



Cartographie des périmètres irrigués de Mogtedo et de Karfiguela à l'aide de Google Earth

Lamine Dimzoure^{a,b}, Augustin Sare^b, Joost Wellens^{a,c}

^a Projet GEeau (BF-102) – Programme d'Appui au Développement de l'Irrigation ;

^b Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) ;

^c Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger (APEFE) &
Wallonie Bruxelles International (WBI).

Site : www.ge-eau.org

Résumé :

Des études diagnostics ont démontré l'absence d'une cartographie récente des périmètres irrigués rendant toute planification et gestion de l'eau aléatoire. La présente étude avait comme objectif de développer une technique à moindre coût pour la cartographie des périmètres irrigués à partir de l'imagerie issue de Google Earth. Des captures d'écran, géoréférencées et mosaiquées à l'aide d'ArcGIS, ont permis la création d'une seule image détaillée et géoréférencée par périmètre irrigué. A travers ces images détaillées, il a été possible de rapidement et clairement mettre en place un SIG et une base de données décrivant les canaux, ouvrages et parcelles des périmètres.

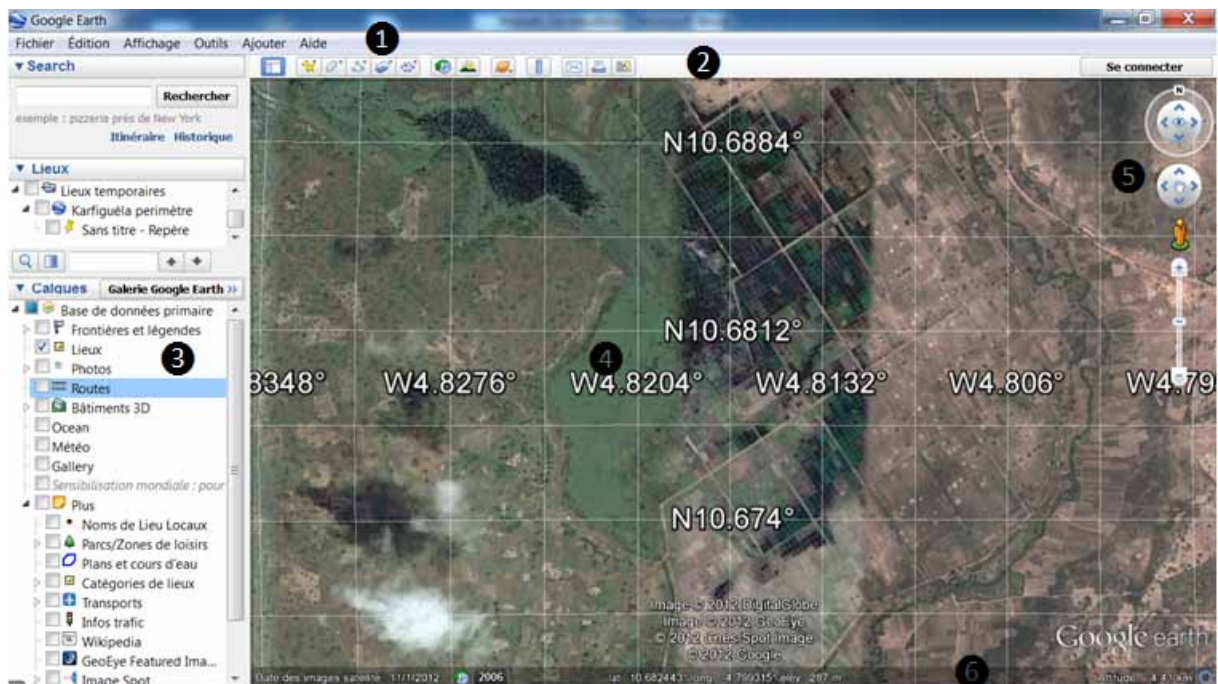
1. Introduction

Dans le cadre de la lutte contre l'insécurité alimentaire au Burkina Faso, plusieurs périmètres rizicoles irrigués ont été mis en place dans les années 70 parmi lesquels on peut citer les périmètres irrigués de Mogtedo et de Karfiguela. Plusieurs décennies plus tard, des études diagnostics pour la planification des actions de ces périmètres ont été effectuées. Elles ont révélé un manque de données pouvant servir d'outils d'aide à la décision et à l'évaluation de la productivité du système. Ce sont entre autres : les volumes d'eau entrants, les surfaces cultivées, les calendriers d'irrigation, les ouvrages, ... L'étude actuelle visait à répondre à un nombre de ces besoins : la cartographie dans un SIG des périmètres de Mogtedo et de Karfiguela. La procédure de cartographie développée peut être appliquée à tout autre périmètre irrigué.

2. Présentation de Google Earth

Google Earth est un logiciel qui permet de voyager dans le monde via un globe virtuel et d'afficher des images satellites, des plans, des reliefs et des bâtiments 3D. C'est un logiciel qui contient des images de grande résolution de l'ordre de 30m à 60cm (SPOT, Quickbird, Ikonos, ...). Ces images sont issues d'entreprises de commercialisation d'images et sont archivées sur le serveur de Google Earth qui est accessible par connexion à l'internet. Elles sont mises à jour

au fur et à mesure. Le logiciel Google Earth existe sous plusieurs versions, une version gratuite et une version payante Google Earth Pro. Dans les deux cas, l'utilisation gratuite des images présentées par le logiciel n'est autorisée que par des captures d'écran ou une utilisation en ligne.



L'interface du logiciel Google Earth est composée d'une barre de Menu ①, d'une barre d'Outils ②, d'une barre Latérale ③, d'une zone d'Affichage graphique ④, d'une barre de Navigation ⑤ et d'une barre d'Etat ⑥.

2.1 La barre d'Outils de Google Earth



Elle permet l'accès à un certain nombre d'outils de base du logiciel tels que : passer en mode plein écran, mettre en place un repère, tracer un polygone, mesurer une distance, ...

2.2 La barre Latérale de Google Earth

Elle se trouve sur le côté gauche du logiciel et possède plusieurs onglets. L'onglet *Recherche* permet de rechercher un endroit en insérant le nom d'un lieu (pour repérer une petite ville ou un village comme Mogteto il faudrait être à une échelle plus rapprochée de la région concernée) ou les coordonnées GPS d'un lieu si on en dispose. Les coordonnées sont insérées comme par exemple : [12° 18'00"N 00d 50'00"O]. On peut utiliser *d* ou *pour* degré.

L'onglet *Lieu* permet de créer des favoris et de les organiser en répertoire, il met en mémoire le lieu tel que défini sur l'écran. On peut donc nommer et ranger ce lieu dans un répertoire souhaité.

L'onglet *Données géographique* ou *Calques* permet de choisir les couches d'informations que nous souhaitons afficher. Pour des captures d'écran il est préférable de cocher uniquement les informations nécessaires pour ne pas surcharger l'image.

2.3 L'outil de navigation

L'outil se trouve sur le côté droit. Il permet de naviguer, de faire un zoom ou de faire pivoter l'image. Lors des captures d'écran si sa présence gêne, il peut être désactivé à partir du menu *Affichage*.

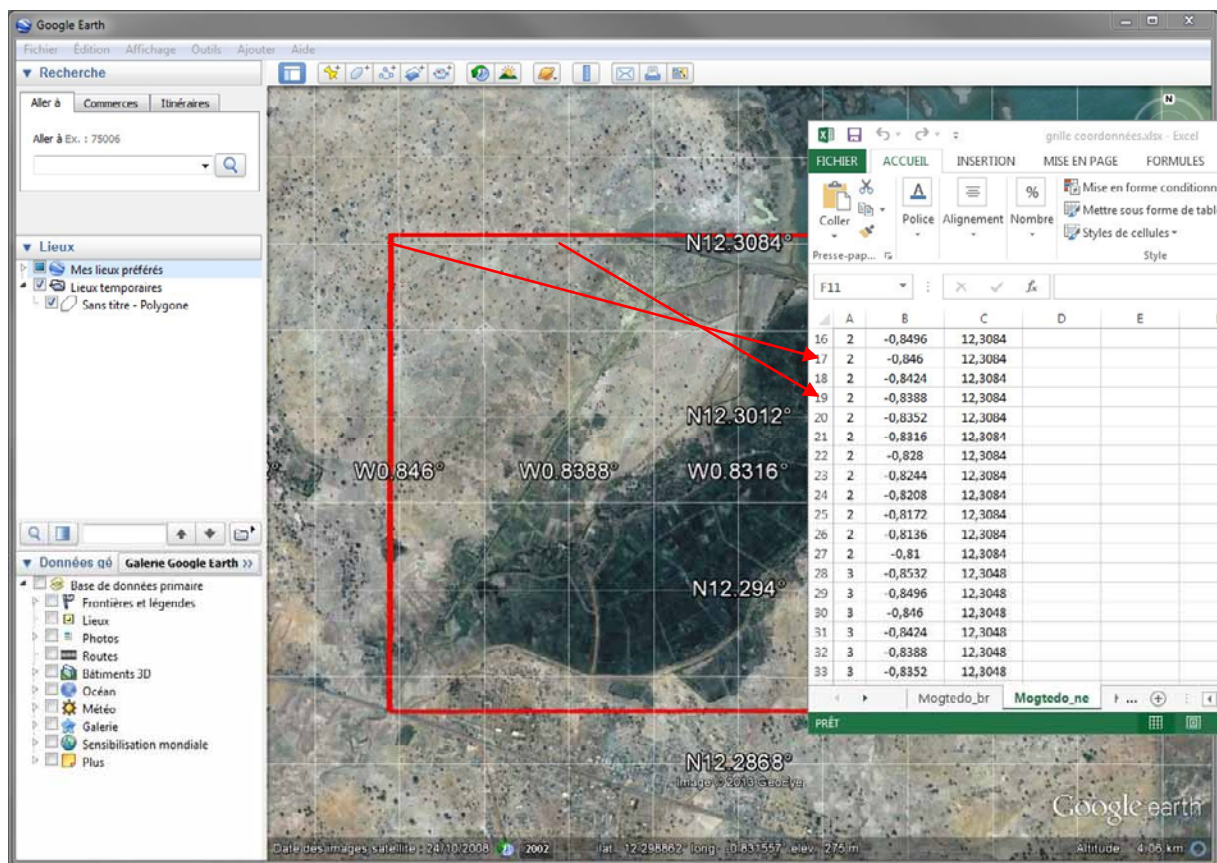
2.4 La barre d'état de Google Earth



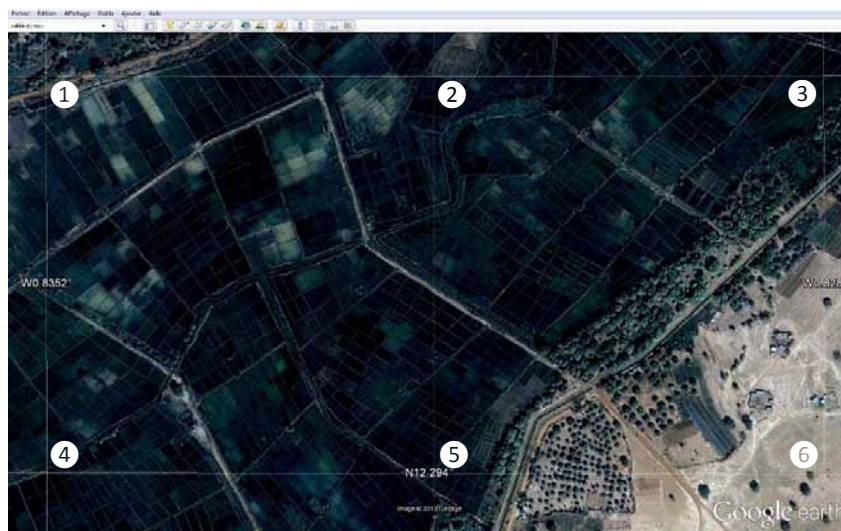
Elle se trouve en bas du logiciel et permet l'affichage de la date de prise (15/2/2002) et le fournisseur de l'image satellite (GeoEye), la latitude, la longitude et la cote d'élévation du terrain à l'emplacement du curseur. A l'extrême droite de la barre nous avons l'altitude à laquelle la zone est survolée. Cette barre peut être désactivée dans le menu *Affichage*, mais elle joue un rôle important au moment de l'enregistrement des images par capture. En effet à partir de cette barre on fixe l'altitude optimale choisie avant de procéder aux enregistrements.

3. Extraction et enregistrement d'images Google Earth

- Lancer Google Earth.
- Localiser la zone d'étude par l'outil recherché et activer la grille dans le menu *Affichage*.
- Pour faciliter le recensement des coordonnées géographique du lieu on peut délimiter la zone avec l'outil polygone.
Une fois délimitée on procède au recensement des coordonnées de chaque intersection de ligne verticale et horizontale contenu dans cette zone d'étude.
- On enregistrer ces coordonnées dans un fichier Excel. Pour aller plus rapidement on peut procéder à un enregistrement par ligne ou par colonne.



- On peut maintenant procéder à l'extraction des sous images Google Earth. On considère que le périmètre est divisé en sous-images par les lignes de la grille. On survole le périmètre dans Google Earth à 1 km d'altitude (voir aussi chapitre 4). Chaque sous image a donc une forme rectangulaire et possède 4 à 6 points de référence.



Chaque sous image est ainsi enregistrée sous un format JPEG à partir du menu *Fichier* → *Enregistrer* → *Enregistrer l'image*. A l'enregistrement chaque sous image sera nommée de façon à ce qu'on puisse reconnaître sa position exacte dans une maille de point identique à celle de la grille.

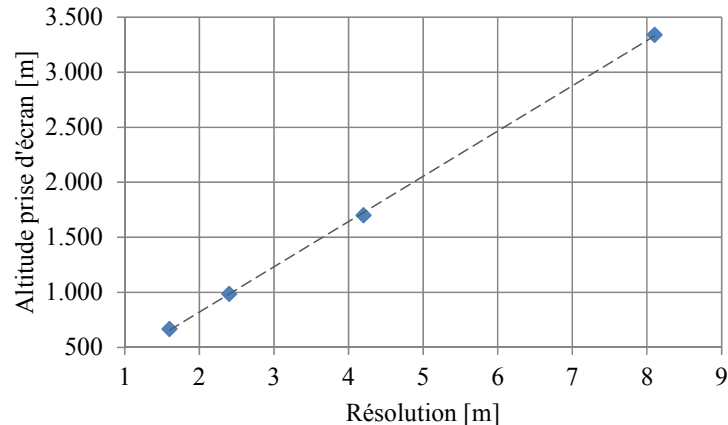
Exemples : 01-01.jpeg indique que l'image se trouve sur la première ligne de la première colonne. Et une ligne représente l'intervalle qu'il y a entre deux lignes horizontales de la grille, de même une colonne représente l'intervalle entre deux lignes verticales.

Toutes les sous images seront enregistrées dans un même répertoire avant d'être géoréférencées sur ArcGIS. On a comme solutions de créer des points repères dont les coordonnées sont connues ou d'utiliser les points d'intersection de la grille de coordonnées qu'offre Google Earth. Pour une question de précision et de rapidité on a opté pour la grille de coordonnées. Il faut considérer au moins trois points d'intersections non alignés.

4. Optimisation des extraits d'images Google Earth

Google Earth offre des images satellitaires de très haute résolution ; ces images sont commercialisées et ne sont pas à la portée de tous. Ayant besoin de ces types d'images une méthode est adoptée pour les obtenir à moindre coût à travers les captures d'écran. Mais à quelle hauteur de vol doit-on prendre les captures d'écran pour que la résolution, après géoréférencement dans ArcGIS (voir chapitre 5), soit optimale ?

Pour avoir une idée de l'altitude optimale de visualisation de l'image sous Google Earth, plusieurs images sont enregistrées sous différentes altitudes (3340 m, 2050 m, 1700 m, 1050 m, 985 m, 700 m, 660 m,...) Ces images sont par la suite géoréférencées dans ArcGIS. Enfin, la taille du pixel de chaque image géoréférencée a été mesurée dans ArcGIS. Le résultat est une fonction linéaire entre l'altitude de prise d'écran et la résolution spatiale.



Pour la zone de Mogteto, on a vu que l'image a été fournie par GeoEye. Sur le site de GeoEye, on peut télécharger l'application GeoFUSE et l'ouvrir dans Google Earth. Après activation, il ressort que l'image couvrant de Mogteto est une image IKONOS-2 prise le 15/02/2012. Des images IKONOS-2 ont une résolution de 3,2 m.

Pour la zone de Karfiguela, on voit que l'image a été fournie par DigitalGlobe. En activant le plug-in de DigitalGlobe (déjà disponible dans les galeries de la barre latérale), on constate que l'image présentée est une QuickBird-2 prise le 28/03/2007. Ces images ont une résolution de 2,4 m.

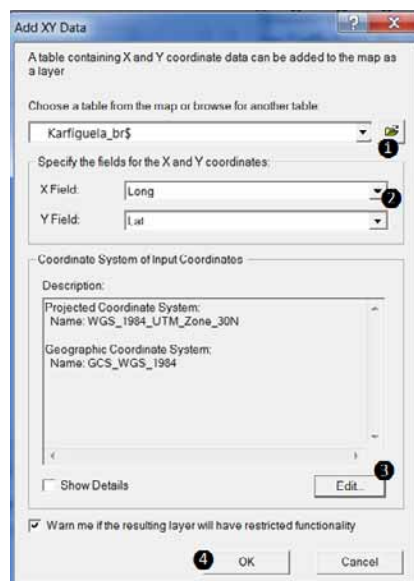
Le choix final de l'altitude d'enregistrement des images Google Earth est fixé à 1000 m d'altitude. Ce qui permet d'obtenir des images haute résolution de l'ordre de 2 m ce qu'il s'approche aussi le plus de la résolution originale des images satellites utilisées.

5. Traitement des images Google Earth dans ArcGIS

Pour commencer le traitement des sous images dans ArcGIS on doit d'abord importer le fichier Excel dans ArcMap et le convertir en une shapefile de points. Chaque sous image sera ensuite insérée dans ArcMap pour être géoréférencée et enregistrée sous format *TIFF*. Ces images géoréférencées seront traitées avec la fonction *Clip* (ArcToolbox) avant d'être *Mosaïquer* (ArcToolbox) pour obtenir une image unique à haute résolution du périmètre.

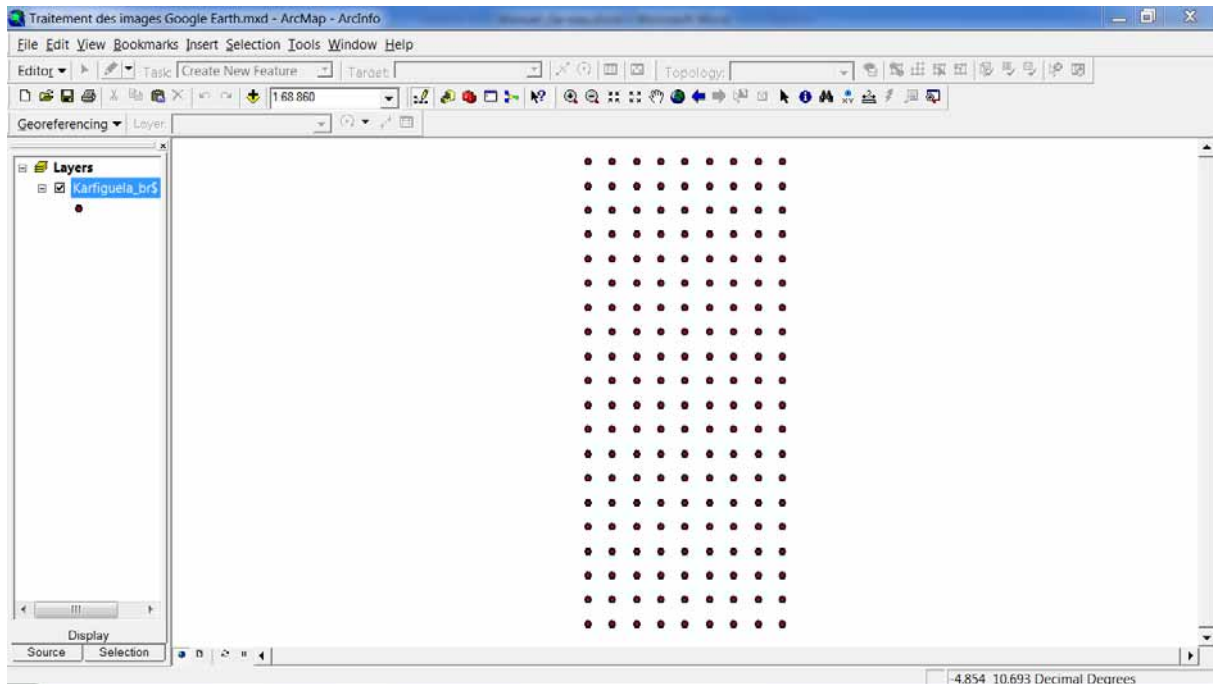
5.1 Importation du fichier Excel dans ArcMap

- Lancer ArcMap et choisissez un nouveau document.
- Dans le menu *Outils/Tools*, choisissez *Add XY Data*.
- Une boîte de dialogue s'ouvre dans laquelle :
 1. Choisissez le fichier de coordonnées Excel ou plus précisément la feuille Excel dans laquelle les coordonnées du périmètre ont été enregistrées ①.
 2. Précisez la colonne contenant les X (longitudes) et celle contenant les Y (latitudes) ②.
 3. Pour terminer choisissez un système de projection pour l'affichage des points (GWS 84, Zone 30N) ③ et cliquez sur Ok pour valider.



La feuille Excel apparaît dans la table des matières d'ArcMap sous forme de couche de points et une grille de points dans sa zone graphique. Pour permettre une manipulation aisée dans ArcMap cette couche de points sera transformée en shapefile :

- Faites un clic droit sur la couche dans la table des matières, dans le menu contextuel apparu sélectionnez la commande *Data* puis *Export Data*.
- La boîte de dialogue *Export Data* s'ouvre, indiquez-y un répertoire dans lequel vous souhaitez enregistrer la nouvelle couche de points et cliquez sur Ok pour refermer la boîte de dialogue et sur Oui pour afficher la nouvelle couche dans la table des matières d'ArcMap.

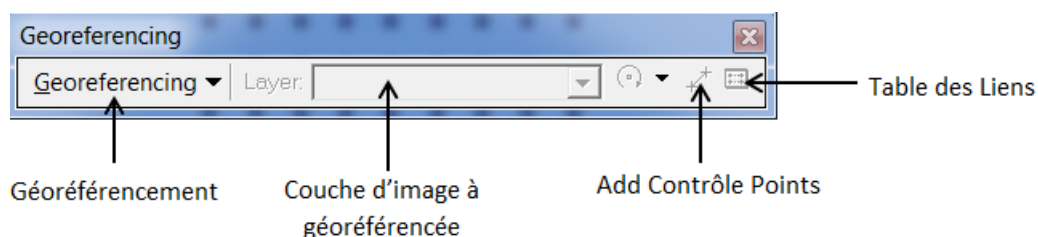


5.2 Géoréférencement des sous images

Le géoréférencement est une action qui consiste à relier un objet et les données qui y sont associées à sa position dans l'espace par rapport à un système de coordonnées géographiques donné.

Le shapefile créé à partir du fichier Excel constitue les points de référence sur lesquels les sous images Google Earth seront récolées à leur emplacement exact avec une grande précision. Ainsi chaque sous image sera géoréférencée et enregistrée sous format *TIFF*.

- Lancez ArcMap et ouvrez un nouveau document.
- Ajoutez le shapefile à partir de l'outil.
- Affichez la barre d'outils de géoréférencement dans le menu *Affichage* → *barre d'outils* → *Georeferencing* ou dans le menu *Outils* → *Personnalisé* et cochez *Georeferencing*.



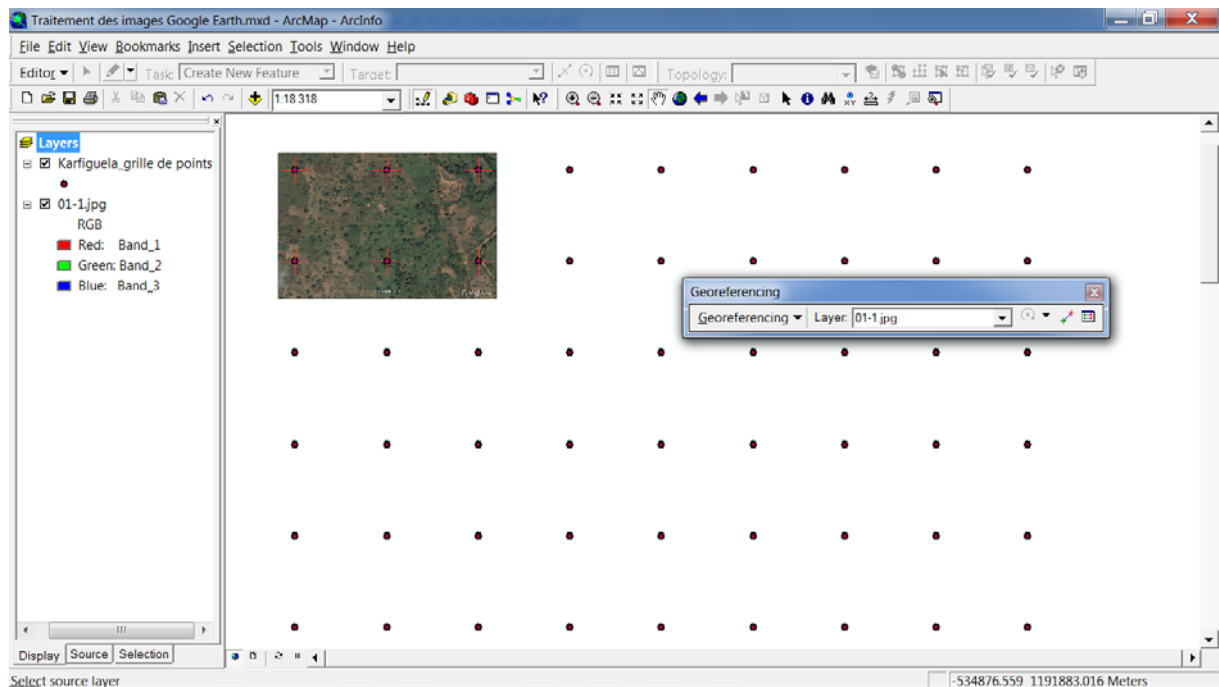
- Ajoutez maintenant les sous images jpeg dans l'interface d'ArcMap

Remarque : il est préférable d'insérer les sous images individuellement ou par lot limité pour éviter de se tromper sur le positionnement de chaque image dans la grille.

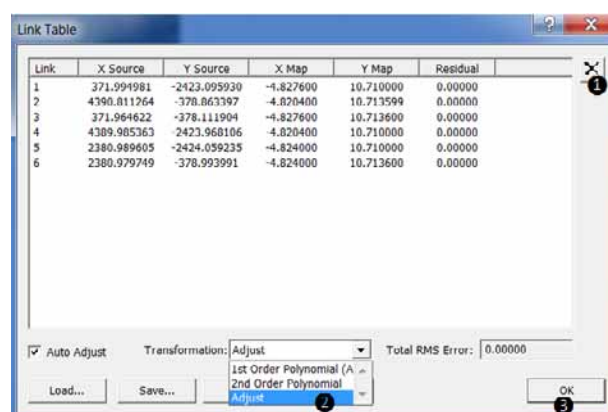
- Indiquez la couche d'image à géoréférencer dans la barre d'outils de *Georeferencing* et commencez le géoréférencement.

- Cliquez sur l'outil *Add Control Points* de la barre *Georeferencing* puis faites un zoom sur l'image et cliquez sur un point d'intersection des lignes.
- Faites un autre zoom sur la couche de points Shapefile et cliquez sur le point de référence correspondant.
- Procédez de même pour tous les autres points d'intersection de l'image.

Après quelques points, les points d'intersections de l'image et les points de références de la couche Shapefile se rejoignent automatiquement. Ce qui signifie que les coordonnées de références des points de la couche Shapefile sont désormais affectées à l'image.



Pour améliorer l'ajustement des points et augmenter la précision du géoréférencement on peut identifier les points qui ont été mal placés et les remplacer par de nouveaux points.



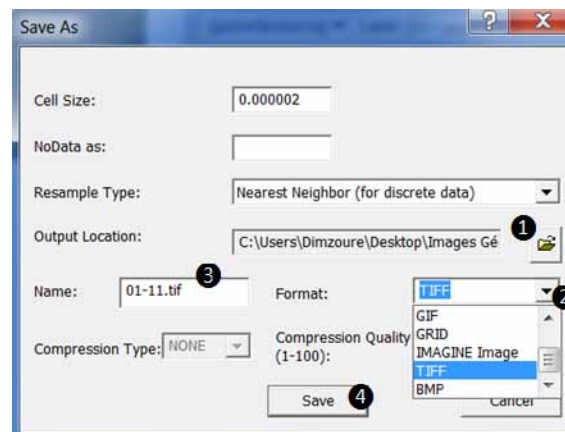
- Ouvrez donc la table de liens contenant les points que vous venez de géoréférencer à partir de l'outil *View Link Table* de la barre d'outils *Georeferencing*.
- Sélectionnez ensuite le point que vous souhaitez remplacer et supprimez-le par le bouton supprimer de la table ①.
- Reprenez l'outil *Add Control Points* pour géoréférencer à nouveau le point supprimé.

- Pour terminer le géoréférencement, choisissez *Adjust* dans la table de liens ❷. Ceci annulera l'erreur résiduelle de la liaison entre deux points.
- Cliquez sur *OK* pour refermer la table ❸.

Le géoréférencement de l'image Google Earth est terminé, procédez maintenant à l'enregistrement de cette image en format *TIFF*.

- Dans la barre d'outils de géoréférencement, cliquez sur *Georeferencing* puis sur *Rectify*.

Une fenêtre d'enregistrement s'ouvre dans laquelle vous êtes invité à choisir le répertoire d'enregistrement ❶, le format d'enregistrement (*TIFF* pour notre cas) ❷. Vous pouvez également renommer votre couche d'image ❸. Cliquez sur enregistrer pour terminer ❹.




Il est préférable de procéder au géoréférencement de toutes les sous images Google Earth et de les enregistrer sous format *TIFF* dans un même répertoire avant d'entamer le processus de rognage ou coupure des sous images.

5.3 Rogner (*clip*) les sous images géoréférencées

Au moment des captures tous ce qui se trouve sur l'écran est pris en compte dans l'enregistrement, on retrouve en plus de l'image des parties telles que : la barre d'état du logiciel, le nom du logiciel, l'outil de navigation, le type d'image et le nom de l'entreprise de commercialisation. Ces informations ne serviront qu'à encombrer l'image finale et réduire son exploitation. On doit donc les extraire pour obtenir une image de bonne visibilité.

Sous ArcMap, il existe une fonction permettant de découper les parties d'un fichier de format raster en introduisant les dimensions à enlever. Cette fonction se trouve dans l'application ArcToolbox d'ArcGIS et se nomme *Clip*.

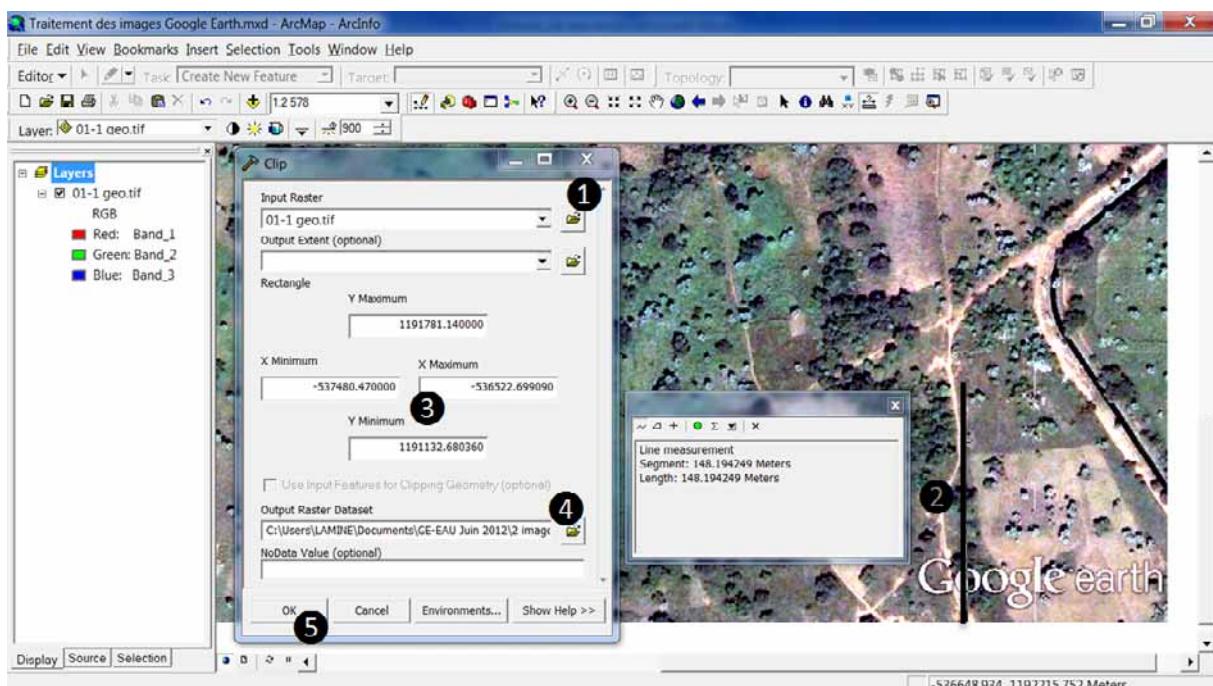
- Lancez ArcMap et ouvrez un nouveau document.
- Ajoutez une image géoréférencée.
- Accédez à l'application ArcToolbox en cliquant sur le raccourci 

La fenêtre ArcToolbox s'ouvre, pour aller plus rapidement utilisez l'onglet *Index* ou rechercher pour localiser la fonction *Clip*.

- Cliquez sur l'onglet *Index*.
- Ecrivez le nom de la fonction *Clip*, deux fonctions clip apparaissent.
- Choisissez *Clip management* et cliquez sur *Localiser* pour afficher l'arborescence de la fonction dans la fenêtre ArcToolbox.
- Double cliquez sur la fonction *Clip* pour afficher sa fenêtre.
- Dans la fenêtre clip, choisissez la couche à clipper ou faite glisser l'image de table de matières vers la fenêtre clip ①.

Les dimensions de la couche s'affichent en mètres dans la fenêtre *clip*.

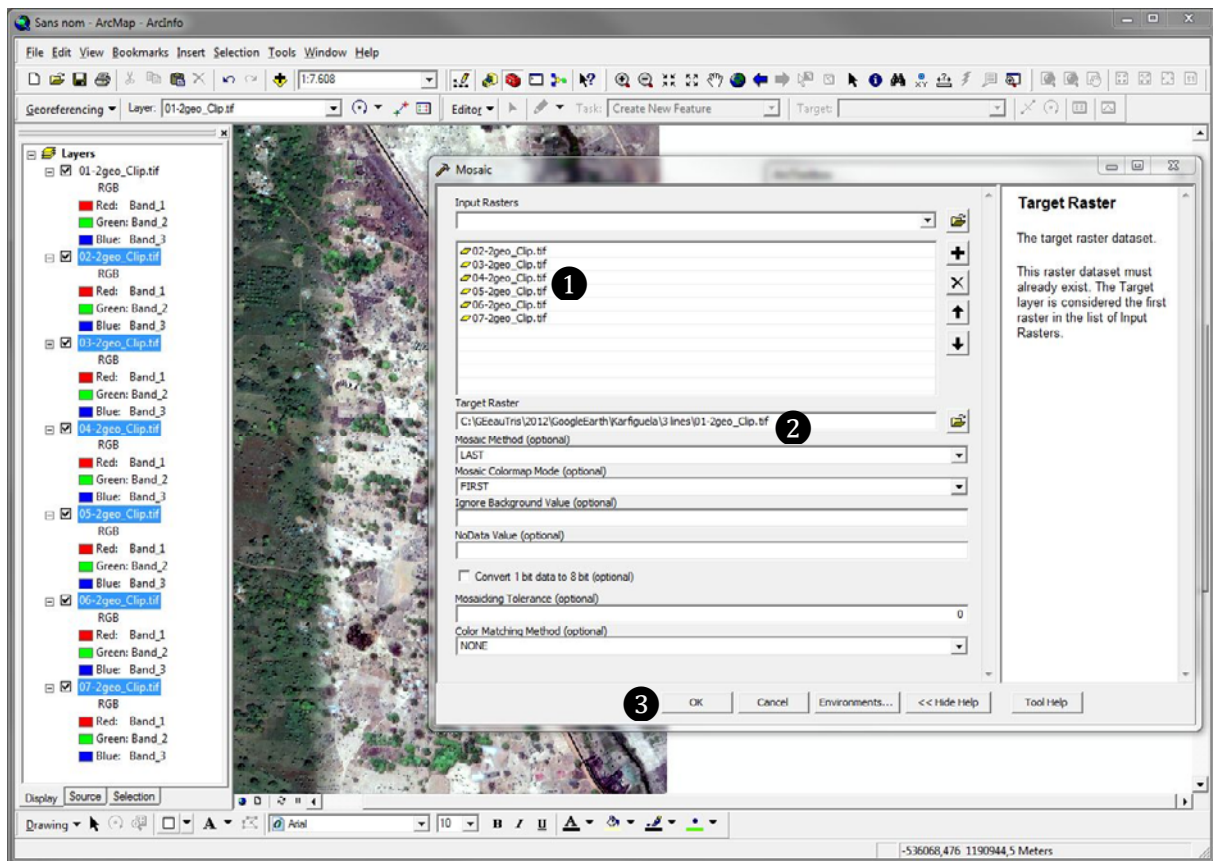
- Prenez l'outil mesurer d'ArcMap et mesurez sur l'image les parties à extraire ②.
- Introduisez les dimensions à extraire dans la partie correspondante de la fenêtre clip ③.
- Choisissez un répertoire pour l'enregistrement des images rognées ④.
- Cliquez sur *OK* pour refermer la fenêtre clip ⑤.



Les parties indiquées ont été supprimées et la nouvelle image apparaît dans la table des matières d'ArcMap. Procédez de même pour toutes les sous images géoréférencées.

5.4 Mosaïque des sous images

- Trouvez de la même manière la fonction *Mosaic* dans le Toolbox. Ou dans le Toolbox : *Raster* → *Raster Dataset* → *Mosaic*.
- Créez un nouveau répertoire et copier la première image là-dedans. Cette image servirait comme base ou *target* pour les autres images.
- Sélectionnez les images à mosaïquer ①.
- Sélectionnez l'image de base ou *target* ②.
- Lancez la procédure sur *OK* ③.



Remarque : Ne choisissez pas trop d'images à la fois. Mais mosaïquez d'abord des blocs ou lignes et après mosaïquez ces blocs ou lignes.

6. Digitalisation des canaux, ouvrages et parcelles

La numérisation ou digitalisation permet d'encoder des cartes sur un support papier ou numérique en couches vectorielles possédant une référence spatiale. De ce fait nous allons utiliser les images hautes résolutions des deux périmètres (Karfiguéla et Mogtedo) obtenues à la fin du géotraitement des images Google Earth sur ArcGIS comme supports. Des lignes, des polygones ou des points seront calqués sur l'image du périmètre et formeront des cartes thématiques décrivant les canaux d'irrigation, les parcelles et tout autre ouvrage du périmètre.

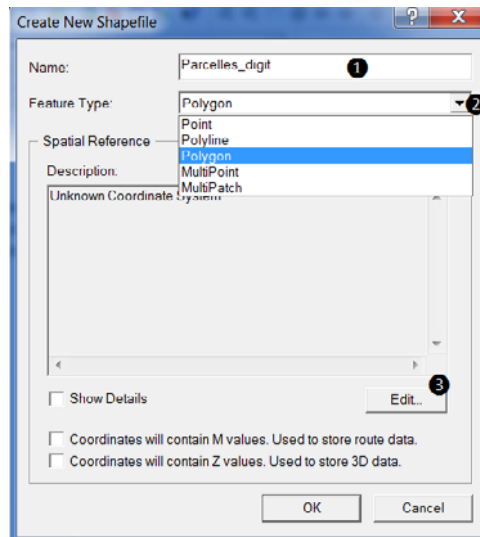
6.1 Création d'un shapefile

Des shapefiles contenant des classes d'entités graphiques de type ligne, polygone et point seront créés. Le fichier de forme de type linéaire est mieux adapté pour matérialiser les canaux d'irrigation, le type d'entités polygone sera attribué aux éléments surfaciques tels que les parcelles ou les retenues d'eau enfin le type ponctuel sera attribué aux ouvrages de régulations tels que les vannes.

- Lancez ArcCatalog et choisissez le répertoire contenant le dossier dans lequel vous souhaitez enregistrer la nouvelle couche de données.
- Faites un clic droit sur ce dossier et choisissez *New* → *shapefile*.

Dans la boîte de dialogue qui s'affiche :

- Nommez la couche 'parcelles_digit' et/ou 'canaux_karfi' ❶.
- Spécifier le type d'entités graphiques (point, ligne, polygone) ❷.
- Cliquez sur le bouton Edit pour choisir un système de coordination spatiale ; il suffit d'importer le même système de coordination ❸.
- Refermez la boîte de dialogue en cliquant sur OK.



La nouvelle couche de forme est créée et se localise dans le répertoire indiqué.

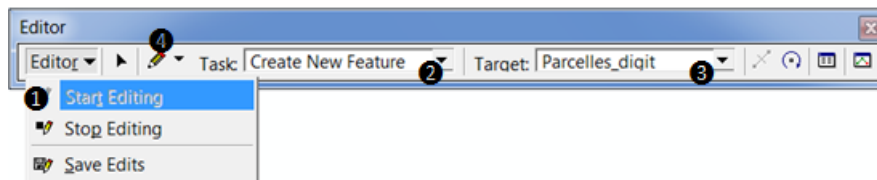
6.2 Création des entités graphiques de la couche.

La création des entités graphiques se fait directement sur l'écran à partir de l'image géoréférencée. Avec les outils d'édition présents dans ArcMap, les entités graphiques seront dessinées ou calquées en se basant sur les éléments visibles de l'image.

- Ouvrez un nouveau document ArcMap.
- Affichez la barre d'outils de l'Editeur dans View → Toolbars → Editor.
- Importez le mosaïque géoréférencé du périmètre et les shapefiles à éditer 📁.

Dans la barre d'outils Editor démarrez la numérisation

- Editor → Start editing ❶.
- Task : Create New Feature ❷.
- Target : choisissez la couche à édité ❸.
- Editor → Snapping. Ce dernier est un outil de capture qui va permet de se connecter automatiquement à des entités de la couche en édition ou à d'autres couches du document ArcMap.
- Choisissez l'outil de construction crayon 🖍️ ❹.
- Dessinez l'entité graphique voulue qui est visible sur l'image en faisant un clic pour commencer et un double clic pour terminer.
- N'oubliez pas de sauvegarder de temps en temps le résultat (*Save Edits*).

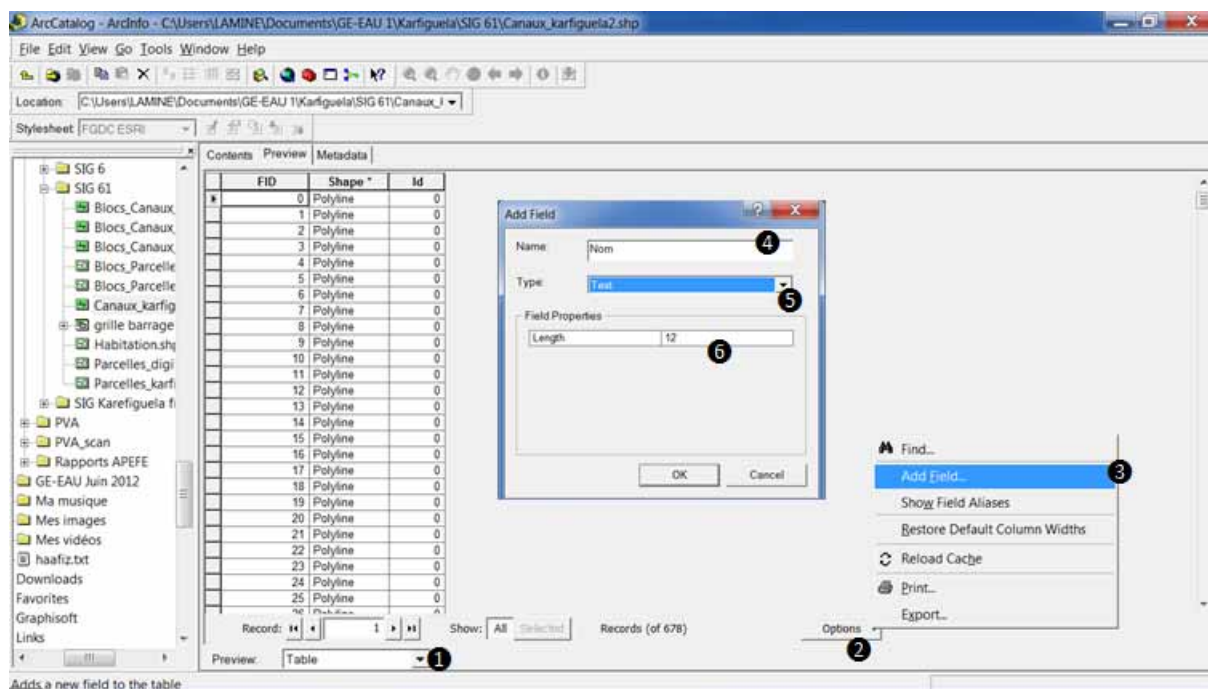


Remarque : un pourcentage de transparence de 50% est appliqué aux couches de type polygone de façon à visualiser l'arrière-plan. Il existe également d'autres outils de constructions sous ArcMap permettant de matérialiser les éléments graphiques de façon plus rapide et efficace.

6.3 Création et remplissage des tables attributaires.

Les entités graphiques doivent être identifiées. Des champs d'attributs seront créés permettant le stockage des informations (numérique, chaîne de caractères, ...). Une entité graphique telle une parcelle du périmètre peut avoir les informations suivantes dans sa table d'attributs : son nom, sa superficie ou périmètre, le type de culture, ...

Les tables attributaires peuvent être créées dans ArcCatalog.



- Lancez ArcCatalog et sélectionnez le shapefile à éditer.
- Cliquez sur l'onglet Preview puis sur Table ①.

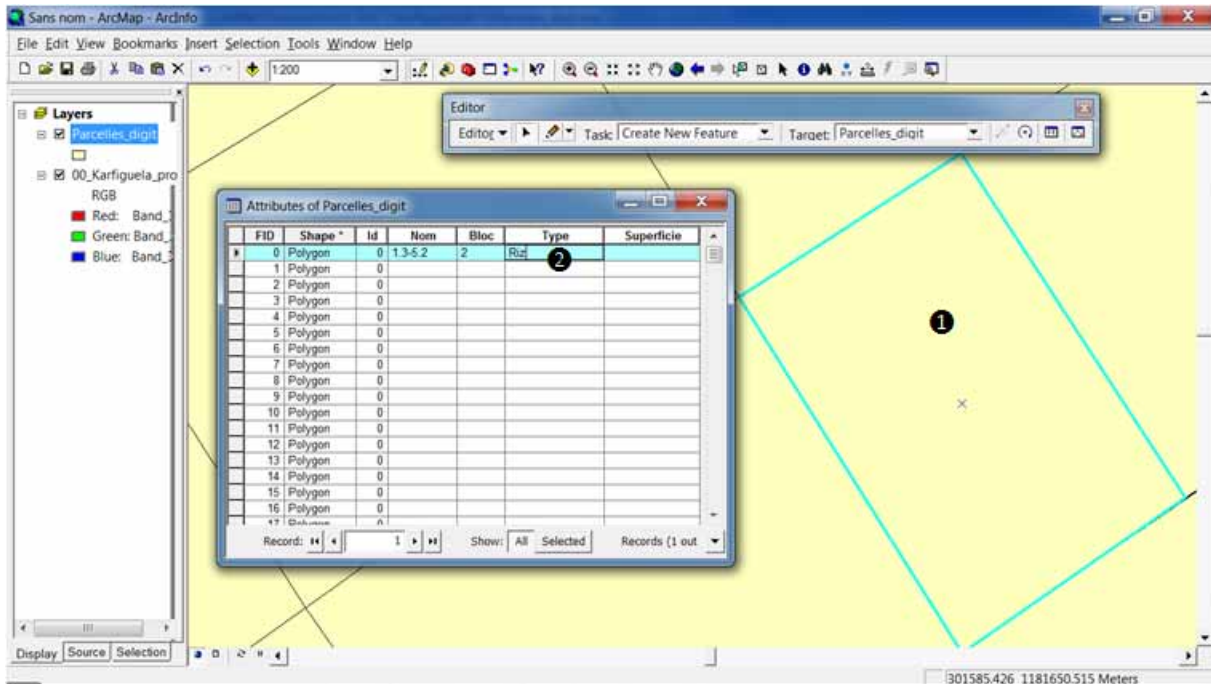
Trois champs sont créés automatiquement au moment de la création de la couche. Nous allons ajouter d'autres champs pour ensuite les renseigner.

- Cliquez sur Options ②.
- Prenez Add Field ③.

Une boîte de dialogue s'ouvre dans laquelle nous pouvons indiquer :

- le nom du champ ④ ;
- le type de champ ⑤ ;
- et le nombre de caractères qu'il doit contenir ⑥.

Après la création des champs, la couche est importée dans ArcMap et les champs seront renseignés en activant à nouveau la barre d'outils *Editor*.



- Dans la table des matières d'ArcMap faites un clic droit sur la couche puis un clic sur ouvrir la table d'attributs.
- Lancez la session d'édition dans la barre d'outils Editor.
- Sélectionnez une entité graphique ①.

Dans la table d'attributs les champs de l'entité sont sélectionnés automatiquement.

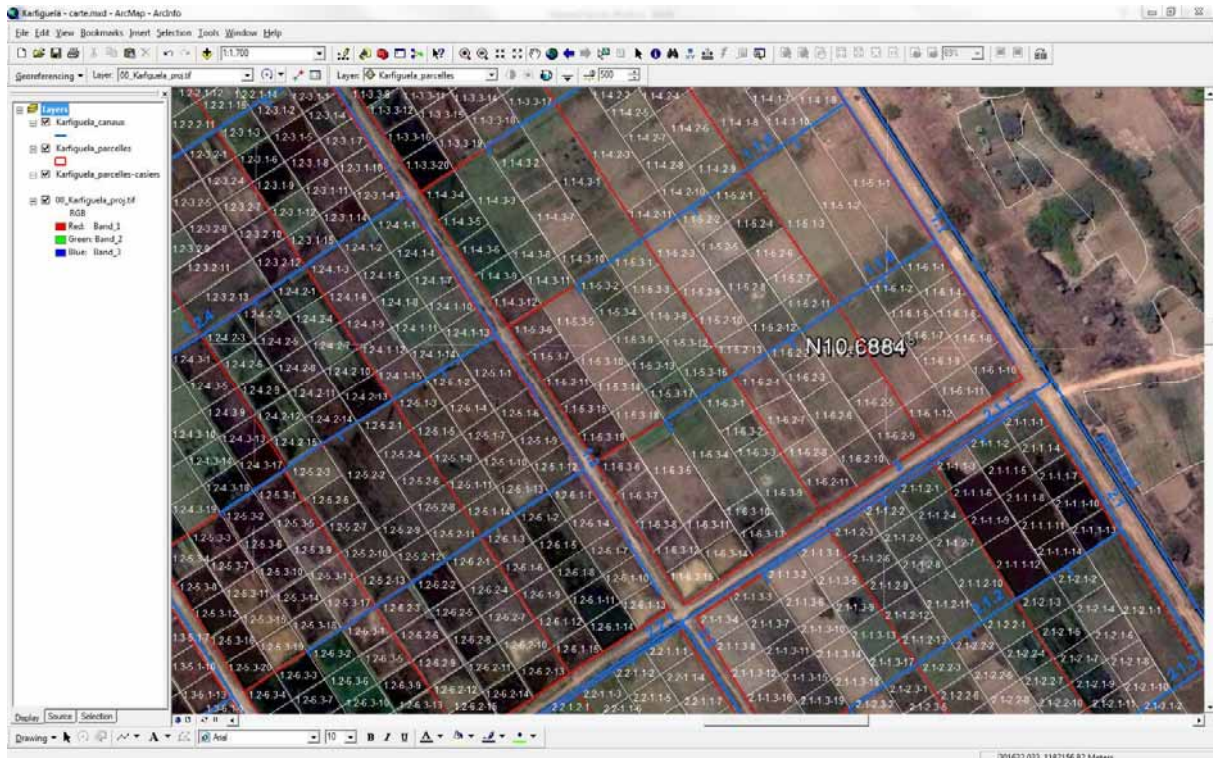
- Cliquez sur un champ et tapez l'information correspondante (Riz) ②.
- Procédez de même pour toutes les entités graphiques de la couche.
- Terminez la session de remplissage des tables par Editor → Save Edit → Stop Editing.
- Fermez la table des attributs.

7. Présentation des cartes thématiques

A partir de logiciels de traitement d'images et de SIG (ArcGIS et Google Earth), des images géoréférencées uniques de très hautes résolutions ont été construites pour les deux périmètres. Ces images géoréférencées ont permis l'élaboration de cartes thématiques facilitant ainsi la localisation des entités du périmètre telles que : les casiers, les parcelles, les canaux d'irrigation, les plan d'eau, les ouvrages de régulations de débit, les colatures... Ces différentes couches d'informations peuvent être visualisées dans ArcGIS.

La couche *Parcelle* est composée de toutes les parcelles et casiers contenus dans l'image. On distingue ainsi les parcelles du périmètre (i.e. formelles) et les parcelles hors périmètre (i.e. informelles) qui partagent la même ressource en eau.

Les *Canaux* d'irrigation visible sur l'image géoréférencée du périmètre ont été digitalisés. On obtient ainsi une carte thématique possédant toutes les informations relatifs aux canaux d'irrigation telles que : nom, état, type et caractéristiques (longueur, largeur, profondeur).



Dans le souci de représenter exactement le mode d'irrigation rencontré sur le terrain, une certaine logique a été créée dans les entités graphiques :

Il existe un canal primaire qui fait suite aux canaux secondaires, chaque canal secondaire est destiné à irriguer un ensemble donné de parcelles nommé bloc. Il existe donc autant de blocs que de canaux secondaires et ceux-ci sont identifiés par des noms. Chaque canal secondaire possède à son tour plusieurs canaux tertiaires ; enfin les parcelles sont arrosées par les quaternaires qui possèdent chacun trois ou quatre sorties d'eau. Ici encore, on appelle parcelles ou sous blocs l'ensemble de casiers irrigué par la même sortie d'eau. Chaque parcelle possède également un nom permettant son identification.

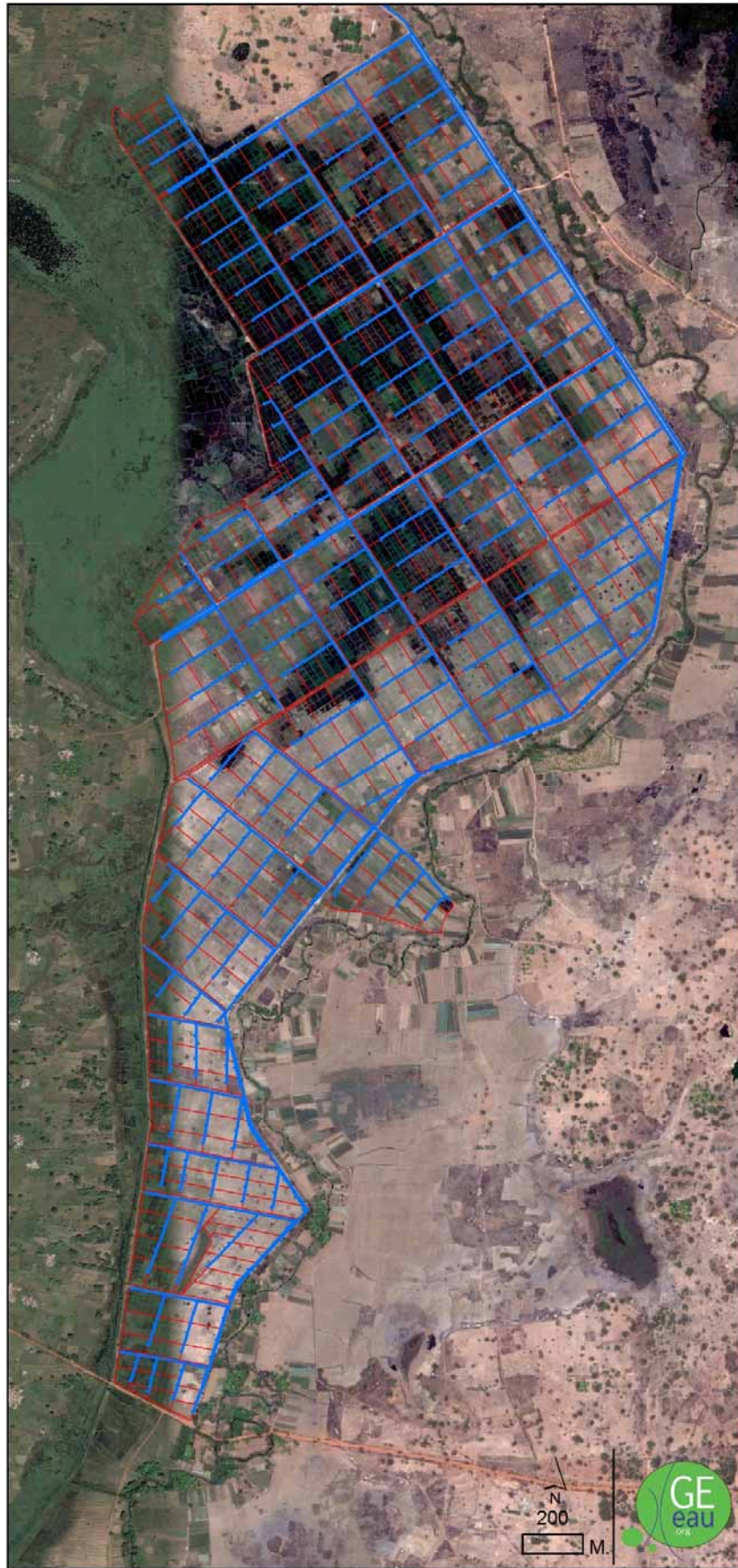
8. Analyse et discussion

Le travail effectué a permis de montrer les possibilités d'exploiter les images Google Earth. A partir des captures d'écran, on en est arrivé à établir des images de très haute résolution spatiale (0,24 m) à moindre coût. Les images géoréférencées obtenues sont suffisamment fiables et précises pour toute sorte d'exploitation cartographique.

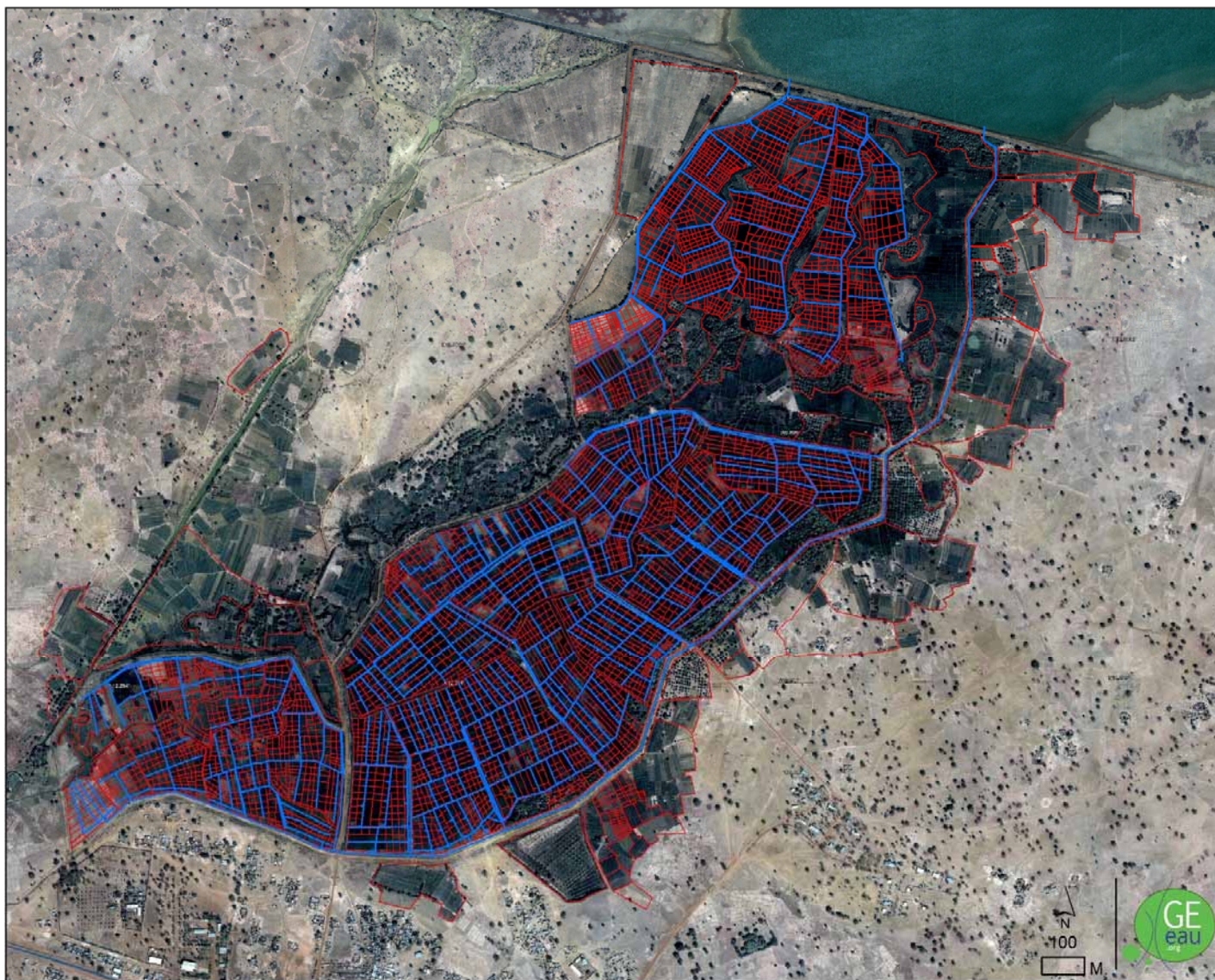
Mais l'utilisation des images Google Earth n'est pas sans inconvénients. Il s'agit des images archivées et on n'a pas trop de choix sur la période voulue. Pour le périmètre de Karfiguela

l'image utilisée date de 2006 et pour Mogtedo 2002. Ces images présentent également de faibles résolutions spectrales, il n'existe que trois canaux de couleurs (le rouge, le vert et le bleu).

Il faut noter aussi que cette méthode est plus adaptée pour de relatives petites zones et là où de très hautes résolutions sont disponibles. Tout le globe n'est pas encore couvert par des images QuickBird, Ikonos, SPOT ou autres donnant de très hautes résolutions.



Périmètre irrigué de Karfiguela (avec canaux et parcelles).
Fond d'image : Google Earth mosaïque



Périmètre irrigué de Mogtedo (avec canaux et parcelles).
Fond d'image : Google Earth mosaïque