

## Évaluation du potentiel de discrimination du type de recouvrement du sol par l'imagerie aérienne de haute précision en bleuetière

L'imagerie aérienne par aéronef sans pilote (ASP), communément appelés drones, offre de nouvelles opportunités pour le suivi des cultures. Les ASP les plus courants sont de petites tailles, volent à basse altitude et sont équipés de caméras réflex numérique commerciales à trois bandes spectrales, soit le bleu, le vert et le rouge.

La production de bleuets nains s'effectue sur de grandes superficies. La couverture du sol en bleuetière est répartie en zones de végétation denses de bleuétiers, de débris organiques et de sol minéral dénué de végétation. Ce recouvrement est le reflet des phénomènes de gels, de colonisation par les mauvaises herbes, de bris lors de la récolte et de l'application d'herbicide. Le renouvellement fréquent d'images aériennes à résolution élevée apparaît comme un outil potentiel pour la cartographie et le suivi de ces différents phénomènes. À ce titre, les ASP sont tout désignés pour ce type de travail (Lelong et coll., 2008). Dans le cadre de ce projet, le PIXY, un paramoteur radiocommandé développé par l'Institut de recherche pour le développement (IRD) pour la prise d'images à basses altitudes (figure 1), a été utilisé.

L'objectif de cette étude était d'expérimenter l'imagerie prise par un ASP dans un contexte de production de bleuets nains. De façon plus précise, il visait à classifier le type de recouvrement retrouvé en bleuetière, dans les cycles de repos végétatif et en production.



**Figure 1.**  
À gauche, le PIXY, un aéronef radiocommandé développé pour la prise d'images à basse altitude.  
À droite, le montage du réflex numérique commercial sur le PIXY.

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

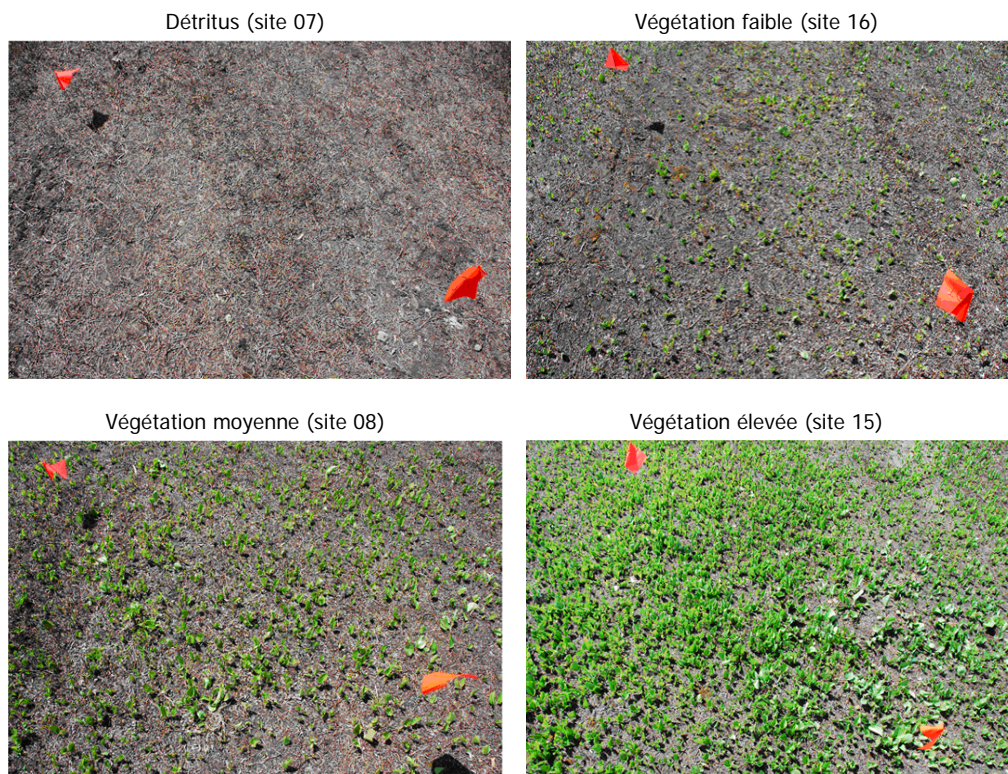
#### **Vérité terrain**

Le type de recouvrement de sol a été évalué par des visites sur le terrain pour quatre parcelles de 60 x 80 mètres, soit deux pour les cycles de repos végétatif et deux en production. Pour chacune des parcelles en végétation et en production, le type de recouvrement a été évalué sur 16 et 26 quadrats de 1 m<sup>2</sup> respectivement. Les paramètres mesurés sont le nombre de tiges de bleuets, le nombre de fleurs, le pourcentage de recouvrement du bleuets, le pourcentage de recouvrement des mauvaises herbes totales et l'espèce principale de mauvaises herbes. Le tableau suivant présente les différents types de recouvrements établis selon la diversité rencontrée lors de la visite sur le terrain.

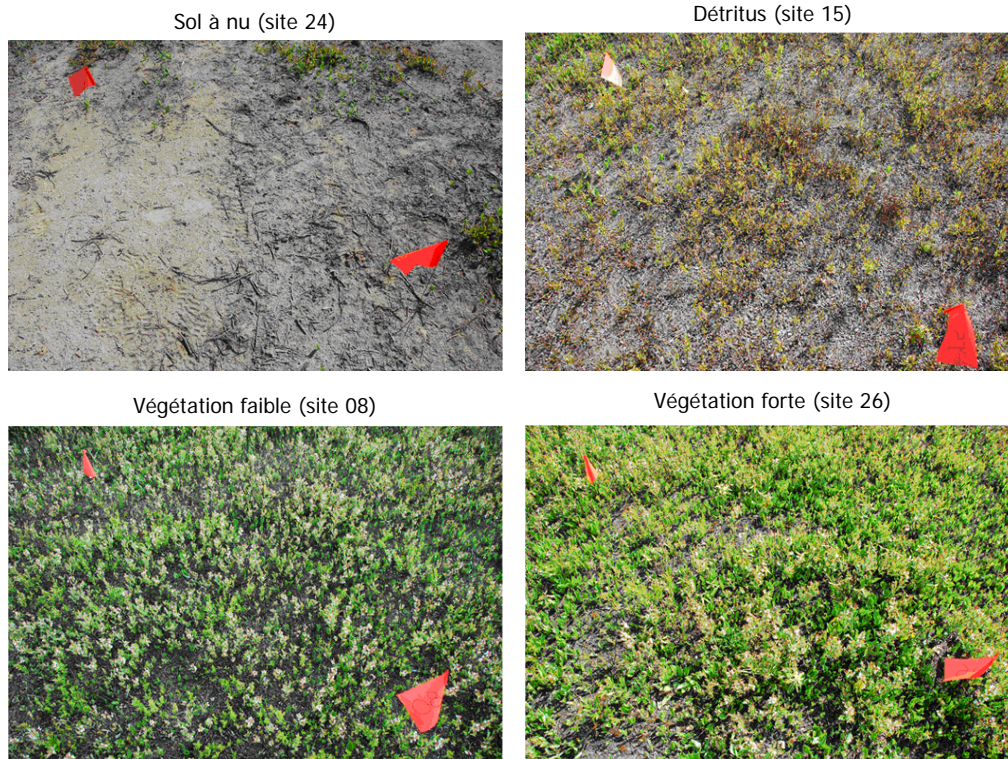
**Tableau 1. Liste des types de recouvrement de sol établis par la vérité terrain**

Type de recouvrement	Description
Sol à nu (SN)	Sol minéral, aucune végétation
Détritus (D)	Matière organique, végétation en décomposition, plant de bleuets sans feuilles, végétation vivante < 20 %
Détritus mixte (DM)	Dominance de détritrus mais moins de 50 % du recouvrement total ou végétation >20 %
Mauvaises herbes et autres (MHA)	Dominance de mauvaises herbes mais moins de 50 % du recouvrement total
Mauvaises herbes (MH)	Mauvaises herbes > 50 %
Bleuets et autres (BA)	Dominance de plants de bleuets, mais moins de 50 % du recouvrement total
Bleuets (B)	Plants de bleuets > 50 %
Fleurs et autres (FA)	Dominance de plants de bleuets mais moins de 50 % du recouvrement total avec un taux élevé de fleurs de bleuets

Les figures 2 et 3 illustrent la diversité de recouvrement de sol retrouvée sur les parcelles.



**Figure 2.**  
Exemple de différents types de recouvrement de sol dans le cycle en végétation.



**Figure 3.**  
**Exemple de différents types de recouvrement de sol dans le cycle en production.**

### Acquisition d'images

L'acquisition d'images s'est fait le 3 juin 2010. Des cibles de coroplastes ont été disposées sur le sol de part et d'autres des parcelles et leur positionnement relevé à l'aide d'un GPS, et ce, afin d'effectuer ultérieurement le géoréférencement des images, soit lors de l'étape du traitement. Les images ont été prises avec une caméra réflex (Nikon D90) avec un objectif Nikkor 10-24 mm fixé à 14 mm (image de type RGB). Cette caméra était fixée au PIXY via un système pendulaire permettant de la garder à la verticale.

### Traitements des images

La sélection des images à traiter a été faite afin de minimiser l'effet de perspective et d'éviter les effets de distorsions en bordure de l'image (déformation en barillet, vignetage, etc.) dans la zone d'intérêt des parcelles évaluées. Le redressement des images s'est fait par points de contrôle au sol.

Ensuite, quatre méthodes de classification dirigée ont été évaluées, soit « Parallelepiped », « Maximum Likelihood », « Minimum Distance » et « Mahalanobis Distance ». La classification a été réalisée avec le logiciel ENVI. Dans un premier temps, la moitié des quadrats a servi à établir les caractéristiques spectrales des différents types de recouvrement (ci-après appelés « sites d'entraînement »). Les quadrats des sites d'entraînement ont été sélectionnés visuellement en fonction de leur représentativité du type de recouvrement de sol. L'autre moitié a permis d'évaluer la fiabilité de la classification dirigée (« site de validation »). Ensuite, les résultats de la classification ont été convertis pour produire une cartographie du recouvrement du sol dans le logiciel ArcGIS v.9.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Vérité terrain

Comme présenté aux figures 2 et 3, il existe une grande diversité dans le recouvrement de sol. Le tableau 2 présente le minimum, le maximum et la moyenne des paramètres mesurés pour l'ensemble des quadrats dans les parcelles en repos végétatif et en production.

**Tableau 2. Paramètres mesurés dans les parcelles en repos végétatif et en production**

Paramètres mesurés	Parcelle en repos végétatif	Parcelle en production
Plants de bleuet (%)	s. o.	0 à 80 % (moy. de 20 %)
Fleurs (unité/m <sup>2</sup> )	s. o.	0 à 180 (moy. de 60 fleurs/m <sup>2</sup> )
Mauvaises herbes	0 à 70 % (moy. de 30 %)	0 à 90 % (moy. de 20 %)

Dans les parcelles en repos végétatif, le recouvrement du sol avec les plants de bleuets possédant des feuilles était très faible, la croissance n'ayant pas encore débutée. Le recouvrement par les mauvaises herbes variait de 0 à 70 % pour une moyenne de 30 %. Parallèlement, les parcelles en production présentaient un recouvrement en plants de bleuets qui variaient de 0 à 80 % avec une moyenne de 20 %. Les fleurs étaient présentes et on dénombrait jusqu'à 180 fleurs par mètre carré avec une moyenne située à 60 fleurs par mètre carré. Les mauvaises herbes recouvraient jusqu'à 90 % des quadrats avec une présence moyenne de 20 %.

### Acquisition d'images

Le PIXY a été maintenu à une altitude de vol de 150 mètres lors de l'acquisition des images. Il a permis de couvrir deux des quatre parcelles à l'étude, soit une parcelle en végétation et une parcelle en production. Le vent a restreint les déplacements lors de la prise d'images. Bien que facilement maniable et de charge utile élevée, le PIXY est très affecté par le vent.

La parcelle en production qui a été survolée n'avait que très peu de fleurs comparativement à celle non survolée. Cela a malheureusement limité la capacité d'analyse des fleurs par classification.

### Traitements des images

Plusieurs images n'ont pas été acquises à la verticale, l'effet du vent et l'oscillation de la caméra en vol ont résulté en la prise de plusieurs images en oblique. Malgré cela, des images peu affectées par ce phénomène ont pu être sélectionnées compte tenu de la cadence d'acquisition élevée (1 Hz). Les images couvrent 170 par 250 mètres au sol avec une résolution de 6,5 cm par pixel. L'identification des cibles sur les images et leurs relevés au GPS ont permis de les géoréférencer.

L'interprétation visuelle permet de reconnaître plusieurs éléments tels que des îlots de mauvaises herbes plus pâles et des îlots de plantes plus élevées comme des fougères (figure 4).



Figure 4.

À gauche, présence de *Comptonia peregrina* en vert pâle.  
À droite, présence de plantes hautes (fougère ou plantes ligneuses) visibles par effet de texture.

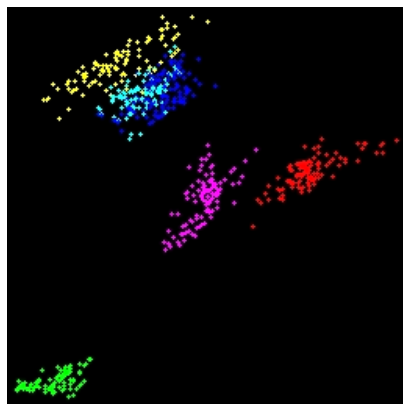
### Parcelle en repos végétatif

Pour la parcelle en repos végétatif, 16 quadrats ont été sélectionnés comme sites d'entraînement. La méthode du «Maximum Likelihood » s'est avérée être la plus efficace pour la classification du recouvrement du sol dans les bleuetières en repos végétatif. Lors de la validation, 58 % des quadrats ont été correctement classifiés. Les erreurs proviennent d'une mauvaise évaluation de la densité de végétation pour des quadrats près des limites entre deux types de recouvrement (quadrats à la limite de 50 % de recouvrement par de la végétation verte). En omettant les erreurs de ce type, 83 % des quadrats ont correctement été classés. Une autre source d'erreur est la présence de mousse brune considérée comme une mauvaise herbe lors de l'interprétation automatisée des pixels par le logiciel.

Une carte de localisation des îlots de mauvaises herbes a été réalisée (voir en annexe), celle-ci pourrait servir pour l'application localisée par des moniteurs d'agriculture de précision. La surface minimum considérée des îlots a été fixée à 10 mètres. Les figures 6, 7 et 8, en annexe, présentent l'image brute, le résultat de la classification et une carte de localisation des îlots de mauvaises herbes. Selon cette cartographie, la densité des mauvaises herbes moyenne et élevée couvre 2 711 mètres carrés pour une surface totale de 6 630 mètres carrés, soit 41 % de la superficie de la parcelle en repos végétatif. L'utilisation de cette information pour des cartes d'épandage nécessite toutefois l'identification préalable des espèces en causes.

### Parcelle en production

Pour la parcelle en production, 26 quadrats ont été sélectionnés comme « sites d'entraînement ». Une première classification automatisée basée sur les sites a été réalisée. L'indice de séparabilité de chaque type de recouvrement a été analysé (figure 5). Les signatures spectrales des différents types de mauvaises herbes et de plants de bleuets sont très près l'une de l'autre. La comptonie, *Comptonia peregrina*, se démarque toutefois par un vert pâle pour les quadrats à forte infestation (figure 4).



*Vert : sol à nu*

*Rouge : détritrus*

*Magenta : détritrus mixte*

*Jaune : m.h. (Comptonia peregrina)*

*Bleu : m.h. (Mayanthemum canadensis)*

*Cyan : Plant de bleuets*

**Figure 5.**  
**Diagramme de l'indice de séparabilité pour six classes.**

Compte tenu de ce chevauchement des signatures spectrales, les recouvrements par la végétation verte ont été regroupés dans une seule catégorie de recouvrement. Lors de la validation, la méthode du « Maximum Likelihood » a été encore la plus précise et 76 % des quadrats ont été classés correctement. La méthode « Parallelepiped » a été la moins fiable avec seulement 52 % de succès.

La classification a permis de discerner facilement le sol nu, les détritrus et différents niveaux de végétation. Cependant, il n'est pas possible de distinguer les espèces végétales. L'utilisation de caméras multispectrales, à plus de trois bandes spectrales, pourrait améliorer la discrimination entre les espèces, les travaux se poursuivront donc en ce sens. Dans le cycle en repos végétatif, l'identification des îlots de mauvaises herbes est rapidement réalisée lorsque le bleuet n'a pas encore ces feuilles. Les espèces sont toutefois difficilement discernables.

En ce qui concerne les autres types de recouvrement, une cartographie de bleuétières une fois par année permettrait de suivre l'évolution de certains phénomènes dont la colonisation du bleuétier en sol nu ou le taux de colonisation par les mauvaises herbes dans la phase de repos végétatif. Il pourrait aussi permettre d'évaluer les superficies détruites par le gel.

## **CONCLUSION**

Ce projet a permis d'évaluer la capacité d'un aéronef radiocommandé, le PIXY, à réaliser des acquisitions d'images aériennes. Les images à haute résolution spatiale ont pu être acquises. Le PIXY possède toutefois certaines limites dont l'utilisateur doit être conscient.

L'interprétation visuelle des images permet d'observer plusieurs éléments et même de discerner l'espèce végétale d'après la texture ou la forme. La classification dirigée, basée uniquement sur les propriétés spectrales d'images rouge, vert et bleu, a permis de classier adéquatement plusieurs type de recouvrement. Cependant, l'information était insuffisante pour discerner les espèces végétales surtout lors du cycle en production. Le traitement des images pourrait être amélioré notamment par l'utilisation de logiciels qui tiennent compte de la texture et de la forme, comme décrit par Laliberté et coll. (2007).

L'imagerie aérienne de haute résolution spatiale permet de discerner plusieurs éléments. Elle ouvre notamment la voie à l'étude plus approfondie de phénomènes importants par un suivi temporel. L'utilisation d'aéronef plus stable et moins affecté par le vent ainsi que le développement de techniques de traitement d'images plus appropriées doivent se poursuivre.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Chabot, D. 2009. *Systematic Evaluation of a Stock Unmanned Aerial Vehicle (UAV) System for Small-Scale Wildlife Survey Applications*. M.Sc., Université McGill, Montréal, 81 pp.

Laliberte, A.S., Winters, C., Rango, A. 2007. *Acquisition, Orthorectification, and Classification of Hyperspatial UAV Imagery*. *Agricultural Research Service, USDA*. En ligne : <http://www.tucson.ars.ag.gov/rise/2007/Posters/19SlaughterPoster.pdf>.

Lelong, C. C. D., Burger, P., Jubelin, G. Roux, B., Labbé, S. 2008. *Assessment of Unmanned Aerial Vehicles Imagery for Quantitative Monitoring of Wheat Crop in Small Plots*. *Sensors*. 8 : 3557-3585.

Prieur, A. 2003. *Obtention et traitements géométriques d'images numériques à très haute résolution*. M.Sc., École supérieure des géomètres et topographes. Conservatoire National des Arts et Métiers, Le Mans, 49 pp.

## **REMERCIEMENTS**



Ce projet a été réalisé grâce à la participation financière de :

## **AUTEURS**

Samuel Morissette<sup>1</sup>  
Pierre-Hughes Tremblay<sup>1</sup>  
Patrick Ménard<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Agrinova

<sup>2</sup> Centre de géomatique du Québec

Et avec la collaboration des partenaires suivants :

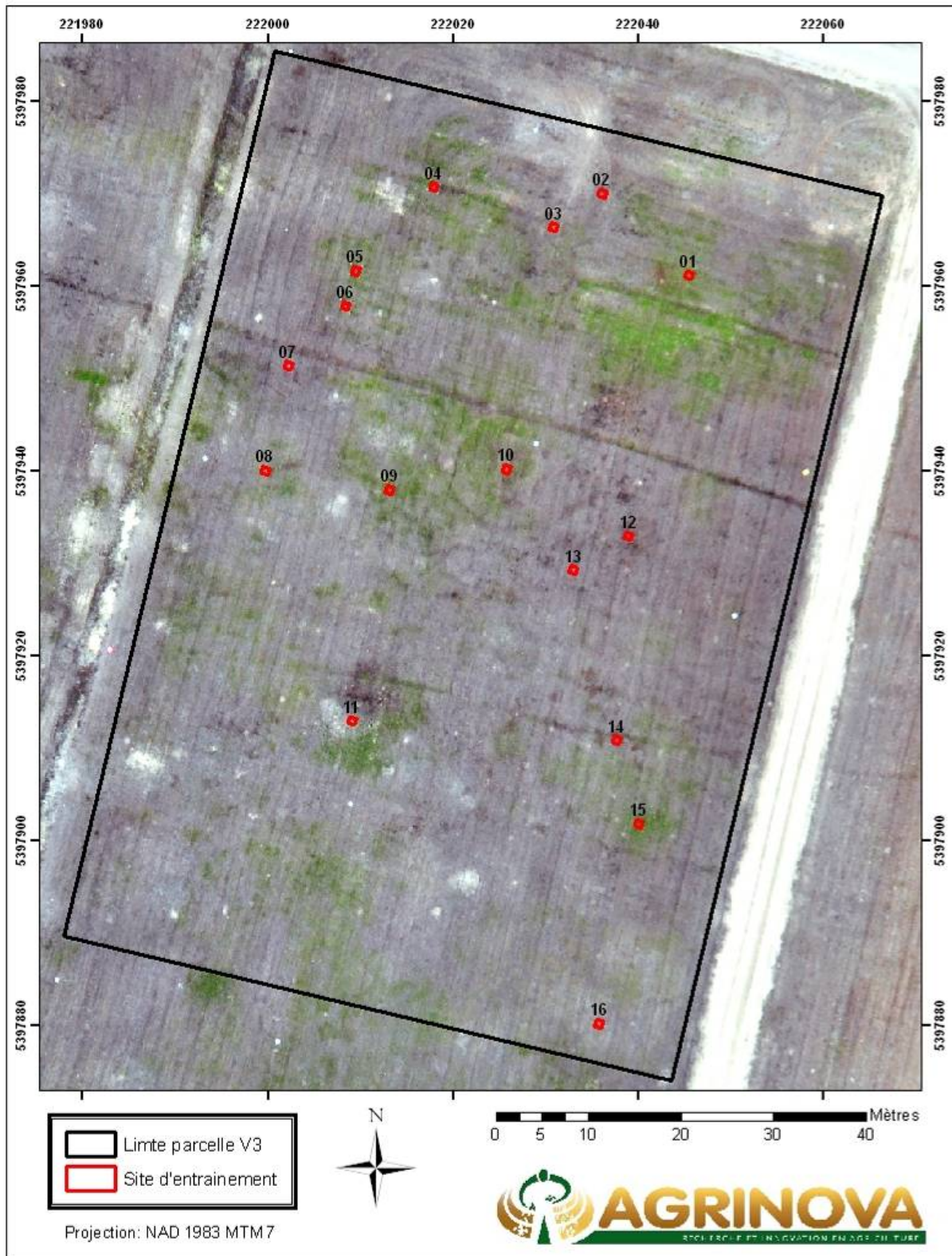
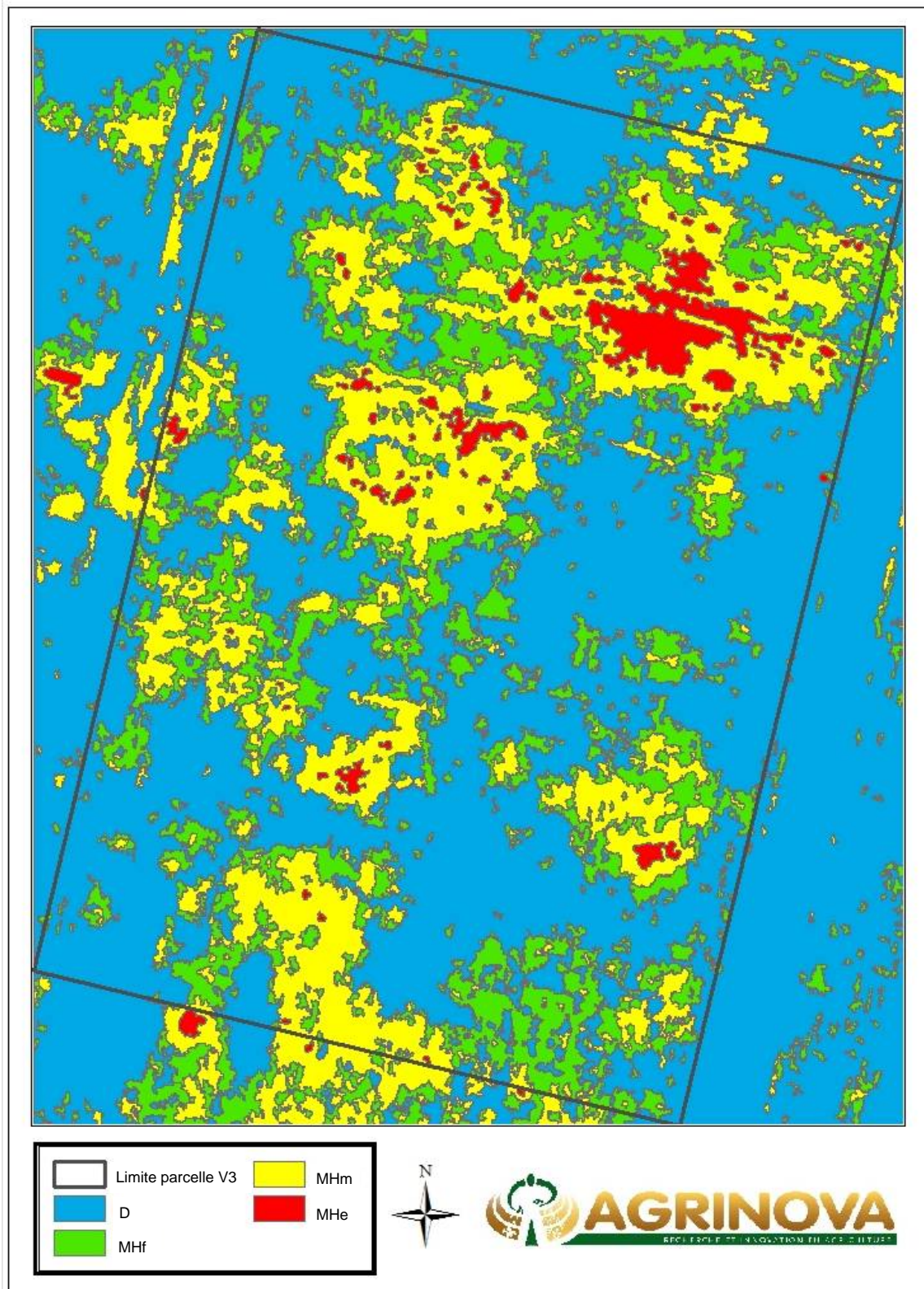


Figure 6.  
Images originales de la parcelle en repos végétatif et localisation des quadrats.



**Figure 7.**  
**Résultats de la classification dirigée pour la parcelle en repos végétatif.**  
 (D = détritrus, MHf = mauvaises herbes faibles, MHm = mauvaises herbes moyennes et MHe = mauvaises herbes élevées)





Figure 8.  
Carte de localisation d'îlots de mauvaises herbes.