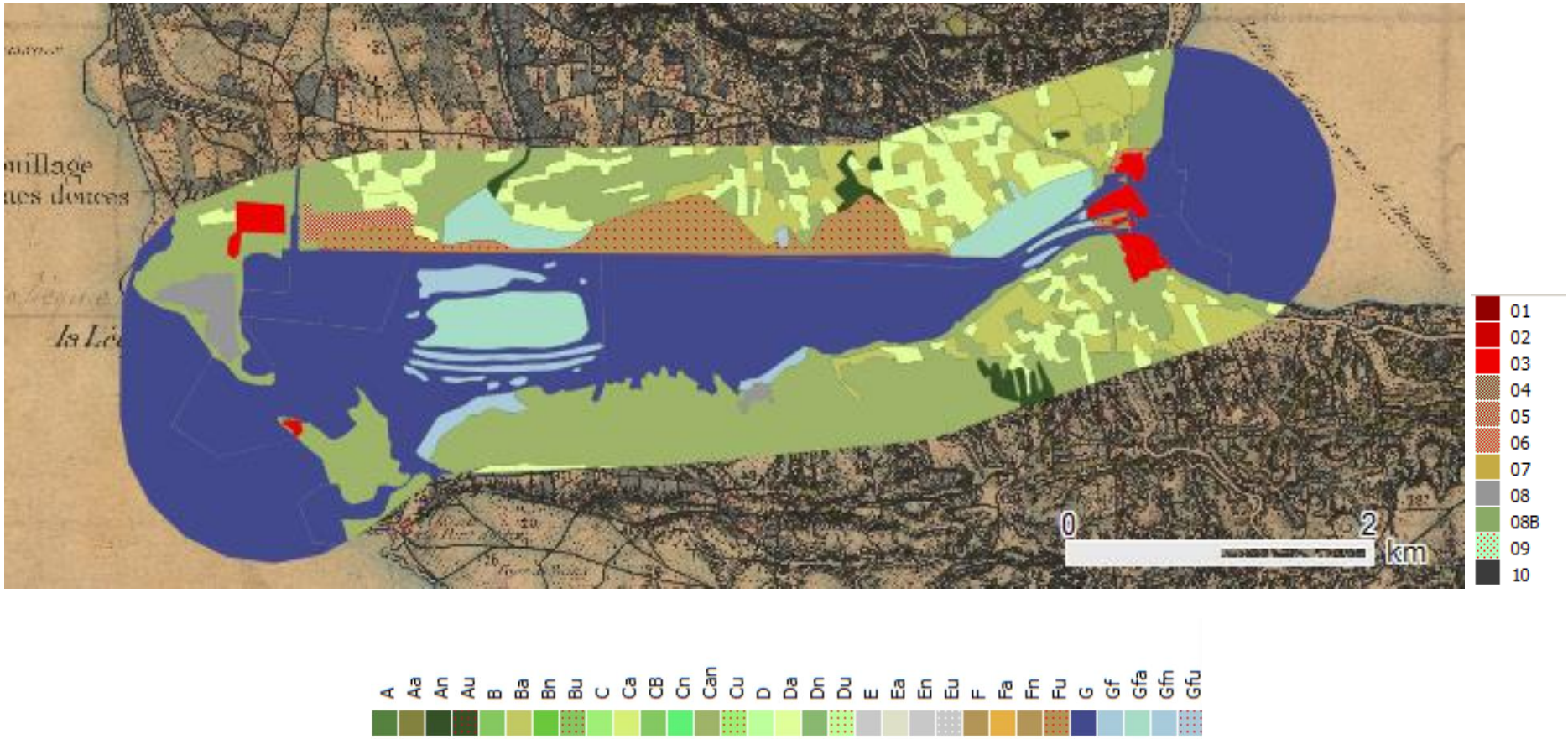


Fig. 12 – Caronte, 1860 - *La classification des zones en LCZ est complétée pour les zones non bâties des attributs « naturel » (n), « agricole » (a) ou « urbain » (u) afin de mieux les différencier (ex. distinguer une zone naturelle arborée d'une zone de vergers, qui sont cependant équivalentes du point de vue qui nous concerne (classe B).*

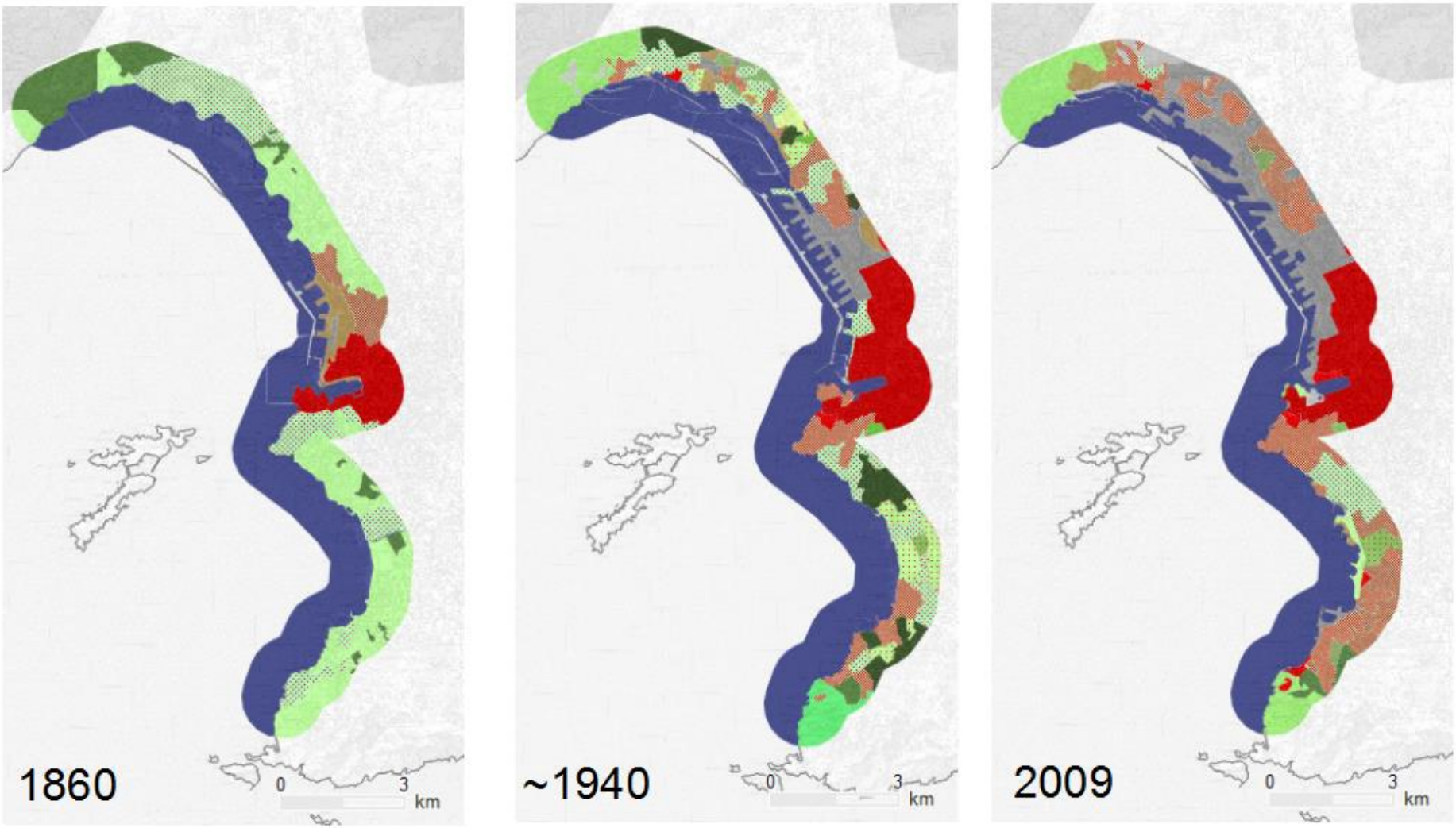


Fig. 13 – Marseille - Littoral, 1860 – ~1940 - 2009: Evolution de la nature de l'occupation du sol

Démarche de traitement et d'analyse

Sur la base de la connaissance de l'évolution de l'occupation du sol ainsi construite, en particulier pour les territoires aujourd'hui urbanisés, notre démarche d'analyse a conduit à fournir en les cartographiant les éléments permettant d'analyser l'incidence des changements d'occupation et d'usage des sols et d'estimer l'évolution des températures, grâce à la production de séries historiques.

La démarche d'analyse se développe à deux échelles : l'évolution de l'ensemble de la « bande littorale » (1km de part et d'autre du trait de côte 1830) est analysée de 1830 à aujourd'hui afin de situer les lieux et l'ampleur du processus d'artificialisation à chaque période. La cartographie est complétée par une évaluation quantitative permettant d'estimer les superficies de territoire transformées. Les évolutions des parties terrestre et maritime de cette bande littorale sont ensuite évaluées séparément.

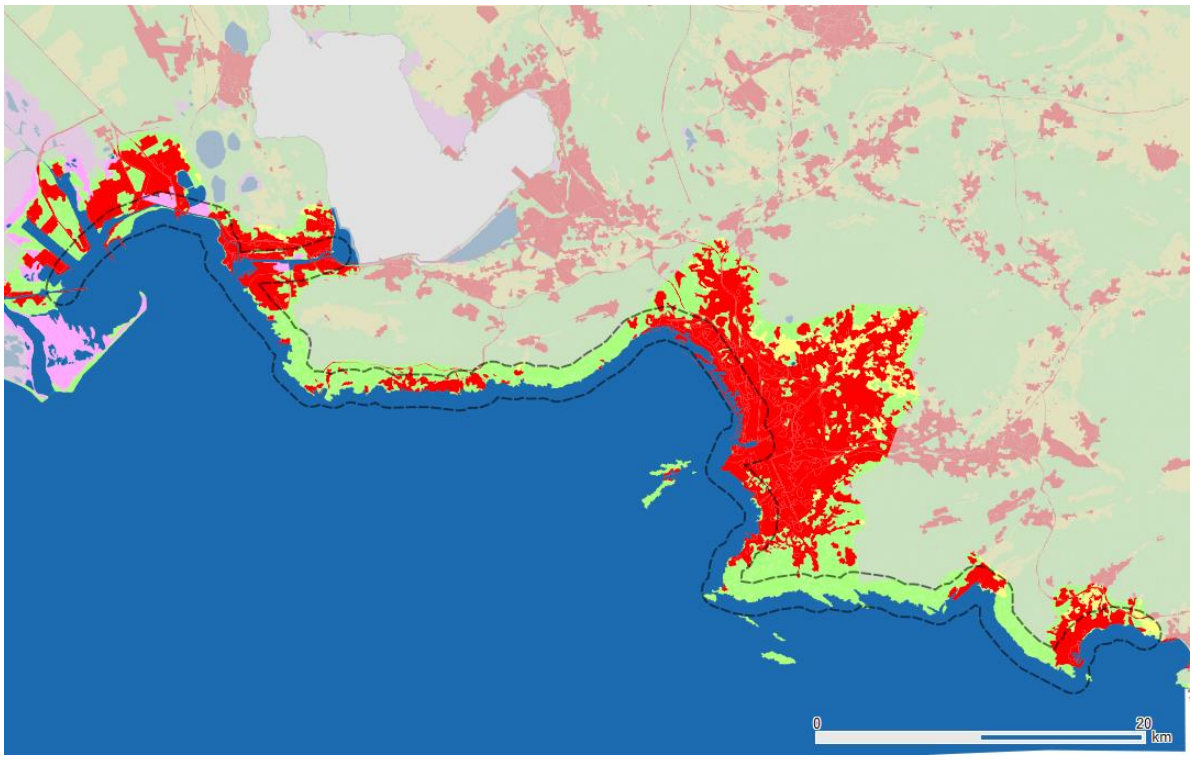


Fig. 14 - La bande littorale de 1 km de part et d'autre du trait de côte de 1830

Cette première analyse, qui a permis de retenir les territoires à investir plus en détail car représentatifs du phénomène analysé, est suivie par l'étude cartographique et quantitative plus détaillée, concernant la période 1860 – alentours de 1940 – aujourd'hui. Cette étude est basée sur les cartes d'occupation réalisée à l'aide de la nomenclature LCZ.

La valeur moyenne de chacun des caractères pour chaque classe (Fig. 9) nous permet de réaliser une première étape de l'analyse, qui s'attache à cartographier et évaluer l'évolution de certains indicateurs d'évolution de température (Fig. 15, 16): la perméabilité des sols, la densité bâtie, les

étendues végétales et espaces végétalisés, l'albédo des surfaces (sols, toitures), l'assèchement des zones humides et le comblement d'étendues d'eau.

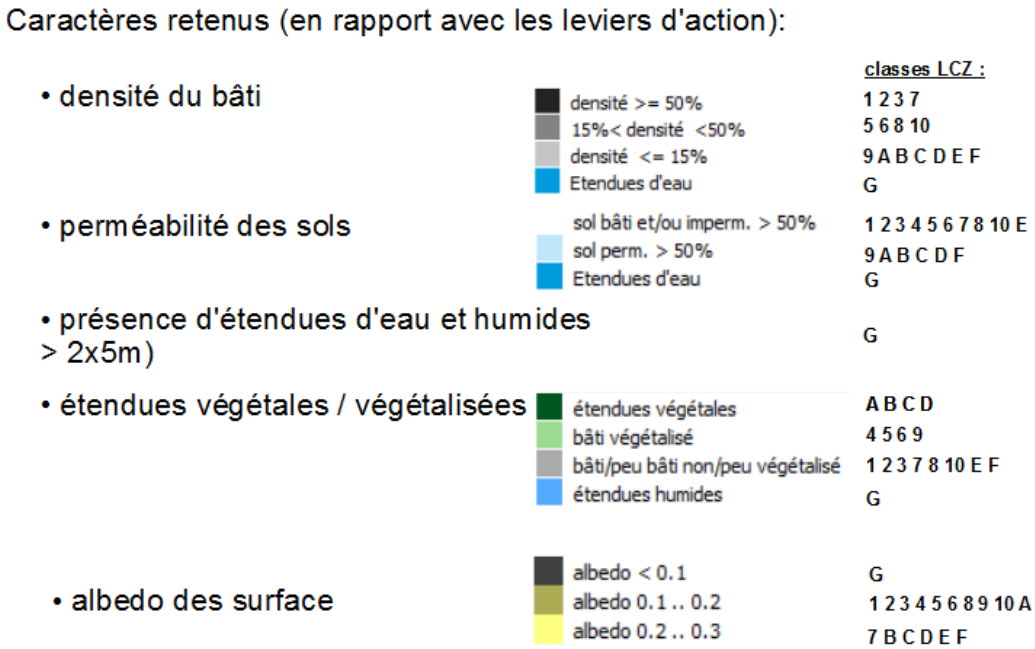


Fig. 15 – Indicateurs retenus et classification des zones. *Les plages de valeur ont été définies à partir de la répartition des classes en fonction des valeurs moyennes des caractères morphologiques et de surface (diagrammes Fig. 9)*

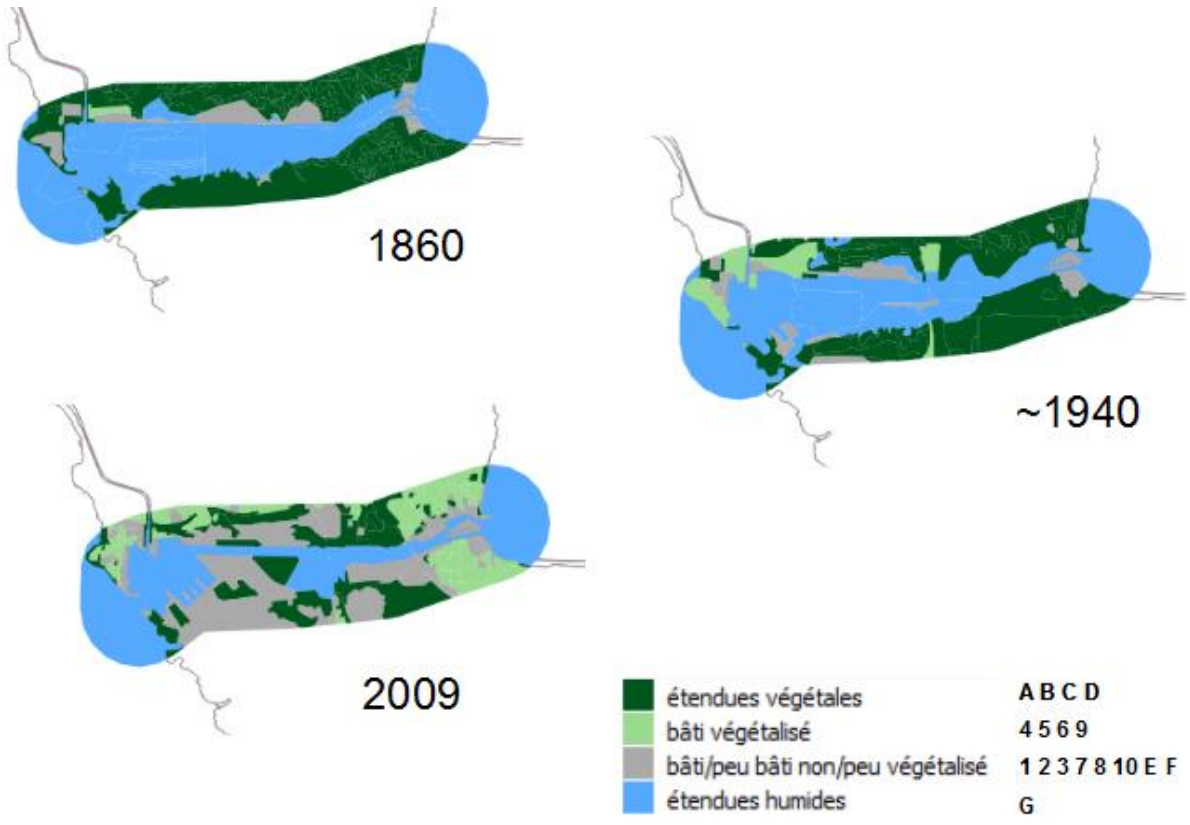


Fig.16 – Evolution de la végétation sur le secteur de Caronte

Une deuxième étape consiste à analyser l'incidence des changements d'occupation et d'usage des sols sur les températures. Cette analyse se fonde sur les études conduites par Stewart (Stewart, 2010, 2013) qui propose d'une part une hiérarchisation des classes, d'autre part une évaluation des écarts de température entre zones relevant de deux classes différentes et se succédant dans la hiérarchie. Ces propositions sont fondées sur des mesures réalisées dans différentes villes, puis sur l'utilisation d'un modèle de simulation (OSU-CAPS couplé à TEB, Stewart *et al.,* 2013). La validité de cette hiérarchie et des écarts estimés suppose des conditions « optimales » : ciel clair, pas de vent et ne prend pas en compte les effets du relief, des brises ou vents dominants (pas d'interactions entre zones voisines).

- classification hiérarchique :

Une première proposition (Stewart, 2011) conduit à considérer les 17 classes ordonnées de 1 à 10, puis de A à G selon l'effet plus ou moins important de la combinaison de leurs paramètres sur la température. La proposition suivante (Stewart *et al.*, 2013) modifie l'ordre précédant, et propose une hiérarchie de classe pour les écarts de température diurne. Ces classifications hiérarchiques sont le fondement des cartes thématiques que nous avons réalisées dans un premier temps pour révéler les portions de territoire qui seraient plus chaudes ou plus fraiches que d'autres, et qui permettent de montrer de ce point de vue l'évolution des territoires (Fig. 17).

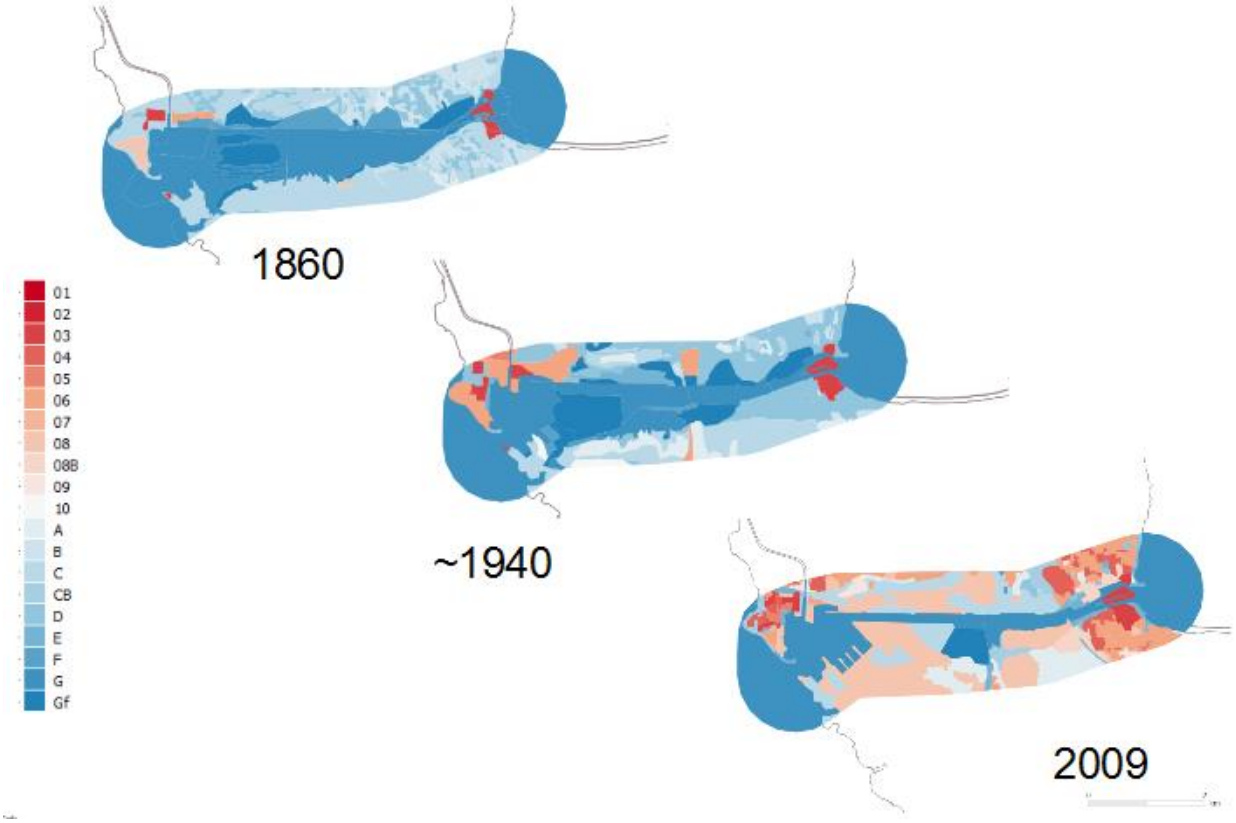


Fig. 17 - Caronte, Evolution des températures – (*Hiérarchie : Stewart, 2011)*

Ces cartes représentent des zones de température homogène. Cette représentation n'est bien sûr pas adaptée à la réalité, puisque l'on analyse un phénomène continu, où la « périphérie » de chaque zone LCZ subit l'influence des zones voisines, et influence ces mêmes zones. La profondeur

d'influence est fonction du degré de porosité de l'espace considéré. De plus, l'évolution de la température d'un lieu est dû à la transformation (éventuelle) de son occupation, mais aussi à la transformation de l'occupation de son voisinage « immédiat » (Chao R. *et al.,* 2010) (disparition d'un plan d'eau, recul d'une zone boisée, …etc.). Cette étude des influences et leur modélisation sera développée dans la troisième phase de notre recherche.

- écarts de température entre zones

Une première estimation (Fig. 18) consiste à distinguer des écarts forts (>5°), moyens (entre 2° et 5°) et faibles (<2°). La réalisation de campagnes de mesures est à l'origine de ces estimations.

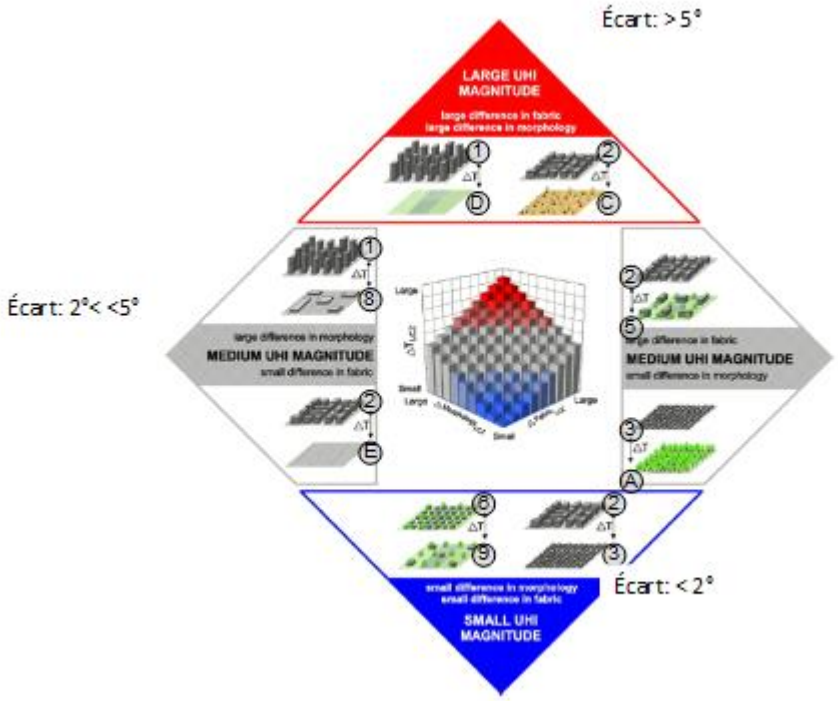


Fig. 18 – Estimation des écarts de températures entre zones de classes LCZ différentes

(*Stewart, 2011)*

Les résultats du travail de simulation publiés en 2013 (Stewart *et al.*, 2013) affine ces estimations, tout en proposant une autre hiérarchie des classes. Le diagramme ci-dessous (Fig. 19) en est l'illustration, pour la période diurne.

La production de cartes thématiques pour chaque date choisie (en particulier 2009 et « autour de 1940 ») sur chacun des territoires étudiés (Caronte, Marseille, La Ciotat, Sausset-Carry) nous permettra de proposer à l'issu de la troisième et dernière phase de notre étude une cartographie des écarts de température entre les deux dates pour une même zone, en relation avec les changements d'occupation et d'usage des sols qui est intervenu au cours de la période considérée.

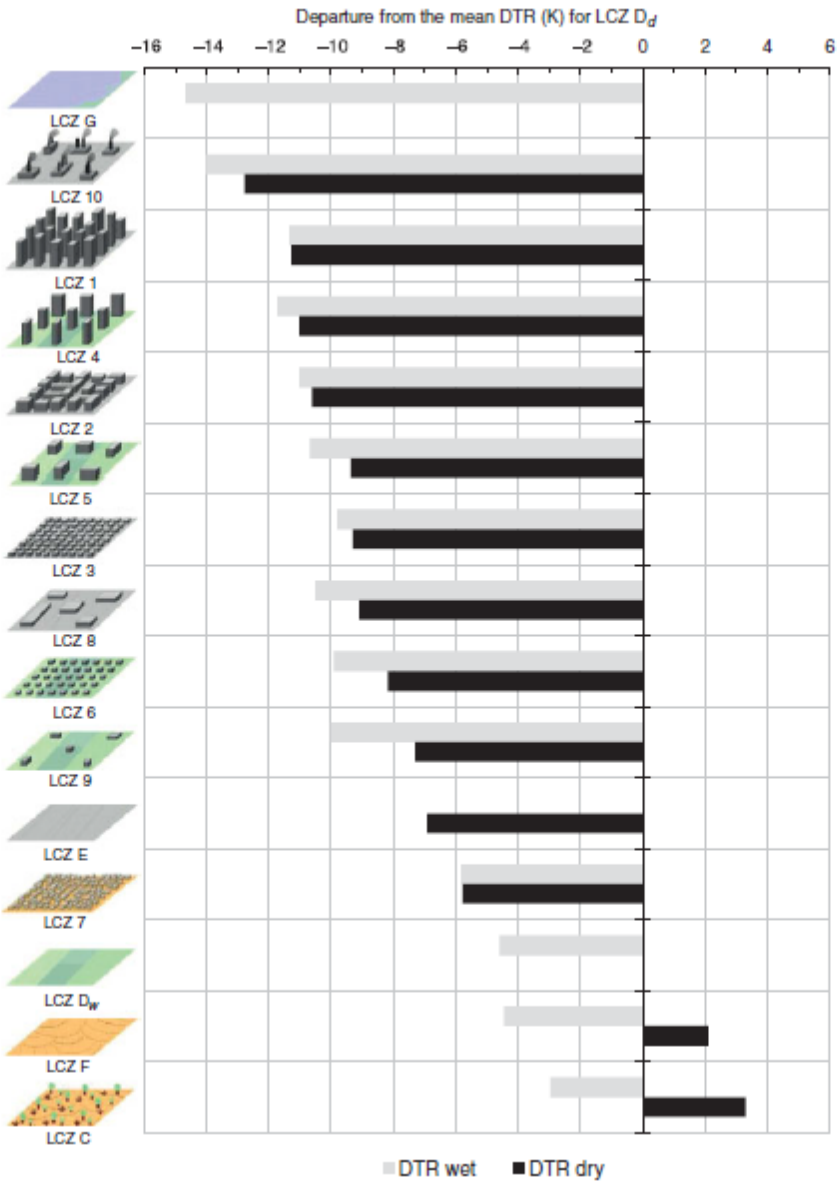


Figure 10. Simulated diurnal temperature range (DTR) for local climate zones. Trees are excluded from all zones. Mean DTR for LCZ $D_d = 17$ K.

Fig. 19 – Ecarts de température diurne entre zones LCZ, résultats de simulation

(Stewart et al., 2013)

4. Résultats

NB. Les évaluations de superficie sont réalisées sur la bande littorale de 1km de part et d'autre de la ligne de côte 1830)

L'ensemble du littoral, de Port-Saint-Louis du Rhône à La Ciotat

La cartographie historique réalisée sur l'ensemble du littoral (rapport annexe, Cartes 1 à 4) et les évaluations réalisées (rapport annexe, Tableaux 1 et 2) nous permettent de tracer les grandes transformations qui ont eu lieu de 1830 à aujourd'hui, à la suite des interventions successives que le littoral a subi.

En 1830, seule Marseille présente une superficie d'urbanisation importante (bande littorale de 280 ha environ). La ville, située en bordure littorale, est entourée de nombreux villages. Fos-sur-Mer, Martigues, Cassis et La Ciotat présentent elles aussi une structure d'urbanisation villageoise. L'urbanisation du littoral est donc limitée (1,5%), les zones humides (marais, étangs) sont importantes en zone Ouest (4%), les espaces agricoles et naturels sont prédominants (48%), hormis la partie strictement maritime (46,5%).

En 1860, apparait un début d'urbanisation à Port-de-Bouc. L'urbanisation littorale de Marseille s'est étendue (410 ha environ) et le développement des ports Nord a démarré (aménagement des bassins de la Joliette, 1854). Au cours de cette période, un faible pourcentage d'espaces naturels, agricoles et d'étendues marines situées sur la bande littorale est consommé par l'urbanisation (1% de plus d'espaces urbanisés).

L'extension de la ville de Marseille se développe dans la période suivante (la bande littorale urbanisée passe de 410 ha environ à 1600 ha) et aboutit dans les années 1940 à la fusion au Nord, au Sud comme à l'Est avec les villages qui eux-mêmes s'étendent. Port de Bouc et Martigues se développent (urbanisation de la bande littorale : 33 ha environ à 133 ha), comme La Ciotat (urbanisation de la bande littorale : 30 ha environ à 70 ha) du fait des aménagements portuaires et industriels. Les premiers noyaux d'urbanisation apparaissent à Port-St-Louis du Rhône et sur le long de la chaine de l'Estaque (Sausset, Carry, …etc.), la ligne de chemin de fer « de la Côte Bleue » est en service à la fin 1915. Ainsi, l'urbanisation du littoral s'intensifie (9% du territoire considéré) et se traduit par la consommation d'espaces naturels ou agricoles (-5% par rapport à 1830), comme des étendues d'eau (maritime et zones humides, -2%).

La période 1940 – 2006 (que l'on pourrait ramener à 1999, les écarts entre 1999 et 2006 étant peu importants du point de vue qui nous intéresse) se caractérise par la densification très importante du territoire de Marseille (sa bande littorale urbanisée passe de 1600 à 2500 ha environ), la forte extension de la zone de Martigues – Port de Bouc (croissance : de 130 à 800 ha) et l'aménagement industriel du golfe et le développement de la ville de Fos-sur-Mer, l'extension importante des villes de la côte bleue, de Cassis et de La Ciotat. Globalement, la bande littorale voit son urbanisation dépasser le ¼ de la superficie, essentiellement au détriment des zones agricoles et naturelles qui ne représentent plus que 30% du territoire.

Au total, sur l'ensemble de la période considérée (1830 - 2006) et dans la limite de la bande littorale considérée, ce sont 5300 ha qui sont consommés par l'urbanisation, en réponse aux besoins résidentiels, industriels, et de loisirs. La superficie de sols se développe, plus de 960 ha sont gagnés sur la mer, essentiellement à Marseille (520 ha) et Martigues-Port de Bouc (170 ha). Les zones humides (étangs et marais salants) des territoires de la bande littorale de Fos, Port de Bouc, Martigues passent de 860 ha en 1860 à 240 en 2006, soit une réduction de plus de 70%.

En résumé, on assiste à partir de 1860, avec une forte poussée entre les années autour de 1940 et 199, à une forte extension de l'urbanisation au détriment des espaces naturels ou agricoles, qui s'accompagne du recul du trait de côte et de la perte importante des zones humides.

Les secteurs littoraux les plus concernés par ces changements sont Marseille, La Ciotat, la Cote bleue, le port industriel de Fos sur Mer, Martigues et Port de Bouc le long du canal de Caronte.

Nous avons choisi d'analyser dans le détail les incidences microclimatiques des changements sur les secteurs de Caronte (rapport annexe, Série cartographique 1) et du littoral de Marseille (rapport annexe, Série cartographique 7). Comme indiqué dans le paragraphe précédent, nous analysons

l'évolution d'indicateurs considérés comme jouant un rôle majeur dans cette évolution : la densification du bâti (augmentation du piegage de la chaleur absorbée par les parois ou produites par les activités, baisse des capacités de refroidissement par rayonement thermique et de la vitesse de l'air), l'imperméabilisation des sols (baisse des capacités de refroidissement par évaporation (sols humides)), la dévégétalisation (baisse des capacités de refroidissement par evapotranspiration et éloignement des zones habitées), la baisse de la réflectivité des sols et l'augmentation conséquente de l'absorption du rayonement (albedo), le recul de la cote et l'assèchement des zones humides(baisse des capacités de refroidissement par evaporation et éloignement des zones habitées).

L'évolution de « Caronte » et l'incidence sur les températures (rapport annexe, Séries cartographiques 1 à 6 et Fig. 20)

L'évolution du secteur de Caronte se caractérise par une forte poussée de l'urbanisation dans la période 1940-2006 (1999), les territoires artificialisés occupant près de 51% en 1999 du territoire au lieu de 8% dans les années 1940. Les territoires agricoles (pour la plupart situés au Nord du canal de Caronte) et naturels ne représentent plus que 12% alors qu'ils occupaient environ 40% du territoire vers 1940.

Les étendues maritimes et marais salants associés ont été fortement remodelés et réduits par l'aménagement du port de Lavéra et l'occupation des berges : si de 1860 à 1940 on peut évaluer à une vingtaine d'hectares la réduction de ces espaces, elle atteint plus de 220 hectares dans la période suivante (rapport annexe, Série cartographique 2).

Les zones faiblement bâties (densité < 15%) couvrent environ 40% dans les années 1940, elles sont réduites à 25% par densification (densité comprise entre 15% et 50%) (Série 3). Cette évolution affecte l'ensemble du territoire étudié, avec une prédominance du secteur Est, autour du noyau dense de Martigues. En conséquence, la perméabilité des sols (Série 4) est considérablement réduite, les sols perméables (plus de 50% de leur surface) passant de 40% vers 1940 à environ 20% en 2009, y compris les territoires gagnés sur la mer et étendues humides. Les sols classés imperméables (bâtis et/ou possédant plus de 50% de surface imperméable) occupaient 12% de la surface, ils en occupent aujourd'hui plus de 40%. Les étendues végétales (Série 5) ont elles-aussi été réduites (de moitié) et se sont éloignées des zones urbanisées. Elles ont été remplacées pour moitié environ par des zones de bâti végétalisé, pour l'autre moitié par du bâti non ou peu végétalisé. L'albédo des surfaces a baissé (Série 6), augmentant en conséquence les capacités d'absorption des surfaces : les zones à faible albédo (0,1 à 0,2) représentent aujourd'hui 45% environ de la surface de ce secteur littoral.

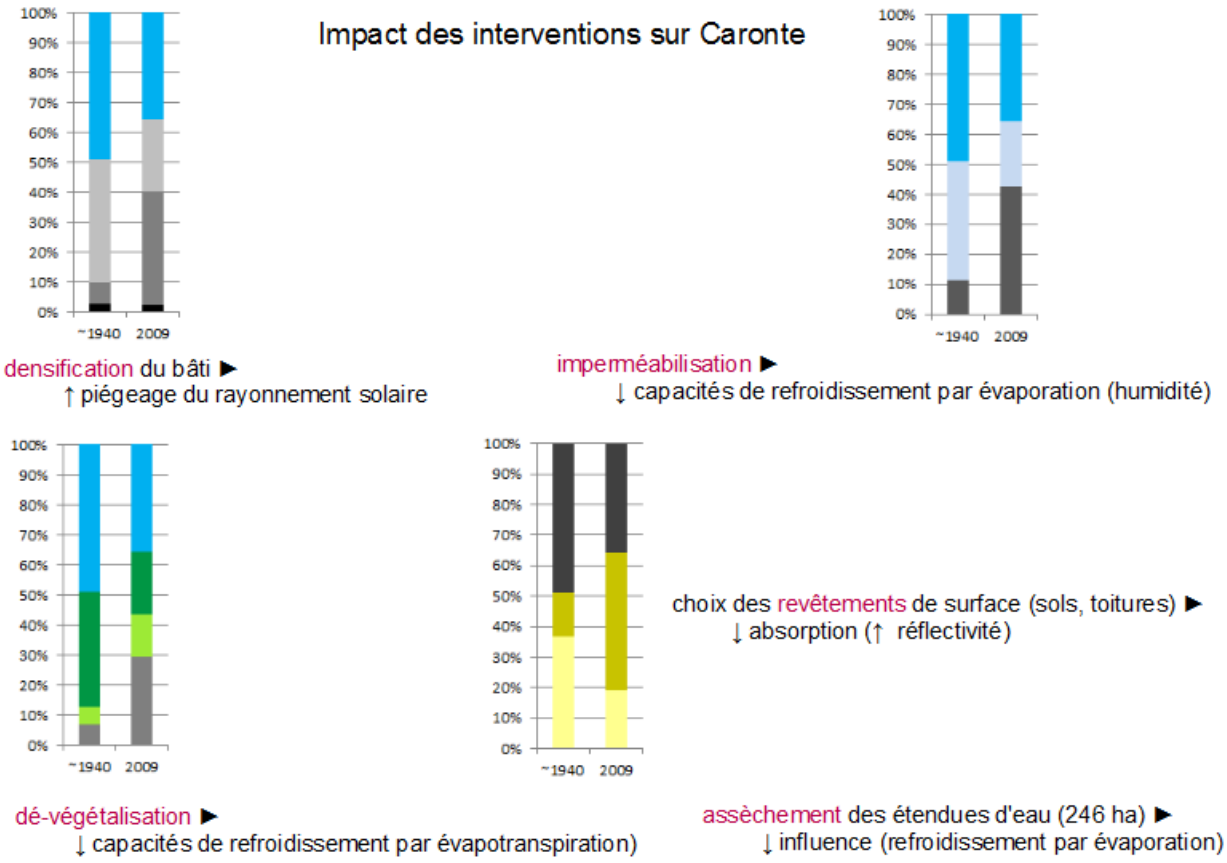


Fig. 20 – Caronte, ~1940 - 2009 : estimation des évolutions

L'évolution de Marseille-Littoral et l'incidence sur les températures (rapport annexe, Séries cartographiques 7 à 12 et Fig. 21)

L'évolution du littoral de la ville de Marseille est plus progressive: de 1860 aux années 1940, les zones urbanisées passent de 8% à 33 %, puis 52% en 1999. Les zones agricoles et naturelles qui représentaient 47% en 1860 sont réduites à 25% (1940) puis 12% (1999).

Le passage des zones à faible densité bâtie à leur densification se fait progressivement (Série 9), les zones de densité moyenne (15 à 50% de surface bâtie) passent de 15% dans les années 1940 à plus de 30% en 2009. Cette progression est dominante dans la partie du littoral au Nord de l'axe Vieux Port-Canebière ainsi que dans la partie Sud, de l'avenue du Prado au quartier de Montredon.

C'est d'ailleurs dans ces mêmes secteurs que le rivage est repoussé (Série 8), au Nord pour l'aménagement du port de commerce et de voyageurs et la construction des aménagements associés, au Sud par l'aménagement des plages du Prado et du port de la Pointe Rouge. La part maritime de la bande littorale considérée perd 136 ha dans la période 1860-1940, 230 ha lors de la deuxième période.

Des années 1940 à 2009, les zones bâties peu ou pas végétalisées progressent (7% à 30%) (Série 10), le bâti végétalisé occupe 15% en 2009 contre 5% en 1940, les étendues végétales sont divisées de moitié. La partie au Sud du Vieux Port se distingue par la présence végétale, qui est moins marquée dans les quartiers Nord du Cap Pinède à l'Estaque, et faible autour et au Nord du Vieux Port et de la Canebière.

L'imperméabilisation des sols progresse (série 11) : en 2009, les sols bâtis ou imperméabilisés à plus de 50% représentent plus de 40% de la zone littorale étudiée, contre 12% dans les années 1940. Hormis la zone bâtie déjà évoquée, c'est le secteur Sud qui présente le plus de surfaces perméables.

La réflectivité (albédo) des zones terrestres diminue (série12), presqu'uniformément du Nord au Sud.

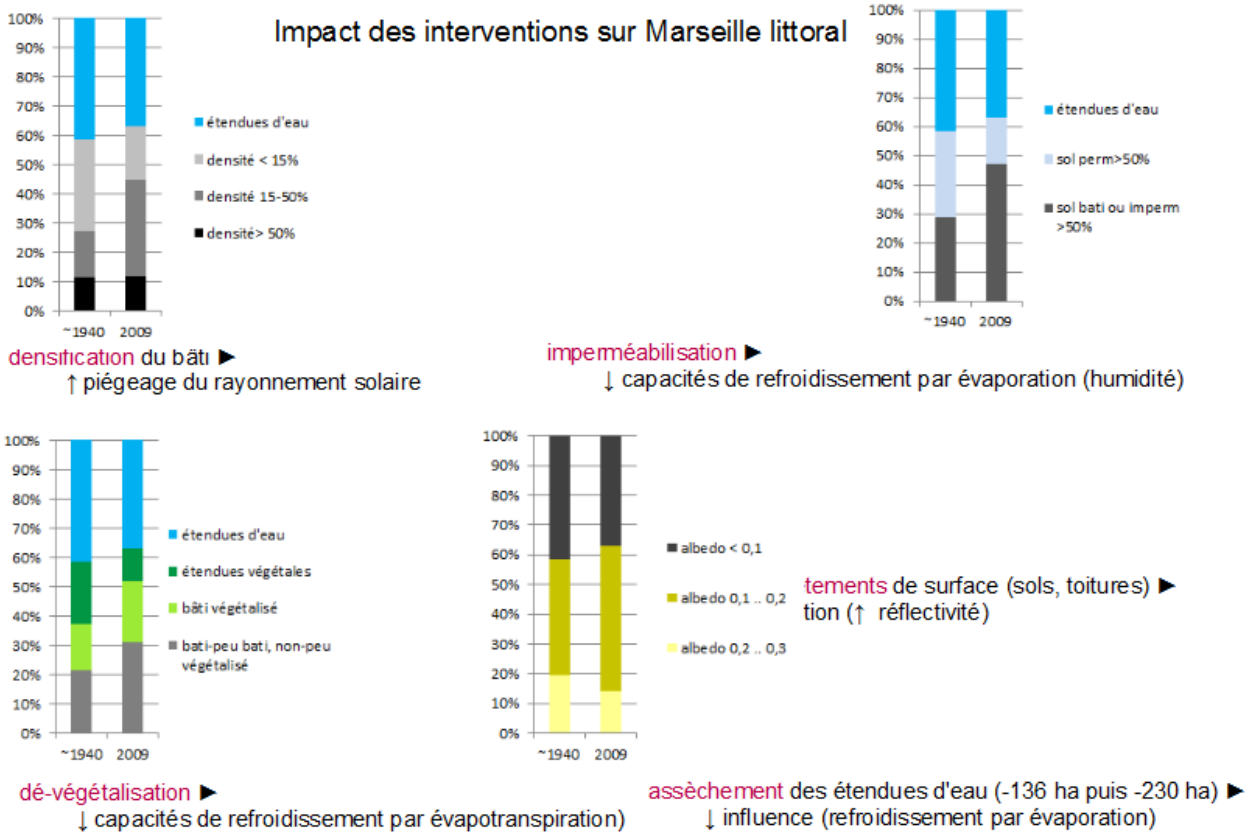


Fig 21 – Marseille Littoral, ~1940 - 2009 : estimation des évolutions

5. Discussion

Les résultats obtenus et présentés ici sont bien entendu tributaires de la démarche que nous avons suivie et des modalités de sa mise en œuvre, et pour cette raison doivent être considérés avec une certaine prudence.

La réalisation des bases de données : lecture de l'occupation du sol et des usages

Comme dans toute approche relevant de la description d'une occupation du sol, nous n'avons pas réalisé un inventaire territorial exact, mais une description suffisamment pertinente pour évaluer les effets de l'urbanisation sur la température. Ainsi, l'affectation des zones à une classe LCZ fait une large part à la généralisation, en particulier dans le cas des territoires hétérogènes. Du fait de l''échelle de saisie adoptée (de l'ordre du 1/5000eme pour la production d'une cartographie jusqu'au 1/10.000eme), les périmètres des zones peuvent être entachées d'imprécision, mais sans

conséquence du fait du caractère continu du phénomène étudié (répartition des températures). Les évaluations de superficie réalisées doivent aussi être considérées comme des ordres de grandeur, et considérées en valeurs relatives plutôt qu'en grandeurs absolues.

Les sources de données recueillies qui sont la base de l'interprétation réalisée ne sont pas exemptes de défaut : l'identification des zones et de leur affectation à certaines classes se heurtent quelquefois à l'impossibilité d'identifier sur les documents interprétés certains des paramètres (les zones agricoles / naturelles, les zones boisées/non boisées, la qualité des sols (terre battue, pavé, asphalte, …etc.), la hauteur des bâtiments, l'effusivité des matériaux, l'albédo, l'humidité(caractéristique des terres agricoles), les caractères de la végétation arborée (en particulier à les arbres à feuilles caduques ou non, mais aussi les espèces, … etc. (Rodriguez-Potes L., 2013)). Ces écueils, inhérents au travail de reconstitution historique nous ont conduits à émettre des hypothèses permettant de lever les incertitudes rencontrées.

L'analyse :

La nomenclature LCZ que nous avons employée n'est pas exempte d'inconnues. Elle fait l'objet de travaux de recherche qui se poursuivent aujourd'hui et qui la font évoluer vers une meilleure utilisation, en particulier en ce qui concerne l'estimation des écarts de température entre zones. Comme le souligne (Stewart *et al.,* 2013),

Le qualificatif « climatique » de l'expression « Local Climatic Zones » est mal choisi et devrait être remplacé par « thermique ». En effet, de nombreux autres facteurs interviennent dans la perturbation du microclimat à l'échelle du piéton : l'artificialisation et les activités associées, éventuellement productrices de chaleur, ont des effets sur la température, mais aussi sur la ventilation des espaces extérieurs et l'ensoleillement des surfaces. L'orientation cardinale des rues, par rapport aux vents dominants, par rapport au voisinage d'autres zones dans le cas d'écarts de température importants (forets, plans d'eau, …etc.), ainsi que le relief et les versants qu'il offre à l'ensoleillement (adrets, ubacs) doivent être pris en considération. L'analyse ainsi conduite contribue à la connaissance du microclimat, mais ne peut être donc considérée comme suffisante pour connaitre la température d'un lieu et de son évolution.

Toutefois, la nomenclature utilisée présente l'avantage de permettre une dissociation claire entre le zonage préalable réalisé à partir de la classification proposée, fondée sur des caractères explicites, et, dans l'étude des incidences de ces caractères, l'analyse d'indicateurs généraux et l'estimation quantitative, plus délicate, des impacts sur les températures. Considérée par ses auteurs comme un moyen simple et efficace d'intégrer la dimension climatique dans les politiques d'aménagement et les projets urbains, la nomenclature utilisée a également le mérite de rendre compte concrètement, et plus explicitement qu'un modèle, de l'incidence de décisions d'aménagement qui ont été prises dans le passé. Enfin, la démarche adoptée permet d'obtenir dans un délai relativement bref (de l'ordre de 3h/km2) une base de données spatiale et historique et d'en tirer une cartographie qui offre un aperçu de la localisation et de l'étendue des changements territoriaux qui ont pu avoir une incidence notoire sur les températures, ainsi que d'en proposer une estimation.

Dès aujourd'hui, nous pouvons émettre des perspectives de prolongement de cette recherche : la recherche actuelle pourrait se prolonger en portant le regard sur des espaces publics majeurs

appartenant aux territoires littoraux étudiés, ainsi que sur des types de tissu représentatifs. L'étude du rôle perturbateur de l'étendue maritime (proximité, brises marines, …etc.) pourrait constituer la problématique centrale de cette recherche. A ce titre, un changement d'échelle d'étude serait nécessaire, tout en conservant cependant la même démarche.

Une telle étude devrait en outre être accompagnée de l'adaptation de la classification LCZ au territoire étudié : types locaux spécifiques et intégration de caractères ayant historiquement évolué, comme les revêtements des voies par exemple.

La validation des résultats obtenus pourrait être réalisée par la confrontation à des mesures terrain réalisées ou à l'imagerie thermique, la mise en œuvre de mesures, et la réalisation de simulation.

Conclusion et perspectives

La recherche proposée participe à la caractérisation du littoral, en abordant l'échelle des espaces urbains et architecturaux. Elle nous apporte de nouvelles connaissances sur les transformations dont ce territoire a fait l'objet, fondées sur une interprétation orientée par le besoin de caractérisation microclimatique.

La question posée par notre proposition de recherche était double : les incidences de l'urbanisation sur le microclimat du littoral, la validité d'une approche cartographique basée sur une lecture de l'occupation du sol.

Nous avons proposé d'y répondre en précisant le terme d'artificialisation et en proposant l'adoption d'une méthode d'analyse orientée par l'approche climatique.

Après avoir analysé l'évolution de l'ensemble du territoire, nous avons tenté illustrer par une analyse détaillée de deux secteurs particuliers, Caronte et le littoral de Marseille, l'impact de décisions d'aménagement sur l'évolution probable des températures. Les résultats présentés sont à considérer en tenant compte des incertitudes dues à la fois à la qualité des sources historiques utilisées et de la nomenclature employée.

La troisième et dernière phase de cette recherche sera l'occasion de développer l'analyse des incidences des changements d'occupation et d'usage des sols en termes d'écarts de température. Deux autres secteurs d'étude viendront compléter les secteurs actuels : Sausset - Carry et La Ciotat.

Bibliographie

AGAM, 2012, Marseille, de la ville à la métropole – Un demi-siècle d'histoire urbaine, Revue culturelle de la Ville de Marseille, n° 239, Décembre 2012

Arnfield A.J., 2003, "Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges og energy and water, and the urban heat island", *International Journal of Climatology*, 23: 1–26 (2003)

Benzerzour M., Masson V., Groleau D., Lemonsu A., 2011, "Simulation of the urban climate variations in connection with the transformations of the city of Nantes since the 17th century", *Building and Environment* 46 (2011) pp. 1545-1557

Bertrand R., 1998, Le vieux port de Marseille, Editions Jeanne Laffitte, 1998

Bonillo J.L., Borruey R., Espinas J.D, Picon A., 1992, Marseille Ville et Port, Editions Parenthèses, 1992

Chao R., Yan-yung Ng.E., Lutz K., 2010, "Urban climatic map studies: a review", *International Journal Of Climatology*

Ching J., 2012," WUDAPT: Conceptual framework for an international community urban morphology database to support meso-urban and climate models", *Urban Climate News*, Issue N°. 45 September 2012

Colombert M., 2008, « Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville », *Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paris-Est Spécialité : Génie urbain , École Doctorale Ville et Environnement*

(C.R.E.S.), " Concevoir des espaces extérieurs en environnement urbain: une approche bioclimatique", Editeur : Dr Marialena Nikolopoulou, coordinatrice du projet, *Centre for Renewable Energy Sources, Department of Buildings,* ISBN: 960-86907-2-2

Deb C., Ramachandraiah A., 2011, « A simple technique to classify urban locations with respect to human thermal comfort: proposing the HXG scale", *Buiding and Environment*, 46, pp.1321-1328

B.Givoni, 1978, L'homme, l'architecture et le climat, Edition du Moniteur, 1978

Houet T., Pigeon G., 2011, "Mapping urban climate zones and quantifying climate behaviors - An application on Toulouse urban area (France*), Environmental Pollution* 1-13

Howard L. ,1833, The Climate of London, republished by the IAUC

IAURIF, 1996, Climat et microclimat urbains. Pollutions atmosphériques et nuisances météorologiques localisées , Rapport, Janvier 1996

JEGOU L., 2009, « Base de données d'occupation des sols Corine Land Cover : nouvelles données et nouveaux outils », *Mappemonde* 95, 2009

Lemonsu A., Grimmond C.S.B., Masson V., 2004, "Modeling the surface energy balance of the core of an old mediterranean city: Marseille", *Journal of applied meteorology*, Volume 43, 2004

Martin P., 2008, Analyse diachronique du comportement thermique de Montréal en période estivale de 1984 à 2005, Mémoire présenté comme exigence partielle de la maitrise en Géographie, Université du Quebec à Montréal, Août 2008

Najjar G., Kastendeuch P., Grussenmeyer P., 2010 , « Topographie et climatologie urbaine », *Revue XYZ*, n°123, Juin 2010

Pigeon G., Lemonsu A., MassonV. , Hidalgo J., 2008, « De l'observation du microclimat urbain à la modélisation intégrée de la ville », *Revue La Météorologie* - n° 62 - août 2008

Raynaud P.B., 2011, « Cartographie des zones climatiques urbaines dans l'agglomération toulousaine : une approche formalisée et spatialement exhaustive », Rapport Master I Géographie et Aménagement, dir. T.Houet, laboratoire Geode, CNRS, Université Toulouse Le Mirail, Juin 2011

Rodriguez-Potes L., 2013, « Milieux urbains et ambiances thermiques : influence des arbres sur le microclimat urbain selon des paramètres de plantation et leur impact sur le confort thermique. Cas des villes d'Aix-en - Provence et de Marseille », Thèse de doctorat, ED 355, Décembre 2013

Roncayolo M., Blais J.C., (1999), Regards sur Martigues, un territoire méditerranéen, Editions Parenthèses

Service de l'observation et des statistiques, 2013, Chiffres clés du climat France et Monde - Édition 2013, Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie

Santamouris M., Adnot J., Alvarez S., Klitsikas N., Orphelin M., Lopes C., Sanchez F., 2004, Cooling the cities – Rafraichir les villes, Les Presses, Ecole des Mines de Paris

Saulnier D., Crépeaux P., Ségur F., 2009, « L'adaptation au Changement climatique au Grand Lyon : légitimations croisées de politiques sectorielles et de stratégies globales au service d'une vision du futur de l'agglomération », Paper to be presented at the Fifth Urban Research Symposium 2009

Schere D., Fehrenbach U., Beha H.-D., Parlow E., 1999, "Improved concepts and methods in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning processes", *Atmospheric Environment* 33

Souza L. C.L., Rodrigues D. S., Mendes J. F.G., 2003, « Sky view factors estimation using a 3D-GIS extension », communication à la 8eme conférence internationale IBPSA, Eindhoven, Hollande, 11-14 Août 2003

Stewart I.D., 2011, Redefining the urban heat island, Thesis dissertation. Vancouver: The University of British Columbia

Stewart I.D., Oke T.R., 2012 "Local Climate Zones for Urban Temperature Studies", *Bulletin of the American Meteorological Society*

Stewart, I. D., Oke, T. R. and Scott Krayenhoff E., 2013, Evaluation of the 'local climate zone' scheme using temperature observations and model simulations. Int. *J. Climatol*.

Villadiego K., Velay-Dabat M.A., 2014, "Outdoor thermal comfort in a hot and humid climate of Colombia: A field study in Barranquilla", *Buiding and Environment*, 75(2014), pp 142-152

sites

ADEME, Identifier et maîtriser les risques associés aux Îlots de Chaleur Urbains (ICU) - Grand Lyon, en ligne : http://observatoire.pcet-ademe.fr/action/fiche/69

International Association for Urban Climate, ressources, conférences, newsletter: http://www.urban-climate.org/wp3/

OBSERVATOIRE « HOMMES-MILIEUX »
Littoral méditerranéen

L'évolution de l'occupation et l'utilisation des sols du littoral,

de la Ciotat à Port-Saint-Louis du Rhône

Caractérisation des interventions littorales en vue de l'estimation de leur incidence sur l'évolution des températures

Annexe

15 Mars 2014

Responsable scientifique

Jacques AUTRAN

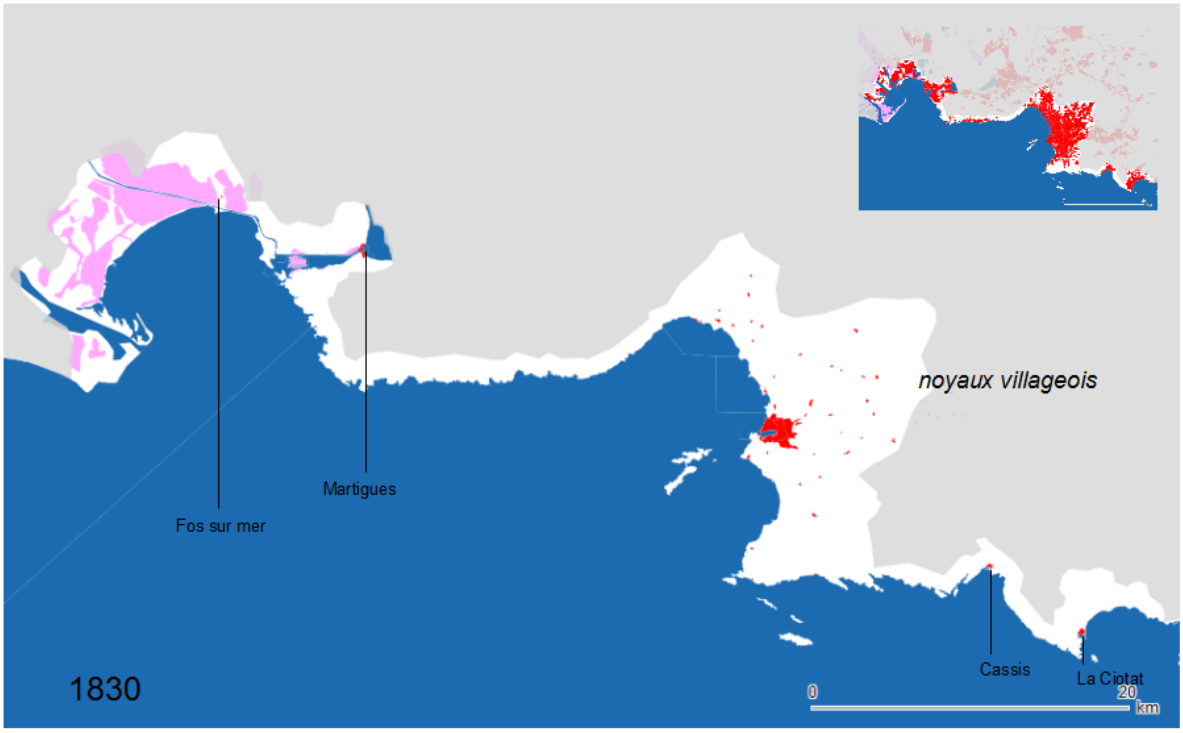
Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille – Laboratoire abc

jacques.autran@marseille.archi.fr

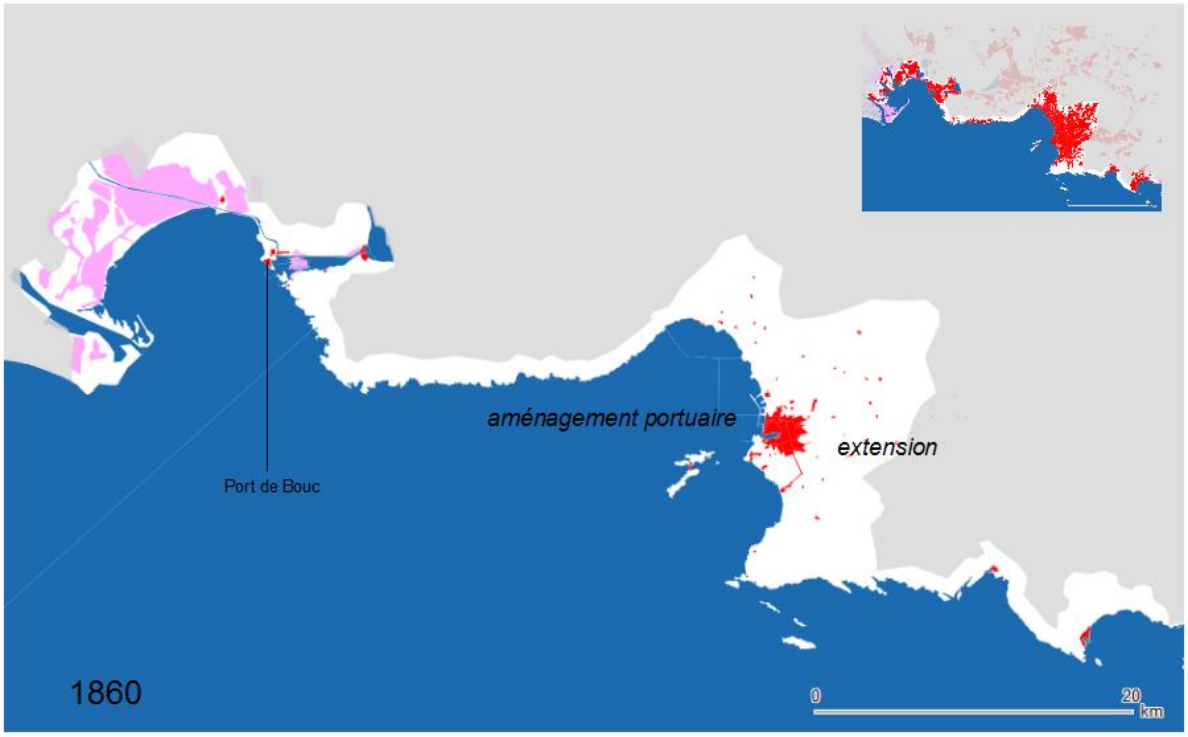
Sommaire

1. Evolution de l'ensemble du littoral 3
2. Evolution de Caronte (Port-de-Bouc – Martigues) 6
3. Evolution de Marseille - Littoral 10

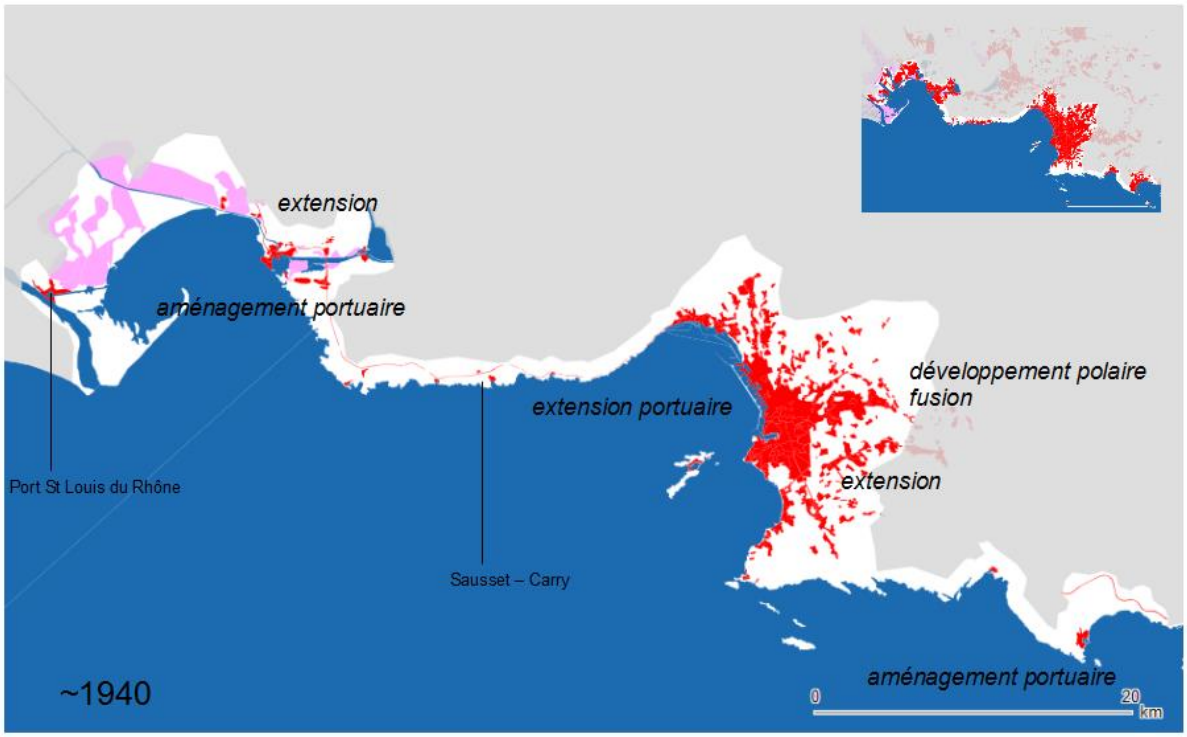
1. Evolution de l'ensemble du littoral



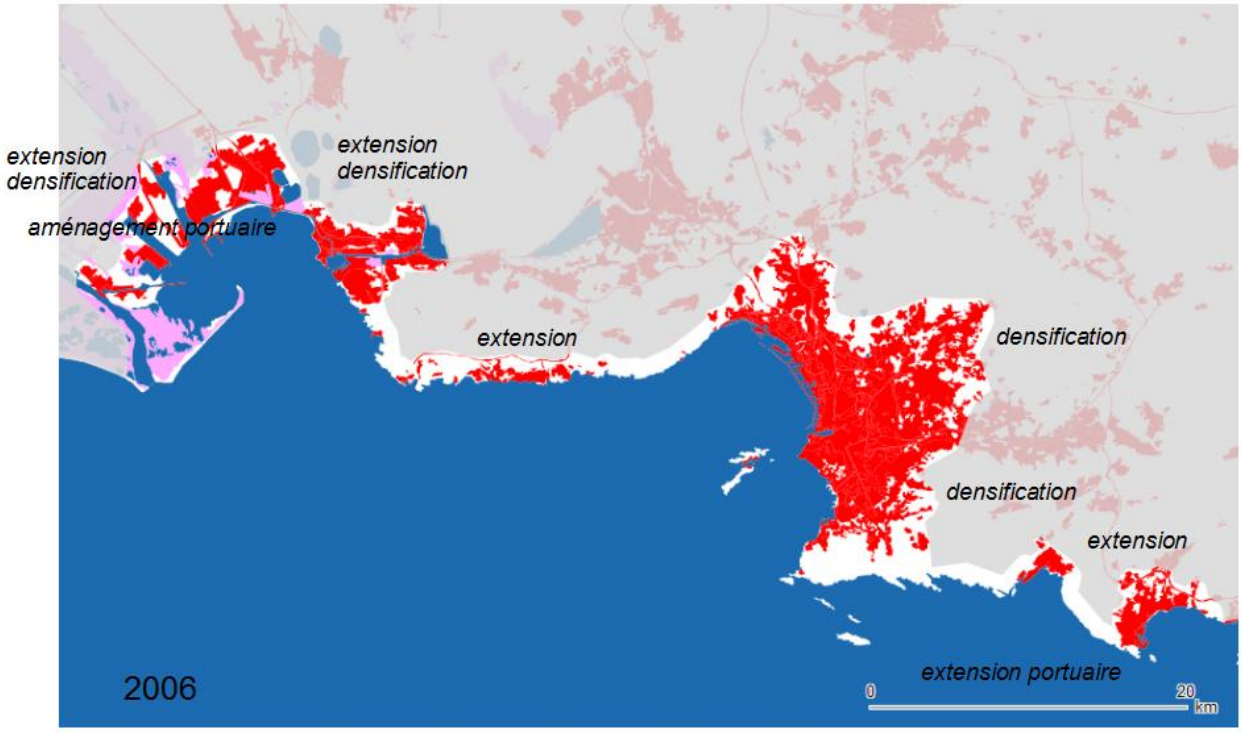
Carte 1



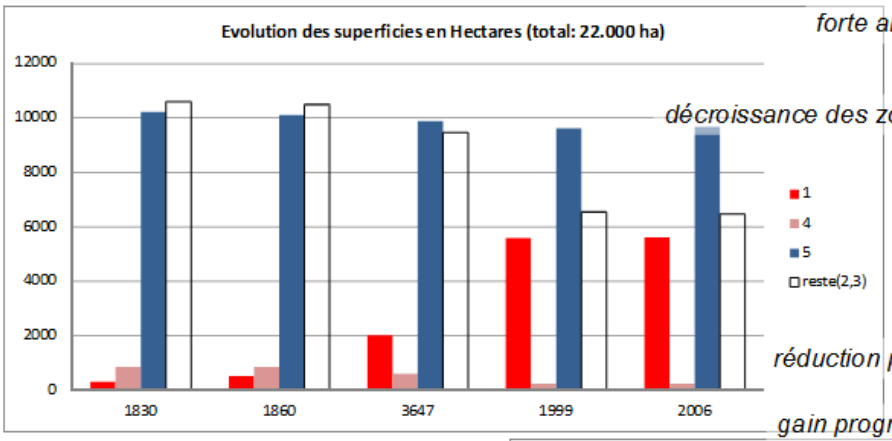
Carte 2



Carte 3



Carte 4



forte artificialisation 1940 - 1999

(espaces agricoles et naturels)

décroissance des zones agricoles et naturelles

réduction progressive zones humides

gain progressif de la terre sur la mer

	% SUR 22.000 HA			
	1	4	5	reste autres (2,3)
1830	1,45	3,9	46,45	48,18
1860	2,41	3,9	45,96	47,71
3647	9,2	2,8	44,96	43,02
1999	25,44	1,1	43,69	29,76
2006	25,54	1,1	43,94	29,4

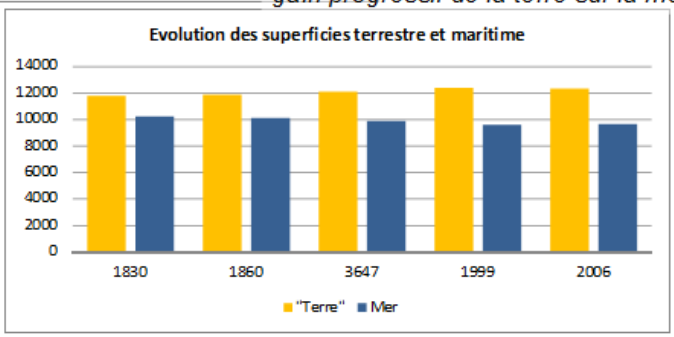
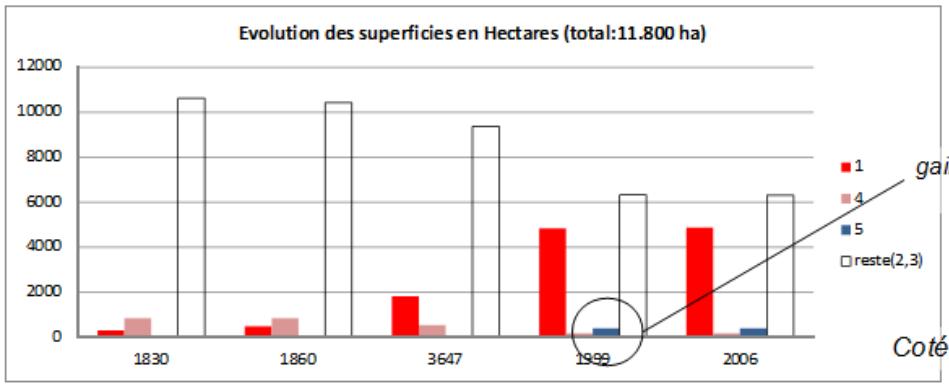


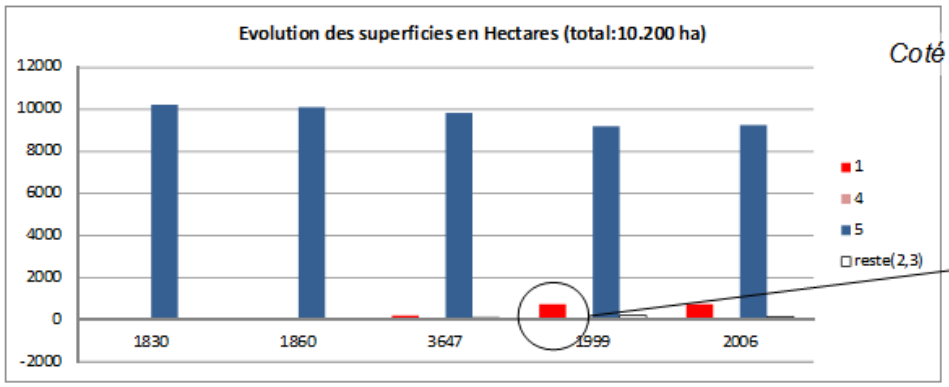
Tableau 1



gain étendues d'eau sur étendues terrestres

Coté Terre

(trait de côte: 1830)

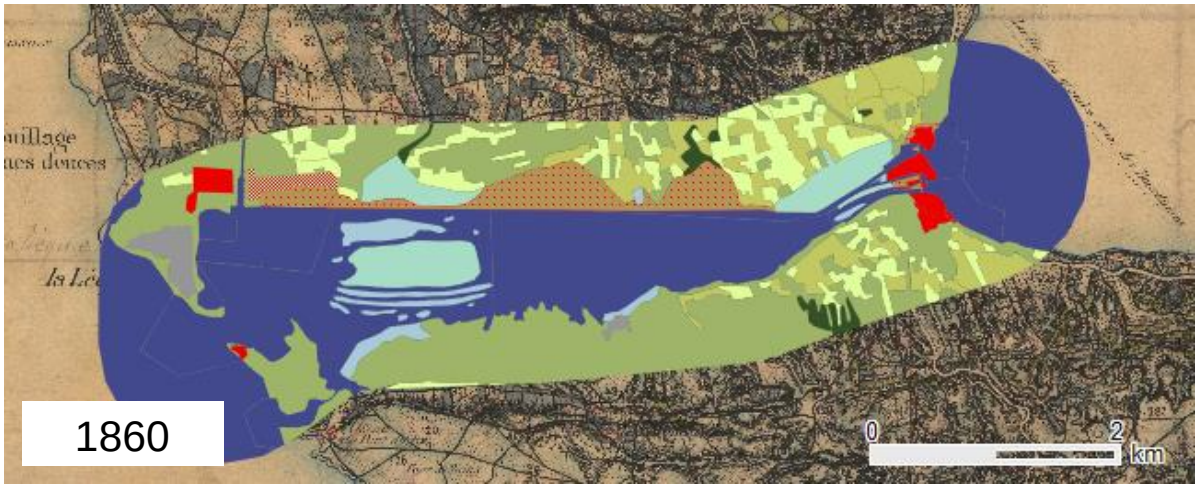


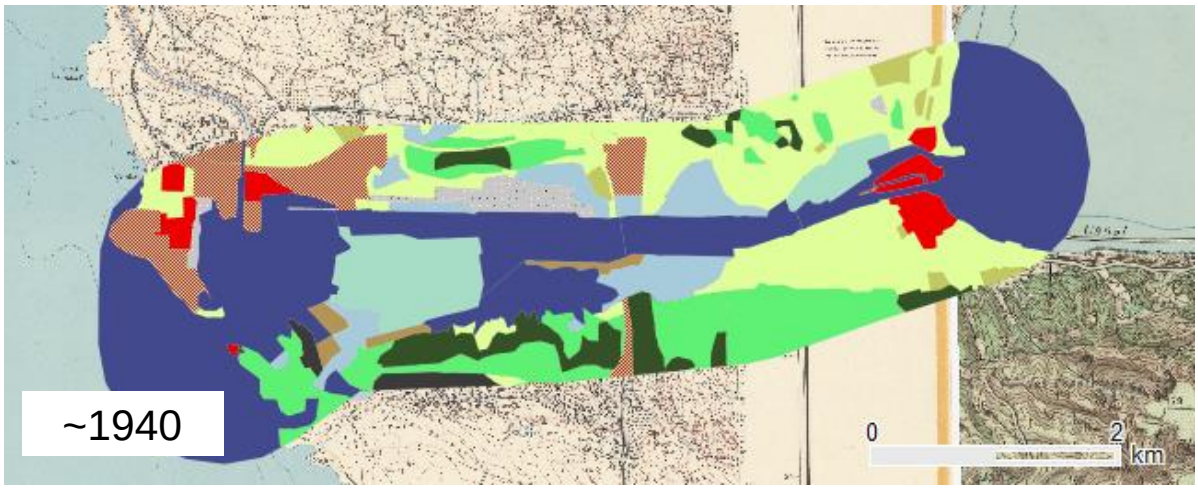
Coté Mer

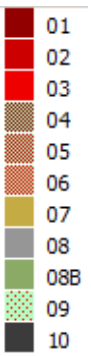
gain urbanisation sur étendues d'eau

Tableau 2

2. Evolution de Caronte (Port-de-Bouc – Martigues)



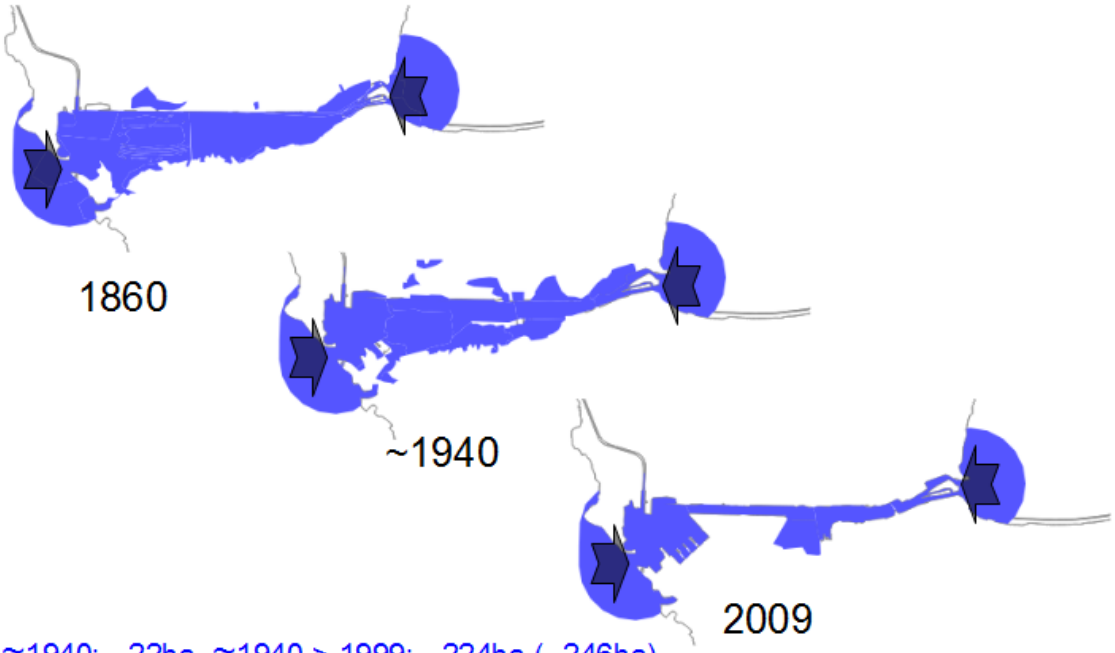




Série cartographique 1

étendues d'eau

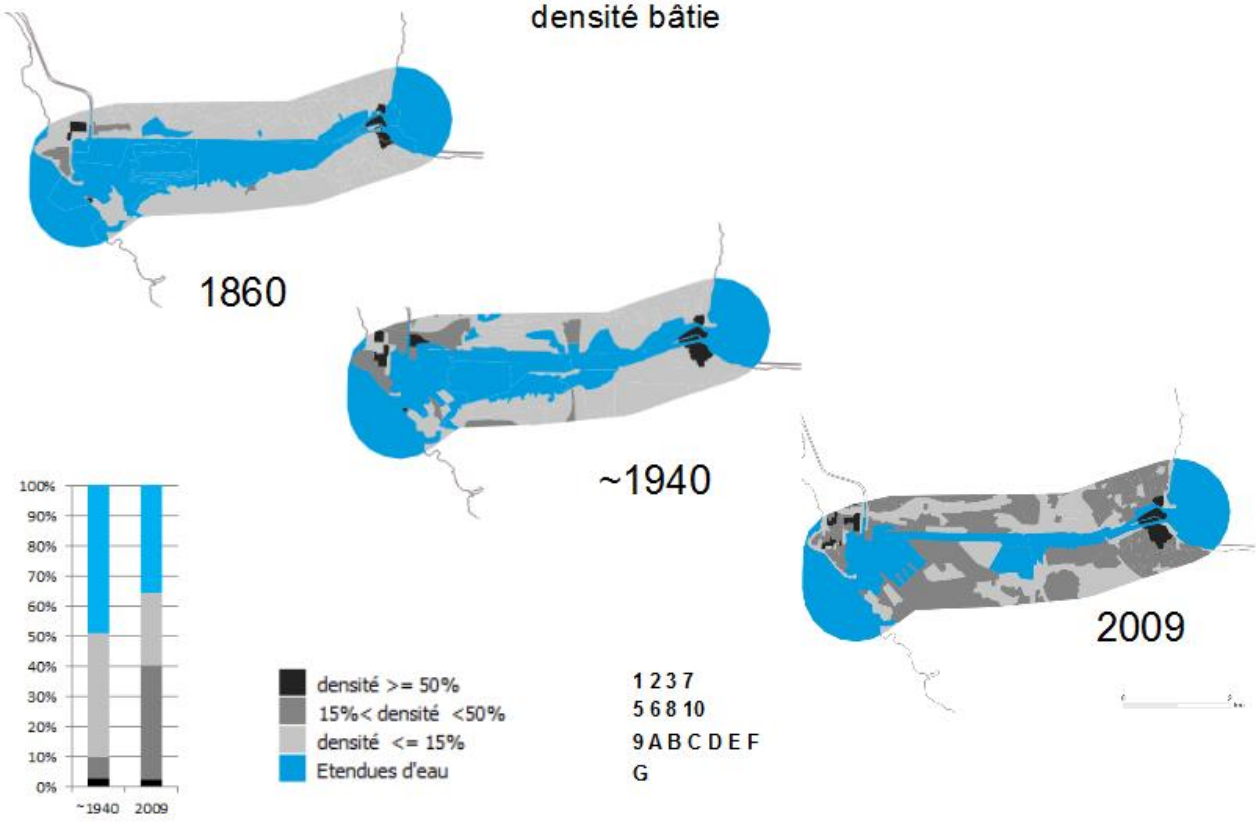
↓ influence (refroidissement par évaporation)



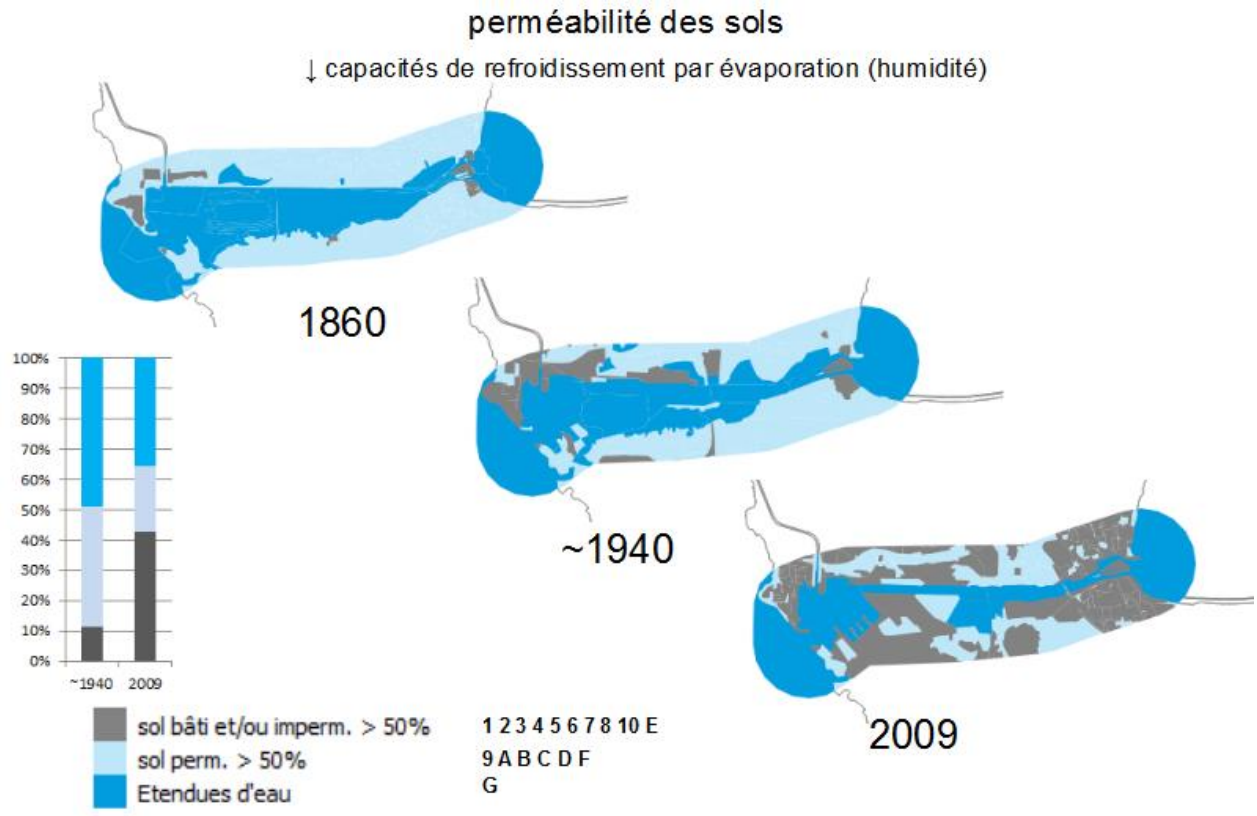
1860 > ~1940: - 22ha, ~1940 > 1999: - 224ha (- 246ha)

Série cartographique 2

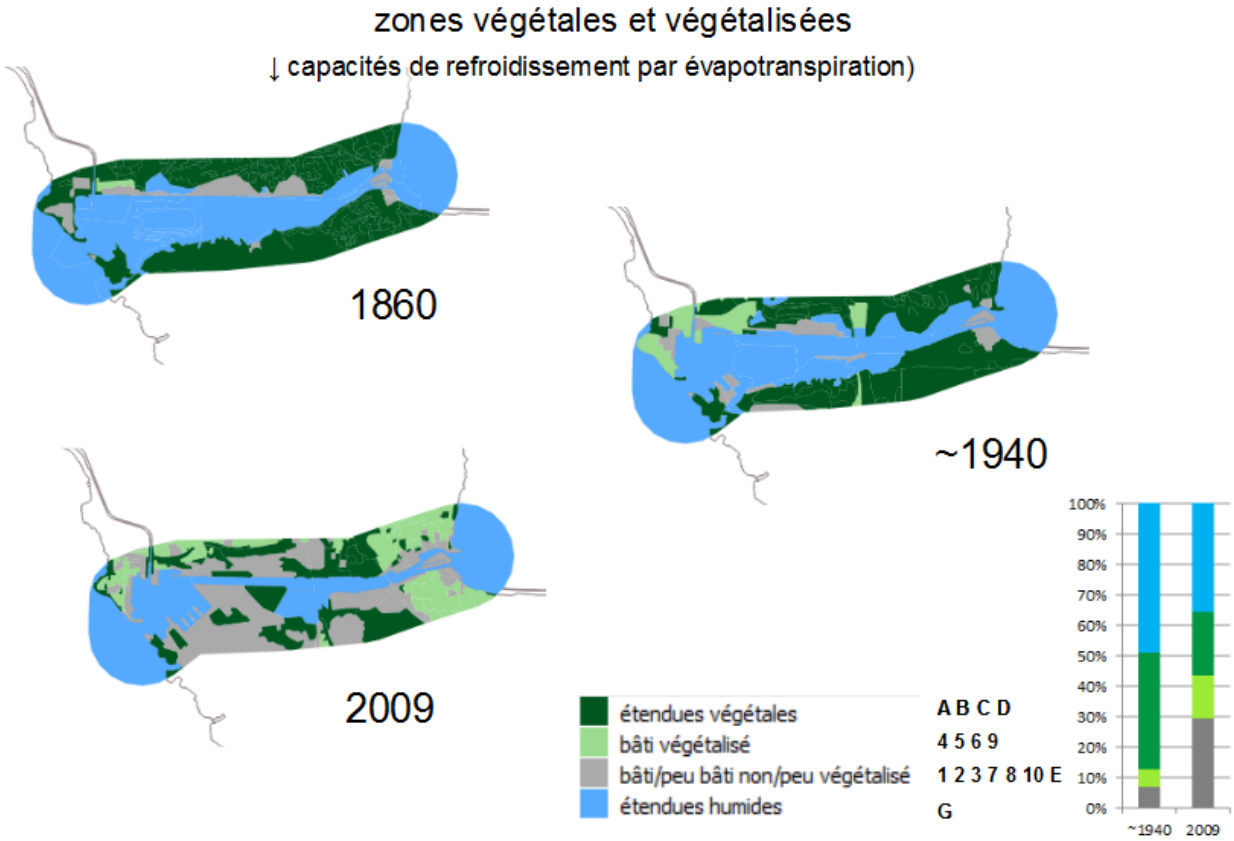
densité bâtie



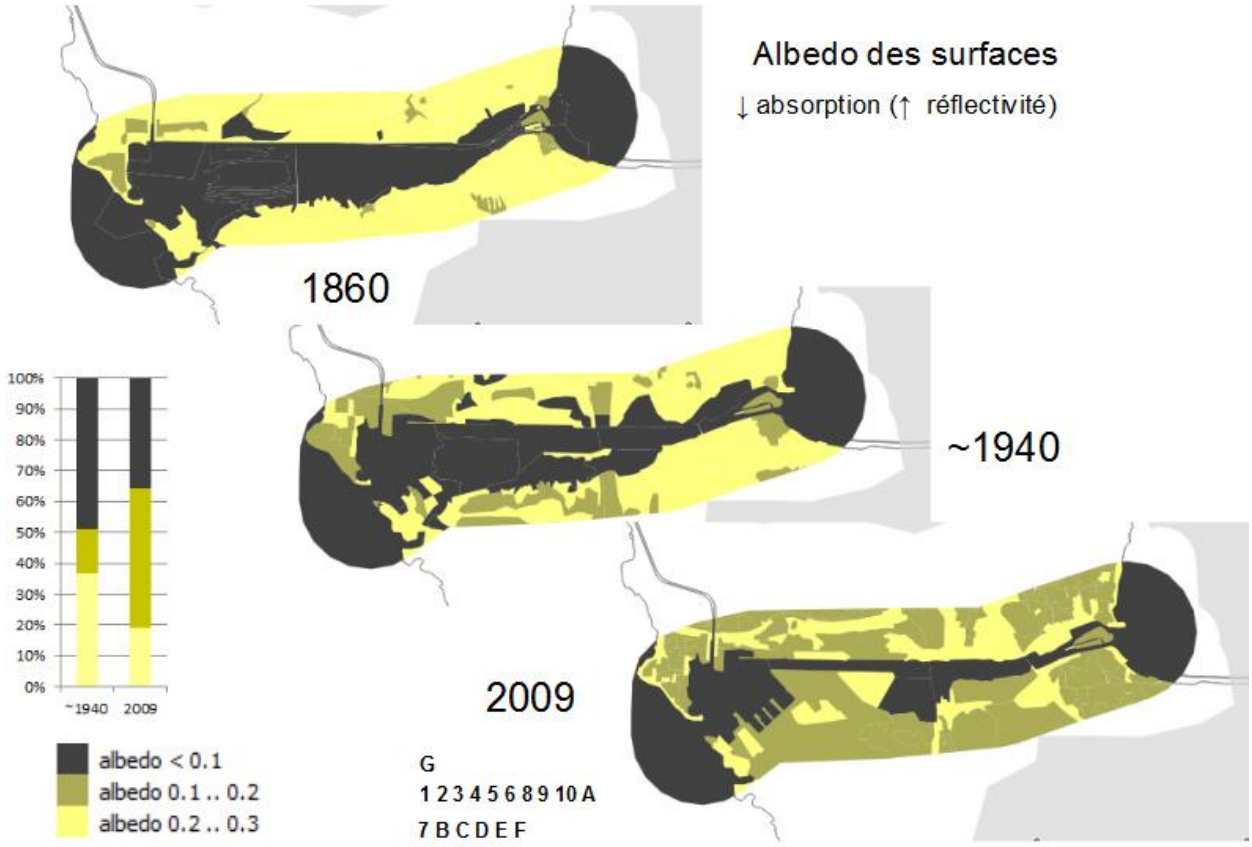
Série cartographique 3



Série cartographique 4

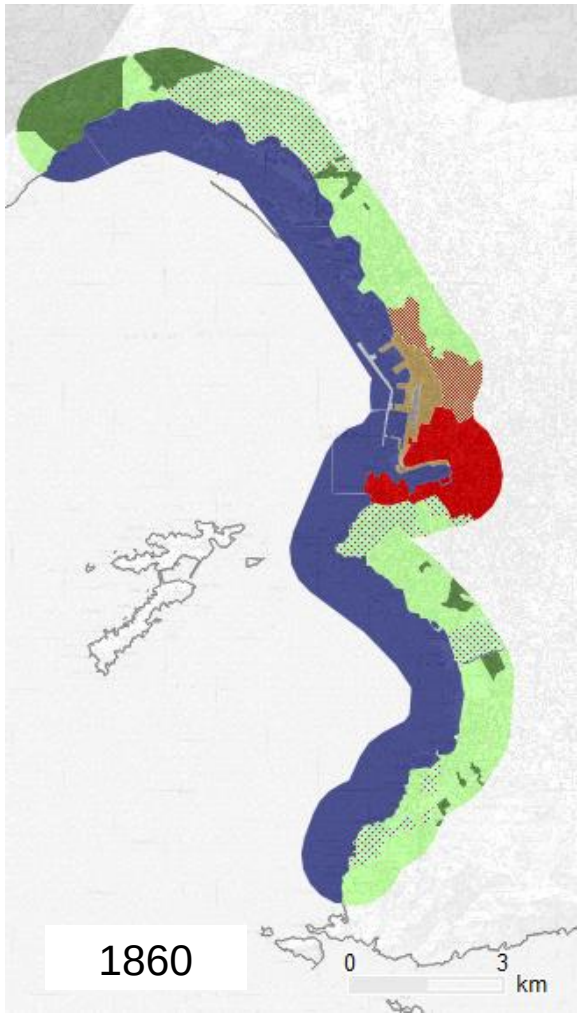


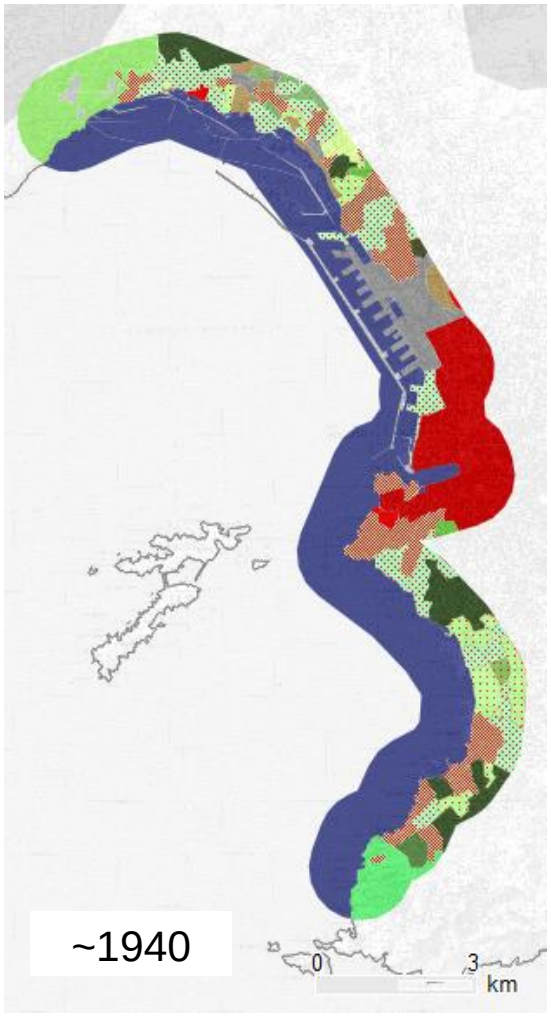
Série cartographique 5

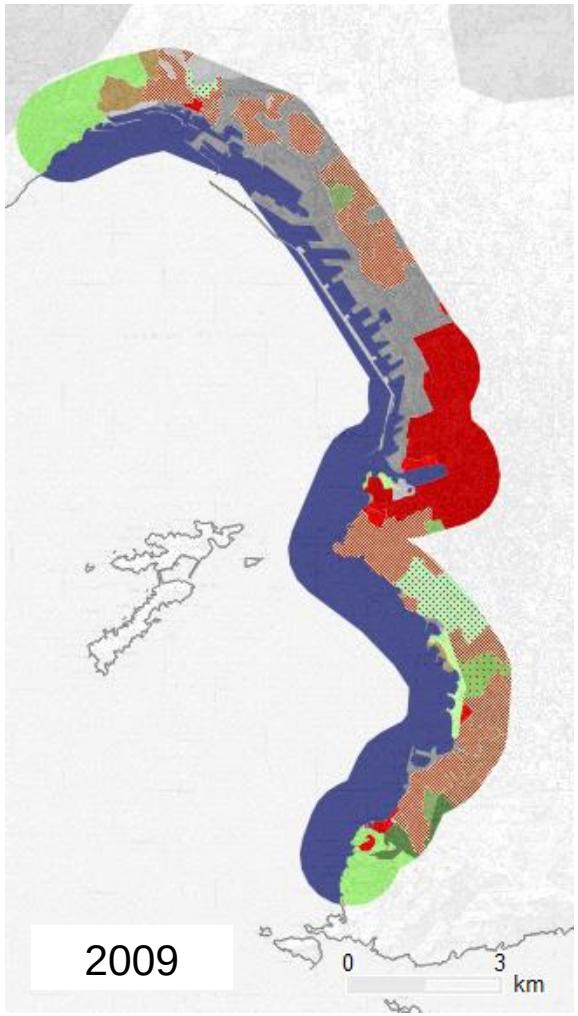


Série cartographique 6

3. Evolution de Marseille – Littoral



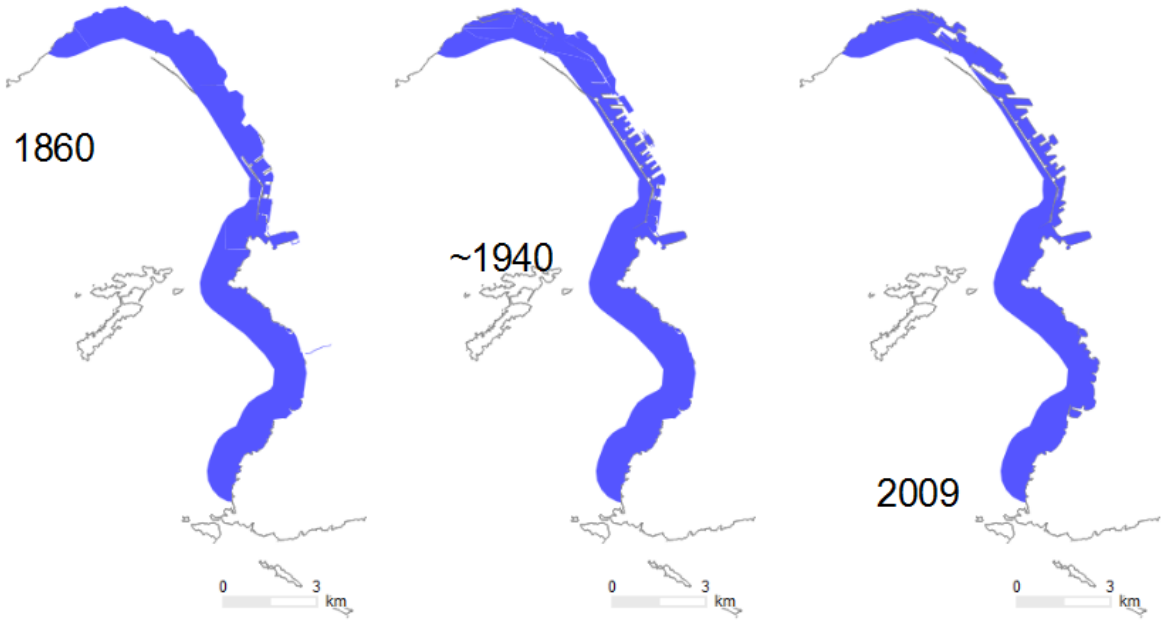




Série cartographique 7

étendues d'eau

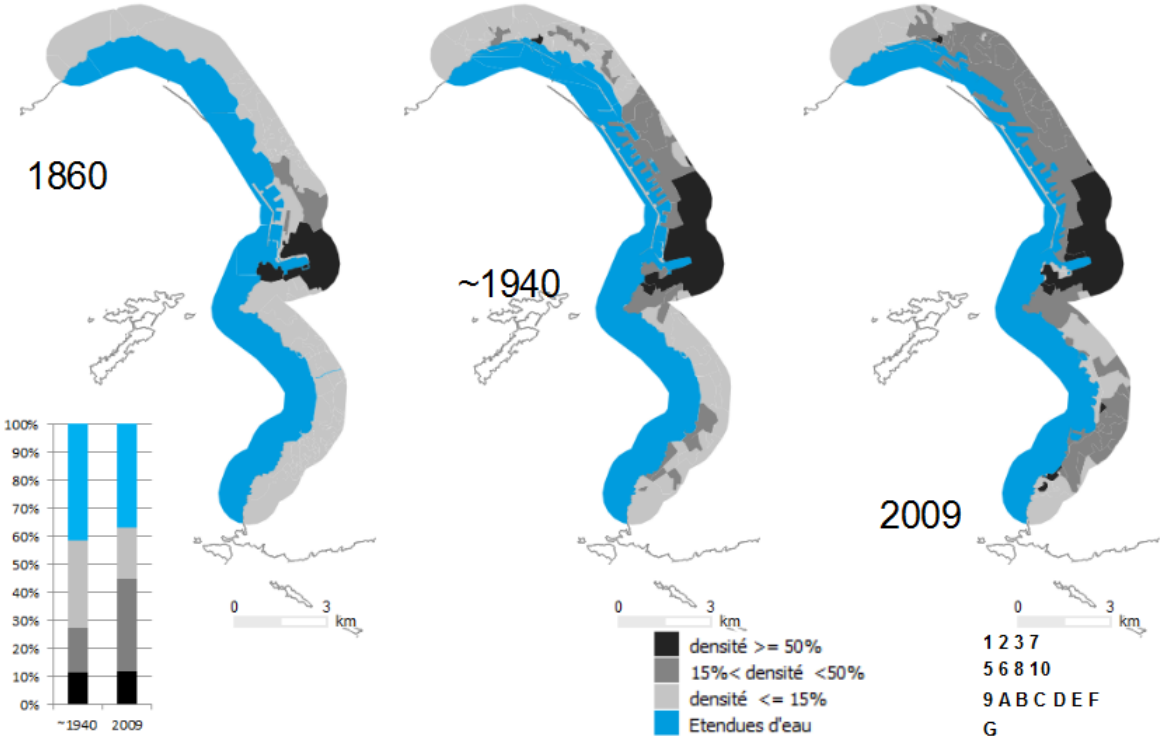
↓ influence (refroidissement par évaporation)



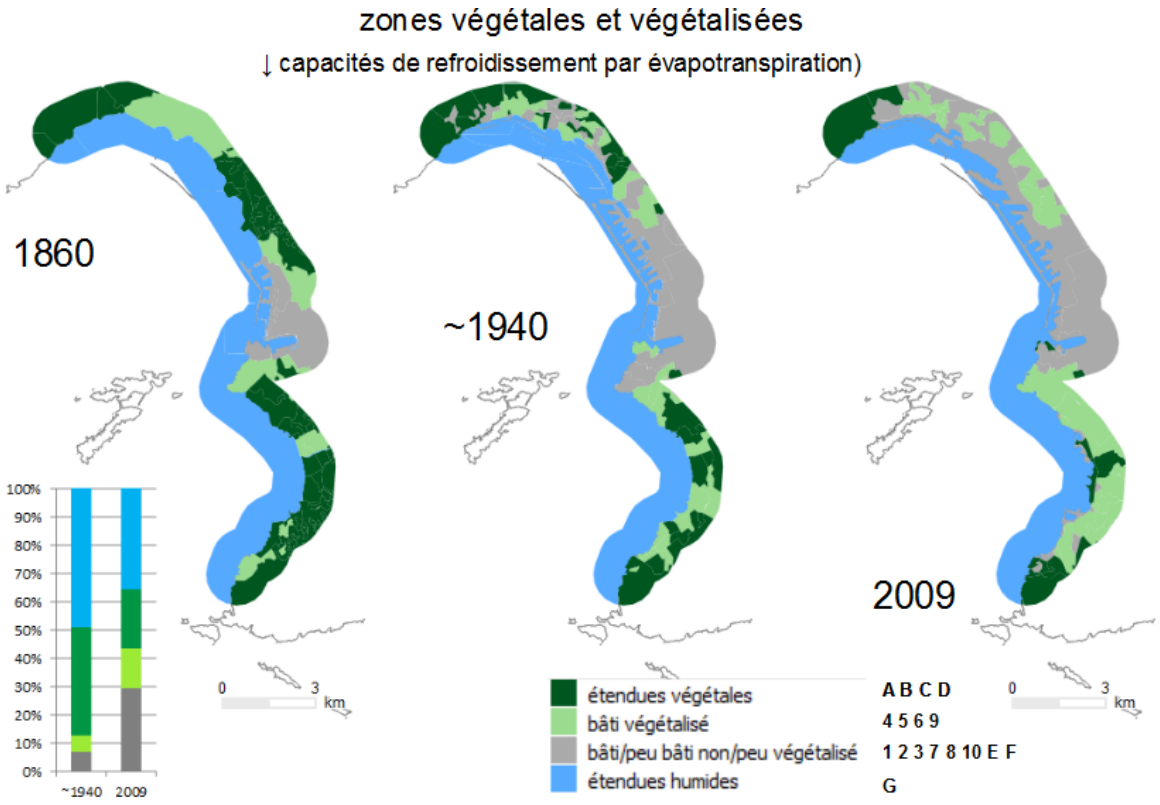
1860 > ~1940: - 136ha, ~1940 > 1999: - 230ha (- 366ha)

Série cartographique 8

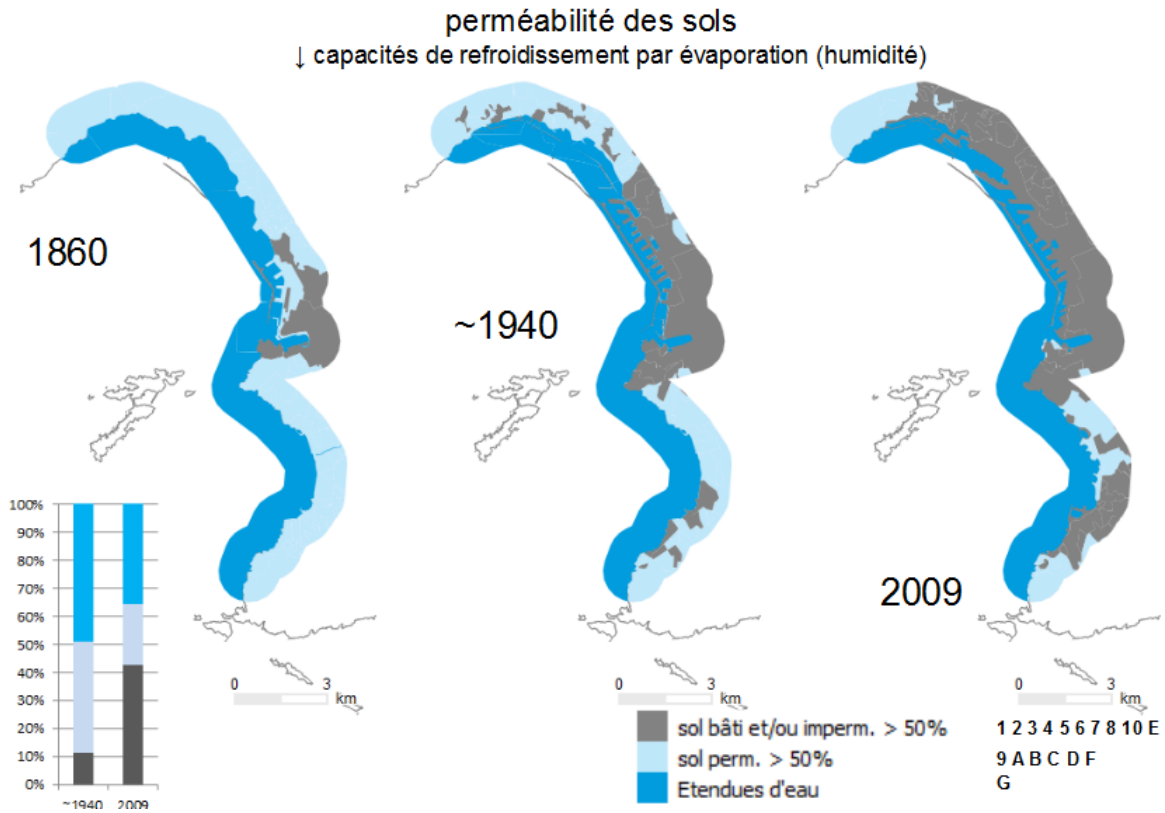
densité bâtie



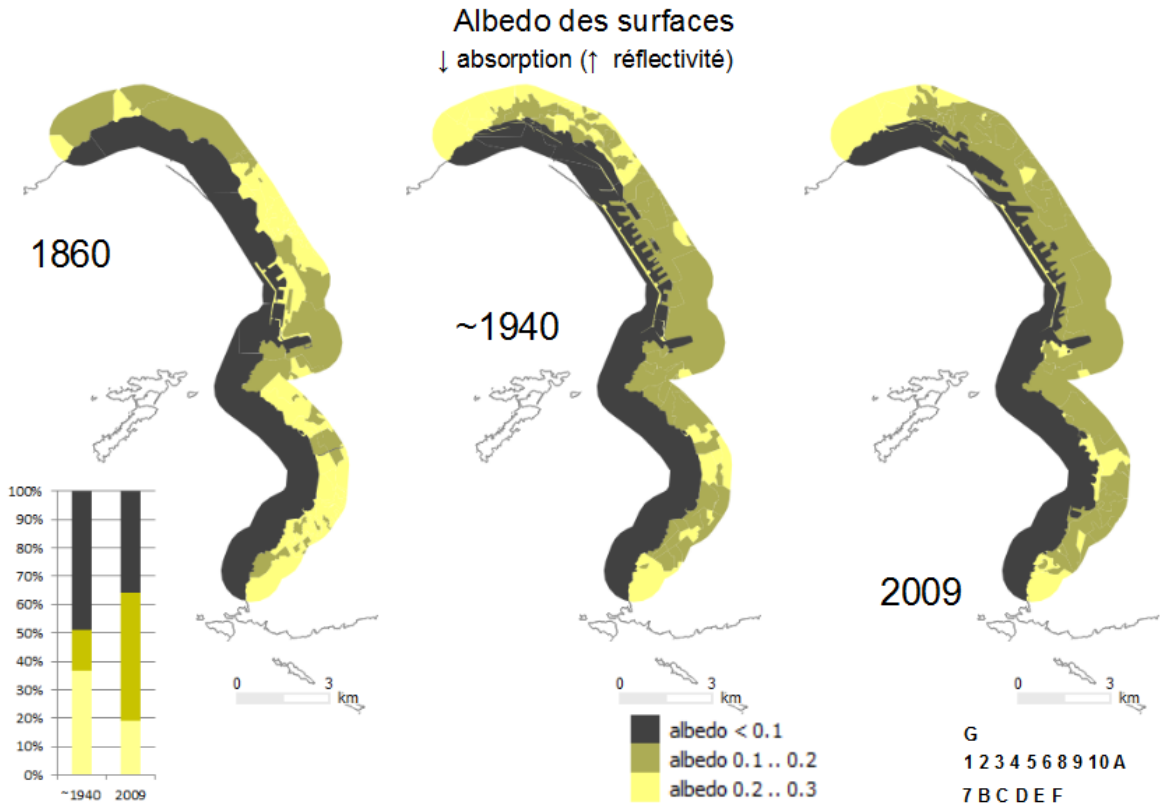
Série cartographique 9



Série cartographique 10



Série cartographique 11



Série cartographique 12