
Suivi de la couverture en macroalgues intertidales de substrats durs dans le cadre du projet REBENT/DCE au titre de l'année 2010

> Région Bretagne

Edition 2011



Coordination

Ifremer

Image SPOT brute du 16 juin 2010 de Guidel à Sarzeau, CEVA

Avant propos

Le REseau de surveillance BENThique (REBENT), a été créé en réponse aux besoins croissants de connaissance et de suivi de la biodiversité marine côtière pour évaluer l'impact des activités humaines ou du changement climatique, et contribuer aux mesures de gestion ou de protection des milieux naturels. Il a pour objectifs d'acquérir une connaissance pertinente et cohérente des habitats marins benthiques côtiers, et de constituer un système de veille pour détecter les évolutions de ces habitats, à moyen et long termes, notamment pour ce qui concerne la diversité biologique. Ce réseau se propose aujourd'hui d'encadrer au niveau national les actions de surveillance déclinées régionalement notamment la DCE.

La Bretagne constitue la région Pilote. Sur cette région, après une phase d'avant-projet (2001-2002), la stratégie opérationnelle mise en œuvre depuis 2003 englobe un inventaire régional d'habitats, des cartographies des habitats sur des secteurs de référence, le suivi de la dynamique spatiale du couvert végétal et le suivi de la diversité végétale et animale.

Coordonné par Ifremer, ce réseau associe sur la région Bretagne de nombreux partenaires scientifiques et techniques : l'Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) de Brest, le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), la station de Concarneau, la Station Biologique de Roscoff, le Laboratoire de Géomorphologie (EPHE/CNRS) de Dinard, le Centre d'Etudes et de Valorisation des Algues (CEVA) de Pleubian), les départements DYNECO et LER d'IFREMER.

Le Rebent Bretagne a bénéficié d'un financement exceptionnel décidé en CIADT, du soutien financier de la Région Bretagne qui s'inscrit à partir de l'année 2007 dans le cadre du CPER ainsi que d'un financement de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne pour les prélèvements concernant l'application de la Directive Cadre Eau (DCE).

Les suivis de la biodiversité ont été mis en place sur une sélection d'habitats comprenant des habitats remarquables et des habitats largement représentés : dans la zone de balancement des marées, ils concernent en particulier les sédiments fins, les herbiers et certains types de zones rocheuses ; dans les petits fonds, il s'agit des sables fins, des bancs de maërl et de certains types de fonds rocheux suivis en plongée. Chaque habitat est placé sous la responsabilité thématique d'un laboratoire ; il est échantillonné régulièrement, selon un protocole adapté dans des lieux de surveillance répartis le long du littoral. A partir de 2007, la stratégie d'échantillonnage retenue tient compte des contraintes définies pour le contrôle de surveillance DCE.

Les informations produites se présentent sous la forme de fiches techniques, précisant les protocoles mis en œuvre, de fiches descriptives pour les lieux de surveillance, de bulletins, visant à communiquer annuellement les résultats sous une forme graphique facile à lire, de rapports d'études pour la cartographie sectorielle et de données (stockées sous une forme intermédiaire en attendant la saisie directe dans la base Quadrige², aujourd'hui opérationnelle). Les premiers bulletins établis sur la région Bretagne (édition 2005) ont été présentés dans le cadre des journées Rebent 2006. Cette nouvelle édition complète dans l'espace et dans le temps les séries temporelles déjà entamées et permet de mieux appréhender la variabilité à l'échelle régionale.

Pour plus d'information, vous retrouvez sur le site du réseau Rebent (<http://www.rebent.org/>), l'ensemble des documents mis en forme. Ces informations peuvent être librement téléchargées et utilisées, sous réserve de citation.

Touria Bajjouk
Coordination Rebent-Bretagne

SOMMAIRE

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS	1
2	MATERIEL ET METHODE	2
2.1	TRAITEMENT DES SCENES SPOT.....	2
2.1.1	<i>Calcul du VCI sur la scène du secteur de Groix (Lorient-Groix + Groix large + Baie et Rivière d'Étel + Belle-Île + Baie de Quiberon + Golfe du Morbihan) du 16 juin 2010</i>	<i>2</i>
2.1.2	<i>Calcul du VCI sur la scène du secteur de Concarneau (Concarneau large + Baie de Concarneau + Rivière de Pont-l'Abbé) du 16 juin 2010.....</i>	<i>5</i>
2.1.3	<i>Différentiels d'évolution de la couverture en fucales entre les images SPOT du 16 juin 2010, et les images d'archives</i>	<i>9</i>
2.1.4	<i>Réalisation de vérités terrain sur les deux scènes SPOT du 16 juin 2010 (Concarneau et Groix)</i>	<i>9</i>
3	RESULTATS	10
3.1	TRAITEMENT DES IMAGES SPOT	10
3.1.1	<i>Valeurs du VCI sur la scène du secteur de Groix (Lorient-Groix + Groix large + Baie et Rivière d'Étel + Belle-Île + Baie de Quiberon + Golfe du Morbihan) du 16 juin 2010</i>	<i>10</i>
3.1.2	<i>Valeurs du VCI sur la scène du secteur de Concarneau (Concarneau large + Baie de Concarneau + Rivière de Pont-l'Abbé) du 16 juin 2010.....</i>	<i>10</i>
3.2	VALIDATION DES VCI A PARTIR DE POINTS DE VERITE TERRAIN SUR LES DEUX SCENES SPOT DU 16 JUIN 2010.....	11
3.2.1	<i>Validation du VCI de la scène « Groix » du 16 juin 2010</i>	<i>11</i>
3.2.2	<i>Validation du VCI de la scène « Concarneau » du 16 juin 2010.....</i>	<i>12</i>
3.3	PRODUCTION DE DIFFERENTIELS D'EVOLUTION DE LA COUVERTURE EN FUCALES ENTRE LES IMAGES SPOT DE 2010 ET LES IMAGES D'ARCHIVES DE 2007	13
3.3.1	<i>Différentiel d'évolution de la couverture en fucales entre les images SPOT de 2010 et de 2007 sur les masses d'eau DCE «Lorient-Groix + Groix large + Baie et Rivière d'Étel + Belle-Île + Baie de Quiberon + Golfe du Morbihan »</i>	<i>13</i>
3.3.2	<i>Différentiel d'évolution de la couverture en fucales entre les images SPOT de 2010 et de 2007 sur les masses d'eau DCE «Concarneau large + Baie de Concarneau + Rivière de Pont-l'Abbé»</i>	<i>14</i>
3.4	EVOLUTION TEMPORELLE DU RECOUVREMENT DES FUCALES PAR MASSE D'EAU.....	14
4	CONCLUSION	17

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

La couverture totale en fucales (*Fucus* + *Ascophyllum*) a été retenue dans le cadre de REBENT comme indicateur de l'état de santé des grandes algues à une échelle zonale du linéaire côtier breton. Ces algues typiques des zones rocheuses constituent un compartiment potentiellement réactif aux évolutions de qualité des eaux côtières et peuvent être de ce fait utilisées comme indicatrices d'évolution.

La cartographie de la couverture en fucales par l'exploitation systématique de clichés SPOT a permis, depuis le lancement du programme Rebent, de couvrir la quasi-totalité de la zone d'estran du littoral Breton précisément du Croisic à Paimpol-Bréhat. La contrainte marégraphique impose ensuite l'utilisation de capteurs hyperspectraux pour couvrir le reste de la zone localisée à l'est de la baie de St Brieuc (sectoriel de la Rance-Fresnaye).

La production de différentiels d'évolution de la couverture en fucales par comparaison avec des images SPOT d'archives a montré des résultats intéressants s'agissant notamment de la régression historique nette de la couverture en fucales sur la zone intertidale s'étendant de Quiberon au Croisic de même que sur celle du Trégor. Néanmoins le phénomène semblerait réversible sur certaines masses d'eau, en particulier sur la période 2004-2007, et il convient maintenant de confirmer cette évolution.

Le Ceva a proposé au titre de l'année 2010 de poursuivre cette action de suivi cartographique au moyen d'images SPOT tout en complétant le bilan commenté d'évolution des ceintures par secteur côtier (continuation du bilan cartographique et quantitatif de la couverture algale et de son taux de changement par masse d'eau côtière DCE du littoral Breton et dans les aires de référence définies dans le cadre du Rebent 2009) :

- Exploitation de deux nouveaux clichés satellitaires (Finistère sud et Groix) pour un suivi quantitatif de l'extension et du pourcentage de recouvrement de la ceinture algale intertidale dominée par les Fucales et production des différentiels d'évolution de la couverture en fucales en fonction des images traitées et des images d'archive disponibles,
- Campagnes de vérités terrains permettant de valider les pourcentages de recouvrement des Fucales estimés sur les deux images SPOT, de séparer ces dernières de développements éventuels d'algues vertes (ou autres opportuniste) fixées sur substrats naturels comme en épiphytes, de préciser le statut des espèces de substitution dans les secteurs de retrait des ceintures de Fucales.

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 Traitement des scènes SPOT

La chaîne de traitement employée dans cette étude est celle décrite en 2006 dans le cadre du **rapport Rebent 2006** (Mouquet et al., 2006). Elle est basée sur la chaîne de traitement classique (décrite dans la fiche technique FT 08-2003-01 disponible sur le site Internet du Rebent <http://www.rebent.org/>), mais modifiée pour être directement appliquée à l'image SPOT brute en comptes numériques (CN), et non à une image passée en réflectance. Cette procédure de traitement, n'affectant pas les valeurs du VCI ni leur précision, permet de s'affranchir des campagnes de radiométrie et permet ainsi un gain de temps considérable (acquisitions de points de terrain réduite, étapes de traitement allégées). En outre, en maximisant le nombre de points de référence pris sur l'image, cette méthode permet d'améliorer de manière significative les paramètres de calcul du VCI.

2.1.1 Calcul du VCI sur la scène du secteur de Groix (Lorient-Groix + Groix large + Baie et Rivière d'Étel + Belle-Île + Baie de Quiberon + Golfe du Morbihan) du 16 juin 2010

Description de l'image

La zone couverte par l'image SPOT s'étend de la rade de Lorient au golfe du Morbihan et couvre l'île de Groix, Belle-Île, l'île de Houat et la presqu'île de Quiberon. L'acquisition a été faite en mode programmation le 16 juin 2010 à 11:22:22 TU, à une résolution de 10m. La Figure 1 ci-dessous détaille l'emprise de l'image.



Figure 1 : Image SPOT 5 du 16 juin 2010 sur le Morbihan (1-Rade de Lorient ; 2-Ria d'Étel ; 3-Quiberon ; 4-Belle-Île ; 5-Vannes ; 6-Port Navalo)

Le niveau moyen des hauteurs d'eau au moment de l'acquisition de l'image est d'environ **1,63 m** (coefficient de marée de **85**). Cette valeur est supérieure à la hauteur de la limite basse de la ceinture de fucales (1,11 m) mesurée au DGPS au niveau de Locmariaquer (0,71 m) et de la pointe de Gâvres (1,51 m) (Figure 2). La limite de l'eau sur l'image sera donc retenue comme limite pour le bas de la ceinture de fucales, sans masquage supplémentaire.

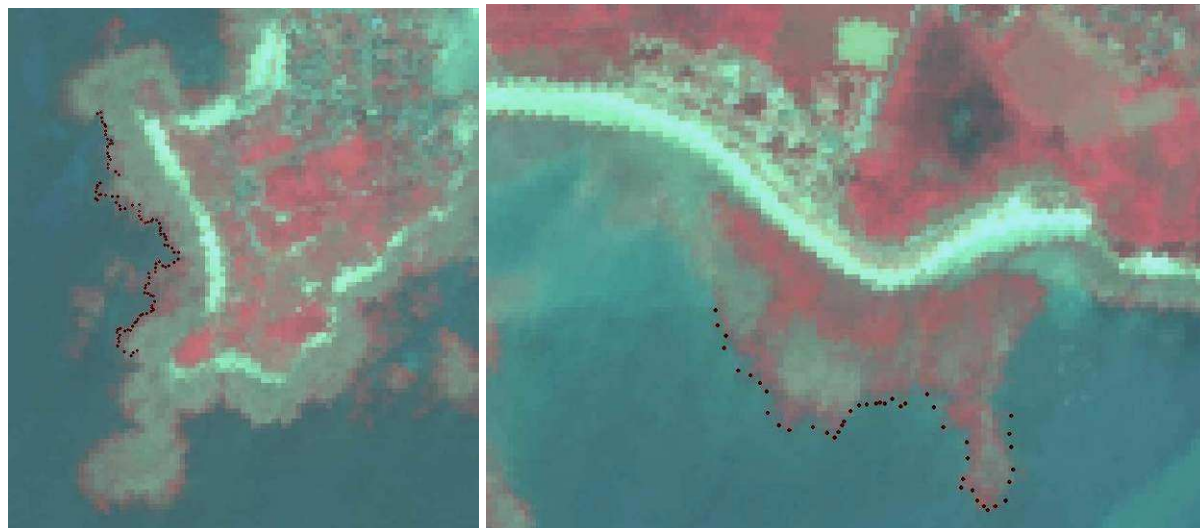


Figure 2 : Délimitation au DGPS de la ceinture basse des fucales sur les secteurs de Gâvres (à gauche) et Locmariaquer (à droite) (pointillés)

Sur cette partie du linéaire côtier, la hauteur d'eau à une heure donnée varie beaucoup du fait du découpage de la côte (Iles, Rades, Ria, Golfes). De ce fait, d'importantes différences entre les hauteurs des limites basses de fucales sont mesurées. Elles peuvent être accentuées par des particularités locales (régressions ponctuelles par exemple), ce qui rend difficile l'estimation de la hauteur réelle de cette limite.

Le Tableau 1 ci-dessous fournit les hauteurs d'eau en différentes localisations de l'image.

Tableau 1 : Hauteurs d'eau en différents points de l'image SPOT du 16 juin 2010 à 11 h 22 min TU (marée de coefficient 85)

Id	Localisation	Hauteur d'eau (m)	Heure de basse mer (TU)
1	Lorient	1,52	12 :30
2	Etel	2,15	13 :13
3	Quiberon	1,40	12 :34
4	Belle-Île	1,32	12 :26
5	Vannes	1,88	14 :38
6	Port Navalo	1,48	12 :42

Traitement de l'image

Pour ce traitement, 17576 pixels « minéraux » ont été sélectionnés sur la scène : 5024 points *sable*, 4047 points *vase*, 1086 points *roche*, et 7282 points *eau*. Pour calculer le pixel *Algue pure*, les valeurs de 137 pixels ont été utilisées.

Comme pour les traitements réalisés les années précédentes, le calcul du VCI est réalisé directement à partir de l'image brute en CN, sans application des gains de calibration absolus SPOT pour le passage en luminance, ni passage en réflectance à partir de données terrain.

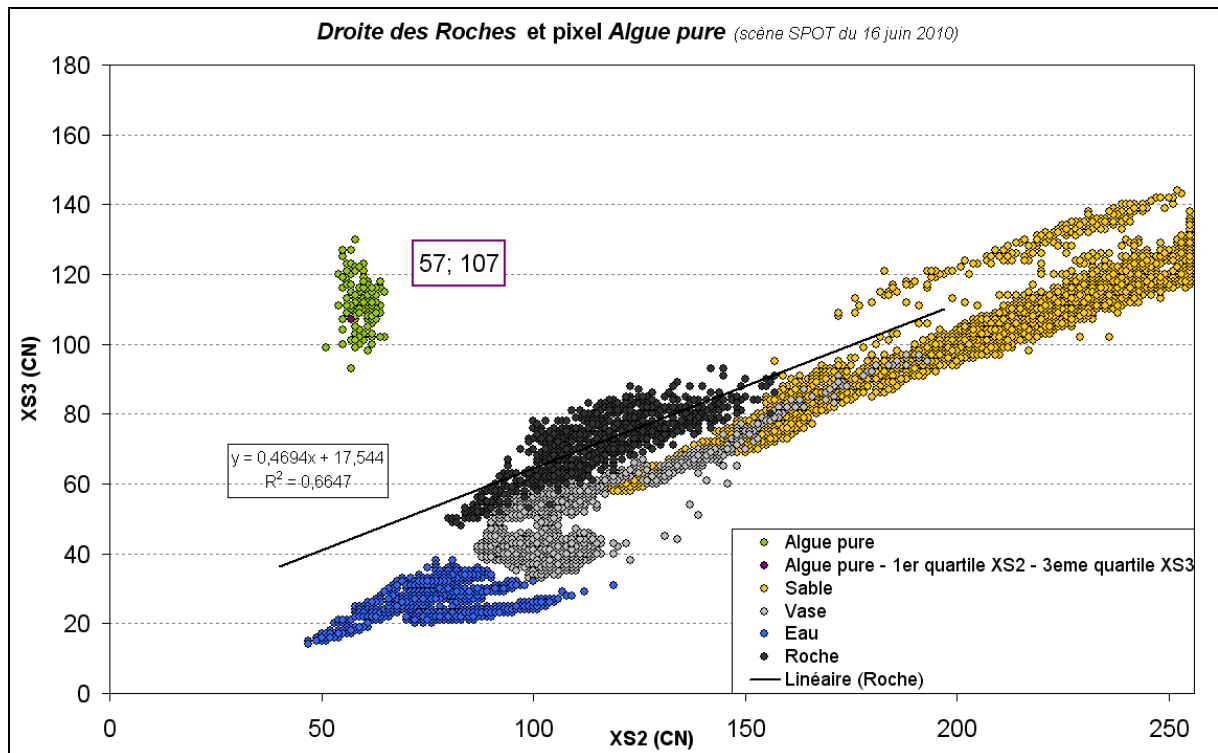


Figure 3 : Calcul de l'équation de la droite des roches. Graphique de répartition des points de référence sélectionnés par photo-interprétation sur l'image SPOT du 16 juin 2010. En abscisse, le canal rouge XS2, en ordonnée le canal proche infrarouge XS3. Les couleurs des points représentent un type de substrat (eau en bleu, roche en noir, vase en gris, sable en jaune et algues en vert)

Détail des paramètres utilisés pour le calcul du VCI :

- *Pixel algue pure*. Pour le calcul du VCI, un pixel représentatif d'une couverture en fucales à 100 % doit être déterminé. Ce pixel sert de référence pour le calcul. Il a été décidé de prendre le pixel algue pure au premier quartile sur le canal XS2 et troisième quartile sur le canal XS3 de l'ensemble des pixels algues purs repérés sur l'image (point violet Figure 3 ci-dessus). Les valeurs retenues pour le pixel algue pure sont : $XS2_{AP} = 57$ et $XS3_{AP} = 107$ (en CN).
- *Droite des roches*. L'équation de la droite des roches est calculée à partir de la réflectance dans le canal rouge et proche infrarouge de points minéraux pris en CN sur l'image (Figure 3 ci-dessus). Pour les points sableux les plus réfléchants, une légère saturation des valeurs dans le canal XS2 (rouge) est observée, positionnant ces points au dessus de la droite des roches. Ces points ne doivent pas être pris en compte dans les calculs et un seuillage a été appliqué sur ce canal. La valeur retenue pour le seuillage est $XS2 = 170$, et au dessus le VCI est arbitrairement ramené à 0 (minéral pur).
Les pixels *roche* de cette image ne se trouvent pas alignés avec la droite minérale formée par les points *sable*, *vase* et *eau*, et l'équation de la *droite des roches*, a été établie en ne prenant en compte que les pixels rocheux. La *droite des roches* ainsi définie est parallèle à la première, mais au dessus : la quasi-totalité des points

sable, vase et *eau* auront un VCI négatif. On évite ainsi une fausse surévaluation du VCI sur les roches nues et dans les faibles taux de couvertures en fucales. Une explication à cette réponse originale des roches dans ce secteur a été exposée précédemment dans le rapport de surveillance DCE des macroalgues de 2008 : des bancs de moules et de balanes incrustantes, nombreux dans ce secteur de Bretagne sud, sont responsables d'une augmentation de la réflectance des roches nues dans le proche infrarouge et donc du décalage vers le haut des points rocheux qui se rapprochent ainsi d'une réponse végétale. Les coefficients de la droite des roches finalement retenus sont : **a= 0,4694** et **b= 17,544**.

- *Seuil sur les canaux XS3 et XS4.* La réflectance de l'eau dans le proche infrarouge étant très faible, le seuillage dans ces canaux permet de masquer l'image et ainsi de séparer la classe *eau* des autres substrats. Les valeurs retenues sont **XS3s = 43** et **XS4s = 37**. Les pixels en dessous de l'une de ces 2 valeurs seuils sont arbitrairement classés en *eau* (code 150).

Les paramètres pour le calcul du VCI sont synthétisés dans les tableaux suivants :

Tableau 2 : Coefficients de la droite des roches : $XS3 = a.XS2 + b$, avec (XS2, XS3) les valeurs des comptes numériques des pixels minéraux dans le canal rouge et proche infrarouge, *a* la pente, *b* l'ordonnée à l'origine et R^2 le coefficient de corrélation

	a	b	R ²
Droite des roches	0,4694	17,544	0,6647

Tableau 3 : Valeurs en comptes numériques du pixel Algue pure dans le canal rouge et proche infrarouge. Ces valeurs sont les 3^{èmes} quartiles de toutes les valeurs algales

	XS2	XS3
Pixel <i>Algue pure</i>	57	107

Les traitements informatiques ayant trait aux images satellites SPOT ont été effectués à partir du logiciel de traitement d'images ENVI 4.5 + IDL. La mise en forme de l'ensemble des cartes finales produites dans le présent rapport a été réalisée sous le logiciel SIG Arcgis 9.2.

2.1.2 Calcul du VCI sur la scène du secteur de Concarneau (Concarneau large + Baie de Concarneau + Rivière de Pont-l'Abbé) du 16 juin 2010

Description de l'image

La zone couverte par l'image SPOT s'étend de la Pointe de Penmar'h à Moëllan-sur-Mer, englobant l'archipel des Glénan. La scène a été acquise en mode programmation le 16 juin 2010 à 11:22:16 TU, à une résolution de 10 m. La Figure 4 ci-dessous détaille l'emprise de l'image.

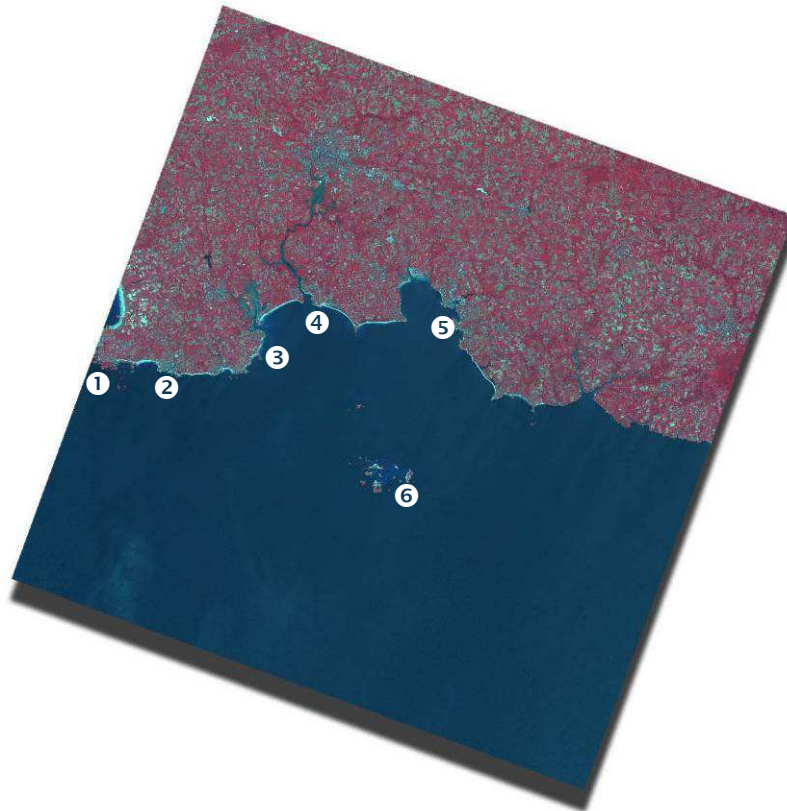


Figure 4 : Image SPOT 5 du 16 juin 2010 sur Concarneau (1-Penmarc'h ; 2-Le Guilvinec ; 3-Loctudy ; 4-Bénodet ; 5-Concarneau ; 6-Iles des Glénan)

Le niveau moyen des hauteurs d'eau au moment de l'acquisition de l'image est d'environ **1,33 m** (coefficient de marée de **85**). Le Tableau 4 fournit les hauteurs d'eau en différents points de l'image. Cette valeur est très proche de la moyenne des valeurs altimétriques de la limite basse de la ceinture des fucales (1,35 m) mesurée au DGPS en 2005 au niveau de Concarneau – Pendruc (1,28m) et de Moëllan-sur-Mer (1,41), comme le montre la Figure 5.

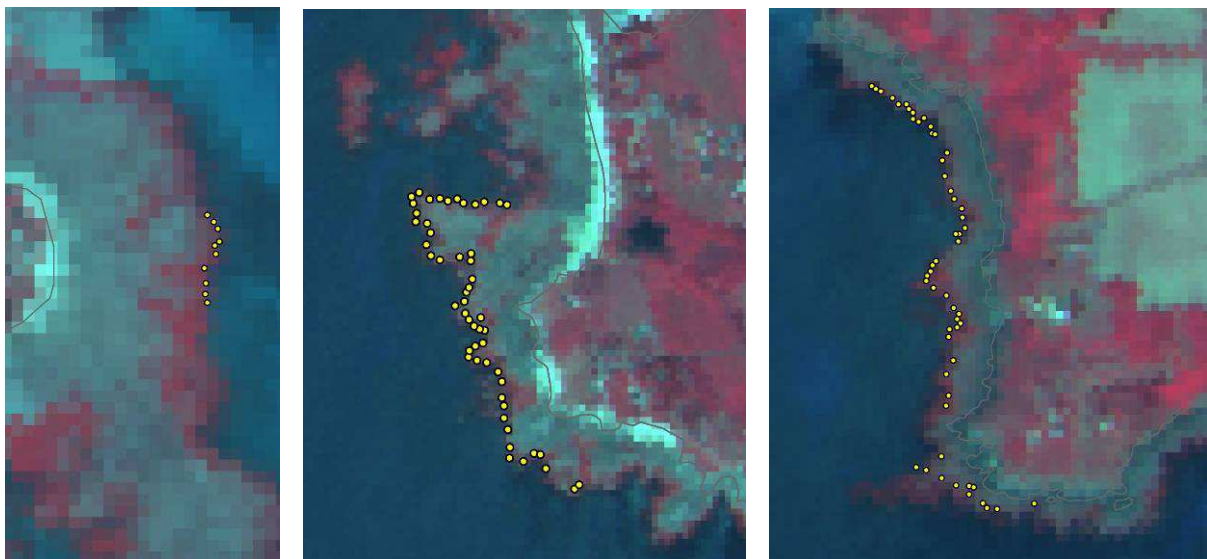


Figure 5 : Délimitation au DGPS de la limite basse des fucales sur les secteurs de Loctudy (à gauche), Pointe de la Jument- Pendruc (au centre), et Moëllan-sur-Mer (à droite)

La limite de l'eau de cette image sera donc retenue comme limite pour le bas de la ceinture de fucales, et sera utilisée comme masque pour éliminer au maximum la contribution éventuelle des laminaires et des algues rouges situées sur les bas niveaux de l'estran.

Le Tableau 4 ci-dessous résume les hauteurs d'eau en différentes localisations de l'image :

Tableau 4 : Hauteurs d'eau en différents points de l'image SPOT du 16 juin 2010 à 11 h 22 min TU (marée de coefficient 85)

Id	Localisation	Hauteur d'eau (m)	Heure de basse mer (TU)
1	Penmarc'h	1,28	12 :24
2	Le Guilvinec	1,38	12 :26
3	Loctudy	1,25	12 :23
4	Bénodet	1,41	12 :30
5	Concarneau	1,31	12 :23
6	Iles des Glénan	1,32	12 :28

Traitement de l'image

Pour ce traitement, 16731 pixels « minéraux » ont été sélectionnés sur la scène : 4323 points *sable*, 3838 points *vase*, 1013 points *roche* et 7557 points *eau*. Pour calculer le pixel *Algue pure*, les valeurs de 214 pixels ont été utilisées.

Comme pour la scène de Groix, le calcul du VCI est réalisé directement à partir de l'image brute en CN, sans application des gains de calibration absolus SPOT pour le passage en luminance, ni passage en réflectance à partir de données terrain.

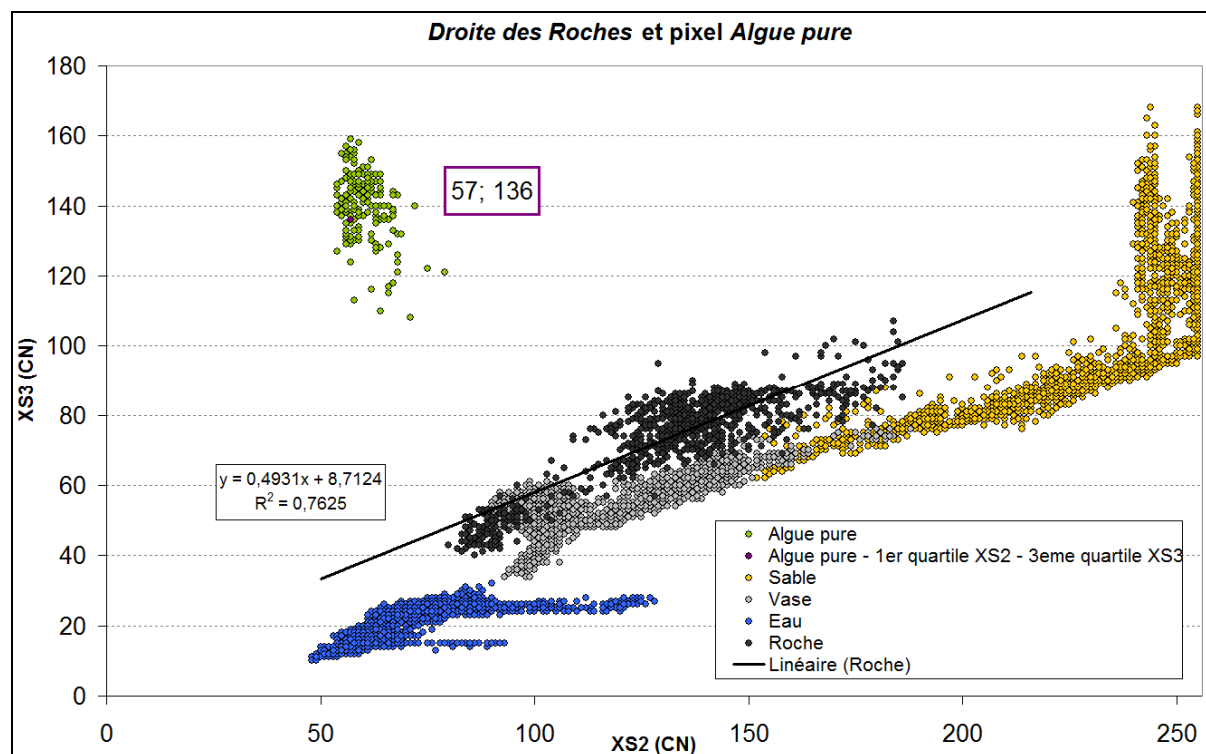


Figure 6 : Calcul de l'équation de la droite des roches. Graphique de répartition des points de référence sélectionnés par photo-interprétation sur l'image SPOT du 16 juin 2010. En abscisse, le canal rouge XS2, en ordonnée le canal proche infrarouge XS3. Les couleurs des points représentent un type de substrat (*eau* en bleu, *roche* en noir, *vase* en gris, *sable* en jaune et *algues* en vert)

Détail des paramètres utilisés pour le calcul du VCI :

- *Pixel algue pure*. Pour le calcul du VCI, les valeurs retenues pour le pixel *algue pure* représentatif d'un pourcentage de couverture en fucales égal à 100% sont : **XS2_{AP} = 57** et **XS3_{AP} = 136** (en CN).
- *Droite des roches*. L'équation de la droite des roches est calculée à partir de la réflectance dans le canal rouge et proche infrarouge de points minéraux pris en CN sur l'image (Figure 6 ci-dessus). Pour les points sableux, les plus réfléchants entraînant une saturation des valeurs dans le canal XS2 (rouge), le seuillage appliquée est **XS2 = 220** : au dessus le VCI est ramené à 0 (minéral pur). Les pixels *roche* de cette image se trouvent alignés légèrement au dessus de la droite minérale formée par les points *sable*, *vase* et *eau*. L'équation de la *droite des roches* a donc été établie en ne prenant en compte que les pixels rocheux : la quasi-totalité des points *sable*, *vase* et *eau* auront un VCI négatif ce qui permet d'éviter une surévaluation du VCI sur les roches nues et dans les faibles taux de couvertures en fucales. Les coefficients de la droite des roches finalement retenus sont : **a = 0,4931** et **b = 8,7124**.
- *Seuil sur les canaux XS3 et XS4*. La réflectance de l'eau dans le proche infrarouge étant très faible, le seuillage dans ces canaux permet de masquer l'image et ainsi de séparer la classe *eau* des autres substrats. Les valeurs retenues sont **XS3_s = 46** et **XS4_s = 36**. Les pixels en dessous de l'une de ces 2 valeurs seuils sont classés en *eau* (code 150). L'utilisation d'un seuillage sur le canal XS4 permet de masquer les grandes algues brunes flottantes telles que sargasses et himanthales affleurant à la surface de l'eau à basse mer et qui auraient contribué de façon erroné au VCI.

Les paramètres pour le calcul du VCI sont synthétisés dans les tableaux suivants :

Tableau 5 : Coefficients de la droite des roches : $XS3 = a.XS2 + b$, avec (XS2, XS3) les valeurs des comptes numériques des pixels minéraux dans le canal rouge et proche infrarouge, a la pente, b l'ordonnée à l'origine et R^2 le coefficient de corrélation

	a	b	R ²
Droite des roches	0,4931	8,7124	0,7625

Tableau 6 : Valeurs en comptes numériques du pixel Algue pure dans le canal rouge et proche infrarouge. Ces valeurs sont les 3ièmes quartiles de toutes les valeurs algales (côte et îlots)

	XS2	XS3
Pixel <i>Algue pure</i>	57	136

Les traitements informatiques ayant trait aux images satellites SPOT ont été effectués à partir du logiciel de traitement d'images ENVI 4.5 + IDL. La mise en forme de l'ensemble des cartes finales produites dans le présent rapport a été réalisée sous le logiciel SIG Arcgis 9.2.

2.1.3 Différentiels d'évolution de la couverture en fucales entre les images SPOT du 16 juin 2010, et les images d'archives

Des différentiels d'évolution de la couverture en fucales ont été générés par croisement des images de 2010 traitées dans le cadre de ce rapport avec les images d'archives suivantes :

- image du 4 mai 2007, traitée en 2007, pour la zone de Concarneau (résolution 10 m).
- image du 4 mai 2007, traitée en 2008, pour la zone de Groix (résolution 10 m).

Les cartes finales des taux d'évolution de la couverture en fucales, générées à partir de la différence entre les valeurs de VCI de chaque image, sont élaborées uniquement sur les parties communes aux deux images. Un *masque mer commun* est créé par superposition des masques mer de chaque image, ce qui permet de conserver le niveau d'eau le plus haut commun aux deux images. Ainsi une différence de hauteur d'eau entre les images utilisées pour effectuer le différentiel n'a pas d'influence sur les résultats.

2.1.4 Réalisation de vérités terrain sur les deux scènes SPOT du 16 juin 2010 (Concarneau et Groix)

Les mesures de terrain (identification des espèces, taux de couverture) sont utilisées pour faciliter le repérage de cibles pures sur l'image satellite lors de l'établissement des équations de calcul du VCI, ainsi que pour la validation des taux de couverture.

Ces mesures ont été réalisées selon le protocole de terrain mis en place en 2007. Les taux de couverture en fucales sont évalués visuellement à l'échelle du pixel SPOT par un opérateur de terrain confirmé. Cette méthode, très rapide à mettre en œuvre, permet d'acquérir de nombreuses données de terrain et d'obtenir ainsi une meilleure statistique pour les validations.

Des campagnes de validation terrain ont été réalisées du 22 au 24 septembre 2010 dans le sud Bretagne (Finistère et Morbihan). Elles ont permis de recueillir 224 waypoints GPS (178 points de couverture en fucales, et 46 points délimitant la ceinture basse des fucales). La localisation des waypoints est présentée en Annexe 3.

3 RESULTATS

3.1 Traitement des images SPOT

3.1.1 Valeurs du VCI sur la scène du secteur de Groix (Lorient-Groix + Groix large + Baie et Rivière d'Étel + Belle-Île + Baie de Quiberon + Golfe du Morbihan) du 16 juin 2010

Les cartes finales exprimant le taux de couverture en fucales pour l'image SPOT du 16 juin 2010 « *Lorient-Groix + Groix large + Baie et Rivière d'Étel + Belle-Île + Baie de Quiberon + Golfe du Morbihan* » sont reportées en Annexe 1.

Sur les cartes, le VCI est représenté sous forme de 9 classes de couleurs qui mettent en évidence les plus faibles et fortes densités :

- 0 - 1 % Estran nu (roches de haut d'estran, sable)
- 1 - 12,5 % Très faible couverture algale (peu significative)
- 12,5 - 25 % Faible couverture algale
- 25 - 37,5 % Faible couverture algale
- 37,5 - 50 % Couverture algale moyenne
- 50 - 62,5 % Couverture algale moyenne
- 62,5 - 75 % Forte couverture algale
- 75 - 87,5 % Forte couverture algale
- 87,5 - 100 % Forte couverture algale (la quasi-totalité du substrat est couvert).

3.1.2 Valeurs du VCI sur la scène du secteur de Concarneau (Concarneau large + Baie de Concarneau + Rivière de Pont-l'Abbé) du 16 juin 2010

Les cartes finales exprimant le taux de couverture en fucales pour l'image SPOT du 16 juin 2010 « *Concarneau large + Baie de Concarneau + Rivière de Pont-l'Abbé* » sont reportées en Annexe 2.

Sur les cartes, le VCI est représenté sous forme de 9 classes de couleurs qui mettent en évidence les plus faibles et fortes densités :

- 0 - 1 % Estran nu (roches de haut d'estran, sable)
- 1 - 12,5 % Très faible couverture algale (peu significative)
- 12,5 - 25 % Faible couverture algale
- 25 - 37,5 % Faible couverture algale
- 37,5 - 50 % Couverture algale moyenne
- 50 - 62,5 % Couverture algale moyenne
- 62,5 - 75 % Forte couverture algale
- 75 - 87,5 % Forte couverture algale
- 87,5 - 100 % Forte couverture algale (la quasi-totalité du substrat est couvert).

3.2 Validation des VCI à partir de points de vérité terrain sur les deux scènes SPOT du 16 juin 2010

Les cartes de localisation des points de mesure des taux de couverture terrain acquis du 22 au 24 septembre 2010, utilisés pour les traitements et les validations, sont présentées en Annexe 3. Un total de 178 points terrain de vérification de taux de couverture en fucales ont été acquis sur les deux images SPOT de Bretagne sud.

3.2.1 Validation du VCI de la scène « Groix » du 16 juin 2010

Pour cette scène, 86 relevés terrain (répartis en 6 secteurs) de mesures de taux de couverture en fucales ont été exploités (3 relevés situés en dessous du niveau d'eau de la scène ont été exclus). Les points et la droite de corrélation sont visualisables sur la figure ci-dessous.

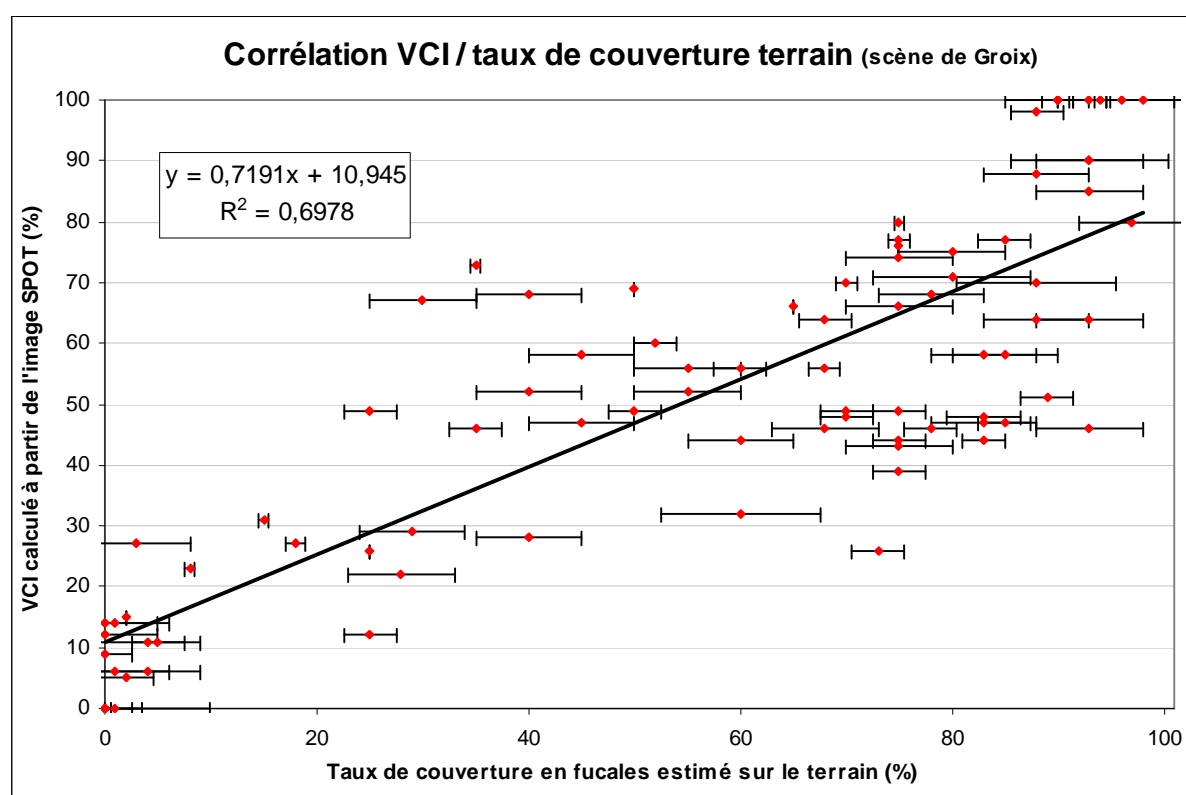


Figure 7 : Corrélation entre les taux de couverture relevés sur le terrain et le VCI calculé sur l'image SPOT du 16 juin 2010

Le coefficient de détermination (R^2) de la droite de régression est relativement élevé (0,70), synonyme d'une dispersion plutôt faible des points autour de la droite de régression, et donc d'une bonne corrélation entre les observations terrain et les valeurs obtenues par la chaîne de traitement. Cette faible dispersion valide donc le traitement de la scène, l'écart observé résultant en partie des différentes échelles et résolutions d'observation (pixel SPOT de 10 m), des erreurs dues au calage (image SPOT, précision du GPS) sur un terrain où les données mesurées sont spatialement et temporellement (degrés d'hydratation des algues) très variables. De plus, une amélioration de cette corrélation pourrait être obtenue en corrigeant par photo-interprétation les points de terrain, et en filtrant ainsi les points mal positionnés, ou correspondant à des zones d'observation trop hétérogènes.

Il ressort finalement que les faibles taux de couverture terrain sont légèrement surestimés (à cause de la végétation recouvrant les moulières et les balanes) et que les forts taux de couverture sont un peu sous-estimés, sans doute à cause des flaques d'eau présentes sur l'estran qui abaissent la valeur du VCI.

3.2.2 Validation du VCI de la scène « Concarneau » du 16 juin 2010

Pour cette scène, 85 relevés terrain (répartis en 7 secteurs) de mesures de taux de couverture en fucales ont été exploités. Les valeurs de couverture en fucales correspondant pour chaque point aux observations sur le terrain et aux résultats du traitement SPOT sont visualisables sur la Figure 8 ci-dessous.

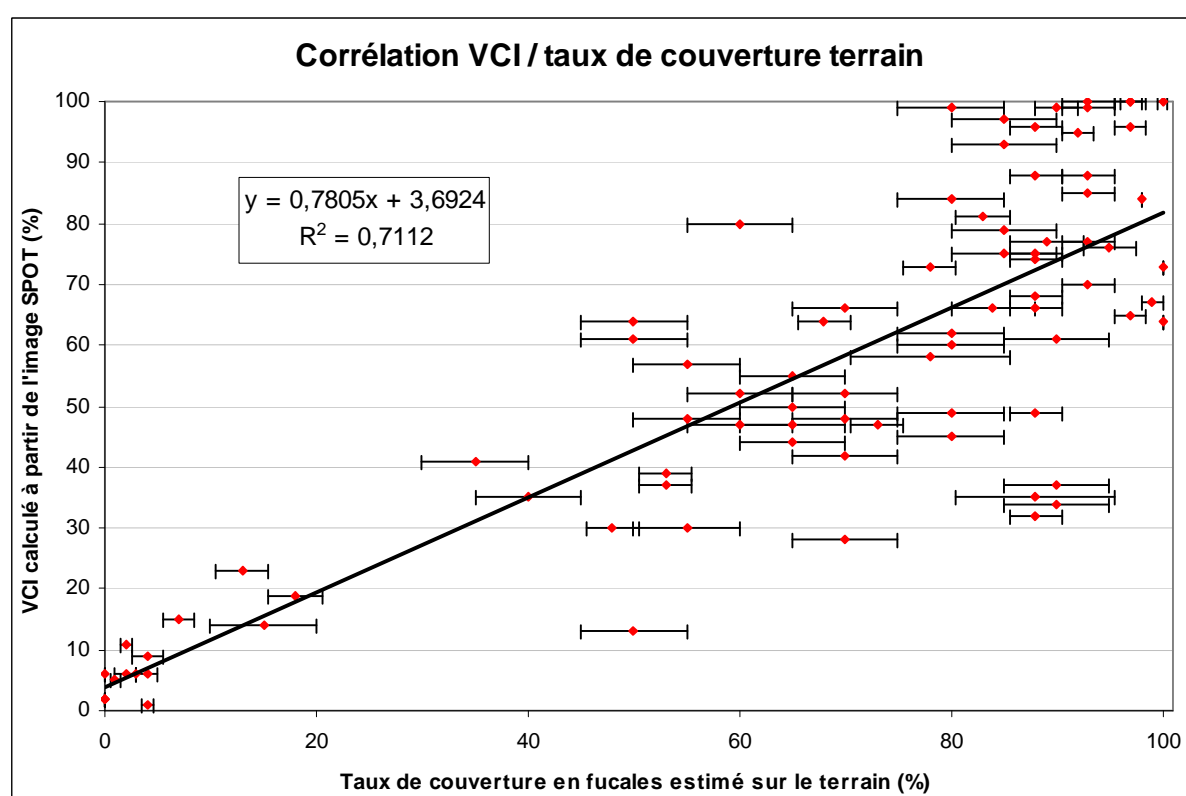


Figure 8 : Corrélation entre les taux de couverture relevés sur le terrain et le VCI calculé sur l'image SPOT du 16 juin 2010

Comme pour la scène de Groix, le coefficient de détermination (R^2) de la droite de régression est assez élevé (supérieur à 0,71), synonyme d'une relative faible dispersion des points autour de la droite de régression. La corrélation entre les relevés effectués sur le terrain et les valeurs de VCI de la scène valide donc le traitement. Cependant, les faibles taux de couverture sont bien corrélés, tandis que les fortes couvertures en fucales sont plutôt sous-estimées. Un travail de filtration des points terrain permettrait probablement d'augmenter encore davantage cette corrélation en réajustant la position de certains points par photo-interprétation.

3.3 Production de différentiels d'évolution de la couverture en fucales entre les images SPOT de 2010 et les images d'archives de 2007

3.3.1 Différentiel d'évolution de la couverture en fucales entre les images SPOT de 2010 et de 2007 sur les masses d'eau DCE «Lorient-Groix + Groix large + Baie et Rivière d'Étel + Belle-Île + Baie de Quiberon + Golfe du Morbihan »

En comparant la partie d'estran commune aux deux images (tous les pixels terre, mer, schorre présents sur l'une ou l'autre des images sont exclus simultanément de chaque image), une régression globale de la couverture en fucales est mise en évidence avec une diminution de **29,4 ha** en équivalent 100% entre mai 2007 (188,67) et juin 2010 (159,23). Cette régression affecte principalement les zones de faibles densités en fucales car les surfaces mesurées en 2007 (29,74 ha) et 2010 (29,51 ha) s'avèrent comparables si l'on ne tient compte que des taux de couvertures en fucales supérieurs à 70%.

La plus forte variation est localisée sur la masse d'eau « Golfe du Morbihan Large » avec 13,7 ha de régression. Le seul secteur géographique d'augmentation, qui peut être en fait qualifié de stable, concerne la masse d'eau « Laita-Pouldu » qui gagne 1 ha. Le Tableau 7 synthétise les variations pour les différentes masses d'eau considérées.

Tableau 7 : Evolution des surfaces couvertes (en ha et en %) par les fucales entre les images SPOT du 4 mai 2007 et du 16 juin 2010 sur la partie commune aux deux scènes SPOT. Les cellules grisées indiquent que la masse d'eau concernée n'est pas couverte dans son intégralité par le cliché SPOT permettant d'effectuer le différentiel.

Nom Masse d'eau DCE	Evolution de la surface couverte (ha)		Evolution de la surface couverte (%)	
	sur l'ensemble des taux de couverture	uniquement sur les taux de couverture > 70 %	sur l'ensemble des taux de couverture	uniquement sur les taux de couverture > 70 %
Laita-Pouldu	1.0	0.4	1	1
Lorient-Groix	-4.7	0.1	-2	0
Groix large	-3.2	0.2	-2	1
Baied'Étel	-0.6	0.9	0	3
Belle-Ile	-3.9	0.5	-2	2
Baie de Quiberon	-3.4	0.8	-2	3
Riviere de Crac'h	-0.7	0.0	0	0
Golfe du Morbihan large	-13.7	-3.1	-7	-10
BaiedeVilainelarge	-0.2	-0.1	0	0
TOTAL	-29.4	-0.2		

Les cartes finales de l'évolution de la couverture en fucales sont présentées en Annexe 4.

3.3.2 Différentiel d'évolution de la couverture en fucales entre les images SPOT de 2010 et de 2007 sur les masses d'eau DCE «Concarneau large + Baie de Concarneau + Rivière de Pont-l'Abbé»

La comparaison de la zone d'estran commune aux deux scènes montre une augmentation globale légère de la couverture en fucales de **6,1 ha** en équivalent 100% entre mai 2007 (232,45) et juin 2010 (238,53 ha). Cette augmentation est plus marquée sur les taux de couvertures supérieurs à 70 % (13,5 ha). Les plus fortes augmentations de couvertures sont localisées sur les masses d'eau «Concarneau large» et «Baie de Concarneau » avec + 5,5 ha cumulés. Le Tableau 8 synthétise les variations pour les différentes masses d'eau considérées.

Tableau 8 : Evolution des surfaces couvertes (en ha et en %) par les fucales entre les images SPOT du 4 mai 2007 et du 16 juin 2010 sur la partie commune aux deux scènes SPOT. Les cellules grisées indiquent que la masse d'eau concernée n'est pas couverte dans son intégralité par les clichés SPOT permettant d'effectuer le différentiel.

Nom Masse d'eau DCE	Evolution de la surface couverte (ha équivalent 100 %)		Evolution de la surface couverte (%)	
	sur l'ensemble des taux de couverture	uniquement sur les taux de couverture > 70 %	sur l'ensemble des taux de couverture	uniquement sur les taux de couverture > 70 %
Baie d'Audierne	0.9	0.7	0	1
Concarneau large	3.1	11.2	1	11
Baie de Concarneau	2.7	1.1	1	1
Rivière de Pont-l'Abbe	-0.5	0.5	0	1
TOTAL	6.1	13.5		

Les cartes finales de l'évolution de la couverture en fucales sont présentées en Annexe 5.

3.4 Evolution temporelle du recouvrement des fucales par masse d'eau

Dans le cadre du projet REBENT 2009, une ré-exploitation des images SPOT traitées entre 2003 et 2009 a été conduite afin de mettre en évidence l'évolution temporelle de la couverture en fucales par masses d'eau. Ce travail de redécoupage des images SPOT et d'évaluation du stock en fucales par masses d'eau a été poursuivi sur les images SPOT acquises en 2010 permettant ainsi d'incrémenter la série temporelle initiée l'année dernière. Seules les masses d'eau considérées comme pertinentes de par la surface rocheuse potentiellement colonisable par les fucales et de par la résolution spatiale des images SPOT sont présentées. Ainsi, les clichés SPOT acquis en 2010 permettent l'ajout de données sur les masses d'eau FRGC28, FRGC34 et FRGC38 (Figure 9).

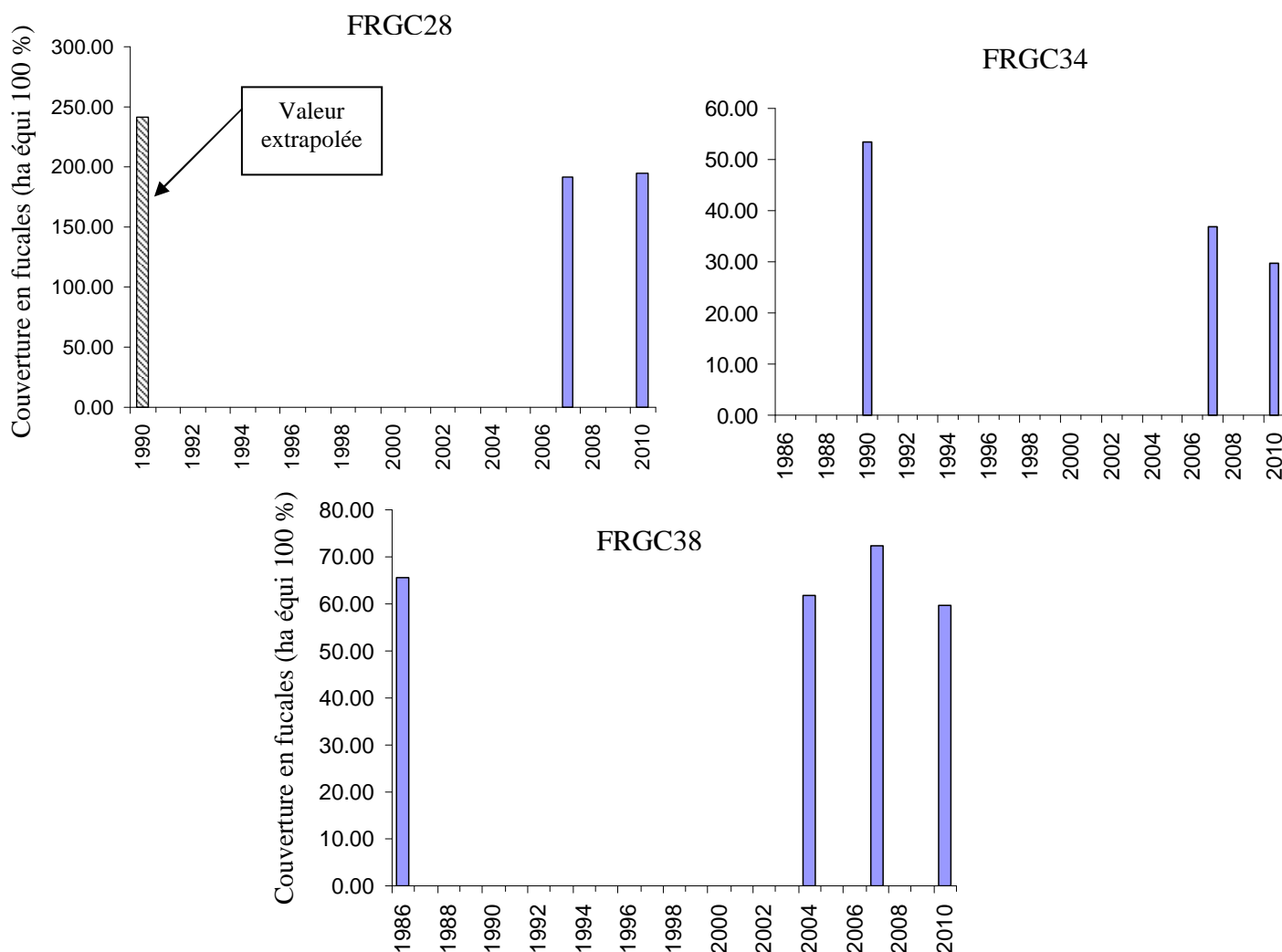


Figure 9 : Evolution temporelle de la couverture en fucales sur les FRGC28 (Concarneau large), FRGC34 (Lorient-Groix) et FRGC38 (Golfe du Morbihan large). La barre d'histogramme grisée dans le graphique de la FRGC28 correspond à une valeur extrapolée d'une image SPOT ne recoupant que partiellement la masse d'eau.

Excepté la FRGC28 pour laquelle la couverture en fucales reste stable, une diminution de 19 et 17 % de la surface couverte en fucales intervient respectivement sur les FRGC34 et FRGC38, entre 2007 et 2010.

Concernant la FRGC28, une première évaluation de l'évolution temporelle des fucales avait été effectuée en comparant les clichés de 1990 et de 2007. L'image SPOT de 1990 ne couvrant pas l'intégralité de la masse d'eau, les données obtenues à l'issue du différentiel n'étaient donc valables que sur la partie de la masse d'eau présente sur les deux clichés. Cette évaluation partielle avait montré une régression de la couverture en fucales de 26 % entre 1990 et 2007. Ces 26 % ont été ajoutés à la valeur de 2007 obtenue sur l'intégralité de la masse d'eau pour représenter la couverture probable qui aurait pu être obtenue si le cliché de 1990 avait couvert la masse d'eau dans son ensemble.

Dans le rapport produit en 2009, l'influence de l'Oscillation Nord Atlantique (ONA) sur l'évolution de la couverture en fucales sur de larges échelles spatio-temporelles avait été discutée. Il avait été rappelé que l'indice hivernal de l'ONA permettait de qualifier l'hiver en termes de conditions climatiques. Ainsi, un indice négatif est synonyme d'un hiver froid et

sec, favorable aux fucales et défavorable aux larves de patelles et autres brouteurs ainsi qu'au développement précoce des algues opportunistes. A l'inverse, un indice positif reflète un hiver doux et pluvieux favorables à une survie plus importante des larves de brouteurs ainsi qu'à un développement précoce des algues opportunistes qui entrent alors directement en compétition avec les fucales pour l'espace et les ressources nutritives. Entre 2007 et 2010, une période positive de l'indice hivernal de l'ONA a été enregistrée (Figure 10), période de ce fait plutôt défavorable aux fucales. Les résultats obtenus sur les FRGC34 et FRGC38 démontrant une régression de la couverture algale confirme la tendance attendue. En revanche, une stabilisation de la ceinture en fucales a été mise en évidence par l'exploitation des clichés SPOT entre 2007 et 2010 sur la FRGC28. Les résultats exposés dans le Tableau 8 montrent que la surface algale dont le taux de couverture est supérieur à 70% augmente. De plus, la ceinture en fucales de cette masse d'eau a la particularité d'avoir plus de 40 % de sa couverture dont le taux de recouvrement est supérieur à 70 %, traduisant une couverture dense. La densité de la ceinture algale pourrait lui conférer une résistance plus importante face aux différentes menaces pouvant porter atteinte à l'intégrité de la ceinture, notamment le broutage et la colonisation du substrat par d'autres espèces algales comme les algues vertes opportunistes, ce qui pourrait expliquer le maintien de la ceinture algale dans le temps.

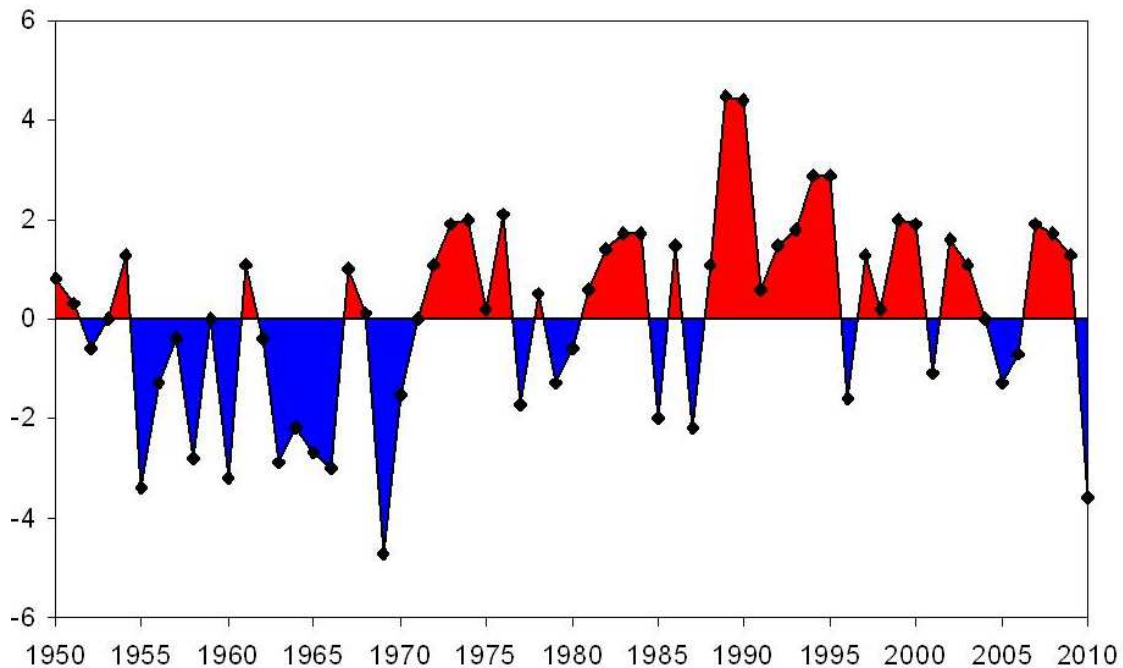


Figure 10 : Evolution de l'indice hivernal de l'Oscillation Nord Atlantique (calculé à partir des mois de janvier, février et mars) entre 1950 et 2010. Les données sont disponibles sur le site suivant :

<http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/>

4 CONCLUSION

Deux scènes SPOT 5 ont été acquises le 16 juin 2010, couvrant le littoral sud-breton de la pointe de Penmarc'h au Golfe du Morbihan. L'analyse des résultats à l'échelle des images SPOT a montré que la couverture de fucales dans le Finistère sud a été stable entre 2007 et 2010 avec une ceinture algale dense. A l'inverse, les fucales tendent à régresser dans le Morbihan, les zones avec un taux de recouvrement inférieur à 70 % étant majoritairement touchées par cette régression. L'analyse sur une échelle plus restreinte que sont les masses d'eau confirme la tendance globale observée à partir des clichés SPOT. Les fucales des FRGC34 et FRGC38 ont régressé entre 2007 et 2010. Ces nouvelles données ajoutées aux données historiques semblent confirmer une évolution similaire de ces deux masses d'eau qui tendent à répondre au signal climatique de l'Oscillation Nord Atlantique. A l'inverse, les fucales présentes dans la FRGC28 restent stables. La ceinture en fucales de cette masse d'eau a la particularité d'avoir plus de 40 % de sa couverture dont le taux de recouvrement est supérieur à 70 % ce qui pourrait la rendre moins sensible aux influences climatiques et aux pressions de prédation.

L'influence de l'ONA semble confirmée par les nouvelles données acquises. Le degré de réponse de la couverture en fucales pourrait être néanmoins influencé par la densité de la couverture en fucales, une couverture dense jouant le rôle d'une barrière face aux différentes pressions environnementales.

ANNEXES

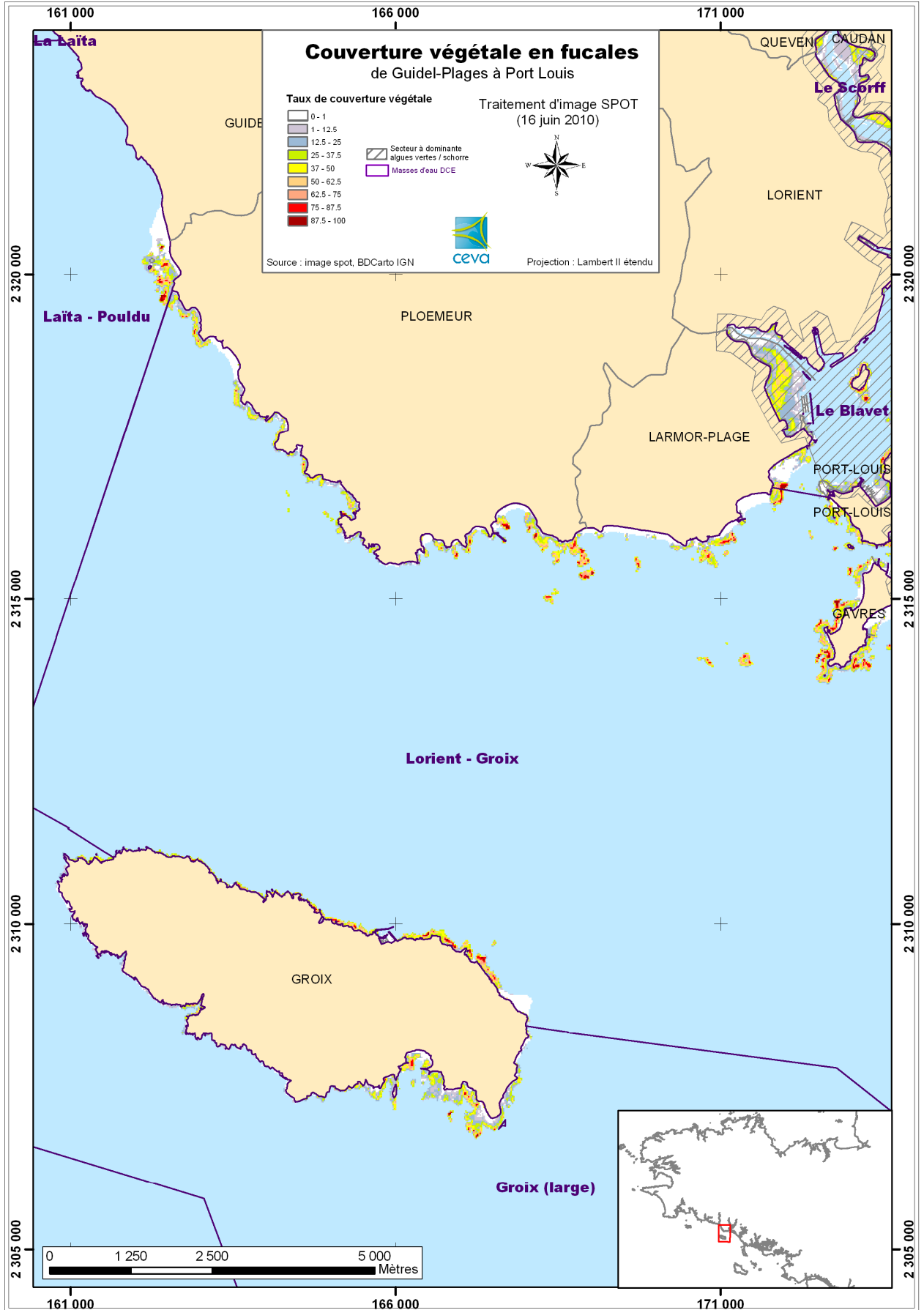
ANNEXE 1

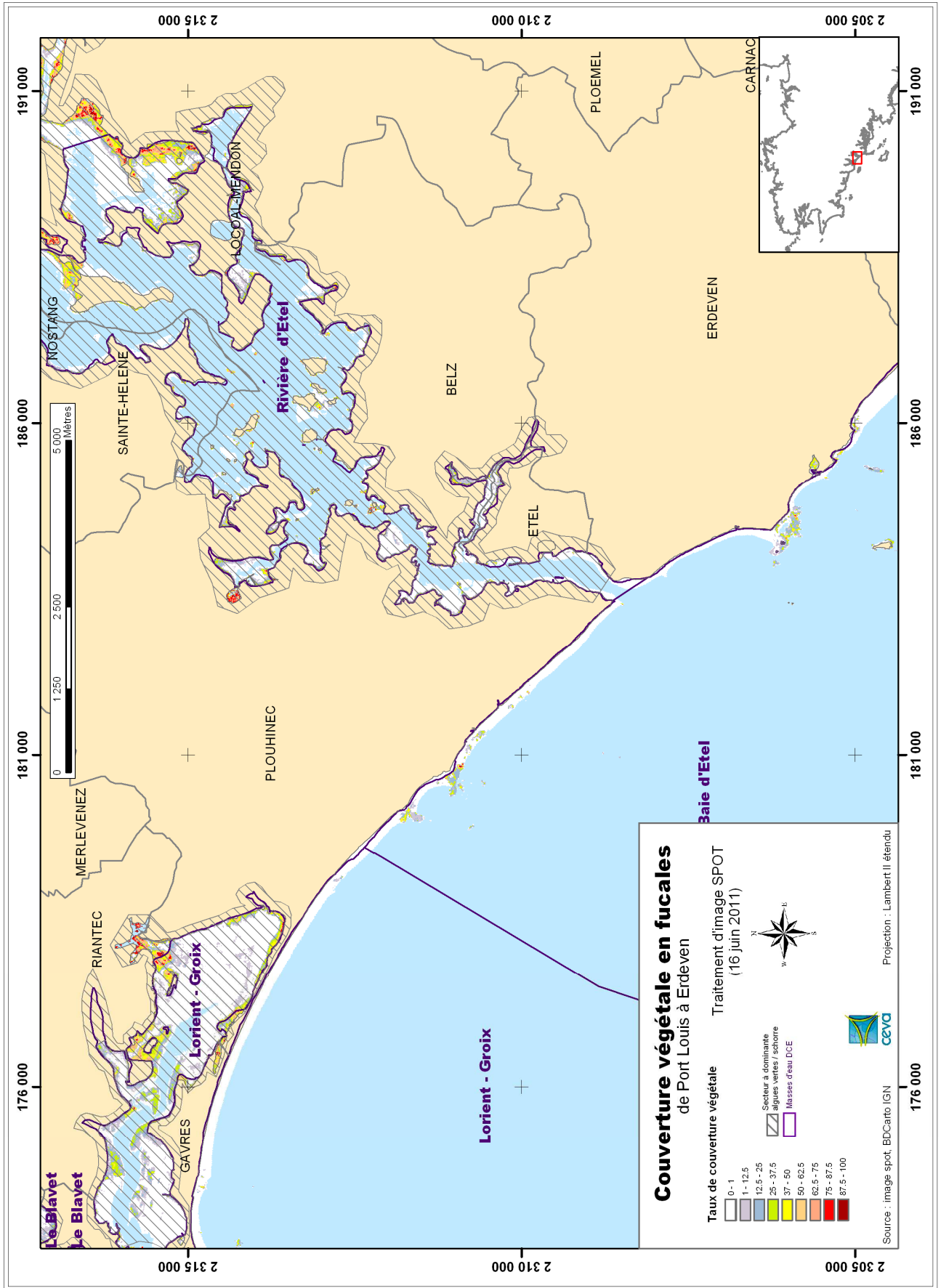
CARTES DE COUVERTURE EN FUCALES

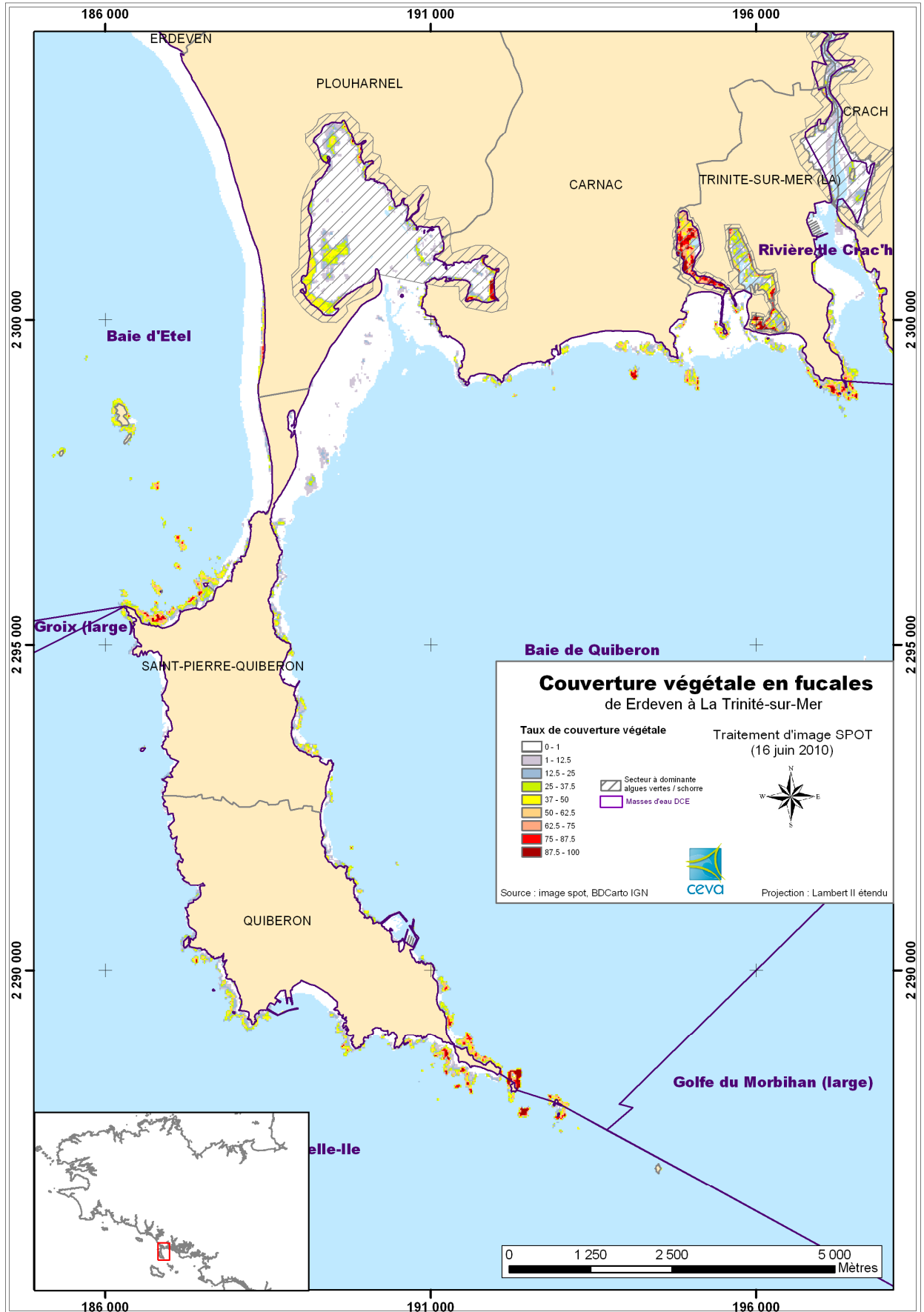
ZONE

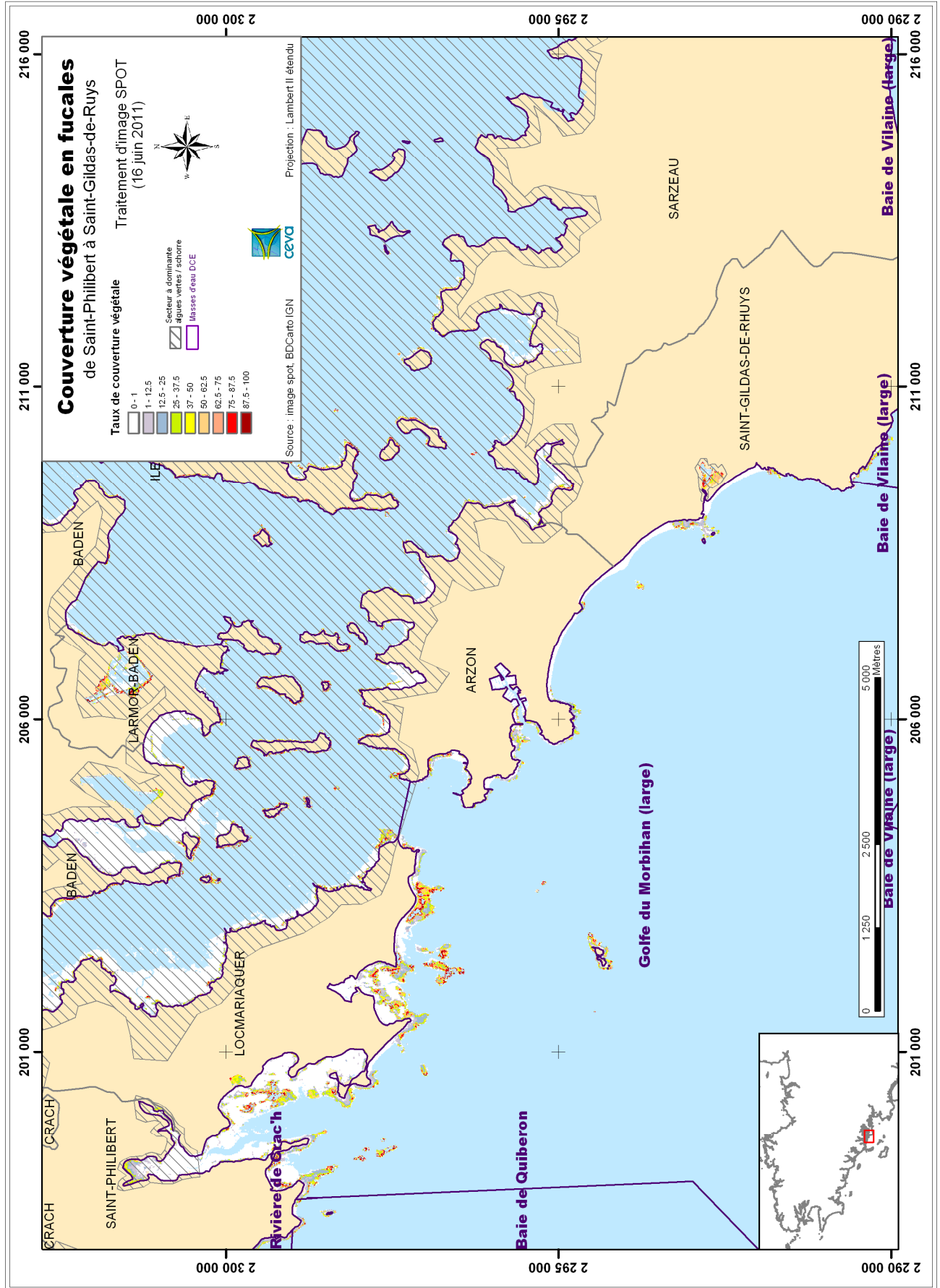
**LORIENT-GROIX + GROIX LARGE + BAIE ET RIVIERE D'ETEL
+ BELLE-ÎLE + BAIE DE QUIBERON + GOLFE DU MORBIHAN**

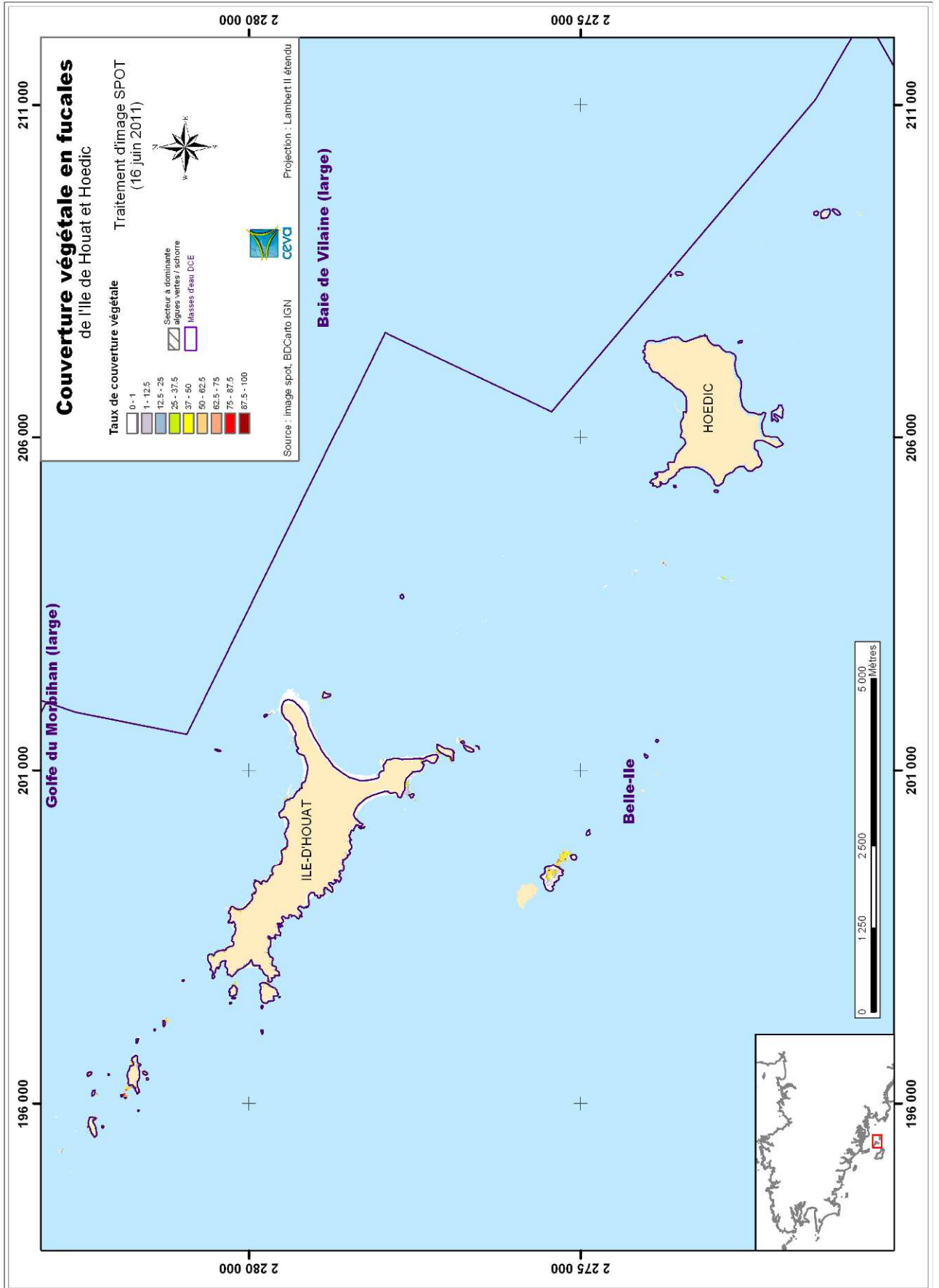
SCENE SPOT DU 16 JUIN 2010

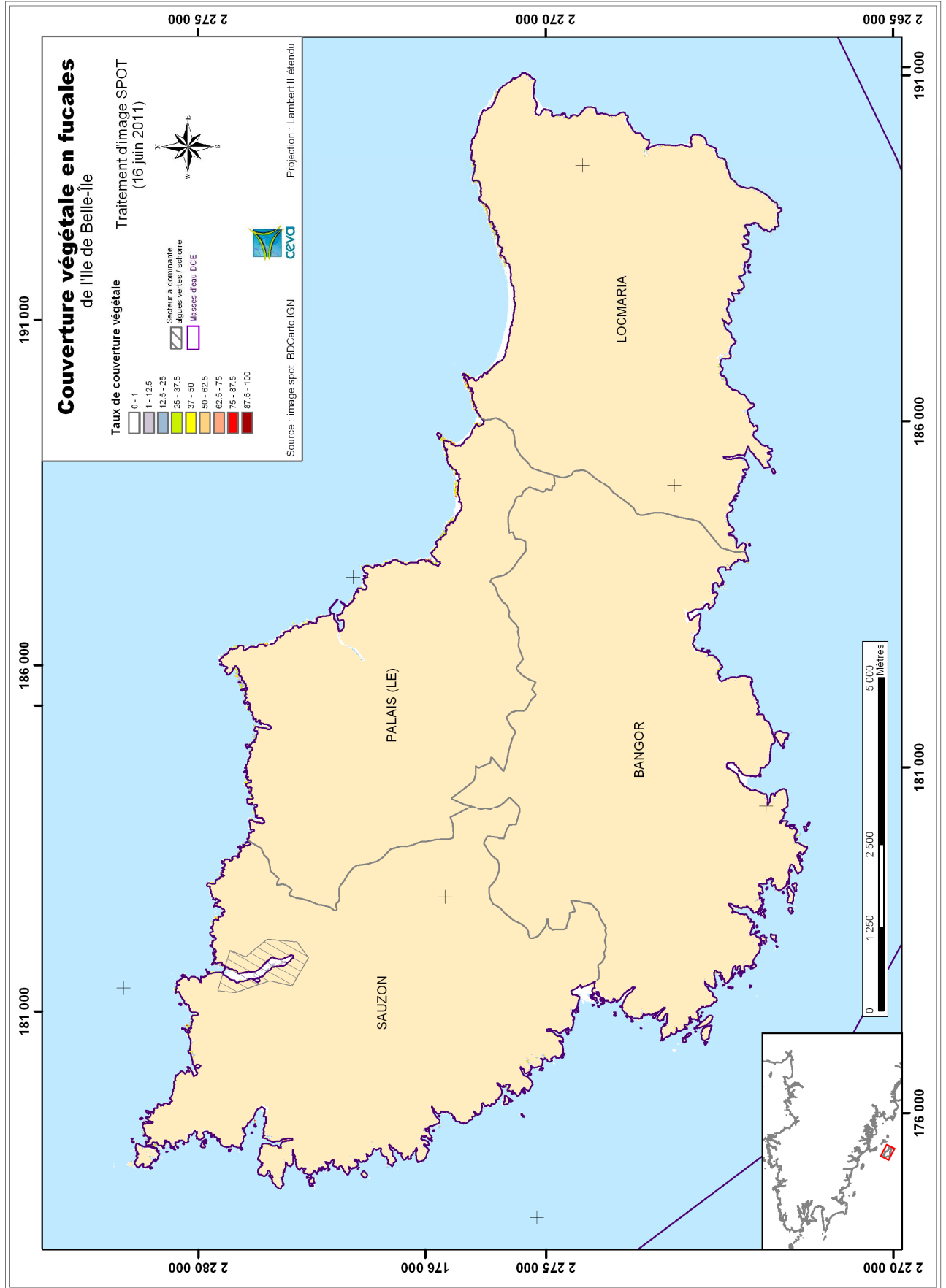












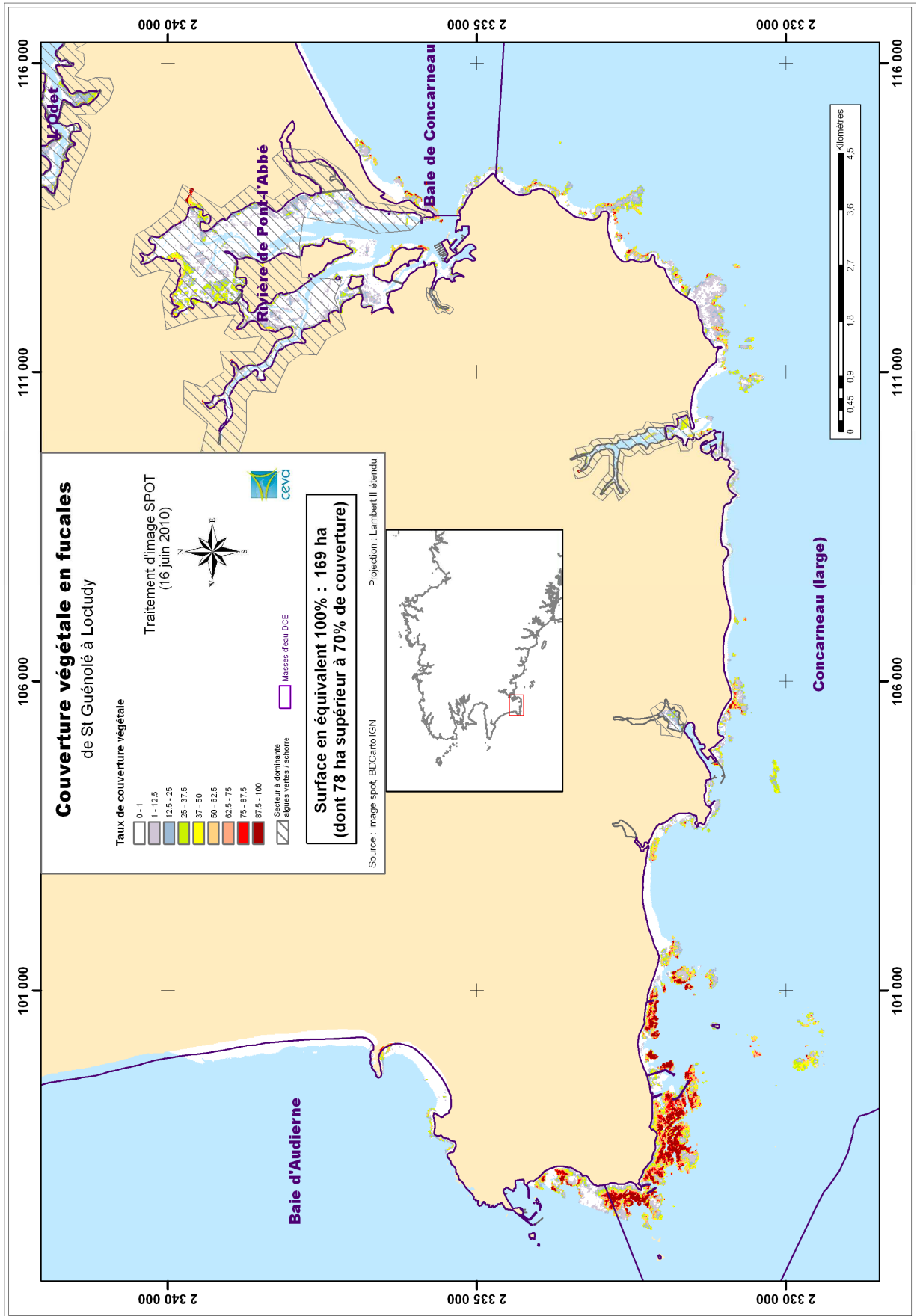
ANNEXE 2

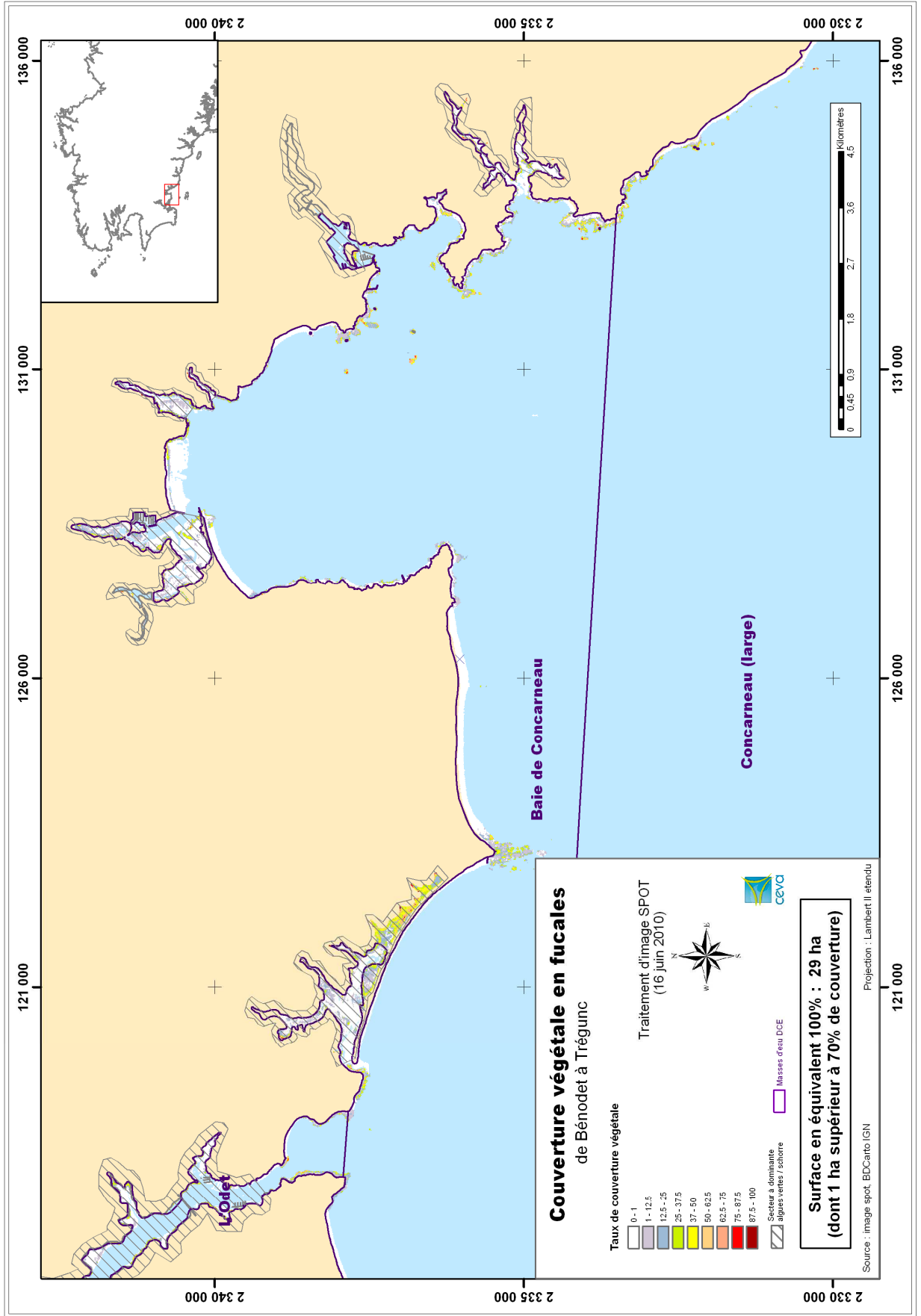
CARTES DE COUVERTURE EN FUCALES

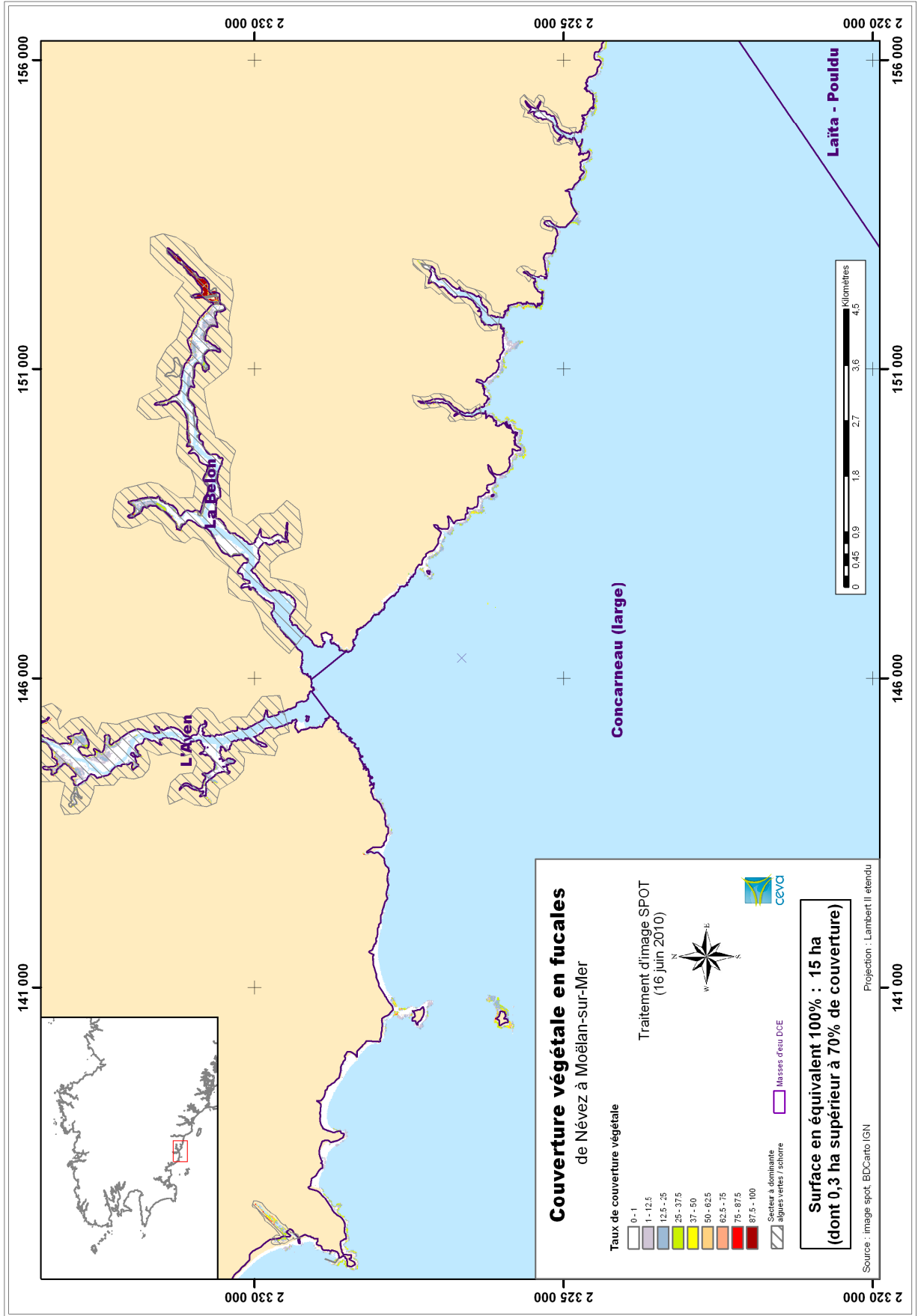
ZONE

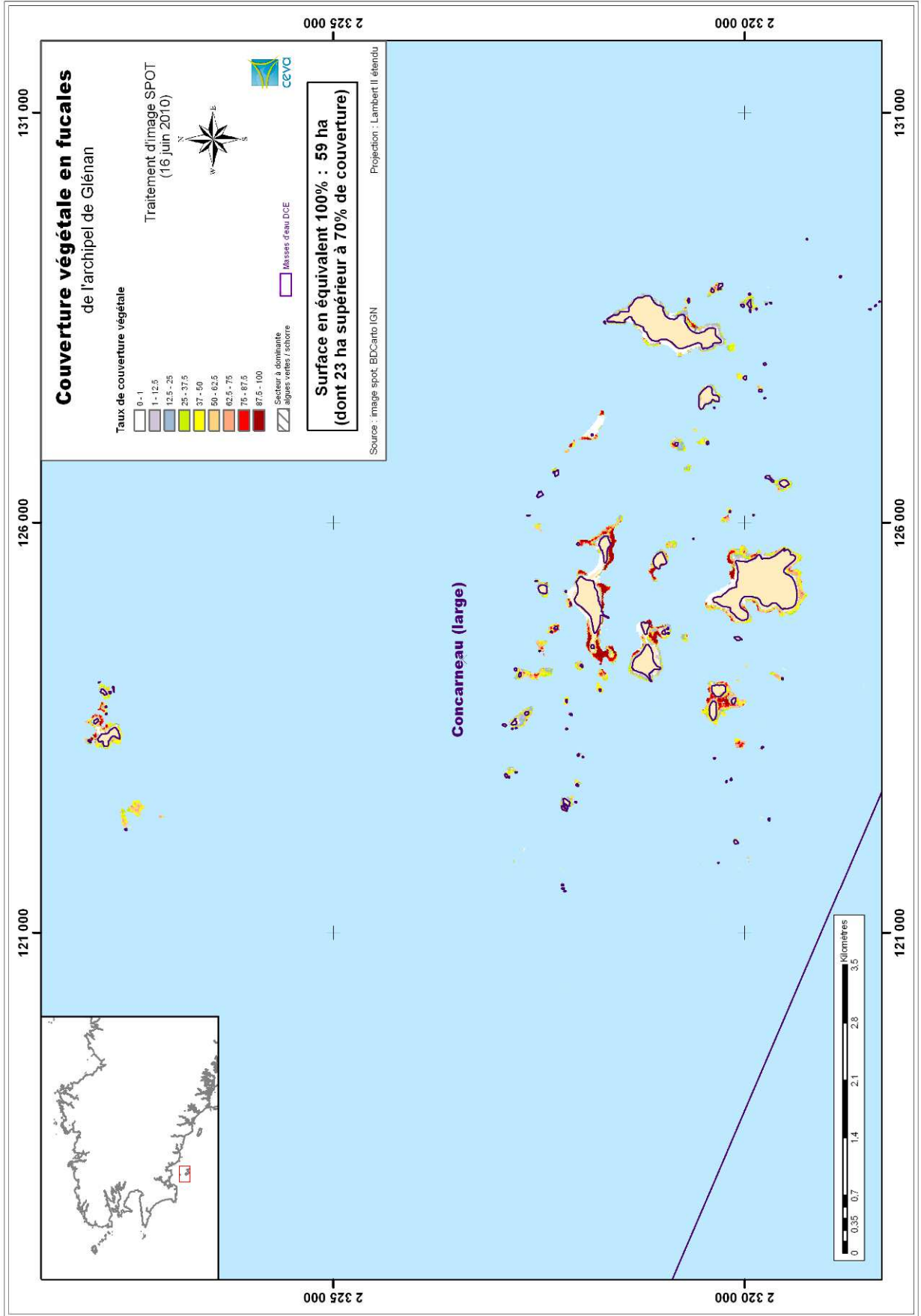
CONCARNEAU LARGE + BAIE DE CONCARNEAU + RIVIERE DE PONT-L'ABBE

SCENE SPOT DU 16 JUIN 2010





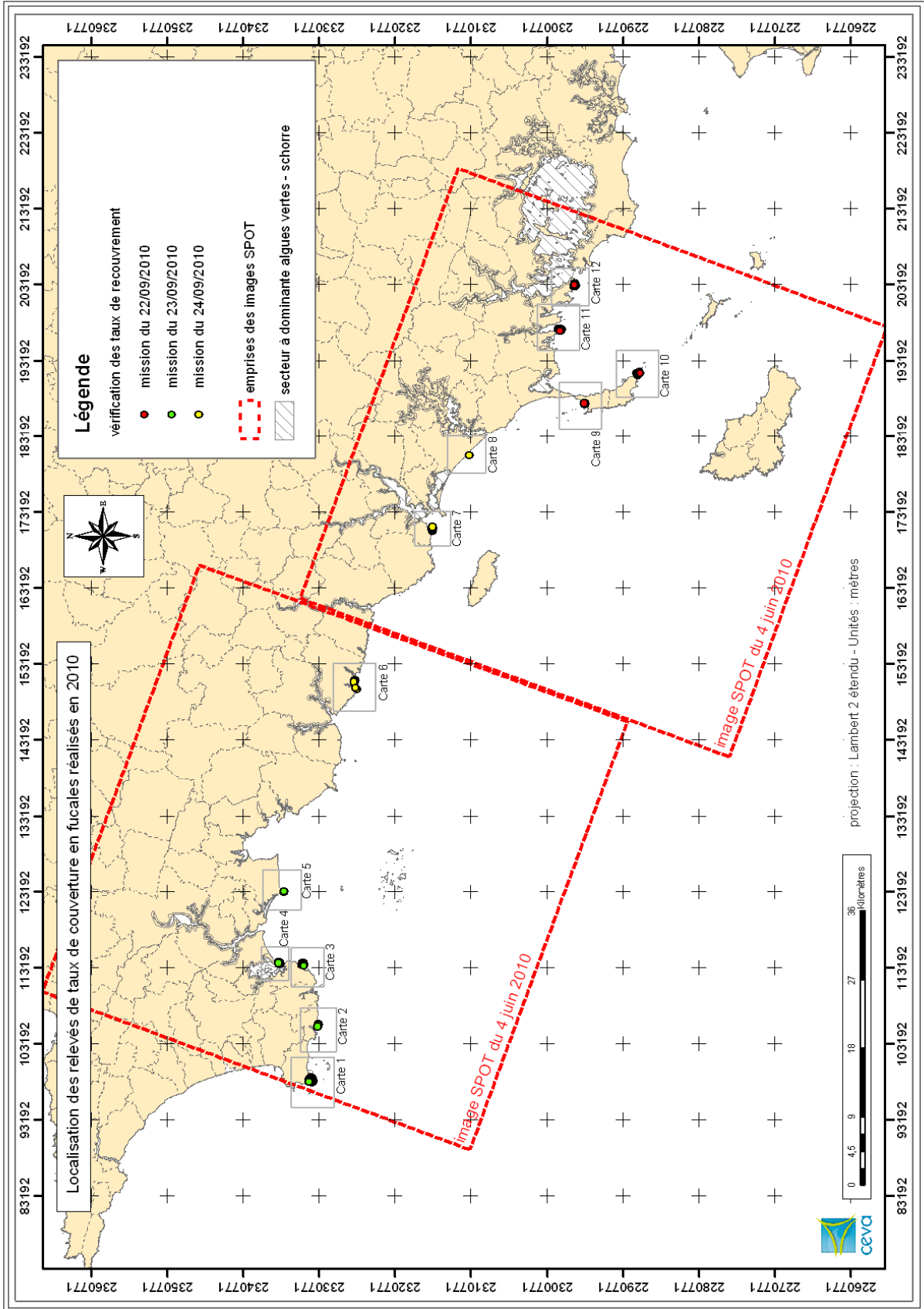


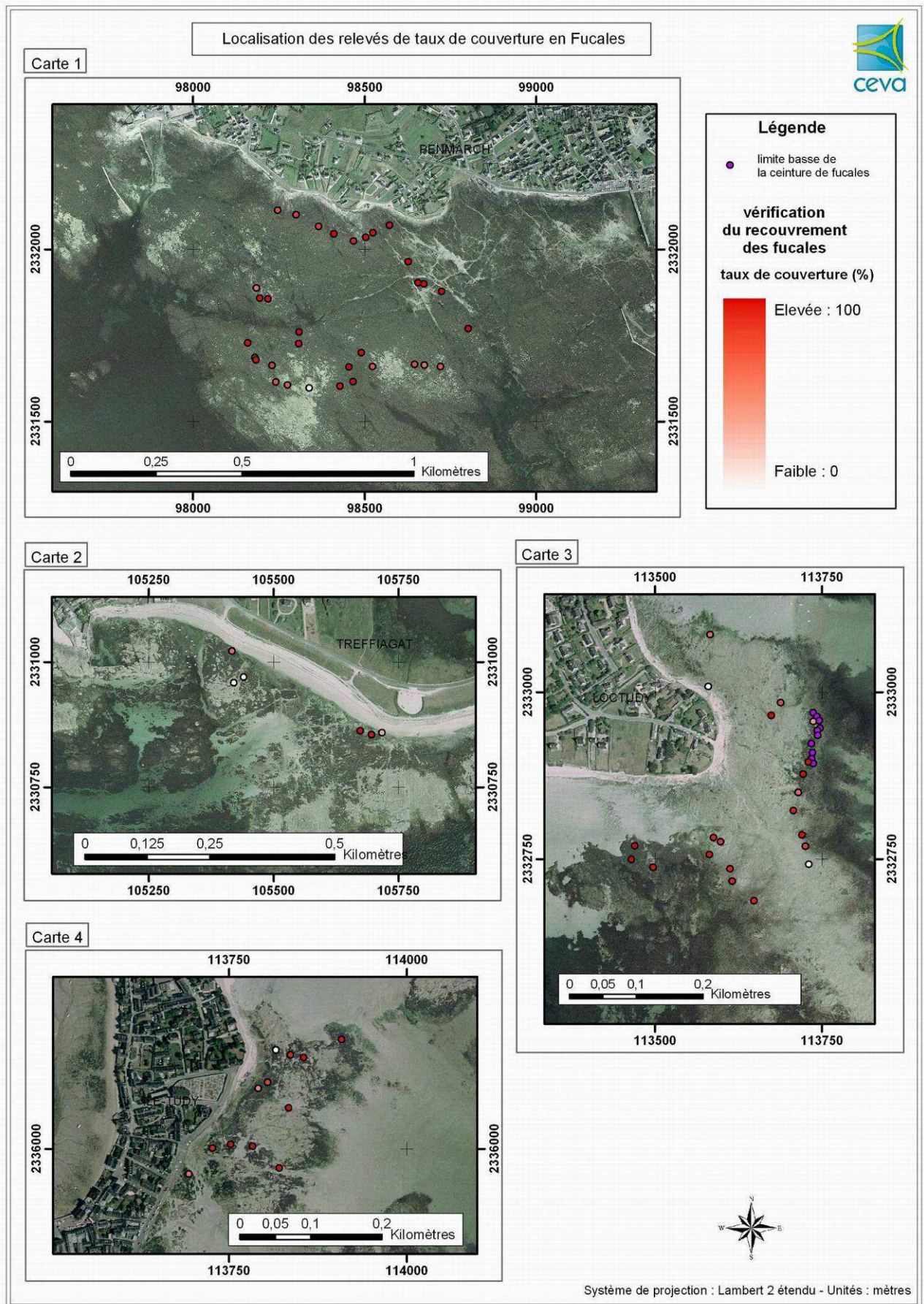


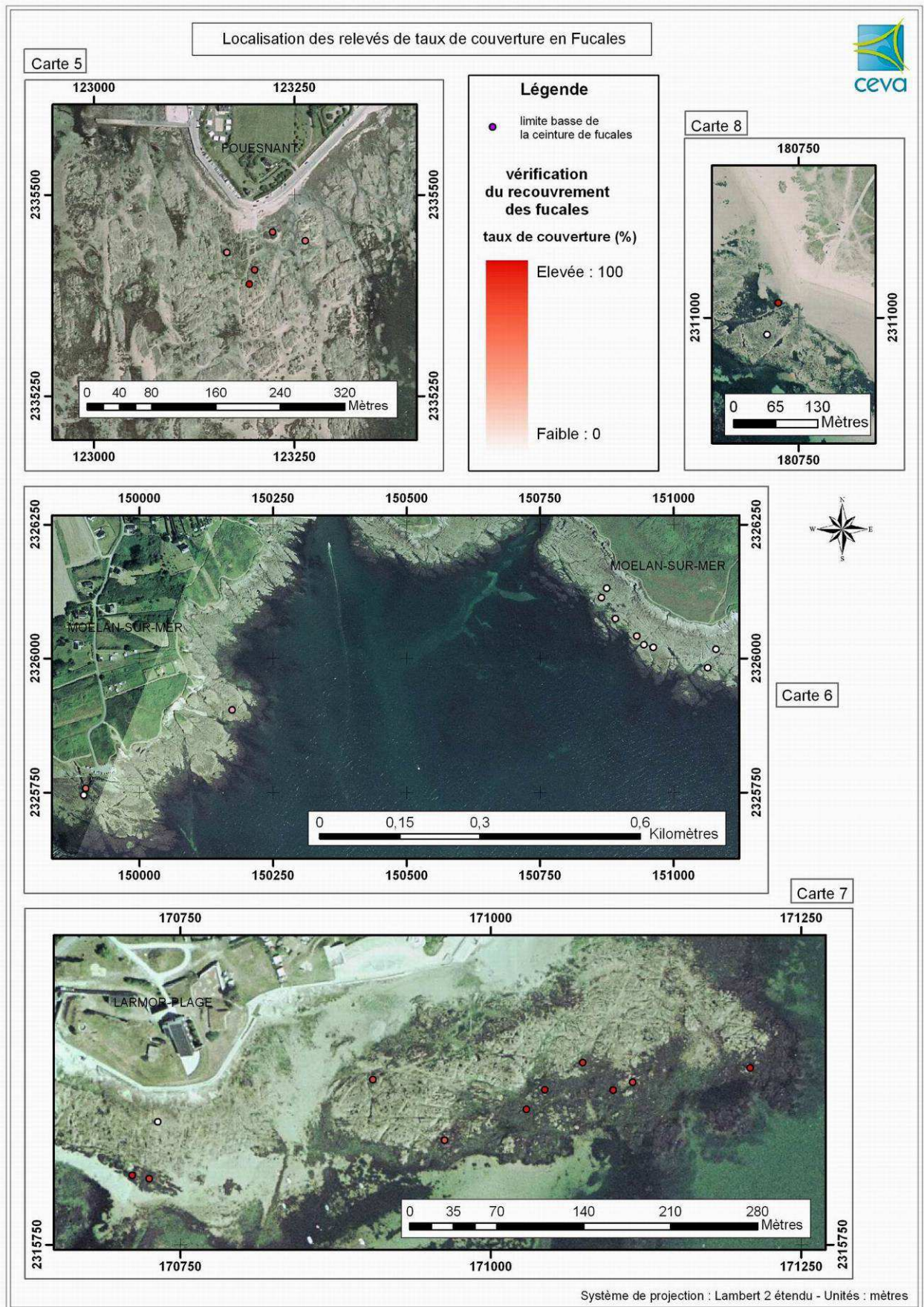
ANNEXE 3

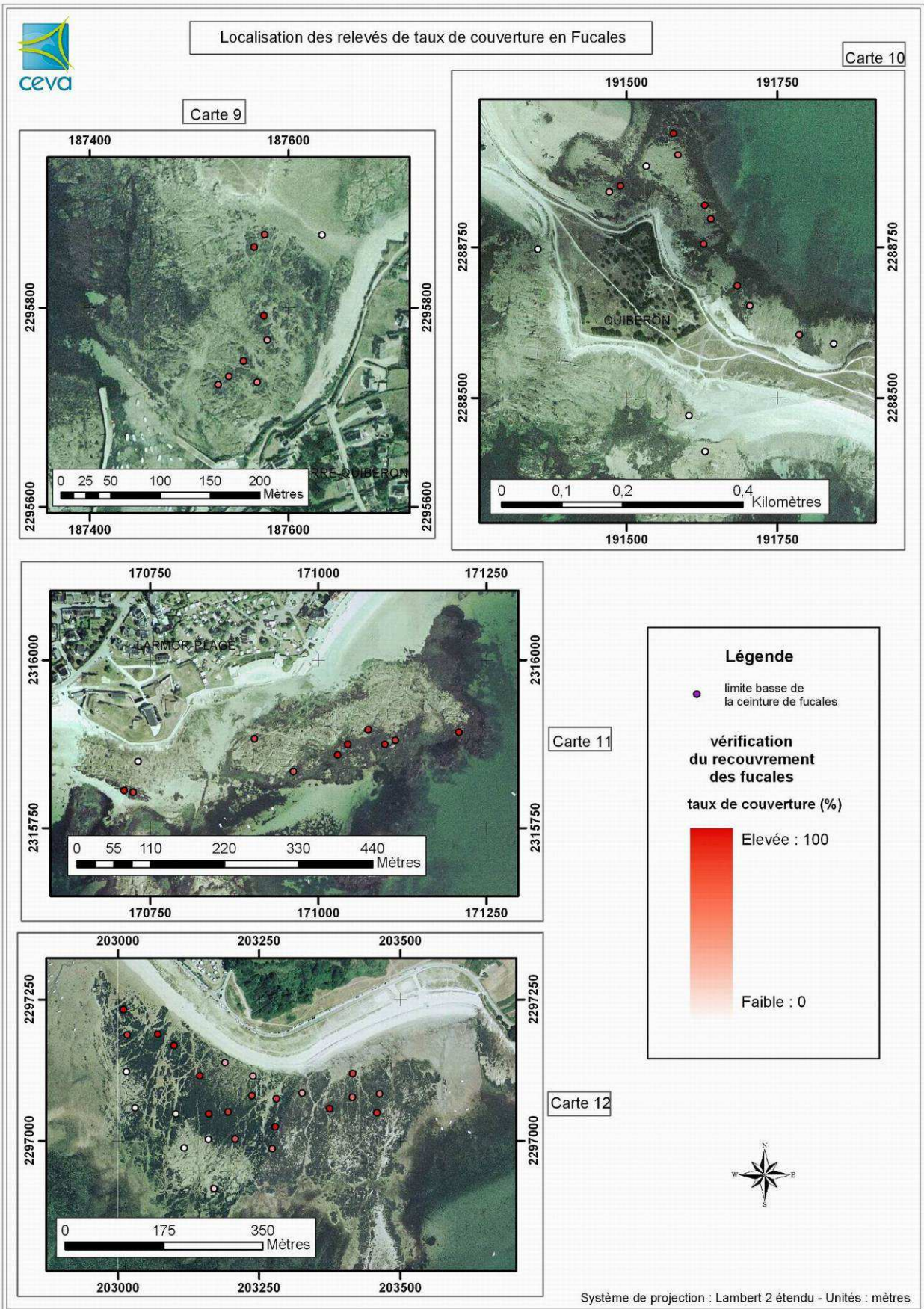
CARTES DE SYNTHÈSE DES ACQUISITIONS TERRAIN SUR LE FINISTÈRE SUD

2010





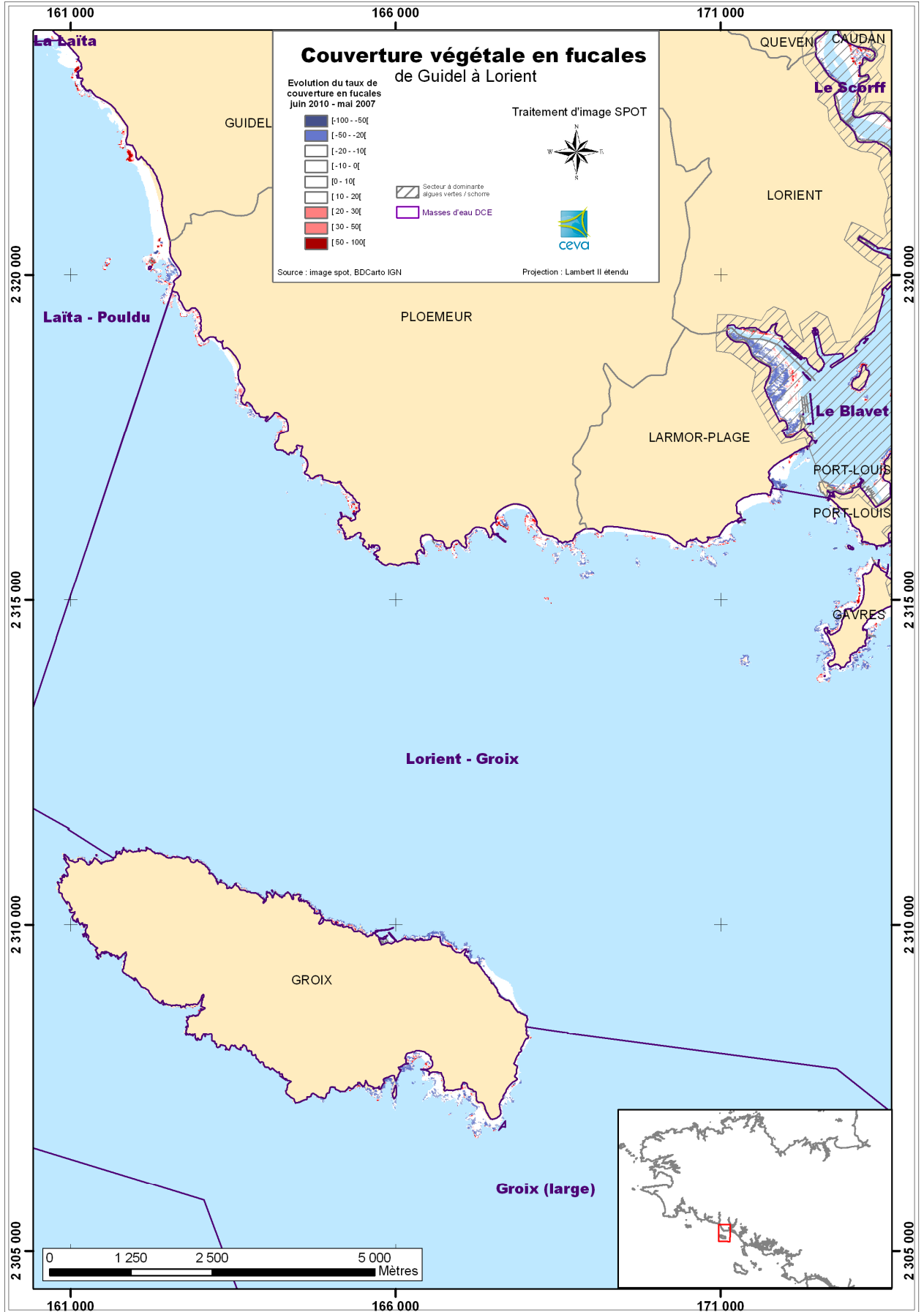


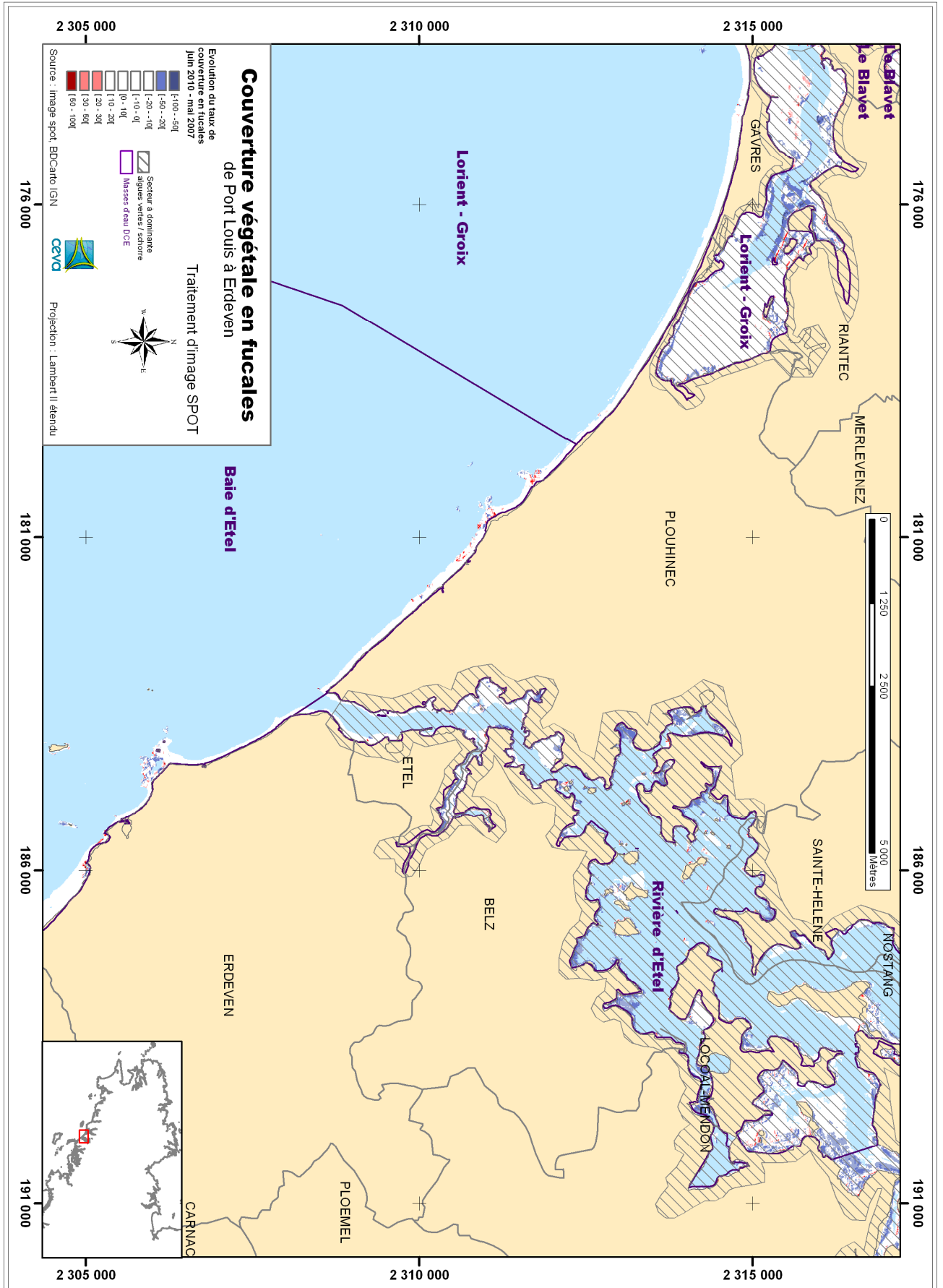


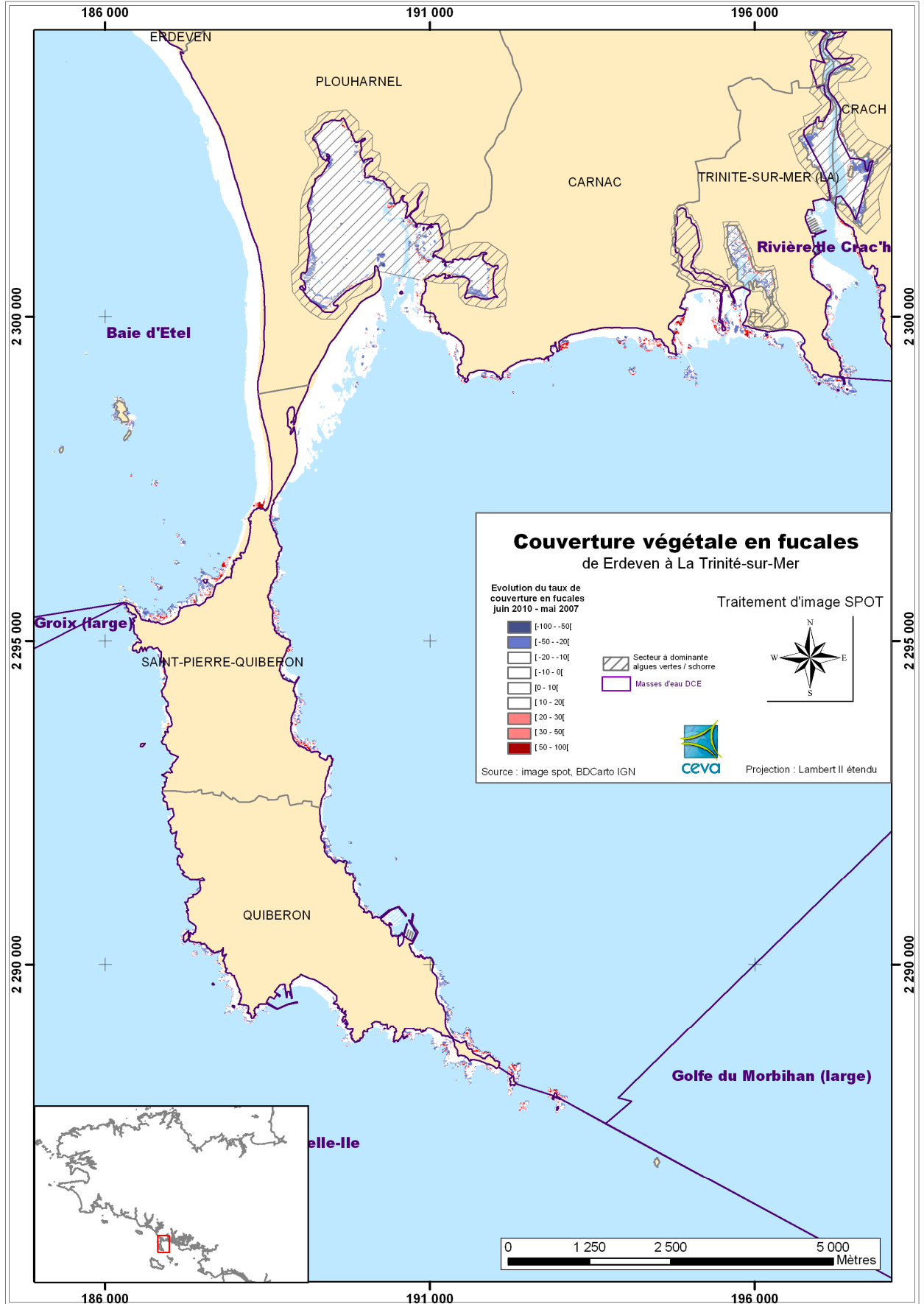
ANNEXE 4

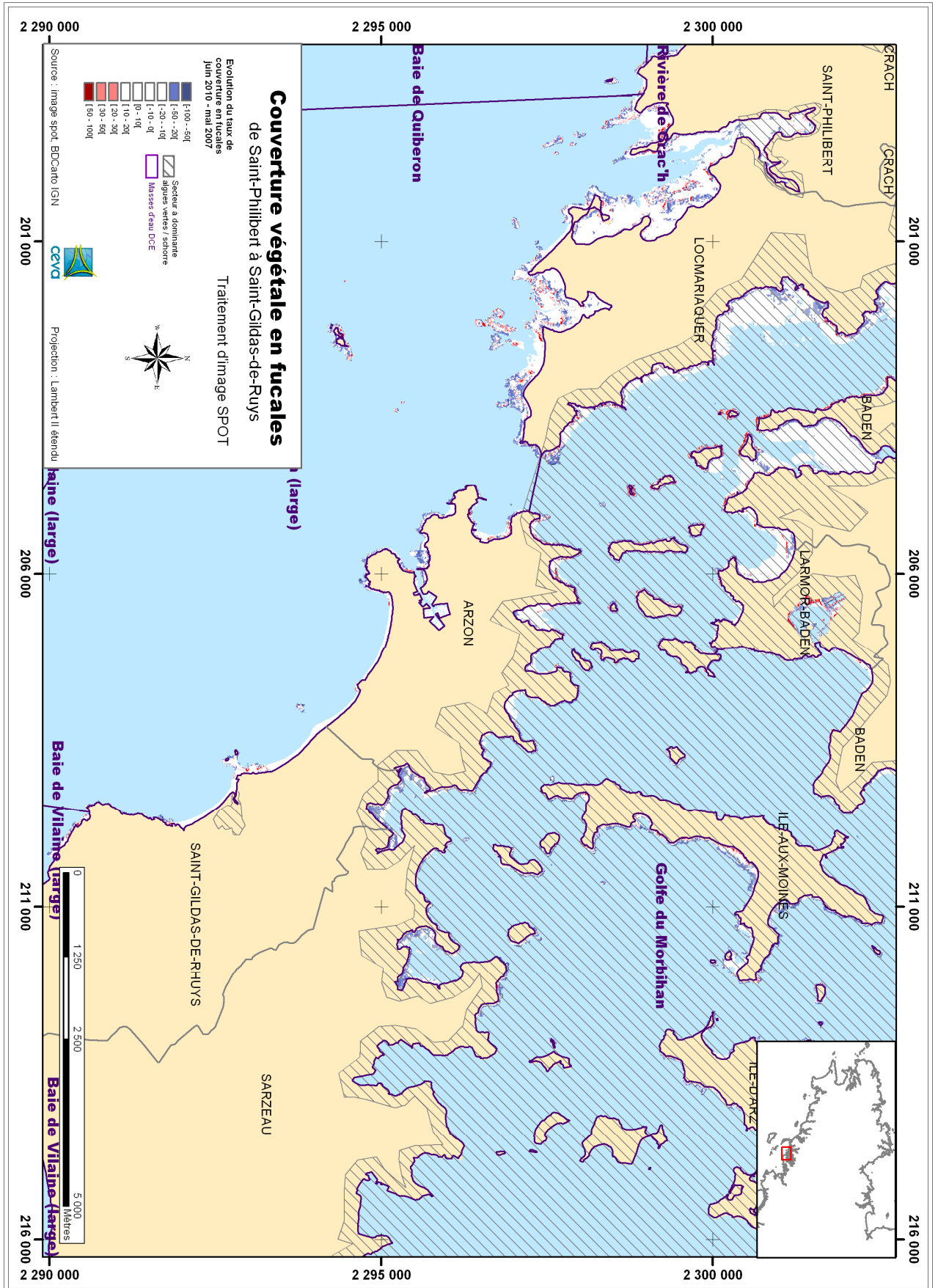
CARTES DE DIFFERENTIEL D'EVOLUTION ENTRE LES SCENES SPOT DU 16 JUIN 2010 ET DU 4 MAI 2007

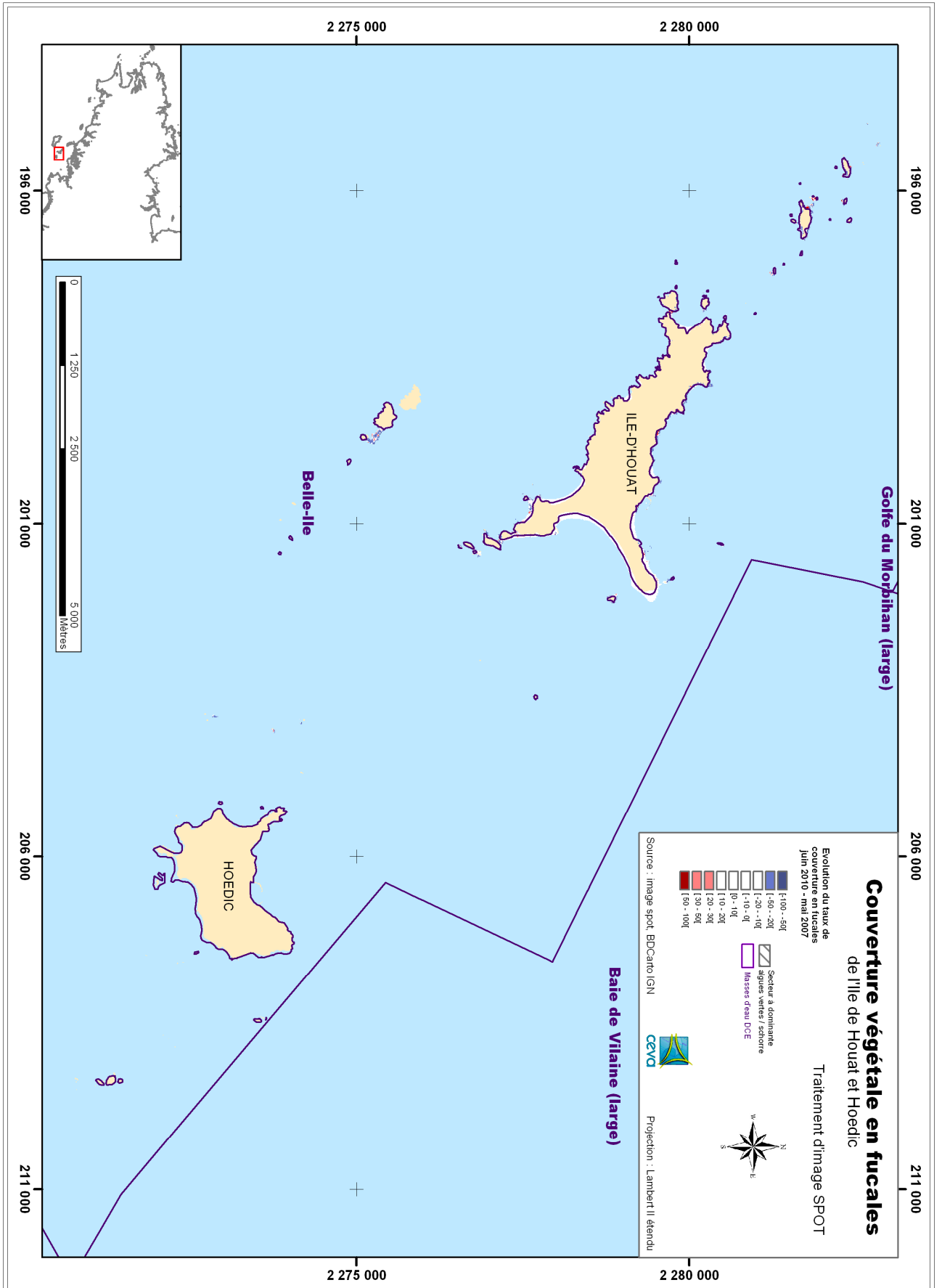
**MASSES D'EAU DCE CONCERNEES :
LORIENT-GROIX + GROIX LARGE + BAIE ET RIVIERE D'ETEL
+ BELLE-ÎLE + BAIE DE QUIBERON + GOLFE DU MORBIHAN**

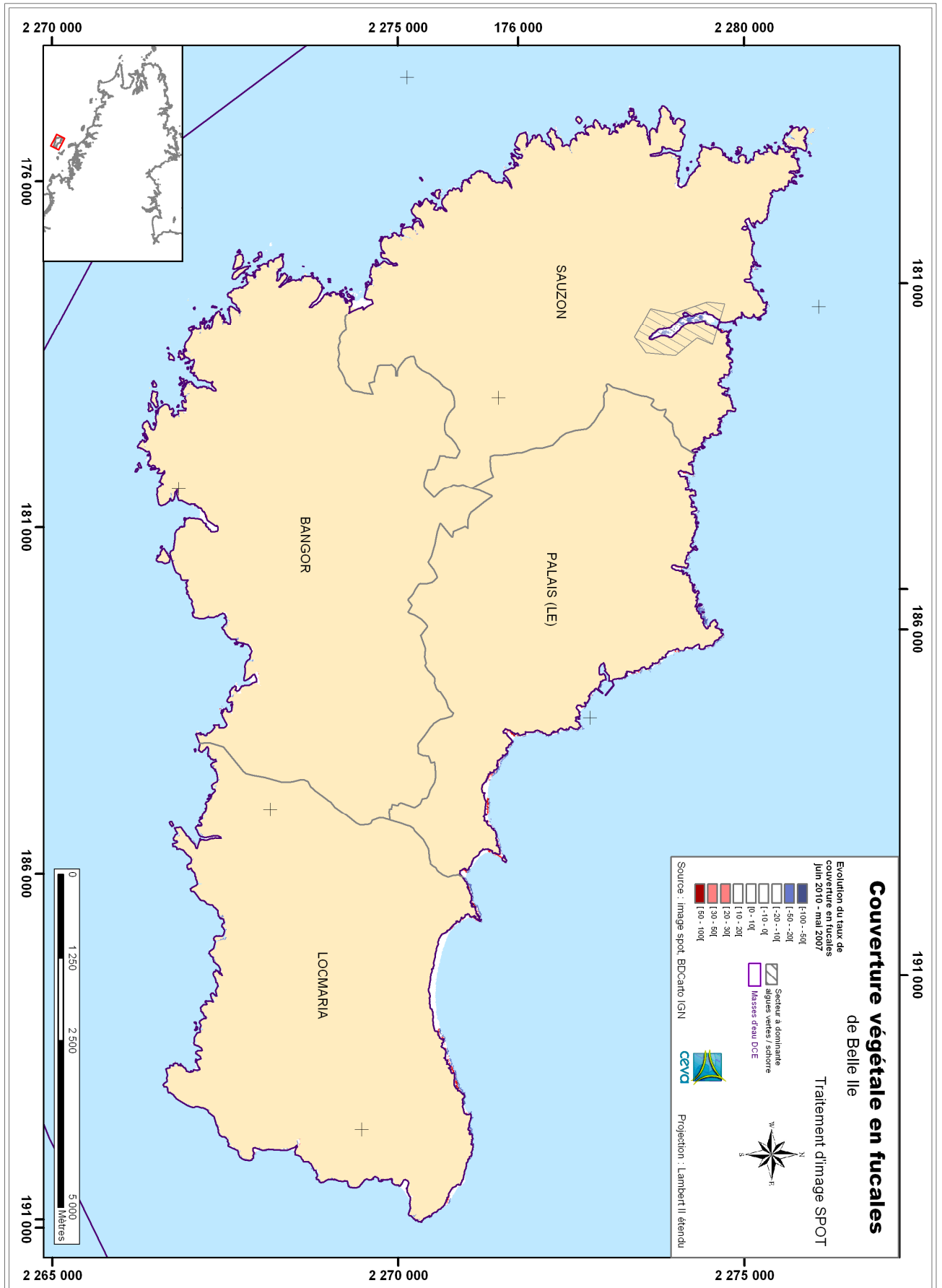












ANNEXE 5

CARTES DE DIFFERENTIEL D'EVOLUTION ENTRE LES SCENES SPOT DU 16 JUIN 2010 ET DU 4 MAI 2007

**MASSES D'EAU DCE CONCERNEES :
CONCARNEAU LARGE + BAIE DE CONCARNEAU + RIVIERE DE
PONT-L'ABBE**

