

Contribution des SIG à la lutte contre les mines antipersonnel et / ou autres restes explosifs de guerre

PRESENTATION DU CIDHG ET DE LA PROBLEMATIQUE



Le Centre International de Déminage Humanitaire de Genève (CIDHG) est une organisation internationale spécialisée établie en Suisse en tant que fondation à but non lucratif. Il a été créé en avril 1998 par la Suisse conjointement avec plusieurs autres pays. En mars 2003, le Centre a conclu avec le Gouvernement suisse un accord de statut lui garantissant son indépendance et sa liberté d'action. Il compte aujourd'hui plus de 50 collaborateurs et est financé par plus de 20 pays et organisations internationales.

Tant qu'il y aura des conflits armés, il y aura des mines antipersonnel (AP) et autres restes explosifs de guerre (REG) susceptibles de toucher les populations civiles, et une expertise en la matière sera nécessaire pour élaborer des solutions. Plus de 80 pays sont encore à ce jour touchés par les mines AP et autres REG.

Le CIDHG œuvre à l'élimination des mines AP et à la réduction de l'impact humanitaire des REG. Le CIDHG est attaché aux principes d'humanité, d'impartialité, de neutralité et d'indépendance.

En partenariat avec d'autres organisations, le CIDHG cherche à soutenir le développement des capacités, mène des recherches appliquées et élabore des normes afin d'accroître la performance et le professionnalisme de l'action contre les mines. Dans le même but, le CIDHG appuie la mise en œuvre des instruments pertinents du droit international.

LE SIG AU CIDHG

Les données relatives à l'action contre les mines sont sous la responsabilité des différents pays qui les mettent à jour. Une application appelée IMSMA^{NG} (Information Management System for Mine Action – Next Generation) et basée sur ArcGIS Engine est utilisée depuis plusieurs années dans la majorité des pays affectés par les mines AP et / ou REG. Si elle a plutôt pour vocation d'aider les utilisateurs dans la saisie de comptes-rendus sur les activités et progrès concernant l'identification et la dépollution des zones affectées par des AP et / ou d'autres REG, elle offre néanmoins, d'un point de vue pratique, un certain nombre de fonctionnalités cartographiques intéressantes telles que la saisie de points par leurs coordonnées, la digitalisation de polygones, ou la création de mises en page (figure 1). Techniquement parlant, les données saisies dans IMSMA^{NG} sont stockées dans MySQL.



Figure 1 : Exemple d'interface offerte par IMSMA^{NG}

Il est à noter que les champs de saisie dans IMSMA^{NG} peuvent être personnalisés selon les besoins propres à chaque pays, donnant ainsi lieu à une gamme très variée de données stockées dans MySQL.

Par ailleurs, il n'existe à l'heure actuelle aucun serveur centralisé de données, de cartes ou de services à l'échelle mondiale. Certains pays affectés par les AP et / ou autres REG souhaitent partager l'étendue de l'information de leur pollution avec la communauté élargie de l'action contre les mines, tout en préservant une certaine confidentialité des données.

C'est pour toutes ces raisons que le projet SERWIS (Server for Explosive Remnants of War Information Systems) a vu le jour. Ce projet a pour vocation de montrer l'étendue du problème des pays affectés désireux de le faire, tout en préservant la sensibilité des données sur les mines AP et / ou REG à leur demande.

En complément à IMSMA^{NG}, de plus en plus de pays utilisent ArcGIS Desktop. Cette utilisation croissante des produits ESRI a encouragé le CIDHG à vouloir produire des outils personnalisés ainsi qu'un cours virtuel permettant de mettre à jour les connaissances informatiques des utilisateurs dans le domaine.

OBJECTIFS DE CET ARTICLE

Depuis le début de l'année 2010, le CIDHG et l'Université de Genève travaillent conjointement sur les modules suivants :

1. Pour certains pays test, la mise en place de fonctionnalités de calcul de raster de densité à partir des données vectorielles contenues dans les bases de données MySQL des utilisateurs ; l'automatisation de ce calcul et l'aide à son application dans le logiciel IMSMA^{NG} ;
2. Le regroupement des résultats des différents pays et leur publication sur un serveur centralisé à Genève afin de les rendre accessibles, sous forme de données, cartes et services à certains consultants de la communauté élargie de l'action contre les mines, tout en respectant la confidentialité des données selon la demande des pays ;
3. La comparaison des rasters de densité avec des bases de données génériques (altitude, pente, hydrologie, végétation notamment) afin de mieux appréhender l'impact potentiel et les difficultés opérationnelles de la lutte contre les mines AP et / ou REG ;
4. Le développement sous ArcMap d'outils personnalisés faciles d'emploi, afin de permettre aux utilisateurs des pays touchés, d'accéder de manière simple aux fonctionnalités du SIG ;
5. La publication sur le Virtual Campus ESRI d'un cours orienté "action contre les mines", afin de former le plus grand nombre d'utilisateurs aux bases d'ArcGIS Desktop.

L'objectif de cet article est de décrire plus en détail ces différentes tâches.

1. SERWIS - CALCUL DE RASTERS DE DENSITE

Les données fournies par les pays sont vectorielles et proviennent d'IMSMA^{NG}. Certaines d'entre elles revêtent un caractère sensible et confidentiel, ce qui ne facilite pas toujours leur exploitation, moins encore leur mise à disposition d'un cercle élargi de consultants parmi la communauté d'action contre les mines.

C'est pourquoi le CIDHG, en collaboration avec l'Université de Genève, a imaginé de ne pas représenter les données elles-mêmes, mais une estimation de leur densité spatiale. Deux catégories de données ont fait l'objet de calculs de rasters de densité, à savoir :

- Les zones affectées par des mines AP et / ou autres REG ;
- Les activités d'identification et / ou de dépollution des zones affectées par les mines AP et / ou autres REG.

Dans les deux cas, la localisation et la surface des données d'entrée ont été les attributs déterminants pour les calculs.

ArcGIS fournit des fonctions intéressantes à ce sujet, la plus pertinente étant la fonction Kernel, dont l'algorithme est le suivant :

$$f(x) = \frac{1}{nh^d} + \sum_{i=1}^n K\left\{\frac{1}{h}(x - X_i)\right\} \quad \text{avec} \quad K(x) = \begin{cases} 3\pi^{-1}(1 - x^T x)^2 & \text{si } x^T x < 1 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Cette méthode d'estimation de densité est très utilisée dans de nombreux domaines, dont l'analyse criminelle. Chaque pixel du raster de sortie (PRS) reçoit la somme des contributions des pixels situés dans un rayon donné (ci-après, le Search Radius), mais pondérées par un champ "applicatif", ici la surface du champ de mines (figure 2), et également par l'inverse de la distance à PRS.

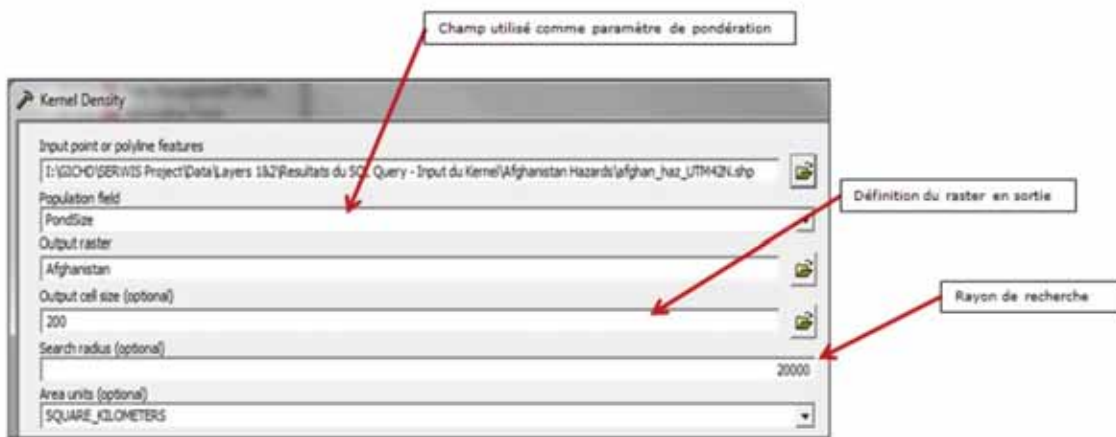


Figure 2 : Exemple d'utilisation de l'outil "Kernel density"

Cette méthode présente plusieurs avantages, comme celui d'interpoler et d'extrapoler les valeurs en entrée, et de leur appliquer un lissage finement paramétrable.

Avant de choisir le calcul de densité Kernel, d'autres outils disponibles dans ArcGIS ont été testés, puis abandonnés :

- Le Central Feature, qui ne donne pas des résultats probants sur des données hétérogènes telles que celles de l'action contre les mines,
- Le Collect Events, qui ne permet malheureusement pas de pondérer par un champ tel que la surface du champ de mines,
- Le Point Density (densité de points), qui n'autorise pas un paramétrage aussi fin que l'outil Kernel,
- Le Line Density (densité de lignes), qui n'offre pas de pondération par l'inverse de la distance,
- Le Natural Neighbors (voisins naturels), qui impose des temps de calcul trop longs et une sollicitation trop importante de la mémoire de l'ordinateur. A ce titre, il faut être conscient que les utilisateurs finaux n'ont pas nécessairement des ordinateurs performants,
- L'Inverse Distance Weight (pondéré par l'inverse de la distance), qui propose une interpolation des valeurs en entrée, mais pas d'extrapolation,
- Le Spline, dont les temps de calcul sont là encore trop longs, et qui sont inadaptés aux données trop hétérogènes.

L'outil Kernel fournit des temps de calcul acceptables (quelques minutes sous ArcGIS Desktop pour un pays contenant plus de 5'000 champs de mines ou REG, avec un rayon Kernel égal à 20 kilomètres et une taille de cellule du raster en sortie égale à 200 mètres.

Pour chaque pays, il est prévu de calculer 8 rasters, selon le processus suivant :

- un calcul de densité des mines AP et / ou autres REG encore actifs¹ ;
- un calcul de densité sur des données représentant les activités d'identification et / ou de dépollution. Ces données sont plus récentes que les premières et correspondent à une activité effective et achevée au cours des 12 derniers mois ;
- chacun de ces deux calculs étant effectué à quatre échelles différentes, afin de les publier sur le serveur à des échelles variant du 1 :150'000'000 (échelle mondiale) au 1 :1'000'000 (échelle régionale).

Le caractère sensible et confidentiel des données empêche la publication à des échelles plus fines.

Il est également à noter que le rayon Kernel et la taille de pixel sont fonction de l'échelle de calcul. Le rayon varie entre 200 kilomètres et 20 kilomètres, et la taille de pixel entre 2 kilomètres et 200 mètres.

Les premiers résultats et les premières discussions avec les utilisateurs laissent entrevoir la possibilité de mettre en place un serveur affichant les données de plusieurs dizaines de pays. Ci-dessous un échantillon (figure 3) issu du calcul de densité sur des zones affectées par les mines AP et / ou autres REG.

¹ C'est-à-dire dont les activités d'identification et / ou de dépollution sont encore en cours

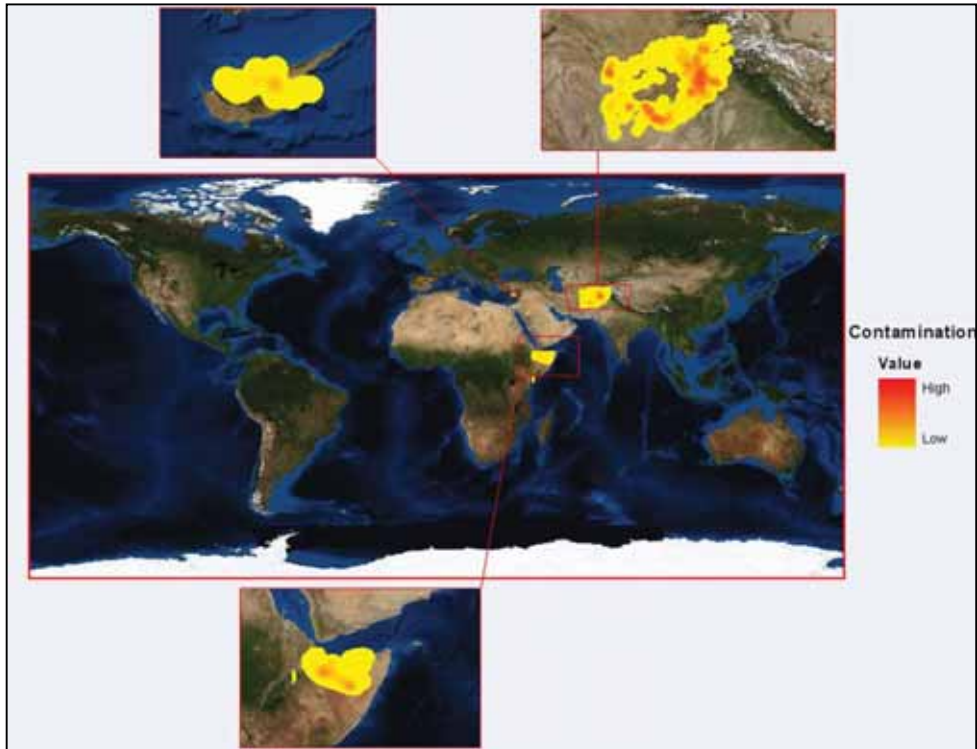


Figure 3 : Premiers résultats du projet SERWIS

La représentation de ces rasters est un véritable défi, car il s'agit de mettre à disposition des utilisateurs une rampe de couleur unique, valable pour chacune des quatre échelles de calcul. En outre, en montrant précisément l'ampleur du problème dans les différents pays, elle pourrait à plus ou moins long terme orienter les choix de pourvoyeurs de fond potentiels. Différents tests de représentation ont été réalisés pour définir une rampe de couleurs répondant à ces différentes attentes. Il est important de noter que les illustrations qui suivent ont été réalisées à partir de données remontant dans certains cas à plusieurs années et dont les dernières mises à jour datent de 2009. Par conséquent, elles ne correspondent pas à la situation actuelle sur le terrain :

- La méthode de représentation Etirée d'ArcMap ne se prête pas à une lecture aisée des valeurs du raster de densité (figure 4).

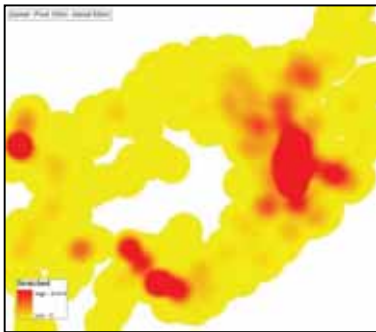


Figure 4 : Raster représenté par la méthode dite "Etirée"

- La méthode des Seuils Naturels regroupe les valeurs par plage cohérentes, mais n'est pas adaptée à un ensemble de rasters représentant des jeux de données aussi hétérogènes que ceux sur lesquels le CIDHG travaille (figure 5).

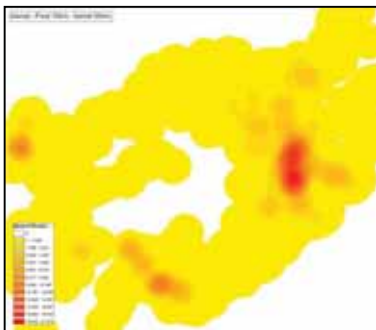


Figure 5 : Raster représenté par la méthode dite des "Seuils Naturels"

- Etant donné que certains pays sont beaucoup plus pollués que d'autres, les méthodes des Intervalles Egaux ou des Intervalles à Amplitude Définie ont tendance à écraser les fortes valeurs de densité au profit des valeurs faibles (figure 6).

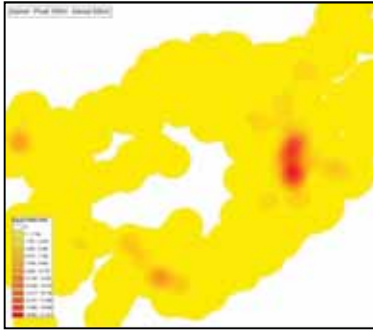


Figure 6 : Raster représenté par la méthode dite des "Intervalles égaux"

- La méthode des Ecart-types rend difficile la gestion du nombre de classes. En outre, lorsque l'on compare deux jeux de données raster très différents d'un pays à l'autre, la notion de moyenne ou d'écart-type perd de sa signification (Figure 7).

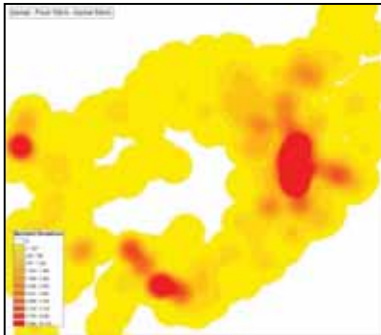


Figure 7 : Raster représenté par la méthode dite des "Ecart Types"

- La méthode utilisant les quantiles présente l'avantage de créer des classes ayant le même nombre de valeurs, mais son intérêt reste purement cartographique. (Figure 8)

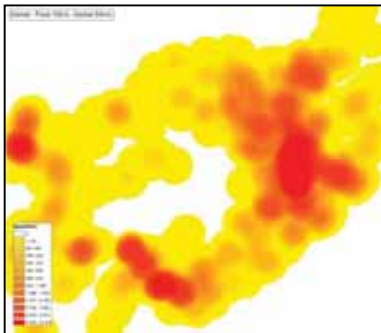


Figure 8 : Raster représenté par la méthode dite des "Quantiles"

- La méthode retenue est celle des Intervalles Géométriques, pour laquelle la largeur de l'intervalle N+1 est égale à la largeur de l'intervalle N multiplié par un ratio constant, généralement compris entre 1.3 et 1.8 ; les premières classes, dont le nombre est de l'ordre de 3 ou 4, présentent un ratio décroissant (égal dans ce cas à l'inverse de 1.3 ou de 1.8) ; en outre, la largeur de la première classe est fixée (Figure 9).

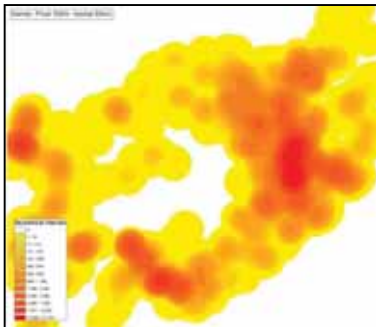


Figure 9 : Raster représenté par la méthode dite des "Intervalles Géométriques"

L'application d'une rampe de couleurs uniques pour l'ensemble des pays et à toutes les échelles a été personnalisée, notamment sur les premières classes (afin de mieux gérer l'affichage des faibles valeurs de densité), et automatisée en Dot Net.

Ci-après les rasters de densité obtenus à partir des données de l'Afghanistan (figure 10). La rampe de couleurs du jaune au rouge correspond à la densité actuelle des zones affectées par les mines AP et / ou autres REG, et la rampe de couleurs dans la gamme du violet correspond aux activités d'identification et / ou de dépollution de ces zones, activités étant effectives et achevées en 2009. Les données ayant servi au calcul de ces deux types de rasters ne correspondant pas aux mêmes dates, il n'est possible de tirer aucune conclusion en les comparant entre elles :

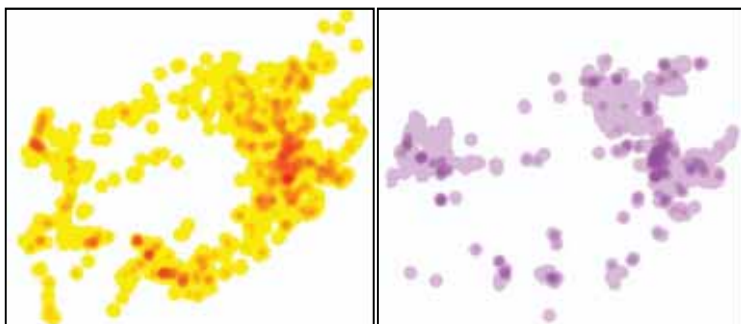


Figure 10 : Rasters issus du calcul de densité des champs infectés (gauche) et des actions de déminage menées (droite)

En vue d'affiner la représentation, notamment celle des faibles classes, un travail d'analyse statistique directement basé sur les histogrammes de valeurs, est actuellement à l'étude.

2. SERVIS - PUBLICATION DES RASTERS DE DENSITE SUR UN SERVEUR

La mise en place d'un serveur est en cours de réalisation. Les technologies actuellement utilisées sont ArcGIS Server 9.3.1, Image Server 9.3.1 et l'extension Geoportail pour ArcGIS Server. L'idée est de fournir à certains utilisateurs-clé du CIDHG et à certains partenaires, des données, des cartes et des services web.

L'image de fond sera l'image suivante, disponible sous ArcGIS online sous le nom de "World Imagery" (figure 11) :



Figure 11 : Carte servant de fond de plan pour le service web

La personnalisation des services dans ArcGIS Server est également envisagée, avec par exemple la mise en place de bookmarks afin que l'utilisateur puisse se rendre directement sur son pays (figure 12) :

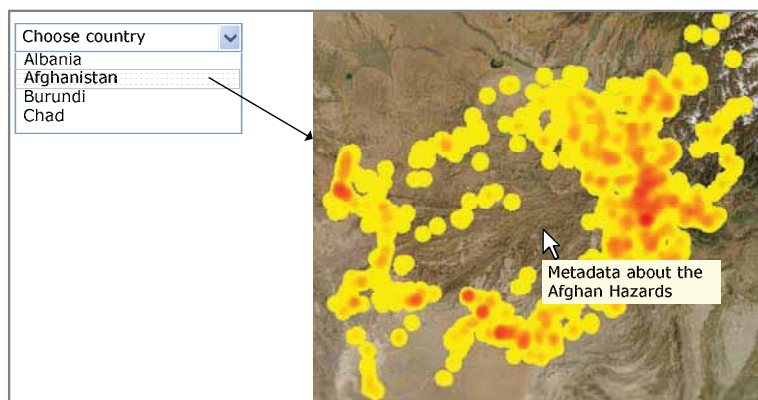


Figure 12 : Exemple de bookmark renvoyant sur le territoire afghan

Se pose également la question de la représentation des pays de petite superficie, dont les rasters de densité sont difficiles à visualiser à des échelles trop larges. La solution retenue est de les afficher sous forme de layer vectoriel, et de leur appliquer de manière automatique la même rampe de couleurs que les rasters de densité (figure 13).



Figure 13 : Exemple de pays de petite taille affichés sous forme d'indicateurs vectoriels aux larges échelles

La gestion des pays ne possédant que peu de données en entrée, ci-dessous l'exemple de Chypre (figure 14), pose également problème, la superficie contaminée apparaissant plus vaste qu'elle ne l'est en réalité. Des solutions sont à l'étude.



Figure 14 : Exemple de pays ayant peu de données en entrée (Chypre)

3. SERVIS - ZONES A DEMINER EN PRIORITE ET DIFFICULTES OPERATIONNELLES

Les rasters de densité exposés précédemment ne sont pas suffisants pour obtenir une vue détaillée de l'action à mener. Afin de combler ces besoins, il serait intéressant de combiner les rasters de densité avec des données plus génériques, afin de déterminer, par exemple, quelles sont les zones où les populations sont le plus exposées, et les difficultés opérationnelles que les activités d'identification et / ou de dépollution des zones affectées engendreraient. Une recherche est en cours sur la possibilité d'exploiter à l'échelle mondiale et à une résolution au moins égale au kilomètre carré, des bases de données de populations, d'hydrologie, d'altitude, de pente, d'infrastructures diverses etc. Des tests assez encourageants ont été réalisés sur certains jeux de données, et des bases telles que le SRTM, GlobCover, Hydro SHEDS, Land Scan, FAO Harmonized World Soil Database, Open Street Map et WorldClim sont à l'étude (exemples sur la figure 15) :



Figure 15 : Exemples de bases de données utilisées pour déterminer les populations exposées et les difficultés opérationnelles : Land Scan 2008, SRTM 90, Open Street Map, GlobCover

La comparaison avec la base de données Land Scan permettrait de mieux appréhender quelles sont les populations exposées ; la comparaison avec les autres bases de données devrait permettre d'évaluer les obstacles et difficultés opérationnelles des activités d'identification des zones affectées.

4. OUTILS PERSONNALISES

Le CIDHG souhaite rendre l'utilisation d'ArcGIS Desktop plus aisée. Afin de satisfaire ces exigences, sont en cours de développement et de réalisation :

- Des modèles de mise en page MXT ;
- Une barre d'outils regroupant l'ensemble des fonctionnalités de mise en page d'ArcMap, ainsi que d'autres outils personnalisés de mise en page ;
- Une barre d'outils ou un nouveau menu "Mine Action" (lutte contre les mines), permettant par exemple de se connecter directement sur la base de données MySQL, d'exécuter des requêtes SQL relativement complexes, ou de créer des polygones fermés en UTM à partir d'une liste de points en latitude et longitude

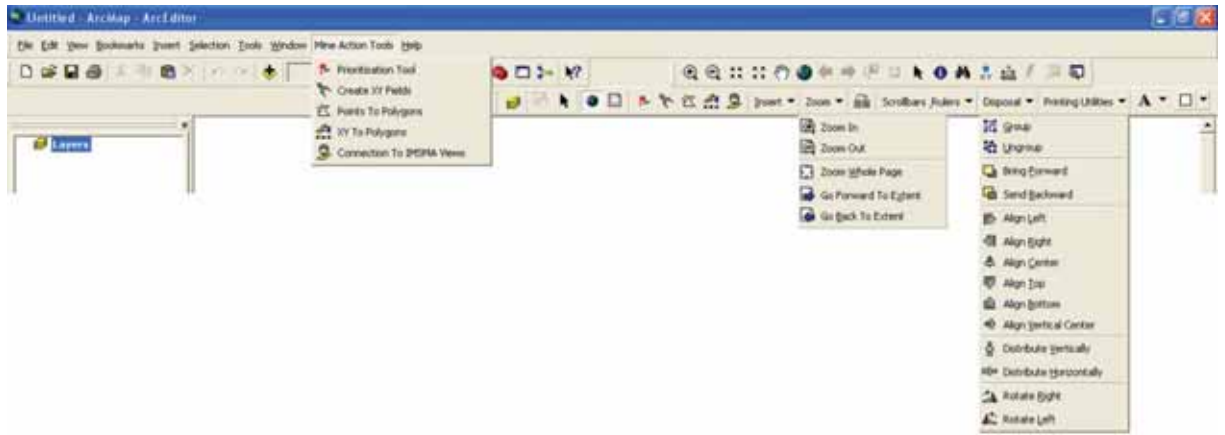


Figure 16 : Outils ArcMap personnalisés pouvant être installés sous forme de DLL

Parallèlement, une version bêta d'un outil de "prioritisation scoring" a été développée en Python ; cet outil, destiné à être utilisé à l'échelle d'une région ou d'un pays, a pour résultat d'attribuer à chaque zone affectée par des mines AP et / ou des REG une note calculée en fonction de sa localisation : la note est bien entendu plus forte si la zone se trouve dans une région de population dense, près d'un point d'eau ou d'une infrastructure - un hôpital par exemple - ou dans une zone de développement industriel. Plus la note est élevée, plus la priorité de recherche dans cette zone est importante. Un exemple de résultat de test de cet outil est présenté dans la figure 17.

Type	Status	Priority	Spatial_Impact_Score	Spatial_Priority
DangerousArea	Active	Not Specified	174	Medium
DangerousArea	Active	High	167	Medium
DangerousArea	Active	Not Specified	167	Medium
DangerousArea	Active	High	164	Medium
DangerousArea	Active	High	163	Medium
DangerousArea	Active	Not Specified	142	Medium
SurveyMinedArea	Active	Medium	137	Medium
DangerousArea	Active	Medium	118	Medium
DangerousArea	Active	Not Specified	88	Low
DangerousArea	Active	Not Specified	85	Low
SurveyMinedArea	Active	Medium	82	Low
DangerousArea	Expired	Medium	0	Not Specified
MinedArea	Transitional	High	0	Not Specified

Figure 17 : Résultat de test du "prioritisation tool". Les champs Spatial_Impact_Score et Spatial_Priority sont ajoutés à la base de données et calculés pour chaque mine

L'outil devra permettre à chaque pays de choisir ses propres paramètres.

En vue notamment d'améliorer les performances, et de simplifier l'interface de saisie des paramètres pour les utilisateurs, l'outil est en cours de redéveloppement sur ArcGIS Desktop Software Developer Kit (en Visual Basic Dot Net).

5. VIRTUAL CAMPUS

Dans le même ordre d'idée et en accord avec ESRI Inc., le CIDHG a entrepris en partenariat avec l'Université du Kansas le développement d'un cours virtuel en ligne destiné aux utilisateurs débutants dans ArcGIS Desktop. Des jeux de données spécifiques à l'action contre les mines ont été développés, et des supports de cours avec exercices pratiques ont été rédigés. Ce cours pour débutants comprend les chapitres suivants :

1. Les types de données et l'exploration des données, qui s'appuie largement sur l'utilisation d'ArcCatalog
2. Les bases de l'imagerie satellite
3. La symbologie dans ArcGIS Desktop, et les bibliothèques de symboles. Il est notamment expliqué comment charger et utiliser une bibliothèque de symboles personnalisés pour l'action contre les mines (figure 18)



Figure 18 : Bibliothèque de symboles fournie dans le cours Virtual Campus

4. La construction d'une carte et d'une mise en page
5. La gestion des projections. En effet, les utilisateurs dans les pays doivent être capables de saisir des coordonnées en WGS 84 et dans la projection locale UTM correspondante (figure 19)

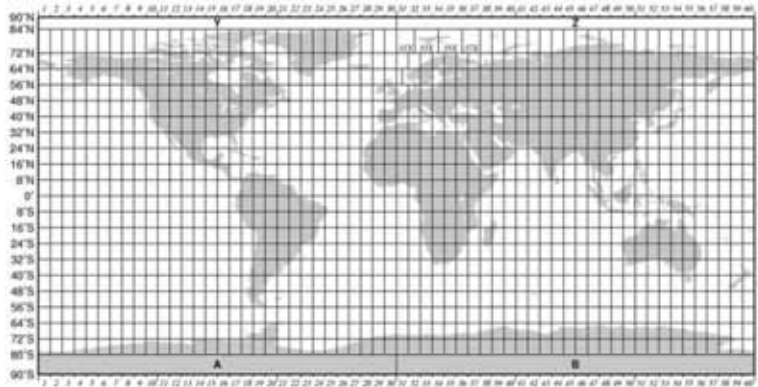


Figure 19 : Image représentant les différentes projections UTM présentées dans le Virtual Campus

6. La digitalisation de données dans une carte géoréférencée
7. L'utilisation de couches vecteur et raster dans ArcMap

DIFFICULTES RENCONTREES, CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La plupart des difficultés provient des données elles-mêmes :

- Hétérogénéité au sein d'un pays, donc difficulté de calibrer le modèle de calcul des rasters de densité
- Hétérogénéité d'un pays à l'autre
- Différence d'échelle entre les pays (un pays comme le Kazakhstan a une superficie 312 fois plus grande que Chypre)
- Confidentialité de certaines données
- Confidentialité et droits limités d'utilisation de bases de données comme les frontières des pays ou les populations
- Erreurs de saisie par les utilisateurs
- Nombre de systèmes de projection à gérer

En outre, étant donné le nombre de pays (plusieurs dizaines), une automatisation quasi-systématique des processus a été recherchée : SQL, Python, VB.Net, Java, IS Command, etc.

Il est important de signaler également que le nombre de partenaires et d'intervenants potentiels ou avérés sur ce projet est relativement important. Citons par exemple l'Agence Spatiale Européenne, la Banque Mondiale, le CIDHG, ESRI Suisse, ESRI Inc., FGM Inc., Global Earth Observation (GEO), l'UNEP GRID, l'Université de Genève, l'Université du Kansas, l'Université de Zürich. D'autres contacts sont également envisagés pour la suite des opérations, notamment en ce qui concerne la recherche de bases de données de populations, hydrologie, altitude, pente, infrastructures etc.

Ce projet est à l'heure actuelle en cours de réalisation. La plupart des modules présentés dans cet article sont enclenchés mais demandent davantage de maturité et d'accomplissement. De nombreuses perspectives peuvent être envisagées, comme par exemple la recherche d'une corrélation entre les rasters de densité (paragraphes 1 et 2) et les données relatives aux difficultés opérationnelles (paragraphe 3).

REMERCIEMENTS ET COPYRIGHTS

- Le Centre International de Déminage Humanitaire de Genève (CIDHG) : <http://www.gichd.org> et http://en.wikipedia.org/wiki/Geneva_International_Centre_for_Humanitarian_Demining
- Plus particulièrement, la section Information Management, dirigée par le Dr Daniel Eriksson : <http://www.imsma.org>
- L'Université de Genève ; en particulier les collaborateurs du groupe enviroSPACE dirigé par le Dr Anthony Lehmann : <http://www.unige.ch/enviroSPACE>
- Les collaborateurs de l'UNEP GRID : <http://www.grid.unep.ch>
- Jonas Herzog de l'Université de Zürich
- Sources de données :
 - o GlobCover : © ESA / ESA Globcover Project, led by MEDIAS France/POSTEL,
 - o SRTM 90 : Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008, Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), available from <http://srtm.csi.cgiar.org>,
 - o Open Street Map : © 2010 CloudMade <http://www.cloudmade.com> - Map data <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0> - OpenStreetMap.org contributors <http://www.openstreetmap.org>
 - o Land Scan 2008 : This product was made utilizing the Land Scan 2008™ High Resolution Global Population Data Set copyrighted by UT-Battelle, LLC, operator of Oak Ridge National Laboratory under Contract No. DE-AC05-00OR22725 with the United States Department of Energy. The United States Government has certain rights in this Data Set. NEITHER UT-BATTELLE, LLC NOR THE UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY, NOR ANY OF THEIR EMPLOYEES, MAKES ANY WARRANTY, EXPRESS OR IMPLIED, OR ASSUMES ANY LEGAL LIABILITY OR RESPONSIBILITY FOR THE ACCURACY, COMPLETENESS, OR USEFULNESS OF THE DATA SET