



OEIL

**Observatoire de
l'environnement**
Province Sud
Nouvelle-Calédonie



ROUETIS R&D

Recherche – Développement – Valorisation
en Géosciences et Environnement

Processus érosifs en Nouvelle-Calédonie : Cartographie de référence des sols nus et dégradés

Contrôle qualité des produits raster

Version 2.1, décembre 2020

Avertissement

Les informations contenues dans ce document sont exclusivement liées au projet « Processus érosifs en NC : cartographie de référence des sols nus et dégradés » et n'ont aucune vocation à servir d'autres intérêts que ceux de ce projet.

Historique des révisions

Version 2 : suppression des éléments devenus obsolètes du fait de l'amélioration des produits.

Version 2.1 : harmonisation de la présentation des résultats de contrôle et amélioration d'éléments textuels.

Pour citer ce document :

I. Rouet, 2020 - Processus érosifs en Nouvelle-Calédonie : Cartographie de référence des sols nus et dégradés. Contrôle qualité des produits raster. 36 pages, pour INSIGHT et l'OEIL-Observatoire de l'environnement en Nouvelle-Calédonie.

Sommaire

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 7 |
| Contexte..... | 7 |
| Objectifs du contrôle qualité..... | 7 |
| A. Conventions..... | 8 |
| A.1. Noms de fichiers..... | 8 |
| A.2. Échelle de travail et référence spatiale..... | 8 |
| A.3. Typologie des objets..... | 8 |
| B. Images et principe du contrôle qualité des rasters..... | 9 |
| B.1. Images et indices INSIGHT..... | 9 |
| B.2. Principe du contrôle qualité..... | 9 |
| B.2.1. Contrôle qualitatif..... | 9 |
| B.2.2. Contrôle quantitatif..... | 9 |
| B.2.3. Présentation des résultats..... | 10 |
| B.3. Secteurs de contrôle..... | 10 |
| B.3.1. Création du jeu de secteurs..... | 10 |
| B.3.2. Tirage aléatoire d'un jeu de secteurs de contrôle..... | 11 |
| B.3.3. Secteurs de contrôle N1 et N2..... | 11 |
| B.3.4. Secteurs de contrôle N3..... | 11 |
| C. Contrôle qualité de niveau 1..... | 11 |
| C.1. Principe du contrôle N1..... | 11 |
| C.1.1. Objectif contractuel à atteindre pour le N1..... | 12 |
| C.2. Niveau 1 (N1 à 100 m ²) – version 20191024..... | 12 |
| C.2.1. Modalités du contrôle de N1-100_20191024..... | 12 |
| C.2.2. Résumé du contrôle quantitatif de N1-100_20191024..... | 12 |
| C.3. Niveau 1 (N1 à 2 500 m ²) – version 20191218..... | 13 |
| D. Contrôle qualité de niveau 2..... | 14 |
| D.1. Principe du contrôle N2..... | 14 |
| D.1.1. Objectif contractuel à atteindre pour le N2..... | 14 |
| D.2. Niveau 2 (N2 à 2 500 m ²) – version 20191024..... | 14 |
| D.2.1. Modalités du contrôle de N2_20191024..... | 14 |
| D.2.2. Résultats du contrôle quantitatif de N2_20191024..... | 14 |
| D.3. Niveau 2 (N2 à 2 500 m ²) – version 20191218..... | 15 |
| D.3.1. Modalités du contrôle de N2_20191218..... | 15 |
| D.3.2. Résultats du contrôle quantitatif de N2_20191218..... | 16 |
| E. Contrôle qualité intermédiaire de niveau 3..... | 17 |
| E.1. Principe du contrôle N3 intermédiaire..... | 17 |
| E.1.1. Contrôle qualitatif N3-CQ1..... | 17 |
| E.1.2. Contrôle quantitatif N3-CQ2, par groupes de classes..... | 17 |
| E.1.3. Objectif contractuel à atteindre..... | 18 |
| E.1.4. Rappels sur le niveau N3 de classification..... | 19 |

| | |
|--|-----------|
| E.2. Niveau 3 : Ravines et Zones de ravinement – N3_20200413..... | 19 |
| E.2.1. Modalités du contrôle de N3_20200413..... | 19 |
| E.2.2. Résultats statistiques du contrôle quantitatif N3-CQ2 de N3_20200413..... | 19 |
| E.3. Niveau 3 : Bâti / Autres surfaces imperméabilisées – N3_20200505..... | 20 |
| E.3.1. Modalités du contrôle de N3_20200505..... | 20 |
| E.3.2. Résultats statistiques du contrôle quantitatif de N3_20200505..... | 20 |
| E.4. Niveau 3 : Carrière/Chantier/Verse et Décharge/Arasement – N3_20200510..... | 21 |
| E.4.1. Modalités du contrôle de N3_20200510..... | 21 |
| E.4.2. Résultats statistiques du contrôle quantitatif N3-CQ2 de N3_20200510..... | 21 |
| E.5. Niveau 3 : fonds de vallées – N3_20200516..... | 22 |
| E.5.1. Modalités du contrôle N3-CQ2 de N3_20200516..... | 22 |
| E.5.1.1. Résultats statistiques du contrôle qualité N3-CQ2 de N3_20200516..... | 22 |
| E.6. Niveau 3 : Piste – Aménagement indifférencié – N3_20200519..... | 24 |
| E.6.1. Modalités du contrôle de N3_20200519..... | 24 |
| E.6.2. Résultats statistiques du contrôle qualité N3-CQ2 de N3_20200519..... | 24 |
| F. Contrôle qualité de niveau 3 – Classification entière N3_20200603..... | 25 |
| F.1. Rappel sur le principe de contrôle du niveau 3..... | 25 |
| F.2. Modalités du contrôle quantitatif N3-CQ3 de N3_20200603..... | 25 |
| F.2.1. Échantillonnage..... | 25 |
| F.2.2. Règles de contrôle..... | 28 |
| F.3. Résultats du contrôle quantitatif N3-CQ3 de N3_20200603..... | 29 |
| F.3.1. Résultats statistiques du contrôle quantitatif N3-CQ3 de N3_20200603..... | 31 |
| F.3.2. Améliorations post-contrôle..... | 34 |
| En résumé..... | 35 |
| Résultats pour la classification N1..... | 35 |
| Résultats pour la classification N2..... | 35 |
| Résultats pour la classification N3..... | 35 |

Index des figures et tableaux

| | |
|---|-----------|
| <i>Tableau 1 : Classes retenues à l'atelier 2 pour la classification couvrant la province Sud en 2018.....</i> | <i>8</i> |
| <i>Figure 2: Carte des secteurs échantillonnés pour le contrôle quantitatif des classifications N1 et N2.</i> | <i>12</i> |
| <i>Tableau 3 : Matrice de confusion en nombre de pixels bien classés (vert) ou en erreur dans la classification N1-100_20191024 et indices de qualité par classe contrôlée.....</i> | <i>13</i> |
| <i>Tableau 4 : Bilan de la cartographie des erreurs de classification par photo-interprétation pour N2_20191024.....</i> | <i>15</i> |
| <i>Tableau 5 : Matrice de confusion en nombre de pixels bien classés (vert) ou en erreur dans la classification N2_20191218 et indices de qualité par classe contrôlée.....</i> | <i>16</i> |
| <i>Figure 6: Carte des secteurs échantillonnés pour réaliser les contrôles quantitatifs intermédiaires N3-CQ2.....</i> | <i>18</i> |
| <i>Tableau 7: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 de la classification N3_20200413.....</i> | <i>19</i> |

| | |
|---|----|
| Tableau 8: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 sur la classification N3_20200505..... | 20 |
| Tableau 9: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 de la classification N3_20200510..... | 21 |
| Tableau 10: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 sur l'échantillon 1 de la classification N3_20200516. | 23 |
| Tableau 11: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 sur l'échantillon 2 de la classification N3_20200516. | 23 |
| Tableau 12: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 sur les 2 échantillons de la classification N3_20200516..... | 23 |
| Tableau 13: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 de la classification N3_20200519..... | 24 |
| Figure 14: Carte des 125 secteurs échantillonnés pour le contrôle N3-CQ3 de la classification N3_20200603..... | 26 |
| Tableau 15 : Caractéristiques de l'échantillonnage N3-CQ3 par groupe de classes pour la classification N3_20200603..... | 26 |
| Tableau 16 : Répartition et représentativité du contrôle N3-CQ3 au sein des échantillons de la classification entière N3_20200603. Valeurs en pourcentage de chaque classe thématique..... | 27 |
| Tableau 17 : Codage des pixels dans la donnée N3_20200603 originale et après contrôle N3-CQ3. | 29 |
| Tableau 18: Matrice de confusion à l'issue du contrôle quantitatif de la classification entière N3_20200603..... | 31 |
| Tableau 19: Qualité de classement des pixels contrôlés dans la classification N3_20200603, par classe d'origine (précision utilisateur)..... | 32 |
| Tableau 20: Qualité de classement des pixels contrôlés dans la classification N3_20200603, par classe d'erreur..... | 32 |
| Tableau 21: Qualité d'ensemble des classes « Eau dynamique » et « Eau statique » dans les versions N3_20200516 (N3-CQ2) et N3_20200603 (N3-CQ3) de la classification de niveau 3..... | 33 |
| Figure 22: Carte de répartition des secteurs qui ont fait l'objet d'un contrôle quantitatif N1, N2 ou N3. | 36 |
| Tableau 23: Récapitulatif des surfaces contrôlées quantitativement aux niveaux N1, N2 et N3..... | 36 |

Introduction

Contexte

Dans le cadre du projet de l'OEIL - Observatoire de l'environnement en Nouvelle-Calédonie intitulé « Processus érosifs en Nouvelle-Calédonie : Cartographie de référence des sols nus et dégradés », I. Rouet a été sollicitée pour accompagner la phase méthodologique de la cartographie développée par INSIGHT et pour réaliser un contrôle qualité sur les résultats cartographiques les plus détaillés. Le projet couvre la province Sud de Nouvelle-Calédonie et ambitionne d'initier un suivi des surfaces affectées par l'érosion. INSIGHT est en charge de la réalisation du projet.

Concrètement, le traitement d'images SPOT 6-7 acquises pour l'année 2018 doit permettre de produire une cartographie sur le thème de l'érosion à différents niveaux d'analyse typologique. Trois niveaux thématiques sont considérés : N1, N2 et N3, dont le détail va croissant avec le niveau.

Dans un premier temps, une phase de tests méthodologiques a permis de mettre en place une chaîne de production cartographique. Des zones tests réparties dans la zone d'étude ont été établies en début de projet (atelier 1). Deux axes définissent la contribution I. Rouet à cette phase de tests : (1) examiner la qualité des tests réalisés par INSIGHT et proposer des pistes d'amélioration dans le respect de la méthodologie INSIGHT ; (2) produire par photo-interprétation une cartographie N3 des sols nus sur les zones tests (environ 424 km²), ayant vocation à servir de référence pour la généralisation à l'échelle de la province Sud.

Dans un second temps, INSIGHT a produit une cartographie en appliquant son processus généralisé à l'ensemble de la province Sud, ce qui constitue l'objectif final de ce projet. La contribution I. Rouet à cette phase consiste à évaluer le résultat cartographique au format raster et fait l'objet du présent document.

Objectifs du contrôle qualité

Ce contrôle ne couvre pas l'examen du produit vectoriel dérivé du produit raster.

Le **cahier des charges** stipule que le contrôle qualité doit être établi sur un échantillon d'environ 2 % de la surface de la zone d'étude (7 235 km²), soit 145 km² environ. Il doit permettre de quantifier la qualité du résultat cartographique au format raster produit par INSIGHT pour l'année 2018. Le niveau de qualité requis est une reconnaissance de plus de 98 % des possibles formes d'érosion (sols nus), dans la limite des capacités du capteur retenu, de l'échelle considérée et de l'Unité Minimale de Collecte (UMC) de 2 500 m². A partir du niveau 2, le taux de fiabilité de la classification doit dépasser 85 %. Si besoin, un contrôle de terrain doit être réalisé pour confirmer le modèle de classification ou pour l'améliorer.

Initialement prévu au niveau de typologie N3 uniquement, ce qui donnait aussi implicitement un regard complet sur les niveaux N1 et N2, ce contrôle qualité a finalement été réalisé tout au long du projet : pendant la phase méthodologique sur les tests INSIGHT et pendant la généralisation à la province sur les résultats cartographiques N1, N2 et N3.

Fil conducteur de ce contrôle qualité : **le produit répond-il au cahier des charges ?**

A. Conventions

A.1. Noms de fichiers

Les noms de fichiers sont présentés dans le texte sous une forme rapidement identifiable : <nom de fichier>.extension. Lorsque transmis par INSIGHT, ils ont été préfixés de la date de mise à disposition (UTC) pour éviter les ambiguïtés liées à la possibilité de versions multiples.

A.2. Échelle de travail et référence spatiale

A la demande d'INSIGHT, l'ensemble des travaux a été réalisé à une échelle minimale de 1/5 000, allant jusqu'à 1/2 000 pour les objets linéaires.

Le système de coordonnées utilisé est le RGNC 91-93 – Lambert NC (EPSG 3163).

L'ensemble des travaux a été réalisé principalement avec QGIS, ainsi qu'avec ERDAS Imagine.

A.3. Typologie des objets

Les classes retenues à l'issue de l'atelier 2 sont récapitulées dans le tableau 1. Leur intitulé peut légèrement varier d'un document à l'autre, mais leur définition reste identique (voir dictionnaire des classes). Les classes en grisé ne sont pas considérées comme thématiques dans le cadre de ce document.

Tableau 1 : Classes retenues à l'atelier 2 pour la classification couvrant la province Sud en 2018.

| NO | N1 | N2 | N3 |
|------------------------------|--------------------------|--|---|
| Nodata | Nodata | Nodata | Nodata |
| | Nuage | Nuage | Nuage |
| | Ombre | Ombre | Ombre |
| Donnée exploitable | Autre | Autre | Autre |
| | Eau | Eau | Eau dynamique |
| | | | Eau statique |
| | Sol nu ou peu végétalisé | Aménagement | Carrière / zone de chantier / Verse contrôlée |
| | | | Décharge non contrôlée / Arasement |
| | | | Piste |
| | | | Bâti / Autres surfaces imperméabilisées |
| | | | Aménagement indifférencié |
| | | Sol nu ou peu végétalisé indifférencié | Sol nu faiblement végétalisé |
| | | | Surface significativement brûlée |
| | | | Ravine |
| | | | Zone de ravinement |
| | | | Falaise / Escarpement |
| | | | Mouvement de terrain / Éboulis |
| | | | Colluvions et sédiments |
| Fond de vallée indifférencié | | | |
| Cuirasse | | | |
| Sol nu indifférencié | | | |

B. Images et principe du contrôle qualité des rasters

B.1. Images et indices INSIGHT

Les données suivantes ont été mises à disposition par INSIGHT pour réaliser le contrôle des données cartographiques produites pour l'année 2018 :

- les 11 images satellitaires de 2018 et leurs indices (NDVI, NDWI et IB) ayant servi à produire les rasters à contrôler ;
- une mosaïque des images de 2018 en couleurs naturelles sur l'ensemble de la province Sud au format TIF et au format ECW ;
- une couche vectorielle délimitant la zone d'étude, au format SHP ;
- une proposition de grille continue de secteurs pour le contrôle, au format SHP ;
- les résultats cartographiques à contrôler au format raster TIF.

B.2. Principe du contrôle qualité

Le contrôle qualité a été réalisé de deux manières : un contrôle rapide (qualitatif) et un contrôle approfondi (quantitatif), toujours sur une donnée au format raster.

Les contrôles ont toujours été opérés en utilisant les images 2018 originales du projet et non sur la mosaïque pour conserver un maximum d'information disponible. La composition colorée CC423 a été utilisée systématiquement, avec en complément la CC123 ainsi que des données d'imagerie exogènes (Géorep, Google Satellite, Bing Satellite).

Dans tous les cas et dans la mesure du possible, des pistes et propositions ont été formulées pour l'amélioration des produits.

Parmi les **classes thématiques**, celles qui concernent les sols nus ont été considérées comme d'**intérêt prioritaire** et ont fait l'objet d'une attention particulière dans le cadre des travaux de contrôle.

B.2.1. Contrôle qualitatif

Il s'agit d'une **évaluation rapide** d'un produit cartographique raster qui a pour but de permettre un retour rapide à INSIGHT pour correction si besoin, de manière à réserver le temps de contrôle quantitatif à un produit affiné.

La zone d'étude est parcourue à la recherche d'erreurs manifestes faciles à déceler par photo-interprétation entre 1/20 000 et 1/2 500 selon les cas.

Ce contrôle n'est pas exhaustif. Il n'y a pas de cartographie des erreurs ni de modification des rasters examinés. Le retour est informatif, a fait l'objet d'une fiche détaillée et s'accompagne d'un fichier de points géolocalisant les remarques ou des exemples de secteurs concernés.

Ce type de contrôle a été mis en œuvre dans la phase de développement, en préalable aux phases de contrôle quantitatif N1, N2 et N3, ainsi que sur les versions améliorées en post-contrôle quantitatif N3.

B.2.2. Contrôle quantitatif

Ce contrôle est approfondi et a été **réalisé par itérations sur 2 % de la zone d'étude pour les niveaux N1, N2 et N3 de classification**. Il a pour but d'identifier les erreurs de classification et de les quantifier. Cette quantification conduit à établir une référence pour l'échantillon, à comparer à ce dernier.

La cartographie des pixels considérés comme mal classés est réalisée par photo-interprétation pour un niveau de classification, pour une classe ou un groupe de classes. La classe attendue pour les pixels en erreur est précisée par un nouveau code attribué dans le raster de l'échantillon contrôlé. Une erreur est

comptabilisée si elle est certaine et visible à l'échelle requise pour le thème concerné, dans une forme déjà existante ou si la forme manquante est d'étendue significative au regard de l'UMC. Les objets linéaires et autres éléments fréquemment peu étendus ont été examinés à 1/2 000.

Si une version améliorée est produite par INSIGHT avant la fin d'une passe de contrôle quantitatif, alors le contrôle se poursuit sur la fraction restante, avec ou sans tirage aléatoire de secteurs selon les cas.

Les rasters contrôlés ont systématiquement été livrés à INSIGHT avec la version originale de l'échantillon avant contrôle pour permettre une comparaison aisée et la production d'éléments chiffrés sur la qualité des produits cartographiques. A chaque contrôle quantitatif, un nouveau champ indique dans la table attributaire de la grille utile les secteurs contrôlés par la valeur 1 (voir B.3).

Ce type de contrôle a été réalisé sur la classification N1 à 100 m², N2 à 2 500 m² et sur le niveau N3.

Le contrôle qualité valide un produit lorsque l'échantillon examiné répond au cahier des charges (voir Objectifs du contrôle qualité).

B.2.3. Présentation des résultats

Les résultats statistiques des contrôles quantitatifs sont présentés sous forme de tableaux récapitulatifs. Un pixel est correct lorsqu'il est identique dans l'échantillon contrôlé et dans sa référence (raster issu du contrôle). Un pixel en erreur dans la classification est « mal classé » lorsqu'il est en trop dans la classe contrôlée (il devrait être dans une autre classe, c'est un excédent par rapport à la référence). Il est « manquant » quand il y est attendu mais absent (c'est un déficit par rapport à la référence).

Le pourcentage de pixels manquants par classe est calculé en rapportant le total de pixels manquants au total de pixels de cette classe.

Le pourcentage de pixels mal classés est le rapport entre le total de pixels en trop dans la classe et le total de pixels de cette classe.

Les matrices de confusion sont des tableaux qui récapitulent les résultats obtenus sur des échantillons couvrant toutes les classes d'une classification. Deux indices de qualité sont calculés par classe :

- le **rappel** ou précision producteur **PP** : pourcentage de pixels de référence bien classés dans la classification (nombre de pixels bien classés rapporté au total des pixels de référence) ;
- la **précision utilisateur PU** : pourcentage de pixels bien classés dans la classification (nombre de pixels bien classés rapporté au total de pixels classés).

B.3. Secteurs de contrôle

B.3.1. Création du jeu de secteurs

Le jeu de secteurs doit servir au tirage aléatoire des zones à échantillonner pour le contrôle.

Donnée utilisée : couche des contours de la zone d'étude ([20190516_AOI_OEIL_VF.shp](#)).

La grille de secteurs de contrôle fournie présentant quelques imperfections difficiles à gérer, une nouvelle grille a été produite sur le même principe. Elle est constituée de polygones (secteurs) jointifs, de forme carrée de 1 km de côté, soit 1 km² de superficie chacun. Cette grille couvre la totalité de la zone d'étude. Le choix de secteurs plus petits que ceux disponibles dans les secteurs DFCI a été arrêté de concert entre INSIGHT et I.Rouet pour permettre d'échantillonner plus finement et ainsi mieux disséminer le contrôle dans la zone d'étude. La grille de départ à 1 km² a été générée en se calant sur l'emprise du carroyage DFCI, conduisant à des contours très proches (environ 8 m de décalage en X et en Y pour les limites communes). Ces secteurs ont été ensuite découpés selon l'emprise de la zone d'étude.

Des polygones de taille inférieure à 2 500 m² (UMC) ont été supprimés pour simplifier l'échantillonnage. Les secteurs couverts par la cartographie en photo-interprétation sur les zones tests ont aussi été retirés pour ne conserver que les zones sans référence thématique. La couche des **secteurs disponibles à l'échantillonnage (grille utile)** est [CQ_grille_utile.shp](#) (fichier livré), avec **7481 secteurs de contrôle**, comportant tous un identifiant numérique unique (id).

B.3.2. Tirage aléatoire d'un jeu de secteurs de contrôle

Le cahier des charges stipule que le contrôle qualité doit être opéré sur les surfaces cartographiées à hauteur de 2 % sélectionnés aléatoirement, soit environ 145 km² sur les 7 235 km² de la zone d'étude.

Pour un échantillonnage à 2%, il s'agit donc de disposer, parmi les 7 481 secteurs de la grille utile, d'un sous-ensemble aléatoire de secteurs de superficie totale proche de 145 km². Pour tenir compte des secteurs de taille inférieure à 1 km² aux marges de la zone d'étude, la sélection aléatoire est faite sur 160 secteurs et non 145, en procédant à des tirages aléatoires successifs jusqu'à obtenir un total d'environ 145 km². Pour un échantillonnage fractionné à 1 %, le nombre de secteurs échantillonné est adapté en conséquence.

Pour un échantillonnage basé sur une proportion d'une classe ou d'un groupe de classes, le tirage aléatoire doit être réalisé sur des secteurs contenant de la donnée à contrôler pour être pertinent. Cela nécessite de présélectionner ces secteurs dans la grille utile et de réaliser le tirage aléatoire uniquement sur cette présélection. Par ailleurs, le nombre de secteurs à tirer doit être adapté afin d'obtenir un échantillon contenant la proportion de pixels recherchée (1 ou 2 % selon les cas).

B.3.3. Secteurs de contrôle N1 et N2

Pour le contrôle qualité des niveaux N1 et N2, la sélection des secteurs a été réalisée aléatoirement au sein de la grille utile entière (voir B.3.2). Les mêmes secteurs ont été utilisés pour contrôler ces premiers niveaux de classification dans le but de prendre en compte l'effet du changement de taille de l'unité minimale de collecte entre les deux niveaux N1 (100 m²) et N2 (2 500 m²) et de permettre à INSIGHT d'adapter son processus cartographique en conséquence.

B.3.4. Secteurs de contrôle N3

Pour le contrôle qualité de niveau N3, la sélection des secteurs de contrôle est aussi réalisée aléatoirement (voir B.3.2). A la différence de la sélection pour les niveaux N1 et N2 qui a été réalisée sur un seul jeu de secteurs, le contrôle N3 a été réalisé en plusieurs étapes. A chaque étape, un nouveau jeu aléatoire de secteurs de contrôle a été sélectionné (voir E et F). Les détails spécifiques à ce contrôle sont explicités en E.1.2 et en F.2.1.

C. Contrôle qualité de niveau 1

A la suite des tests méthodologiques réalisés par INSIGHT et du contrôle qualité itératif réalisé par I.Rouet pendant cette phase, le contrôle de la qualité des rasters proches de la finalisation a été mis en œuvre.

C.1. Principe du contrôle N1

Rappels sur le niveau N1 de classification :

- il distingue les pixels sans donnée thématique (nodata, nuages, ombres) et les pixels ayant une signification thématique (**sol nu ou peu végétalisé, eau et autre**) ;
- il est produit à une unité minimale de 100 m² avant d'être généralisé à 2 500 m².

Le niveau N1 à 100 m² est le produit intermédiaire qui doit servir de base à la production cartographique des niveaux N1, N2 et N3. Il a par conséquent fait l'objet d'un contrôle quantitatif (voir C.2).

Le niveau N1 à 2 500 m² a quant à lui fait l'objet d'un contrôle qualitatif (voir C.3) après plusieurs correctifs apportés par INSIGHT pour la production du niveau N2 de classification.

C.1.1. Objectif contractuel à atteindre pour le N1

Le produit fini doit permettre « une reconnaissance de plus de 98 % des possibles formes d'érosion, dans la limite des capacités du capteur retenu, de l'échelle considérée et de l'Unité Minimale de Collecte (UMC) » de 2 500 m².

C.2. Niveau 1 (N1 à 100 m²) – version 20191024

C.2.1. Modalités du contrôle de N1-100_20191024

A la suite d'un contrôle qualitatif, la version 20191024 de la classification N1 à 100 m² a fait l'objet d'un **contrôle quantitatif**.

Le raster `20191024_INSIGHT_N1_201910_100_CQ.TIF` a fait l'objet du contrôle qualité.

Les 160 secteurs contrôlés sont identifiés par la valeur 1 de l'attribut « N1v1 » de la grille utile. Ils couvrent 145 km², soit environ 2 % de la zone d'étude et sont présentés dans la figure 2.

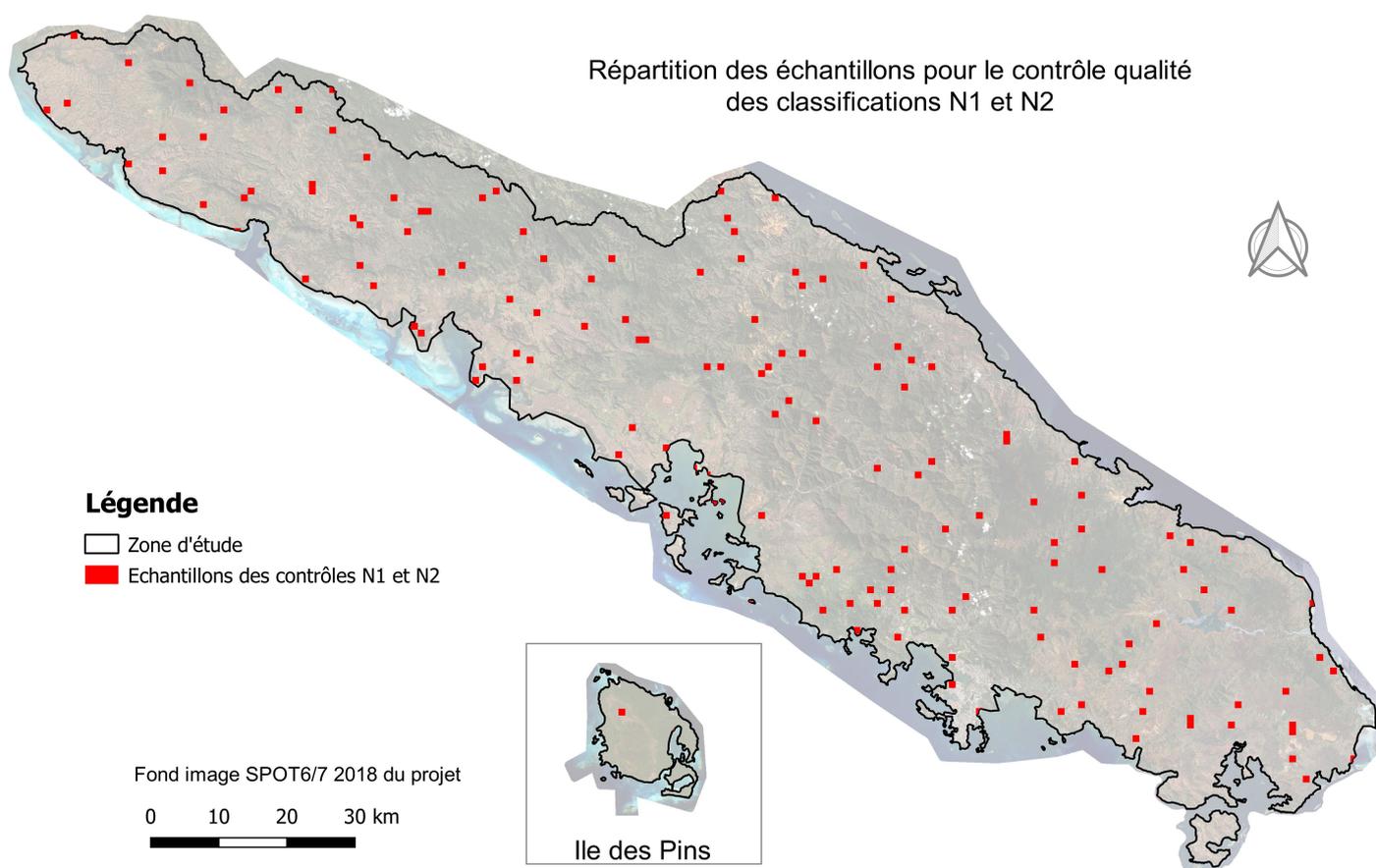


Figure 2: Carte des secteurs échantillonnés pour le contrôle quantitatif des classifications N1 et N2.

C.2.2. Résumé du contrôle quantitatif de N1-100_20191024

Les défauts les plus importants ont été corrigés par INSIGHT suite à ce contrôle. Les quelques défauts mineurs relevés dans cette version et qui persistent concernent des micro-zones d'ombre qui sont parfois classées en eau ou en sol nu, au moins un tronçon de cours d'eau totalement classé en sol nu ou peu végétalisé et surtout, en bordure de certaines formes, des micro-zones de sols nus à très fort signal dans tous les canaux de l'image qui sont classés en « Autre ».

Le tableau 3 présente les résultats obtenus lors de la cartographie des erreurs.

Les possibles formes d'érosion sont contenues dans la classe « Sol nu et peu végétalisé » de la classification de niveau N1. **A l'UMC de 100 m²**, l'erreur de classification mesurée sur cette classe est presque de 2,5 % pour les pixels manquants et de 2,29 % pour les pixels en trop. **97,5 % des pixels sont considérés comme bien classés sur les 2 % contrôlés** de la zone d'étude par rapport à la référence (contrôle). La précision est sensiblement du même ordre.

Tableau 3 : Matrice de confusion en nombre de pixels bien classés (vert) ou en erreur dans la classification N1-100_20191024 et indices de qualité par classe contrôlée.

| Classification N1_20191024 | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------|---------------|
| Référence | Nuage | Ombre | Autre | Eau | Sol nu ou peu végétalisé | Total pixels classification | % pixels manquants par classe | Total pixels référence | Rappel (PP,%) |
| Nuage | 451 185 | 0 | 0 | 0 | 0 | 451 185 | | 488 235 | 92,41 |
| pixels manquants | 0 | 0 | 36 282 | 0 | 768 | 37 050 | 8,21 | | |
| Ombre | 0 | 1 772 398 | 0 | 0 | 0 | 1 772 398 | | 1 821 415 | 97,31 |
| pixels manquants | 0 | 0 | 24 521 | 1 180 | 23 316 | 49 017 | 2,77 | | |
| Autre | 0 | 0 | 56 645 086 | 0 | 0 | 56 645 086 | | 56 665 396 | 99,96 |
| pixels manquants | 0 | 0 | 5 | 0 | 20 305 | 20 310 | 0,04 | | |
| Eau | 0 | 0 | 0 | 935 433 | 0 | 935 433 | | 994 128 | 94,10 |
| pixels manquants | 0 | 0 | 394 | 0 | 58 301 | 58 695 | 6,24 | | |
| Sol nu ou peu végétalisé | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 416 908 | 4 416 908 | | 4 527 534 | 97,56 |
| pixels manquants | 0 | 0 | 106 165 | 3 626 | 835 | 110 626 | 2,45 | | |
| Total pixels classification | 451 185 | 1 772 398 | 56 812 453 | 940 239 | 4 520 433 | 64 496 708 | | 64 496 708 | |
| % de la classe mal classé | 0,00 | 0,00 | 0,29 | 0,51 | 2,29 | | | | |
| Précision PU (%) | 100,00 | 100,00 | 99,71 | 99,49 | 97,71 | | | | |
| Total % | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | | | | |

C.3. Niveau 1 (N1 à 2 500 m²) – version 20191218

Rappel sur le niveau de classification N1 à 2 500 m² :

- il distingue les **mêmes classes que le N1 à 100 m²** ;
- il est produit à une **unité minimale de 2 500 m²** par généralisation du N1 à 100 m².

Ce **contrôle qualitatif** a été réalisé après prise en compte par INSIGHT des retours sur l'examen de la classification N1 à 100 m² (voir C.2) et de plusieurs versions préliminaires de la classification N2 à 2 500 m². La version N1_20191218 (20181218_INSIGHT_N1_2500_dec2019_VF_OK.tif) a été transmise avec la dernière version de la classification N2 évaluée par un contrôle quantitatif (D.3).

L'agenda du projet ne permettant pas d'effectuer un CQ quantitatif sur cette couche, un examen rapide a été réalisé pour identifier les principaux changements visibles entre cette version et la classification N1 à 2 500 m², basée sur le N1 à 100 m² évalué en C.2.

Pour l'essentiel, il ressort de ce contrôle que les défauts signalés ont été significativement réduits.

Sachant que la plupart des erreurs quantifiées sur la classification N1 à 100 m² concernent des objets d'étendue bien inférieure à 2 500 m² et que des améliorations notables ont été apportées, il est raisonnable de considérer que dans les surfaces de taille supérieure ou égale à l'UMC de 2 500 m² **plus de 98 % du sol nu ou peu végétalisé est bien cartographié.**

D. Contrôle qualité de niveau 2

D.1. Principe du contrôle N2

Rappels sur le niveau N2 de classification :

- il distingue les pixels sans donnée thématique (nodata, nuages, ombres) et les pixels ayant une signification thématique, avec distinction en particulier des **aménagements** et du **sol nu ou peu végétalisé** non aménagé (l' **eau** et **autre** sont équivalents au N1) ;
- il est produit à une **unité minimale de 2 500 m²** à partir du N1 à 2 500 m² issu de la classification N1 à 100 m² ;
- les secteurs de contrôle sont identiques à ceux du N1 à 100 m² pour suivre l'impact du changement d'unité minimale de collecte à 2 500 m².

Le niveau N2 à 2 500 m² a fait l'objet d'un contrôle en plusieurs étapes, au fur et à mesure des correctifs apportés par INSIGHT après retours de contrôle qualité.

Trois versions ont été contrôlées, dont deux en contrôle quantitatif (voir D.2 et D.3).

D.1.1. Objectif contractuel à atteindre pour le N2

Le taux de fiabilité de la classification N2 doit dépasser 85 % sur les UMC supérieures à 2 500 m².

D.2. Niveau 2 (N2 à 2 500 m²) – version 20191024

D.2.1. Modalités du contrôle de N2_20191024

Le raster `20191024_INSIGHT_N2_201910_2500.TIF` a fait l'objet d'un **contrôle quantitatif** sur 1 % environ de la zone d'étude.

L'attribut N2v1 de la grille utile a la valeur 1 lorsque le secteur a été contrôlé. 69 secteurs, soit un peu plus de 65 km² ont été couverts, ce qui correspond à presque 1% de la zone d'étude.

Remarque : les erreurs de détection de la végétation sont difficiles à cartographier de manière exhaustive par photo-interprétation.

D.2.2. Résultats du contrôle quantitatif de N2_20191024

Le changement d'UMC de 100 à 2 500 m² était dans cette version à l'origine de défauts de classification pour les classes thématiques, en plus d'une confusion significative entre l'eau et les sols nus. Le défaut mineur concernant les bordures des sols nus à très fort signal issu du N1 reste perceptible. Certains aménagements linéaires sont mal classés, vraisemblablement du fait du processus de changement d'UMC.

Un bilan de la cartographie des erreurs a été réalisé pour servir de base à l'amélioration de la classification N2 à 2 500 m² (voir tableau 4).

D'un point de vue général, l'algorithme de passage de 100 à 2 500 m² d'unité minimale de collecte appliqué à toutes les classes conduit à intégrer les petits objets dans les plus grands voisins, ce qui correspond à un principe de généralisation géographique de la donnée. Cela ne pose pas vraiment de problème pour les objets de quelques pixels. En revanche la question reste posée pour les zones plus étendues et en particulier pour les basculements entre les sols nus ou peu végétalisés et les autres classes entre le N1 et le N2, notamment la classe Autres. Cela porte préjudice à une qualité de détection qui est meilleure au N1 qu'au N2 (perte inattendue).

Tableau 4 : Bilan de la cartographie des erreurs de classification par photo-interprétation pour N2_20191024.

| Classe | Nombre de pixels | Superficie (km ²) | % pixels en erreur | % pixels bien classés |
|-------------------------------------|------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Ombre | 875 952 | 1,97 | 3,61 | 96,39 |
| Ombre mal classée | 31 594 | 0,07 | | |
| Autre | 26 700 467 | 60,08 | 0,08 | 99,92 |
| Autre mal classé | 20 499 | 0,05 | | |
| Eau | 236 573 | 0,53 | 21,00 | 79,00 |
| Eau mal classée | 49 687 | 0,11 | | |
| Aménagement | 293 236 | 0,66 | 6,50 | 93,50 |
| Aménagement mal classé | 19 064 | 0,04 | | |
| Sol nu ou peu végétalisé | 822 008 | 1,85 | 4,00 | 96,00 |
| Sol nu ou peu végétalisé mal classé | 32 889 | 0,07 | | |

Une analyse statistique détaillée a aussi été réalisée sur la totalité de la zone d'étude pour aider à comprendre les effets du changement d'UMC. INSIGHT a ainsi pu prendre des décisions et améliorer son processus de production en conséquence.

Sur la base des calculs statistiques réalisés à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude, il résulte que :

- **toutes classes confondues, 97,87 % des pixels utiles n'ont pas été impactés** par le changement d'unité minimale de collecte, soit un écart total de 2,13 % qui s'ajoute à l'erreur intrinsèque aux classifications des niveaux N1 et N2 ;

- l'impact le plus important dans ce changement, soit environ **2/3 des changements, concerne la classe des sols nus et peu végétalisés cumulés pour N2_20191024** : 1,35 % des sols nus du N2 ont basculé dans la classe Autre et 0,24 % du N2 ont basculé de la classe Autre vers les sols nus et peu végétalisés cumulés. Les autres basculements sont moins impactants.

Au total lors du changement d'unité minimale de collecte du N1 à 100 m² au N2 à 2 500 m², la classe des sols nus du N1 se voit impactée à hauteur de 21 % par des basculements de classes vers ou depuis la classe des sols nus et peu végétalisés, toutes classes confondues. Parmi ces changements, 20,35 % de la classe des sols nus du N1 sont touchés par des basculements positifs ou négatifs entre les seules classes Sol nu et peu végétalisé et Autre, sans prise en compte des erreurs de classification éventuelles qui peuvent s'y ajouter. **A minima, il y a plus de 3 % de sols nus anormalement impactés** si l'on exclut les basculements normaux du fait d'une taille de sol nu ou peu végétalisé inférieure à 2 500 m².

D.3. Niveau 2 (N2 à 2 500 m²) – version 20191218

D.3.1. Modalités du contrôle de N2_20191218

Suite au contrôle quantitatif sur la version N2_20191024 de la classification N2 (voir D.2), des améliorations ont été entreprises par INSIGHT. Une version intermédiaire a été examinée en contrôle qualitatif, qui a donné lieu à de nouvelles améliorations avant l'examen de cette version N2_20191218.

Ce **contrôle quantitatif** est complémentaire à celui réalisé sur N2_20191024. Cette version N2_20191218 est la dernière N2 contrôlée, du fait du calendrier du projet. Une version revue du N1 à 2 500 m² a aussi été transmise et examinée avant le présent contrôle (voir C.3).

Le raster qui a fait ici l'objet du contrôle est [20191218_INSIGHT_N2_2500_dec2019_VF.tif](#).

Les 91 secteurs contrôlés (79 km², environ 1 % de la zone d'étude) sont identifiés dans la grille utile par la valeur 1 de l'attribut N2VF. Cela porte le total des secteurs contrôlés quantitativement pour le niveau N2 de classification à 2 % de la zone d'étude (160 secteurs, 145 km² ; voir répartition figure 2).

D.3.2. Résultats du contrôle quantitatif de N2_20191218

La plupart des défauts signalés sur les précédentes versions ont été significativement réduits ou supprimés. Une amélioration perceptible des défauts mineurs hérités du N1 a été notée, malgré une confusion persistante entre quelques aménagements et les sols nus non aménagés. Quelques micro-défauts liés aux algorithmes utilisés persistent ou sont apparus, l'essentiel devrait disparaître dans le produit vectoriel.

Une **matrice de confusion a été réalisée**, de manière à savoir si la version N2_20191218 de la classification raster N2 répond aux exigences contractuelles de qualité (D.1.1). Cette matrice est présentée dans le tableau 5 qui récapitule le nombre de pixels de la classification N2_20191218 qui sont bien ou mal classés à l'issue du contrôle quantitatif.

Tableau 5 : Matrice de confusion en nombre de pixels bien classés (vert) ou en erreur dans la classification N2_20191218 et indices de qualité par classe contrôlée.

| Classification N2_20191218 | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------|----------------|
| Référence | Ombre | Autre | Eau | Aménagement | Sol nu ou peu végétalisé | Total pixels classification | % pixels manquants par classe | Total pixels référence | Rappel (PP, %) |
| Ombre | 996 512 | 0 | 0 | 0 | 0 | 996 512 | | 1 005 309 | 99,12 |
| Ombre pixels manquants | 0 | 8 686 | 63 | 48 | 0 | 8 797 | 0,88 | | |
| Autre | 331 | 30 790 385 | 0 | 0 | 0 | 30 790 716 | | 30 800 906 | 99,97 |
| Autre pixels manquants | 0 | 0 | 464 | 9 456 | 270 | 10 190 | 0,03 | | |
| Eau | 0 | 0 | 698 389 | 0 | 0 | 698 389 | | 705 285 | 99,02 |
| Eau pixels manquants | 1 | 1 939 | 0 | 0 | 4 956 | 6 896 | 0,98 | | |
| Aménagement | 0 | 0 | 0 | 844 481 | 0 | 844 481 | | 936 841 | 90,14 |
| Aménagement pixels manquants | 0 | 49 045 | 623 | 19 | 42 673 | 92 360 | 9,73 | | |
| Sol nu ou peu végétalisé | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 402 552 | 1 402 552 | | 1 515 318 | 92,56 |
| Sol nu pixels manquants | 0 | 16 718 | 705 | 95 343 | 0 | 112 766 | 7,77 | | |
| Total pixels classification | 996 844 | 30 866 773 | 700 244 | 949 347 | 1 450 451 | 34 963 659 | | 34 963 659 | |
| % de la classe mal classé | 0,03 | 0,25 | 0,26 | 11,05 | 3,30 | | | | |
| Précision (PU, %) | 99,97 | 99,75 | 99,74 | 88,95 | 96,70 | | | | |
| Total % | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | | | | |

Au bilan, le **total des pixels utiles jugés bien cartographiés à l'échelle du 1/5 000 et toutes classes confondues représente un peu plus de 99 % des pixels utiles** (hors nodata), ce qui porte à moins de 1 % l'erreur globale de classification.

Dans le détail, à l'échelle de chaque classe du N2_20191218, les classes Aménagement et Sol nu ou peu végétalisés comptabilisent le plus de pixels mal classés avec respectivement 11,05 % et 3,30 % de la classe concernée, soit un résultat précis à plus de 85 % pour ces classes dans l'échantillon contrôlé. Côté pixels manquants par classe, 9,73 % de pixels manquent aux aménagements et 7,77 % aux sols nus indifférenciés.

Le cahier des charges pour le niveau N2 exigeant un taux de fiabilité à 85 %, cette version **N2_20191218 est considérée satisfaisante** sur la base de l'échantillon contrôlé.

E. Contrôle qualité intermédiaire de niveau 3

Le contrôle qualité N3 a porté sur les objets de taille supérieure à 2 500 m² comme l'exigeait le cahier des charges.

E.1. Principe du contrôle N3 intermédiaire

La production de la classification de niveau 3 s'est faite à l'échelle de la zone d'étude entière, avec des versions intermédiaires qui se distinguent par l'avancée dans la production des classes de niveau N3. Lorsqu'une classe ou un groupe de classes N3 liées à l'érosion a été produit par INSIGHT, il a été contrôlé sur 1 % environ des classes concernées. En fin de processus de classification thématique, le niveau N3 entier a aussi fait l'objet d'un contrôle sur environ 1 % (voir F Contrôle qualité de niveau 3 – Classification entière N3_20200603).

Les classes thématiques potentiellement liées à l'érosion, c'est à dire sur sol nu, ont été examinées.

Les classes « Nuage », « Ombre » et « Autre » n'ont pas fait l'objet d'un examen au niveau N3.

Deux grandes étapes ont été mises en place pour le contrôle N3, représentant trois niveaux de contrôle et permettant des améliorations avant la finalisation du raster N3 :

1- Contrôle N3 intermédiaire : 2 niveaux de contrôle

- N3 CQ1, qualitatif : cohérence géométrique avec le niveau N2 (20200312_INSIGHT_N2_2500_dec2019_VF_1x1_seive10.tif), cohérence thématique générale ; en cas d'imperfections significatives, améliorations opérées par INSIGHT avant phase suivante ;
- N3-CQ2, par classe ou groupe de classes : contrôle quantitatif aléatoire sur environ 1 % des classes (secteurs différents pour chaque nouvelle version intermédiaire) et propositions d'amélioration, puis améliorations opérées par INSIGHT avant production de la classification N3 entière.

2- Contrôle N3 final : 1 niveau de contrôle (voir F)

- N3 -CQ3, sur classification thématique entière : contrôle quantitatif aléatoire sur environ 1 % des classes sur de nouveaux secteurs, propositions d'amélioration.

E.1.1. Contrôle qualitatif N3-CQ1

Destiné à signaler un éventuel problème à corriger avant de réaliser le contrôle qualité quantitatif, cet examen rapide des nouvelles classes a été réalisé à des échelles 1/20 000 à 1/10 000 (parfois moins), sur parcours non établi et hors classes précédemment examinées.

Si aucun problème majeur n'a été relevé, le contrôle quantitatif exhaustif N3-CQ2 a été réalisé, sinon un signalement à INSIGHT a permis des améliorations avant le contrôle N3-CQ2.

E.1.2. Contrôle quantitatif N3-CQ2, par groupes de classes

Un échantillonnage équivalent à celui réalisé pour le N1 et le N2 n'aurait pas été pertinent pour ce niveau de classification car le nombre de classes est bien plus important au N3 qu'au N1 et au N2, avec une répartition géographique très hétérogène. Le risque principal aurait été de sur-échantillonner certaines classes et d'en sous-échantillonner d'autres, voire de ne pas échantillonner certaines classes.

Le principe du tirage des secteurs de contrôle est toujours aléatoire (voir B.3.2). Les secteurs qui contiennent de la donnée à contrôler pour la classe ou le groupe de classes concerné sont présélectionnés dans la grille utile avant le tirage. Cette adaptation du protocole répond au besoin de garantir l'échantillonnage d'un nombre de pixels thématiques suffisant pour chaque classe potentiellement liée à l'érosion (*i.e.* sur sol nu).

Le tirage aléatoire est réalisé sur environ 1 % de superficie des classes à contrôler. Il peut arriver dans un groupe de classes hétérogènes que le pourcentage de chaque classe pris indépendamment s'éloigne de 1 %, ceci est un impondérable intrinsèquement lié à la géographie des classes. Ce tirage aléatoire est

effectué indépendamment pour le contrôle de chaque groupe de classes N3, garantissant une bonne dissémination du contrôle au sein de la zone d'étude.

Cette phase de contrôle quantitatif N3, différente des précédentes opérées sur les rasters de classification N1 et N2, nécessite plus d'étapes et plus de temps de traitement pour plusieurs raisons :

- 1) Le temps de préparation des données est considérablement augmenté du fait d'étapes supplémentaires nécessaires à chaque échantillonnage aléatoire des secteurs à contrôler ;
- 2) Les objets de la classification de niveau 3 sont thématiquement plus détaillés et appellent donc un examen expert plus poussé.

8 versions de la classification N3 ont subi un contrôle qualité intermédiaire, dont 5 en contrôle quantitatif sur environ 1 % des groupes de classes. La figure 6 présente la répartition des échantillons pour l'ensemble de la phase N3-CQ2 intermédiaire.

Dans ce document, seuls les résultats sur les versions proches de la finalisation sont présentés.

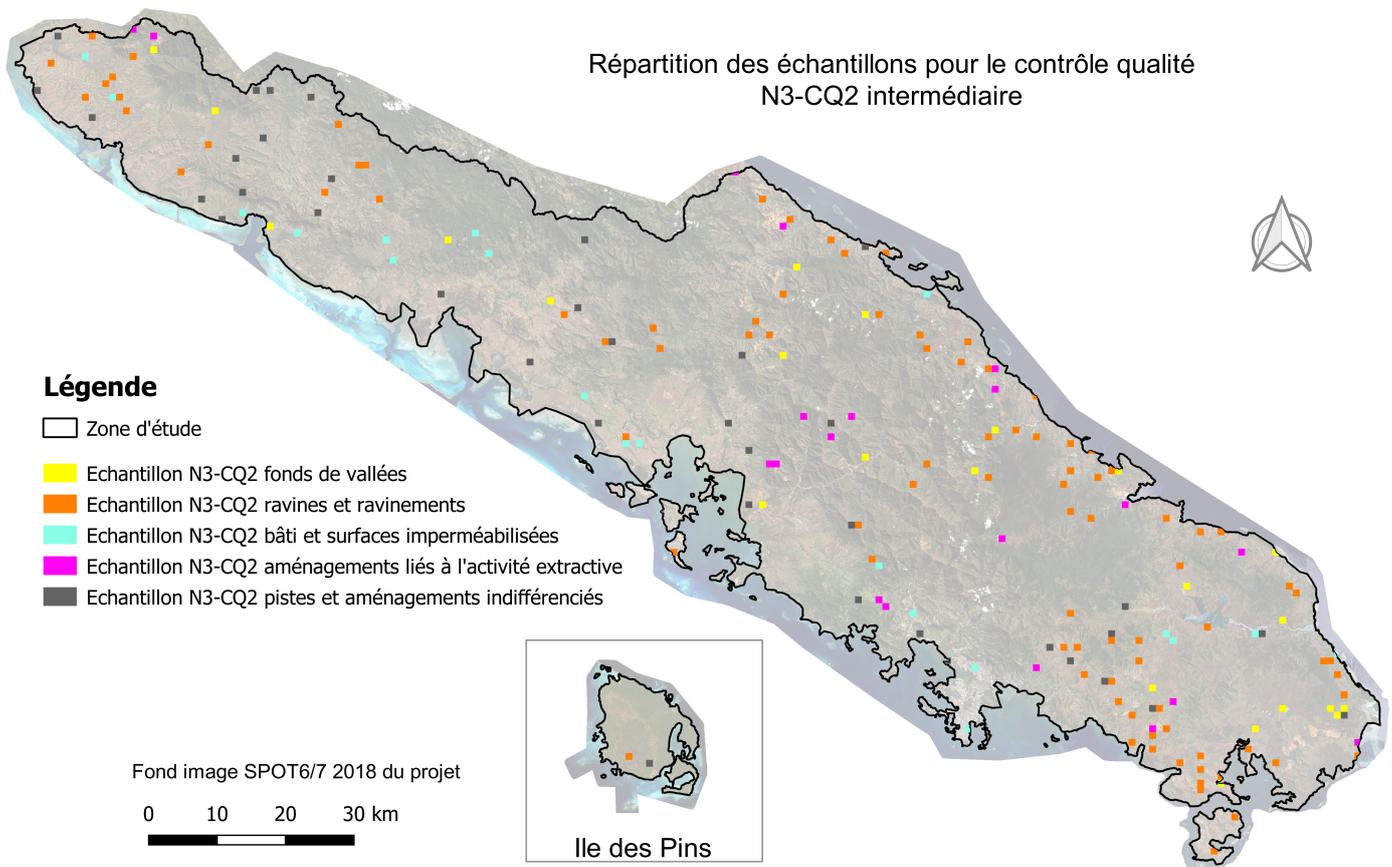


Figure 6: Carte des secteurs échantillonnés pour réaliser les contrôles quantitatifs intermédiaires N3-CQ2.

Remarque : lors du contrôle N3 intermédiaire N3-CQ2, les rasters contrôlés ne contenaient pas l'ensemble des classes de niveau N3 (nodata ailleurs), ce qui a nécessité de coder différemment les pixels en trop et manquants. Les pixels en trop dans la classe ont été signalés en cas de présence manifeste de végétation notamment ou lorsqu'ils ne se situaient pas dans la morphologie de l'objet par exemple. En cas de confusion avec une autre classe contrôlée, ils sont considérés comme manquants dans la seconde classe si l'objet existe déjà. Les objets détectés au niveau de classification N1 et N2 ont été considérés pour vérifier la cohérence thématique entre niveaux de classification, mais pas exclusivement pour conserver une approche exhaustive du contrôle qualité (pixels manquants).

E.1.3. Objectif contractuel à atteindre

Le taux de fiabilité de la classification N2 doit dépasser 85 % sur les UMC supérieures à 2 500 m².

E.1.4. Rappels sur le niveau N3 de classification

Ce niveau de classification est le plus détaillé. Il a été établi sur une base de cartographie automatisée complétée par photo-interprétation. Ses caractéristiques générales sont les suivantes :

- Il distingue les pixels sans donnée thématique (nodata, nuages, ombre) et les pixels ayant une signification thématique liée à l'érosion, avec en particulier une distinction de différents aménagements et de sol nu ou peu végétalisé non aménagé. L'eau est aussi classée selon son caractère dynamique (eaux courantes et marines) ou statique. La classe « Autre » permet de distinguer les surfaces qui sortent du champ thématique ;
- Il est produit à partir du N1 à 100 m², en considérant les objets de taille significative, dont certains sont scindés si besoin en plusieurs classes pour limiter la perte d'objets : cela conduit donc parfois à obtenir des objets N3 d'UMC < 2 500 m², ce qui a été validé par lors de l'atelier 2 du projet.

Il est prévu que le niveau N2 soit amélioré à l'issue de la classification N3.

E.2. Niveau 3 : Ravines et Zones de ravinement – N3_20200413

Il s'agit de la première version intermédiaire produite par INSIGHT pour le niveau 3 concernant les classes « Ravine » et « Zone de ravinement ».

Le raster contrôlé contient, outre les deux classes à examiner, quelques classes qui n'ont qu'une valeur informative pour aider à l'évaluation.

E.2.1. Modalités du contrôle de N3_20200413

Le raster `20200413_RAVINEMENTS_RAVINES_ISOLEES.tif` a fait l'objet d'un **contrôle qualitatif N3-CQ1** (voir principe en B.2.1 et E.1.1), qui a été poursuivi en **contrôle quantitatif N3-CQ2** (voir principe en B.2.2 et E.1.2).

L'échantillonnage aléatoire a retenu 19 secteurs, identifiés par l'attribut N3CQ2rav2 (valeur 1) dans la grille utile. Ceux-ci représentent 18,74 km² de la zone d'étude et contiennent environ 1 % de la superficie de 57 km² des classes à contrôler (**0,66 km² soit 1,16 % des classes à contrôler**).

E.2.2. Résultats statistiques du contrôle quantitatif N3-CQ2 de N3_20200413

Les statistiques présentées dans le tableau 7 ont été calculées sur la base du nombre de pixels à contrôler pour chaque classe (« Zone de ravinement », 262 941 pixels ; « Ravine », 31 828 pixels).

Tableau 7: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 de la classification N3_20200413.

| | | Nombre de pixels | % de la classe à contrôler | % total de pixels en erreur | % total de pixels bien classés |
|--------------------|--------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Zone de ravinement | Pixels OK | 243 772 | 92,71 | 14,50 | 85,5 |
| | Pixels mal classés | 19 299 | 7,34 | | |
| | Pixels manquants | 18 816 | 7,16 | | |
| Ravine | Pixels OK | 23 948 | 75,22 | 29,84 | 70,16 |
| | Pixels mal classés | 1 610 | 5,06 | | |
| | Pixels manquants | 7 890 | 24,78 | | |

On constate que le **taux de fiabilité est atteint pour la classe « Zone de ravinement » mais ne l'est pas pour la classe « Ravine »**. Cette dernière est en effet une des classes les plus difficiles à analyser. Les remarques et propositions de règles de cartographie transmises à INSIGHT ont pour but d'aider à améliorer le produit avant la phase finale de contrôle quantitatif N3-CQ3.

E.3. Niveau 3 : Bâti / Autres surfaces imperméabilisées – N3_20200505

E.3.1. Modalités du contrôle de N3_20200505

La classe N3 « Bâti / Autres surfaces imperméabilisées » a fait l'objet d'un **contrôle qualitatif N3-CQ1** sur plusieurs versions. Le raster `20200504_Bati_Route_AmenagementIndif_Mai2020_VF.tif` a été passé au **contrôle quantitatif N3-CQ2** (voir principe en B.2.2 et E.1.2).

20 secteurs ont été échantillonnés aléatoirement parmi les secteurs contenant de la donnée à contrôler. Ils sont identifiés par l'attribut N3CQ2bsi (valeur 1) dans la grille utile. Ceux-ci représentent 19,03 km² de la zone d'étude et contiennent **0,57 km², soit presque 2,5 % de la surface à contrôler**.

E.3.2. Résultats statistiques du contrôle quantitatif de N3_20200505

Le tableau 8 présente le bilan des calculs réalisés sur la base du nombre de pixels à contrôler pour la classe Bâti et autres surfaces imperméabilisées (254 770 pixels).

Tableau 8: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 sur la classification N3_20200505.

| Classe Bâti/Surfaces imperméabilisées | Nombre de pixels | % de la classe à contrôler | % total de pixels en erreur | % de pixels bien classés |
|---------------------------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Pixels OK | 244 227 | 95,86 | 28,13 | 71,87 |
| Pixels mal classés | 10 543 | 4,14 | | |
| pixels manquants | 61 125 | 23,99 | | |

Le **taux de fiabilité n'est pas atteint si l'on considère le total des pixels en erreur** par rapport au total des pixels à contrôler. Cependant, deux éléments majeurs sont à prendre en compte ici :

- les pixels manquants représentent à eux seuls près de 24 % des pixels à contrôler et ce sont pour l'essentiel des bâtiments construits après la mise à jour de la donnée exogène utilisée pour la détection du bâti ; ce pourcentage est vraisemblablement plus faible à l'échelle de la province ;
- les pixels mal classés (4 %) sont pour la plupart liés à l'introduction d'une classe de voirie sur/sous végétation. Après signalement de ce constat à l'OEIL illustrations à l'appui, il a été décidé d'abandonner cette classe pour proposer une classification sans ambiguïté pour l'utilisateur final.

E.4. Niveau 3 : Carrière/Chantier/Verse et Décharge/Arasement – N3_20200510

E.4.1. Modalités du contrôle de N3_20200510

La classe N3 « Carrière / Chantier / Verse » a fait l'objet d'un **contrôle qualitatif N3-CQ1** dans plusieurs versions. La classe Décharge/Arasement a été contrôlée en N3-CQ1 sur une version.

Le processus de contrôle qualité a été poursuivi en **contrôle quantitatif N3-CQ2** sur le raster 20200510_Mine_Ravinement_corrected_Pistes_NuageOmbre.tif (voir B.2.2 et E.1.2).

Les 20 secteurs échantillonnés sont identifiés par l'attribut N3CQ2ccvad (valeur 1) dans la grille utile. Ils ont été tirés aléatoirement parmi les secteurs contenant de la donnée à contrôler. Ceux-ci représentent 18,72 km² dans la zone d'étude et contiennent **1,7 km², soit 3,5 % de la surface des classes à contrôler** (48,2 km² dans la zone d'étude entière). Cela correspond aussi à un échantillonnage d'environ 3,5 % de chacune des deux classes à contrôler.

E.4.2. Résultats statistiques du contrôle quantitatif N3-CQ2 de N3_20200510

Les statistiques présentées dans le tableau 9 ont été calculées sur la base du nombre de pixels à contrôler pour les classes « Carrière/Chantier/Verse » (708 685 pixels) et « Décharge/Arasement » (45 458 pixels).

Tableau 9: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 de la classification N3_20200510

| Classe | | Nombre de pixels | % de la classe à contrôler | % total de pixels en erreur | % de pixels bien classés |
|-------------------------|------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Carrière/Chantier/Verse | Pixels OK | 629 389 | 88,81 | 15,19 | 84,81 |
| | Pixels manquants | 45 101 | 6,36 | | |
| | Pixels en trop | 62 570 | 8,83 | | |
| Décharge/Arasement | Pixels OK | 35 368 | 77,80 | 95,89 | 4,11 |
| | Pixels manquants | 35 177 | 77,38 | | |
| | Pixels en trop | 8 413 | 18,51 | | |

Le taux de fiabilité est à peine atteint pour la classe « Carrières/Chantier/Verse » mais pas pour les décharges et arasements.

Les erreurs concernant la classe « Carrière/Chantiers/Verse » sont pour une part importante liées à un héritage d'erreurs de classification N2 (zones naturelles classées en aménagement), ce qui conduit par exemple à obtenir au N3 des secteurs ravinés mal classés. Un effort de reprise de ces zones pourrait significativement améliorer la qualité de cette classe.

Quant à la classe « Décharge/Arasement », le résultat en apparence très médiocre résulte des constats suivants sur l'échantillon contrôlé :

- les décharges de certaines mines n'ont pas été cartographiées, dans une proportion proche de celles qui l'ont été, conduisant mécaniquement aux résultats statistiques obtenus ;
- des confusions ou oublis ont conduit à classer en « Carrière/Chantiers/Verse » des zones de décharge.

La classe « Décharge/Arasement » est par conséquent à reprendre en photo-interprétation pour compléter les zones manquantes et reclasser les aménagements si besoin.

E.5. Niveau 3 : fonds de vallées – N3_20200516

E.5.1. Modalités du contrôle N3-CQ2 de N3_20200516

Les classes N3 « Sédiments et colluvions », « Eau statique » et « Eau dynamique » ont fait l'objet d'un **contrôle qualitatif N3-CQ1** sur plusieurs versions. La classe « Fond de vallée indifférencié » sur une version.

Le processus de contrôle qualité a été poursuivi en **contrôle quantitatif N3-CQ2** sur le raster `20200516_Sediments_FDVE_N3_corrected.tif` (voir principe en B.2.2 et E.1.2).

Initialement prévu simultanément à l'examen des sédiments et colluvions, le contrôle de la classe « Fond de vallée indifférencié » n'a pu être opéré complètement de la sorte. En effet, les secteurs échantillonnés aléatoirement contenaient trop peu de pixels de cette classe. Un contrôle supplémentaire sur un échantillon spécifique a donc été mis en place pour cette classe. Les classes des eaux ont fait l'objet d'un contrôle sur les deux échantillons et un bilan est proposé pour appréhender les deux contrôles quantitatifs dans leur globalité.

Pour les sédiments et colluvions, 20 secteurs de contrôle ont été tirés aléatoirement dans la présélection de secteurs qui contient des pixels « Sédiments et colluvions ». Les secteurs de cet échantillon 1 sont identifiés par l'attribut N3CQ2fdve (valeur 1) dans la grille utile. Ceux-ci représentent 18,82 km² de la zone d'étude et contiennent **1 km²** de pixels à contrôler, **soit 1,06 % de la surface des classes sédiments/colluvions et fond de vallée indifférencié** (14,5 km² dans la zone d'étude entière). Cela correspond aussi à un échantillonnage de **1,20 % des sédiments et colluvions** seuls mais seulement 0,01 % des fonds de vallée indifférenciés. Dans ce premier échantillon, les classes des eaux sont représentées à hauteur de **0,61 % pour l'eau dynamique** et **0,58 % pour l'eau statique** par rapport à l'ensemble de la zone d'étude.

3 secteurs de contrôle supplémentaires (échantillon 2) ont été tirés aléatoirement dans la présélection de secteurs qui contient de la donnée « Fond de vallée indifférencié ». Ils sont identifiés par l'attribut N3CQ2fdve2 (valeur 1) dans la grille utile. Ceux-ci représentent 3 km² de la zone d'étude et contiennent **0,09 km²** de pixels à contrôler, **soit 0,46 % de la surface des classes sédiments/colluvions et fond de vallée indifférencié** (14,5 km² dans la zone d'étude entière). Cela correspond à un échantillonnage de **2,10 % des fonds de vallée indifférenciés** seuls et **0,25 % des sédiments et colluvions**. Dans ce second échantillon, les classes des eaux sont représentées à hauteur de **0,02 % pour l'eau dynamique** (**l'eau statique n'est pas représentée**) par rapport à l'ensemble de la zone d'étude.

Ce second échantillon porte le total de pixels contrôlés dans la classification N3_20200516 à **1,45 % pour les sédiments et colluvions**, **2,11 % pour les fonds de vallées indifférenciés**, **0,64 % pour l'eau dynamique** et **0,59 % pour l'eau statique**.

E.5.1.1. Résultats statistiques du contrôle qualité N3-CQ2 de N3_20200516

Les statistiques présentées dans le tableau 10 ont été calculées sur la base du nombre de pixels à contrôler de l'échantillon 1 pour les classes « Sédiments et colluvions » (68 712 pixels), « Fond de vallée indifférencié » (62 pixels), « Eau dynamique » (289 957 pixels) et « Eau statique » (85 834 pixels).

Tableau 10: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 sur l'échantillon 1 de la classification N3_20200516.

| Classe | | Nombre de pixels | % de la classe à contrôler | % total de pixels en erreur | % pixels bien classés |
|------------------------------|------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Sédiments – colluvions | Pixels OK | 57 765 | 84 | 14,91 | 85,09 |
| | Pixels manquants | 8 577 | 12 | | |
| | Pixels en trop | 1 668 | 2 | | |
| Fond de vallée indifférencié | Pixels OK | 62 | 100 | mal classés > échantillon | mal classés > échantillon |
| | Pixels manquants | 14 068 | 22 690 | | |
| Eau dynamique | Pixels OK | 284 198 | 98 | 3,72 | 96,28 |
| | Pixels manquants | 10 678 | 4 | | |
| | Pixels en trop | 110 | 0 | | |
| Eau statique | Pixels OK | 83 530 | 97 | 1,13 | 98,87 |
| | Pixels manquants | 973 | 1 | | |

Dans le tableau 11, les statistiques ont été calculées sur la base du nombre de pixels à contrôler de l'échantillon 2 pour les classes « Fond de vallée indifférencié » (15 674 pixels), « Sédiments et colluvions » (14 295 pixels), « Eau dynamique » (8 956 pixels, pas de pixels « Eau statique »).

Tableau 11: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 sur l'échantillon 2 de la classification N3_20200516.

| Classe | | Nombre de pixels | % de la classe à contrôler | % total de pixels en erreur | % pixels bien classés |
|------------------------------|------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Sédiments – colluvions | Pixels OK | 11 678 | 81,69 | 18,07 | 81,93 |
| | Pixels manquants | 2 583 | 18,07 | | |
| Fond de vallée indifférencié | Pixels OK | 15 674 | 100,00 | 59,33 | 40,67 |
| | Pixels manquants | 9 299 | 59,33 | | |
| Eau dynamique | Pixels OK | 3 609 | 40,30 | - | 59,70 |

Un bilan sur l'ensemble des pixels des échantillons 1 et 2 est présenté dans le tableau 12. Celui-ci permet de mieux apprécier la qualité des classes contrôlées. La classe des sédiments et colluvions reste proche du taux de fiabilité attendu. Les fonds de vallée indifférenciés sont bien classés mais il en manque beaucoup du fait de confusions avec des sédiments, ce qui conduit à résultat incomplet. Les eaux sont globalement bien classées.

Tableau 12: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 sur les 2 échantillons de la classification N3_20200516.

| Classe | | Nombre de pixels | % de la classe à contrôler | % total de pixels en erreur | % pixels bien classés |
|------------------------------|------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Sédiments/Colluvions | Pixels OK | 69 443 | 83,66 | 15,45 | 84,55 |
| | Pixels manquants | 11 160 | 13,44 | | |
| | Pixels en trop | 1 668 | 2,01 | | |
| Fond de vallée indifférencié | Pixels OK | 15 736 | 100,00 | mal classés > échantillon | mal classés > échantillon |
| | Pixels manquants | 23 367 | 148,49 | | |
| Eau dynamique | Pixels OK | 287 807 | 96,28 | 3,61 | 96,39 |
| | Pixels manquants | 10 678 | 3,57 | | |
| | Pixels en trop | 110 | 0,04 | | |
| Eau statique | Pixels OK | 83 530 | 97,32 | 1,13 | 98,87 |
| | Pixels manquants | 973 | 1,13 | | |

Le taux de fiabilité est dépassé pour les eaux dynamiques et les eaux statiques.

Si la classe des sédiments et colluvions atteint presque le taux de fiabilité requis, la classe des fonds de vallées indifférenciés nécessite un complément pour répondre aux spécifications attendues.

E.6. Niveau 3 : Piste – Aménagement indifférencié – N3_20200519

E.6.1. Modalités du contrôle de N3_20200519

La classe N3 « Piste » a fait l'objet d'un **contrôle qualitatif N3-CQ1** sur deux versions de la classification et la classe « Aménagement indifférencié » a été examinée sur une version, ainsi qu'au travers des contrôles N3-CQ1 sur les autres classes.

Le **contrôle quantitatif N3-CQ2** a été réalisé sur le raster `20200519_Mine_Arasement_piste_bati_amgtIndif_VF2.tif` (voir principe en B.2.2 et E.1.2).

Les 40 secteurs échantillonnés aléatoirement sont identifiés par l'attribut N3CQ2pai (valeur 1) dans la grille utile. Ceux-ci représentent 38,26 km² dans la zone d'étude et contiennent **1,03 km² de pixels à contrôler, soit 1,17 % de la superficie des classes à contrôler** (88 km² dans la zone d'étude entière). Cet échantillon contient 0,41 km² de pistes (0,96 % de la classe) et 0,63 km² d'aménagements indifférenciés (1,36 % de la classe).

E.6.2. Résultats statistiques du contrôle qualité N3-CQ2 de N3_20200519

Les statistiques présentées dans le tableau 13 ont été calculées sur la base du nombre de pixels à contrôler dans l'échantillon pour les classes « Piste » (180 295 pixels) et « Aménagement indifférencié » (279 618 pixels).

Tableau 13: Bilan du contrôle quantitatif N3-CQ2 de la classification N3_20200519.

| Classe | | Nombre de pixels | % de la classe à contrôler | % total de pixels en erreur | % pixels bien classés |
|---------------------------|------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Piste | Pixels OK | 169 951 | 94,26 | 13,20 | 86,80 |
| | Pixels manquants | 14 149 | 7,85 | | |
| | Pixels en trop | 9 657 | 5,36 | | |
| Aménagement indifférencié | Pixels OK | 169 075 | 60,47 | 43,66 | 56,34 |
| | Pixels manquants | 13 541 | 4,84 | | |
| | Pixels en trop | 108 552 | 38,82 | | |

Le taux de fiabilité requis est atteint pour la classe des pistes. Il ne l'est pas pour les aménagements indifférenciés, principalement du fait de confusions avec les zones de ravinement (issues potentiellement du pré-classement N2 basé sur données exogènes) et d'une classe « Carrière/Chantier/Verse » dont l'extension géographique des objets est parfois incomplète, ce qui conduit à obtenir trop d'aménagements indifférenciés. Il y a par ailleurs peu de pixels manquants dans les aménagements indifférenciés.

F. Contrôle qualité de niveau 3 – Classification entière N3_20200603

Le niveau 3 de classification a été produit à une UMC de 100 m² pour la plupart des objets, à partir du niveau N1 à 100 m² pour préserver au mieux les formes d'intérêt. Il est prévu que le niveau N2 soit amélioré à l'issue de la classification N3.

Le contrôle qualité N3 a porté sur les objets de taille supérieure à 2 500 m² comme l'exigeait le cahier des charges.

F.1. Rappel sur le principe de contrôle du niveau 3

Les classes thématiques potentiellement liées à l'érosion, c'est à dire sur sol nu, ont été examinées.

Les classes « Nuage », « Ombre » et « Autre » n'ont pas fait l'objet d'un examen au niveau N3.

Deux grandes étapes ont été mises en place pour le contrôle N3, représentant trois niveaux de contrôle et permettant des améliorations avant la finalisation du raster N3 :

1- Contrôle N3 intermédiaire : 2 niveaux de contrôle (voir E Contrôle qualité intermédiaire de niveau 3)

- **N3 - CQ1, qualitatif** : cohérence géométrique avec le niveau N2 (20200312_INSIGHT_N2_2500_dec2019_VF_1x1_seive10.tif), cohérence thématique générale ; en cas d'imperfections significatives, améliorations opérées par INSIGHT avant phase suivante ;
- **N3-CQ2, par classe ou groupe de classes** : contrôle quantitatif aléatoire sur environ 1 % des classes (secteurs différents pour chaque nouvelle version intermédiaire) et propositions d'amélioration, puis améliorations opérées par INSIGHT avant production de la classification N3 entière.

2- Contrôle N3 final : 1 niveau de contrôle, détaillé dans cette partie

- **N3 -CQ3, sur classification thématique entière** : contrôle quantitatif aléatoire sur environ 1 % des classes sur de nouveaux secteurs, propositions d'amélioration.

2 versions de la classification N3 entière ont enfin été examinées en contrôle qualitatif après le dernier contrôle quantitatif pour évaluer les améliorations apportées par INSIGHT suite aux retours du contrôle qualité.

F.2. Modalités du contrôle quantitatif N3-CQ3 de N3_20200603

A l'issue de la production intermédiaire des classes N3, la classification N3 entière a été générée par INSIGHT.

La version N3_20200603 de cette classification a été contrôlée, sur environ 1 % de 5 groupes de classes thématiques (**dernière phase de contrôle quantitatif, N3-CQ3**).

Les classes thématiques potentiellement liées à l'érosion, c'est à dire sur sol nu, ont été examinées.

Les classes « Nuage », « Ombre » et « Autre » n'ont pas fait l'objet d'un examen au niveau N3.

F.2.1. Échantillonnage

En fin de contrôle quantitatif N3-intermédiaire (N3-CQ2, voir E.1 pour le principe et E.2 à E.6 pour les résultats), toutes les classes liées à l'érosion ont déjà fait l'objet d'un contrôle quantitatif sauf les trois suivantes : « Sol nu indifférencié », « Surface significativement brûlée » et « Cuirasse nue ».

Rappel : la classe « Sol peu végétalisé » n'a pas été contrôlée, bien que potentiellement liée à l'érosion. Ceci a été acté lors des ateliers du projet, du fait de la difficulté pour l'œil humain de statuer sur un aspect très proche du sol nu dans les images.

Dans cette version complète de la classification, les classes déjà passées en contrôle quantitatif (N3-CQ2) ont été examinées sur environ 1 % de chaque groupe contrôlé pour atteindre approximativement les 2 % requis. Les trois autres classes ont été examinées sur environ 2 % de leur superficie.

La stratégie d'échantillonnage a consisté à considérer 5 groupes de classes thématiques. Chaque groupe thématique a donné lieu à un échantillonnage spécifique par tirage aléatoire de secteurs contenant des pixels de ce groupe. Au total, 125 secteurs ont été échantillonnés, ils sont présentés sur la carte de la figure 14. Aucun secteur n'est commun à plusieurs groupes. Environ 1,63 % de la superficie de la zone d'étude est ainsi couverte. Le tableau Erreur : source de la référence non trouvée récapitule les caractéristiques des lots de secteurs échantillonnés et les cases bleues du tableau Erreur : source de la référence non trouvée précisent les classes de chaque groupe thématique.

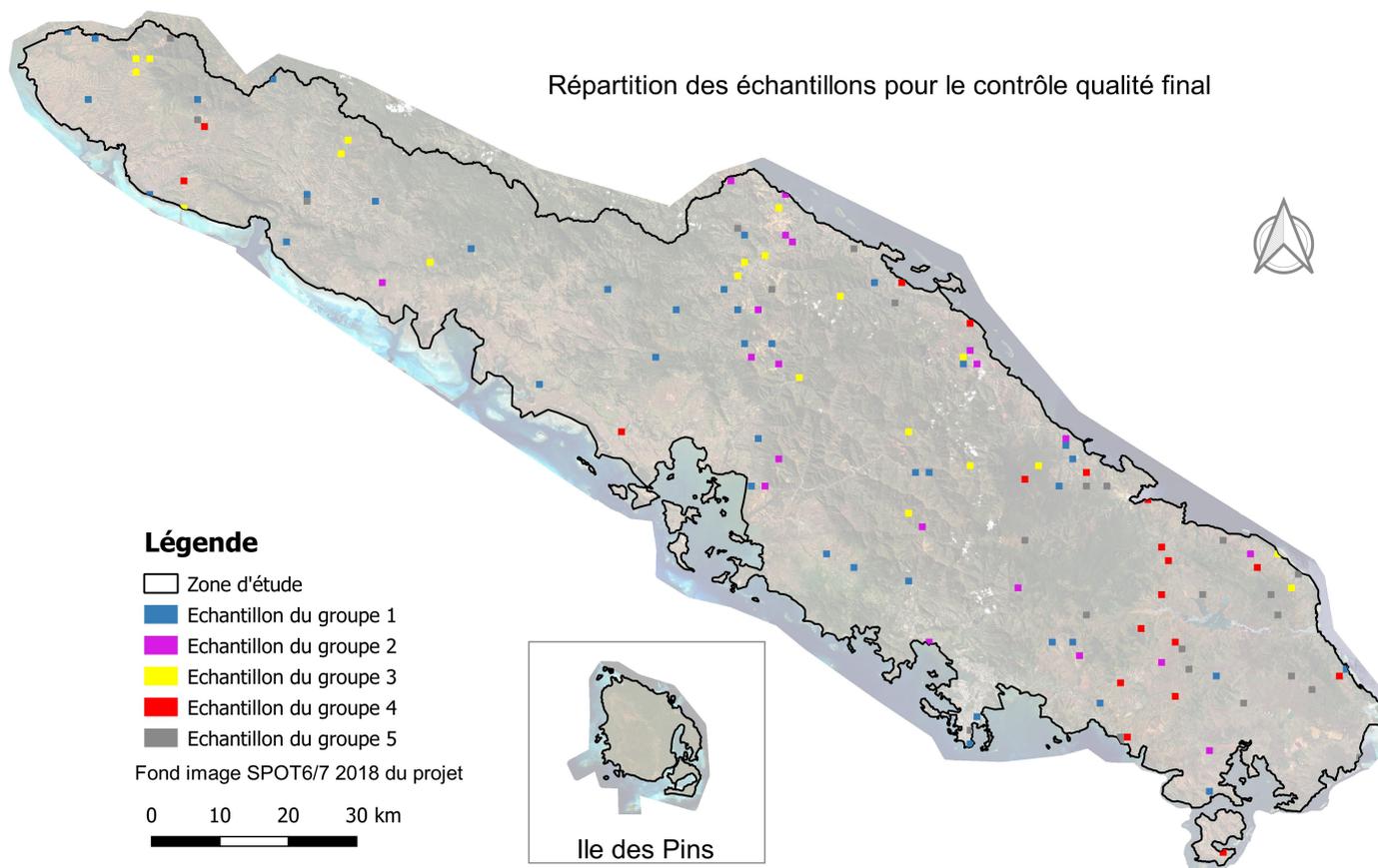


Figure 14: Carte des 125 secteurs échantillonnés pour le contrôle N3-CQ3 de la classification N3_20200603.

Tableau 15 : Caractéristiques de l'échantillonnage N3-CQ3 par groupe de classes pour la classification N3_20200603.

| Groupe | Nombre de secteurs échantillonnés | Superficie couverte par les secteurs | Pourcentage de la zone d'étude couvert | Superficie des pixels du groupe | Pourcentage des classes échantillonnées |
|--------|-----------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------|---|
| 1 | 40 | 37,73 km ² | 0,52 % | 1,09 km ² | 0,99 % des classes du groupe entier |
| 2 | 20 | 19,43 km ² | 0,27 % | 0,63 km ² | 1,35 % des classes du groupe entier |
| 3 | 20 | 19,17 km ² | 0,27 % | 0,33 km ² | 1,16 % des sédiments et fonds de vallées indifférenciés |
| 4 | 20 | 18,26 km ² | 0,25 % | 0,65 km ² | 1,10 % du groupe entier |
| 5 | 25 | 23,36 km ² | 0,32 % | 1,58 km ² | 2,05 % des zones brûlées et cuirasses nues |
| Total | 125 | 117,95 km ² | 1,63 % | 4,28 km ² | |

Tableau 16 : Répartition et représentativité du contrôle N3-CQ3 au sein des échantillons de la classification entière N3_20200603. Valeurs en pourcentage de chaque classe thématique.

En bleu les classes du groupe thématique, en jaune les suppléments, en gris les thèmes non examinés.

| Classe thématique | Groupe 1 Aménagements hors activité extractive | Groupe 2 Aménagements liés à l'activité extractive | Groupe 3 Fonds de vallées et eaux littorales | Groupe 4 Formes d'érosion | Groupe 5 Autres surfaces dénudées | Pourcentage de la classe contrôlée | Superficie de pixels contrôlés en entrée |
|------------------------------------|---|---|---|---|--------------------------------------|------------------------------------|--|
| Nodata | | | | | | | |
| Nuage | | | | | | | |
| Ombre | | | | | | | |
| Autre | | | | | | | |
| Eau dynamique | | | 0,14 % | | | 0,13 % | 0,14 km ² |
| Eau statique | | | 0,01 % | | | 0,02 % | 0,01 km ² |
| Aménagement indifférencié | 0,67 % | | | | | 0,67 % | 0,26 km ² |
| Carrière / Chantier / Verse | | 1,21 % | | | | 1,21 % | 0,53 km ² |
| Bâti / Surface imperméabilisée | 1,74 % | | | | | 1,74 % | 0,54 km ² |
| Piste | 0,72 % | | | | | 0,72 % | 0,29 km ² |
| Décharge non contrôlée / Arasement | | 3,07 % | | | | 3,07 % | 0,11 km ² |
| Sol nu indifférencié | 0,66 % | 0,42 % | | 0,64 % | 0,38 % | 2,10 % | 5,76 km ² |
| Sol peu végétalisé | | | | | | | |
| Surface significativement brûlée | | | | | 2,87 % | 2,87 % | 0,42 km ² |
| Zone de ravinement | | | | 1,15 % | | 1,15 % | 0,64 km ² |
| Ravine | | 1,05 % | | 0,13 % | | 1,18 % | 0,02 km ² |
| Sédiments et colluvions | | | 1,27 % | | | 1,27 % | 0,18 km ² |
| Fond de vallée indifférencié | | 0,48 % | 0,46 % | | | 0,94 % | 0,02 km ² |
| Mouvement de terrain / Éboulis | 0,78 % | 0,74 % | | 0,50 % | | 2,01 % | 0,01 km ² |
| Falaise / escarpement | 2,96 % | | | Aucun pixel dans l'échantillon groupe 4 | | 2,96 % | 0,01 km ² |
| Cuirasse nue | | | | | 1,03 % | 1,03 % | 0,12 km ² |
| | | | | | | TOTAL | 9,04 km ² |

Dans le cas de classes statistiquement très hétérogènes au sein d'un groupe à l'échelle de la zone d'étude, seules les classes jugées prioritaires ont servi à établir l'échantillon. En effet, une classe peut présenter un nombre très important de pixels devant les autres classes de son groupe, conduisant à un échantillonnage médiocre des classes peu représentées si l'échantillon est pris sur le pourcentage total du groupe. C'est par exemple le cas des eaux statiques et dynamiques qui représentent 89,64 % du groupe 3 à l'échelle de la zone d'étude, contre seulement 8,91 % pour les sédiments et colluvions et 1,45 % pour les fonds de vallée indifférenciés. Ces deux dernières classes ont été considérées comme prioritaires devant les eaux au regard des objectifs du projet. Le second cas concerne les sols nus indifférenciés qui représentent 91,29 % du groupe 5, devant 4,84 % pour les surfaces significativement brûlées et 3,88 % pour les cuirasses nues ; ces deux dernières classes ont été considérées comme prioritaires devant les sols nus indifférenciés.

Les deux classes concernant les eaux, qui ne sont pas sur sol nu, ont été contrôlées malgré tout à la fois dans la phase intermédiaire N3-CQ2 et ici en N3-CQ3 sur l'échantillon du groupe 3. Les résultats sont présentés ensemble pour être plus représentatifs, ces classes ayant peu été retravaillées par INSIGHT avant la production de la classification entière.

Dans le tableau 16, les classes prises en référence pour établir l'échantillon du groupe sont indiquées dans la colonne des pourcentages. Plusieurs suppléments de contrôle sont venus compléter l'examen pour la classe « Fond de vallée indifférencié » du groupe 3 et les classes « Falaise / Escarpement », « Mouvement de terrain et éboulis » et « Ravine » du groupe 4, qui ont été considérées comme prioritaires aussi dans le cadre de ce projet (voir tableau 16, cases en jaune). La classe « Sol nu indifférencié », qui n'a pas été spécifiquement examinée lors du contrôle N3-CQ2 intermédiaire, a elle aussi fait l'objet d'un supplément pour atteindre environ 2 % de la classe.

Au total en fin de processus de contrôle N3-CQ3, 9,45 km² de pixels ont réellement fait l'objet d'un contrôle, les 0,41 km² supplémentaires représentant le total des pixels classés par erreur dans les classes non contrôlées, pour l'ensemble des classes examinées.

Pour les calculs statistiques en fin de processus de contrôle, seuls les pixels de chaque groupe de secteurs qui ont fait l'objet d'un contrôle ont été considérés, à la fois dans l'échantillon original et dans l'échantillon modifié pour référence par la cartographie des pixels mal classés. Ainsi, dans les deux rasters comparés, seuls les pixels pertinents sont pris en compte. Cela garantit que les statistiques obtenues sont représentatives du contenu contrôlé, exclusivement.

F.2.2. Règles de contrôle

Règles générales de contrôle :

- les formes déjà classifiées font l'objet du contrôle ;
- seules les formes manquantes de taille significative sont signalées (> UMC 2 500 m², sauf pour les mouvements de terrain).

Le tableau 17 récapitule la signification de la valeur des pixels dans la classification originale et dans le raster après contrôle qualité. Un code de pixel mal classé indique dans quelle classe il devrait se trouver.

Particularités de certaines classes :

La classification impose une largeur par défaut pour la voirie (routes, pistes), celle-ci n'a pas été remise en cause sauf écart significatif à l'observation sur l'image 2018. Dans le cas d'un tronçon de piste classé comme tel mais impossible à distinguer sur l'image de 2018, celui-ci a été considéré comme valide sauf si la végétation s'y est significativement réinstallée, pour prendre en compte l'exploitation des données au-delà des capacités de photo-interprétation de l'œil humain. Les tronçons sous canopée ou dans l'ombre et classés en piste sont considérés valides sauf exception.

Tableau 17 : Codage des pixels dans la donnée N3_20200603 originale et après contrôle N3-CQ3.
 (non examiné en gris).

| Classe N3 | Code N3 INSIGHT | Code N3-CQ3 si bien classé | Code N3-CQ3 si mal classé |
|------------------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Ombre | 2 | 2 | 29 |
| Autre | 3 | 3 | 39 |
| Eau dynamique | 41 | 41 | 429 |
| Eau statique | 42 | 42 | 419 |
| Aménagement indifférencié | 50 | 50 | 509 |
| Carrière / Chantier / Verse | 51 | 51 | 519 |
| Bâti / Surface imperméabilisée | 52 | 52 | 529 |
| Piste | 53 | 53 | 539 |
| Décharge non contrôlée / Arasement | 54 | 54 | 549 |
| Sol nu indifférencié | 60 | 60 | 609 |
| Sol peu végétalisé | 61 | 61 | 619 |
| Surface significativement brûlée | 62 | 62 | 629 |
| Zone de ravinement | 63 | 63 | 639 |
| Ravine | 64 | 64 | 649 |
| Sédiments et colluvions | 65 | 65 | 659 |
| Fond de vallée indifférencié | 66 | 66 | 669 |
| Mouvement de terrain / Éboulis | 67 | 67 | 679 |
| Falaise / escarpement | 68 | 68 | 689 |
| Cuirasse nue | 69 | 69 | 699 |

F.3. Résultats du contrôle quantitatif N3-CQ3 de N3_20200603

Rappel :

- Certains sols nus à très forte réflectance dans tous les canaux de l'image ne sont pas classés en sol nu, c'est un défaut mineur hérité de la classification N1 (voir C) qui peut impacter la forme des petits objets et les bordures de formes de la classification N3. On les retrouve généralement classés en « Sol peu végétalisé » ou « Autre » dans la classification N3.
- D'une manière générale, le niveau de classification N3 hérite des défauts du N1 et d'une partie du N2. Il se traduit aussi par une forte augmentation du nombre de classes : cela conduit donc à potentiellement réduire la qualité de certaines classes sur sol nu.

Les remarques qui suivent concernent les groupes de classes dans leur échantillon dédié ainsi que dans les suppléments éventuels dont ils ont pu faire l'objet. Une couche vectorielle ponctuelle propose quelques exemples non exhaustifs pour illustrer ces remarques. Le texte y fait appel par l'intermédiaire de la valeur attributive « Id » du point considéré. Une seconde couche a été transmise à INSIGHT, qui pointe plus en détail des erreurs de classification ou des éléments de compréhension de ces dernières, sans aucune prétention d'exhaustivité cependant.

Groupe 1 : aménagements hors activité extractive

- **Dans l'ensemble, les éléments de ce groupe sont bien classés ;**
- Les pistes et certains aménagements indifférenciés sur sol peu végétalisé sont systématiquement classées en « Sol nu indifférencié » (id 11) ;
- Quelques confusions relevées entre la classe « Aménagement indifférencié » et des aménagements miniers (id 1 et alentours) ou du ravinement (id 2 et alentours).

Groupe 2 : aménagements liés à l'activité extractive

- **Dans l'ensemble, les éléments de ce groupe sont bien classés ;**
- Une mine classée en « Aménagement indifférencié » (id 7), avec aussi une forme de décharge incorrecte, ce qui a une incidence sur les résultats statistiques.

Groupe 3 : fonds de vallées

- **L'eau dynamique est bien classée dans l'ensemble ;**
- **Généralement, les sédiments sont assez bien classés ;**
- Les sédiments sont parfois confondus avec des fonds de vallées indifférenciés, réduisant statistiquement les performances de cette dernière classe ;
- Cas des sédiments lacustres et littoraux : seuls les sédiments d'embouchure récents (terrigènes) ont été considérés comme attendus dans la classe « Sédiments et colluvions » (id 14) ;
- Sédiments confondus avec « Eau dynamique » pour un tronçon de cours d'eau (id 9), impactant les statistiques ;
- Le peu de pixels « Eau statique » de l'échantillon semble résulter d'un défaut nouveau : ils ne sont pas attendus dans cette classe et n'étaient pas présents dans la version N3_20200516 intermédiaire. Par ailleurs un bassin étendu et en eau est classé en sol nu. L'impact statistique sur cette classe très peu représentée dans l'échantillon est maximal.

Groupe 4 : formes d'érosion

- **Dans l'ensemble, les éléments de ce groupe sont plutôt bien classés ;**
- Quelques zones de ravinement non classifiées (id 15) ;
- Sur quelques formes, confusion entre aménagement indifférencié et ravinement (alentours des id 2 et 13) ;
- Une confusion de falaise avec du ravinement (id 3), le contrôle quantitatif a porté sur le seul objet échantillonné, ce qui a un impact maximal sur les statistiques.

Groupe 5 : autres surfaces dénudées

- Il semble que **les sols nus indifférenciés contiennent de manière systématique les pixels qui devraient être classés en « Sol peu végétalisé »**, ces pixels n'ont pas pu être cartographiés du fait de la difficulté à discriminer sol nu et sol peu végétalisé en photo-interprétation, sauf cas particulier où cela était possible et rendu nécessaire par une confusion thématique ;
- Parmi les pixels classés en « **Cuirasse nue** », **un certain nombre de formes sont inexactes** et empiètent sur différentes classes comme les sols nus indifférenciés bien sûr (secteur id 16), mais aussi des aménagements divers ou des sols nus littoraux ou l'eau (id 4, 6, 17), ou encore des sols peu végétalisés ou des surfaces brûlées (id 20, peu étonnant). Les surfaces riches en fer autres que des cuirasses n'ont pas été comptabilisées en erreur tant que leur réponse sur les images reste proche de celle de la cuirasse ;
- Quelques confusions de « Sol nu indifférencié » avec des couvertures végétales faiblement actives (id 19). Une confusion avec un bassin en eau statique (id 21), qui impacte les statistiques de cette classe.

Autres remarques :

- Un défaut normalement solutionné dans les précédentes versions est réapparu dans les ombres ;
- Les petits défauts n'ayant pas d'impact statistique important (inférieurs à l'UMC) ne sont pas mentionnés ici mais ont fait l'objet d'un retour détaillé à INSIGHT.

F.3.1. Résultats statistiques du contrôle quantitatif N3-CQ3 de N3_20200603

Une matrice de confusion a été calculée à l'issue de ce dernier contrôle quantitatif, sur la base des pixels échantillonnés dans les classes contrôlées (tableau 18). Elle permet de distinguer le détail des pixels bien classés (en vert) des autres.

Tableau 18: Matrice de confusion à l'issue du contrôle quantitatif de la classification entière N3_20200603.
 Signification des codes de classe dans le tableau 17.

| Référence | Classification N3_20200603 | | | | | | | | | | | | | | | | Total | |
|-----------|----------------------------|--------|-------|---------|---------|---------|---------|--------|-----------|---------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-----------|
| | Autres classes | 41 | 42 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 60 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | | 69 |
| 29 | 0 | 173 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 941 | 0 | 1 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 646 |
| 39 | 0 | 0 | 11 | 0 | 471 | 0 | 366 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 902 | 1 750 |
| 41 | 0 | 58 330 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58 330 |
| 429 | 1 292 | 0 | 1 601 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 419 | 0 | 0 | 0 | 1 632 | 0 | 0 | 0 | 47 | 14 017 |
| 42 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 419 | 495 | 0 | 0 | 675 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 277 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 447 |
| 50 | 0 | 0 | 0 | 77 770 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 770 |
| 509 | 797 | 0 | 0 | 0 | 93 | 5 129 | 421 | 358 | 12 072 | 439 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 850 | 21 258 |
| 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 225 745 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 225 745 |
| 519 | 73 470 | 0 | 0 | 11 824 | 0 | 0 | 212 | 2 632 | 4 446 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 584 |
| 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 235 883 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 235 883 |
| 529 | 8 436 | 0 | 0 | 6 780 | 0 | 0 | 137 | 0 | 2 072 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 425 |
| 53 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 125 561 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 125 591 |
| 539 | 2 434 | 0 | 0 | 149 | 762 | 598 | 0 | 0 | 1 268 | 106 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 511 | 5 828 |
| 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 345 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 345 |
| 549 | 10 336 | 0 | 0 | 1 927 | 5 246 | 0 | 0 | 0 | 2 132 | 0 | 0 | 496 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 137 |
| 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 309 556 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 309 556 |
| 609 | 60 126 | 1 115 | 535 | 3 167 | 0 | 0 | 809 | 6 456 | 0 | 0 | 2 697 | 0 | 0 | 420 | 0 | 0 | 9 972 | 85 297 |
| 619 | 1 134 | 95 | 105 | 202 | 341 | 0 | 84 | 51 | 51 215 | 0 | 511 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 103 | 54 841 |
| 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 184 700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 184 700 |
| 629 | 7 876 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 161 | 0 | 0 | 0 | 248 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 285 |
| 63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 279 091 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 279 091 |
| 639 | 6 624 | 0 | 0 | 11 098 | 726 | 0 | 227 | 11 067 | 65 173 | 0 | 0 | 941 | 0 | 0 | 773 | 2 808 | 159 | 99 596 |
| 64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 094 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 094 |
| 649 | 407 | 0 | 0 | 0 | 297 | 0 | 13 | 720 | 12 | 0 | 519 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 968 |
| 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 73 704 | 0 | 0 | 0 | 0 | 73 704 |
| 659 | 2 943 | 1 440 | 59 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 874 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 417 | 0 | 0 | 0 | 101 744 |
| 66 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 464 | 0 | 0 | 0 | 7 464 |
| 669 | 2 510 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 | 0 | 0 | 0 | 2 576 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 629 |
| 67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 098 | 0 | 0 | 5 098 |
| 679 | 636 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 984 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 620 |
| 69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 648 | 25 648 |
| 699 | 2 816 | 0 | 0 | 1 346 | 148 | 0 | 0 | 0 | 976 | 306 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 592 |
| Total | 182 362 | 61 653 | 2 352 | 114 983 | 233 829 | 241 610 | 127 830 | 47 605 | 2 557 951 | 185 245 | 284 417 | 10 531 | 78 160 | 9 301 | 5 871 | 2 808 | 53 184 | 4 199 692 |

Les pixels mal classés confondus avec d'autres classes que celles contrôlées correspondent au défaut mineur hérité de la classification N1 qui affecte certains pixels non classés en sol nu ou peu végétalisé (très forte réflectance dans tous les canaux de l'image) qui ne sont pas classés en sol nu au N3. On retrouve sans surprise toutes les classes de sol nu ou peu végétalisé N1 contrôlées au N3 qui sont concernées. Cela affecte environ 4,5 % des pixels échantillonnés toutes classes confondues, ce sont des pixels non comptabilisés dans l'échantillon de départ.

Le tableau 19 présente la qualité de la classification N3_20200603, en considérant les pixels qui font l'objet d'une confusion avec les autres classes contrôlées. Le tableau 20 détaille quant à lui la qualité de la classification N3_20200603 en prenant en compte seulement les classes d'erreurs cartographiées. Ce dernier tableau intègre donc pour chaque classe les pixels qui ont été considérés manquants, y compris au sein de thèmes non considérés dans le contrôle. Il s'agit d'un complément d'information sur les résultats obtenus.

Tableau 19: Qualité de classement des pixels contrôlés dans la classification N3_20200603, par classe d'origine (précision utilisateur).

| Classe | | Pixels dans l'échantillon original | Nombre de pixels bien classés | Nombre de pixels mal classés | % pixels mal classés | % pixels bien classés |
|----------------------------------|----|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Aménagement indifférencié | 50 | 114 983 | 77 770 | 37 213 | 32,36 | 67,64 |
| Carrière/Chantier/Verse | 51 | 233 829 | 225 745 | 8 084 | 3,46 | 96,54 |
| Bâti/Surface imperméabilisée | 52 | 241 610 | 235 883 | 5 727 | 2,37 | 97,63 |
| Piste | 53 | 127 830 | 125 561 | 2 269 | 1,78 | 98,22 |
| Décharge/Arasement | 54 | 47 605 | 25 345 | 22 260 | 46,76 | 53,24 |
| Sol nu indifférencié | 60 | 2 557 951 | 2 309 556 | 248 395 | 9,71 | 90,29 |
| Surface significativement brûlée | 62 | 185 245 | 184 700 | 545 | 0,29 | 99,71 |
| Zone de ravinement | 63 | 284 417 | 279 091 | 5 326 | 1,87 | 98,13 |
| Ravine | 64 | 10 531 | 9 094 | 1 437 | 13,65 | 86,35 |
| Sédiments et colluvions | 65 | 78 160 | 73 704 | 4 456 | 5,70 | 94,30 |
| Fond de vallée indifférencié | 66 | 9 301 | 7 464 | 1 837 | 19,75 | 80,25 |
| Mouvement de terrain | 67 | 5 871 | 5 098 | 773 | 13,17 | 86,83 |
| Cuirasse | 69 | 53 184 | 25 648 | 27 536 | 51,77 | 48,23 |
| Total | | 3 950 517 | 3 584 659 | 365 858 | 9,26 | 90,74 |

Dans l'ensemble, le **taux de fiabilité général de la classification dépasse l'objectif de 85 % requis** (tableaux 19 et 20). Dans le détail du tableau 19, 9 classes sur 13 donnent des résultats supérieurs au taux de fiabilité requis (en jaune).

Tableau 20: Qualité de classement des pixels contrôlés dans la classification N3_20200603, par classe d'erreur.

| Classe d'erreur | | Pixels dans l'échantillon original | Nombre de pixels mal classés | % pixels mal classés | % pixels bien classés |
|----------------------------------|-----|------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| Aménagement indifférencié | 509 | 114 983 | 21 258 | 18,49 | 81,51 |
| Carrière/Chantier/Verse | 519 | 233 829 | 92 584 | 39,59 | 60,41 |
| Bâti/Surface imperméabilisée | 529 | 241 610 | 17 425 | 7,21 | 92,79 |
| Piste | 539 | 127 830 | 5 828 | 4,56 | 95,44 |
| Décharge/Arasement | 549 | 47 605 | 20 137 | 42,30 | 57,70 |
| Sol nu indifférencié | 609 | 2 557 951 | 85 297 | 3,33 | 96,67 |
| Surface significativement brûlée | 629 | 185 245 | 10 285 | 5,55 | 94,45 |
| Zone de ravinement | 639 | 284 417 | 99 596 | 35,02 | 64,98 |
| Ravine | 649 | 10 531 | 1 968 | 18,69 | 81,31 |
| Sédiments et colluvions | 659 | 78 160 | 101 744 | <i>mal classés > échantillon</i> | |
| Fond de vallée indifférencié | 669 | 9 301 | 5 629 | 60,52 | 39,93 |
| Mouvement de terrain | 679 | 5 871 | 1 620 | 27,59 | 72,41 |
| Cuirasse | 699 | 53 184 | 5 592 | 10,51 | 89,49 |
| Total | | 3 950 517 | 468 963 | 11,87 | 88,13 |

La classe « Falaise/Escarpement » est à considérer à part du fait qu'elle est peu étendue et qu'un seul objet a été échantillonné et contrôlé quantitativement. L'ensemble de la classe a par ailleurs été parcouru en contrôle qualitatif pour proposer un retour plus représentatif. Les grands escarpements hors d'ombre sont bien classés, peu ne le sont pas. Les autres zones escarpées hors d'ombre et non végétalisées sont la plupart de faible extension et sont logiquement classées en sol nu indifférencié. L'extension des escarpements littoraux de l'île des Pins est un peu surestimée. Les zones où des escarpements et falaises bien marqués sont connus en province Sud ne sont pas souvent classées comme telles car les pixels concernés sont soit dans l'ombre, soit identifiés sous végétation (« Sol nu peu végétalisé » ou « Autre »).

La classe qui présente le plus grand nombre de pixels mal classés est sans surprise « **Sol nu indifférencié** » puisque les classes N3 contrôlées sont toutes des surfaces dénudées, à part les eaux. Cela conduit par conséquent à des confusions potentielles avec toutes ces autres classes. Environ 9 % sont mal classés, ce qui est **satisfaisant devant l'objectif de fiabilité requis**. C'est dans le détail des autres classes de sols nus que des hétérogénéités apparaissent. Dans les observations qui suivent, la **confusion avec « Sol nu indifférencié », qui concerne l'essentiel des erreurs pour toutes les classes**, ne sera pas rappelée. Celle-ci correspond à une part de la sous-détection des autres classes sur sol nu.

Dans les fonds de vallées, une partie des pixels classés en « Sédiments et colluvions » correspond à des formes dans lesquelles le caractère sédimentaire n'est pas évident sur les images de 2018. Ceux-ci sont donc attendus dans la classe « Fond de vallée indifférencié », dont la qualité est affectée. Les sédiments sous-classés concernent principalement des zones d'embouchure.

Hormis la sous-détection de la classe « Carrière/Chantier/Verse » parmi les sols nus, cette classe souffre du fait que certaines formes sont restées dans la classe « Aménagement indifférencié » (tableau 20). C'est aussi le cas pour la classe « Décharge/Arasement », ce qui conduit pour ces 3 classes à des résultats mitigés. La classe « Aménagement indifférencié » présente quant à elle un défaut supplémentaire : elle contient parfois des zones de ravinement étendues, erreur potentiellement issue de l'utilisation de données exogènes pour identifier les zones aménagées (N2). Les ravinements sous-classés au sein des décharges réduisent aussi la performance de la classe « Décharge/Arasement », peu représentée en termes de superficie.

Les mouvements de terrain dont les surfaces à nu ne concernent pas d'autres classes sont relativement bien identifiés, de même que les ravines. Les performances de ces classes peu représentées sont affectées par des erreurs limitées sur quelques formes.

Les défauts qui affectent les classes « Eau statique » et « Eau dynamique » sont principalement dus à des micro-défauts liés au processus de classification automatique d'une part et d'autre part à la difficulté à déterminer avec précision la limite eau-sol nu en contexte de fond de vallée. L'erreur de classement d'une forme étendue (tronçon de cours d'eau) impacte ici aussi ces résultats pour l'eau courante (dynamique). Quant à l'eau statique, elle représente la grande majorité des micro-défauts et il y a dans l'échantillon contrôlé en N3-CQ3 plus de pixels issus d'autres classes que de pixels dans l'échantillon, ce qui rend impossibles les calculs des tableaux 19 et 20. Ces deux classes étant trop sous-échantillonnées ici, l'ensemble des résultats statistiques N3 les concernant ont été rassemblés dans le tableau 21. La qualité de la classe « Eau dynamique » est satisfaisante et celle de « Eau statique », meilleure en N3-CQ2, voit sa qualité amoindrie par le défaut apparu dans la version N3_20200603 toutes classes.

Tableau 21: Qualité d'ensemble des classes « Eau dynamique » et « Eau statique » dans les versions N3_20200516 (N3-CQ2) et N3_20200603 (N3-CQ3) de la classification de niveau 3.

| Classe | | Nombre de pixels | % de la classe à contrôler | % total de pixels en erreur | % pixels bien classés |
|---------------|------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Eau dynamique | Pixels OK | 346 137 | 96,00 | 7,80 | 92,20 |
| | Pixels manquants | 24 689 | 6,85 | | |
| | Pixels en trop | 3 433 | 0,95 | | |
| Eau statique | Pixels OK | 83 539 | 94,73 | 20,14 | 79,86 |
| | Pixels manquants | 15 420 | 17,49 | | |
| | Pixels en trop | 2 343 | 2,66 | | |

Les classes « **Bâti/Surface imperméabilisée** », « **Piste** », « **Surface significativement brûlée** » **présentent dans l'ensemble une qualité satisfaisante** au regard de l'objectif de 85 %, qui est dépassé.

Pour finir, la classe « Cuirasse nue » est peu satisfaisante, avec des confusions parfois curieuses. Il avait été signalé dès le début du projet que ce thème est difficile à détecter, ce qui est confirmé par les résultats.

F.3.2. Améliorations post-contrôle

Quelques pistes d'améliorations ont été proposées à INSIGHT, dont certaines ont été rapidement mises en œuvre à l'issue de ce contrôle final :

- classe « sol peu végétalisé » incomplète : OK dès la version raster corrigée du 14/06/2020 ;
- le défaut dans les ombres a aussi été résolu dès la version raster du 14/06/2020 ;
- une partie du défaut lié aux eaux statiques a été résolu dès la version raster du 14/06/2020 ;
- la cuirasse n'est pas prioritaire ; elle ne doit pas empiéter sur les autres classes qui sont toutes prioritaires devant la cuirasse, sauf le sol nu indifférencié dans lequel cette cuirasse est potentiellement détectée : semble résolu pour partie dans la version du 15/06/2020.

Les modifications suivantes pourraient aussi améliorer la qualité des classes concernées :

- aménagement indifférenciés :
 - au sein ou en bordure des mines, ils n'ont pas lieu d'être sauf bien sûr s'ils ne sont pas liés à l'activité extractive de manière certaine, ce sont des aménagements miniers à classer en « Carrière/Chantier/Verse » ;
 - leur confusion avec les zones de ravinement pourrait être réduite dans les secteurs les plus touchés ;
- le traitement du défaut persistant des eaux statiques permettrait à cette classe de retrouver les performances satisfaisantes qu'elle présentait lors du contrôle intermédiaire N3-CQ2 ;
- les fonds de vallée indifférenciés pourraient être complétés à partir de la classe des sédiments ;
- s'il existe une donnée pertinente sur la répartition des cuirasses, la qualité de cette classe pourrait être améliorée.

En résumé

Au-delà d'un contrôle qualitatif systématique lors du développement méthodologique et pour de nombreuses versions N1, N2 et N3, le contrôle quantitatif a couvert, comme attendu dans le cahier des charges, plus de 145 km² soit au moins 2 % de la zone d'étude pour les 3 niveaux de classification des images de 2018. Les secteurs échantillonnés tout au long du processus de contrôle quantitatif sont récapitulés dans la carte de la figure 22 et le tableau 23 en synthétise les principales caractéristiques.

La qualité globale de la classification des sols nus dans les échantillons est satisfaisante pour les trois niveaux N1, N2 et N3 devant les attendus du cahier des charges.

Résultats pour la classification N1

La classification de niveau 1 à 100 m² a fait l'objet d'un contrôle quantitatif car c'est ce niveau de classification qui a servi de base à la production des autres niveaux.

Dans la version contrôlée, la majorité des sols nus sont bien détectés (environ 97,5%).

Les défauts soulignés lors de ce contrôle ont été ensuite retravaillés par INSIGHT. Une amélioration notable a été observée dans le contrôle qualitatif du N1 à 2 500 m² ayant servi à produire le N2 à 2 500 m² : amélioration des ombres, diminution des erreurs de classification des sols nus ou peu végétalisés.

Au vu des contrôles réalisés à l'UMC de 100 m², il est considéré que l'objectif attendu de 98 % de détection des possibles formes d'érosion (sols nus) est atteint au N1, à l'UMC de 2 500 m² et à l'échelle 1/5 000.

Résultats pour la classification N2

La classification de niveau 2 à 2 500 m² a fait l'objet d'un contrôle en plusieurs étapes qui a permis une amélioration continue de la qualité du produit.

Une première phase de contrôle quantitatif a couvert 65 km², soit environ 1 % de la zone d'étude. Le second contrôle quantitatif a été réalisé sur le 1 % restant des secteurs d'échantillonnage, après améliorations de la classification par INSIGHT.

Dans la dernière version contrôlée, plus de 90 % des sols nus ou peu végétalisés sont bien détectés, qu'ils soient aménagés ou non. L'objectif de 85 % de fiabilité à atteindre pour la classification de niveau 2 est donc atteint et dépassé à l'échelle 1/5 000 et à l'UMC 2 500 m².

Résultats pour la classification N3

Le niveau 3 de classification des sols nus a lui aussi fait l'objet d'un contrôle en plusieurs étapes :

- Contrôle N3 intermédiaire sur environ 1 % des classes : 5,05 km² de pixels contrôlés, sur 116,5 km² (1,61 %) de la zone d'étude, en plusieurs étapes et par groupe de classes, avec amélioration continue de la qualité du produit (contrôles qualitatifs N3-CQ1 et quantitatifs N3-CQ2) ;
- Contrôle final N3-CQ3 sur environ 1 % à 2 % sur un produit raster toutes classes N3, selon le même procédé que pour le contrôle N3 intermédiaire (9,45 km² de pixels contrôlés, sur 1,63 % de la zone d'étude).

La dernière version N3 contrôlée est dans l'ensemble conforme aux spécifications attendues (plus de 85 % de fiabilité). Dans le détail, 9 classes sont conformes et 4 ne le sont pas (« Cuirasse nue », « Décharge/Arasement », « Aménagement indifférencié », « Fond de vallée indifférencié »). Le contrôle supplémentaire sur « Falaise/Escarpement » laisse à penser que cette classe est assez fiable.

Des améliorations ont été rapidement réalisées par INSIGHT post-contrôle N3-CQ3 et d'autres ont été proposées en complément.

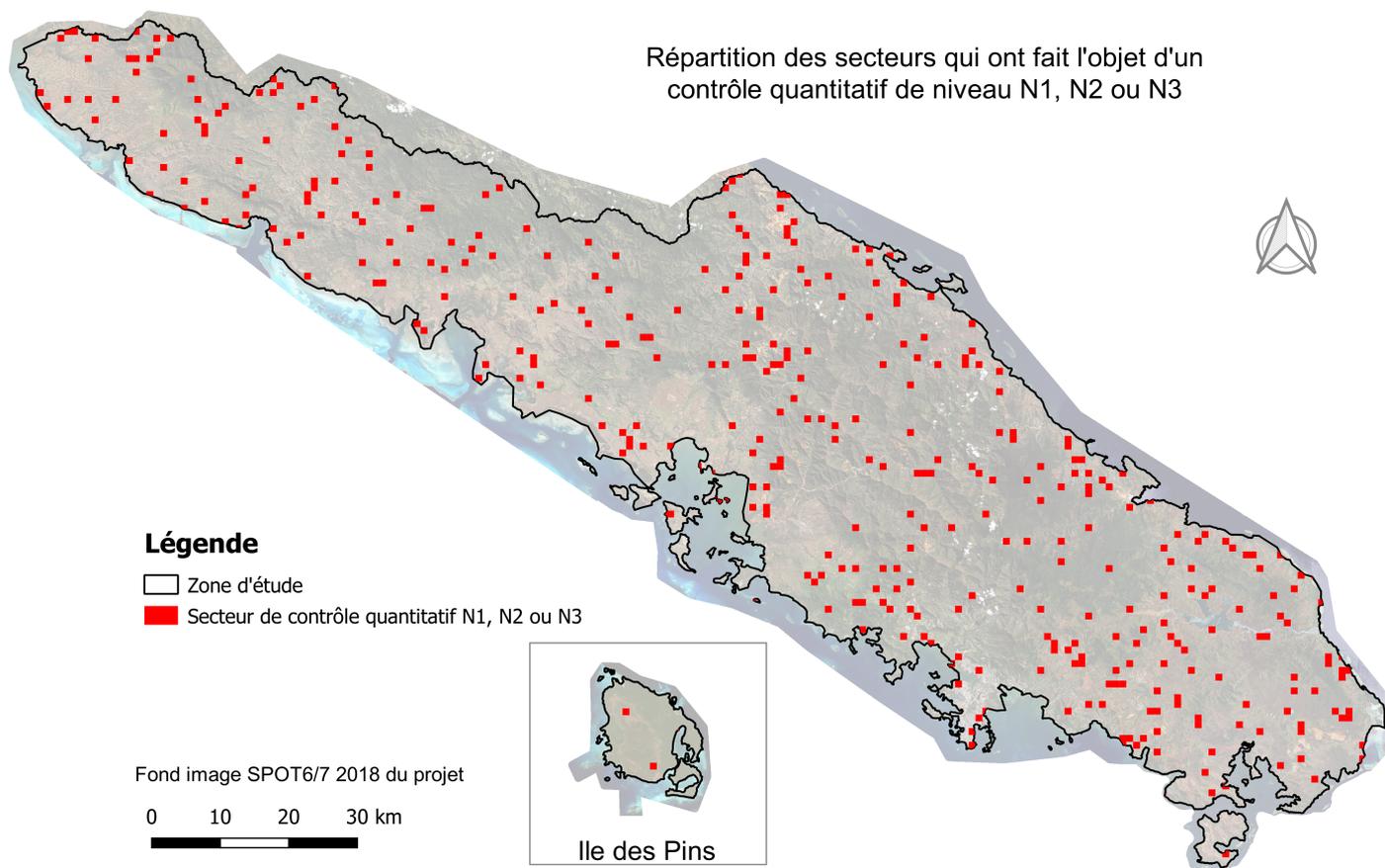


Figure 22: Carte de répartition des secteurs qui ont fait l'objet d'un contrôle quantitatif N1, N2 ou N3.

Tableau 23: Récapitulatif des surfaces contrôlées quantitativement aux niveaux N1, N2 et N3.
 Superficies en km²

| Niveau de classification | Version contrôlée | Nombre de secteurs contrôlés | Superficie de la zone d'étude couverte | % de la zone d'étude couverte | Superficie pixels contrôlés | % classes prioritaires contrôlées | Nombre de classes contrôlées |
|---------------------------|-------------------|------------------------------|--|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| N1 | N1_20191024 | 160 | 145,1 | 2,0 | 145,1 | 2,0 | 5 |
| | Total N1 | 160 | 145,1 | 2,0 | 145,1 | 2,0 | 5 |
| N2 | N2_20191024 | 69 | 65,7 | 0,9 | 65,7 | 0,9 | 6 |
| | N2_20191218 | 91 | 79,4 | 1,1 | 79,4 | 1,1 | 6 |
| | Total N2 | 160 | 145,1 | 2,0 | 145,1 | 2,0 | 6 |
| N3 | N3_20200413 | 19 | 18,7 | 0,3 | 0,7 | 1,1 | 2 |
| | N3_20200505 | 20 | 19,0 | 0,3 | 0,6 | 2,5 | 1 |
| | N3_20200510 | 20 | 18,7 | 0,3 | 1,7 | 3,5 | 2 |
| | N3_20200516 | 23 | 21,8 | 0,3 | 1,1 | 1,5 | 4 |
| | N3_20200519 | 40 | 38,3 | 0,5 | 1,0 | 1,2 | 2 |
| | N3_20200603 | 125 | 118,0 | 1,6 | 9,5 | 1,3 | 16 |
| | Total N3 | 247 | 234,5 | 3,2 | 14,5 | 2,0 | 16 |
| Total tous niveaux | | 567 | 524,7 | 7,3 | 304,7 | 2,0 | |

Au final, chaque niveau de classification a fait l'objet d'un contrôle sur au moins 2 % de la zone d'étude. Cumulés, ces contrôles représentent plus de 7 % de la superficie de la zone d'étude qui a été contrôlé quantitativement au niveau N1, N2 ou N3.