

Cartographie de l'état du Domaine Public Maritime du Bassin d'Arcachon par télédétection

Synthèse de l'étude de faisabilité

Rapport final

BRGM/RP-57967-FR

Décembre 2010

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2009 LITA02

J. Mugica, C. Mallet
avec la collaboration de
V. Lafon

Vérificateur :

J-F. Desprats



Approbateur :

Ph. Dutartre



En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.



OBSERVATOIRE
CÔTE AQUITAINE

Réseau d'experts au service du littoral



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Avertissement

Le tirage initial de ce rapport, en nombre fixé par convention, est diffusé à son commanditaire. Sa communicabilité ultérieure à des tiers est liée à la prise d'une décision formelle du commanditaire. Passé ce stade, ce rapport devient communicable à tout tiers extérieur qui en ferait la demande ; le BRGM ne peut plus être tenu comme responsable de l'usage qui pourrait en être fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Mots clés : Domaine Public Maritime, orthophotographies, images spatiales, chaîne de traitement, analyse de texture, géométrie des contours

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Mugica J., Mallet C. avec la collaboration de Lafon V. (2009) – Cartographie de l'état du Domaine Public Maritime du Bassin d'Arcachon par télédétection, synthèse de l'étude de faisabilité. *BRGM/RP-57967-FR*, 44 p., 10 fig., 2 ann.

Synthèse

La gestion environnementale du Bassin d'Arcachon nécessite de disposer d'outils permettant un suivi régulier et précis afin d'évaluer la qualité des milieux. L'ostréiculture est l'une des activités économiques essentielles qui contribue à la renommée du site. Elle est implantée sur le Domaine Public Maritime (DPM) sous forme de concessions qui, lorsqu'elles sont en activité, sont entretenues. Cependant, les friches ostréicoles perturbent potentiellement l'état du milieu. Pour les gestionnaires, l'évaluation de l'état de ces parcs peut se faire à partir de la connaissance de terrain lors des missions de reconnaissance de la Direction Départementale des Affaires Maritimes (DDAM), en collaboration avec la profession ou par photo-interprétation. Cette étude vise à définir une méthode objective de cartographie semi-automatique de manière à disposer d'un outil de quantification de l'état de ce milieu qui puisse être déployé de façon régulière et opérationnelle.

L'analyse de la faisabilité de la cartographie de l'état du DPM du Bassin d'Arcachon par télédétection a fait l'objet d'un contrat de sous-traitance avec l'unité de transfert GEO Transfert, du laboratoire EPOC de l'Université Bordeaux 1. Elle a été réalisée dans le cadre de la mesure 9-4-1 du Contrat de Projet Etat Région (CPER) 2007-2013.

Une méthode a été mise au point à partir de deux types d'images de télédétection très haute résolution des estrans du Bassin d'Arcachon : les orthophotographies (résolution de 50 cm) et l'imagerie satellitale Formosat-2 (2 m) et Worldview-1 (50 cm). Le principe de la méthode repose sur l'extraction semi-automatique des contours d'objets durs (enrochements, substrats durs, exploitations ostréicoles, etc.) présents sur les estrans. A l'issue d'une chaîne de traitement d'image initiée par une analyse de texture, des contours sont extraits en format vectoriel. Leur géométrie et leur orientation renseignent de façon objective sur l'état des objets mis en évidence.

Pour cette étude de faisabilité, plusieurs sites ateliers ont été choisis sur le DPM du Bassin d'Arcachon à partir de critères techniques dans un premier temps (grand nombre de concessions, différents états d'occupation, etc.) et à partir d'enjeux ostréicoles dans un second temps (accessibilité pour les ostréiculteurs des ports du nord et du sud, zone de production plutôt que de dépôt, etc.). Lors d'une visite de terrain le 8 juin 2009, des levés géolocalisés ont été réalisés et ont permis de qualifier la structuration (présence, absence, type d'exploitation) et l'état (homogène, hétérogène) du terrain.

Grâce à la comparaison des moyens d'observation (télédétection / terrain) la validité de l'approche a été estimée : l'état de la surface est correctement cartographié dans plus de 93% des cas par télédétection aérienne, et dans environ 85% des cas par télédétection spatiale. Cette précision est valable pour les domaines concédés et non concédés du DPM.

En superposant les contours extraits au cadastre ostréicole (ou d'un autre schéma d'occupation), cette approche permet également de calculer pour chaque parcelle la superficie des zones qui se révèlent douteuses. Un test mené sur les orthophotographies a permis de montrer que, dans plus de 92% des cas, la méthode d'analyse de texture permet de diagnostiquer correctement l'état des parcelles.

Les supports images, les plans vecteurs extraits du traitement d'image, et les résultats de l'analyse sont exploitables dans un S.I.G. Ce jeu d'information doit faciliter l'analyse de l'état du DPM (concedé et non concedé). La télédétection est donc, dans ce contexte et au vu de ces résultats chiffrés, un outil de gestion du DPM pertinent et efficace.

Sommaire

1. Introduction.....	9
2. Données disponibles.....	11
2.1. IMAGES SATELLITES FORMOSAT-2	11
2.2. IMAGES SATELLITES WORLDVIEW-1	11
2.3. ORTHOPHOTOGRAPHIES.....	11
2.4. COMPATIBILITE GEOGRAPHIQUE DES DIFFERENTS SUPPORTS CARTOGRAPHIQUES	12
2.5. CHOIX DES SITES ATELIERS	12
2.5.1.1 ^{ère} étape : critères techniques.....	12
2.5.2.2 ^{ème} étape : enjeux ostréicoles	12
3. Mise au point de la méthode à partir des orthophotographies.....	15
3.1. PRINCIPE DE LA METHODE.....	15
3.2. EXEMPLE DE RESULTAT	17
3.3. CONCLUSION	18
4. Apports des images satellites	19
4.1. FORMOSAT-2	19
4.2. WORLDVIEW-1	20
4.3. CONCLUSION	21
5. Validation et application de la méthode	23

5.1. RESULTATS DES ORTHOPHOTOGRAPHIES	23
5.1.1. Validation sur le secteur de la Réousse	23
5.1.2. Application au Banc de Mapouchet	24
5.1.3. Secteur des Grahudes	26
5.2. APPORT DES IMAGES SATELLITES	26
5.3. CONCLUSION	28
6. Conclusion générale	31
7. Bibliographie.....	33

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des sites ateliers sur le Bassin d'Arcachon.....	13
Figure 2 : Chaîne de traitement mise au point pour la caractérisation de l'état de surface des parcelles du DPM (modifié d'après Lafon, 2010)	16
Figure 3 :Contours extraits de l'orthophotographie du Grand Banc.....	17
Figure 4 : Résultat de la chaîne de traitement sur l'image Formosat-2 du banc du Tès (Lafon, 2010)	19
Figure 5 : Contours extraits de l'image Worldview-1 du Grand Banc	21
Figure 6 : Validation sur l'orthophotographie du secteur de la Réousse.....	24
Figure 7 : Application sur l'orthophotographie du Banc de Mapouchet.....	25
Figure 8 : Superposition du repérage in-situ (notation en bleu) avec l'orthophoto et les contours issus du traitement (en rouge), (Lafon, 2010)	26
Figure 9 : Comparaison des vecteurs issus du traitement des deux supports.....	27
Figure 10 : Comparaison de la cartographie de l'état de surface du secteur de La Réousse.....	28

Liste des annexes

Annexe 1 : Comparaison de l'interprétation d'orthophotographies pour la qualification de l'état du DPM avec des observations in-situ.....	35
Annexe 2 : Coordonnées DGPS et photographies des observations faites sur le site de la Réousse	39

Glossaire

CPER	: Contrat de Projet Etat-Région
DDAM	: Direction Départementale des Affaires Maritimes
DGPS	: Differential Global Positioning System (en français : GPS différentiel)
DPM	: Domaine Public Maritime
ENVI	: Logiciel de traitement et d'analyse d'images géospatiales (©ITT)
EPOC	: Laboratoire « Environnement et Paléoenvironnement Océaniques et Côtiers » de l'Université Bordeaux 1
FEDER	: Fonds Européens de Développement Régional
IGN	: Institut Géographique National
NSPO	: National Space Organisation
SIG	: Système d'Information Géographique
UTM	: Universal Transverse Mercator (en français : Transverse universelle de Mercator)
WGS 84	: World Geodetic System 1984 (en français : Système géodésique mondial, révision de 1984)

1. Introduction

En application du Contrat de Projet Etat Région (CPER) 2007-2013, l'Europe (FEDER), l'Etat, le Conseil Régional d'Aquitaine, les départements de la Gironde, des Landes et des Pyrénées Atlantiques, le Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon (SIBA), le BRGM et l'ONF se sont associés pour poursuivre les actions de l'Observatoire de la Côte Aquitaine qui furent initiées en 1996. L'objectif principal de ce projet est de mettre à disposition des gestionnaires du littoral aquitain, un outil d'aide à la gestion.

La mesure 9-4-1 du CPER 2007-2013 concerne la restauration de l'hydraulique et la réhabilitation du Domaine Public Maritime (DPM) du Bassin d'Arcachon. Le BRGM a en particulier été saisi par le Comité de Suivi de cette mesure pour fournir un avis technique sur les orientations de ce programme (rapport BRGM/RP-57113-FR, Mallet et *al.*, 2009).

Afin d'éclairer le comité de pilotage pour la programmation des travaux de nettoyage et de dragage, le BRGM a proposé la réalisation d'une cartographie de l'état du DPM à partir d'images aériennes et spatiales récemment acquises, notamment dans les domaines concédés ostréicoles. Une première évaluation de l'état du DPM concédé, conduite par la Direction Départementale des Affaires Maritimes (DDAM), avait été réalisée en 2002 et la présente étude a pour objet de mettre au point une méthode facilitant l'actualisation de cet état.

Depuis 2005, la télédétection est utilisée comme outil de suivi régulier du littoral aquitain. Des méthodes de traitement d'images satellites ont été mises au point afin de cartographier différentes entités géomorphologiques tel que le trait de côte sur le bassin d'Arcachon et sur les côtes rocheuse et sableuse (Pedreros et *al.*, 2005 ; Mallet et *al.*, 2007). Dans la continuité de ces travaux, le BRGM a souhaité utiliser des prises de vues aériennes (PVA) obliques, des orthophotographies et l'imagerie satellitale (Formosat-2 et Worldview-1) pour cartographier et actualiser l'état du DPM dans le Bassin d'Arcachon. Pour cela, la collaboration avec le laboratoire EPOC de l'Université Bordeaux 1 a été poursuivie, au travers d'un nouveau contrat de sous-traitance avec sa cellule de transfert technologique G.E.O. Transfert.

Ce présent rapport présente une synthèse de l'étude de faisabilité de la cartographie de l'état du DPM par télédétection réalisée par Virginie Lafon de G.E.O. Transfert.

2. Données disponibles

2.1. IMAGES SATELLITES FORMOSAT-2

Formosat-2, lancé en 2004, est un satellite taïwanais opéré par le NSPO (National Space Organisation). C'est le seul satellite haute résolution (2 m panchromatique, 8 m multispectral)) doté d'une capacité de revisite quotidienne. L'Observatoire de la Côte Aquitaine a acheté à la société Spot Image pour cette étude, une scène acquise le 27/08/2007. Il s'agit de la scène n° ortho217540227-200708271036461997101 livrée en projection UTM Zone 30 (Datum WGS 84).

Par ailleurs, cette scène est mise à disposition dans le cadre du programme Kalideos du CNES (<http://kalideos.cnes.fr/>). Ce programme a pour objectif de constituer 3 bases données de télédétection réservées à une utilisation purement scientifique. L'une d'entre elles concerne spécifiquement les zones côtières et a été mise en œuvre sur le site du Bassin d'Arcachon.

2.2. IMAGES SATELLITES WORLDVIEW-1

Le satellite Worldview-1 de DigitalGlobe, lancé en septembre 2007, acquiert des images panchromatiques à 50 cm de résolution pour une emprise de 246,4 km² au nadir. Deux images ont été acquises pour cette étude le 25/02/2008 à 11 :05 :05 TU (scène n° 08FEB25110510-P2AS-052123446010_01_P001_PAN appelée n°1 dans cette étude), à l'ouest du Bassin et le 26/04/2008 à 10 :56 :39 TU (scène n° 08APR26105547-P2AS-052123446010_01_P002_PAN appelée n°2 dans cette étude) à l'est du Bassin. Ces images ont été livrées par la société Spot Image en projection UTM Zone 30 (Datum WGS 84).

2.3. ORTHOPHOTOGRAPHIES

Les orthophotographies ont été acquises conjointement par IFREMER et l'Observatoire de la Côte Aquitaine en août 2007. Les prises de vue verticales ont été réalisées par l'IGN, géo-référencées et projetées dans le système Lambert II Etendu. La taille des pixels sur ces photographies est de 50 cm.

2.4. COMPATIBILITE GEOGRAPHIQUE DES DIFFERENTS SUPPORTS CARTOGRAPHIQUES

En préalable à cette étude, il a été vérifiée la compatibilité géographique (géoréférencement) entre le cadastre conchylicole fourni par la Direction Départementale des Affaires Maritimes (DDAM) de la Gironde et les différents supports images puis entre chacun de ces supports cartographiques (imagerie Formosat-2, imagerie Worldview-1 et photographie aérienne IGN).

La démarche consiste à numériser des vecteurs (ex. tables ostréicoles, chenaux) sur les orthophotos et sur le cadastre puis à les superposer aux images satellites afin de vérifier l'éventuelle présence de décalages spatiaux à l'échelle des parcs à huîtres.

La compatibilité est considérée comme presque parfaite, malgré les différentes résolutions des données et malgré des décalages n'excédant pas quelques pixels,

2.5. CHOIX DES SITES ATELIERS

2.5.1. 1^{ère} étape : critères techniques

La mise au point de la méthode de cartographie de l'état du DPM par télédétection a requis dans un premier temps, l'utilisation des orthophotographies et des images spatiales couvrant des sites ateliers répondant aux critères techniques précis suivants :

- un grand nombre de concessions, plus ou moins densément agencées ;
- une bonne répartition des concessions à proximité et à distance de chenaux principaux ou secondaires afin de couvrir diverses configurations d'implantations ;
- la présence d'infrastructures en plus ou moins bons états apparents.

Les sites choisis pour cette première étape sont le Grand Banc et le banc du Tès (Figure 1).

2.5.2. 2^{ème} étape : enjeux ostréicoles

Dans un second temps, la méthode a été appliquée et validée à partir d'orthophotographies et d'images spatiales couvrant deux sites présentant des enjeux ostréicoles importants. Ils ont été définis en concertation avec le Comité de Suivi de la mesure 9-4-1 et ont fait l'objet d'une visite de terrain le 8 juin 2009 en présence du personnel de la DDAM. La comparaison de ces observations géolocalisées aux résultats de l'analyse d'images a permis de valider la méthode.

Ces sites d'étude ont pour intérêt :

- d'être facilement accessibles par les ostréiculteurs aussi bien du Sud-Bassin que du Nord-Bassin ;
- d'être des zones de production plutôt que de dépôt ;
- de présenter des infrastructures abandonnées et en grande partie en mauvais état où le nettoyage s'avère indispensable.

Les sites ainsi choisis correspondent au Banc de Mapouchet, les Grahudes et la Réousse (Figure 1).

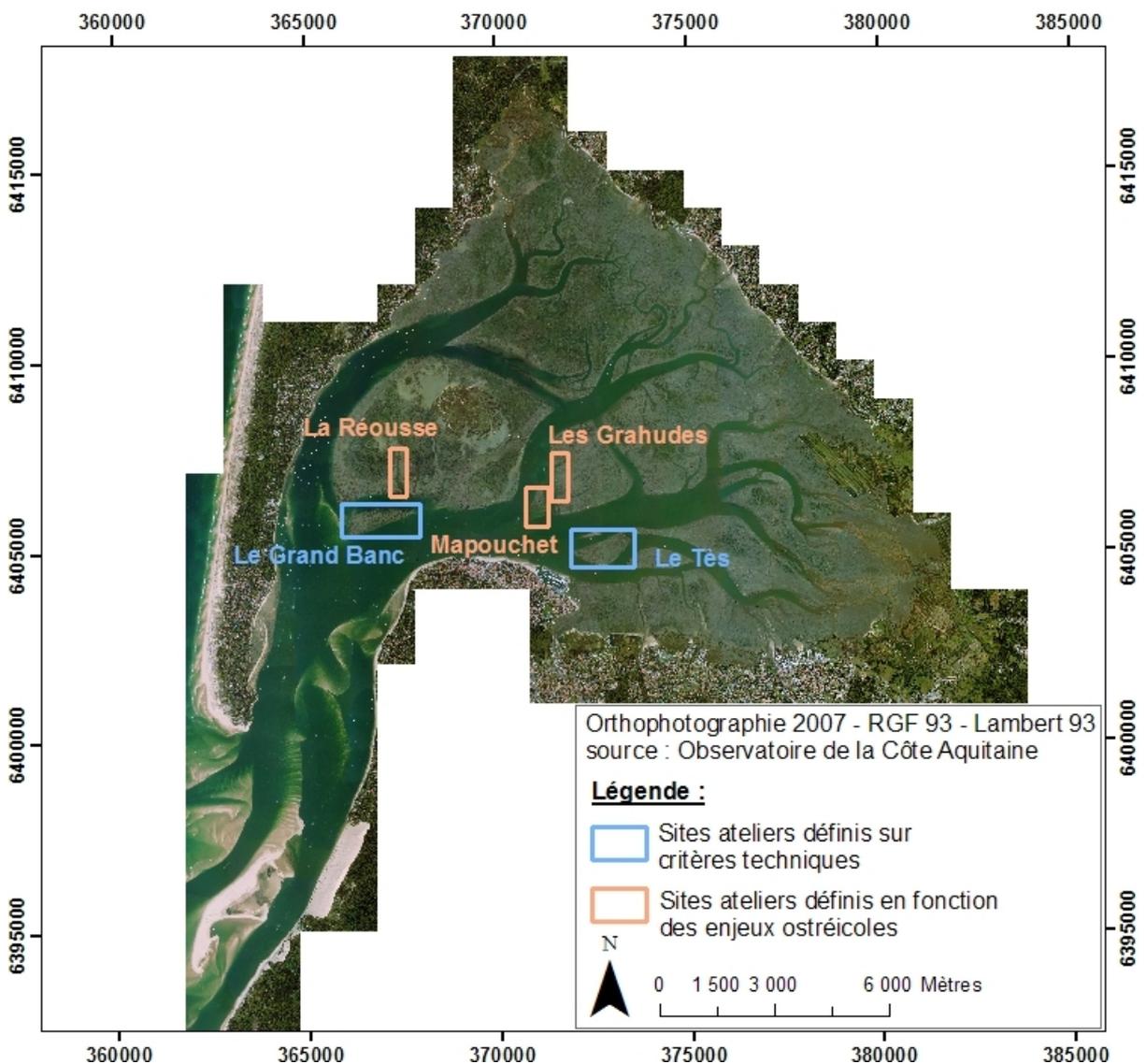


Figure 1 : Localisation des sites ateliers sur le Bassin d'Arcachon

3. Mise au point de la méthode à partir des orthophotographies

3.1. PRINCIPE DE LA METHODE

L'interprétation visuelle des orthophotographies permet de juger de l'état de surface des parcelles à partir du cadastre ostréicole. Elle est très subjective car trop dépendante de l'opérateur. Il a donc été nécessaire de mettre au point une méthode automatisée qui permette de définir des critères objectifs pour aider l'opérateur dans son choix de classification.

Pour cela, ENVI (©ITT), un logiciel de traitement et d'analyse d'images géospatiales, a été utilisé. Ses capacités à extraire les limites entre deux domaines distincts sur le plan radiométrique et/ou textural ont été testées sur les orthophotographies et les images satellites. Il permet d'appliquer des méthodes automatisées de seuillage grâce à des outils apparentés à des filtres (Passe-Haut, Laplacien, Sobel, etc.) et d'analyse de texture grâce au calcul de différents paramètres statistiques (moyenne, variance, skewness, etc.).

La figure 2 présente la chaîne de traitement mise au point et appliquée au site atelier du Banc du Tès :

1. Le premier traitement offre une vision binaire (noir et blanc) simplifiée de l'état des estrans. Il s'agit de la différence entre l'image de moyenne qui diminue légèrement les contrastes à l'intérieur des zones homogènes et l'image de variance qui amplifie fortement les limites entre zones de textures différentes.
2. Un filtre a ensuite été appliqué afin de lisser la variabilité de l'intensité des pixels dans les zones de textures homogènes sans atténuer les limites entre des zones de textures différentes.
3. La segmentation réalisée sur cette image très simplifiée et très informative permet de localiser et de délimiter les entités présentes. Ce traitement regroupe les pixels similaires adjacents en régions distinctes selon un critère d'homogénéité.
4. Ces groupes de pixels constitués sont finalement contourés.

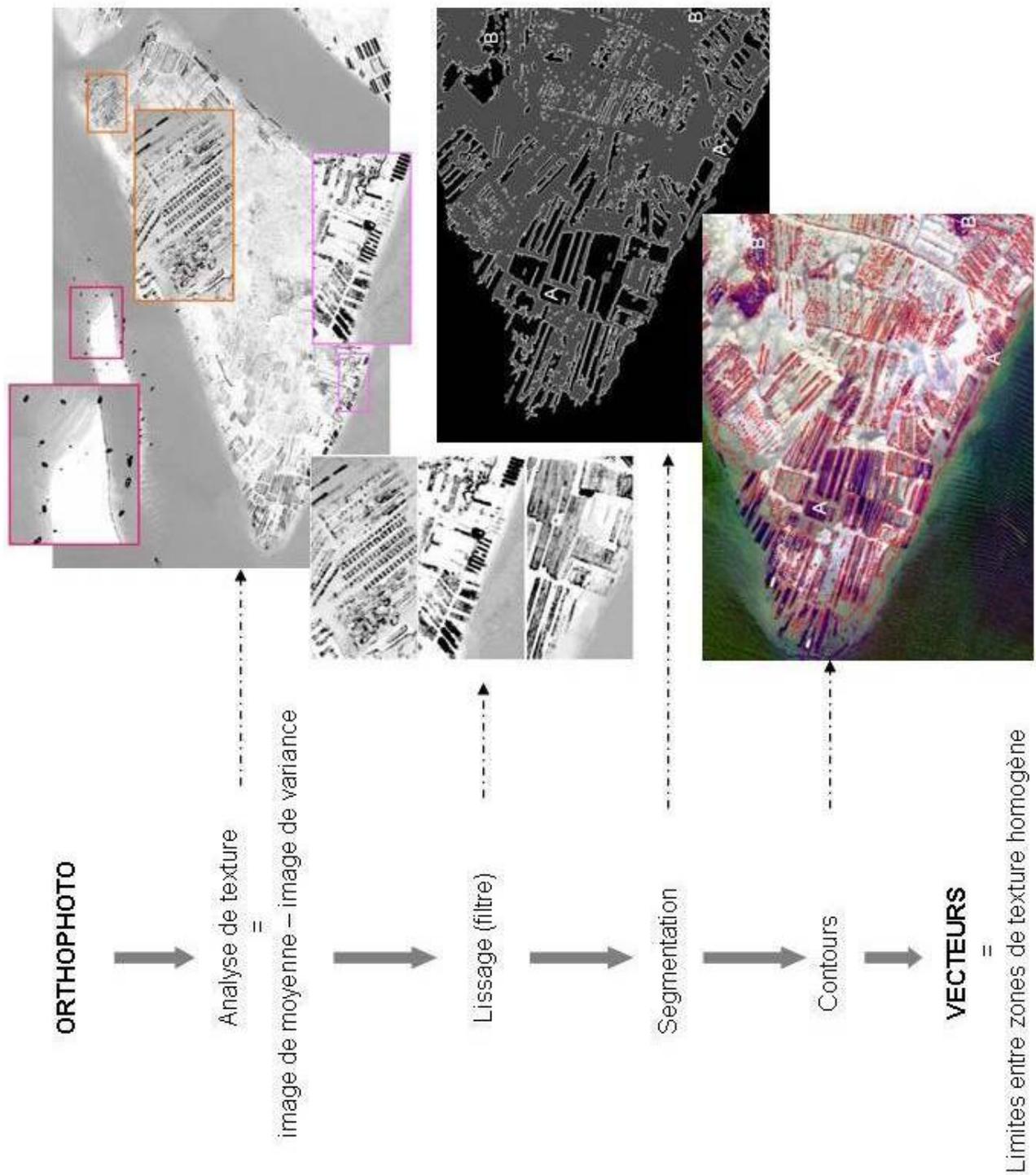


Figure 2 : Chaîne de traitement mise au point pour la caractérisation de l'état de surface des parcelles du DPM (modifié d'après Lafon, 2010)

3.2. EXEMPLE DE RESULTAT

La figure 3-a présente pour le site atelier du Grand Banc, les contours extraits en format vecteur et superposés à l'orthophotographie originale et au cadastre conchylicole dont chaque parcelle est représentée par une couleur différente. Cette approche permet de distinguer les parcelles qui contiennent des objets géométriques de celles qui contiennent des objets irréguliers.

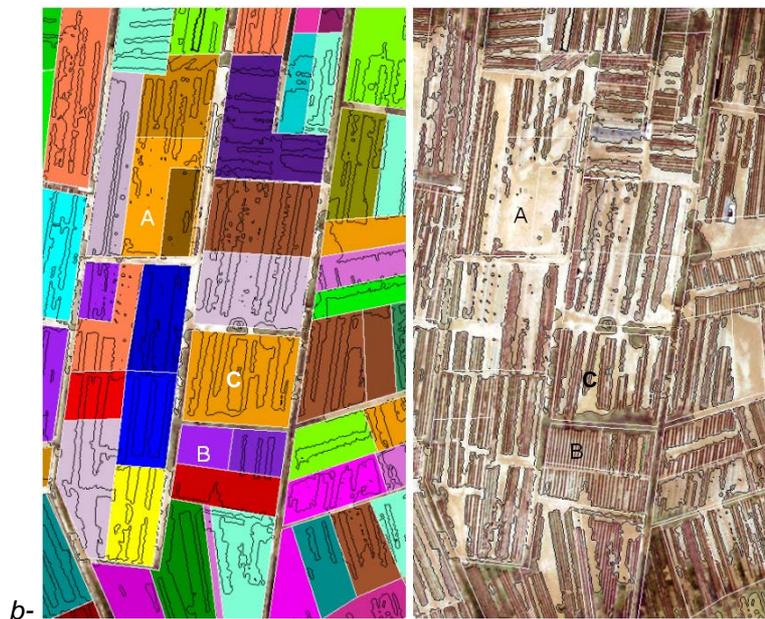


Figure 3 : Contours extraits de l'orthophotographie du Grand Banc
a- Superposition de l'orthophotographie (arrière-plan), des parcelles du DPM (polygones de couleur) et des vecteurs issus de la chaîne de traitement ; b- zoom sur le site atelier du Grand Banc, parcelles A, B, C : voir signification dans le chapitre 2.2 (Lafon, 2010)

Sur le zoom de la figure 3-b, certains contours mettent en évidence des formes géométriques régulières qui coïncident avec des zones de parcs à huîtres apparemment en bon état (zone C) et des formes géométriques irrégulières qui coïncident avec des zones présentant des îlots de nature rocheuse ou dure et d'origine sauvage ou anthropique (zone A).

La parcelle B pourrait être interprétée comme totalement propre et vierge sur la figure 3-b présentant la superposition des vecteurs au cadastre (à gauche). Cependant l'orthophotographie (à droite) montre des structures rapprochées d'orientation régulière et de texture très homogène. Ce cas montre l'effet du lissage qui uniformise la parcelle présentant des tables ostréicoles très rapprochées et qui pourrait conduire à une interprétation erronée. L'opérateur retiendra toutefois l'information essentielle d'homogénéité qui a été préservée.

3.3. CONCLUSION

La méthode mise au point permet d'expertiser l'état de surface des parcelles concédées et de quantifier les zones hors parcelles qui présentent des enrochements. L'ensemble du DPM peut donc être analysé.

Le calcul du pourcentage de surface que représentent les objets contourés permet de définir l'état de la parcelle pour lequel un code couleur pourra être éventuellement établi et appliqué ensuite à chaque parcelle.

Afin de définir la production de certains domaines, il serait indispensable de modifier la chaîne de traitement en supprimant l'étape de lissage. Plus d'informations sur la structure interne des parcelles seraient ainsi conservées lorsque celles-ci sont constituées de tables rapprochées et très régulièrement espacées.

4. Apports des images satellites

4.1. FORMOSAT-2

La méthode du « recuit simulé » qui a déjà été utilisée sur les images Formosat-2 pour la cartographie des faciès géomorphologiques (plage – dune - forêt) du littoral aquitain (Mallet *et al.*, 2007) est testée à présent dans cette étude pour la distinction des différents états du DPM du Bassin d'Arcachon.

Le principe de cette méthode repose sur la classification des pixels en fonction de leur signature spectrale à l'aide d'un algorithme effectuant plusieurs itérations. Une imagerie est ainsi segmentée en parcelles. Cette méthode requiert une interprétation a posteriori par le thématique car les classes ainsi obtenues peuvent ne pas correspondre aux classes thématiques.

Cette cartographie thématique exécutée sur les images multispectrales Formosat-2 ne fournit pas des informations suffisamment précises pour deux raisons :

- ✓ le site atelier du Grand Banc est en grande partie recouvert d'eau sur l'image du 28.07.08 ce qui implique un traitement spécifique et supplémentaire afin d'analyser les types de fonds sous la surface de l'eau ;
- ✓ l'information de texture n'est pas exploitée par cette méthode qui ne met pas en évidence les zones enrochées. La reconnaissance des objets par leur radiométrie qui dépend de leur nature peut conduire à des erreurs d'interprétation. Ainsi des parcs à huîtres recouvert de végétation sont cartographiés comme de la végétation.

D'autre part la chaîne de traitement (analyse de texture) mise au point à partir des orthophotographies ne donne pas non plus de résultat satisfaisant. Les contours obtenus ne sont pas exploitables directement (figure 4).

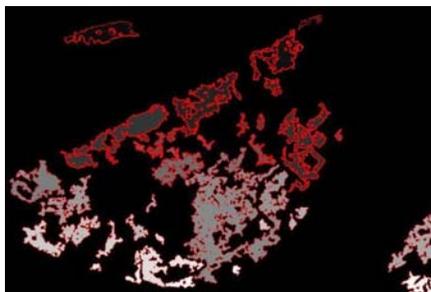


Figure 4 : Résultat de la chaîne de traitement sur l'image Formosat-2 du banc du Tès (Lafon, 2010)

4.2. WORLDVIEW-1

L'image Worldview-1 étant une vue mono canal (image panchromatique), seule la chaîne de traitement mise au point à partir des orthophotographies a été testée. Les résultats sont satisfaisants car les contours extraits mettent en évidence des objets de diverses formes et d'orientation plus ou moins régulière. Ainsi l'imagerie satellite Worldview-1, permet une classification objective de l'état du DPM.

La figure 5 présente pour un zoom du site atelier du Grand Banc, la superposition des contours extraits en format vecteur sur le cadastre (à gauche) et l'image Worldview-1 (à droite).

Sur les parcelles A, les contours mettent en évidence des objets de forme et d'orientation régulières qui permettent de la qualifier d'exploitée avec un état de surface correct.

Sur les parcelles B, les contours sont relativement peu nombreux mais conservent une orientation marquée. Ils traduisent un état de surface correct malgré une occupation réduite.

Sur la parcelle C, les contours sont irréguliers à plus de 50%. L'état est donc qualifié de dégradé à plus de 50%.

De même, l'état de surface de la parcelle D semble relativement perturbé sur l'image traitée. Pourtant sur l'image originale, des parcs sont nettement visibles au sud de la parcelle. Elle pourrait donc être abusivement classée parmi les parcelles dont l'état est douteux sur 25 à 50% de la surface.

Excepté pour la parcelle D, la chaîne de traitement mise au point est largement satisfaisante. Malgré quelques différences entre les deux plans vecteurs issus de l'orthophotographie et de l'image Worldview-1, ils sont dans l'ensemble bien corrélés.

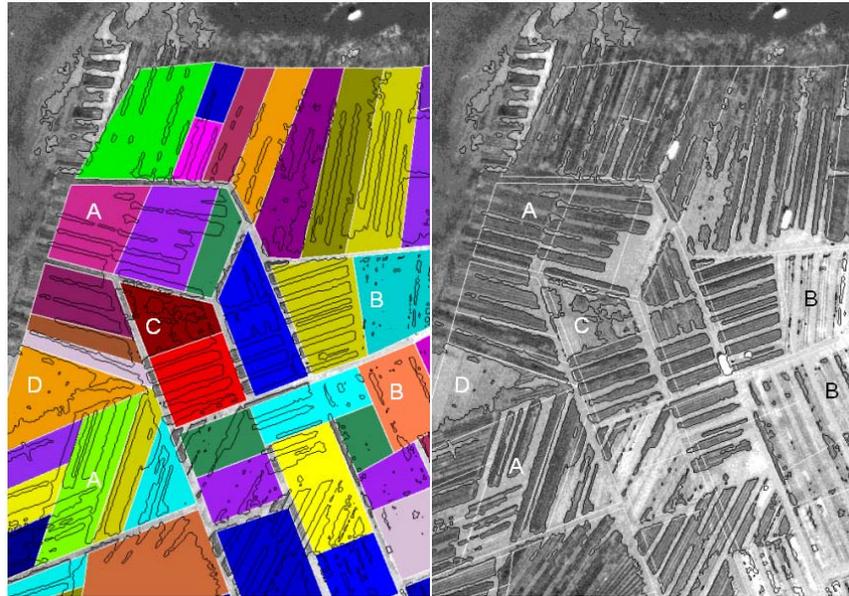


Figure 5 : Contours extraits de l'image Worldview-1 du Grand Banc à gauche sur l'image Worldview-1 sont reportés les contours extraits en format vecteur et le cadastre ostréicole, à droite sur l'image Worldview-1 sont reportés les contours des parcelles et les contours extraits de l'image segmentée, parcelles A, B, C, D : voir signification dans le chapitre 3.2 (Lafon, 2010)

4.3. CONCLUSION

Ces résultats montrent que les images à très haute résolution spatiale du type Worldview-1 sont adaptées à l'analyse de l'état du DPM.

En absence de nuage et pour un niveau du plan d'eau très bas, elles permettent d'analyser l'état de surface des parcelles du DPM, mais également de déterminer l'état du domaine dans sa totalité. L'extraction et l'exploitation de contours permettent de localiser finement les zones douteuses et de quantifier leur surface à l'échelle du Bassin d'Arcachon.

Pour l'instant les cartes thématiques issues de l'imagerie Formosat-2 sont impuissantes à renseigner sur l'état des surfaces exondées. Seul le critère de la radiométrie (*i.e.* de la couleur) est retenu pour la classification. Cependant il est nécessaire d'exploiter aussi l'information de texture pour détecter les parcs à huîtres et autres types de surfaces dures (massifs d'huîtres naturels, fixés ou non sur des infrastructures existantes).

5. Validation et application de la méthode

5.1. RESULTATS DES ORTHOPHOTOGRAPHIES

5.1.1. Validation sur le secteur de la Réousse

Les orthophotographies du secteur de la Réousse ont été traitées selon la méthode proposée. Une visite de terrain a ensuite été réalisée le 8 juin 2009 avec la DDAM et a permis de valider les résultats. Les observations réalisées ont été précisément géo-référencées par GPS. Pour chaque point d'observation, l'annexe 1 présente la vérité terrain et les résultats du traitement des images Worldview-1 et de l'orthophotographie. L'annexe 2 présente les coordonnées GPS et les photographies des observations réalisées sur le site de la Réousse. Par comparaison, il a été vérifié que les contours représentaient correctement les objets. Ainsi il est possible de distinguer (figure 6-a) :

- des zones homogènes sans structure (parcelles B et D) qui correspondent soit à des étendues de sable ou de vases avec quelques coquilles, soit à des cultures d'huîtres à plat entretenues, soit à des alignements de tables relativement resserrés ;
- des zones présentant structures alignées (parcelle F) avec des contours lisses qui correspondent à des tables entretenues exploitées ou vides ;
- des zones hétérogènes présentant des structures alignées (parcelle A) qui correspondent à des anciennes tables non entretenues et recouvertes de coquilles ;
- des zones à bordures hétérogènes et intérieur homogène (parcelle E) qui correspondent à des cultures à plat non entretenues.

Les zones hétérogènes sont cartographiées en bleu sur la figure 5-b. En superposant à l'orthophotographie, les zones hétérogènes et le cadastre ostréicole, le pourcentage de surface hétérogène a été déterminé pour chaque parcelle. Une cartographie présentant 3 classes de pourcentage (plus de 30%, de 10 à 30% et moins de 10%) est ainsi réalisée (figure 6-b).

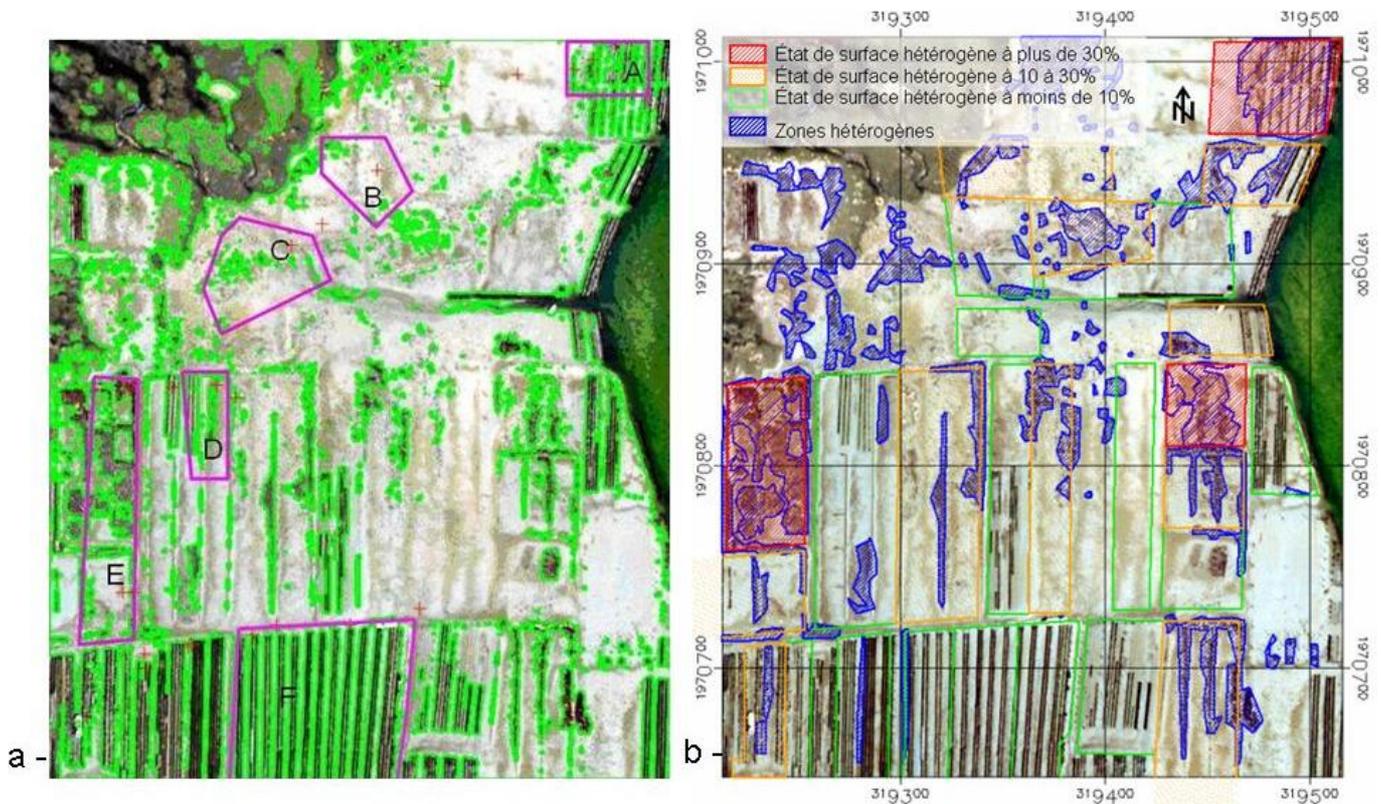


Figure 6 : Validation sur l'orthophotographie du secteur de la Réousse
 a - Superposition de l'orthophotographie du secteur de la Réousse, des contours (verts) issus de la chaîne de traitement et des points d'observation réalisés lors de la visite du 08.06.09 (croix rouges) ; b - Cartographie des surfaces hétérogènes sur l'orthophotographie du secteur de la Réousse, parcelles A, B, C, D, E : voir signification dans le chapitre 4.1.1 (Lafon, 2010)

5.1.2. Application au Banc de Mapouchet

La chaîne de traitement a été appliquée à l'orthophotographie du Banc de Mapouchet. Comme pour le secteur de la Réousse, les contours ont été extraits, les zones hétérogènes cartographiées en bleu puis les parcelles ont été classées en fonction du pourcentage de surface hétérogène qu'elles contenaient (figure 7-a). Il est clairement observable que les parcelles au sud du banc sont bien entretenues alors que la plupart des parcelles au nord sont en mauvais état.

Cette approche permet d'établir un bilan numérique précis :

- de la surface totale de la zone ciblée par le traitement : 36 026 km² (3,7 ha) ;
- de la superficie à l'intérieur des concessions : 2,6 ha ;
- de la superficie hors concession : 1,1 ha.

La figure 7-b présente la comparaison des surfaces hétérogènes obtenues par télédétection et des surfaces définies en mauvais état par des visites terrain et correspondant à des concessions mises en demeure. Bien que ces deux surfaces diffèrent de 20%, elles se recouvrent globalement et sont cohérentes.

Ces différences ont plusieurs origines possibles :

- les classes de pourcentage de surface hétérogène. Ils ont été définis arbitrairement pour le traitement d'image et nécessitent d'être adaptés en fonction des critères des opérateurs ;
- la date de prise de vue de l'orthophotographie. Il est possible qu'il y ait eu nettoyage ou dégradation de parcelles entre la prise de vue (août 2007) et les visites de terrain (31 mars 2009).

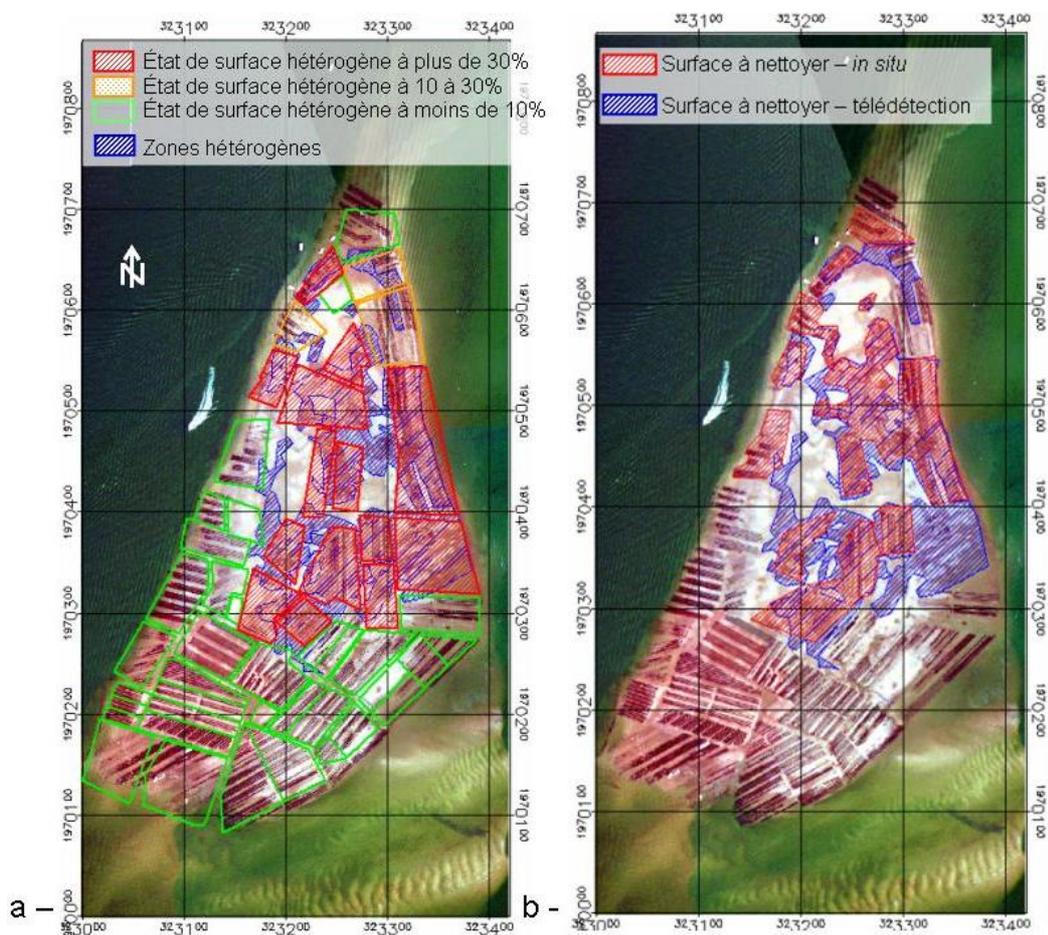


Figure 7 : Application sur l'orthophotographie du Banc de Mapouchet
 a - Cartographie de l'état de surface des parcelles ostréicoles sur le Banc de Mapouchet ; b - Comparaison entre les surfaces hétérogènes cartographiées à partir de la chaîne de traitement (en bleu) et à partir d'observations terrain (en rouge, données fournies par la DDAM, Lafon, 2010).

5.1.3. Secteur des Grahudes

Le secteur des Grahudes a été observé depuis l'embarcation de la DDAM lors de la visite terrain le 8 juin 2009. Bien que le positionnement soit moins précis, ce mode d'observation permet tout de même de qualifier l'état de surface des parcelles.

Les résultats sont également positifs pour ce secteur. Les contours issus de la chaîne de traitement de l'orthophotographie permettent une interprétation en accord avec les observations de terrain (figure 8). En effet, des objets rectilignes correspondent à des tables entretenues et un objet déstructuré à un amoncellement de coquilles. De même, les zones homogènes correspondent à des cultures à plat ou des tables bien entretenues et resserrées.

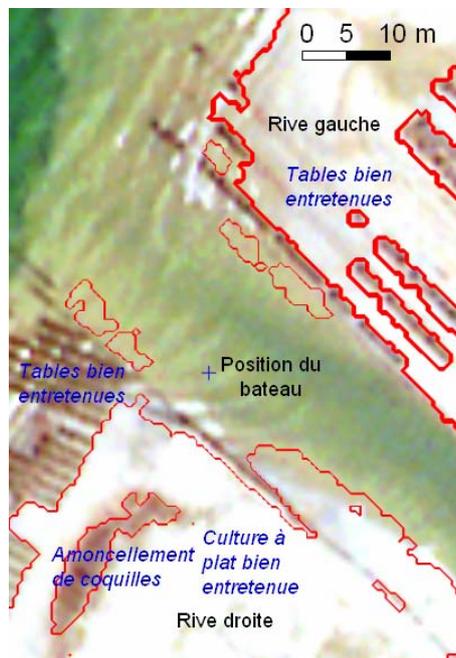


Figure 8 : Superposition du repérage in-situ (notation en bleu) avec l'orthophoto et les contours issus du traitement (en rouge), (Lafon, 2010)

5.2. APPORT DES IMAGES SATELLITES

Au moment de la capture des scènes Worldview-1, les niveaux de marée (jusant) sont de 2.27 m pour la scène n°1 et de 3 m pour la scène n°2 (marégraphe d'Arcachon). Compte-tenu de leur topographie, le Banc de Mapouchet et le secteur des Grahudes sont en partie encore immergés et ne peuvent être analysés à partir des images Worldview-1.

En revanche, les résultats obtenus par le traitement de l'image Worldview-1 du secteur de la Réousse sont très satisfaisants et sont en accord à 85% avec les observations de terrain.

La comparaison de ces résultats avec ceux obtenus à partir des orthophotographies montre une représentation moins précise des objets et en particulier des tables ostréicoles sur les images Worldview-1 (figure 9-a). Malgré cela, les contours issus des deux supports sont relativement bien superposés et les images satellites mettent bien en évidence les zones homogènes et hétérogènes (figure 9-b).

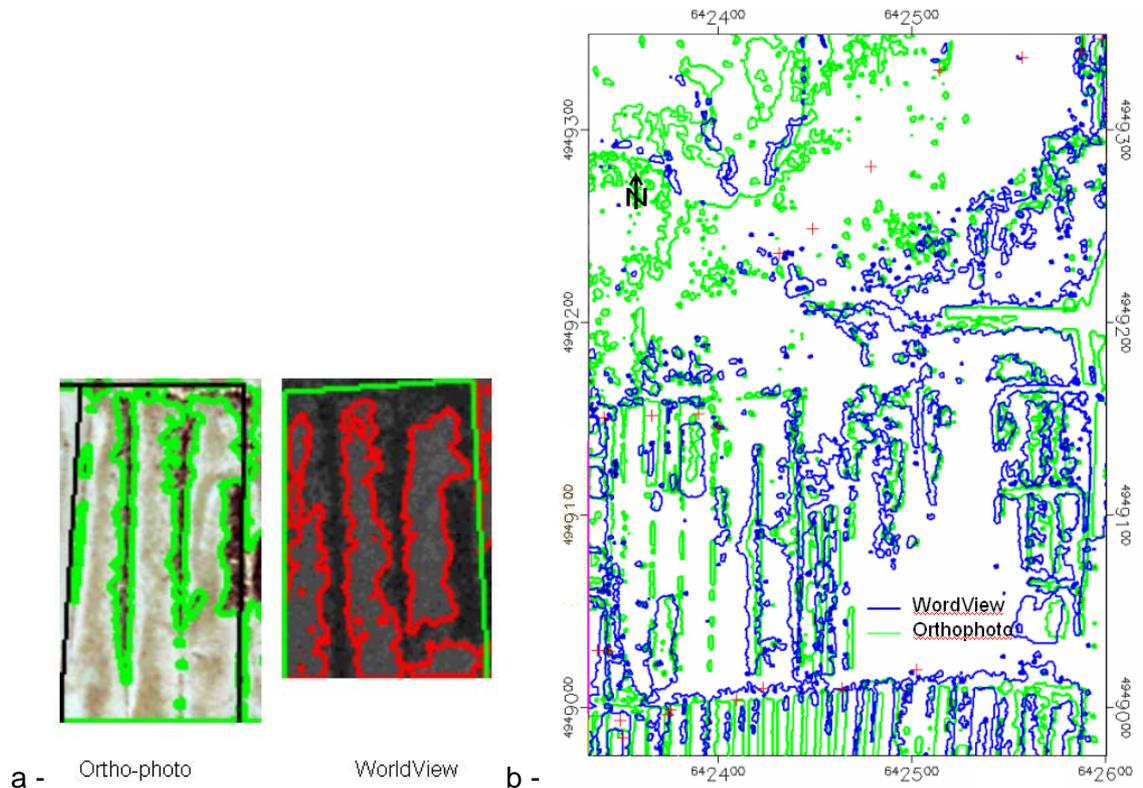


Figure 9 : Comparaison des vecteurs issus du traitement des deux supports
 a - zoom sur des tables bien entretenues ; b - imagerie Worldview-1 en bleu et orthophoto en vert (Lafon, 2010)

La superficie totale des zones hétérogènes cartographiées à partir de l'imagerie Worldview-1 est estimée à 17 787 m². Elle est supérieure à celle obtenue à partir de l'orthophotographie estimée à 16 214 m². Cependant, la comparaison des deux types d'images montre un recouvrement de ces zones sur une surface de 7 800 m².

La carte réalisée à partir de l'image WordView-1 est moins optimiste que celle obtenue à partir des orthophotographies (figure 10). Le nombre de parcelles dont l'état de surface est hétérogène à plus de 30% de leur surface totale est supérieur à celui issu des orthophotographies. Toutefois sur ces dernières, la majorité des parcelles non classées dans la tranche d'hétérogénéité supérieure à 30% sont classées dans la tranche 10-30%.

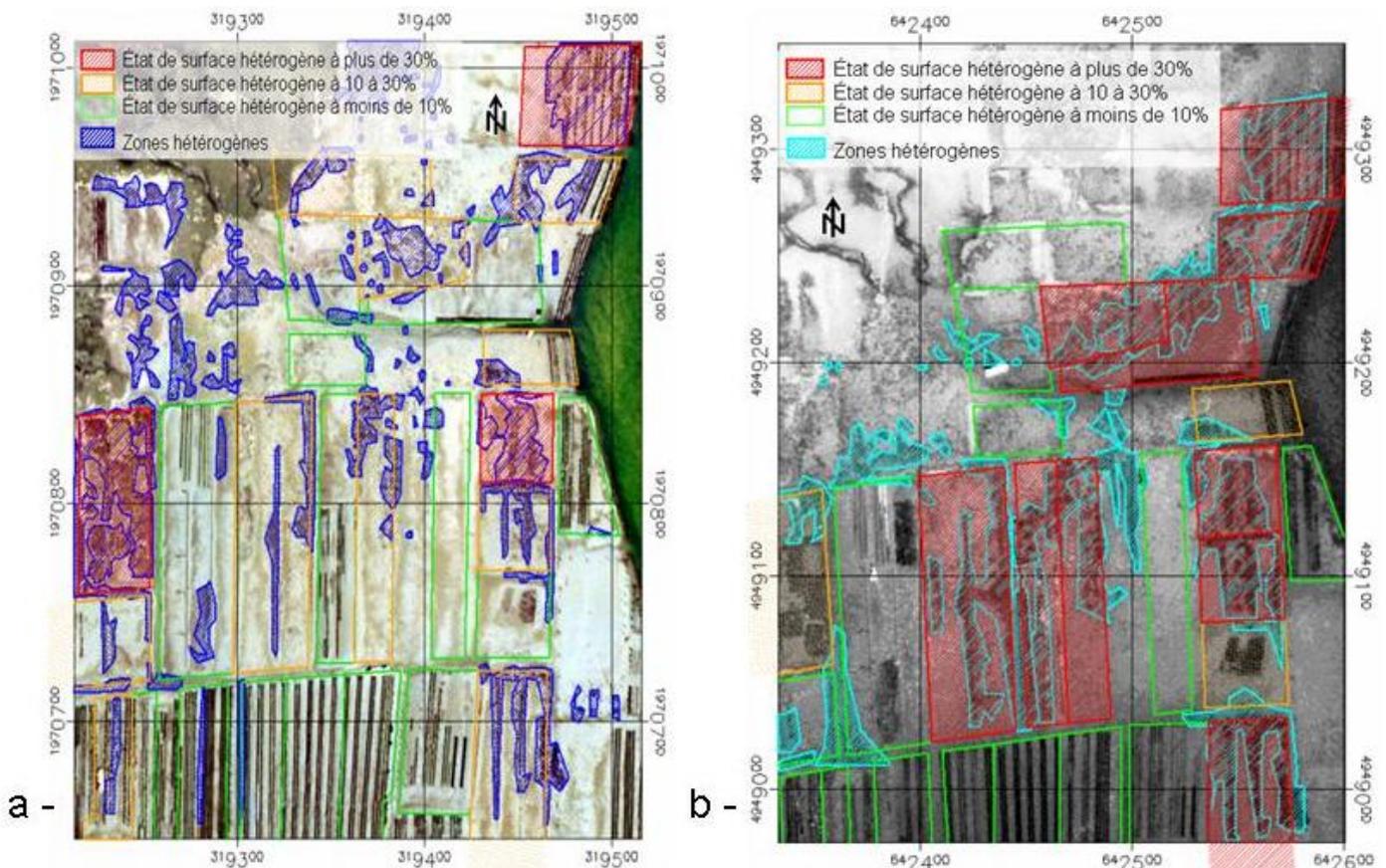


Figure 10 : Comparaison de la cartographie de l'état de surface du secteur de La Réousse à partir de : a – l'orthophotographie (Lambert II étendu) ; b - l'image Worldview-1 (projection UTM, zone 30). Les cadres colorés correspondent aux parcelles concédées (Lafon, 2010)

5.3. CONCLUSION

Les observations de terrain permettent de valider l'utilisation de la télédétection très haute résolution pour l'analyse de l'état du DPM du Bassin d'Arcachon.

Le potentiel d'extraction d'une image dépend fortement du niveau d'eau sur le site, qui constitue un masque important sur les objets à mettre en évidence (massif d'huîtres sauvage, enrochement, tables ostréicoles, etc.).

Le niveau d'eau est suffisamment bas sur l'ensemble des sites ateliers au moment de la capture des orthophotographies 2007 et permet une analyse précise de ces images. L'état de la surface y est décrit correctement dans plus de 93% des cas. Ces images aériennes permettent une qualification des parcelles correcte dans plus de 92% des concessions décrites indépendamment sur le terrain.

En revanche, les niveaux d'eau sont trop élevés sur le Banc de Mapouchet et le secteur des Grahudes au moment de la capture des images spatiales Worldview-1 qui

ne sont donc pas utilisées pour l'analyse de ces sites ateliers. Sur les autres sites où les niveaux d'eau sont moins élevés, ces images permettent d'établir l'état de la surface avec une certitude de l'ordre de 85%. Moins coûteuse, l'utilisation de ces images est relativement compétitive. L'adaptation d'une méthode basée sur des détections de changement permettrait une actualisation annuelle de l'état du DPM (concedé ou non) à un coût très modéré. En effet, il est rapide de comparer les images et de déduire les différences significatives entre elles, puis de focaliser l'attention sur les zones qui présentent des transformations pour actualiser la couche SIG présentant l'état des surfaces.

Dans tous les cas, les supports image permettent de compléter les métadonnées du cadastre ostréicole en incluant par exemple pour chaque parcelle le mode de culture et la superficie des zones présentant des hétérogénéités de surface. Ces données permettraient de mieux gérer l'ensemble du domaine et d'optimiser les opérations de nettoyage.

6. Conclusion générale

Cette étude de faisabilité démontre l'efficacité de la télédétection à très haute résolution pour la détection et la cartographie automatique de l'état du DPM concédé et non concédé du Bassin d'Arcachon.

Trois types de supports image ont été orthorectifiés, géoréférencés et testés. Les orthophotographies ainsi que les images Worldview-1 se prêtent bien à l'analyse de l'état de surface du DPM (concédé et non concédé). Les résultats des orthophotographies et des images Worldview-1 sont en accord respectivement à 93% et à 85% avec la vérité terrain. En revanche la chaîne de traitement mise au point ne peut être appliquée aux images Formosat-2 dont la résolution est moins précise (2 m en panchromatique contre 0.5 m avec WorldView-1).

L'originalité de la méthode mise au point dans ces travaux repose sur la détection des variations de textures principales des sols. A l'issue de la chaîne de traitement les contours d'objets de différentes textures sont extraits et transformés en format vecteur. L'interprétation de ces contours permet de déterminer s'il s'agit par exemple d'installations ostréicoles exploitées ou abandonnées, de massifs indurés, de surfaces planes de sédiments couverts ou non par la végétation. Les zones hétérogènes délimitées par des contours déstructurés caractéristiques d'un mauvais état sont ainsi mises en évidence.

La cartographie de l'état des parcelles ostréicoles est réalisée en calculant le pourcentage de surface hétérogène par rapport à la surface totale de chacune des parcelles. Un code couleur est ensuite associé à différentes classes de pourcentage. Sur les critères de la DDAM, trois classes de pourcentage ont été utilisées et peuvent être modifiées en fonction des exigences des gestionnaires du DPM : plus de 30% de surface hétérogène, de 10 à 30% et moins de 10%.

La mise à disposition d'images acquises à 1 an d'écart montre le potentiel de cette méthode pour analyser dans le temps et à l'échelle du Bassin, l'état (*i.e.* la qualité et l'exploitation) du DPM. Les plans vecteurs extraits sont en effet comparables et superposables. De plus, l'intérêt principal de l'utilisation des images spatiales Worldview-1 réside dans l'automatisation de la cartographie pour l'ensemble du DPM du Bassin d'Arcachon.

Les résultats de ces traitements sont exploitables dans un S.I.G., la totalité des images étant géoréférencées dans la même projection que les données cadastrales et ostréicoles utilisées.

7. Bibliographie

Lafon V. (2010) – Cartographie de l'état du DPM par télédétection – validation. Rapport d'étude, 42 p., 26 ill.

Mallet C., Lafon V. et Desprats J-F. (2007) – Cartographie des faciès géomorphologiques du littoral aquitain à partir de l'imagerie spatiale FORMOSAT-2. *BRGM/RP-56101-FR*, 69 p.

Mallet C., Durst P., Pierson J., Mugica J. avec la collaboration de Le Nindre Y-M. (2009) - Lignes directrices des travaux à entreprendre dans le cadre du « Grand Projet Littoral » (CPER 2007-2013, mesure 9.4.1) : restauration de l'hydraulique et réhabilitation du domaine public maritime du Bassin d'Arcachon. *BRGM/RP-57113-FR*, 80 p., 7 ill., 3 ann., 1 CR-Rom.

Pedreras R., Dupuis H., Marieu V., Mallet C., Butel R., Oliveros C., Froidefond J-M. et Hosford S. (2005) – Evaluation du potentiel de l'imagerie SPOT5 dans le secteur du Bassin d'Arcachon. *BRGM/RP-54004-FR*.

Annexe 1 : Comparaison de l'interprétation d'orthophotographies pour la qualification de l'état du DPM avec des observations in-situ

Lat	Lon	Ortho-photo (27/08/2007)	Vérité terrain (08/06/2009)
Haut Courbey / Canelon			
		<i>Rive gauche :</i>	
		Tables - Homogène	Tables bien entretenues
44,6926	-1,2197	<i>Rive droite :</i>	
		SSO : Tables bien entretenues	SSO : Tables bien entretenues
		SO : amoncellement de coquilles	SO : amoncellement de coquilles
		OSO : Pas de structure - Homogène	OSO : culture à plat bien entretenues
44,699	-1,2145	Tables – Homogène	Tables bien entretenues
44,7011	-1,2122	Pas de structure - Homogène	Culture à plat bien entretenue
44,7016	-1,2116	Tables – Homogène	Tables bien entretenues
44,7036	-1,2094	S et SE : Surfaces hétérogènes	SE et S : grosses buttes de coquilles
Grahudes			
		<i>Rive gauche :</i>	
		Tables – Homogène	Tables bien entretenues
44,6781	-1,147	<i>Rive droite :</i>	
		Tables – Homogène	Tables bien entretenues
		<i>Rive gauche :</i>	
44,6785	-1,146	Tables – Homogène	Tables bien entretenues
		<i>Rive droite :</i>	
		Tables – Homogène	Tables bien entretenues
		<i>Rive gauche :</i>	
44,6786	-1,1454	Tables – Homogène	Tables bien entretenues
		<i>Rive droite :</i>	
		Tables – Homogène	Tables bien entretenues
		<i>Rive gauche :</i>	
44,6786	-1,1454	Pas de structures - Homogène	Tables bien entretenues
		<i>Rive droite :</i>	
		Tables – Homogène	Tables bien entretenues
44,679	-1,1442	Alignements est-ouest – Hétérogène	Empilements de coquilles et ferrailles
44,6794	-1,1428	Pas de structures - Hétérogènes	Empilements de coquilles
		<i>Rive gauche :</i>	
44,6797	-1,1414	Tables – Homogène	Tables bien entretenues
		<i>Rive droite :</i>	
		Tables – Homogène	Tables bien entretenues
		<i>Rive gauche :</i>	
44,6802	-1,1396	Tables – Homogène	Tables bien entretenues
		<i>Rive droite :</i>	
		Pas de structures - Homogène	Tables vides bien entretenues
		<i>Rive gauche :</i>	
44,6802	-1,1396	Tables Homogènes et structures Hétérogènes	Alignements de coquilles
		<i>Rive droite :</i>	
		Pas de structures - Homogène	Empilements d'huîtres

Comparaison de l'interprétation d'ortho-photographies pour la qualification de l'état du DPM avec des observations in situ

Annexe 2 : Coordonnées DGPS et photographies des observations faites sur le site de la Réousse

N°	LAT	LON	Commentaires	Photo n°
1	44,68317	-1,20095	Sable et quelques coquilles	
2	44,68302	-1,20011	Anciennes tables - structures visibles couvertes de coquilles. Quelques coquilles entre les tables.	1
3	44,68317	-1,20117	Limite d'une ancienne exploitation sur table	
4	44,68293	-1,2015	Etendue de sable vaseux	
5	44,68287	-1,20197	Culture à plat non entretenue	
6	44,68248	-1,20233	Ancienne culture à plat – beaucoup de coquilles	2
7	44,68223	-1,20265	Etendue de sable vaseux (Ø 10 m approx.) – quelques coquilles	
8	44,68213	-1,20283	Etendue de sable vaseux (Ø 20 m approx.) – quelques coquilles	3
9	44,6815	-1,20325	Culture à plat exploitée – Propre	4
10	44,68145	-1,20313	Culture à plat non exploitée – Propre	
11	44,68148	-1,20352	Tables vides mais entretenues – Rares coquilles au sol	
12	44,68146	-1,20378	Ancienne exploitation à plat, divisée en carrés	5
13	44,68057	-1,2037	Ancienne culture à plat – Bordure formée par un amoncellement d'huîtres	
14	44,68057	-1,20377	Centre de la culture au sol– Propre	
15	44,6803	-1,20362	Culture sur tables exploitée – Nombreuses coquilles au sol	
16	44,68023	-1,2036	Tables – limite du parc	
17	44,68033	-1,20335	Id	6
18	44,68035	-1,20333	Id	
19	44,68045	-1,20282	Culture à plat non exploitée	
20	44,68046	-1,20237	Tables – limite du parc	

Coordonnées DGPS des observations faites sur le site de la Réousse



Photo n°1



Photo n°2



Photo n°3



Photo n°4



Photo n°5



Photo n°6

Photographies des observations faites sur le secteur Réousse



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service Géologique Régional Aquitaine
Parc Technologique Europarc
24, Avenue Léonard de Vinci
33600 – Pessac - France
Tél. : 05 57 26 52 70