

Cartographie de la transition de Mather (1992) et de la dynamique de l'occupation des sols le long du transect CoForTips à l'aide des archives PROBA-V



Remerciements

J'aimerais adresser un remerciement particulier à Johan OSZWALD, mon maître de stage, pour sa gentillesse, sa disponibilité et ses connaissances en télédétection qui m'ont permis d'acquérir de l'expérience.

Je tiens également à remercier Valery GOND, qui a été disponible pour partager sa connaissance.

Enfin, je tiens à remercier Monsieur Alain BILLAND, Directeur du département ES, de m'avoir permis d'effectuer ce stage au sein du CIRAD.

Table des matières

1. Présentation du Projet CoForTips	2
2. Présentation du satellite Proba-V	4
3. Acquisition des images :	5
4. Conversion des images :	10
5. Traitement des images :	12
5.1. Suppression des nuages	12
5.2. Calcul du NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).....	16
5.3. Choix de la date de référence	20
5.4. Suppression des nuages résiduels via un masque	22
6. Réalisation d'une classification de l'occupation du sol	25
6.1. Création d'un groupe de couche	26
6.2. Réalisation d'une classification orientée objet	27
7. Classification Proba-V	34
7.1. Définition des classes :	34
7.2. Comparaison de la classification Proba-V avec d'autres capteurs	35
7.3. Acquisition des informations pour localiser les sites sur la transition de Mather	41
8. Conclusion :	47
Bibliographie.....	50
Liste des figures :	51

1. Présentation du Projet CoForTips

Le projet « CoForTips : Forest of the Congo Basin : Resilience and Tipping Points » a pour objectif d'aider à une meilleure gestion des forêts du Bassin du Congo à partir de l'élaboration de scénarios de biodiversité sur un horizon temporel de quelques décennies. Ces scénarios seront construits à partir de modèles couplant dynamiques écologiques et sociales, et s'appuieront sur des architectures déjà existantes : le modèle général Globiom qui permet d'évaluer la compétition entre les espaces agricoles et forestiers, et une nouvelle version de MIRANA (Sigrid Aubert et al., 2010). »

La finalité de ce projet est de « Promouvoir une meilleure gestion des forêts du Bassin du Congo en s'appuyant sur : une meilleure compréhension des dynamiques de la biodiversité des forêts et de la résilience des socio écosystèmes forestiers, la construction de scénarios des dynamiques de biodiversité, basés sur différentes échelles de temps et d'espace et intégrant les aspects sociaux, économiques, de gouvernance, écologiques et géophysiques, et simuler les trajectoires d'évolution régionale en incorporant les stratégies d'adaptation mises au point par les acteurs. ».

Ce stage consiste, à partir d'images du satellite Proba-V, à cartographier la transition de Mather (Mather, A. S., 1992) en se focalisant sur un transect défini selon un gradient d'intervention humaine sur les forêts. De plus, une carte de l'occupation du sol sera réalisée à partir des images Proba-V. Le transect se concentre sur trois sites d'études : Gueboba, Mindourou et Makokou (figure 1).

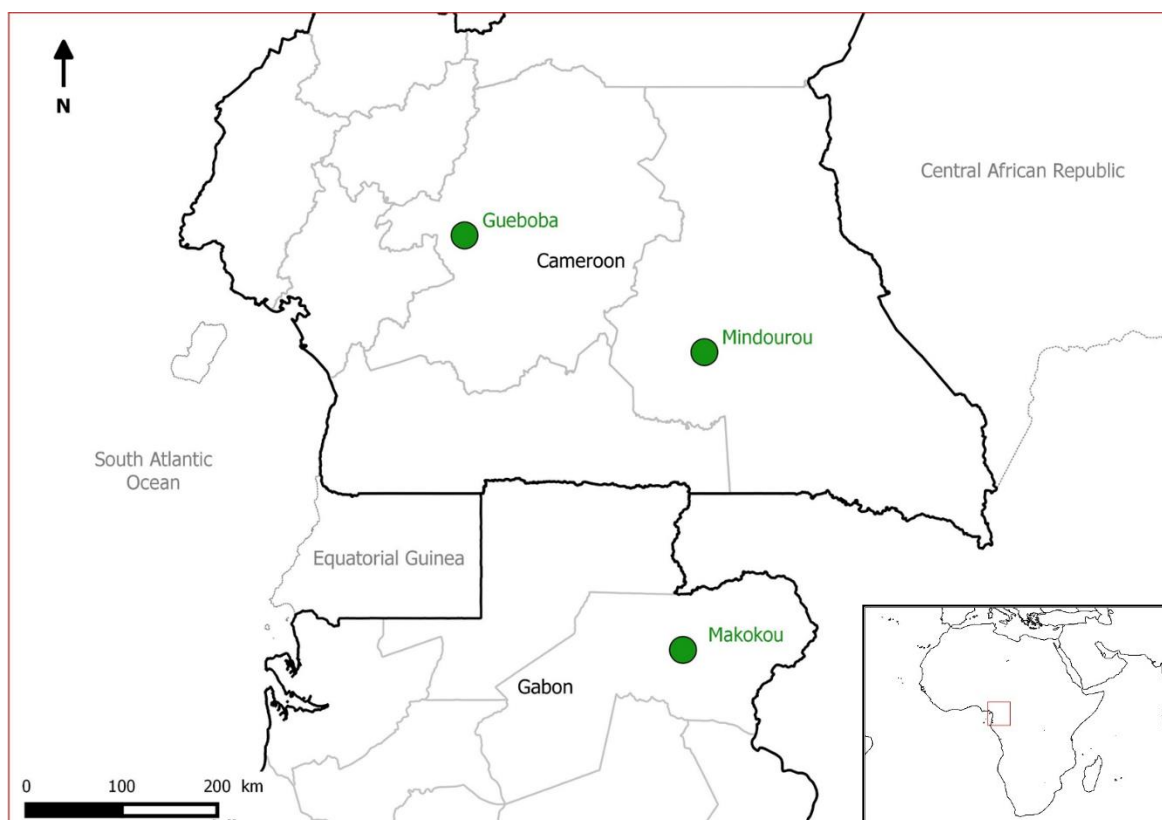


Figure 1: Sites d'étude

La transition de Mather (Mather, A. S., 1992) suppose qu'au fur et à mesure du développement d'un pays, la forêt évolue de manière prévisible suite à la présence humaine. Premièrement, une phase de déforestation qui consiste à augmenter le nombre et la surface des espaces agricoles afin de nourrir la population (phase d'expansion agricole), à partir de la récolte du bois pour la construction et la

production d'énergie. Deuxièmement, une phase de stagnation qui signifie que la population a suffisamment profité de cette première phase pour se développer et qu'elle utilise maintenant une autre source d'énergie. De plus, elle privilégie les terres arables les plus productives et améliore ses rendements à partir de celles-ci, mais aussi grâce à des pratiques plus productives. Finalement, une phase de reboisement se produit, où les terres abandonnées sont reboisées afin de créer une économie sylvicole durable. De plus, ce regain peut provenir d'une envie de préserver les forêts, qui possèdent un intérêt écologique.

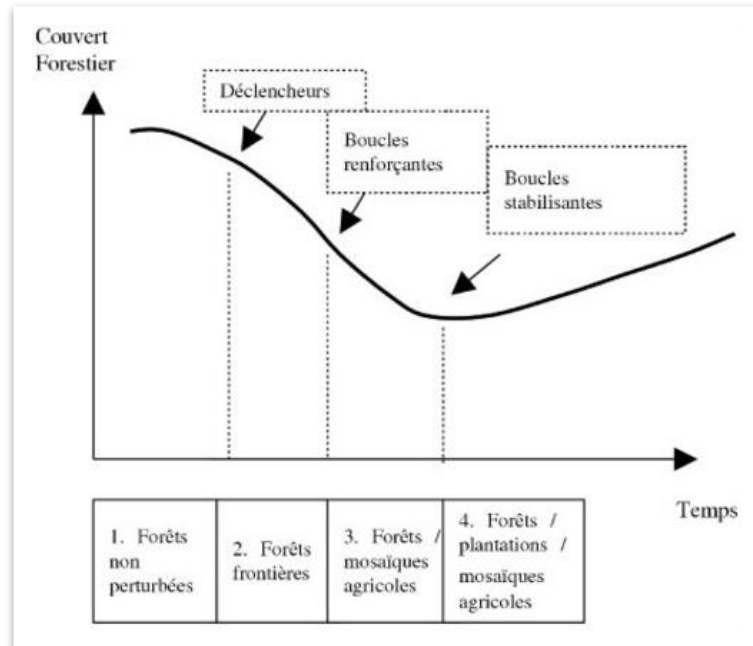


Figure 2: Transition de Mather

La finalité de ce stage est d'identifier à quel stade de la transition de Mather se situe chacun des sites CoForTips ?

Dans un premier temps, à partir de l'archive disponible actuellement pour les images issues du satellite Proba-V (16/03/2014 – 26/06/2015), nous allons pré-analyser le corpus de données afin d'identifier une image référence.

Dans un second temps, une classification de l'occupation du sol sera réalisée pour identifier les discontinuités structurelles, permettant par la suite de calculer des données qui serviront à localiser les sites CoForTips sur la transition de Mather.

2. Présentation du satellite Proba-V

Le satellite héliosynchrone Proba-V, opérationnel depuis le 16 mars 2014 et ayant une fin prévue en 2018, a pour mission principale de suivre la végétation à travers le monde. Il a pour but de réaliser les mêmes missions que les satellites SPOT VEGETATION, dont il prend la relève. L'instrument VEGETATION de ce capteur capte les bandes :

Bleu	0.415-0.500 μm
Rouge	0.580-0.770 μm
Proche infrarouge	0.730-0.960 μm
Moyen infrarouge	1.480-1.760 μm

La résolution spatiale du capteur est de 100 mètres pour une fauchée de 2250km, ce qui permet d'avoir un suivi fin de la végétation, mais aussi la conservation de la texture des éléments géographiques (perdu à partir de 130 mètres). Concernant la résolution radiométrique, le capteur est en 16 bits, permettant une distinction plus fine des pixels. Concernant les produits disponibles, il existe des images journalières ou bien des synthèses de 5 et 10 jours à la résolution 100 mètres, 300 mètres et 1 kilomètre. Pour chacune de ces dates, différent « niveau » de traitement sont disponibles (figure 3):

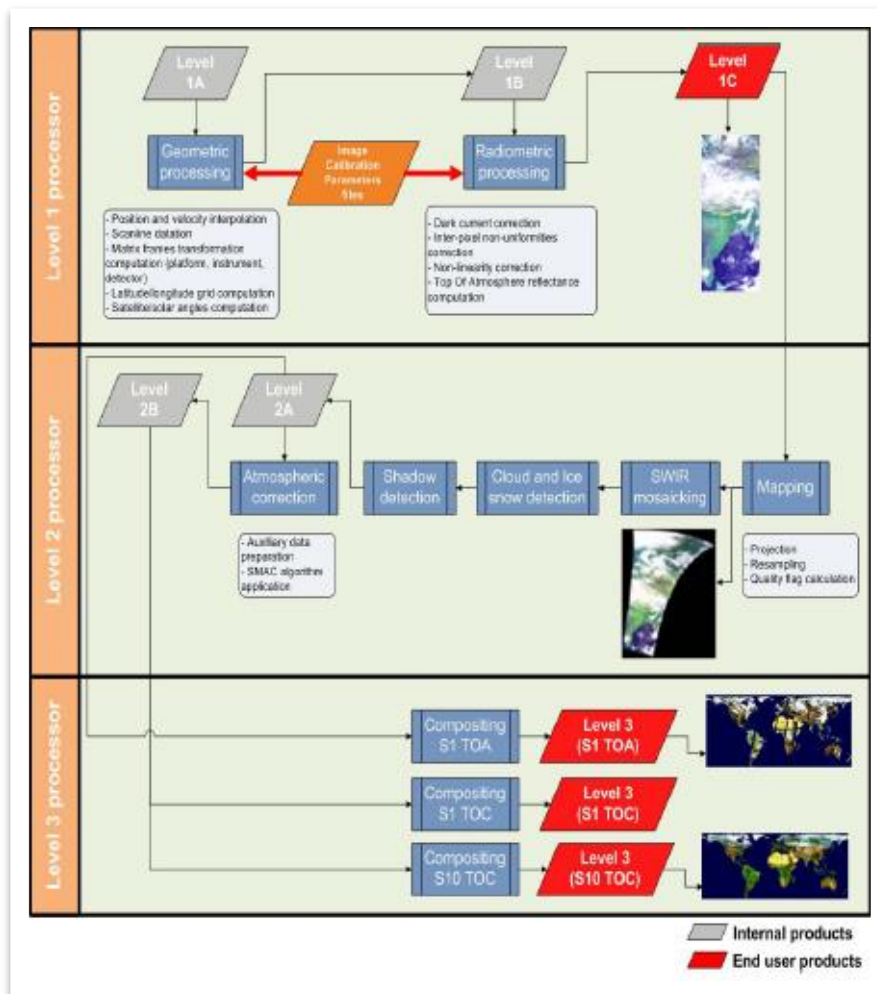


Figure 3: Chaîne de traitement des images Proba-v (source : PROBAV-Products_User_Manual_v1.2)

Le produit Level 3 S5 TOC (Top Of Canopy) à 100 mètres de résolution sera utilisé pour cette étude. Ce produit a été corrigé radiométriquement, géométriquement, et les nuages ainsi que les ombres portées (mais aussi la neige et la glace) sont identifiés dans une image nommée « quality » comprise dans les données des images Proba-V. Cette image permettra de supprimer ces éléments de nos images.

3. Acquisition des images :

Les images sont téléchargeables sur le site <http://www.vito-eodata.be/PDF/portal/Application.html#Home> et sont mises à disposition par VITO qui est un établissement indépendant Belge de recherche sur le développement durable.

Il faut choisir le produit Proba-V 100 M synthèses (older than 1 month) (figure 4) :



Figure 4: Liste des produits disponible

Ensuite, nous délimitons notre zone d'étude et choisissons le produit « S5 TOC 100 m » (figure 5) ainsi que l'intervalle temporel qui nous intéresse. Nous souhaitons l'intégralité des images afin d'avoir un vaste choix pour choisir une image de référence :

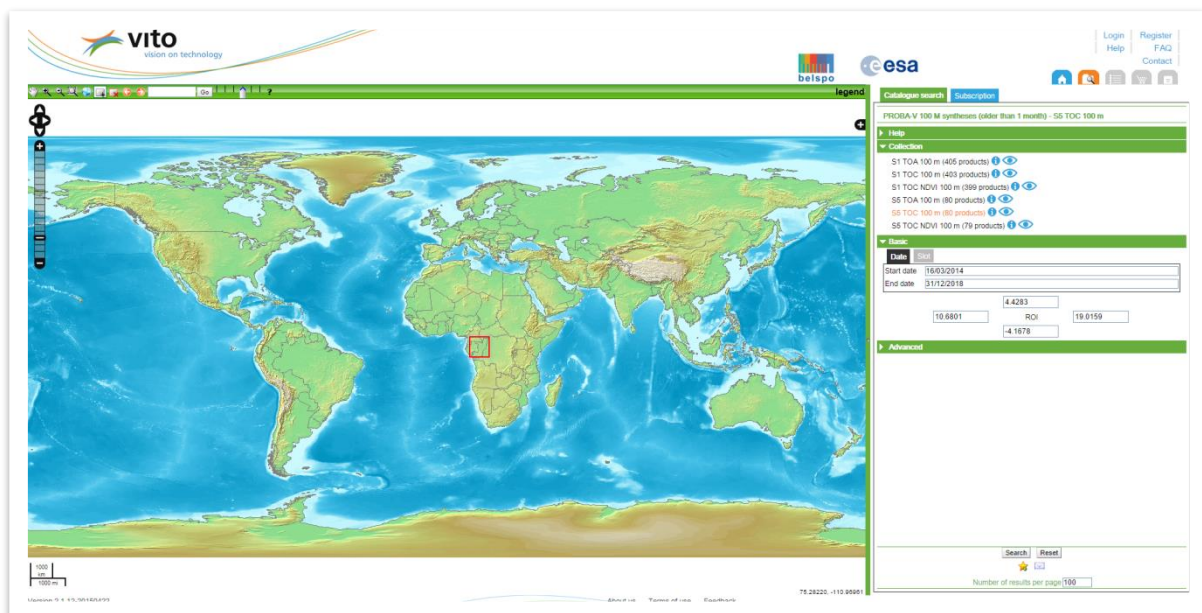


Figure 5: écran principal de téléchargement

Les synthèses sont disponibles aux mêmes dates, soit le 01, 06, 11, 16, 21, 26 de chaque mois, la date affichée étant celle où débute la synthèse de 5 jours.

PROBA-V 100 M syntheses (older than 1 month) - S5 TOC 100 m

1 products selected on a total of 80 100 Per page << < 1 of 1 >>

Select all 80 products

Download	Product ID	Start Date	Product Size	Red TN	NDVI TN	Red C
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150421_100M_V001	21/04/2015	93.7 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150416_100M_V001	16/04/2015	93.7 GB			
<input checked="" type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150411_100M_V001	11/04/2015	84.3 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150406_100M_V001	06/04/2015	93 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150401_100M_V001	01/04/2015	96.8 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150328_100M_V001	28/03/2015	104 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150321_100M_V001	21/03/2015	97.1 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150316_100M_V001	16/03/2015	93.6 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150311_100M_V001	11/03/2015	94.8 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150308_100M_V001	08/03/2015	97.4 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150301_100M_V001	01/03/2015	96.3 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150228_100M_V001	28/02/2015	62.8 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150221_100M_V001	21/02/2015	90.5 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150216_100M_V001	16/02/2015	84.6 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150211_100M_V001	11/02/2015	84.3 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150208_100M_V001	08/02/2015	78.4 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150201_100M_V001	01/02/2015	77.7 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150128_100M_V001	28/01/2015	82.2 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150121_100M_V001	21/01/2015	70.3 GB			
<input type="checkbox"/>	PV_S5_TOC-20150116_100M_V001	16/01/2015	68.4 GB			

Back to search | Prepare custom order... | Order now...

Figure 6: exemple d'une liste d'image

Dans le cas d'une sélection un lot d'images, il est préférable de passer par le « custom order » afin de faciliter le téléchargement (figure 7) :

General

Description

Information

- Order item size: 277.2 GB
- Estimated transfer time
 - Dial-up (56k): 68w 4d1 15h 36m 8s
 - DSL/Cable (256k): 15w 2h 24m 40s
 - DSL/Cable (1788k): 8w 1h 5m 8s
 - DSL/Cable (4M): 6d1 13h 42m 40s
 - VDSL (20M): 1d1 7h 52m 52s

3 products selected

PV_S5_TOC-20150506_100M_V001
PV_S5_TOC-20150601_100M_V001
PV_S5_TOC-20150606_100M_V001

Processing options

Clipping

Coordinates Named area

10.3163 ROI 19.7458

-4.4657

Stitching

Stitching (The data files are provided in granules/files of 10° x 10°. Stitching allows you to mosaic these files into one data file. This is only possible for restricted region sizes)

Format

HDF5

Projection

GLOBAL GEOGRAPHIC_LAT_LON

Bands

Select all bands available in each product

- Blue
- Red
- Near IR
- SWIR
- NDVI
- Status Map
- Time Grid
- Solar Azimuth Angle
- Solar Zenith Angle
- Viewing azimuth angle of SWIR
- Viewing azimuth angle of VNIR
- Viewing Zenith angle of SWIR
- Viewing Zenith angle of VNIR

Save to my cart | Cancel | Order now | Reset | Help

Feedback

Figure 7: outil custom order

Il reste à vérifier et choisir les informations pour commander les images en cliquant sur « order now ». Un e-mail sera envoyé une fois les données disponibles.

Dans le cas d'une seule image, nous cochons la case dans la liste précédente et cliquons sur la flèche bleue. Nous obtenons ceci (figure 8) :

Data Files

File name	File size	Last modified	
PROBAV_S5_TOC_20150606_100M_V001.VRG	16 kB	Thu Jun 11 09:54:14 GMT+01:00 2015	
PROBAV_S5_TOC_X19Y07_20150606_100M_V001.HDF5	450 MB	Thu Jun 11 11:12:49 GMT+01:00 2015	

Non intersecting Data Files

File name	File size	Last modified	
PROBAV_S5_TOC_X00Y00_20150606_100M_V001.HDF5	365 MB	Thu Jun 11 09:55:26 GMT+01:00 2015	
PROBAV_S5_TOC_X00Y01_20150606_100M_V001.HDF5	314 MB	Thu Jun 11 09:54:49 GMT+01:00 2015	
PROBAV_S5_TOC_X00Y02_20150606_100M_V001.HDF5	154 MB	Thu Jun 11 09:54:39 GMT+01:00 2015	
PROBAV_S5_TOC_X00Y04_20150606_100M_V001.HDF5	33 MB	Thu Jun 11 09:54:17 GMT+01:00 2015	

Figure 8: liste dans le cas d'une image à télécharger

Dans « Data files » se trouve les images délimitées par notre sélection, élément confirmé via les coordonnées X19Y07 d'après cette description (figure 9):

Q [How to find the corresponding tile\(s\) for your region of interest?](#)

A Tile X00Y00 has TopLeft coordinate (-180 E, +75 N). Each tile is 10x10°, so e.g. tile X07Y05 has as TopLeft coordinate (-180 + 7 * 10, +75 - 5 * 10). In total, there are 36 tiles in X-direction and 14 tiles in Y-direction.

Figure 9: sélectionner une case d'après ses coordonnées

Le fichier en .VRG contient les métadonnées de l'image. Il est donc important de le télécharger.

Dans le cas du téléchargement d'un grand nombre de fichiers, il est conseillé d'utiliser le logiciel « Filezilla ». Pour cela, il faut ajouter le site Vito dans le gestionnaire de site en rentrant ces informations (figure 10) :

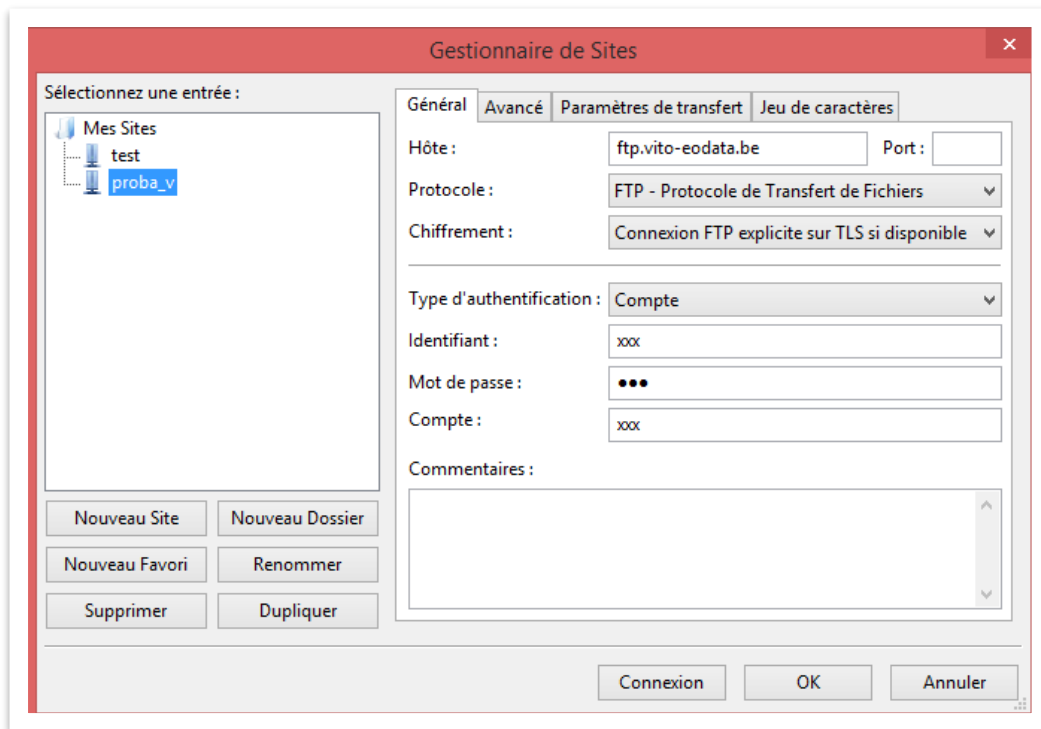


Figure 10:Gestionnaire de site sous Filezilla

Il faut donc choisir le type d'authentification « compte » et renseigner ses identifiants du site VITO. Avant de télécharger le dossier « order », il faut vérifier que dans l'onglet « transfert –limitation des taux de transfert –paramètres » la limitation de téléchargement est décochée.

Une fois téléchargé, les fichiers sont au format « .HDF5 », qui est un format de fichier conteneur dans lequel l'ensemble des données mises à disposition sont stockées. Ainsi, dans ce fichier, nous trouvons :

Geometry	Contient des informations sur l'angle et l'illumination des pixels
NDVI	Contiens l'indice NDVI
Quality	Contiens une image renseignant sur la qualité de chaque pixel (nuage, glace, ombre, etc.)
Radiometry	Contiens les 4 bandes acquises par le capteur : bleu, rouge, proche infrarouge et moyen infrarouge
Time	Contiens des informations temporelles sur le capteur depuis le début de la synthèse

4. Conversion des images :

Dans un premier temps, il est nécessaire de convertir le fichier .HDF5, car ce format de fichier n'est pas lisible par le logiciel IDRISI dans sa version 17. Nous allons donc utiliser le logiciel Qgis pour effectuer cette conversion via la boîte à outils GDAL.

Dans Qgis, nous allons dans un premier temps importer le fichier HDF5. Une boîte de dialogue s'ouvre alors pour demander quels sont les rasters que nous souhaitons importer (figure 11).

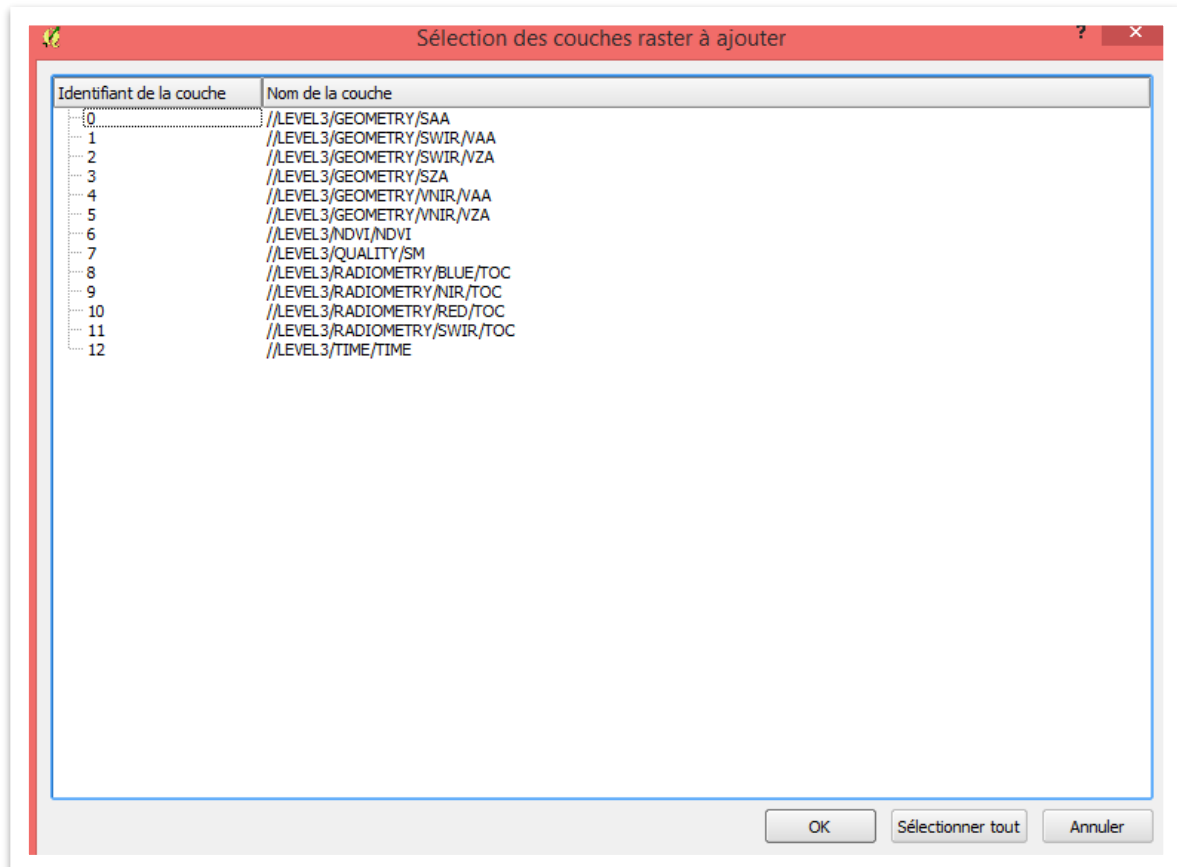


Figure 11: Liste des images dans un fichier .HDF5

Il faut importer les rasters « quality » et « radiometry » puis indiquer la projection EPSG : 4326. Une fois les couches affichées, nous allons dans « raster-conversion-convertir » (figure 12).

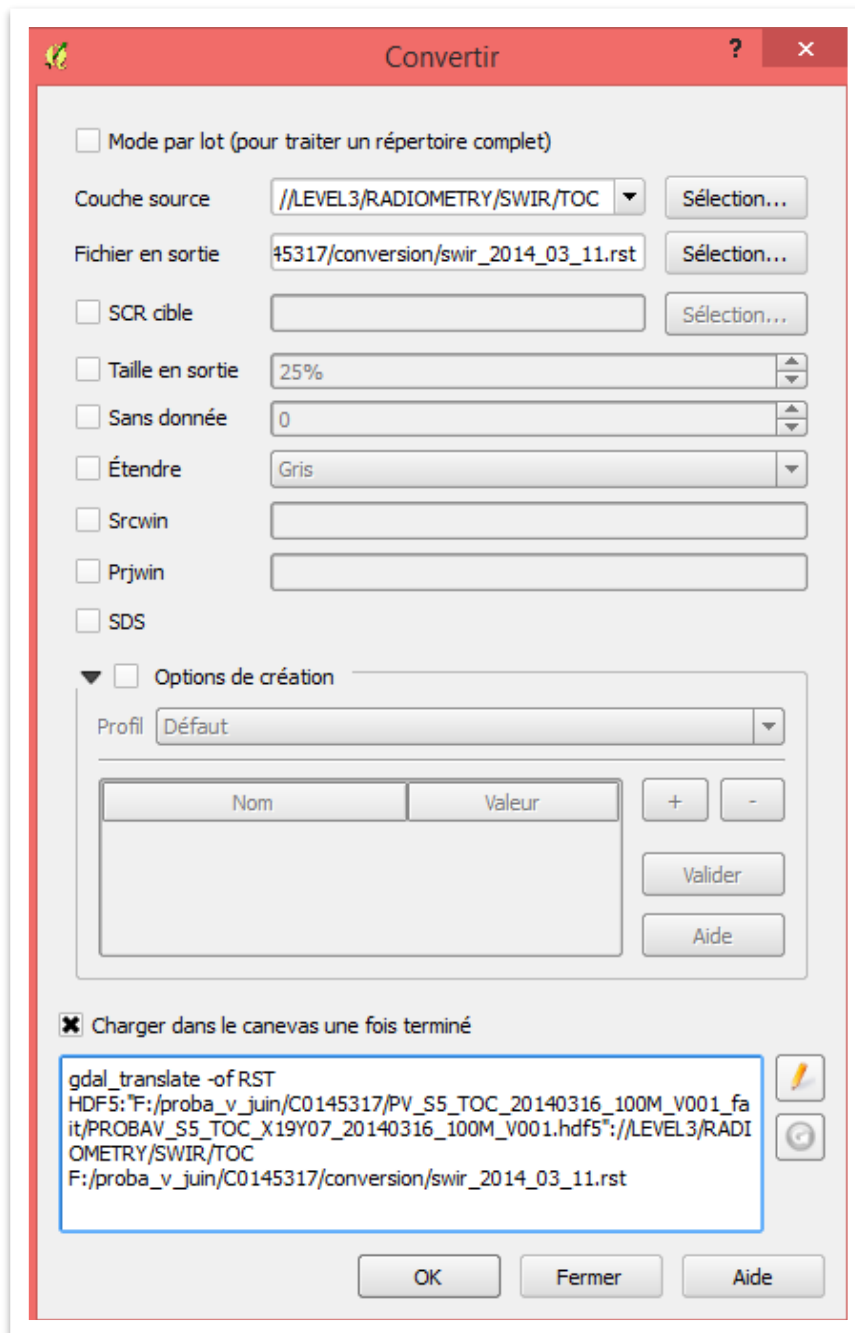


Figure 12: Outil de conversion de raster sous Qgis

La couche source correspond à celle à convertir. Afin de faciliter les traitements, les fichiers sont renommés de la manière suivante : bande_date (ex : swir_2014_08_11). De plus, les fichiers doivent être tous enregistrés dans le même dossier. Cela permet de regrouper les images selon leur bande radiométrique, mais aussi d'assurer un ordre chronologique. Puis, dans la fenêtre en bas, il faut ajouter cette phrase après le `-of RST` : `-ot UInt16 -a_nodata '-1' -a_ullr 10 5 20 -5 -a_srs EPSG:4326`. Cela permet d'indiquer que l'image est en 16 bits, que la valeur -1 est une valeur nodata et puis l'emprise de l'image et son système de projection. Nous obtenons alors un fichier au format IDRISI correctement géoréférencé et gardant sa résolution radiométrique, deux éléments perdus si ce texte n'est pas ajouté. Après avoir effectué cette étape pour l'ensemble de nos images, nous allons effectuer divers traitements afin de déterminer nos images de référence.

5. Traitement des images :

Afin de déterminer les images que nous allons utiliser pour effectuer notre classification du sol, nous devons au préalable réaliser une somme de traitements.

Sous IDRISI, il faut créer un nouveau projet connecté au dossier contenant l'ensemble des images. Suite à la nomenclature choisie, les images sont regroupées par type et par ordre chronologique. Ayant une grande quantité de données, nous allons créer un groupe d'image pour chaque bande. Pour cela, allez dans « File-Collection editor » puis créer des fichiers .rgf pour chaque bande.

5.1. Suppression des nuages

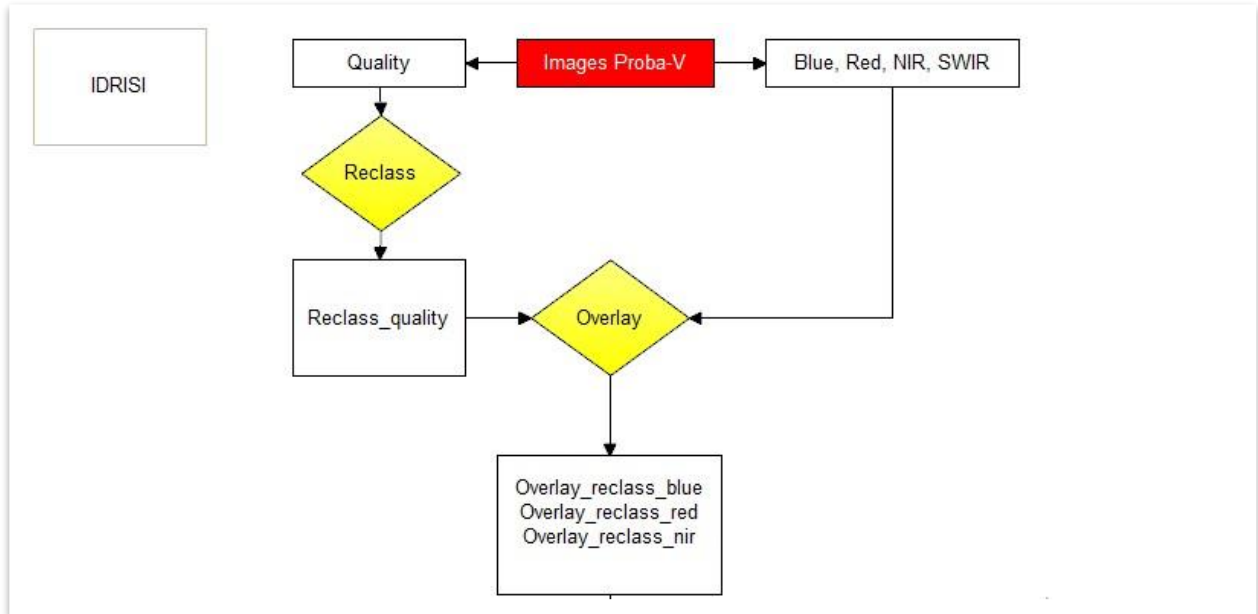


Figure 13:méthodologie étape 1

Tout d'abord, nous allons devoir éliminer le bruit, apporté par la couverture nuageuse, sur l'ensemble de nos images. Cette information, stockée dans l'image « quality » (figure 14), qui renseigne sur la qualité de chaque pixel d'une date, permettant alors de supprimer les pixels ne possédant pas une information exploitable.

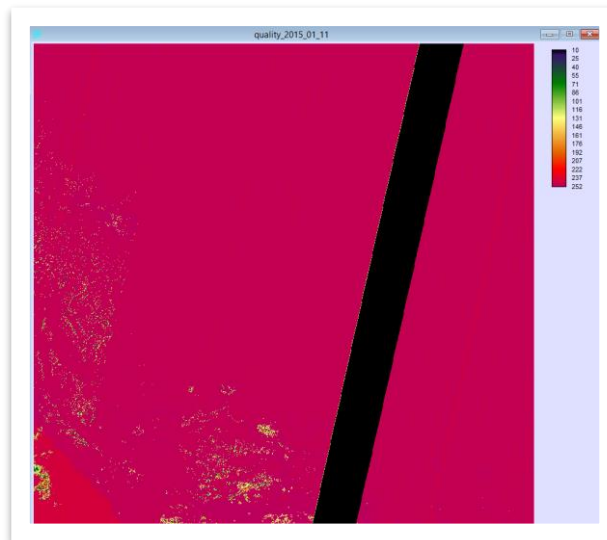


Figure 14: exemple d'une image quality

Les valeurs vont de 0 à 255, dont seule la valeur 248 indique un pixel correct, après analyse de ce fichier par rapport à une composition colorée faussée couleur bleu, rouge et proche infrarouge. De plus, nous pouvons observer une bande noire qui parcourt l'image. Celle-ci est due au passage du satellite Proba-V au niveau de l'équateur. C'est ce que nous apprend cette image dans le manuel Proba-V (figure 15) :

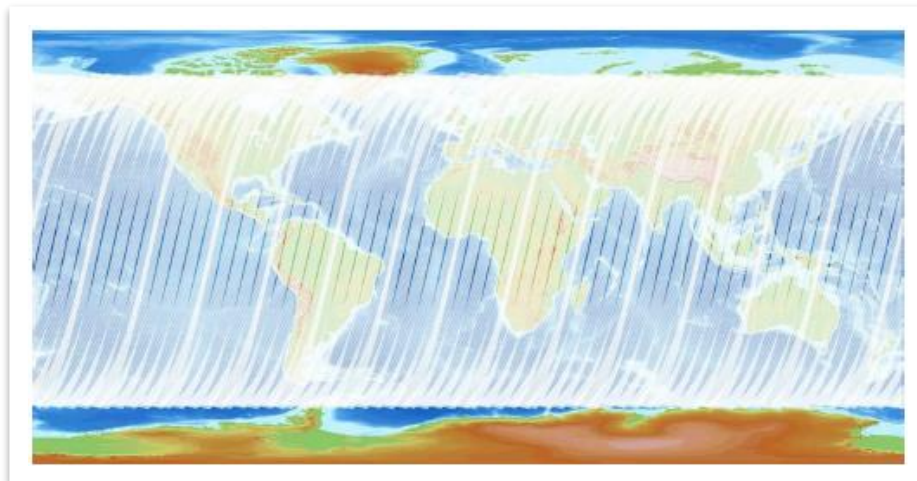


Figure 15: axes de passage du satellite proba-v

Nous voyons qu'il y a des zones où le satellite n'acquiert pas de données (zone foncée au niveau de l'équateur et aux pôles) et d'autres où il y a un chevauchement de celles-ci (zone blanche). C'est pour cela que sur l'ensemble de nos images, nous aurons des zones sans informations. Celles-ci sont aléatoires, ce qui permet lors d'une synthèse d'images de récupérer de l'information sur ces zones non acquises.

Afin d'exploiter les images « quality », nous allons effectuer un « reclass » consistant à attribuer la valeur 1 à tous les pixels corrects (ayant une valeur de 248) et la valeur 0 aux autres. Ce traitement est à effectuer une seule fois, car nous allons l'automatiser pour l'ensemble de nos images. Il faut enregistrer le fichier .RCL pour cela.

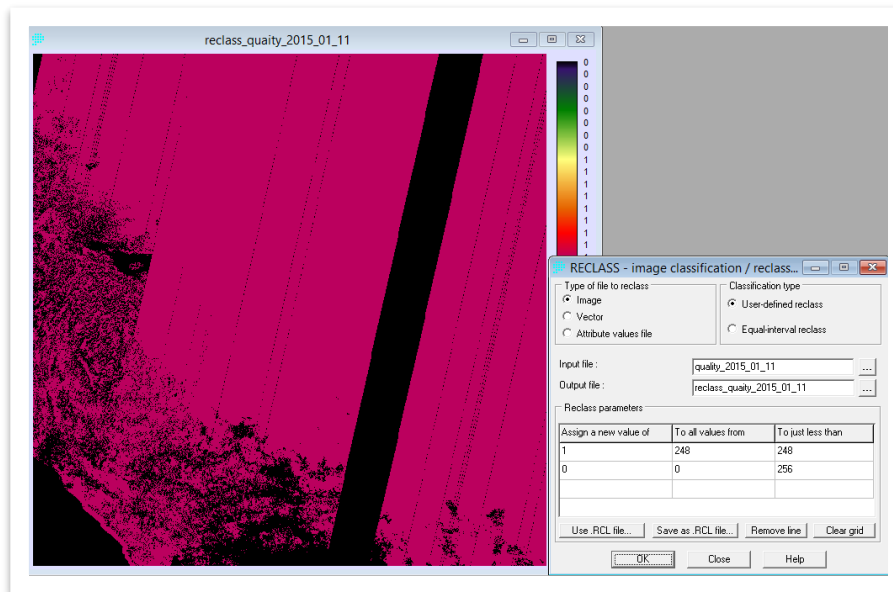


Figure 16:reclass d'une image quality

Puis, avec cette image « Reclass_quality » et l'outil « overlay » (figure 17), nous supprimons les zones erronées sur les images du bleu, du rouge, proche infrarouge et moyen infrarouge.

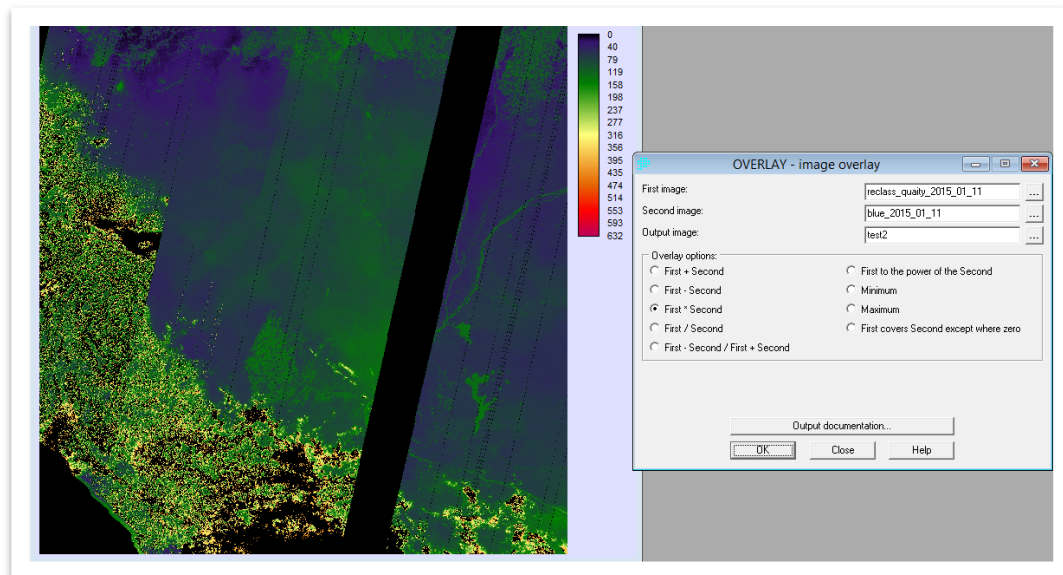


Figure 17:outil overlay

Une image dénuée du bruit apporté par les nuages est alors obtenue. La limite de ce prétraitement est qu'il n'y a que le centre des nuages qui est identifié, nous conservons un léger voile aux abords de ceux-ci. L'étape de détection des nuages durant les pré-traitements réalisés par VITO s'effectue en même temps que celle de la neige, c'est-à-dire que ce sont les nuages de glace qui sont détectés.

Ainsi, le léger voile correspond à des nuages de basse altitude composés de gouttelettes d'eau. Il sera donc nécessaire, par la suite, de créer un masque pour supprimer ce bruit résiduel.

Cette étape peut être réalisée via le « macro modeler » dans le cas d'un lot d'images. En premier lieu, le « reclass » sur l'ensemble de nos images quality. Il faut donc ajouter le module « reclass » dans le « macro modeler » et ajouter le « raster group file » quality en passant par la fonction « DynaGroup ». Un DynaGroup permet de traiter séparément chaque image du .RGF. Puis, nous connectons l'ensemble des éléments et modifions les options du module « reclass » comme ceci (figure 18):

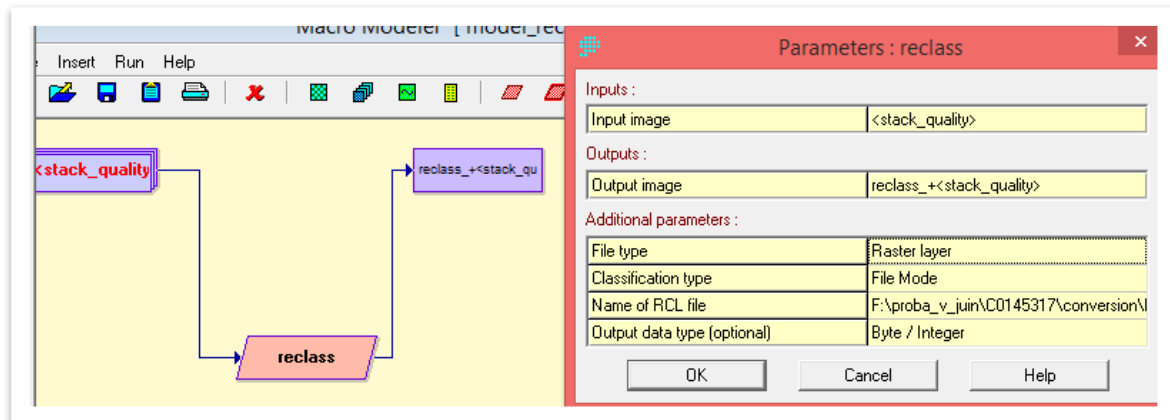


Figure 18:macro modeler-reclass

Dans input image se situe notre stack_quality (l'ensemble des images quality) et dans output image, le nom que prendra le fichier de sorti. Afin de conserver la date des images, qui est un élément important, nous allons créer des noms dynamiques. Voici ce que dit l'aide d'IDRISI concernant cette fonction (figure 19):

	Form the output files by:
prefix+<dynagroup member name>	Using the given text as a prefix on the front of each dynagroup image name.
prefix <dynagroup member name >	Replacing the first characters of each dynagroup image name with the prefix text given
<dynagroup member name >+suffix	Using the given text as a suffix on the end of each dynagroup image name.
<dynagroup member name > suffix	Replacing the last characters of each dynagroup image name with the suffix text given

Figure 19:extrait de l'aide IDRISI

Nous allons donc ajouter un préfixe « reclass_ » à chacune de nos images tout en conservant quality_2015_01_11. Nous écrivons alors : reclass_+<stack_quality>. Puis, nous indiquons « raster » dans la zone File type et File mode pour le type de classification. Puis, nous ajoutons notre .RCL que nous avons précédemment sauvegardé et choisissons Byte /integer pour la sortie des données. A la fin du traitement, nous obtenons 80 images nommées reclass_quality_date.

Maintenant, nous allons effectuer l'étape du « overlay ». Pour cela, nous allons avoir besoin de 2 « DynaGroup », un pour les images reclass_quality et un pour une bande radiométrique (figure 20). Cette étape est à réaliser pour chaque bande radiométrique.

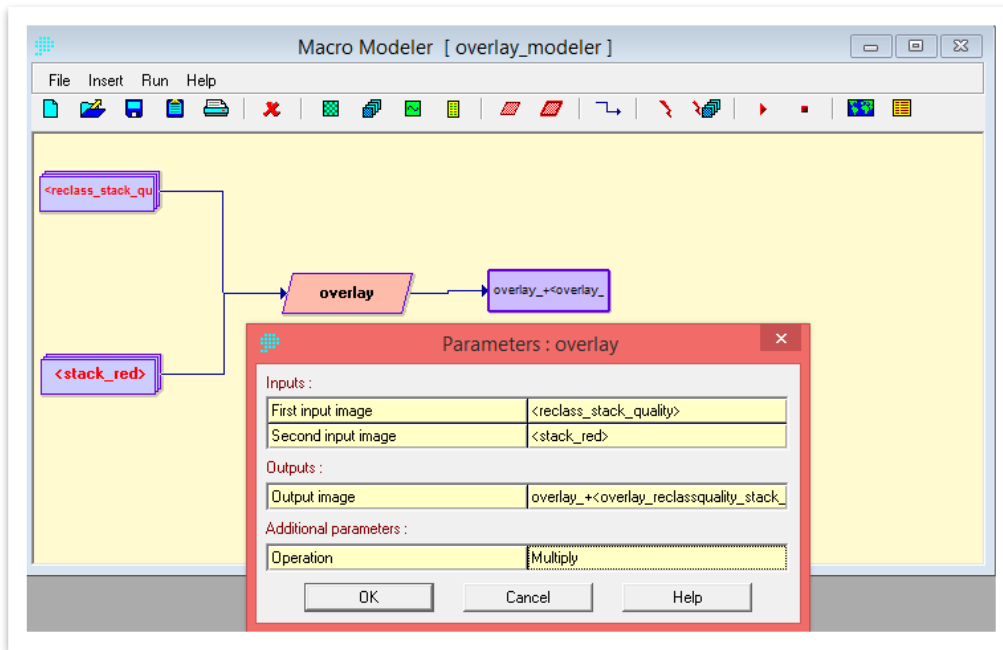


Figure 20:macro modeler-overlay

5.2. Calcul du NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

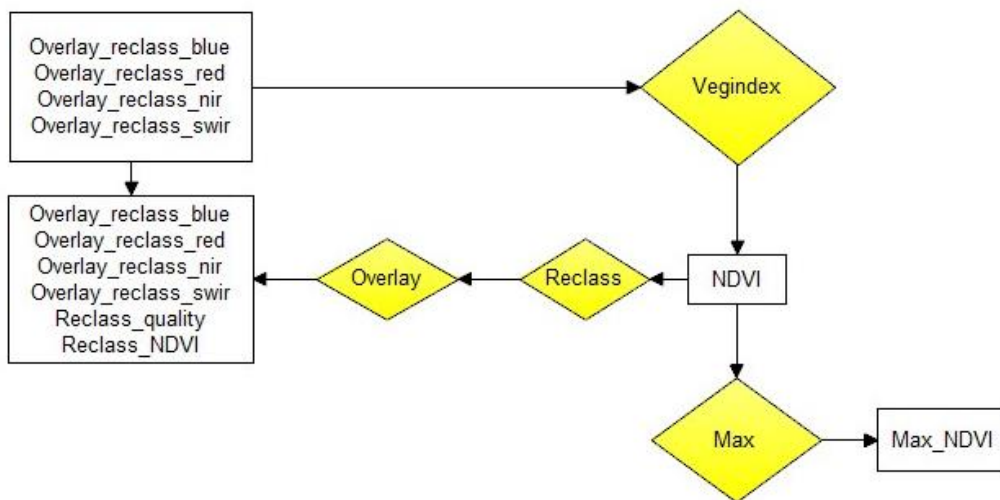


Figure 21:méthodologie calcul du NDVI

Ensuite, nous allons calculer le NDVI qui permet de distinguer la végétation, les sols nus et l'eau ainsi que leur intensité. Pour cela, nous allons employer le module « Vegindex » (figure 22), mais il est également possible d'utiliser le module « overlay » dans le « macro modeler » :

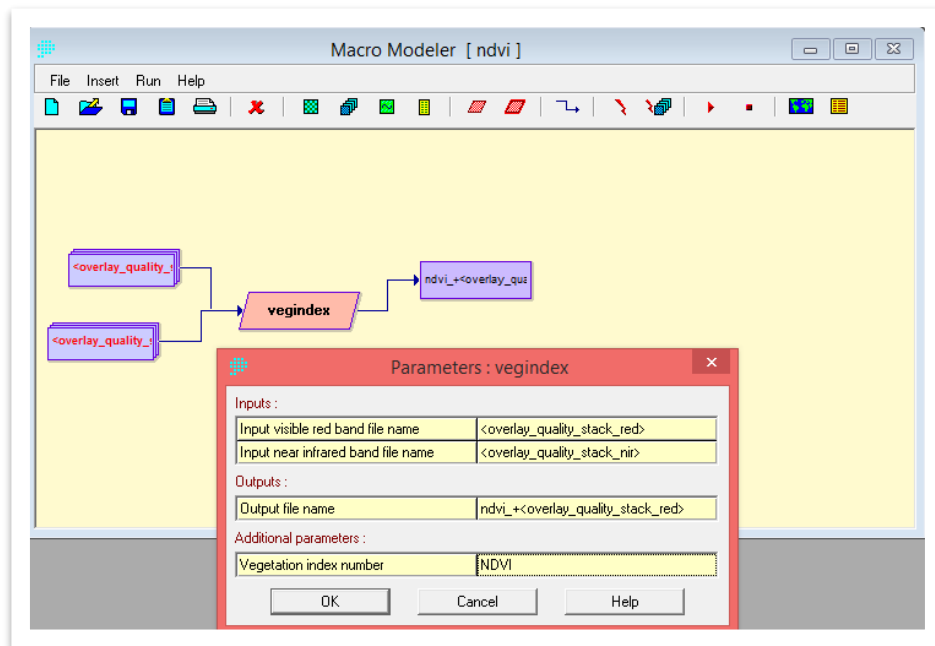


Figure 22:macro modeler - vegindex

Attention à l'ordre, il faut mettre en premier la bande du rouge et en second du proche infrarouge. Durant nos travaux, nous avons calculé également le NDWI (Normalized Difference Water Index) et le DWV (Difference Water Vegetation), mais ceux-ci ne donnaient pas un bon résultat à cause de la bande du moyen infrarouge qui était trop influencé par l'humidité atmosphérique. Pour ces deux indices, nous avons utilisé l'outil « overlay » qui permet de les calculer.

Ainsi, suite au calcul du NDVI, nous devons produire un nouveau « reclass » sur le quality et refaire un overlay sur l'ensemble de ces images. En effet, la valeur 0 dans le NDVI indique un sol nu, nous devons donc refaire un « reclass » et au lieu de donner une valeur 0 aux pixels erronés, nous allons leur donner une valeur négative de -99 et pour les pixels bons, une valeur de 0. Ainsi, via l'« overlay », nous allons additionner ces 2 images, donnant une valeur de -99 dans les zones où avaient été identifiés les pixels faux et ajouter 0 aux restes et donc ne rien changer.

Puis, nous allons calculer une synthèse des valeurs maximum du NDVI sur la totalité des images. Cette synthèse permettra de supprimer les zones nuageuses où nous n'avons pas de données, mais aussi les zones où le passage du satellite n'a pas acquis de données. Cette image sera utilisée uniquement dans un but de visualisation et ne fera l'objet d'aucun traitement.

Pour réaliser cette synthèse « Max_NDVI », nous allons employer le « macro modeler » ainsi que le module « MAX ». Cette fois-ci, nous n'allons pas utiliser un « DynaGroup », mais une collection .RGF, car nous ne souhaitons pas traiter chaque image de manière indépendante.

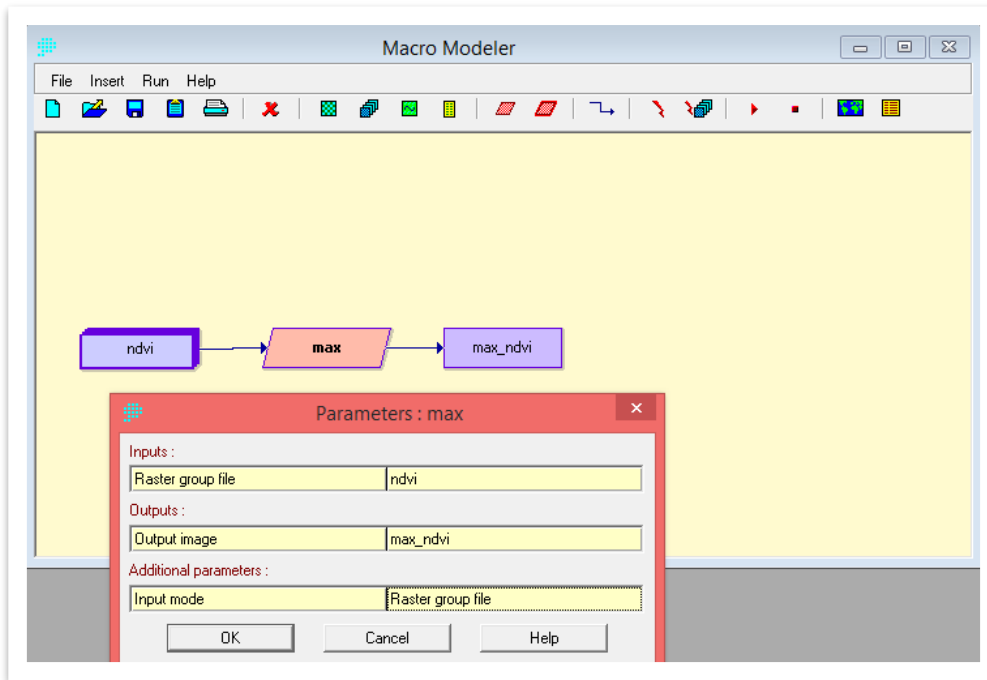


Figure 23:macro modeler-MAX

Dans les paramètres, nous choisissons d'utiliser un Raster Group File et non de comparer deux images. Nous obtenons alors cette image (figure 24) :

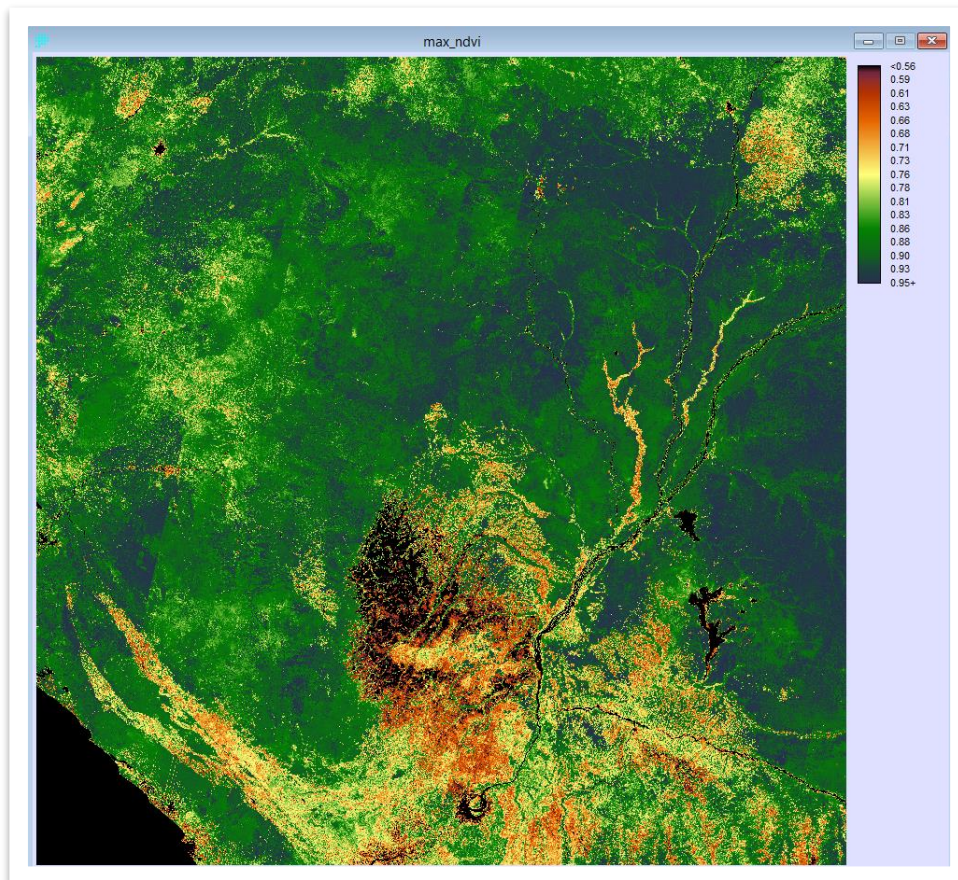


Figure 24:Synthèse NDVI valeurs max

Et voici le résultat centré sur notre zone d'étude :

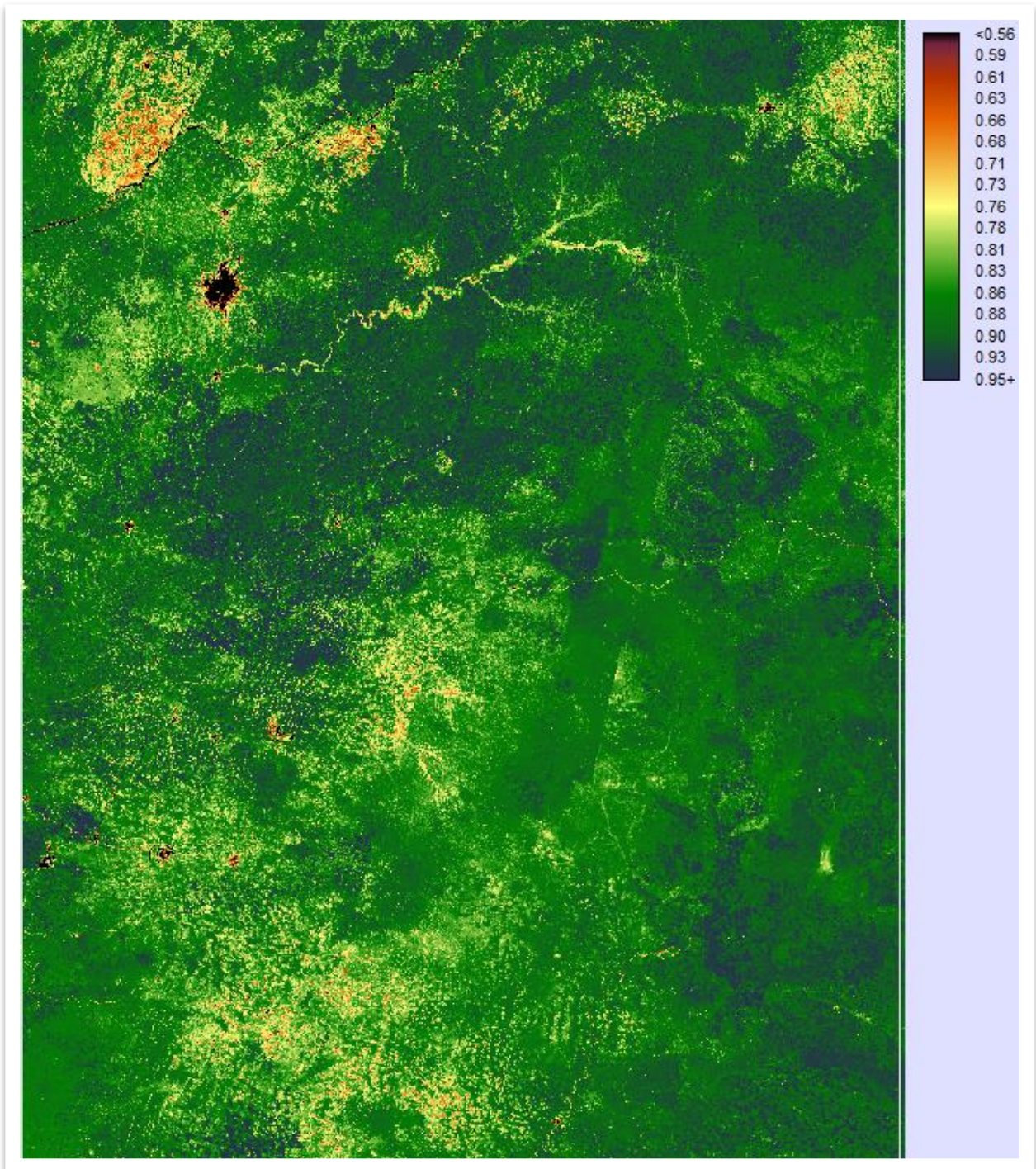


Figure 25:synthèse max NDVI, zone d'étude

Nous distinguons l'emprise de la ville de Yaoundé (en noir) ainsi que la zone de savane à proximité de Gueboba (orange/jaune) et en vert et bleu se situe les zones forestières.

5.3. Choix de la date de référence

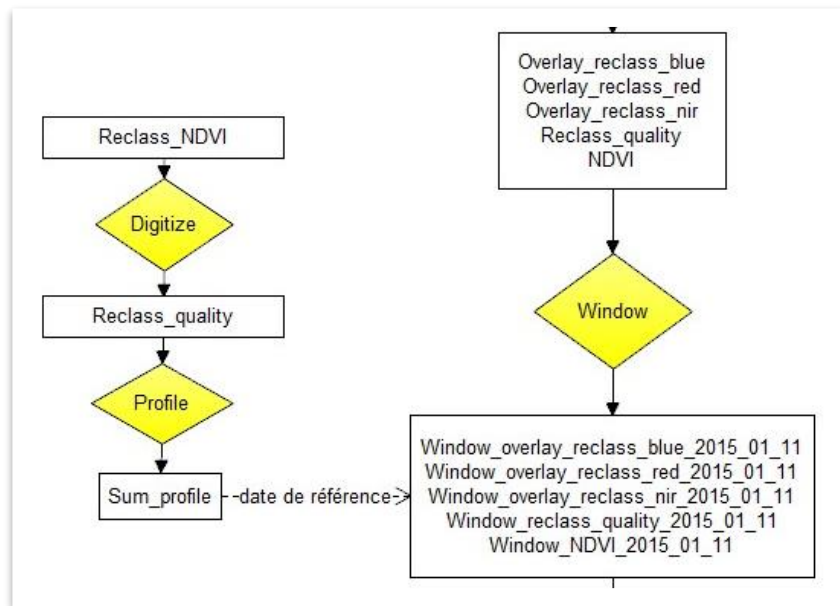


Figure 26:méthodologie choix d'une image de référence

Pour effectuer notre classification de référence, nous allons chercher une date ayant le moins de pixels faux. Nous allons donc délimiter notre zone d'étude à partir du NDVI via l'outil « digitize ».

Puis, nous allons utiliser l'outil « profile » (figure 27) pour identifier, à partir des « Reclass_quality », les images ayant le plus de pixels corrects (ayant une valeur de 1).

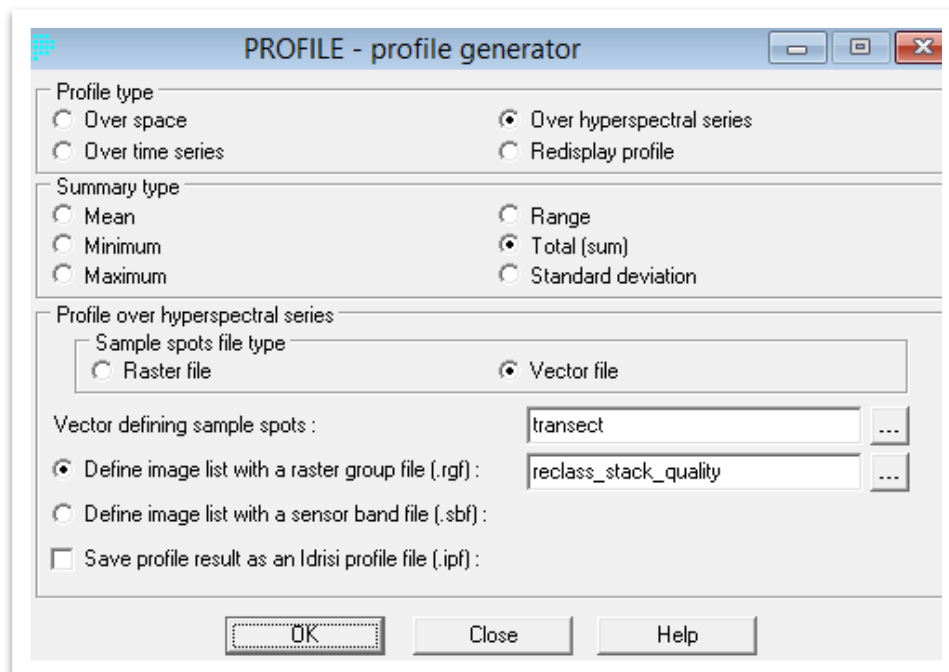


Figure 27:outil profile

Il faut cocher les options comme indiqué et renseigner le vecteur qui délimite notre zone d'étude. Nous obtenons alors ce résultat (figure 28) :

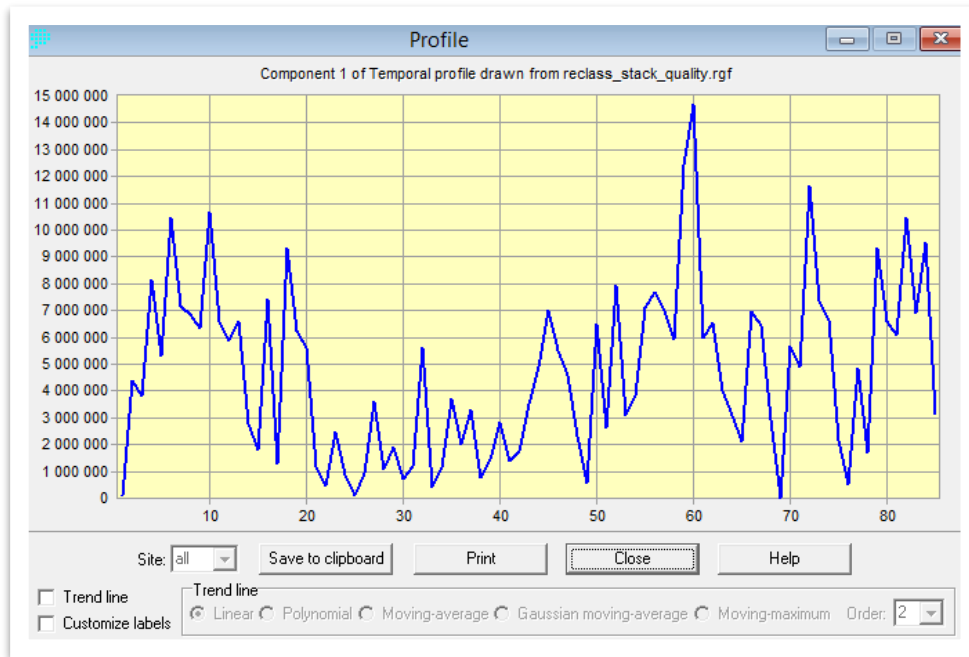


Figure 28:somme de pixel correct sur la zone définie

Nous distinguons un pic qui correspond à la 60^{ème} image du fichier .RGF en date du 11/01/2015 (figure 29), qui indique une forte quantité de pixels de valeur 1 :

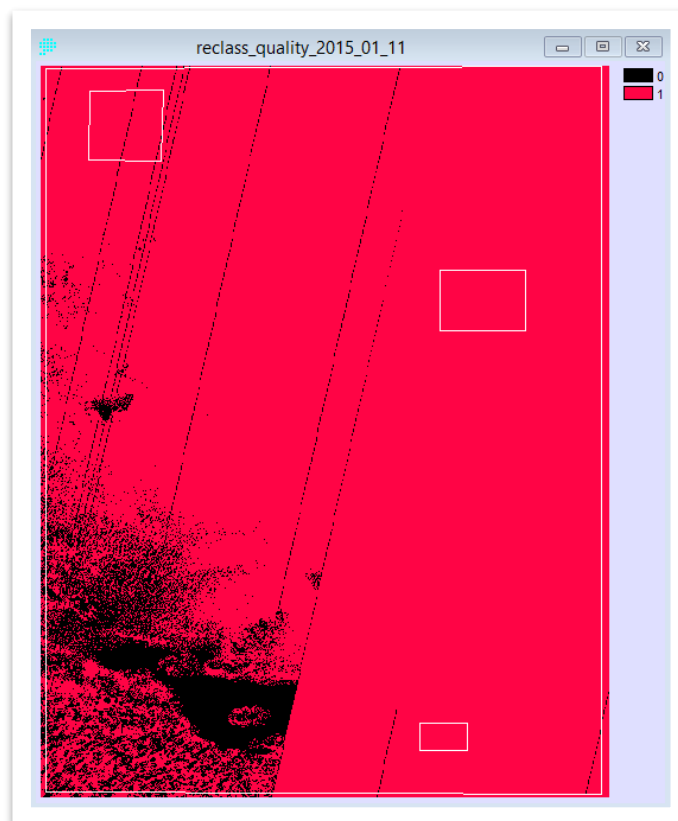


Figure 29:reclass_quality du 11 janvier 2015

Nous pouvons voir que la majorité de l'image est quasiment en valeur de 1 et que les trois sites (rectangle blanc) sont visibles et exploitables. Nous allons donc effectuer nos traitements sur cette synthèse de 5 jours, allant du 11 au 15 janvier 2015.

Tout d'abord, nous allons découper nos images selon notre zone d'étude à partir de l'outil « window » (figure 30) afin de nous focaliser sur celle-ci et accélérer nos traitements par la suite :

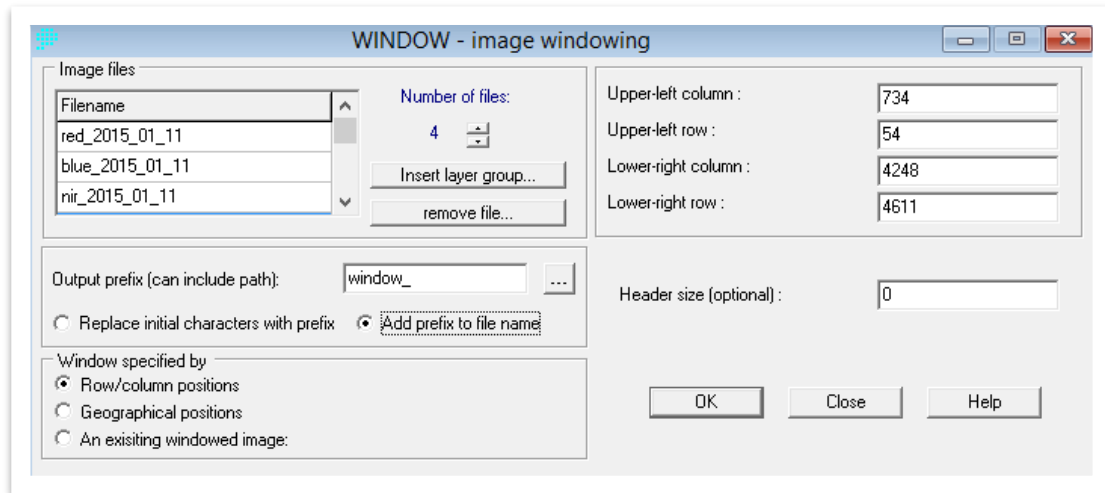


Figure 30:outil window

5.4. Suppression des nuages résiduels via un masque

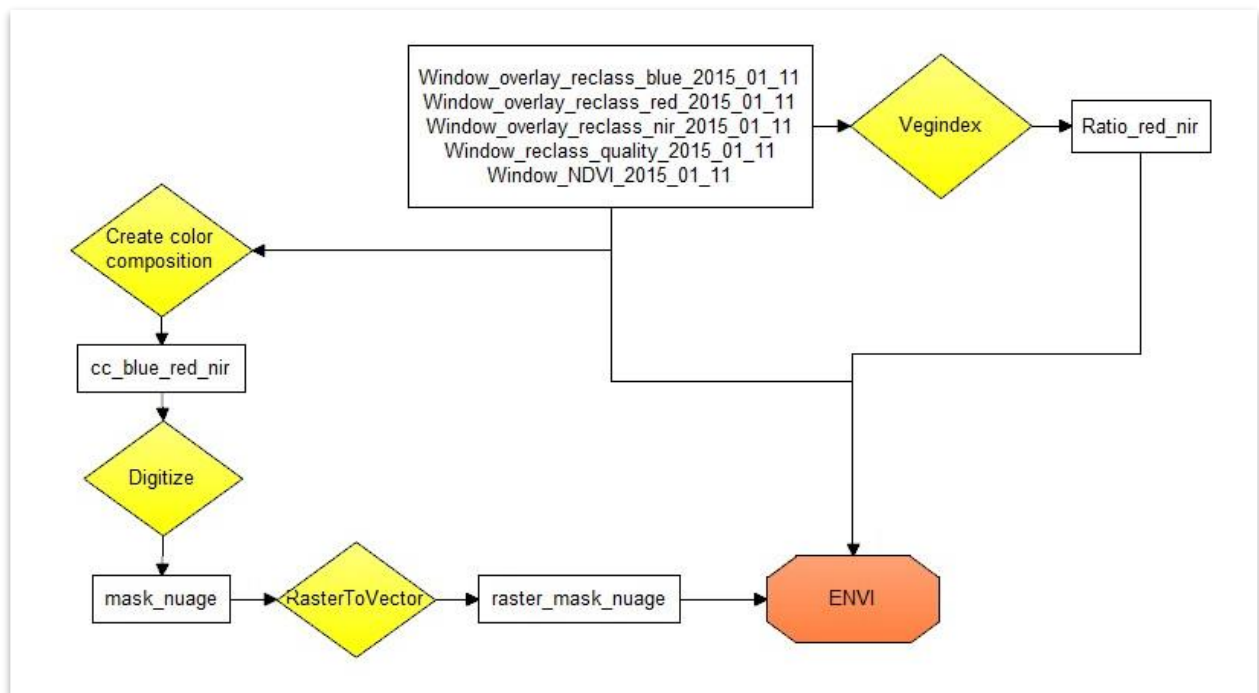


Figure 31:méthodologie masque nuage

Comme nous pouvons l'observer sur la figure 29, la partie sud-ouest de l'image possède beaucoup de bruit qui a été supprimé (zones en noir). Afin d'observer si ces zones sont totalement dénuées de nuages, nous allons réaliser une composition colorée fausse couleur avec les bandes du bleu, du rouge et du proche infrarouge « cc_blue_red_nir »(figure 32).

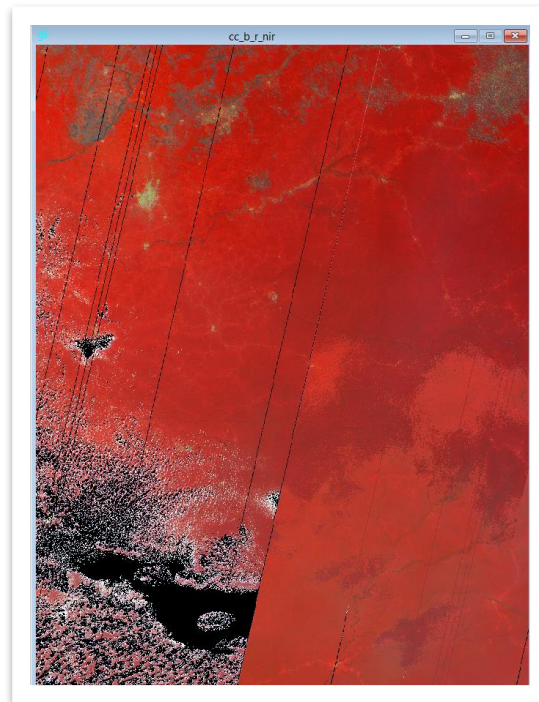


Figure 32: Composition colorée fausse couleur blue-red-nir

Nous pouvons observer qu'il y a beaucoup de zones blanches qui risquent de biaiser nos traitements, à cause des valeurs extrêmes qu'elles apportent. Nous allons réaliser un masque qui va recouvrir cette zone, via l'outil « digitize », pour ensuite la supprimer de nos images. De plus, une analyse fine est impérative afin de supprimer les nuages qui peuvent se trouver à d'autres endroits. De plus, certaines erreurs de passage du satellite (trait noir ou d'une autre couleur) sont visibles, nous allons également les supprimer.

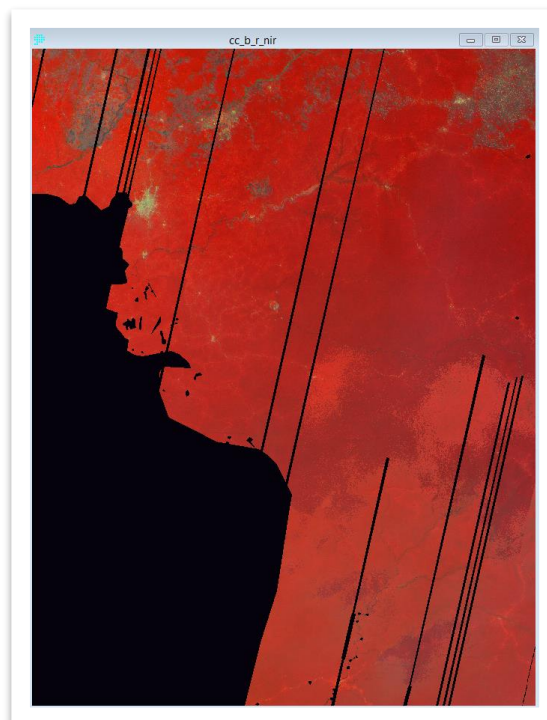


Figure 33: masque nuage

Ensuite, nous utilisons l'outil « RasterVector » pour transformer le vecteur nuage en raster pour ensuite l'importer dans le logiciel ENVI, par la suite, afin de l'utiliser comme masque.

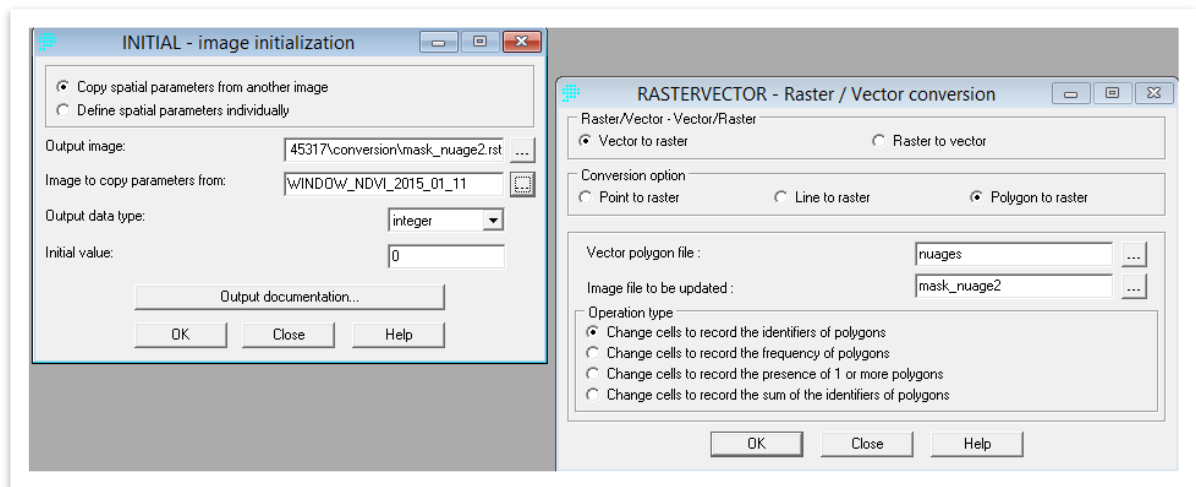


Figure 34:outil RasterVector

L'outil demandera de passer dans un premier temps par le module « initial » afin de créer une image vierge. Les paramètres de cette image doivent être récupérés à partir d'une des images que nous avons redimensionnées. Nous obtenons alors une image où la zone nuageuse sera en valeur 1. Il faut donc réaliser un « reclass » afin d'inverser les valeurs puis l'exporter en Geotiff pour s'en servir dans ENVI EX. Ce masque est nécessaire, car sous ENVI, il est possible d'éliminer une zone lors des traitements afin de ne pas les prendre en compte.

De plus, sur composition colorée (figure 32), nous distinguons en gris les zones de savanes et le réseau hydrographique, en vert pâle les villes et surtout celle de Yaoundé et en rouge, la forêt. Par contre, dans la moitié sud-est de l'image, nous pouvons observer des zones plus claires, provenant d'un biais atmosphérique. Il faut prendre en compte cet élément pour la classification de l'occupation du sol, car la radiométrie étant différente, les éléments risquent de ne pas être identifiés correctement. C'est pour cela que nous avons créé une nouvelle image de type ratio à partir de l'outil « vegindex » avec le rouge et proche infrarouge :

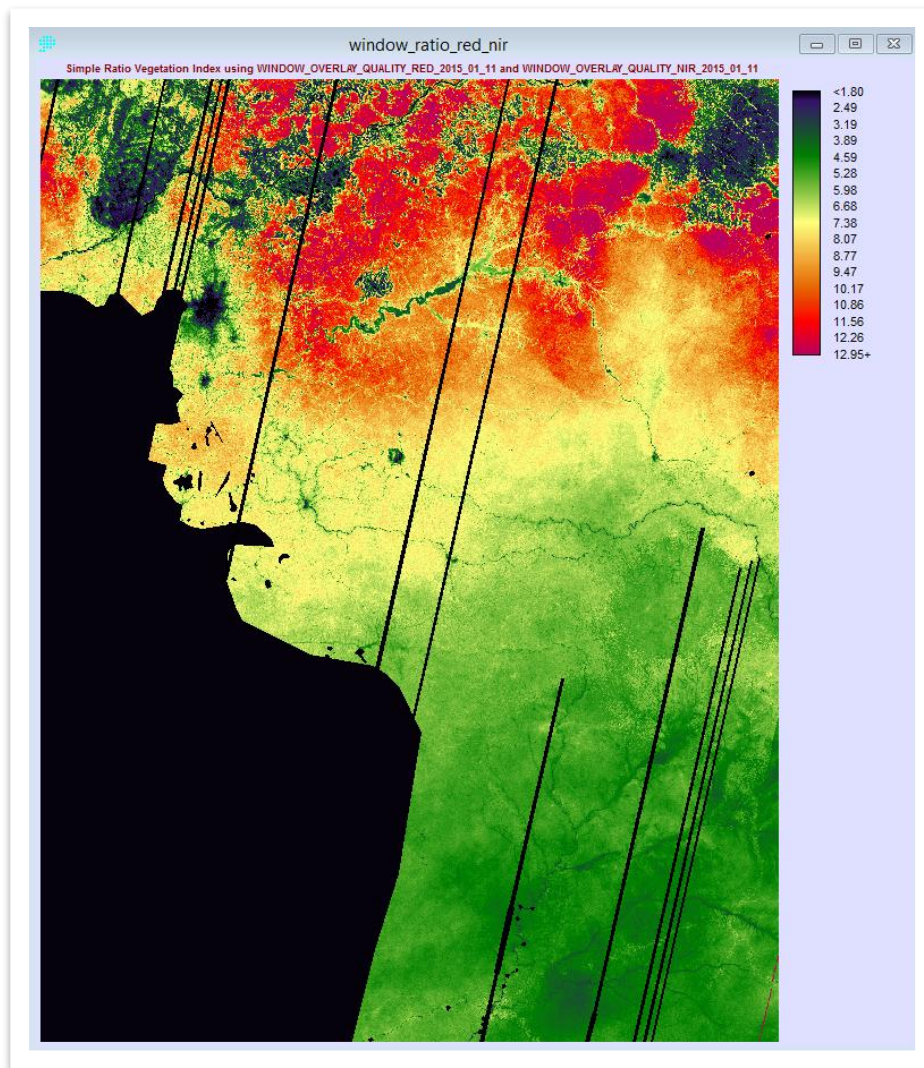


Figure 35:ratio red et nir

Nous pouvons observer que certaines taches ont disparu grâce à cette combinaison.

Maintenant que nous possédons notre date de référence, nous allons pouvoir réaliser notre carte de classification des sols. Elle nous permettra par la suite d'étudier la discontinuité environnementale le long de notre transect pour finalement localiser les trois sites d'étude sur la transition de Mather.

6. Réalisation d'une classification de l'occupation du sol

Dans un premier temps, une classification non supervisée ISODATA, c'est-à-dire que l'ordinateur va étudier chaque pixel pour les regrouper selon leur proximité radiométrique. Ce résultat n'a pas été convaincant, car nous obtenions une superposition radiométrique entre les espaces agricoles, sylvicoles et forestiers.

Une classification supervisée par maximum de vraisemblance c'est-à-dire définir des seuils manuellement et demander au logiciel de regrouper les pixels inclus dans ces seuils dans une classe définie. Cette méthode n'a pas donné un résultat convaincant également.

Ensuite, une méthode statistique par analyse en composantes principales a été utilisée pour différencier l'ensemble de nos bandes et mettre en évidence certains éléments. Cette méthode a

donné des résultats intéressants, mais pas suffisamment, car certaines occupations du sol ne se distinguaient pas.

6.1. Création d'un groupe de couche

La dernière méthode employée et qui a été retenue, se base sur une classification orientée objet réalisée avec le logiciel ENVI EX. Pour cela, il faut exporter au format GeoTiff les images.

Une classification orientée objet permet d'exploiter, en plus des données radiométriques, les formes ainsi que la texture des objets géographiques. Cela consiste à segmenter l'image dans un premier temps, afin de réaliser une multitude d'objets pour ensuite les regrouper dans le but d'obtenir des formes permettant de distinguer des entités, par exemple des cours d'eau et des ripisylves.

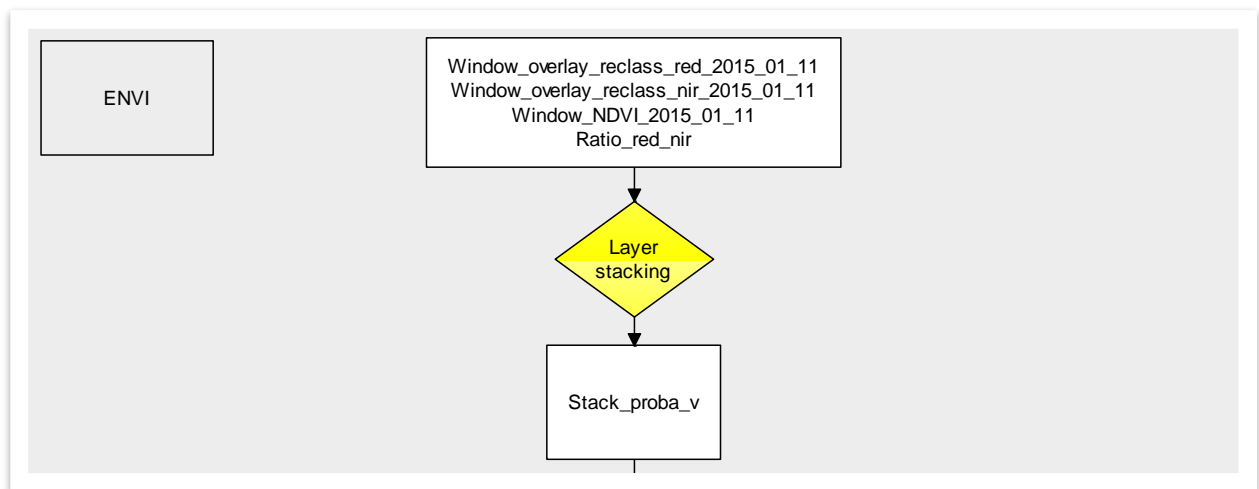


Figure 36:méthodologie création d'un groupe de couche

Dans un premier temps, nous allons utiliser ENVI afin de préparer nos données. Il faut ouvrir dans ce logiciel l'ensemble de nos images au format GeoTiff pour ensuite les regrouper dans un seul fichier. Pour cela, aller dans « basic tools – Layer stacking » (figure 36) :

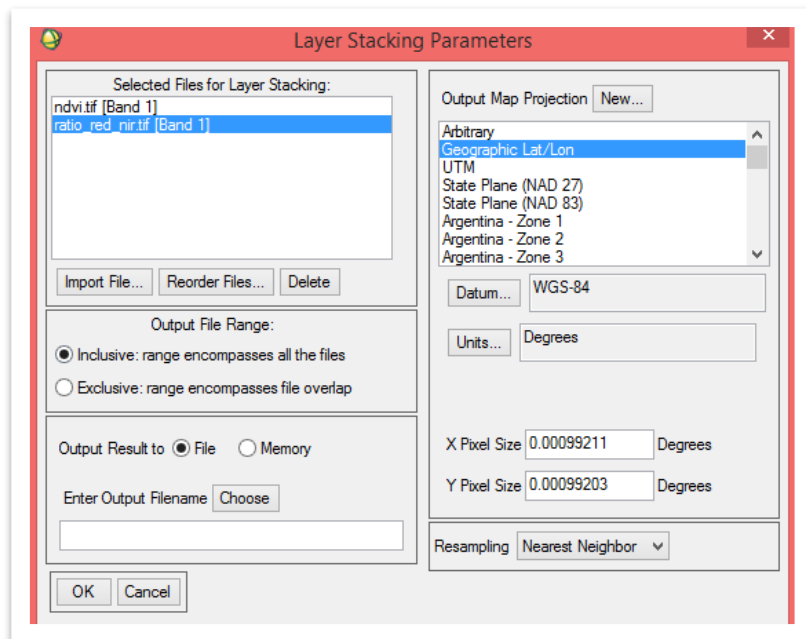


Figure 37:outil layer stacking

Nous sélectionnons les bandes du rouge (*red*), du proche infrarouge (*nir*), le NDVI et le ratio rouge/proche infrarouge (*red/nir*).

Puis, nous allons pouvoir réaliser notre classification orientée objet sous ENVI EX.

6.2. Réalisation d'une classification orientée objet

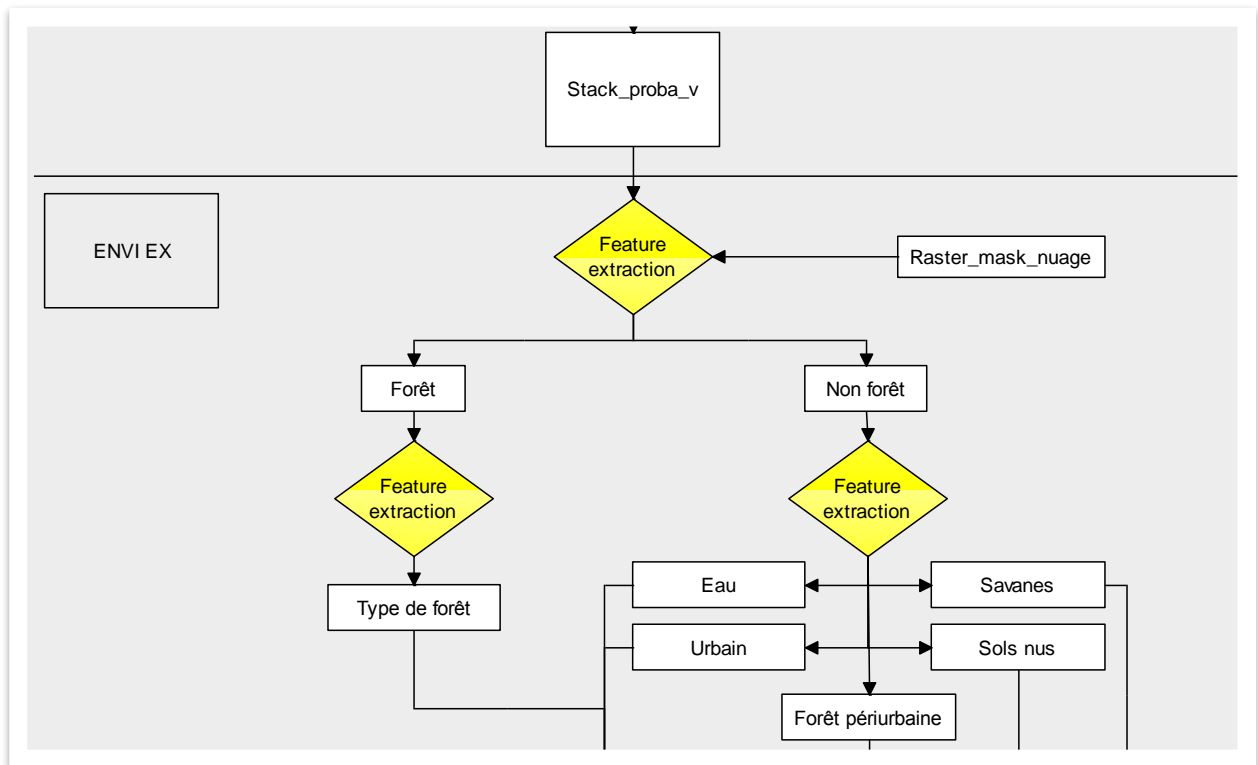


Figure 38:méthodologie classification orientée objet

Nous utilisons la fonction « Feature extraction », puis choisissons le fichier « stack_proba_v » contenant l'ensemble de nos bandes radiométriques (le rouge, proche infrarouge, ndvi et ratio) et nous indiquons notre masque nuage (figure 39).

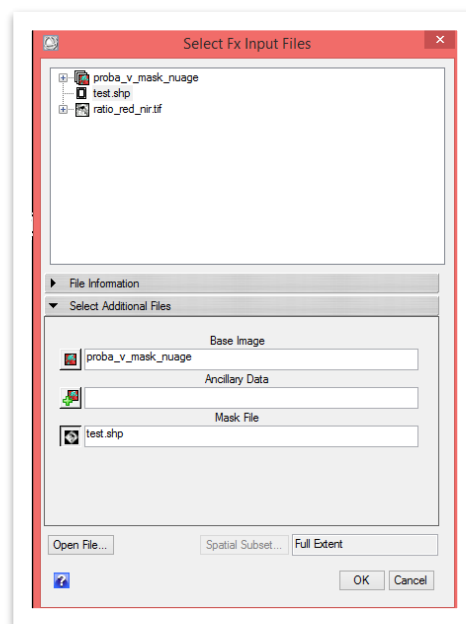


Figure 39: choix des images et du masque nuage

La première étape consiste à effectuer une segmentation de notre image. Plus le seuil défini est fort, plus nous aurons des objets conséquents (figure 40). L'intérêt est de définir un seuil qui permet de distinguer les plus petits éléments géographiques sans pour autant avoir un maillage trop fin.

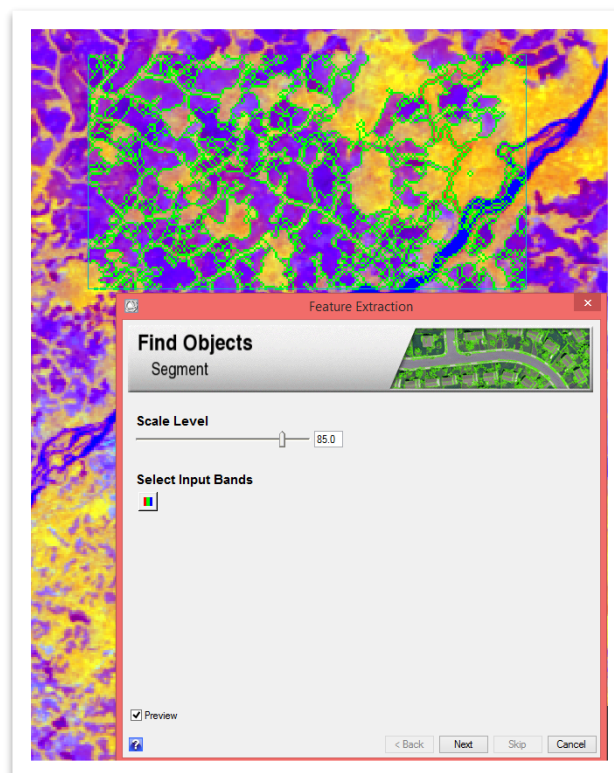


Figure 40: outil segmentation

Nous pouvons distinguer via le mode « preview » que les zones violettes sont correctement délimitées et que les zones jaunes qui les séparent le sont également. Il faut vérifier que ce seuil est correct sur l'ensemble de l'image avant de passer à l'étape suivante.

La seconde étape consiste à regrouper les éléments qui se ressemblent afin de former des continuités :

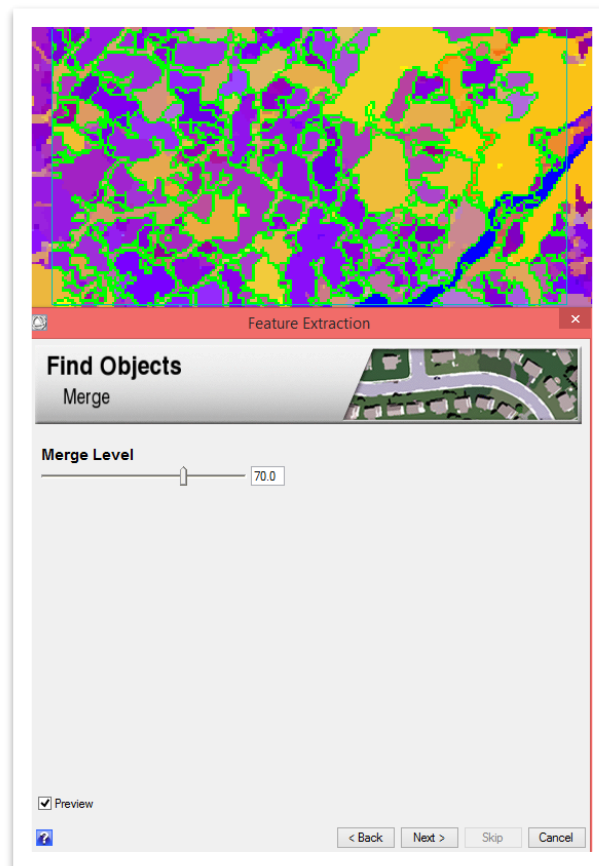


Figure 41:outil fusion

Il faut vérifier que le regroupement est correct sur l'ensemble de l'image.

Puis, le logiciel nous demande si nous voulons seuiller (*thresholding*) nos valeurs, chose que nous n'allons pas faire, car nous souhaitons utiliser l'intégralité du spectre électromagnétique pour identifier nos objets géographiques, donc nous choisissons le choix par défaut :

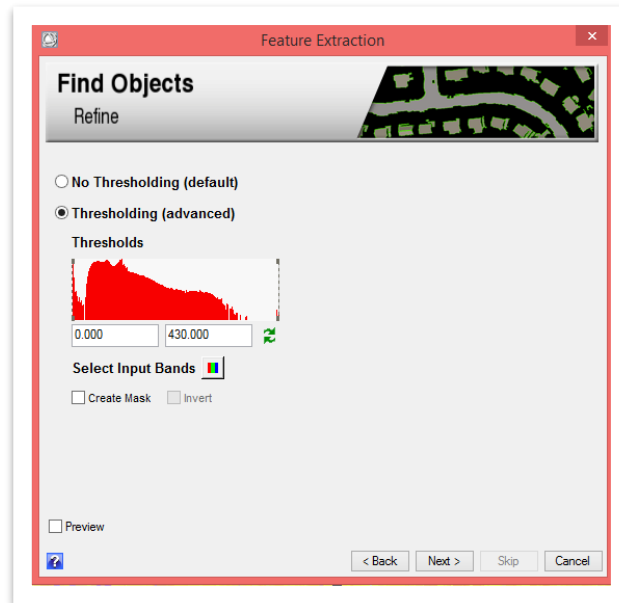


Figure 42:outil seuillage

Puis, nous allons choisir de quelle manière nous voulons que la classification s'effectue. En effet, une classification orientée objet peut se focaliser, en plus de la radiométrie, sur la forme des objets ainsi que de leur texture (figure 43).

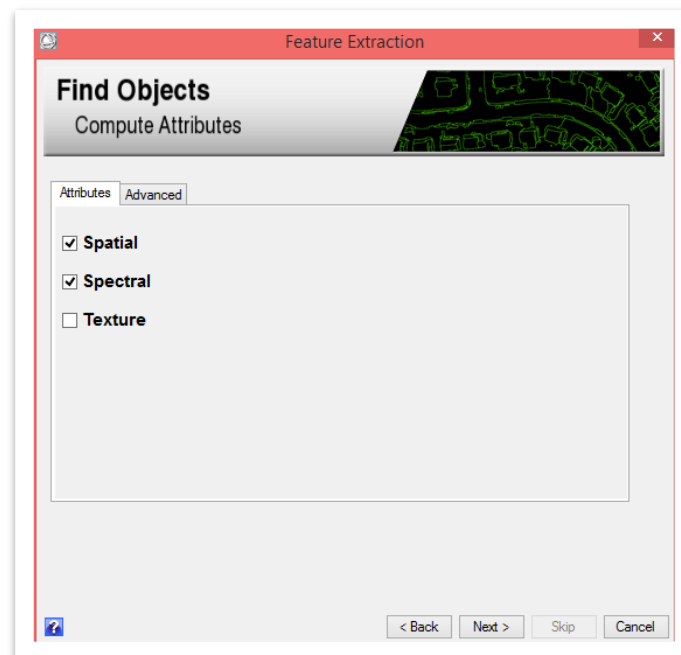


Figure 43:sélection des caractéristiques à utiliser

Par ce choix, nous allons regrouper les objets qui sont homogènes, c'est-à-dire avec des formes et des radiométries qui se ressemblent. Cela permettra de différencier les différentes occupations du sol. De plus, la texture des objets va également être comparée, la structure également.

Puis, nous allons sélectionner les zones d'entraînement (figure 44):

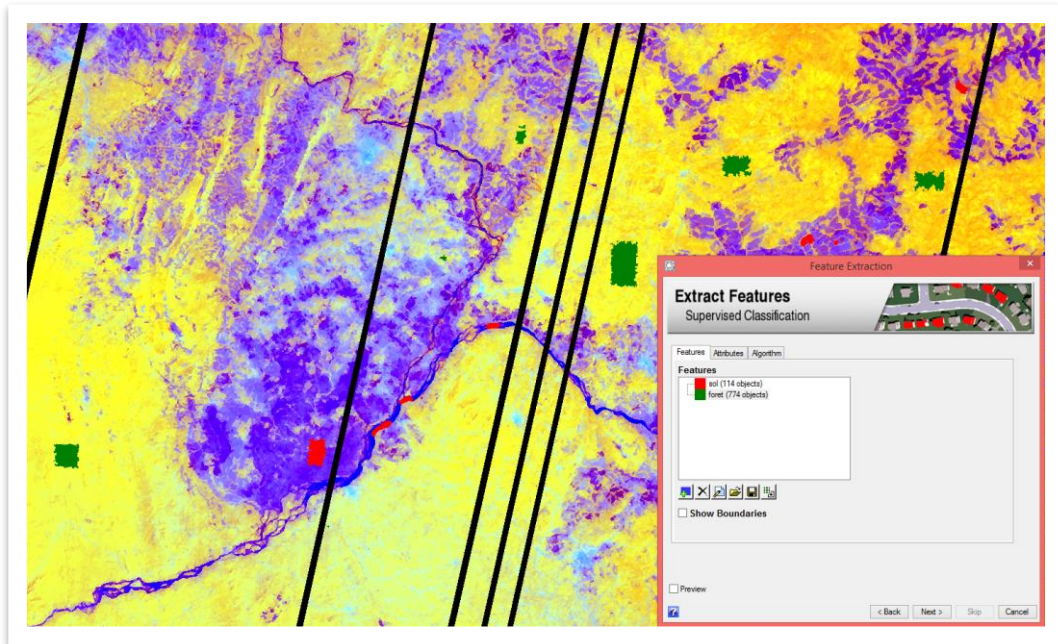


Figure 44:selection des entités

Une occupation du sol se caractérise par une radiométrie, une forme et une texture qui lui est attachée. Ainsi, nous allons choisir des objets, qui ont été définis lors des étapes précédentes, qui correspondent à une occupation du sol pour ensuite les classer.

Dans un premier temps, nous faisons une sélection visant à séparer la forêt du reste des classes. En effet, pour éviter la superposition de classe, nous allons produire la classification en plusieurs étapes

Nous allons dans un premier temps distinguer les espaces forestiers et non forestiers. Ayant 4 bandes radiométriques dans notre « stack_proba_v », nous différencions clairement ces deux occupations du sol. Ensuite, nous allons distinguer les types de forêts selon leur anthropisation et leur humidité. Pour les espaces non forestiers, nous allons distinguer les espaces urbains, l'eau libre, les sols nus et les espaces végétalisés.

Le mode « preview » permet de visualiser si l'apprentissage s'effectue correctement. Une fois qu'il est suffisamment précis, nous pouvons passer à l'étape suivante. Le logiciel nous demande alors sous quelle forme nous souhaitons conserver le résultat. Étant donné que nous allons réaliser un masque à partir de cette première classification (forêt/non forêt), nous allons réaliser un export au format image en cochant « export class results ».

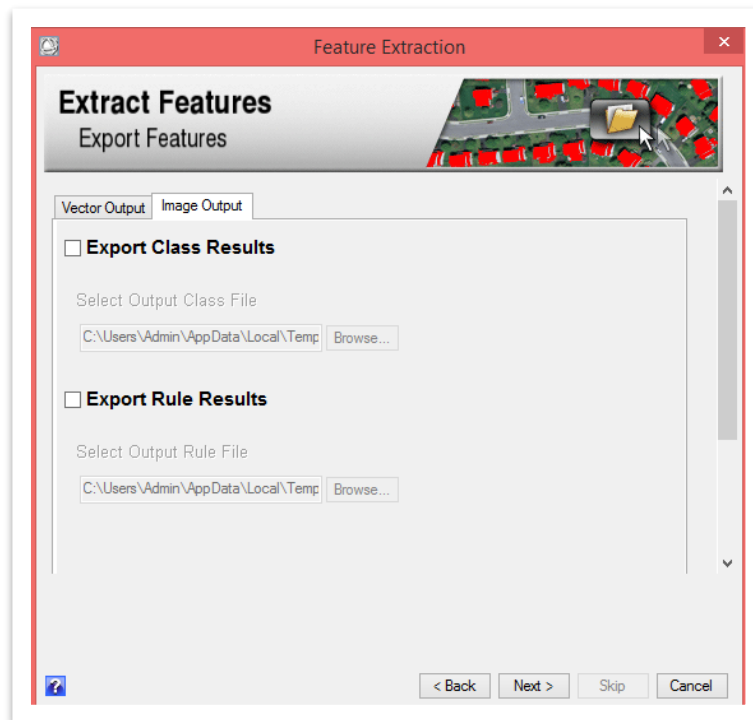


Figure 45: export d'une classification au format matriciel

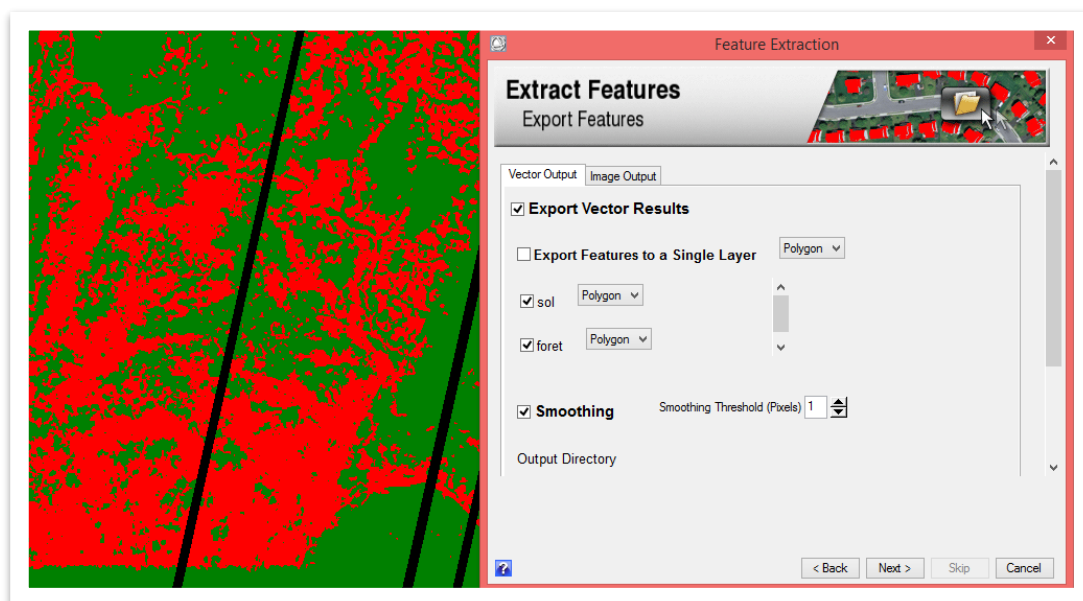


Figure 46: export d'une classification au format vectoriel

Nous retournons alors dans ENVI afin de créer notre masque. Tout d'abord, nous ouvrons notre image puis allons dans « Basic tools –masking-build mask » puis sélectionnons la fenêtre contenant notre image. À partir de cette fenêtre :

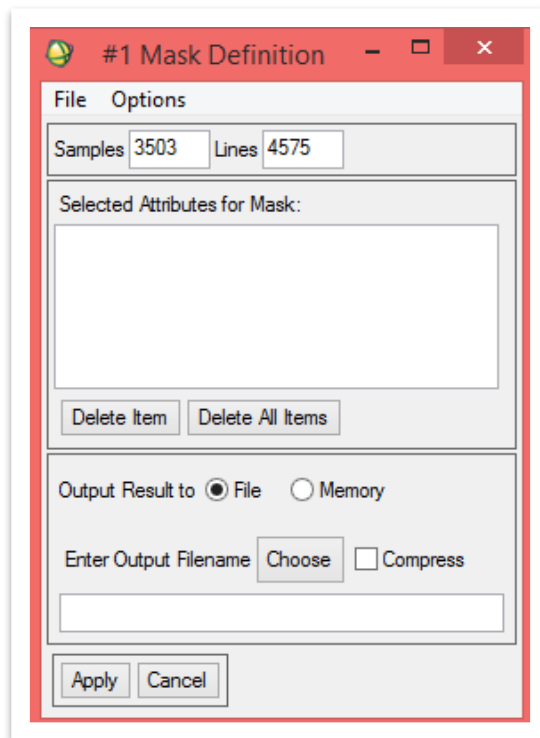


Figure 47:réalisation d'un masque sous ENVI

Nous allons dans « Options-import data range » et choisissons notre image. Nous souhaitons créer un masque de la forêt, c'est-à-dire qu'elle prendra la valeur de 0 afin de la supprimer de nos images. Ayant la valeur 2, suite à notre classification sous ENVI EX, nous remplissons la fenêtre de cette manière afin de la sélectionner :

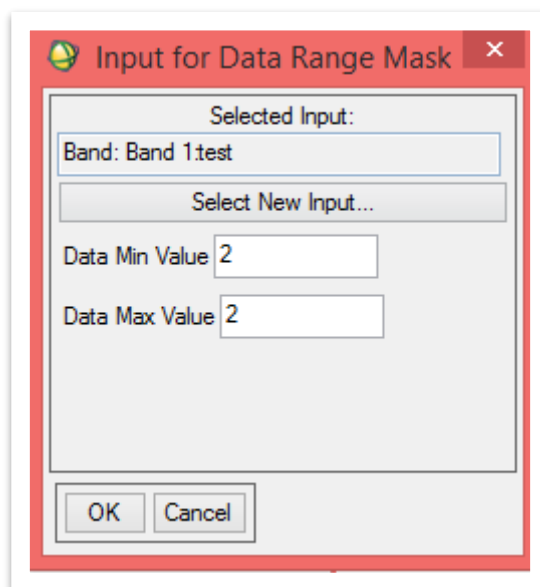


Figure 48:reclass sous ENVI

Afin de donner une valeur de 0 à notre masque forêt, nous devons aller dans « options » et choisir «Selected areas Off». Cela signifie que les zones incluses dans l'intervalle prendront les valeurs de 0. Si c'était sur « On », les valeurs incluses dans l'intervalle auraient une valeur de 1, chose que nous

allons réaliser également afin d’obtenir nos deux masques, une pour la forêt, et pour ce qui ne l’est pas.

Nous utilisons ensuite ces masques afin de focaliser nos prochaines classifications orientées objet sur ces types (forêt puis non forêt) pour limiter les conflits que peuvent apporter certaines zones de l’image.

Pour chaque occupation identifiée, nous allons exporter celle-ci au format vectoriel et l’ensemble de ces fichiers sera ajouté dans ArcMap. Nous obtiendrons alors une carte thématique regroupant l’ensemble des classes d’occupation du sol. De plus, ces données nous permettront de localiser nos sites d’études sur la transition de Mather.

7. Classification Proba-V

7.1. Définition des classes :

Voici les 17 classes qui ont été identifiées :

Urbain dense	Zone urbaine avec des bâtiments avec un fort albédo et dense
Urbain peu dense	Zone urbaine avec des bâtiments moins dense et ayant un albédo plus faible
Forêt périurbaine	Forêt claire à vocation urbaine et agricole à proximité de zone urbaine
Sol nu	Pixel ayant une faible réflectance dans le NDVI
Mosaïque forêt / agri	Zone forestière ayant les mêmes caractéristiques que la forêt périurbaine, mais se situant à distance des zones urbaines.
Eau libre	Eau libre
Zone humide	Zone humide où l’information sur la végétation n’est pas identifiable
Forêt transition	Forêt se situant en abord des routes et de zones de savane
Forêt dégradée	Forêt anthropisée qui se distingue de la forêt de terre ferme
Forêt de terre ferme	Forêt fermée non anthropisée
Forêt marécageuse	Forêt non anthropisée ayant un taux d’humidité élevé
Mosaïque forêt / sol nu	Zones forestières avec la présence de sol nu sur une surface importante
Ripisylve	Formation boisée linéaire séparant les zones de savanes ou agricoles telle une haie. Possède une grande diversité floristique et une humidité forte.
Ripisylve peu dense	Formation boisée linéaire fine séparant les zones de savanes ou agricoles telle une haie. Possède une grande diversité floristique et une humidité forte.
Savane arbustive	Sol couvert d’une végétation herbacée et arbustive

Savane sol ferme	Savane se situant entre le sol nu et la végétation herbacée peu dense
Savane sol humide	Savane humide

7.2. Comparaison de la classification Proba-V avec d'autres capteurs

L'occupation du sol déterminée, à partir d'images du satellite Proba-V, sur les trois sites CoForTips est comparée avec des classifications de 2013 à haute résolution spatiale afin d'observer si les classifications entre ces capteurs sont cohérentes. De plus, si la comparaison est pertinente, l'utilisation du satellite Proba-V permet d'acquérir des scènes plus vastes (fauchée de 2250km) tout en préservant une information du territoire pertinente. Cela apporte donc un intérêt notable à ce nouveau capteur.

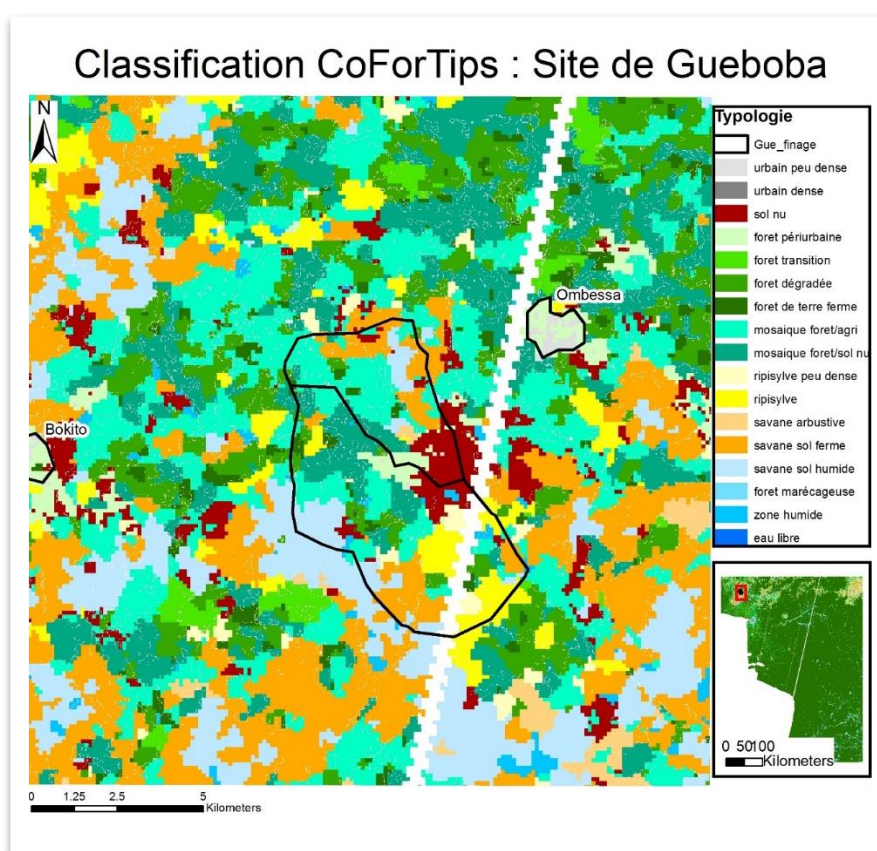


Figure 49: Classification du site de Gueboba-Proba-V

Cette image, issue du satellite Proba-V, à résolution spatiale de 100 mètres, permet d'identifier dans un premier temps les villes, à partir de la classe « urbain ». Le tableau ci-dessous résume la surface totale de chaque classe avec un total de 38049.1ha.

Classe	Urbain peu dense	Forêt périurbaine	Sol nu	Mosaïque forêt / agri	Zone humide	Forêt transition	Forêt dégradée
Surface ha	144.22359	853.59126	1839.8216	7323.62885	444.263156	747.59187	4754.32841
Classe	Forêt de terre ferme	Forêt marécageuse	Ripisylve	Ripisylve peu dense	Savane arbustive	Savane sol ferme	Savane sol humide
Surface ha	982.09053	5983.6347	1690.8046	471.065206	549.336358	7637.5179	4627.1592

Classification CoForTips : Site de Gueboba

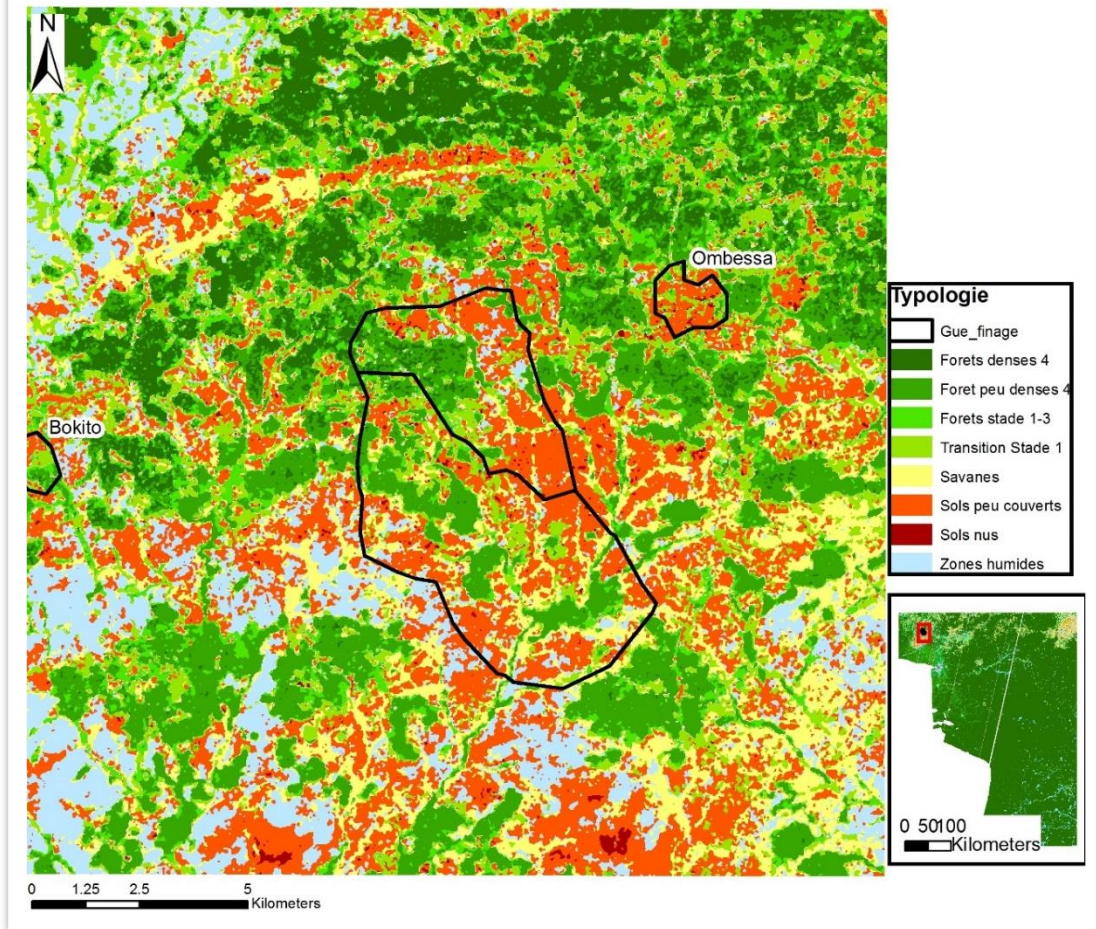


Figure 50: Classification du site de Gueboba-SPOT 5

Cette image est issue du satellite SPOT 5 (fauchée 60km) à résolution spatiale de 10 mètres. Cette classification ne permet pas d'identifier les villes comme sur le satellite Proba-V. Concernant la répartition des classes, nous pouvons observer que les zones forestières et de savanes sont localisées au même endroit. Le tableau ci-dessous résume la surface totale de chaque classe.

Classe	Savane	Sol nu	Sol peu couvert	Zone humide	Transition stade 1	Forêt stade 1-3	Forêt peu dense 4	Forêt dense 4	Total
Surface ha	4982.72	241.28	8093.60001	4867.28002	5261.2	3361.8	7957.1201	4118.08001	38883.0801 ha

Ainsi, en additionnant les classes « savanes » des deux images, nous obtenons pour Proba-V 12 813ha (savane sol ferme, savane arbustive, savane sol humide) et 13 075ha (savane, sol peu couvert) pour Spot 5.

Les zones de sol nu sont surreprésentées sur Proba-V avec 1839ha et seulement 241ha pour Spot 5.

Concernant les forêts, Proba-V identifie 12 466ha de forêt (forêt transition, forêt dégradée, forêt de terre ferme, forêt marécageuse) et 20 697ha (Transition stade 1, Forêt stade 1-3, Forêt peu dense 4, Forêt dense 4). En comparant les images, pour récupérer la même surface de forêt pour Proba-V, il faut intégrer les classes de mosaïques et de ripisylve pour atteindre 21 950ha. En somme, la surface

des classes entre les deux images est respectée. La résolution radiométrique de Proba-V et la classification orientée objet permettent de distinguer un grand nombre de classes.

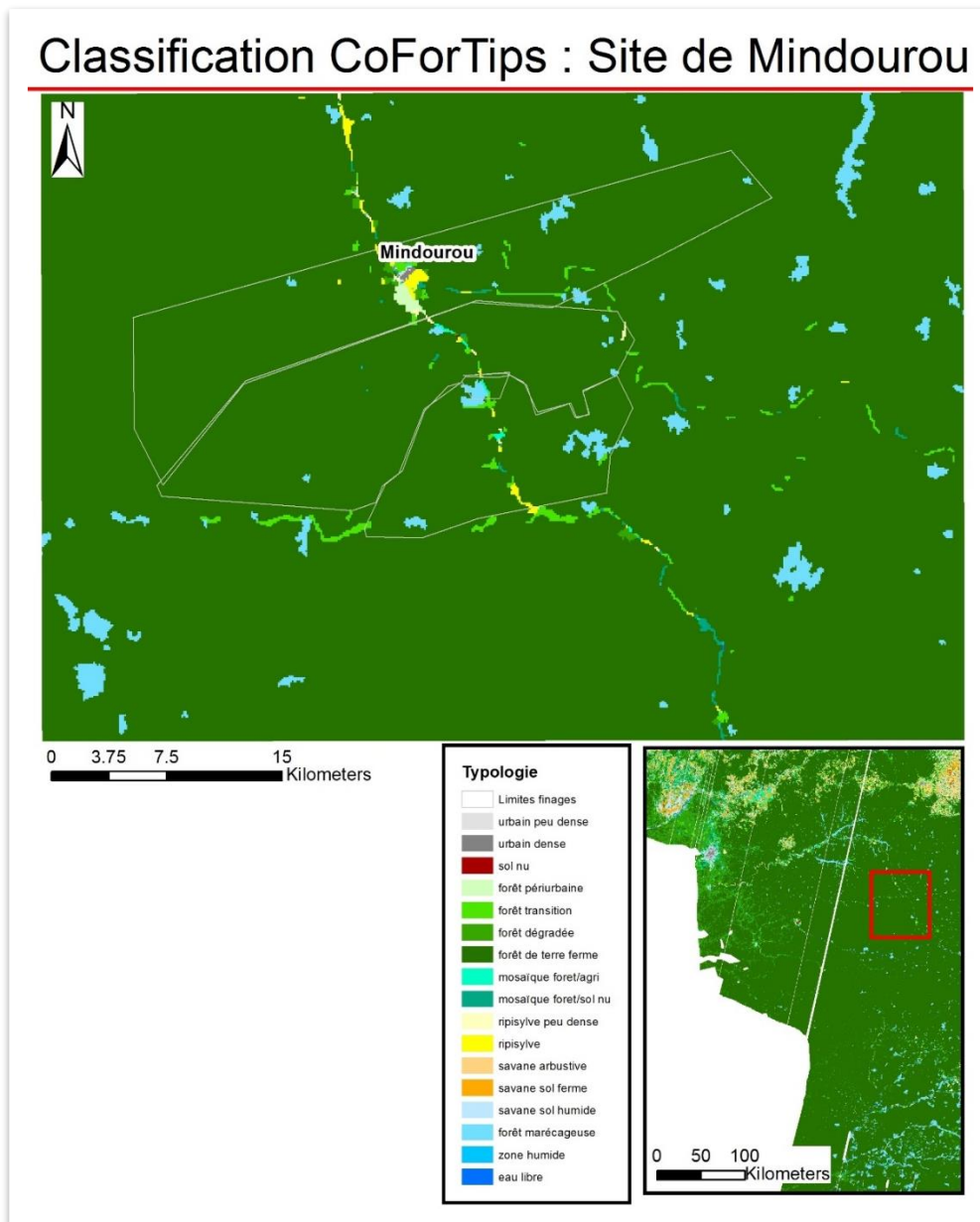


Figure 51: Classification du site de Mindourou-Proba-V

Cette classification issue du satellite Proba-V permet d'identifier le réseau routier du site, mais aussi la ville de Mindourou dont voici la surface pour chacune des classes, pour une surface totale de 251999ha.

Classe	Urbain dense	Urbain peu dense	Forêt périurbaine	Sol nu	Mosaïque forêt / agri	Eau libre	Zone humide
Surface Ha	54.411031	18.136958	194.673416	2.418285	108.82467	3.627601	18.138059
Classe	Forêt transition	Forêt dégradée	Forêt de terre ferme	Forêt marécageuse	Mosaïque forêt / sol nu	Ripisylve	Ripisylve peu dense
Surface Ha	1384.5101	298.659391	244180.97	4777.90489	348.06219	494.53622	115.0649

Classification CoForTips : Site de Mindourou

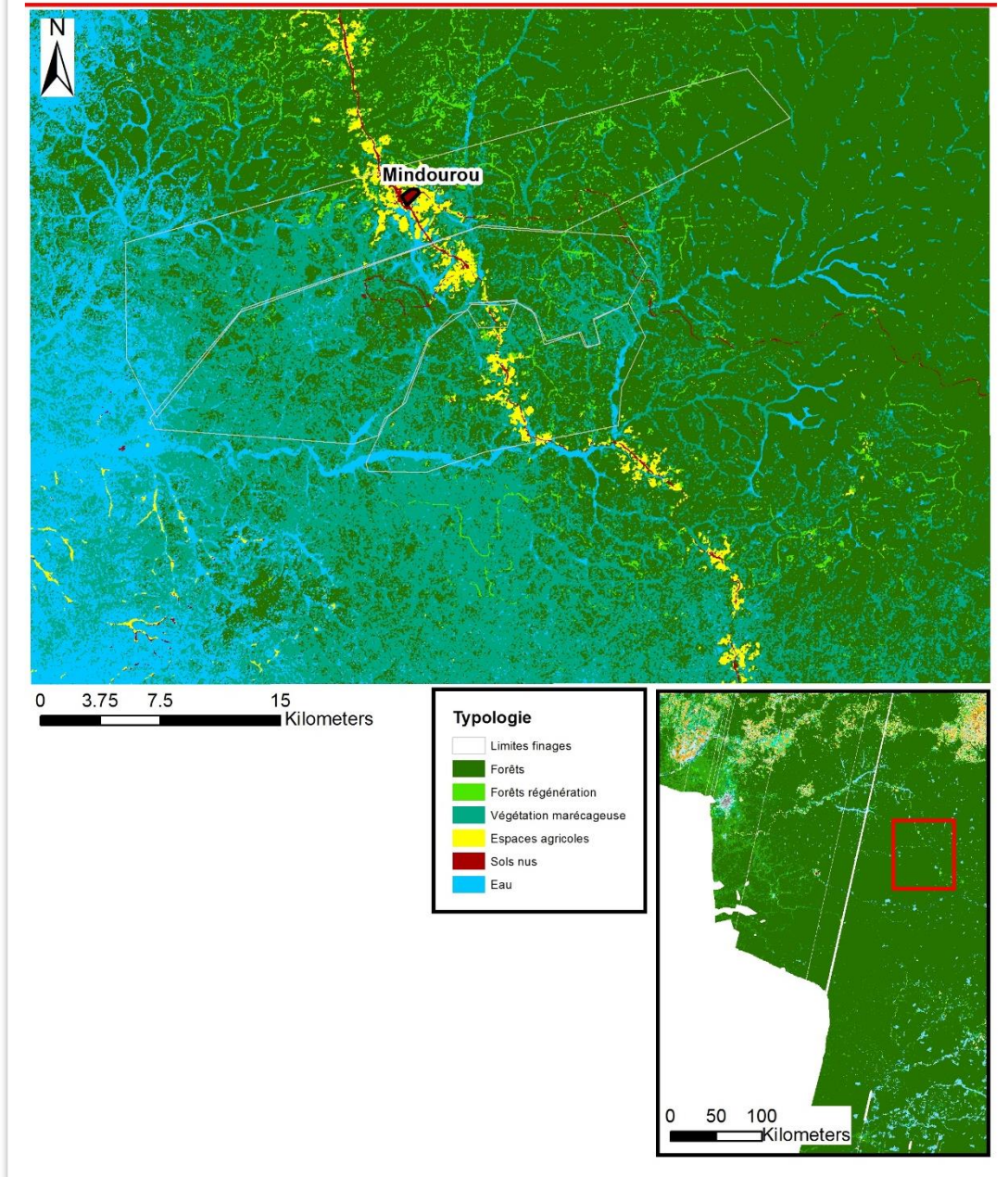


Figure 52:classification du site de Mindourou-Landsat 8

Cette classification est issue du satellite Landsat 8 (fauchée 185km) avec une résolution spatiale de 30 mètres. Nous distinguons plus clairement le réseau hydrographique de la zone et observons de manière plus nette les parcelles agricoles au bord des routes. Le tableau ci-dessous indique la surface de chacune des classes pour un total de 252000ha :

Classe	Eau	Végétation marécageuse	Sol nu	Agriculture	Forêt régénération	Forêt
Surface ha	30083.1005	72533.9717	879.750007	4038.93	5759.73003	138704.577

En comparant les deux tableaux de données, la surface des espaces agricole entre les deux sites est de 108 ha pour Proba-V (mosaïque forêt /agri) et 4038ha pour l'image Landsat 8. La classification orientée objet donne beaucoup de poids à la forêt de terre ferme sur l'image Proba-V.

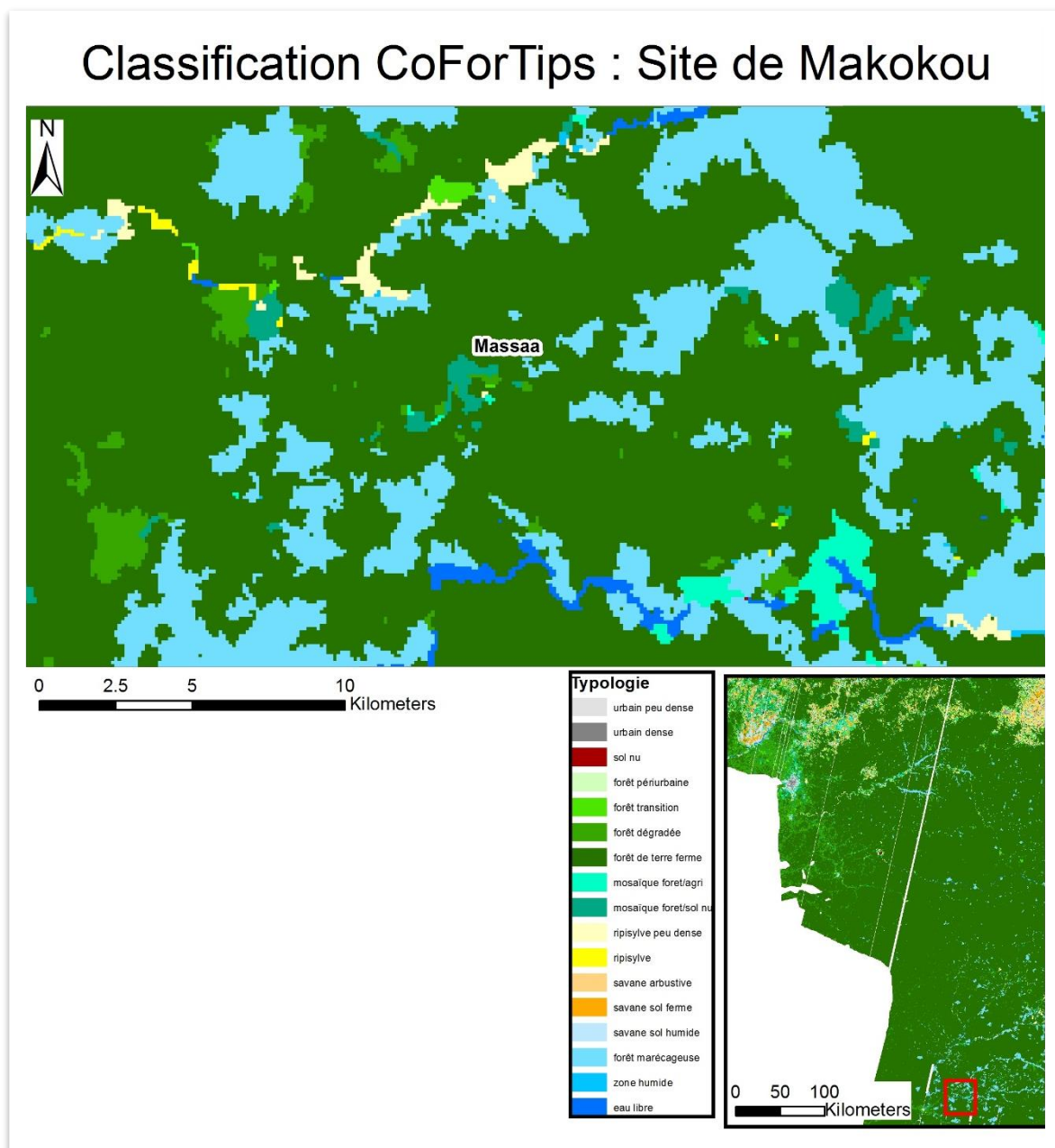


Figure 53: Classification du site de Makokou-Proba-V

Cette image, issue de Proba-V, permet d'identifier une partie des cours d'eau au nord et au sud du site de Makokou. Les villages sont identifiés à partir de la classe « mosaïque forêt/agri », confirmée via un orthophotoplan. Le réseau routier reliant les villes n'est pas identifié. Voici le tableau résumant les surfaces de chacune des classes, pour un total de 60958ha :

Classe	Sol nu	Mosaïque forêt / agri	Eau libre	Zone humide	Forêt transition	Forêt dégradée
Surface ha	1.211483	736.228838	705.26939	49.350884	151.492699	1220.51584
Classe	Forêt de terre ferme	Forêt marécageuse	Mosaïque forêt / sol nu	Ripisylve	Ripisylve peu dense	
Surface ha	43113.1224	13444.3366	832.622441	140.551627	563.377714	

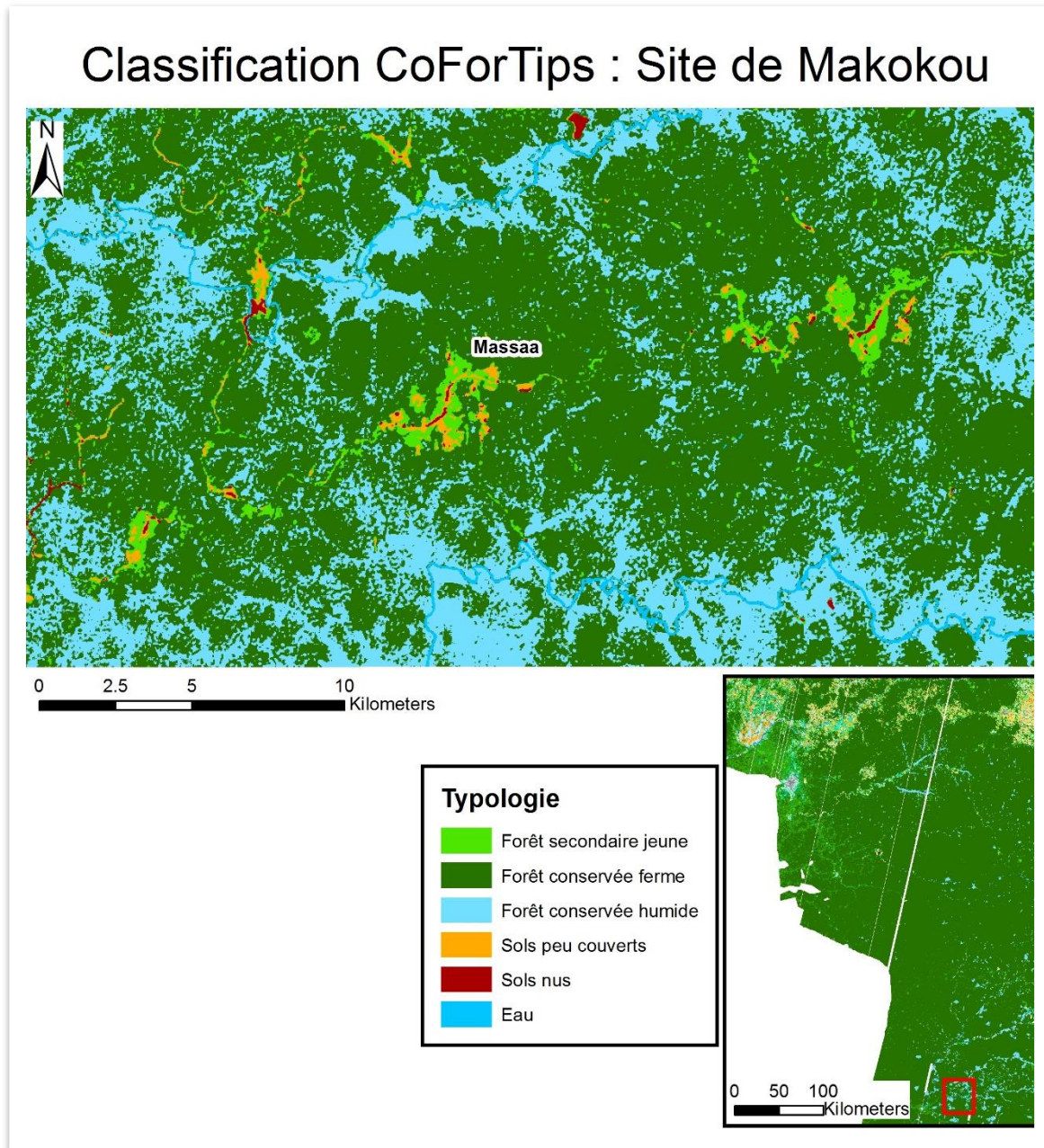


Figure 54: Classification du site de Makokou-Landsat 8

Cette classification provient d'une analyse à partir d'images Landsat 8. Les villages sont identifiables à partir de la classe forêt secondaire jeune, due à la forte présence humaine causant une végétation arborée jeune (suite à des coupes). Il est possible de supposer le réseau routier à partir des sols nus, mais aussi de cette classe de forêt secondaire jeune. Le réseau hydrographique est clairement visible

à la résolution 30 mètres. Voici le tableau résumant les surfaces de chacune des classes, pour un total de 60958ha :

Classe	Eau	Sol nu	Sol peu couvert	Forêt secondaire jeune	Forêt conservée ferme	Forêt conservée humide
Surface (ha)	793.529999	199.35	541.260001	1663.20002	40501.8897	17258.8501

Concernant les tableaux de données, nous pouvons voir que l'eau libre est identifiée dans les mêmes proportions de surface, mais avec une répartition spatiale différente. La forêt marécageuse de Proba-V représente 13444ha et 17258ha pour Landsat 8. Le satellite Proba-V sous-évalue cette classe et ne permet pas de récupérer totalement la distribution spatiale de celle-ci. En effet, une vaste zone de la classification Proba-V est identifiée en « forêt conservée ferme » sur Landsat 8. Concernant cette classe, elle représente 43113ha pour Proba-V et 40501ha pour Landsat 8.

En somme, pour ce site, le satellite Proba-V est intéressant, mais n'offre pas une précision aussi intéressante que pour le site de Gueboba, dû à la résolution spatiale de Proba-V trop faible pour cette zone ayant de petites entités géographiques.

7.3. Acquisition des informations pour localiser les sites sur la transition de Mather

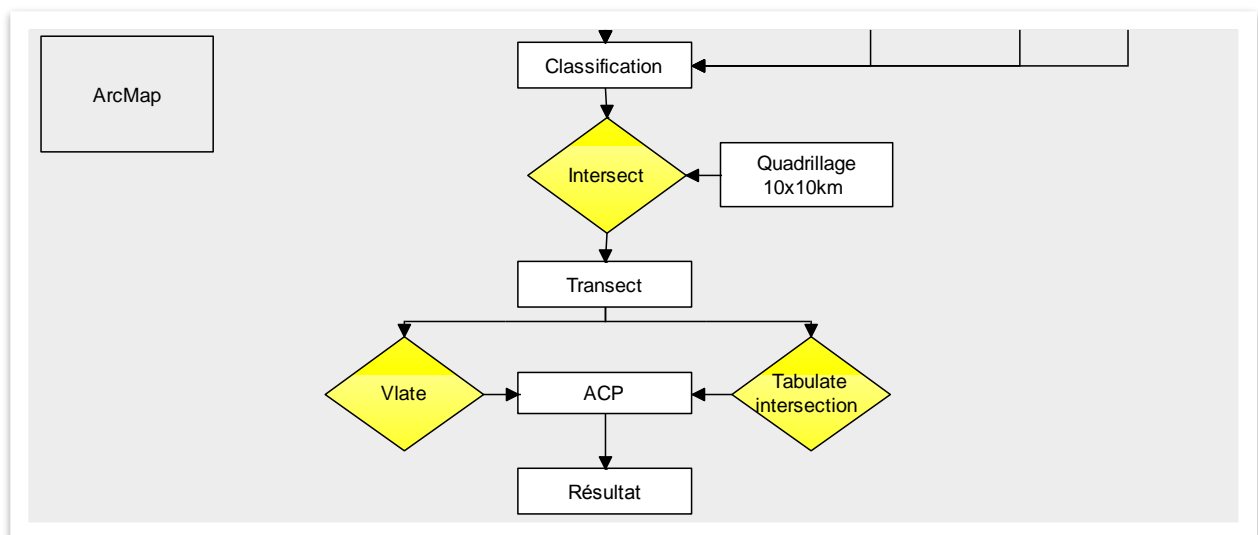


Figure 55:méthodologie pour déterminer la localisation des sites sur la transition de Mather

Tout d'abord, nous devons réaliser notre transect qui va passer par nos trois sites et qui sera symbolisé par une ligne dans un premier temps. Puis, pour suivre la différenciation des classes le long de ce transect, nous allons réaliser un quadrillage afin d'étudier la répartition des classes dans chacune d'elles. Nous avons décidé arbitrairement de réaliser un quadrillage de 10x10km, compte tenu de la résolution spatiale du capteur (des pixels de 100x100m) mais aussi, car cela permet d'acquérir un nombre de cases important, au nombre de 70, permet d'avoir une évolution fine de l'occupation du sol (figure 56). Les cases vont de 1 (site de Makokou) à 70 (site de Gueboba) avec le site de Mindourou à la case 36.

Classification CoForTips : transect d'étude

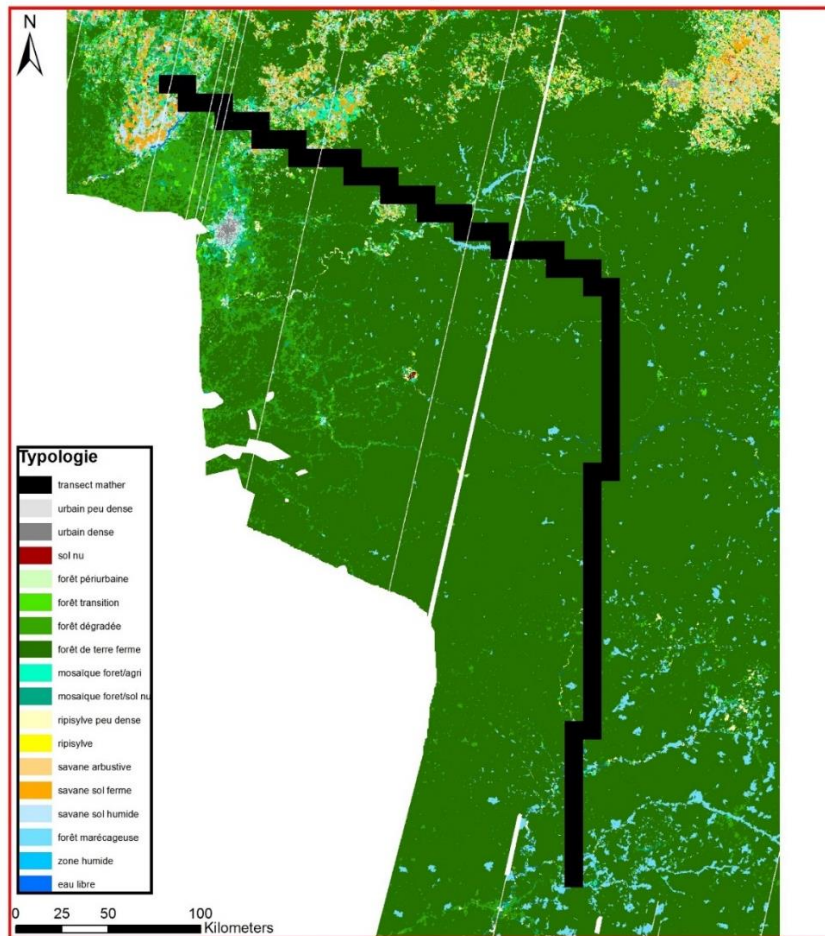


Figure 56: Transect entre les sites CoForTips

Puis, via la fonction « intersect » d’ArcMap, nous allons sélectionner les cases qui intersectent notre transect afin de ne conserver que celles-ci. Ensuite, nous associons les informations de la classification dans chacune des 70 cases via l’outil « intersect ». Ainsi, nous possédons 70 classifications que nous allons étudier de deux façons.

Tout d’abord, nous allons employer l’outil « tabulate intersection » d’ArcMap permettant de calculer l’intersection entre deux classes d’entités et de calculer les superficies croisées de la surface, la longueur ou le total des entités d’intersection (figure 57).

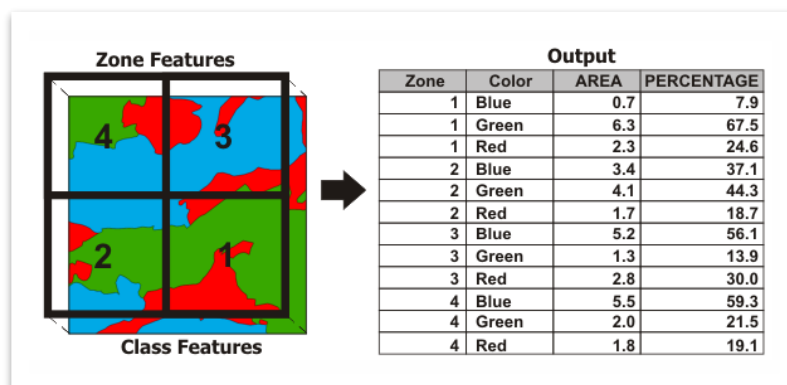


Figure 57: outil tabulate intersection (source : aide arcgis)

Nous obtenons alors une table attributaire où pour chaque numéro de case, nous avons une classe d'occupation du sol avec son pourcentage d'occupation de la case. Ensuite, nous utilisons la fonction « pivot table » afin de regrouper sur une même ligne toutes les occupations d'une case. Ainsi, nous obtenons ceci :

OBJECTID *	ID_case *	id_class1	id_class10	id_class11	id_class12	id_class13
1	1	0	79.459648	13.924053	2.146536	0
2	2	0	70.861264	22.379845	0.463457	0
3	3	0	97.68241	1.293107	0	0
4	4	0	92.197026	6.318736	0	0
5	5	0	87.119032	10.958095	0	0
6	6	0	93.663676	3.796874	0	0
7	7	0	72.149338	7.313907	1.817238	0.500045
8	8	0	91.912231	5.896396	0.048785	0.024392
9	9	0	94.647186	1.506679	0.073177	0.439064
10	10	0	90.937881	3.420496	1.878219	0.12081
11	11	0	96.810042	1.480989	0	0
12	12	0	94.058733	3.621949	0	0

Figure 58:Exemple "pivot table"

Nous exportons alors ce résultat dans excel, puis nous réalisons une jointure attributaire dans ArcMap entre les numéros de case et ce résultat. Puis, nous allons utiliser l'outil « V-late » qui est une extension pour ArcMap qui permet d'obtenir des données paysagères telles que la fragmentation du paysage, la densité et la diversité des classes ainsi que la richesse du milieu. Dans notre cas, nous allons utiliser les données « Area analysis, Edge analysis » (figure 59). Pour utiliser l'extension V-late, il est impératif que le fichier sur lequel vont s'effectuer les calculs soit en mètres, car V-late utilise cette unité de longueur pour ses calculs (les fichiers Proba-V sont en degrés décimaux initialement).

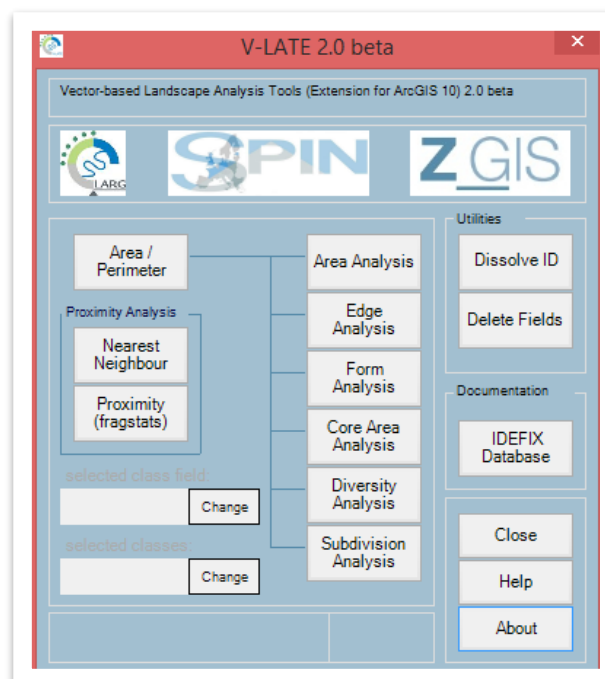


Figure 59:Interface V-late

Avec l'ensemble des données acquises à partir du « tabulate intersection » et de « V-late », une analyse statistique multivariée en composante principale a été effectuée. L'utilisation de cette méthode statistique permet d'exploiter l'ensemble des données que nous avons à disposition afin de comprendre les dynamiques et les liens du milieu.

Dans un premier temps, voici la répartition des différentes classes d'occupations d'après cette analyse et les données acquises précédemment :

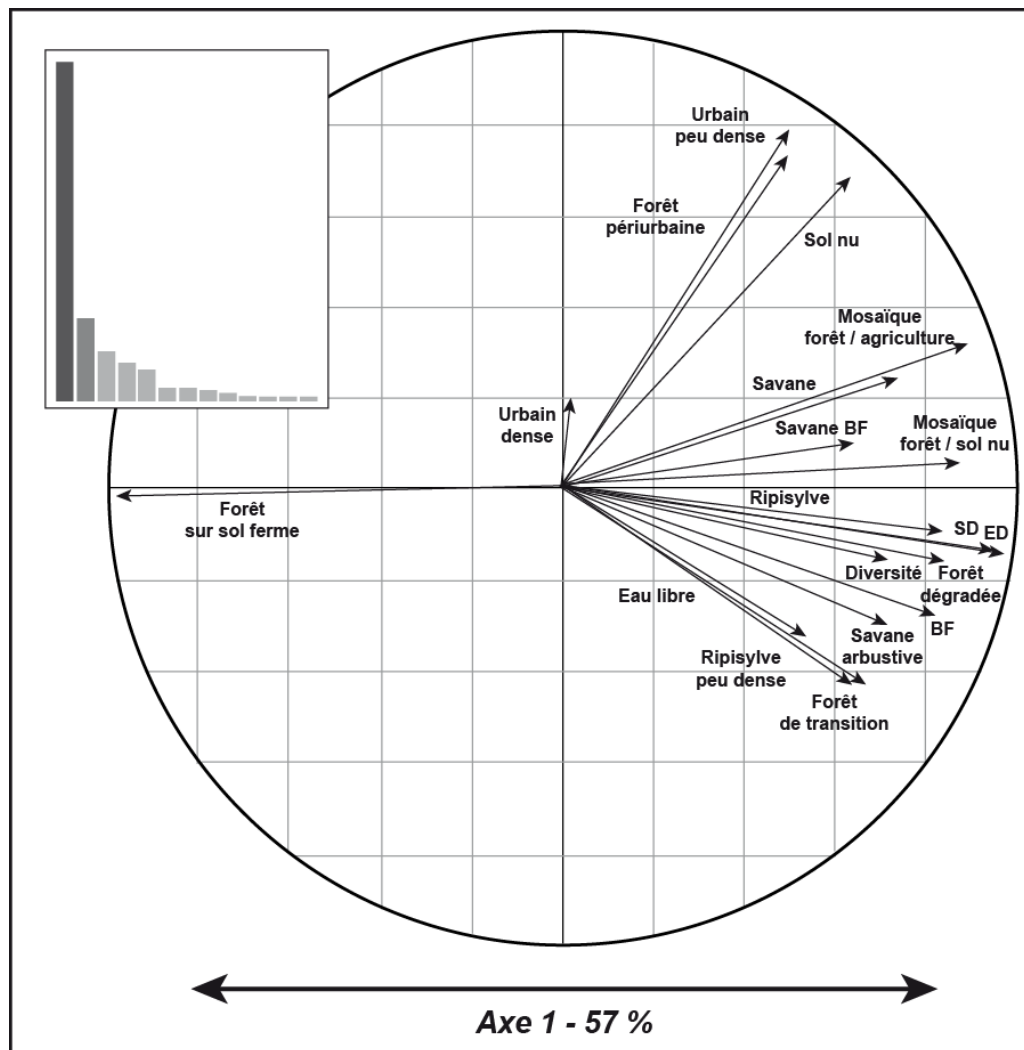


Figure 60: Représentation géométrique de la corrélation des classes (schéma : Johan Oszwald)

Nous pouvons observer que la forêt de terre ferme (Foret_TF) s'oppose à quasiment toutes les classes. En somme, l'homogénéité de cette classe s'oppose à l'hétérogénéité des autres classes, présentes dans les espaces fragmentés et anthropisés. Dans cette analyse statistique, les forêts de terre ferme ont des valeurs négatives (à gauche sur l'axe des abscisses), les valeurs positives indiquent au contraire un milieu hétérogène dû à la présence humaine. Cette opposition structure notre jeu de données à 57%, ce qui nous a permis de réaliser un indice concernant cet impact anthropique.

Cet indice oppose deux milieux, ceux anthropisé et hétérogène face aux milieux forestier et homogène. Ainsi, Makokou et Mindourou sont des sites forestiers et homogènes, avec un début de pression anthropique pour Mindourou. Quant à Gueboba, ce site est fortement anthropisé et comme nous l'avons vu précédemment, ce milieu est hétérogène (agriculture, savanes, forêts) (figure 61).

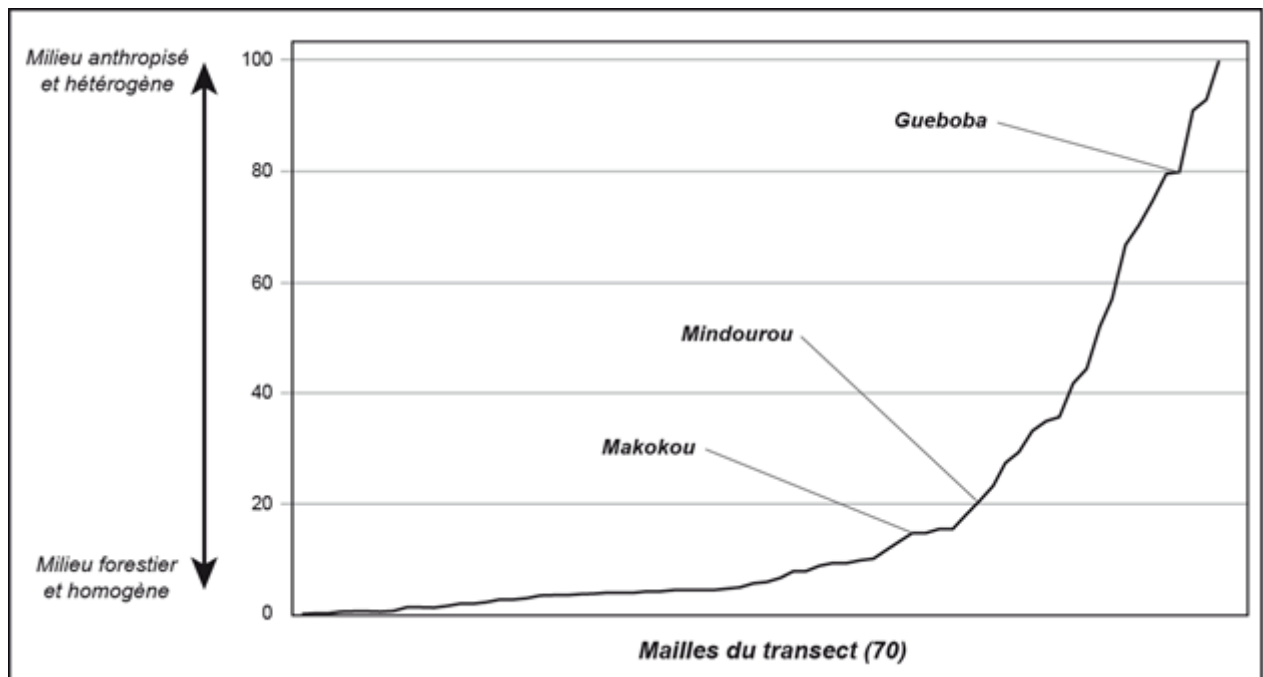


Figure 61: Indice de pression anthropique et localisation des sites sur cet indice (schéma : Johan Oszwald)

Les valeurs de cet indice vont de 0 à 100, 0 étant un milieu fortement anthropisé et 100 un milieu anthropisé et hétérogène. Une valeur de 100 n'indique pas un milieu sans espaces forestiers.

À partir des données Landsat, nous avons pu déterminer la dynamique de chacun de ces sites. Ainsi, nous avons déterminé ces tendances par rapport à l'évolution des surfaces forestières entre 1990 et 2013 (figure 62).

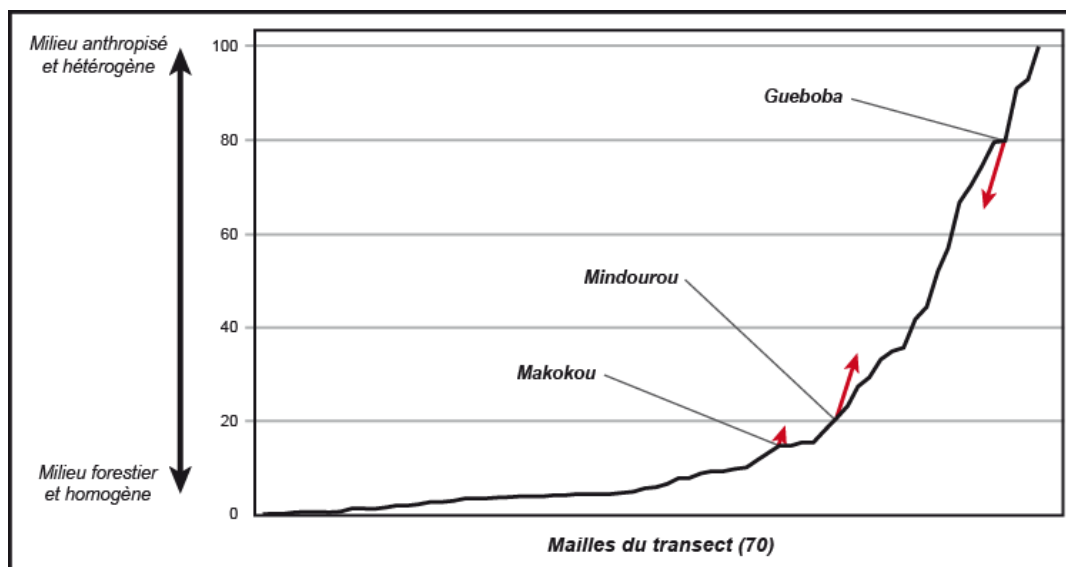
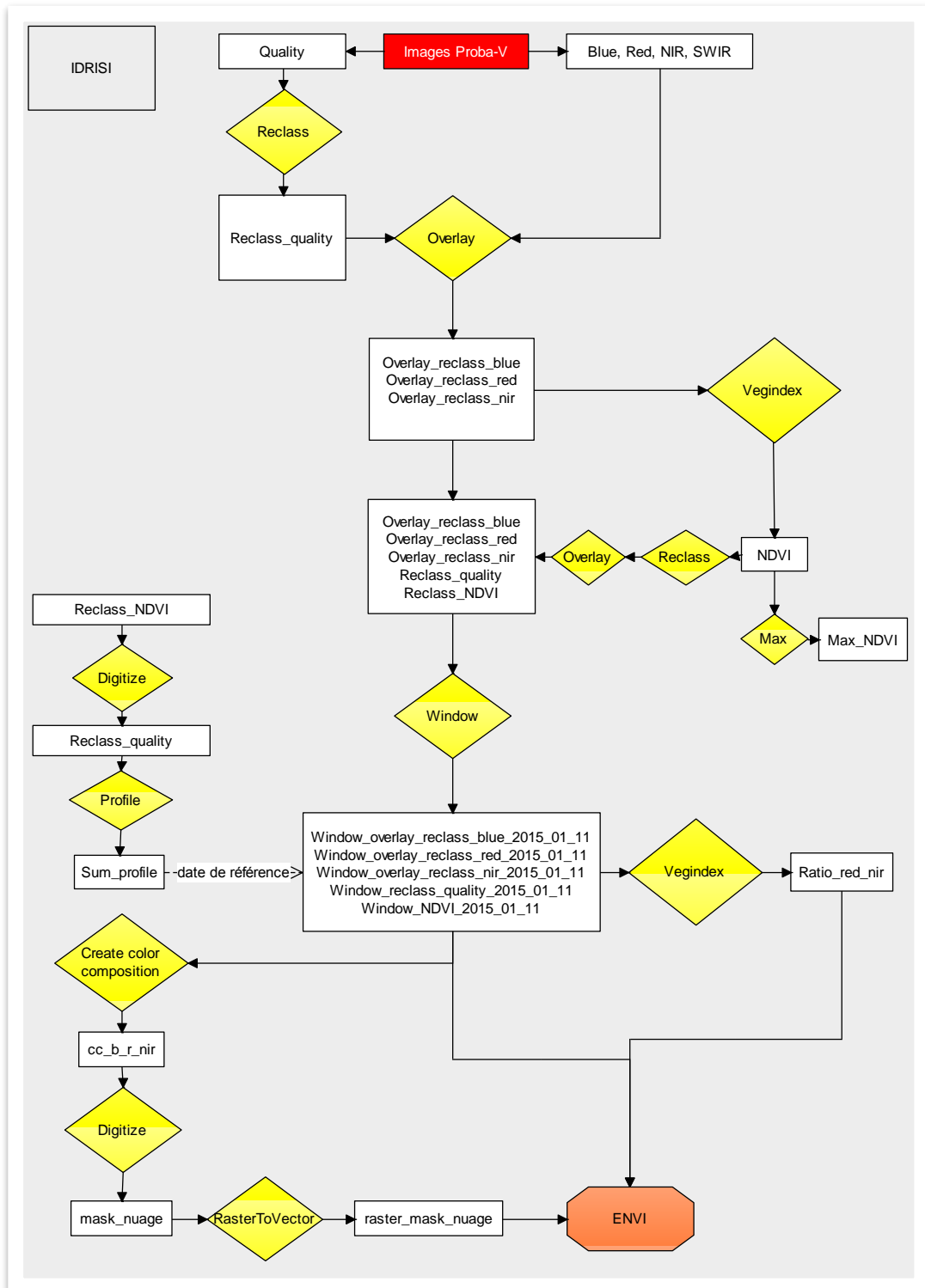


Figure 62: Dynamique des sites CoForTips sur l'indice de pression humaine (schéma : Johan Oszwald)

Plus les flèches sont longues, plus le phénomène est intense. Ainsi, Makokou subit une pression anthropique faible depuis quelques décennies, ce qui n'est pas le cas de Mindourou qui voit son anthropisation devenir de plus en plus forte. Enfin, pour le site de Gueboba, celui-ci est en phase de reforestation de manière dynamique. Cette information de tendance pour chacun des sites ainsi que leur localisation sur cet indice nous permet de placer nos sites sur la transition forestière de Mather.

8. Conclusion :

Pour résumer, voici la méthodologie qui a été appliquée :



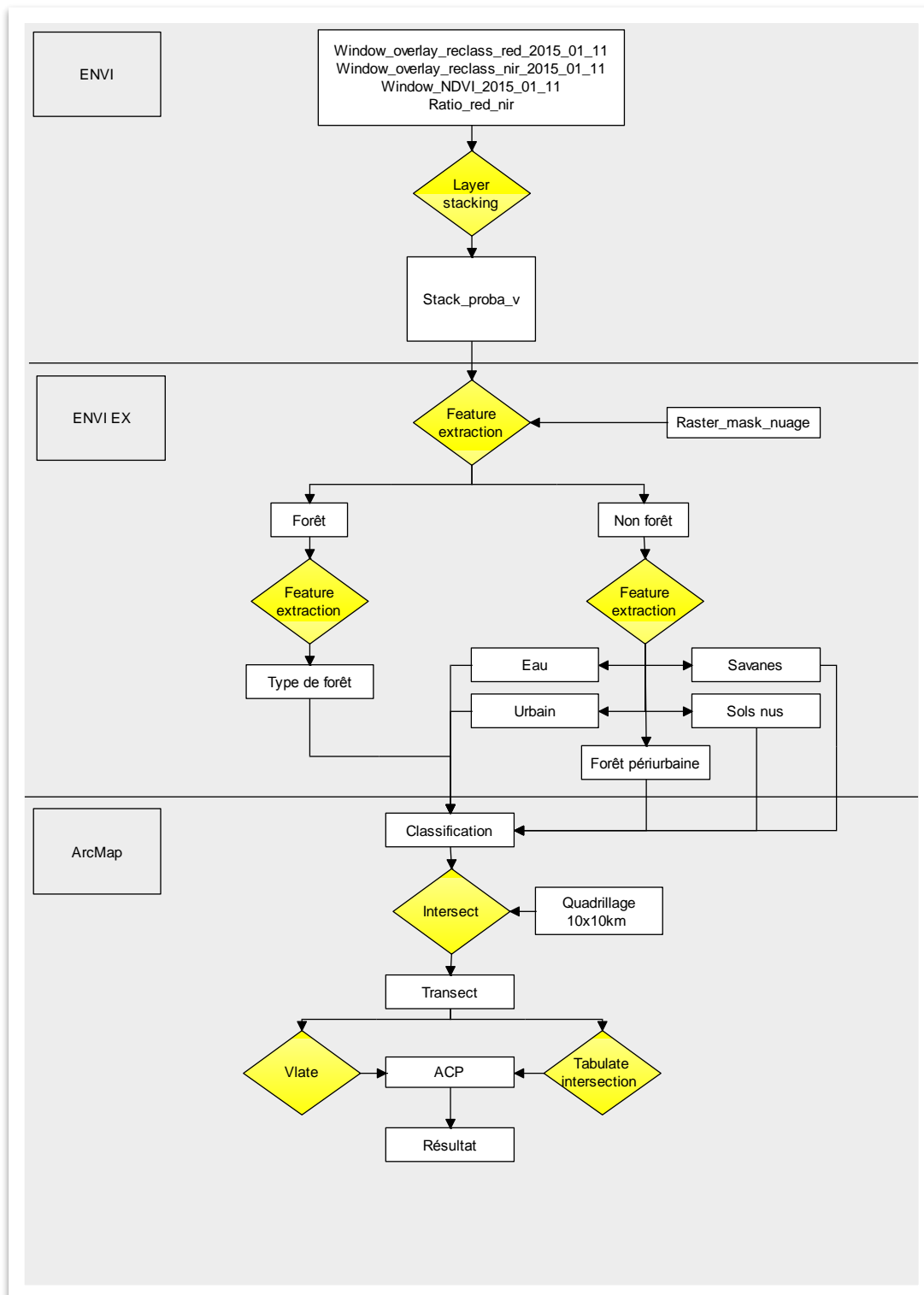


Figure 63: Méthodologie

Cette méthode de travail nous a permis de représenter graphiquement la transition forestière de notre transect. Suite à cela, nous avons pu localiser nos sites d'études sur cette transition. Nous obtenons alors comme informations que les sites de Makokou et Mindourou soient en phase de diminution forestière (la courbe a commencé à s'accroître avant les sites sur la figure 62). Les deux sites sont très proches l'un de l'autre sur la courbe (figure 62), indiquant une anthropisation étant sensiblement la même. Quant à Gueboba, le site est fortement impacté par l'homme, étant donné

qu'il se situe près des valeurs maximales sur la courbe (figure 62). D'après la connaissance du terrain que possède Monsieur J.Oszwald, le site de Gueboba serait dans une phase de regain au niveau des espaces forestiers. D'après l'ensemble des informations à notre disposition, nous pouvons localiser les sites de cette manière sur la transition de Mather (figure 64) :

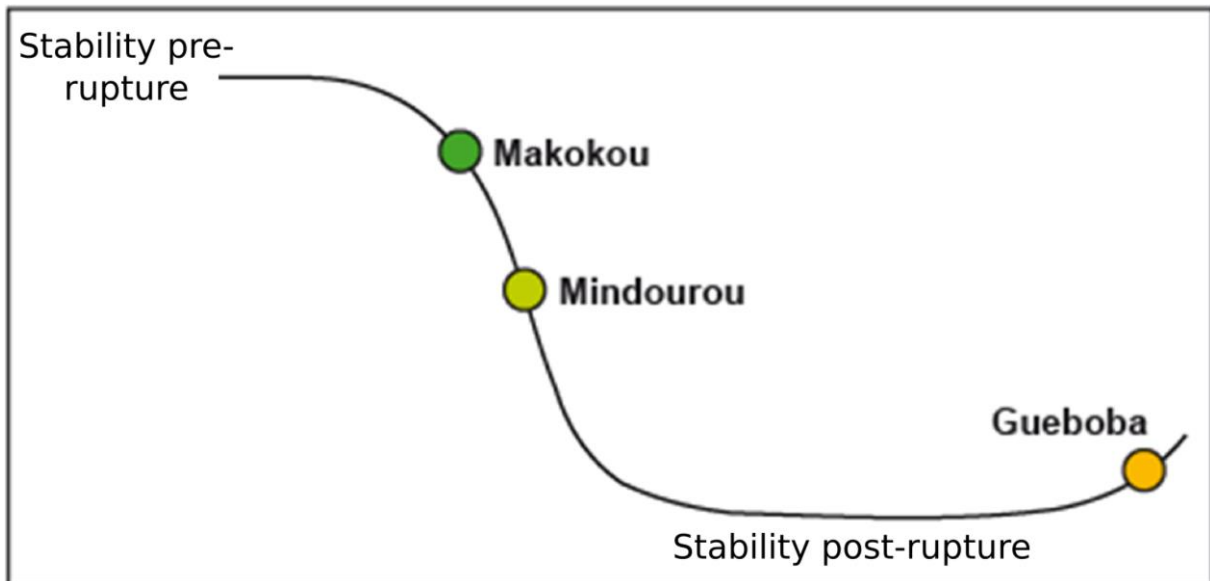


Figure 64: Emplacement des sites sur la transition de Mather (Schéma : Johan Oszwald)

En conclusion, la diversité paysagère peut-être un indicateur de pression humaine. Les archives Proba-V n'étant pas encore conséquentes, l'emploi de données Landsat est nécessaire pour déterminer les tendances de chacun de nos sites.

Bibliographie

“Lancement Du Projet CoForTips – Forêts Du Bassin Du Congo: Résilience et Points de Bascule / Actualités - Unité de Recherche Cirad - Biens et Services Des Écosystèmes Forestiers Tropicaux.” Accessed July 26, 2015. <http://ur-bsef.cirad.fr/actualites/lancement-du-projet-cofortips-forets-du-bassin-du-congo-resilience-et-points-de-bascule>.

“CoForTips / Principaux Projets - Unité de Recherche Cirad - Biens et Services Des Écosystèmes Forestiers Tropicaux.” Accessed July 26, 2015. <http://ur-bsef.cirad.fr/principaux-projets/cofortips>.

Erwin Wolters, Wouter Dierckx, Jan Dries, Else Swinnen “PROBAV-Products_User_Manual_v1.2” Accessed July 26, 2015. http://www.vito-eodata.be/PDF/image/PROBAV-Products_User_Manual.pdf

Mather, A. S. “The Forest Transition.” *Area* 24, no. 4 (December 1, 1992): 367–79.

Sigrid Aubert, Jean-Pierre Müller, Julliard Ralihalizara. MIRANA: a socio-ecological model for assessing sustainability of community-based regulations. *International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs)*, 2010, pp.8.

Liste des figures :

Figure 1: Sites d'étude.....	2
Figure 2:Transition de Mather.....	3
Figure 3: Chaîne de traitement des images Proba-v (source : PROBAV-Products_User_Manual_v1.2)	5
Figure 4:Liste des produits disponible.....	6
Figure 5:écran principal de téléchargement	6
Figure 6:exemple d'une liste d'image.....	7
Figure 7:outil custom order.....	7
Figure 8:liste dans le cas d'une image à télécharger.....	8
Figure 9:sélectionner une case d'après ses coordonnées.....	8
Figure 10:Gestionnaire de site sous Filezilla	9
Figure 11:Liste des images dans un fichier .HDF5	10
Figure 12:Outil de conversion de raster sous Qgis.....	11
Figure 13:méthodologie étape 1	12
Figure 14:exemple d'une image quality	13
Figure 15:axes de passage du satellite proba-v	13
Figure 16:reclass d'une image quality	14
Figure 17:outil overlay.....	14
Figure 18:macro modeler-reclass.....	15
Figure 19:extrait de l'aide IDRISI	15
Figure 20:macro modeler-overlay.....	16
Figure 21:méthodologie calcul du NDVI.....	16
Figure 22:macro modeler - vegindex	17
Figure 23:macro modeler-MAX.....	18
Figure 24:Synthèse NDVI valeurs max.....	18
Figure 25:synthèse max NDVI, zone d'étude	19
Figure 26:méthodologie choix d'une image de référence	20
Figure 27:outil profile	20
Figure 28:somme de pixel correct sur la zone définie	21
Figure 29:reclass_quality du 11 janvier 2015.....	21

Figure 30:outil window.....	22
Figure 31:méthodologie masque nuage.....	22
Figure 32:Composition colorée fausse couleur blue-red-nir	23
Figure 33:masque nuage	23
Figure 34:outil RasterVector	24
Figure 35:ratio red et nir	25
Figure 35:méthodologie création d'un groupe de couche.....	26
Figure 36:outil layer stacking	27
Figure 38:méthodologie classification orienté objet	27
Figure 39:choix des images et du masque nuage	28
Figure 40:outil segmentation	28
Figure 41:outil fusion.....	29
Figure 42:outil seuillage	30
Figure 43:sélection des caractéristiques à utiliser	30
Figure 44:selection des entités.....	31
Figure 46:export d'une classification au format matriciel	32
Figure 47:export d'une classification au format vectoriel.....	32
Figure 48:réalisation d'un masque sous ENVI.....	33
Figure 49:reclass sous ENVI.....	33
Figure 50:Classification du site de Gueboba-Proba-V	35
Figure 51: Classification du site de Gueboba-SPOT 5.....	36
Figure 52:Classification du site de Mindourou-Proba-V	37
Figure 53:classification du site de Mindourou-Landsat 8	38
Figure 54:Classification du site de Makokou-Proba-V	39
Figure 55:Classification du site de Makokou-Landsat 8	40
Figure 55:méthodologie pour déterminer la localisation des sites sur la transition de Mather	41
Figure 56:Transect entre les sites CoForTips.....	42
Figure 57:outil tabulate intersection (source : aide arcgis).....	42
Figure 58:Exemple "pivot table"	43
Figure 59:Interface V-late.....	43
Figure 60:Représentation géométrique de la corrélation des classes	44

Figure 61: Localisation des cases sur l'axe trigonométrique.....	45
Figure 62:Localisation des sites CoForTips sur la transition forestière	Erreur ! Signet non défini.
Figure 63:Méthodologie	48
Figure 64:Emplacement des sites sur la transition de Mather	49