



HAL
open science

Le SIG au service de la recherche en Sciences de la Terre

Jenny Trevisan, Wanda Berolo

► **To cite this version:**

Jenny Trevisan, Wanda Berolo. Le SIG au service de la recherche en Sciences de la Terre. Conférence Francophone SIG 2015, ESRI, Oct 2015, Versailles, France. hal-04925070

HAL Id: hal-04925070

<https://hal.science/hal-04925070v1>

Submitted on 1 Feb 2025

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.



LE SIG AU SERVICE DE LA RECHERCHE EN SCIENCES DE LA TERRE

Auteurs : Jenny Trévisan (Géoazur UMR 7329)
Wanda Berolo (Géoazur UMR 7329)

Coordonnées : Géoazur
Campus CNRS Azur Bât.1
250 rue Albert Einstein, SOPHIA ANTIPOLIS
06560 VALBONNE - FRANCE
sig@geoazur.unice.fr

Logos :



Public visé: tout public

Logiciels Esri utilisés : ArcGIS for Desktop Advanced, ArcGIS for Server, Module Python Arcpy

Thématique : Recherche

Mots-clés: Recherche, Sciences de la Terre, Données géographiques, Catalogage, Plateforme web, Géotraitements

Résumé : La Cellule SIG de l'UMR Géoazur s'est fixée comme objectif de faciliter la mise à disposition et l'utilisation des données géographiques récoltées dans le laboratoire. En effet, Géoazur concentre ses recherches sur la compréhension des déformations de la surface du globe terrestre, et brasse, dans ce cadre, des volumes conséquents et variés de données géographiques : MNT, Catalogues de sismicité, Prélèvements... Nous présenterons les solutions mises en œuvre pour utiliser, cataloguer et analyser ces données, en utilisant les logiciels ESRI.

LE SIG AU SERVICE DE LA RECHERCHE EN SCIENCES DE LA TERRE

Jenny Trévisan¹, Wanda Berolo¹

¹ Géoazur UMR 7329, Université Côte d'Azur, UNS, CNRS, IRD, Observatoire de la Côte d'Azur,
250 rue Albert Einstein SOPHIA ANTIPOLIS 06560 VALBONNE – France
sig@geoazur.unice.fr

L'UMR Géoazur, laboratoire de recherche en Sciences de la Terre

Géoazur est une Unité Mixte de Recherche (UMR 7329) en Sciences de la Terre et de l'univers proche basée à Sophia Antipolis. Elle dépend de l'Université Nice Sophia Antipolis, du CNRS, de l'IRD et de l'Observatoire de la Côte d'Azur. Géoazur concentre ses recherches sur les **déformations de la surface du globe terrestre** à différentes échelles de temps et d'espace, dans le but de comprendre les mécanismes fondamentaux qui en sont responsables.

Des actions d'observation, de recherche et de développement en **géosciences**, basées sur des approches couplées Terre-Océan-Espace, sont ainsi menées par les 140 personnels Recherche, assistés des 30 personnels Service Commun. Leurs savoir-faire et expertises balaient de nombreux domaines : dynamique de la lithosphère, géodynamique, mécanique des failles et des séismes, géosciences marines, aléas naturels, géochronologie, géomécanique, géodésie spatiale et métrologie de l'univers proche... Les études prennent en compte des enjeux sociétaux majeurs tels que l'impact des tremblements de terre, des glissements de terrain et des tsunamis, ou encore la surveillance du niveau moyen des mers. Elles se font par des approches intégrées terre-mer et multi-méthodes (travail de terrain, expérimentation, modélisation), en particulier sur trois chantiers phares qui sont les Alpes du Sud et la Méditerranée, les Antilles, et la Marge Andine.

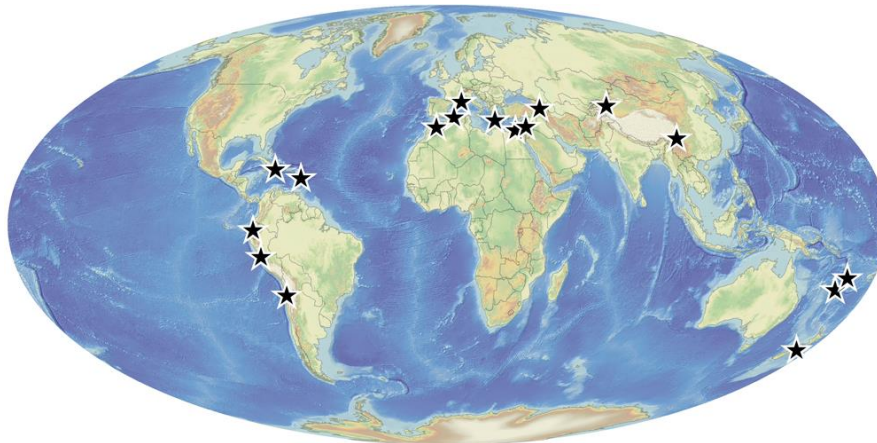


Figure 1

Les différents chantiers géographiques sur lesquels Géoazur mène des études.

Quelles données géographiques brasse Géoazur ?

90% des personnels Recherche produisent ou utilisent des données scientifiques localisées (données géographiques). Celles-ci représentent un volume considérable et leur contenu est extrêmement varié. Géoazur brasse aussi bien des données scientifiques physiques que des données numériques, des données scientifiques brutes d'observations que des données traitées, et ce, à travers tout le globe terrestre dans des domaines très divers :

- Les **données scientifiques physiques** sont essentiellement collectées lors de campagnes de terrain, à terre ou en mer. Nous disposons ainsi d'une lithothèque pour les prélèvements d'échantillons géologiques, et également d'une carothèque pour les carottes géologiques ;
- Les **données scientifiques numériques** sont issues de mesures enregistrées sur le terrain. Elles ont leur format propre, dépendant des logiciels d'acquisition (données brutes) ou de traitement (données traitées). On peut citer des jeux de données de bathymétrie multi-faisceaux, radar, sonar, sismiques (réflexion, réfraction, grand-angle), sismologiques, GPS, des analyses de prélèvements terrain (photos, log, rayons X...)... Ces données sont archivées en banques de données sur des serveurs dédiés ;
- Ces données scientifiques peuvent parfois être directement intégrées dans un **SIG**, comme c'est le cas des modèles numériques de terrain (MNT) ou encore des couches géologiques issues d'interprétations terrain. Généralement, le SIG se contente de stocker leur position : positions des prélèvements, profils sismiques, stations sismologiques, stations GPS... Ces données intégrables dans un SIG (vecteur et raster) sont stockées en format ArcGIS dans des bases de données ArcSDE-SQLServer sur un serveur SIG dédié ;

- Nous utilisons également un grand nombre de données numériques dites **support**, provenant d'autres organismes, telles que les données IGN pour les références topographiques, les données NASA pour les informations satellitaires, les données USGS pour les catalogues de sismicité, les données BRGM... Ces données sont soit stockées dans nos bases ArcSDE-SQLServer, soit utilisées directement en ligne quand elles sont disponibles en services web (c'est le cas pour la NASA et le BRGM par exemple).

Les besoins des personnels Recherche

Dans le domaine des SIG, les personnels Recherche n'ont pas tous le même niveau de compétence : 15% utilisent ArcGIS ou QGIS de manière courante (Initiés SIG), 30% sont sensibilisés aux SIG sans pourtant utiliser eux-mêmes cette technologie (Sensibilisés SIG). Quasiment la totalité des personnes (Néophytes SIG) utilise des logiciels de géomatique spécifiques, qui ne sont pas des SIG à proprement parler, pour une approche métier des données : GMT, ErMapper, ENVI, Surfer, Kingdom suite, Geomodeler, Petrel... Tous expriment un certain nombre de besoins quant à l'utilisation des données disponibles. Prenons quelques exemples pour analyser ces besoins :

Besoin n°1: *J'aurais besoin d'une carte qui montre la sismicité sur la côte d'Azur de 2000 à 2010.* Ce besoin concerne la représentation des données. Il est émis surtout par les Sensibilisés SIG qui savent qu'on peut réaliser des cartes à l'aide d'un SIG, et dans une moindre mesure par les Néophytes SIG (qui produisent également des représentations par d'autres moyens).

Besoin n°2: *Quelles sont les données que je peux facilement consulter sous ArcGIS ou QGIS ?* On recherche ici les données disponibles visualisables/analysables sous SIG. Ce besoin est majoritairement exprimé par les Initiés SIG, et dans une moindre mesure par les Sensibilisés SIG.

Besoin n°3: *Je travaille sous GMT. J'aimerais pouvoir intégrer notre MNT des Andes du Nord sous GMT.* On touche ici à l'interopérabilité, à savoir intégrer des données SIG dans d'autres logiciels géomatiques. Cela concerne tous les personnels Recherche.

Besoin n°4: *Est-ce qu'on dispose de données de bathymétrie sur la subduction hellénique ? Est-ce qu'il existe des prélèvements dans le delta du Nil ?* La problématique est alors de savoir quelles sont les données géographiques disponibles. Tous émettent ce besoin.

Besoin n°5: *J'ai des loupes d'arrachement de glissement de terrain en format vecteur, est-ce que je peux calculer la masse qui a glissé pour chaque glissement ?* Il s'agit dans ce cas d'un besoin d'analyse de données, émis essentiellement par les Initiés SIG qui savent que les SIG peuvent répondre à ce type d'interrogation via le géotraitement.

Les solutions mises en place par la Cellule SIG

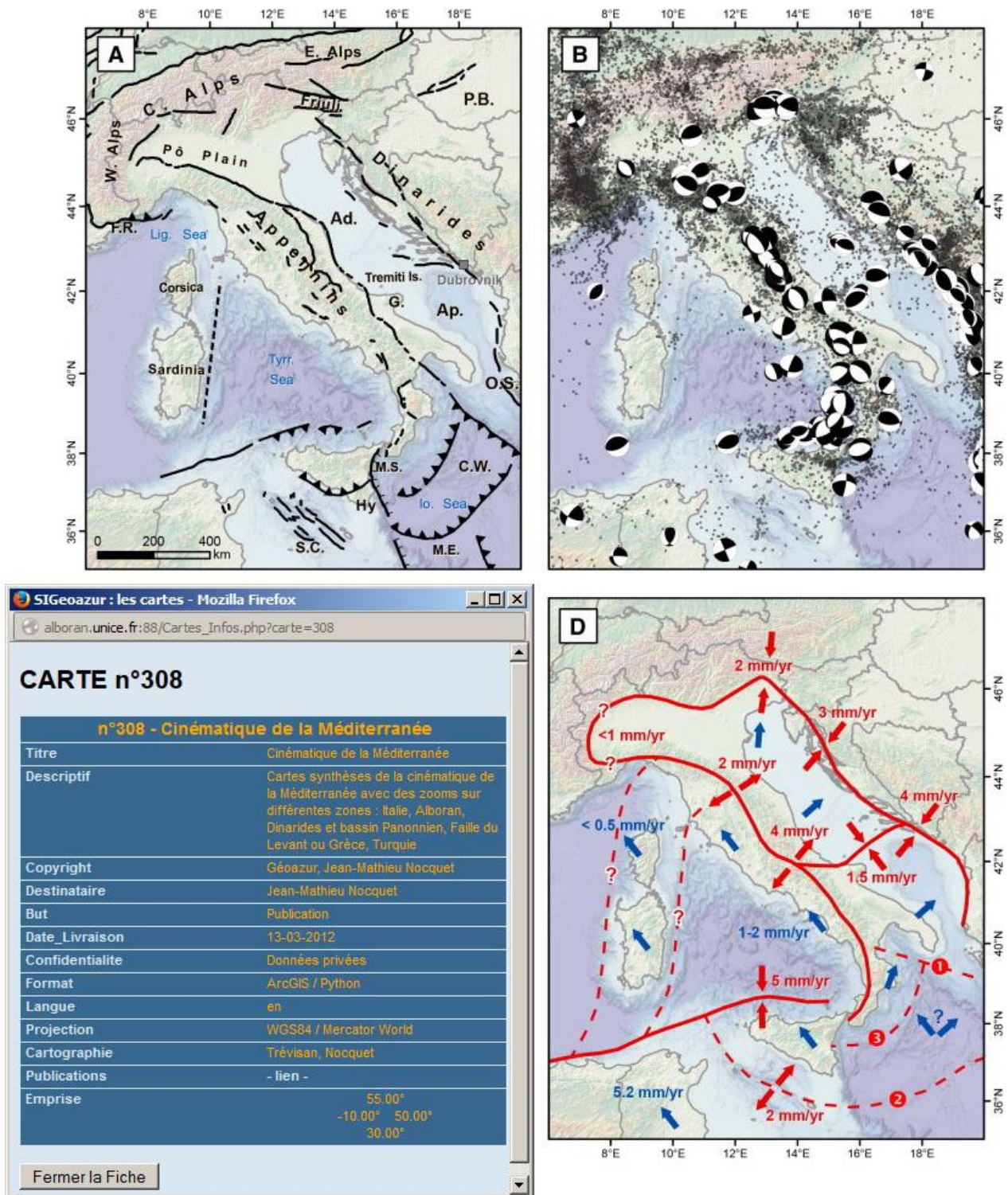
En 2008, Géoazur a créé une Cellule SIG composée aujourd'hui de 2 ingénieurs (pour 1 ETP), intégrée dans le Service Commun COMMESI, Communication, Education et Système d'Information. Afin de pouvoir mettre en œuvre des actions d'appui aux chercheurs, cette cellule dispose de 8 licences ArcGIS for Desktop advanced avec les extensions 3D, Spatial, Geostatistical et Interoperability, ainsi que d'une licence ArcGIS for Server. La Cellule SIG assure également les formations ArcGIS/QGIS en interne pour les personnels demandeurs (26% des personnels formés).

Pour répondre aux besoins des personnels Recherche identifiés ci-dessus, la Cellule SIG a mis en place les solutions suivantes :

Solution n°1 : Service de cartes à la demande

Les cartes sont réalisées sur demande via ArcGIS. Nous produisons en moyenne 30 cartes par an. Ce chiffre tend à baisser progressivement, en raison du nombre croissant de personnels formés SIG devenant autonomes pour la réalisation de leurs cartes.

Toutes les cartes produites sont cataloguées, consultables et téléchargeables en ligne au laboratoire uniquement (Figures 2).



Figures 2

Cartes « Cinématique de la Méditerranée » et métadonnées (Catalogue en ligne), publiées dans « Nocquet J.M., Present-day kinematics of the Mediterranean: A comprehensive overview of GPS results, Tectonophysics, vol. 579, pp. 220-242, 2012 ».

Solution n°2 : Maintenance des données SIG

Nous mettons à jour régulièrement les données SIG support les plus utilisées par les personnels Recherche, et archivons les nouvelles données.

Ces données sont stockées sur un serveur SIG dédié, dans des bases de données ArcSDE/SQLServer partagées. Nous disposons aujourd'hui de 12 bases de données SIG, sur 540 classes SIG (vecteur et raster), soit 5 600 000 objets.

Les données SIG sont cataloguées, et consultables en ligne (en interne), mais non téléchargeables car utilisables directement sur un poste ArcGIS.

Solution n°3 : Service de diffusion (interopérabilité)

Les exports de données SIG sont effectués à la demande via ArcGIS. Nous réalisons en moyenne 20 exports par an. Ce chiffre est en constante augmentation, car les personnels, de plus en plus attentifs aux SIG, évaluent mieux notre capacité à fournir des données.

Tous les exports sont catalogués, consultables et téléchargeables en ligne (en interne).

Solution n°4 : Catalogage des données

Toutes les données scientifiques qui sont rangées soit en lithothèque/carothèque pour les données physiques, soit sur les serveurs dédiés pour les données numériques, sont cataloguées et interrogeables en ligne pour permettre aux personnels de savoir où trouver la donnée (le catalogue ne permet pas le téléchargement).

Au final, le catalogue comprend aujourd’hui :

- 530 cartes
- 90 exports
- 1270 jeux de données SIG (vecteur et raster)
- 540 jeux de données scientifiques de campagnes

Toutes les métadonnées de ce catalogue sont gérées dans une base ArcSDE/SQLServer spécifique : la base de données Catalogue. Ce catalogue n'est en aucun cas normé, mais il est basé sur la norme Dublin Core. Il est consultable en ligne (en interne) sur la **plateforme web SIGéoazur**, via une interface PHP / Javascript utilisant : (1) l'ODBC (Open Database Connectivity) SQLServer pour l'interrogation, et (2) l'API Javascript d'ESRI pour visualiser les données SIG par services web via ArcGIS for Server.

Notons qu'il est impossible pour un ingénieur à temps plein, d'assurer spontanément la mise à jour permanente de ce catalogue. De ce fait, Géoazur a opté pour une politique moins contraignante : la consultation et la diffusion de données dans la plateforme interne SIGéoazur s'accomplit sur le principe du volontariat. Les personnels Recherche souhaitant partager des données doivent se signaler à la plateforme pour que ces données y soient intégrées. Un formulaire web pour le dépôt des données a été créé dans cet objectif.

Figure 3a

Recherche de données SIG sur la plateforme SIGéoazur.

PROFILS SISMIQUES MEDISIS - LOT N°1273	
Descriptif :	Profil de sismique multitraces profonde de la campagne MEDISIS
36.00° 22.00° 32.00° 31.00°	Copyright : Géoazur Contact : Jean Mascle Validité du : 06-12-2001 au : 07-12-2001 Système de coord. mère : WGS84 Type de données : Vecteur Ligne 3D Nb objets : 21
Données protégées	
...vers la structure de la classe MeditOrientale.sde.Profils_marins.Sismique_multitraces_profonde	

Figure 3b

Consultation en ligne des métadonnées de base.

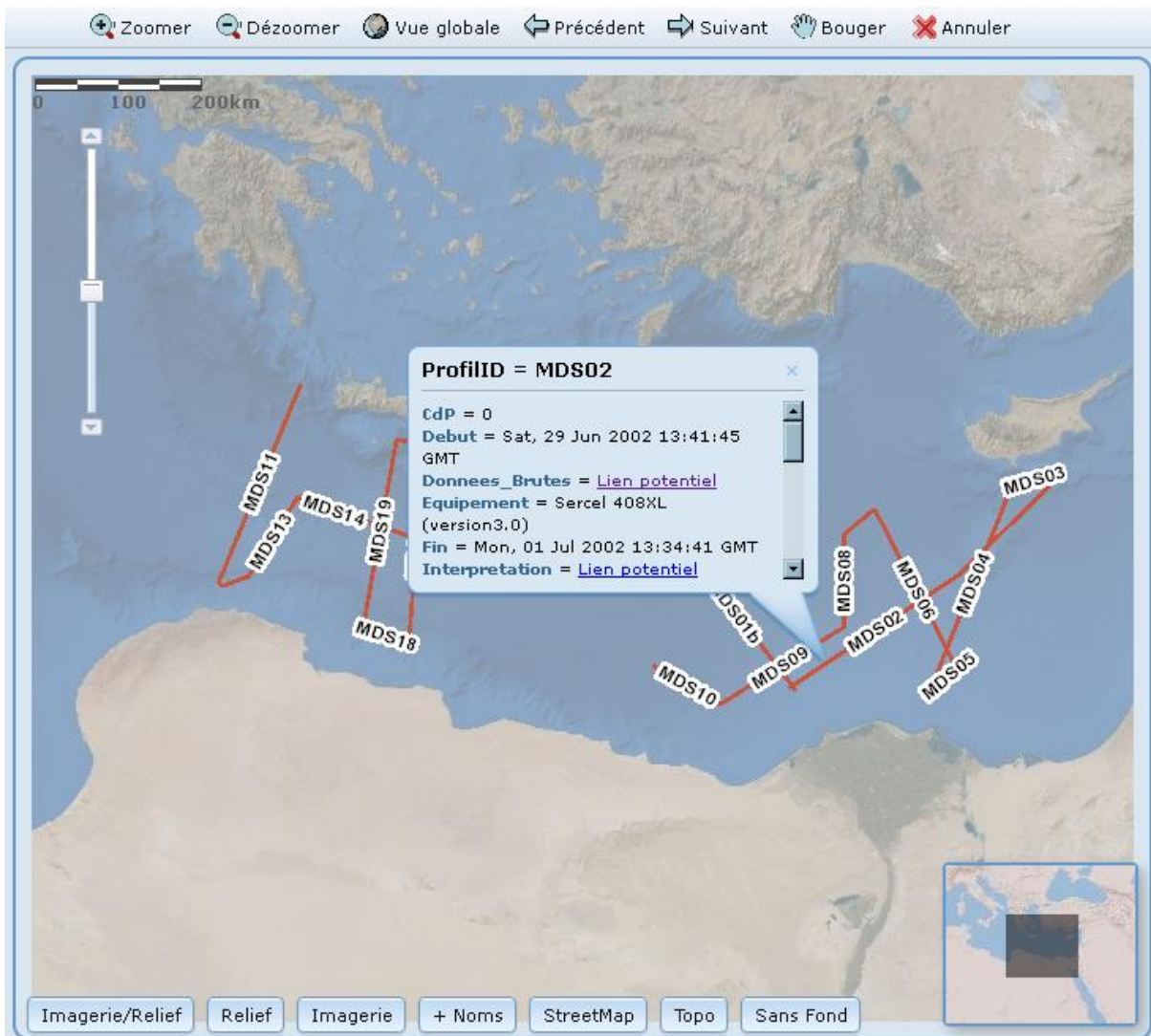


Figure 3c

Visualisation en ligne de données SIG.
Utilisation de l'API Javascript d'Esri avec ArcGIS for Server.

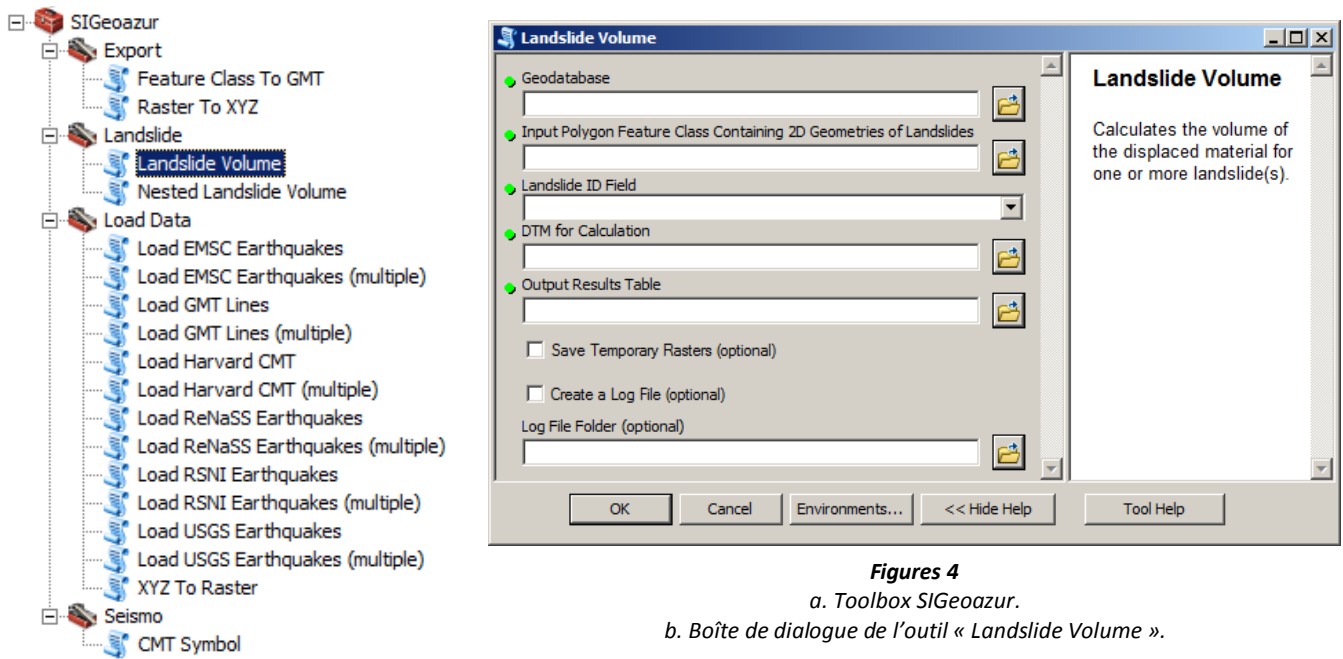
Solution n°5 : Service de géotraitements

Les outils de géotraitement sont réalisés à la demande. Cette prestation est en hausse depuis ces dernières années car le personnel de Recherche prend progressivement conscience du potentiel que représentent les SIG dans l'analyse spatiale et commence à intégrer les compétences de la Cellule SIG dans les projets de recherche. Nous développons ces outils de géotraitement en python à l'aide du module ArcPy.

Les premiers outils développés ont pour but de faciliter les tâches de fond de la Cellule SIG, à savoir la maintenance des données SIG et la diffusion des données. Dans ce cadre, nous avons réalisé cinq outils d'import de catalogues de sismicité : EMSC, Harvard, ReNaSS, RSNI, USGS, qui permettent de transformer automatiquement en feature class des catalogues récupérés sur le web. Nous avons également mis au point quatre outils d'interopérabilité avec GMT : import de lignes GMT, import de raster XYZ (pour GMT notamment), export de feature class vers GMT, export de raster vers le format XYZ (pour GMT). Ces outils ont été regroupés dans une Toolbox et sont donc utilisables directement dans l'interface ArcGIS for Desktop.

Deux autres outils sont également disponibles en Toolbox :

- Représentation en 2D du mécanisme au foyer d'un séisme (*Figure 2B*)
- Calcul de la masse glissée d'un glissement de terrain (*Figures 4 et 5a*)



Figures 4

a. Toolbox SIGeoazur.

b. Boîte de dialogue de l'outil « Landslide Volume ».

D'autres outils spécifiques ont été développés, mais non intégrés en Toolbox, soit parce qu'ils utilisent des packages python non compatibles avec ArcGIS (comme GDAL), soit parce qu'ils sont en cours de stabilisation par la recherche. Ils sont tous utilisables en ligne de commande python, avec fichier de paramétrage :

- Représentation des vecteurs déplacements GPS (Figure 5b)
- Calcul des caractéristiques d'un volcan à partir de son empreinte sur un MNT : hauteur, élongation, volume... (Figure 5c)
- Appariement de catalogues de sismicité (Figure 5d) : comment relier deux enregistrements d'un même évènement dans deux catalogues différents, pour en étudier les divergences de caractéristiques ?
- Calcul du diagramme de Gutenberg-Richter à partir d'un catalogue de sismicité : courbes fréquence-magnitude pour estimer une durée de retour d'évènement sismique (Figure 5e)
- Et d'autres...



Figure 5a
Calcul de la masse glissée du glissement de terrain du Cirque Marcel au large de Nice.

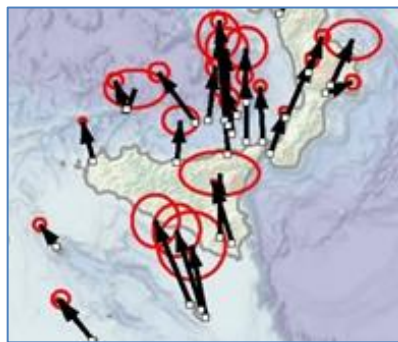


Figure 5b
Vecteurs de déplacement GPS et ellipses d'erreur sur la Sicile.

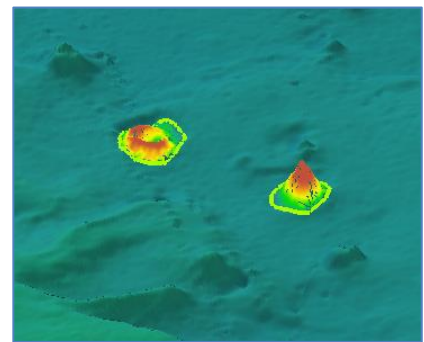


Figure 5c
Calcul des caractéristiques de volcans de boue sous-marins, ici représentés en 3D avec ArcScene.

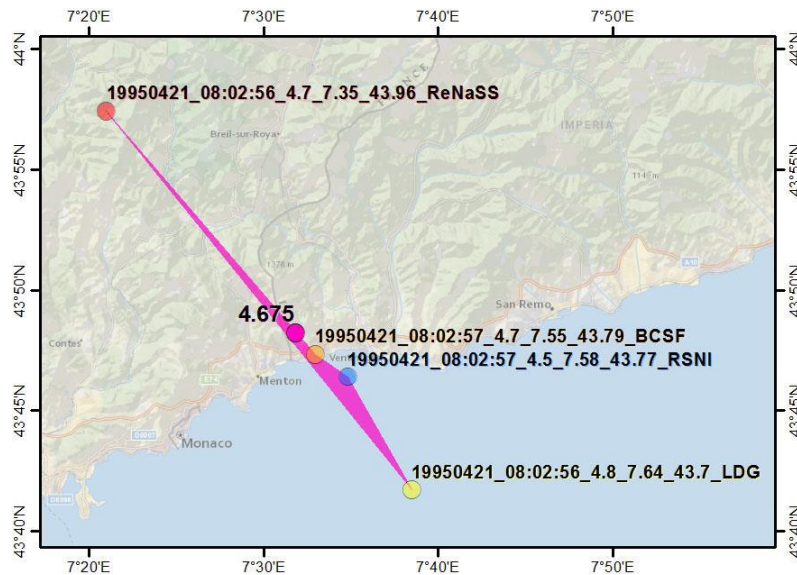


Figure 5d
Appariement des catalogues de sismicité ReNaSS, BCSF, LDG et RSNI pour le séisme du 21 avril 1995.

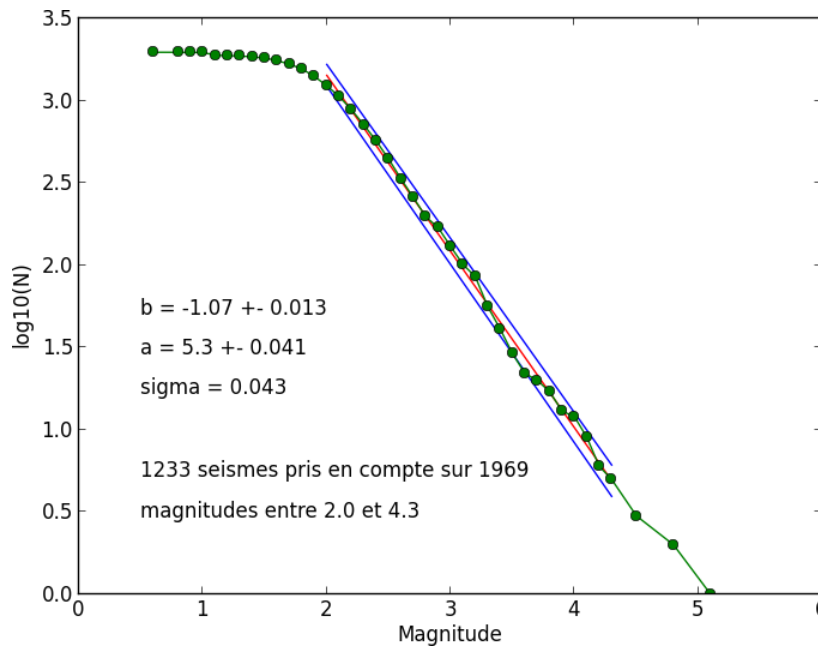


Figure 5e
Diagramme de Gutenberg-Richter où le nombre de séismes N est représenté en fonction de la magnitude. Réalisé avec les packages python ArcPy et Matplotlib.

Vers une Toolbox appliquée aux Sciences de la Terre

Depuis sa création, la cellule SIG de Géoazur s'efforce d'être en adéquation avec ses chercheurs. La sensibilisation croissante des personnels Recherche aux SIG, voire le début de leur autonomie, stimulée par l'avancée technique de la Plateforme web de consultation *SIGéoazur* et par une diffusion plus large des données en interopérabilité, permet à la cellule SIG de glisser progressivement d'un service de cartographie et mise à disposition des données vers un service de développement d'outils de géotraitement appliqués aux Sciences de la Terre.

Cette implication directe dans la problématique scientifique via les géotraitements place aujourd'hui la cellule SIG au cœur de la recherche et non plus à sa périphérie, comme c'était le cas par le passé. Notre objectif à long terme est de mettre à disposition de la communauté Sciences de la Terre, une Toolbox d'outils récurrents et validés.