

République Tunisienne

Ministère de l'Enseignement Supérieur,
de la Recherche Scientifique
et de la Technologie

Facultés des Lettres, des Arts
et des Humanités de la Manouba



Travaux Pratiques de Télédétection

Traitement d'images satellitaires

Par

Nom : KORTLI

Prénom : Mohamed

Niveau : M2 géomatique

Enseignant encadreur :
Mme Meriem Labiadh

Mail : kortli_2008@yahoo.fr
Gmail : mohamedkortli3@gmail.com

2012/2013

Sommaire

I. Description technique, interprétation visuelle et découpage de l'image :	1
1. Description technique :	1
2. Interprétation visuelle :	2
3. Découpage de l'image :	3
II. Stretching.....	8
III. Classification	15
III.1. La classification non supervisée :	15
a) Classification non supervisée (IsoData) :	15
a) Classification non supervisée (K-Means) :	17
III.2. La classification supervisée :	24
a) Classification supervisée par la méthode parallelepiped	27
b) Classification supervisée par la méthode de Maximum Likelihood :	29
c) Comparaison entre les deux méthodes :	30
IV. Segmentation et annotation de l'image :	31
IV. 1. Segmentation	31
IV. 2. Annotation :	34
V. Composition colorée et Mosaïquage d'une image numérique satellitaire.....	38
V.1. Composition colorée d'une image :	38
a) Ouverture des trois bandes :	38
b) Renommer les trois bandes :	41
c) Affichage des trois bandes :	45
d) La composition colorée de l'image :	47
V.2. Mosaïquage d'une image satellitaire :	55
VI. Filtrage et vectorisation d'une image satellitaire :	67
VI.1. Bande 1 :	67
VI.1. 1. Filtre passe-haut :	67
VI.1. 2. Filtre médian :	74
VI.1. 3. Filtre Laplacien:	76
VI.1.4. Filtre directionnel :	78
VI.2. Bande 2 et Bande 3 :	86
VI.3. Vectorisation de l'image :	86
a) Vecteur surfacique :	87
b) Vecteur linéaire	93
c) Vecteur ponctuel :	95
VII. Indices et géoréférencement.....	96
VII.1. Indices	96
a) Indice de végétation (NDVI) :	102
b) Indice de clarté (IC) :	107
c) Indice de brillance (IB):	111
VII.2. Géoréférencement :	113

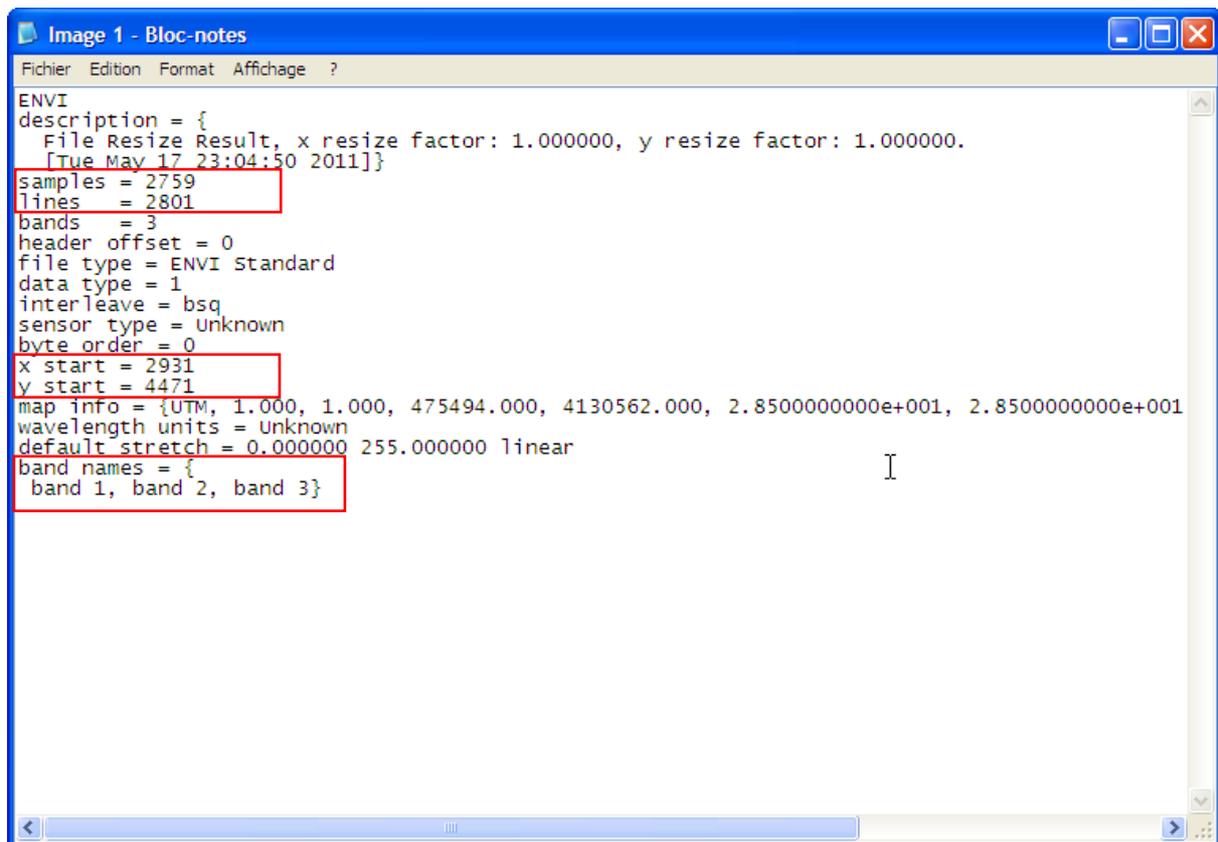
I. Description technique, interprétation visuelle et découpage de l'image :

1. Description technique :

Pour décrire l'image, il y a deux sources d'informations :

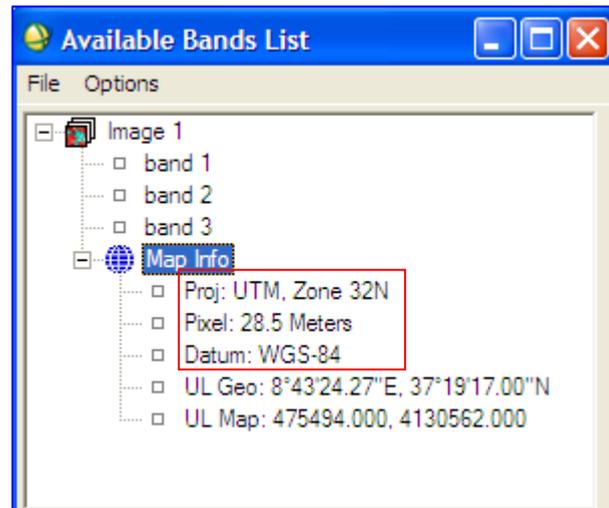
- Le fichier qui accompagne l'image comprend des informations qui y sont relatives. On peut l'ouvrir avec WordPad ou Bloc-notes.
- La liste des bandes comprend aussi d'autres informations qui sont indiquées sous l'icône "Map Info".

Dans notre cas, nous allons travailler sur une image SPOT qui contient 3 bandes nommées band 1, band 2 et band 3. Cette image comporte 2759 colonnes et 2801 lignes. La première abscisse de l'image commence à 2931 et sa première ordonnée à 44471 (voir l'imprimé écran suivant).



```
Image 1 - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
ENVI
description = {
  File Resize Result, x resize factor: 1.000000, y resize factor: 1.000000.
  [Tue May 17 23:04:50 2011]}
samples = 2759
lines = 2801
bands = 3
header offset = 0
file type = ENVI Standard
data type = 1
interleave = bsq
sensor type = Unknown
byte order = 0
x start = 2931
y start = 4471
map info = {UTM, 1.000, 1.000, 475494.000, 4130562.000, 2.8500000000e+001, 2.8500000000e+001
wavelength units = Unknown
default stretch = 0.000000 255.000000 linear
band names = {
  band 1, band 2, band 3}
```

Le système de projection est l'UTM, Zone 32, Datum WGS-84. Sa résolution spatiale est de 28,5 m (voir l'imprimé écran suivant)



2. Interprétation visuelle :

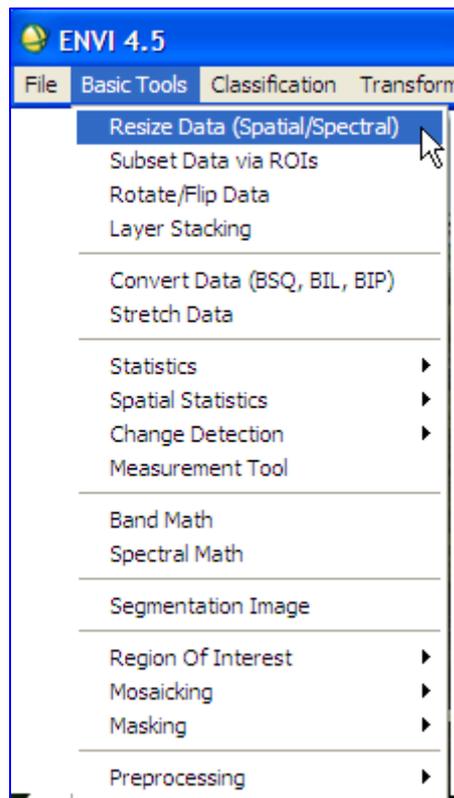
Comme nous pouvons le voir sur l'imprimé écran suivant, notre image couvre une partie du nord ouest de la Tunisie (région de Tabarka). Elle comporte un paysage diversifié où il y a de la végétation, du relief, des minéraux et de l'eau (mer, lac, grands oueds).



3. Découpage de l'image :

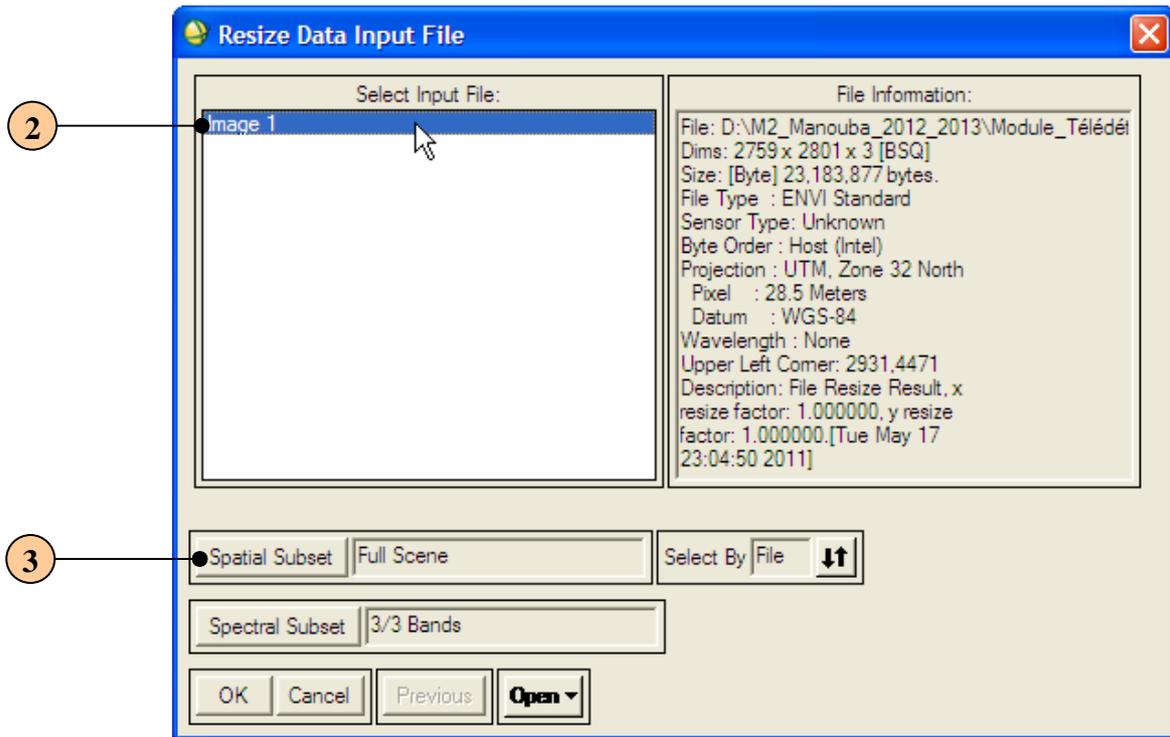
Nous allons découper un élément majeur de l'image à savoir le lac. Dans ce qui suit, nous allons montrer via des imprimés écrans les étapes à franchir pour faire ce découpage.

1. Cliquez sur « Basic Tools », ensuite sur « Resize Data (Spatial/Spectral) »

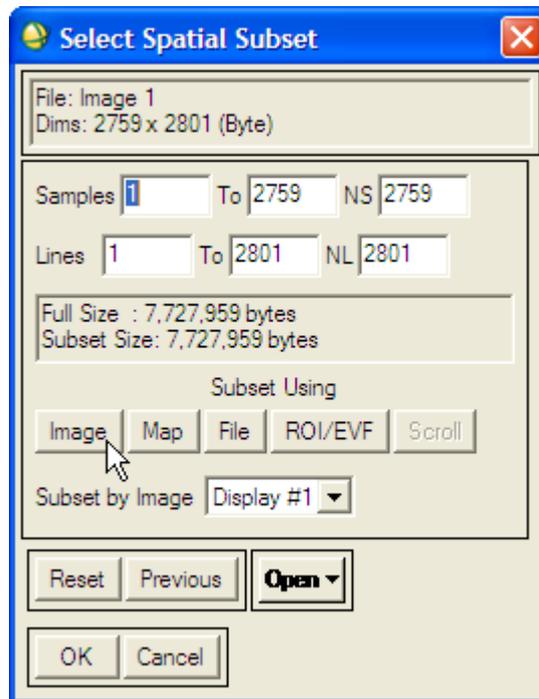


2. Cliquez sur « Image1 » ;

3. Cliquez sur « Spatial Subset »

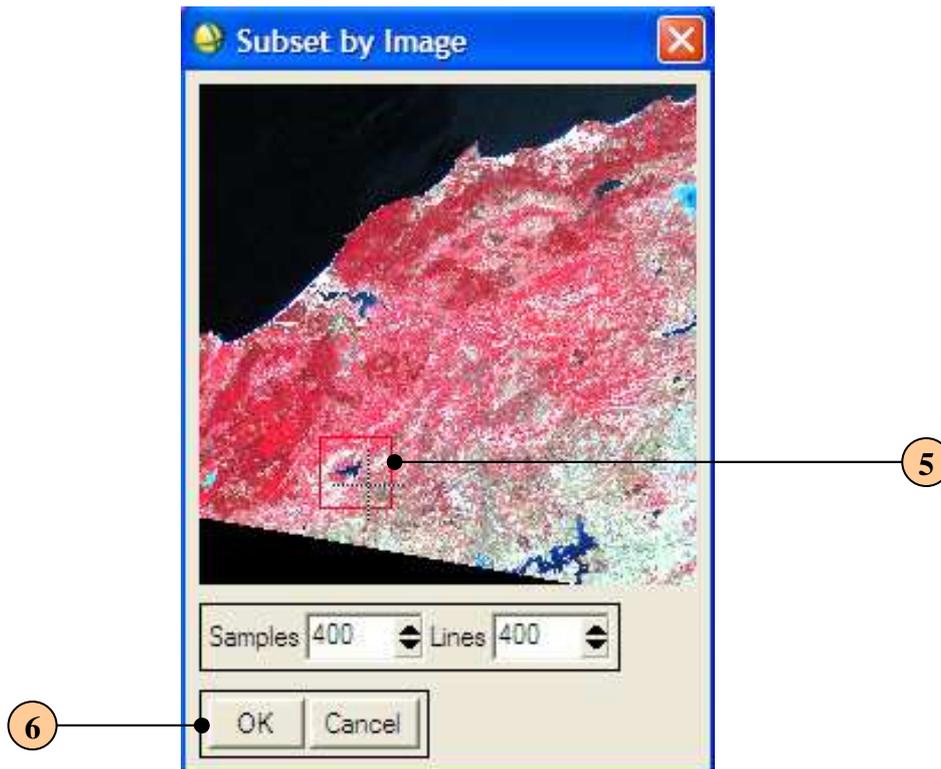


4. Cliquez sur le bouton « Image »

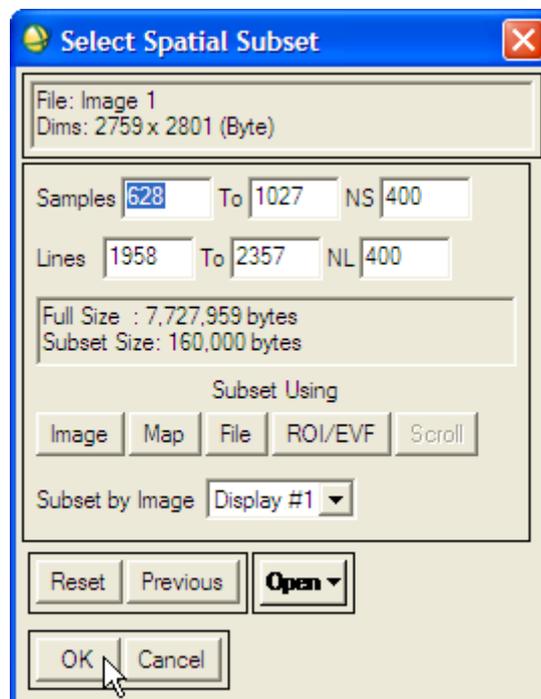


5. Cliquez sur le carré rouge et faites-le déplacer sur le lac.

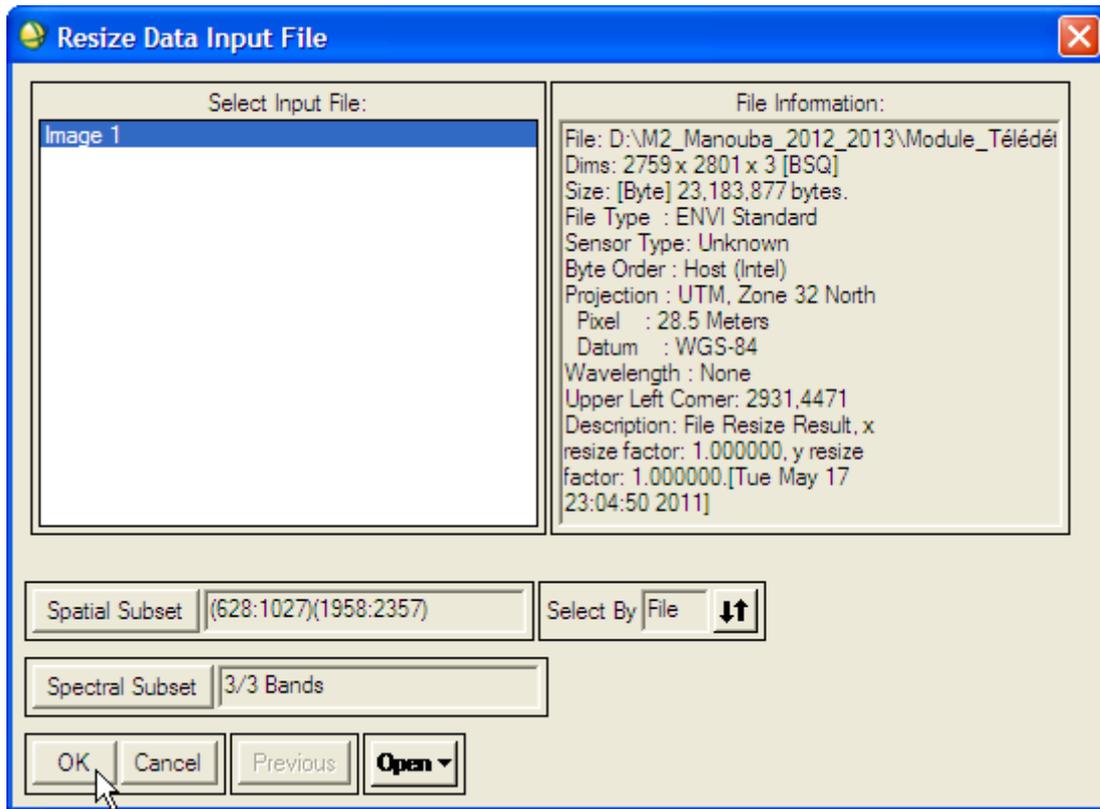
6. Cliquez sur OK



7. Cliquez sur OK

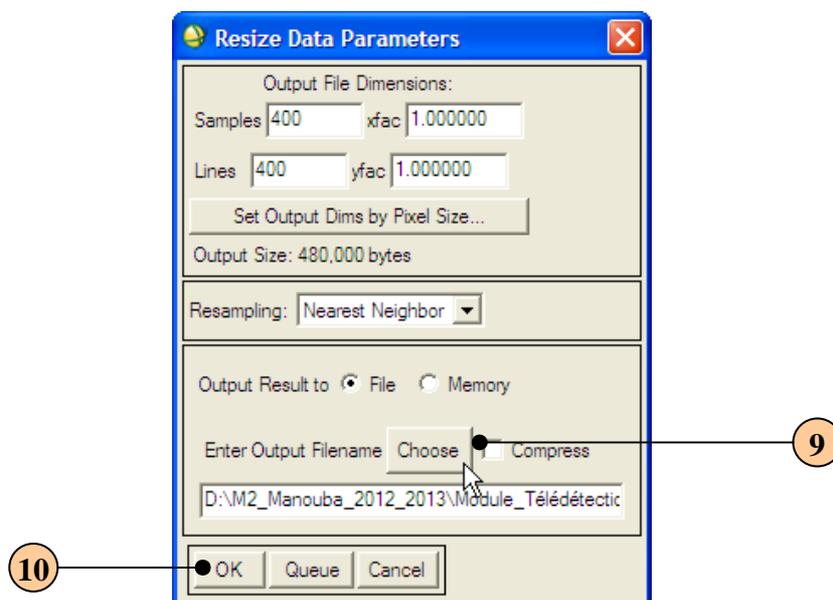


8. Cliquez sur OK

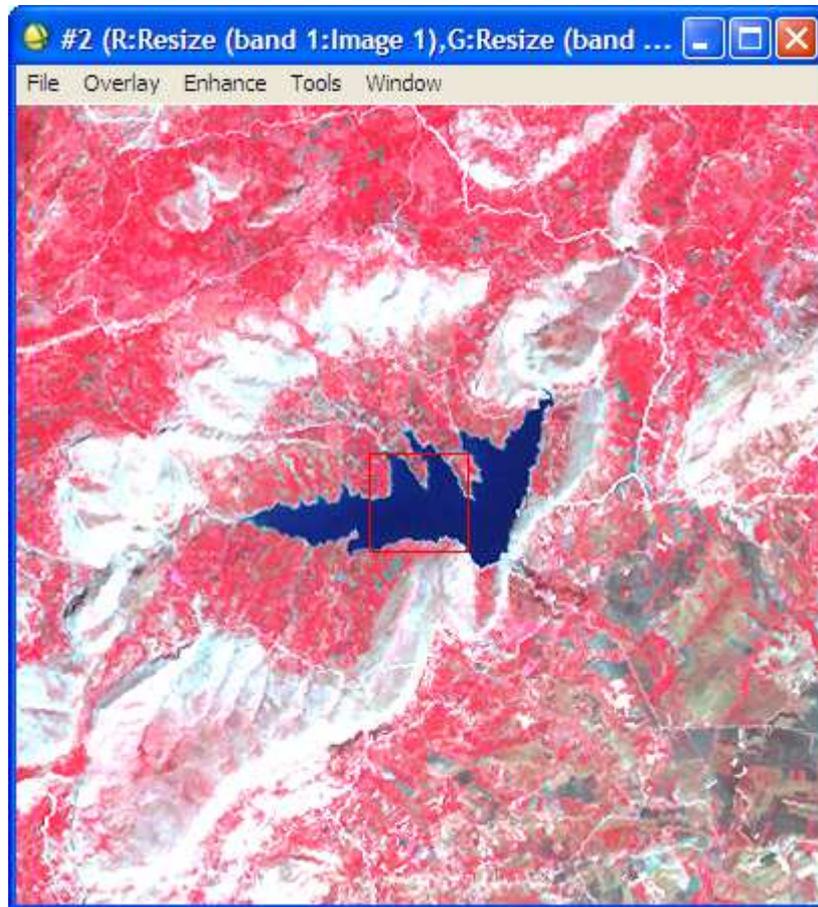


9. Cliquez sur « Choose » pour choisir un emplacement pour le fichier de sortie. Dans notre cas, nous avons choisi le nom « Découpage de l'image _Lac » pour dire qu'on a découpé l'image pour en faire sortir le lac.

10. Cliquez sur OK



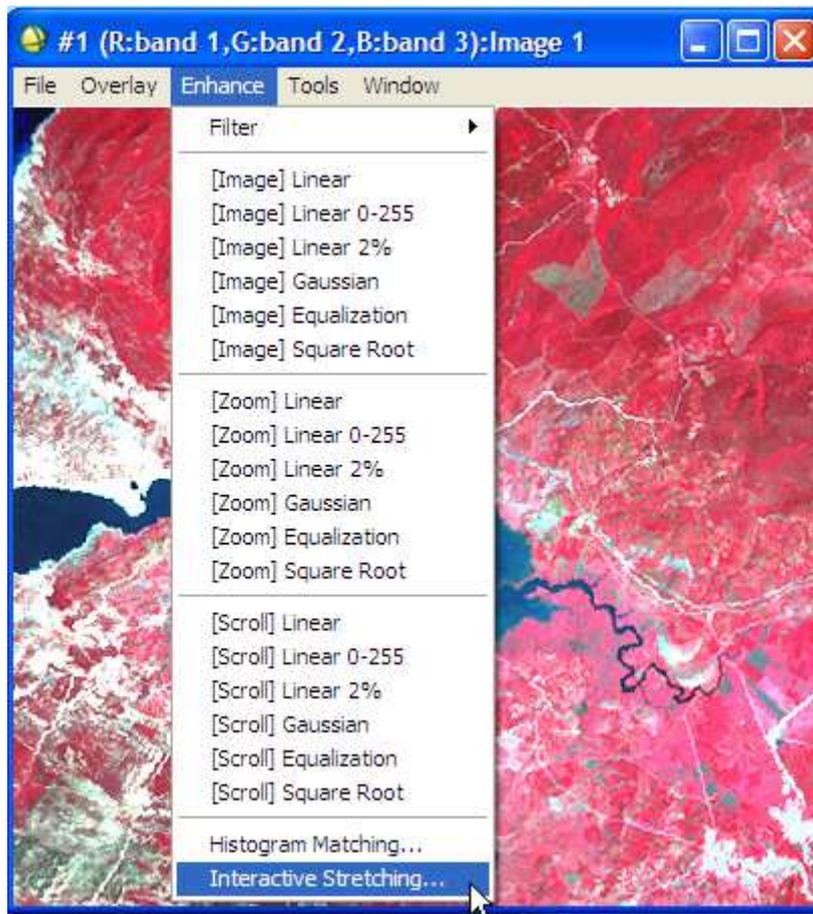
La nouvelle image découpée (lac) apparaît dans la liste des bandes, cliquez la dessus et cliquez sur « New display » enfin sur « Load » pour l'afficher à l'écran.



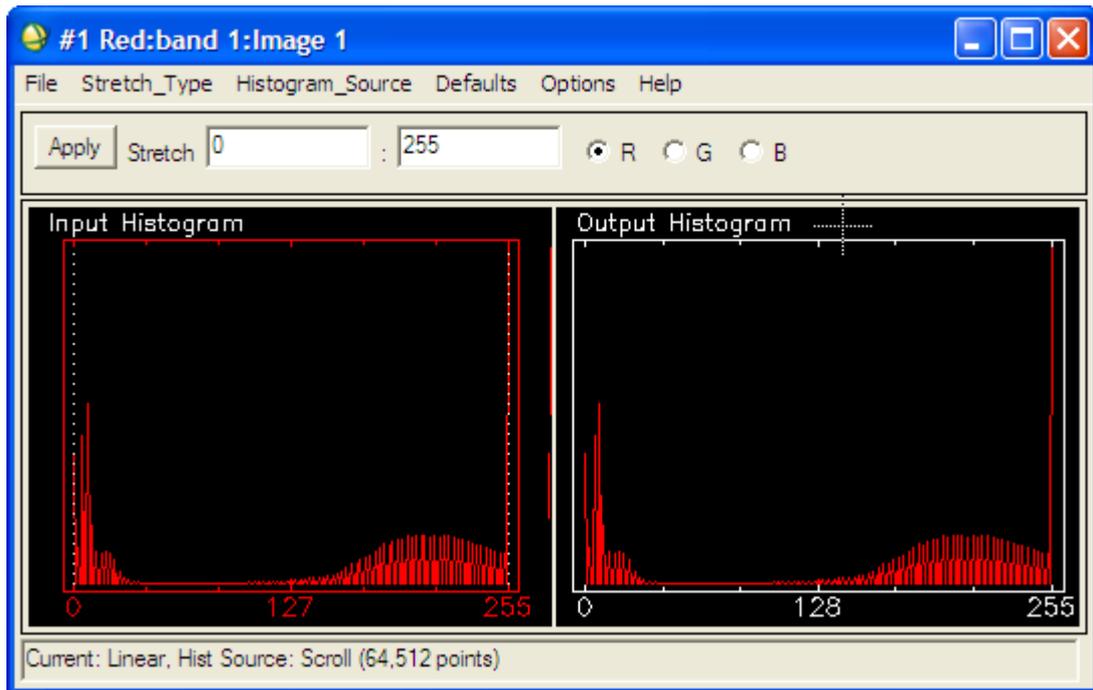
II. Stretching

Un meilleur stretching est obtenu lorsque les pixels sont répartis d'une manière gaussienne sur l'axe des abscisses. Nous allons faire un stretching sur les trois bandes de l'image (RVB). Les imprimés écrans suivant expliquent comment ce faire.

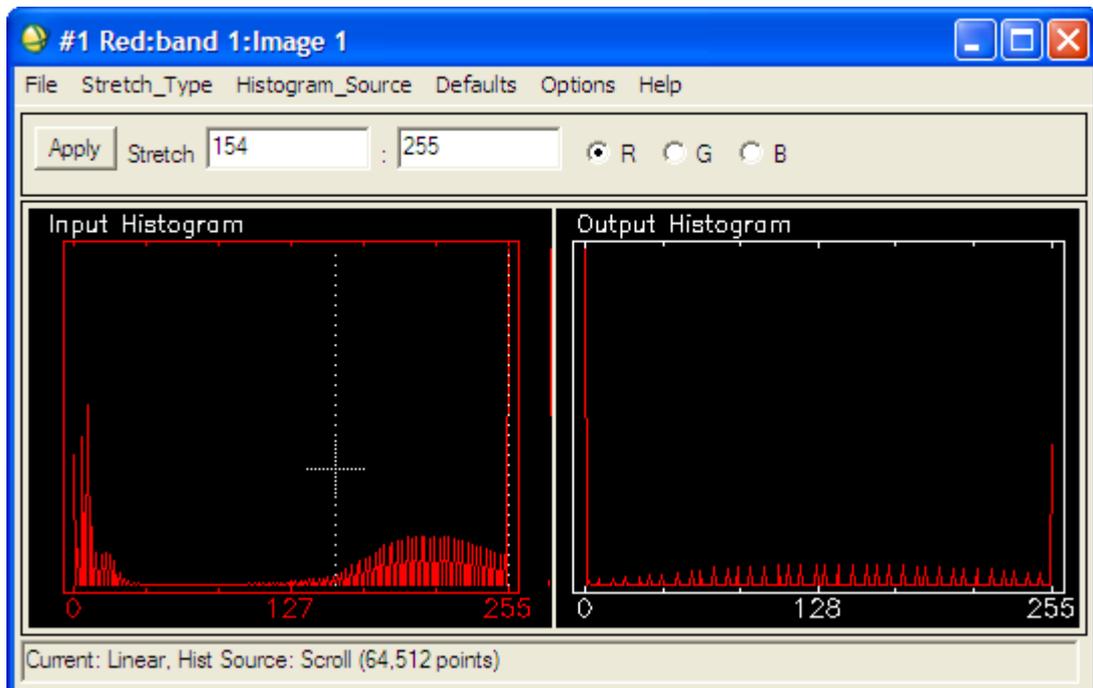
1. Cliquez sur « Enhance », ensuite sur « Interactive Stretching ».



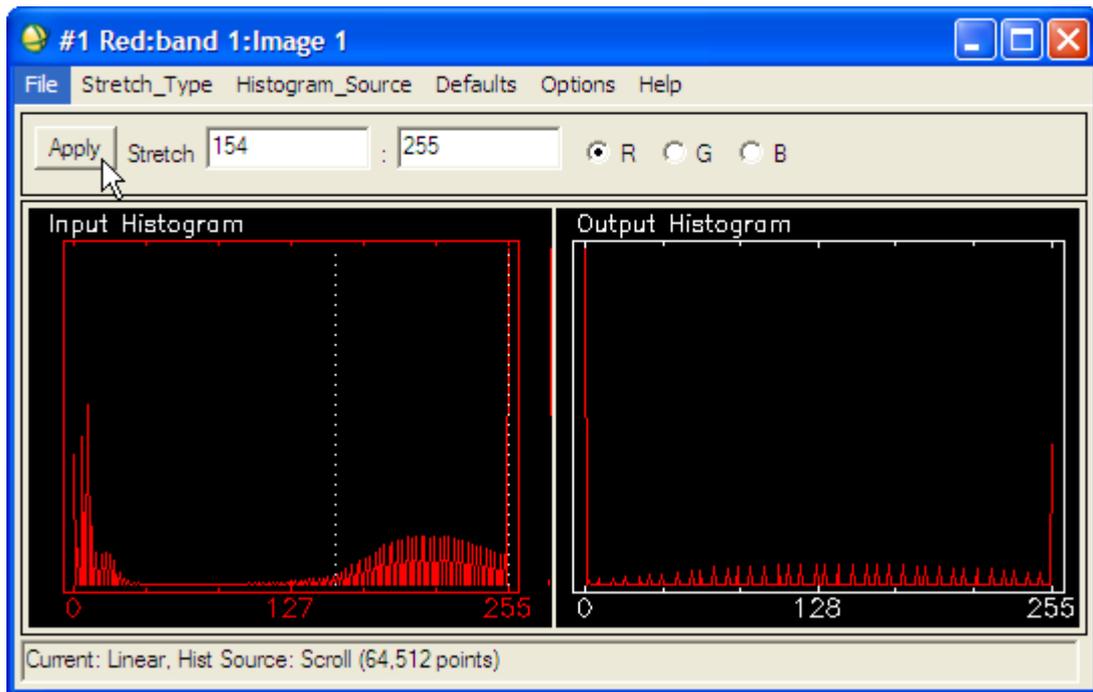
La fenêtre interactive de stretching apparaît. Elle comprend les deux histogrammes d'entrée et de sortie.



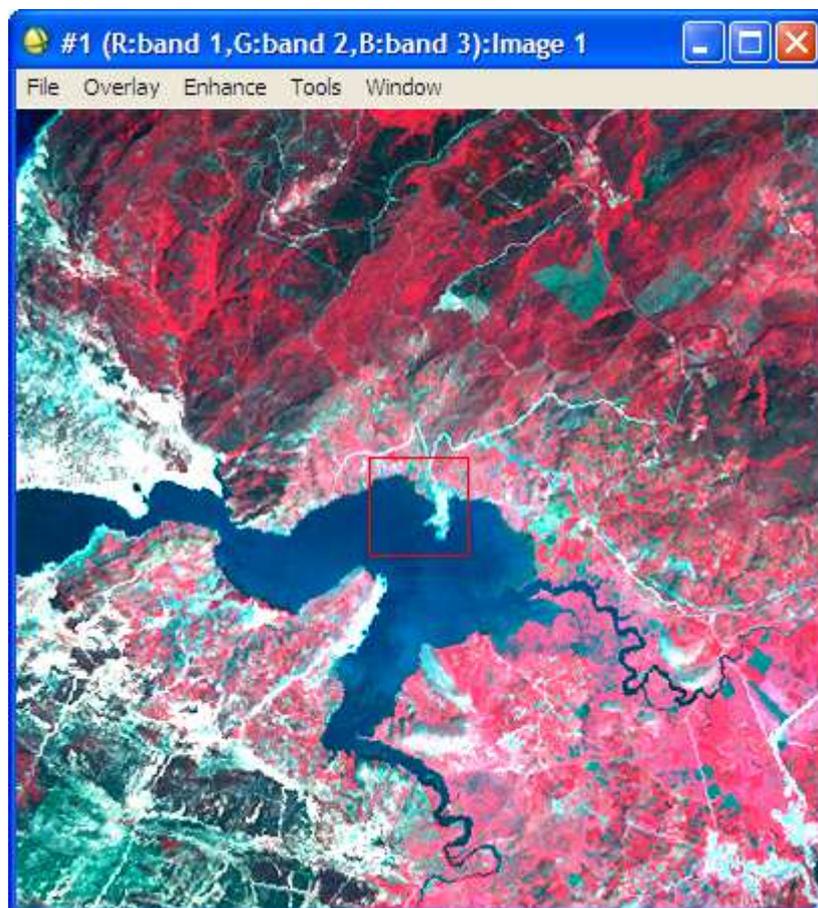
3. Laissez la bande rouge cochée par défaut et placez le curseur de la souris dans l'histogramme d'entrée sur la ligne verticale pointillée et faites-la glisser à droite ou éventuellement à gauche de façon à obtenir une répartition gaussienne des pixels au niveau de l'histogramme de sortie.



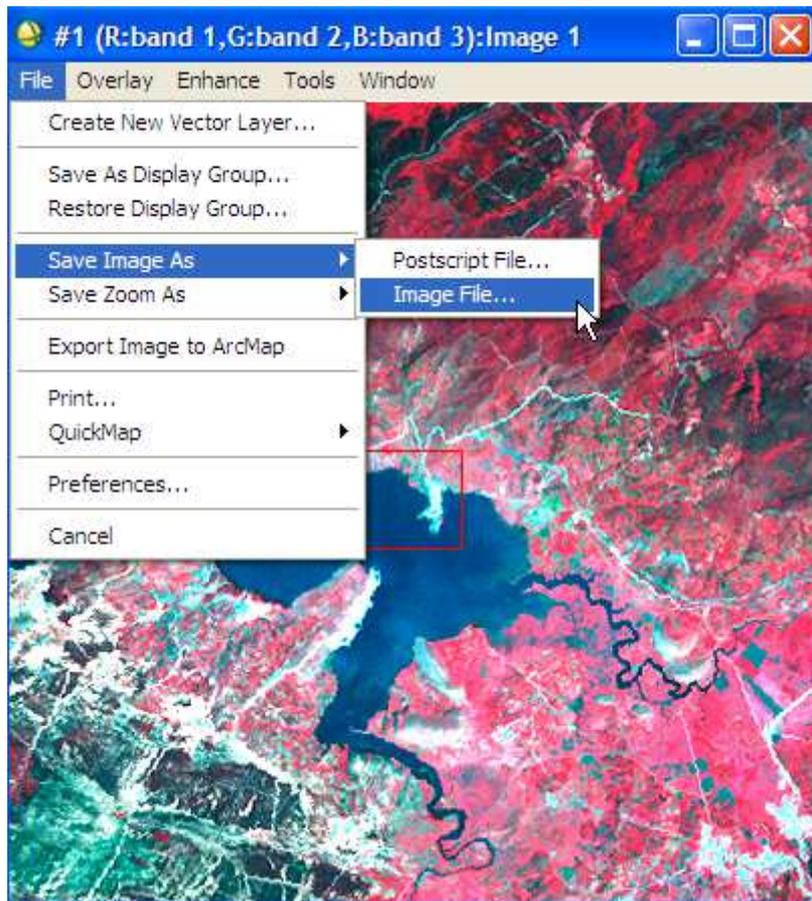
4. Cliquez sur le bouton « Apply » pour appliquez le stretching choisi.



L'image change et on aura un paysage différent avec apparition d'autres éléments en plus de la végétation à savoir terrain nu et eau.

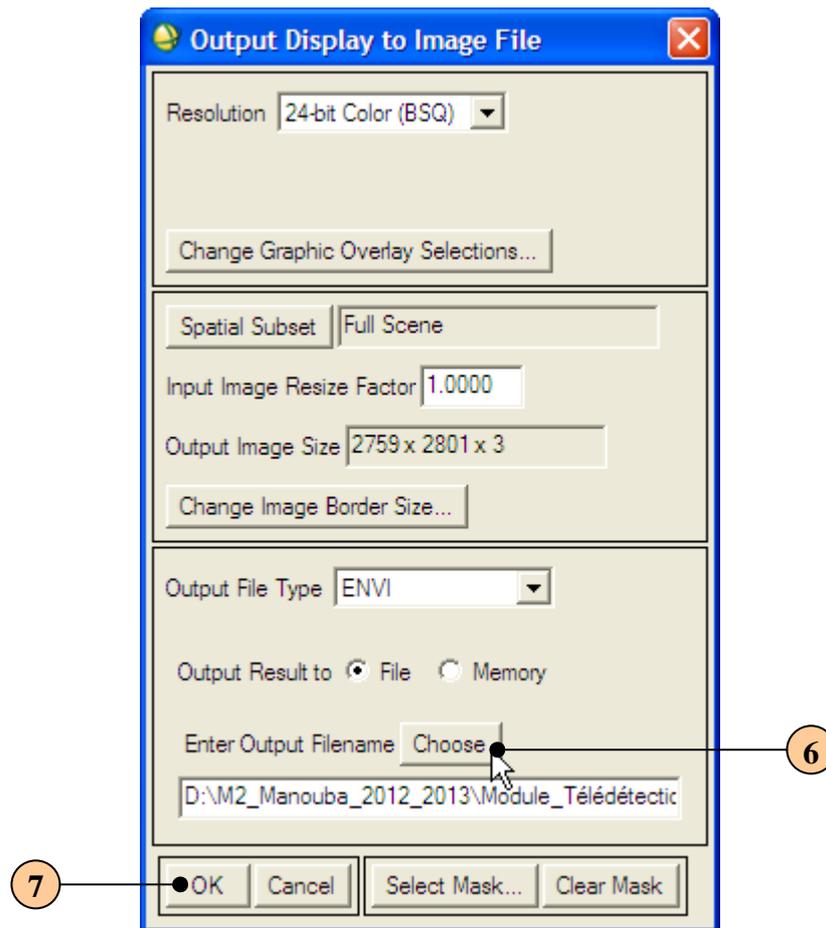


5. Enregistrer l'image stretchée en procédant comme suit :

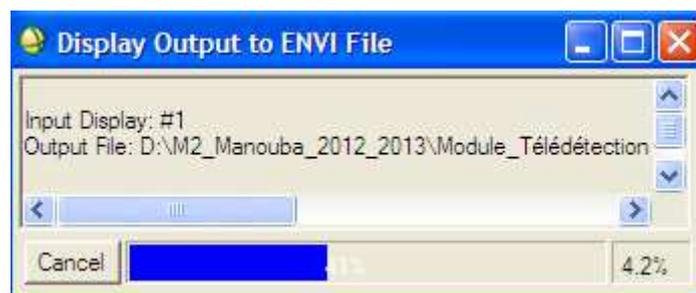


6. Dans la fenêtre qui apparaît, cliquez sur « Choose » pour choisir le nom du fichier de sortie (dans notre cas on a choisi le nom : Stretching_Bande R).

7. Cliquez sur OK.



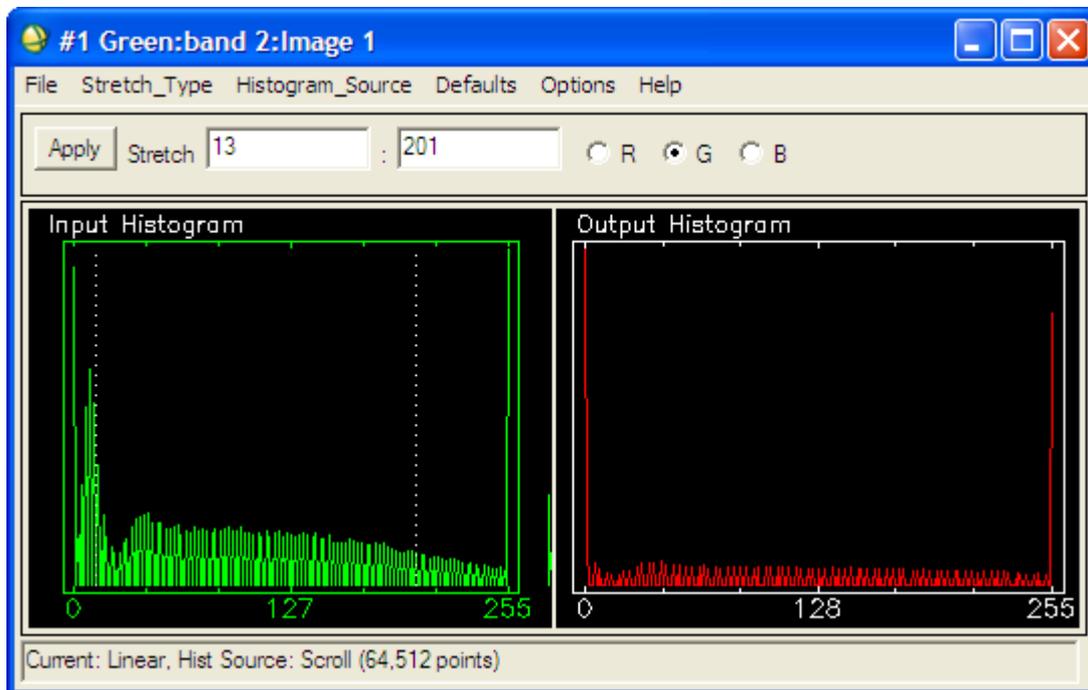
Le logiciel commence à enregistrer l'image stretchée



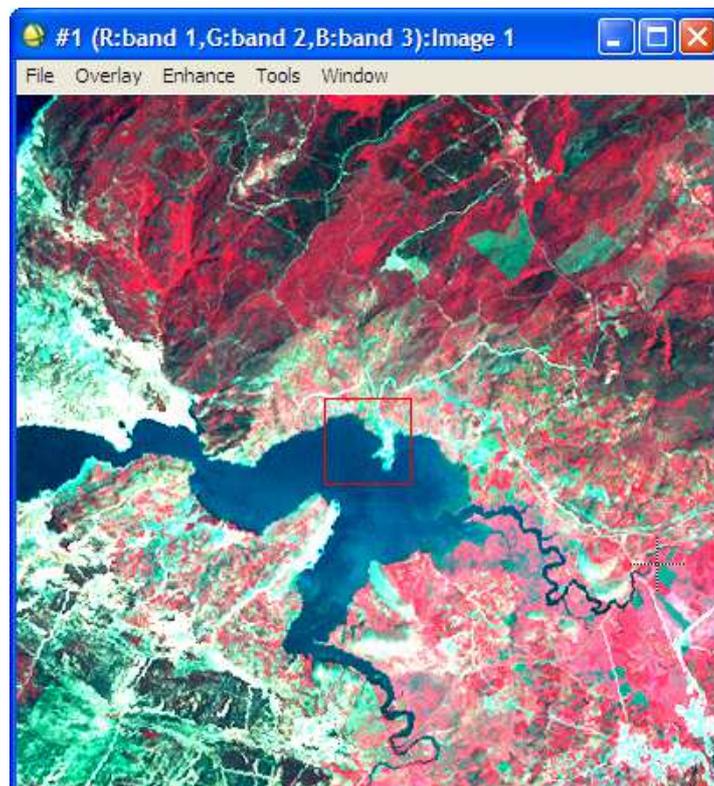
8. Effectuer les stretching des deux autres bandes restantes (bande verte et bande bleue) en procédant de la même manière que précédemment.

a) Stretching de la bande verte (G) :

- Histogramme :

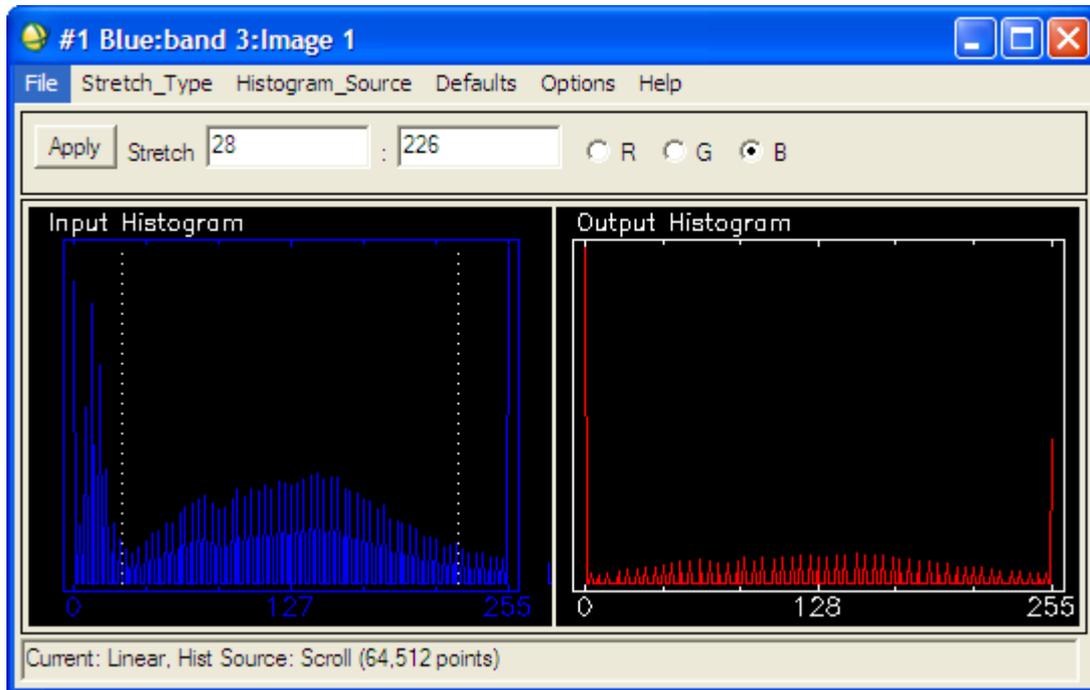


- Image stretchée de la bande verte (G) :

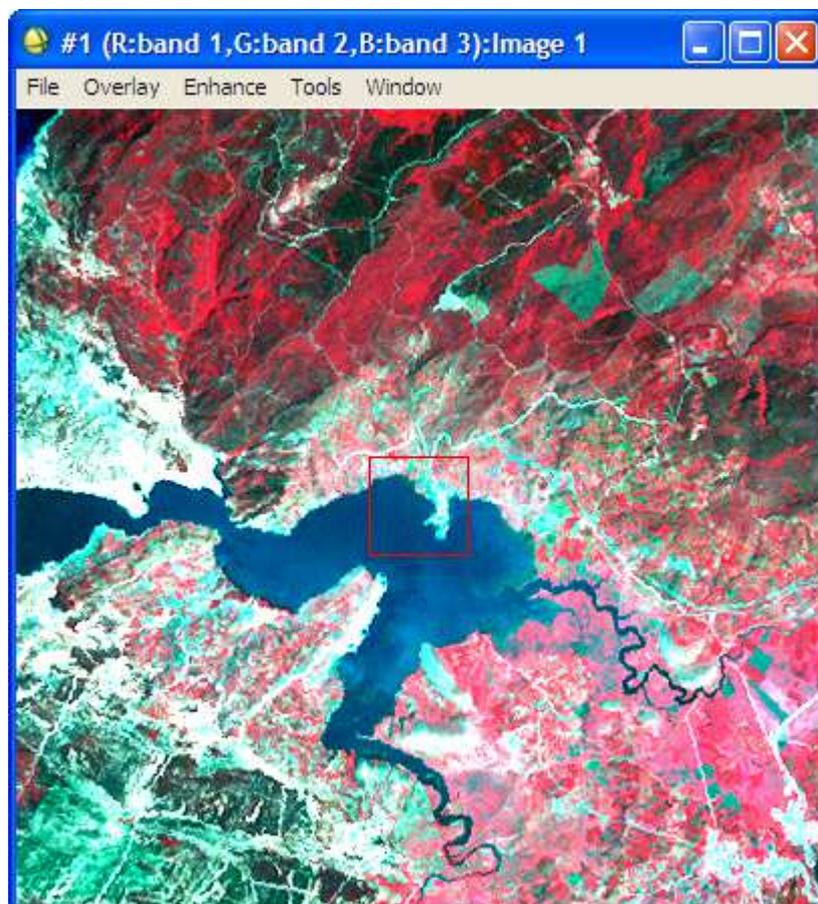


b) Stretching de la bande bleue (B) :

- Histogramme



- Image stretchée de la bande bleue (B) :



III. Classification

Nous allons réaliser une classification non supervisée et une classification supervisée.

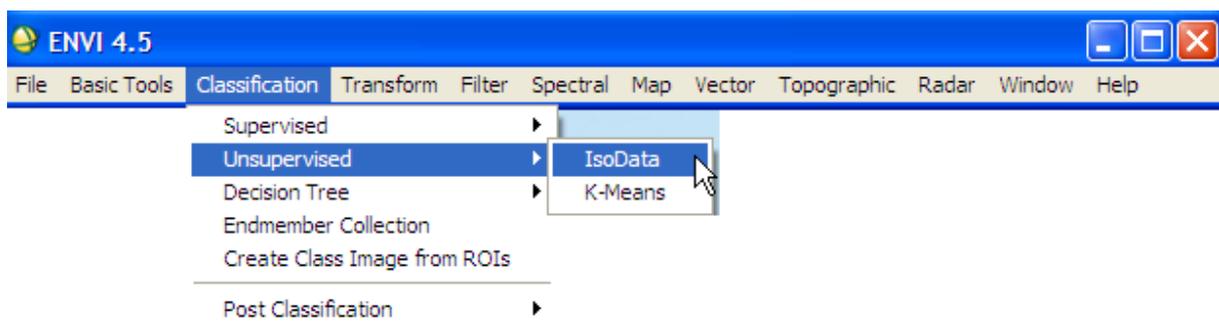
- La classification non supervisée : elle s'appelle aussi classification non dirigée ou classification automatique. Dans ce type de classification, il suffit de choisir la méthode de classification (par exemple selon la moyenne ou selon la méthode des seuils, etc.) et laisser le logiciel faire la classification d'une manière automatique.
- La classification supervisée : elle s'appelle aussi classification dirigée. Contrairement à la classification automatique, la classification supervisée se base sur la vérité du terrain et nécessite la délimitation au préalable, de zones dites zones d'entraînement. C'est en se référant à ces zones que le logiciel ENVI va interpréter et classifier les autres zones.

Dans ce qui suit, nous présentons des imprimés d'écrans montrant les différentes étapes à suivre, sous ENVI, pour réaliser ces deux types de classification.

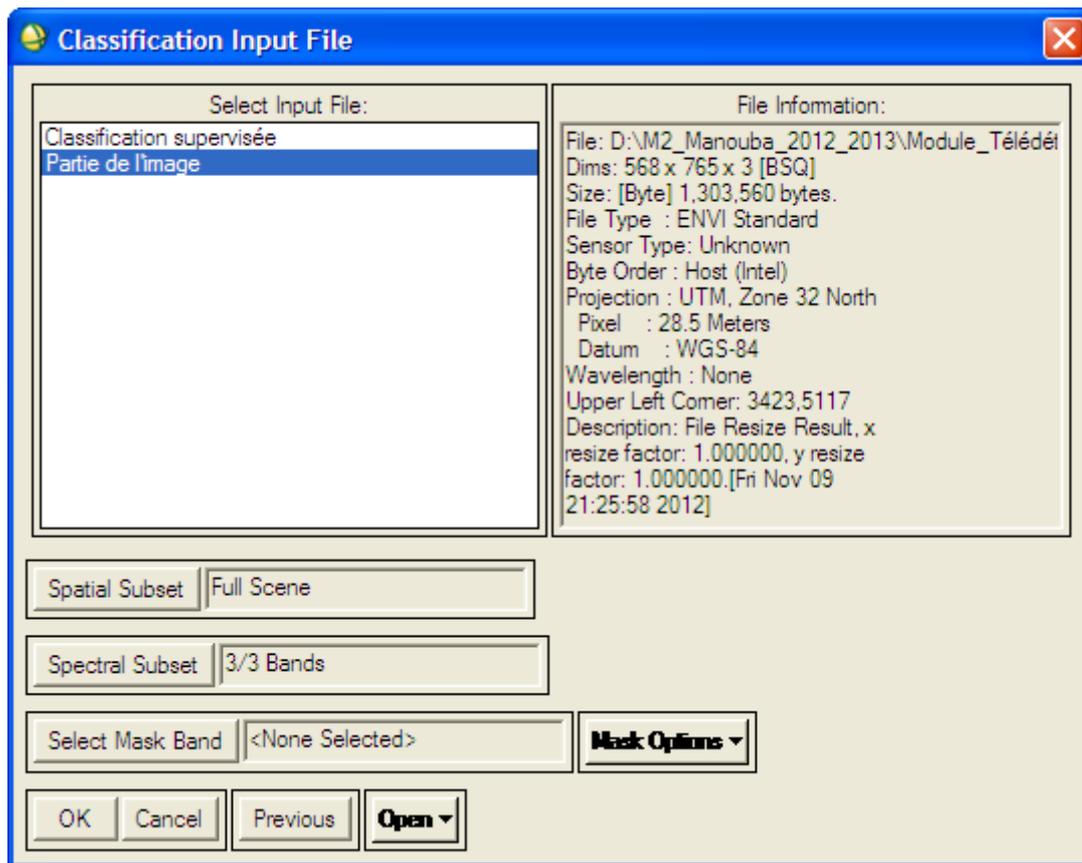
III.1. La classification non supervisée :

a) Classification non supervisée (IsoData) :

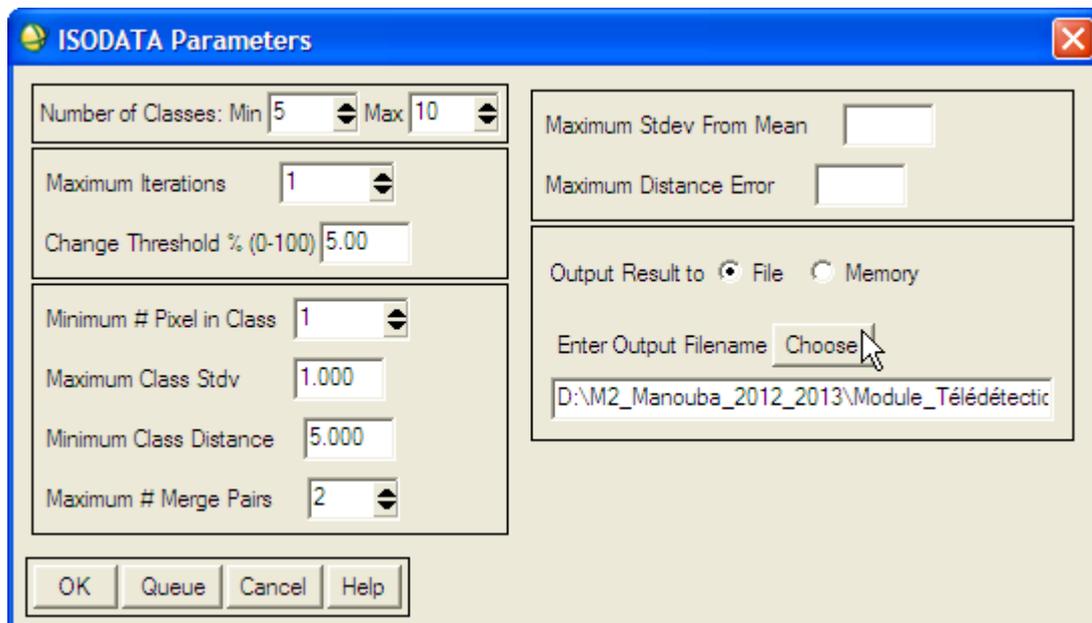
1. Sous le menu classification, cliquez sur « Unsupervised » et choisir la méthode de classification voulue. Dans notre cas, on va choisir la méthode « IsoData ».



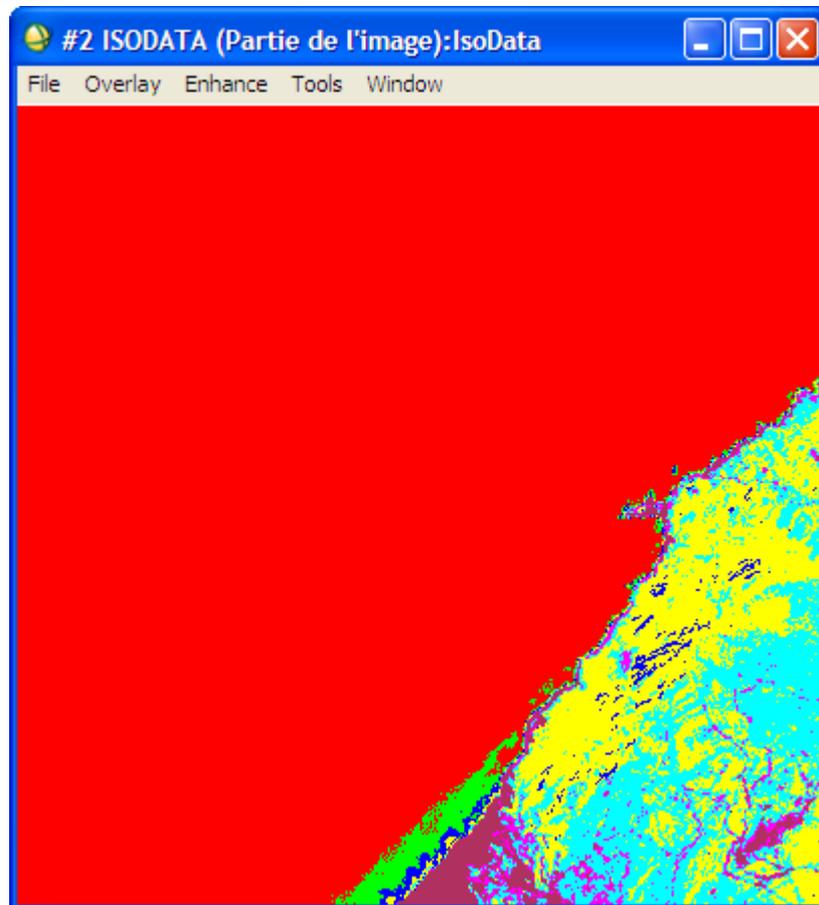
2. Cliquez sur la partie de l'image sur laquelle, vous voulez réaliser la classification et cliquez sur OK.



3. Cliquez sur « Choose » pour choisir le chemin d'enregistrement. Cliquez sur OK



4. Dans la liste des bandes valables, cliquez sur « ISODATA (partie de l'image) », sur « New display et enfin sur « Load ». L'image classifiée d'une manière non supervisée par la méthode IsoData s'affiche alors à l'écran.

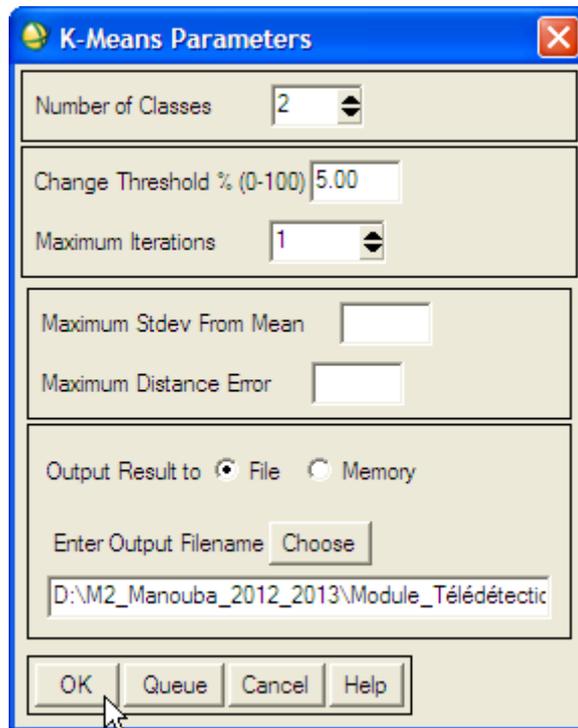


a) Classification non supervisée (K-Means) :

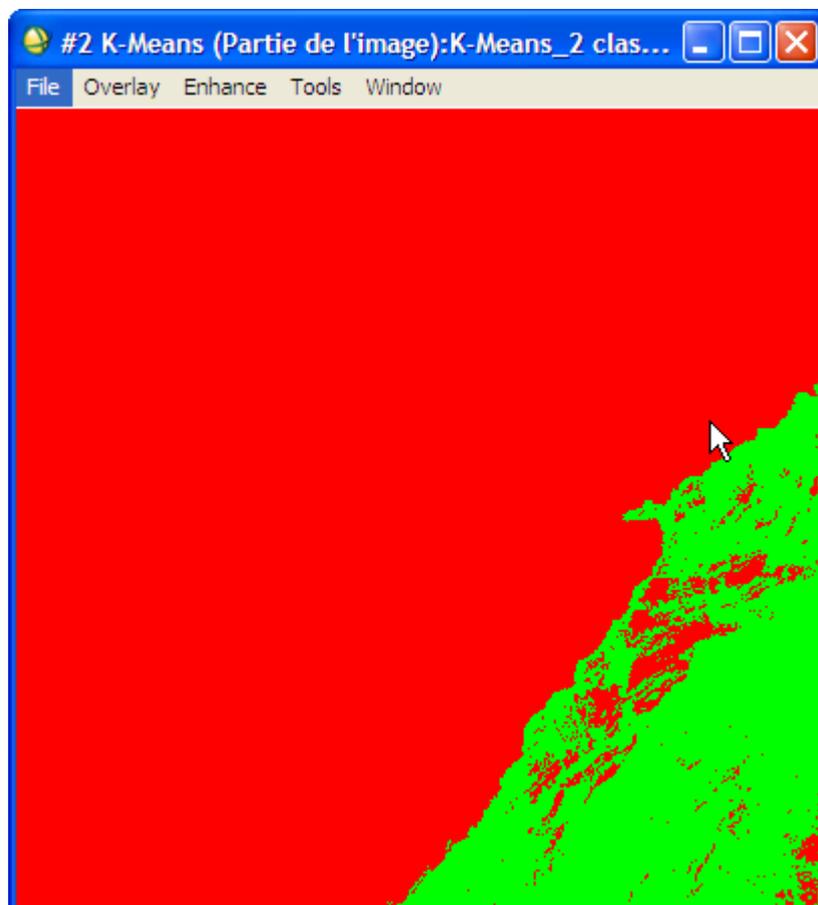
Procédez de la même manière pour réaliser une classification non supervisée par la méthode K-Means.

Classification K-Means à 2 classes :

Choisir un nombre de classe égale à 2 puis choisissez le chemin d'enregistrement et cliquez sur OK

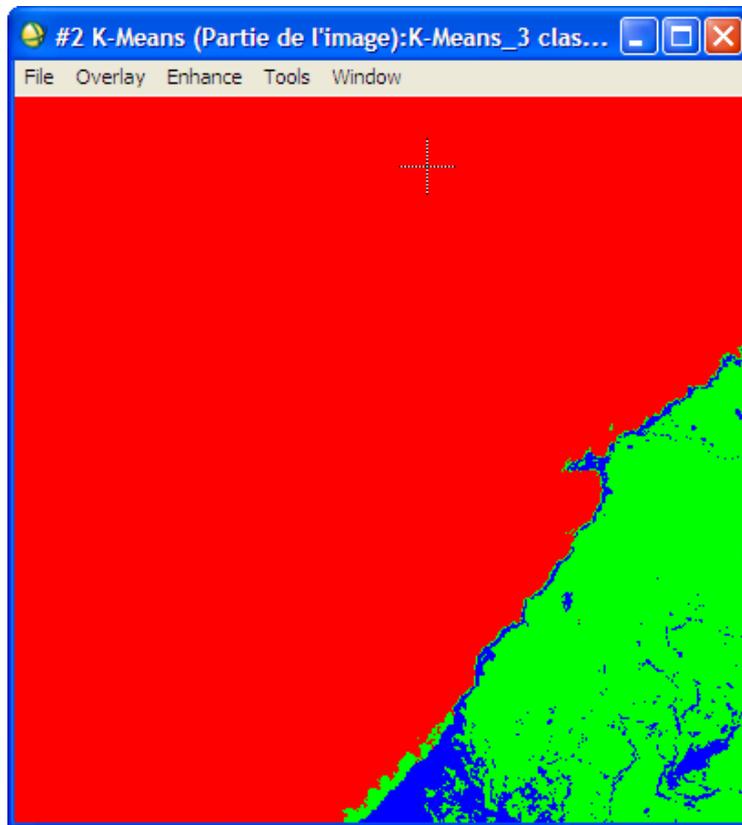


L'image de la classification non supervisée par la méthode K-Means.

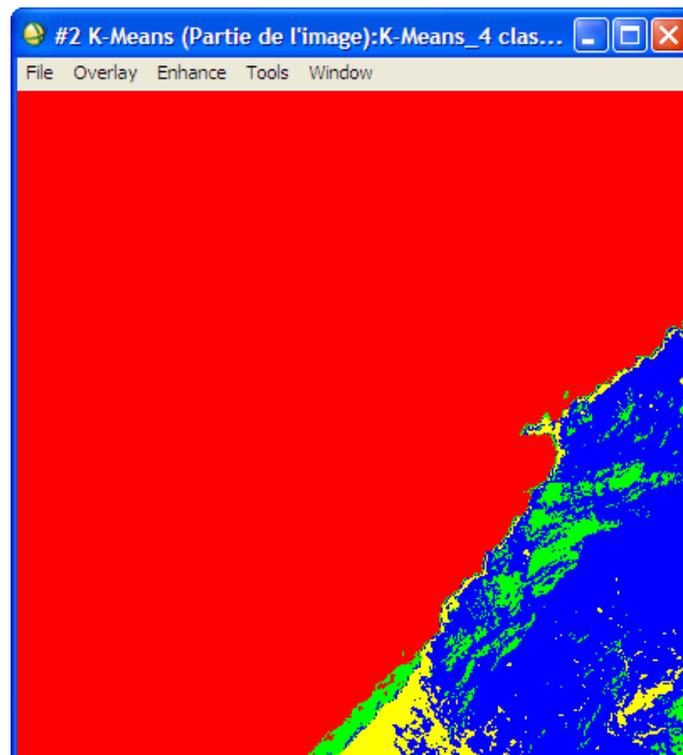


En suivant les mêmes étapes que précédemment, nous obtenons, selon le nombre de classe choisi, les images suivantes :

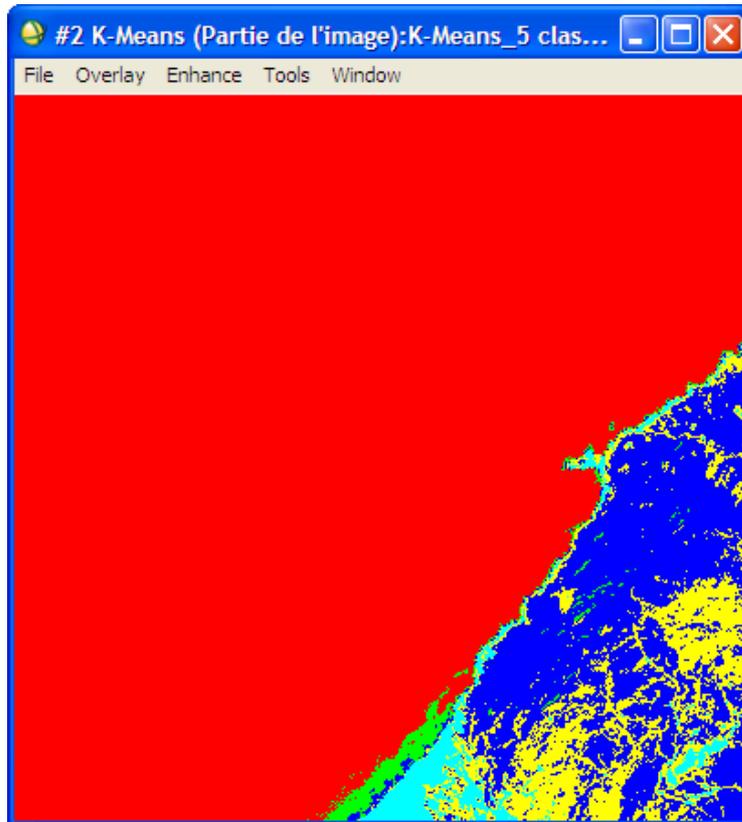
Classification K-Means à 3 classes :



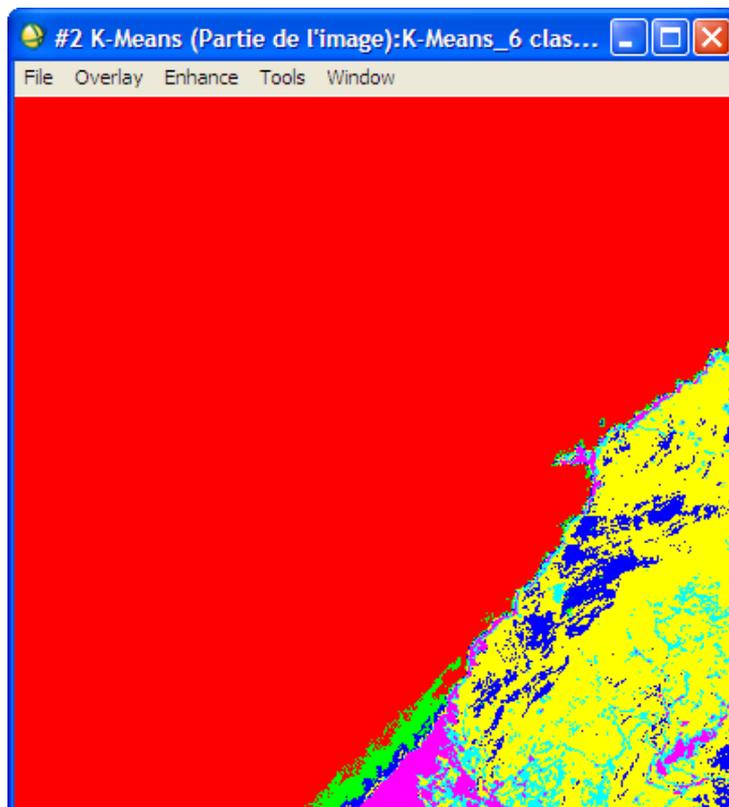
Classification K-Means à 4 classes :



Classification K-Means à 5 classes

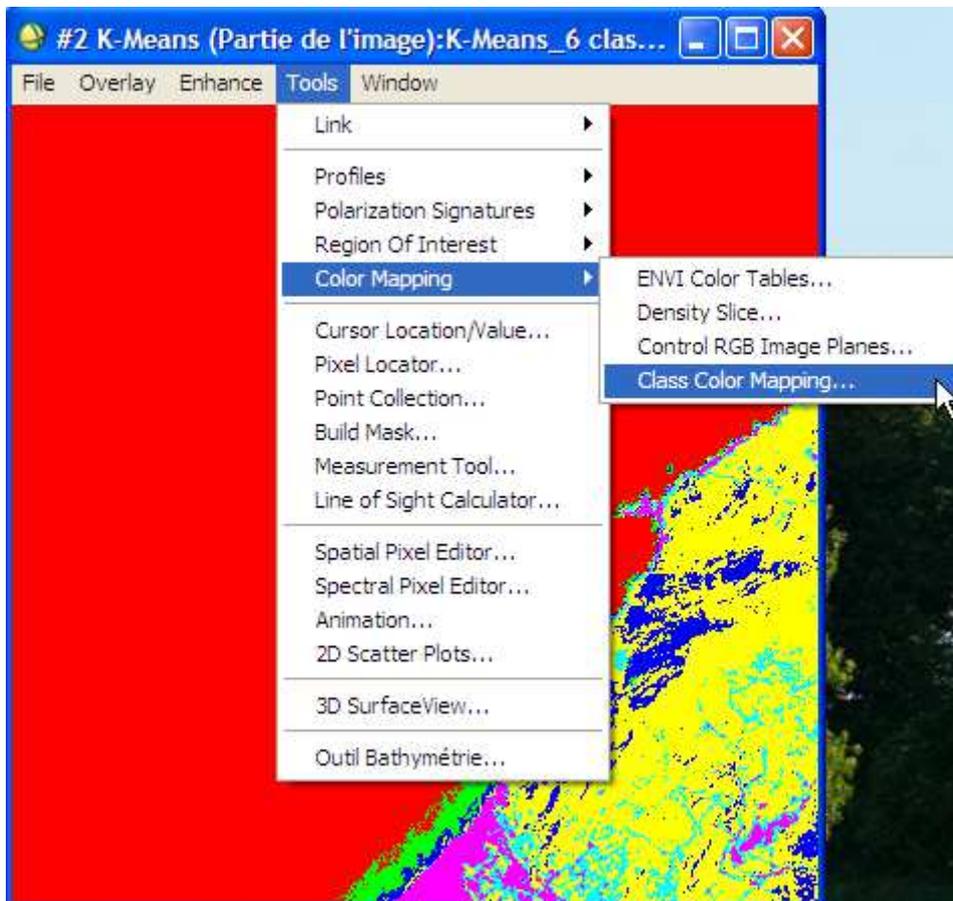


Classification K-Means à 6 classes :

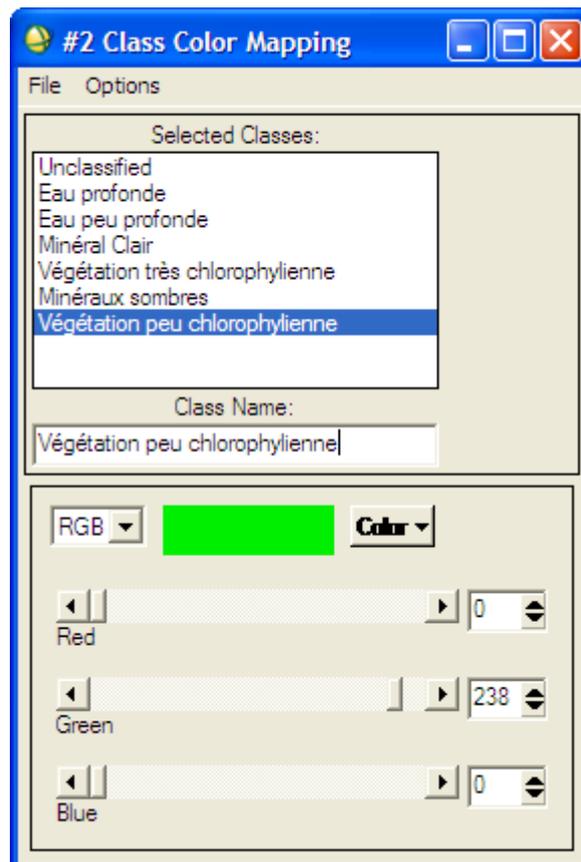


Il ne nous reste donc que le choix des couleurs pour les images classifiées obtenues. Dans ce qui suit, nous allons montrer comment choisir les couleurs en prenant comme exemple la dernière image classifiée (IsoData à 6 classes).

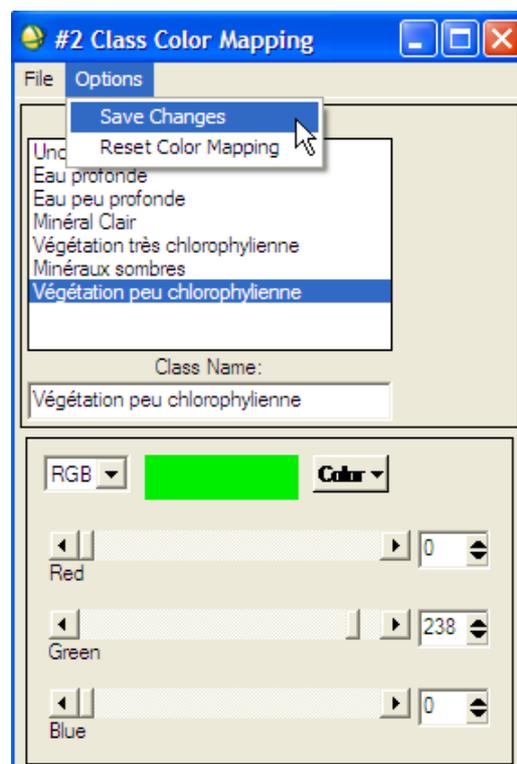
1. Sous le menu « Tools », cliquer sur « Color Mapping » et choisir « Class Color Mapping » comme ci-dessous :



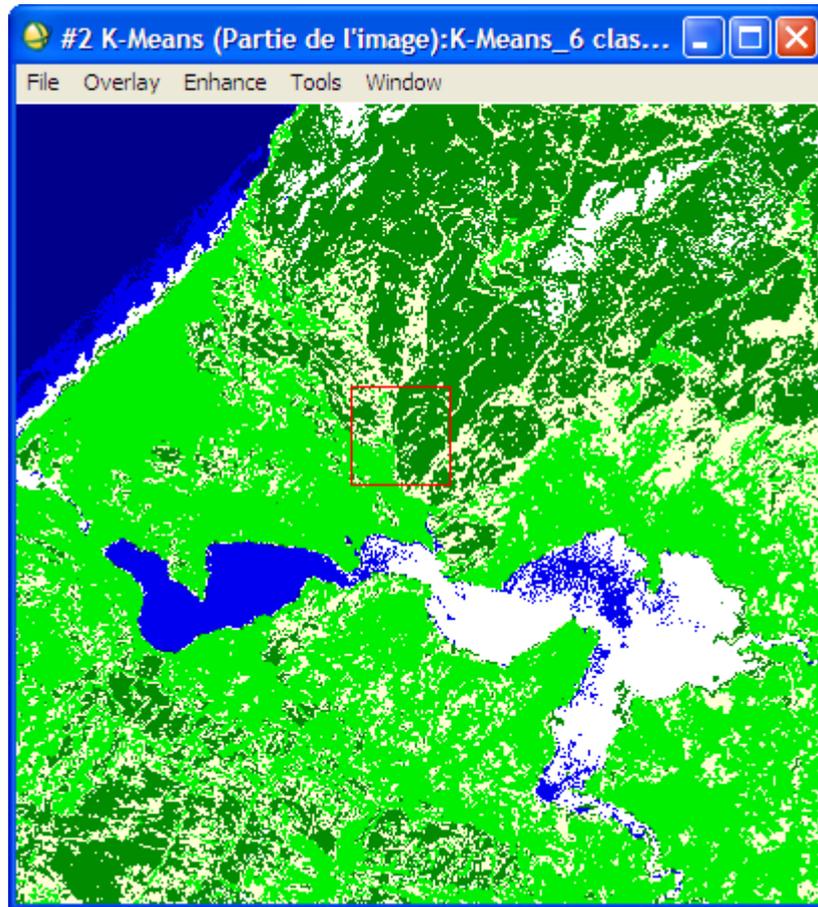
Choisissez les couleurs comme voulu



Après avoir nommé les classes et choisi les couleurs, cliquer sur le menu option et cliquer sur « Save Changes » pour sauvegarder le travail.



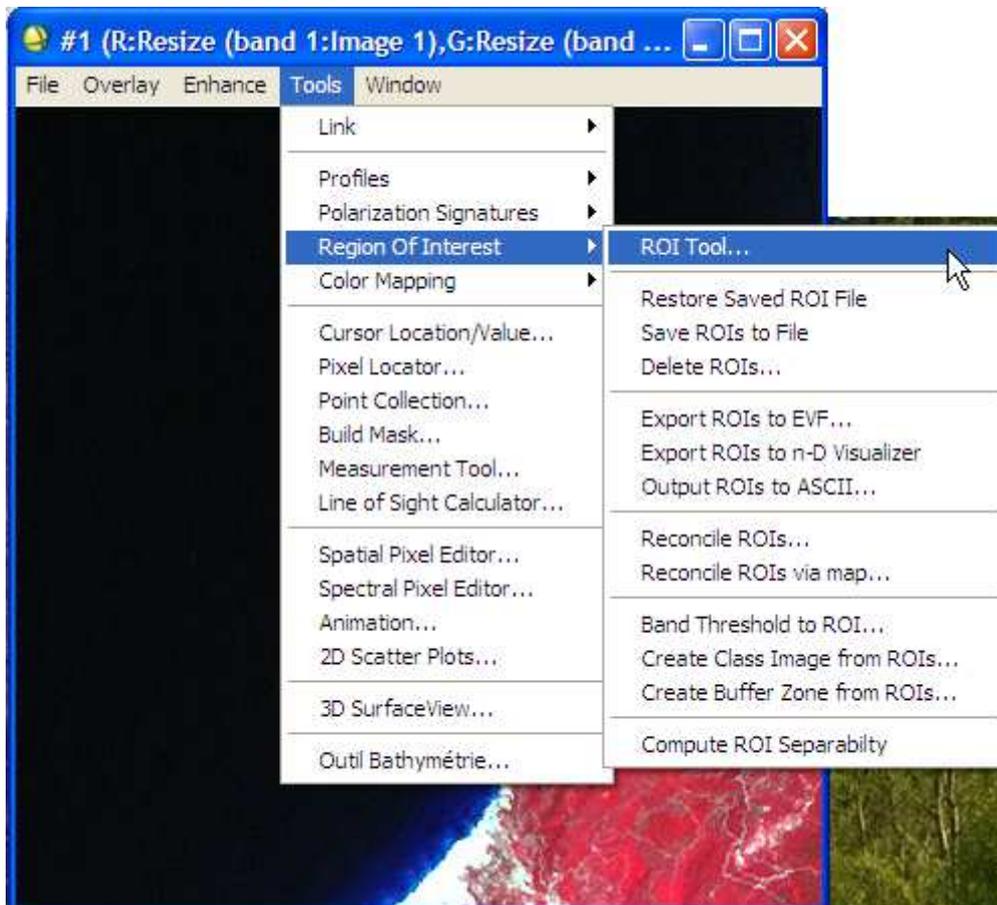
On obtient finalement, l'image classifiée suivante :



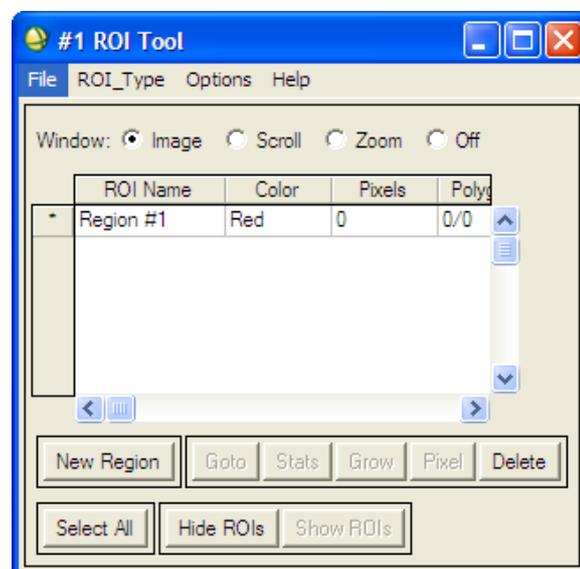
III.2. La classification supervisée :

Pour réaliser une classification supervisée, on procède comme suit :

1. Dans le menu « Tools », cliquer sur « Region Of Interest », puis sur « ROI Tool » comme indiqué ci-dessous :



Le logiciel demande, par défaut, de lui schématiser la première zone d'intérêt (Region#1)



2. Schématiser donc cette zone sur l'image, la renommer en double-cliquant là-dessus, puis valider avec la touche « Entrée » du clavier.

On se propose de déterminer 6 zones d'entraînement :

- Végétation chlorophyllienne (forêts) → Couleur verte foncée
- Végétation peu chlorophyllienne (végétation herbacée) → Couleur verte claire
- Eau peu profonde (plage) → Bleue 1
- Eau moyennement profonde (Lac) → Bleue 2
- Eau très profonde (mer) → Bleue 3
- Minéraux (calcaire et habitat) → Couleur blanche

Schématisation des zones d'entraînement :

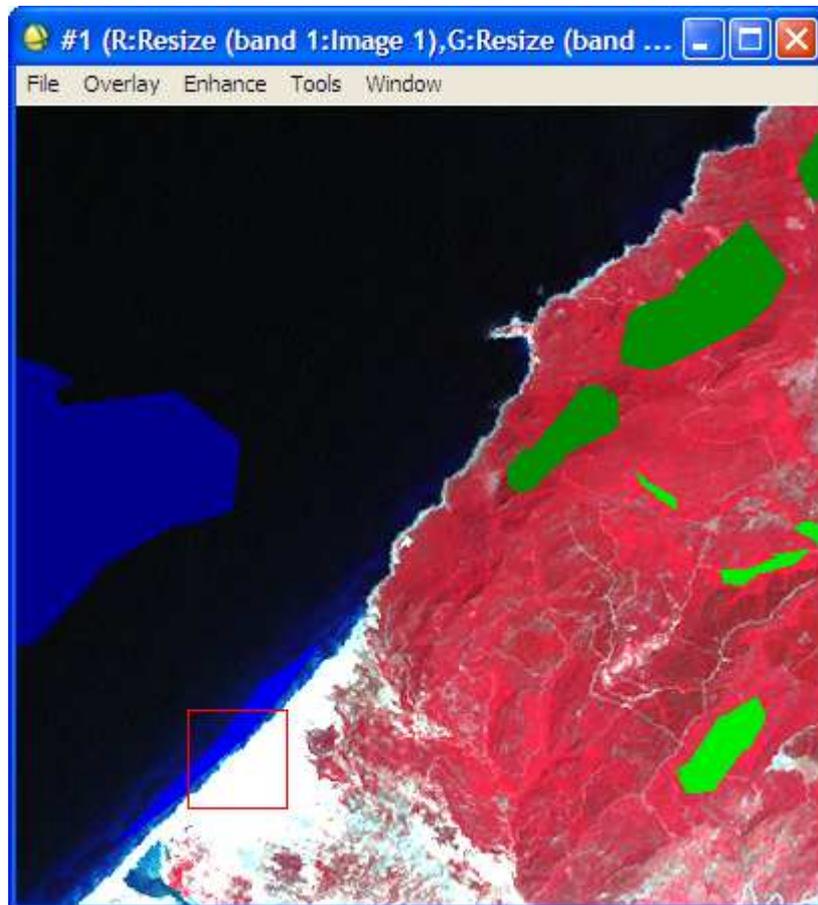
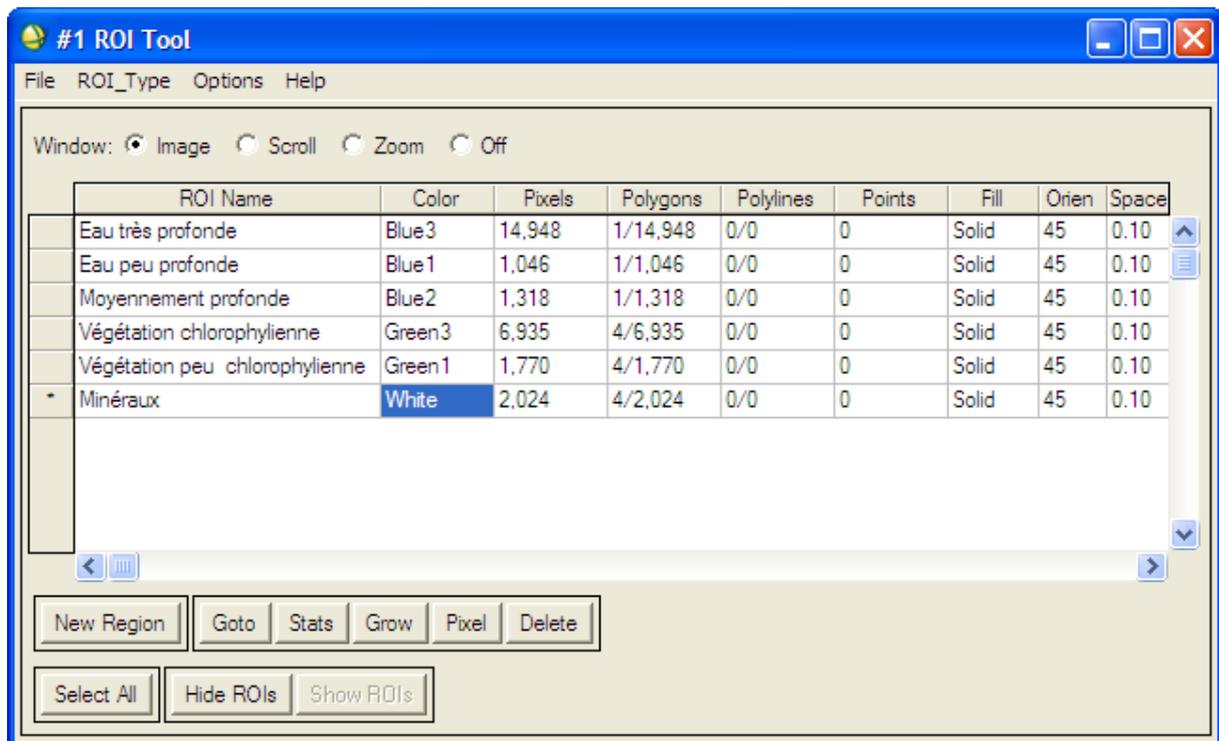


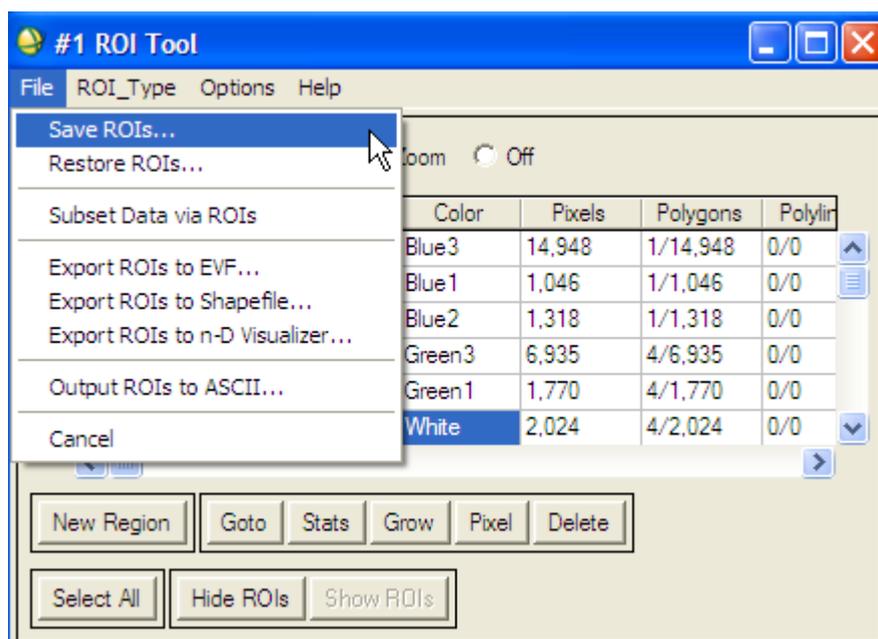
Tableau des zones d'entraînement :


The screenshot shows the '#1 ROI Tool' window with a menu bar (File, ROI_Type, Options, Help) and a 'Window' section with radio buttons for Image, Scroll, Zoom, and Off. Below is a table with the following data:

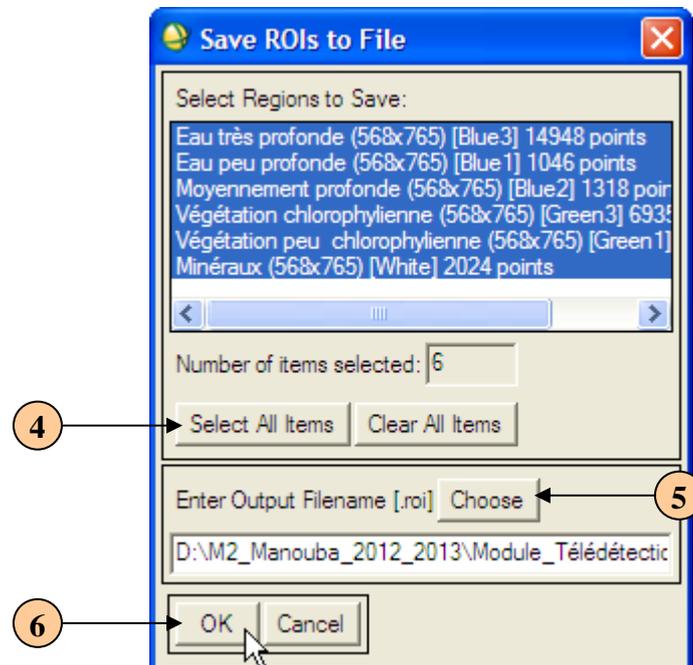
ROI Name	Color	Pixels	Polygons	Polylines	Points	Fill	Orien	Space
Eau très profonde	Blue3	14,948	1/14,948	0/0	0	Solid	45	0.10
Eau peu profonde	Blue1	1,046	1/1,046	0/0	0	Solid	45	0.10
Moyennement profonde	Blue2	1,318	1/1,318	0/0	0	Solid	45	0.10
Végétation chlorophyllienne	Green3	6,935	4/6,935	0/0	0	Solid	45	0.10
Végétation peu chlorophyllienne	Green1	1,770	4/1,770	0/0	0	Solid	45	0.10
Minéraux	White	2,024	4/2,024	0/0	0	Solid	45	0.10

Below the table are two rows of buttons: 'New Region', 'Goto', 'Stats', 'Grow', 'Pixel', 'Delete' and 'Select All', 'Hide ROIs', 'Show ROIs'.

3. Une fois la schématisation des zones d'entraînement est terminée, on procède à l'enregistrement en cliquant sur « File », ensuite sur « Save ROIs ».

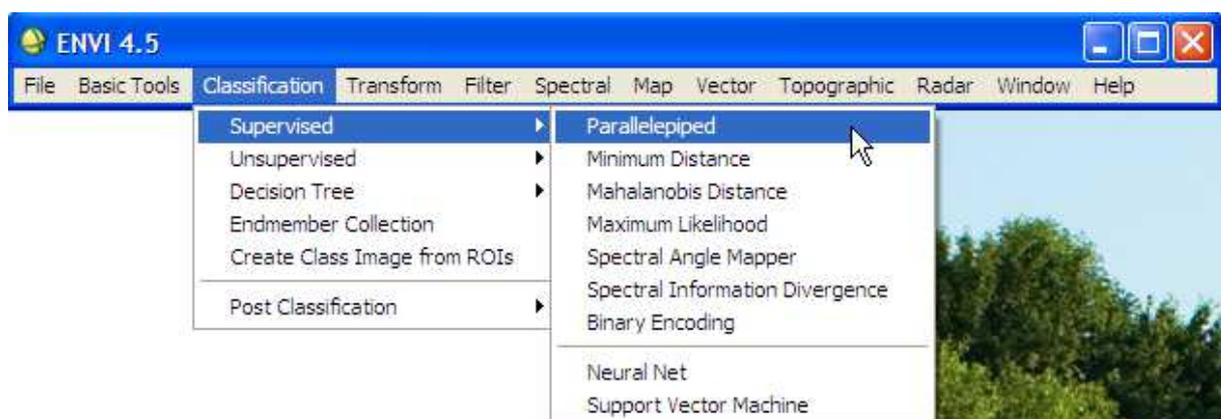


4. Cliquez sur « Select All Items » pour sélectionner toutes les zones d'entraînement effectuées.
5. Cliquez sur « Choose » pour choisir le chemin d'enregistrement
6. Cliquez sur OK

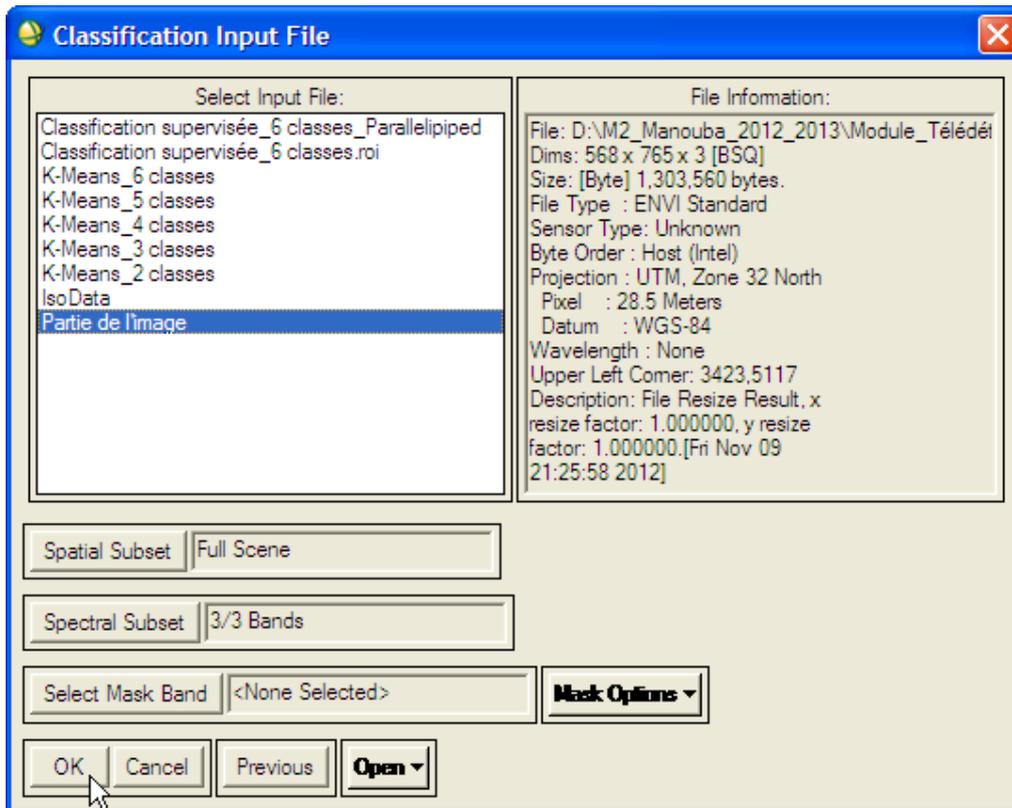


a) Classification supervisée par la méthode parallelepiped

1. Cliquez sur « Classification », « Supervised », « parallelepiped »



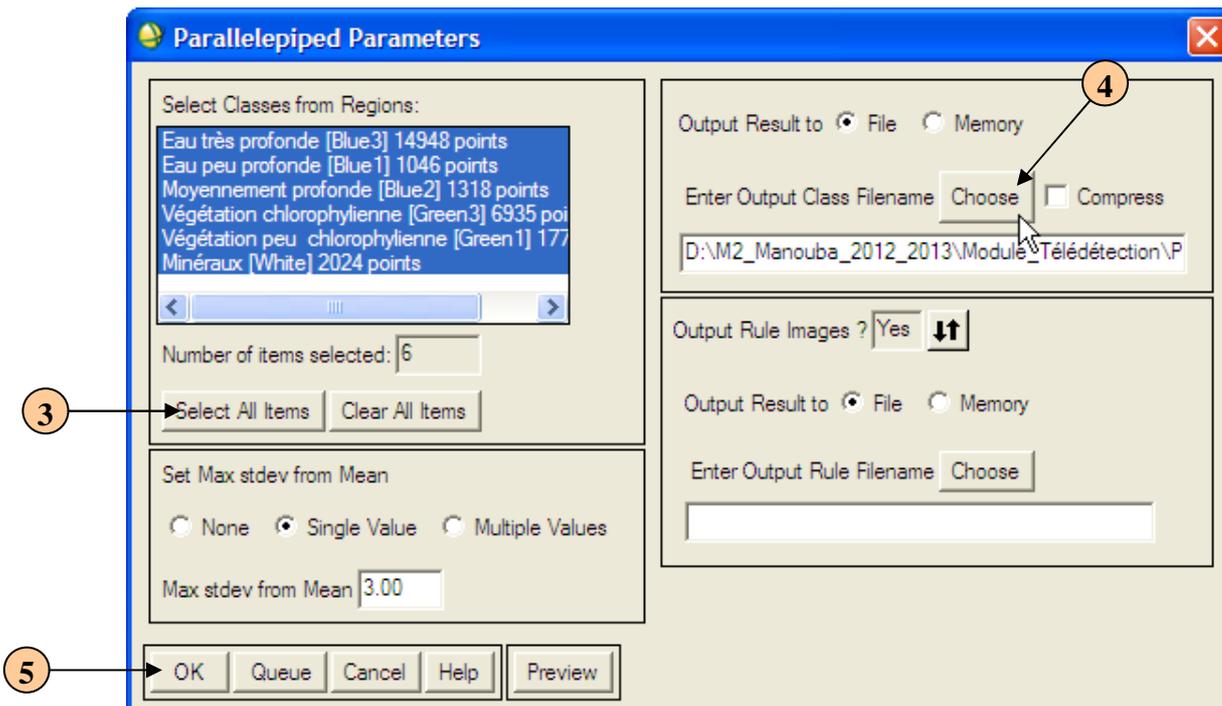
2. Sélectionnez « Partie de l'image » et cliquez sur OK.



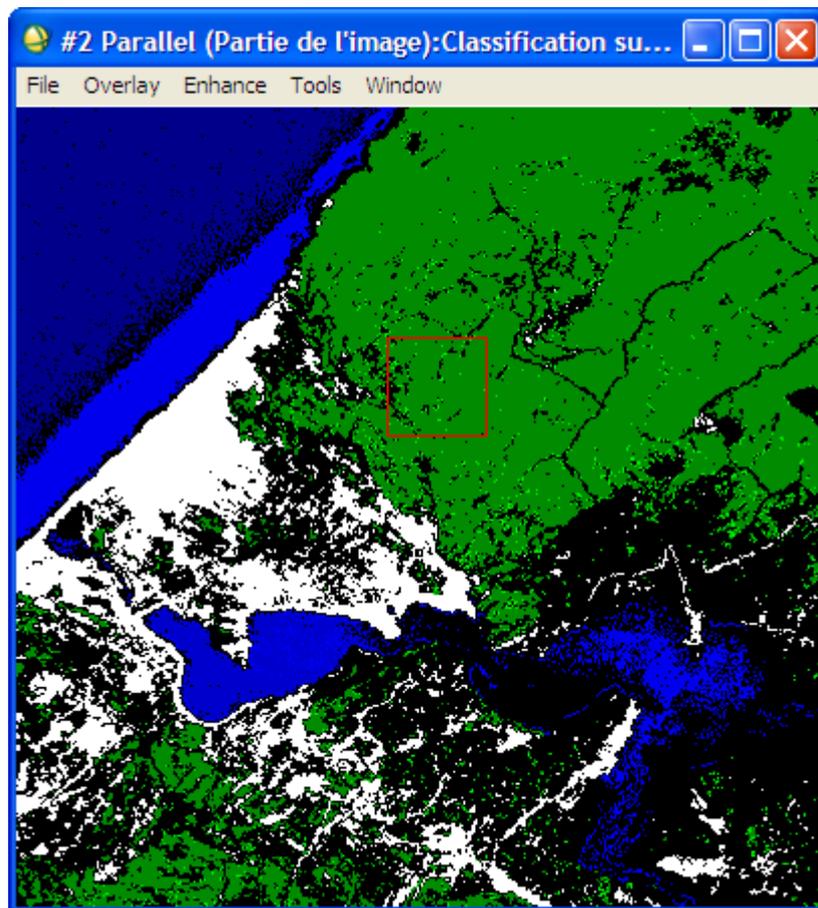
3. Cliquez sur « Select All Items »

4. Cliquez sur « Choose » et choisissez un chemin d'enregistrement

5. Cliquez sur OK

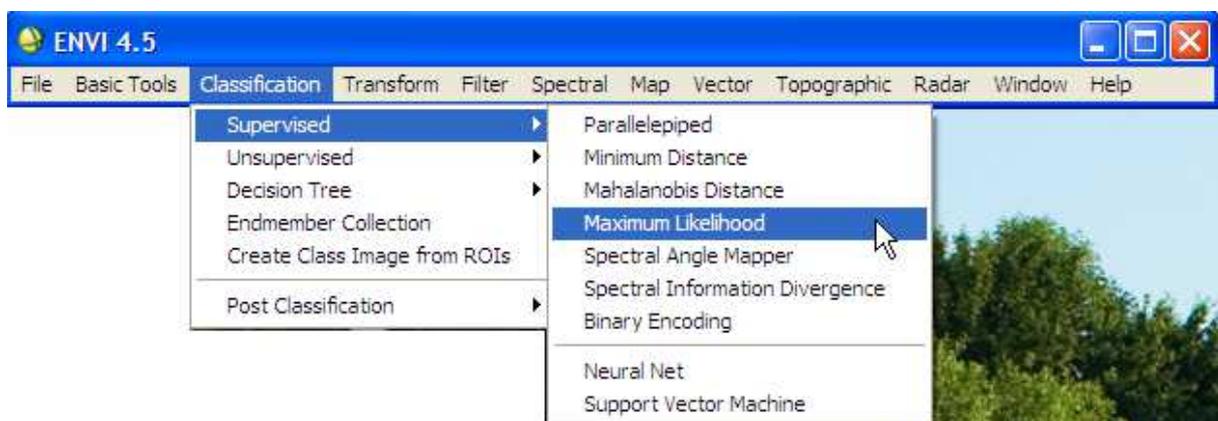


6. Cliquez sur « New display », ensuite sur « Load » pour afficher la nouvelle image classée.

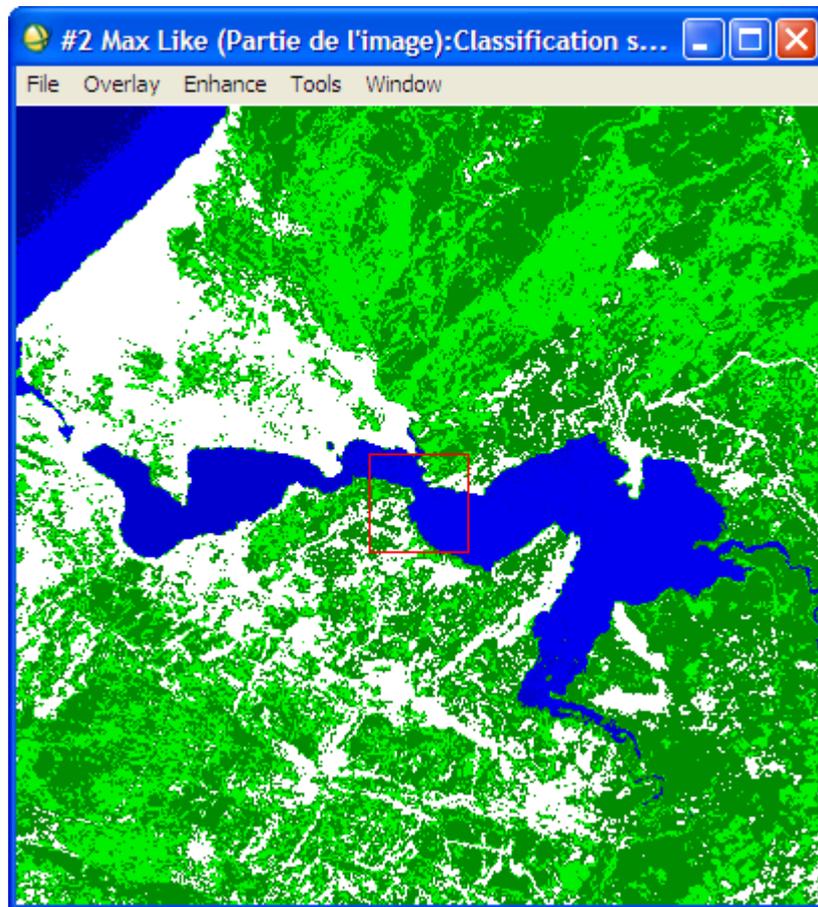


b) Classification supervisée par la méthode de Maximum Likelihood :

1. Cliquez sur « Classification », « Supervised », « Maximum Likelihood ».



2. Suivez les mêmes étapes que précédemment pour obtenir l'image classée suivante :



c) Comparaison entre les deux méthodes :

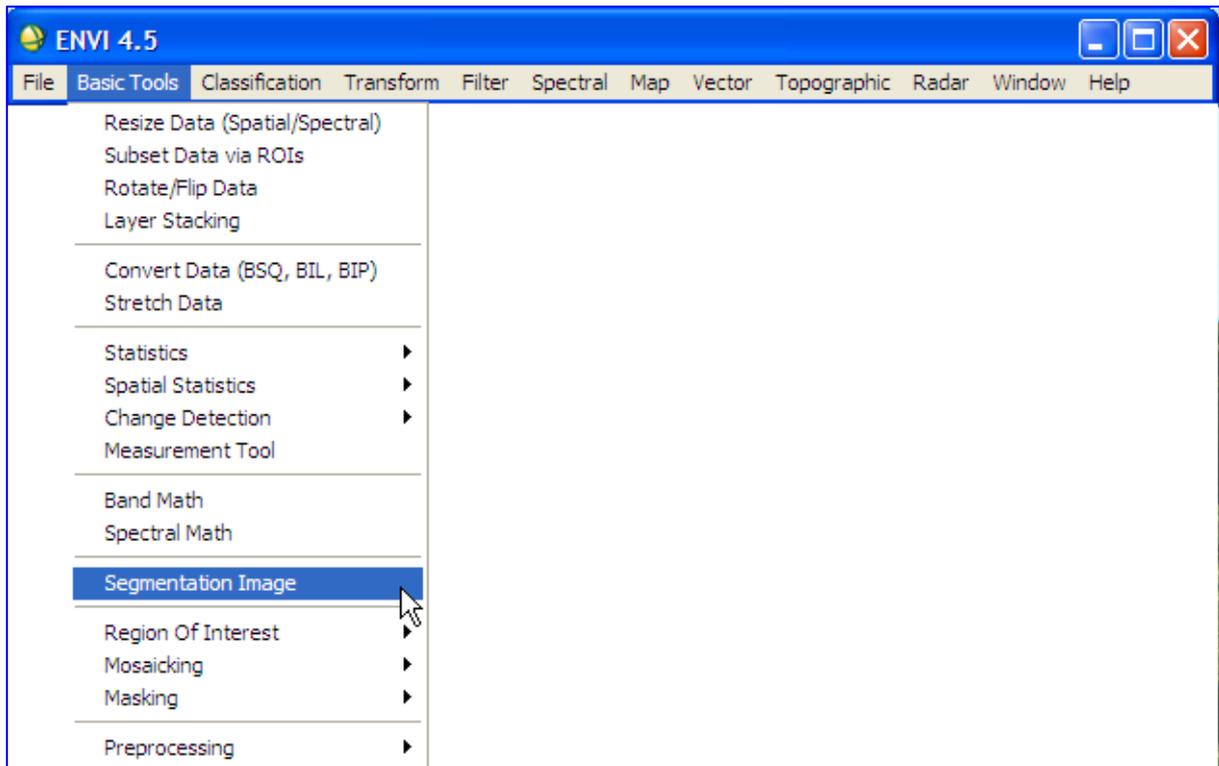
Il est à remarquer que la deuxième méthode (Maximum Likelihood) semble être plus meilleure que la première (parallelepiped) dans le sens où elle a classifié tous les éléments de l'image dans les classes qu'on a choisi au départ alors que la deuxième méthode a laissé des éléments non classés (en noir sur l'image).

IV. Segmentation et annotation de l'image :

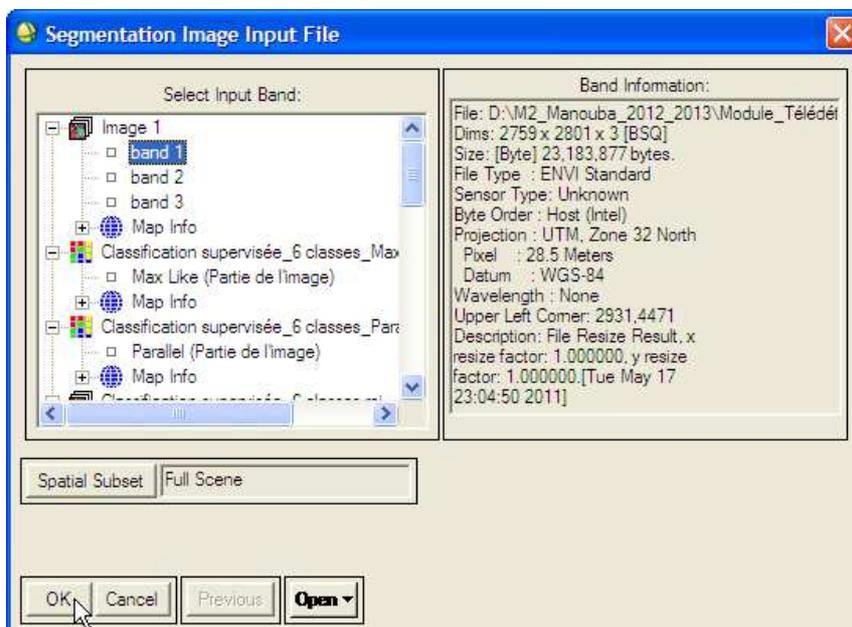
IV. 1. Segmentation

Nous allons faire une segmentation sur une seule bande (bande 1). Nous prenons comme valeur minimale et maximale de population respectivement 16 et 48.

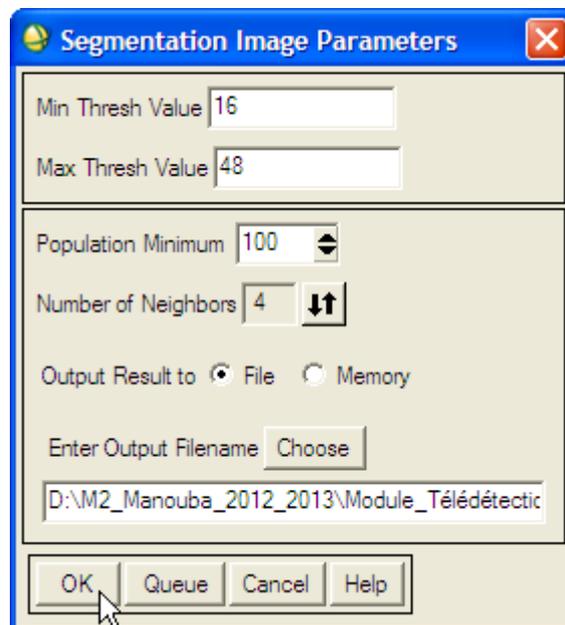
1. Cliquez sur « BasicTools », ensuite sur « Segmentation Image ».



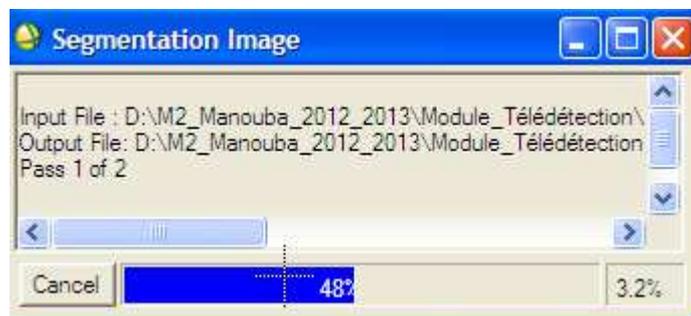
2. Cliquez sur la « band 1 », ensuite sur OK



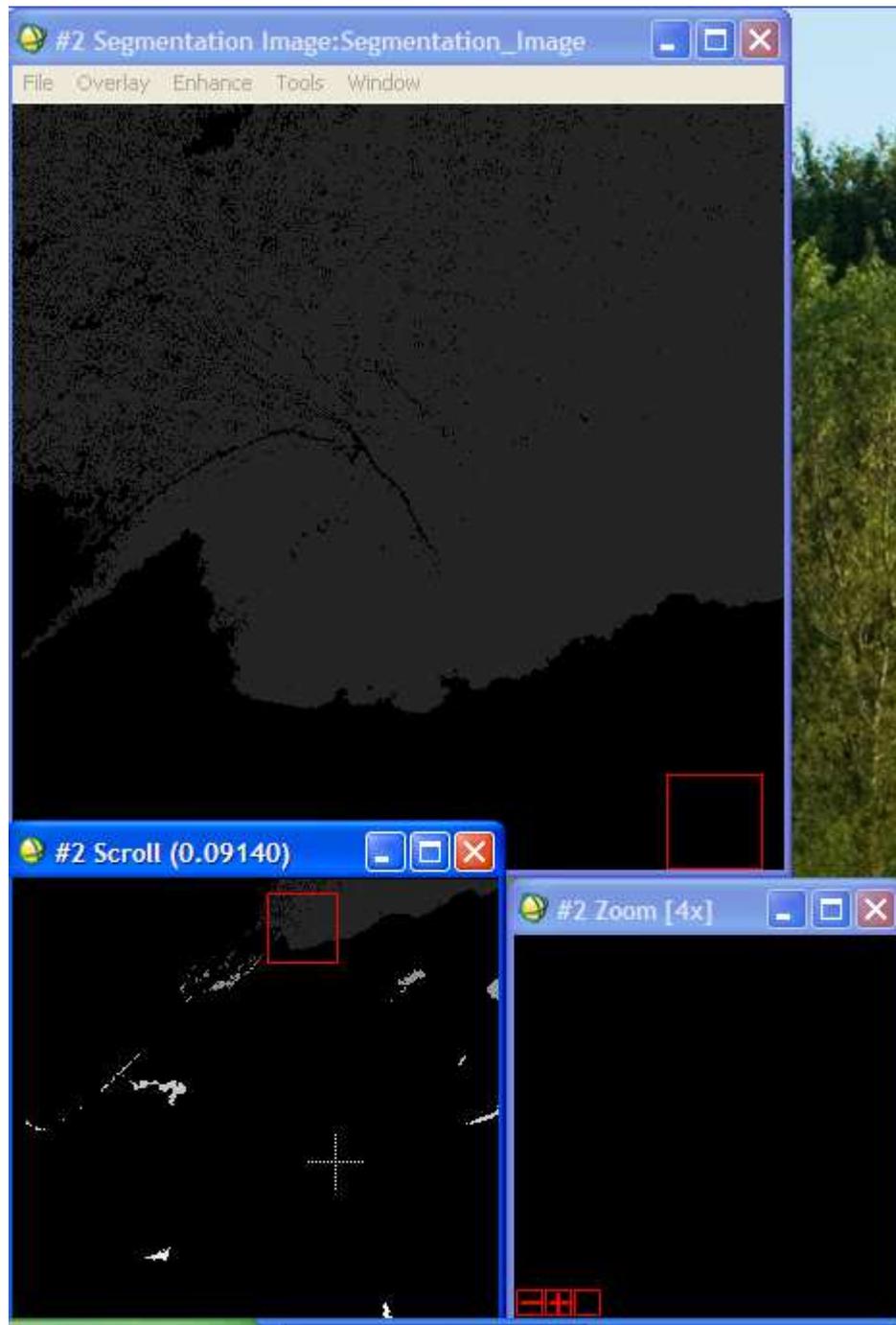
3. Remplir les deux valeurs min et max comme indiqué. Cliquez sur « Choose » et choisissez un chemin d'enregistrement. Cliquez finalement sur OK.



Le logiciel commence à faire la segmentation de l'image



4. Cliquez sur « New Display », ensuite sur « Load » pour afficher l'image segmentée à l'écran.



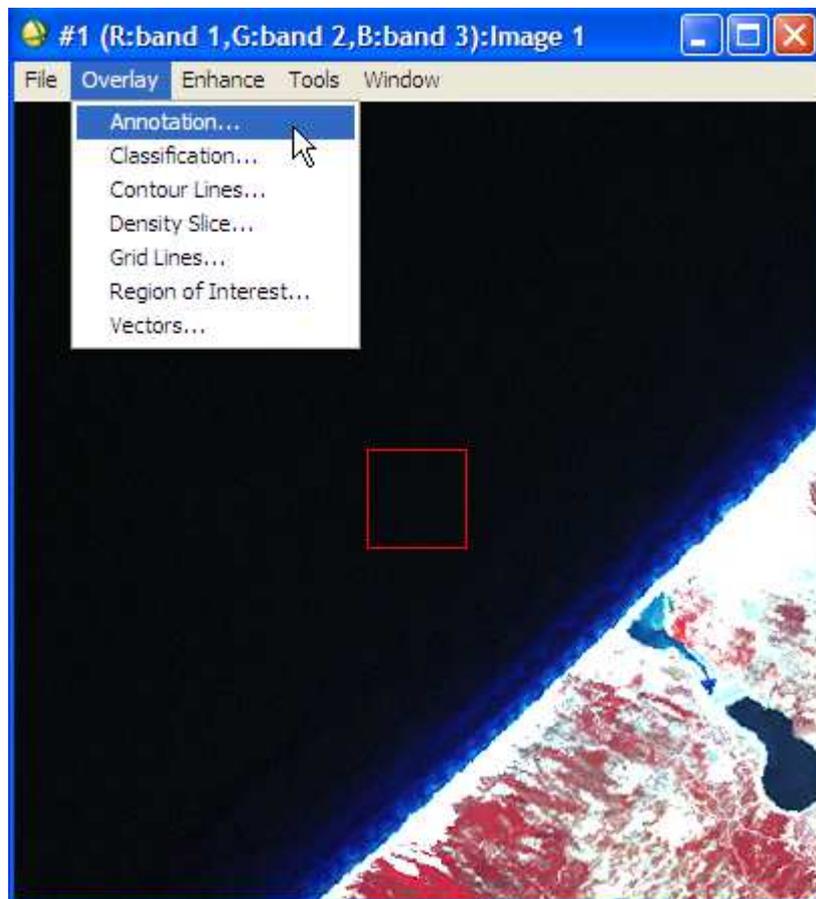
→ On remarque que la segmentation a diminué le nombre d'éléments et n'a maintenu que les principaux éléments à savoir l'eau et la végétation.

IV. 2. Annotation :

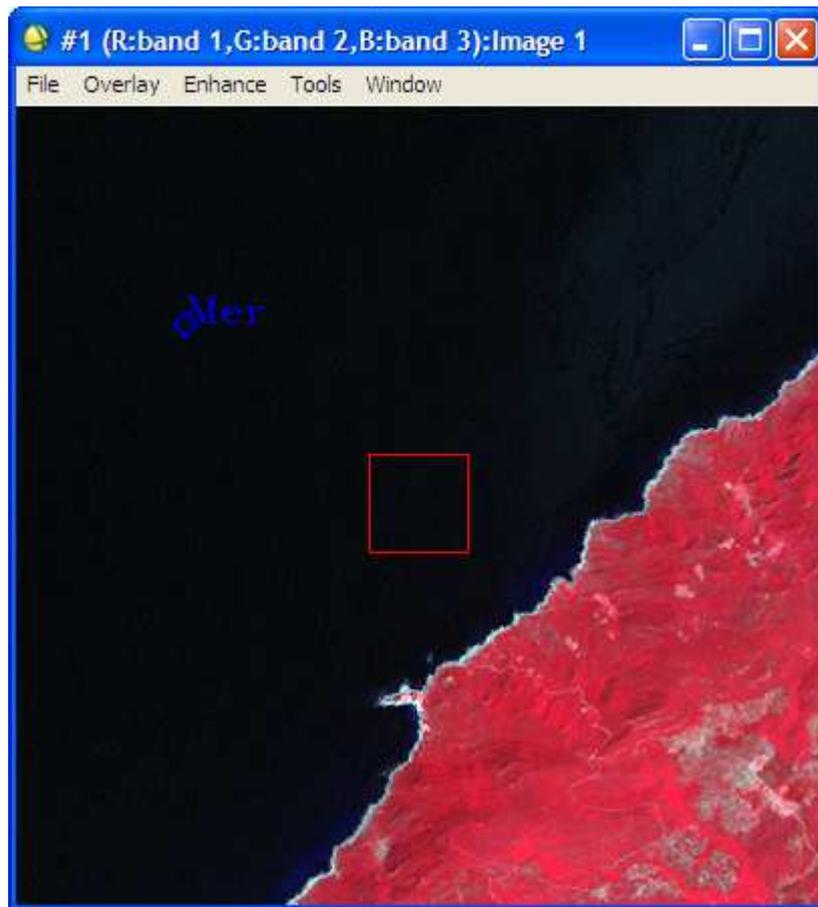
Nous allons annoter les principaux éléments figurant sur l'image tels que :

- Mer,
- Plage,
- Lac,
- Végétation,
- Minéraux.

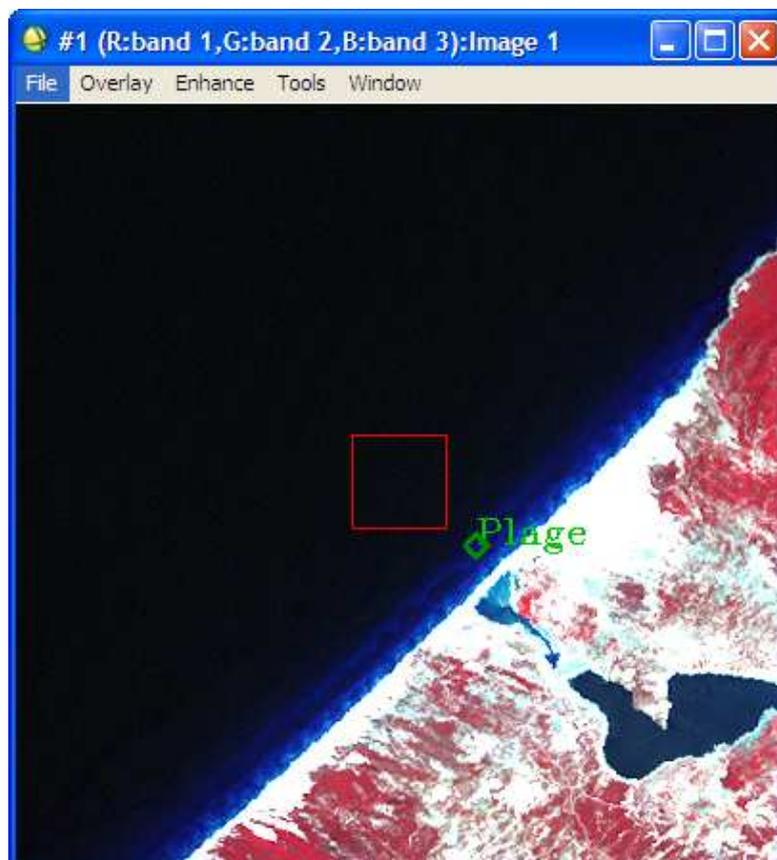
1. Cliquez sur « Overlay », ensuite sur « Annotation ».



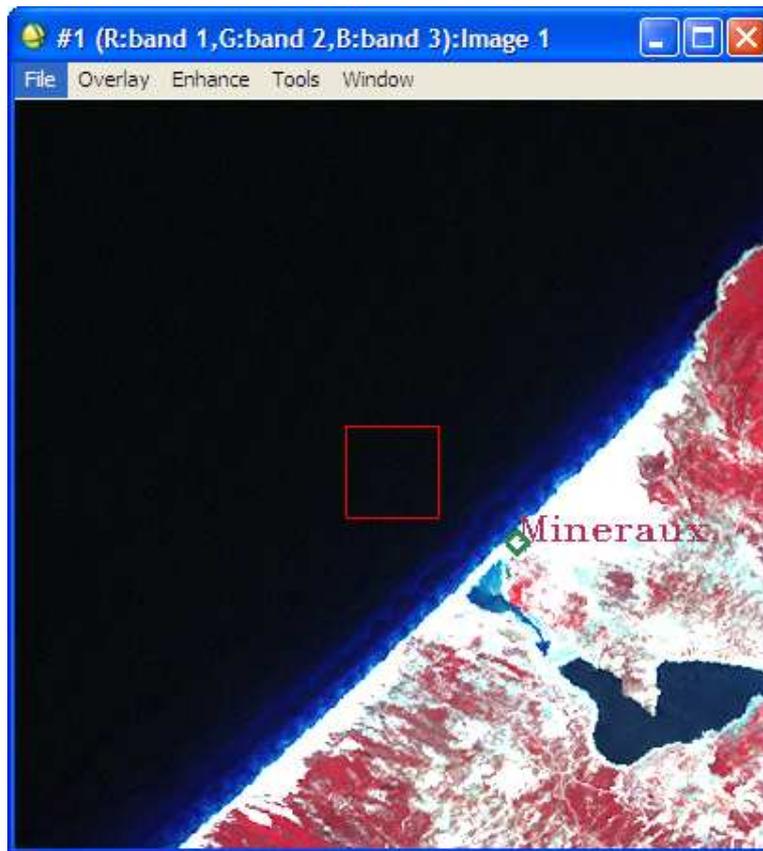
Mer :



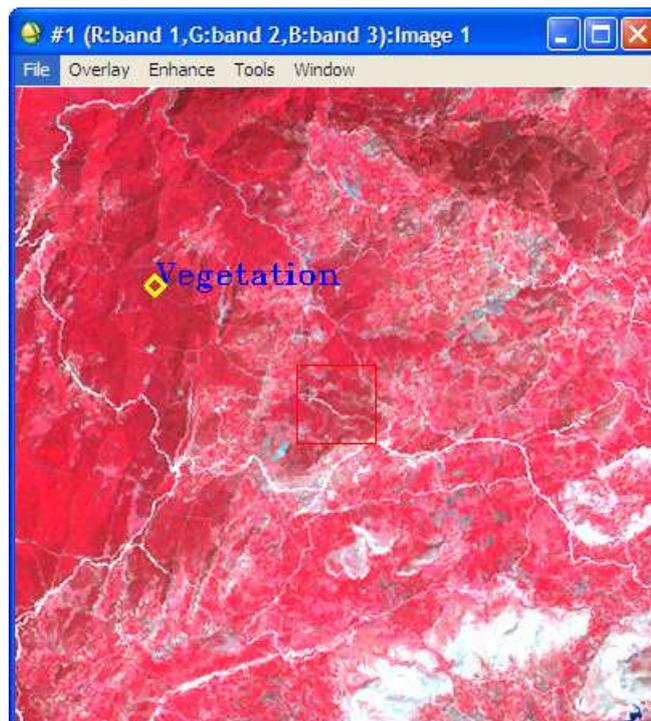
Plage



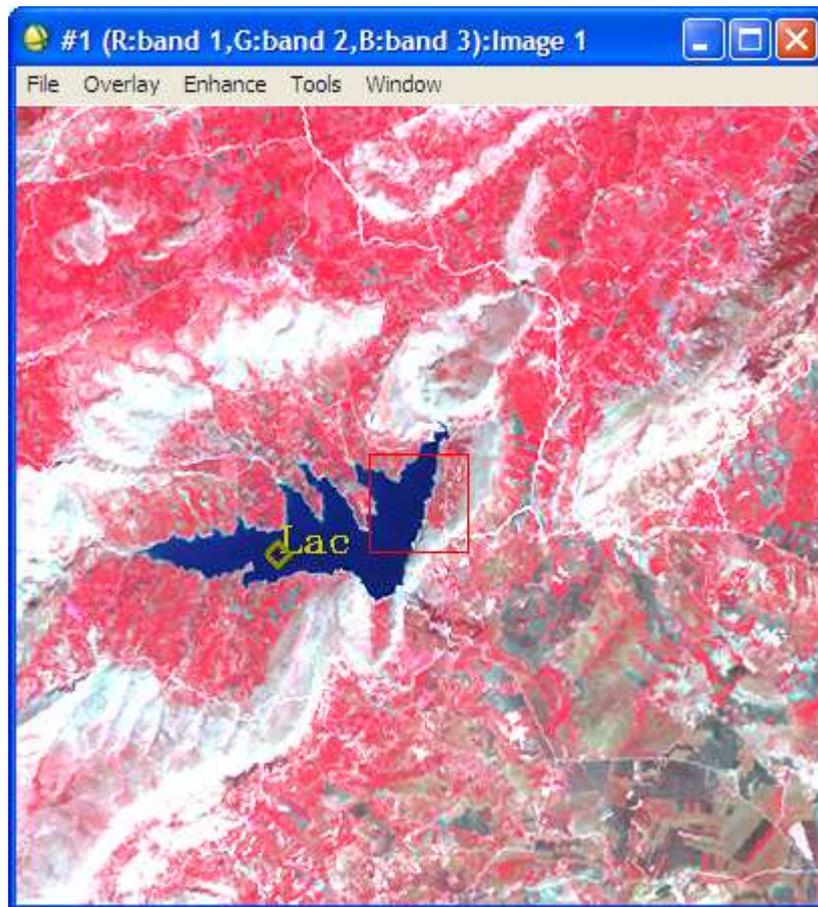
Minéraux



Végétation



Lac



V. Composition colorée et Mosaïquage d'une image numérique satellitaire

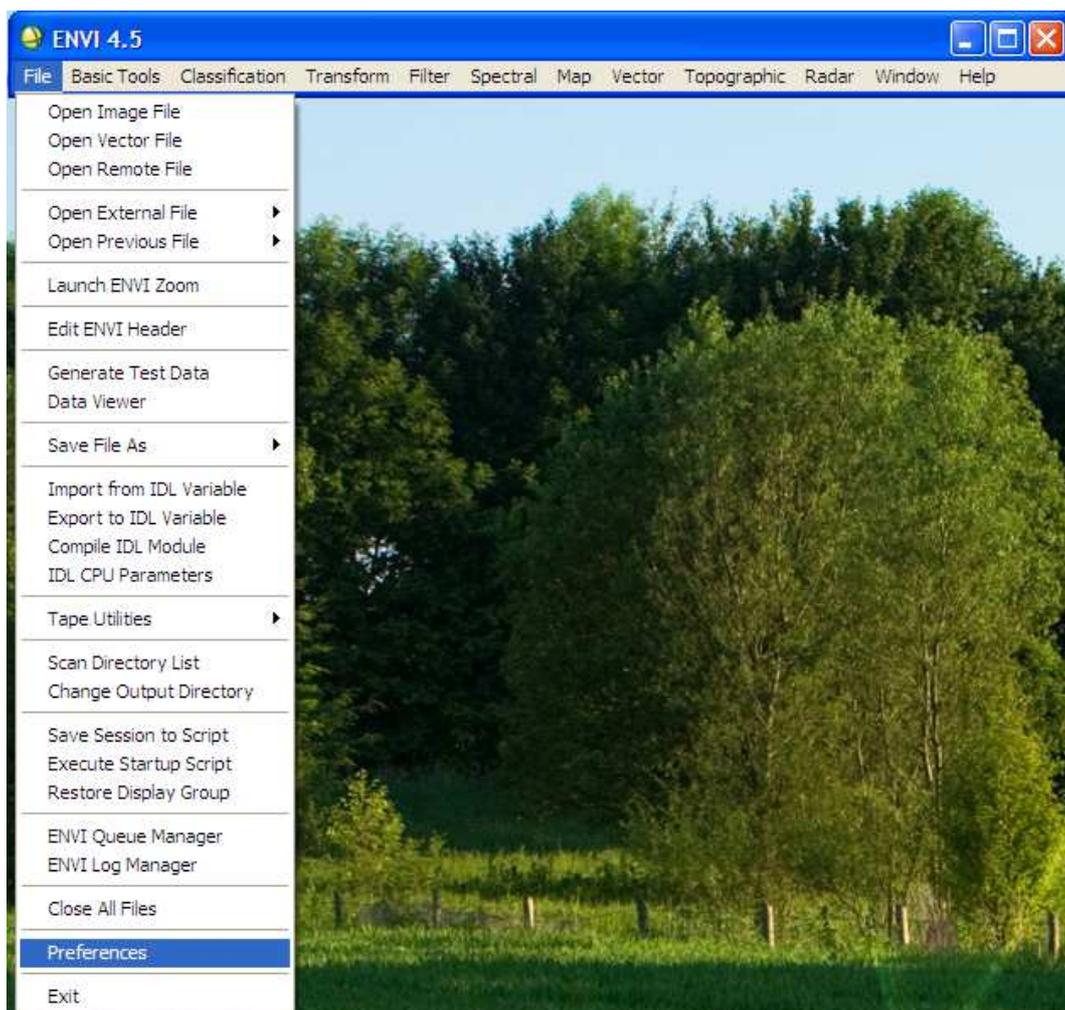
V.1. Composition colorée d'une image :

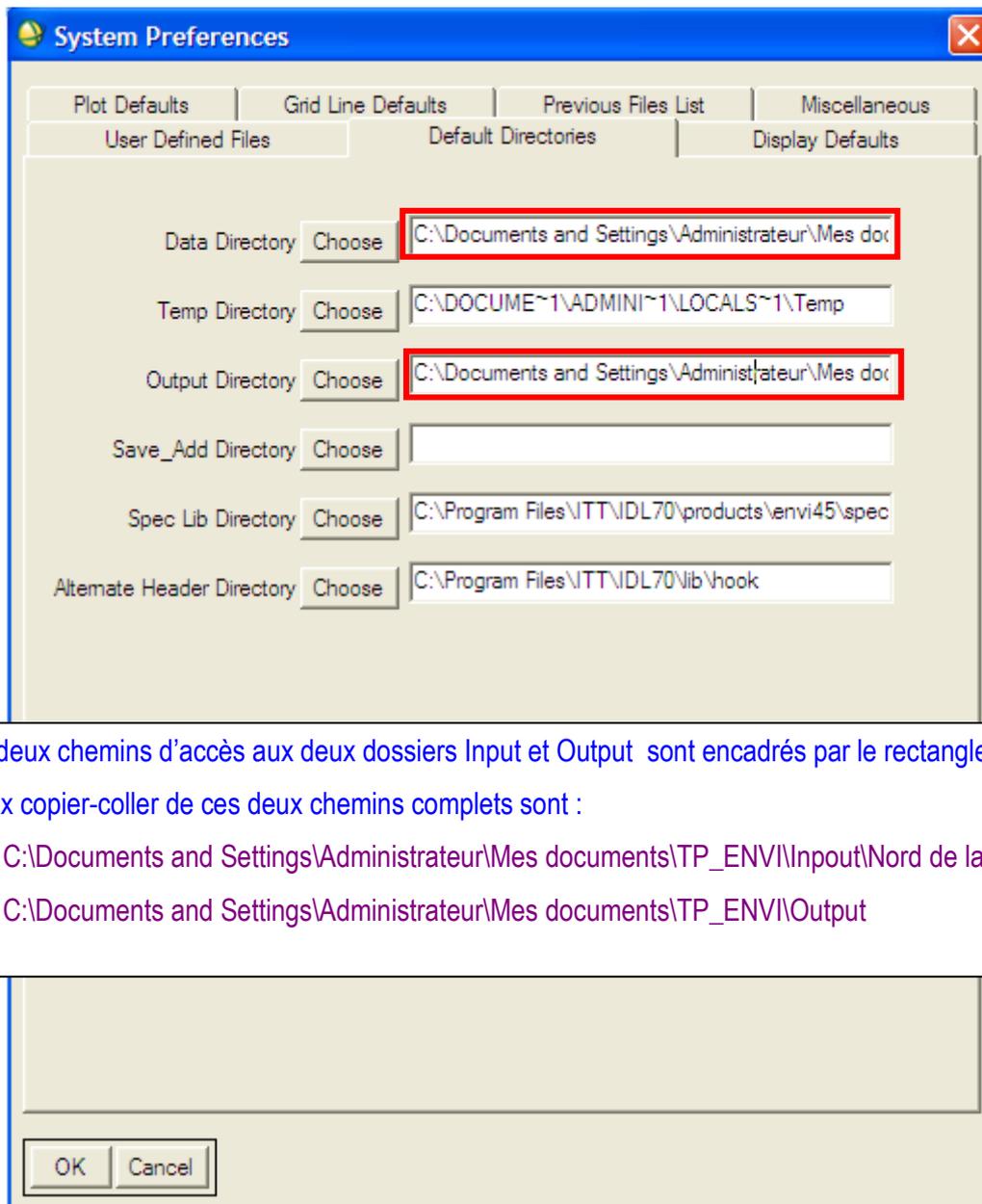
On cherche à donner aux différentes bandes de l'image satellitaire des couleurs bien déterminées.

S'agissant qu'on va travailler sur 3 bandes (bande 2, bande 3 et bande 4) du satellite Landsat, ces dernières se trouvent séparément dans un dossier nommé « Nord de la Tunisie », nomenclature relative à la région concernée par l'image.

a) Ouverture des trois bandes :

Les trois bandes se trouvent dans un dossier nommé « Input ». En plus de ce dossier, on a créé un autre dossier sous le nom « Output » dans lequel nous mettrons les fichiers de sorties obtenus après traitement de l'image. Ces deux dossiers doivent être indiqués au logiciel, par la définition de leurs chemins d'accès dans la rubrique « Préférences » du logiciel, comme indiqué ci-dessous.



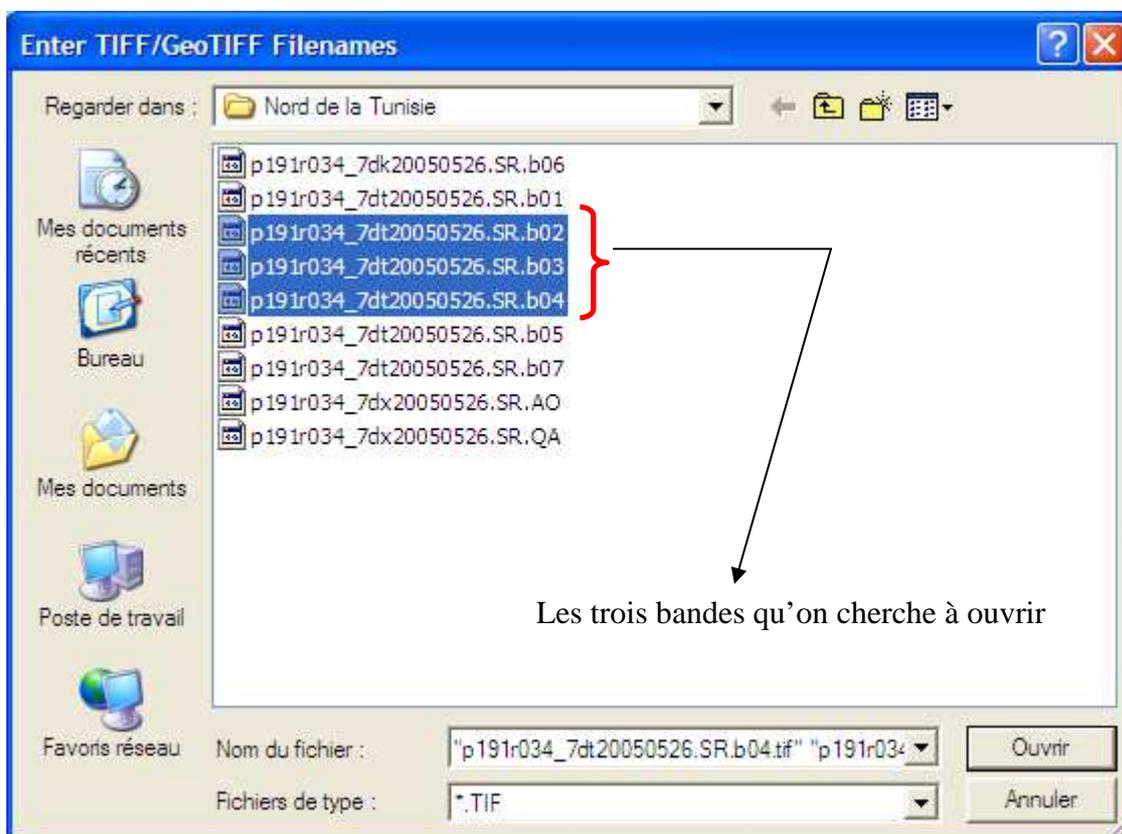
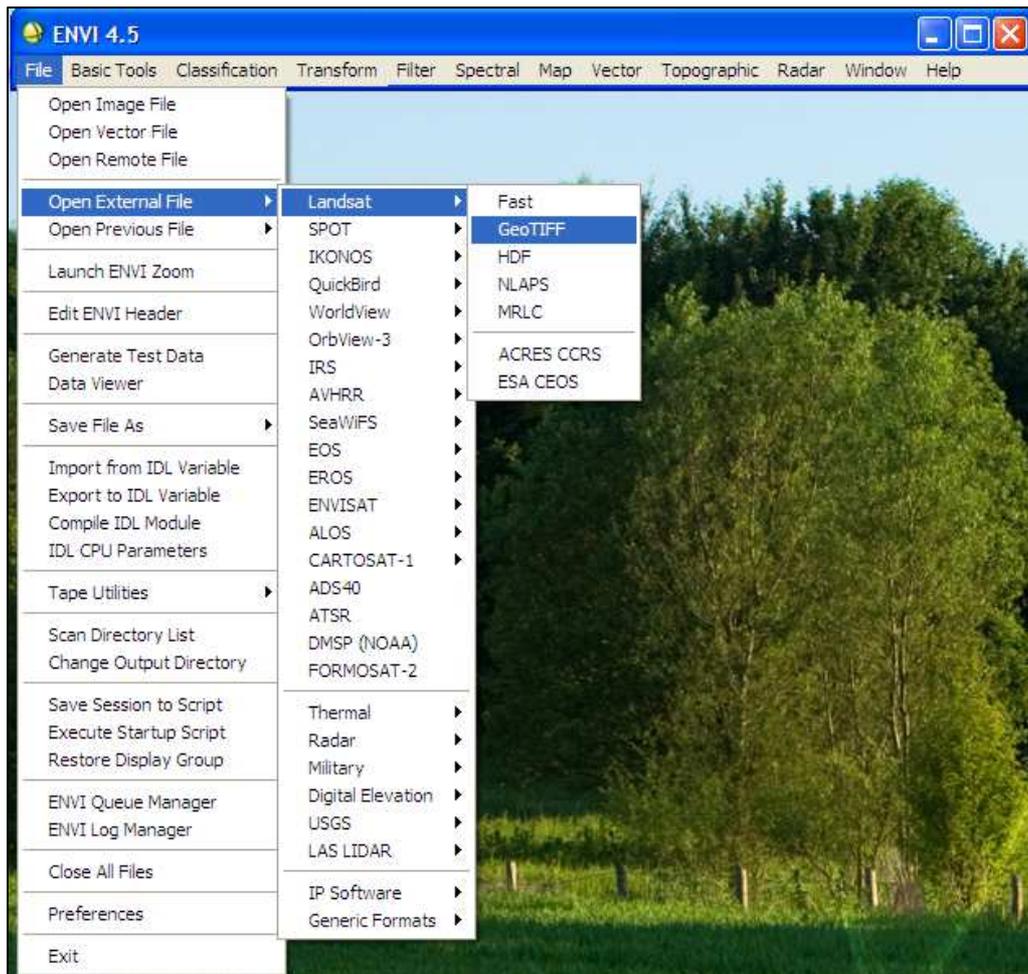


→ Les deux chemins d'accès aux deux dossiers Input et Output sont encadrés par le rectangle rouge.

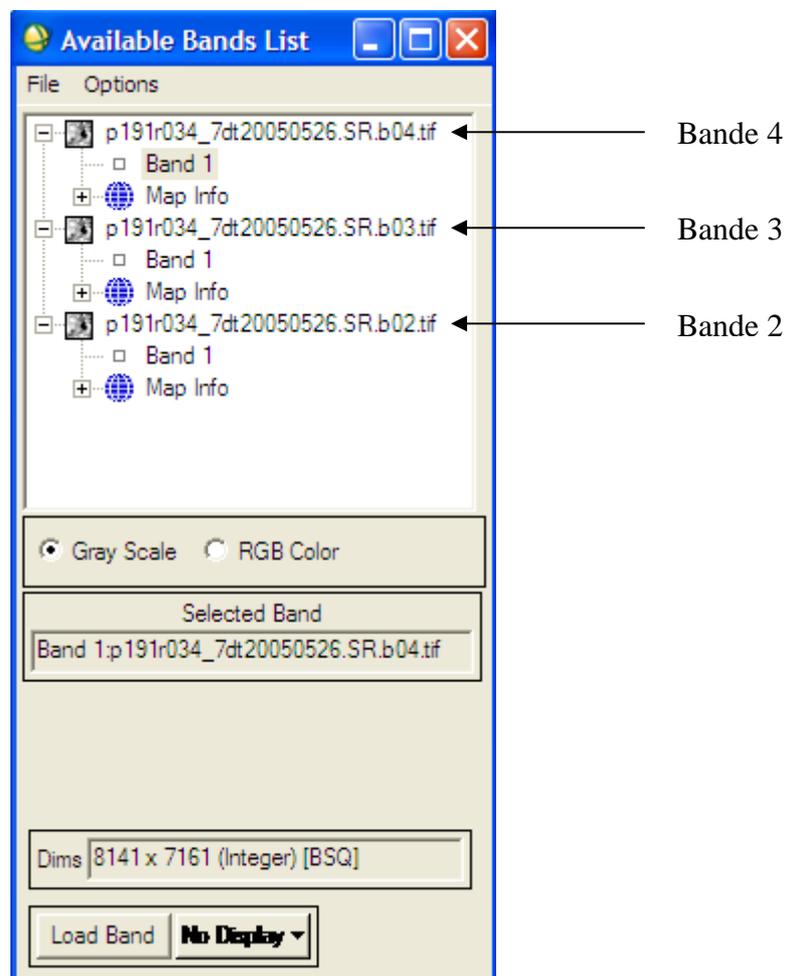
Les deux copier-coller de ces deux chemins complets sont :

- C:\Documents and Settings\Administrateur\Mes documents\TP_ENVI\Inpout\Nord de la Tunisie
- C:\Documents and Settings\Administrateur\Mes documents\TP_ENVI\Output

Maintenant que les chemins d'accès sont définis, on procède à l'ouverture des trois bandes (bande 2, bande 3 et bande 4) tout simplement comme indiqué dans l'imprimé écran suivant.



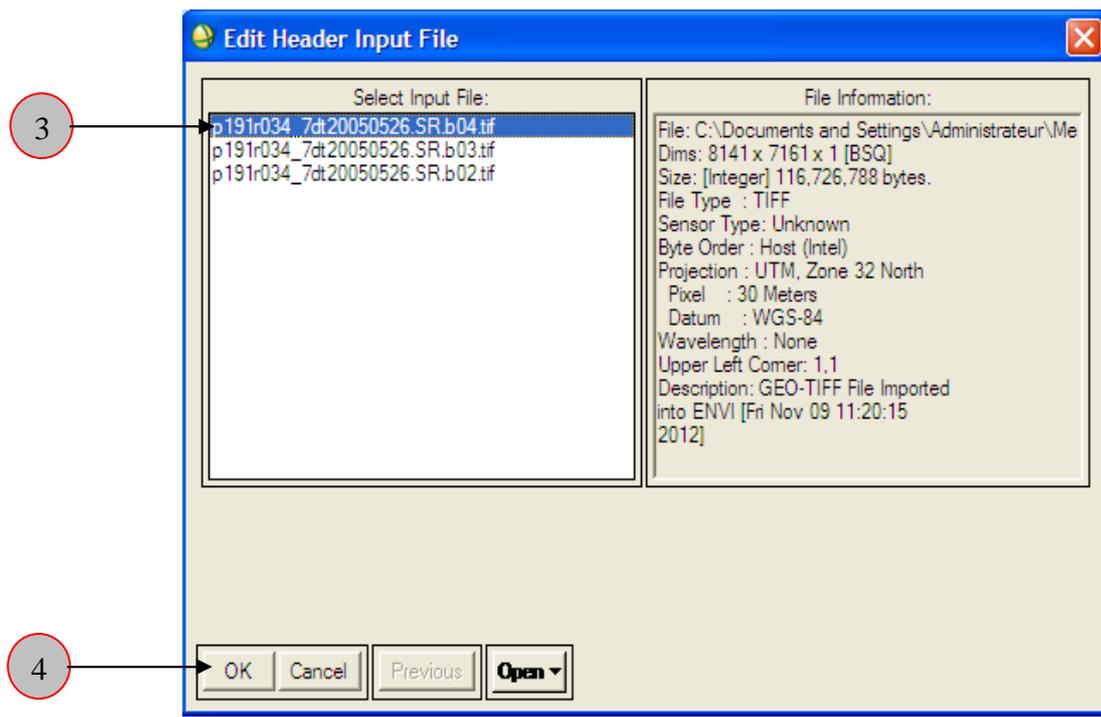
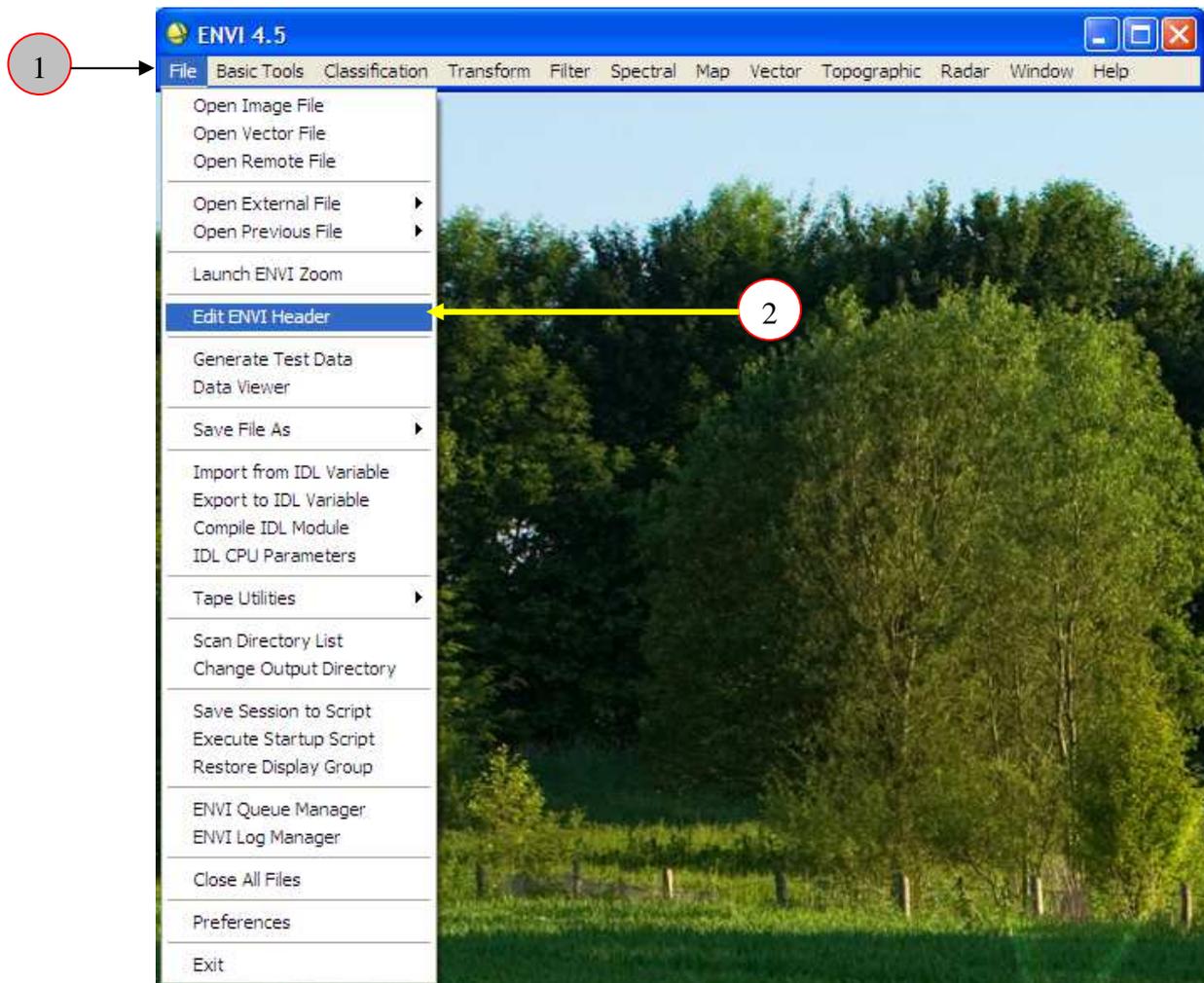
En cliquant sur « Ouvrir », les trois bandes s'ajoutent dans la liste des bandes valables (voir imprimé écran suivant).

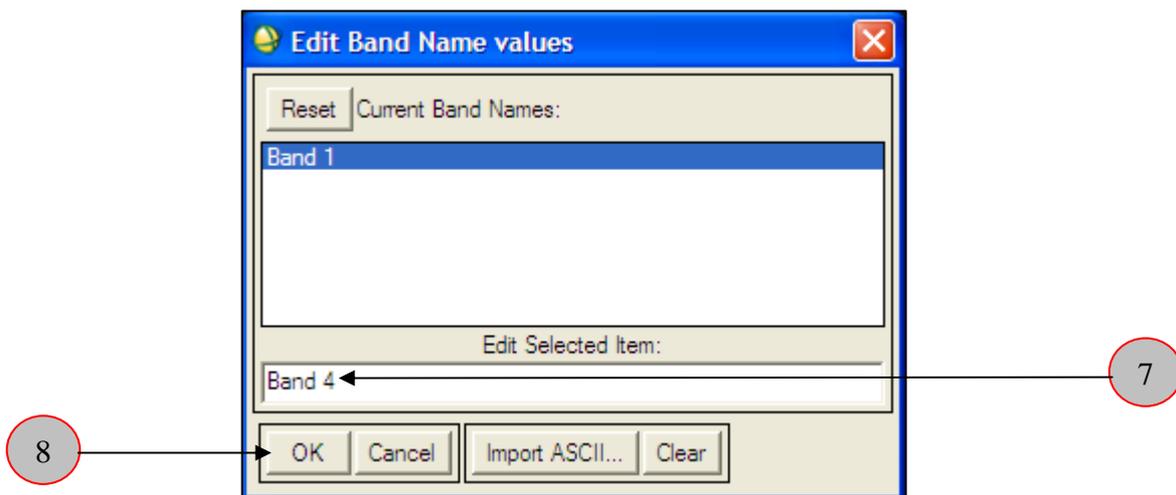
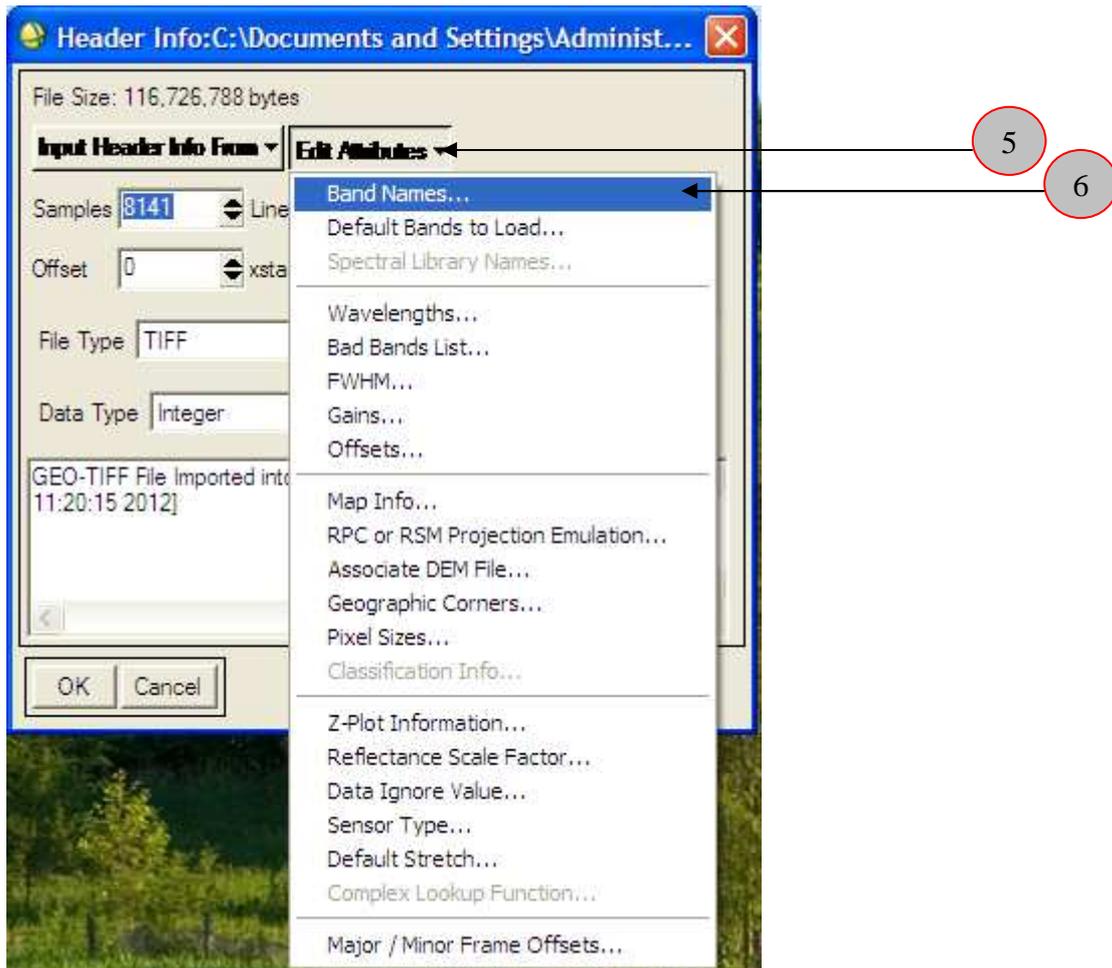


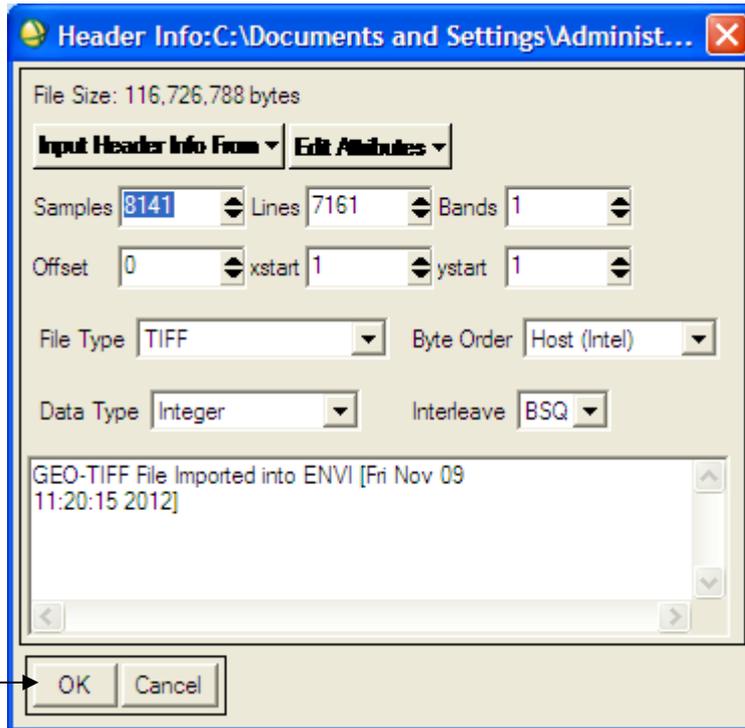
On remarque que les trois bandes ajoutées possèdent le même nom « Band 1 ». Cela, indique que l'image Landsat a été prise sur une seule bande mais le nom de cette bande est bien montré un peu en dessus (voir l'imprimé écran précédent). Pour cela, nous allons renommer ces trois bandes en faisant correspondre à chacune d'elle le nom indiqué.

b) Renommer les trois bandes :

Les imprimés écrans suivants montrent, dans l'ordre, comment procéder pour renommer les trois bandes en question.





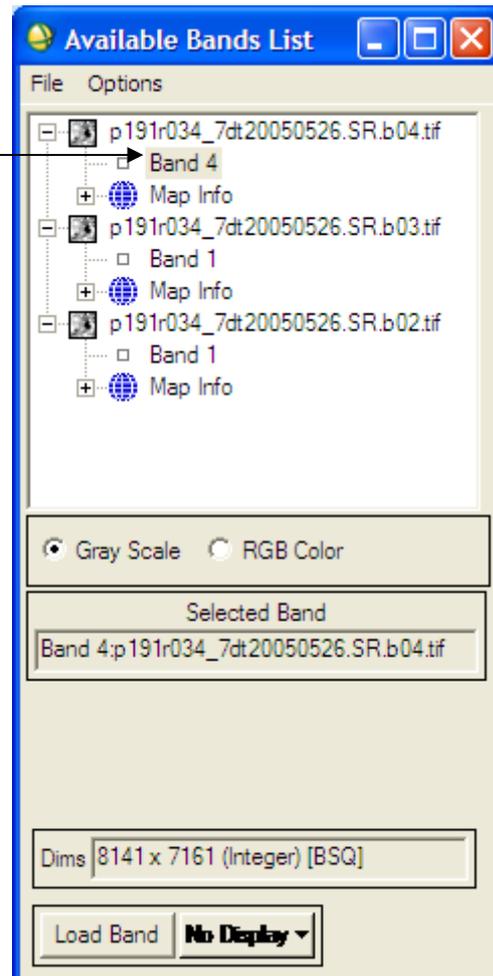


9

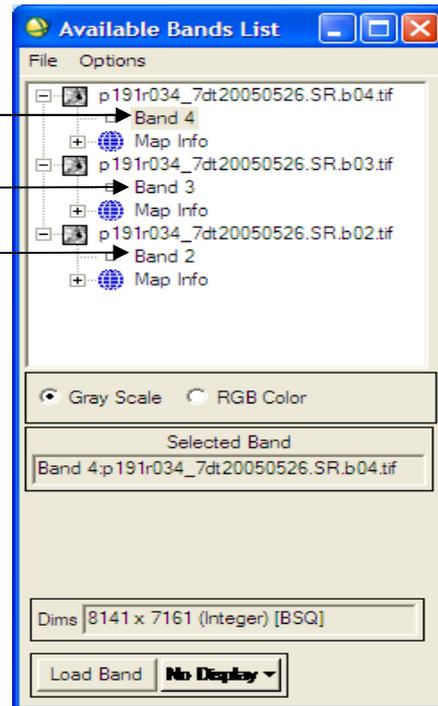
On remarque maintenant que la bande 4 est bien renommée en « Band 4 »



On procède de la même manière pour renommer les deux autres bandes

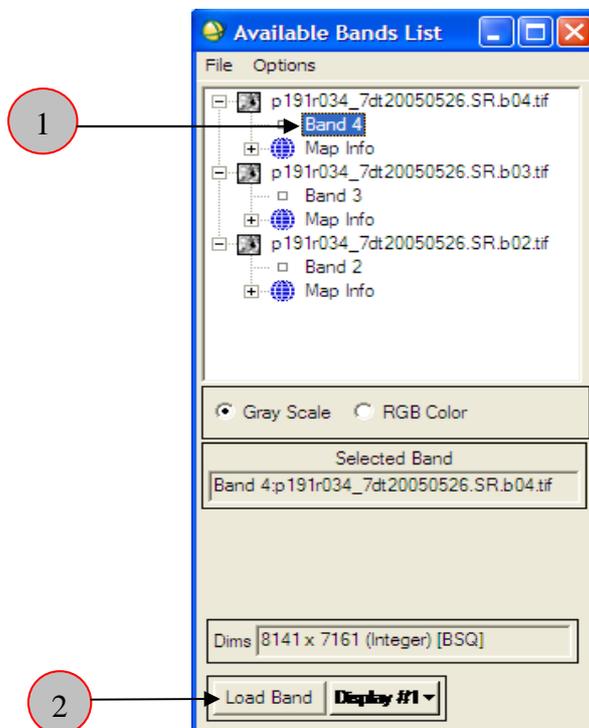


Les trois bandes renommées



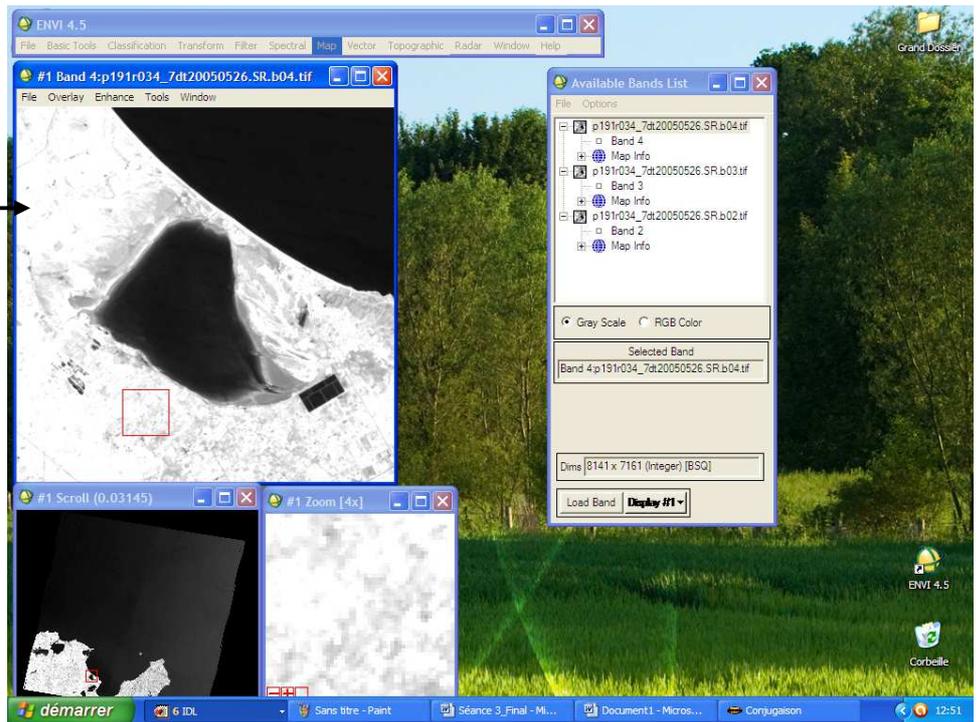
c) Affichage des trois bandes :

Pour afficher à l'écran les trois bandes, on procède dans l'ordre comme indiqué aux imprimés écrans suivants :

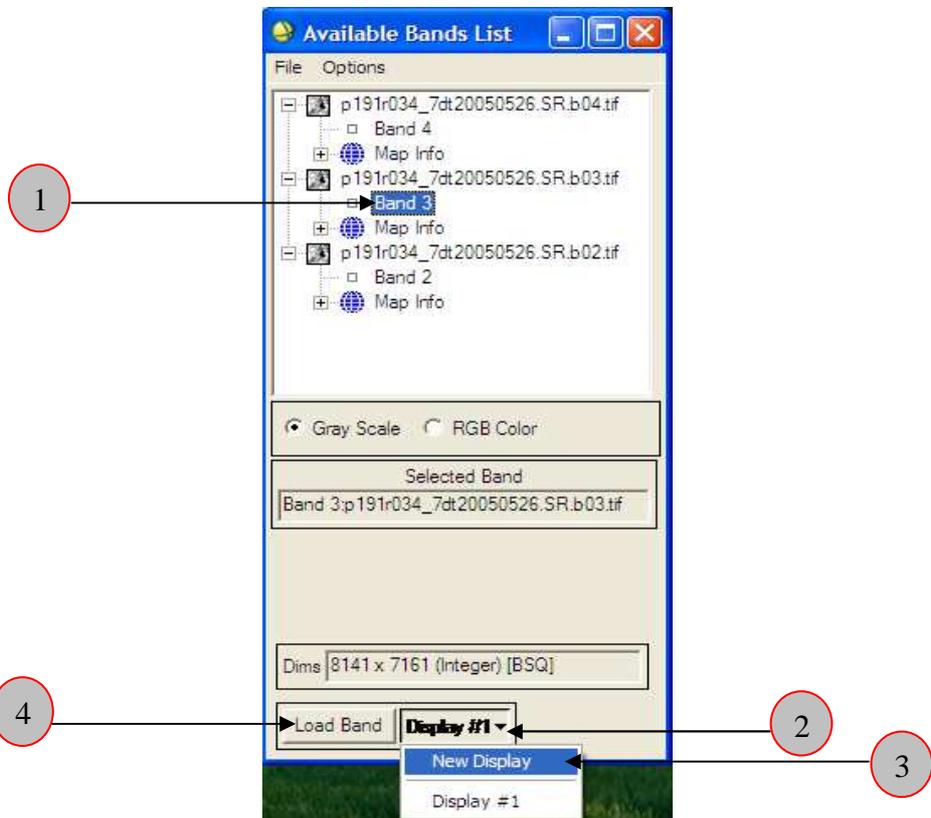


Affichage de la bande 4 :

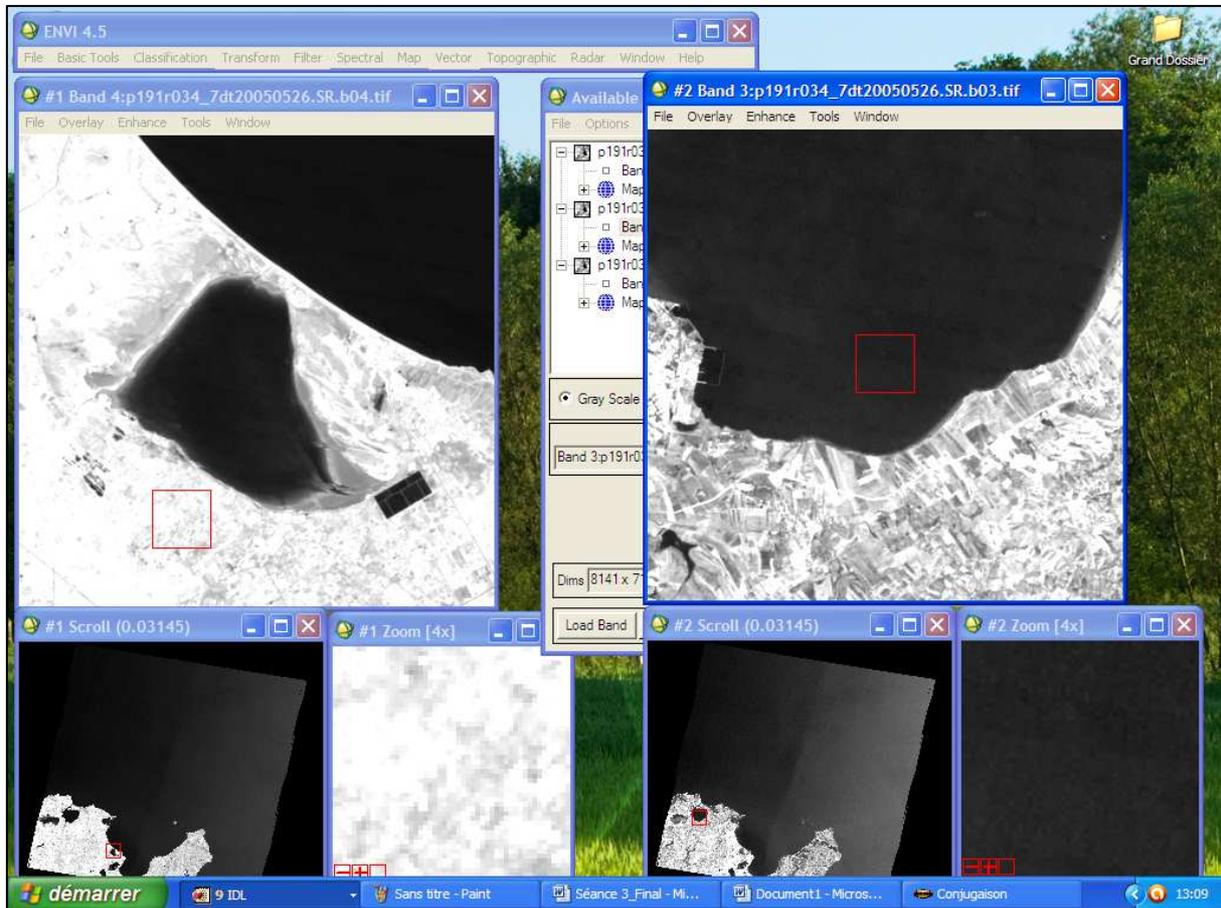
Bande 4 affichée à l'écran



Affichage de la bande 3 :



→ La bande 3 s'affiche à l'écran en plus de la bande 4 (voir l'imprimé écran suivant).



Affichage de la bande 2 :

Comme pour la bande 3, on procède de la même manière pour afficher la bande 2 à l'écran.

→ On remarque que chaque bande est affichée à l'écran en niveau de gris par ce qu'on n'a pas encore fais la composition colorée.

d) La composition colorée de l'image :

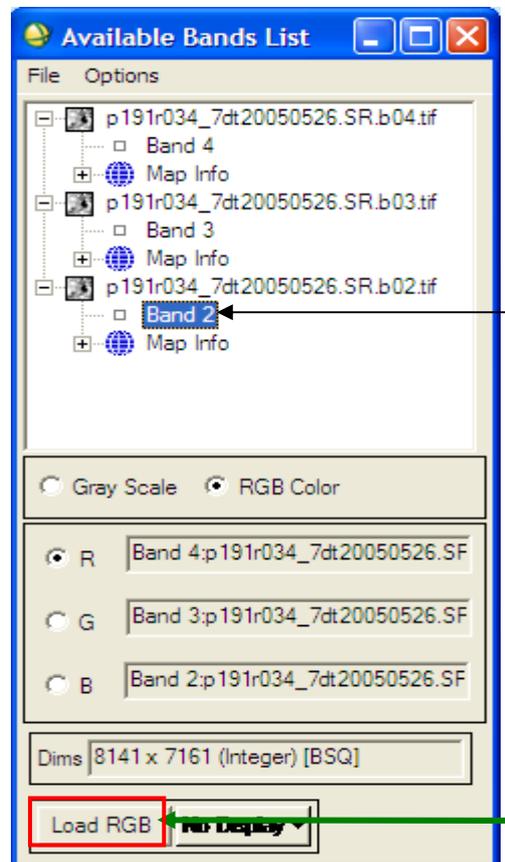
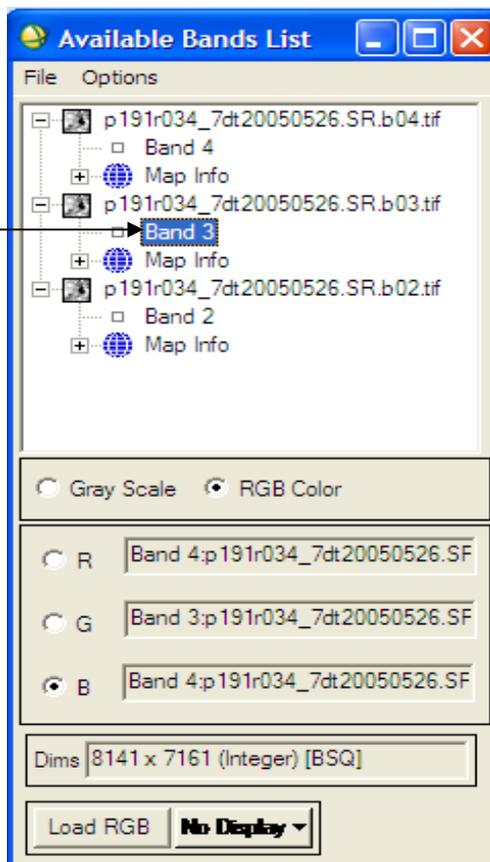
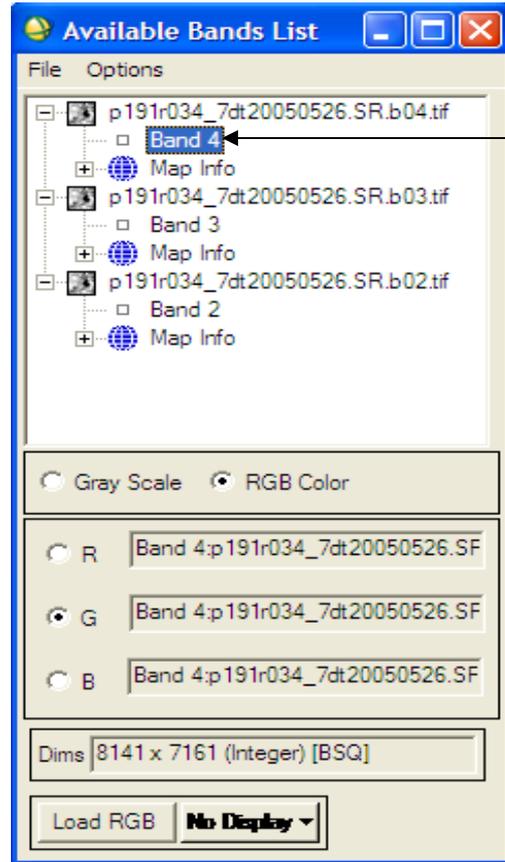
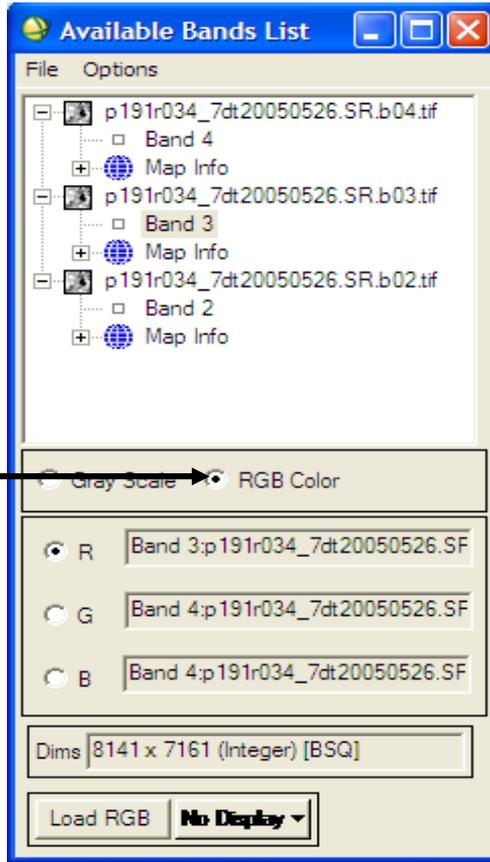
On va attribuer à l'image la composition colorée suivante :

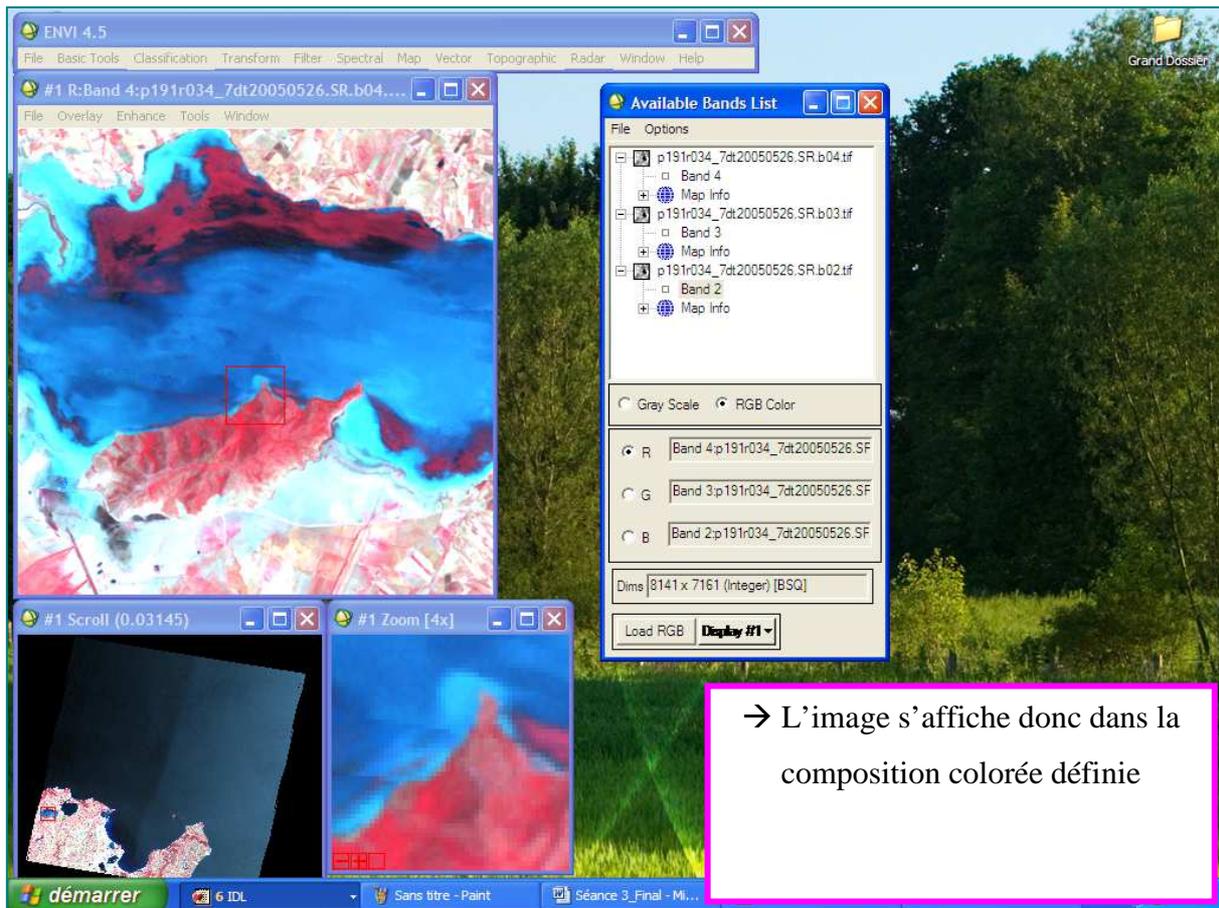
Bande 4 → Rouge

Bande 3 → Vert

Bande 2 → Bleu

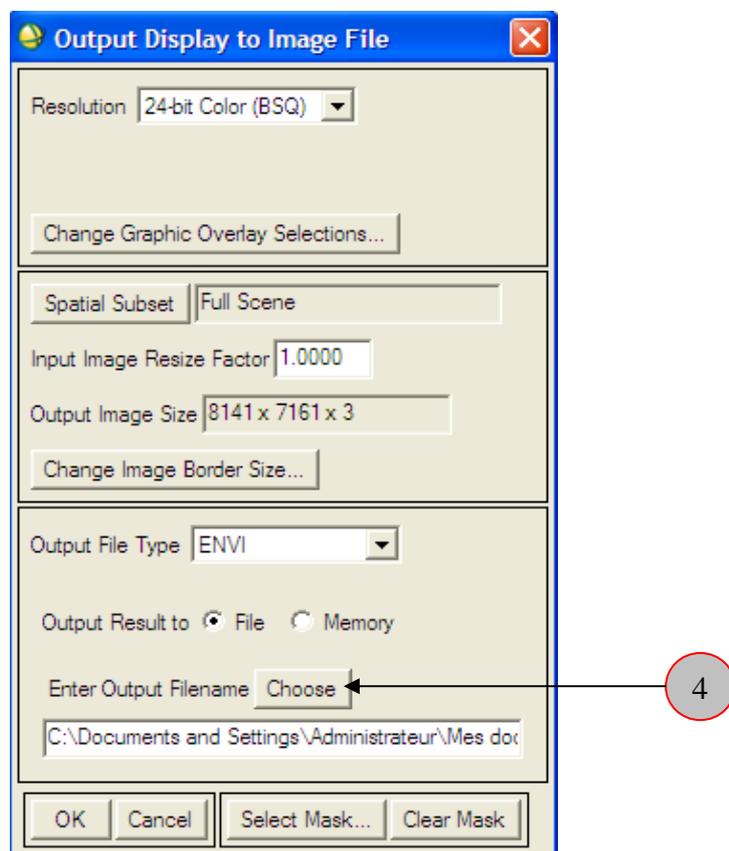
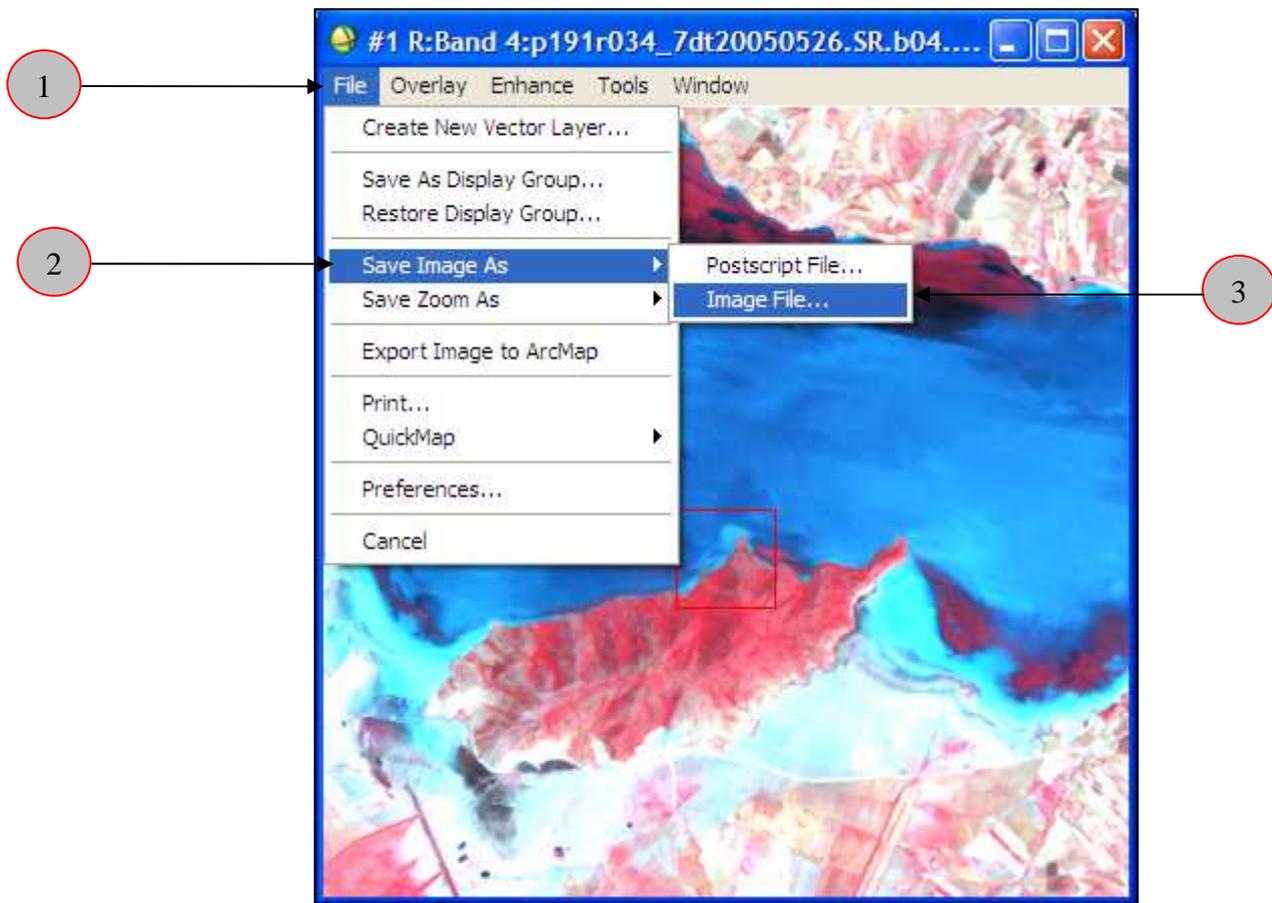
Les imprimés écrans suivants expliquent, par ordre, comment faut-il procéder.

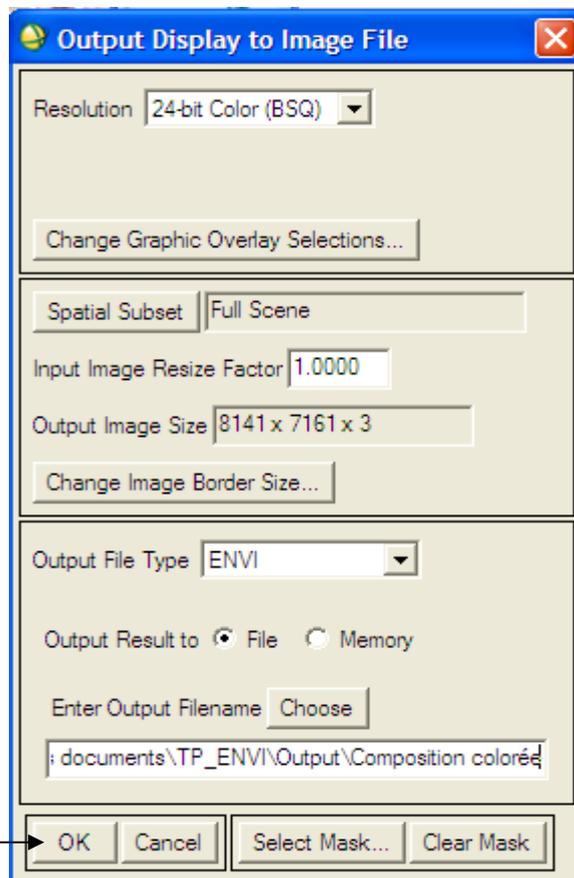
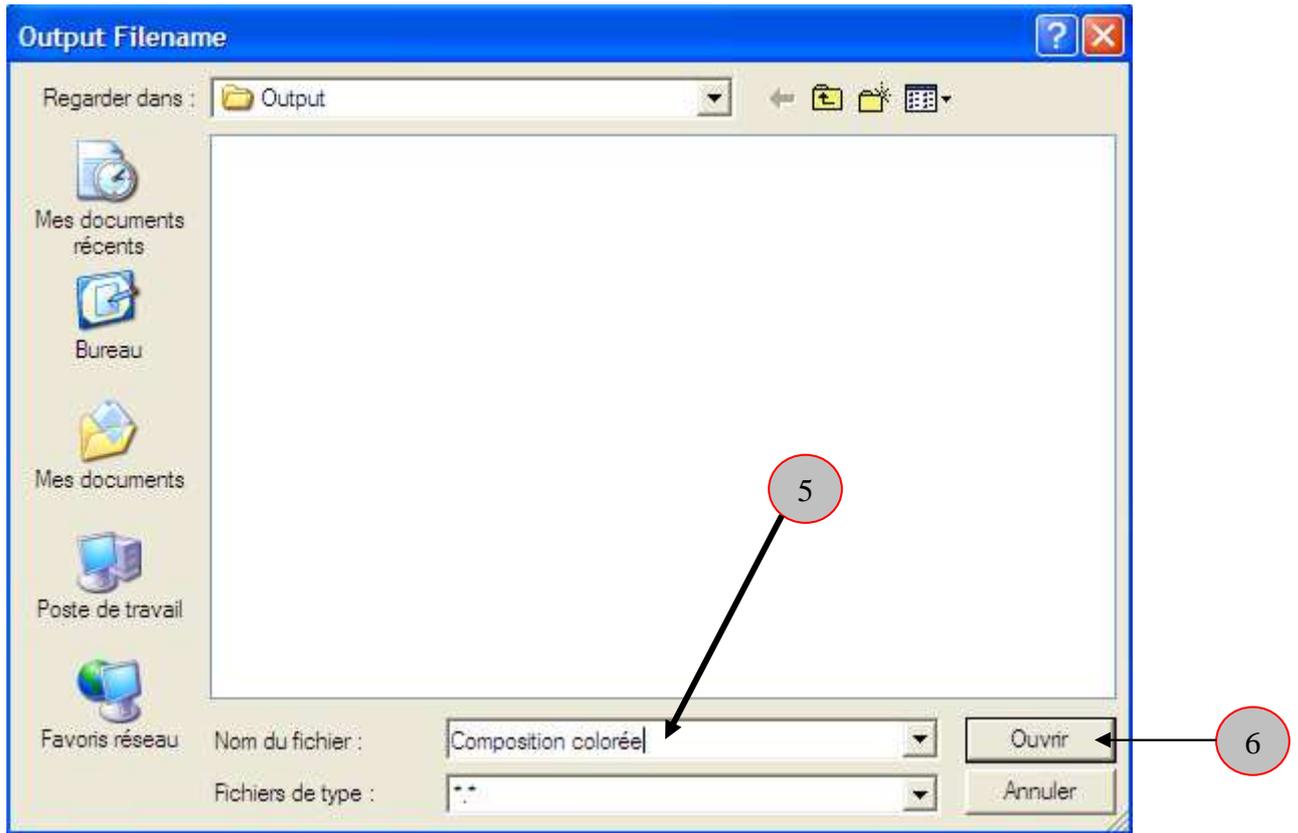




Enregistrement de l'image en composition colorée:

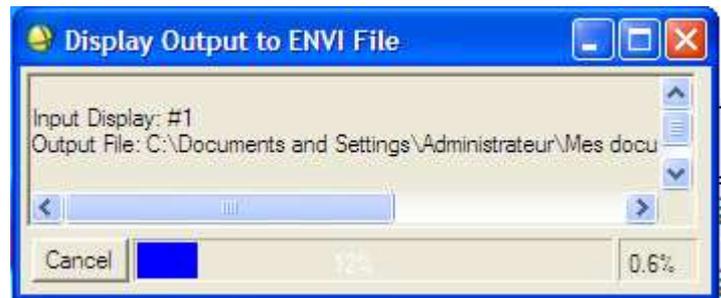
Après avoir attribué à l'image la composition colorée voulue, on procède à son enregistrement comme indiqué aux imprimés écrans suivants





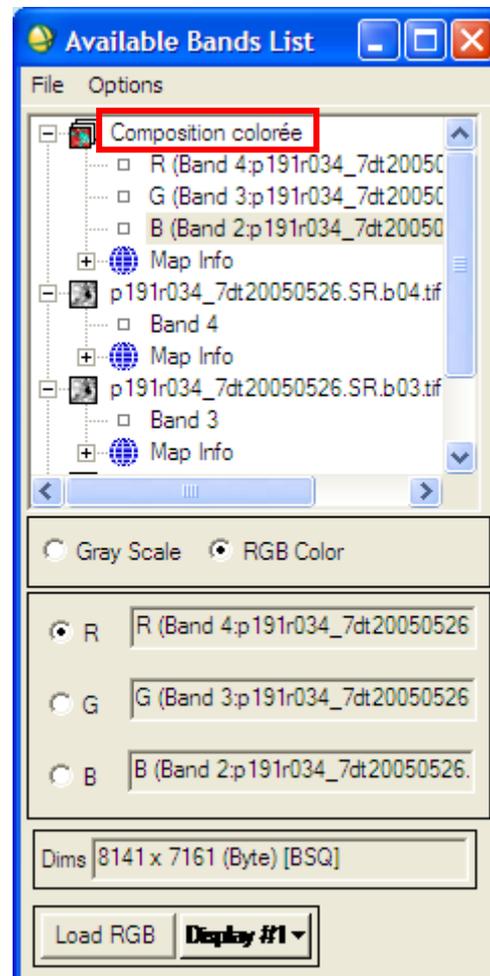
8

Le logiciel commence donc à ajouter la nouvelle image en composition colorée à la liste des bandes



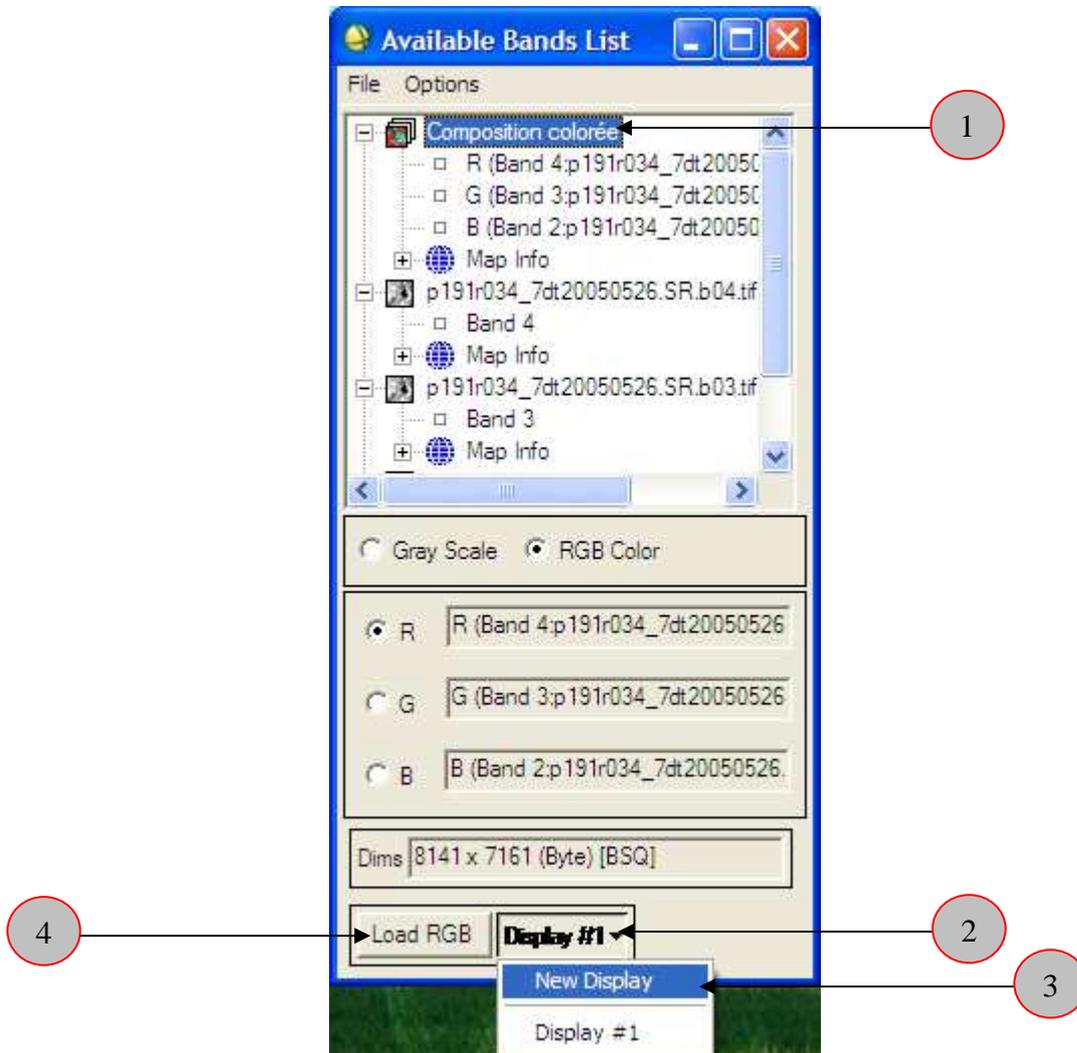
9

La nouvelle image en composition colorée apparaît dans la liste des bandes et en remarque que les trois bandes sont devenues rassemblées c'est-à-dire qu'elles appartiennent à la même image



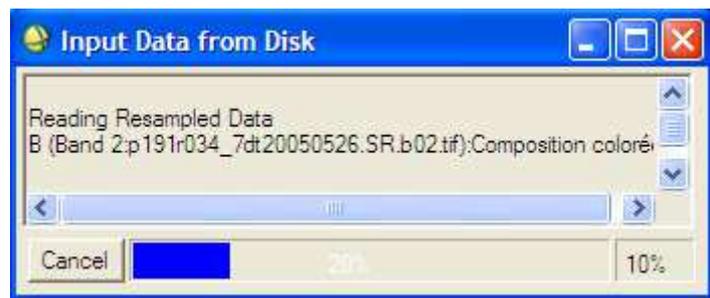
Affichage de l'image en composition colorée:

Pour afficher l'image en composition colorée, il suffit de suivre les étapes indiquées aux imprimés écrans suivants :

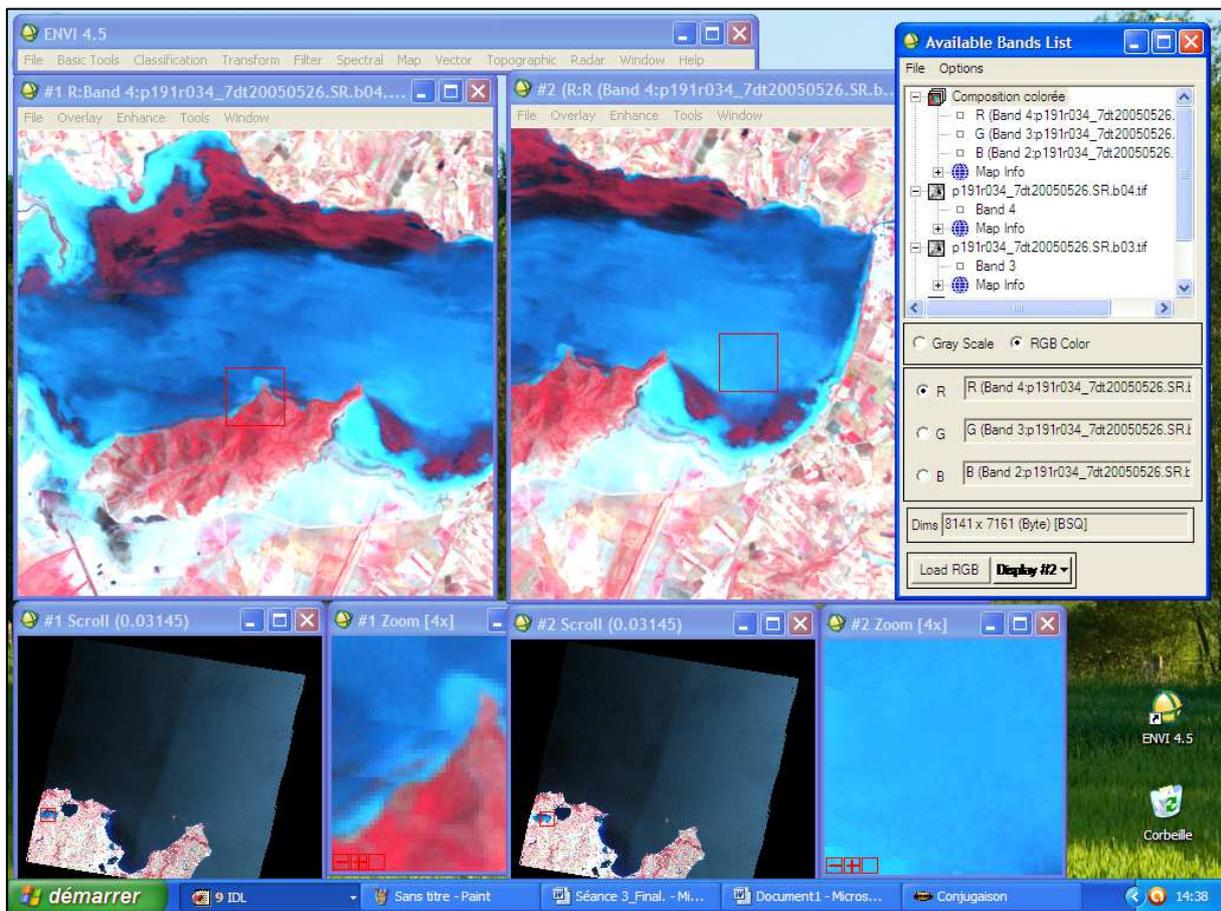


5

Le logiciel commence à télécharger l'image pour l'afficher à l'écran



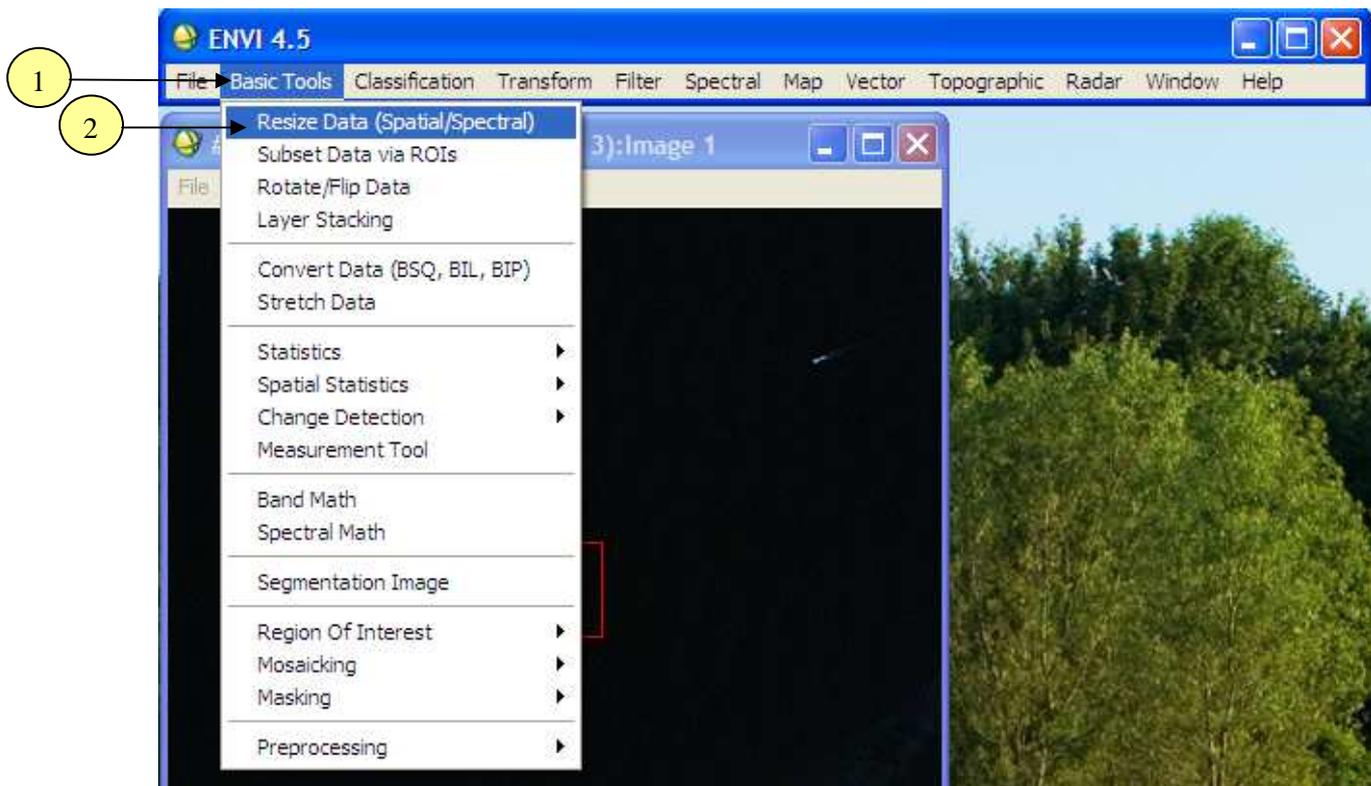
L'image en composition colorée est affichée à l'écran. On remarque que c'est la même image sauf que les bandes sont rassemblées

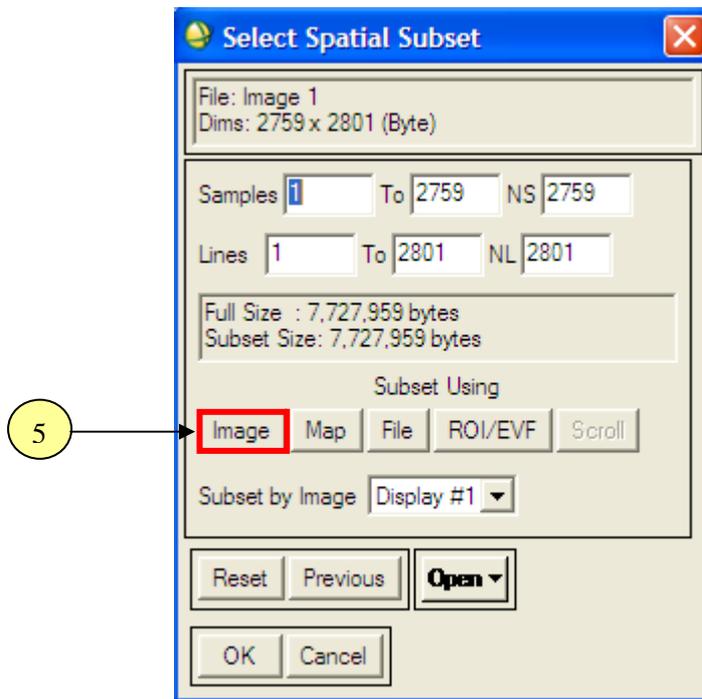
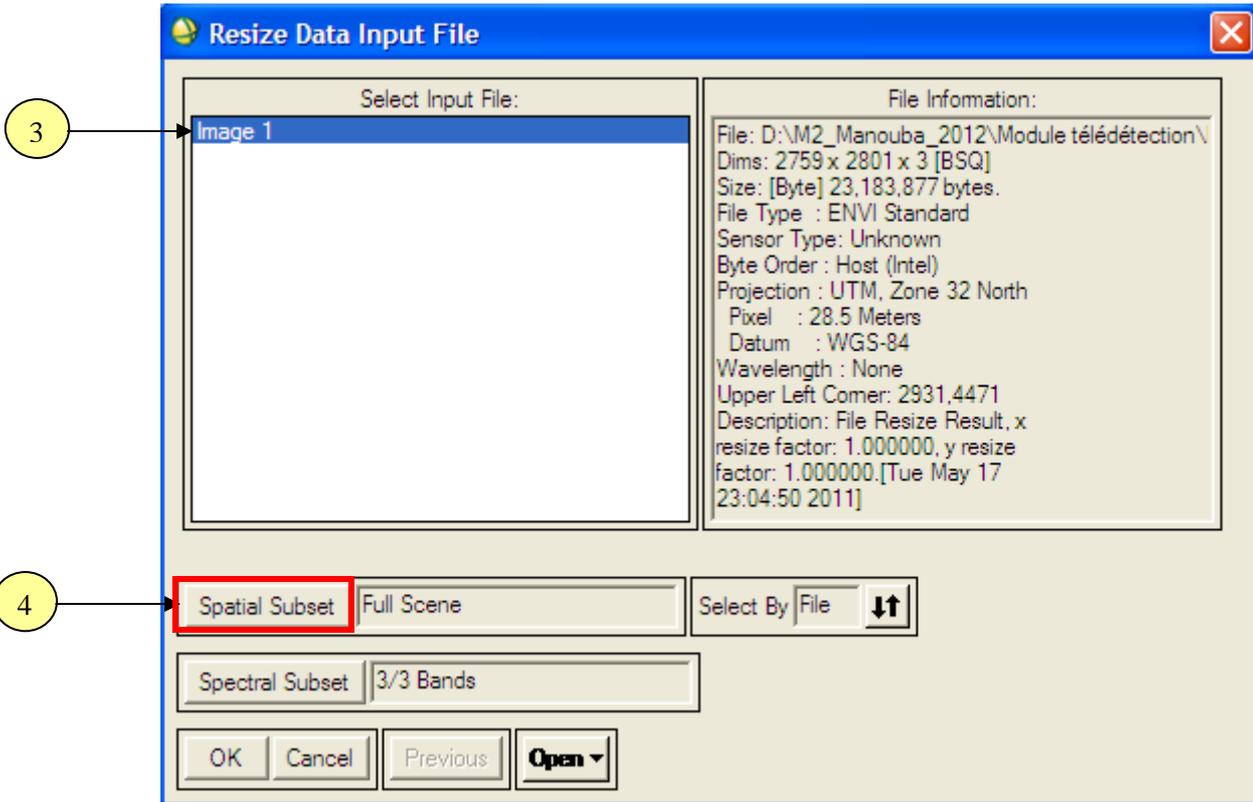


V.2. Mosaïquage d'une image satellitaire :

On va découper l'image satellitaire en trois portions. Ensuite, nous rassemblerons ces trois portions dans une nouvelle fenêtre ENVI. Les étapes suivantes montrent comment faire le mosaïquage d'une telle image satellitaire. Dans notre cas, l'image se trouve dans un dossier qui s'appelle « Image_Sat », qui se trouve à son tour dans le dossier nommé « Input ».

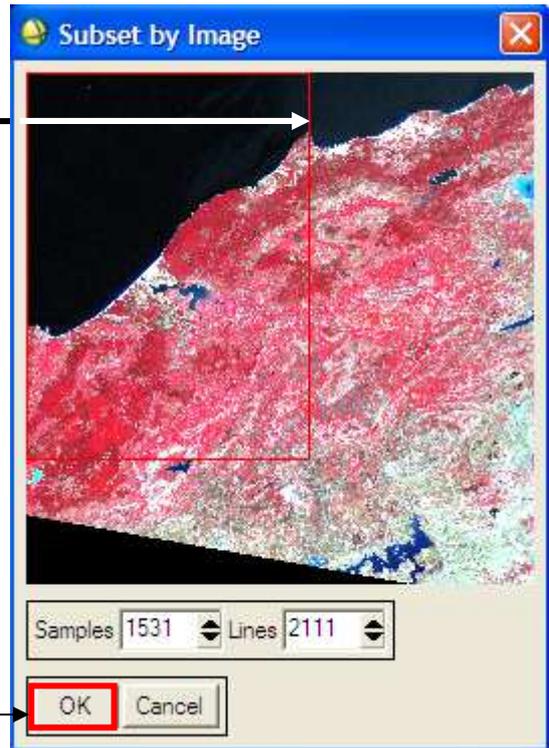
Après avoir ouvert l'image indiquée à l'aide du logiciel ENVI, suivez les étapes indiquées dans les imprimés écrans suivants :



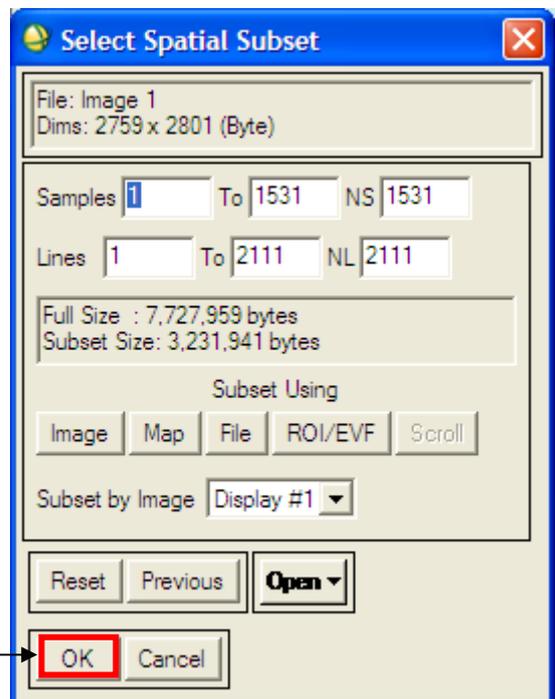


6

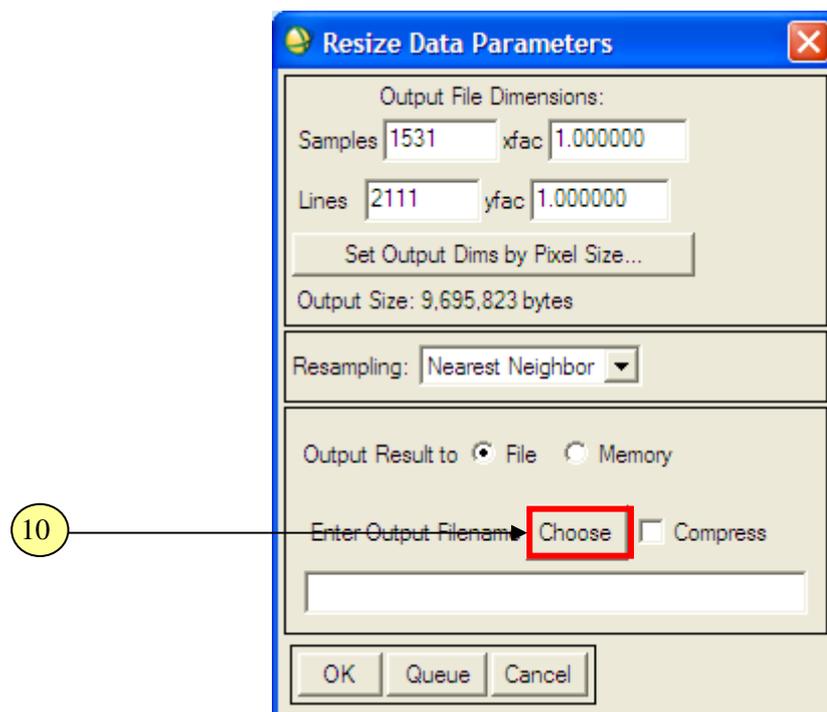
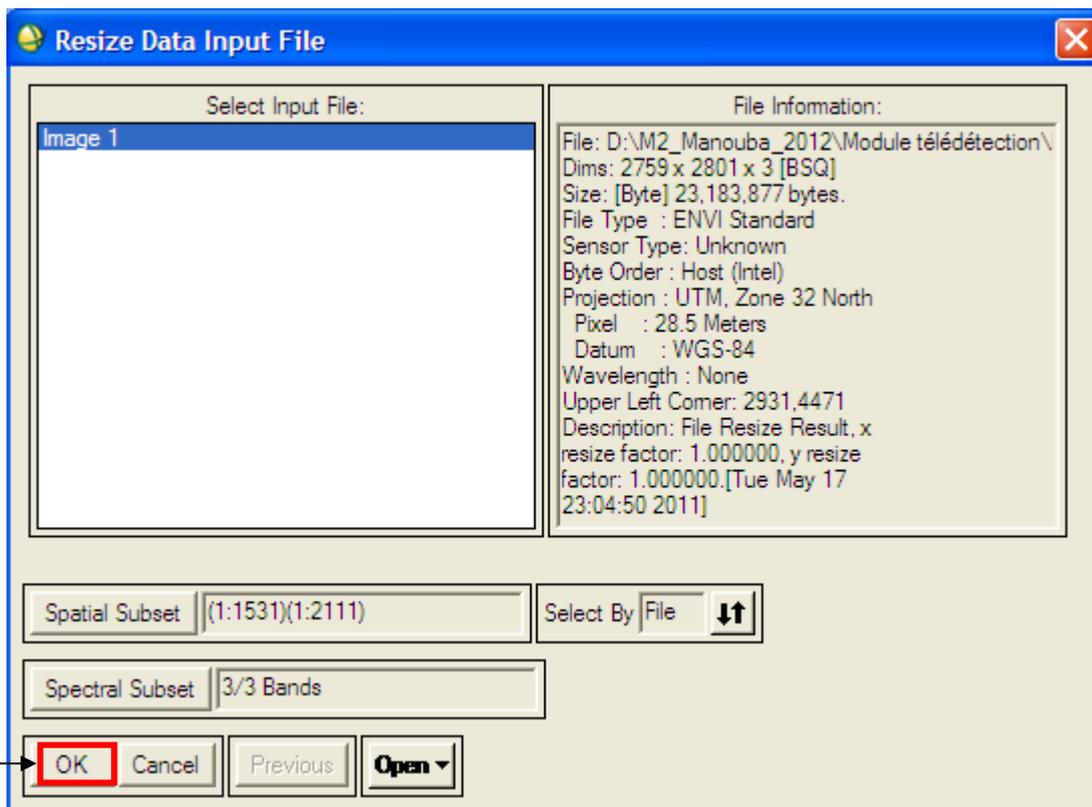
Faire déplacer et redimensionner le carreau rouge jusqu'à l'obtention de la zone à découper. → Cette zone sera entièrement encadrée par le carreau rouge.

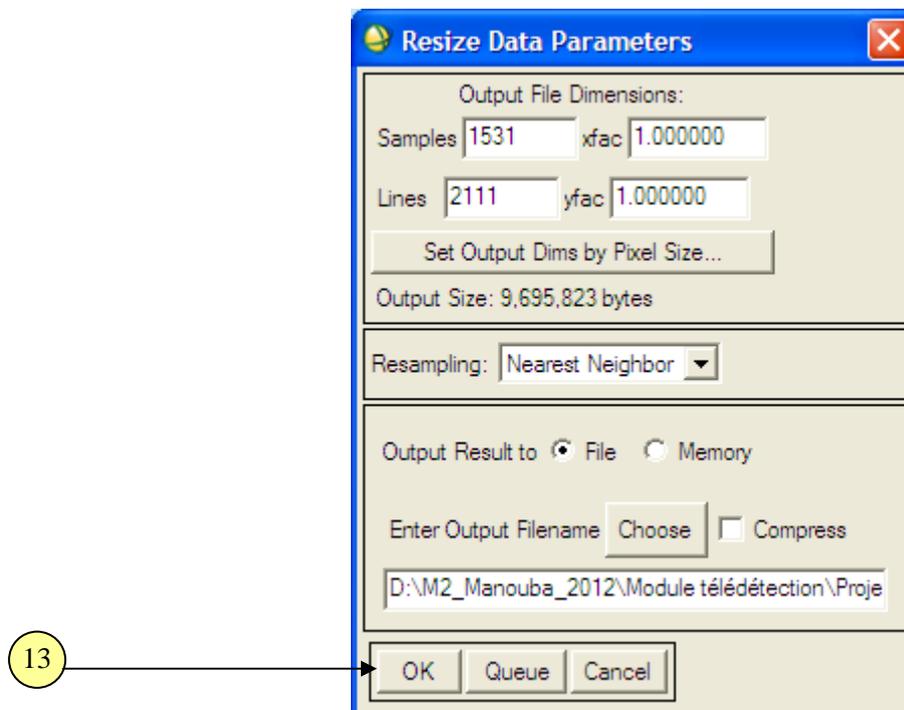
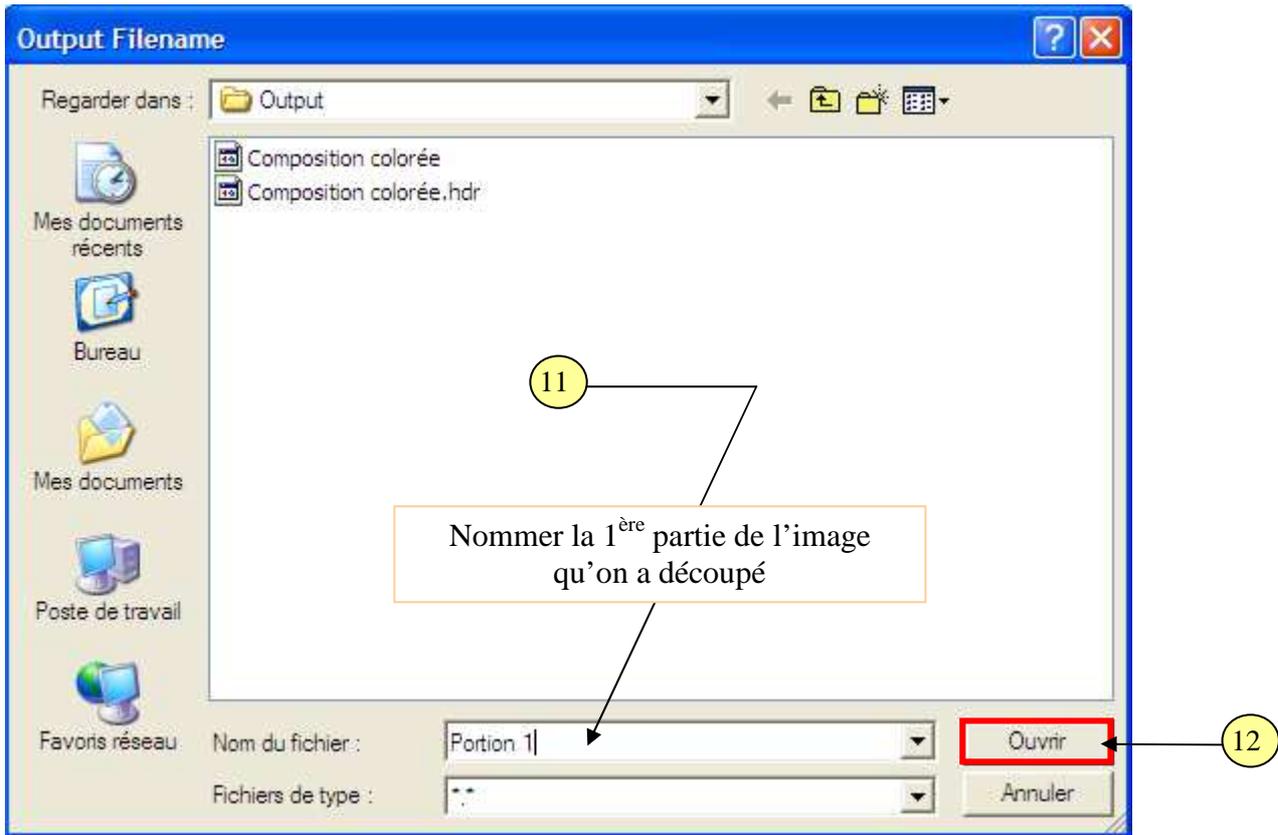


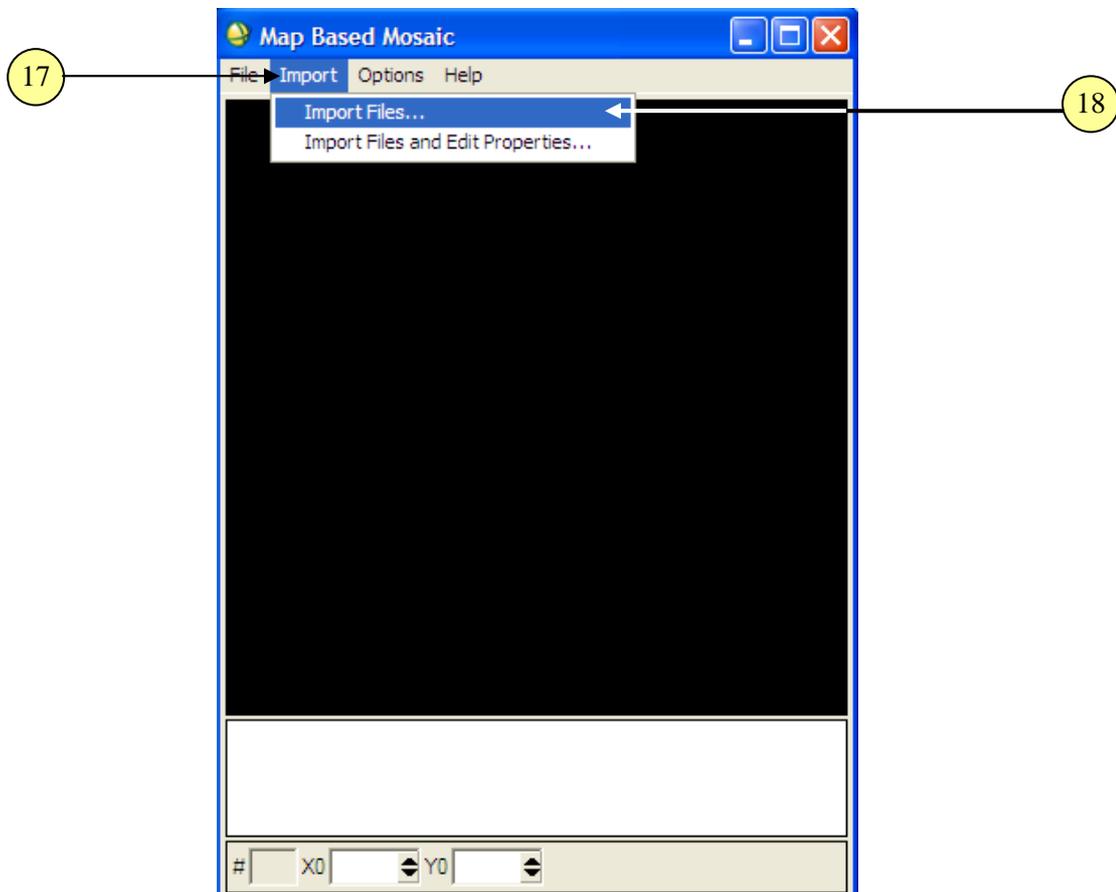
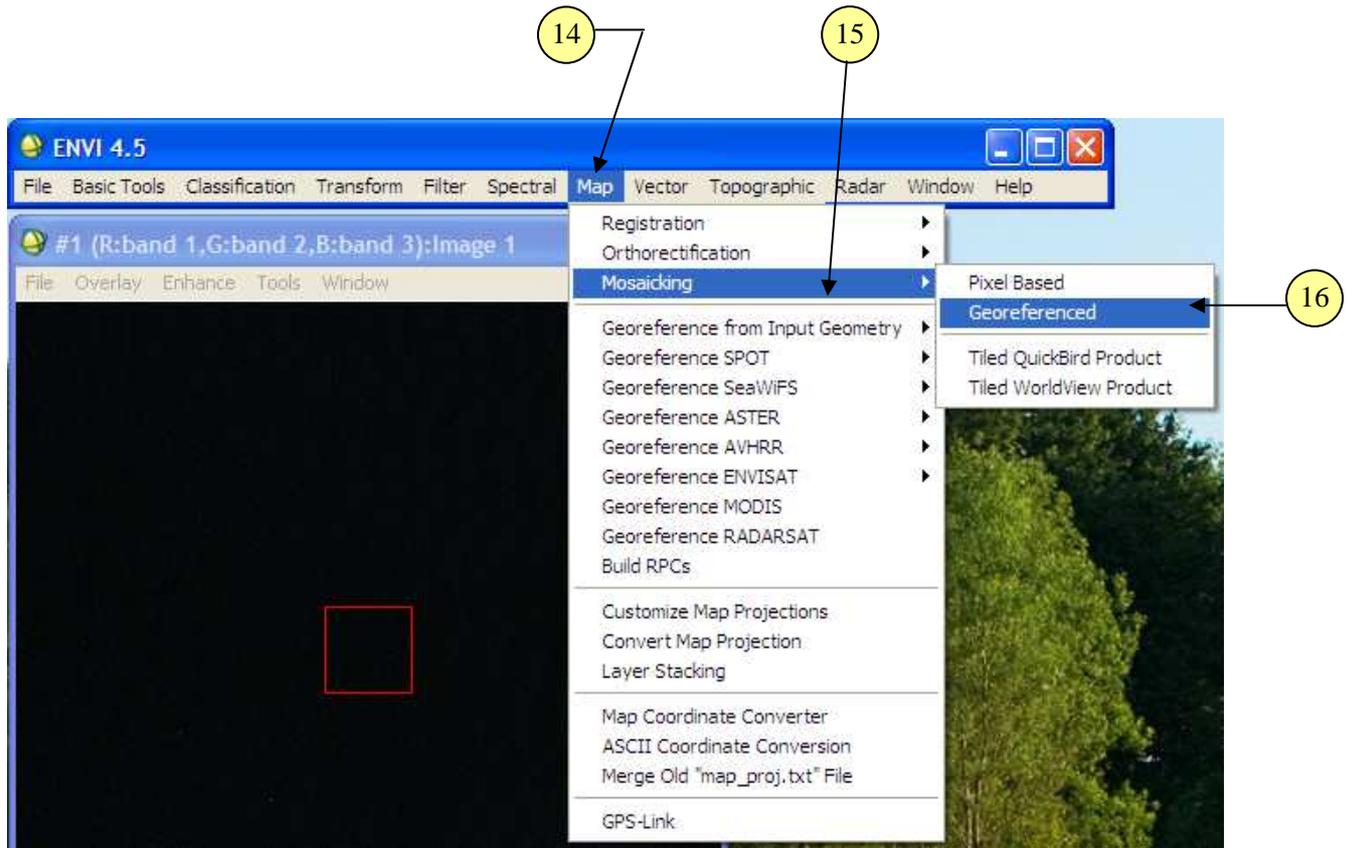
7

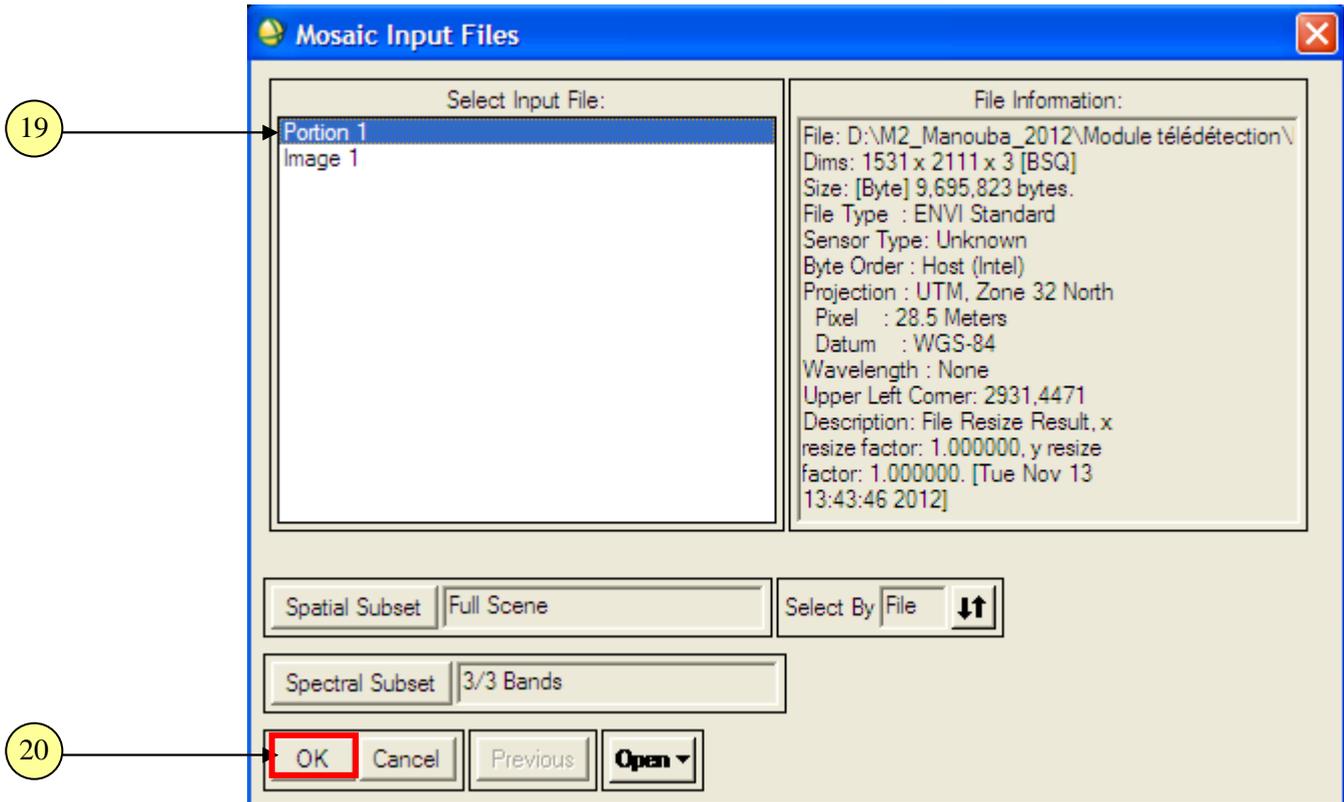


8







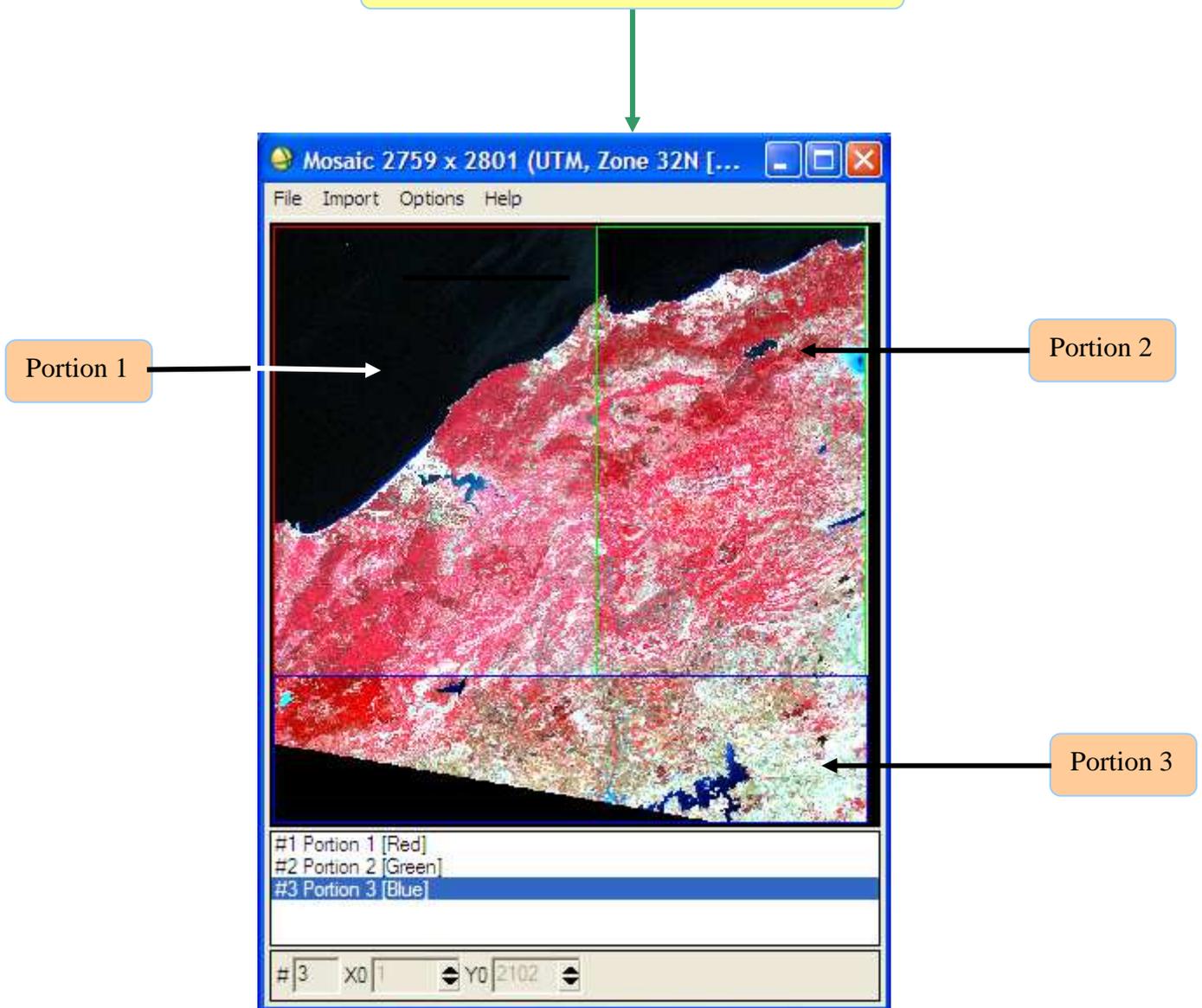


21
 La première portion de l'image est ajoutée à la fenêtre de mosaïquage



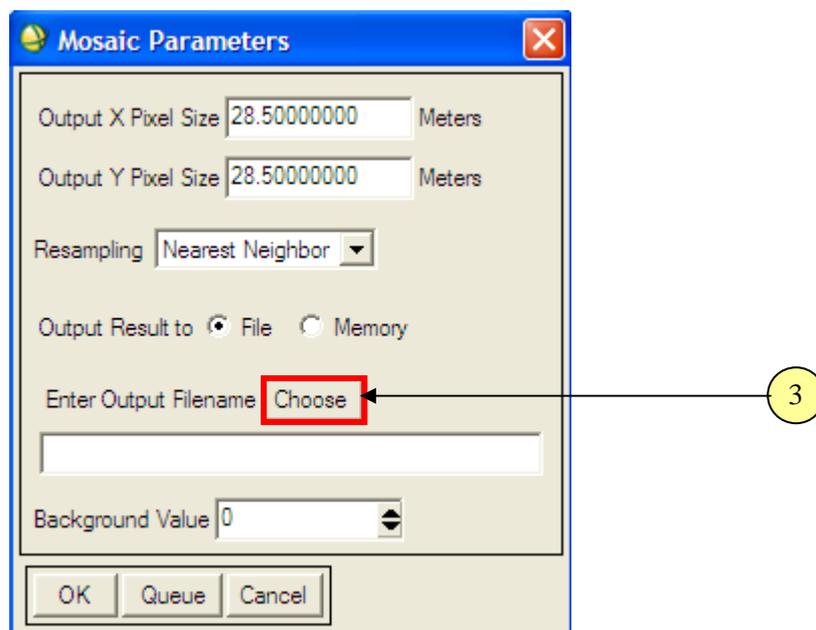
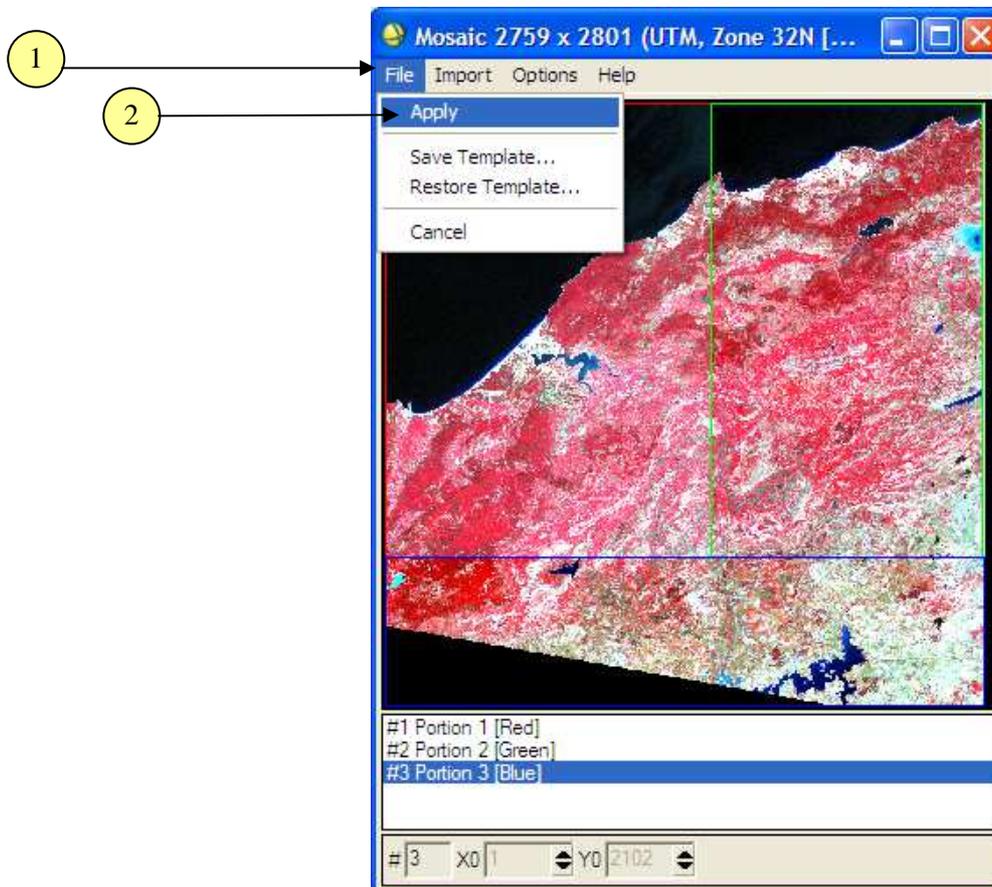
On procède de la même manière pour découper les deux autres portions de l'image satellitaire d'origine.

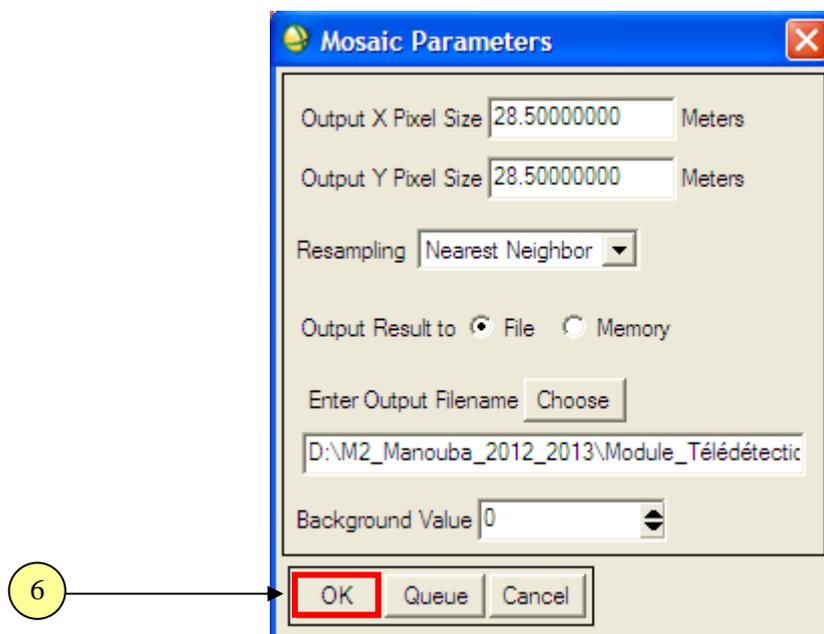
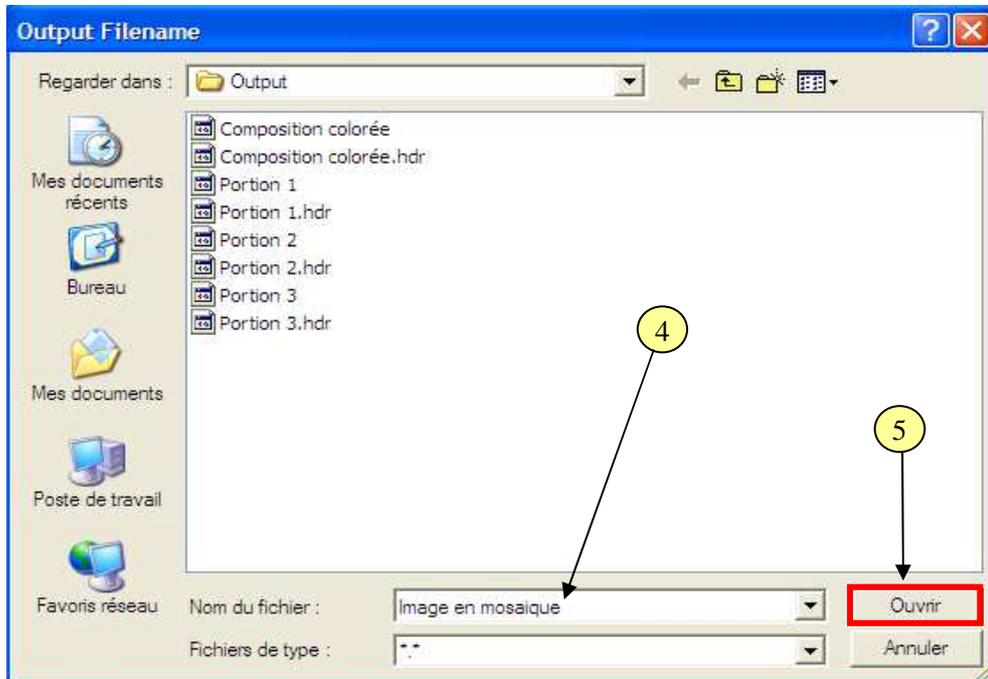
Les trois portions de l'image en mosaïquage



Application du mosaïquage et enregistrement de l'image :

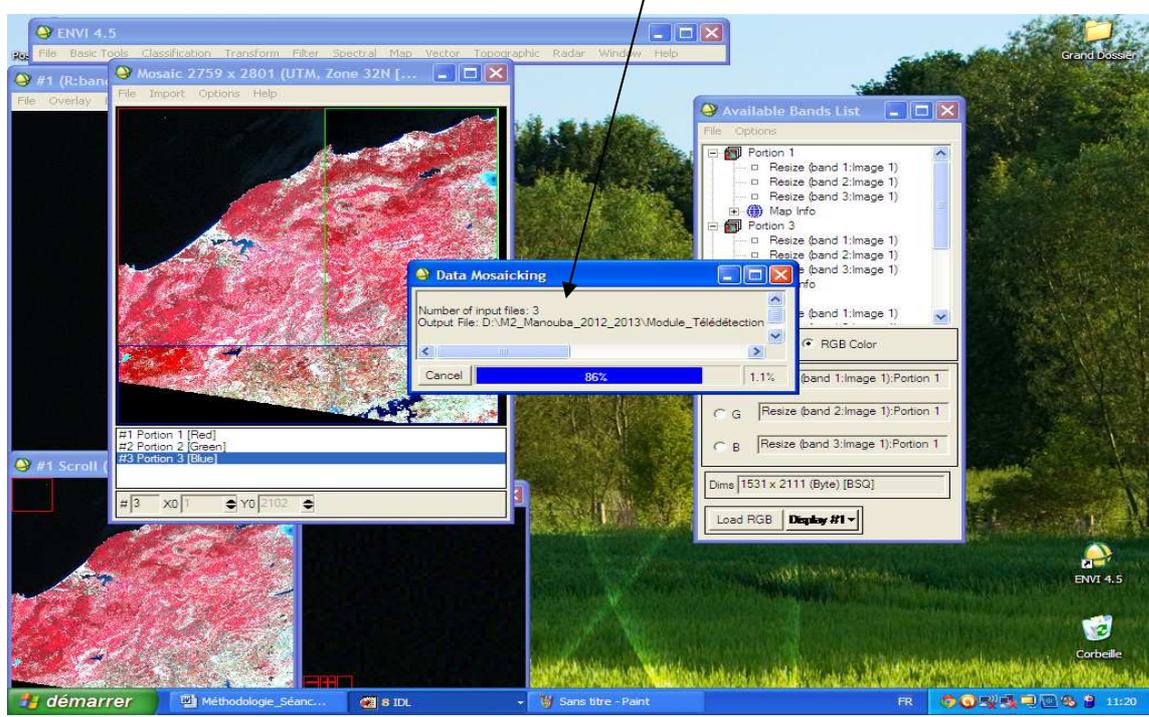
Pour appliquer le mosaïquage effectué et enregistrer la nouvelle image en mosaïque, il faut suivre les étapes suivantes :



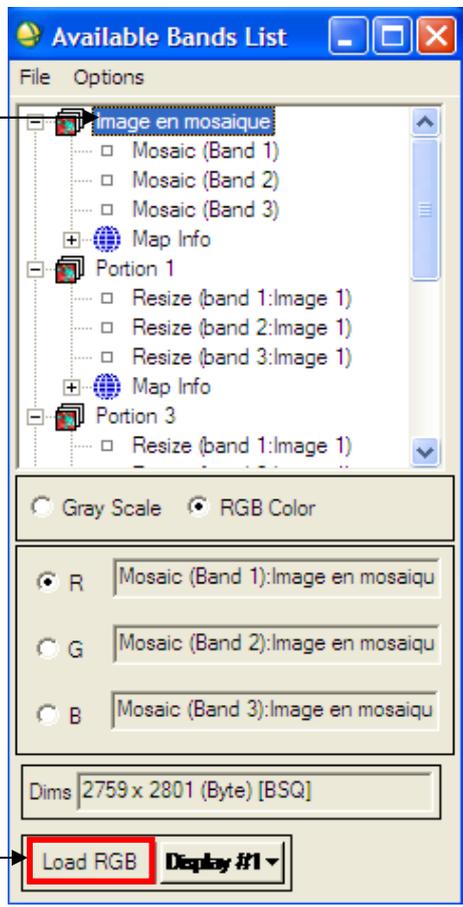


7

Le logiciel commence à ajouter la nouvelle image en mosaïque à la liste des bandes

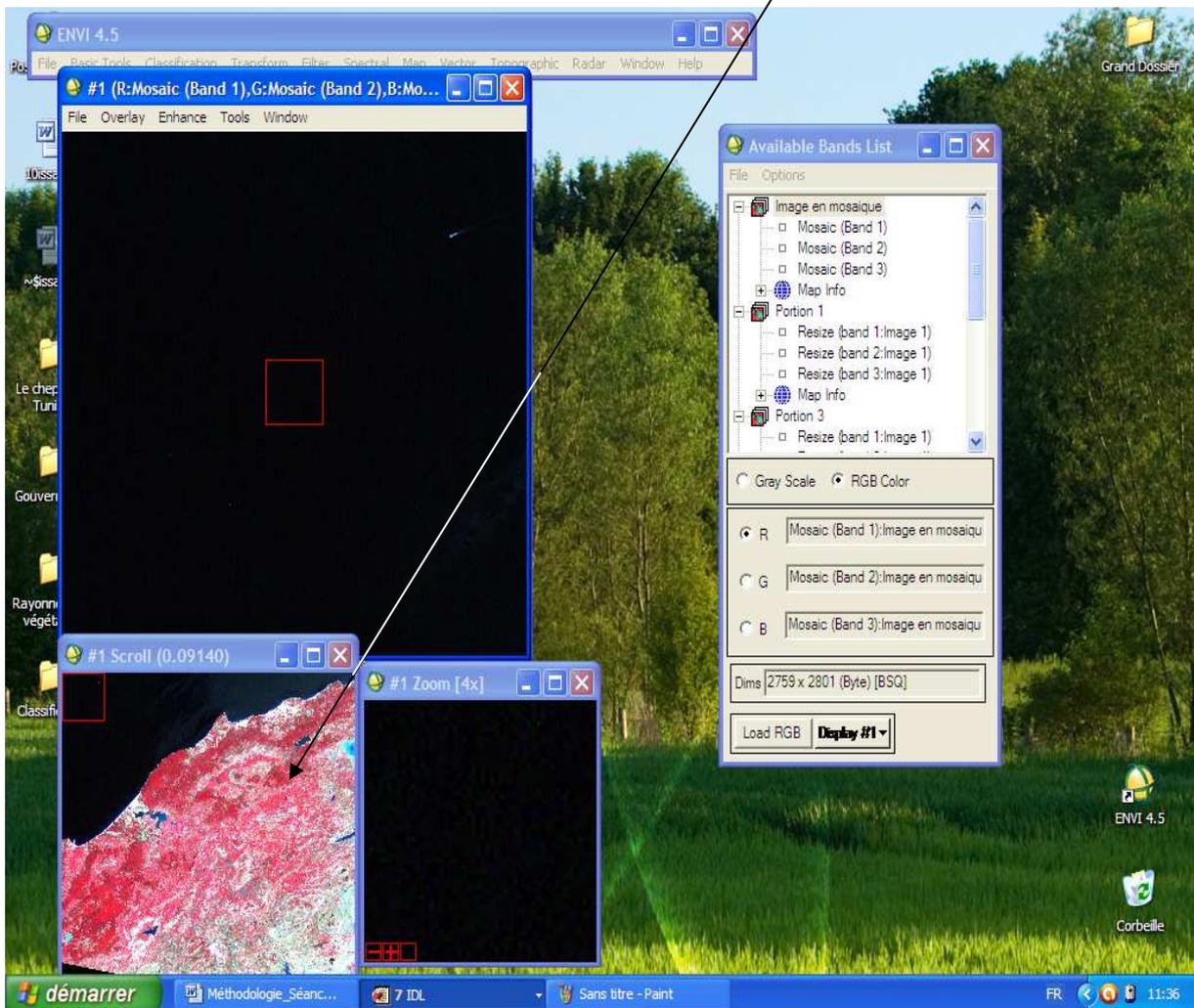


La nouvelle image est ajoutée à la liste des bandes



8

La nouvelle image en mosaïque est affichée à l'écran. On remarque que c'est la même image que l'image satellitaire d'origine



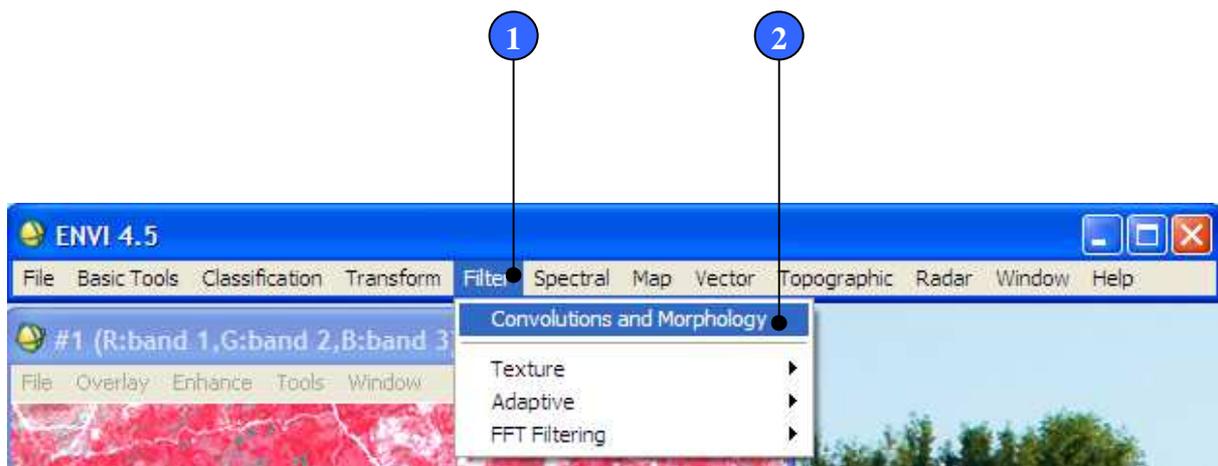
VI. Filtrage et vectorisation d'une image satellitaire :

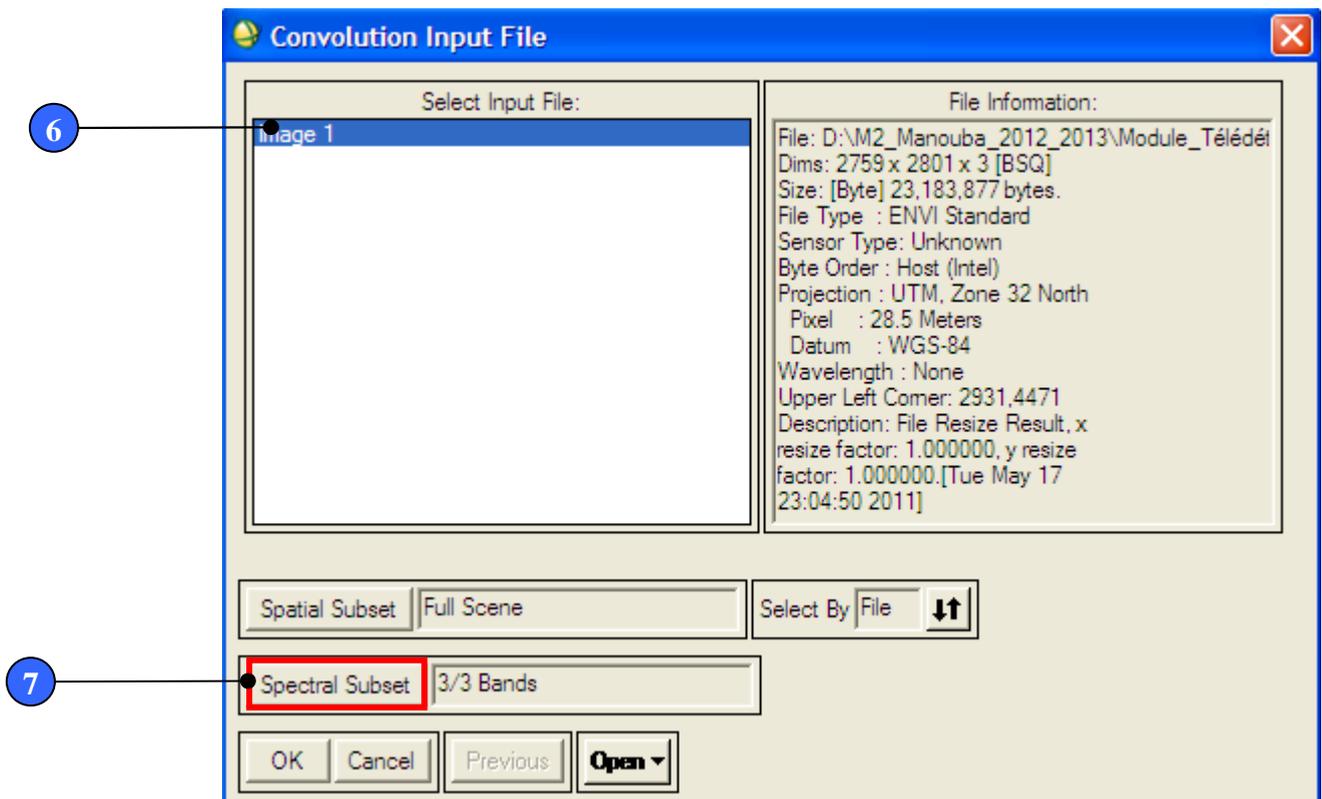
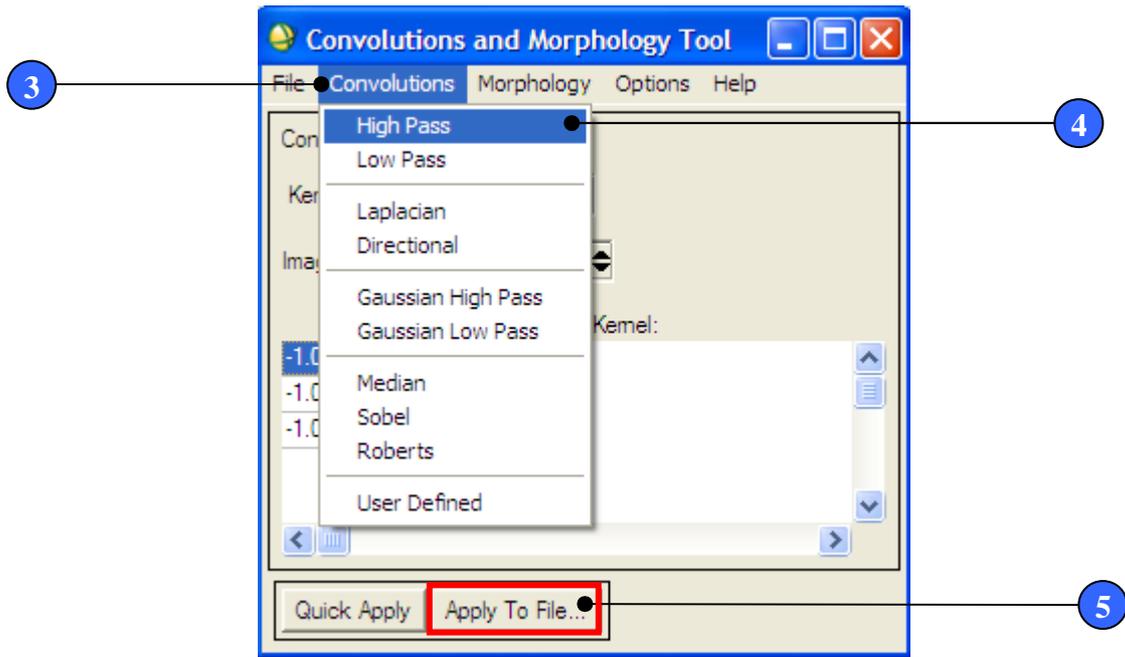
Dans ce chapitre, nous allons effectuer le filtrage de notre image satellitaire en utilisant quatre types de filtre à savoir le filtre passe-haut, le filtre median, le filtre Laplacien et le filtre directionnel. Pour ce dernier type de filtre, nous allons essayer avec quatre angles (25° , 75° , 90° et 180°). Une comparaison des résultats obtenus sera faite entre les quatre types de filtres utilisés pour une même bande puis entre les trois bandes de l'image. Après avoir effectué le filtre de l'image, nous vectoriserons trois éléments majeurs de l'image : un élément ponctuel, un élément linéaire et un élément surfacique.

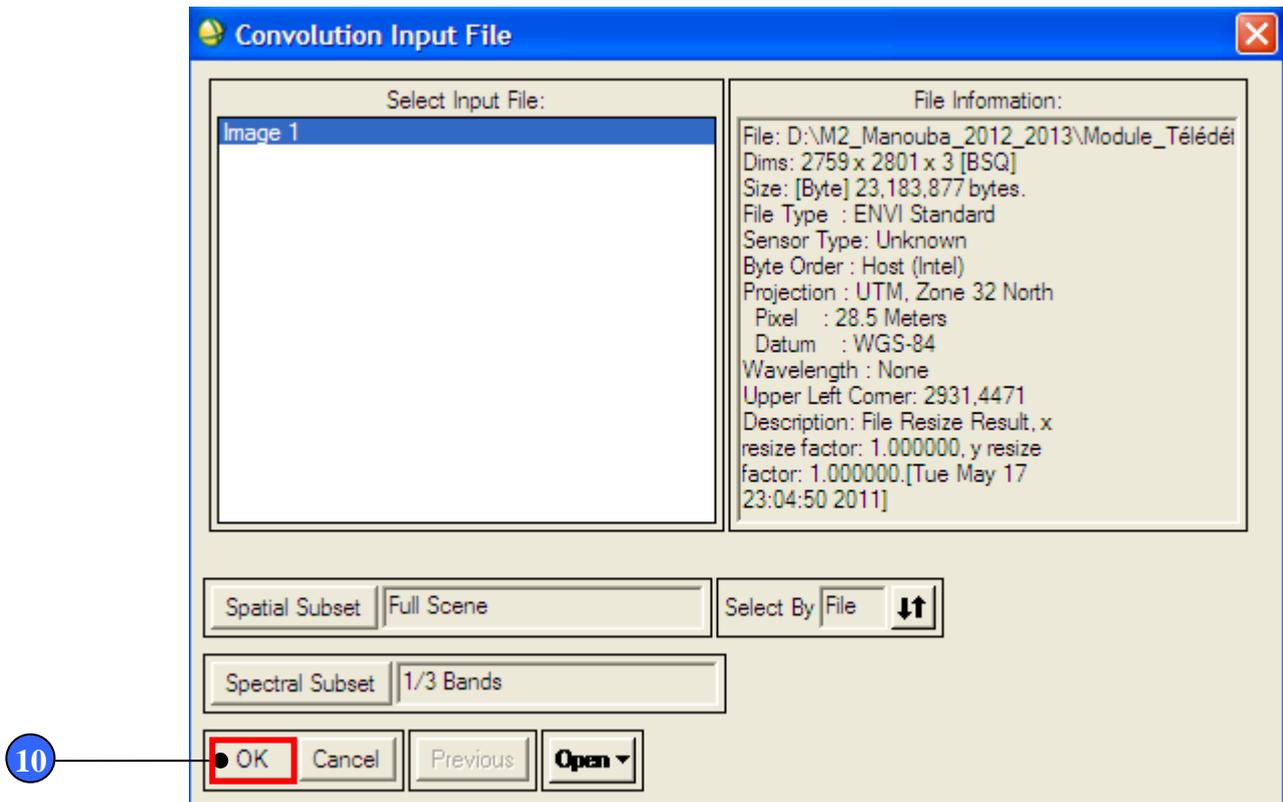
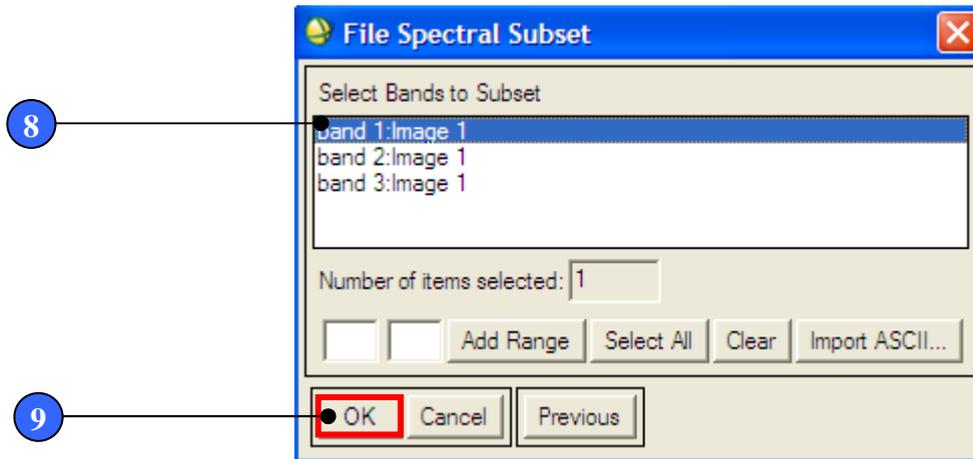
VI.1. Bande 1 :

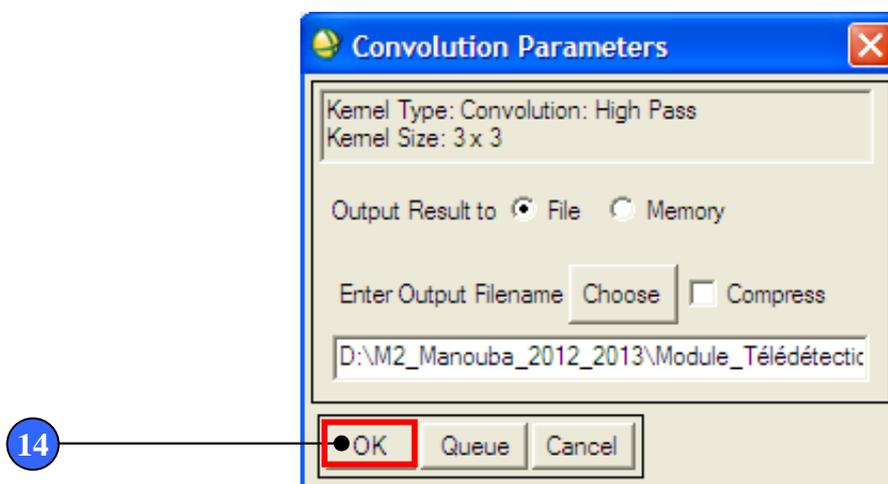
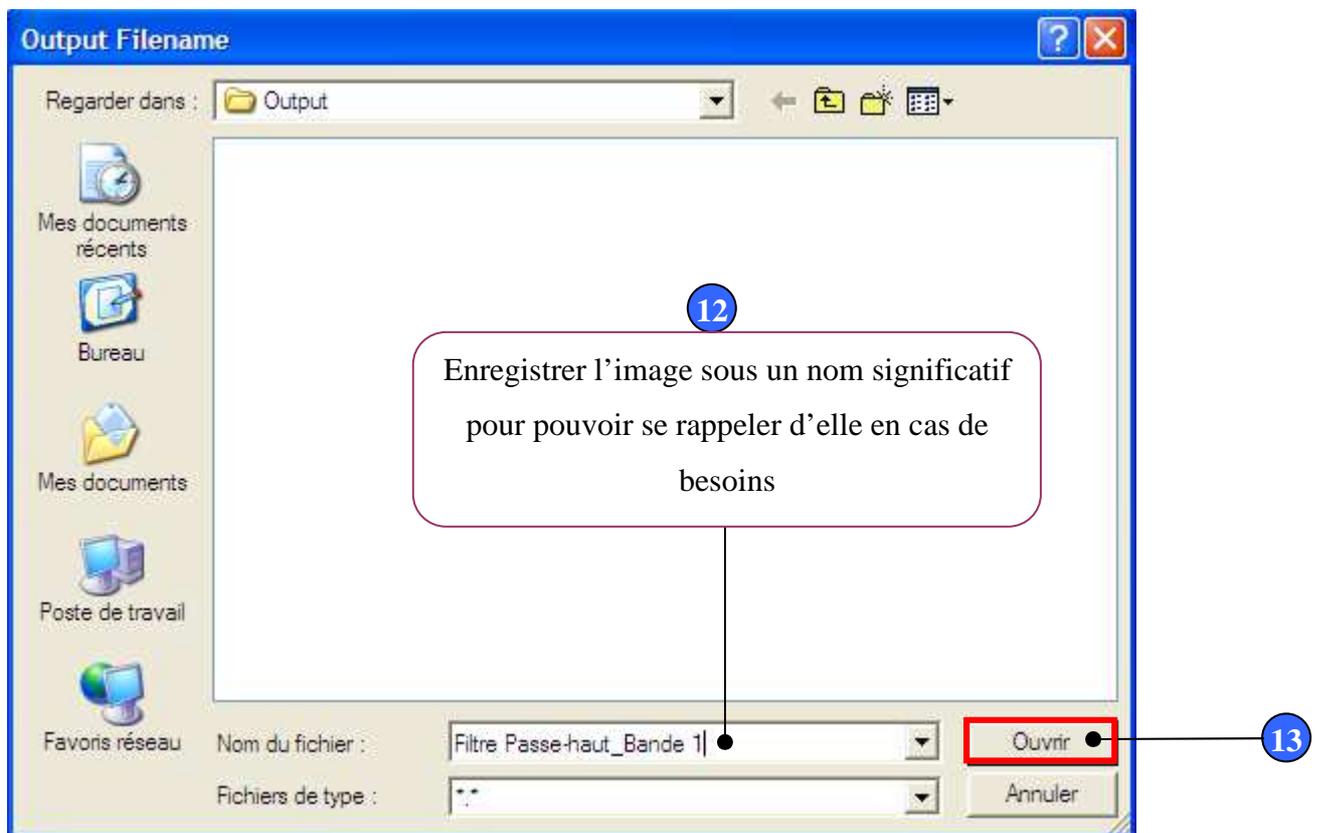
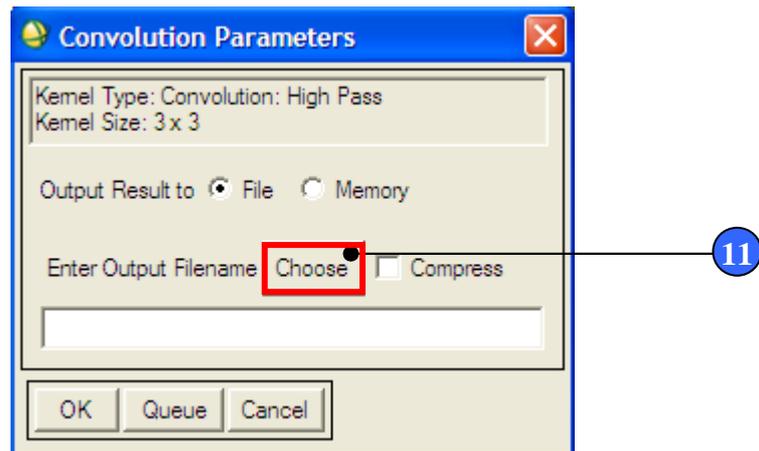
VI.1. 1. Filtre passe-haut :

Le filtrage de la bande une en utilisant le filtre passe haut s'effectue avec le logiciel ENVI selon les étapes indiquées dans les imprimés écrans suivants :

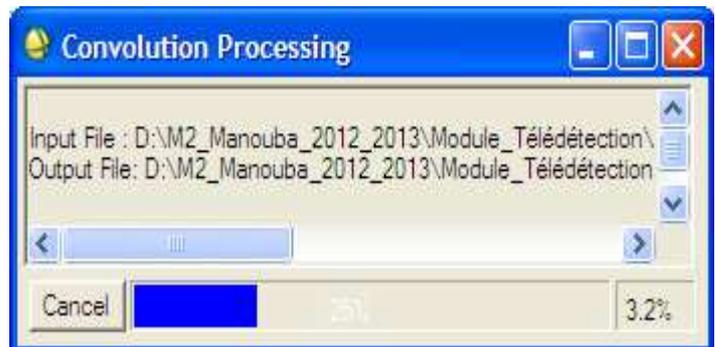




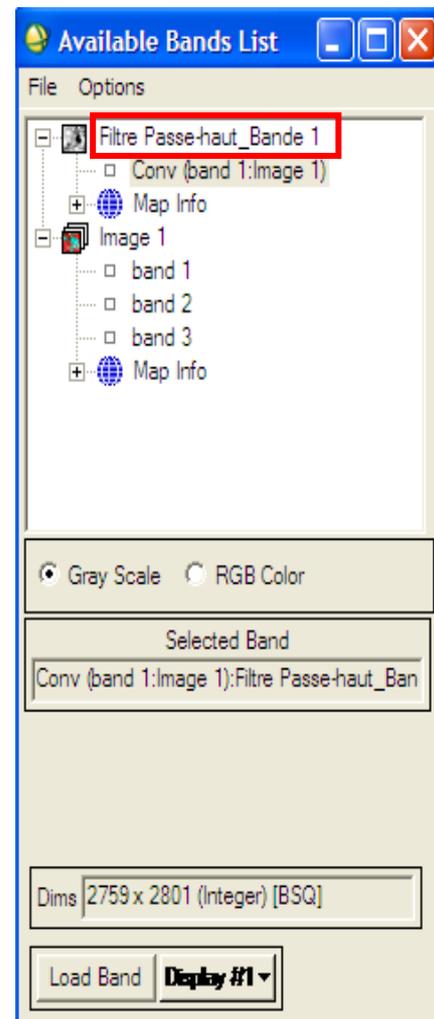




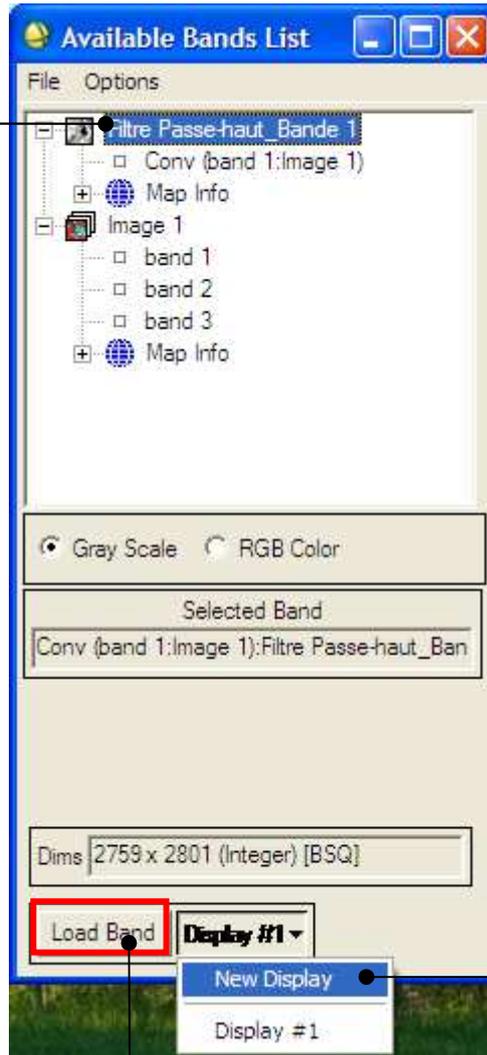
Le logiciel commence à télécharger l'image filtrée pour l'ajouter à la liste des bandes



La bande 1 filtrée est ajoutée à la liste des bandes



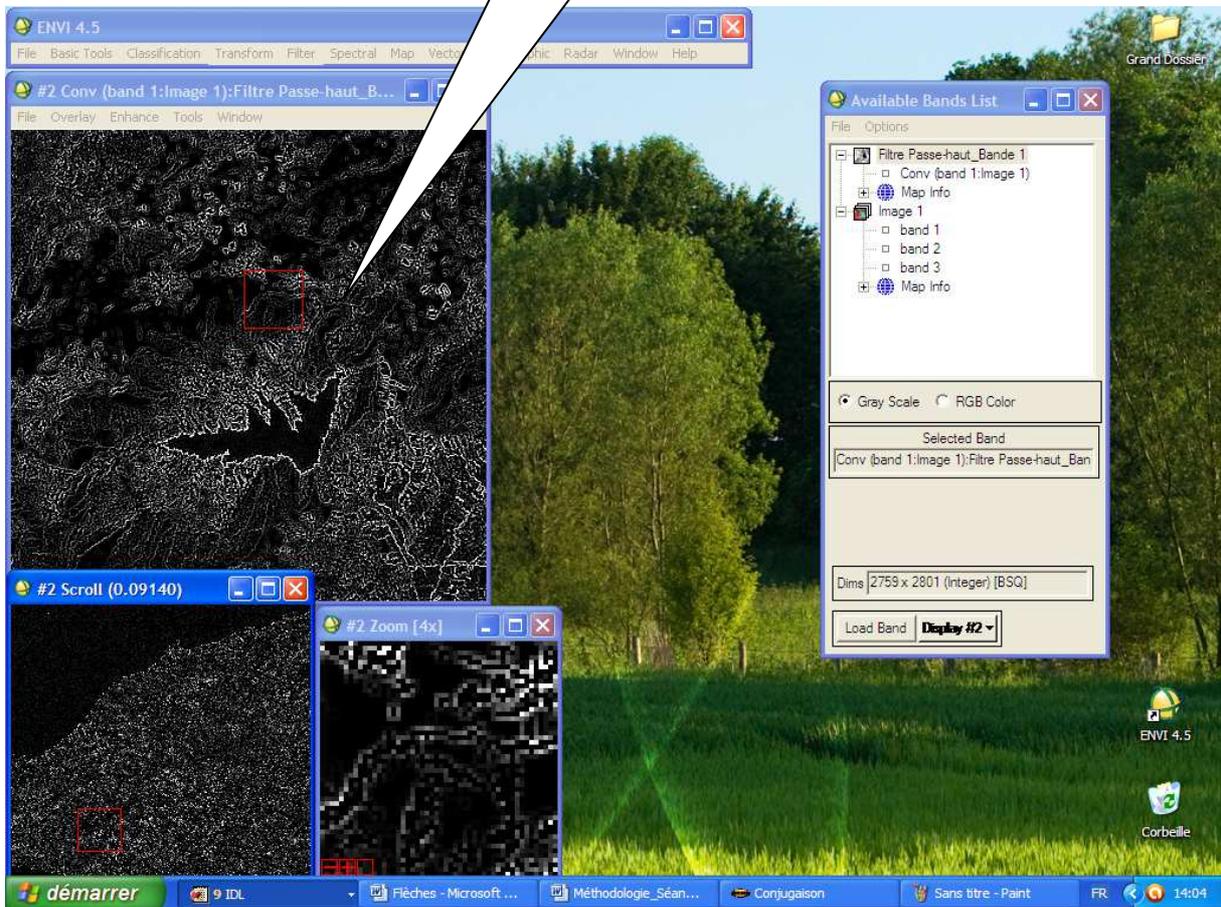
15
Sélectionner la bande 1 filtrée pour l'ajouter à une nouvelle vue



17

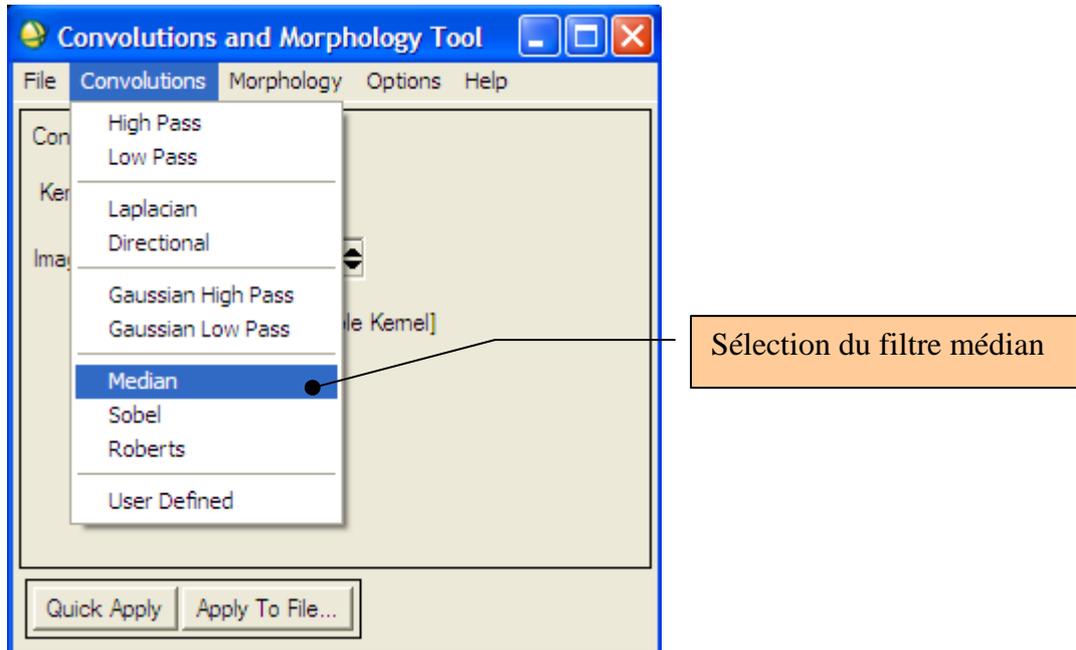
16

...et voilà maintenant la nouvelle image filtrée, à l'aide du filtre passe-haut, est devenue affichée à l'écran.

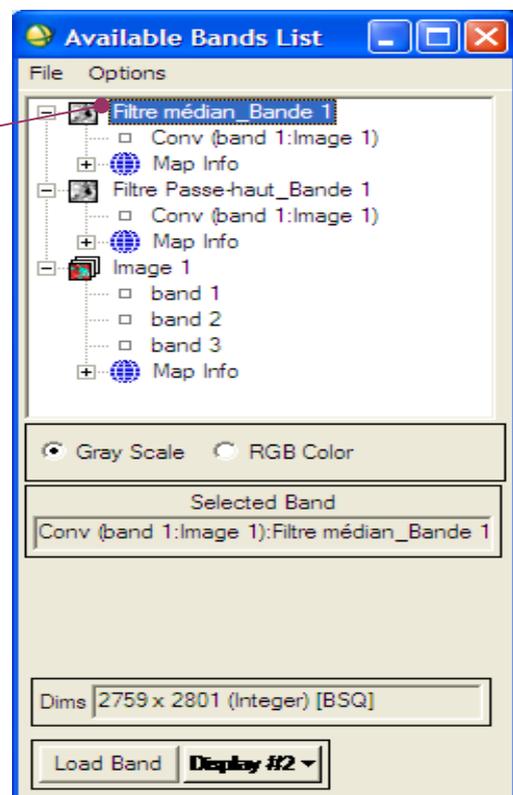


VI.1. 2. Filtre médian :

Pour réaliser un filtre médian pour la bande une, il suffit de suivre les mêmes étapes que pour le filtre passe-haut, sauf pour le choix du type de filtre où nous devons, dans ce cas, choisir le filtre médian comme indiqué dans l'imprimé écran suivant :

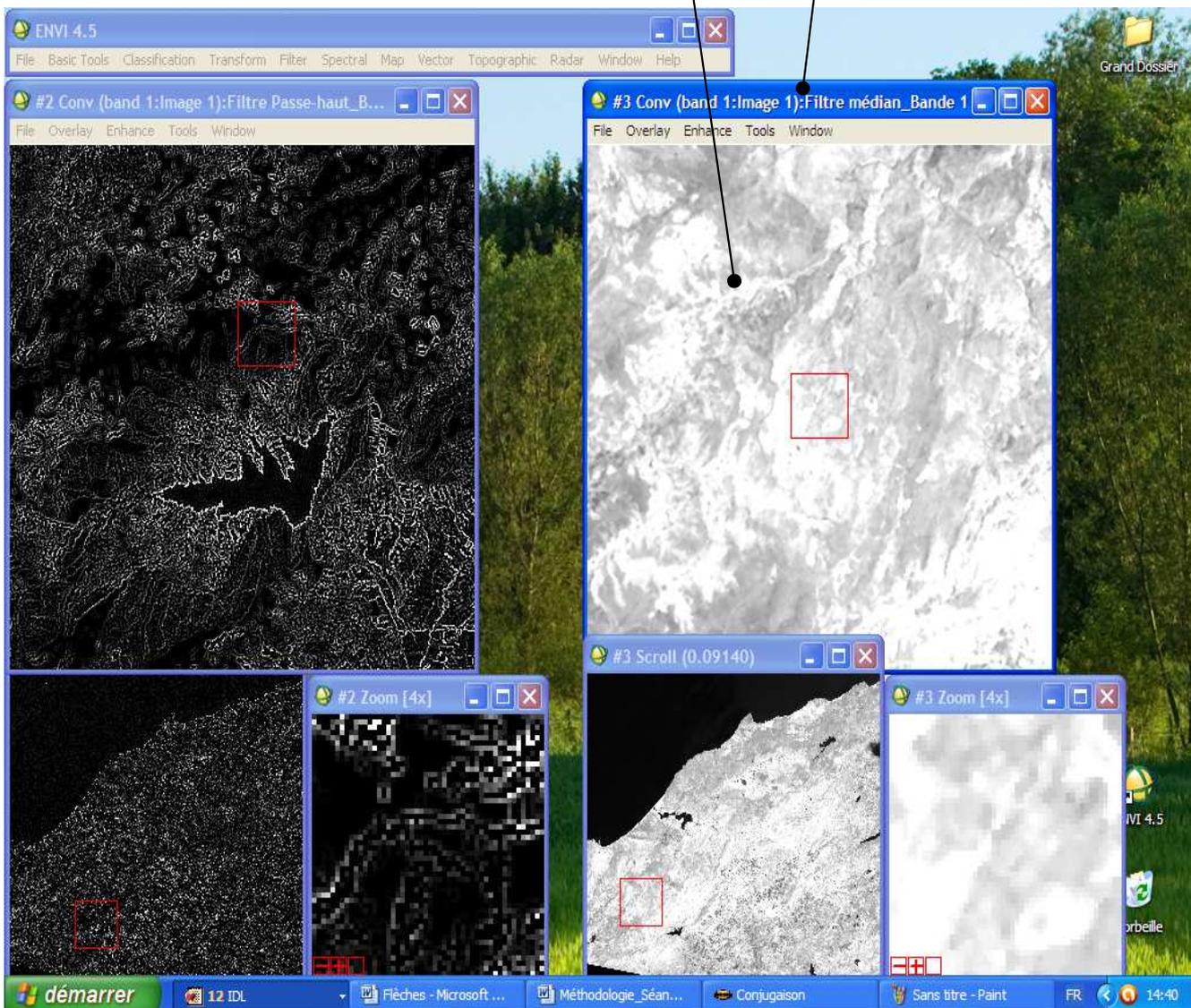


... en suivant les mêmes étapes que pour la réalisation du filtre passe-haut, la bande 1 cette fois-ci filtrée à l'aide du filtre médian apparaît dans la liste des bande.



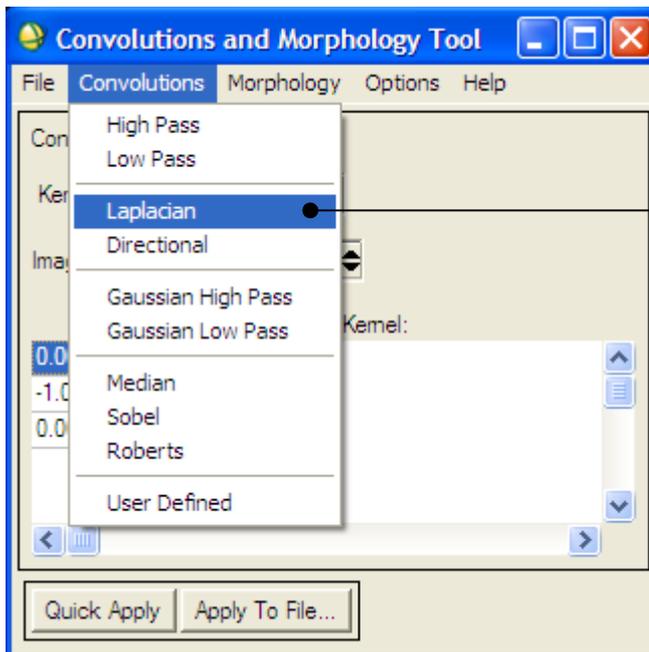
...en suivant les mêmes étapes...la même bande 1, filtrée à l'aide du filtre médian, est maintenant devenue affichée à l'écran.

Le nom sous lequel, on a enregistré la bande 1 filtrée.



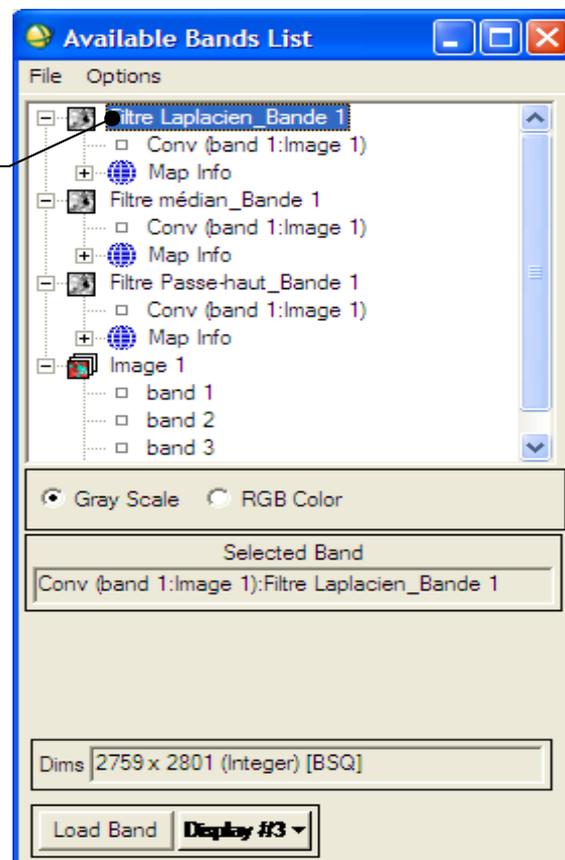
VI.1. 3. Filtre Laplacien:

Pour réaliser un filtre Laplacien pour la bande une, il suffit de suivre les mêmes étapes que pour le filtre passe-haut et le filtre médian, sauf pour le choix du type de filtre où nous devons, dans ce cas, choisir le filtre Laplacien (Laplacian) comme indiqué dans l'imprimé écran suivant :



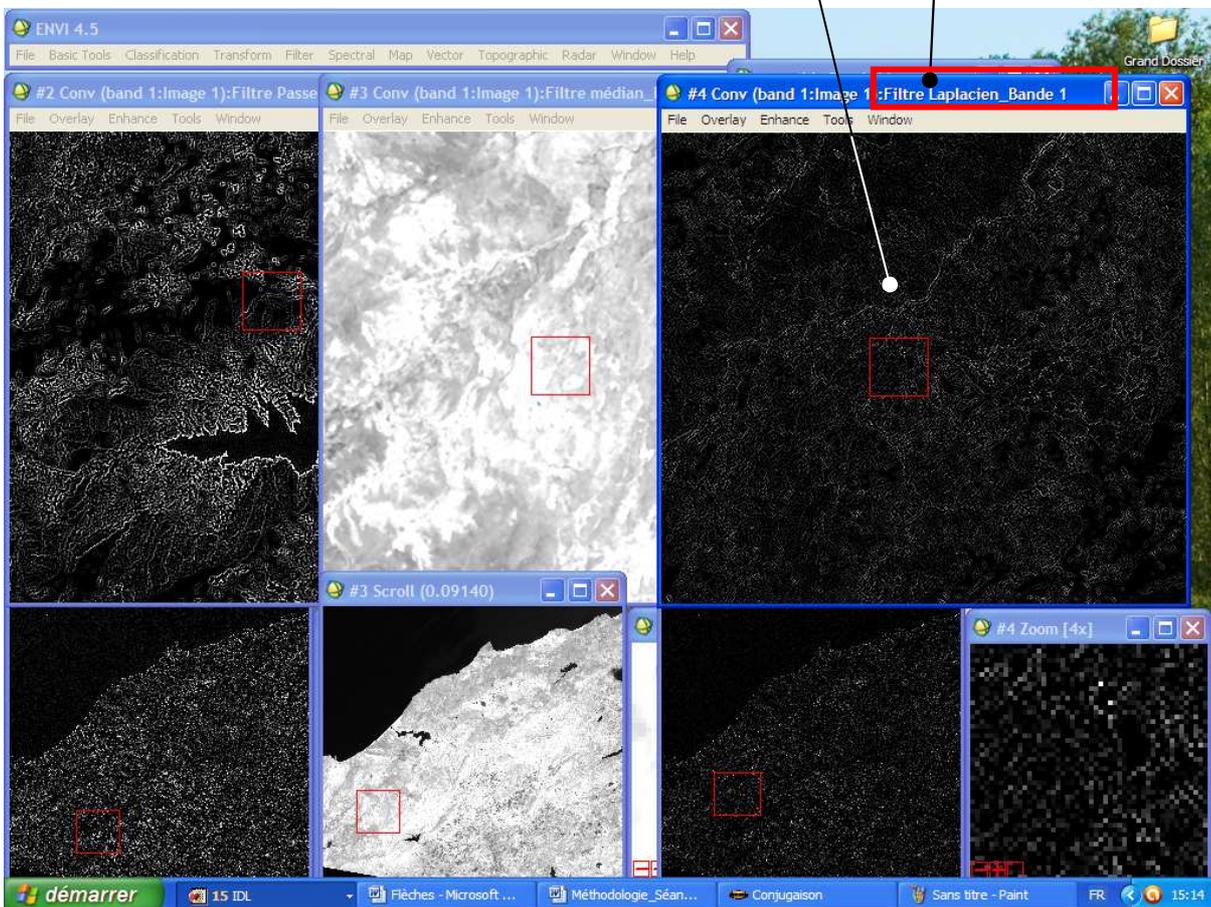
Choix du filtre Laplacien

... en suivant les mêmes étapes, la bande 1, filtrée avec le filtre Laplacien, s'ajoute à la liste des bandes.



...la bande 1, filtrée à l'aide du filtre Laplacien, est affichée à l'écran...

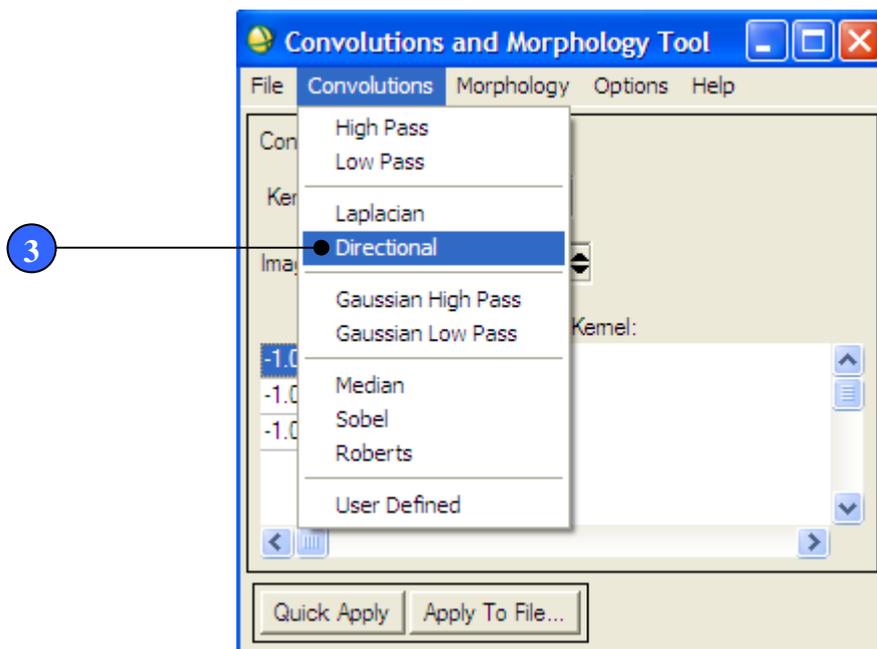
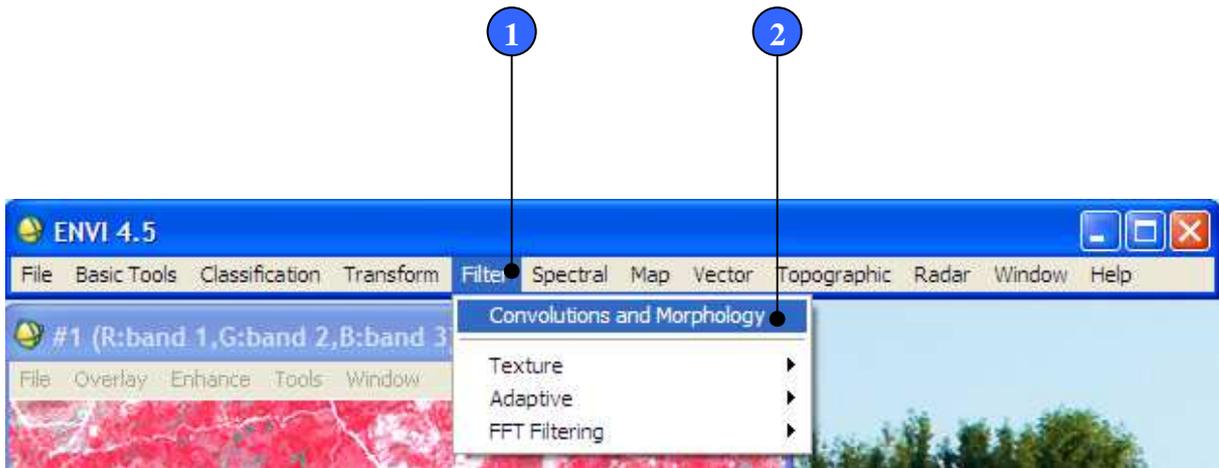
La fenêtre montre bien les noms de la bande et du filtre utilisé. Ceux sont les noms qu'on a donné à l'image lors de son enregistrement.



VI.1.4. Filtre directionnel :

Contrairement aux trois autres types de filtre, évoqués précédemment, le filtre directionnel nécessite la définition d'un angle de direction (Directional Filter Angle). Pour cela, nous allons présenter la méthodologie étape par étape jusqu'à la définition de l'angle de direction, en considérant un angle de 25 degrés.

a) Angle de direction égale à 25° :





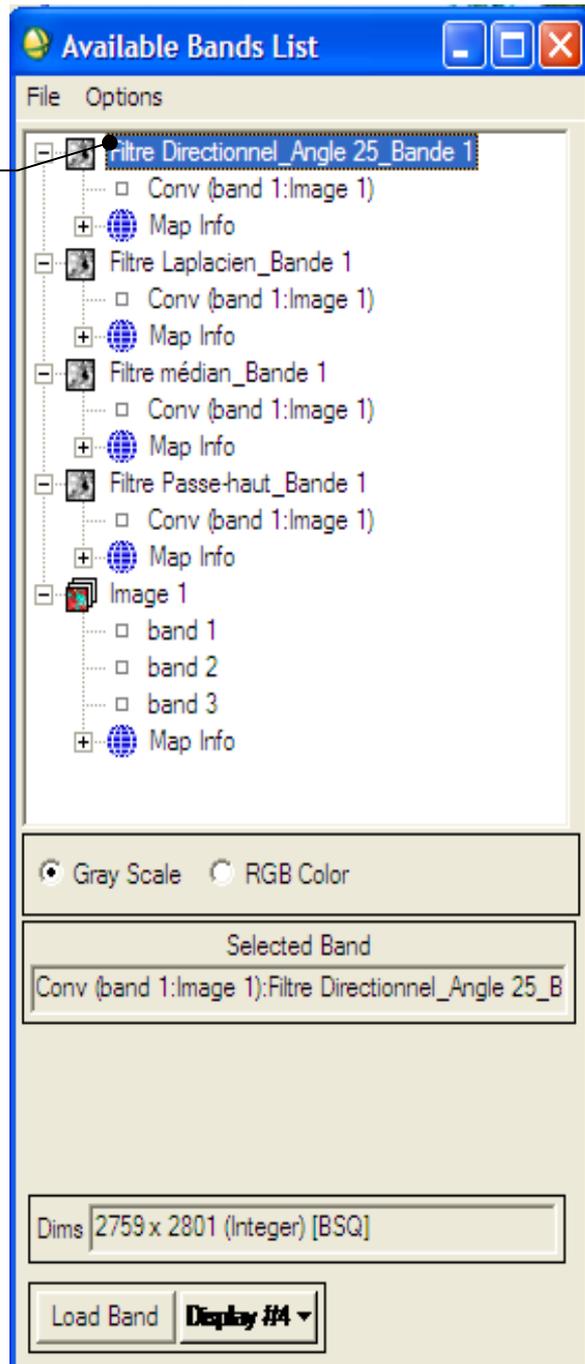
La boîte de dialogue de définition de l'angle de direction. Par défaut l'angle de direction est de 0.00. Mais il faut le mettre à 25 °.



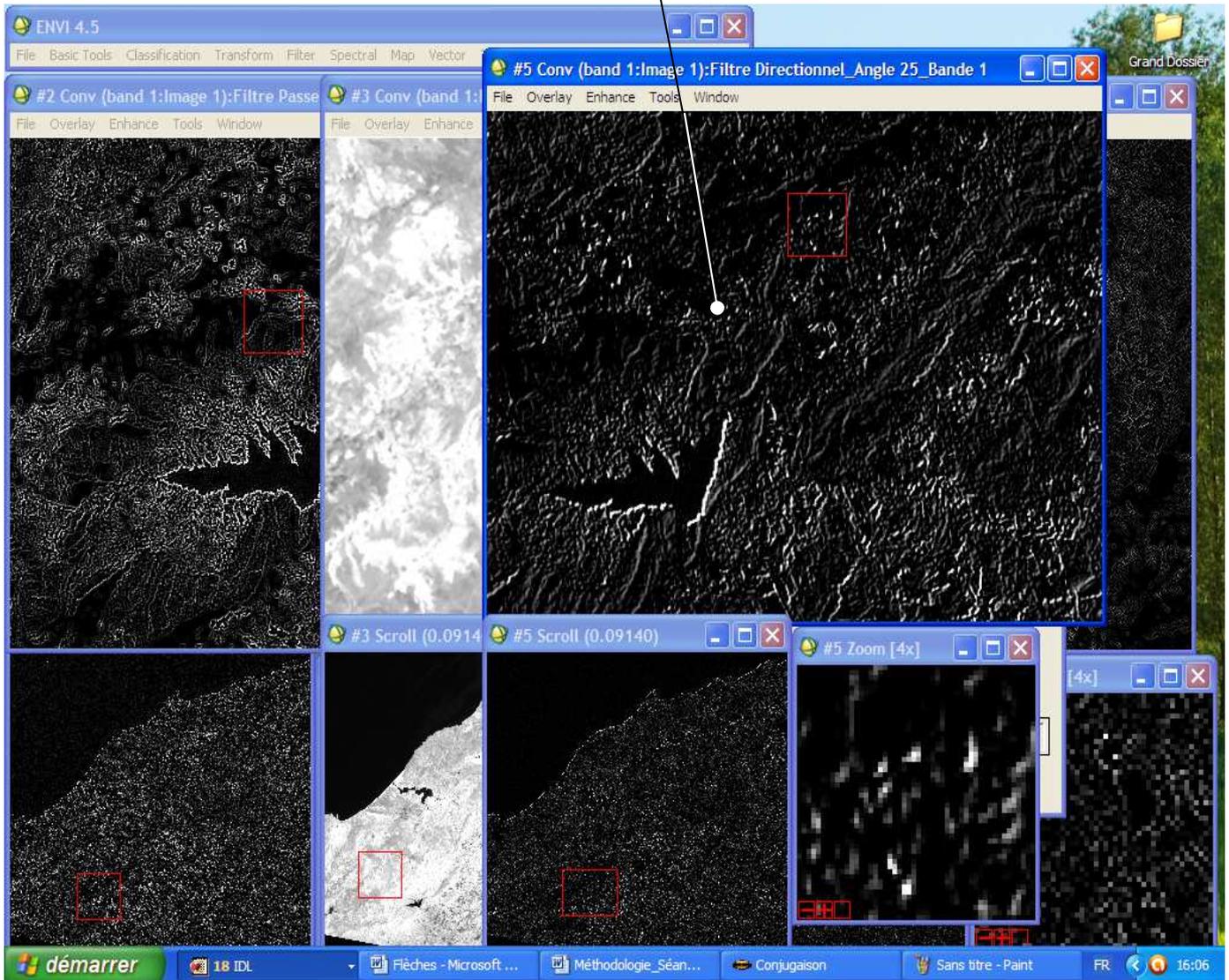
L'angle de direction est maintenant défini à 25 °

En cliquant sur Ok, l'angle de direction s'est défini. Il suffit de suivre les mêmes étapes, comme pour tous les autres filtres réalisés précédemment dans ce didacticiel, pour choisir la bande sur laquelle nous voudrions appliquer le filtre et enregistrer cette bande.

....en suivant les mêmes étapes indiquées, la bande 1 filtrée à l'aide du filtre directionnel (angle de direction égale à 25 °) s'ajoute à la liste des bandes...



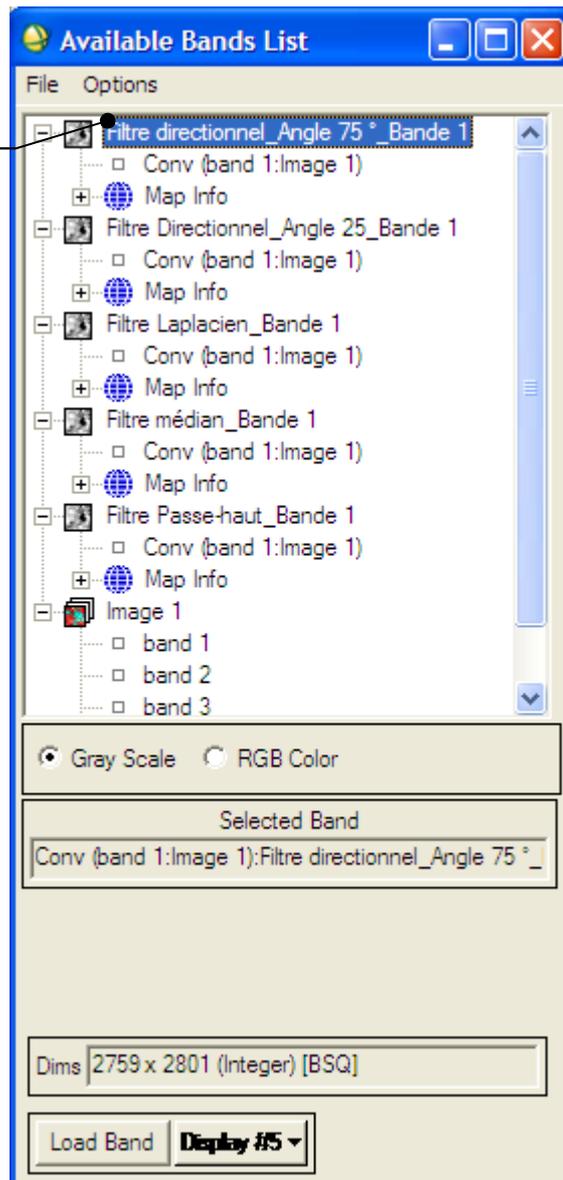
...et voilà maintenant la bande 1, filtrée à l'aide du filtre directionnel avec un angle de 25 °, affichée à l'écran.



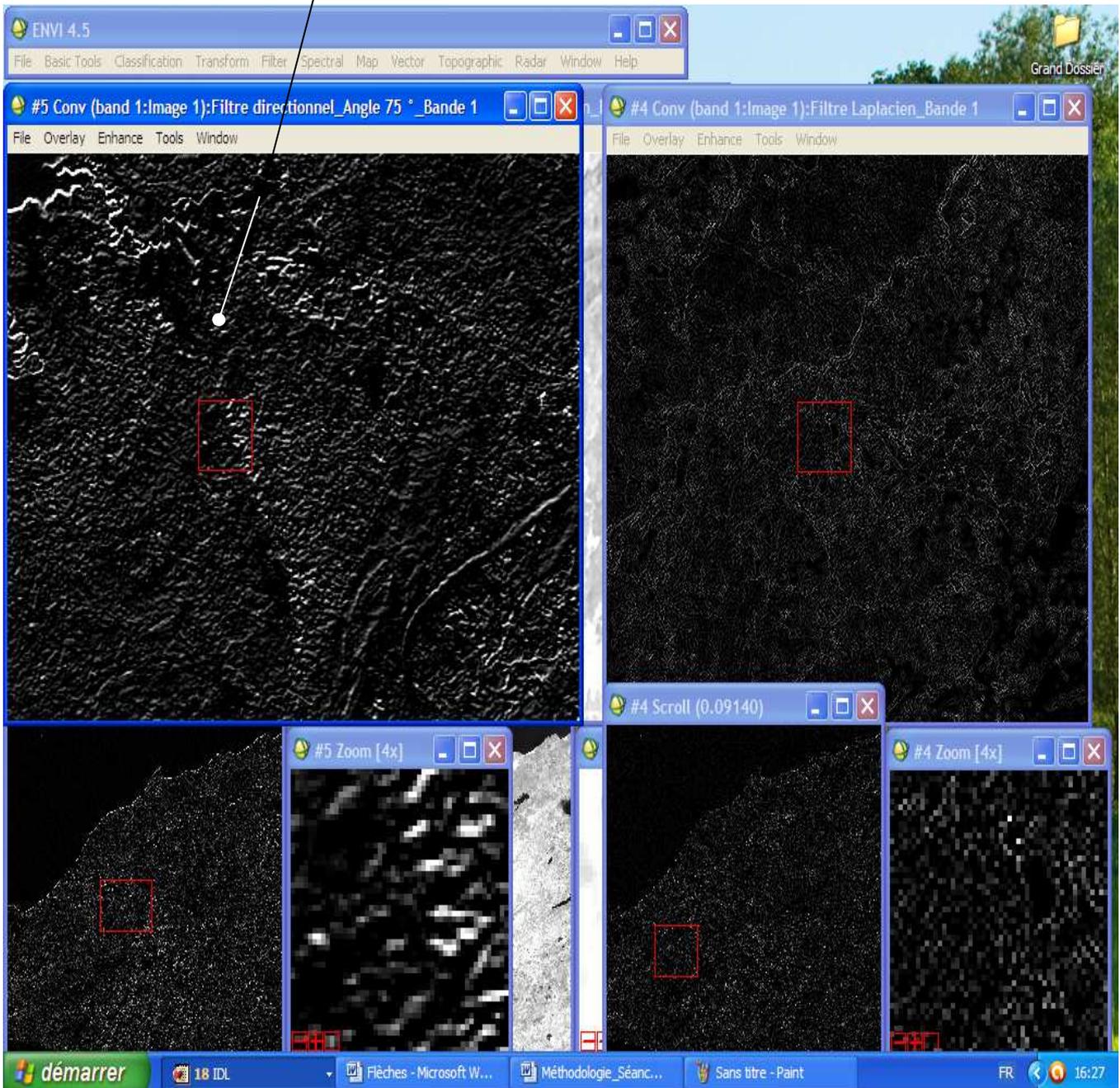
b) Angle de direction égale à 75° :

Pour réaliser un filtre directionnel avec un angle de 75 ° sur la bande 1, il suffit de suivre les mêmes étapes indiquées lors de la réalisation du filtre directionnel pour la même bande avec un angle de 25 ° sauf pour l'angle de direction qu'il faudrait le mettre à 75 °. La méthodologie étant très facile. Nous nous limiterons dans ce qui suit à la présentation des résultats pour ce filtre.

....en suivant les mêmes étapes indiquées, la bande 1 filtrée à l'aide du filtre directionnel (angle de direction égale à 75 °) s'ajoute à la liste des bandes...



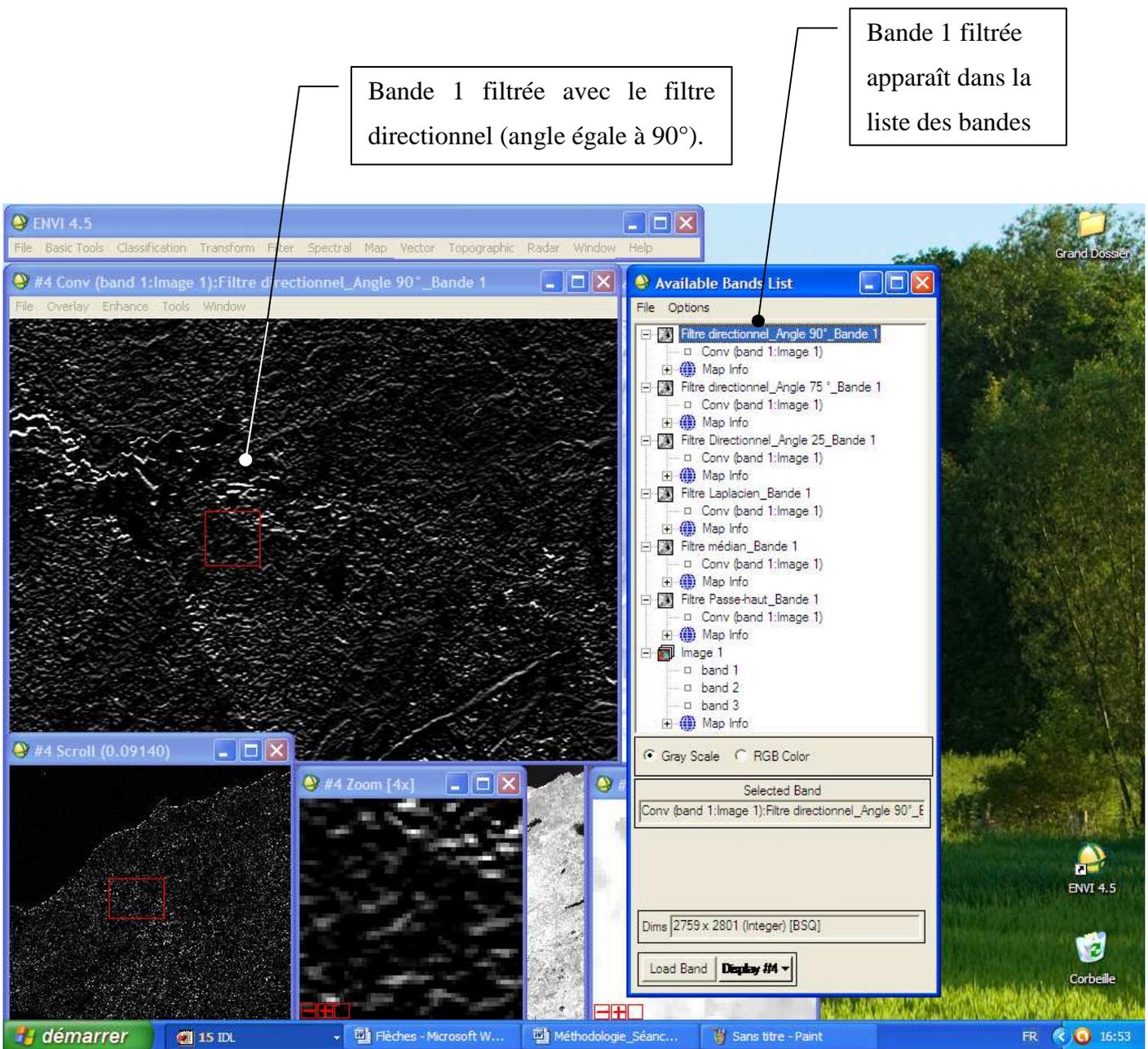
...Bande 1 affichée à l'écran, après avoir lui appliqué le filtre directionnel avec un angle de direction de 75°.



c) Angles de direction égaux à 90° et 180 ° :

La méthodologie à suivre pour appliquer le filtre directionnel avec des angles de 90 ° et 180 ° sur la bande 1 est la même que celle suivie pour les deux filtres directionnels avec les angles de 25 ° et 75 °, déjà appliqués précédemment sur la même bande. Il suffit de changer l'angle de direction comme voulu pour avoir le filtre appliqué. Pour cela, nous nous limiterons dans ce qui suit à la présentation des résultats en ce qui concerne l'application du filtre directionnel avec les deux angles 90 ° et 180 ° sur la bande une.

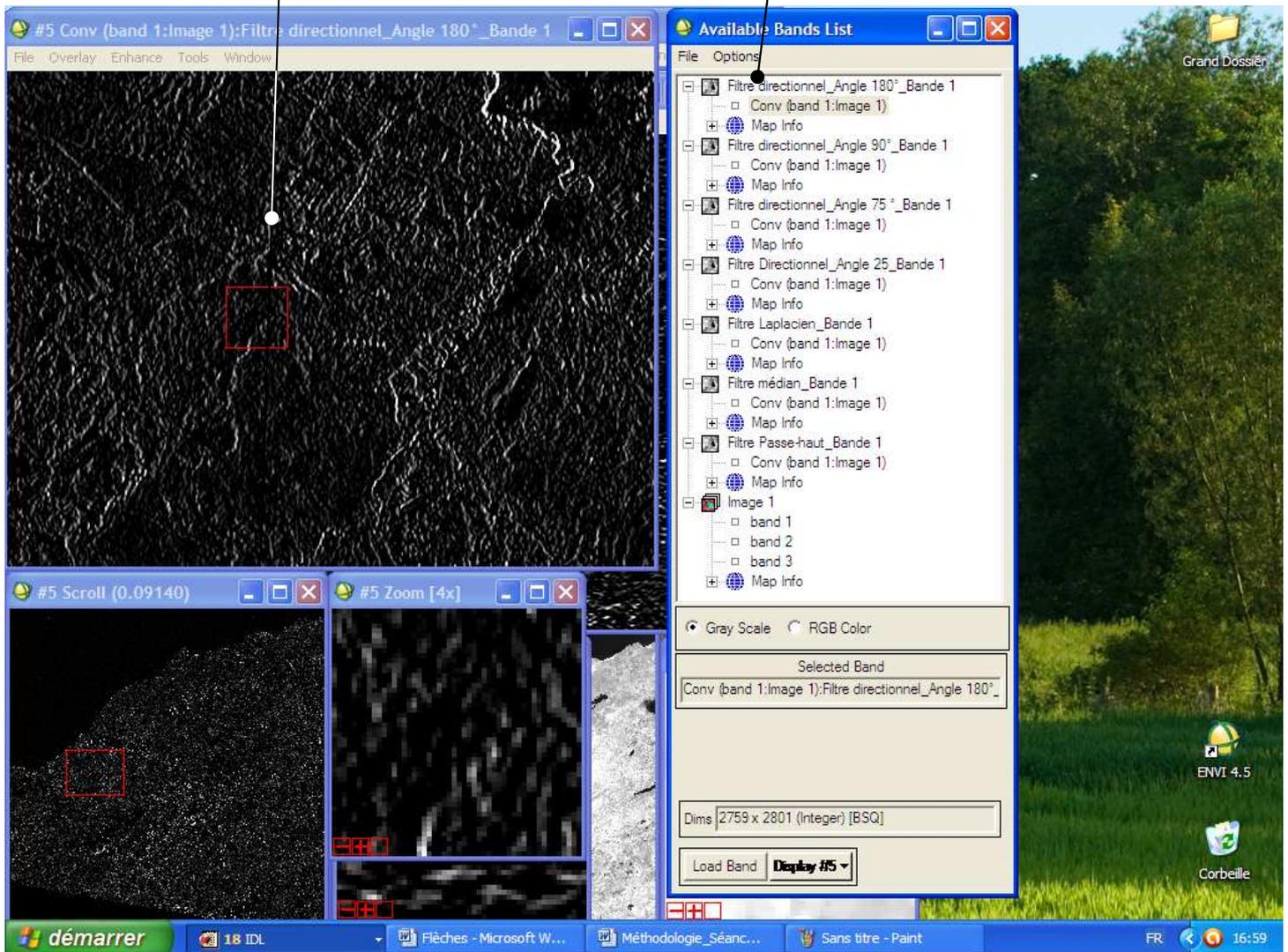
- **Angle de direction égal à 90° :**



- Angle de direction égal à 180° :

Bande 1 filtrée avec le filtre directionnel (angle égale à 180°).

Bande 1 filtrée apparaît dans la liste des bandes



VI.2. Bande 2 et Bande 3 :

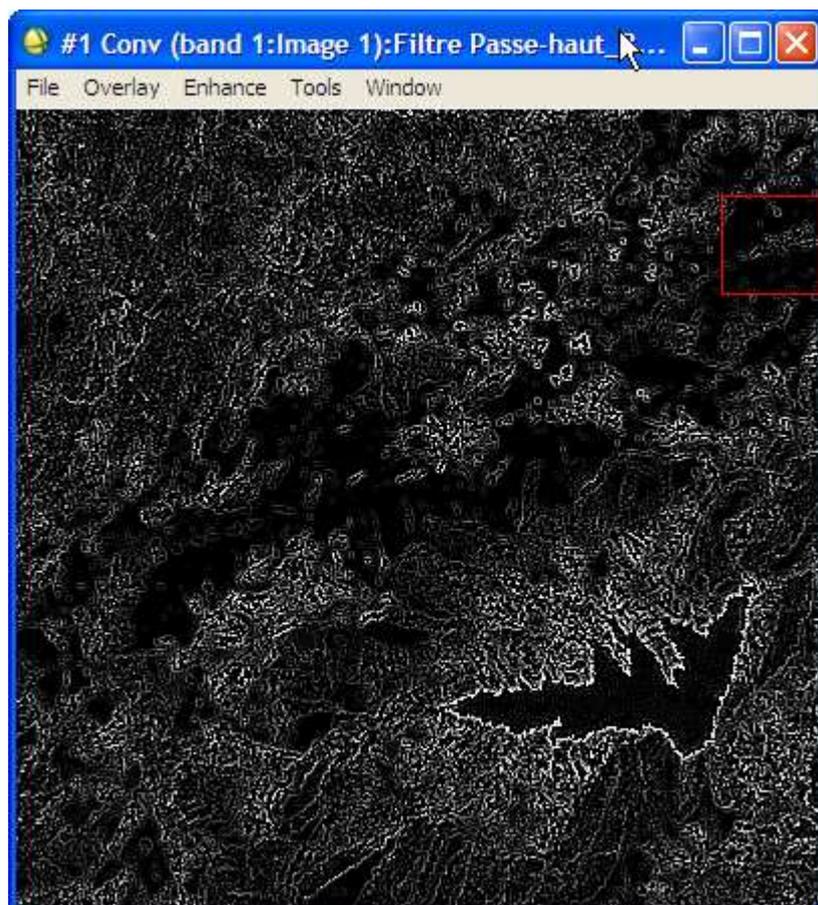
Il s'agit de suivre la même démarche pour appliquer les quatre filtres réalisés précédemment sur les deux autres bandes de l'image (bande 2 et bande 3).

Pour éviter la redondance, on a pratiquement appliqué ces quatre filtres sur les deux bandes indiquées (voir les résultats dans le dossier filtrage) mais on n'a pas présenté des imprimés écrans ici.

VI.3. Vectorisation de l'image :

Nous allons réaliser trois vecteurs (ponctuel, linéaire et surfacique) représentant trois éléments majeurs sur la bande 1 filtrée à l'aide du filtre passe haut. Pour ce faire, il faut suivre les étapes expliquées dans les imprimés écrans suivants.

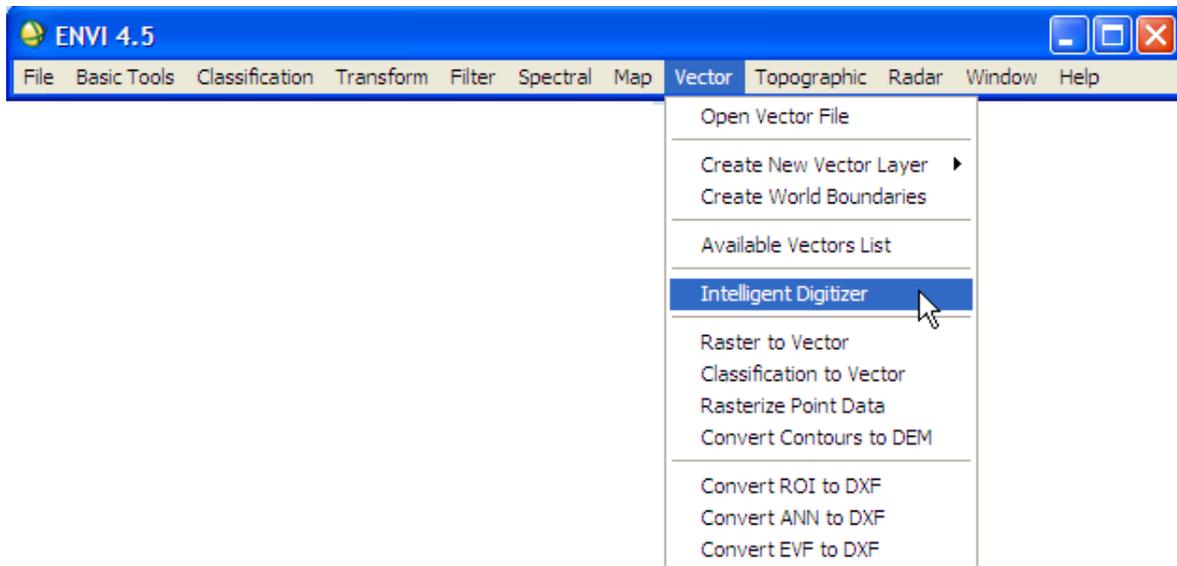
Image de la bande 1 filtrée avec le filtre passe haut :



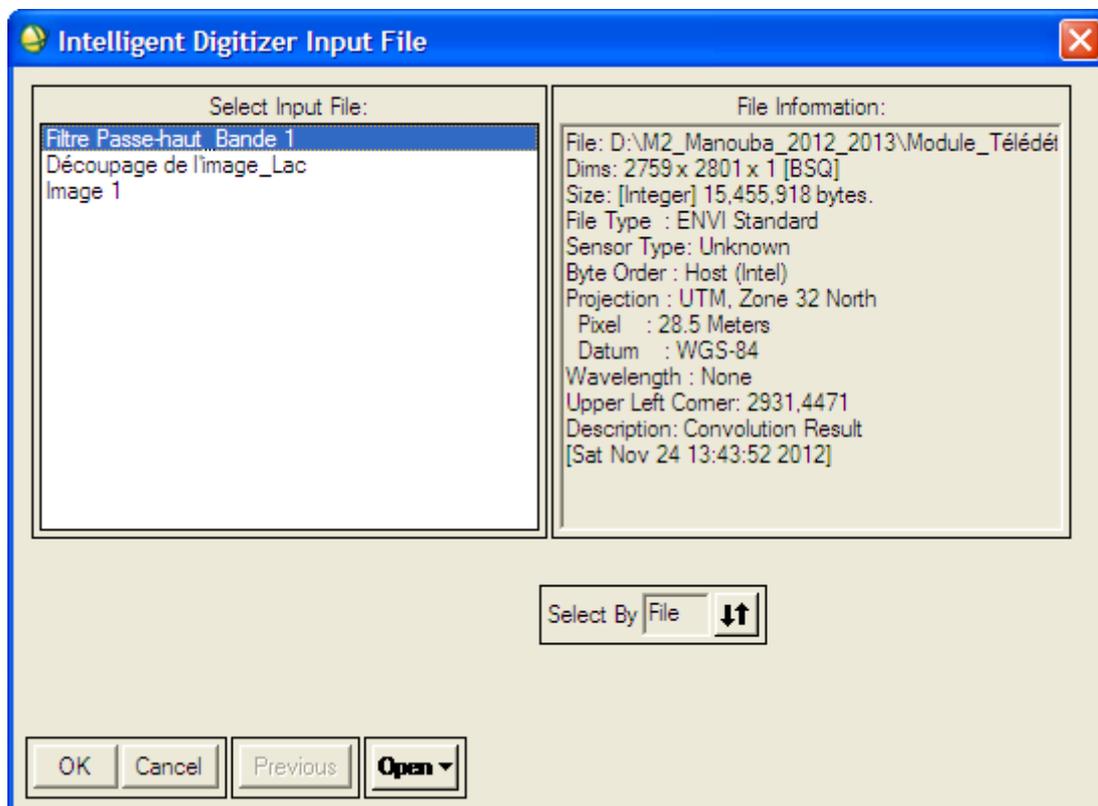
a) Vecteur surfacique :

Comme vecteur surfacique, nous allons vectoriser un lac.

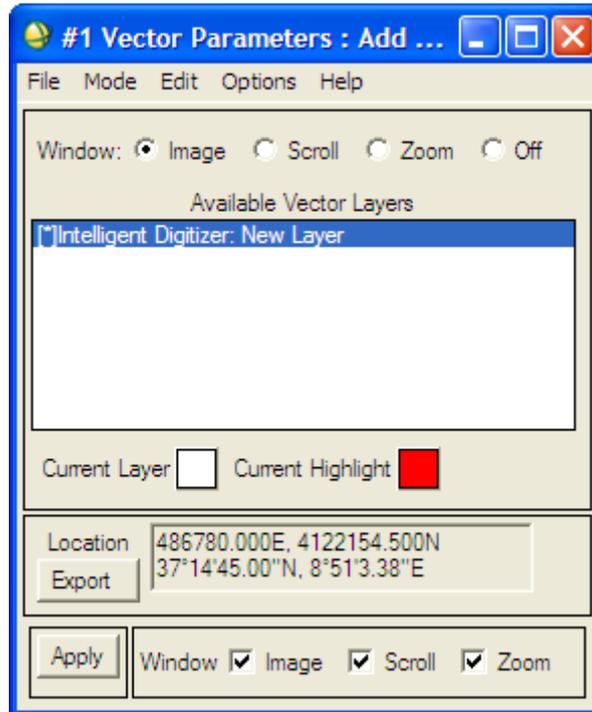
1. Cliquez sur « Vector », ensuite sur « Intelligent Digitizer »



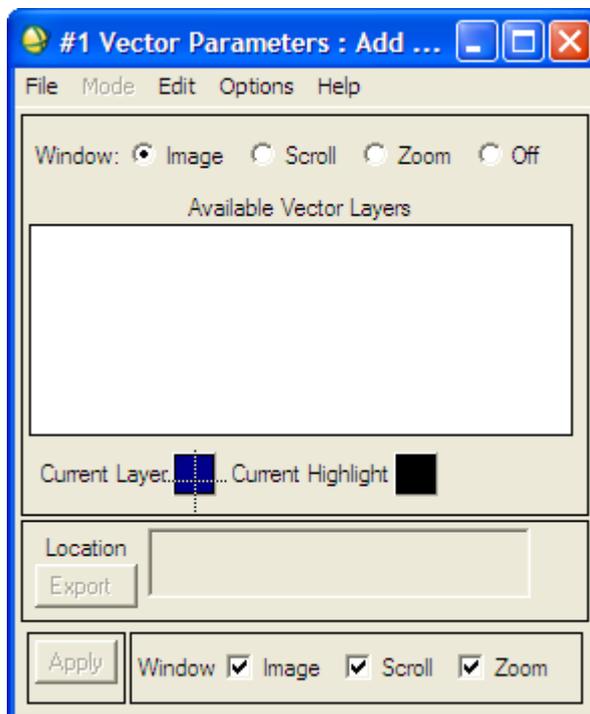
2. Cliquez sur la bande à vectoriser (bande filtrée avec le filtre passe haut dans notre cas)
3. Cliquez sur OK



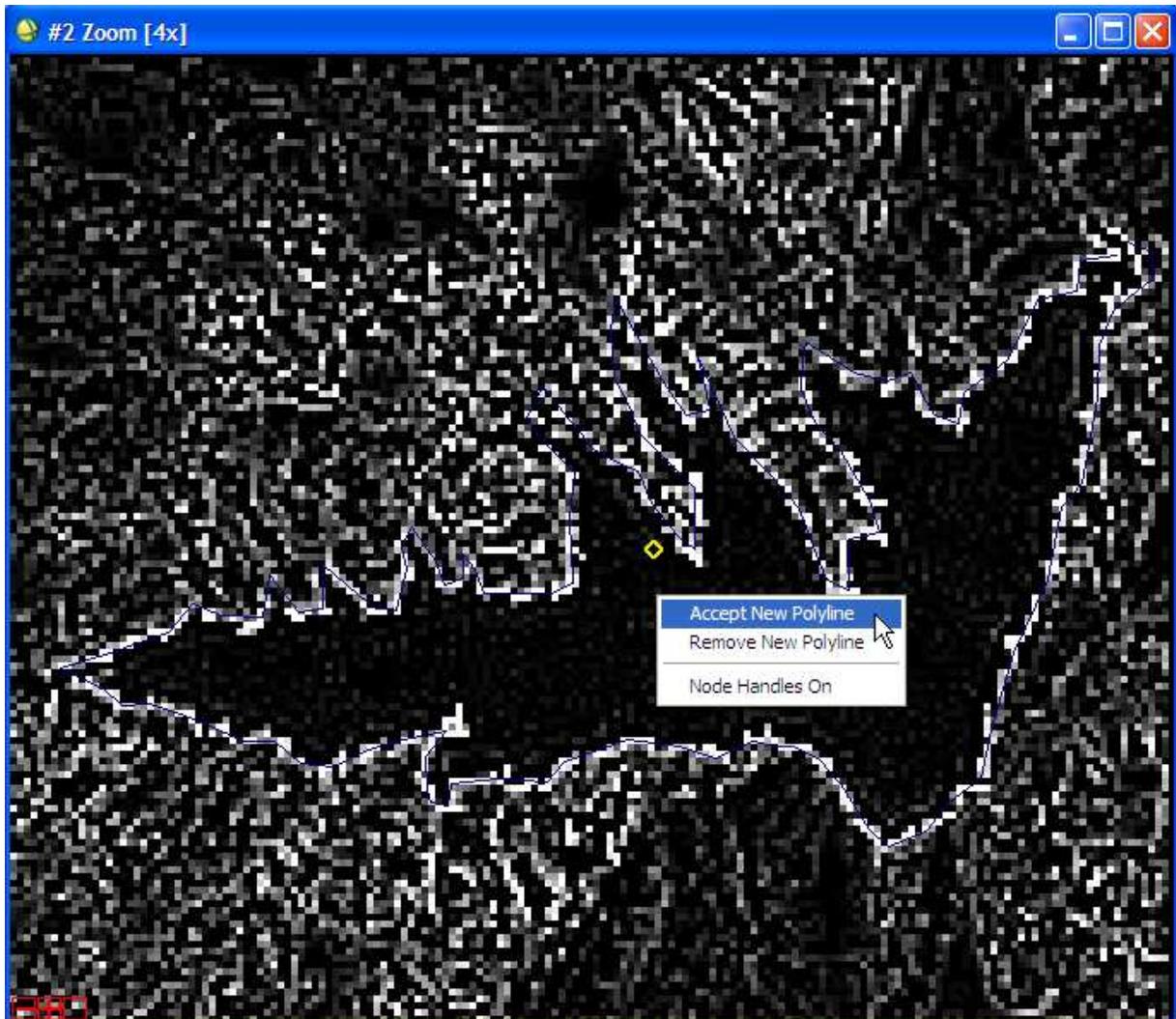
Une boîte de dialogue apparaît



4. Choisissez la couleur voulue. Dans notre cas, on a choisit la couleur bleue.

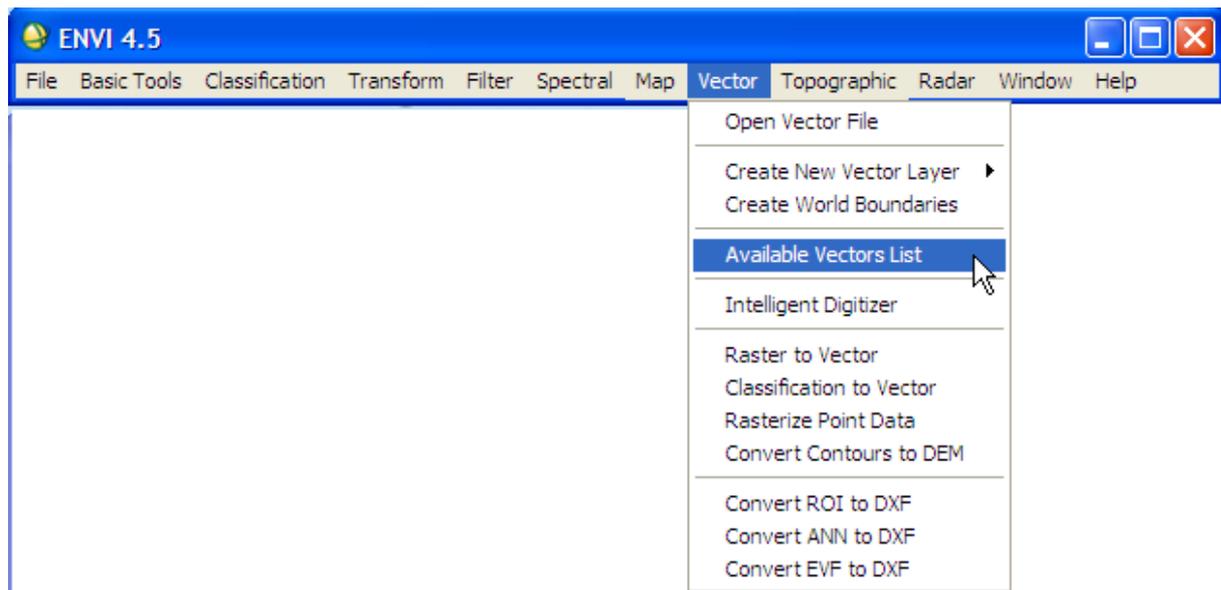


5. Commencez la digitalisation et après avoir terminé, cliquez avec le bouton droit de la souris puis acceptez le nouveau polygone.



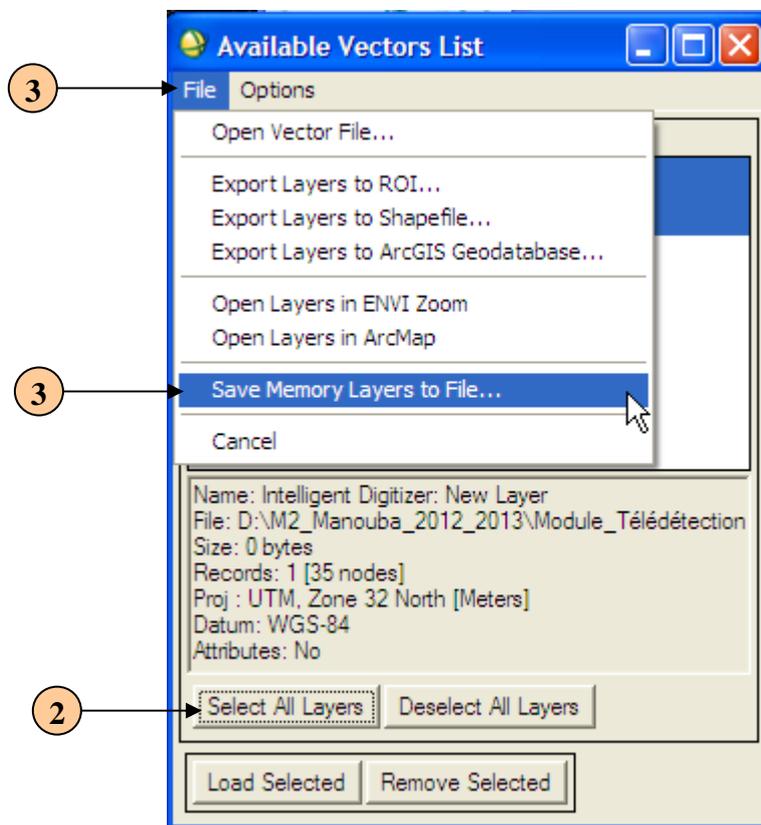
Enregistrement du vecteur :

1. Cliquez sur « Vector », ensuite sur « Available Vectors List ».

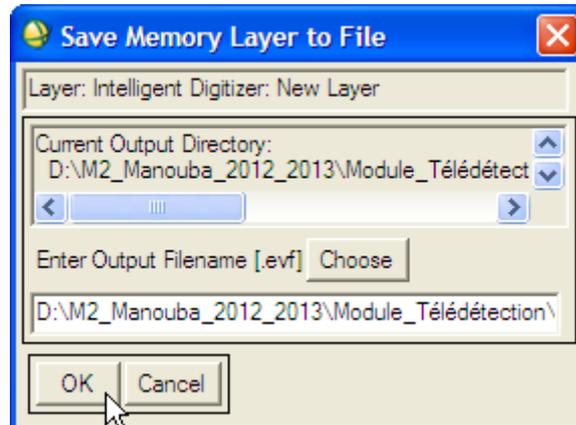


Dans la fenêtre qui apparaît :

2. Cliquez sur le bouton « Select All layers ».
3. Cliquez sur « File » et choisissez « Save Memory Layers to File »

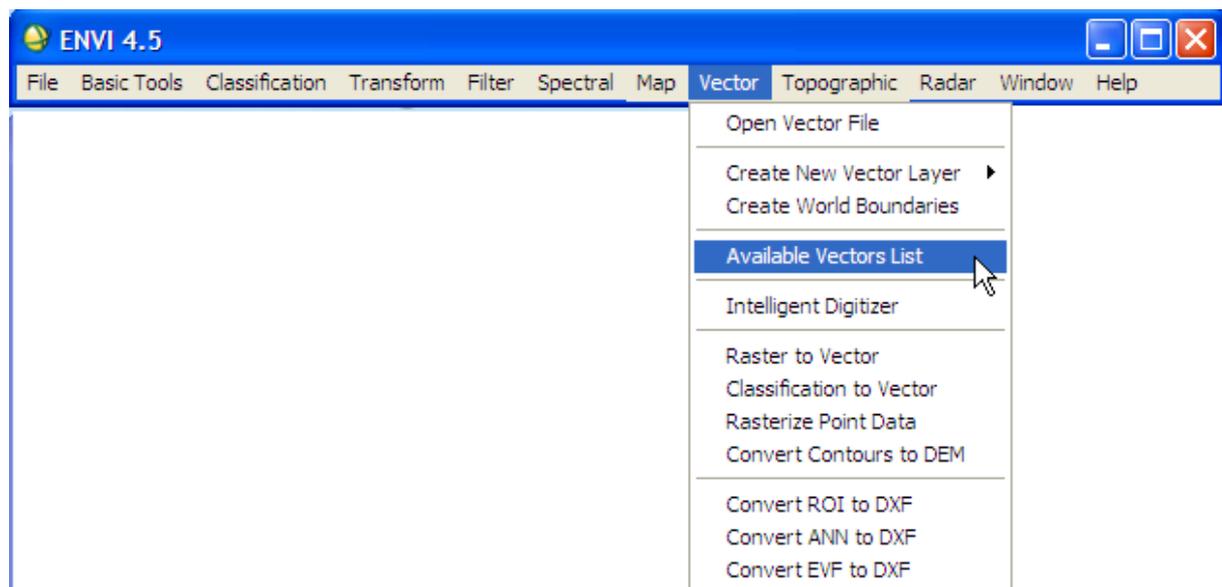


4. Cliquez sur le bouton « Choose » pour choisir le chemin d'enregistrement puis validez par OK.



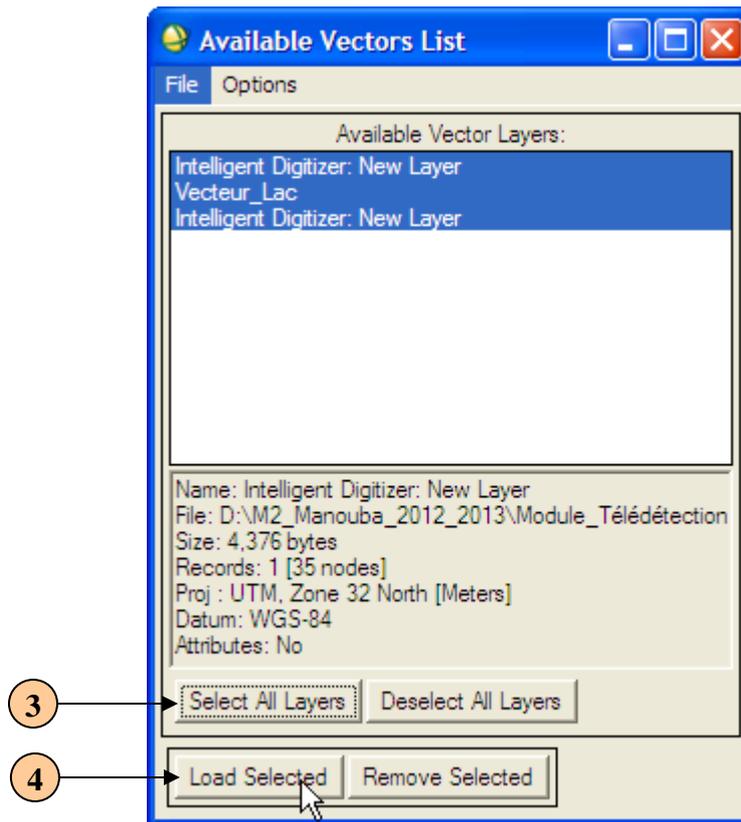
Ouverture d'un fichier vecteur :

1. Cliquez sur « Vector », ensuite sur « Available Vectors List ».

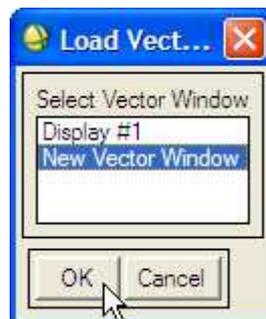


3. Cliquez sur le bouton « Select All Layers » ;

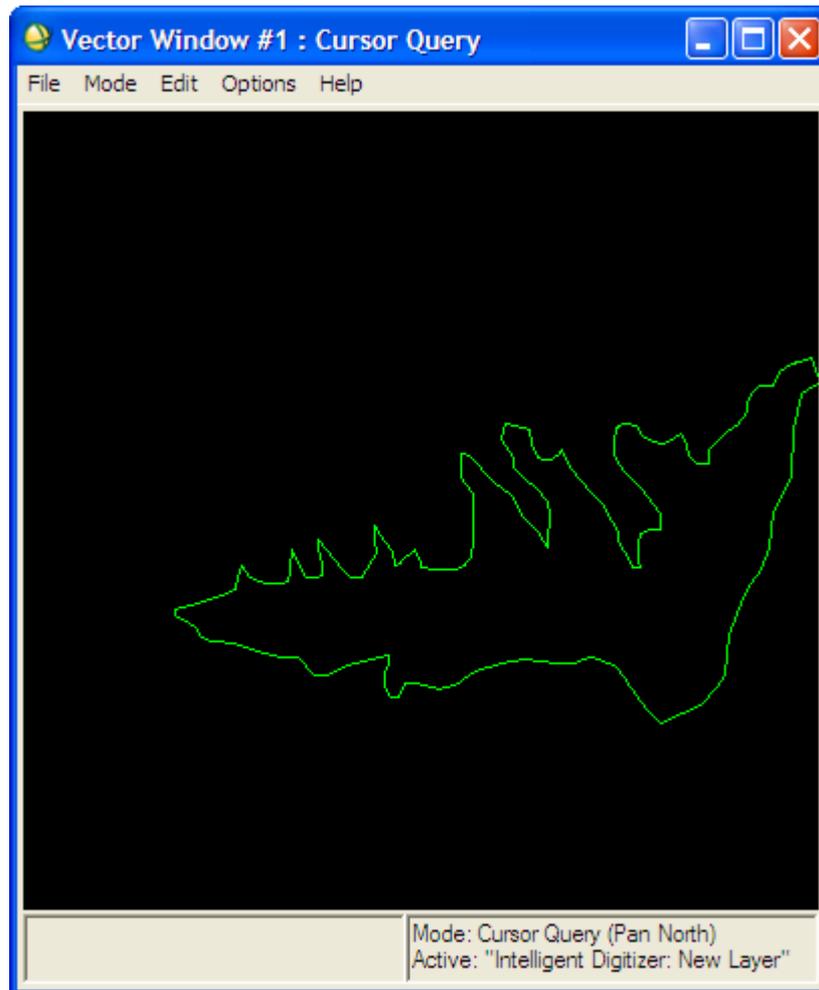
4. Cliquez sur le bouton « Load Selected »



5. Cliquez sur « New Vector Window », ensuite sur OK.



Le vecteur lac apparaît donc dans la nouvelle fenêtre (voir l'imprimé écran suivant)

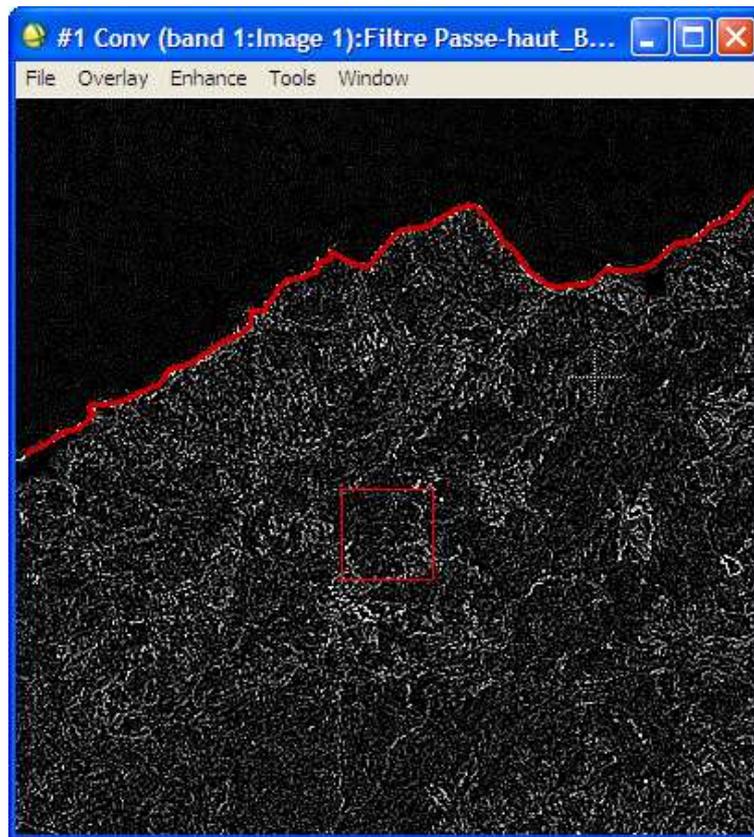


b) Vecteur linéaire

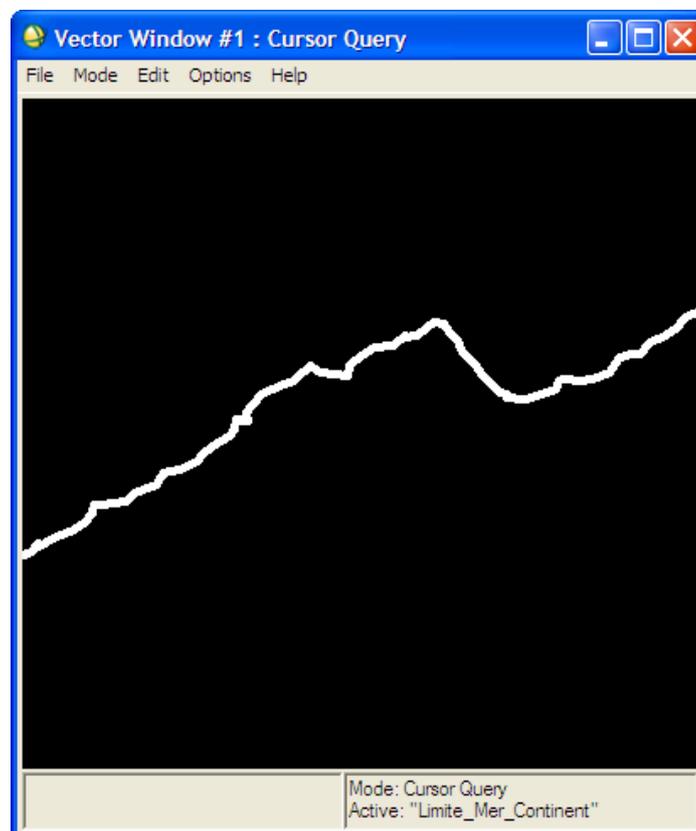
Nous allons vectoriser la limite entre la mer et le continent.

Pour ce faire, il suffit de suivre la même démarche que précédemment.

Digitalisation de la limite

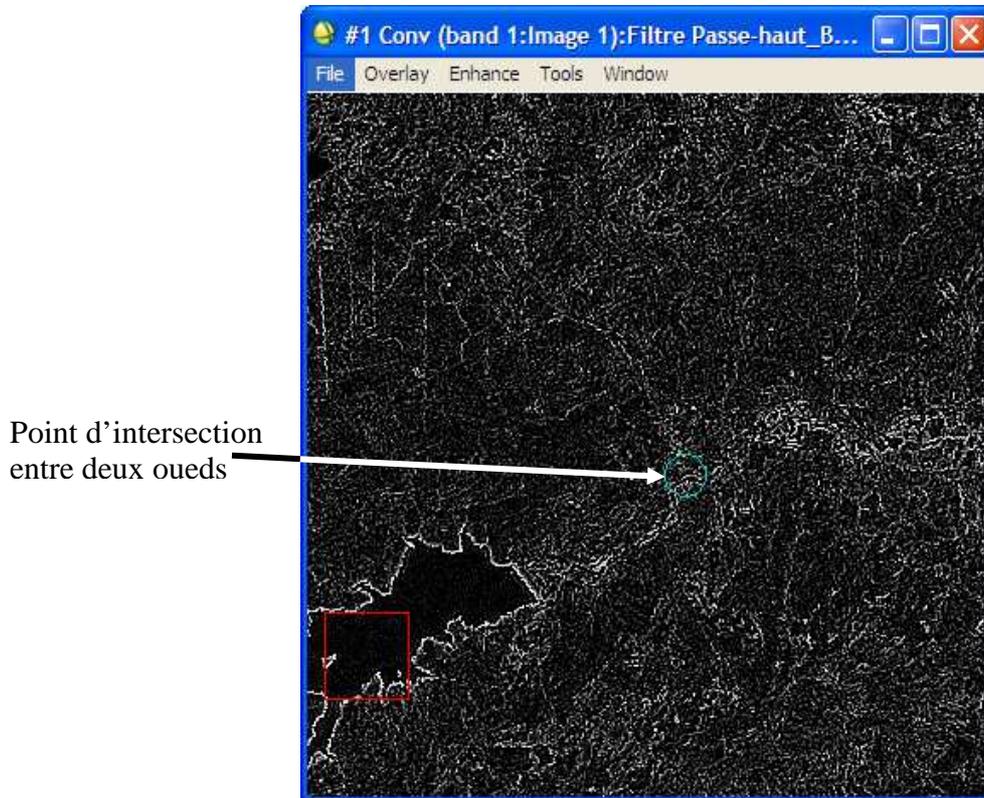


Fichier vecteur de la limite entre la mer et le continent.

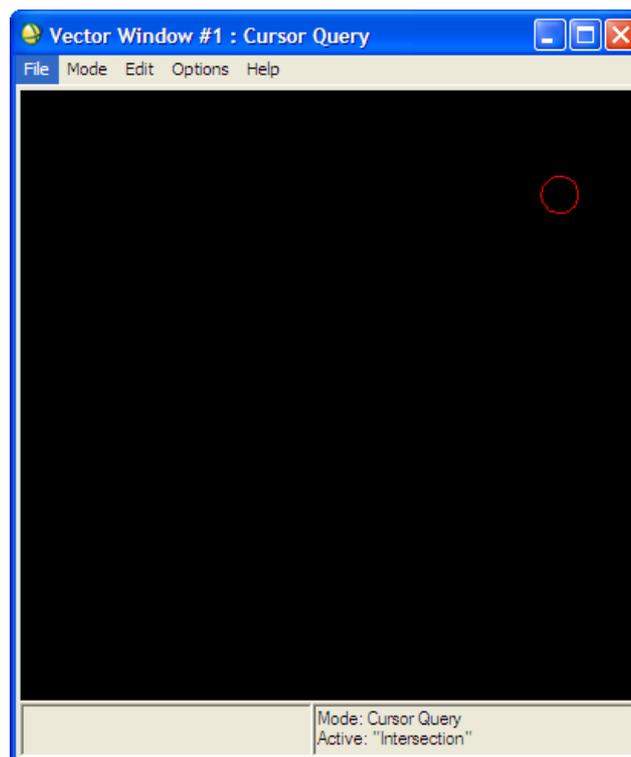


c) Vecteur ponctuel :

Nous allons vectoriser le point d'intersection entre deux oueds.



Fichier vecteur de la l'intersecion entre deux oueds.



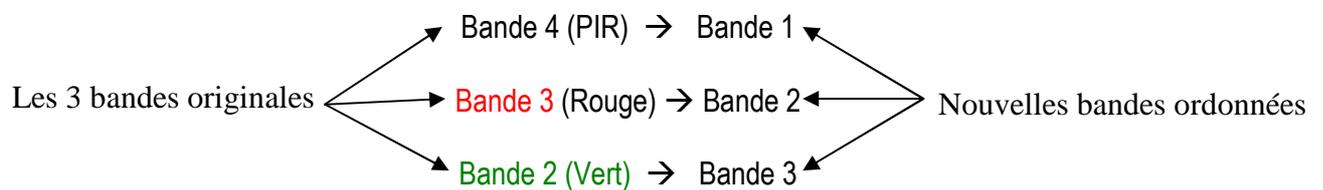
VII. Indices et géoréférencement

VII.1. Indices

Pour le satellite Landsat, l'image obtenue comprend 12 bandes. Dans le présent TP, nous allons travailler sur 3 bandes seulement à savoir :

- Bande 4 (proche infrarouge (PIR)) ;
- Bande 3 (rouge) ;
- Bande 2 (vert).

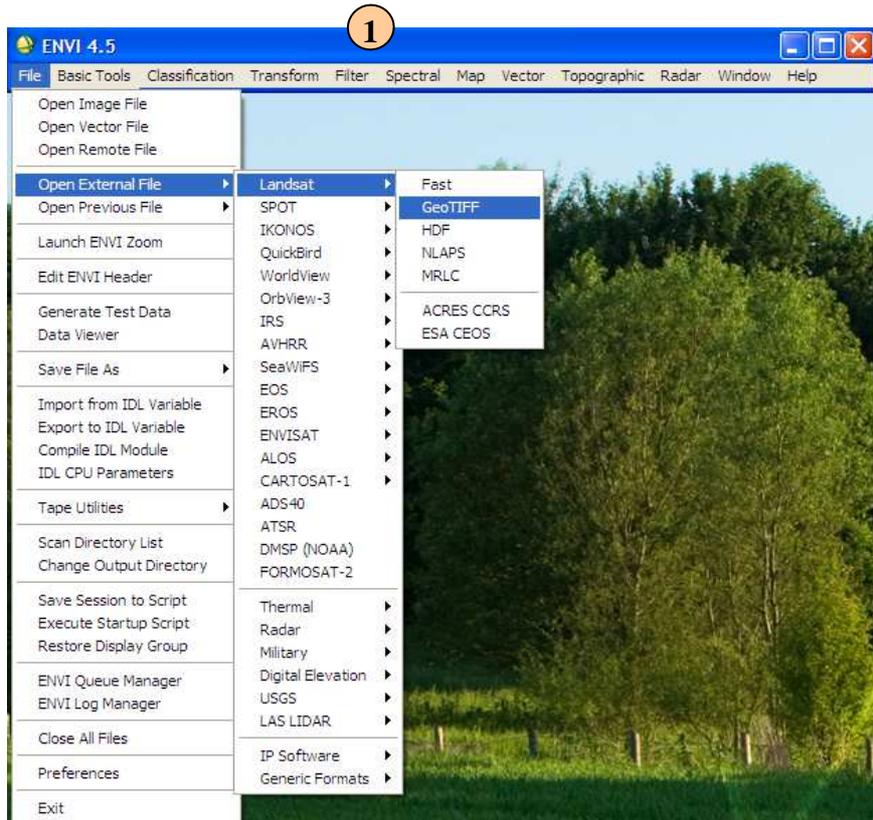
Avant de commencer le travail avec les indices, nous allons ordonner ces 3 bandes de 1 à 3 comme suit :



Pour ce faire, il faut, après avoir ouvert le logiciel ENVI, suivre les étapes montrées dans les imprimés écrans suivants :

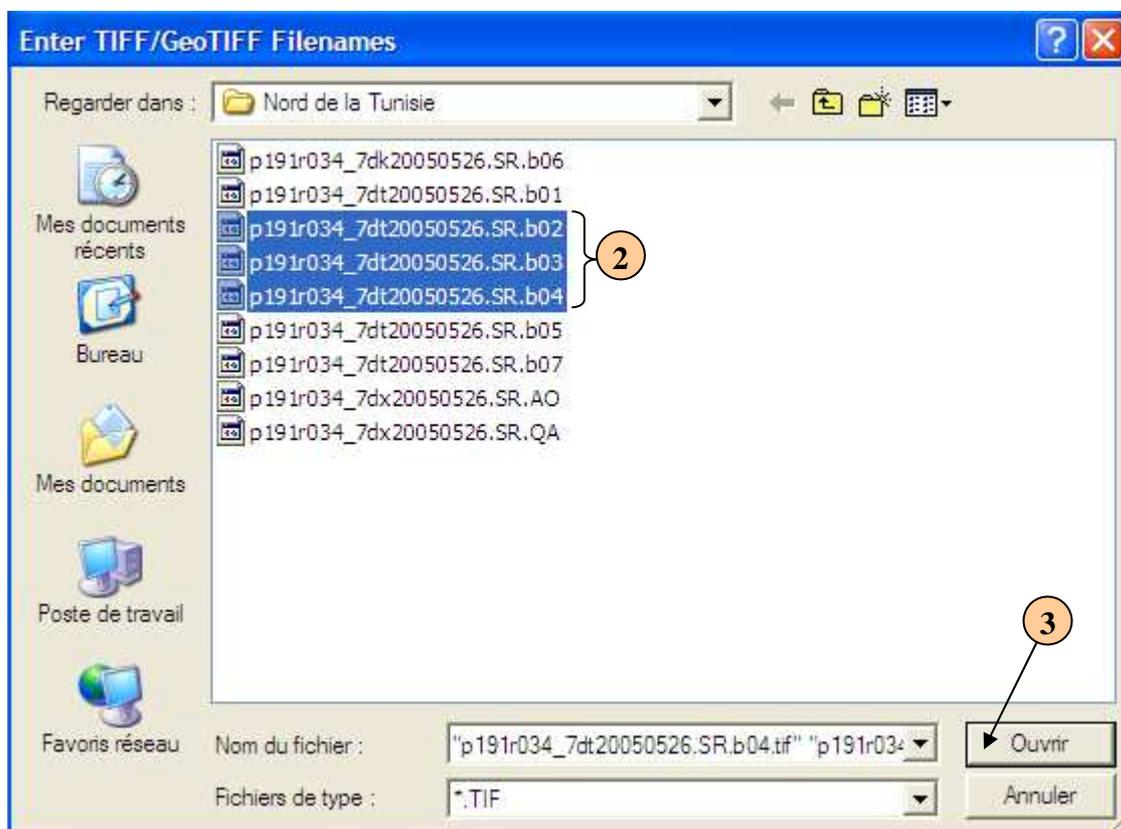
1) Ouvrir les trois bandes :

1. Pour ouvrir les trois bandes, cliquez sur « file », ensuite « Open External File » puis « Landsat » et choisissez « GeoTIFF ».

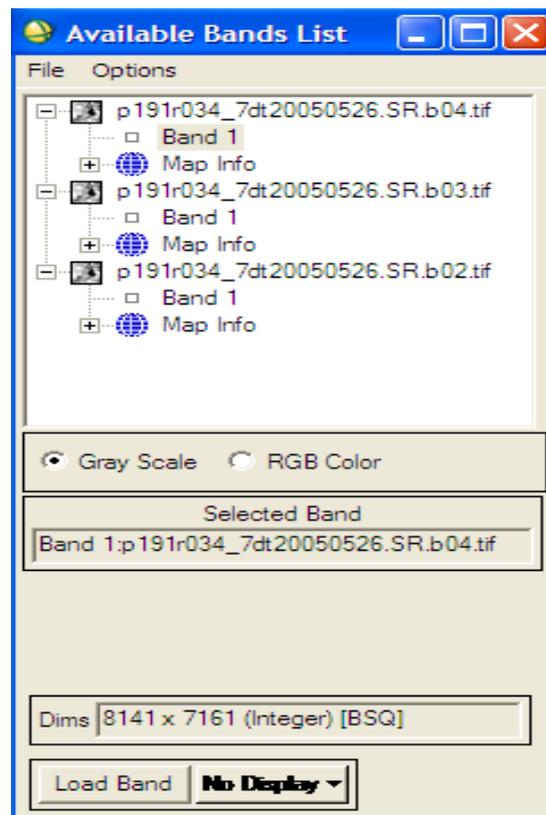


2. Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionnez les trois bandes à ouvrir

3. Cliquez sur « Ouvrir »



→ Les trois bandes s'ajoutent à la liste des bandes mais ne sont pas encore ordonnées.

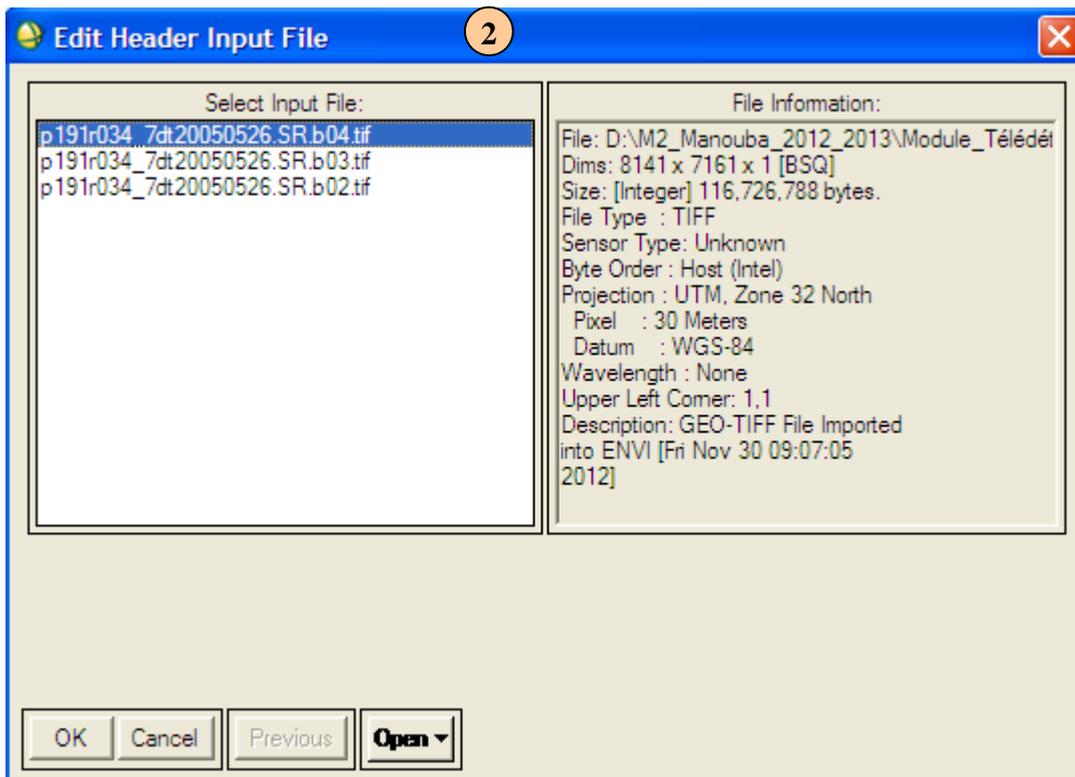


Renommer les trois bandes :

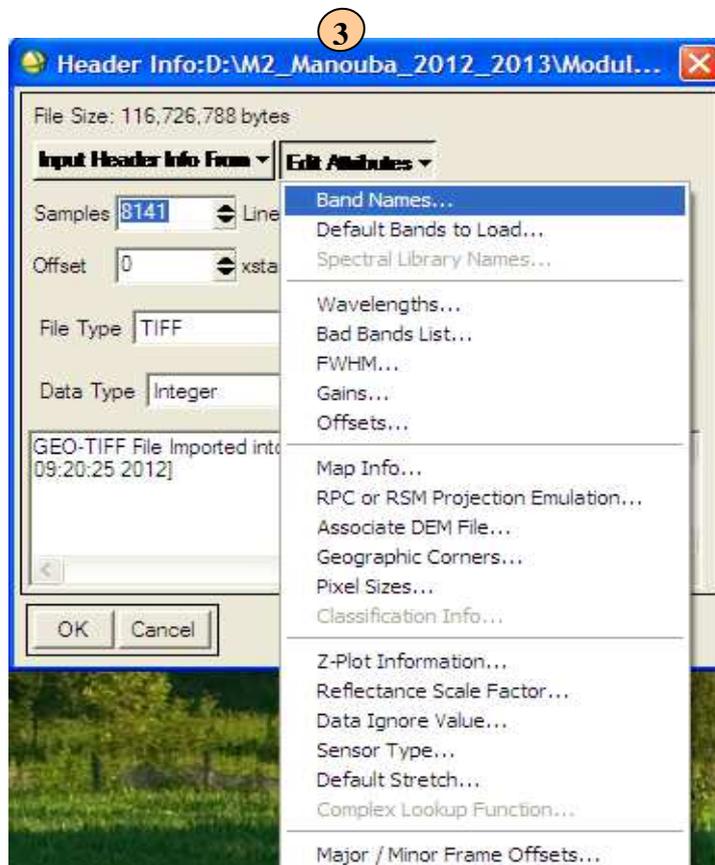
1. Dans le menu principal d'ENVI, cliquez sur « File », ensuite sur « Edit ENVI Header »



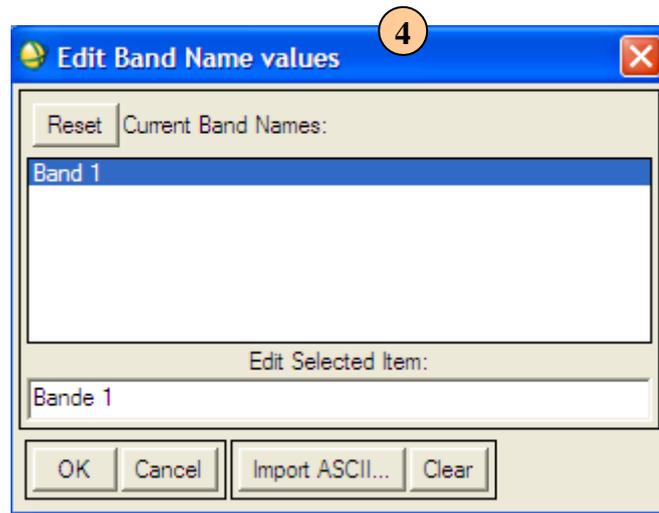
2. Sélectionnez la première bande (bande 4 dans notre cas) et cliquez sur OK.



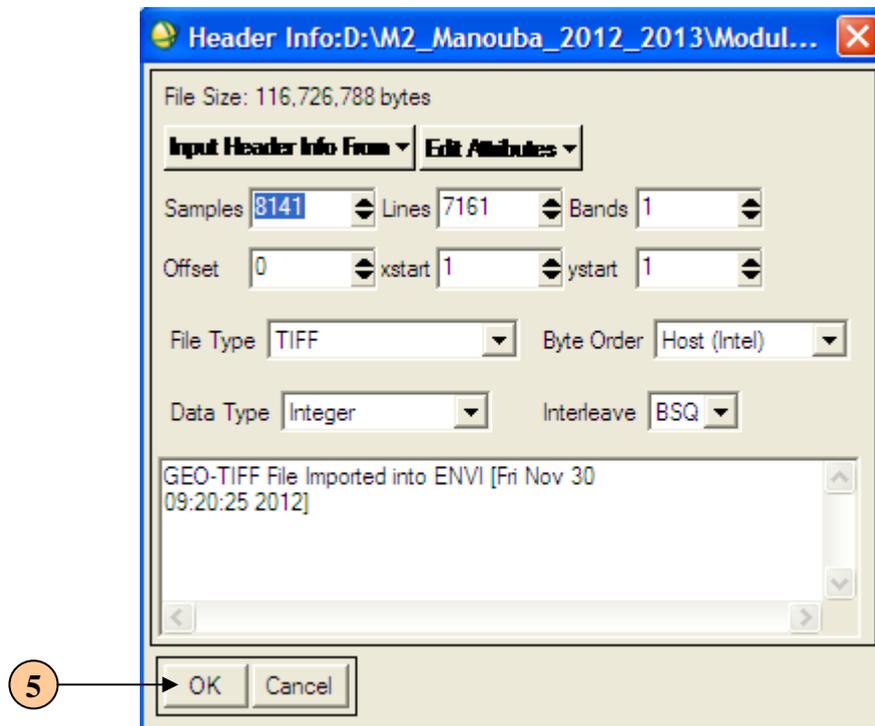
3. Dans la boîte de dialogue qui apparaît, cliquez sur le deuxième bouton tout au dessus (Edit), ensuite sur « Bande Name »



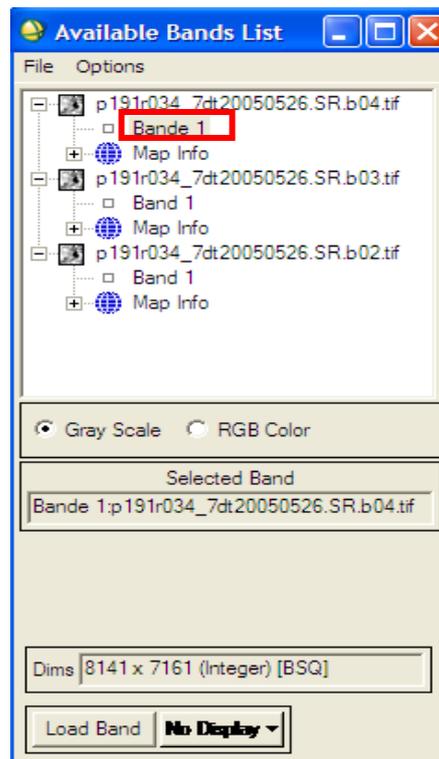
4. Dans la fenêtre qui s'ouvre, renommer la bande 4 en Bande 1. Cliquez sur Ok



5. Cliquez sur OK

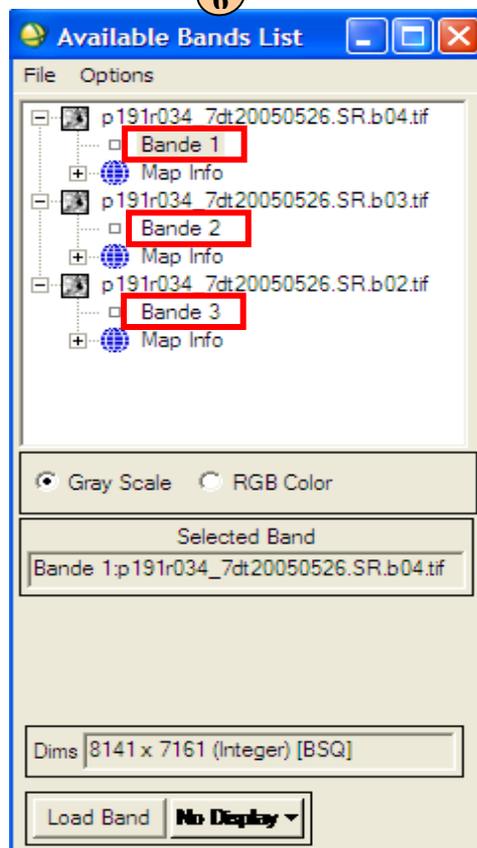


La bande 4 est donc renommée en Bande 1



6. Procédez de la même manière pour renommer les deux autres bandes comme indiqué précédemment.

6



a) Indice de végétation (NDVI) :

Il existe plusieurs indices de végétation. L'indice le plus connu et le plus utilisé est l'indice de végétation par différence normalisé ou indice de Tucker (NDVI en anglais). Son expression est la suivante :

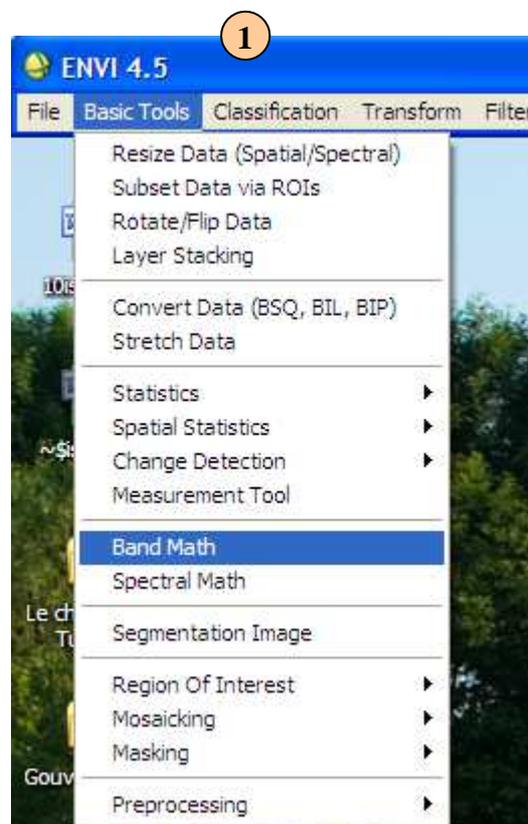
$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R}$$

La normalisation par la somme des deux bandes permet de réduire les effets d'éclairage. Le NDVI conserve une valeur constante quelque soit l'éclairage global, contrairement à la simple différence qui est très sensible aux variations d'éclairage.

Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondent aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages, pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs les plus élevées correspondent aux couverts les plus denses.

Calcul du NDVI avec ENVI :

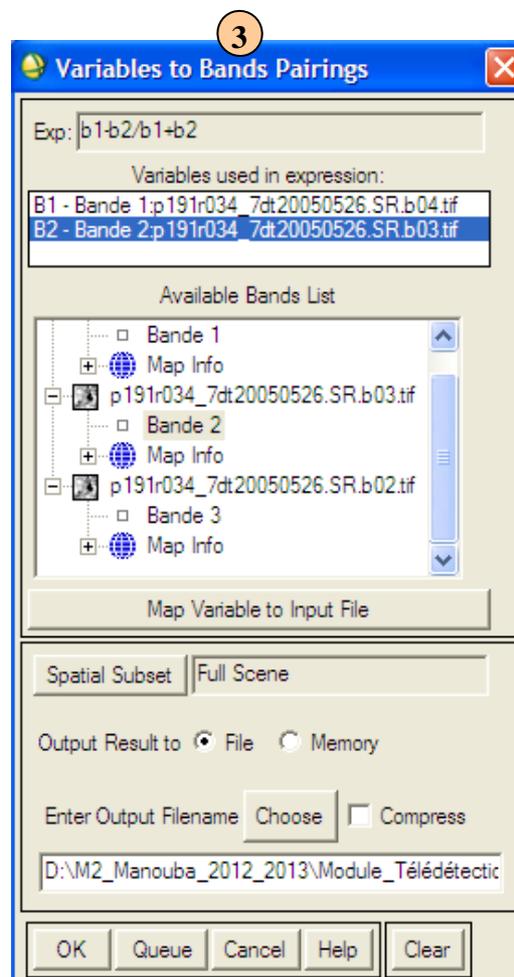
1. Dans le menu principal d'ENVI, cliquez sur « Basic Tools », ensuite sur « Band Math ».



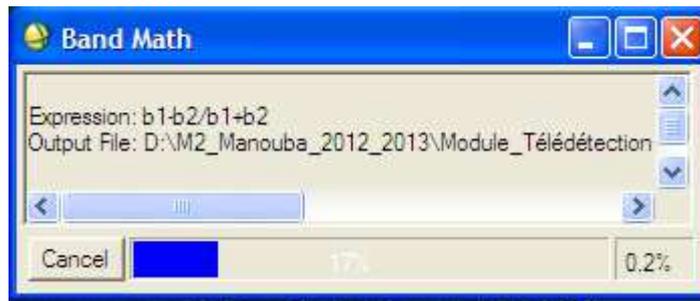
2. Entrer la formule de l'indice de végétation et cliquez sur OK



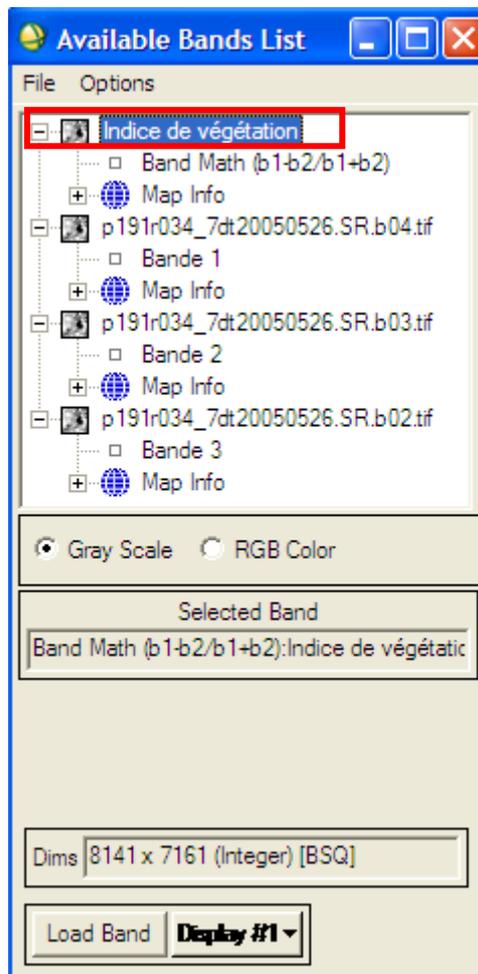
3. Dans la fenêtre qui apparaît indiquez au logiciel quelle est la bande 1 et la bande 2, ensuite cliquez sur « Choose » et choisissez le nom et l'emplacement du fichier de sortie, puis cliquez sur Ok pour valider.



.....→Le logiciel commence à calculer l'indice de végétation.

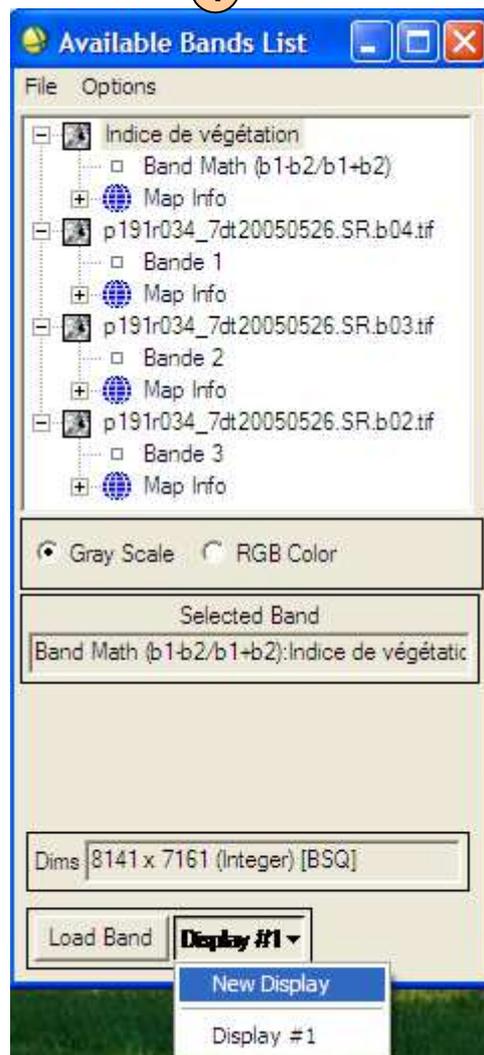


.....→ La bande de l'indice de végétation apparaît dans la liste des bandes.

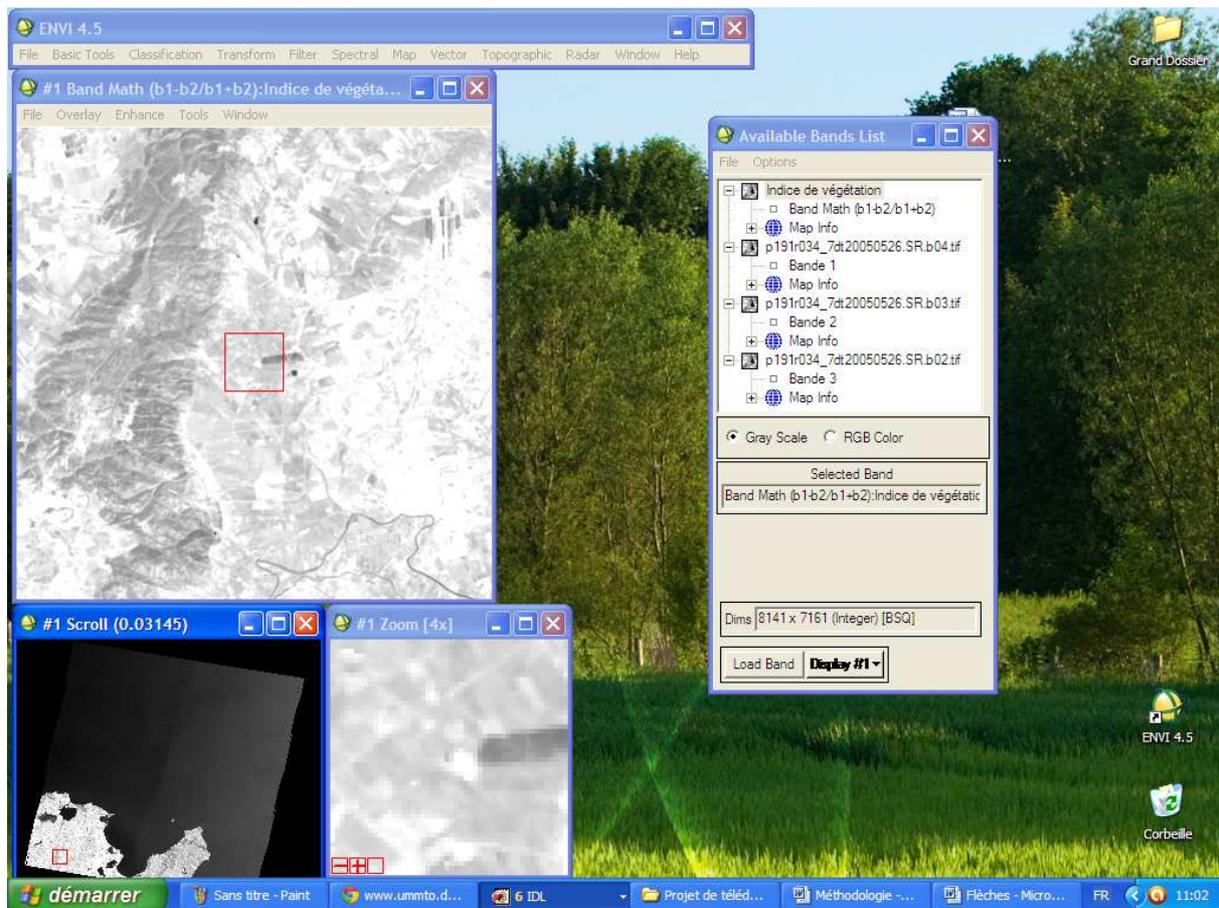


4. Cliquez sur « Display », ensuite sur « New display », puis sur « Load Band » pour afficher la bande.

4



.....→ La bande de l'indice de végétation est maintenant affichée à l'écran.

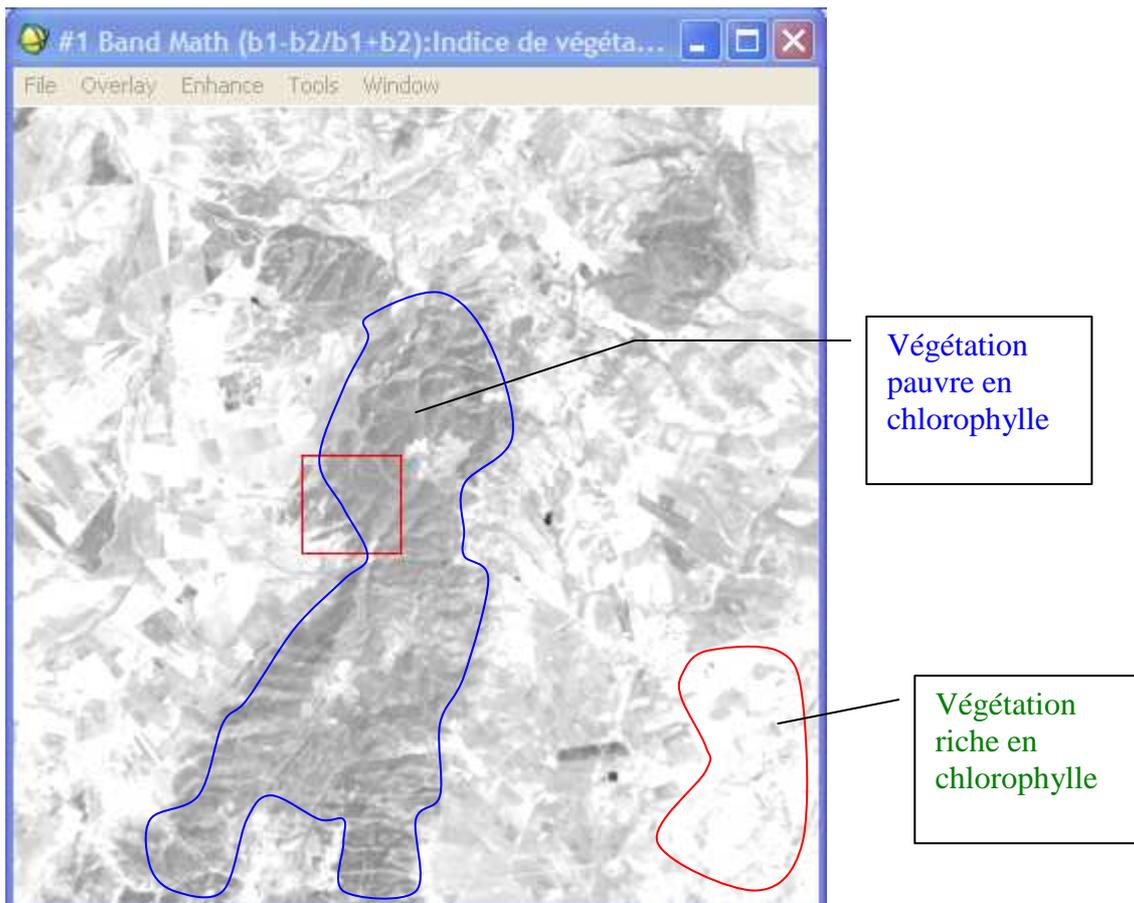


Interprétation de la bande de l'indice de végétation :

Nous voyons apparaître sur l'image deux types de végétation bien distincts :

1. Une végétation un peu noirâtre (couleur sombre) : c'est une végétation pauvre en chlorophylle ;
2. Une végétation blanche (couleur blanche) : c'est une végétation riche en chlorophylle.

(Voir l'imprimé écran suivant)



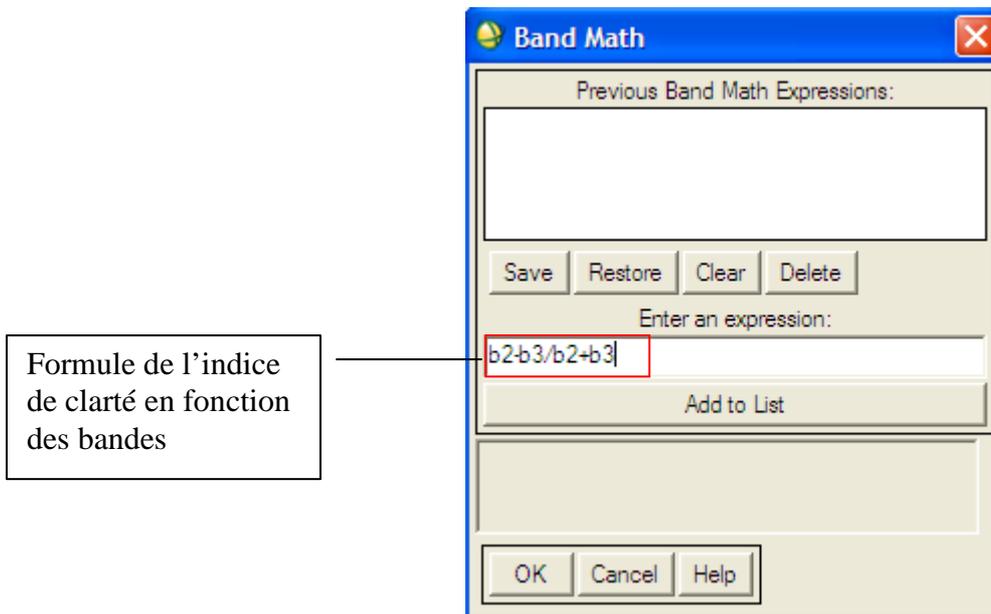
→ Plus les pixels sont blancs, plus la végétation est riche en chlorophylle et vice-versa.

b) Indice de clarté (IC) :

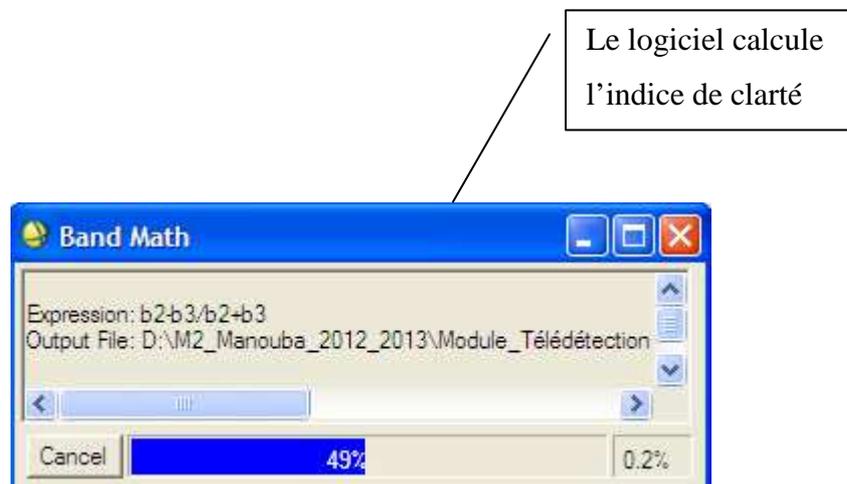
C'est un indice qui met en évidence la clarté des sols. Il est donné par la formule suivante :

$$IC = \frac{R - V}{R + V}$$

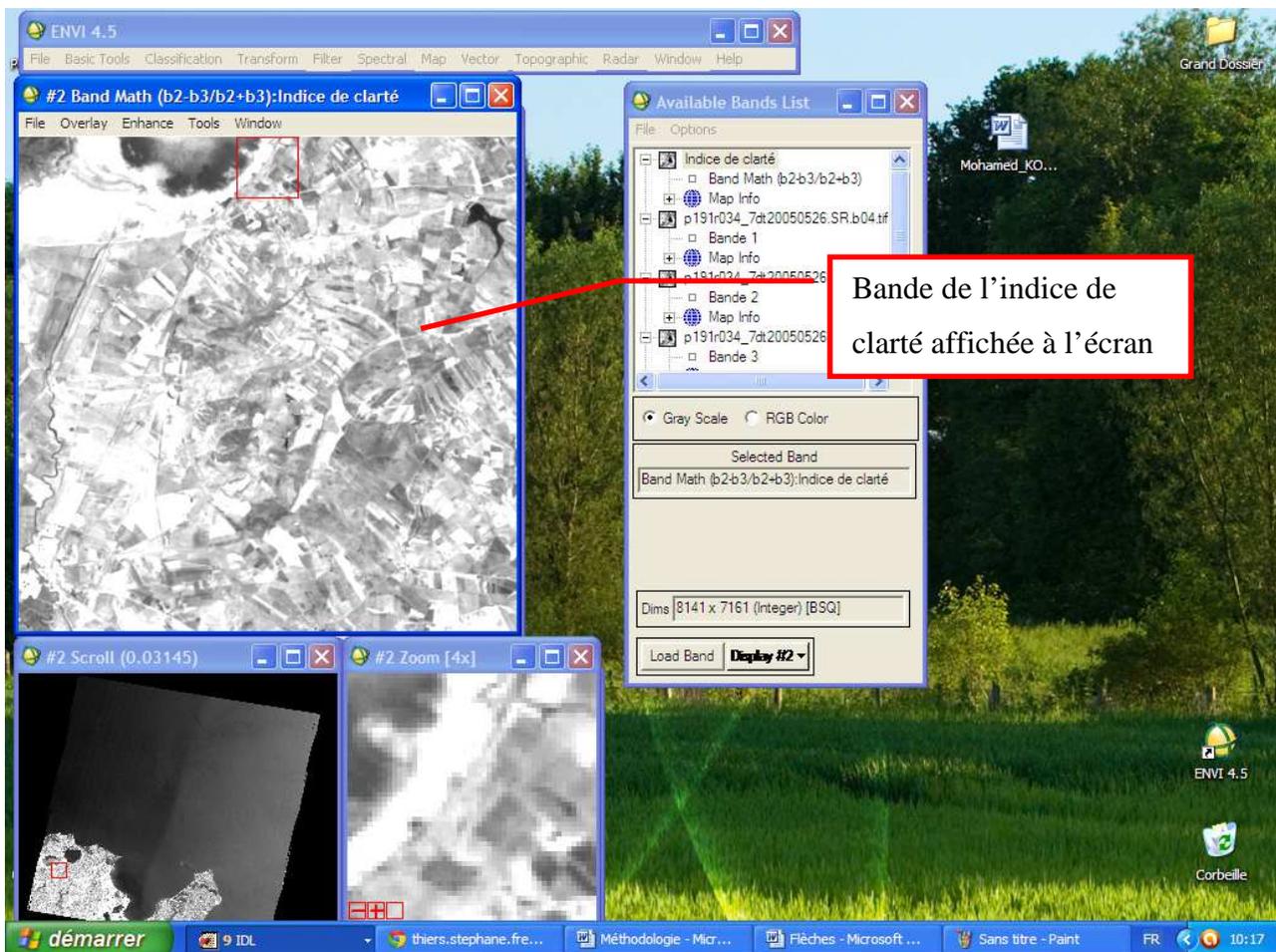
Pratiquement, sous ENVI, il faut suivre les mêmes étapes que pour l'indice de végétation sauf de remplacer la formule comme suit : $b2-b3/b2+b3$



Formule de l'indice de clarté en fonction des bandes



Le logiciel calcule l'indice de clarté

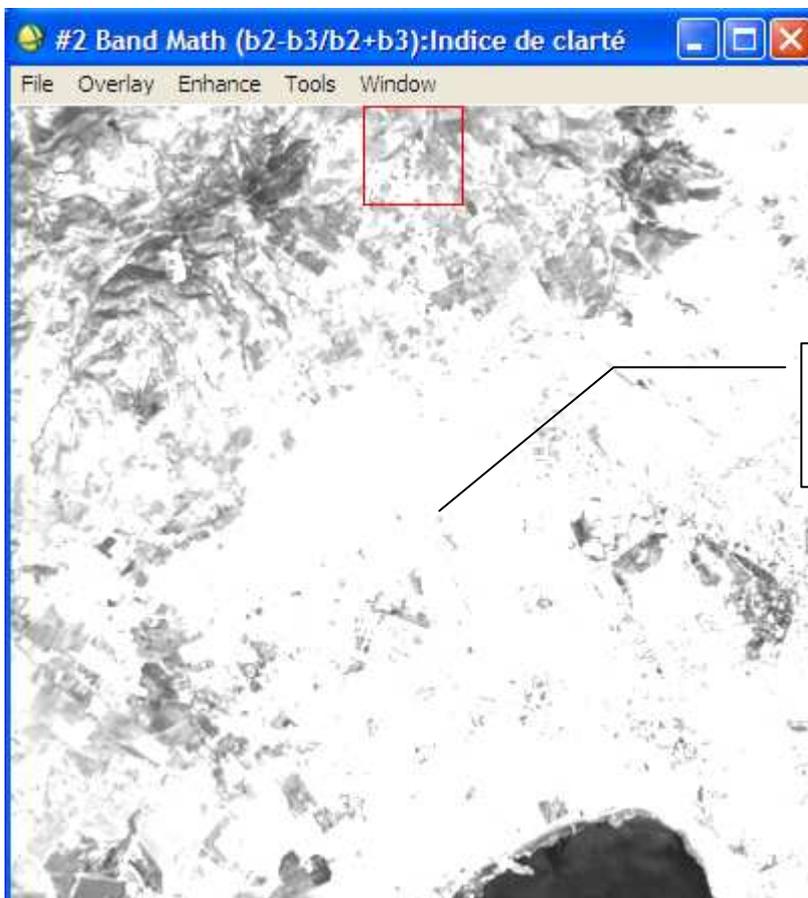
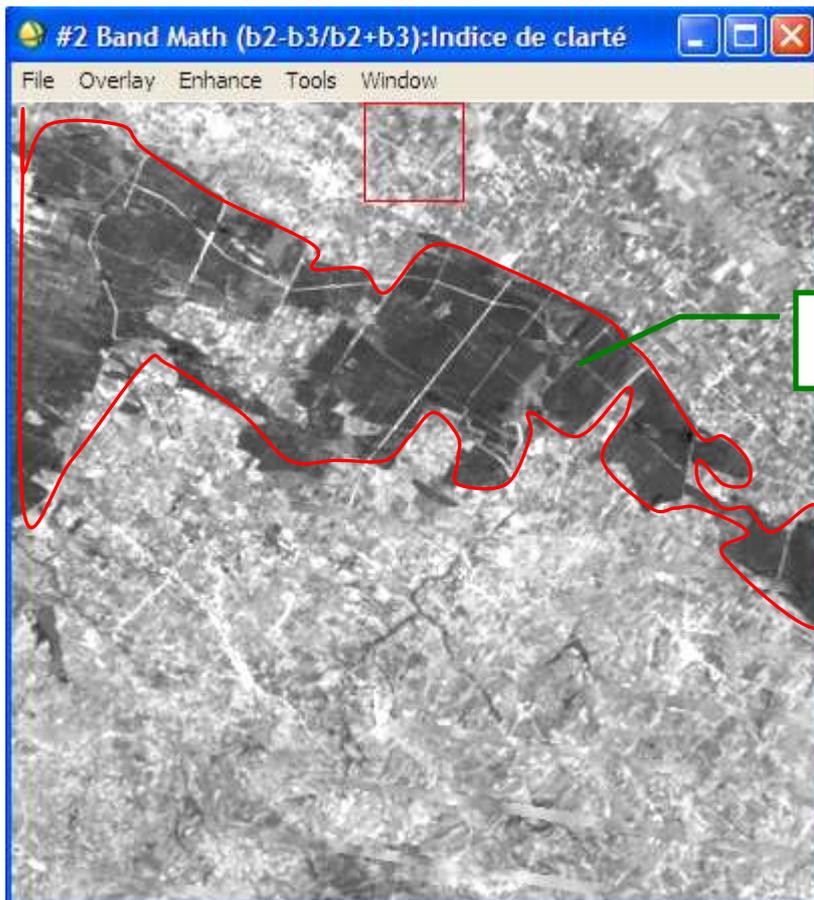


Interprétation de l'indice de clarté :

Plus un sol est noirâtre plus il absorbe de l'eau. C'est la principale caractéristique d'un sol argileux qui retient de l'eau.

Au contraire, plus un sol est moins noirâtre (du gris au blanc) plus il n'absorbe pas de l'eau. Il s'agit dans ce cas d'un sol sableux.

Pratiquement, dans notre cas, nous voyons apparaître sur l'image ces deux types de sol (voir les imprimés écrans suivants).



c) Indice de brillance (IB):

L'indice de brillance (IB) met en évidence les minéraux dans le sol. Il est donné par la formule suivante :

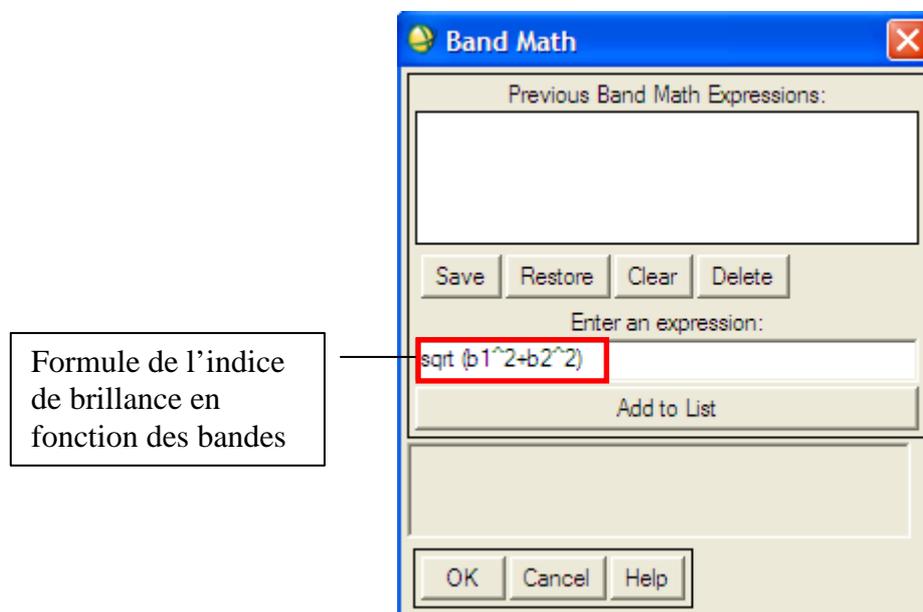
$$IB = \sqrt{PIR^2 + R^2}$$

Avec :

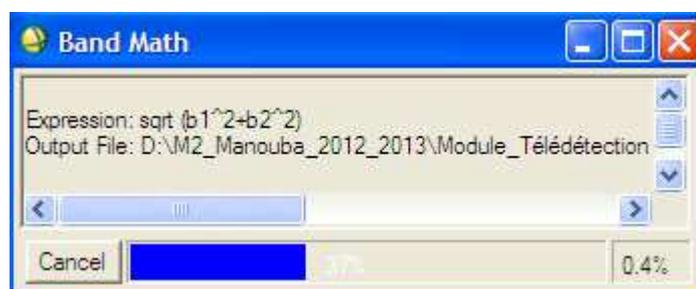
PIR : Proche Infrarouge

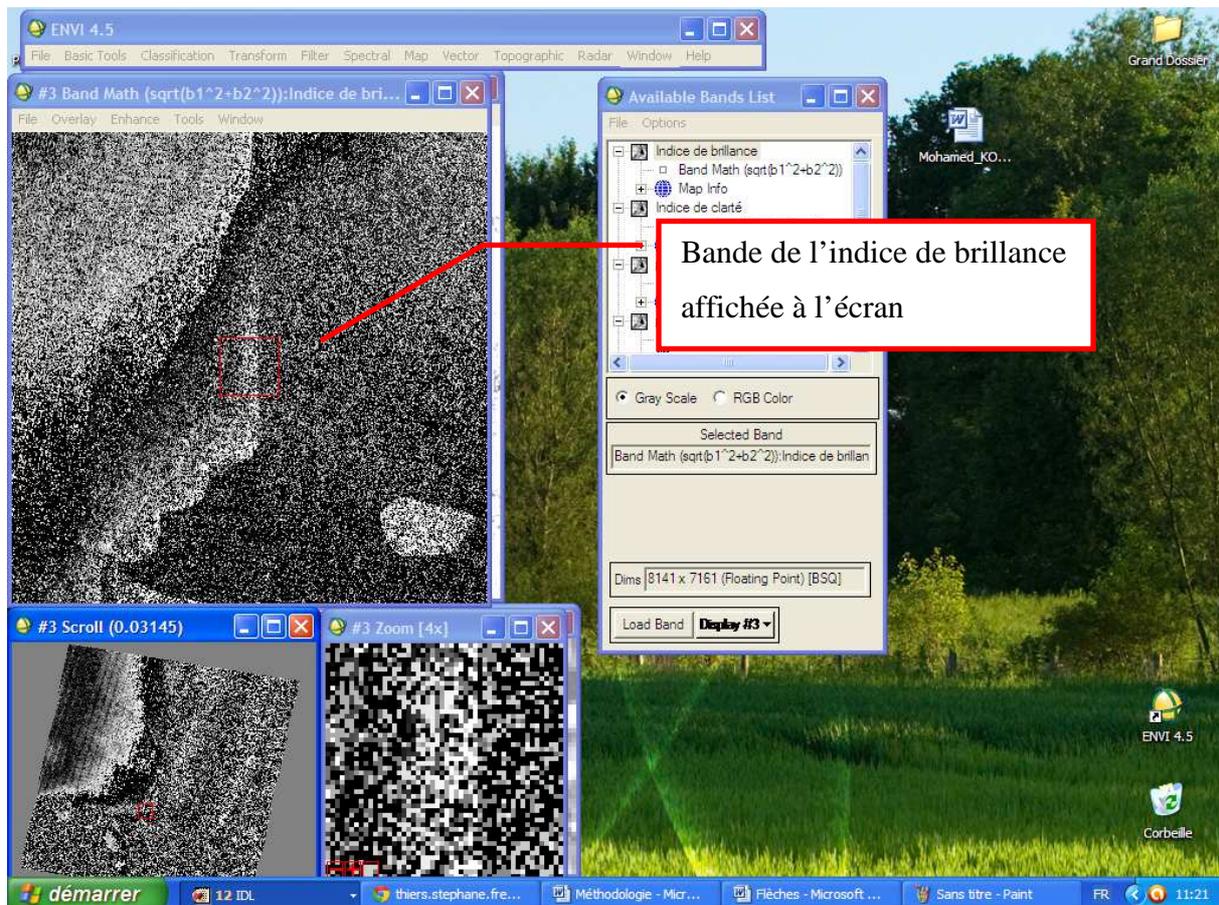
R : Rouge

Pour calculer l'indice de brillance avec ENVI, il suffit de suivre les mêmes étapes que l'indice de végétation en changeant la formule comme suit : $\text{sqrt}(b1^2+b2^2)$



... → Le logiciel commence à calculer l'indice de brillance.

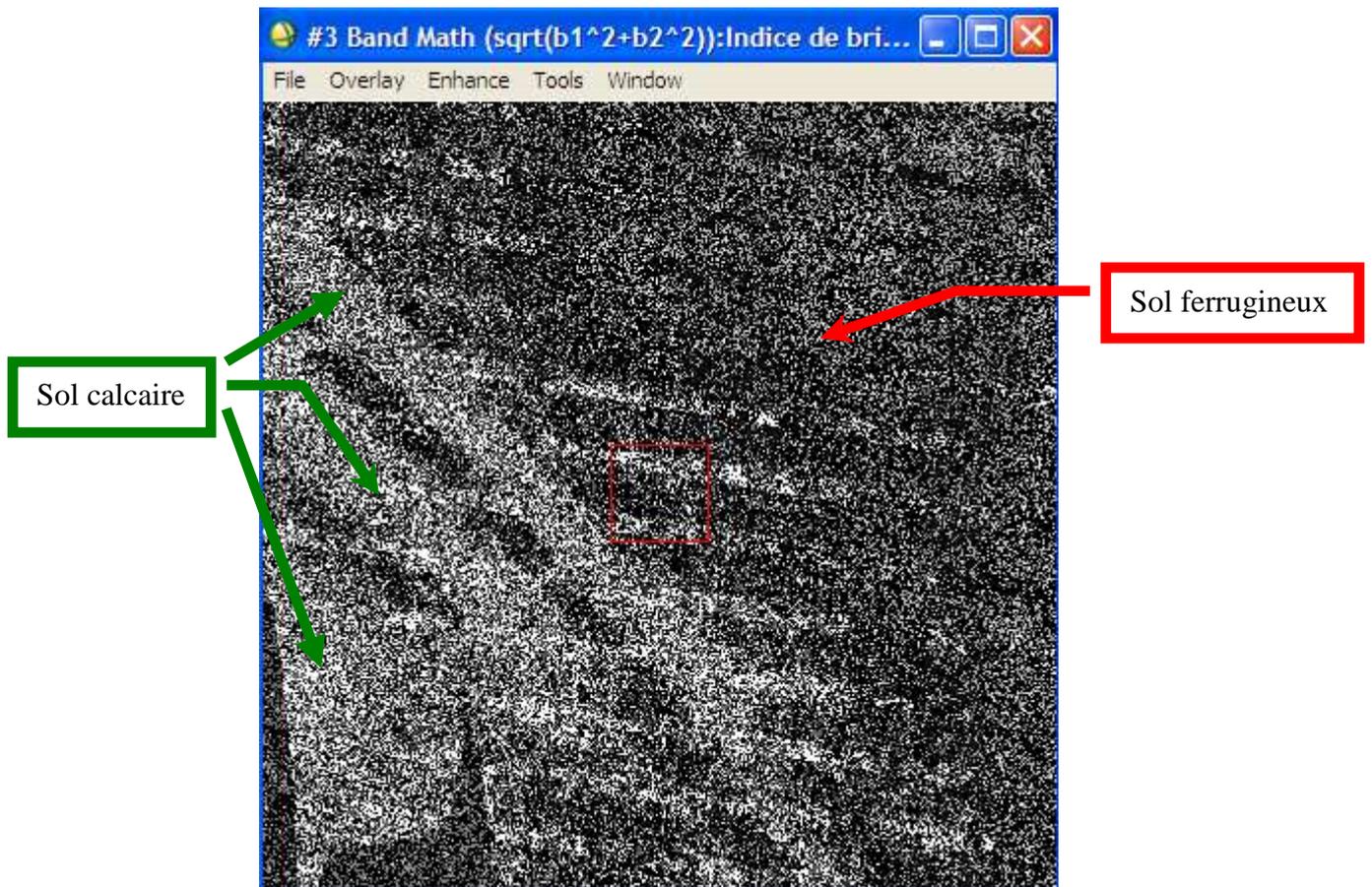




Interprétation de l'indice de brillance :

Selon cet indice, plus un sol est noirâtre plus il contient du fer (sol ferrugineux). Au contraire, plus il est blanc plus il contient du calcaire (sol calcaire).

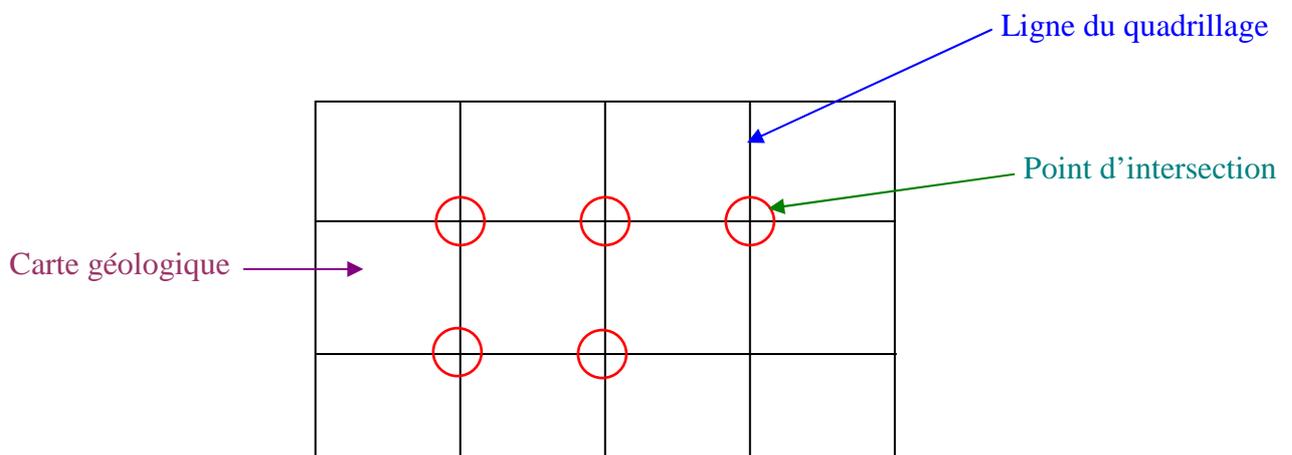
Pratiquement, sur l'image nous voyons apparaître ces deux types de sol.



VII.2. Géoréférencement :

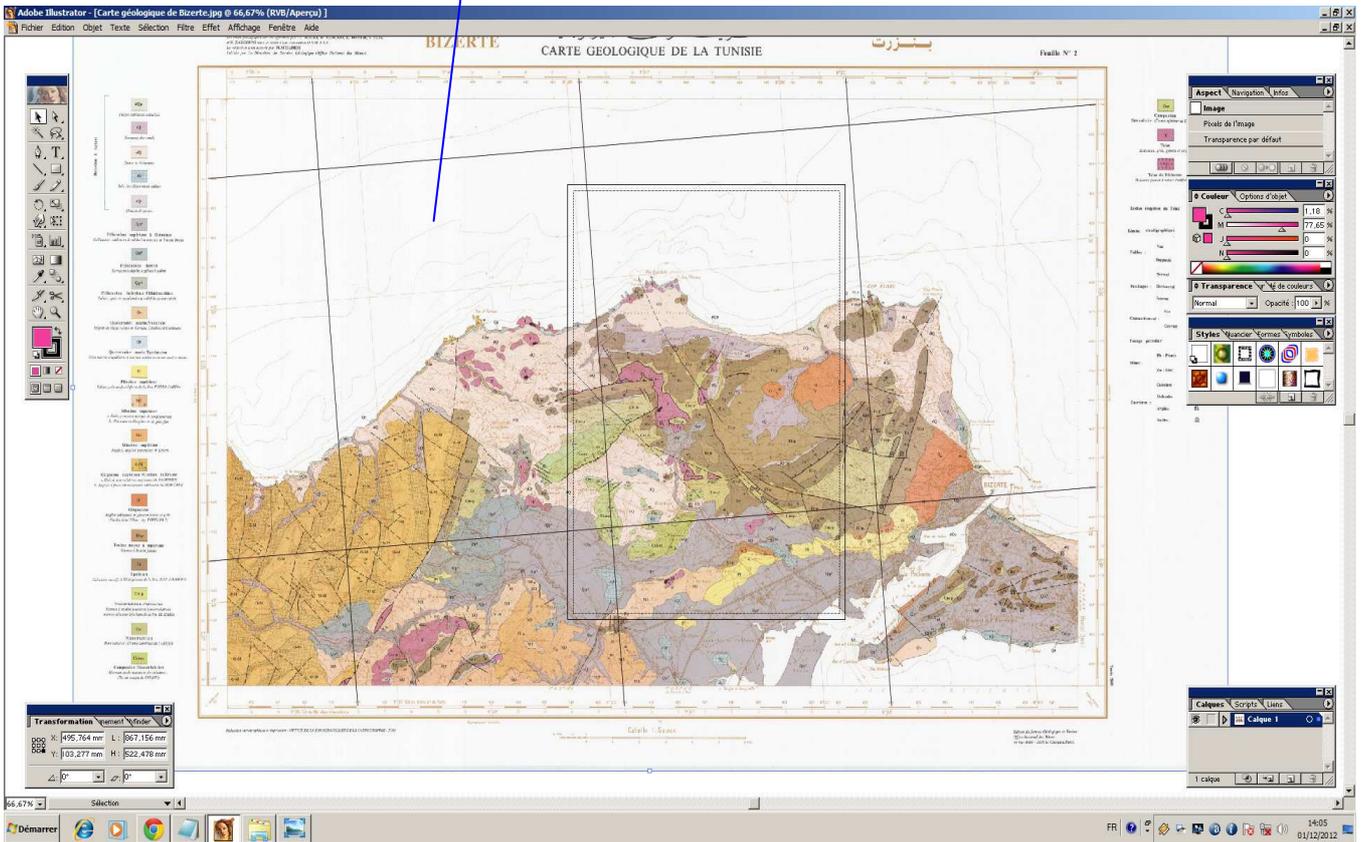
Nous allons géoréférencer une carte géologique qui est, dans notre cas, celle de Bizerte.

Pour ce faire, nous allons faire un quadrillage sur la carte de façon à obtenir 5 points d'intersection sur celle-ci comme expliqué dans le petit schéma suivant.



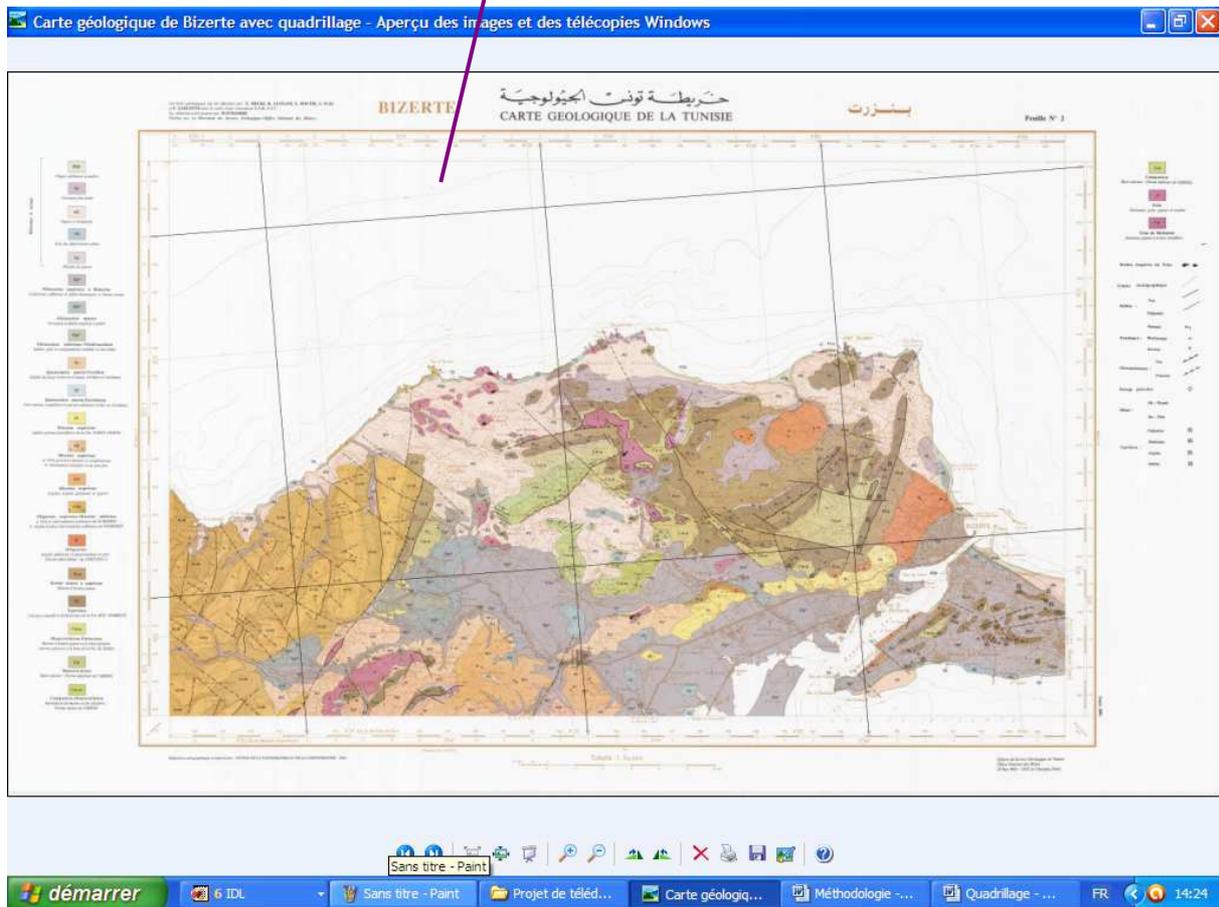
Pour avoir plus de précision, nous avons fais ce quadrillage à l'aide du logiciel Illustrator (version 10).

Quadrillage de la carte sous Illustrator

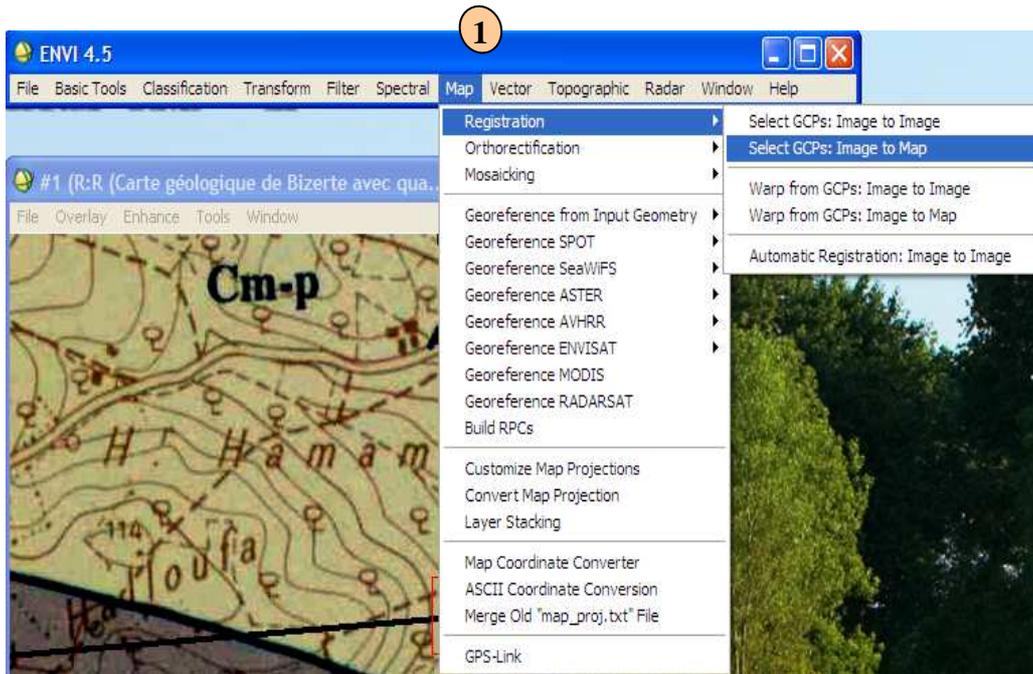


Après avoir effectué le quadrillage de la carte, nous l'avons exporté en fichier JPEG.

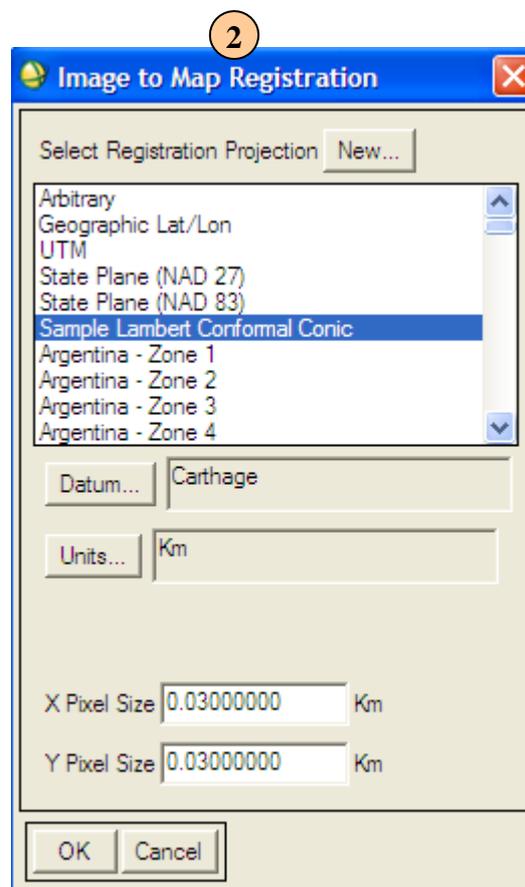
Carte géologique de Bizerte (en format JPEG) avec tracée du quadrillage.



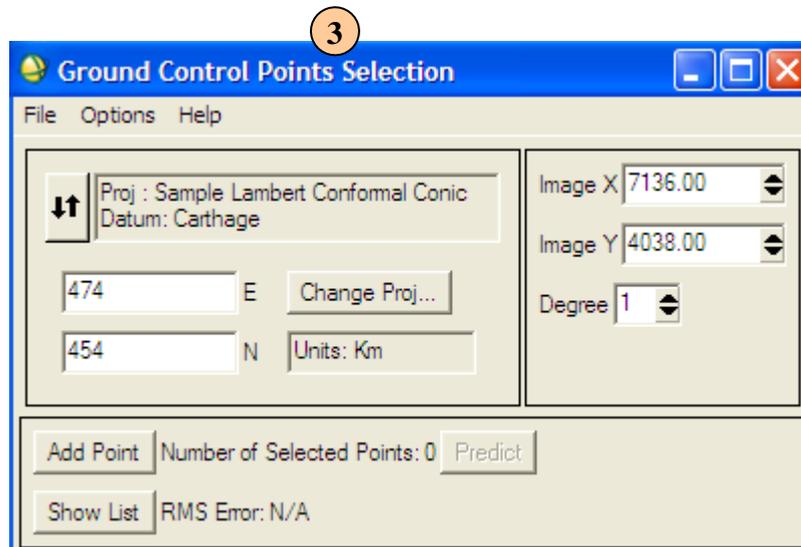
La carte en quadrillage (sous format JPEG) doit être importée sous ENVI pour en faire le géoréférencement. Pour cela, dans le menu principal d'ENVI, cliquez sur « File », « Open External File », « Generic Formats » et enfin sur « JPEG » (voir l'imprimé écran suivant).



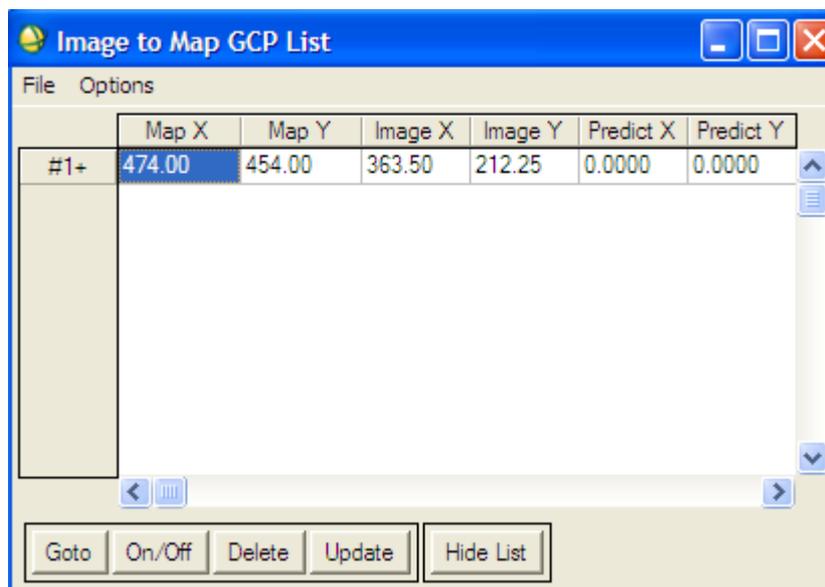
2. Dans la fenêtre qui s'ouvre cliquez sur « Sample Lambert Conformal Conic », choisissez comme Datum « Carthage » et comme unité le Km.



3. Remplir les deux cases en écrivant l'abscisse (en Km Est) du point dans la première case et son ordonnée (en Km Nord) dans la seconde case. Cliquez sur la carte exactement sur la première intersection. Cliquez sur « Add Point ».

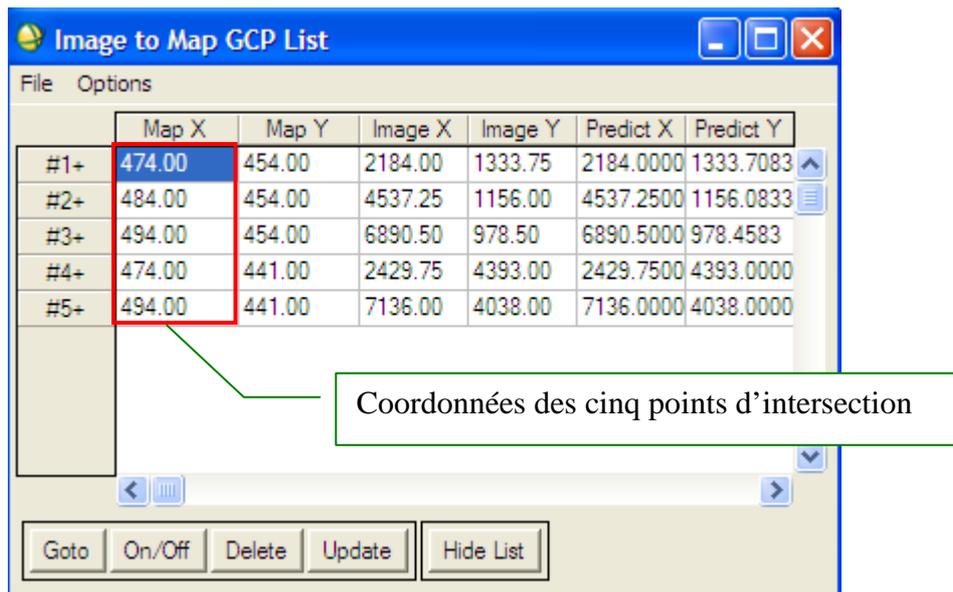


.....→ Le premier point d'intersection est ajouté à liste des points.

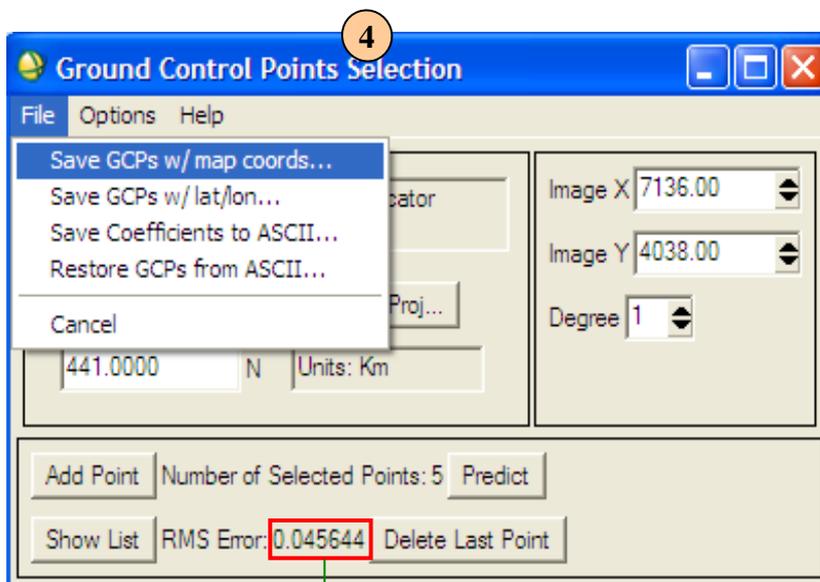


Ajouter les quatre autres points de la même manière en saisissant à chaque fois les coordonnées de chacun d'eux.

On obtient finalement, dans la liste des points, les 5 points d'intersection qu'on a choisis au départ.

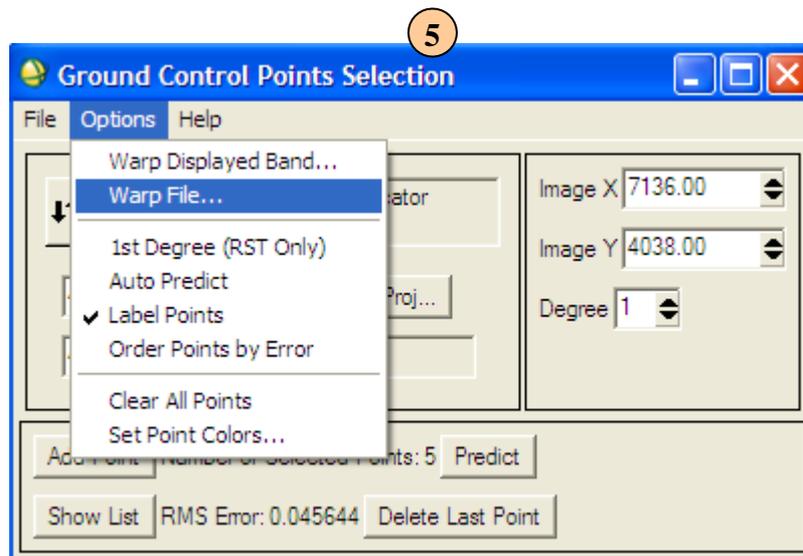


4. Enregistrer les points d'intersection avec leurs coordonnées.

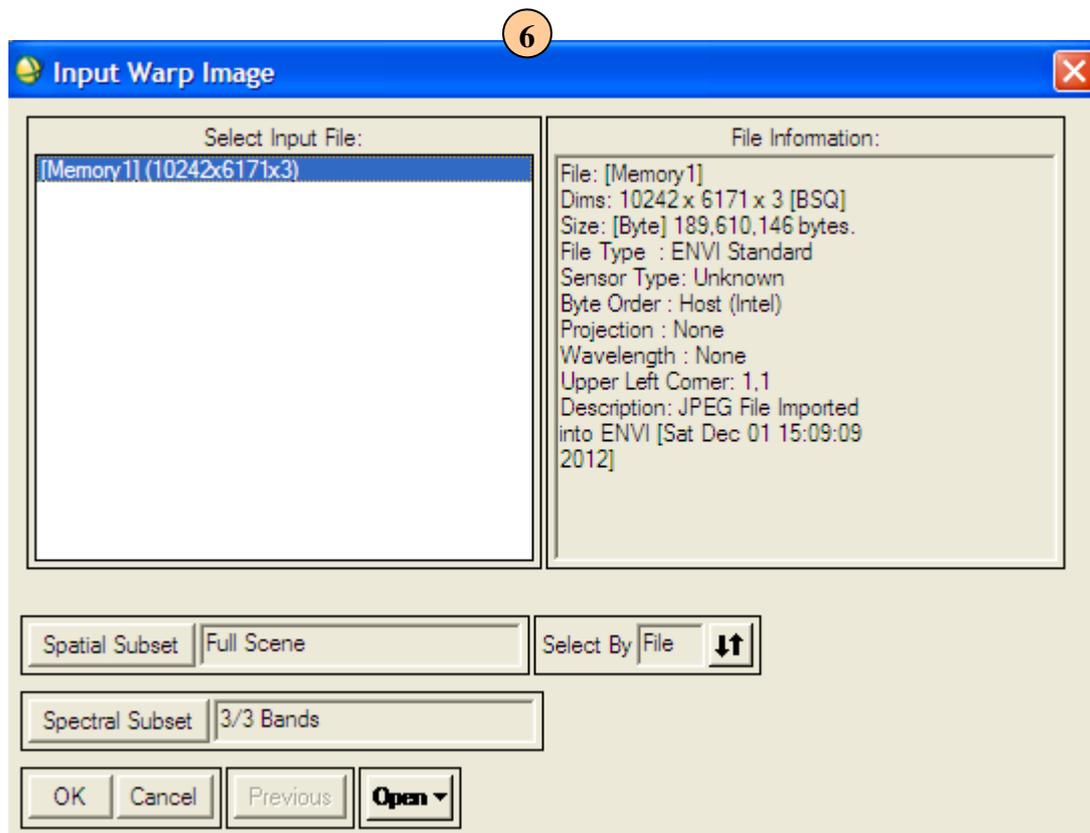


Nous pouvons voir que les points d'intersection ont été bien choisis avec une erreur très minime de 0,045644 <<<<1 → bon pointage !

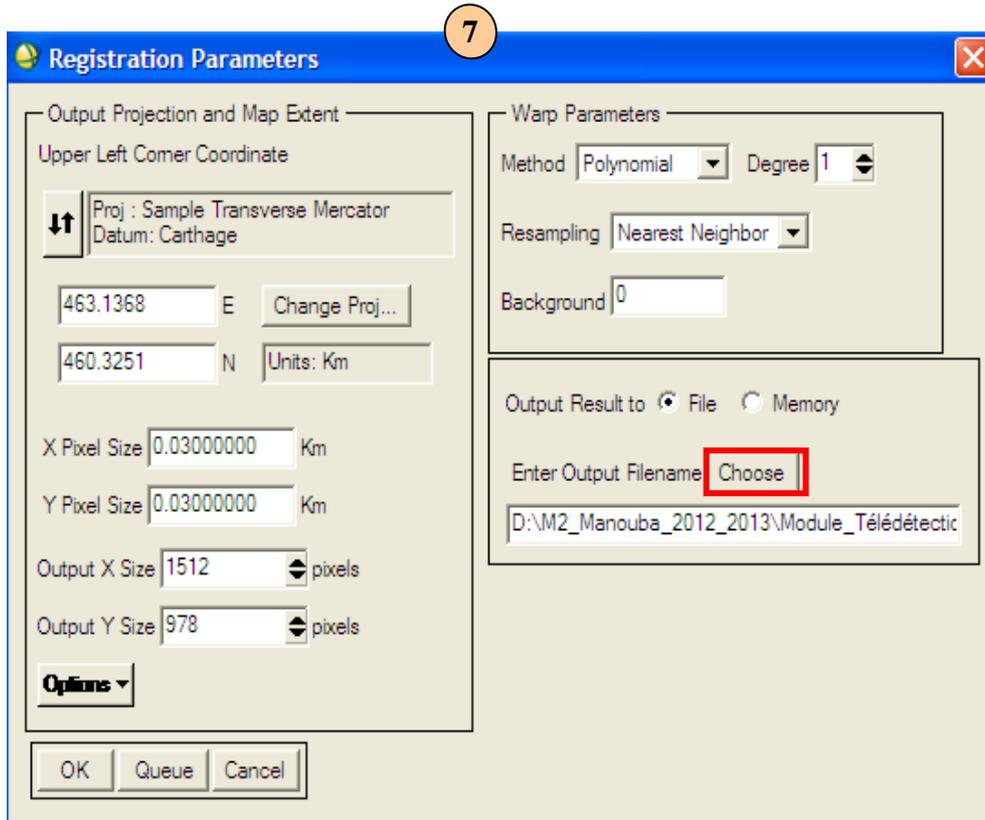
5. Cliquez sur options, ensuite sur « Warp File » ...



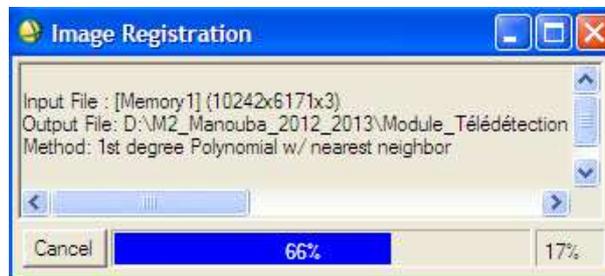
6. Sélectionnez le fichier en mémoire et cliquez sur Ok.



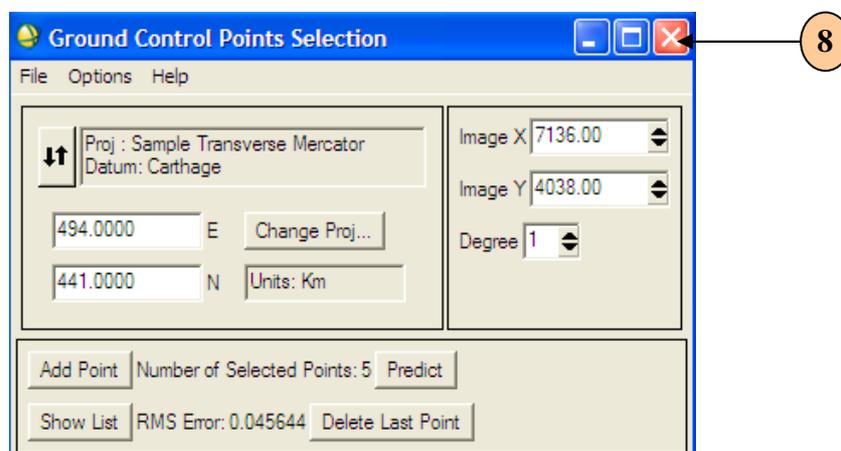
7. Cliquez sur « Choose » et choisissez un emplacement pour enregistrer la nouvelle carte géoréférencée.



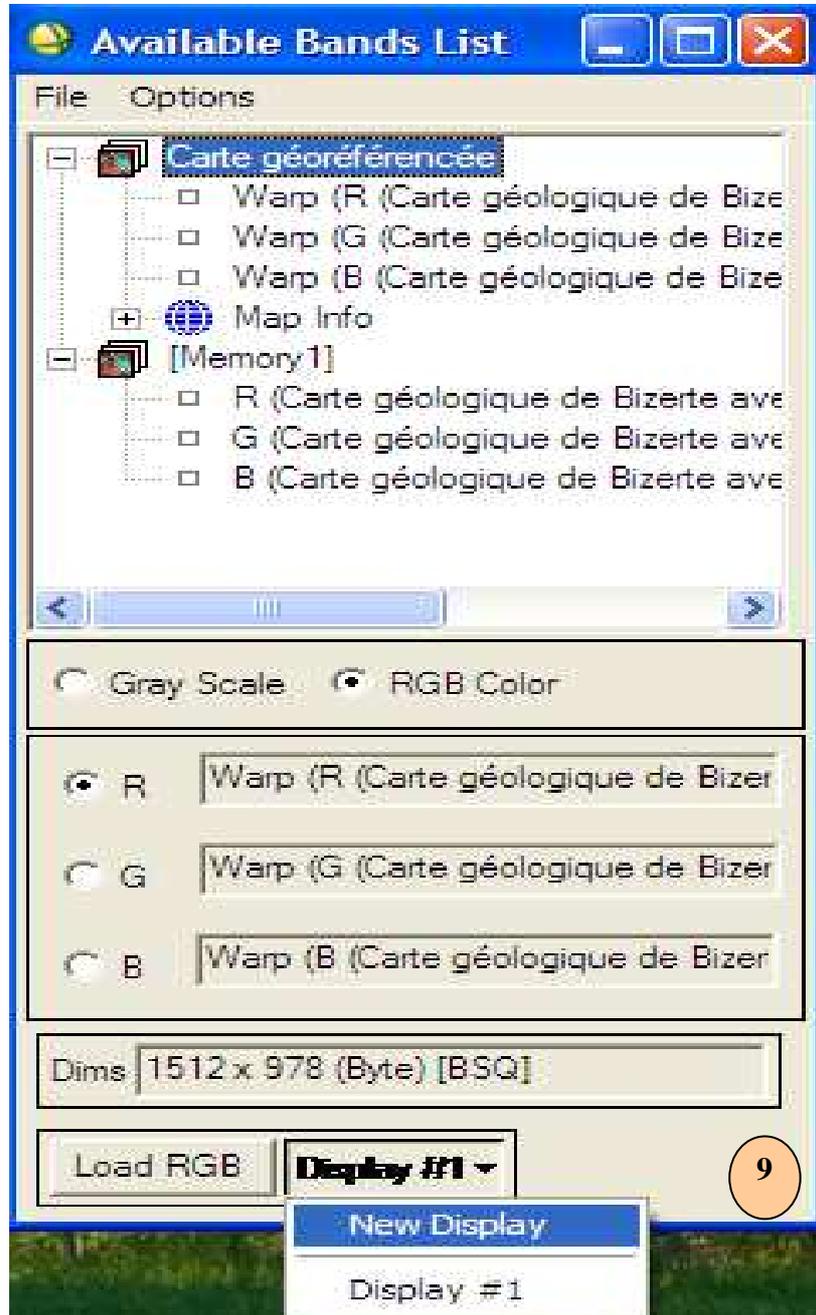
.....→ Le logiciel commence à enregistrée l'image.

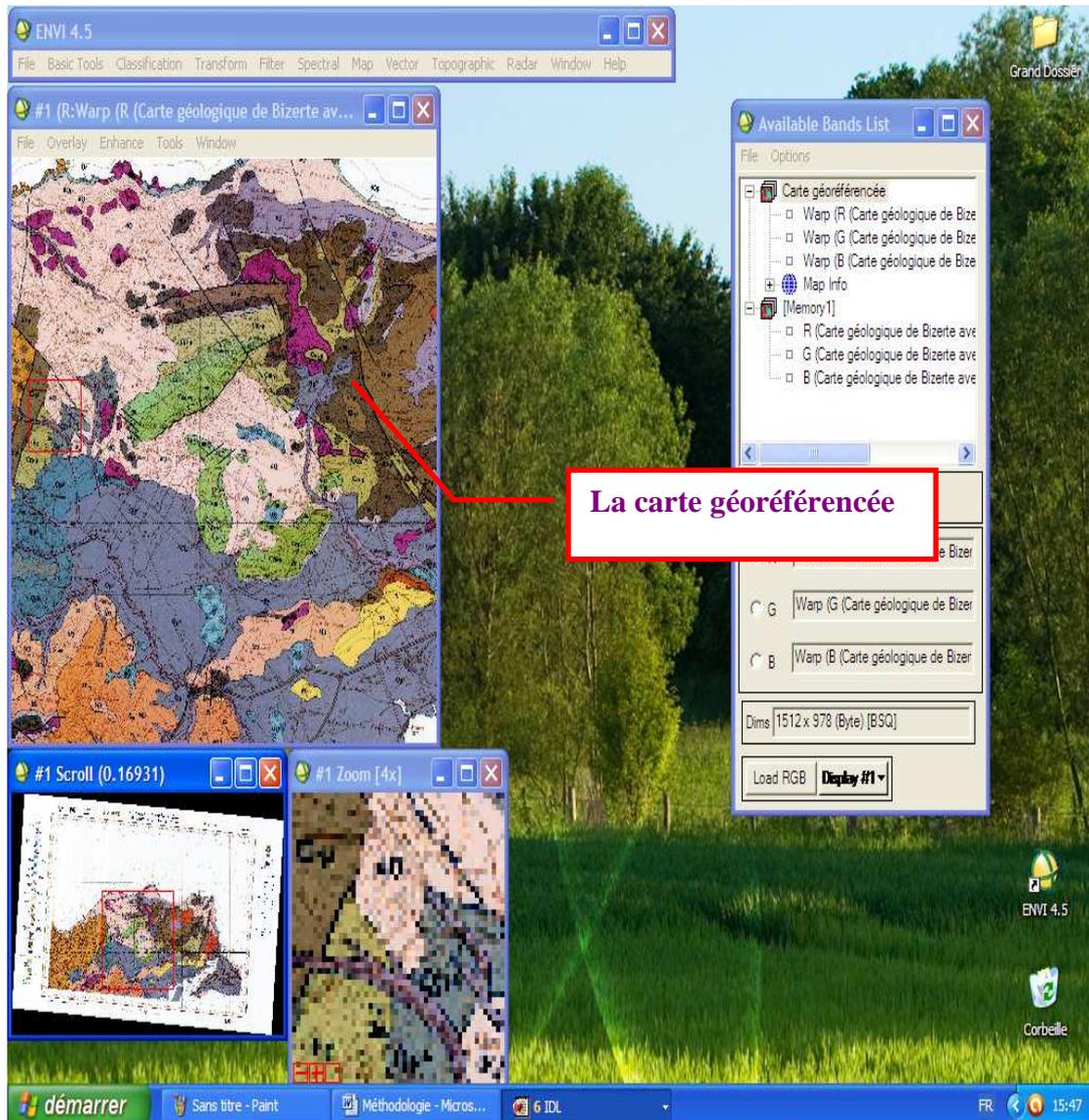


8. Fermer la boite de dialogue.



9. La nouvelle image géoréférencée s'est ajoutée à la liste des bandes. Cliquez sur « New display », ensuite sur « Load » pour l'afficher à l'écran.





~~~~~ ..... Fin de TP ..... ~~~~~