



Projet Interreg ARCH

Assessing Regional Changes to natural Habitats – photointerpétation, cartographie et étude des potentialités des nouvelles technologies de télédétection pour le suivi des habitats naturels et de la biodiversité sur le territoire du Nord – Pas-de-Calais et du Kent

LOT N°2

ÉTUDE DES POTENTIALITES DES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE TELEDETECTION
POUR LE SUIVI DES HABITATS NATURELS ET DE LA BIODIVERSITE SUR LE
TERRITOIRE TRANSFRONTALIER NORD – PAS-DE-CALAIS

Rapport de mission 6

« Expérimentation sur territoires test »

REFERENCES : CR59-62 - ARCH - RAPPORT MISSION 6 – V3.5



Description du document

- Partenaires:

Comité de pilotage ARCH		
Pays	Organisation	
United Kingdom	Laurence GUEDON	Kent County Council ARCH Team Flood Risk & Natural Environment
France	Cécile LECLAIRE	Conseil régional Nord Pas de Calais Direction de l'environnement

Prestataires	
Pays	Organisation
France	SIRS
United Kingdom	Flasse consulting

- Document

	Prestataire	Noms	Date
Auteurs	SIRS	Alexandre Pennec	2012/10/09
Contributions	Flasse Consulting / SIRS	Sétéphane Flasse, Christophe Sannier, Antoine Lefebvre, Pascal Versmessen	2012/10/09
Relecture	SIRS	Silvia Jacob	2012/07/10
Validation	SIRS	Pascal Versmessen	2012/07/20

Version	Date	Auteurs	Description
1.0	2012/08/21	Alexandre Pennec	Version 1.0
2.0	2012/09/12	Alexandre Pennec	Version 2.0 (post atelier Interreg M6)
2.1	2012/09/13	Alexandre Pennec	Version 2.0 – Relecture PV
2.2	2012/09/14	Alexandre Pennec	Version 2.2 – Envoi CRNPdC
3.0	2012/09/17	Alexandre Pennec, Stéphane Flasse	Version 3.0 – Nouvelle structure SF
3.1	2012/09/19	Alexandre Pennec, Stéphane Flasse	Version 3.1 – Inputs AP & SF
3.2	2012/09/19	Alexandre Pennec, Stéphane Flasse, Antoine	Version 3.2 – Inputs AL & SF
3.3	2012/10/02	Alexandre Pennec, Stéphane Flasse, Konrad Rolland	Version 3.3 – Envoi CRNPdC
3.4	2012/10/09	Alexandre Pennec, Stéphane Flasse, Konrad Rolland, Christophe Sannier, Antoine Lefebvre	Version 3.4 – Envoi CRNPdC
3.5	2012/10/09	Alexandre Pennec, Stéphane Flasse, Konrad Rolland, Christophe Sannier, Antoine Lefebvre	Version 3.5 – Envoi CRNPdC. Version finale

- **Résumé exécutif**

L'activité 3 du projet ARCH prévoit la réalisation d'une étude de l'apport et des potentialités des nouvelles technologies de télédétection spatiale pour la connaissance et le suivi de l'évolution des habitats naturels de la région transfrontalière Nord-Pas de Calais et Kent. L'activité 3 se décompose ainsi en sept missions. Les trois premières missions ont permis de faire l'état de la situation en réalisant, d'une part, l'inventaire des besoins des différents utilisateurs impliqués dans le projet (Mission 1), et d'autre part, en réalisant l'évaluation des différentes technologies de télédétection utilisées au niveau européen dans le cadre de la cartographie des habitats (Mission 2), et de façon plus générale, du potentiel de la télédétection spatiale en termes de cartographie d'habitats (Mission 3). Au cours de ces premières missions, il a été rapidement entendu que, d'une part, il n'existait pas de solutions de télédétection spatiale « clé en main » pour la mise à jour de la cartographie des habitats et, d'autre part, la télédétection spatiale ne pouvait remplacer les méthodes actuelles de mise à jour. En revanche, elle peut l'appuyer. Ainsi, à l'issue de ces missions, quatre composantes spécifiques ont été retenues, en consensus interrégional, sur des problématiques où les solutions de la télédétection spatiale se révèlent être potentiellement utiles.

La Mission 4 a alors proposé et testé des solutions potentielles au sein de chacune de ces composantes afin d'étudier la faisabilité technique et de ne retenir que celles capables de répondre techniquement et thématiquement à la demande.

La Mission 5, a permis, d'une part, d'établir la faisabilité opérationnelle des solutions techniques potentielles retenues à l'issue des Mission précédentes et, d'autre part, d'établir un scénario sous forme de cahier des charges qui pourrait servir lors d'une mise à jour future de la cartographie des habitats. L'étude a notamment considéré l'intégration des solutions individuelles dans un processus de mise à jour globale. Ceci contribue à réduire la durée totale de mise à jour, et ce, pour un effectif total équivalent, voire moindre (incluant un effort de traitement supplémentaire modéré). Lorsqu'elle ne concerne pas la mise à jour, la composante propose une information complémentaire utile à moindre effort et moindre coût. De plus, leur intégration contribue à augmenter la précision thématique de la cartographie.

La Mission 6, dont l'analyse menée est présentée dans ce rapport, permet de tester le scénario en mode opérationnel sur deux zones tests. Une zone dans le Kent et l'autre dans le Nord-Pas de Calais. Ce test opérationnel nous permet d'évaluer la valeur ajoutée de la méthodologie proposée en comparant les résultats du test avec ceux de l'approche de mise à jour « standard » par unique PIAO. L'étude passera donc en revue successivement les deux scénarii retenus dans la mission précédente, à savoir la MAJ appuyée par télédétection spatiale et l'évolution de l'embroussaillement. Cette mission a permis de définir les modalités de la future implémentation de la MAJ appuyée par télédétection spatiale. ceci en proposant un plan opérationnel de mise à jour et les spécifications d'usage pour un cahier des charges ultérieur ainsi qu'un guide méthodologique sur les technologies et méthodologies proposées (qui accompagnera la formation) et les recommandations d'usage.

Finalement, la Mission 7 s'occupera de la dissémination des résultats.

SOMMAIRE

DESCRIPTION DU DOCUMENT	2
SOMMAIRE	4
LISTE DES FIGURES	6
LISTE DES TABLEAUX	7
LISTE DES ABREVIATIONS	8
INTRODUCTION.....	9
1. MISE A JOUR APPUYEE PAR TELEDETECTION SPATIALE	11
1.1. INTRODUCTION.....	11
1.1.1. Les zones test	11
1.1.2. Les données.....	13
1.2. APPROCHE ET METHODOLOGIE	15
1.2.1. Définition du produit attendu.....	15
1.2.2. Approche générale	15
1.2.3. Mise à jour des contours	17
1.2.4. Caractérisation thématique des polygones.....	20
1.2.5. Cartographie focalisée par PIAO	25
1.3. OPTIONS DE MISE A JOUR	26
1.3.1. Introduction.....	26
1.3.2. Option A	26
1.3.3. Option B1.....	26
1.3.5. Option B2.....	28
1.3.6. Discussion.....	28
1.4. ANALYSE DES CHANGEMENTS	28
1.4.1. Analyse globale	28
1.4.2. Analyse de la carte thématique intermédiaire	31
1.4.3. Analyse de la l'indice de confiance	31
1.4.4. Analyse de la carte binaire de changement potentiel.....	35
1.4.5. La carte binaire de changement potentiel vs L'indice de confiance	36
1.5. ANALYSE DE LA PLUS-VALUE	36
1.5.1. Les critères d'évaluation.....	36
1.5.2. Résultats.....	37
1.6. CONCLUSION.....	39
2. EVOLUTION DE L'EMBOUSSAILLEMENT	40
2.1. INTRODUCTION.....	40
2.2. METHODOLOGIE	40
2.3. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	41
2.4. CONCLUSION.....	44
3. PLAN OPERATIONNEL DE LA MAJ APPUYEE PAR TELEDETECTION SPATIALE	46
3.1. INTRODUCTION.....	46
3.2. ASPECTS TECHNIQUES.....	46
3.2.1. Données nécessaires	46
3.2.2. Matériel et Logiciel.....	47
3.3. ASPECTS ORGANISATIONNELS	49
3.3.1. Fréquences de mise à jour.....	49
3.3.2. Modalités d'intégration des données.....	50
3.3.3. Compétence et niveau d'expertise	50

3.3.4. Gestion et mise en œuvre du projet	51
3.3.5. Lancement de marché public et contraintes temporelles	54
3.4. RISQUES.....	54
3.5. ELEMENTS FINANCIERS	55
4. SPECIFICATIONS.....	57
5. RECOMMANDATION D'USAGE DE L'UTILISATION DES NOUVELLES TECHNOLOGIES	57
CONCLUSION.....	59
ANNEXE 1 : FILTRAGE MEAN-SHIFT	60
ANNEXE 2 : MATRICE DE CONFUSION ARCH 2009 / CLASSIFICATION RESEAU DE NEURONE 2009.....	62
ANNEXE 3 : CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES ET PARTICULIERES	64
SOMMAIRE.....	66
ARTICLE 1. CONTEXTE	67
ARTICLE 2. CONSOLIDATION ET ACTUALISATION D'ARCH.....	67
2.1 METHODE DE PRODUCTION	67
2.2 ÉTENDUE GEOGRAPHIQUE	68
2.3 DONNEES MISES A DISPOSITION :	68
2.4 UNITE MINIMALE DE COLLECTE (UMC)	68
2.5 SYSTEMES DE PROJECTION.....	68
2.6 ÉCHELLE DE SAISIE DES OBJETS	68
2.7 – PRECISION GEOMETRIQUE.....	69
2.8 NOMENCLATURE.....	69
2.9 PHASES TESTS ET TERRAIN.....	70
2.10 CONTROLE QUALITE	71
ARTICLE 3 : LIVRABLES	71
3.1 METADONNEES.....	71
3.2 RAPPORT DE SYNTHESE	72
3.3 BASES DE DONNEES	72
3.4 PERIODE DE MAINTENANCE	72
ARTICLE 4 : CADRE DE REPONSE.....	73
4.1 LE CANDIDAT DETAILLERA DANS SA REPONSE	73
4.2 TEST DE PRODUCTION SUR 10 KM ²	73
ANNEXE 4 : TESTS RAPIDEYE.....	74

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des zones de démonstration	11
Figure 2 : approche générale de la méthodologie	16
Figure 3 : Orthophotographie 2009 et base vectorielle ARCH 2005 – NPdC	18
Figure 4 : Orthophotographie 2009 et nouveaux contours 2009 – NPdC	18
Figure 5 : Orthophotographie 2008 et base vectorielle ARCH 2003 – Kent	19
Figure 6 : Orthophotographie 2008 et nouveaux contours 2008 – Kent	19
Figure 7 : Nomenclature simplifiée	21
Figure 8 : Couche thématique intermédiaire à nomenclature simplifiée à partir des 6 variables (NPdC)	22
Figure 9 : Couche thématique intermédiaire à nomenclature simplifiée à partir des 4 variables (Kent – dalle TQ84)	22
Figure 10 : Evolution de la concordance globale de la couche thématique intermédiaire selon les variables	23
Figure 11 : Couche de l'indice de confiance - NPdC et Kent	24
Figure 12 : Couche binaire des changements NPdC et Kent	25
Figure 13 : Carte des habitats MAJ (à nomenclature réduite) avec PIAO Focalisée (ex. : NPdC)	27
Figure 14 : Carte des habitats MAJ (à nomenclature réduite) avec PIAO Focalisée (ex. : Kent)	27
Figure 15 : Carte des erreurs de la carte thématique intermédiaire – NPdC	32
Figure 16 : Carte des erreurs de la carte thématique intermédiaire – Kent	32
Figure 17 : Présentation de la chaine de traitements	41
Figure 18 : Résultat de la classification des prairies avec broussailles en 2005 (A) et 2009 (B)	42
Figure 19 : Exemple de segmentation de prairies composées de végétation arborée (A-B)	44
Figure 20 : Ortho IRC 2009 et base vectorielle de référence (terrain ALFA et Bailleul)	76
Figure 21 : Sélection aléatoire des polygones d'évaluation	76
Figure 22 : Placement aléatoire des zones tampon autour du polygone d'évaluation	77

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature par grandes familles d'habitat	12
Tableau 2 : Répartition des surfaces en 2009 dans le NPdC	12
Tableau 3 : Répartition des surfaces en 2008 dans le Kent	12
Tableau 4 : Calendrier des images – NPdC	14
Tableau 5 : Calendrier des images – NPdC	14
Tableau 6 : Spécification du produit « carte des habitats naturels mise à jour »	15
Tableau 7 : Evolution des superficies dans le NPdC entre 2005 et 2009	29
Tableau 8 : Evolution des superficies dans le KENT entre 2003 et 2008	30
Tableau 9 : Analyse de la carte thématique intermédiaire - NPdC	31
Tableau 10 : Moyenne et écart-type de l'indice de confiance selon les erreurs de classification	32
Tableau 11 : Moyenne et écart-type de l'indice de confiance selon les habitats	33
Tableau 12 : Moyenne et écart-type hiérarchisés de l'indice de confiance selon les habitats	34
Tableau 13 : Précision de la carte binaire de changement potentiel	35
Tableau 14 : Carte binaire de changement potentiel vs. L'indice de confiance	36
Tableau 15 : Analyse de la plus-value	38
Tableau 16 : Spécifications du produit sur l'évolution de l'embroussaillage	40
Tableau 17 : matrice de confusion pour la classification des prairies avec broussailles en 2005	43
Tableau 18 : matrice de confusion pour la classification des prairies avec broussailles en 2009	43
Tableau 19 : A-B. Segmentation d'une parcelle avec des broussailles ; C. Segmentation d'une parcelle sans broussailles (En jaune : la segmentation automatique ; En rose : la segmentation par photo interprétation).	43
Tableau 20 : les données nécessaires - les options envisagées	47
Tableau 21 : les logiciels de télédétection	48
Tableau 22 : les spécifications techniques - la nomenclature	53
Tableau 23 : les éléments financiers du plan opérationnel (NPdC)	55
Tableau 24 : les éléments financiers du plan opérationnel (Kent)	56
Tableau 25 : précision producteur (PP) et utilisateur (PU)	78
Tableau 26 : omission (O) et commission (C)	78

Liste des abréviations

ARCH	Assessing Regional Changes to Habitats
ASP	Agence de Services et de Paiement
BD	Base de Données
CBNBL	Conservatoire Botanique National de Bailleul
CCTP	Cahier des Clauses Techniques et Particulières
CNIG	Conseil National de l'Information Géographique
CRNPdC	Conseil Régional du Nord-Pas de Calais
DMC	Disaster Monitoring Constellation
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GB	Giga Byte
GDAL	Geospatial Data Abstraction Library
GEOSUD	GEOInformation for SUstainable Development (Information spatiale et Développement Durable)
GMES	Global Monitoring for Environment and Security (Programme européen de surveillance de la Terre)
HR	Haute Résolution
IGN	Institut National de l'Information Géographique et Forestière
IRC	Infra Rouge Couleur
ISO	International Organization for Standardization
KCC	Kent County Council
MAJ	Mise A Jour
MATLAB	MATrix LABoratory
MB	Mega Byte
MIR	Moyen Infrarouge
MNT	Modèle Numérique de Terrain
NPdC	Nord-Pas de Calais
OTB	Orfeo ToolBox
PI	Photo-Interprétation
PIR	Proche Infra Rouge
PIAO	Photo-Interprétation Assistée par Ordinateur
PPIGE	Plateforme Publique de l'Information Géographique
QGIS	Quantum GIS
RGB	Rouge Vert Bleu
RE	RapidEye
RPG	Registre Parcellaire Géographique
SIG	Système d'Information Géographique
SIRS	Systèmes d'Information à Référence Spatiale
SPOT	Satellite Probatoire pour l'observation de la Terre
THR	Très Haute Résolution
TI	Traitement d'Image
UMC	Unité Minimale Cartographiée

Introduction

Le cadre

L'activité 3 du projet ARCH prévoit la réalisation d'une étude des potentialités des nouvelles technologies de télédétection pour la connaissance et le suivi de l'évolution des habitats naturels de la région transfrontalière Nord-Pas de Calais et Kent. Il s'agit d'analyser l'apport des nouvelles technologies en termes de capacité technique, de coûts, de disponibilité, de services et de bénéfices et ainsi préciser la valeur ajoutée de la télédétection spatiale par rapport à la photographie aérienne pour la mise à jour de la cartographie des habitats naturels.

L'activité 3 est composée de 7 missions.

Les trois premières missions ont permis de faire l'état de la situation en réalisant, d'une part, l'inventaire des besoins des différents utilisateurs impliqués dans le projet (Mission 1), et d'autre part, en réalisant l'évaluation des différentes technologies de télédétection utilisées au niveau européen dans le cadre de la cartographie des habitats (Mission 2), et de façon plus générale, du potentiel de la télédétection spatiale en termes de cartographie d'habitats (Mission 3).

Au cours de ces missions, il a été rapidement entendu que, d'une part, il n'existait pas de solutions de télédétection spatiale « clé en main » pour la mise à jour de la cartographie des habitats et, d'autre part, la télédétection spatiale et ses méthodes d'extraction de l'information ne pouvaient pas, purement et simplement, remplacer les méthodes actuelles de PIAO à partir d'images aériennes. Elle peut, en revanche, appuyer la mise à jour du point de vue qualitatif et quantitatif. A l'issue de ces missions, quatre composantes spécifiques ont été retenues en consensus interrégional pour alors focaliser l'étude sur des problématiques où les solutions de la télédétection spatiale se révèlent être potentiellement utiles :

- Composante (1) : La détection rapide des changements
- Composante (2) : L'identification de classes spécifiques
- Composante (3) : L'évolution au sein d'une classe d'habitat spécifique
- Composante (4) : L'automatisation de la cartographie de classes spécifiques

Puis, la Mission 4 a permis de proposer et tester des solutions potentielles au sein de chacune de ces composantes afin d'étudier leur faisabilité technique et de ne retenir, en consensus interrégional, que celles capables de répondre techniquement et thématiquement à la demande. Le détail des résultats de ces quatre premières missions se trouve dans les rapports correspondants.

La Mission 5 a, elle, permis d'établir la faisabilité opérationnelle de ces solutions techniques potentielles retenues à l'issue de la Mission 4 (analyse réalisée sur des variables opérationnelles sur la donnée, effort de traitement, expertise, etc...) afin de cibler les options viables pour répondre opérationnellement à la demande.

Par ailleurs, les options viables retenues à la suite de cette étude ont été à la base de l'élaboration d'un scénario potentiel d'appui à la mise à jour de la cartographie ARCH des habitats, compatible avec la cartographie transfrontalière et la méthodologie de fragmentation.

Deux services/scenarii potentiels ont été définis à l'issue de cette Mission 5 :

- (a) Une mise à jour globale appuyée par la télédétection spatiale
- (b) Une évaluation de l'évolution de l'embroussaillage

Le premier scenario proposé permet d'envisager une MAJ de la cartographie des habitats appuyée par les technologies de télédétection spatiale. Afin de consolider l'approche, les méthodologies testées et validées sur des composantes spécifiques sont mises en cohérence. Ainsi, et également afin de répondre aux besoins des utilisateurs, ces éléments d'appui ne sont plus vus comme des services individuels mais bien intégrés opérationnellement dans une approche générale de MAJ à laquelle va s'ajouter des méthodologies nouvelles de télédétection spatiale adaptées aux objectifs.

Le second doit permettre de quantifier l'évolution de l'embroussaillage entre les deux dates de la MAJ. L'idée est d'exploiter les méthodologies et résultats des Missions précédentes et de les transférer lors des tests opérationnels.

Le détail des résultats de tout ce travail précédant se trouve dans les rapports des missions correspondants.

La Mission 6

Les objectifs de la Mission 6 sont, d'une part, d'expérimenter ces deux scenarios potentiels définis dans la mission 5 en contexte opérationnel sur des territoires test choisis dans le NPdC et dans le Kent et, d'autre part, d'en analyser la valeur ajoutée par rapport aux méthodes actuelles par PIAO.

La mission 6 proposera également une analyse diachronique de l'évolution des habitats naturels, un guide méthodologique présentant les outils, méthodes et prestations associées testées et leurs possibilités d'usages pour la problématique du projet ARCH, un plan opérationnel de mise à jour des indicateurs de suivi et de la cartographie transfrontalière des habitats naturels et des recommandations en terme de politique publique pour l'usage des technologies de télédétection et services associés.

Finalement, la Mission 7 s'occupera de la dissémination des résultats.

Le rapport passera donc en revue successivement les deux scenarii retenus, à savoir la MAJ appuyée par télédétection spatiale et l'évolution de l'embroussaillage. Il abordera la méthodologie de travail développée pour chacun des scenarii, l'analyse des résultats et de la plus-value et les conclusions de ces tests opérationnels (dont certaines prises en consensus lors de l'atelier Interreg). Puis, le rapport abordera les modalités de la future implémentation de la MAJ appuyée par télédétection spatiale en proposant un plan opérationnel de mise à jour, un guide méthodologique sur les technologies et méthodologies proposées et les spécifications d'usage pour un cahier des charges ultérieur. Enfin, le rapport traitera des recommandations.

1. Mise à jour appuyée par télédétection spatiale

1.1. Introduction

1.1.1. Les zones test

Les zones test ont été choisies sur la base d'un compromis entre les données satellitaires déjà à disposition, acquises dans le cadre de la Mission 4, et la représentativité de la zone en termes d'habitats et/ou la difficulté de la zone afin de tester la robustesse de la méthodologie qui sera proposée :

- La zone de démonstration du NPdC définie par le CRNPdC, après concertation avec le conservatoire botanique national de Bailleul, se situe du côté de St-Omer et des marais de l'Audomarois. La zone est caractérisée par quelques éléments marquants du paysage comme la forêt de Clairmarais et les prairies humides/landes d'Helfaut. Il s'agit d'une zone choisie pour la complexité de ses habitats avec la présence notamment de prairies/landes humides, ainsi que pour l'existence de données satellitaires.
- La zone de démonstration du Kent, définie par les partenaires du KCC, se situe dans la région d'Ashford/Nord de Dungeness. Elle est choisie pour son grand nombre de changements et pour couvrir un bon nombre de classes.



Figure 1 : Localisation des zones de démonstration

Les tableaux ci-dessous donnent la répartition des surfaces par habitats naturels dans les régions NPdC et Kent et leur zone de démonstration correspondante. Basé sur le rapport de production de l'Activité 1 (côté NPdC) qui propose ses statistiques à l'échelle de la région, l'analyse à l'échelle de la zone de production est également réalisée sur une nomenclature par grands habitats. En effet, puisque la nomenclature totale ARCH se décompose, respectivement dans le NPdC et dans le Kent, en plus de 65 et 200 postes distincts, et dans un souci de lisibilité, les résultats qui suivent sont proposés selon une nomenclature par grands habitats. Pour plus de détail, on invite le lecteur à se diriger vers le

rapport ad hoc. Quoiqu'il en soit, ces tableaux permettent de rendre compte de la répartition des habitats naturels et d'analyser les zones test sélectionnées.

Postes	Intitulé
11	Mer et océans
13 à 18 et 643	Habitats littoraux
2	Milieux aquatiques non marins
31 à 318	Landes et fourrés
34 à 35	Pelouses sèches
37 et 53	Prairies humides et mégaphorbiaies
54	Tourbières et marais
38	Prairies mésophiles
41, 44 et 83	Boisements
81 et 82	Cultures
85 à 99	Zones artificialisées

Tableau 1 : Nomenclature par grandes familles d'habitat

Postes	Intitulé	Région		Zone Démonstration	
		Surface en m ²	%	Surface en m ²	%
11	Mer et océans	193 770 963	1,39%	0	0,00%
13 à 18 et 643	Habitats littoraux	201 056 727	1,44%	0	0,00%
2	Milieux aquatiques non marins	108 414 417	0,78%	7 381 160	2,22%
31 à 318	Landes et fourrés	45 690 554	0,33%	1 265 702	0,38%
34 à 35	Pelouses sèches	6 776 031	0,05%	135 073	0,04%
37 et 53	Prairies humides et mégaphorbiaies	371 448 918	2,66%	20 702 162	6,22%
54	Tourbières et marais	8 814 340	0,06%	0	0,00%
38	Prairies mésophiles	2 213 549 200	15,86%	25 609 523	7,69%
41, 44 et 83	Boisements	1 373 465 841	9,84%	30 424 915	9,14%
81 et 82	Cultures	7 230 303 141	51,80%	165 640 067	49,74%
85 à 99	Zones artificialisées	2 204 395 507	15,79%	81 835 815	24,58%
Total		13 957 685 640	100,00%	332 994 417	100,00%

Tableau 2 : Répartition des surfaces en 2009 dans le NPdC

Postes	Intitulé	Région		Zone Démonstration	
		Surface en m ²	%	Surface en m ²	%
11	Mer et océans	828 790	0,02%	0	0,00%
13 à 18 et 643	Habitats littoraux	244 424 634	6,14%	0	0,00%
2	Milieux aquatiques non marins	59 093 605	1,48%	2 889 566	1,39%
31 à 318	Landes et fourrés	42 226 115	1,06%	732 788	0,35%
34 à 35	Pelouses sèches	24 166 858	0,61%	21 255	0,01%
37 et 53	Prairies humides et mégaphorbiaies	96 336 928	2,42%	126 697	0,06%
54	Tourbières et marais	435 328	0,01%	0	0,00%
38	Prairies mésophiles	188 060 543	4,72%	11 360 271	5,48%
41, 44 et 83	Boisements	581 087 940	14,60%	18 072 613	8,71%
81 et 82	Cultures	204 816 0519	51,45%	154 861 325	74,67%
61	Enrochement	38 218	0,00%	0	0,00%
85 à 99	Zones artificialisées	695 946 010	17,48%	19 334 816	9,32%
Total		3 980 805 488	100,00%	207 399 331	100,00%

Tableau 3 : Répartition des surfaces en 2008 dans le Kent

Ce tableau permet d'appuyer et d'étayer les propos précédents.

En effet, si la zone de démonstration française est représentative sur quelques habitats comme, par exemple, les cultures ou les boisements (pour les habitats présentant les plus grandes superficies), on constate une surreprésentation des milieux aquatiques, humides et des zones artificialisées au détriment des habitats de prairies. Par ailleurs, compte-tenu de la localisation du site de test, on constate l'absence totale des habitats littoraux (ainsi que les mers et océans). Enfin, la zone de démonstration du NPdC ne présente aucune surface de tourbières et marais ; ces habitats constituant néanmoins un habitat faiblement représenté à l'échelle de la région. La zone de démonstration française n'est donc pas représentative de la région mais présente l'intérêt d'être composée d'habitats complexes et à enjeux. Ce qui était l'objectif de cette zone, définie de manière consensuelle par tous les membres du comité de pilotage pour son intérêt scientifique.

On constate que la zone de démonstration anglaise n'est également pas représentative de la région du Kent. En effet, les habitats de culture représentent plus des $\frac{3}{4}$ de la zone de démonstration et sont donc surreprésentés au détriment de postes comme les zones artificialisées ou les boisements. Les prairies humides, très présentes sur le site du NPdC, ne sont ici présentes que sur de faibles surfaces. Par ailleurs, compte-tenu de la localisation du site de test, on constate l'absence totale des habitats littoraux (ainsi que les mers et océans) alors qu'il s'agit d'habitats présents dans le Kent de manière significative. En revanche, les superficies de prairies mésophiles et des milieux aquatiques non marins restent quasi identiques (pour les habitats présentant les plus grandes superficies). Le choix de cette zone a été défini de manière consensuelle par tous les membres du comité de pilotage car l'achat d'images par le prestataire était possible..

Au final, il est intéressant de noter que les deux zones de démonstration sont bien différentes du point de vue composition. Par ailleurs, même si ces zones ont été choisies pour des intérêts spécifiques, leur non représentativité au niveau régional nécessitera, le cas échéant, des tests complémentaires potentiels lors de futures implémentations de la méthodologie de MAJ, si celle-ci était amenée à être conservée.

1.1.2. Les données¹

Comme pour les missions précédentes de l'Activité 3, la Mission 6 se doit, autant que faire se peut, d'utiliser les données satellitaires déjà disponibles et acquises par SIRS.. La Mission 6 se focalise donc sur les données ciblées suite à l'analyse de faisabilité opérationnelle réalisée dans la Mission 5 complétées par des achats supplémentaires. Ainsi, le jeu de données pour la Mission 6 est composé de (1) photographies aériennes et (2) d'images satellites RapidEye, SPOT et DMC :

(1) Des photographies aériennes couleur et/ou infrarouge ont été récupérées sur les zones du Kent (2003 et 2008) et du Nord-Pas-de-Calais (2005 et 2009). Ces données ont ainsi la particularité de fournir une résolution spatiale fine (décimétrique). Les entités observées sont ainsi mieux représentées de par leur contour et leur texture et peuvent être plus facilement identifiées. Ces données sont évidemment celles à la base de la PIAO classique.

¹ Concernant les droits sur les images et données associées, il convient de préciser que les images acquises par SIRS dans le cadre de la mission ARCH sont associées à des licences monopostes. Elles sont donc utilisables dans le cadre des missions de service public. De plus, les images fournies par l'ASP appartiennent à ladite agence et chaque publication devra être précédée d'une demande officielle. Les traitements réalisés par SIRS sont livrés au CRNPdC et au KCC. En cas de publication, SIRS demande que soit mentionné réalisation SIRS 2012.

(2) De nouvelles images RapidEye ont été achetées pour le NPdC et le Kent à différentes saisons pour l'année 2010 sur les zones d'étude (résolution spatiale de 5 mètres). Elles vont contribuer à entreprendre un suivi du cycle phénologique des communautés végétales afin de mieux les caractériser. Une série d'images SPOT-5 (quatre dates à 10-20 mètres de résolution spatiale) disponible sur le NPdC pour l'année 2009 (données de l'ASP) a également été utilisée. De même, l'image RapidEye acquise dans le cadre de GEOSUD a pu être utilisée dans le NPdC pour ces tests. En effet, pour la région NPdC, les données acquises lors de la Mission 4, via l'ASP et GEOSUD, présentent l'avantage de couvrir la zone de démonstration. Elles ont alors pu être réutilisées dans la Mission 6 afin de compléter la série temporelle. Afin de approfondir la série temporelle du Kent, une image DMC, achetée au début du projet ARCH, a également été intégrée. Ces dernières vont ainsi compléter la série temporelle d'images RapidEye.

Ci-dessous, les calendriers des images aériennes et satellites disponibles sur les zones test peuvent être visualisés pour les régions NPdC et Kent :

		2008	2009												2010													
		O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Image aérienne	Orthophotographie ARCH/PPIGE																											
	Orthophotographie ASP																											
Image satellite	RapidEye																											
	SPOT-5																											

Tableau 4 : Calendrier des images – NPdC

		2008	2009												2010														
		J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Image aérienne	Orthophotographie																												
	RapidEye																												
Image satellite	DMC																												

Tableau 5 : Calendrier des images – NPdC

A ce stade, il est important de mettre l'accent sur l'impact potentiel des différences entre le Kent et le NPdC en termes de données utilisées.

En effet, seule une donnée ortho en vraies fausses couleurs naturelles utilisée dans le cadre de ARCH est disponible dans le Kent, là où, dans le cas du NPdC, deux données ortho Infra-Rouge Classique existent (ASP). De plus, les images satellites RapidEye mises à disposition sur le Kent par le fournisseur de données ne permettent pas d'améliorer la série temporelle au-delà de deux couvertures étant donné le niveau d'enneigement sur la zone de démonstration sur la période 2008-2010. Par conséquent, la série temporelle dans le NPdC contient plus de données/dates que dans le Kent, et les résultats pourront donc différer d'une zone de démonstration à l'autre.

Une telle situation permet de mettre l'accent sur les potentielles difficultés d'opérationnalité et d'acquisition de données utilisables lors de la mise en place de projets appuyés par la télédétection spatiale.

1.2. Approche et méthodologie

1.2.1. Définition du produit attendu

Ci-dessous, la définition du produit attendu telle que définie à l'issue de la Mission 5 :

Produit	Propriétés du produit	Spécifications
Carte des habitats naturels mise à jour	UMC / Résolution Spatiale	< 100 m ²
	Précision géométrique	< 2 m
	Système de coordonnées	Système National
	Etendue géographique	Régional (Kent / NPdC)
	Légende	Nomenclature transfrontalière ARCH
	Précision thématique	> 85%

Tableau 6 : Spécification du produit « carte des habitats naturels mise à jour »

1.2.2. Approche générale

Afin de répondre aux besoins des utilisateurs, un scénario potentiel de mise à jour global est proposé. Celui-ci intègre à la fois les méthodologies testées pour les thématiques spécifiques (identifiés dans les Missions 4 et 5), ainsi que des méthodologies récentes de télédétection spatiale d'extraction d'informations particulièrement performantes car adaptées aux larges jeux de données (ex. : base de données vectorielle ARCH et séries temporelles).

L'approche de mise à jour globale proposée se décompose en trois étapes principales : (1) la mise à jour automatisée des contours des polygones (géométrie), (2) la caractérisation thématique des polygones (classification) et finalement (3) la cartographie focalisée par PIAO s'appuyant sur les produits résultant de l'étape (2), à savoir, la couche thématique intermédiaire, un indice de confiance de cette couche et/ou une carte binaire des mutations potentielles.

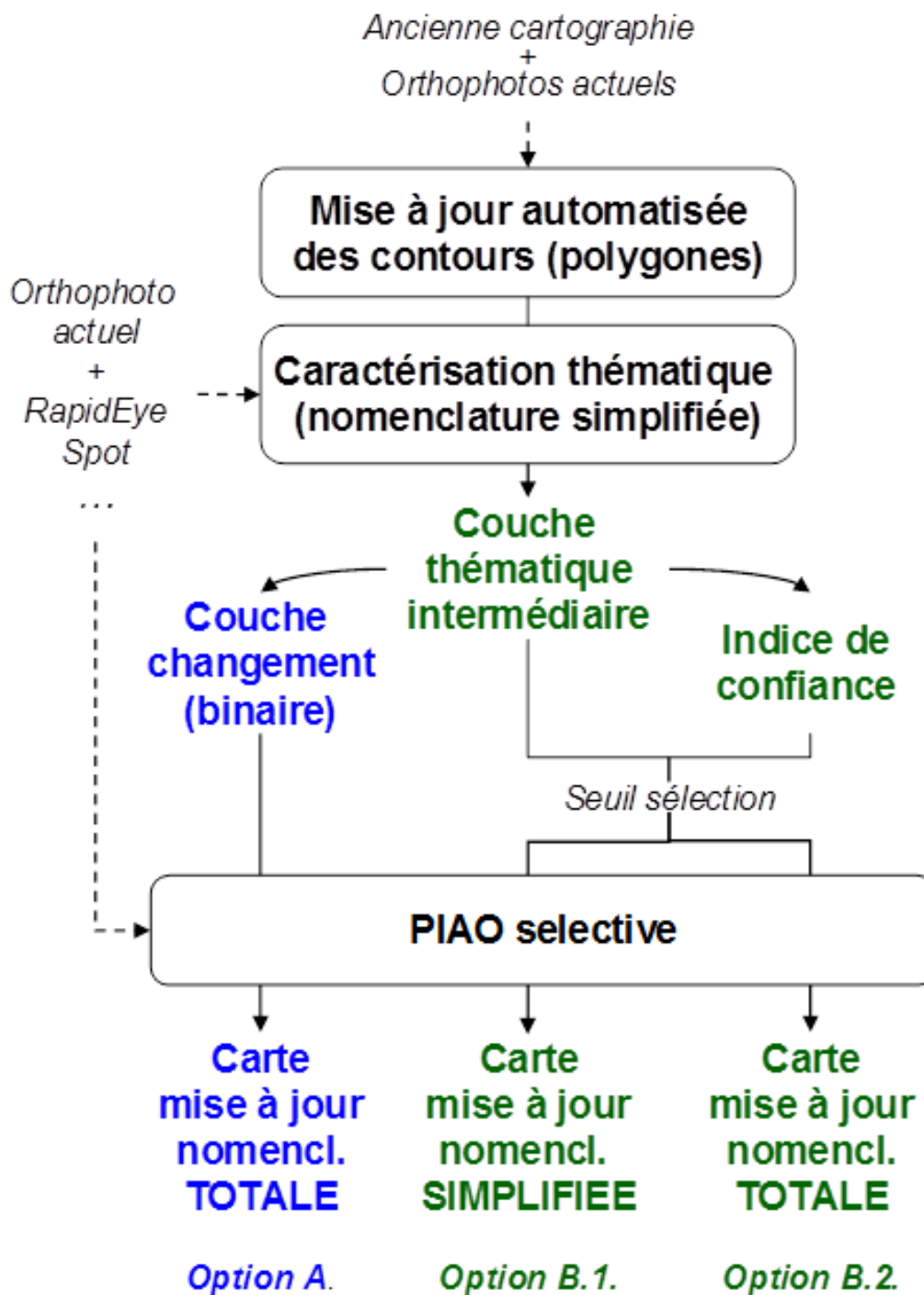


Figure 2 : approche générale de la méthodologie

1.2.3. Mise à jour des contours

La première étape est la mise à jour automatisée des contours des polygones. Elle a pour objectif de détecter les mutations potentielles des polygones et mettre à jour les contours des objets de la base de données ARCH à mettre à jour, à savoir 2003 et 2005 (respectivement pour le Kent et le NPdC). Il s'agit d'une mise à jour géométrique sans caractérisation thématique des objets segmentés.

En effet, les parcelles et îlots de parcelles peuvent se développer, se contracter ou se fragmenter dans le temps. Le but est donc de détecter l'évolution des contours des polygones. Cette mise à jour est réalisée à partir de la base de données vectorielle existante. Les contours de chaque objet de la base sont mis à jour à partir d'une segmentation des nouvelles photographies aériennes. L'approche a ainsi pour intérêt d'assurer une compatibilité de la géométrie des contours. La méthode de segmentation employée est l'algorithme « *Mean-Shift* » (confère annexe 1). Cette méthode présente plusieurs avantages : elle garantit une bonne cohérence spatiale, s'adapte aux objets texturés (robuste aux bruits de l'image) et demande peu de paramètres (définition de la taille minimale des objets et de critères de sensibilité spatiale et spectrale). Pour plus d'information sur l'algorithme « *Mean-Shift* », on redirige le lecteur vers la publication suivante : [Bo *et al.*, 2009]².

Cette mise à jour automatisée des contours est ici réalisée à partir de la donnée aérienne de 2008 et 2009 (respectivement pour le Kent et le NPdC) par segmentation des objets de la base de données vectorielle ARCH de 2003 et 2005 à mettre à jour. Les photographies aériennes ont été ré-échantillonnées à 2 mètres. Cette résolution assure une précision géométrique et un temps de traitement satisfaisants.

Il résulte de cette étape une couche vectorielle contenant les nouveaux contours 2008/2009, c.à.d. la mise à jour des objets de la base ARCH 2003/2005. Les contours de cette nouvelle couche 2008/2009 sont ainsi parfaitement compatibles avec la base de données initiale/à mettre à jour.

A noter que cette première étape permet de mettre à jour la géométrie des objets sans a priori sur la nature du changement potentiel. Cette étape conduit donc à la segmentation, par exemple, de l'ensemble des îlots de culture ; l'étape suivante permettant de classer ces objets. Une conséquence directe est que la segmentation issue de l'Etape 1 et la base vectorielle ARCH 2009 ne peuvent être comparées afin d'évaluer la précision du produit.

² Bo S., Ding L., Li H., Di F., Zhu C. (2009). Mean shift-based clustering analysis of multispectral remote sensing imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 30(4), 817-827.



Figure 3 : Orthophotographie 2009 et base vectorielle ARCH 2005 – NPdC

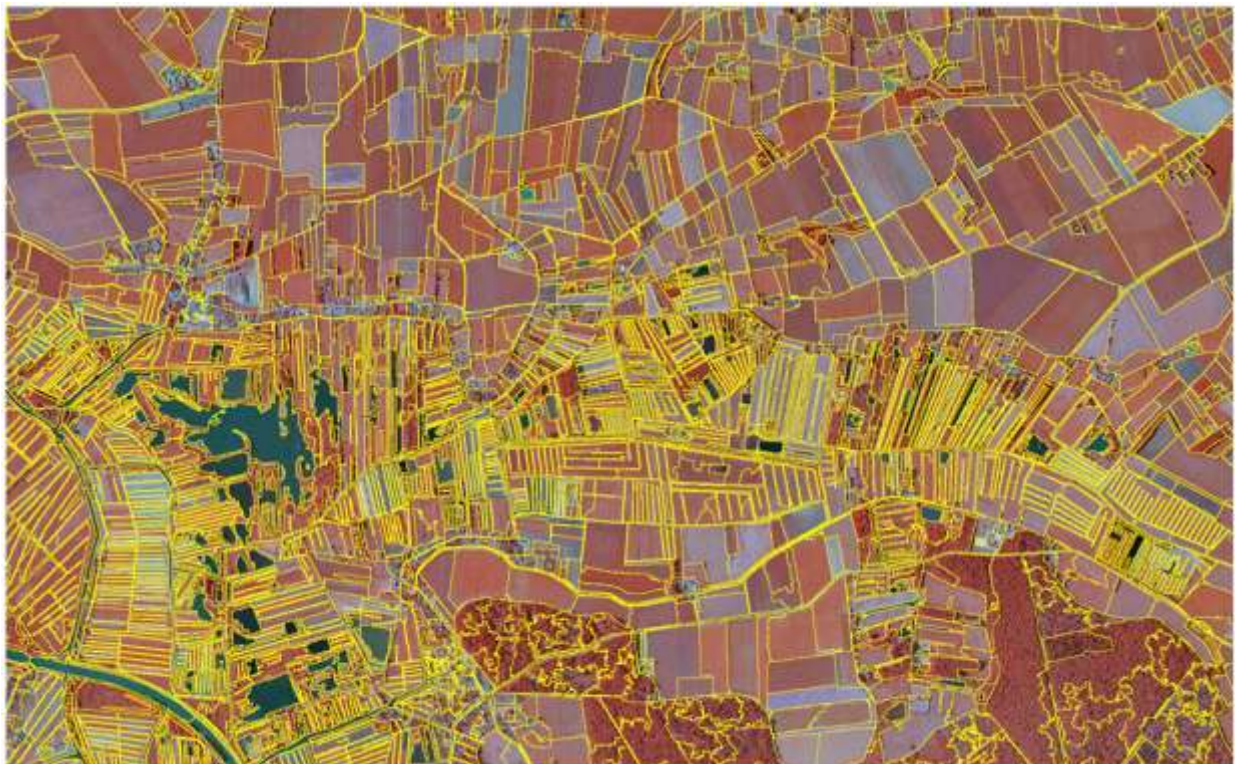


Figure 4 : Orthophotographie 2009 et nouveaux contours 2009 – NPdC



Figure 5 : Orthophotographie 2008 et base vectorielle ARCH 2003 – Kent



Figure 6 : Orthophotographie 2008 et nouveaux contours 2008 – Kent

1.2.4. Caractérisation thématique des polygones

Alors que l'étape précédente établissait la nouvelle géométrie des polygones issus de la base de données à mettre à jour, l'Etape 2 consiste à les caractériser thématiquement, c.-à-d. à classer tous les polygones issus de cette nouvelle segmentation de 2008/2009.

A terme, l'analyse du résultat de cette caractérisation thématique permet d'extraire les transitions d'une classe donnée vers une autre.

Trois outputs distincts sont issus dans le cadre de cette deuxième étape, à savoir : (1) la carte thématique intermédiaire des habitats, (2) l'indice de confiance et (3) la carte binaire des mutations potentielles.

1.2.4.1. La carte thématique intermédiaire

La carte thématique intermédiaire correspond à une carte (raster ou vecteur) thématique qui résulte d'une approche de classification automatisée basée sur toute l'imagerie disponible. Elle ne correspond pas encore directement à la carte finale des habitats MAJ.

Cette carte thématique intermédiaire est réalisée par classification basée sur l'ensemble des données disponibles. Si l'on dispose de données multi-dates, la classification intègre alors une dimension temporelle. Elle permet, par exemple, de suivre le stade phénologique de chaque classe. Cet apport d'information est donc déterminant. A partir d'une série d'images d'au moins deux dates, il est possible de distinguer les communautés végétales à partir de leurs stades phénologiques. Par ailleurs, plus les images sont nombreuses et représentatives des différentes saisons, plus il est possible de modéliser le cycle phénologique des entités. C'est cette approche par suivi temporelle des communautés végétales qui est donc utilisée.

La classification des données est réalisée par une classification supervisée orientée objet. L'algorithme choisi est le réseau de neurones. Il consiste à définir des règles simples de classification et à pondérer les liens qu'elles ont entre elles. Cette méthode, plus élaborée et adaptée que les classificateurs usuels de type maximum de vraisemblance utilisés dans la Mission 4, est non-linéaire et s'adapte à la modélisation de systèmes complexes. Elle ne nécessite pas de compréhension physique de la thématique étudiée, ni même la conception des règles de classification (celles-ci sont définies automatiquement à partir d'échantillons d'apprentissage). Enfin, le réseau de neurones s'avère plus performant lorsqu'il est calibré sur de larges jeux d'échantillons, il est donc particulièrement adapté notre étude. Pour plus d'information sur les réseaux de neurones, on redirige le lecteur vers la publication suivante : [Lippman, 1987]³.


Dans notre cas, l'approche est appliquée en se basant sur la nomenclature transfrontalière ARCH (nomenclature basée sur le « Joint Code », confère l'activité 1 du projet). Seule cette nomenclature permet d'assurer la compatibilité des méthodes de caractérisation sur les deux territoires. En revanche, cette nomenclature a été simplifiée afin d'exploiter au mieux les méthodologies proposées, et donc, d'optimiser les résultats. On rappelle que l'analyse automatique de l'imagerie ne permet pas de distinguer des habitats ayant des signatures spectrales identiques (confère Mission 4). Ainsi, des regroupements de classes ont été établis, regroupements réalisés sur la base de (1) la ressemblance spectrale des habitats (confère annexe 2) et (2) la représentativité de la classe. En effet, les classificateurs utilisés dans notre méthode fonctionnent par apprentissage. A partir d'un échantillonnage

³ Lippman, R. P. (1987), An Introduction to Computing with Neural Nets, IEEE ASSP Magazine, p. 4-22

de points (même nombre d'échantillons par classe), le classificateur va « apprendre » et ainsi optimiser les résultats. Ainsi, si les classes sont faiblement représentées, le nombre d'échantillons disponibles est donc limité et va alors biaiser les classifications par une surreprésentation des classes concernées. Les classes à faible représentativité doivent alors être rapprochées d'une classe plus représentative.

Au final, la nomenclature suivante a été retenue pour l'établissement de la couche thématique intermédiaire pour les zones de démonstration du NPdC et du Kent :

22	Eaux douces
24	Eaux courantes
31.1	Landes humides
31.2	Landes sèches
31.8	Fourrés
34	Stoppes et prairies calcaires sèches
35	Prairies siliceuses sèches
37A	Lisières humides à grandes herbes
37B	Prairies humides
53	Végétation de ceinture des bords des eaux
38	Prairies mésophiles
38.1	Pâturages mésophiles
38.2	Prairies à fourrage des plaines
41	Forêt caducifoliée
44	Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides
81	Prairies améborées
82	Cultures
82.2	Bandes enherbées
83	Plantations
83V	Vergers
83.31	Plantations de conifères
85	Parcs urbains et grands jardins
86	Villes, villages et sites industriels
86.41	Carrières
87	Friches
99.1	Réseau routier
99.1A	Abords routiers
99.2	Réseau ferré
99.2A	Abords de réseau ferré



22 & 24	Eaux douces & Eaux courantes
31.1 & 31.2 & 31.8	Landes humides & Landes sèches & Fourrés
37A & 53	Lisières humides à grandes herbes & Végétation de ceinture des bords des eaux
37B	Prairies humides
38 & 34 & 35 & 38.1 & 38.2	Prairies mésophiles & Steppes et prairies calcaires sèches & Prairies siliceuses sèches & Pâturages mésophiles & Prairies à fourrage des plaines
41	Forêt caducifoliée
44	Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides
81	Prairies améborées
82	Cultures
82.2	Bandes enherbées
83	Plantations
83V	Vergers
83.31	Plantations de conifères
85	Parcs urbains et grands jardins
86	Villes, villages et sites industriels
99.1	Réseau routier
99.2	Réseau ferré
86.41	Carrières

Figure 7 : Nomenclature simplifiée

Par ailleurs, la méthodologie mise en place permet également d'intégrer tout un ensemble de variables autre que celles aériennes et satellitaires comme des variables de texture, de forme et contextuelles.

Au final, sur la zone de démonstration du NPdC, les six variables suivantes ont été retenues :

- (1) Indices spectraux calculés à partir des images ortho IRC (2 dates)
- (2) Indices de textures calculés à partir des images ortho IRC
- (3) Indices de forme calculés à partir de la segmentation des images ortho IRC
- (4) Indices spectraux calculés à partir de la série temporelle SPOT (4 dates)
- (5) Indices spectraux calculés à partir de la série temporelle RapidEye (3 dates)
- (6) Indices contextuels calculés à partir de la base de donnée vectorielle précédente :
 - Forêts Humides : distance au cours d'eau
 - Parcs Urbains : distance au bâti
 - Prairies Humides : distance aux alluvions

Cette dernière variable (contexte) est construite par la connaissance des photo-interprètes et leurs expériences sur l'activité 1 du projet. A termes des variables contextuelles supplémentaires peuvent être mises en place de concert entre des experts en traitement d'image et phytosociologues.

De même, dans le Kent, les quatre variables retenues sont les suivantes :

- (1) Indices spectraux calculés à partir des images ortho vraies fausses couleurs naturelles
- (2) Indices de textures calculés à partir de l'image ortho
- (3) Indices spectraux calculés à partir de la série temporelle RapidEye (2 dates)
- (4) Indices spectraux calculés à partir de l'image satellite DMC

La chaîne de traitement est implémentée sous l'environnement MATLAB et produit une carte thématique intermédiaire à nomenclature simplifiée des habitats naturels (dont des illustrations sont proposées ci-dessous).

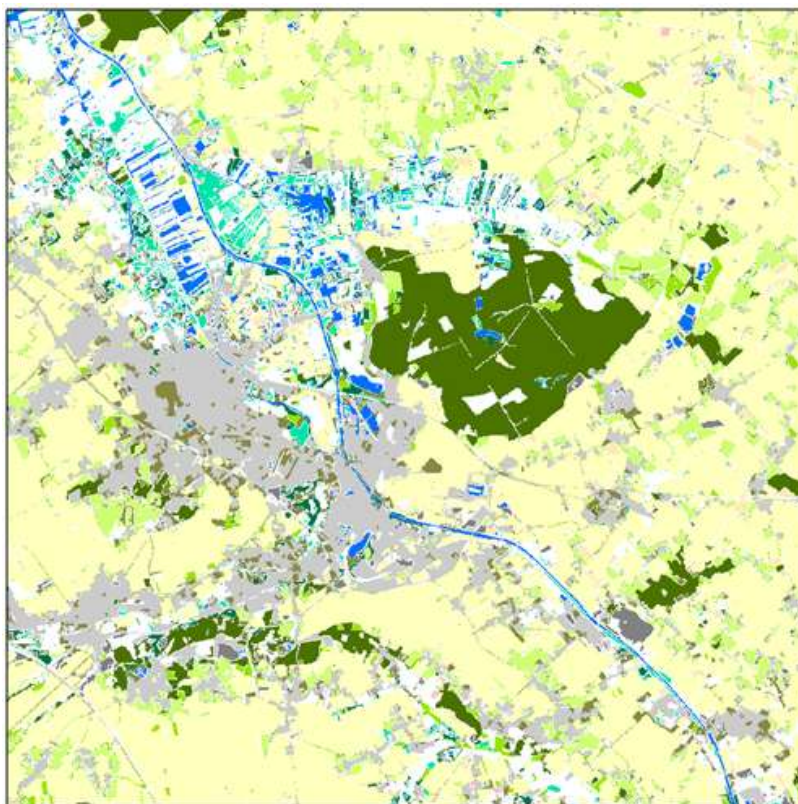


Figure 8 : Couche thématique intermédiaire à nomenclature simplifiée à partir des 6 variables (NPdC)

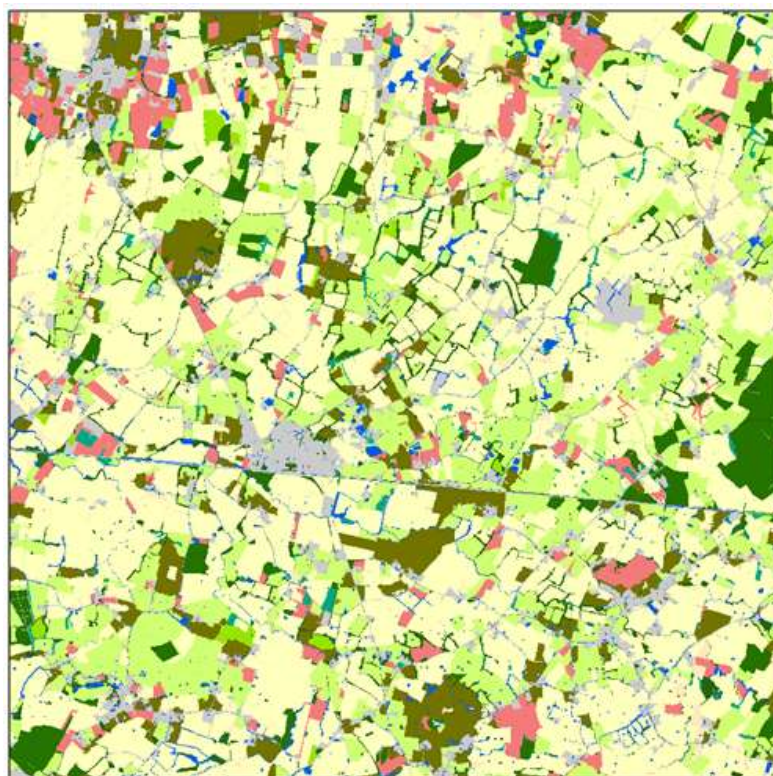


Figure 9 : Couche thématique intermédiaire à nomenclature simplifiée à partir des 4 variables (Kent – dalle TQ84)

Au final, il est possible de montrer apport quantitatif de chacune des variables en calculant la concordance globale⁴ de la couche thématique intermédiaire produite et la couche de « référence » établie par PIAO en 2008/2009 (sur la nomenclature simplifiée). Ci-dessous, la concordance globale par ajout successif des variables peut être visualisée pour chaque zone de démonstration :

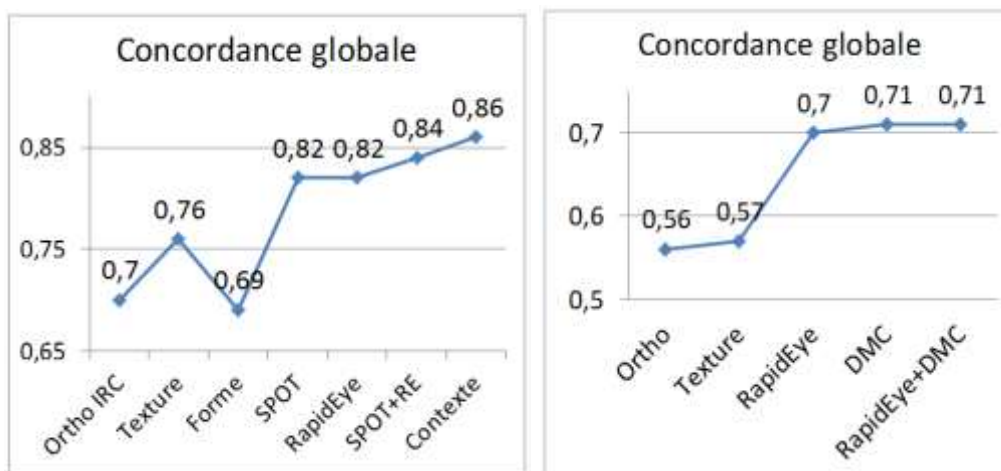


Figure 10 : Evolution de la concordance globale de la couche thématique intermédiaire selon les variables NPdC & Kent (ajout successif des variables ; exception faite lors de l'ajout de SPOT, puis remplacement de SPOT par RapidEye, puis ajout des deux données simultanément, et de même avec la donnée DMC pour le Kent)

Une série de constats peut être réalisée à partir de ces figures.

Tout d'abord, on note que la concordance globale de la carte thématique produite à partir de la donnée ortho est meilleure dans le cas du NPdC. En effet, dans le cadre des tests réalisés sur cette zone, comme précisé précédemment, nous disposons d'images ortho comprenant le canal IR alors que dans le Kent, la seule donnée ortho en vraies fausses couleurs naturelles. Or, le canal IR est précieux pour la détection et la différenciation des communautés végétales (confère rapport Mission 3). La disponibilité du canal PIR explique les différences de concordances globales au niveau des orthos.

La variable sur la forme des polygones n'est pas significative puisque l'on constate que la concordance globale diminue lors de l'ajout de la variable. Autrement dit, les habitats naturels ne peuvent être caractérisés par leur forme. Néanmoins, son influence sur le résultat final (toutes les variables) n'est pas significative et préjudiciable puisque des tests de classification supplémentaires sur l'ensemble des variables auxquelles on enlève celle sur la forme montrent des résultats similaires sur le NPdC, à savoir, un niveau concordance globale de 84% avec la donnée de référence. Les 2% de différence ne peuvent être considérés comme significatif ; l'écart est dû à la mise en place de la méthodologie puisqu'à chaque nouvelle mise en œuvre de la classification par réseau de neurones, le jeu d'apprentissage change. Dans les faits, le poids de la variable sur la forme est contrebalancé par le nombre total d'indices calculés ; la variable forme étant constituée de trois indices différents pour un total de 75 indices sur les six variables intégrées dans la méthodologie. Finalement, la variable de forme n'apporte donc pas d'informations complémentaires mais ne biaise pas les résultats (elle n'a d'ailleurs pas été intégrée dans le Kent).

De plus, on constate que l'ajout de multiples données satellitaires n'est pas un gage de qualité accrue puisque l'apport des données satellitaires est similaire dans le NPdC et le Kent alors que les séries temporelles/spectrales sont constituées, respectivement, de sept et trois images satellites. Il n'est ainsi

⁴ La concordance globale correspond au rapport entre le nombre de pixel correctement classé et le nombre total de pixels.

pas indispensable de vouloir multiplier les dates satellitaires afin de vouloir optimiser et améliorer les résultats.

Enfin, on constate que l'apport de la donnée satellitaire est sensiblement le même quel que soit le capteur. Dans le cas du NPdC, par exemple, la concordance globale avec l'ajout de la donnée SPOT ou celle RapidEye est la même. Or, ces données diffèrent de par leur résolution spatiale (5 mètres pour RE et 10/20 mètres pour SPOT) et leur résolution spectrale (présence des bandes bleue et Red-Edge pour RapidEye). Ceci laisse entrevoir l'utilisation de données de moindre qualité spatiale et/ou spectrale, souvent moins onéreuses, pour la mise en œuvre future de la méthodologie.

En conclusion, l'acquisition de deux à trois images satellites ajoutées à l'image ortho (de préférence IRC), à des dates complémentaires, offrira plus que probablement une variation spectrale et temporelle suffisante (variation de contraste) pour obtenir des résultats satisfaisants.

1.2.4.2. L'indice de confiance

Cet indice permet de qualifier le niveau de confiance de la caractérisation thématique des polygones de la carte intermédiaire obtenue à l'issue de l'étape précédente.

L'objectif de la couche *indice de confiance* produite est de fournir une information spatialisée sur la confiance (ou l'incertitude) des classes attribuées lors de l'étape de classification (confère section précédente). Ce produit doit permettre à l'utilisateur de prioriser les zones sur lesquelles il se focalisera (voir plus loin). Cette carte de confiance apporte une meilleure lisibilité à la carte MAJ des habitats naturels.

Usuellement, lors de l'étape de classification, les objets obtiennent une probabilité d'appartenance pour chacune de classes thématiques recherchées. La méthode leur attribue alors la classe thématique dont la probabilité d'appartenance est la plus élevée. C'est la probabilité de classification réalisée sur la base de toutes les variables qui constitue la base de l'indice de confiance.

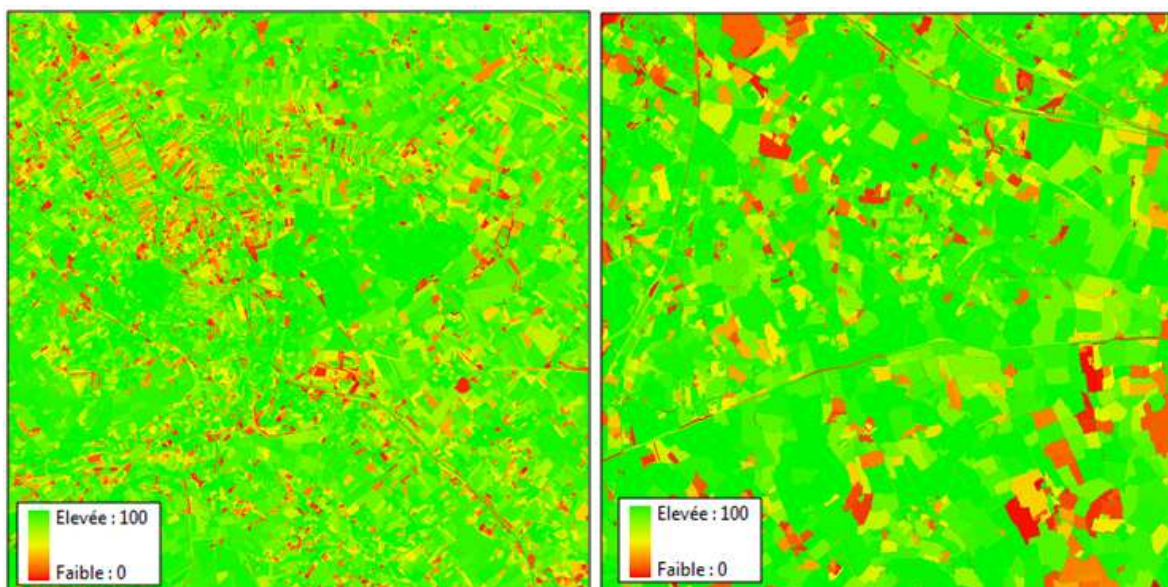


Figure 11 : Couche de l'indice de confiance - NPdC et Kent

1.2.4.3. La carte binaire des mutations potentielles

Cette carte permet de spatialiser les zones de mutations potentielles sans a priori sur la nature de ces transitions.

Afin de produire cette couche, on croise par simple différence l'information de la carte de départ (ARCH de 2003/2005 en nomenclature simplifiée) et la carte thématique intermédiaire obtenue ci-dessus. Une nouvelle fois, il est important de noter que cette couche raster des changements ne tient pas compte de la nature des mutations potentielles.

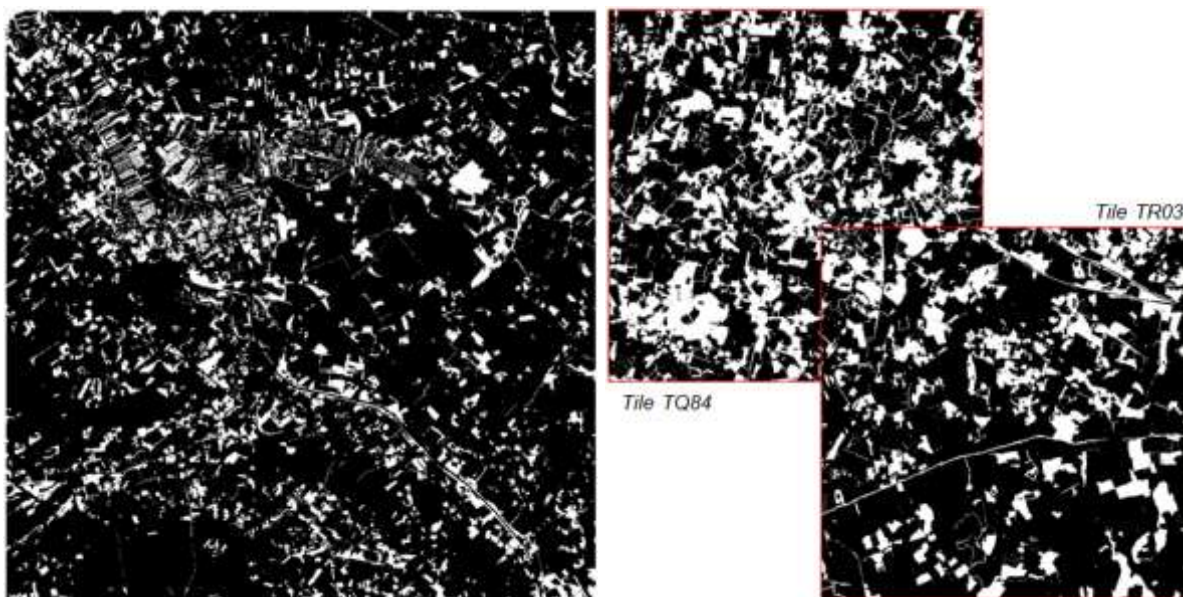


Figure 12 : Couche binaire des changements NPdC et Kent

1.2.5. Cartographie focalisée par PIAO

La dernière étape consiste à effectuer un passage selon la méthode traditionnelle de PIAO afin de vérifier et/ou affiner la classification obtenue dans les étapes automatiques précédentes. La cartographie focalisée doit également permettre de passer du niveau de nomenclature simplifiée au niveau de nomenclature totale tel que rechercher pour une telle MAJ.

Afin de spatialiser ces zones de passage par PIAO, et donc, guider les photo-interprètes, l'un des deux produits complémentaires (indice de confiance et carte binaire des mutations) peut être utilisés.

Ces deux produits permettent d'établir une sélection de polygones présentant une mutation potentielle et/ou pour lesquelles les classes, et par extension les mutations potentielles d'habitats, détectées sont les moins certaines (voir les options ci-dessous). L'opérateur applique alors une PIAO classique sur ces zones afin de valider ou non les classes détectées. Cette PIAO est assistée par des couches d'information supplémentaire définie ci-dessous (si disponibles et telles qu'identifiées lors de la composante 2 – Missions 4 et 5) :

- ✓ Red-Edge
- ✓ MIR
- ✓ Multi-temporel

1.3. Options de mise à jour

1.3.1. Introduction

Suivant la méthodologie présentée ci-dessus, il est apparu opportun de considérer trois options pour tenir compte d'une part du niveau de nomenclature finale recherché, et d'autre part des différentes façons d'opérer la sélection des polygones pour la PIAO focalisée :

- Option A – Couche binaire des changements : Carte MAJ des habitats à nomenclature totale
- Option B1 – Indicateur de confiance : Carte MAJ des habitats à nomenclature simplifiée
- Option B2 – Indicateur de confiance : Carte MAJ des habitats à nomenclature totale

Ainsi, selon l'option envisagée, le niveau de nomenclature diffère. Ainsi, les options A et B2 permettent de générer une carte des habitats MAJ à nomenclature ARCH totale alors que l'option B1 propose une carte des habitats MAJ à nomenclature ARCH simplifiée.

1.3.2. Option A

La PIAO est réalisée sur une sélection de polygones définie comme suit :

- ✓ les polygones pour lesquels un « changement potentiel » a été détecté (basé sur la nomenclature simplifiée et sur la carte binaire des changements)
- ✓ l'ensemble des polygones à classe fusionnée restants (une partie de ces polygones se trouvant déjà dans la première catégorie)

Néanmoins, la sélection des polygones peut être définie par l'utilisateur, en fonction de ses besoins spécifiques, comme par exemple, par thématique ou région géographique.

Pour chaque polygone sélectionné (et, le cas échéant, tous ses sous-polygones issus de l'Etape 1), l'opérateur PIAO vérifiera/mettra à jour sa valeur d'habitat. Pour tous les autres polygones, le résultat issu de la carte thématique intermédiaire sera retenu.

Le résultat de cette option A est la carte des habitats MAJ sur la base de la nomenclature totale.

1.3.3. Option B1

Dans le cadre de l'option B1, la PIAO est réalisée, sur la base de la nomenclature simplifiée, sur une sélection des polygones de la carte thématique intermédiaire (à nomenclature simplifiée).

Pour chaque polygone sélectionné, l'opérateur PIAO vérifiera la valeur d'habitat (nomenclature simplifiée). Pour tous les autres polygones, le résultat issu de la carte thématique intermédiaire sera retenu.

Le résultat de cette option est la carte des habitats MAJ sur la base de la nomenclature simplifiée.



Figure 13 : Carte des habitats MAJ (à nomenclature réduite) avec PIAO Focalisée (ex. : NPdC)

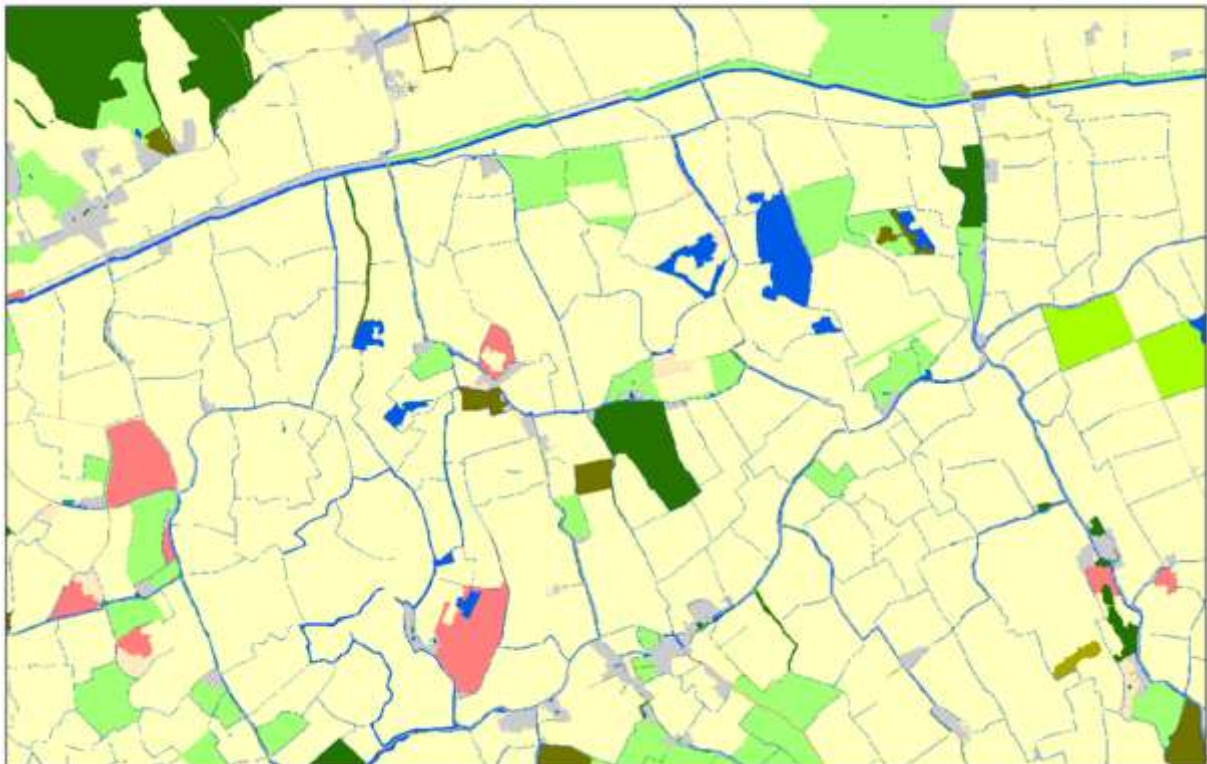


Figure 14 : Carte des habitats MAJ (à nomenclature réduite) avec PIAO Focalisée (ex. : Kent)

1.3.5. Option B2

Dans le cadre de l'option B2, la PIAO, sur la base de la nomenclature totale, est réalisée sur la même sélection de polygones thématiques de l'option B1 (à nomenclature simplifiée) à laquelle on ajoute tous les polygones à classe fusionnée restants.

Comme précédemment, pour chaque polygone sélectionné (et, le cas échéant, tous ses sous polygones issus de l'Étape 1), l'opérateur PIAO vérifiera/mettra à jour sa valeur d'habitat. Pour tous les autres polygones, le résultat issu de la carte thématique intermédiaire sera retenu.

Le résultat de cette option est la carte des habitats MAJ sur la base de la nomenclature totale.

1.3.6. Discussion

La couche des changements potentiels comprend des polygones représentant des changements réels, et d'autre part, des zones sans changement (ces dernières représentent ce que l'on appelle l'erreur de Commission). De plus, cette couche ne comprend pas certains polygones pour lesquels il existe un changement réel, mais non détecté comme changement potentiel par la méthodologie de classification (représentant ici une erreur d'Omission). Puisque l'option A se base sur cette carte binaire des changements potentiels pour son passage en PIAO, elle ne pourra pas corriger les polygones en erreur d'Omission.

En revanche, avec les options B1 et B2, les polygones sélectionnés couvrent, à la fois, une part des erreurs de commission et d'omission. En effet, les polygones sélectionnés sont basés ici sur l'indice de confiance de classification. Les polygones sélectionnés correspondent donc aux polygones pour lesquels le résultat de la classification automatique est le plus incertain. Par conséquent, bien que ces polygones ne fassent plus directement référence aux mutations potentielles, ils couvriront à la fois des polygones de l'option A, ainsi que d'autres polygones non sélectionnés comme mutations potentielles dans l'option A.

Pour l'option B (B1/B2), l'opérateur établira un seuil sur l'indice de confiance en faisant une série de tests préliminaires sur des zones de référence, afin d'obtenir le niveau de précision final requis et recherché.

Finalement, il est important de noter, qu'en fonction de ses besoins de mise à jour (totale, partielle, focalisée), l'opérateur pourra filtrer les polygones sélectionnés par thématique ou par région.

1.4. Analyse des changements

1.4.1. Analyse globale

L'objectif de cette section est de présenter l'analyse des changements dans le NPdC et le Kent à l'échelle de la région toute entière et de la zone de démonstration. Il s'agit ici des changements « réels » tels que photo-interpréter dans le cadre du projet ARCH (Activité 1). L'analyse des changements potentiels issus de la carte thématique intermédiaire viendra dans la section suivante (1.4.2).

Les tableaux et l'analyse qui suivent permettront notamment d'analyser la représentativité de la zone de démonstration en termes de mutations d'habitats et de mettre en avant les transitions majoritaires et les

habitats naturels à enjeux et/ou des thématiques particulières pour lesquels il existe de fortes évolutions.

A noter que les principaux résultats de l'analyse sont proposés sur le même niveau de nomenclature que la section 1.1.1 (confère le rapport de production SIRS de l'Activité 1) permettant ainsi de rendre compte des tendances et conclusions qui doivent être réalisées.

Postes	Région			Zone Démonstration		
	Surface de changement (en m ²)	Changement (en % de la surface des changements)	Changement (en % de la surface générale)	Surface de changement (en m ²)	Changement (en % de la surface des changements)	Changement (en % de la surface générale)
Mer et océans	522 423	0,05%	0,00%	0	0,00%	0,00%
Habitats littoraux	1 320 987	0,13%	0,01%	0	0,00%	0,00%
Milieux aquatiques non marins	6 814 669	0,70%	0,05%	26 021	0,24%	0,01%
Landes et fourrés	2 912 151	0,30%	0,02%	48 265	0,45%	0,01%
Pelouses sèches	115 237	0,01%	0,00%	6 077	0,06%	0,00%
Prairies humides, et mégaphorbiaies	4 442 434	0,45%	0,03%	358 507	3,33%	0,11%
Tourbières, marais	1 879	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%
Prairies mésophiles	754 263 166	77,03%	5,40%	5 389 450	50,00%	1,62%
Boisements	22 523 033	2,30%	0,16%	128 130	1,19%	0,04%
Cultures	147 099 226	15,02%	1,05%	2 420 648	22,46%	0,73%
Zones artificialisées	39 182 661	4,00%	0,28%	2 401 802	22,28%	0,72%
Total Changement	979 197 866	100,00%	7,02%	10 778 901	100,00%	3,24%

Tableau 7 : Evolution des superficies dans le NPdC entre 2005 et 2009

En termes de représentativité, on retrouve les mêmes conclusions que celles énoncées précédemment dans la section 1.1.1, à savoir que le site sélectionné pour les tests de démonstration n'est pas pleinement représentatif des tendances visibles à l'échelle de la région NPdC.

De manière générale, on note que la zone est caractérisée par moins de mutations qu'à l'échelle de la région (3% de la surface totale pour la zone de démonstration contre 7% sur la région toute entière). La différence majeure entre les deux niveaux géographiques concerne principalement les zones artificialisées puisque la zone test sélectionnée présente quasiment ¼ des mutations sur cette famille d'habitat, alors que sur la région, ces mutations ne concernent que 4% des évolutions. Cette forte différence se fait au détriment des prairies mésophiles pour lesquelles les transitions sont nettement moins fréquentes. Sur les habitats de cultures et de prairies humides, la tendance est également à une hausse significative des transitions sur ces postes. Les mutations sur les familles d'habitats restantes sont trop peu significatives pour être pertinentes.

Sur la zone de démonstration, il est important de noter que près de 95% des mutations ne concernent que trois grandes familles d'habitats (96% sur l'ensemble de la région), à savoir, les prairies

mésophiles, les cultures et les zones artificialisées (98% en ajoutant les prairies humides). Par conséquent, une focalisation de la PIAO sur ces postes est des plus pertinentes si l'on souhaite concentrer l'effort de production. Autrement dit, le PI réaliserait le travail de PIAO sur ces uniques polygones.

Postes	Région			Zone Démonstration					
	Surface de changement (en m ²)	Changement (en % de la surface des changements)	Changement (en % de la surface générale)	Surface de changement (en m ²)	Changement (en % de la surface des changements)	Changement (en % de la surface générale)			
Mer et océans	N/A	N/A	N/A	0	0,00%	0,00%			
Habitats littoraux				0	0,00%	0,00%			
Milieux aquatiques non marins				52 511	0,42%	0,03%			
Landes et fourrés				304 074	2,45%	0,15%			
Pelouses sèches				23 100	0,19%	0,01%			
Prairies humides, et mégaphorbiaies				120 933	0,98%	0,06%			
Tourbières, marais				0	0,00%	0,00%			
Prairies mésophiles				3 741 151	30,19%	1,79%			
Boisements				170 236	1,37%	0,08%			
Cultures				7 371 683	59,50%	3,53%			
Enrochement				0	0,00%	0,00%			
Zones artificialisées				606 451	4,89%	0,29%			
Total Changement				N/A	N/A	N/A	12 390 139	100,00%	5,94%

Tableau 8 : Evolution des superficies dans le KENT entre 2003 et 2008

Comme pour la région NPdC, il est très intéressant de constater que sur la zone de démonstration du Kent, près de 95% des mutations concernent les trois mêmes grandes familles d'habitats, à savoir, les prairies mésophiles, les cultures et les zones artificialisées (98% en ajoutant les prairies humides). Par conséquent, la même focalisation de la PIAO sur ces postes est une nouvelle fois des plus pertinentes.

1.4.2. Analyse de la carte thématique intermédiaire

Postes	Surface de changement (en m ²)	Changement (en % de la surface des changements)	Changement (en % de la surface générale)
Mer et océans	0	0,00%	0,00%
Habitats littoraux	0	0,00%	0,00%
Milieux aquatiques non marins	1 306 880	6,64%	0,55%
Landes et fourrés	2 013 040	10,24%	0,85%
Prairies humides, et mégaphorbiaies	1 036 304	5,27%	0,44%
Tourbières, marais	0	0,00%	0,00%
Prairies mésophiles & Pelouses sèches	9 833 560	50,00%	4,13%
Boisements	1 394 904	7,09%	0,59%
Cultures	586 128	2,98%	0,25%
Zones artificialisées	3 496 304	17,78%	1,47%
Total Changement	19 667 120	100,00%	8,26%

Tableau 9 : Analyse de la carte thématique intermédiaire - NPdC

24 : 759566924,0000
318 : 100759340,0000

A noter que les pelouses sèches ont été fusionnées avec les prairies mésophiles.

On constate que la carte thématique intermédiaire tend à surévaluer les mutations. En effet, ces dernières représentent plus de 8% de la surface totale de la zone de démonstration alors que la section précédente montrait que les évolutions réelles représentaient seulement plus de 3%. Parmi les mutations surévaluées, on trouve notamment celle concernant les landes et fourrés (10% des changements potentiels détectés contre 0,5% en PIAO), les boisements (7% contre 1%) et les milieux aquatiques non marins (6,5% contre 0,25%). Par ailleurs, certaines mutations tendent à disparaître comme celles sur les cultures (3% contre 22,5% !). En revanche, certaines mutations restent stables comme les prairies mésophiles et les pelouses sèches (50%) et les zones artificialisées (20%).

1.4.3. Analyse de l'indice de confiance

Afin de juger de la pertinence et de la justesse de l'indice de confiance, il est primordial de croiser cet indice de confiance avec la carte des erreurs de la carte thématique intermédiaire. Cette dernière est établie par rapport à la carte des habitats 2008/2009 à nomenclature simplifiée réalisée par PIAO, prise comme la référence :

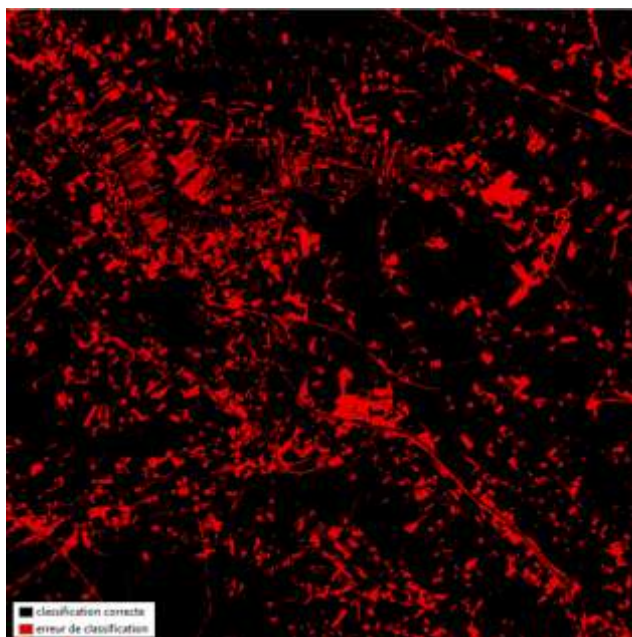


Figure 15 : Carte des erreurs de la carte thématique intermédiaire – NPdC

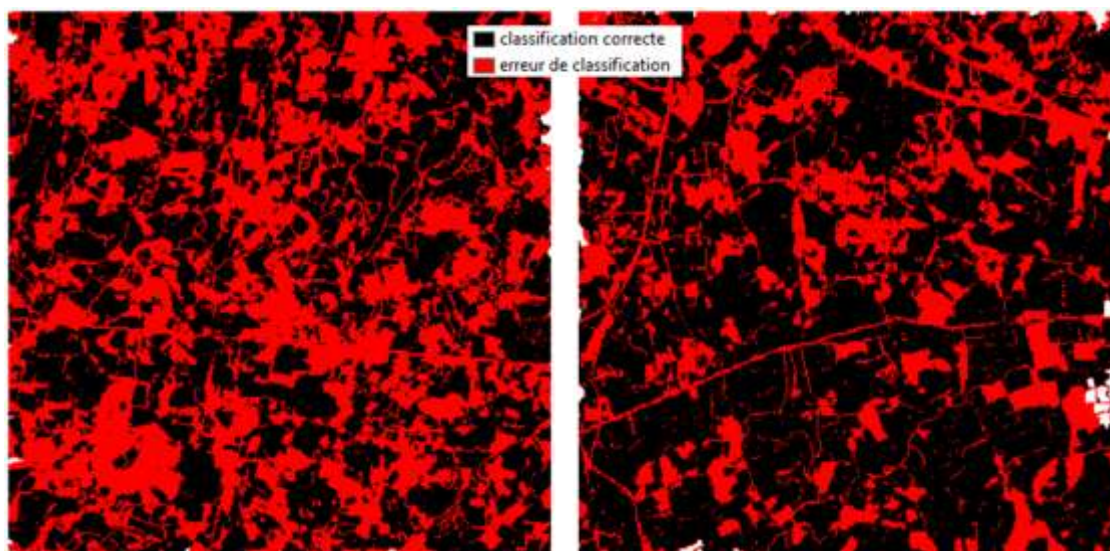


Figure 16 : Carte des erreurs de la carte thématique intermédiaire – Kent

Le tableau ci-dessous donne la moyenne et l'écart-type de l'indice de confiance selon les erreurs, ou non, de classification automatique (moyenne et écart-type de tous les pixels constituant chaque catégorie) :

Indice Confiance	Non erreur de classification	Erreur de classification
Moyenne (écart-type) – NPdC	86 (21)	51 (34)
Moyenne (écart-type) – Kent	86 (23)	61 (32)

Tableau 10 : Moyenne et écart-type de l'indice de confiance selon les erreurs de classification

On constate donc que les pixels mal classés par la méthode automatique ont un indice de confiance (probabilités de classification) faibles avec un écart-type relativement élevé alors que les pixels correctement classés ont un indice de confiance (probabilités de caractérisation) élevé et un écart-type plus faible. Comme instinctivement et logiquement attendu, les erreurs de classification sont

majoritaires situées sur les polygones pour lesquelles la moyenne de l'indice de confiance prend de faibles valeurs (et un écart-type plus élevé).

Ceci étant montré, on peut maintenant s'intéresser à son croisement avec la carte thématique intermédiaire afin de dégager des tendances et conclusions spécifiques. Afin d'appréhender la cohérence de la classification automatique, ainsi que d'informer le choix du seuil sur l'indice de confiance pour la sélection des polygones à retravailler en PIAO, il est intéressant d'analyser s'il existe des tendances quant à la relation entre l'indice de confiance et les classes d'habitats particulières.

Les tableaux ci-dessous donnent la moyenne et l'écart-type de l'indice de confiance pour chaque classe (nomenclature simplifiée), sur les deux zones tests (NPdC et Kent) :

Nord-Pas de Calais			Kent		
	Moyenne (%)	Ecart-type (%)		Moyenne (%)	Ecart-type (%)
Forêts Caducifoliées	90	20	Forêts Caducifoliées	87	21
Urbain	88	37	Plantations Peupliers	86	28
Plantations Peupliers	84	31	Cultures	85	24
Cultures	83	21	Urbain	78	35
Eaux	79	31	Parcs urbain	70	29
Prairies Humides	78	27	Eaux	67	35
Prairies	76	28	Prairies	65	29
Plantations	74	33	Fourrés	61	33
Bandes enherbées	65	34	Forêts Humides	60	35
Mégaphorbiaies	65	34	Plantations	58	31
Parcs urbain	65	34	Vergers	58	37
Fourrés	62	37	Bandes enherbées	57	35
Forêts Humides	61	34			
Vergers	58	36			
Carrières	57	37			

Tableau 11 : Moyenne et écart-type de l'indice de confiance selon les habitats

Moyenne Indice Confiance (%)

	NPdC	Kent
Forêts Caducifoliées	90	87
Urbain	88	78
Plantations Peupliers	84	86
Cultures	83	85
Eaux	79	67
Prairies Humides	78	-
Prairies	76	65
Plantations	74	58
Bandes enherbées	65	57
Mégaphorbiaies	65	-
Parcs urbain	65	70
Fourrés	62	61
Forêts Humides	61	60
Vergers	58	58
Carrières	57	-

Tableau 12 : Moyenne et écart-type hiérarchisés de l'indice de confiance selon les habitats

Même si certains postes montrent des différences plus prononcées comme les plantations, les eaux et l'urbain, les tendances générales sont les mêmes d'une zone de démonstration à l'autre.

Ainsi, les habitats classés avec le plus fort indice de confiance sont, sans surprises, les forêts caducifoliées, l'urbain, les plantations de peupliers, les cultures et les eaux (NPdC seulement). Il s'agit communément (dans la littérature scientifique) d'habitats aisés à détecter et classer. Néanmoins, il s'agit aussi des habitats à faible enjeu écologique.

Les plus grandes incertitudes de classification concernent donc majoritairement les habitats à enjeux. On retrouve les mêmes difficultés de caractérisation thématique semi-automatique que ceux rencontrés en PIAO sur des habitats complexes comme par exemple les forêts et prairies humides, les mégaphorbiaies ou les prairies. Les faibles probabilités de classification des vergers et des carrières sont liées à la définition même de ces habitats (confusion des vergers avec les jardins privés et hétérogénéité de composition des carrières).

Puisque les erreurs de classification sont majoritaires situées sur les polygones pour lesquelles l'indice de confiance prend de faibles valeurs, une sélection des polygones de PIAO peut être envisagée sur la base d'une sélection de thématiques spécifiques à enjeux et classées avec une faible confiance.

1.4.4. Analyse de la carte binaire de changement potentiel

Afin de juger de la justesse de cette carte binaire des changements potentiels, il est primordial de la croiser avec la carte des changements réels. Cette dernière est établie à partir des cartes des habitats 2003/2005 et 2008/2009 à nomenclature simplifiée réalisée par PIAO, prises alors comme la référence.

Le tableau ci-dessous donne, pour la couche des changements potentiels, la précision générale, la précision sur les changements, la commission sur les changements et les omissions sur les changements sur les deux territoires :

	Nord-Pas de Calais	Kent
Précision générale (%)	87	74
Erreur de Commission sur les changements (%)	76	90
Erreur d'Omission sur les changements (%)	18	33

Tableau 13 : Précision de la carte binaire de changement potentiel

La différence de précision entrevue lors de la section 1.2.4.1 se retrouve également ici. La méthodologie proposée est plus performante sur le territoire français.

La précision globale de la carte binaire de changement potentiel est donc de 87% sur le territoire du NPdC et de 74% sur le territoire du Kent.

Dans le NPdC, l'erreur d'Omission sur les changements est de 18%, ce qui signifie que 18% de ces changements n'ont pas été détectés, soit une précision producteur de 82% sur les changements détectés. Par ailleurs, l'erreur de Commission sur les changements est de 76%, ce qui signifie que 76% des changements détectés n'en sont pas.

Dans le Kent, l'erreur d'Omission sur les changements est de 33%, soit une précision producteur de 67% sur les changements détectés. Par ailleurs, l'erreur de Commission sur les changements est de 90%, ce qui signifie que 90% des changements détectés n'en sont pas.

1.4.5. La carte binaire de changement potentiel vs L'indice de confiance

Il pourrait être intéressant de comparer la carte binaire de changement potentiel et l'indice de confiance afin de mieux appréhender leurs différences et/ou similitudes. Prenons l'exemple du NPdC afin d'illustrer ces propos (similaire dans le Kent).

Indice Confiance	Non Changement	Changement
Moyenne – Carte binaire des changements PIAO	82 (26)	63 (32)
Moyenne – Carte binaire des changements	86 (21)	54 (34)

Tableau 14 : Carte binaire de changement potentiel vs. L'indice de confiance

On constate que les zones de mutations réelles (carte de changement réel) ont des probabilités de classification faibles (valeur moyenne de l'indice de confiance sur l'ensemble des pixels de changement). Inversement, les zones qui n'ont pas mutées montrent une valeur moyenne de l'indice de confiance élevée. De plus, l'hétérogénéité (écart-type à la moyenne de l'indice de confiance sur les pixels concernés) est plus forte pour les pixels de mutations. La comparaison avec la carte binaire de changement potentiel montre la même tendance ; les différences étant liées aux imprécisions de cette carte (voir plus haut).

Cela pourrait signifier que l'utilisation de l'indice de confiance comme source de sélection des polygones pour le repassage PIAO permet de couvrir une grande partie des changements et d'envisager un passage PIAO sur une sélection de polygones déterminée par l'utilisation d'un seuil sur l'indice de confiance ; seuil réalisé sur les valeurs basses de l'indice de confiance.

Il faut cependant bien souligner que l'utilisation de la carte binaire de changement potentiel et celle de l'indice de confiance pour déterminer les polygones pour la PIAO focalisée sont des approches bien différentes, puisque la première se base simplement sur l'information changement/non-changement alors que la seconde se base sur un niveau de confiance de classification. L'angle à partir duquel le choix de polygones est fait est donc différent.

1.5. Analyse de la plus-value

1.5.1. Les critères d'évaluation

L'évaluation globale permet d'estimer la valeur ajoutée (technique/thématique et opérationnelle) de la méthodologie proposée en comparant les résultats du scénario avec ceux d'une approche de mise à jour « standard » réalisé uniquement par PIAO (ARCH activité 1).

Il a été décidé d'utiliser la donnée issue de la cartographie des habitats ARCH comme données de référence/comparaison étant donné, d'une part, l'absence de données terrain complètes et exhaustives sur l'ensemble des régions d'étude, et d'autre part le fait que ces données soient, certainement, ce qui existe de plus proche de la réalité. Même ce choix ne nous permettra pas d'évaluer si, et où, les nouvelles approches proposées surpassent la cartographie par PIAO traditionnelle, ce choix nous permettra d'évaluer l'apport de la télédétection spatiale pour un résultat identique. Le choix de la

matrice d'erreur et les métriques associées (pourcentage de concordance globale, précisions producteur et utilisateur, erreurs de commission et d'omission, indice de Kappa) sont alors à disposition. L'utilisation de telles données pourra permettre d'évaluer quantitativement les cartographies MAJ sur les zones de démonstration.

Par ailleurs, on a vu que pour chaque étape de la procédure opérationnelle (lorsque ceci s'avérait pertinent), la précision du produit obtenu avait pu être évaluée en le comparant avec la donnée de référence. Cela a notamment permis d'analyser et contrôler les précisions intermédiaires au fur et à mesure des étapes et de mettre en évidence les gains induits par l'approche multi-capteurs plutôt que par la seule utilisation de la donnée ortho. Enfin, il a été expliqué comment la précision de la carte thématique intermédiaire permettait de calibrer l'effort de traitement à réaliser en PIAO focalisée.

L'étape d'évaluation permet de quantifier la plus-value en termes d'opérationnalité des options proposées (effort de production, durée de MAJ, coût de MAJ et coût total de chaque option) par rapport à la MAJ par PIAO « standard », comme réalisée dans l'activité 1 de ARCH.

A termes, ces critères permettent de juger de la réelle plus-value des options proposées, de leurs bénéfices et limites. Le résultat fut présenté en atelier interrégional afin de décider du contenu du scénario final pour les futurs MAJ.

1.5.2. Résultats

Puisque cette évaluation doit permettre d'estimer la valeur ajoutée des différentes options proposées et afin de juger de leur apport, nous partons du principe selon lequel les coûts de données sont les mêmes quel que soit l'option analysée (PIAO ou télédétection spatiale) ; le coût de la donnée proposée dans le tableau d'analyse se rapportant à la donnée ortho IRC (coût de la donnée 2009). En effet, même si les méthodologies de télédétection spatiale requièrent des données satellitaires, certaines peuvent être acquises et/ou utilisées gratuitement. Comme il est montré ci-dessus dans l'analyse de la méthodologie, la résolution spatiale et spectrale n'a que peu d'incidence sur la précision thématique de la méthodologie proposée. Ainsi, une série temporelle Sentinel-2, qui peut être acquise gratuitement dans le cadre du programme européen GMES, peut être utilisée. A noter que des solutions alternatives existent en termes de données. On peut, par exemple, envisager acquérir une image Pléiade à 50 cm de résolution spatiale pour un coût trois fois inférieur à l'ortho IRC (71 500 € pour le NPdC).

Dans les tableaux illustratifs ci-dessous le seuil utilisé pour les options a été établi afin d'atteindre un niveau de précision thématique équivalent sur les mutations, à savoir 85% (en effet, l'analyse va différer selon la sélection des polygones pour la cartographie focalisée par PIAO).

	Nord-Pas de Calais – Région					Kent – Région					Qualité sur les mutations
	Donnée	Temps Pers.	Durée MAJ	Coût MAJ	Coût total	Donnée	Temps Pers.	Durée	Coût MAJ	Coût total	
MAJ PIAO	270 000 €	280 Opé 50 Ing	6 à 8 mois	130 000 €	400 000 €	N/A	100 Opé 20 Ing	4 à 5 mois	55 000 €	-	> 85%
MAJ totale RS A	270 000 €	90 Opé 40 Ing RS 20 Ing PI	3 à 4 mois	70 000 €	340 000 €	N/A	35 Opé 40 Ing RS 10 Ing PI	4 à 5 mois	45 000 €	-	> 85%
MAJ Simplifiée RS B1	270 000 €	150 Opé 40 Ing RS 30 Ing PI	5 à 6 mois	100 000 €	370 000 €	N/A	60 Opé 40 Ing RS 20 Ing PI	4 à 5 mois	55 000 €	-	> 85 %
MAJ Totale RS B2	270 000 €	200 Opé 40 Ing RS 40 Ing PI	6 à 7 mois	120 000 €	390 000 €	N/A	70 Opé 40 Ing RS 20 Ing PI	4 à 5 mois	60 000 €	-	> 85 %

Tableau 15 : Analyse de la plus-value

A noter que quel que soit l'option envisagée, l'effort de production de l'ingénieur en traitement d'image reste le même. En effet, quel que soit l'option choisie, les phases de segmentation (détection des nouveaux contours) et la caractérisation thématique des polygones sont réalisées selon la même approche. La différence se fait donc sur les temps homme nécessaire en PIAO, que ce soit les photo-interprètes ou les ingénieurs PI les accompagnants.

On constate que les coûts de MAJ sont proches les uns des autres. Un différentiel de 60 000 € existe entre l'option la moins onéreuse, l'option A, et la MAJ classique par PIAO. L'option B2 est quant à elle la plus chère des options par télédétection spatiale ; la différence avec la PIO n'étant alors que de 10 000 €.

Malgré une durée de MAJ moins longue (durée effectif de la MAJ sans prise en compte des temps de gestion, etc...), les faibles écarts de coût s'expliquent par la présence de temps homme ingénieur télédétection qui n'existe pas dans une MAJ classique par PIAO. Ainsi, les temps homme économisés en PIAO sont contrebalancés par l'intervention d'ingénieurs en télédétection dont l'action intervient en amont de la PIAO. La différence d'option envisagée ne permet donc pas de gagner du temps homme sur cet aspect de la méthodologie.

Par ailleurs, on constate que la taille du territoire influe sur la pertinence d'utiliser la méthodologie de télédétection spatiale. En effet, l'approche nécessite un « coût fixe » pour le traitement de l'imagerie, qui varie peut en fonction de la taille du territoire. Par conséquent, le tableau ci-dessus montre qu'une telle approche considérée dans son ensemble au niveau du coût est moins pertinente dans le Kent que dans le NPdC.

1.6. Conclusion

Les différentes options et l'analyse ci-dessus ont été présentées et discutées avec les acteurs du KCC et du CRNPdC lors de l'atelier interrégional du 11 septembre 2012. Cet atelier a permis de confirmer la meilleure option parmi les différentes propositions qui sera intégrée dans les spécifications du scénario final.

Ainsi, l'option A n'a pas été retenue puisqu'elle ne permet pas de corriger les erreurs d'omission. Par ailleurs, l'option B1 n'est également pas satisfaisante car elle ne permet de réaliser qu'une carte des habitats MAJ à nomenclature simplifiée alors que l'objectif final est bien de réaliser la MAJ globale de la carte des habitats.

Finalement, l'option retenue en consensus est l'option B2 car celle-ci est la plus complète. Elle aboutit notamment à la MAJ de la carte des habitats sur un niveau de nomenclature totale et permet de corriger, par rapport à l'option A, à la fois, un part des commissions mais aussi des omissions de détection des changements de la caractérisation thématique par télédétection spatiale.

Au-delà du produit final qui est la carte MAJ à nomenclature totale, et comme mis en avant par les acteurs du projet ARCH, les produits intermédiaires offrent une série intérêts. Par exemple, la couche de l'indice de confiance combinée à la couche des mutations potentielles permet d'approcher la spatialisation des zones sous un autre angle et donc de guider le photo-interprète dans son travail. Cette couche permet de focaliser son attention sur des zones potentiellement à correction.

L'une des conclusions avancée par les différents utilisateurs est celle selon laquelle chaque utilisateur peut utiliser les outputs selon les besoins. La méthodologie laissant le choix à l'utilisateur d'exploiter la donnée selon ses besoins est d'autant plus intéressant qu'aujourd'hui, il n'y a pas de retours sur la données ARCH et les politiques et agendas publiques ne sont pas encore connus.

Les pistes proposées dans ce rapport permettent d'envisager différentes approches lors de MAJ futures, par exemple :

- Sélection de polygones selon un seuil sur l'indice de confiance
- Sélection par thématique à enjeux
- Sélection par thématique à faible indice de confiance
- Sélection par région à enjeux
- Sélection par thématiques prônes aux évolutions

2. Evolution de l'embroussaillage

2.1. Introduction

Dans cette section, nous proposons une approche pour suivre l'évolution des broussailles au sein des classes thématiques « prairies ».

La méthode proposée repose sur l'hypothèse selon laquelle les prairies sont hétérogènes (du point de vue de leur luminance) lorsqu'elles comportent des broussailles. De plus, l'approche se focalise sur l'identification de parcelles dont la présence de broussailles est avérée, c'est-à-dire qu'elle recouvre plus de 40 % de la parcelle.

Cette hétérogénéité peut être identifiée à l'aide d'une segmentation fine des parcelles. Dans le cas où une prairie est hétérogène, cette segmentation va délimiter l'ensemble des différentes surfaces végétalisées comprises dans cette parcelle. À l'inverse, une parcelle homogène ne sera représentée que par un objet principal.

Afin d'évaluer cette approche, nous l'avons appliquée sur l'ensemble des prairies de la zone test du Nord-Pas-de-Calais.

Ci-dessous, la définition du produit attendu telle que définie à l'issue de la Mission 5 :

Produit	Propriétés du produit	Spécifications
Fourrés sur prairies	Type d'image	Aérienne / Optique THR
	UMC / Résolution Spatiale	≤ 100 m ²
	Précision géométrique	2 m
	Acquisition de l'image	1 couverture
	Système de coordonnées	Système National
	Etendue géographique	Régional (Kent/NPdC)
	Méthode d'extraction	Classification objet
	Légende	Fourrés et Prairies
	Précision thématique	≥ 85%

Tableau 16 : Spécifications du produit sur l'évolution de l'embroussaillage

2.2. Méthodologie

De manière analogue à la méthodologie présentée dans la section 1.2.3, la segmentation est réalisée à partir de l'algorithme « *Mean-Shift* ». Celui-ci est appliqué sur les orthophotos dont la résolution spatiale a été échantillonnée à 50 cm. Le paramètre de taille minimale des objets segmentés a été adapté afin de délimiter des objets de petite taille (>25 m²).

Les prairies hétérogènes comportent un nombre important d'objets mais ce critère doit aussi prendre en compte la taille de ces objets par rapport à la surface totale. Les prairies hétérogènes sont ainsi identifiées à partir de deux conditions basées sur le nombre d'objets segmentés et la surface de la

prairie : (1) Le nombre d'objets au sein d'une parcelle doit être supérieur à 30 ; (2) l'objet le plus grand doit être inférieur à 60 % de la surface de la parcelle. Si la parcelle ne remplit pas une de ces conditions, elle ne peut pas être identifiée comme « hétérogène ».

La méthodologie mise en place est représentée par un ensemble de blocs de traitements à la figure 17.

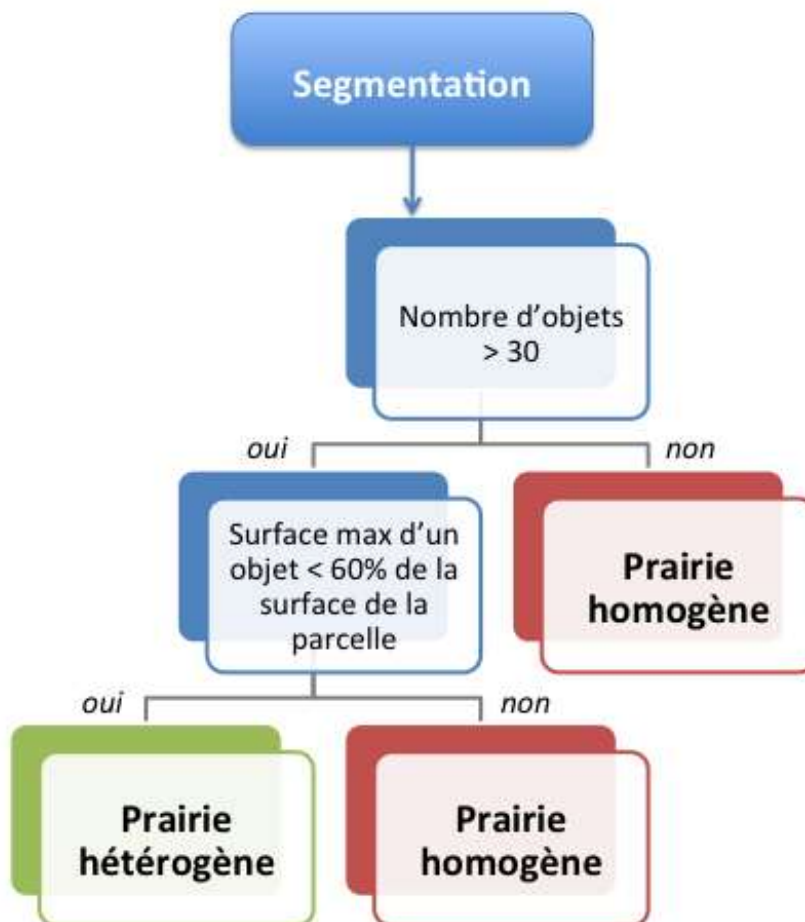


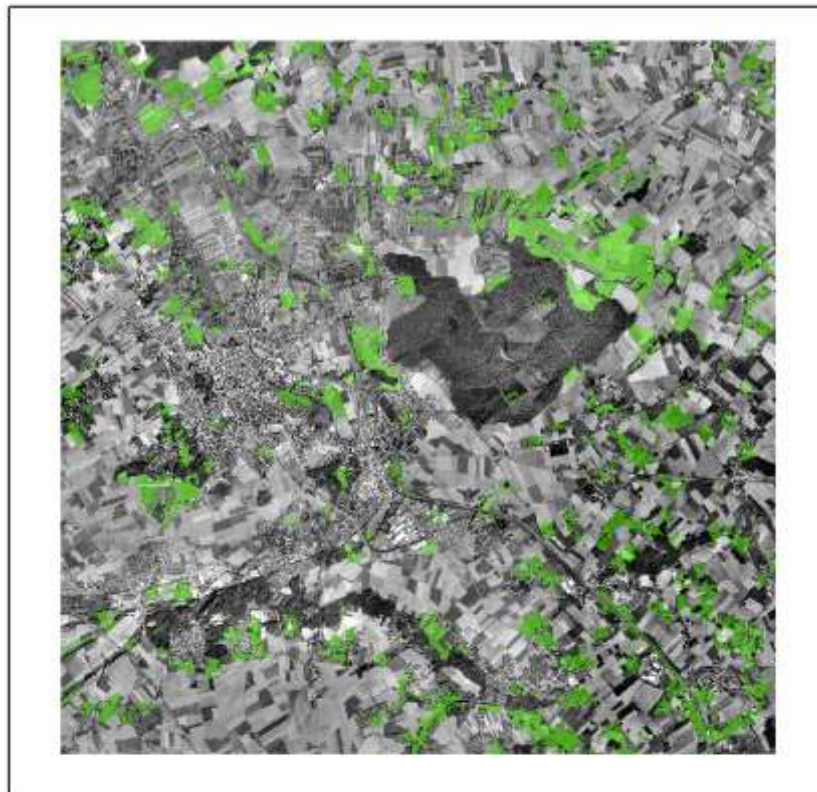
Figure 17 : Présentation de la chaîne de traitements
Les prairies sont d'abord segmentées, puis la classification est réalisée à partir de deux conditions

Une donnée de validation délimitant les broussailles sur les prairies a été produite sur la zone test par photo-interprétation. Pour chaque parcelle, le résultat est validé si une parcelle classée comme « hétérogène » a été identifiée par le photo-interprète.

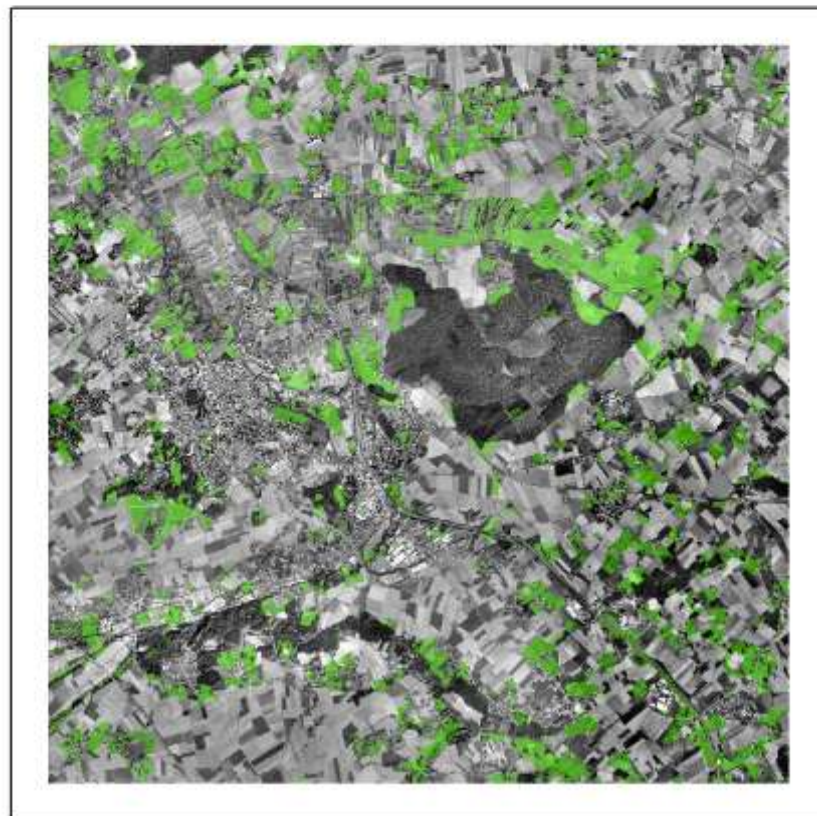
2.3. Résultats et discussions

La méthode a été appliquée successivement aux orthophotos de 2005 et 2009. La figure 18 présente les parcelles hétérogènes identifiées aux deux dates.

Le nombre de prairies hétérogènes identifiées est de 270 en 2005 et de 454 en 2009 (tableau 17 et tableau 18). Ce résultat représente une évolution de 40 % du nombre de prairies avec broussailles. Cette augmentation concorde avec l'évolution des broussailles mesurée par photo-interprétation où une augmentation de 37 % a été relevée.



A



B

Figure 18 : Résultat de la classification des prairies avec broussailles en 2005 (A) et 2009 (B)
Les prairies avec broussailles sont représentées en vert

Année 2005		Validation		
		P. ss broussailles	P. ac broussailles	
Classification	P. ss broussailles	1315	130	1445
	P. ac broussailles	188	82	270
		1503	212	1715
		Po =		0,81

Tableau 17 : matrice de confusion pour la classification des prairies avec broussailles en 2005
La précision globale est de 81 % avec 39 % (82/212) des prairies avec broussailles correctement détectées

Année 2009		Validation		
		P. ss broussailles	P. ac broussailles	
Classification	P. ss broussailles	1105	156	1261
	P. ac broussailles	269	185	454
		1374	341	1715
		Po =		0,75

Tableau 18 : matrice de confusion pour la classification des prairies avec broussailles en 2009
La précision globale est de 75 % avec 54 % (185/341) des prairies avec broussailles correctement détectées

Une étude détaillée des résultats montre que la méthode discrimine correctement les différentes surfaces végétalisées qui composent la prairie. Par exemple, la figure 19 illustre deux cas de segmentation pour une prairie « hétérogène » et un cas de prairie « homogène ». Les prairies « hétérogènes » sont composées de nombreux objets et l'on retrouve les contours délimitant les zones de broussailles. À l'inverse, la prairie « homogène » est constituée de quelques objets dont un principal recouvrant majoritairement la surface de la parcelle.

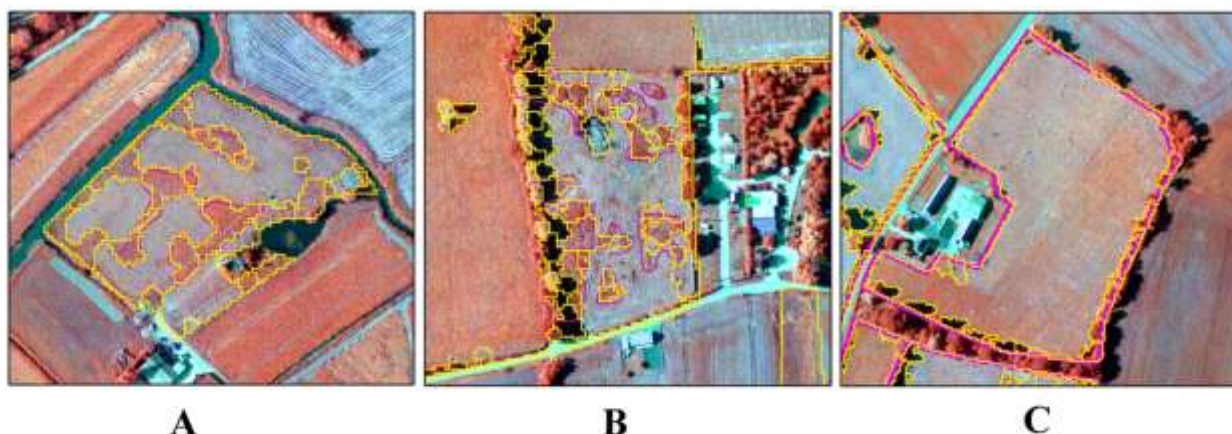


Tableau 19 : A-B. Segmentation d'une parcelle avec des broussailles ; C. Segmentation d'une parcelle sans broussailles (En jaune : la segmentation automatique ; En rose : la segmentation par photo interprétation).
Les prairies avec broussailles sont hétérogènes et sont segmentées par de nombreux objets

Cependant, l'hétérogénéité des prairies ne justifie pas toujours la présence de broussailles. Comme le présente la figure 20, celle-ci peut être due à des espaces boisés présents à l'intérieur des prairies.



Figure 19 : Exemple de segmentation de prairies composées de végétation arborée (A-B)
La présence d'arbres sur les parcelles crée de nombreux objets lors de la segmentation automatique

Une comparaison (tableau 17 et tableau 18) avec la validation réalisée par photo interprétation montre une précision globale de 81% en 2005 où 39% des prairies avec broussailles ont été correctement détectés et 75 % en 2009 où 54 % des prairies avec broussailles ont été correctement détectés.

2.4. Conclusion

L'approche proposée permet d'identifier les prairies hétérogènes et en conséquence de mettre en évidence les prairies qui comportent des broussailles. Cette approche se base sur une méthode de segmentation d'images et d'une classification relative à la géométrie des objets segmentés.

Les résultats de cette étude montrent que la méthode de segmentation permet d'identifier clairement les différentes surfaces végétalisées qui composent les prairies. Les broussailles sont caractérisées par un ensemble de petits objets qui donne un aspect fragmenté aux prairies.

Bien que le nombre de prairies correctement détectées reste faible, l'évolution globale des broussailles en 2005 et 2009 est en cohérence avec les mesures réalisées par photo-interprétation. L'approche a ainsi mesuré une augmentation 40% du nombre de prairies comportant des broussailles entre les deux dates.

Cette approche a néanmoins des limites pour distinguer les broussailles des autres surfaces végétalisées. La confusion avec d'autres types de prairie (comme les parcelles contenant des arbres isolés et/ou des boisements, les prairies humides contenant une végétation spécifique comme les joncs) reste importante et explique en grande partie des erreurs réalisées.

Cette étude révèle l'importance des sources de données. Le suivi multi temporel des broussailles est particulièrement difficile à partir d'images aux différentes caractéristiques. Des orthophotos RVB et infrarouge ont été respectivement utilisées en 2005 et 2009, ces images présentent de nombreuses différences dans la représentation des surfaces végétalisées. En effet, la réalisation d'une segmentation fine des éléments des prairies est ainsi biaisée car l'hétérogénéité des prairies est ainsi moins visible sur les orthophotos RVB de 2005. Il est ainsi indispensable d'avoir des données dont les

caractéristiques spectrales et spatiales soient similaires pour définir des paramètres de segmentation génériques.

Enfin, les critères de forme utilisés dans cette approche ne se sont pas révélés suffisants. La mise en place de critères spectraux serait une perspective intéressante à développer pour améliorer les résultats. Ces critères présenteraient d'autant plus d'intérêt si l'on dispose d'un jeu de données multi-temporelles homogènes.

3. Plan opérationnel de la MAJ appuyée par télédétection spatiale

3.1. Introduction

Le plan opérationnel doit permettre de fournir les éléments techniques, méthodologiques et organisationnels afin de mettre en œuvre le scénario retenu pour la future MAJ appuyée par télédétection spatiale. Celui-ci retient les conclusions de la présente étude et préconise l'utilisation conjointe de méthodologies de télédétection spatiale sur les données images et de photo-interprétation de photographies aériennes et/ou satellitaire.

La mise à jour des indicateurs de suivi et de la cartographie transfrontalière des habitats naturels implique principalement la mise à jour de la carte des habitats naturels, intégrant la cartographie de la végétation sur galets pour le Kent. La partie « Evolution de l'embroussaillage » n'a pas apporté de résultats facilement exploitables appliquée à la zone test de la mission 6 alors que les résultats avaient été positifs quand ils ont été testés sur le thème prairie.

Le plan opérationnel décrit ci-dessous se focalise donc principalement sur la mise en œuvre de l'option B2 décrite dans la section 1 de ce document.

3.2. Aspects Techniques

3.2.1. Données nécessaires

Au-delà des données usuelles nécessaires pour ce type de mise à jour (confère la section 4 et la présentation du CCTP), la méthodologie proposée requière l'utilisation de données satellites essentielles pour sa mise en œuvre.

Les données satellites interviennent en complément de la couverture ortho aérienne proche infrarouge couleur. Cette dernière constituant elle-même une date distincte, permet d'obtenir des résultats satisfaisants en PIAO.

Le meilleur compromis en terme de couverture spatiale/temporelle et de résolution spatiale indique des données décimétrique telle que celles qui seront disponible avec les Sentinel 2. Une série temporelle de 2 à 3 images réparties sur l'année en complément de l'ortho IRC pourront être acquise gratuitement dans le cadre du programme européen GMES.

Il faut souligner que les données multi-temporelles n'ont d'intérêt que si elles sont bien réparties sur l'année et complémentaires avec la couverture ortho IRC ou satellite THR. Ainsi les données ortho IRC sont typiquement acquises entre Juin et Septembre, il serait donc souhaitable que les acquisitions des données satellites prennent en compte les dates d'acquisition des données IRC afin que des données acquises soient représentatives du cycle phénologique : Printemps, Eté et Automne/Hiver.

Dans l'éventualité où les données Sentinel ne seraient pas disponibles, d'autres images peuvent être utilisées comme celles actuellement disponibles dans le programme GEOSUD en France. Toutefois, pour le moment, les images GEOSUD ne sont disponibles qu'à une seule date et il n'y a pas de programmes équivalent au Royaume Uni, il est possible de commander des images directement auprès de RapidEye à un coût inférieur à 1€/km².

D'autre part, même si pour le moment, aussi bien pour le Kent ou le Nord Pas de Calais, la couverture aérienne n'est pas remise en cause, le lancement récent du satellite Pleiade 1 apporte une solution bien moins onéreuse que les données actuelles. On peut, par exemple, envisager acquérir une couverture Pléiade à 50 cm de résolution spatiale pour un coût trois fois inférieur à l'ortho IRC (< 80 000 pour le NPdC).

Les jeux de données nécessaires s'articulent comme suit :

	Très Haute Résolution	Haute Résolution/ Multi-temporel
Option 1	Ortho IRC	Sentinel
Option 2	Ortho IRC	Rapid Eye ou équivalent
Option 3	Pléiade	Sentinel
Option 4	Pléiade	Rapid Eye ou équivalent

Tableau 20 : les données nécessaires - les options envisagées

Les options 1 et 3 sont les préférées, mais il est aussi possible de panacher Option 1 & 2 ainsi que les option 2 et 4. Pour les options 2 et 4, les données viendront pour la France en préférence des bases de données GEOSUD complétées par des données commerciales alors que pour le Royaume Uni, il ne pourra s'agir que de données commerciales.

D'autres compléments de données peuvent aussi être exploités et améliorer la qualité des traitements et surtout de la photo-interprétation telles que un MNT précis, des données RPG sur les îlots agricoles, des données DIGITALE sur les typologies végétales. Ces sources exogènes n'ont réellement d'intérêt que si :

- Elle couvre l'ensemble du territoire d'étude,
- Leurs méthodologies de constitution sont connues et compatible avec la production de la MAJ,
- Leurs fiabilités est compatible avec les spécifications de la MAJ
- Leurs mises à jour soient récentes.

Cependant ces données exogènes ne doivent servir que comme complément au projet. L'expérience sur ARCH a montré la difficulté à récupérer dans des délais contraints des données de partenaires ou de collectivités.

3.2.2. Matériel et Logiciel

Le traitement numérique des images satellites ou aériennes requiert des logiciels de traitement d'image spécialisés. Même s'il est possible de réaliser des traitements simples avec des logiciels de SIG classiques tels ArcGIS ou QGIS, la création d'une chaîne de production spécialisée doit avoir recourt à ces logiciels spécialisés qui peuvent être particulièrement onéreux. On peut classer ces logiciels en 3 catégories :

	Niveau de Fonctionnalités	Ergonomie	Niveau de compétence	Coût de mise œuvre
Solutions de traitements d'images libres (Monteverdi, OTB, GDAL, ...)	Disparate	Faible	Très élevé	Acquisition gratuite mais temps de développement informatique important
Logiciels commerciaux de traitement d'images tels qu'ERDAS Imagine, ENVI ou eCognition	Elevé	Très bonne	Elevé	Très élevé
Environnements de programmation en calcul numérique tel que MATLAB, Mathematica, ...	Très élevé	Ligne de commande	Très élevé	Elevé

Tableau 21 : les logiciels de télédétection

La méthode la mieux adaptée pour réaliser une mise à jour semi-automatisée repose sur une classification orientée objet. Les logiciels cités ci-dessus proposent tous des modules de classification objet, mais le leader et le plus avancé de ces logiciels est sans doute eCognition qui a été le premier à mettre en œuvre de telles solutions. Dans le cadre d'une mise en œuvre opérationnelle, l'utilisation des logiciels commerciaux tels qu'eCognition est recommandée même si le coût d'une License est très élevé d'autant plus que plusieurs modules sont nécessaires pour le déploiement d'une chaîne de production complète. D'autre part la mise en œuvre d'un tel logiciel requiert un niveau de compétences élevé et spécifique même si celui-ci reste inférieur à celui requis pour la mise en œuvre de solutions libres ou d'environnements de calcul numérique qui en plus demandent des talents de développeur informatique.

L'utilisation des solutions libres même si elles sont parfois à la pointe de l'état de l'art n'est pas recommandée car la mise en œuvre d'une chaîne de production complète requiert un temps de développement informatique significatif. Pour les tests de mises à jour réalisés dans le cadre de cette étude, nous avons testé plusieurs environnements logiciels mais de par sa souplesse et son paramétrage très fin nous nous sommes appuyés sur MATLAB⁵ ce qui nous permettait d'avoir l'éventail le plus large d'algorithmes de classification.

Par ailleurs pour les aspects photo-interprétation, des logiciels SIG classiques avec des interfaces de production adaptés au projet sont nécessaires. La suite utilisée pour cette étude est basée sur la gamme ESRI.

Concernant le matériel informatique nécessaire, les stations de travail PC standards de moyen à haut niveau de gamme sont tout à fait capables de faire tourner les logiciels de traitement d'image identifiés. La configuration recommandée pour opérer un logiciel de traitement d'image est la suivante :

- ❖ Intel® Dual Core minimum
- ❖ Carte graphique OpenGL avec au moins 1 Gb de mémoire
- ❖ 8 GB de RAM minimum
- ❖ 200 GB d'espace disque disponible minimum (il faut tenir compte de la taille des images à traiter)

⁵ <http://www.mathworks.fr/products/matlab/>

- ❖ Moniteur avec une résolution d'au moins 1600x1200
- ❖ Système d'exploitation Windows.
- ❖ Une solution de sauvegarde adaptée à de gros volumes de données

3.3. Aspects organisationnels

3.3.1. Fréquences de mise à jour

Nous sommes dans le cadre d'un projet particulier à la fois très vaste en surface d'étude (+12 000 km²), très fin dans la délimitation des éléments cartographiques (UMC 100m²) et très technique dans les thématiques abordés (80 postes en milieu naturel).

Habituellement ce type de précision dans un projet de cartographie se cantonne à quelques km² ou quand des grands espaces sont traités, la précision demandée est allégée.

Ce projet est donc unique en ce sens et manque de retour. A notre connaissance, il n'existe pas au niveau national d'expérience de projets similaires et encore moins dans les scénarios de mise à jour.

La fréquence de mise à jour et donc la pérennité de ce type de base est difficile à appréhender. Les réflexions doivent donc être basées sur des observations des besoins, des attentes et des moyens mobilisables.

Plusieurs facteurs peuvent donc rentrer en ligne de compte pour orienter les suites:

Premièrement les utilisateurs : Comment vont-ils exploiter cette base ? Quel va être le degré d'exploitation de ces données dans leurs missions ? Quelles vont être leur retour sur la qualité et leurs besoins en mise à jour ? Leurs avis vont orienter le type et la fréquence des mises à jour souhaitées.

Deuxièmement moyens mobilisables : Plus une base de données est précise plus sa constitution et mise à jour est onéreuse. Les budgets devront donc être en adéquation avec l'objectif de qualité attendue. Il est préférable d'avoir une base fiable mais ancienne que récente et peu fiable.

A ce jour la stratégie du Conseil Régional et du Kent en matière de pérennité et donc d'actualisation d'ARCH n'est pas arrêté.

A ce titre divers scénarios sont possibles:

On peut imaginer une mise à jour régulière (annuelle ou tous les 2 ans) sur un ou quelques postes précis. L'idée est de suivre une ou des dynamiques particulières (les peupleraies, les fourrés sur dune,...). Ce suivi ne peut se faire qu'avec l'exploitation de ressources satellitaires gratuites ou à très faibles couts donc des données sources à haute ou moyenne résolution. Il faut vérifier la faciliter à suivre les mutations des thématiques avec ce type de support.

Un autre scenario est une mise à jour complète.

La complexité de la base de données ARCH, des temps de traitements et de validation, nous pensons que cet type de mise à jour optimale est entre 3 et 5 ans en se calant par exemple sur les programmes de la PPIGE par exemple.

3.3.2. Modalités d'intégration des données

Le succès de la mise en œuvre d'un tel projet repose sur une acquisition des données avant le début de la production. La cause principale de retard de projets de production de cartographie sur la base d'images satellite est liée à un retard ou des problèmes dans l'acquisition des données images.

Comme pour le cas de projets de cartographie sur la base d'une couverture de photos aérienne, il est souhaitable de séparer le marché d'acquisition des données images de la production de la cartographie afin de minimiser le risque évoqué dans le paragraphe précédent.

L'acquisition des images satellites va représenter les cas de figure suivants :

- ❖ Le satellite Sentinel 2 opérera sur un mode d'acquisition systématique avec une répétitivité tous les 10 jours pour 1 satellite et 5 jours pour 2 satellites. Il ne sera donc pas nécessaire de programmer l'acquisition et les données pourront être téléchargées gratuitement même si la politique de données Sentinel n'est pas encore complètement finalisée. Toutefois, ces satellites ne sont pas encore lancés (fin 2013 pour Sentinel 2a et 2015 pour Sentinel 2b)
- ❖ Les bases de données d'image mutualisées pourront être utilisées en complément des données Sentinel pour la région NPdC : les données GEOSUD ont pour objectifs d'apporter une couverture annuelle du territoire français, il n'est donc pas prévu d'acquérir plusieurs dates sur une même année. Ces données sont donc complémentaires aux données Sentinel mais ne peuvent pas les remplacer.
- ❖ Au cas où les données Sentinel ne seraient pas disponibles, des données commerciales du type RapidEye pourront les remplacer pour le Kent et en complément des données GEOSUD pour la France. Elles devront être commandées directement auprès du fournisseur d'image soit sur archive ou par programmation (1 à 2 dates différentes des données GEOSUD pour la France, 2 à 3 dates pour le Kent réparties sur l'année Printemps, Été, Automne/Hiver)
- ❖ Des données THR type Pleiade 1 pourront être programmées en remplacement de la couverture de photographie aérienne ortho IRC. Ces données sont disponibles à un tarif spécifique pour les établissements publics dans le cadre du programme de délégation de service public en France. Pour le Royaume Uni, il est possible qu'il y ait une réduction par rapport aux tarifs commerciaux mais celle-ci ne sera pas au même niveau que pour les pays participant au financement de la constellation Pleiade.

Pour la recette d'images, il est difficile de garantir une couverture en dessous de 20% de couvert nuageux, il sera donc éventuellement nécessaire de compléter les zones ennuagées au cas où il ne serait pas possible de négocier des conditions plus avantageuses avec le fournisseur de données. Il faut aussi préciser à la commande et vérifier :

- ❖ l'absence de brume,
- ❖ de couvert neigeux
- ❖ de prise de vue avec un angle trop important (de préférence inférieur à 15%)

3.3.3. Compétence et niveau d'expertise

A l'expertise technique traditionnelle pour ce type de projet en matière de thématique et SIG, Il convient d'y ajouter le niveau d'expertise requis en matière de traitement d'image.

Le niveau d'expertise en traitement d'image ne peut être complètement dissocié de la thématique et reflète l'expertise liée à la méthodologie d'extraction de l'information. Elle concerne la mise en œuvre

des deux premières étapes décrites dans ce document, à savoir la mise à jour des contours et la caractérisation thématique des polygones via la création de la carte thématique intermédiaire, l'indice de confiance et la carte binaire des mutations potentielles.

Nous sommes donc sur des profils d'ingénieurs géographes ou naturalistes avec une spécialisation en télédétection et traitement d'image (niveau M2 min) et donc avec un bagage technique conséquent. D'autre part il faut aussi une vision production et non pas exclusivement de recherche. Il est à noter qu'il n'existe presque plus de formations exclusivement axées sur la télédétection en Master 2 en Europe (MSc au Royaume Uni). La plupart des formations actuelles combinent la télédétection et le traitement d'image avec la géomatique et les applications. Il ne peut donc y avoir que quelques modules d'enseignement dédiés au traitement d'images. Il faut donc pouvoir recruter au niveau M2 mais avec une expérience professionnelle conséquente dans le domaine et/ou le suivis de formations spécifiques complémentaires. Une autre solution est de recruter de jeunes docteurs avec une double compétence thématique/traitement d'images.

Le niveau d'expertise thématique traditionnelle, lui, renvoie à l'expertise nécessaire en PIAO pour l'interprétation des habitats naturels. Il s'agit d'une expertise phytosociologique/écologique avec une bonne compréhension des thématiques à cartographier (pontage terrain et supports images disponibles) et des paysages sur lesquels le travail est demandé. Ce type de profil est typique de celui d'un jeune géographe venant de finir ses études.

Enfin, le niveau d'expertise SIG concerne les compétences requises pour la manipulation de logiciels SIG et des données associées (vecteur, raster, geodatabase, etc....) avec une parfaite appréhension des règles inhérentes au SIG tel que la mise en œuvre du MCD, de la topologie, la sémantique.

Si la mise en place du scénario de MAJ appuyée par télédétection nécessite une compétence en traitement d'image, celle-ci vient s'ajouter à l'expertise thématique et SIG qui, quel que soit la méthodologie d'extraction, PIAO seule ou classification automatique couplée à la PIAO, reste présente.

3.3.4. Gestion et mise en œuvre du projet

Pour ce type de projets il faut comme nous l'avons mentionné précédemment une équipe pluridisciplinaire (experts en traitements d'images les experts en thématique et photo-interprètes). Celle-ci doit être managée par un chef de projet sénior avec une communication optimale entre les structures de production et de contrôle mais aussi avec le commanditaire.

Préparation du projet

En premier lieu il convient de préciser les attentes de cette mise à jour :

- Définition des besoins,
- recueils des retours des utilisateurs sur les thèmes exploités et sur les anomalies constatées sur les postes trop ou insuffisamment détaillés

Il s'agira ensuite de s'assurer de la commande/récupération de l'ensemble des données utiles au projet. Toutes ces sources doivent être documentées (métadonnées), projetées et de qualité.

Les personnels photo-interprètes devront ensuite être formés pour avoir une connaissance parfaite des spécifications techniques des données à produire. Il faudra aussi prévoir des déplacements sur le terrain pour lier la base les sources images et la réalité du terrain.

Phasage de production

Tests de traitement (application du scénario B2) sur quelques secteurs tests, pour contrôler la véracité des traitements et les éventuelles modifications du mode opératoire. Phase de terrain et croisement avec des données exogènes pour améliorer la méthode et la fiabilité.

Mise en production globale (par secteur paysager) après la validation de la zone test

Spécification technique :

Code PIAO	Intitulé	Poste à consolider
11	Mers et océans	
12	Bras de mers	
131	Fleuves et rivières soumis à marées	
132	Estuaires	
14	Vasières et bancs de sable sans végétation	
15	Marais salés, prés salés (schorres), steppes salées et fourrés sur gypse	
161	Plages de sables	
162	Dunes	
162A	Dunes avec fourrés, bosquets	
16291	Feuillus sur dune	
16292	Conifères sur dune	
163	Lettes dunaires humides	Oui
1631	Mares de lettes dunaires	Oui
643	Dune paléo-côtières	Oui
171	Plages de galets sans végétation	Oui
175	Plages de galets végétalisées	Oui
18	Falaises maritimes	
2	Milieux aquatiques non marins	
221	Eaux douces	
222	Galets ou vasières non végétalisées	
223	Communautés amphibies	
224	Végétation aquatiques	
231	Eaux saumâtres ou salées sans végétation	
232	Eaux saumâtres ou salées végétalisées	
24	Eaux courantes	
244	Végétation immergée des rivières	
245	Dépôts d'alluvions fluviatiles limoneuses	
311	Landes humides	Oui
312	Landes sèches	Oui

318	Fourrés	
34	Steppes et prairies calcaires sèches	Oui
342	Prairies à métaux lourds	Oui
35	Prairies siliceuses sèches	Oui
37A	Lisières humides à grandes herbes	
37B	Prairies humides	
53	Végétation de ceinture des bords des eaux	
38	Prairies mésophiles	
381	Pâtures mésophiles	
382	Prairies à fourrage des plaines	
41	Forêt caducifoliée	
41P	Forêt poldérienne	Oui
44	Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides	
54	Bas marais, tourbières de transition, sources	Oui
81	Prairies améliorées	
82	Cultures	
822	Bandes enherbées	
833	Plantations indéterminées	
83P	Jeunes plantations	
83V	Vergers	
8331	Plantations de conifères	
83321	Plantations de peupliers	
84H	Haies, alignements d'arbres	
85	Parcs urbains et grands jardins	
86	Villes, villages et sites industriels	
863C	Carrières en activité	
89	Lagunes et réservoirs industriels	
8641	Carrières abandonnées	
8642A	Terrils nus	
8642B	Terrils boisés	
8643	Voies de chemin de fer, gares de triage et autres espaces ouverts	
87	Friches	
991	Réseau routier	
991A	Abords routiers	
992	Réseau ferré	
992A	Abords de réseau ferré	

Tableau 22 : les spécifications techniques - la nomenclature

Echelle entre 1/2 000 et 1/5 000
UMC de mutation : 100 m²
Précision géométrique : 2 m

Validation/contrôle

Hormis les contrôles classiques inhérents à ce type de bases de données (croisement avec des bases de données exogènes, contrôle de la topologie, sémantique, géométrie, terrain.

D'autres étapes de validation doivent être mises en œuvre notamment sur les traitements d'images pour limiter les erreurs d'omission et de commission

Un contrôle thématique sur les mises à jour (matrice de confusion)

3.3.5. Lancement de marché public et contraintes temporelles

Un modèle de cahier des charges a été produit et est fourni en annexe. Comme indiqué précédemment, il est important que le marché ou la commande d'acquisition d'images précède la prestation de mise à jour, afin principalement de limiter les retards d'exécution du marché de mise à jour de la cartographie.

Au regard de l'importance de ce type de projet, de sa complexité et des différents intervenants. Il faut tabler sur une prestation d'un minimum 1 an avec un phasage en lien avec la saison végétative pour les phases terrain.

Par ailleurs les supports images de travail devront être le plus proche de l'année de production

3.4. Risques

Plusieurs risques sont identifiés.

Support images : La qualité intrinsèque de la donnée à produire est liée à la qualité et la période d'acquisition des données images.

Des images trop rapprochées ou l'absence d'une temporalité peut impacter la discrimination de certains thèmes notamment avec la méthode par télédétection.

D'autre part, il a déjà été souligné que la période nécessaire pour l'acquisition des données images en programmation ainsi que la signature de conventions pour les bases de données mutualisées ne doit pas être sous-estimé (plusieurs mois nécessaires pendant les phases de tests réalisés dans le cadre de cette étude). Il faudra donc compter au moins une année entre le début et la fin de l'acquisition des données afin d'éviter l'écueil de données insuffisamment représentative du cycle phénologique.

Cela concerne aussi les données exogènes pour lesquelles le temps nécessaires pour l'établissement de conventions spécifiques doit être évalué.

Equipe de production, il faut une équipe pluridisciplinaire compétente et ayant de l'expérience de ce type de projets. Les risques sont une hétérogénéité dans la production et l'insuffisance de qualité dans la discrimination de certains postes.

Nous ne sommes pas dans un simple de projets de cartographie d'occupation du sol. Les thématiques à relever sont complexes, les risques de confusions sont élevés.

3.5. Éléments financiers

Une évaluation financière sur la base des tests réalisés durant l'étude ne montre qu'un gain marginal si la mise à jour est réalisée en intégrant les données satellitaires ainsi qu'un traitement semi-automatisé des données. Cette analyse est en ligne avec le peu d'études similaires réalisées ailleurs en Europe.

Toutefois, il a déjà été observé sur d'autres domaines d'application, que les coûts se réduiront une fois que la méthode sera complètement opérationnelle et que les équipes de production seront rodées sur cette nouvelle méthodologie. Il est aussi utile de noter qu'il y a moins d'intervention humaine sur une MAJ semi-automatisée avec les données satellitaires mais que les personnels ayant un niveau de compétences plus élevé, leur coût en est accru.

	Nord-Pas de Calais – Région						Qualité sur les mutations
	Donnée*		Temps Personne	Durée MAJ	Coût MàJ	Coût total	
	IRC	THR					
MAJ PIAO	270 000€	90 000€	280 Opé 50 Ing	6 à 8 mois	130 000 €	400 000 / 220 000€	> 85%
MAJ Totale RS B2	270 000€	90 000€	200 Opé 40 Ing RS 40 Ing PI	6 à 7 mois	120 000 €	390 000 / 210 000€	> 85 %

Tableau 23 : les éléments financiers du plan opérationnel (NPdC)

	Kent – Région						Qualité sur les mutations
	Données		Temps Personne	Durée MAJ	Coût MàJ	Coût total	
	IRC	THR					
MAJ PIAO	Pas disponible	90 000€	100 Opé 20 Ing	4 à 5 mois	55 000 €	145 000€	> 85%
MAJ Totale RS B2	Pas disponible	90 000€	70 Opé 40 Ing RS 20 Ing PI	4 à 5 mois	60 000 €	150 000€	> 85 %

Tableau 24 : les éléments financiers du plan opérationnel (Kent)

D'autre part, il faut aussi souligner qu'il est possible de remplacer la couverture aérienne par une couverture en THR, même s'il est entendu que le coût de la couverture ortho IRC est surestimé dans le sens où ces données sont mutualisées avec d'autres utilisations.

Pour la France, si les données Pléiades sont utilisées, cela réduit considérablement le coût d'acquisition des données sachant que le coût est réduit pour les collectivités. Pour le Kent, le coût sera certainement celui des tarifs commerciaux et l'intérêt est sans doute moindre.

4. Spécifications

En annexe 3, le lecteur trouvera un Cahier des Clauses Techniques et Particulières contenant les spécifications pour une mise à jour ultérieure de la base de données ARCH des habitats naturels sur la région Nord-Pas de Calais.

Ce Cahier des Charges passe notamment en revue la méthode de production, les données à disposition et autres spécifications d'usage pour ce type de document (étendue géographique, Unité Minimale de Cartographie, système de projection, précision géométrique, nomenclature, etc...).

Concernant la méthode de production, ce Cahier des Charges retient donc pour ce marché les conclusions de la présente étude et préconise l'utilisation conjointe de méthodologies de télédétection spatiale sur les données images pour la recherche et la délimitation des secteurs en mutation et de photo-interprétation de photographies aériennes et satellitaire de 2012 pour l'interprétation complète des différents postes de nomenclature. En effet, on a vu qu'il était possible d'optimiser la recherche des secteurs en mutation et d'apporter un appui technique dans les choix de cartographie du type de milieu naturel (cf. guide méthodologique, scénario B2).

Enfin, ce CCTP aborde également les points usuels que sont les livrables (métadonnées, rapports de synthèse ou bases de données) et le cadre de réponse.

5. Recommandation d'usage de l'utilisation des nouvelles technologies

Il est utile d'étudier comment ce travail s'inscrit dans le cadre des politiques nationales et européennes. Ce travail découlera en grande partie des conclusions de l'atelier qui se tiendra le 18 Octobre à la région NPdC sur « **Gestion et valorisation de la biodiversité: la valeur ajoutée des applications satellitaires** » mais il est d'ores et déjà utile de préciser quel peut être l'apport potentiel des données produites dans le cadre du GMES.

Il a déjà été identifié tout l'intérêt des données Sentinel pour la production de la MAJ de la cartographie régionale transfrontalière.

D'autre part, les services issus du programme GMES sont actuellement occupés à produire des données haute résolution en complément des données Corine Land Cover sur les pays membres et associés à l'Agence Européenne de l'Environnement. Ces couches haute résolution sont à une résolution de 20m et comprennent une série de couches séparées sur les thèmes suivants :

- Artificialisation des sols
- Couvert arboré/forêt
- Prairies
- Plans d'eau
- Zones humides

Même si ces thèmes apparaissent particulièrement pertinents pour une cartographie d'habitats, leur résolution ainsi que leur nomenclature ne sont pas compatibles avec le niveau de précision thématique et géométrique

Par ailleurs, il existe aussi un programme à dimension locale dont le niveau de précision et de nomenclature se rapproche des besoins de la cartographie transfrontalière mais leur couverture ne sera pas exhaustive sur toute la région. Il s'agit de :

- l' « Urban Atlas » (première édition 2006, mise à jour prévue pour 2012)
- De la cartographie détaillée des zones ripisylves (première édition pour 2012)

En conclusion, même si les données thématiques issues du programme GMES sont insuffisantes pour être directement utilisées pour une mise à jour de la cartographie régionale, il faudra tenir compte des nomenclatures et des spécifications des produits réalisés dans le cadre de cette mise à jour afin d'assurer une compatibilité entre la cartographie régionale et les produits à l'échelle Européenne. D'autre part, il a déjà été démontré que les données images de Sentinel 2 pourront jouer un rôle crucial dans la mise à jour de la cartographie régionale.

Conclusion

La Mission 6 a donc permis d'expérimenter les deux scénarios définis dans la mission 5 en contexte opérationnel sur des territoires test choisis dans le NPdC et dans le Kent et, d'autre part.

Si les tests réalisés sur l'évolution de l'embroussaillage n'ont pas abouti sur des résultats satisfaisants en vue d'une intégration dans un scénario futur, différentes options pour la MAJ appuyée par télédétection spatiale ont été présentées et discutées avec les acteurs du KCC et du CRNPdC lors de l'atelier interrégional du 11 septembre 2012. Cet atelier a permis de confirmer la meilleure option parmi les différentes propositions.

L'un des points pertinents de la méthodologie développée est qu'elle laisse le choix à l'utilisateur d'exploiter la donnée selon ses besoins. Ceci est d'autant plus intéressant qu'aujourd'hui, il n'y a pas de retours sur la données ARCH et les politiques et agendas publiques ne sont pas encore connus.

Le présent rapport a enfin permis, sur la base de l'analyse réalisée, de définir les modalités de la future implémentation de la MAJ appuyée par télédétection spatiale en proposant un plan opérationnel de mise à jour et les spécifications d'usage pour un cahier des charges ultérieur.

L'étude présente également un guide méthodologique sur les technologies et méthodologies proposées (qui accompagnera la formation) et les recommandations que ce soit en termes de politique publique ou d'usage des technologies de télédétection.

Annexe 1 : Filtrage *Mean-Shift*

Rappel

Le bruit contenu dans les images satellites est un phénomène qui tend à masquer l'information utile. Ce bruit peut provenir de deux sources distinctes :

- les sources externes, composées principalement de l'atmosphère, du relief et de la géométrie de la terre,
- les sources internes comme le système de mesures, la réponse inégale des détecteurs, le bruit électronique, le bruit de transmission.

Le bruit présent dans une image satellite peut-être, soit aléatoire, soit périodique. Si le bruit est présent de façon homogène dans toute l'image, le filtre spatial sera directement appliqué à l'image.

Néanmoins, les fonctions de filtres ne permettent pas seulement de réduire ces bruits présents dans l'image mais aussi de rehausser certaines particularités de l'image comme les contours, caractéristique qui nous intéresse ici tout particulièrement.

Avant toute chose, il convient de définir la notion de fréquence spatiale. La fréquence spatiale n'a aucun lien avec la fréquence des ondes électromagnétiques en provenance de la terre. On parle ici de la variation d'intensité pour chaque pixel de l'image. On parle de basses fréquences spatiales lorsque la région considérée est d'intensité homogène, comme par exemple la mer. Les hautes fréquences spatiales caractérisent, elles, les régions d'intensités très contrastées comme par exemple le passage mer-côte.

Les filtres spatiaux sont des opérateurs locaux. Autrement dit, les filtres spatiaux prennent en compte le voisinage d'un pixel pour accentuer, atténuer ou extraire une propriété locale. Ce type de filtre met en relation la valeur du pixel traité, situé au centre de la fenêtre, avec celles des pixels voisins. Les paramètres à considérer peuvent être la taille de la fenêtre du filtre, l'influence de l'éloignement au moyen de coefficients de pondération, l'isotropie ou l'anisotropie du phénomène traité.

Le filtrage *Mean-Shift*

La méthode *Mean-Shift* a été introduite en 1975 par Fukunaga et Hostetler. Récemment Comaniciu l'a exploitée pour le traitement d'image et la plus particulièrement la segmentation. La méthode *Mean-Shift* est un estimateur dit non paramétrique. Les règles non paramétriques considèrent l'espace comme étant discret, chaque groupe étant alors délimité par une frontière, contrairement aux règles de décision paramétriques qui considèrent l'espace des points comme homogène du point de vue spatial.

La méthode *Mean-Shift* se distingue des autres méthodes de filtrage par la prise en compte simultanée de l'information spatiale (position des pixels dans le domaine spatial) et de l'information d'amplitude (niveaux de gris, couleur ou information spectrale). Autrement dit, il s'agit d'un algorithme de partitionnement de données multidimensionnelles. L'image est ainsi vue comme un espace à n dimensions où chaque pixel est représenté par un point ayant pour coordonnées sa position en x , en y et ses valeurs de niveaux de gris ou de couleurs R , G , B (dans le cas, par exemple, d'un espace à 5 dimensions). Les groupes de points dans cet espace représentent les ensembles de pixels homogènes à la fois spatialement et en amplitude (niveaux de gris, couleurs).

Le filtre *Mean-Shift* est un lissage de l'image par moyennage qui préserve alors les contours. Ainsi, contrairement aux filtres classiques pour lesquels il peut exister des problèmes sur la localisation des contours, le filtrage Mean-Shift permet la mise en évidence des transitions rapides (hautes fréquences et donc des contours).

Annexe 2 : Matrice de confusion ARCH 2009 / Classification Réseau de Neurone 2009

		ARCH 2009																								Précision Producteur	Omission						
		Eaux douces	Eaux courantes	Steppes et prairies calcaires sèches	Prairies silicieuses sèches	Prairies mésophiles	Forêt caducifoliée	Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides	Végétation de ceinture des bords des eaux	Prairies améliorées	Cultures	Plantations	Parcs urbains et grands jardins	Villes, villages et sites industriels	Friches	Landes humides	Landes sèches	Fourrés	Lisières humides à grandes herbes	Prairies humides	Pâtures mésophiles	Prairies à fourrage des plaines	Bandes enherbées	Vergers	Réseau routier			Réseau ferré	Plantations de conifères	Carrières	Abords routiers	Abords de réseau ferré	
Classification Réseau de Neurone 2009	Eaux douces	78331	57317	235	473	750	1962	14663	23099	536	336	2461	6320	13396	1790	3477	3622	3051	5491	10401	2563	2487	5436	3126	4868	33633	9126	4383	7486	13123	313942	25%	75%
	Eaux courantes	9975	106450	3	1	4	304	2216	1326	31	0	18	955	4004	8	212	717	546	382	90	15	15	23	46	2715	3126	1062	320	1888	165	136617	78%	22%
	Steppes et prairies calcaires sèches	0	4	0	75	78	38	22	35	13	100	381	10	24	31	115	184	569	353	7	29	212	223	223	0	220	2	0	543	258	3749	0%	100%
	Prairies silicieuses sèches	0	0	0	4297	0	1	0	0	2	0	10	5	0	9	87	182	94	1	0	0	0	12	5	0	0	4	0	3	0	4712	91%	9%
	Prairies mésophiles	772	560	151	16578	6293	796	5534	5709	37757	25947	9850	23822	4507	19644	2102	8196	11852	15249	32339	74733	39254	45493	33534	4232	3389	2062	1519	12253	6615	450742	1%	99%
	Forêt caducifoliée	976	1718	50	2917	445	751190	88573	19762	188	86	118500	5480	3468	61	71327	40923	121040	11958	1594	1921	92	2069	13465	775	13118	61876	162	4102	11201	1349037	56%	44%
	Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides	876	1689	78	348	653	19825	88348	8540	174	29	16267	3466	4941	152	2558	3857	23253	12748	2363	4492	268	2930	10610	436	2108	8198	25	3875	3940	227047	39%	61%
	Végétation de ceinture des bords des eaux	416	51	19	93	119	180	779	5019	102	65	1360	53	115	124	82	137	180	2056	1203	176	389	1007	640	65	421	187	154	425	1000	16617	30%	70%
	Prairies améliorées	14	6	6	333	166	0	139	109	11207	662	133	211	97	125	38	87	27	116	941	2517	1352	1122	369	267	122	3	1	197	57	20424	55%	45%
	Cultures	9777	13885	82	42308	15505	286	6469	38030	283930	5210400	19076	28357	32508	230290	2522	4669	20056	35852	15677	82787	23941	366000	18721	38715	115980	475	96157	127460	123540	7003455	74%	26%
	Plantations	15	50	115	1334	764	10727	6620	970	923	179	34347	737	487	225	739	529	7415	8806	1128	1052	2086	6354	9954	168	204	1068	2	1097	3173	101268	34%	66%
	Parcs urbains et grands jardins	1180	903	24	3479	1117	2359	10481	650	6284	675	1824	21644	7955	9309	1057	4660	6922	3346	7496	14568	5397	4768	14539	2688	4953	1262	2604	5558	1815	149517	14%	86%
Villes, villages et sites industriels	12509	26951	265	5282	2598	1846	54488	6873	6521	7313	7097	81814	948580	80501	3102	16092	44751	9043	7352	15819	5352	44129	149030	279390	125870	8449	110910	76542	55294	2193763	43%	57%	



Friches	165	134	1	319	563	0	316	234	2071	3763	210	1282	3228	40240	33	269	1307	1784	397	957	964	3934	1462	2559	1429	33	8839	5190	1505	83188	48%	52%
Landes humides	2	0	0	0	0	27	0	0	0	0	2	0	0	0	442	22	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	500	88%	12%
Landes sèches	2	0	0	144	0	11	13	5	0	0	13	4	0	0	304	2055	84	0	0	0	0	0	10	0	6	169	0	0	0	2820	73%	27%
Fourrés	133	132	2	2295	171	2201	3966	378	35	678	6298	754	732	658	1993	3118	34817	1993	99	251	74	2211	3406	242	1338	555	84	2822	1773	73209	48%	52%
Lisières humides à grandes herbes	1145	2202	91	2961	1088	2237	34400	13983	2908	942	12556	2572	2202	563	536	2274	7919	105250	10327	897	1471	9921	8657	536	3912	1019	204	4568	3360	240701	44%	56%
Prairies humides	4990	4745	971	18462	9344	1721	24018	28888	61325	9241	15509	31188	6411	7769	516	12829	15701	54415	266840	188770	87123	40350	43941	3415	7669	3142	709	10651	6140	966793	28%	72%
Pâtures mésophiles	1184	197	240	7520	7204	199	4304	2346	17548	1867	6439	20483	4568	5519	299	4086	3559	6511	80620	380380	36550	25012	35383	3040	1048	1007	652	3067	2050	662882	57%	43%
Prairies à fourrage des plaines	898	432	527	5827	4637	282	3170	3497	43232	28551	4673	14598	2788	12185	554	4785	2619	6537	43497	70546	122770	25012	22526	4602	2288	771	1076	4958	3319	444529	28%	72%
Bandes enherbées	47	156	9	870	472	20	603	340	1920	2257	846	1361	403	2673	67	676	1203	1658	511	714	674	21934	2341	589	869	28	87	2087	3317	48732	45%	55%
Vergers	21	13	7	73	61	14	388	11	301	11	343	395	149	143	11	193	362	164	132	285	141	774	2790	48	54	21	7	191	143	7246	39%	61%
Réseau routier	1718	4550	4	56	92	230	555	241	666	1671	75	2806	20739	2900	583	823	1229	144	107	470	611	2273	1592	86999	12012	1534	2474	8867	5323	161344	54%	46%
Réseau ferré	280	646	0	40	11	71	2238	548	16	9	164	926	3945	100	187	775	3236	1338	18	22	24	471	733	1855	19581	488	845	2016	2998	43581	45%	55%
Plantations de conifères	175	12	0	4	0	886	300	242	0	0	104	103	233	0	434	404	429	3	5	15	0	3	79	17	326	37740	0	114	83	41711	90%	10%
Carrières	350	92	2	1436	1213	186	555	880	416	719	349	816	1357	3035	220	299	2535	323	200	156	339	2776	856	530	1925	112	12942	3336	697	38652	33%	67%
Abords routiers	353	947	7	107	158	522	2063	172	783	616	602	3135	5521	6900	255	507	5123	875	266	323	258	4436	1940	8443	3873	133	1272	16046	5342	70978	23%	77%
Abords de réseau ferré	112	414	1	123	38	46	990	134	180	344	640	618	1252	486	59	143	5806	328	218	95	645	2550	1156	681	3816	29	615	1715	10917	34151	32%	68%
	126416	224256	2890	117755	53544	798167	356211	162021	479069	5296461	260147	253915	1073610	425440	93911	117113	325689	286724	483828	844553	332489	624595	381134	447875	363290	140556	246043	307057	267148	14891907		

Précision Utilisateur	62%	47%	0%	4%	12%	94%	25%	3%	2%	98%	13%	9%	88%	9%	0%	2%	11%	37%	55%	45%	37%	4%	1%	19%	5%	27%	5%	5%	4%
Commission	38%	53%	100%	96%	88%	6%	75%	97%	98%	2%	87%	91%	12%	91%	100%	98%	89%	63%	45%	55%	63%	96%	99%	81%	95%	73%	95%	95%	96%

Précision Général	57%
-------------------	-----

Annexe 3 : Cahier des Clauses Techniques et Particulières

MARCHE PUBLIC

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES (C.C.T.P.)

Maître d'ouvrage

La Région Nord-Pas de Calais

Objet du Marché :

Mise à jour de la base de données ARCH des habitats naturels sur la région Nord-Pas de Calais.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	66
ARTICLE 1. CONTEXTE	67
ARTICLE 2. CONSOLIDATION ET ACTUALISATION D'ARCH	67
2.1 Méthode de production	67
2.2 Étendue géographique	68
2.3 Données mises à disposition :	68
2.4 Unité Minimale de Collecte (UMC)	68
2.5 Systèmes de projection	68
2.6 Échelle de saisie des objets	68
2.7 – Précision géométrique	69
2.8 Nomenclature	69
2.9 Phases tests et terrain	70
2.10 Contrôle qualité	71
ARTICLE 3 : LIVRABLES	71
3.1 Métadonnées	71
3.2 Rapport de synthèse	72
3.3 Bases de données	72
3.4 Période de maintenance	72
ARTICLE 4 : CADRE DE REPONSE :	73
4.1 Le candidat détaillera dans sa réponse :	73
4.2 Test de production sur 10 km ²	73

ARTICLE 1. CONTEXTE

En 2010 la Région Nord-Pas de Calais avec ses partenaires (CBNBL, DREAL, KCC) a lancé le projet ARCH (programme de coopération transfrontalière INTERREG IV A des 2 mers) avec pour mission :

- d'améliorer la connaissance sur les milieux naturels transfrontaliers,
- d'évaluer leur réparation et leurs dynamiques d'évolution, de favoriser leur préservation,
- d'accroître la valorisation et la communication entre les partenaires.

A ce titre une base de données de cartographie des milieux naturels bi-date (2009 et 2005) à très grande échelle a été produite sur le territoire régional.

La méthode employée était basée essentiellement sur de la photo-interprétation d'images aériennes en IRC à 0,20 m pour 2009 (données PPIGE) et une mise à jour rétrospective 2005 sur base de photographies aériennes datant de 2005 en Couleur naturelle à 0,5 m (données PPIGE). En parallèle des recueils de données, des missions de terrain ont été lancés pour parfaire la qualité de la base.

Cette base unique au niveau national en termes de méthode, de précision et d'étendue géographique a été diffusée et est exploitée par différents services et partenaires.

Suite à différentes analyses et retours, il s'est avéré que certains postes complexes demeurent mal classés. Ces difficultés viennent en partie par l'exploitation d'une seule source image par date (même de qualité et de grande précision). Ce support n'a pas permis de lever tous les doutes en termes d'interprétation.

Le présent marché vise à actualiser cette base de données en corrigeant/améliorant les bases historiques et en faisant évoluer la méthode.

ARTICLE 2. CONSOLIDATION ET ACTUALISATION D'ARCH

2.1 Méthode de production

Lors de la précédente prestation une étude complémentaire a été demandée par la Conseil Régional sur les potentialités de la télédétection pour le suivi des habitats.

Il s'est avéré que par télédétection il était possible d'optimiser la recherche des secteurs en mutation et d'apporter un appui technique dans les choix de cartographie du type de milieu naturel (cf. guide méthodologique, scénario B2).

La méthode préconisée pour ce marché sera donc axée sur les conclusions de cette étude, avec l'exploitation de données images par télédétection pour la recherche et la délimitation des secteurs en mutation et sur de la photo-interprétation de photographies aériennes et satellitaire de 2012 pour l'interprétation complète des différents postes de nomenclature.

Le prestataire aura donc pour mission d'actualiser le référentiel ARCH 2009 (habitats_arch_2005-2009) en y intégrant l'ensemble des mutations et si nécessaire de corriger/optimiser les bases historiques 2005 (habitats_arch_2005) et 2009 (habitats_arch_2009). Il pourra s'appuyer également sur des données annexes disponibles (RPG, IGN, DIGITALE,...)

Le prestataire détaillera dans son mémoire technique la méthode qu'il propose de mettre en œuvre pour arriver à ces résultats.

2.2 Étendue géographique

La prestation sera réalisée sur la totalité du territoire de la Région Nord-Pas de Calais, d'une surface d'environ 12 500 km². Les limites précises du territoire seront fournies en début de prestation. Un débord de 500 mètres est à prévoir pour éviter l'effet « île » (les bases 2005 et 2009 comportent déjà ce débord).

2.3 Données mises à disposition :

- habitats_arch_2005_2009 (couche des habitats en 2005 et 2009),
- habitats_arch_2005 (couche des habitats en 2005),
- habitats_arch_2009 (couche des habitats en 2009),
- evol_habitats_arch_2005_2009 (couche des évolutions d'habitats entre 2005 et 2009).
- haies_arch_2005_2009 (couche des haies en 2005 et 2009),
- haies_arch_2005 (couche des haies en 2005),
- haies_arch_2009 (couche des haies en 2009),
- evol_haies_arch_2005_2009 (couche des évolutions de haies entre 2005 et 2009).
- l'orthophotographie régionale à 30 cm (été 2012),
- Les données RapidEye GEOSUD (2010),
- Les images satellitaires de 2012,
- l'orthophotographie régionale à 30 cm (été 2009),
- l'orthophotographie régionale à 50 cm (été 2005),
- La BDORTHO régionale à 5 m (été 2004),
- la BD Topo de l'IGN,
- une liste des erreurs identifiées sur ces bases.
- la BD parcellaire de l'IGN,
- le RPG.

Ces données seront fournies sous forme de fichiers SIG en projection Lambert 93.

2.4 Unité Minimale de Collecte (UMC)

La plupart des objets des postes de la nomenclature seront à saisir avec une UMC de 100 m².

Les objets linéaires seront retenus à partir du moment où leur largeur est supérieure à 5m. Néanmoins, le prestataire veillera à ne pas scinder les éléments si localement cette largeur venait à se réduire.

2.5 Systèmes de projection

- Système géodésique : RGF93,
- Ellipsoïde associé : IAG GRS 1980,
- Projections : Lambert 93,
- Unité : mètre,
- Résolution : centimètre,
- Systèmes altimétrique : IGN 1969.

2.6 Échelle de saisie des objets

L'échelle de cartographie des données devra être en adéquation avec l'UMC.

Nous préconisons une échelle de saisie entre le 1/2 000 et le 1/ 5 000. Avec possibilité dans des zones complexes de travailler à une échelle plus grande.

Mise en garde sur la qualité des tracés. Pour 2005 et 2009 les tracés ont été saisi manuellement ils correspondent parfaitement à des limites d'entité. Avec l'exploitation de la télédétection le prestataire veillera à ce

que les tracés soient homogènes à ceux des bases historiques en évitant les effets « marche d'escalier » ou la démultiplication des nœuds et autres polygones papillons.

2.7 – Précision géométrique

La précision des tracés devra < à 2 mètres.

2.8 Nomenclature

Code PIAO	Intitulé	Poste à consolider
11	Mers et océans	
12	Bras de mers	
131	Fleuves et rivières soumis à marées	
132	Estuaires	
14	Vasières et bancs de sable sans végétation	
15	Marais salés, prés salés (schorres), steppes salées et fourrés sur gypse	
161	Plages de sables	
162	Dunes	
162A	Dunes avec fourrés, bosquets	
16291	Feuillus sur dune	
16292	Conifères sur dune	
163	Lettes dunaires humides	Oui
1631	Mares de lettes dunaires	Oui
643	Dune paléo-côtières	Oui
171	Plages de galets sans végétation	Oui
175	Plages de galets végétalisées	Oui
18	Falaises maritimes	
2	Milieux aquatiques non marins	
221	Eaux douces	
222	Galets ou vasières non végétalisées	
223	Communautés amphibies	
224	Végétation aquatiques	
231	Eaux saumâtres ou salées sans végétation	
232	Eaux saumâtres ou salées végétalisées	
24	Eaux courantes	
244	Végétation immergée des rivières	
245	Dépôts d'alluvions fluviales limoneuses	
311	Landes humides	Oui
312	Landes sèches	Oui
318	Fourrés	
34	Steppes et prairies calcaires sèches	Oui
342	Prairies à métaux lourds	Oui

35	Prairies siliceuses sèches	Oui
37A	Lisières humides à grandes herbes	
37B	Prairies humides	
53	Végétation de ceinture des bords des eaux	
38	Prairies mésophiles	
381	Pâtures mésophiles	
382	Prairies à fourrage des plaines	
41	Forêt caducifoliée	
41P	Forêt poldérienne	Oui
44	Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides	
54	Bas marais, tourbières de transition, sources	Oui
81	Prairies améliorées	
82	Cultures	
822	Bandes enherbées	
833	Plantations indéterminées	
83P	Jeunes plantations	
83V	Vergers	
8331	Plantations de conifères	
83321	Plantations de peupliers	
84H	Haies, alignements d'arbres	
85	Parcs urbains et grands jardins	
86	Villes, villages et sites industriels	
863C	Carrières en activité	
89	Lagunes et réservoirs industriels	
8641	Carrières abandonnées	
8642A	Terrils nus	
8642B	Terrils boisés	
8643	Voies de chemin de fer, gares de triage et autres espaces ouverts	
87	Friches	
991	Réseau routier	
991A	Abords routiers	
992	Réseau ferré	
992A	Abords de réseau ferré	

2.9 Phases tests et terrain

Bon nombre de thématique à cartographier sont complexes. Cette prestation n'est pas liée à une occupation du sol mais plutôt orientée sur une typologie d'habitat naturel.

C'est pourquoi avant de lancer la prestation sur l'ensemble du territoire régional il est important de calibrer le travail.

Une première phase test sur 1 % du territoire soit (~ 130 km²) répartie sur 4 secteurs (littoral, vallée humide, bocage, forestier) sera mise en œuvre. Les emprises seront fournies par le Conseil Régional.

Le prestataire testera avec les données mises à disposition, la meilleure méthode pour cibler les mutations, consolider les données et mettre à jour de la base.

En parallèle à ces tests une phase terrain est à prévoir avec le Conseil Régional pour valider les choix de cartographie.

Ces phases permettront de s'assurer que le prestataire et le Conseil Régional sont en accord sur le contenu thématique et géométrique des éléments à cartographier. Ce sera également l'occasion d'ajuster la nomenclature et la définition des postes.

A la validation des tests par le Conseil Régional, une grille de cartographie des postes de nomenclature sera réalisée par le prestataire et validée par le maître d'ouvrage. Elle précisera, pour chaque classe, la définition, les raisons du classement, un extrait de photo terrain et un extrait ortho correspondant, ainsi que la source de données à exploiter en priorité.

D'autres phases de terrain sont à prévoir pour le prestataire, notamment pour lever les doutes sur des secteurs complexes et/ou sur des thématiques particulières.

2.10 Contrôle qualité

Une attention particulière devra être apportée à la validation de la donnée tant dans sa géométrie que dans sa thématique

Le prestataire devra mettre en œuvre la démarche qualité proposée dans sa note méthodologique.

Ces contrôles porteront principalement sur la pertinence et l'exhaustivité des thématiques cartographiées (confusions, omissions, cohérence avec la source des données), le contrôle de la géométrie (cohérence avec l'image, formes, superficies, homogénéité des tracés) la sémantique (respect de la structure des tables) et la topologie (toutes les livraisons devront être topologiques).

Le prestataire devra prévoir pour ces contrôles une phase terrain pour qualifier et valider les thématiques cartographiées.

Avec la livraison finale une matrice de confusion devra être fournie, détaillée et explicitée.

Celle-ci sera basée sur un échantillonnage de 2 500 points répartis de manière aléatoire et stratifiées.

La fiabilité thématique et géométrique globale de la base 2012 devra être meilleure que 85%.

Ces procédures qualité et cette méthode d'échantillonnage devra être précisée dans la note méthodologique du prestataire.

ARTICLE 3 : LIVRABLES

3.1 Métadonnées

Les métadonnées de production, qui décriront les produits, leur mode d'élaboration, et leur niveau de qualité, seront conformes aux exigences de la directive européenne Inspire, récemment transposée en droit français par l'Ordonnance n° 2010-1232 (Journal officiel de la République Française du 21 octobre 2010).

Les recommandations nationales publiées par le CNIG, relatives à la rédaction des métadonnées de données, devront être suivies (cf. documents référencés sur le site de l'IGN : <http://inspire.ign.fr/index.php/references-inspire/92>)

3.2 Rapport de synthèse

Un rapport sera livré avec les bases de données finales. Celui-ci décrira obligatoirement :

- une note générale décrivant précisément les méthodes adoptées,
- les différentes phases de production et de contrôle,
- les difficultés rencontrées par phase (zones test, résultats, règles adoptées, ..)
- les difficultés rencontrées globalement, par postes, par secteur, ...
- les solutions apportées face à ces difficultés.
- les limites des traitements dues à certaines spécificités des images, ou des zones tests
- les matrices de confusion,
- le compte-rendu des contrôles terrain.

Le rapport sera accompagné de plans, de photographies et de tous les documents nécessaires à la présentation des conclusions.

3.3 Bases de données

Le prestataire devra transmettre mensuellement un exemplaire de sa production avec la liste des remarques et anomalies rencontrées, tant d'un point de vue, géométrique que sémantique. Le prestataire s'engagera à corriger les secteurs qui auront été refusés et à intégrer toute modification justifiée.

L'ensemble des données traitées seront transmises, au format shapefile, ArcGIS topologie projection Lambert 93.

Au terme de la prestation, le prestataire remettra au Conseil Régional :

- Base de données vectorielle ARCH 2005 corrigée (habitats_arch_2005_v2),
- Base de données vectorielle ARCH 2009 corrigée (habitats_arch_2009_v2),
- Base de données vectorielle ARCH 2012 (habitats_arch_2012),
- Base de données vectorielle ARCH de toutes les dates 2005-2009-2012 (habitats_arch_2005_2012),
- base de données vectorielle des mutations 2005-2009-2012 (evol_habitats_arch_2005_2012),
- base de données vectorielle des mutations 2005-2009 (habitats_arch_2005_2009_v2),
- base de données vectorielle des mutations 2009-2012 (habitats_arch_2009_2012),
- Les traitements des images par télédétection.
- Les métadonnées de ces bases pour chacune des données (raster ou vecteur) et chacun des découpages au format ISO 19139.
- Le rapport de synthèse.

3.4 Période de maintenance

Le prestataire fournira une maintenance d'un an sur l'ensemble des fichiers produits. La maintenance courra à partir de la recette des derniers livrables.

Le maître d'ouvrage se chargera de collecter, pendant un an, les remarques des utilisateurs, puis il en fera part régulièrement au prestataire afin que celui-ci corrige les erreurs relevées.

A l'issue de l'année de maintenance, en cas de demandes de modification, corrections, une nouvelle version des bases de données concernées et de leurs métadonnées sera livrée au maître d'ouvrage.

ARTICLE 4 : CADRE DE REPONSE

4.1 Le candidat détaillera dans sa réponse

- La méthodologie de travail,
- La démarche qualité,
- Le programme d'exécution des travaux et le planning prévisionnel,
- Les moyens humains :
 - o Le nom des responsables,
 - o l'effectif et l'organisation de l'équipe de production,
 - o L'expérience en télédétection et photo-interprétation de milieux naturels.
- Les moyens matériels
 - o Pour la production,
 - o le terrain,
 - o les contrôles qualité.

4.2 Test de production sur 10 km²

Avec son offre le candidat fournira un test de production sur 10km².

Le candidat aura à sa disposition les images aériennes et satellitaires sur la zone ainsi que les extraits des bases de données ARCH.

Le test sera livré dans la même projection que les images (Lambert 93) au format shapefile.

La finalité de ce test est double, elle a pour vocation première de montrer au candidat le type de prestation à réaliser et d'autre part pour le Conseil Régional à s'assurer de la capacité technique et méthodologique du candidat.

Annexe 4 : Tests RapidEye

Introduction

Lors de l'atelier interrégional du 20 janvier 2012 qui présentait les résultats de la Mission 4, l'un des résultats mis en avant pour la composante 2 des tests de faisabilité technique – Identification de classes spécifiques – concernait l'utilisation de la donnée spectrale *Red-Edge*. Ainsi, les tests réalisés à cette occasion ont montré qu'il existait un apport significatif et précieux de la donnée spectrale *Red-Edge* lors de la PIAO.

En effet, la donnée RapidEye en composition colorée RGB : PIR - *Red-Edge* - Rouge offre de meilleurs contrastes et nuances par rapport aux compositions « usuelles » des orthophotographies aériennes en vraie fausses couleurs naturelles et infrarouge. Il en résulte alors un confort de travail amélioré et une lecture plus rapide et plus efficace des habitats naturels. Les conclusions des tests concernaient également certaines classes d'habitats spécifiques (confère le rapport de Mission 4). Il s'agit néanmoins d'une évaluation seulement qualitative de l'apport de la donnée spectrale *Red-Edge* qui fait suite à des tests purement visuels en PIAO.

Un test complémentaire a donc été envisagé afin d'évaluer quantitativement cet apport.

Ainsi, cette annexe présente les résultats de tests complémentaires à la Mission 4 qui visent à quantifier l'apport de la donnée RapidEye en composition colorée *Red-Edge*. Plus particulièrement, le test doit permettre de cibler les postes pour lesquels la donnée RapidEye apporte une information supplémentaire.

En préambule aux tests, il est important de réaliser une série de remarques quant à l'utilisation de ces résultats par rapport aux travaux déjà réalisés dans le cadre de l'activité 1. En effet, il s'agit de tests complémentaires visant à évaluer la valeur ajoutée de la donnée *Red-Edge* à travers l'image satellite RapidEye. Il ne s'agit aucunement de valider la production réalisée dans le cadre l'activité 1. Comme on va le voir, le contexte de PIAO diffère d'une approche à l'autre. Ici, seule la donnée ortho IRC (couplée ou non à la donnée RapidEye) sert pour la PIAO. Dans l'activité 1 du projet ARCH, un jeu de données exogène, entre autres, intègre la méthodologie de production. De plus, les polygones d'évaluation ne sont pas représentatifs de la répartition des habitats dans le NPdC mais de la répartition des habitats rencontrés par les équipes de contrôle sur le terrain.

1. Méthodologie

1.1 La démarche générale

Le test vise à quantifier l'apport de la donnée RapidEye en composition colorée *Red-Edge*. Plus particulièrement, le test doit permettre de cibler les postes pour lesquels la donnée spectrale *Red-Edge* apporte une information supplémentaire. Une évaluation quantitative de cet apport est prévue.

Tout d'abord, il convient de noter que le test réalisé consiste en une mise à jour d'information et non une création (couplée à de la mise à jour) comme dans le cadre de l'activité 1 du projet (création de la base pour 2009 et mise à jour en 2005). En effet, à partir de la seule géométrie des polygones de 2005, le photo-interprète caractérise thématiquement, à partir de données raster de 2009/2010, chacun des polygones et digitalise les mutations éventuelles. La PIAO est donc réalisée en aveugle de la part de deux photo-interprètes, sans connaissance a priori sur les habitats à la date de création (ici 2005).

Le travail réalisé se décompose selon 3 protocoles différents et exécutés successivement :

1. PIAO à partir de l'orthophotographie aérienne infrarouge de 2009
2. PIAO à partir de l'image satellite RapidEye de 2010
3. PIAO à partir du couple orthophotographie aérienne infrarouge de 2009 - image satellite RapidEye de 2010

1.2 La donnée d'évaluation

La donnée utilisée pour l'évaluation est celle issue des missions de contrôle sur terrain réalisées par la société ALFA et le Conservatoire Botanique de Bailleul. Autrement dit, les polygones pour lesquels l'indice de confiance (champ « indice » de la base de données vectorielle ARCH) équivaut à 4 ou 5 ont été extraits de la base de données vectorielle ARCH et constitue la base de données de référence.

1.3 La zone d'étude

A partir de la base de données de référence représentant approximativement 1800 polygones terrain, un tirage aléatoire de 100 polygones a été réalisé afin de mener l'évaluation (tirage représentatif de la répartition initiale des polygones terrain).

Puis, la création d'une zone tampon de 50 ha, aléatoirement disposée autour de chaque polygone tiré au hasard, est réalisée. Les photo-interprètes réalisent alors la PIAO sur l'intégralité de la zone tampon sans que soit portée à leur connaissance la localisation du polygone de référence. Néanmoins, seule l'information du polygone de référence est extraite et est utilisée pour l'évaluation du test.

Cette approche permet de s'affranchir des biais d'interprétation présents si la PIAO était uniquement réalisée sur les polygones d'évaluation.

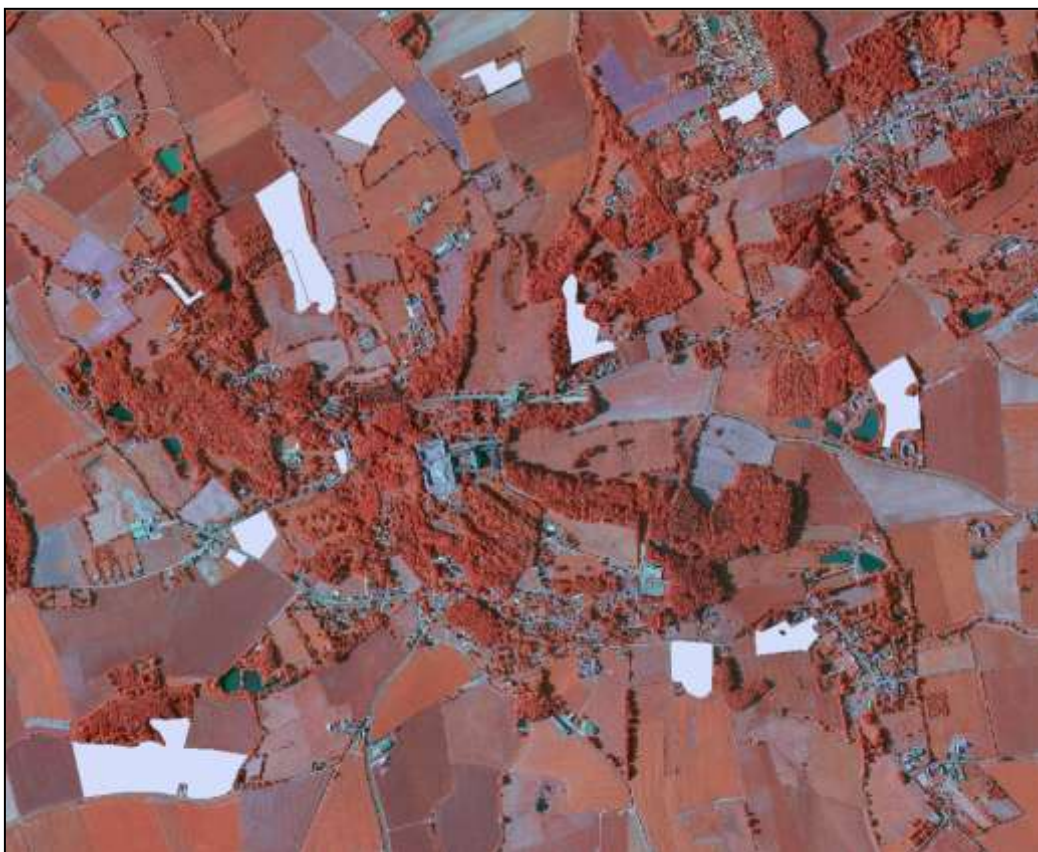


Figure 20 : Ortho IRC 2009 et base vectorielle de référence (terrain ALFA et Bailleul)

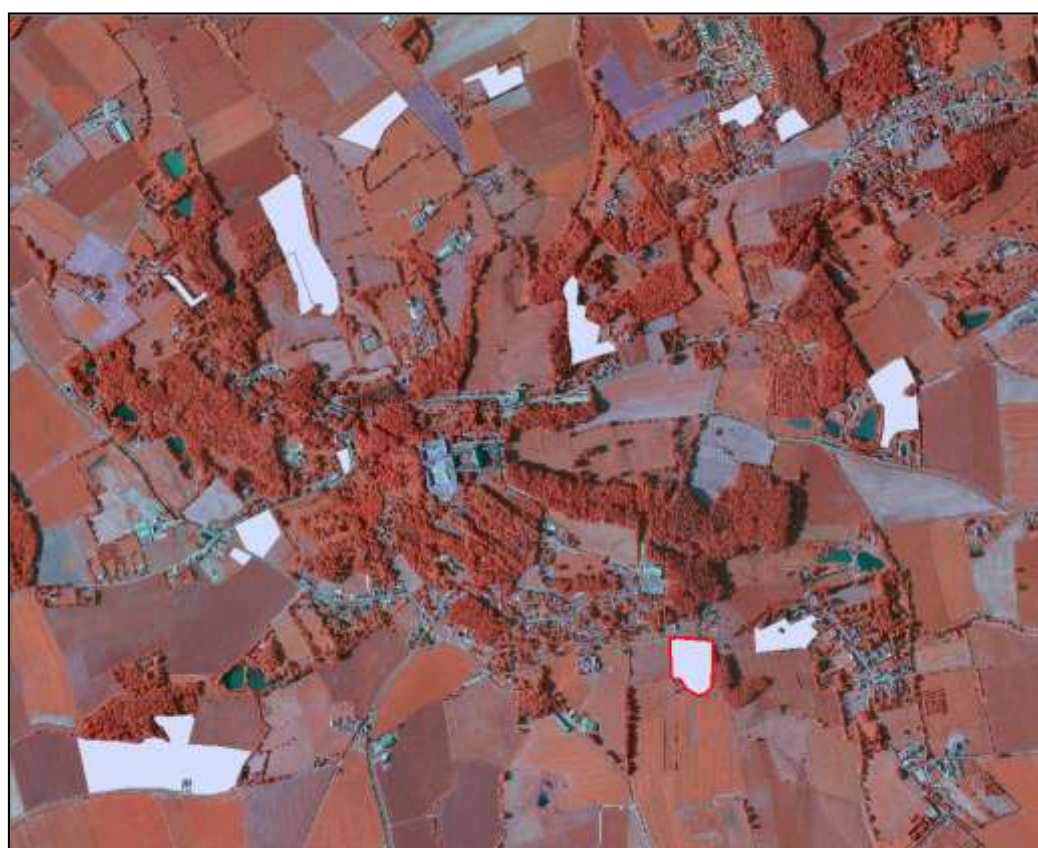


Figure 21 : Sélection aléatoire des polygones d'évaluation

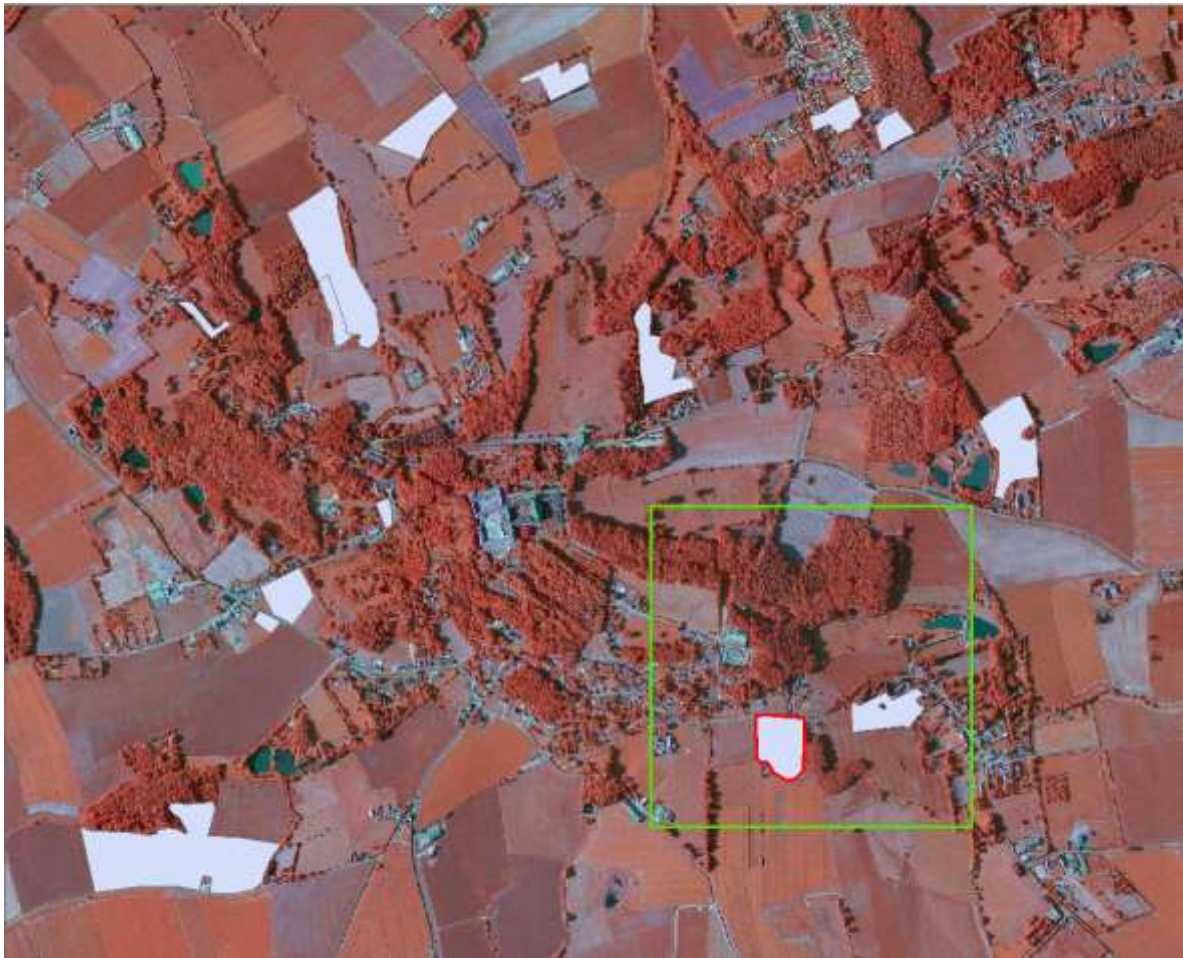


Figure 22 : Placement aléatoire des zones tampon autour du polygone d'évaluation

2. Résultats

Le test vise à quantifier l'apport de la donnée RapidEye en composition colorée Red-Edge. Dans cette optique, dès lors le travail de PIAO réalisé sur chacune des zones tampon, il est possible de calculer les précisions producteur et utilisateur :

		38	41	44	53	54	81	82	85	86	221	224	381	382	83221	162A	37A	37B
		Prairie Mésos	Forêt Cadu.	Forêt Riv.	Rosel.	Bas Marais	Prairie Amé.	Culture	Parc Urbain	Urbain	Plan Eau	Vég. Aqu.	Pâturage Mésos.	Prairie Fauche	Plant. Peuplier	Fourré Dune	Méga	Prairie Humide
Ortho IRC	PP	100%	100%	67%	100%	36%	0%	80%	75%	100%	100%	100%	47%	50%	100%	100%	33%	14%
	PU	5%	100%	67%	33%	100%	0%	57%	100%	100%	100%	100%	56%	77%	100%	100%	100%	50%
RapidEye	PP	100%	100%	67%	75%	36%	0%	100%	75%	100%	100%	100%	42%	0%	100%	100%	0%	0%
	PU	3%	100%	100%	27%	80%	0%	42%	100%	100%	100%	100%	53%	0%	100%	100%	0%	0%
Ortho IRC + RapidEye	PP	0%	100%	67%	100%	9%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	63%	50%	100%	100%	56%	29%
	PU	0%	100%	100%	26%	100%	0%	63%	80%	100%	100%	100%	67%	83%	100%	100%	100%	67%

Tableau 25 : précision producteur (PP) et utilisateur (PU)

De même, les valeurs de commission et d'omission obtenues sont les suivantes :

		38	41	44	53	54	81	82	85	86	221	224	381	382	83221	162A	37A	37B
		Prairie Mésos	Forêt Cadu.	Forêt Riv.	Rosel.	Bas Marais	Prairie Amé.	Culture	Parc Urbain	Urbain	Plan Eau	Vég. Aqu.	Pâturage Mésos.	Prairie Fauche	Plant. Peu.	Fourré Dune	Méga	Prairie Humide
Ortho IRC	O	0%	0%	33%	0%	64%	100%	20%	25%	0%	0%	0%	53%	50%	0%	0%	67%	86%
	C	95%	0%	33%	67%	0%	100%	43%	0%	0%	0%	0%	44%	23%	0%	0%	0%	50%
RapidEye	O	0%	0%	33%	25%	64%	100%	0%	25%	0%	0%	0%	58%	100%	0%	0%	100%	100%
	C	97%	0%	0%	73%	20%	100%	58%	0%	0%	0%	0%	47%	100%	0%	0%	100%	100%
Ortho IRC + RapidEye	O	100%	0%	33%	0%	91%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	37%	50%	0%	0%	44%	71%
	C	100%	0%	0%	74%	0%	100%	37%	20%	0%	0%	0%	33%	17%	0%	0%	0%	33%

Tableau 26 : omission (O) et commission (C)

3. Discussion

Le test a donc permis de cibler les postes pour lesquels la donnée RapidEye apporte une réelle information supplémentaire.

Ainsi, on constate que la configuration ortho IRC couplée à l'image satellite RapidEye apporte une réelle valeur ajoutée sur les postes suivant :

- ✓ 82 – Cultures
- ✓ 381 – Pâtures Mésophiles
- ✓ 37B – Prairies Humides

Dans une moindre mesure, l'image satellite RapidEye permet une amélioration de la photo-interprétation sur les habitats naturels suivants :

- ✓ 44 – Forêts Humides
- ✓ 382 – Prairies de Fauche
- ✓ 37A – Mégaphorbiais

En revanche, aucun apport n'est constaté pour les postes restants (précisions équivalentes, voire légèrement moins bonnes) :

- ✓ 41 – Forêts Caducifoliées
- ✓ 81 – Prairies améliorées
- ✓ 85 – Parcs Urbains
- ✓ 86 – Urbain
- ✓ 221 – Plans d'eau
- ✓ 224 – Végétations Aquatiques
- ✓ 83221 – Plantations de Peupliers
- ✓ 162A – Fourrés sur Dunes
- ✓ 53 – Roselières
- ✓ 38 – Prairies Mésophiles
- ✓ 54 – Bas Marais

Il est important de préciser que certains pourcentages de précision (producteur et utilisateur) ont davantage de poids puisqu'ils sont calculés sur un nombre de polygone plus conséquent. C'est le cas notamment des postes 37A, 37B, 381, 382 et 53 qui présentent un effectif significatif. A l'inverse, certains habitats sont sous représentés. Ce sous-effectif est lié à la donnée d'évaluation. Puisque les habitats concernés ont très peu été contrôlés par les équipes terrain, l'échantillonnage, issu d'un tirage représentatif de la répartition initiale des polygones terrain, suit alors cette dynamique. Par conséquent, les bons pourcentages concernant majoritairement les habitats bien représentés prennent un poids intéressant. Inversement, les faibles pourcentages sont à mettre en perspective avec les faibles effectifs. Néanmoins, il n'était pas attendu que la donnée spectrale *Red-Edge* soit d'un apport considérable sur des habitats tels que l'Urbain ou les Plan d'eau.

L'analyse montre également très clairement que la seule donnée RapidEye ne suffit pas pour le travail de PIAO. La résolution spatiale ne permet pas une caractérisation aussi fine que la photographie aérienne. L'exemple illustrant ce fait concerne l'attribution des codes 38 – 381 – 382 des habitats Pâtures et Fauches. La résolution spatiale des d'images satellites RapidEye ne permet pas de

discriminer les codes 381 et 382 ; aussi bien que la caractérisation au sein de cette famille d'habitats se limite très souvent au code 38.

La caractérisation des postes 381 (pâtures mésophiles) et 382 (prairies de fauche) est également problématique. En effet, ces postes correspondent à un niveau de nomenclature supérieur aux prairies mésophiles (code 38). Or, les équipes de terrain ont systématiquement attribué l'un des deux codes (à une exception). En revanche, les photo-interprètes ne sont pas en mesure de systématiquement assigner l'un des codes.

Une analyse pondérée par la surface, tout d'abord envisagée, n'est malheureusement pas possible. En effet, la différence d'approche existante entre les équipes de PIAO et celles réalisant le contrôle sur le terrain rend impossible cette analyse. Si les photo-interprètes considère les objets à l'échelle de l'habitat naturel (tel que l'envisage le projet ARCH), les équipes de contrôle terrain ont travaillé à l'échelle de la parcelle. Les objets digitalisés par les photo-interprètes incluent donc systématiquement les objets issus du terrain. La pondération n'apporterait alors pas l'information escomptée.

4. Conclusions générales

Le test réalisé ici avait pour vocation à montrer l'apport de la donnée RapidEye, et plus particulièrement, l'apport de la bande spectrale Red-Edge quant à l'identification des classes d'habitats naturels.

Ainsi, les tests ont montré que cette donnée, lorsqu'elle est couplée à l'orthophotographie aérienne apporte une valeur ajoutée sur quelques postes définis dont certains à caractère humide (mégaphorbies, forêts et prairies humides).

5. Annexes

5.1 Annexe n°1 : La matrice de confusion – PIAO Ortho IRC

	Données de Référence																	Tot
	38	41	44	53	54	81	82	85	86	221	224	381	382	83221	162A	37A	37B	
38	1					1						7	7			3	2	21
41		3																3
44			2														1	3
53			1	4	7													12
54					4													4
82						1	4					1	1					7
85								3										3
86									6									6
87							1											1
221										2								2
224											1							1
381												9	2			2	3	16
382						1						2	10					13
833								1										1
83221														1				1
162A															1			1
37A																3		3
37B																1	1	2
Total	1	3	3	4	11	3	5	4	6	2	1	19	20	1	1	9	7	100

5.2 Annexe n°2 : La matrice de confusion – PIAO RapidEye

	Données de Référence																	Tot
	38	41	44	53	54	81	82	85	86	221	224	381	382	83221	162A	37A	37B	
38	1					1		1				9	11			6	2	31
41		3																3
44			2															3
53			1	3	7													11
54				1	4													5
82						2	5					1	4					12
85								3										3
86									6									6
221										2								2
224											1							1
381												8	2			1	4	15
822													1				1	2
83221														1				1
162A															1			1
37B												1	2			2		5
Total	1	3	3	4	11	3	5	4	6	2	1	19	20	1	1	9	7	100

5.3 Annexe n°3 : La matrice de confusion – PIAO Ortho + RapidEye

	Données de Référence																	Tot
	38	41	44	53	54	81	82	85	86	221	224	381	382	83221	162A	37A	37B	
38						2						4	5			2	3	16
41		3																3
44			2															2
53			1	4	10													15
54					1													1
82							5					1	2					8
85	1							4										5
86									6									6
221										2								2
224											1							1
381												12	2			2	2	18
382						1						1	10					12
822													1					1
83221														1				1
162A															1			1
37A																5		5
37B													1				2	3
Total	1	3	3	4	11	3	5	4	6	2	1	19	20	1	1	9	7	100