



HAL
open science

Méthodologie pour la réalisation d'un plan d'échantillonnage sur le site de l'Unité Expérimentale d'Epoisses à partir de cartes de résistivité électrique.

Maud Seger, Charlène Perrier

► To cite this version:

Maud Seger, Charlène Perrier. Méthodologie pour la réalisation d'un plan d'échantillonnage sur le site de l'Unité Expérimentale d'Epoisses à partir de cartes de résistivité électrique.. [Rapport Technique] 2014. hal-02799212

HAL Id: hal-02799212

<https://hal.inrae.fr/hal-02799212>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Méthodologie pour la réalisation d'un plan d'échantillonnage sur le site de l'UE d'Epoisses à partir de cartes de résistivité électrique

Traitements et analyses

Ce document technique décrit les différentes étapes de la méthode qui a été mise en œuvre pour élaborer un plan d'échantillonnage sur le site de l'UE d'Epoisses à partir des cartes de résistivité issues de prospections ARP. Ce plan d'échantillonnage a pour objectif de constituer un jeu de données pour réaliser la validation du travail de modélisation réalisé dans le cadre du stage de Master 2 de Daril Ndjiba Mitombo¹. Les résultats de chaque étape sont intégrés au rapport.

La quasi-totalité des traitements sont réalisés sous ArcGIS 10.1 avec les extensions suivantes : « Spatial Analyst » et « Geostatistical Analyst ». Les fichiers correspondants à chaque étape sont indiqués dans le texte.

1) Analyses préalables sur les données


1. a) Données disponibles

Pour l'UE d'Epoisses, nous disposons :

- Des données «brutes », dont les fichiers sont notés suivant la nomenclature «nomdufichier-net.dat » pour les 3 voies d'ARP. Elles sont disponibles pour chaque date de prospection, à savoir 2011, 2012 et 2013. Pour la suite du document, nous les appellerons « données brutes ». Ces données correspondent aux données mesurées par l'ARP ayant subi des modifications mineures (suppression des mesures non exploitables par un opérateur Geocarta)
- Des données interpolées dont les fichiers sont notés suivant la nomenclature «nomdufichier-grid.dat » pour chacune des 3 voies d'ARP et ce, pour les prospections de 2011, 2012 et 2013. Ces fichiers correspondent à une grille régulière de point issue de l'interpolation des données brutes par une fonction spline bi-cubique. Nous utiliserons le terme « données interpolées » dans la suite du document.
- Les coordonnées des 28 points qui ont permis d'établir le modèle entre épaisseur de sol et résistivité électrique.
- Le parcellaire de l'UE
- Un calendrier des différentes prospections.

Le site d'Epoisses ayant déjà été étudié pour établir la calibration du modèle entre résistivité électrique et épaisseur de sol (Stage Daril Ndjiba Mitombo), les données brutes et interpolées étaient déjà organisées dans une arborescence.

Création d'un projet ArcGIS : « Epoisses ».mxd

Les données disponibles ayant déjà été converties en fichier de point, format « .shp » et étant correctement projetées (Lambert 93), il a suffi de les ajouter sous ArcGIS :  → Récupérer toutes les données brutes et interpolées au format « .shp ». Pour la prospection 2011, les données fournies par Géocarta ont été séparées en deux fichiers (Nord et Sud) que ce soit pour les données brutes ou interpolées.

Pour les données Sud, les prospections des 4 parcelles A1A6A7A8 ont été retirées car elles avaient été réalisées lors d'une autre période (août 2011).

¹ D.Ndjiba Mitombo, Valorisation d'une prospection électrique pour établir une carte de l'épaisseur du sol, Université de Lorraine, 2013.

Ensuite, les données Nord et Sud ont été réunies dans une même couche pour les deux types de données (brutes et interpolées) : **Géotraitement** → **Combiner** → Choisir les 2 fichiers à combiner / fichier en sortie : Nord_Sud_nov11_L93_grid ou Nord_Sud_nov11_L93_net.

1. b) Création d'une carte « Suivi des prospections »

Projet ArcGIS : « prospection multidade ».mxd

Ce projet permet d'obtenir une carte faisant apparaître la zone d'étude avec les dates de prospection ARP de chaque parcelle et ainsi observer les parcelles qui ont été prospectées plusieurs fois et que nous appellerons « parcelles doublons » (Figure 1).

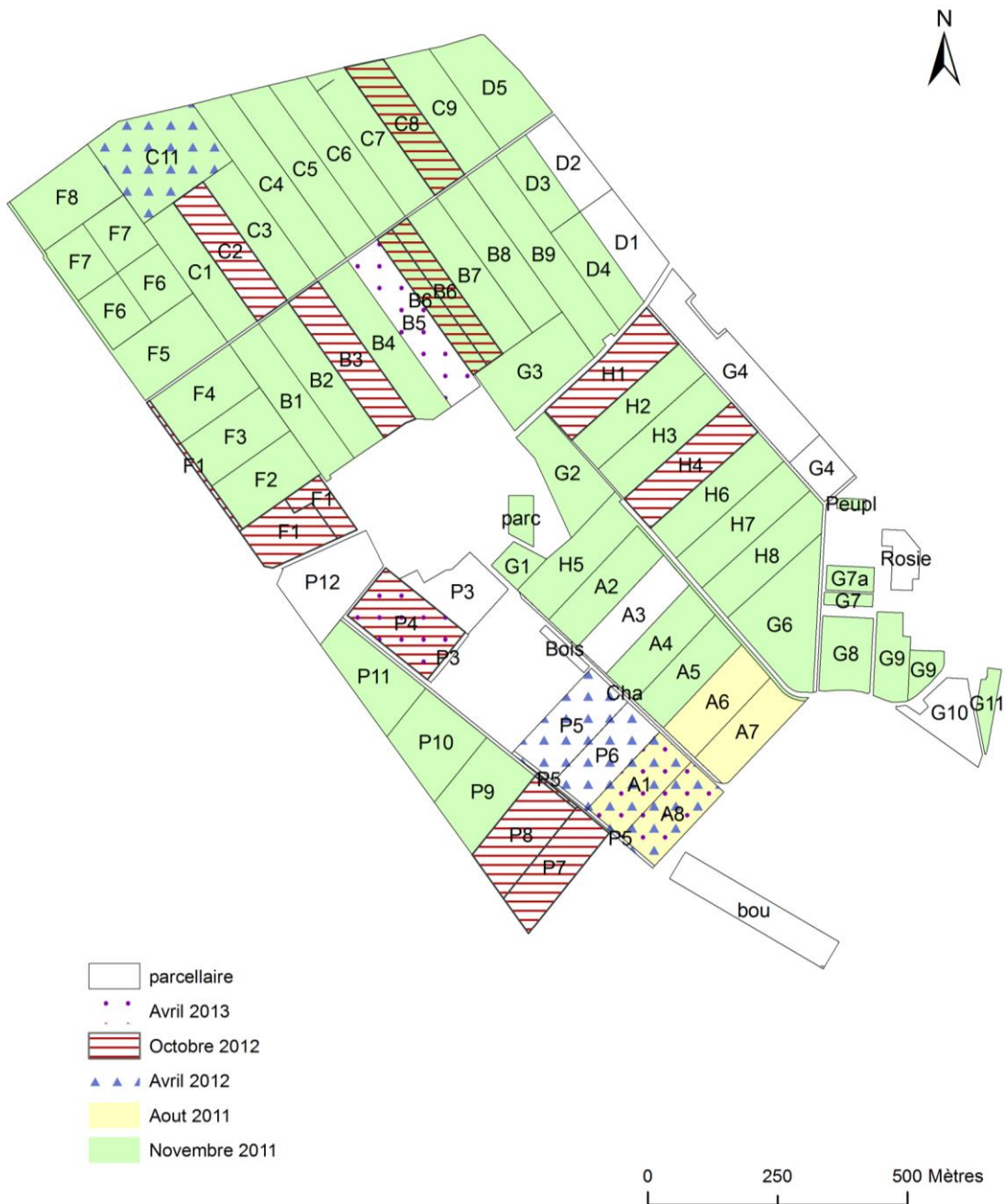


Figure 1 : Suivi des prospections de l'UE d'Epoisses par parcelle

1. c) Histogrammes et statistiques descriptives pour les données brutes et interpolées

La réalisation d'histogrammes et de statistiques descriptives simples sur les différents jeux de données (données brutes et interpolées pour les trois voies) est une étape préalable importante pour avoir une vision synthétique des données et pour juger de la qualité des mesures. Cela permet parfois de mettre en évidence des problèmes de mesures ou des problèmes dans les jeux de données fournis.

Sous ArcGIS 10.X, il est possible d'obtenir très rapidement les statistiques et un histogramme d'une couche en utilisant **Geostatistical Analyst**². Cependant, les unités de l'histogramme sont en 10^{-2} pour les valeurs et en 10^{-3} pour les fréquences, ce qui ne facilite pas la lecture des résultats. On utilisera donc cet outil pour obtenir uniquement les statistiques descriptives. Pour obtenir l'histogramme, on utilisera « **Créer un diagramme** » dans l'onglet « **Affichage** ».

❖ Etape 1 : Statistiques descriptives à partir de Geostatistical Analyst

- ✓ Onglet **Geostatistical Analyst** → **Explore data** → **Histogram**
- ✓ Ouverture d'une fenêtre où l'on choisit la couche souhaitée (ex : Nord_Sud_nov11_L93_grid) et ensuite l'attribut (voie1, voie 2, voie 3).
- ✓ La fenêtre fait apparaître l'histogramme ainsi que les statistiques (figure 2).

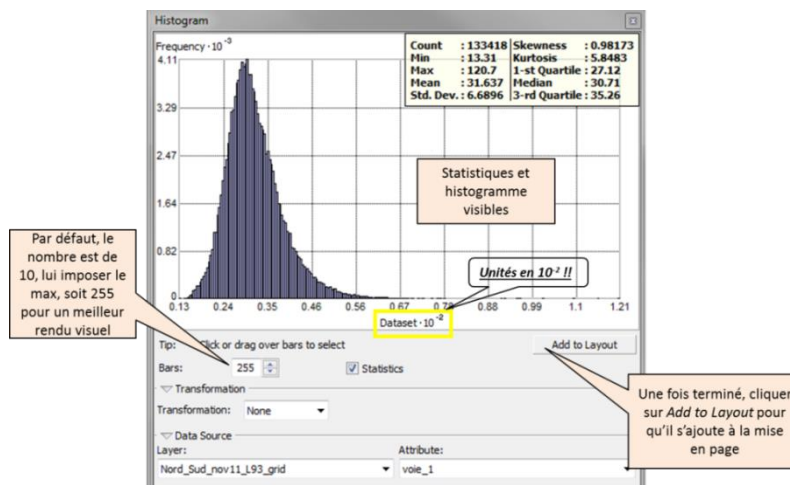


Figure 2: Obtenir les statistiques à partir de Geostatistical Analyst

❖ Etape 2 : Créer un histogramme

- ✓ Onglet **Affichage** → **Diagramme** → **Créer un diagramme**
- ✓ Fenêtre du choix du type de diagramme et autres paramètres (Figure 3). Cette fenêtre permet notamment de mettre en forme le graphique (modifier le titre du diagramme, des axes...)
- ✓ Cliquer sur **Terminer**

² Si Geostatistical Analyst n'apparaît pas dans la barre d'outils, il suffit de le rajouter par un clic droit sur la barre d'outils et en ajoutant Geostatistical Analyst.

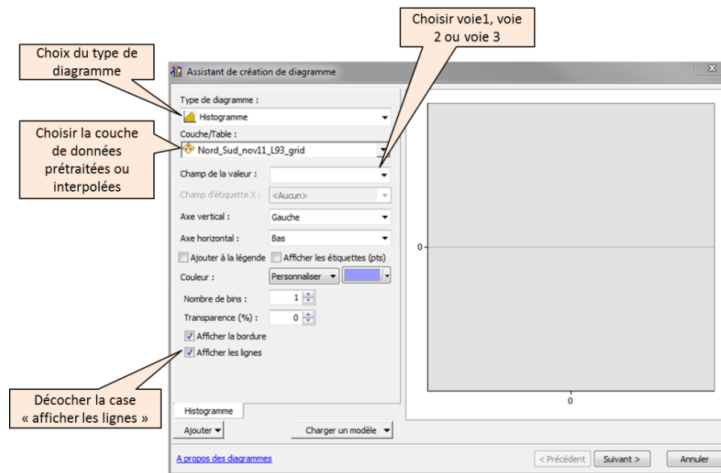


Figure 3: Créer un histogramme (1ère fenêtre)

- ✓ Il est possible de modifier les propriétés de l'historgramme qui vient d'être créé en **cliquant droit** sur ce dernier → **Propriétés avancées** (Figure 4)

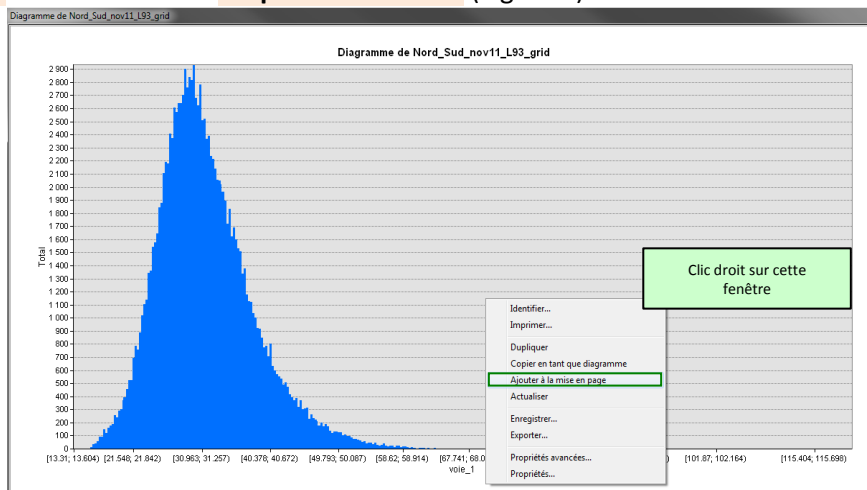


Figure 4 : Histogramme réalisée à partir de « créer un diagramme » et menu du clic droit

Maintenant que ces deux étapes sont faites (Création des statistiques descriptives dans Geostatistical Analyst et de l'historgramme dans « créer un diagramme »), on peut combiner les deux éléments dans une même mise en page :

- Pour l'étape 1 : Cliquer sur **Add to layout** (Figure 5)
- Pour l'étape 2 : clic droit sur l'historgramme → **Ajouter à la mise en page** (Figure 5)

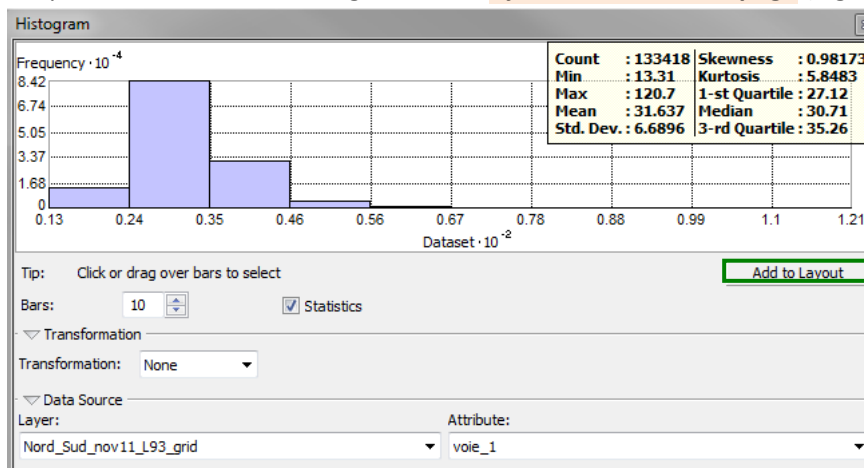


Figure 5 : Histogramme et fenêtre des statistiques obtenus avec Geostatistical analyst

Remarque : Sous ArcGIS, il existe deux modes d'affichage :

- Le mode « données » qui permet de visualiser les données cartographiques du bloc de données actif
 - Le mode « mise en page » qui permet la visualisation du document à imprimer ou exporter et peut comporter les cartes, tables, diagrammes, graphiques, images...
- Il existe deux façons pour basculer du mode d'affichage « données » vers le mode « mise en page » (Figure 6)

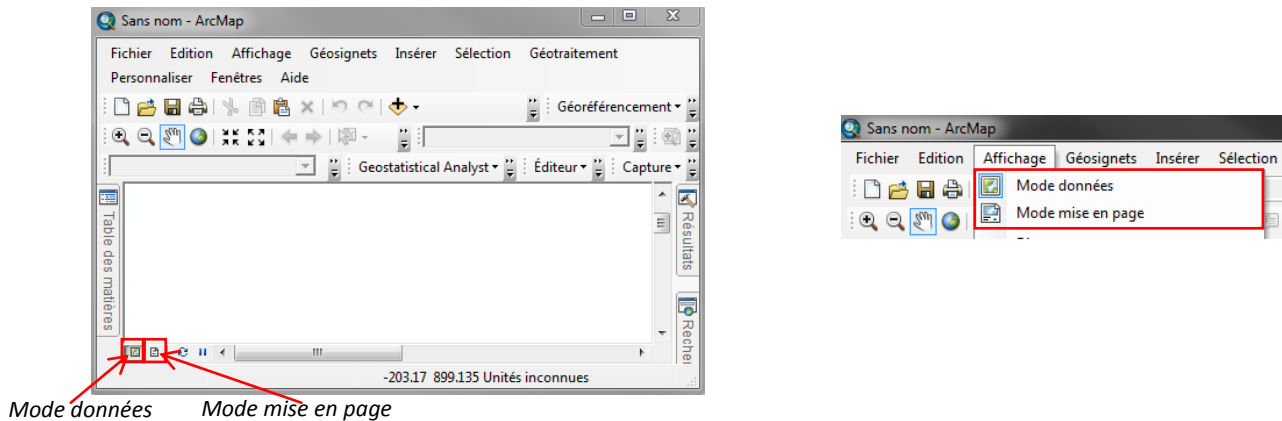


Figure 6 : Deux façons de changer de mode d'affichage : mode « données » ou mode « mise en page »

Dans ce mode « mise en page », il est désormais possible de modifier, dissocier, agrandir etc. Dans notre cas, nous avons dissocié les résultats de la 1^{ère} étape (Geostatistical Analyst) pour ne conserver que l'encadré des statistiques descriptives et ainsi pouvoir ensuite les grouper avec l'histogramme créé lors de la 2^{ème} étape.

✓ Résultat pour une voie d'ARP (figure 7) :

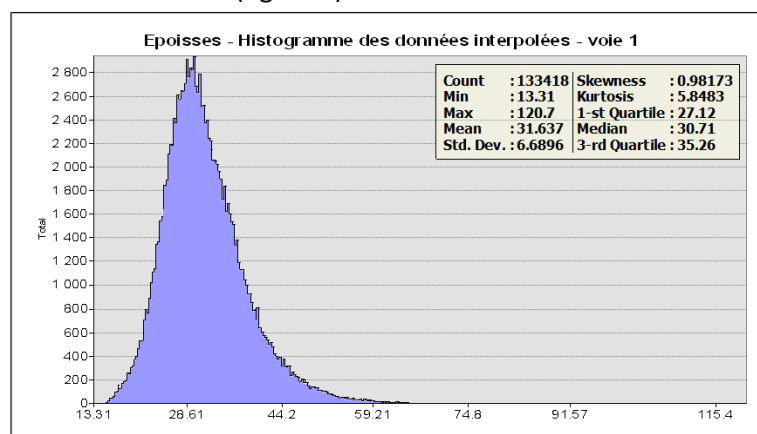


Figure 7: Histogramme et statistiques mis en page à partir des données interpolées pour la voie 1

Enregistrer une copie sous « Statistiques et histogrammes ».mxd du projet en cours : Histogrammes et statistiques pour les données brutes et interpolées pour chacune des 3 voies.

En enregistrant une copie du projet à ce moment-là, la mise en page sera sauvegardée restera ainsi facilement modifiable par la suite si besoin.

Une fois la copie faite, supprimer les histogrammes et statistiques dans le mode mise en page pour pouvoir continuer sur le projet en cours.

❖ **Synthèse des résultats statistiques et premières interprétations**

La figure 8 présente les histogrammes des données brutes et interpolées, pour les trois voies. A partir des statistiques descriptives réalisées sous ArcGIS, un tableau de synthèse est réalisé sous Excel pour les deux types de données et pour chacune des voies (Tableau 1).

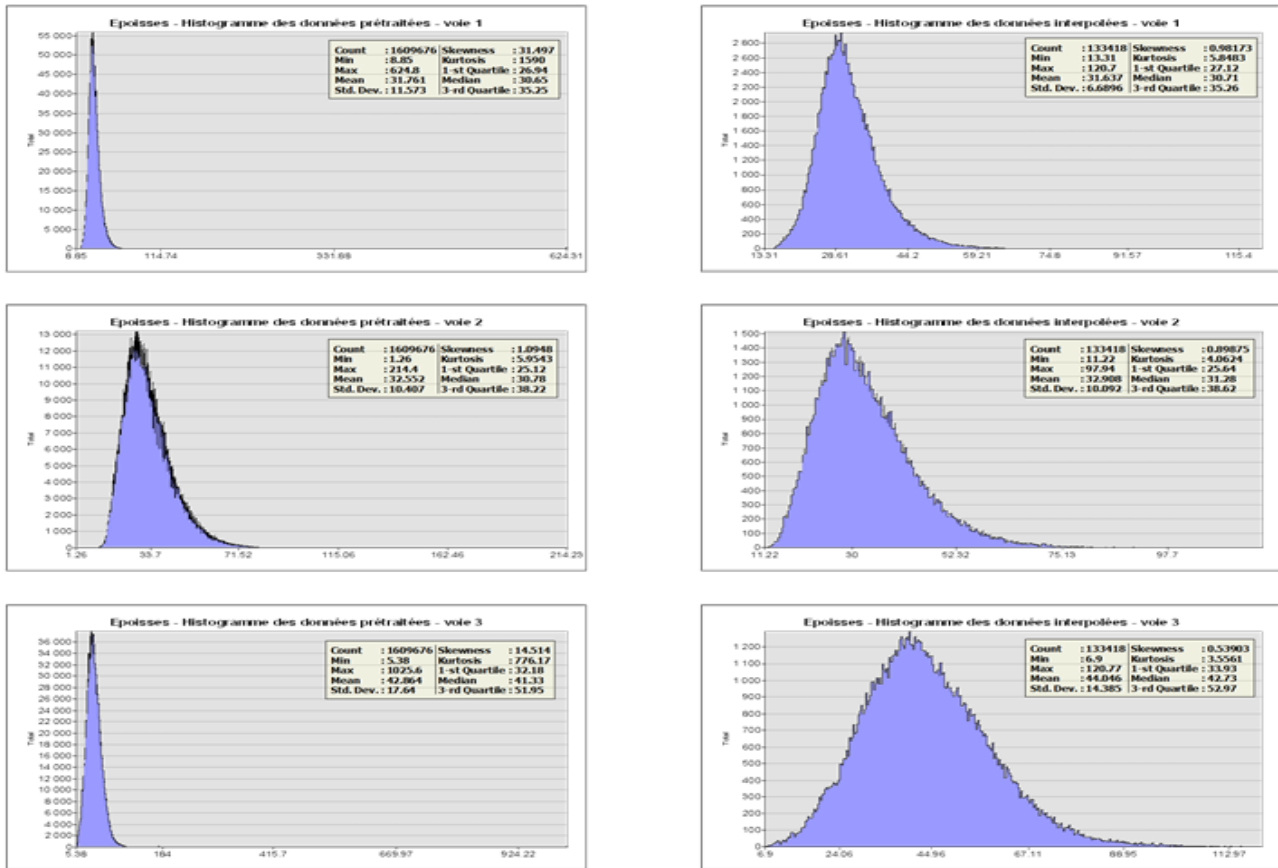


Figure 8 : Histogrammes et statistiques des données brutes et interpolées pour la prospection 2011


Tableau 1: Tableau récapitulatif des statistiques descriptives pour les données brutes et interpolées d'Epoisses

Données brutes						
	n	min	max	moyenne	médiane	dév. Std
V1	1609676	8.85	624.8	31.761	30.65	11.573
V2	1609676	1.26	214.4	32.552	30.78	10.407
V3	1609676	5.38	1025.6	42.864	41.33	17.64

Données grid						
	n	min	max	moyenne	médiane	dév. Std
V1	133418	13.31	120.7	31.637	30.71	6.6896
V2	133418	11.22	97.94	32.908	31.28	10.092
V3	133418	6.9	120.77	44.046	42.73	14.385

Ces statistiques permettent de mettre en évidence les points suivants :

- Les valeurs de résistivité pour les trois voies sont globalement comprises dans la gamme de 10 à 100 ohm.m.
- Les données brutes sont au nombre de 1609676 alors que les données interpolées sont au nombre de 113418. Le jeu de données interpolées est largement diminué du fait du choix de la taille de la maille.
- En moyenne, plus le volume prospecté est grand, plus la résistivité augmente ($v_1 < v_2 < v_3$) ce qui veut dire que les horizons sous-jacents sont plus résistants que les horizons de surface. Ce résultat est cohérent avec la présence d'un horizon calcaire sous-jacent, plus résistant que le sol.
- Les histogrammes montrent une répartition normale des données. Les indicateurs statistiques (moyenne, médiane et écart-type) entre les données brutes et interpolées sont quasiment égaux pour les trois voies. Par contre, les min et max sont différents et les données interpolées ont toujours une étendue plus petite. Ces résultats montrent que l'interpolation a eu un effet d'écarter l'histogramme, c'est-à-dire de supprimer les valeurs extrêmes de l'histogramme. Comme les moyennes et les médianes sont quasi-égales, ces valeurs extrêmes sont en nombre très faibles. On peut donc en conclure que l'interpolation a eu pour effet de gommer des valeurs extrêmes provenant par exemple d'un problème de mesure (contact électrode/sol trop faible par exemple) soit la présence d'une structure très ponctuelle dans le sol (présence d'un élément grossier entre le sol et l'électrode) Ce point est analysé plus précisément sous SIG dans le paragraphe suivant.

 Reprise du projet en cours « Epoisses .mxd » et suite des traitements

1. d) Comparaison sur SIG des données brutes et interpolées

L'objectif de ce travail a été de visualiser quelles zones ou points sont concernés par l'écarterage de l'histogramme lors de l'interpolation des données. L'exemple de la voie 3 est ici présenté.

On a cherché à identifier le nombre et la localisation des points des données brutes qui sont supérieures au maximum (ou inférieures au minimum) des données interpolées. On les appelle « valeurs extrêmes ». Ici, par exemple, la valeur minimale des données brutes de la voie 3 est de 5.38 contre 6.9 pour les données interpolées. On a donc cherché les points sur le shape des données brutes qui sont inférieures à 6.9 et supérieures 120.7 :

- ✓ Sélection des points aux « valeurs extrêmes » : Onglet **Sélection** → **sélection selon les attributs** → choisir le fichier des données brutes → Taper par exemple : « **voie 3** » < **6.9** OR « **voie 3** » > **120.7** → **appliquer**
- ✓ Création d'une nouvelle ne contenant que les valeurs « extrêmes » : clic droit sur le fichier des données brutes (Nord_Sud_nov11_L93) → **Sélection** → **créer une couche à partir des entités sélectionnées**

La figure 9 présente le résultat pour la voie 3 : le fond de carte est le raster établi à partir des données interpolées (voir « Elaboration des cartes ») et les points blancs représentent les valeurs « extrêmes » des données brutes.

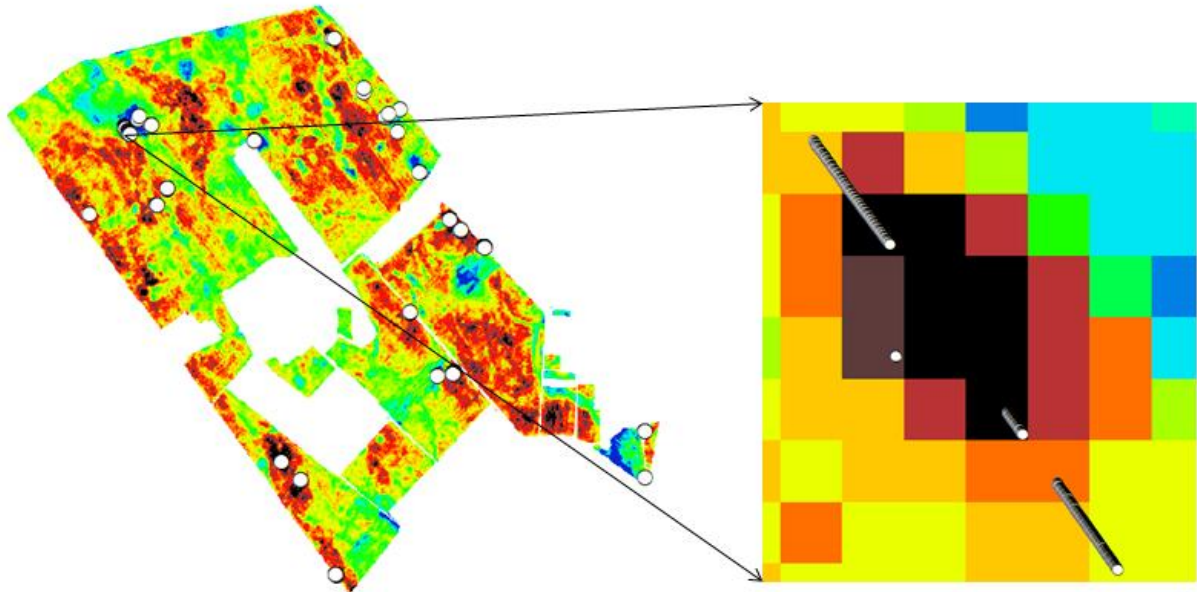


Figure 9 : A gauche : points créés représentant les valeurs extrêmes écartées dans l'histogramme des données interpolées; A droite: zoom sur une zone concentrée en points extrêmes

Les valeurs extrêmes des données brutes sont peu nombreuses (600 points soit 0.04% des données brutes) et ponctuelles pour la plupart.

Il y a cependant une zone qui attire notre attention, celle zoomée sur la carte : un ensemble de valeurs extrêmes se suivent le long d'une ligne de mesure ARP. Il est très fortement probable qu'il s'agisse d'un problème lors de la mesure. Il conviendra donc, par la suite d'éviter cette zone pour placer les points d'échantillonnage.

Aux vues de ces résultats, nous concluons que la prospection ARP est de bonne qualité et nous utiliserons le jeu de données interpolées fournies par Géocarta pour réaliser l'affichage des cartes et les traitements pour l'élaboration du plan d'échantillonnage. Cela dit, il est possible, à partir d'ArcGIS d'interpoler les données selon la méthode Spline (voir encadré « Méthode d'interpolation des données brutes » en fin de document).

2) Elaboration des cartes

A partir des prochaines étapes, les couches, les résultats et traitements seront enregistrés dans une géodatabase³ afin de trier, classer plus facilement les données initiales des données créées. La géodatabase a ainsi été créée sous le nom « traitements_nov11 » au chemin suivant :

Epoisses\couches\GEOPHYSIQUE\MESURES_ARP\prosp2011_11\traitements_nov11.mdb

Pour faciliter les enregistrements, il suffit de choisir cette géodatabase comme géodatabase par défaut : Ouvrir **ArcCatalog** → chercher le répertoire où se trouve la nouvelle géodatabase → **cliquez droit sur la géodatabase** → **choisir comme géodatabase par défaut**

2. a) Conversion des données interpolées en raster

A partir des fichiers de forme des données interpolées (« .shp » type point), il a suffi de transformer les points en raster (Figure 10) :

- ✓ **ArcToolBox** → **outils de conversion** → **vers raster** → **entités vers raster** → pour le fichier de données interpolées, enregistrer un raster par type de voie → par exemple, pour la voie 1, nommer la sortie « V1_nov11_grid ». Choisir une taille de cellule en sortie correspondant à celle choisie par Géocarta (3m dans notre cas).

Données grid Epoisses = Fichier de points à + de 133 000 points



Données grid converties en raster avec une taille de cellule = 3

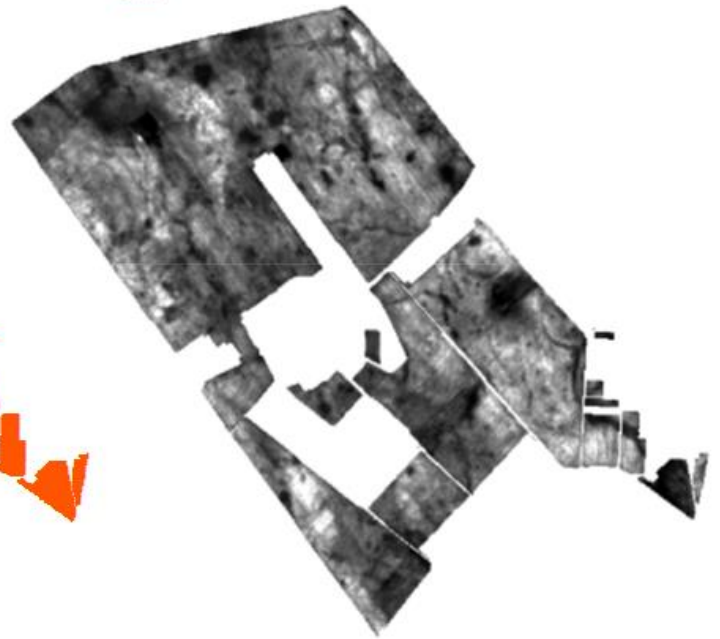


Figure 10: Conversion des données interpolées (en points) vers un raster, exemple de la voie 3

³ Une géodatabase est un « conteneur » utilisé pour stocker un ensemble de jeux de données.

2. b) Affichage

Pour l'affichage carte en sortie, nous avons décidé de créer une carte de résistivité électrique en 15 classes et ce, à partir d'un dégradé de couleurs créé manuellement.

❖ Construction d'un dégradé de couleurs

Onglet **Personnaliser** → **Gestionnaire des styles** → dossier C:\\Users\\... → clic droit sur **Dégradés de couleurs** → **Nouveau** → **Dégradé de couleurs multi-parties**

Une fenêtre s'ouvre, il suffit d'ajouter un dégradé de couleurs « algorithmique » et de répéter cette étape pour obtenir l'échelle de couleur souhaitée (Figure 11).

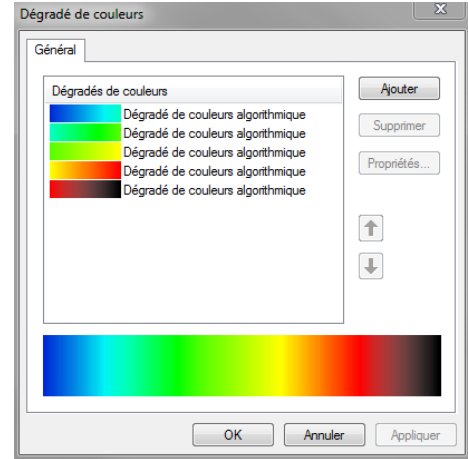


Figure 11 : Dégradé de couleur

❖ Représentation des cartes de résistivité électrique en 15 classes

Il est d'usage pour les données de résistivité électrique de les représenter selon une échelle logarithmique. Comme ce mode de classification n'est pas proposé sous ArcGIS, nous proposons un fichier Excel permettant de calculer les valeurs des bornes à partir des données min et max et du nombre de classes souhaitées (« calcul-bornes.xlsx »).

Une fois les valeurs des bornes calculées, les valeurs ont été saisies manuellement : clic droit sur le **raster** → **propriétés** → **symbologie** → **classée** → **classer** (Figure 12) → choisir **15 classes** dans la liste déroulante → **valeurs des bornes** : entrer manuellement les valeurs à l'endroit prévu à cet effet :

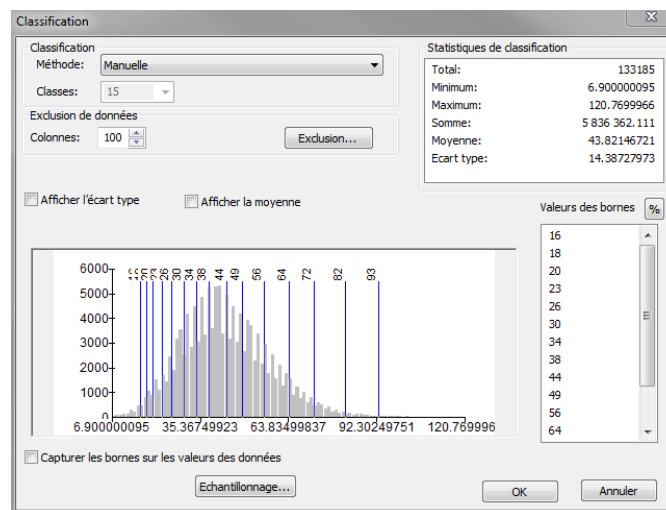


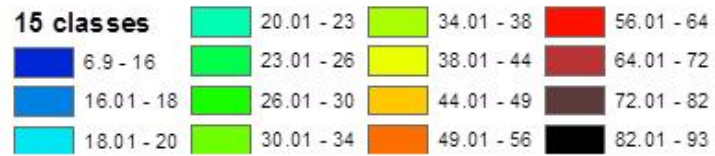
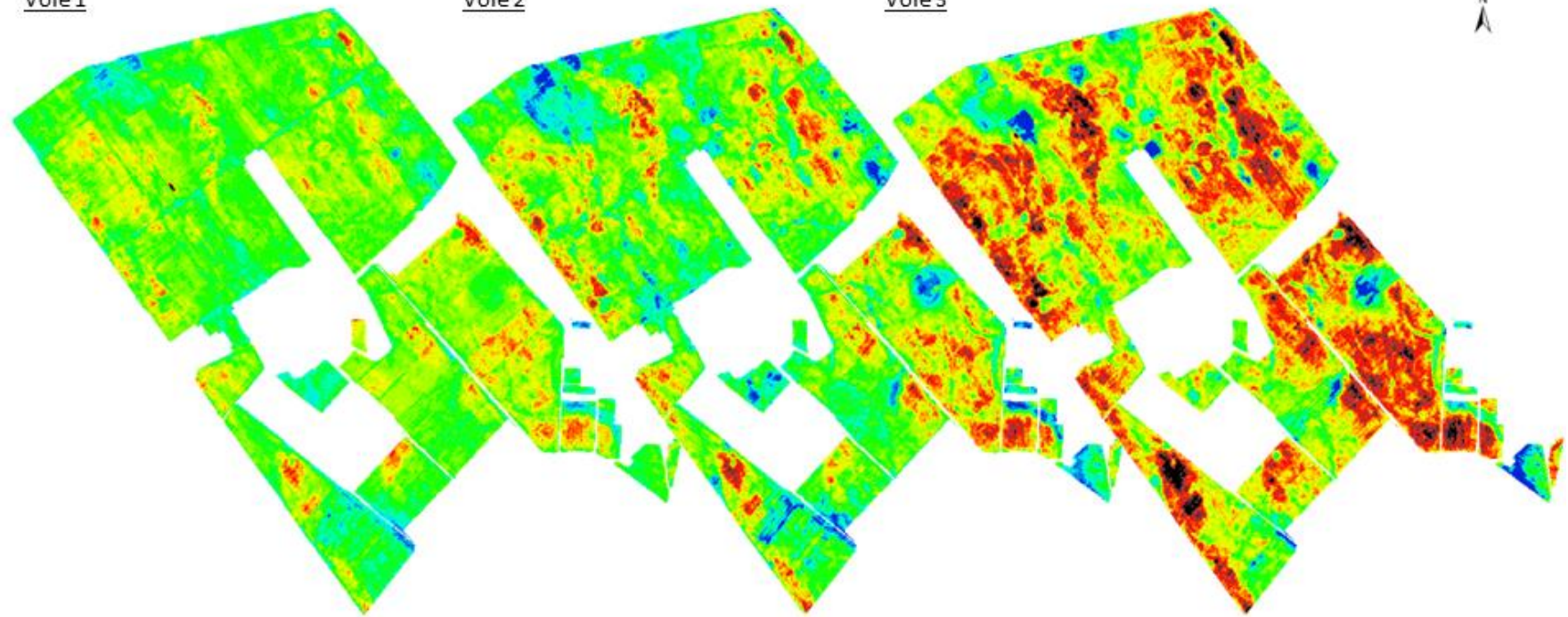
Figure 12 : Fenêtre de classification où l'on rentre manuellement les 15 classes déterminées à partir du fichier excel « calcul-bornes.xlsx »

Une fois classé, l'échelle de couleur créée manuellement -qui se trouve désormais avec les autres dégradés de couleurs dans la liste déroulante- a été attribuée. Les cartes de résistivité ont ainsi été créées (Figure 13).

Voie 1

Voie 2

Voie 3



0 50 100 200 Mètres


Figure 13 : Cartes de résistivité créées à partir des 15 classes, pour chacune des voies d'ARP

3) Construction du plan d'échantillonnage

En concertation avec l'UE d'Epoisses, il a été décidé de créer un plan d'échantillonnage pour un jeu de données de validation de 50 points dans les parcelles prospectées en novembre 2011. 13 points sur 4 parcelles qui ont été prospectées à d'autres dates seront rajoutés manuellement (≈ 3 points par parcelle : H1 F1 P4 et B5) ce qui permettra de voir si le modèle peut être étendu aux prospections ultérieures.

Pour placer les 50 points, nous utiliserons une méthode « statistique ».

3. a) Méthode statistique

Nous avons choisi de travailler sur la voie 3 qui connaît la meilleure corrélation avec la profondeur du sol dans le travail de Daril Ndjiba Mitombo. La méthode pour choisir la localisation des 50 points a été construite de manière à :

- Ce que toute la gamme de résistivité de la voie 3 soit prise en compte
- Ce que toutes les résistivités choisies pour localiser les points dans la gamme soient réparties en cohérence avec leur fréquence d'apparition.

❖ Séparer les données du raster de la voie 3 en 50 classes en intervalles géométriques

ArcToolBox → **Outils Spatial Analyst** → **Reclassement** → **Reclassification**: choisir la couche correspondant au raster de la voie 3; classer en 50 classes en intervalles géométriques (algorithme qui prend en charge les données continues et qui crée un équilibre sur la distribution des données et qui prend en compte la gamme de valeurs) et ajouter manuellement une classe avec la valeur minimale et une classe avec la valeur maximale. Le fait d'imposer 2 classes permet de contraindre le traitement et ainsi balayer tout l'histogramme de valeurs.

❖ Créer 50 polygones à partir des 50 classes

ArcToolBox → **Outils de conversion** → **à partir d'un raster** → **Raster vers polygone** → raster en entrée : celui de la reclassification en 50 classes.

L'outil de conversion d'un jeu de données raster en polygones convertit les cellules ayant les mêmes valeurs de raster et contiguës en un polygone.

Le fichier en sortie est un fichier de forme type polygone. Le raster en entrée a permis de créer 85465 polygones. Etant donné que l'on a reclassé le précédent en 50 classes, le fichier de polygone en sortie est composé de 50 valeurs de GRIDCODE possibles. On a donc 85465 polygones avec seulement 50 GRIDCODE → Les polygones ayant les mêmes GRIDCODE n'ont pas été fusionnés car les cellules de même valeur n'étaient pas contiguës.

Il est donc nécessaire de combiner tous ces polygones selon leur valeur de GRIDCODE.

Onglet **Géotraitements** → **Fusionner** → fusionner le fichier de forme type polygone qui vient juste d'être créé par le GRIDCODE pour pouvoir n'obtenir que 50 polygones correspondants aux 50 classes.

❖ Création d'une contrainte pour la position des points

Pour le plan d'échantillonnage, il est souhaitable que les points ne se trouvent pas sur ou trop proches des points du premier plan d'échantillonnage (« 28pts.shp »)

Pour éviter que les points ne se juxtaposent avec les points de calibration, il est nécessaire de créer une zone tampon autour de chacun des points, nous avons choisi 15 m :

Onglet **Géotraitement** → **Zone Tampon** → faire une zone tampon sur le shape des points du premier échantillonnage (28_pts) de 15 m.

Toutes les couches nécessaires sont désormais créées.

❖ Création des points aléatoires à partir des 50 polygones

ArcToolBox → **Outils de gestion des données** → **Classe d'entités** → **Créer des points aléatoires** :

- Classe d'entités de contrainte : la couche de fusion des polygones
- Nombre de points – entier long = 1 (car 1 par polygone)
- Environnements (bouton en bas à droite de la fenêtre, à côté de OK) :
 - Analyseur raster → masque : la couche du buffer (zone tampon) de 15 m des points de calibration
 - Nombres aléatoires : Type Mersenne Twister⁴

❖ Déplacement manuel des points

Selon la position des points aléatoires, il est possible de les déplacer manuellement si certains ne sont pas placés en des lieux stratégiques (mauvaise répartition dans l'espace, parcelle peu intéressante etc...).

- ✓ **Clic droit sur le fichier de points aléatoires** → **Modifier les entités** → **ouvrir une session de mise à jour**
- ✓ Dans la barre d'outils de session de mise à jour, prendre la **flèche de sélection** (située juste à côté de « Editeur ») entouré en rouge sur la figure 14.

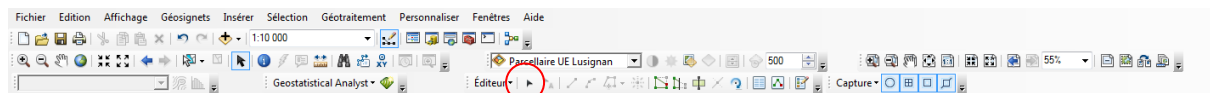


Figure 14: Flèche de sélection dans la session de mise à jour

- ✓ Il est maintenant possible de déplacer un point. Il suffit de cliquer une fois pour le sélectionner, tout en restant cliqué, on le déplace et pour le placer, double cliquer.
- ✓ Lorsque les modifications de localisation ont été effectuées, **quitter la session de mise à jour en enregistrant les modifications.**

Pour vérifier les valeurs de résistivité sur les points d'échantillonnage :

- ✓ **ArcToolBox** → **Outils Spatial Analyst** → **Extraction** → **Extraction de valeurs multiples vers des points** → Choisir en entités les points aléatoires ; en raster : choisir la voie 3 grid.

Les points d'échantillonnage sont créés, il ne reste plus qu'à en ressortir les coordonnées X et Y afin de pouvoir facilement les localiser et les intégrer dans un GPS.

- ✓ **ArcToolBox** → **Outils de gestion des données** → **Entités** → **Ajouter des coordonnées XY**

⁴ Mersenne Twister est un type de générateur de nombre aléatoires. Cet algorithme est plus rapide que la plupart des autres générateurs.

3. b) Méthode manuelle

Pour les 4 parcelles (H1, F1, P4 et B5), nous avons récupéré les données interpolées des prospections, deux dates de prospection correspondent : octobre 2012 et avril 2013. Pour commencer, il faut sélectionner les parcelles qui nous intéressent parmi ces deux prospections.

Sélection des 4 parcelles :

- ✓ On commence par faire apparaître sur la carte les couches de données interpolées comprenant les 4 parcelles ainsi que le parcellaire.
- ✓ Ensuite, grâce à l'outil « **sélection par polygone** » (Figure 15) présent dans la barre d'outils, on sélectionne les 4 parcelles H1, F1, P4 et B5 avec l'aide du parcellaire.

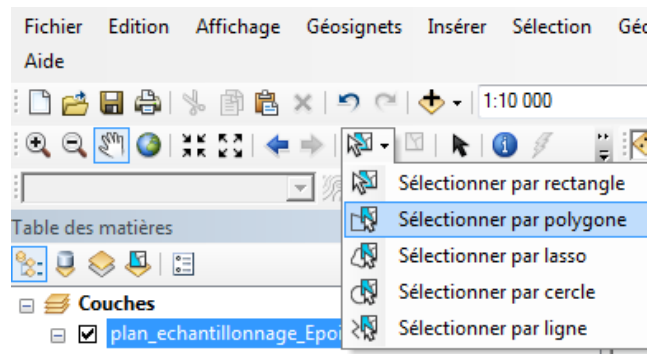


Figure 15 : Outil de sélection par polygone

- ✓ Lorsque ces 4 parcelles sont sélectionnées → **Double clic** sur le polygone construit → Cette étape permet de « fermer » le polygone et ainsi sauvegarder sa forme
- ✓ A cette étape, les données interpolées comprises à l'intérieur du polygone se mettent en surbrillance.
- ✓ Il suffit de faire un **clic droit sur la couche de données interpolées** (couche d'octobre 2012 puis couche d'avril 2013) → **Sélection** → **Créer une couche à partir des entités sélectionnées**.
- ✓ 2 couches « sélection » sont créées :
 - L'une correspondant aux parcelles d'octobre 2012
 - L'autre correspondant aux parcelles d'avril 2013
- ✓ **Clic droit** sur chacune des deux couches « sélection » → **Exporter** → **Exporter des données**
→ noms de fichiers en sortie :
 - H1F1P4_oct12_grid
 - P4B5_av13_grid


Les prochaines étapes sont identiques à celles effectuées pour la prospection de novembre 2011 :

- ✓ Conversion des données interpolées en raster → voir « Conversion des données interpolées en raster »
- ✓ Classification en 15 classes à partir du fichier Excel « calcul-bornes.xlsx » → voir « Représentation des cartes de résistivité électrique en 15 classes »

Lorsque toutes ces étapes sont réalisées, on peut commencer à placer manuellement les 13 points supplémentaires :

❖ Etape 1 : Créer un fichier de forme de type point

- ✓ **Ouvrir ArcCatalog** → **Clic droit** sur le répertoire où l'on veut enregistrer ce fichier de forme → **Nouveau** → **Fichier de forme** (Figure 16, gauche)

- ✓ La fenêtre de création d'un fichier de forme s'ouvre → Entrer le nom, Choisir le type d'entités et indiquer le système de projection (ici, RGF93 Lambert 93) (Figure 16, droite)
- ✓ Ajouter ce fichier de forme « 13_pts.shp » sous ArcGIS (Bouton  = Ajout des données)

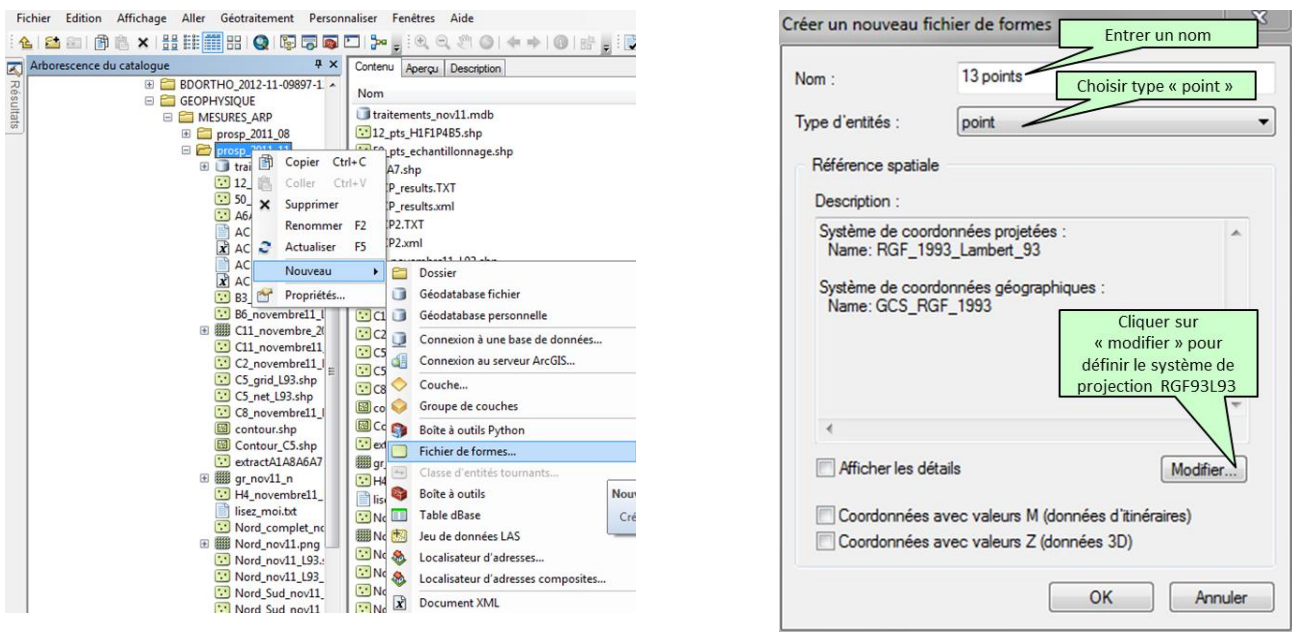


Figure 16 : Créer un nouveau fichier de forme sous ArcCatalog (gauche : Enregistrement dans le répertoire ; droite : Fenêtre de paramètres du nouveau fichier de forme)

❖ Etape 2 : Session de mise à jour

- ✓ **Clic droit** sur ce « shape » → **Modifier les entités** → **Ouvrir une session de mise à jour**
- ✓ Lorsqu'une session de mise à jour est ouverte, la barre d'outils devient sélectionnable (Figure 17)



Figure 17 : Les boutons de la barre d'outils « Editeur » s'activent lorsque la session de mise à jour est ouverte

- ✓ **Cliquer** sur le dernier icône de la barre d'outils « Editeur » qui s'intitule « **Créer des entités** » (Encadré rouge sur la Figure 17) → Une fenêtre apparaît avec dans la liste, le nouveau « shape » qui vient d'être créé.
 - ✓ **Double clic** sur le shape « 13_pts » dans la fenêtre « **Créer des entités** » → Ouverture d'une fenêtre où l'on peut choisir le type, la couleur de l'entité... → **OK**
 - ✓ Il est désormais possible de placer un point où l'on souhaite et pour sauvegarder la position pour chaque point, ne pas oublier de **double cliquer lorsque le point est placé**.
 - ✓ Lorsque les 13 points sont placés, cliquer sur « éditeur » dans la barre d'outils → **Enregistrer les mises à jour** → Puis re cliquer sur ce même menu → **Quitter la session de mise à jour**
- ➔ 13 points ont ainsi été placés manuellement avec l'outil de session de mise à jour

Pour vérifier les valeurs de résistivité sur les points d'échantillonnage :

- ✓ **ArcToolBox** → **Outils Spatial Analyst** → **Extraction** → **Extraction de valeurs multiples vers des points** → Choisir en entités les points aléatoires ; en raster : choisir la voie 3 grid.

Les points d'échantillonnage sont créés, il ne reste plus qu'à en ressortir les coordonnées X et Y, tout comme pour les 50 points créés avec la méthode statistique, afin de pouvoir facilement les localiser et les intégrer dans un GPS.

- ✓ **ArcToolBox** → **Outils de gestion des données** → **Entités** → **Ajouter des coordonnées XY**

3. c) Combinaison des 2 jeux de données (50 + 13 points)

Lorsque les 50 et les 13 points sont créés, on les combine pour obtenir une seule couche avec tous les points d'échantillonnage et une seule table attributaire. Cette étape facilite l'affichage ainsi que l'export de cartes, de données et de tables attributaires.

- ✓ Onglet **Géotraitements** → **combinaison** → entrer les deux couches de points
- ✓ Récupération du code des parcelles : Onglet Géotraitements → Intersecter → Choisir la couche combinée ainsi que la couche du parcellaire où les codes des parcelles sont disponibles → fichier en sortie : « plan_echantillonnage_Epoisses » = une table attributaire est créée regroupant tous les champs des deux fichiers d'entrée. On peut donc soit garder tous les champs ou alors supprimer ceux qui ne serviraient pas (clic droit sur la colonne → supprimer un champ).

Après une mise en page des données, les cartes ont été exportées (formats « .pdf » et « .png »).

Remarque : Une modification du plan d'échantillonnage a été nécessaire pour quelques points.

Résultats :

- ✓ Une carte avec les 63 points d'échantillonnage : « plan d'échantillonnage Epoisses 63 points .tif » et « .pdf » (Figure 18)
- ✓ Une carte avec les 63 points d'échantillonnage + les 28 points de la calibration : « plan échantillonnage 63 pts + 28 points calibration .tif » et « .pdf » (Figure 19)
- ✓ Un fichier Excel qui contient les coordonnées X et Y en RGF93 Lambert 93 pour chacun des points et les valeurs de résistivités au droit de ces points : « Plan_echantillonnage_Epoisses_21022014.xlsx » (Tableau 2)

Tableau 2 : Coordonnées XY en Lambert 93 pour chacun des 63 points d'échantillonnage ainsi que les valeurs de raster

OBJECTID	X	Y	V3_novembr	octobre_20	avril_2013	code
1	858874.30010	6683188.25690	27.24	0.00	0.00	P7
2	858828.02490	6683189.27990	80.24	0.00	0.00	P8
3	858957.92240	6683247.10830	36.17	0.00	0.00	P7
4	858794.69770	6683324.01810	39.11	0.00	0.00	P9
5	858986.49180	6683368.92060	37.08	0.00	0.00	P6
6	858711.05100	6683375.83010	112.10	0.00	0.00	P10
7	859065.32160	6683428.95620	41.43	0.00	0.00	P6
.....
57	858126.02270	6684549.70850	18.10	0.00	0.00	C11
58	858399.42820	6684599.68910	15.72	0.00	0.00	C5
59	858211.83830	6684618.71140	31.15	0.00	0.00	C11
60	858848.24480	6684665.16230	60.35	0.00	0.00	D5
61	858702.67040	6684676.60820	52.70	0.00	0.00	C9
62	858793.83580	6684703.24330	40.15	0.00	0.00	D5
63	858722.75170	6684728.71630	60.61	0.00	0.00	D5

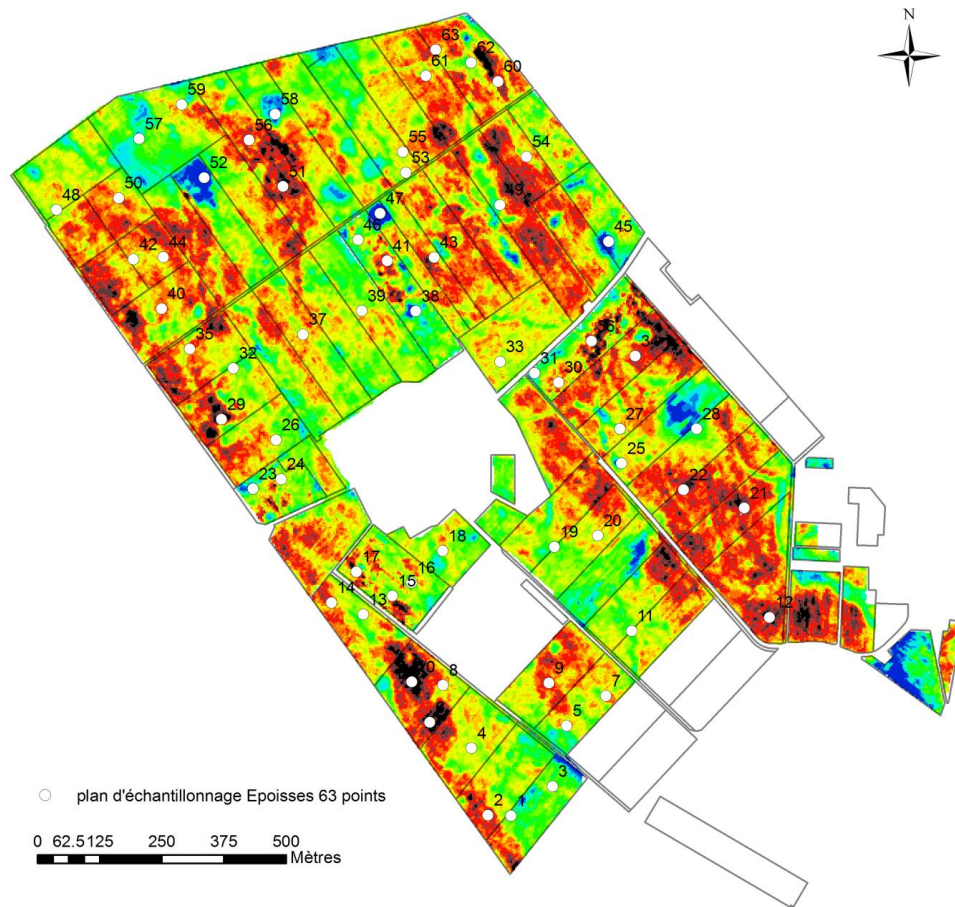


Figure 18 : Plan d'échantillonnage de l'UE d'Epoisses : 63 points

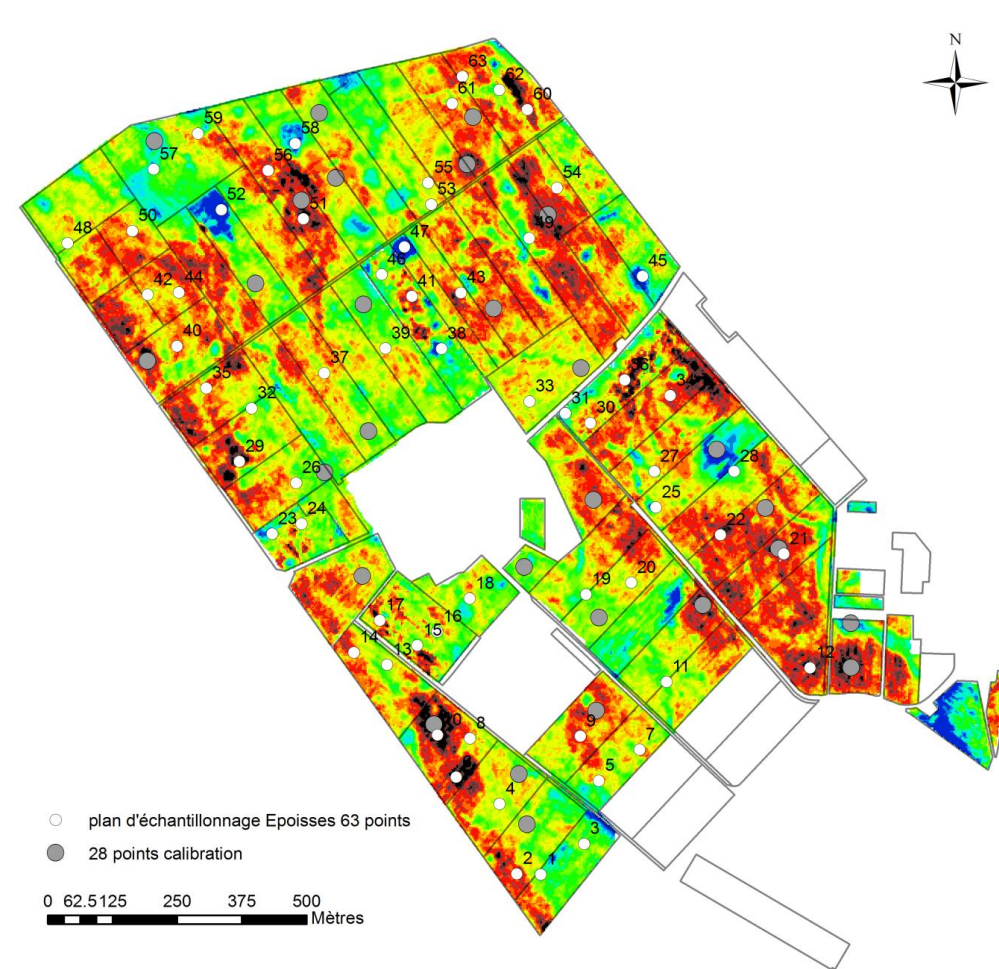


Figure 19 : Points blancs : les 63 points qui serviront de jeu de données de validation ; points gris : les 28 points ayant servi à la calibration du modèle

Méthode d'interpolation des données brutes

La méthode utilisée pour l'interpolation est la méthode « spline » qui est une fonction bien adaptée pour représenter des valeurs variant graduellement comme la résistivité électrique.

- ✓ Nous avons fait le test sur une parcelle (C5), il faut dans un premier temps créer un fichier de forme type polygone pour pouvoir dessiner le contour de cette parcelle qui servira de contrainte à l'interpolation :
- ✓ **ArcToolBox** → **Outils spatial Analyst** → **Interpolation** → **Spline avec interruptions** (Figure 20)

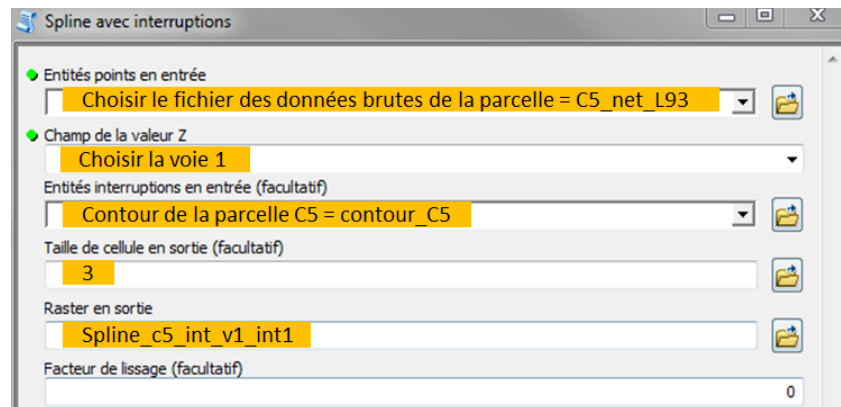
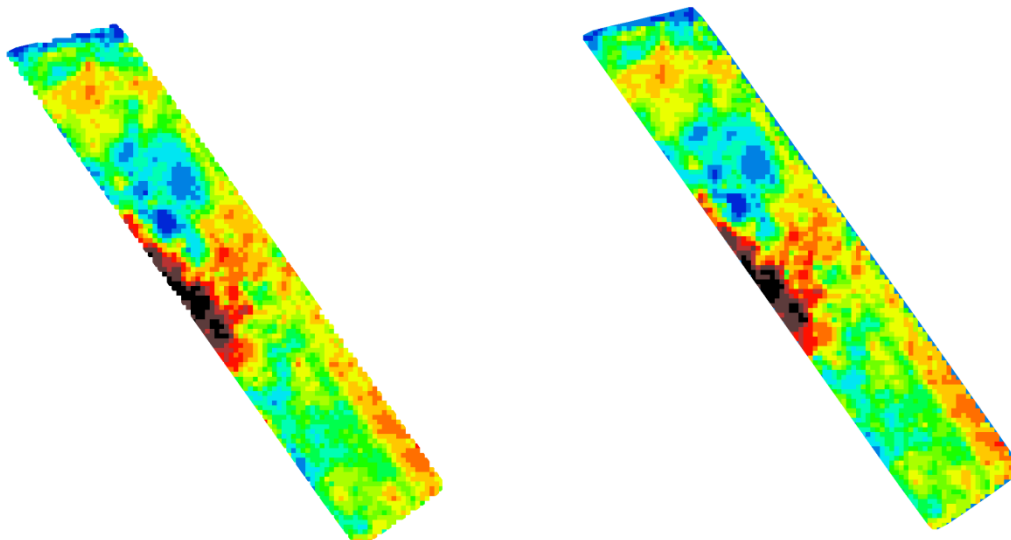


Figure 20: Fenêtre pour l'interpolation « spline avec interruption » et indications

Comparaison entre la parcelle C5 en données interpolées grid par Géocarta (Figure 21, gauche) et la parcelle C5 en données interpolées sous ArcGIS avec l'outil « Spline avec interruptions » (Figure 21, droite), les échelles de couleur ont été mises à l'identique pour pouvoir comparer facilement :

Parcelle C5 - donnés grid GEOCARTA

Parcelle C5 - donnés interpolées
par SPLINE AVEC INTERRUPTIONS



→ Les deux cartes sont pratiquement identiques. Les différences se jouent sur des pixels isolés en limites notamment. Les deux cartes présentent les mêmes structures.

Figure 21: Comparaison entre interpolation Géocarta (à gauche) et interpolation ArcGIS (à droite)

TABLES DES MATIERES

1) ANALYSES PREALABLES SUR LES DONNEES	1
1. A) DONNEES DISPONIBLES	1
1. B) CREATION D'UNE CARTE « SUIVI DES PROSPECTIONS »	2
1. C) HISTOGRAMMES ET STATISTIQUES DESCRIPTIVES POUR LES DONNEES BRUTES ET INTERPOLEES	3
❖ <i>Etape 1 : Statistiques descriptives à partir de Geostatistical Analyst</i>	<i>3</i>
❖ <i>Etape 2 : Créer un histogramme</i>	<i>3</i>
❖ <i>Synthèse des résultats statistiques et premières interprétations</i>	<i>6</i>
1. D) COMPARAISON SUR SIG DES DONNEES BRUTES ET INTERPOLEES	7
2) ELABORATION DES CARTES	9
2. A) CONVERSION DES DONNEES INTERPOLEES EN RASTER	9
2. B) AFFICHAGE	10
❖ <i>Construction d'un dégradé de couleurs</i>	<i>10</i>
❖ <i>Représentation des cartes de résistivité électrique en 15 classes</i>	<i>10</i>
3) CONSTRUCTION DU PLAN D'ECHANTILLONNAGE	12
3. A) METHODE STATISTIQUE	12
❖ <i>Séparer les données du raster de la voie 3 en 50 classes en intervalles géométriques</i>	<i>12</i>
❖ <i>Créer 50 polygones à partir des 50 classes</i>	<i>12</i>
❖ <i>Création d'une contrainte pour la position des points</i>	<i>12</i>
❖ <i>Création des points aléatoires à partir des 50 polygones</i>	<i>13</i>
❖ <i>Déplacement manuel des points</i>	<i>13</i>
3. B) METHODE MANUELLE	14
❖ <i>Etape 1 : Créer un fichier de forme de type point</i>	<i>14</i>
❖ <i>Etape 2 : Session de mise à jour</i>	<i>15</i>
3. C) COMBINAISON DES 2 JEUX DE DONNEES (50 + 13 POINTS)	16
METHODE D'INTERPOLATION DES DONNEES BRUTES	18