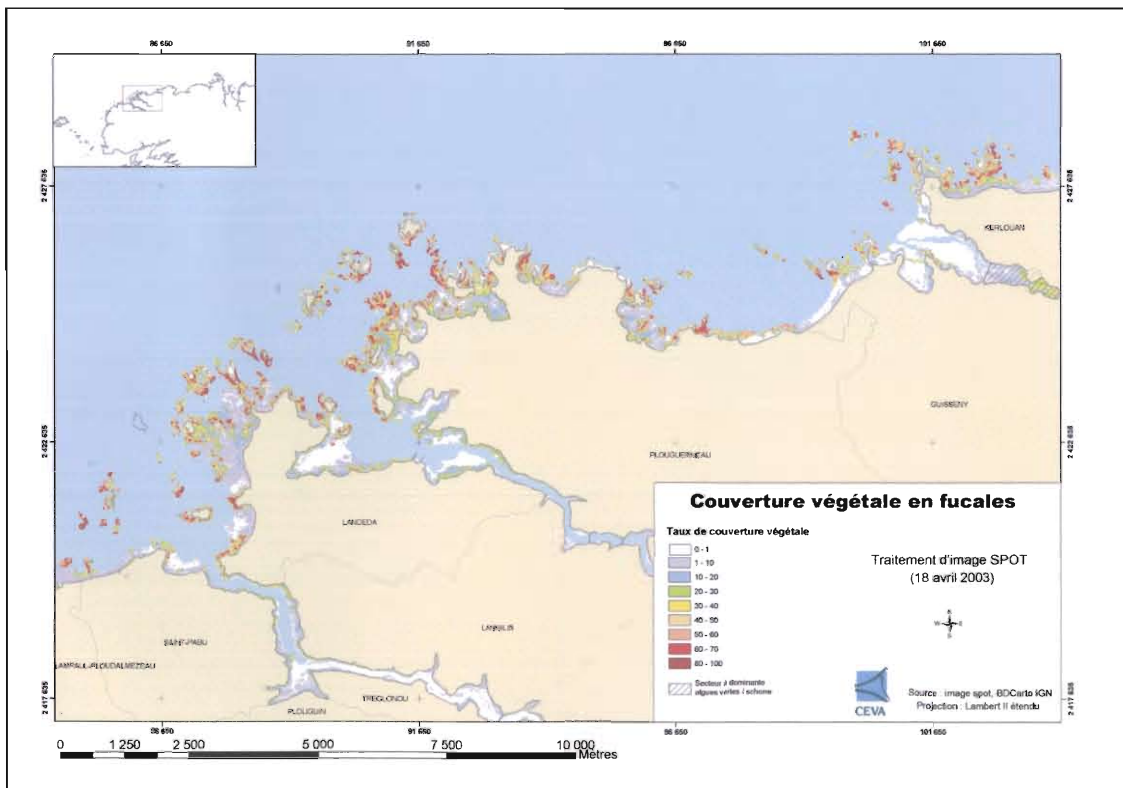




## PROGRAMME REBENT

### MISE EN PLACE D'INDICATEURS OPERATIONNELS DE SUIVI DES COUVERTURES DE FUCALES DANS LE CADRE DE L'AVANT PROJET DETAILLE « REBENT »

Définition d'un prédictif altimétrique pour les ceintures de grandes algues  
et test opérationnel de réalisation des indicateurs de suivi « couvertures et densités de  
fucales » à l'échelle d'une scène SPOT entière et d'une aire sectorielle complète



Contrat n° 03/2 210 522

Rapport final 2003

## Fiche de présentation à la Commission de certification du service fait

### **Titre du rapport**

Mise en place d'indicateurs opérationnels de suivi des couvertures de fucales dans le cadre de l'Avant projet détaillé REBENT

*Guillaumont Brigitte*

Contrat n°: 03/2 210 522

Titulaire du contrat : CEVA, Pleubian

Date de remise du rapport : 30/04/04

Date de certification du service fait : 24/05/04

Lieu de consultation du rapport : IFREMER, DEL/AO

Lieu de consultation complémentaire du rapport :  
(Département, Service)

### **Mise en évidence de l'intérêt scientifique - Résumé**

Des observations, non quantifiées jusqu'à présent, semblent indiquer une diminution de la couverture d'algues brunes en zone intertidale sur différents littoraux. L'objectif de ce contrat, qui constitue la contribution du CEVA au REBENT- Bretagne\_ année 2003, concerne l'évaluation quantitative et le suivi à long terme des fucales en zone intertidale.

Les travaux réalisés dans le cadre d'un précédent contrat avec le CEVA avaient permis de définir un protocole de traitement d'images SPOT pour l'évaluation et le suivi dans le temps de la couverture végétale globale. Une fiche méthodologique avait été élaborée et deux images SPOT du Trégor avaient été traitées en couverture végétale. L'analyse des résultats avait fait apparaître la nécessité de parvenir à isoler la contribution des fucales, voir des différentes espèces de ce groupe, en vue de la constitution d'indicateurs de suivi plus pertinents.

Les travaux réalisés dans le cadre de ce contrat permettent de compléter la méthodologie en mettant en place une procédure de détermination de la zone de fucales, voir des espèces elles-mêmes, sur la base d'observations in situ de limites altitudinales d'extension des ceintures et de connaissance du relief. Deux voies, correspondant à deux niveaux de précision ont été explorées : acquisition de la ligne de rivage instantanée à partir de prise de vues par ULM et utilisation de MNT Lidar dans les zones ayant fait l'objet de ce type d'acquisition.

Le traitement d'une image SPOT acquise sur la côte du Finistère nord entre Roscoff et Porsall a permis d'étendre géographiquement l'approche.

Ces travaux sont susceptibles de contribuer à la définition d'un indicateur utile dans le cadre de la mise en place de la Directive Cadre « Eau » et permettront d'aider à la mise en place de cartes d'habitat détaillées en vu notamment du suivi des sites Natura 2000 concernés. Ils permettront également de contribuer à mieux comprendre les facteurs qui régissent la répartition des espèces sur l'estran (contribution respectives des composantes émergence et exposition), en relation avec le travail du post-doc modélisation prédictive et du contrat MESH.

### Mise en évidence des résultats obtenus

(Les résultats incluent la fourniture d'un rapport et un CD de données)

- 1) Recueil de mesures altitudinales de limites de ceintures de différentes espèces de fucales sur la côte du Trégor : *Fucus serratus*, *F. vesiculosus*, *F. spiralis* et *Ascophyllum nodosum*) et mesure de la limite inférieure des fucales dans le Finistère nord.
- 2) Réalisation de cartographies quantitatives pour 4 espèces de fucales sur ce secteur, calculs de biomasses et suivi d'évolutions temporelles sur le secteur Paimpol-Bréhat par croisement d'images SPOT (mai 89 et août 98) traitées en couverture algale (cf contrat 02/2 210 871), de limites altitudinales d'extension et du MNT Lidar.
- 3) Calcul de la couverture de fucales sur le Finistère Nord à partir de données SPOT (avril 2003), de mesures altitudinales in situ (GPS 3D) de la limite inférieure de répartition des fucales et observation de la ligne de rivage instantanée correspondante par prise de vue ULM.

**Valorisation :**       Brevet                       Prototype                       Logiciel

**Diffusion :**               Libre                       Restreinte                       Confidentielle

**Mots clés :** Couvertures algales, intertidal, SPOT, étagement, fucales

Visa du Chef de projet

# SOMMAIRE

<b>1- RAPPEL DES OBJECTIFS</b>	<b>2</b>
<b>2- MATERIEL ET METHODE</b>	<b>2</b>
2.1- Etablissement du référentiel altimétrique des ceintures algales sur le secteur de « Paimpol – Bréhat »	2
2.2- Traitement de 2 scènes SPOT pour la production de l'indice « couverture en fucales ». Test opérationnel à l'aide de la couverture LIDAR et du référentiel altimétrique des ceintures algales pour la réalisation de la cartographie quantitative des quatre espèces de Fucales à l'échelle de l'aire sectorielle de « Paimpol – Bréhat »	3
2.2.1 Production de l'indice « couverture en fucales » pour les scènes SPOT du 05 mai 1989 et du 07 août 1998 sur le secteur de « Paimpol – Bréhat »	3
2.2.2 Test opérationnel pour la réalisation de la cartographie quantitative des quatre espèces de Fucales à l'échelle de l'aire sectorielle de « Paimpol – Bréhat »	4
2.3- Production opérationnelle de l'indice zonal « couverture et biomasse en fucales » à l'échelle du Finistère nord	5
<b>3- RÉSULTATS</b>	<b>8</b>
3.1- Etablissement du référentiel altimétrique des ceintures algales sur le secteur de « Paimpol – Bréhat »	8
3.2- Production de l'indice « couverture en fucales » pour les deux scènes SPOT du 05 mai 1989 et du 07 août 1998 sur le secteur de « Paimpol – Bréhat »	9
3.3- Test opérationnel pour la réalisation de la cartographie quantitative complète des quatre espèces de Fucales à l'échelle de l'aire sectorielle de « Paimpol – Bréhat »	11
3.4- Production opérationnelle de l'indice zonal « couverture et biomasse en fucales » à l'échelle à l'échelle du Finistère nord	14
<b>4- CONCLUSION</b>	<b>16</b>



**Définition d'un prédictif altimétrique pour les ceintures de grandes algues et test opérationnel de réalisation des indicateurs de suivi « couvertures et densités de fucales » à l'échelle d'une scène SPOT entière et d'une aire sectorielle complète**

## 1- RAPPEL DES OBJECTIFS

L'objectif du programme REBENT 2003 est :

1. d'établir un prédictif altimétrique pour les ceintures de grandes algues sur la zone allant de Port-Blanc à l'Estuaire du Trieux,
2. d'effectuer à l'aide de l'image SPOT du 07 août 1998 et du Modèle Numérique de Terrain (MNT) Lidar un test opérationnel de réalisation d'indicateurs de suivi « couvertures et densités des quatre espèces de fucales » à l'échelle de l'aire sectorielle de « Paimpol – Bréhat »,
3. d'effectuer un test opérationnel de réalisation d'un indicateur de suivi « couverture et densité en fucales » à l'échelle d'une scène SPOT entière sur la zone côtière s'étendant de l'Aber Ildut à Roscoff.

## 2- MATERIEL ET METHODE

### 2.1- Etablissement du référentiel altimétrique des ceintures algales sur le secteur de « Paimpol – Bréhat »

Sur le secteur s'étendant de Port Blanc à l'Estuaire du Trieux, la totalité des levées altimétriques portant sur les limites de ceintures inférieures et supérieures des grandes algues a été réalisée en mode « levée topo » du DGPS amenant à une précision de mesure horizontale et verticale quasi centimétrique. Pour cela, il a été nécessaire de réaliser des reports de bornes fixes IGN dont les coordonnées sont parfaitement connues permettant d'obtenir, à l'issue du post-traitement des données altimétriques recueillies sur le terrain, la précision de mesure évoquée ci-avant (méthode des pivots). L'ensemble des mesures produites est ensuite référencé par rapport au zéro hydrographique local ou zéro Shom. Les espèces d'algues concernées par ces mesures sont : *Laminaria digitata*, *Fucus serratus*, *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum nodosum* et *Fucus spiralis*.

Pour les quatre espèces de fucales, les acquisitions ont été effectuées à l'intérieur de la zone couverte par le MNT Lidar et portent par conséquent essentiellement sur les zones intertidales du Sillon de Talbert et de l'île de Bréhat. Nous avons fait ce choix afin de pouvoir dégager des statistiques altimétriques pertinentes en vue de l'élaboration à partir du MNT Lidar des différents masques de présence des quatre espèces de fucales.

Concernant plus spécifiquement *Laminaria digitata*, seule la limite de ceinture supérieure a été évaluée et ce sur l'ensemble de la zone ainsi que sur les Héaux de Bréhat lors des grands coefficients de marée. Pour chaque espèce d'algue, les différentes limites de ceintures ont été levées de façon horizontale. La méthode de levée par transects ayant été rapidement abandonnée car à la fois trop peu efficace à l'échelle de temps de la marée et complexe à dépouiller en post-traitement.

Sur le secteur du Croisic, les acquisitions ont été réalisées lors de missions communes avec l'Ifremer et ont principalement porté sur les aires de présence des grandes algues : *Laminaria digitata*, *Fucus serratus*, *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum nodosum*, *Fucus spiralis* et *Pelvetia canaliculata*. L'ensemble des acquisitions a été réalisé en mode « navigation » du DGPS amenant à une précision de positionnement horizontal de l'ordre de 5 à 10 mètres. Les peuplements de type mollusques (moules et huîtres) et cirripèdes (balanes) ont également fait l'objet d'une cartographie détaillée.

## 2.2- Traitement de 2 scènes SPOT pour la production de l'indice « couverture en fucales ». Test opérationnel à l'aide de la couverture LIDAR et du référentiel altimétrique des ceintures algales pour la réalisation de la cartographie quantitative des quatre espèces de Fucales à l'échelle de l'aire sectorielle de « Paimpol – Bréhat »

### 2.2.1 Production de l'indice « couverture en fucales » pour les scènes SPOT du 05 mai 1989 et du 07 août 1998 sur le secteur de « Paimpol – Bréhat »

L'ensemble des traitements a été effectué à partir du logiciel de traitement d'images Er Mapper 6.31. La première étape du traitement a consisté, pour les deux scènes acquises en mode multispectral sur le secteur du Trégor, en la production de l'indice de couverture en fucales selon le cahier de procédure élaboré par la société NASCA (cf APD phase 2).

Afin de calibrer correctement en réflectance l'image SPOT du 07 août 1998 en vue du calcul de l'indice de couverture algale, de nouvelles campagnes radiométriques ont été nécessaires sur les zones du sillon de Talbert et de l'île de Bréhat. L'ensemble des données radiométriques a été obtenu à l'aide du radiomètre Cimel de l'INRA d'Avignon. L'image du 05 mai 1989 a quant à elle fait l'objet du même traitement que celui décrit dans l'APD phase 2. Le traitement repose par conséquent sur les données radiométriques acquises durant le printemps et l'été 1992 et utilise le tableau de valeurs pour la correction de l'indice de couverture tel que décrit dans l'APD phase 2.

Pour la scène SPOT de 1998, l'indice de couverture algale a fait l'objet d'une correction à l'issue des campagnes de vérification du taux de couverture. Pour les zones à très faible taux de couverture lesquelles varient très peu dans le temps, certaines données terrains acquises en 1992 par L. Callens [Callens L, 1994] concernant le taux de couverture en fucales ont été utilisées.

Une carte concernant le changement en taux de couverture entre l'observation effectuée en 1998 et en 1989 sur la zone de présence des fucales a été élaborée. La génération du

masque « présence fucales » à partir du croisement des données altimétriques et du modèle numérique de terrain LIDAR est commenté dans le point suivant.

### 2.2.2 Test opérationnel pour la réalisation de la cartographie quantitative des quatre espèces de Fucales à l'échelle de l'aire sectorielle de « Paimpol – Bréhat »

L'aire sectorielle d'étude a été scindée en 2 sous-zones : une première zone « nord Sillon Talbert » en mode dit battu localisée au nord du Sillon de Talbert et une seconde zone « sud Sillon Talbert – Ile de Bréhat » en mode dit abrité située au sud du Sillon de Talbert et intégrant l'archipel de Bréhat. La disparité au niveau des données de répartition altimétriques pour certaines espèces de fucales entre ces deux sous-zones et l'absence sur la façade nord du Sillon de Talbert des espèces *Fucus Spiralis* et *Ascophyllum nodosum* nous a conduit à faire ce choix.

Préalablement au traitement final sous le logiciel Er Mapper visant à la production à partir de l'image SPOT de 1998 des indicateurs de suivi « couvertures et densités des quatre espèces de fucales », il a été nécessaire de générer l'ensemble des masques concernant le découpage altimétrique prédictif des ceintures de fucales. Ces masques ont été élaborés à partir du croisement sous le système d'information géographique SIG Arcview du MNT Lidar et des données moyennes d'étagement des quatre espèces de fucales obtenues sur le terrain au moyen du DGPS. Un masque spécifique « présence fucales » couvrant l'ensemble du sectoriel a aussi été créé.

Concernant le problème de l'espèce *Ascophyllum nodosum* présent uniquement sur la sous-zone « sud Sillon de Talbert – Ile de Bréhat » et qui, de part ses caractéristiques morphologiques, est reconnue pour s'organiser en touffes denses et ne quasiment jamais être en mélange avec *Fucus sp.*, un traitement terrain spécifique a été réalisé. Quatre jours de vérités terrain ciblées ont ainsi été nécessaires pour cartographier précisément la distribution des espèces *Ascophyllum nodosum* et *Fucus vesiculosus* à l'intérieur du masque altimétrique. L'image Spot traitée en taux de couverture, l'orthophoto IGN du littoral et le masque prédictif altimétrique de la zone de mixité ont été utilisés pour diriger les vérités terrains.

L'ensemble de ces masques définissant des aires potentielles de présence des algues en mélange ou non a ensuite été importé sous Er Mapper puis croisé avec l'image SPOT en taux de couverture du 07 août 1998. On obtient au final une image en taux de couverture pour chaque masque élaboré à l'étape précédente. L'étape suivante du traitement consiste en le calcul pour chaque image de la surface fictive en équivalent 100 %. Pour ce qui est du traitement des zones mixtes qui s'avèrent nombreuses sur la zone de l'archipel de Bréhat (présence de 2 voire 3 espèces d'algues dans un même masque), les levées altimétriques et de biomasses, les observations terrains effectuées pour chaque sous-zone ainsi que les données de répartition des peuplements obtenues par L. Callens [Callens L, 1994] sur le sectoriel « Paimpol – Bréhat » nous ont conduit à opter pour une équirépartition de la distribution des différentes espèces d'algues au sein du même masque. On rappelle que la méthodologie employée par L. Callens a consisté à proposer, suite à la connaissance terrain acquise sur les différentes zones du site étudié, une distribution des peuplements des différentes espèces en algues sur une dizaine de sous-zones de l'estran

du sectoriel « Paimpol – Bréhat ». Les sous-zones étant reconnues comme étant des zones à caractéristiques homogènes en ce qui concerne l'influence marine, le type de substrat et par là même les peuplements qu'elles comprennent.

L'évaluation quantitative a été obtenue en multipliant pour chaque espèce son équivalent 100 % par sa densité pondérale. Des vérités terrains supplémentaires ont ainsi été nécessaires afin d'évaluer sur les 2 sous-zones et pour chaque espèces de fucales les différentes densités pondérales. Au total, 123 quadrats de biomasses d'un mètre carrée ont été réalisés du 27 octobre 2003 au 13 novembre 2003.

Une analyse environnementale a également été menée sur les écarts entre le prédictif (surface colonisable en fucales estimée à partir du croisement du masque altimétrique « présence fucales » et de la BDPS du SHOM) et le réel (surface colonisée en fucales estimée à partir du croisement de l'image SPOT traitée et du masque altimétrique « présence fucales »).

### ***2.3- Production opérationnelle de l'indice zonal « couverture et biomasse en fucales » à l'échelle du Finistère nord***

Après inventaire auprès des services de SPOT France des scènes d'archive disponibles, l'image SPOT retenue pour l'étude est celle du 18 avril 2003 acquise en 10 mètres couleur sur le Finistère Nord (emprise allant de l'Aber Ildut à la baie de Morlaix soit un linéaire côtier de l'ordre de 120 km).

Les campagnes de levées radiométriques pour la calibration en réflectance de l'image SPOT par points de référence terrain ont été effectuées au moyen du radiomètre Cimel lors des grandes marées de Mars et d'Avril 2004 sur les zones côtières de Portsall, des Abers, de Brignogan, de Roscoff, de St Pol de Léon et de Morlaix (nombre de points radiométriques acquis : 44).

L'élaboration du référentiel altimétrique à partir de l'acquisition et du traitement de clichés quasi-verticaux ULM à l'échelle de la scène SPOT entière a nécessité les étapes suivantes :

- Mesures préalables de contrôle au DGPS de la limite basse en fucales sur les secteurs de l'aber Ildut, de Brignogan et de Roscoff,
- Définition théorique de l'horizon altimétrique afin de ne retenir dans l'estimation de la couverture végétale que l'espèce fucales et éliminer au maximum la contribution des algues rouges au taux de couverture estimé. Suite au contrôle préalable au DGPS sur les trois secteurs évoqués ci-avant, le niveau retenu a été fixé à + 2 mètres au dessus du zéro hydrographique correspondant à un coefficient moyen de marée de l'ordre de 88,
- Mise en place d'un plan de vol ULM en collaboration avec le SHOM. La tâche du SHOM a consisté à fournir au CEVA 19 points de références sur l'ensemble de la scène (points espacés en moyenne de l'ordre de 6 km) correspondant aux heures auxquelles l'ULM doit passer pour être compatible avec la hauteur d'eau fixée de + 2



mètres. Le CEVA s'est par ailleurs équipé d'un dispositif permettant au photographe embarqué dans l'ULM le report sur un écran de visualisation de chaque prise de vue avant acquisition afin de mieux cerner l'emprise au sol de chaque cliché et faciliter sur le plan de l'ergonomie les acquisitions en vol,

- Réalisation du vol ULM le 10 février 2004 par coefficient de marée de 88 à une altitude moyenne de 2000 mètres. Durée de vol d'environ 4 heures et acquisition de 100 clichés pour couvrir l'ensemble du linéaire côtier visé d'environ 120 km,
- Importation et géoréférencement de l'ensemble des clichés sous le SIG Arcview avec une précision de calage fixée inférieure à 10 mètres. Utilisation de données de référence dans l'opération de géoréférencement des prises de vues ULM: orthophotos IGN du littoral au format compressé « ecw », trait de côte du Shom au 25 000<sup>ème</sup> et du scan 25 de l'IGN,
- Tracé sous Arcview du polygone « Mer » à partir du contourage de la ligne d'atterrissage de la lame d'eau. La zone intertidale située entre le polygone « Mer » et le trait de côte du Shom constitue le masque « présence fucales »,
- Vérification de la validité du masque « présence fucales » à partir de levées au DGPS sur les secteurs de l'Aber Ildut, de Roscoff et de Brignogan.

Comme explicité au paragraphe 2.2.1, l'ensemble des traitements visant à la production de l'indice de couverture en fucales a été effectué sous le logiciel de traitement d'images Er Mapper. Un nouveau cahier de procédures techniques appliqué au traitement d'images SPOT sous Er Mapper a été élaboré. D'un point de vue purement méthodologique, ce dernier ne diffère pas de celui élaboré pour le traitement sous Erdas Imagine.

Sur les 44 points de radiométrie terrain, 28 ont été retenus pour la calibration en réflectance de l'image SPOT. L'indice de couverture algale brut calculé a fait l'objet d'une correction à l'issue de campagnes de vérification sur le terrain du taux de couverture sur le secteur côtier allant de Portsall à Brignogan incluant les Abers et sur le site de Santec à proximité de Roscoff. Les missions se sont déroulées du 05 au 09 avril 2004 et sur les 59 points échantillonnés sur le terrain (dont 20 points à taux de recouvrement nul), 52 d'entre eux ont été utilisés pour l'élaboration de la droite de régression permettant la correction du taux de couverture brut en fucales.

Une nouvelle méthodologie de calcul du taux de couverture terrain a été mise en place reposant sur l'utilisation d'un bout plombé délimitant un carré de 10 mètres de côté (taille du pixel SPOT 5) et doté sur chacun des cotés de son périmètre d'un repérage visuel tous les mètres. A partir de ce dispositif, la méthode appelée méthode des noeuds consiste ensuite à tendre, perpendiculairement en chaque noeud d'un des cotés du périmètre, une corde de 10 mètres de longueur elle-même dotée d'un échantillonnage visuel métrique et de comptabiliser en chaque point ou noeud fictif de cette corde si il y a présence ou absence de fucales (code 0 pour absence et 1 pour présence). Cela revient au final à subdiviser le quadrat de 100 mètres carrés en 121 quadrats d'un mètre carré. Une fois la

comptabilisation réalisée, quatre points GPS correspondant aux quatre coins du quadrat de 100 m<sup>2</sup> sont enregistrés en mode « Way Point ». L'utilisation du GPS en mode navigation amène à une précision planimétrique théorique moyenne d'environ 5 mètres donc de l'ordre du demi pixel SPOT ce qui paraît acceptable en regard de la précision globale du traitement. Cette méthode s'est avérée rapide et relativement précise à l'issue de la comparaison des pixels image et terrain. Enfin, dans un souci de plus grande précision, la valeur du pixel image retenue pour l'élaboration de la droite de régression « comparaison image – terrain » est la valeur la plus proche de celle estimée sur le terrain appartenant au quadrat de 10 \* 10 m<sup>2</sup> d'où l'intérêt pour le post-traitement d'une délimitation précise de chaque quadrat terrain au moyen de quatre points GPS.

Le croisement du masque « présence fucales » importé sous Er Mapper au format vecteur « erv » avec l'image Spot traitée en taux de couverture a permis le calcul de l'indice de couverture en fucales à l'échelle de la scène SPOT. La carte finale a ensuite été produite sous le logiciel SIG Arcview à l'issue d'une opération d'import de l'image en taux de couverture au format standard « bil – hdr ».

L'indice de biomasse en fucales sur l'ensemble de la scène SPOT a été calculé en multipliant la surface totale fictive en équivalent 100 % par la densité pondérale moyenne en fucales. L'évaluation de la biomasse moyenne en fucales a été réalisée sur les secteurs des Abers, de Brignogan et de Roscoff et a concerné les espèces *Fucus serratus*, *Fucus vesiculosus* et *Ascophyllum nodosum*. Au total, 50 quadrats ont été mesurés durant la première quinzaine du mois d'avril 2004.

### 3- RESULTATS

#### 3.1- Etablissement du référentiel altimétrique des ceintures algales sur le secteur de « Paimpol – Bréhat »

Le tableau 1 présenté ci-dessous synthétise le nombre de points (1223 au total) acquis au DGPS sur les deux zones définies préalablement et pour chaque espèce. On trouvera en annexe 1 les cartes représentant la localisation des points relevés au DGPS sur les limites inférieures et supérieures de ceintures sur le secteur de Port Blanc à Bréhat ainsi que la localisation des levées effectuées sur le secteur du Croisic.

	<i>Laminaria digitata</i>	<i>Fucus serratus</i>	<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Fucus spiralis</i>
Zone 1 : nord Sillon Talbert	181	200	182	-	31
Zone 2 : Sud Sillon Talbert - Ile de Bréhat	0	167	172	170	120

Tableau 1 : Synthèse par espèce du nombre de points acquis au DGPS sur la zone côtière allant de Port Blanc à l'Ile de Bréhat

Les tableaux 2 synthétise les statistiques des répartitions altitudinales des limites supérieures et inférieures des différentes espèces de grandes algues sur les deux sous-zones du sectoriel « Paimpol – Bréhat ». Pour la sous-zone « nord Sillon Talbert », l'espèce *Fucus spiralis* n'a pas été intégrée en raison d'une densité de population trop faible et par conséquent non représentative sur le plan statistique à l'échelle de la sous-zone. On rappelle que ces données sont toutes référencées par rapport au zéro hydrographique local. On trouvera en annexe 1 des statistiques plus détaillées sur les données d'étagement intégrant notamment l'écart type, l'intervalle de confiance...

Espèce	Zone 1 : nord Sillon Talbert	
	limite basse (m)	limite haute (m)
<i>Laminaria digitata</i>	-	1.67
<i>Fucus serratus</i>	1.38	3.98
<i>Fucus vesiculosus</i>	2.42	5.37

Espèce	Zone 2 : sud Sillon Talbert – Ile de Bréhat	
	limite basse (m)	limite haute (m)
<i>Fucus serratus</i>	1.54	4.5
<i>Fucus vesiculosus</i>	2.26	7.57
<i>Ascophyllum nodosum</i>	3.29	7.85
<i>Fucus Spiralis</i>	7.66	8.74

Tableau 2 : Répartition moyenne des limites altitudinales sur les deux sous-zones du sectoriel de « Paimpol – Bréhat »

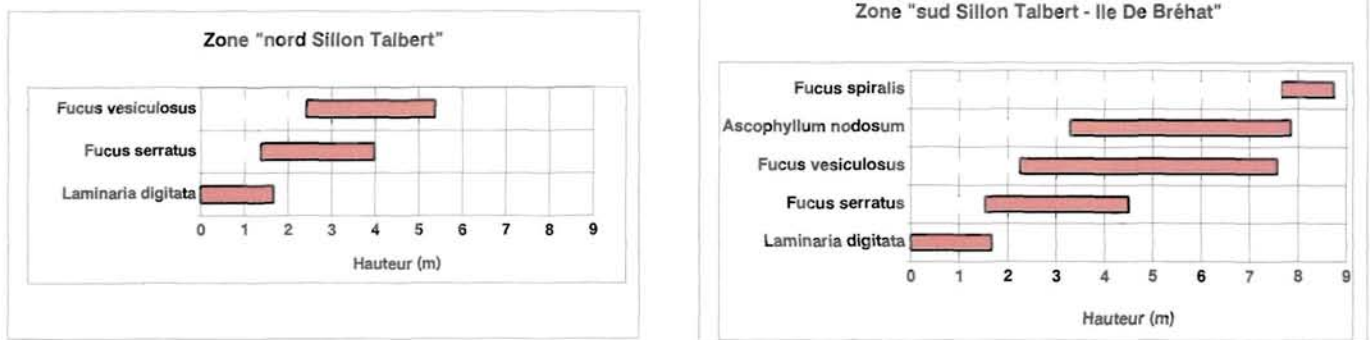


Figure 1 : Etagement des ceintures de fucales sur les deux sous-zones du sectoriel de « Paimpol – Bréhat »

En annexe 1 est également fournie les données synthétiques de biomasses réalisées sur le sectoriel de « Paimpol – Bréhat » et utilisées dans le cadre de l'estimation quantitative du test sur les quatre espèces de fucales.

Outre l'intérêt scientifique concernant les limites de ceinture des différentes grandes espèces, les levées quasi-centimétriques effectuées au DGPS ont permis d'apprécier la propre précision du MNT Lidar dont les précisions attendues sur estran sédimentaire sont de l'ordre de 20 cm en planimétrie et de 10 à 15 cm en altitude. On observe en effet que la quasi-totalité des points relevés au DGPS coïncident sur le plan de l'altimétrie avec les données du Lidar à l'exception de certaines zones de fortes pentes.

### 3.2- Production de l'indice « couverture en fucales » pour les deux scènes SPOT du 05 mai 1989 et du 07 août 1998 sur le secteur de « Paimpol – Bréhat »

Les cartes finales de couverture en fucales pour les deux images SPOT ainsi que le taux de changement de la couverture en fucales entre l'observation de 1998 et de 1989 sont fournies en annexe 2.

Les paramètres utilisés pour les calibrations des deux images en réflectance, pour le calcul des deux indices de couverture en fucale sont résumés dans les tableaux 3 et 4 présentés ci-dessous. Les droites de régression utilisées pour la correction des indices de couverture sont également précisées.

Canal	Coefficient de corrélation	Droites de Régression
<b>Image du 05 mai 1989</b>		
XS1	0.985	$Y=0.305 * X - 7.666$
XS2	0.993	$Y=0.283 * X - 2.214$
XS3	0.983	$Y=0.434 * X - 4.105$
<b>Image du 07 août 1998</b>		
XS1	0.969	$Y=0.251 * X - 4.134$
XS2	0.980	$Y=0.258 * X - 0.730$
XS3	0.973	$Y=0.465 * X - 2.569$

Tableau 3 : Coefficients de corrélation et droites de régression obtenues pour les calibrations en réflectance des deux scènes SPOT

	Image du 05 mai 1989	Image du 07 août 1998
XS2a	4.3	4.5
XS3a	39.1	41.3
Droites des roches	$XS3=0.965 * X + 2.588$	$XS3=0.928*XS2 + 3.207$

Tableau 4 : Comparaison pour les deux images des réflectances des algues pures et des droites des roches

Les valeurs seuil utilisées pour la création des masques mer par seuillage sur les valeurs de réflectance dans le canal infrarouge sont de 8 pour l'image de 1989 et de 6 pour l'image de 1998.

Les droites de régression qui ont été appliquées aux deux images SPOT pour la correction de l'indice de couverture algale sont données par les relations suivantes :

- **Image du 05 mai 1989** :  $VCI \text{ corrigé} = 1.072 * VCI \text{ calculé} - 0.259$
- **Image du 07 août 1998** :  $VCI \text{ corrigé} = 0.921 * VCI \text{ calculé} + 4.030$

Les cartes finales de couverture en fucales pour les deux images SPOT de 1989 et 1998 ainsi que la carte de changement du taux de couverture ont été classifiées tel que définies dans l'APD phase 2.

### 3.3- Test opérationnel pour la réalisation de la cartographie quantitative complète des quatre espèces de Fucales à l'échelle de l'aire sectorielle de « Paimpol – Bréhat »

Les données altimétriques relevées sur le terrain concernant l'étagement des quatre espèces de fucales nous ont conduit à la réalisation de trois masques sur la zone « nord Sillon Talbert » et de sept masques sur la zone « sud Sillon Talbert - Ile de Bréhat ».

Les principales caractéristiques des masques générés sur les deux sous-zones du sectoriel « Paimpol – Bréhat » en termes d'altimétrie et de surface sont résumées dans les tableaux 5 et 6 présentés ci-dessous.

Espèce	zone " nord Sillon Talbert"			
	type de zone	ceintures		Surface des masques(ha)
		Inférieure (m)	Supérieure (m)	
<i>Fucus serratus</i>	pure	1.38	2.42	275
<i>Fucus serratus</i> + <i>Fucus vesiculosus</i>	mixte	2.42	3.98	482
<i>Fucus vesiculosus</i>	pure	3.98	5.37	411

Tableau 5 : caractéristiques altimétriques et surfaciques des trois masques générés dans la sous-zone « nord Sillon Talbert »

Espèce	zone " sud Sillon Talbert - Ile de Bréhat"			
	type de zone	ceintures		Surface des masques(ha)
		Inférieure (m)	Supérieure (m)	
<i>Fucus serratus</i>	pure	1.54	2.26	229
<i>Fucus serratus</i> + <i>Fucus vesiculosus</i>	mixte	2.26	3.29	379
<i>Fucus serratus</i> + <i>Fucus vesiculosus</i> + <i>Ascophyllum nodosum</i>	mixte	3.29	4.50	474
<i>Fucus vesiculosus</i>	pure	4.50	7.57	49
<i>Ascophyllum nodosum</i>	pure	4.50	7.66	656
<i>Ascophyllum nodosum</i> + <i>Fucus spiralis</i>	mixte	7.66	7.85	3
<i>Fucus spiralis</i>	pure	7.85	8.74	103

Tableau 6 : caractéristiques altimétriques et surfaciques des sept masques générés dans la sous-zone « sud Sillon Talbert – Ile de Bréhat »

Sur la sous-zone « sud Sillon Talbert – Ile de Bréhat », on constate que si initialement, les deux zones pures en *Fucus vesiculosus* et *Ascophyllum nodosum* ne constituaient qu'un seul masque (zone mixte avec ces deux espèces en mélange), les vérités terrains supplémentaires ont permis de montrer que la distribution surfacique de ces deux espèces au sein de ce masque penche nettement en faveur de *Ascophyllum nodosum* qui occupe plus de 90 % de la surface totale du masque contre environ 10 % pour *fucus vesiculosus*.

Une cartographie de l'ensemble des masques pour chaque sous-zone est proposée en annexe 3. Sur ces planches, on remarquera que la zone « nord Sillon Talbert » s'étend légèrement vers le sud du Sillon du Talbert. Ceci est lié au découpage initial des 28 tuiles Lidar que nous avons finalement agrégé en deux sous-zones avec impossibilité d'intégrer l'ensemble de la zone homogène « nord Sillon Talbert » sans déborder légèrement vers le sud. Etant donné les très faibles taux de recouvrement en algue sur cette partie de l'estran, le biais introduit lors du traitement des différents masques peut être considéré comme négligeable.

Les cartes finales obtenues à partir de l'image SPOT de 1998 représentant les indices de couverture des quatre espèces de fucales en mélange ou non sur les deux sous-zones du sectoriel « Paimpol – Bréhat » sont fournies en annexe 4. Le tableau 5 ci-dessous synthétise par espèce les surfaces totales obtenues en équivalent 100 % ainsi que les biomasses totales estimées. En annexe 5, on trouvera les résultats détaillés pour chaque sous-zone et par espèce en termes de taux de couverture et de biomasse.

Espèce de fucales	Sectoriel « Paimpol – Bréhat »	
	surface en ha en équivalent 100 %	Biomasse totale (Tonnes)
<i>Fucus serratus</i>	214	18594
<i>Fucus vesiculosus</i>	195	11991
<i>Ascophyllum nodosum</i>	115	15390
<i>Fucus spiralis</i>	20	644
<b>TOTAL</b>	<b>543</b>	<b>46619</b>

Tableau 7 : synthèse par espèce des surfaces totales en équivalent 100 % et des biomasses totales obtenues à partir de l'image SPOT de 1998

La figure 2 ci-après synthétise les résultats obtenus sur le sectoriel « Paimpol – Bréhat ».

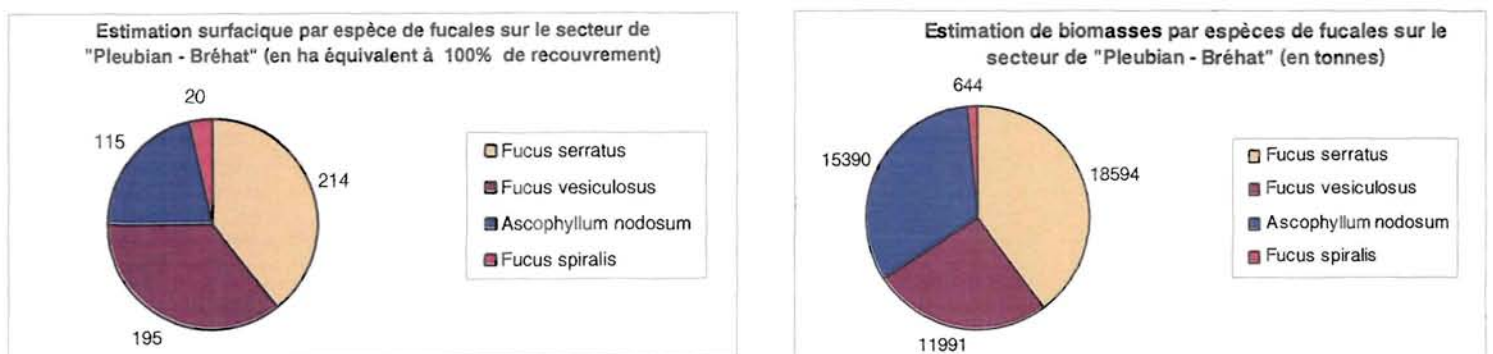


Figure 2 : résultats de l'estimation surfacique et de biomasse par espèce de fucales sur le sectoriel de « Paimpol – Bréhat »

Les résultats de l'étude en termes de pourcentage de répartition par espèce de la surface totale fictive en équivalent 100 % et de la biomasse totale en fucales sont présentés dans le tableau 6 ci-dessous.

Espèce de fucales	Sectoriel " Paimpol - Bréhat "	
	Pourcentage de la surface totale en fucales éq. 100 %	Pourcentage de la biomasse totale en fucales
<i>Fucus serratus</i>	39	40
<i>Fucus vesiculosus</i>	36	26
<i>Ascophyllum nodosum</i>	21	33
<i>Fucus spiralis</i>	4	1

Tableau 8 : Pourcentage de la répartition par espèce de la surface totale en équivalent 100 % et de la biomasse sur le sectoriel « Paimpol – Bréhat »

Le tableau 9 ci-dessous propose une comparaison en termes de surfaces totales en équivalent 100 % et de biomasses totales à l'échelle du sectoriel de « Paimpol – Bréhat » des résultats du test Rebent « quatre fucales » avec ceux obtenus par L. Callens à partir de l'image SPOT du 05 mai 1989 sur ce même secteur.

	Biomasse (en tonnes)			Surface en éq. 100 %		
	Fucus sp	Asco. nodosum	Total	Fucus sp	Asco. nodosum	Total
L.Callens - Image 89*	36007	10890	46897	485	100	585
Test 4 fucales - Image 98	31229	15390	46619	428	115	543

\* Estimation réalisée à partir de la droite des roches :  $XS3 = 7,3 + 0.86 * XS2$  avec prise en compte des 6 sous-zones suivantes : Petite Grève, Grande Grève Sud Ster, Grande Grève Nord Ster, Nord Sillon, Baie de Pommelin et de Paimpol, Ilots de Bréhat

Tableau 9 : Comparaison à l'échelle du sectoriel « Paimpol – Bréhat » des estimations surfaciques et de biomasses en fucales obtenues par L. Callens à partir de l'image de 1989 avec les résultats du test Rebent « quatre fucales »

Une analyse environnementale représentant les écarts entre la surface prédictive et réelle de l'estran colonisable par les fucales a été menée. La surface potentielle de l'estran colonisable par les quatre espèces de fucales a été évaluée à partir du croisement de la BDPS et du masque « présence fucales » tandis que la surface réelle a été obtenue à partir de la combinaison de l'image SPOT de 1998 traitée en taux de couverture mais non ramenée en équivalent 100 % avec le masque « présence fucales ». L'analyse environnementale aboutit à une sous-estimation de la surface prédictive évaluée à 1613 ha contre 3103 ha pour la surface réelle. Le facteur deux observé entre le prédictif et le réel est dû en grande partie à la prise en compte au niveau de l'image SPOT du couvert végétal en algues vertes, entéromorphes et schorres sur les zones sablo-vaseuses qui s'avèrent être des zones d'estrans à faible taux de recouvrement de l'ordre de 10 % en moyenne : estrans à entéromorphes au sud de Bréhat, dans la partie nord et sud de la baie de Pommelin, estran sablo-vaseux au sud du Sillon de Talbert, zone à schorres devant



Lanros... Aussi, si l'on ne tient pas compte de la classe 10 %, on constate que la surface « réelle » hors équivalent 100% évaluée avec l'image SPOT 1998 est de 1674 ha donc quasiment égale au prédictif de 1613 ha.

### ***3.4- Production opérationnelle de l'indice zonal « couverture et biomasse en fucales » à l'échelle du Finistère nord***

En annexe 6 est fournie la carte représentant la localisation des 19 points de référence élaborée par le Shom pour le passage de l'ULM à la hauteur d'eau souhaitée (fixée à + 2 m au dessus du zéro hydrographique local). On trouvera également sur 2 sous-zones (Roscoff et les Abers) une présentation cartographique du masque « présence fucales » élaboré sous Arcview au format fichier de forme ESRI à partir du traitement des 100 clichés ULM quasi-verticaux. Etant donné le nombre d'îlots présents dans la zone d'étude du Finistère nord, seuls les îlots les plus significatifs en terme surfacique ont été intégrés au masque. Parmi ceux intégrés à la numérisation, on peut citer les îlots localisés devant l'Aber Ildut, Porspoder, Portsall, Aber Wrac'h, Plouguerneau, Guisseny, Plouescat, Roscoff...

La précision réelle du masque élaboré s'avère satisfaisante en regard de l'objectif visé (hauteur d'eau de + 2 mètres par rapport au zéro hydrographique). La majeure partie des 169 points acquis au DGPS sur la limite basse des fucales (en moyenne de l'ordre de 1,44 m au dessus du zéro Shom) sur les trois zones de l'Aber Ildut, de Brignogan et de Roscoff se trouve positionné à l'extérieur du masque à un niveau altimétrique inférieur. Toutefois, la précision globale de la chaîne de traitement mise au point (de l'acquisition en vol à l'élaboration du masque) est difficilement évaluable à l'échelle de la scène SPOT. L'imprécision relative liée aux heures de passage de l'ULM pour l'acquisition des prises de vue aériennes, au calage des clichés quasi-verticaux, à la difficulté de repérage de la lame d'eau sur les secteurs faiblement contrastés sont autant de facteurs pouvant affecter localement la précision globale du traitement.

La carte finale exprimant le taux de couverture en fucales pour l'image SPOT du 18 avril 2003 est reportée en annexe 7. Etant donné la longueur du linéaire côtier à présenter, la carte finale a été découpée en 4 zones adjacentes : de l'Aber Ildut à St Pabu, de St Pabu à Kerlouan, de Kerlouan à Cléder et de Cléder à Carantec. Sur ces cartes, les zones hachurés, qui représentent des zones à algues vertes et schorres, n'ont pas été intégrées au calcul du taux de couverture totale en fucales.

Les paramètres utilisés pour la calibration de l'image en réflectance, pour le calcul du VCI (indice de couverture végétale) et de la droite de régression utilisée pour la correction de l'indice brut de couverture en fucales sont présentés dans les tableaux 10 et 11 ci-dessous.

#### 4 CONCLUSION

Concernant l'étude menée à l'échelle du sectoriel de « Paimpol – Bréhat », il s'est avéré possible à l'aide des levées altimétriques réalisées au DGPS sur les limites de ceinture par espèce de fucales et du Modèle Numérique de Terrain Lidar de déterminer des aires potentielles de présence des quatre espèces de fucales. Le croisement de ces aires de présence en fucales avec l'image SPOT de 1998 traitée a permis de produire une cartographie de l'indice de couverture et de biomasse par espèce. En outre, les estimations totales surfaciques et quantitatives obtenues à l'issue du test « quatre fucales » se sont révélées proches de celles obtenues par L. Callens à partir de l'image SPOT de mai 1989. On observe toutefois entre les deux estimations une distribution surfacique et biomassique différente entre les espèces *Fucus sp* et *Ascophyllum nodosum*.

D'une manière générale, l'accès à la connaissance du couvert végétal par espèce pose le problème du choix de la distribution des peuplements à l'échelle du secteur étudié. Deux stratégies existent pour remédier à ce problème : celle utilisée par L. Callens qui a consisté, suite à la connaissance terrain acquise, à proposer une répartition des peuplements des principales espèces (*Fucus sp*, *Ascophyllum nodosum* et *Laminaria digitata*) et ce sur six sous-zones reconnues comme étant des zones à caractéristiques homogènes en termes de peuplements. Cette méthodologie, qui exige une connaissance terrain accrue du secteur étudié, pose cependant le problème de l'objectivité quant au choix de la distribution des peuplements sur des zones couvrant en général plusieurs centaines d'hectares. La seconde méthodologie expérimentée par le Ceva au cours de cette étude a consisté, suite au croisement du MNT Lidar et de données précises d'étagements des peuplements, à proposer des zones potentielles de présence des quatre espèces de fucales. Le principal biais de cette méthodologie réside dans l'interprétation de la distribution au sein des zones de mixité des espèces *Fucus sp* et *Ascophyllum nodosum* reconnues comme étant des espèces très rarement en mélange. Pour palier à ce manque d'information, des vérités terrain ciblées ont été engagées sur la principale zone de mixité en terme surfacique à savoir « *Ascophyllum nodosum* / *Fucus vesiculosus* » afin de préciser la distribution de ces deux espèces au sein du masque.

D'autre part, concernant l'analyse environnementale menée à l'échelle du sectoriel, la très forte cohérence des résultats entre les deux approches prédictives et réelles pour l'estimation de la couverture en fucales nous incite à penser qu'il serait intéressant de comparer sur un autre secteur d'étude ces deux approches afin de valider définitivement l'intérêt de l'utilisation de la BDPS comme outil prédictif de la surface potentielle maximum colonisable en fucales.

Pour ce qui est de l'étude réalisée à l'échelle zonale sur le « Finistère Nord », le découpage à l'aide de prise de vues quasi-verticales ULM pour l'élaboration du masque « présence fucales » a clairement répondu à nos attentes. Cette méthode, désormais reproductible sur d'autres secteurs géographiques, permet de manière assez rapide et à moindre coût avec une précision certes moyenne mais a priori suffisante en regard de l'objectif fixé d'accéder sur de larges zones à la connaissance du couvert en fucales en vue de la mise en place d'un suivi long terme de son évolution spatio-temporelle. Les futures levées LIDAR sur le

sectoriel des Abers permettra de mieux évaluer la précision du masque à l'échelle de cette zone.

En définitive, les résultats obtenus dans cette étude répondent aux objectifs du Rebent pour ce qui est notamment de la connaissance du domaine benthique sur le volet inventaire des espèces algales à forte valeur écologique, surveillance de son évolution à moyen et long terme et développement d'outils de recherche appliquée scientifique :

- Calcul du couverture totale en fucales retenue comme indicateur de l'état de santé des grandes algues à une échelle zonale du linéaire côtier breton (estimation réalisée sur la zone Finistère nord),
- Calcul détaillé de la couverture et de la biomasse en place par espèce de fucales à l'échelle sectorielle (estimation réalisée sur le sectoriel « Paimpol – Bréhat »),
- Accès au suivi à l'échelle zonale et sectorielle des variations temporelles du taux de couverture à condition que les clichés soient pris à la même saison afin de permettre une interprétation objective à l'échelle pluriannuelle de l'évolution du couvert algale. (estimation réalisée sur le sectoriel « Paimpol – Bréhat » entre les images SPOT de 1998 et 1989). A ce titre, la comparaison, envisagée au titre du programme Rebent 2004 sur le sectoriel des Abers, de la couverture en fucales à partir du croisement des images Spot du 27 avril 1987 et du 18 avril 2003 devrait être riche d'enseignement,
- Acquisition de données de références et développement de méthodologies et d'outils scientifiques réutilisables pour de nouvelles estimations qualitatives et quantitatives du couvert en fucales, du suivi de son évolution à moyen terme (périodicité d'observation retenue de 6 ans) avec possibilité d'analyser de manière rétrospective d'anciennes images SPOT : établissement d'un référentiel altimétrique et définition d'aires potentielles de présence pour les quatre espèces de fucales sur le sectoriel « Paimpol – Bréhat », élaboration d'un masque de référence définissant la zone de présence en fucales sur le linéaire côtier du Finistère Nord, acquisition de données radiométriques de terrain, de données moyennes de biomasses par espèces de fucales... L'ensemble de ces données permettra à l'avenir d'aller dans le sens d'une réduction du nombre de vérités terrain qui apparaît également comme un des objectifs important du Rebent.

# ANNEXES

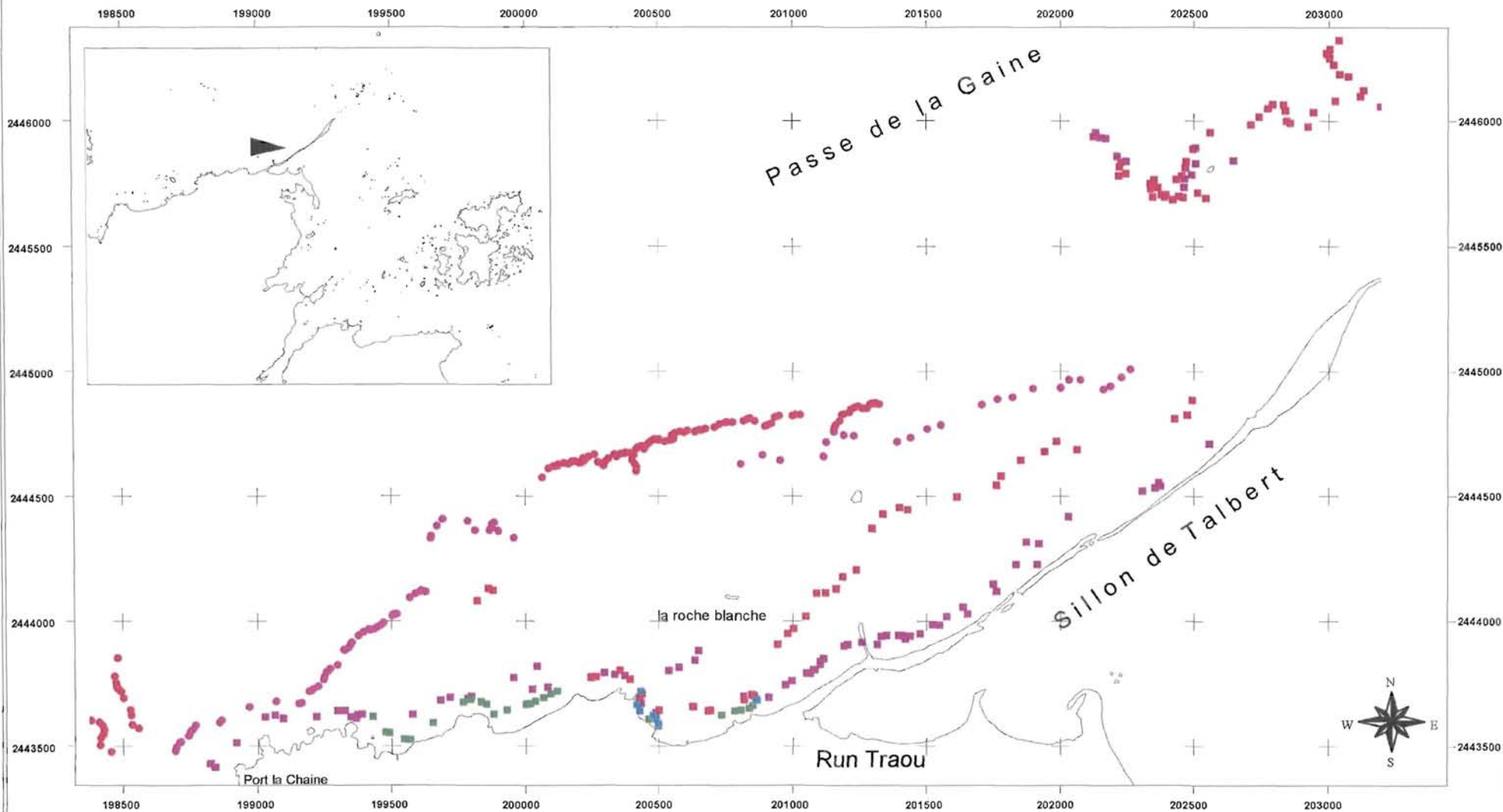
ANNEXE 1 : Cartographies et synthèses  
statistiques des acquisitions terrains sur les  
limites de ceintures sur les zones de Port-Blanc  
à Bréhat et du Croisic

Cartographies et synthèses statistiques des  
données de biomasses sur le sectoriel de  
« Paimpol – Bréhat »

---

# Localisation des points relevés au DGPS sur les limites de ceintures de fucales

## Zone "nord Sillon Talbert"



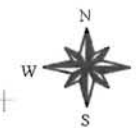
### Ceintures supérieures

- Fucus spiralis
- Ascophyllum nodosum
- Fucus vesiculosus
- Fucus serratus

### Ceintures inférieures

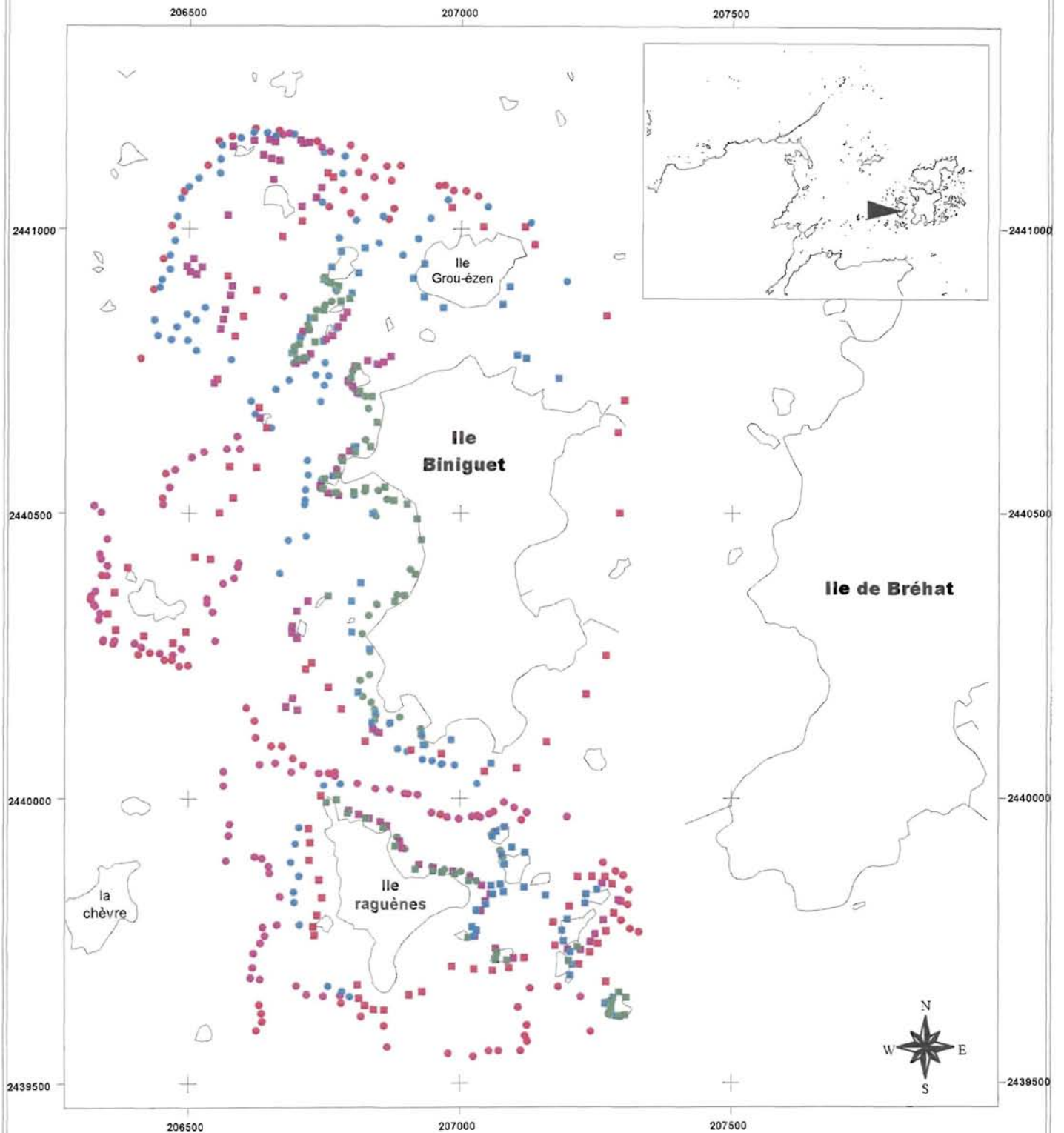
- Fucus spiralis
- Ascophyllum nodosum
- Fucus vesiculosus
- Fucus serratus

0 0.7 1.4 Kilometers



# Localisation des points relevés au DGPS sur les limites de ceintures de fucales

Zone "sud Sillon Talbert - Ile de Bréhat"



## Ceintures supérieures

- *Ascophyllum nodosum*
- *Fucus spiralis*
- *Fucus vesiculosus*
- *Fucus serratus*

## Ceintures inférieures

- *Ascophyllum nodosum*
- *Fucus spiralis*
- *Fucus vesiculosus*
- *Fucus serratus*

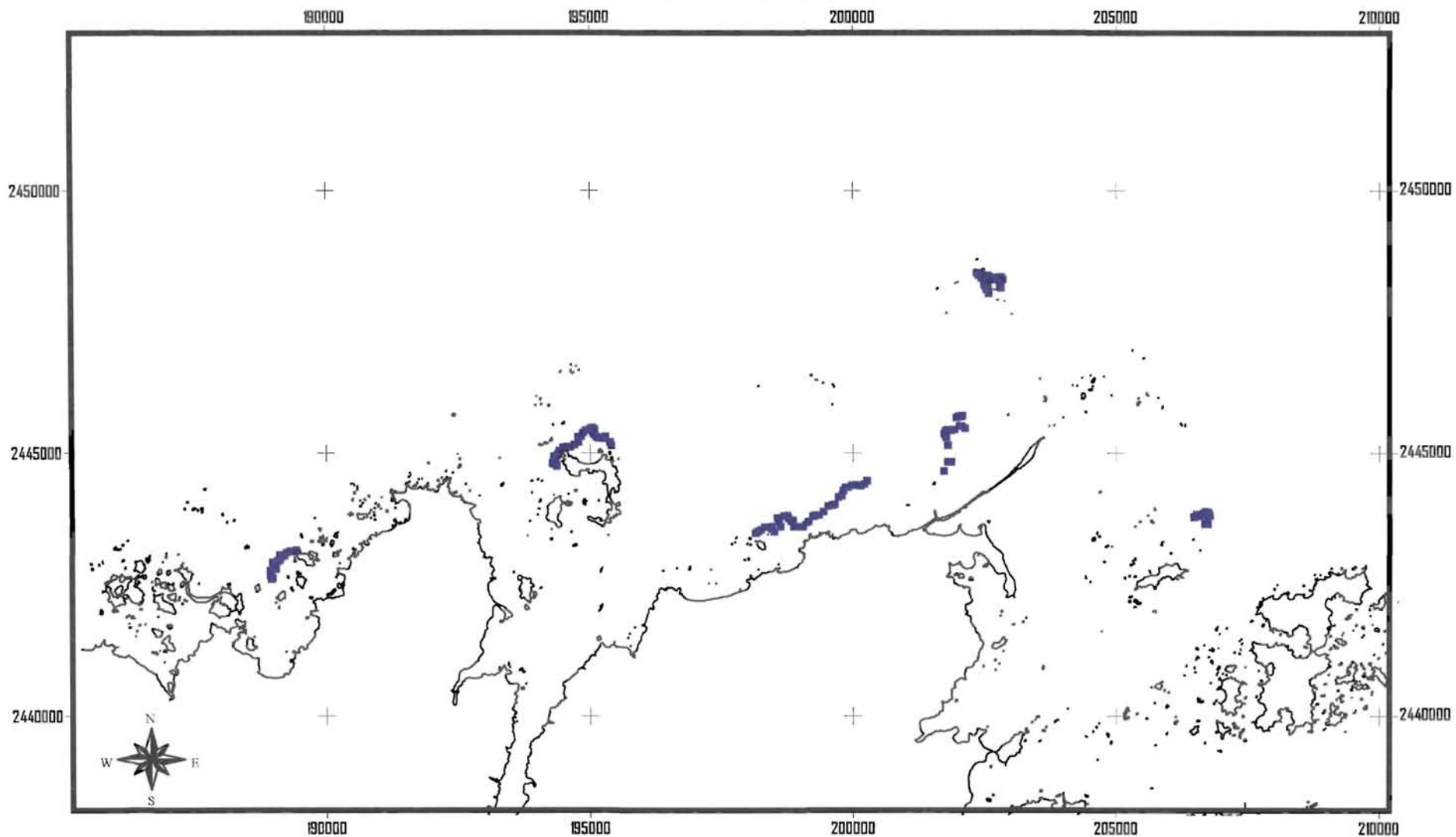


0 0.5 Kilometers

A horizontal scale bar showing a length of 0.5 kilometers, with a '0' at the start and '0.5 Kilometers' at the end.

# Localisation des points relevés au DGPS sur la limite supérieure de *Laminaria digitata*

Zone Port Blanc - Sillon du Talbert



## Ceinture supérieure

■ *Laminaria digitata*

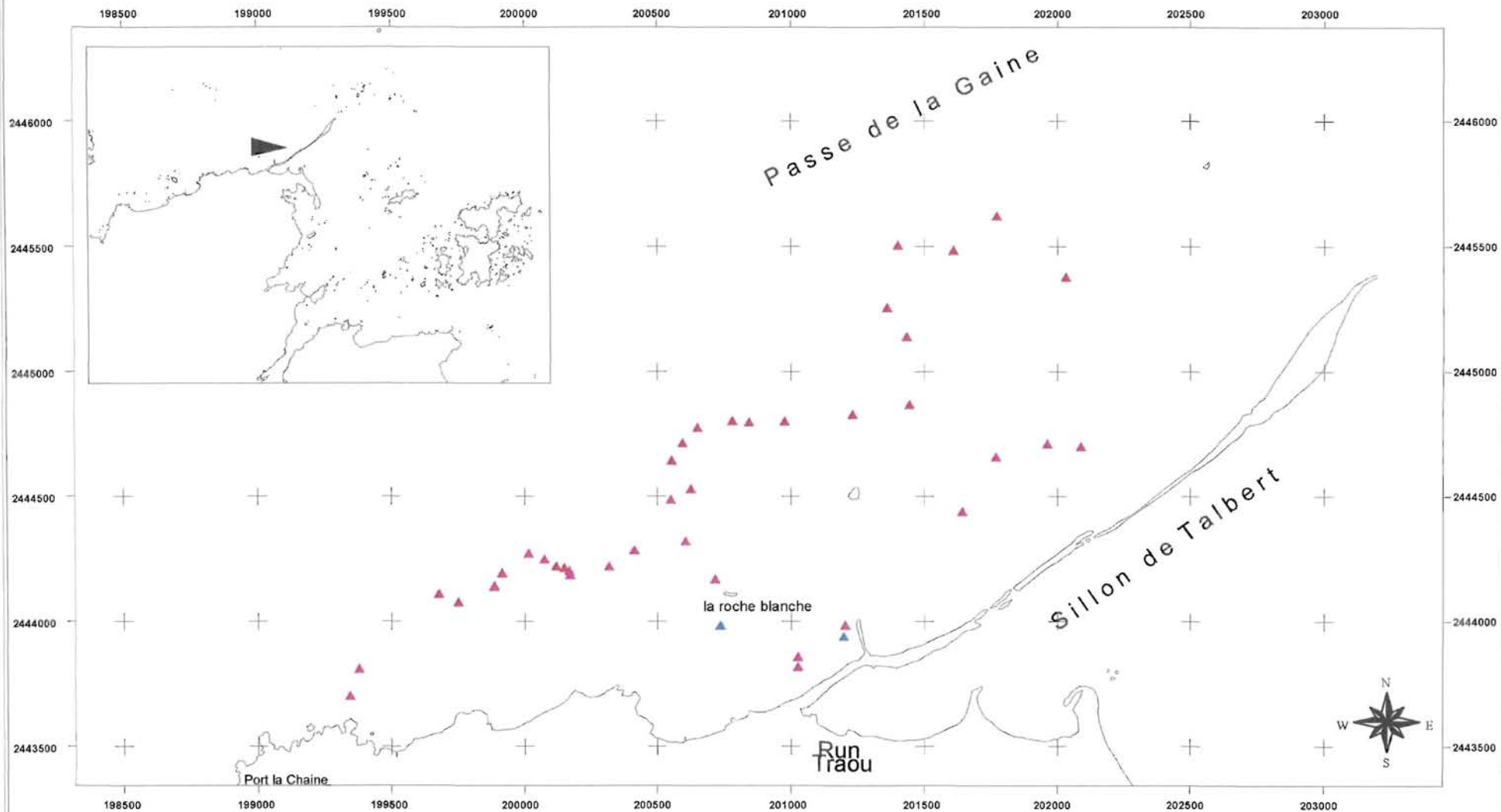
0 3 6 9 Kilometers





# Localisation des mesures de biomasses de fucales

## Zone "nord Sillon Talbert"



### Espèces

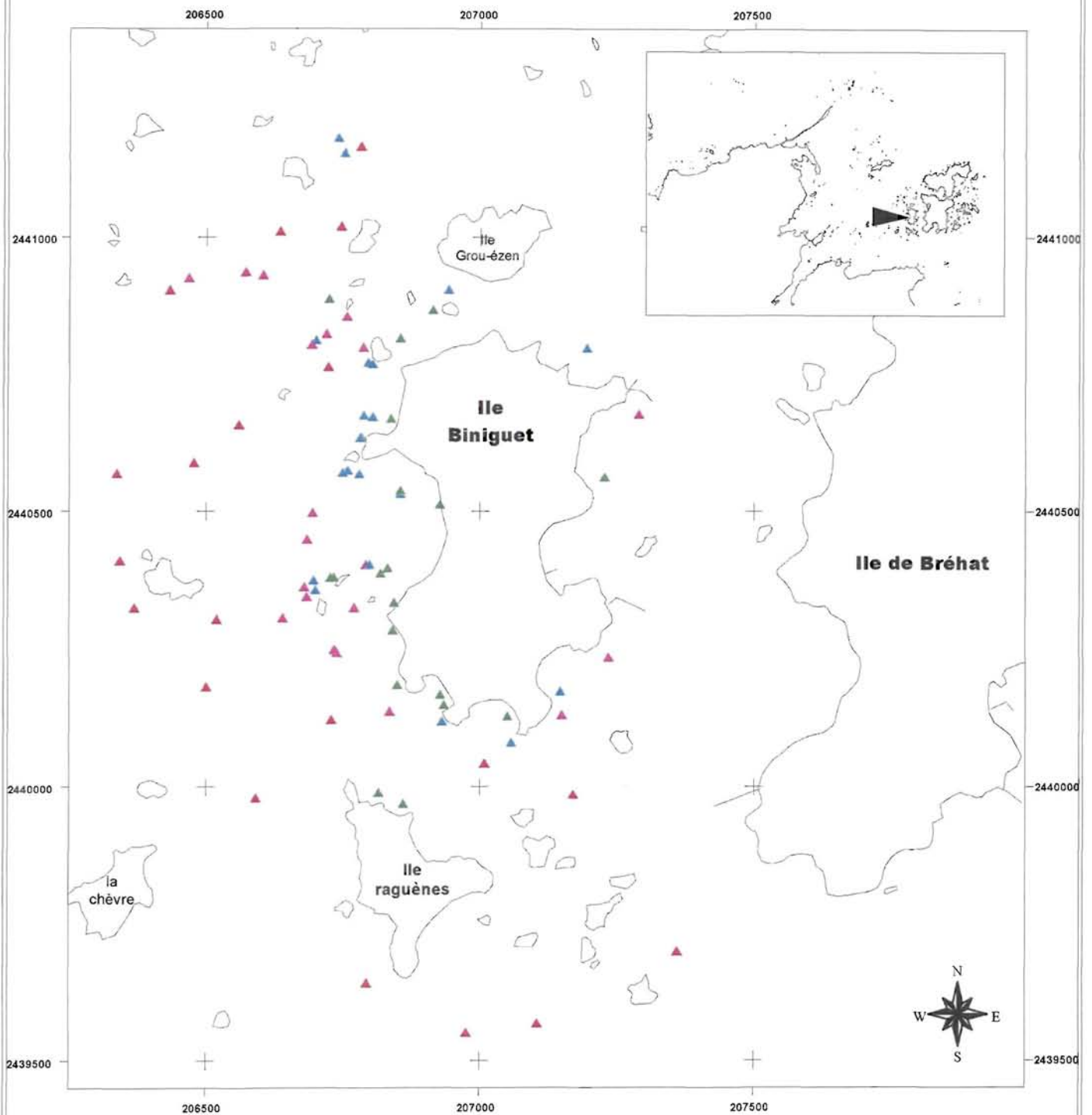
- ▲ *Ascophyllum nodosum*
- ▲ *Fucus vesiculosus*
- ▲ *Fucus serratus*

0 0.7 1.4 Kilometers



# Localisation des mesures de biomasses de fuciales

## Zone "sud Sillon Talbert - Ile de Bréhat"



### Espèces

- ▲ *Fucus spiralis*
- ▲ *Ascophyllum nodosum*
- ▲ *Fucus vesiculosus*
- ▲ *Fucus serratus*

0 0.5 1 Kilometers



**Répartition moyenne des limites altitudinales sur les deux sous zones "Nord Sillon de Talbert", "Sud Sillon de Talbert - Bréhat"  
et sur le sectoriel "Paimpol - Bréhat"**

Espèces	Ceintures	Secteurs							
		Sillon				Bréhat			
		nombre	moyenne	écart type	intervalle de confiance (a=0,05)	nombre	moyenne	écart type	intervalle de confiance (a=0,05)
<i>Fucus spiralis</i>	supérieure	31	<b>6,73</b>	0,96	0,34	60	<b>8,74</b>	0,28	0,07
	inférieure		-			60	<b>7,66</b>	0,19	0,05
<i>Ascophyllum nodosum</i>	supérieure		-			89	<b>7,85</b>	0,34	0,07
	inférieure		-			81	<b>3,29</b>	0,35	0,08
<i>Fucus vesiculosus</i>	supérieure	95	<b>5,37</b>	0,75	0,15	87	<b>7,57</b>	0,44	0,09
	inférieure	87	<b>2,42</b>	0,13	0,03	85	<b>2,26</b>	0,46	0,1
<i>Fucus serratus</i>	supérieure	83	<b>3,98</b>	0,82	0,17	84	<b>4,5</b>	0,74	0,16
	inférieure	117	<b>1,38</b>	0,22	0,04	83	<b>1,54</b>	0,3	0,06
<i>Laminaria digitata</i>	supérieure	181	<b>1,67</b>	0,26	0,038		-		
	-		-				-		

Sectoriel « Paimpol – Bréhat »					
Espèces	Ceintures	nombre	moyenne	écart type	intervalle de confiance (a=0,05)
<i>Fucus spiralis</i>	supérieure	91	<b>8,06</b>	1,13	0,23
	inférieure		-		
<i>Ascophyllum nodosum</i>	supérieure		-		
	inférieure		-		
<i>Fucus vesiculosus</i>	supérieure	182	<b>6,42</b>	1,26	0,18
	inférieure	172	<b>2,34</b>	0,34	0,05
<i>Fucus serratus</i>	supérieure	167	<b>4,24</b>	0,82	0,12
	inférieure	200	<b>1,45</b>	0,26	0,04
<i>Laminaria digitata</i>	supérieure		-		
	-		-		

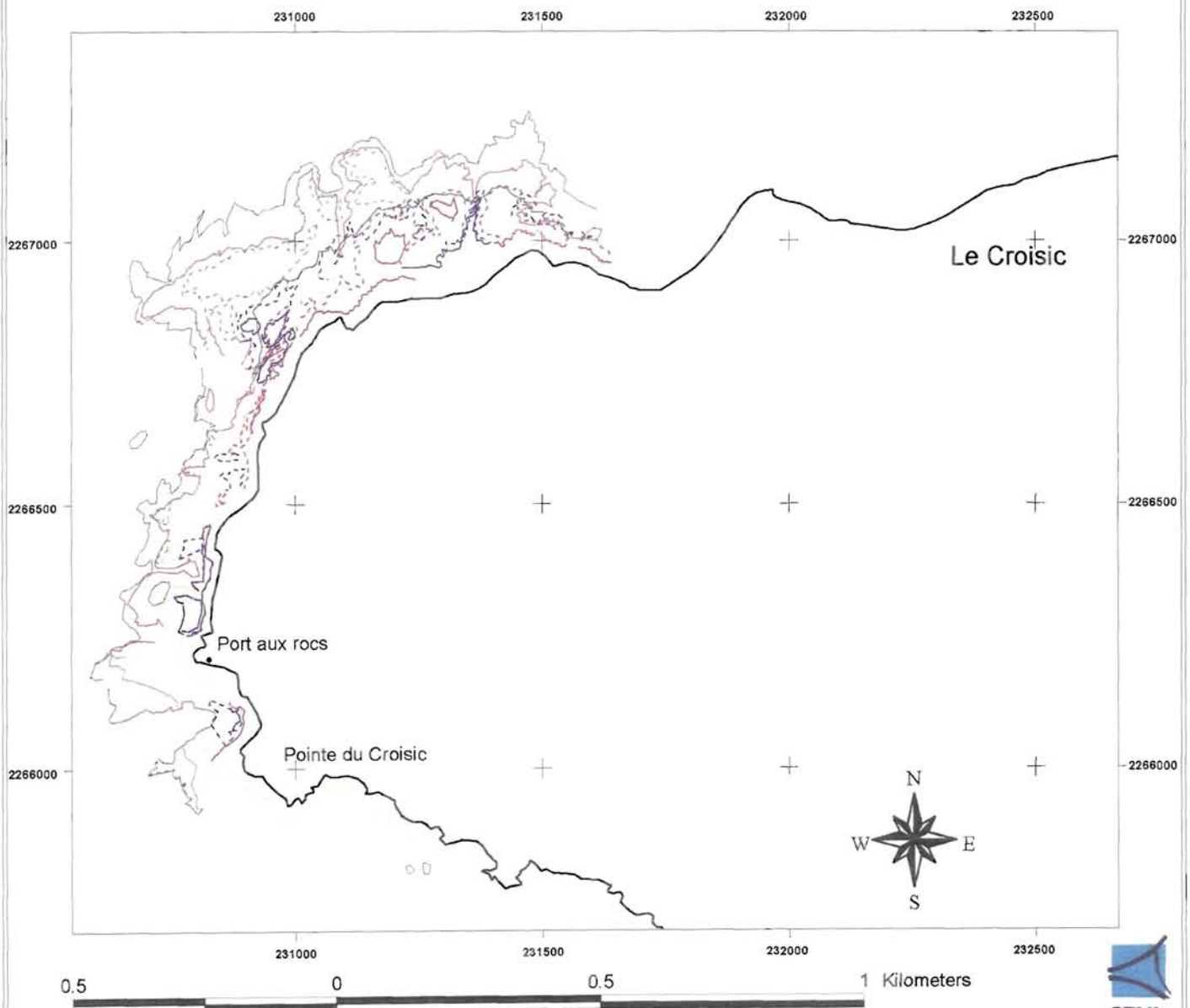
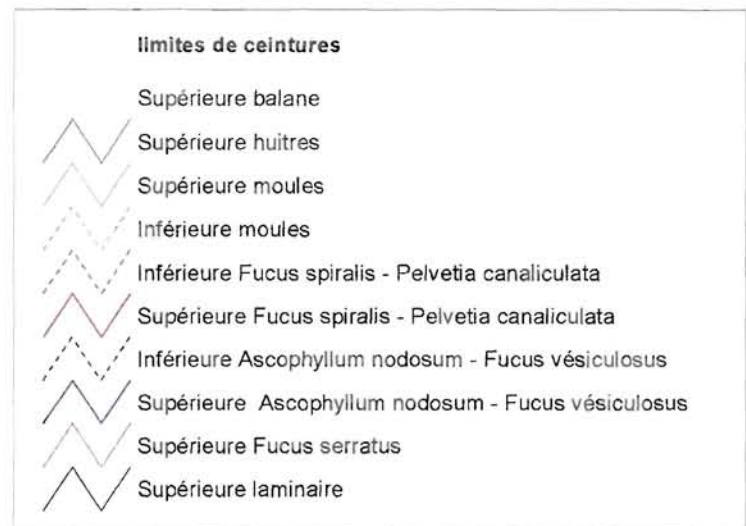
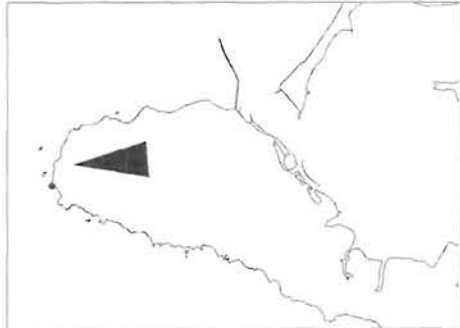
**Synthèse des acquisitions de biomasses sur les deux sous-zones  
du sectoriel "Paimpol - Bréhat"**

<b>Zone "nord Sillon Talbert"</b>			
<b>Espèce</b>	<b>nbre quadrats</b>	<b>biomasse [Kg/ m<sup>2</sup>]</b>	<b>Ecart type [Kg/ m<sup>2</sup>]</b>
Fucus serratus	20	10	2
Fucus vesiculosus	21	6	1,3

<b>Zone "sud Sillon Talbert - Ile de Bréhat"</b>			
<b>Espèce</b>	<b>nbre quadrats</b>	<b>biomasse [Kg/ m<sup>2</sup>]</b>	<b>Ecart type [Kg/ m<sup>2</sup>]</b>
Fucus serratus	35	8,6	2,5
Fucus vesiculosus	33	6,5	1,9
Ascophyllum nodosum	20	13,4	4,5
Fucus Spiralis	20	3,2	1

# Localisation des points relevés au GPS sur les limites de ceintures

Secteur du Croisic



ANNEXE 2 : Cartes de couverture en fucales  
des deux images SPOT du 05 mai 1989 et du 07  
août 1998 sur le sectoriel « Paimpol – Bréhat »




Carte d'évolution temporelle de la couverture  
en fucales entre les images SPOT de 1998 et  
1989

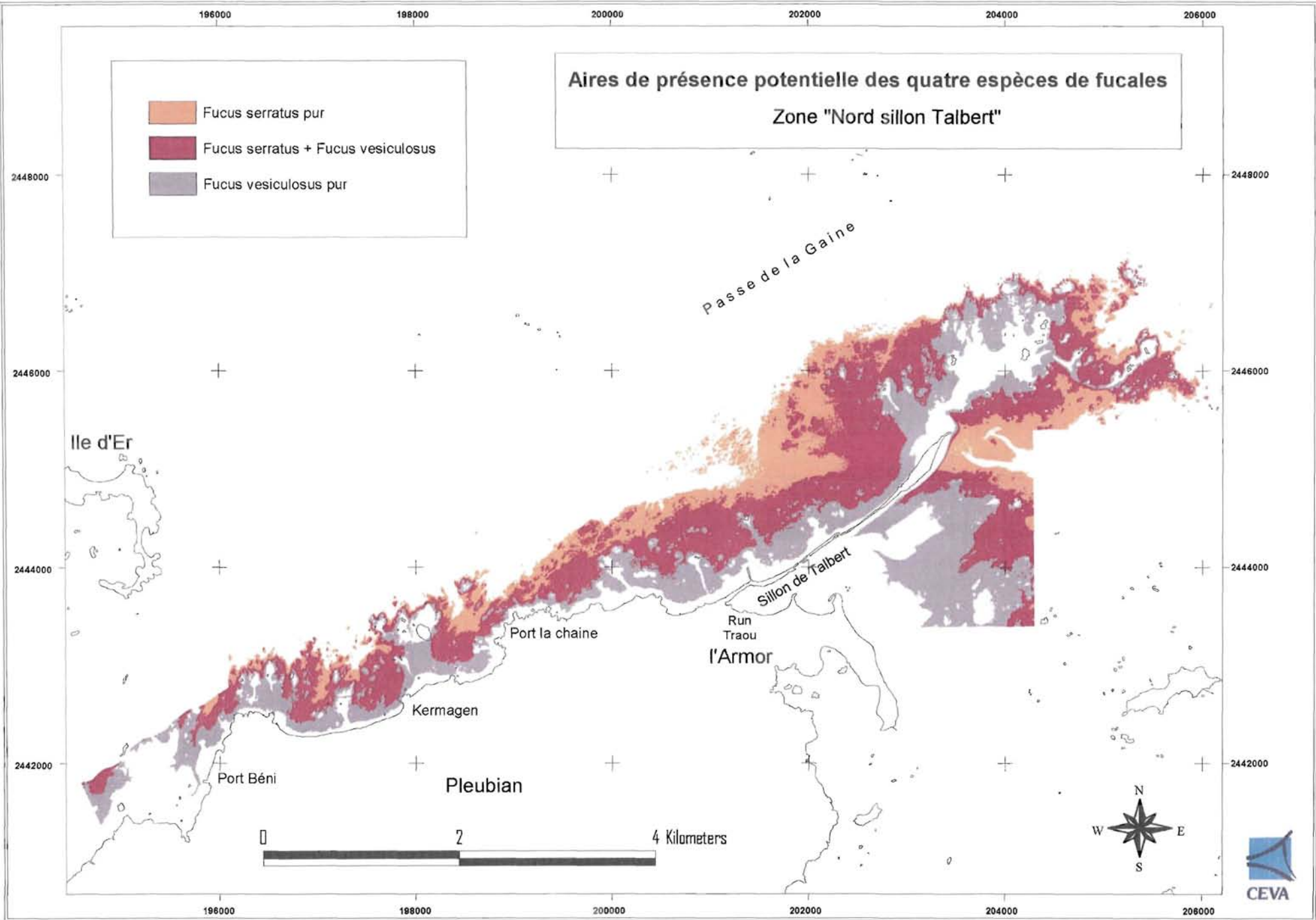
---

ANNEXE 3 : Cartographies des zones prédictives de présences des quatre espèces de fucales sur les deux sous-zones « nord Sillon Talbert » et « sud Sillon Talbert – Ile de Bréhat »

---

**Aires de présence potentielle des quatre espèces de fuciales**  
**Zone "Nord sillon Talbert"**

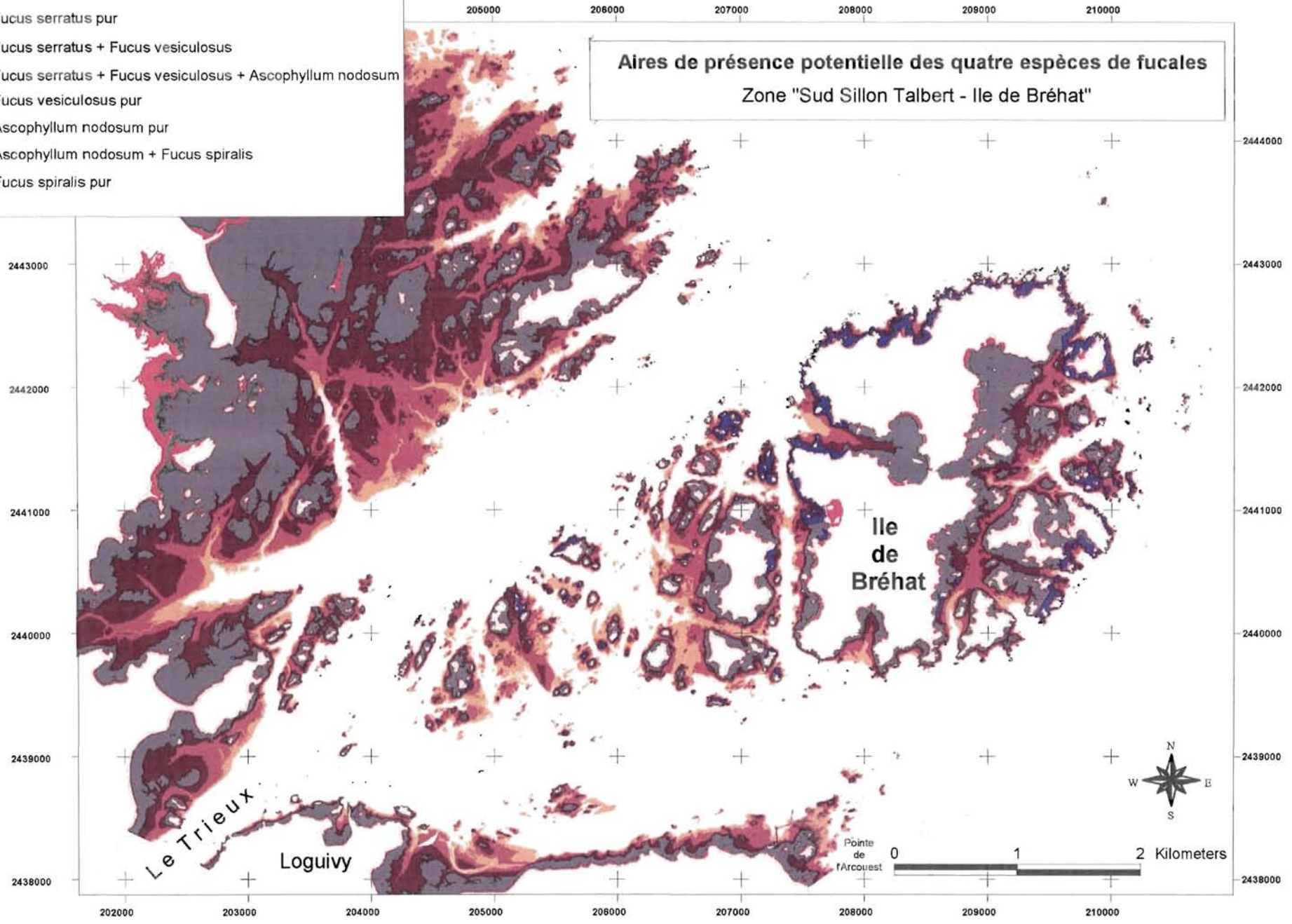
-  Fucus serratus pur
-  Fucus serratus + Fucus vesiculosus
-  Fucus vesiculosus pur





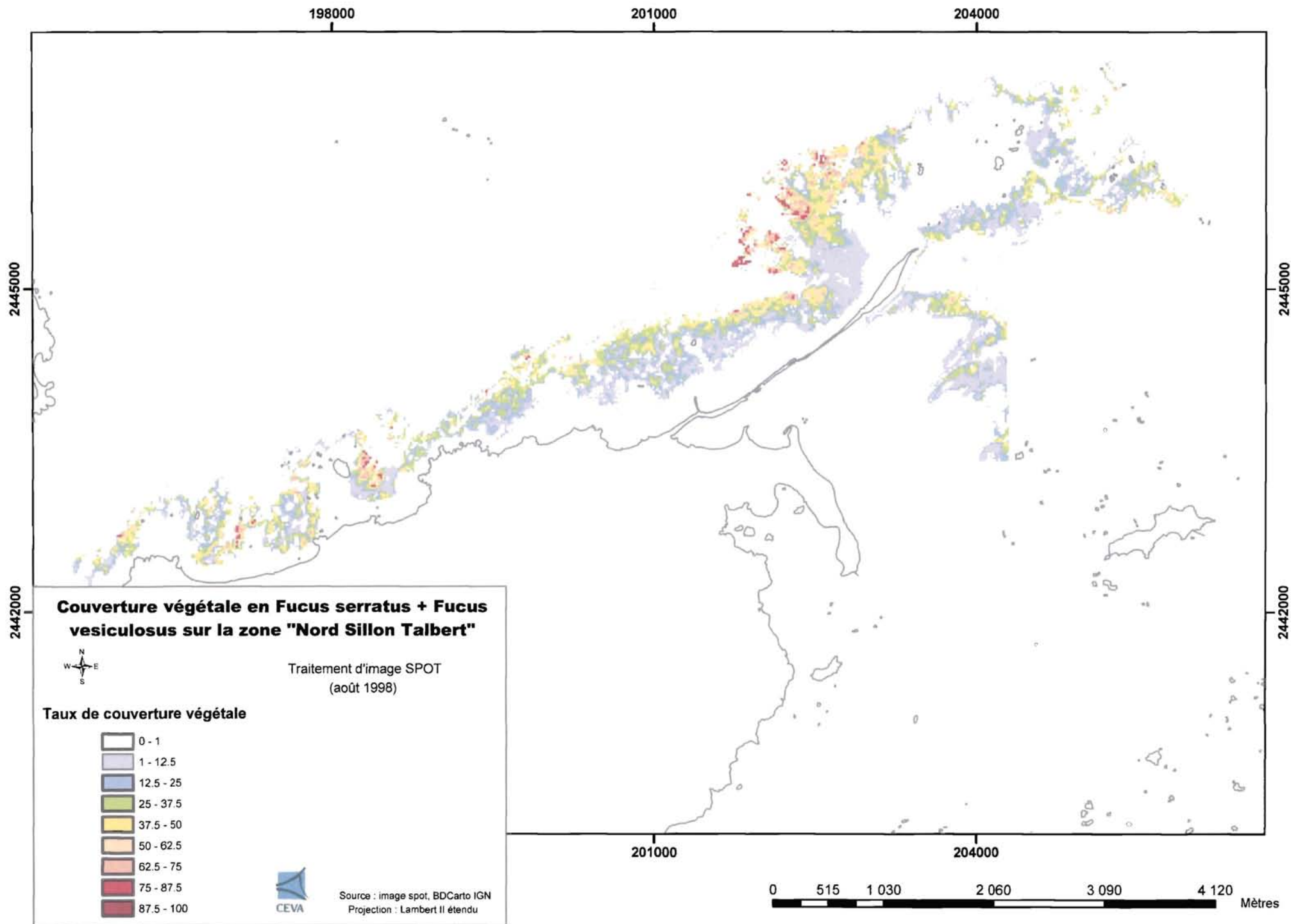
- Fucus serratus* pur
- Fucus serratus* + *Fucus vesiculosus*
- Fucus serratus* + *Fucus vesiculosus* + *Ascophyllum nodosum*
- Fucus vesiculosus* pur
- Ascophyllum nodosum* pur
- Ascophyllum nodosum* + *Fucus spiralis*
- Fucus spiralis* pur

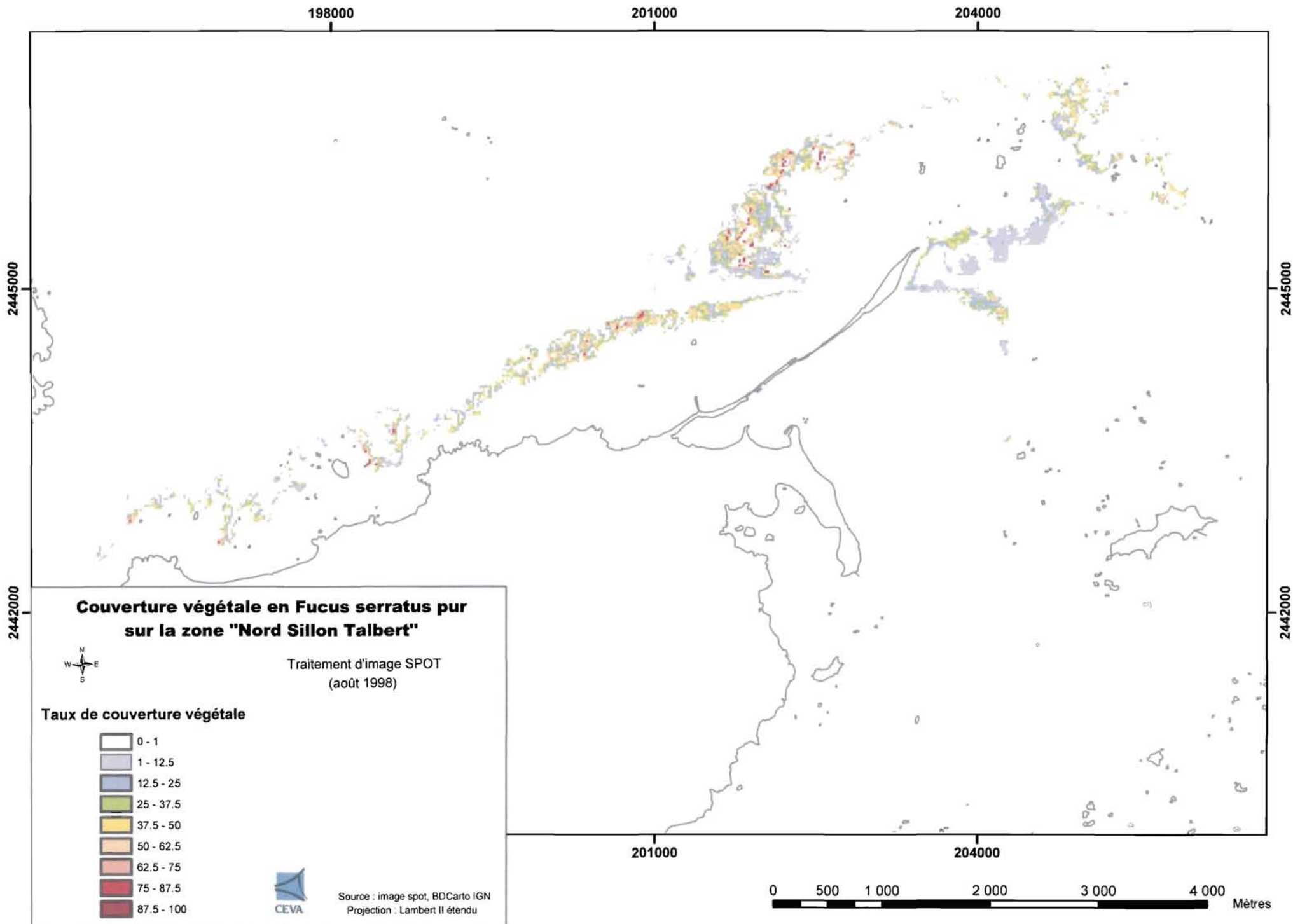
**Aires de présence potentielle des quatre espèces de fucales**  
Zone "Sud Sillon Talbert - Ile de Bréhat"

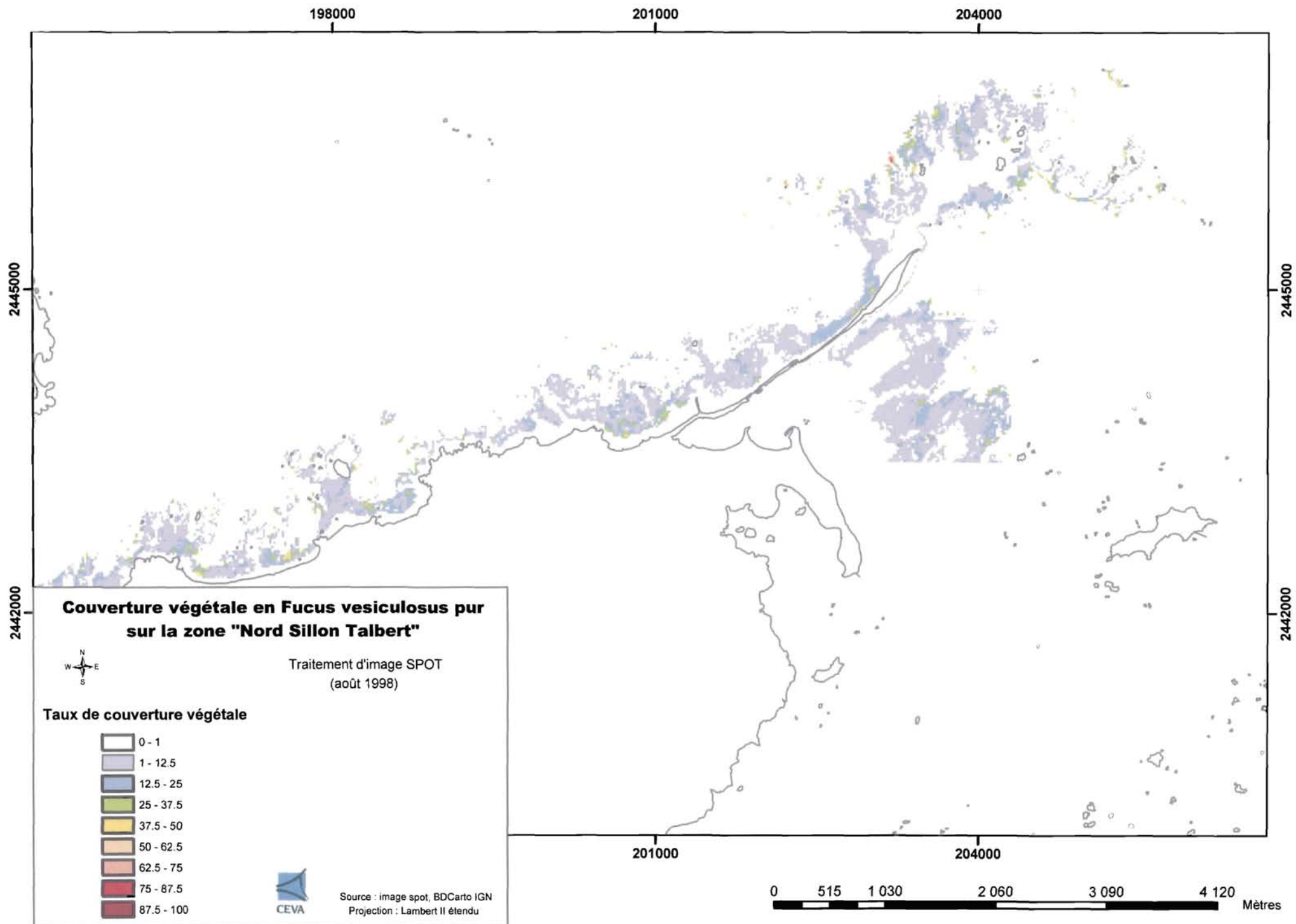


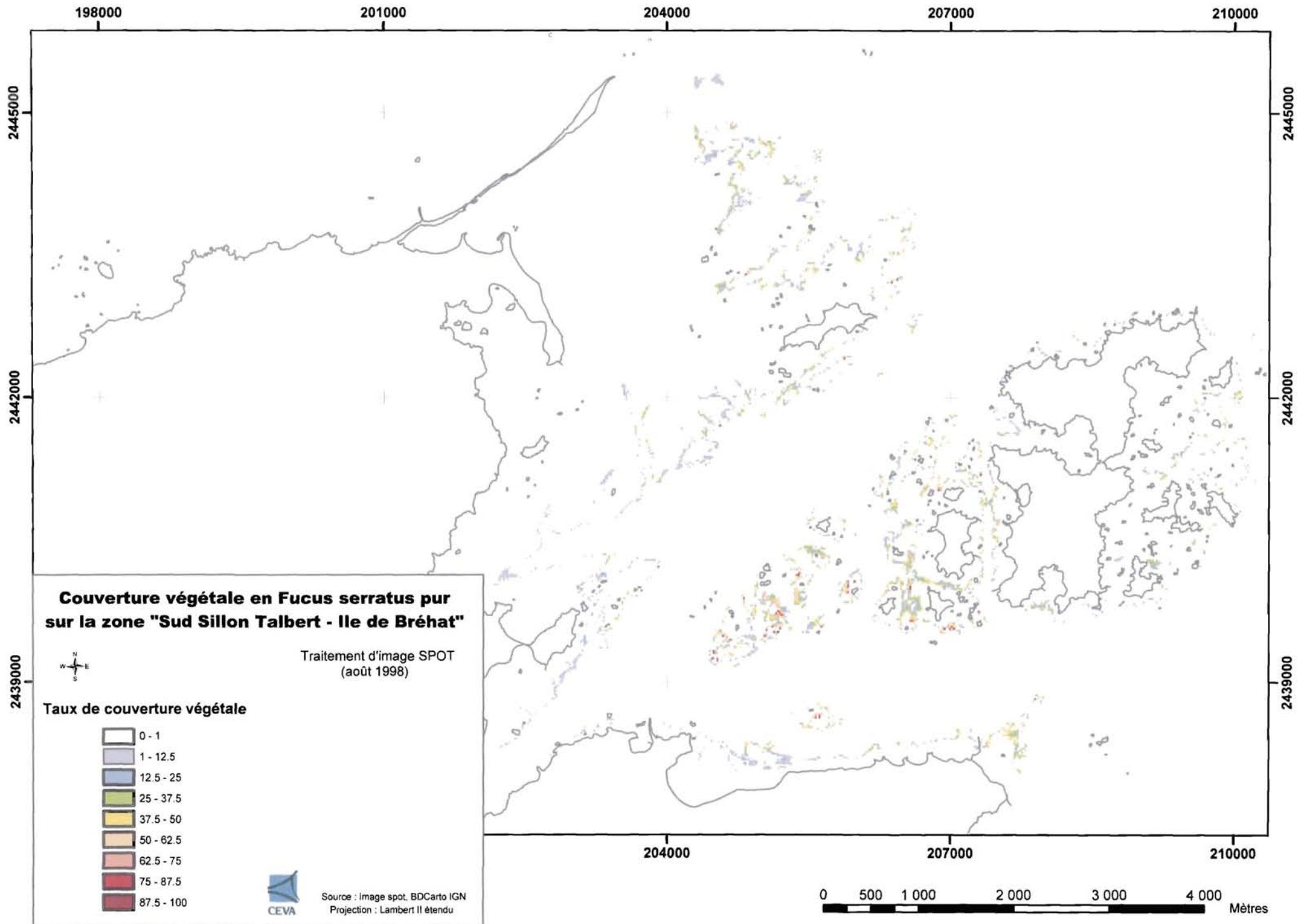
ANNEXE 4 : Cartographies de l'indice final de  
couverture par espèce sur les deux sous-zones  
« nord Sillon Talbert » et « sud Sillon Talbert –  
Ile de Bréhat »

---









# Couverture végétale en *Ascophyllum nodosum* + *Fucus spiralis* sur la zone "Sud Sillon de Talbert - Ile de Bréhat"

## Taux de couverture végétale



Traitement d'image SPOT  
(août 1998)



Source : image spot, BDCarto IGN  
Projection : Lambert II étendu

2442000

2439000

198000

201000

204000

207000

210000

2445000

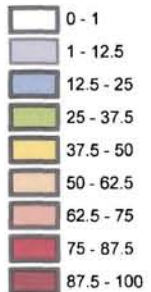
2442000

2439000



# Couverture végétale en *Fucus spiralis* pur sur la zone "Sud Sillon Talbert - Ile de Bréhat"

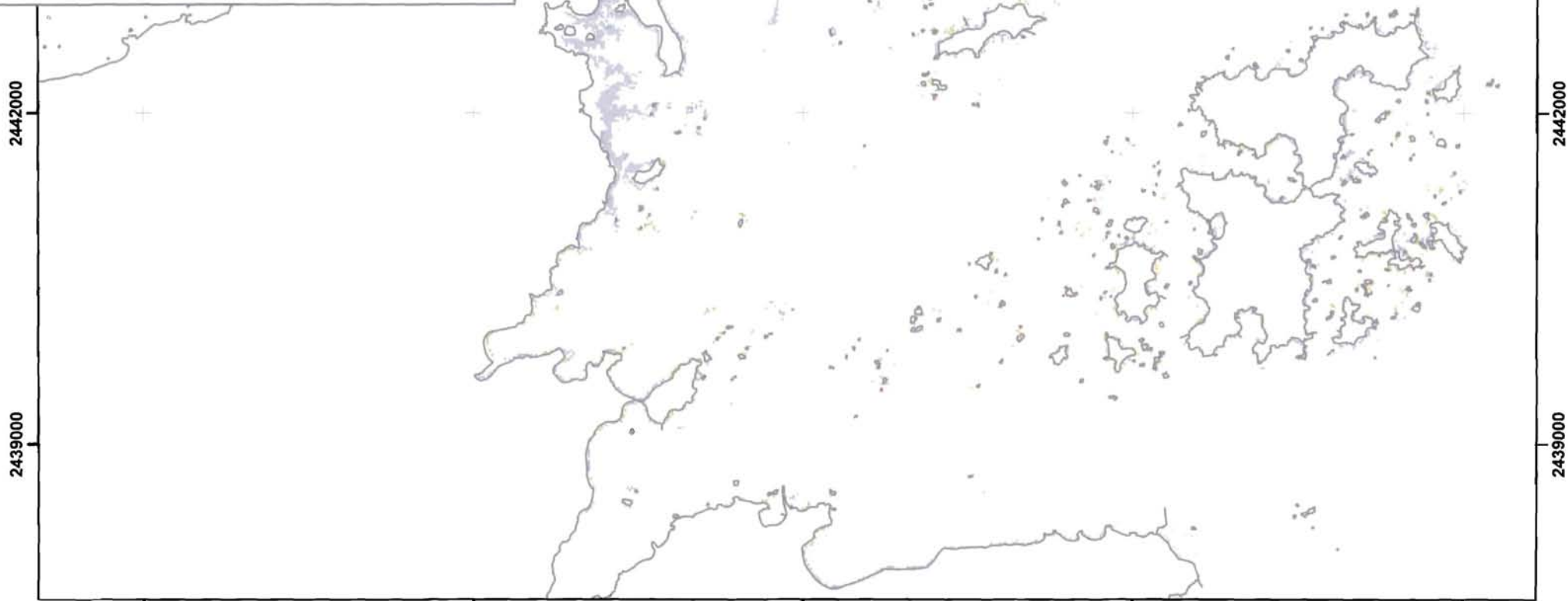
## Taux de couverture végétale



Traitement d'image SPOT  
(août 1998)



Source : image spot, BDCaro IGN  
Projection : Lambert II étendu

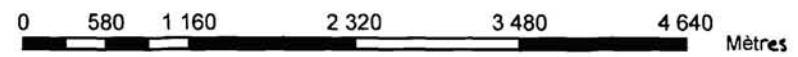


2442000  
2439000

2445000  
2442000  
2439000

198000 201000 204000 207000 210000

204000 207000 210000

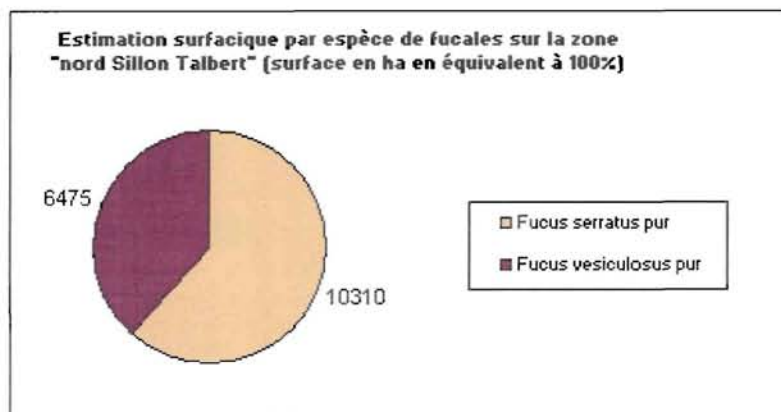
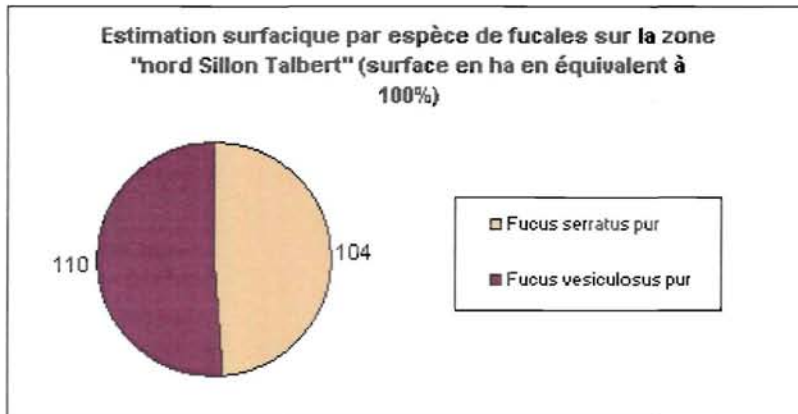




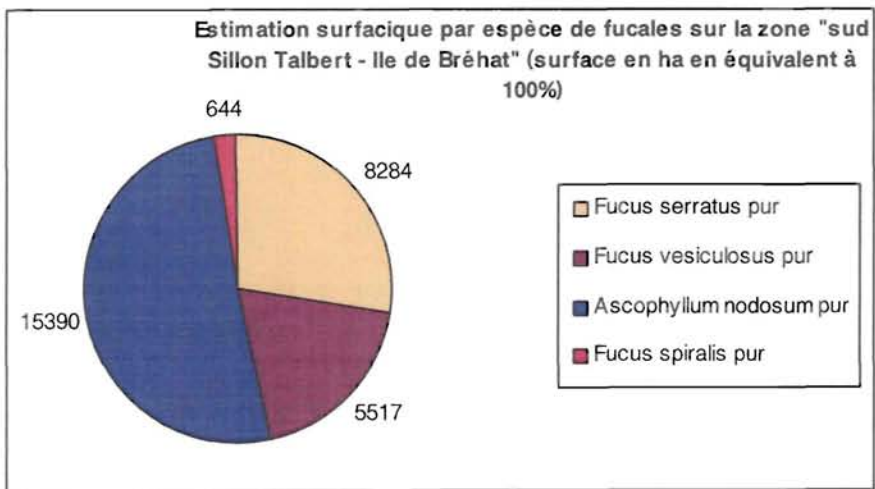
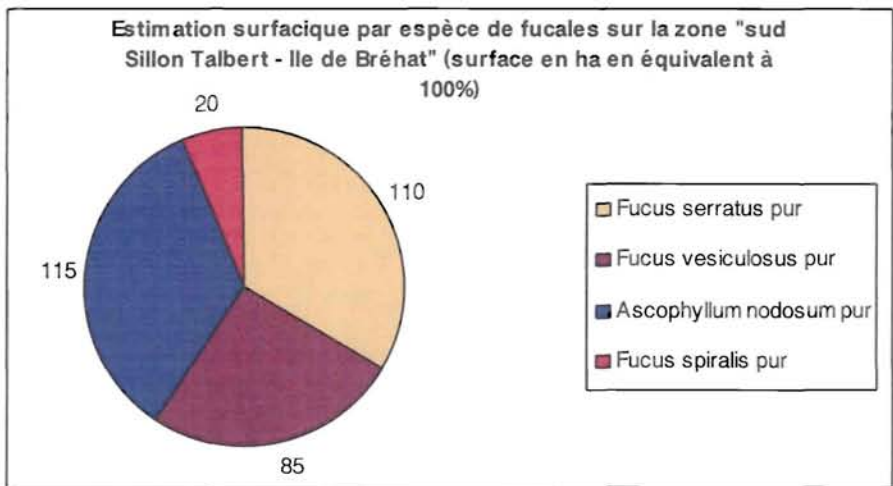
ANNEXE 5 : Synthèse sur les deux sous-zones  
du sectoriel de « Paimpol – Bréhat » de  
l'estimation du taux de couverture et de  
biomasse par espèce

---

Zone "nord Sillon Talbert"		
Espèce de fucale	surface equivalent 100%	Biomasse totale (Tonnes)
<i>Fucus serratus</i> pur	104	10310
<i>Fucus vesiculosus</i> pur	110	6475



Zone "Sud Sillon Talbert - Ile de Bréhat"		
Espèce de fucale	surface equivalent 100%	Biomasse totale (Tonnes)
<i>Fucus serratus</i> pur	110	8284
<i>Fucus vesiculosus</i> pur	85	5517
<i>Ascophyllum nodosum</i> pur	115	15390
<i>Fucus spiralis</i> pur	20	644

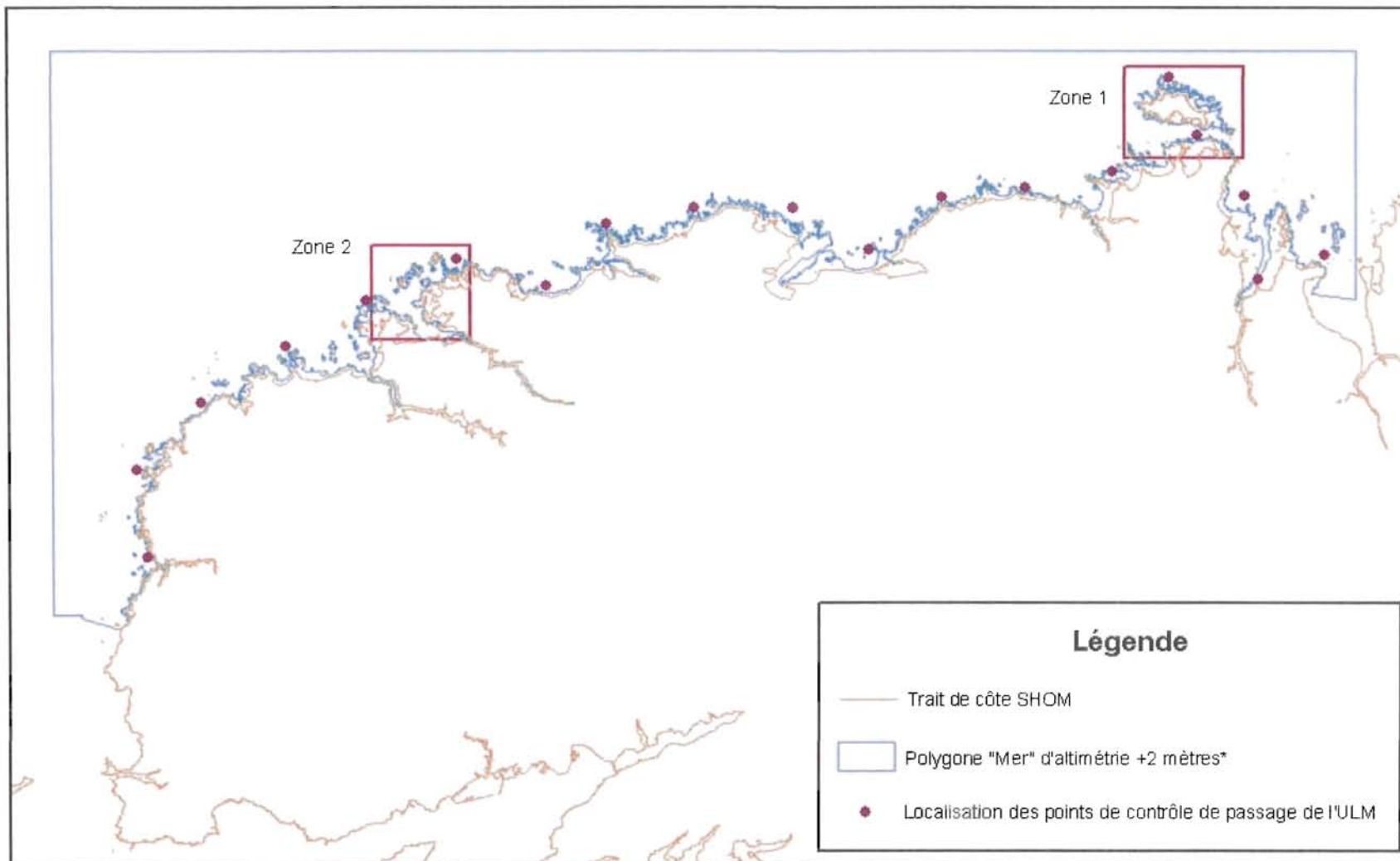


## ANNEXE 6 : Masque « présence fucales » sur la zone « Finistère Nord »

---



# Vue générale du polygone Mer généré sur la zone Aber Ildut - Roscoff



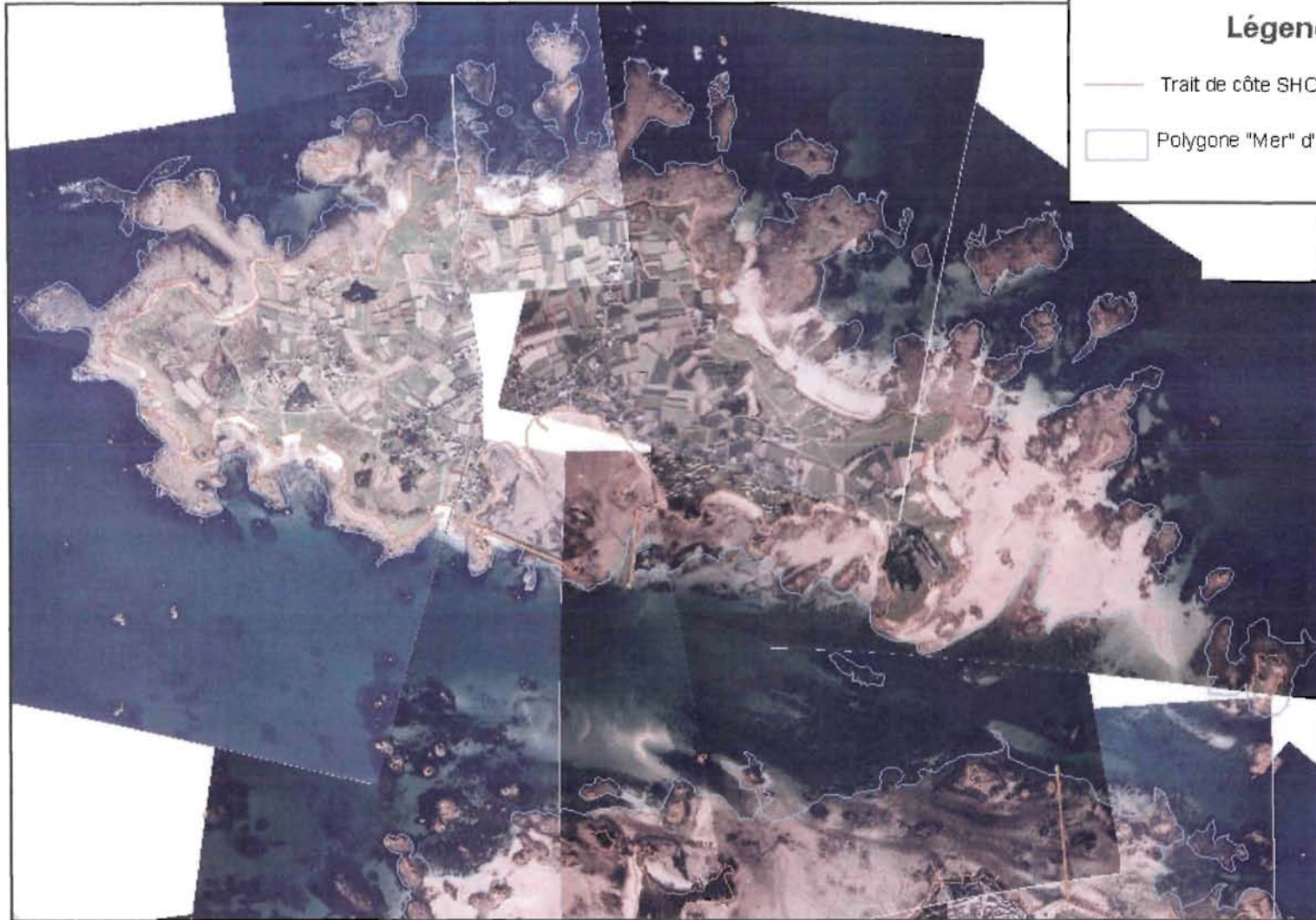
0 5 000 10 000 20 000 30 000 Mètres

\* : calage altimétrique par rapport au zéro SHOM



# Exemple d'une mosaïque de prises de vue ULM quasi-verticales géoréférencées

Zone 1 : Roscoff - Ile de Batz



## Légende

- Trait de côte SHOM
- Polygone "Mer" d'altimétrie +2 mètres\*

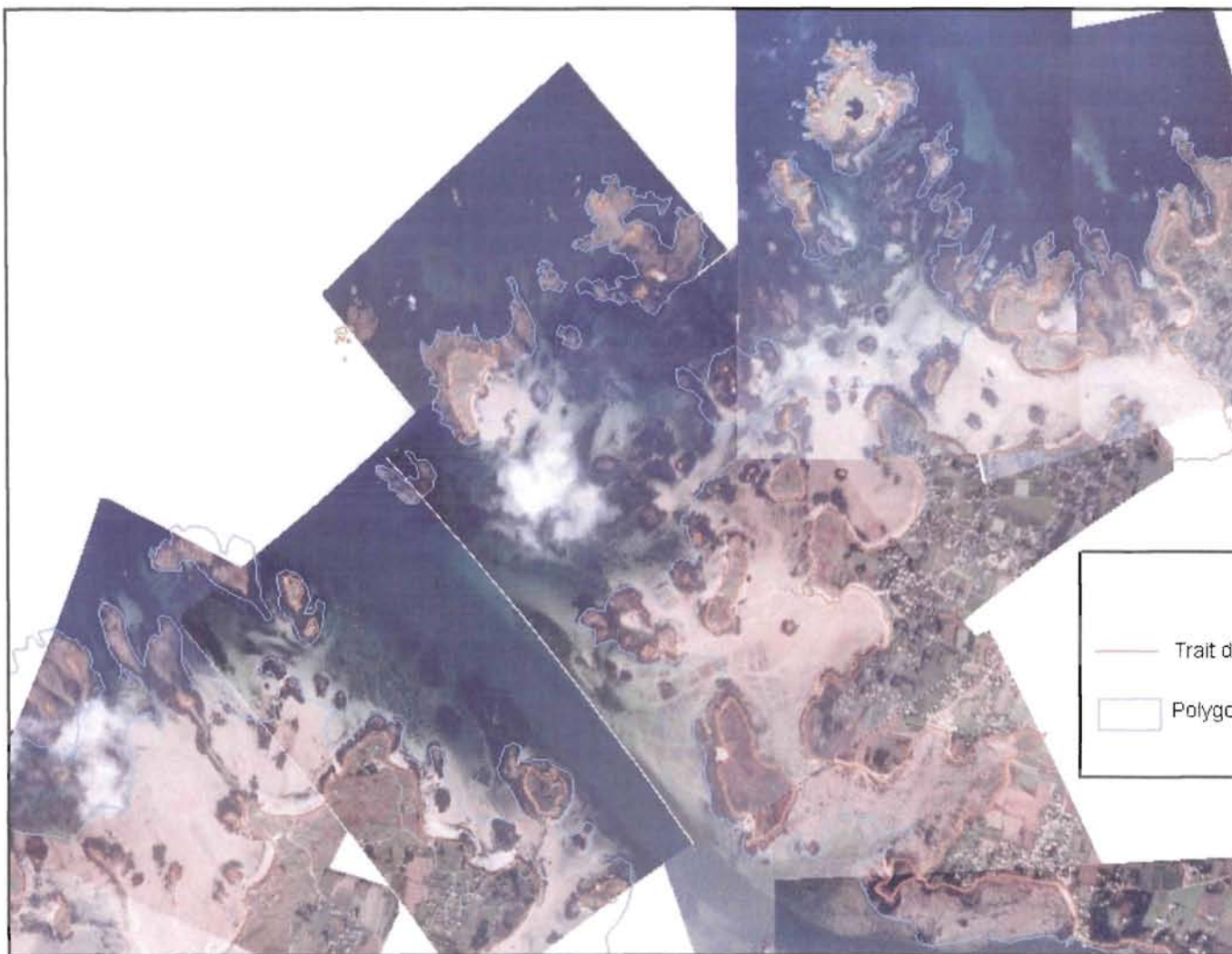
0 250 500 1 000 1 500 Mètres

\* : calage altimétrique par rapport au zéro SHOM



# Exemple d'une mosaïque de prises de vue quasi-verticales géoréférencées

Zone 2 : l' Aber Wrac'h



## Légende

- Trait de côte SHOM
- Polygone "Mer" d'altimétrie +2 mètres\*

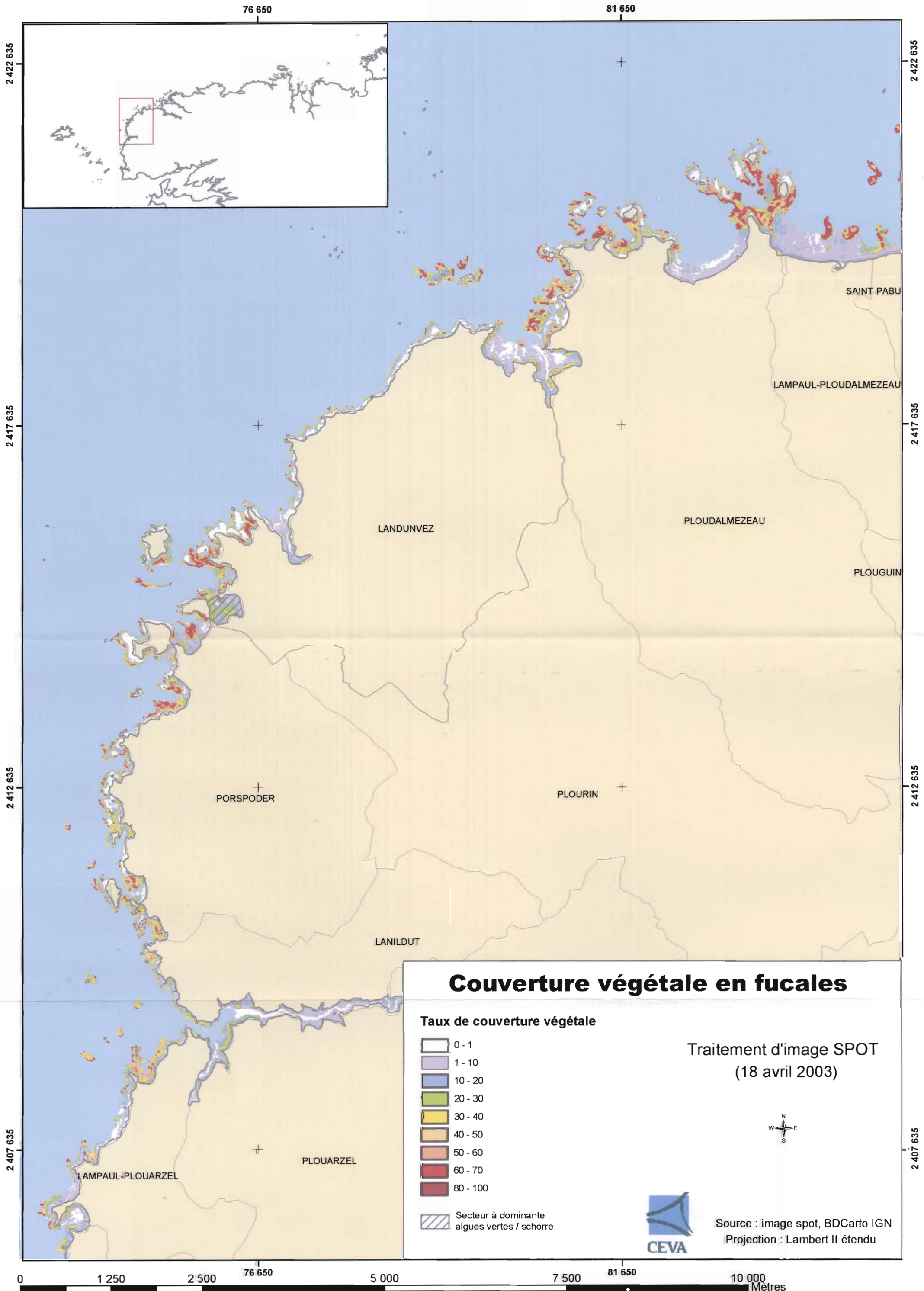
0 500 1 000 2 000 3 000 Mètres

\* : calage altimétrique par rapport au zéro SHOM

ANNEXE 7 : Cartographies de l'indice final de  
couverture en fucales à l'échelle zonale  
« Finistère Nord »

---





## Couverture végétale en fucales

### Taux de couverture végétale

- 0 - 1
- 1 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50
- 50 - 60
- 60 - 70
- 80 - 100

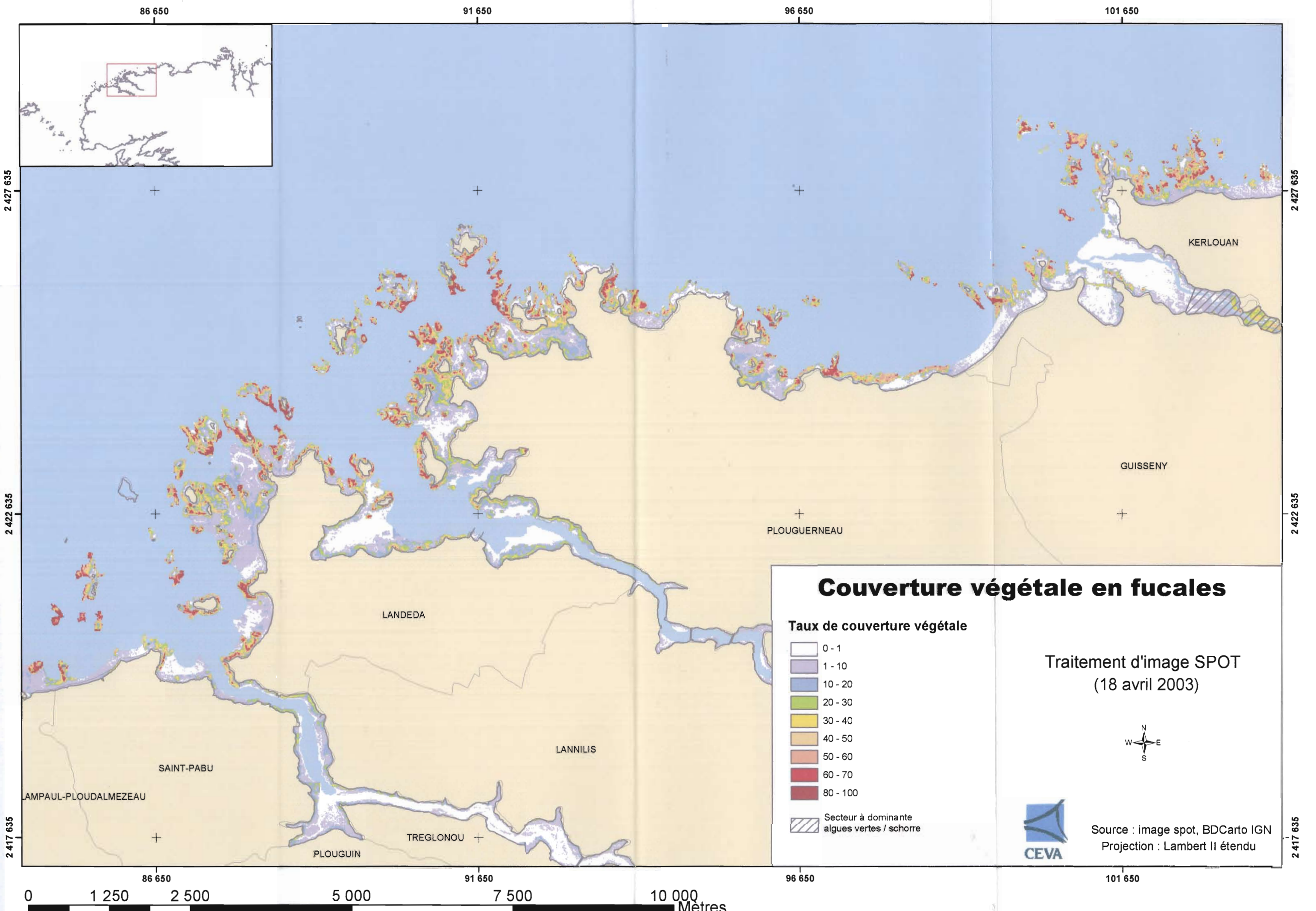
Secteur à dominante algues vertes / schorre

Traitement d'image SPOT  
(18 avril 2003)



Source : image spot, BDCarto IGN  
Projection : Lambert II étendu

0 1 250 2 500 76 650 5 000 7 500 81 650 10 000 Mètres



2 427 635  
2 422 635  
2 417 635

2 427 635  
2 422 635  
2 417 635

86 650

91 650

96 650

101 650

86 650

91 650

96 650

101 650

0 1 250 2 500 5 000 7 500 10 000 Mètres

### Couverture végétale en fucales

#### Taux de couverture végétale

- 0 - 1
- 1 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50
- 50 - 60
- 60 - 70
- 80 - 100

Secteur à dominante algues vertes / schorre

Traitement d'image SPOT  
(18 avril 2003)



Source : image spot, BDCarto IGN  
Projection : Lambert II étendu

126 650

131 650

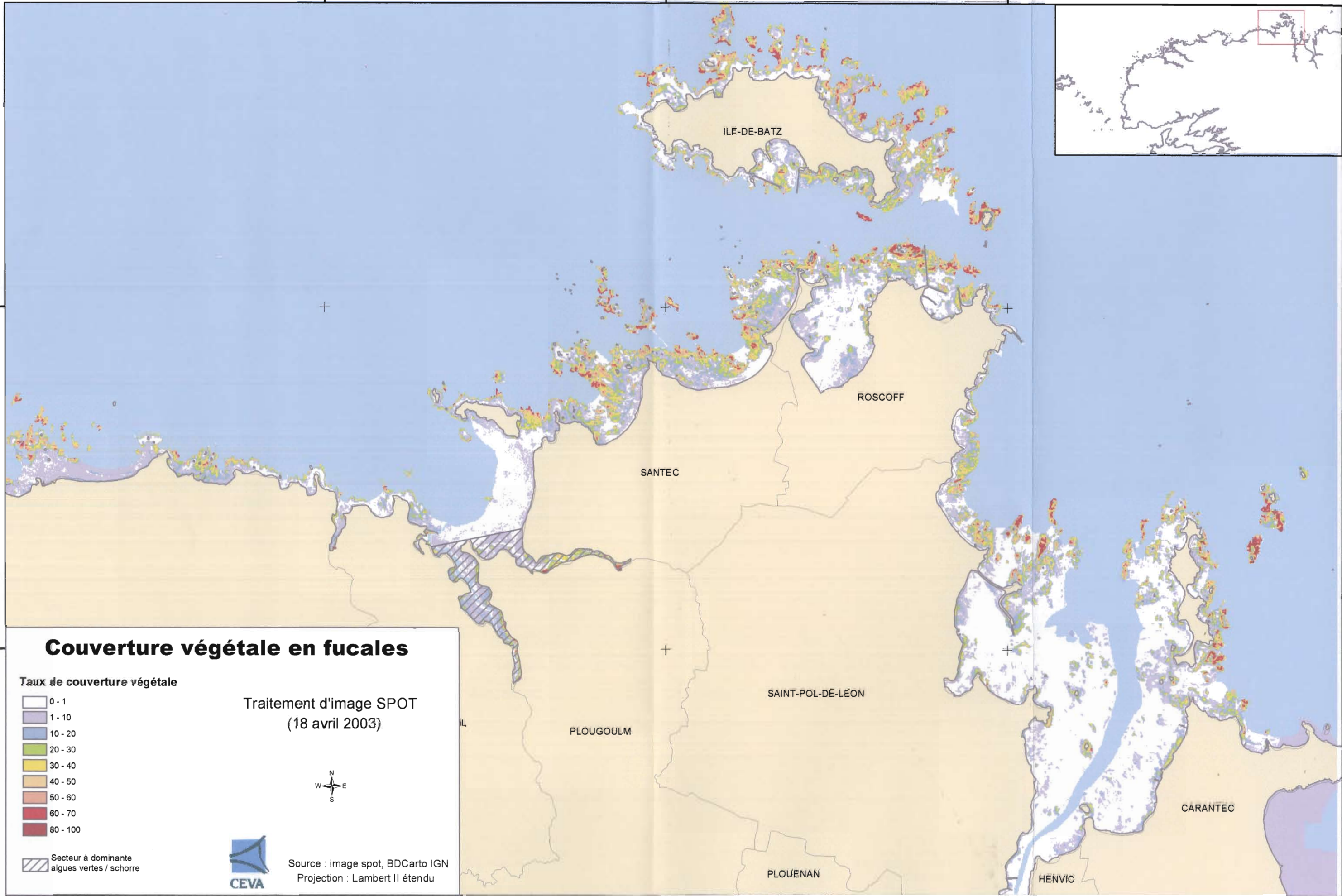
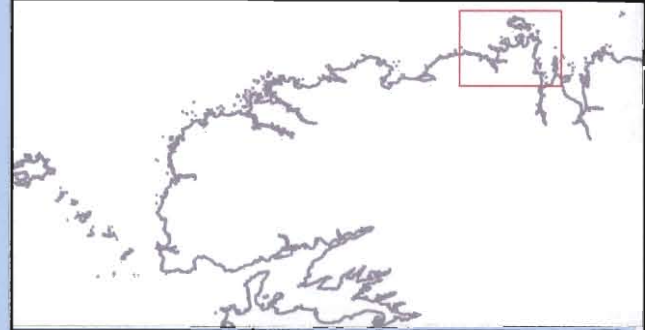
136 650

2 432 635

2 432 635

2 427 635

2 427 635



### Couverture végétale en fucales

#### Taux de couverture végétale

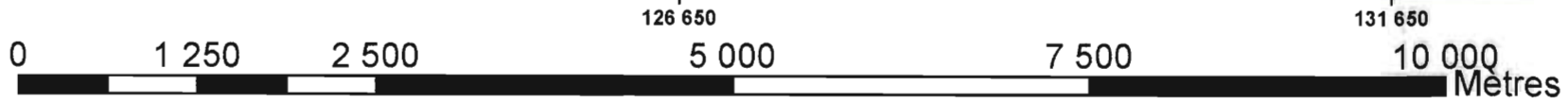
- 0 - 1
- 1 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50
- 50 - 60
- 60 - 70
- 80 - 100

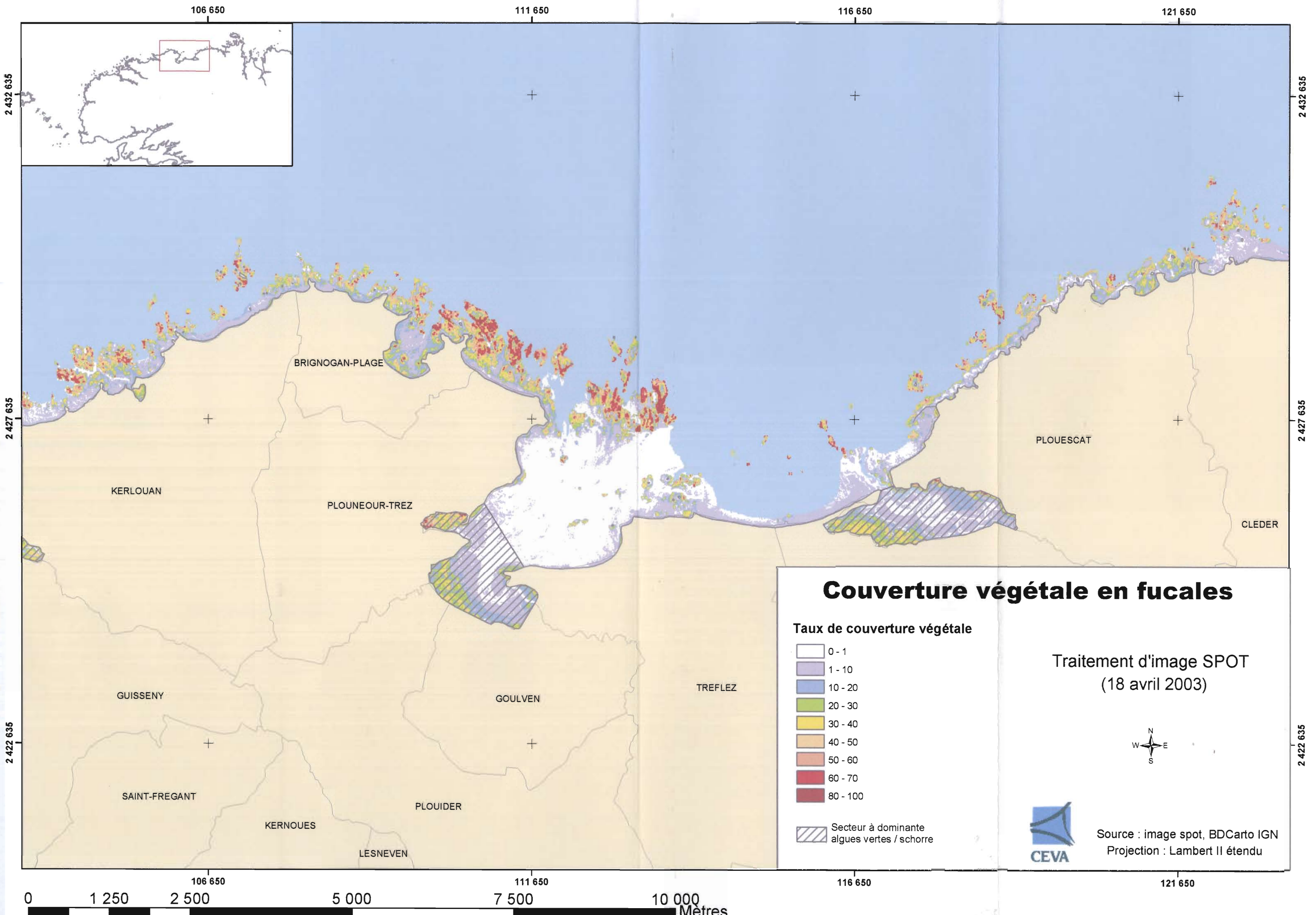
Secteur à dominante algues vertes / schorre

Traitement d'image SPOT  
(18 avril 2003)



Source : image spot, BDCarto IGN  
Projection : Lambert II étendu





### Couverture végétale en fucales

Taux de couverture végétale

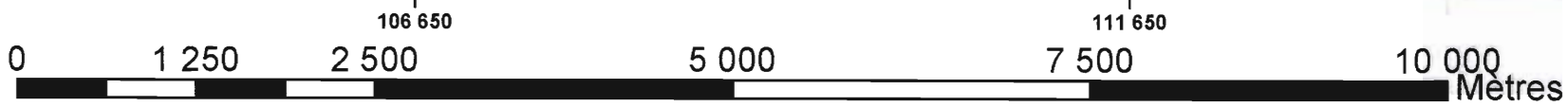
- 0 - 1
- 1 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50
- 50 - 60
- 60 - 70
- 80 - 100

Secteur à dominante algues vertes / schorre

Traitement d'image SPOT  
(18 avril 2003)



Source : image spot, BDCarto IGN  
Projection : Lambert II étendu

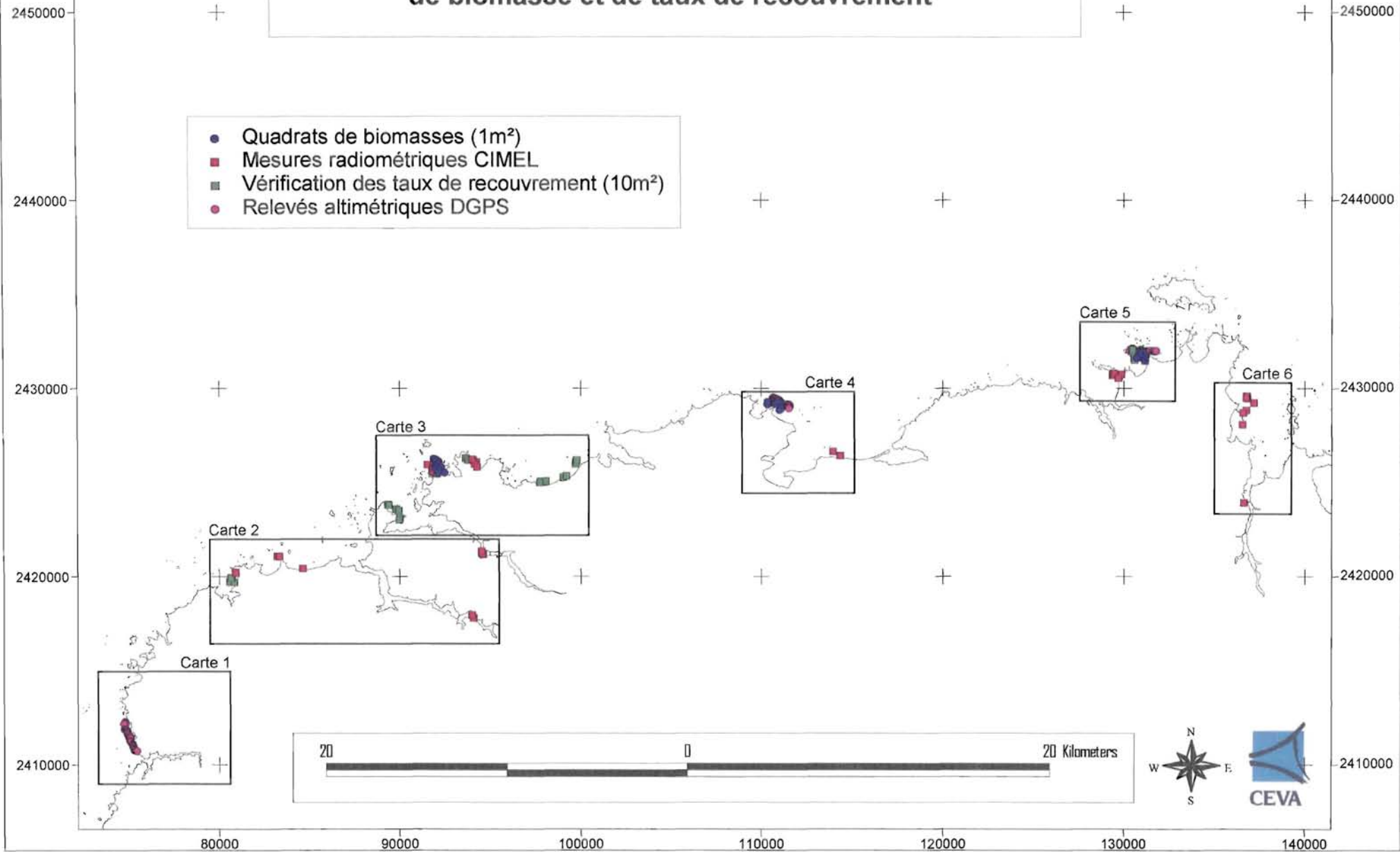


# ANNEXE 8 : Cartes de synthèse de la localisation des données terrains acquis sur le Finistère Nord

---

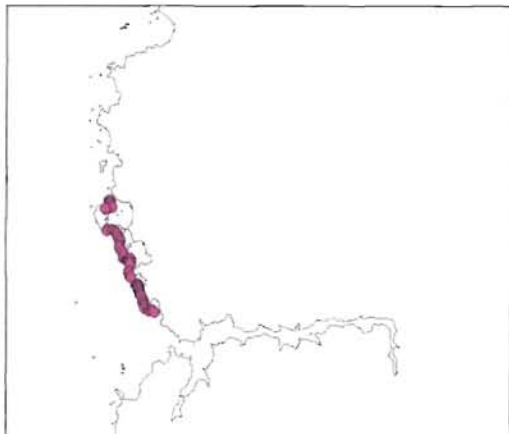
# Localisation des mesures d'altimétrie, de radiométrie, de biomasse et de taux de recouvrement

- Quadrats de biomasses (1m<sup>2</sup>)
- Mesures radiométriques CIMEL
- Vérification des taux de recouvrement (10m<sup>2</sup>)
- Relevés altimétriques DGPS

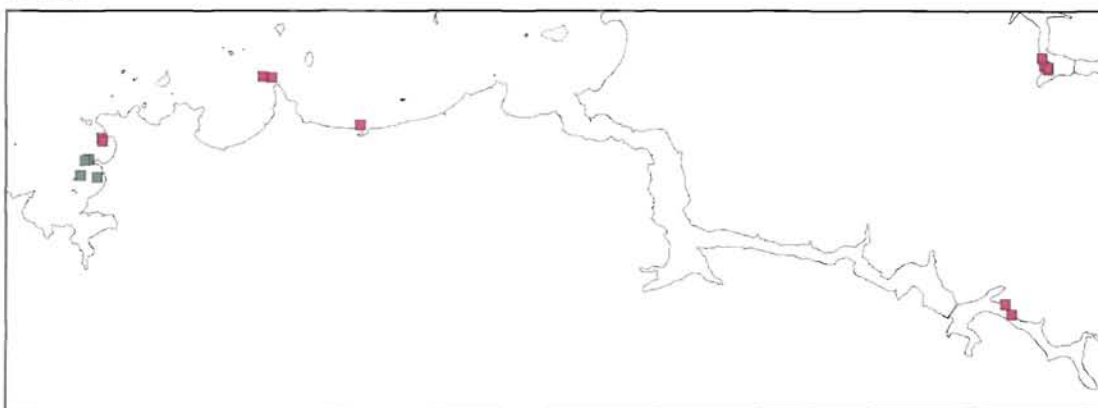


## Localisation des mesures d'altimétries, de radiométrie, de biomasse et de taux de recouvrement

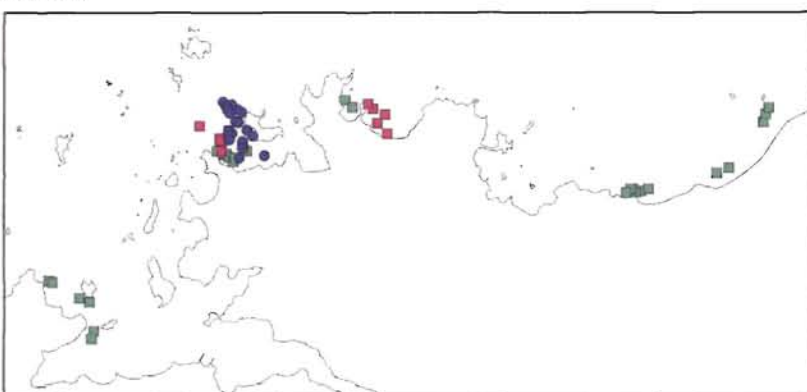
Carte 1



Carte 2



Carte 3



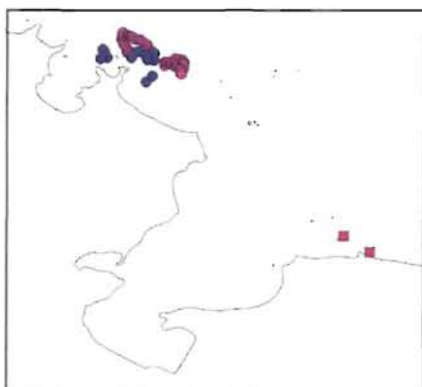
- Quadrats de biomasses (1m<sup>2</sup>)
- Mesures radiométriques CIMEL
- Vérification des taux de recouvrement (10m<sup>2</sup>)
- Relevés altimétriques DGPS

0 1 2 3 4 5 Kilometers



## Localisation des mesures d'altimétrie, de radiométrie, de biomasse et de taux de recouvrement

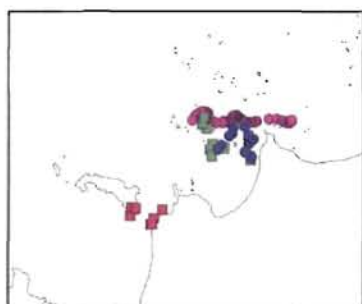
Carte 4



Carte 6



Carte 5



- Quadrats de biomasses (1m<sup>2</sup>)
- Mesures radiométriques CIMEL
- Vérification des taux de recouvrement (10m<sup>2</sup>)
- Relevés altimétriques DGPS

0 1 2 3 4 5 Kilometers

