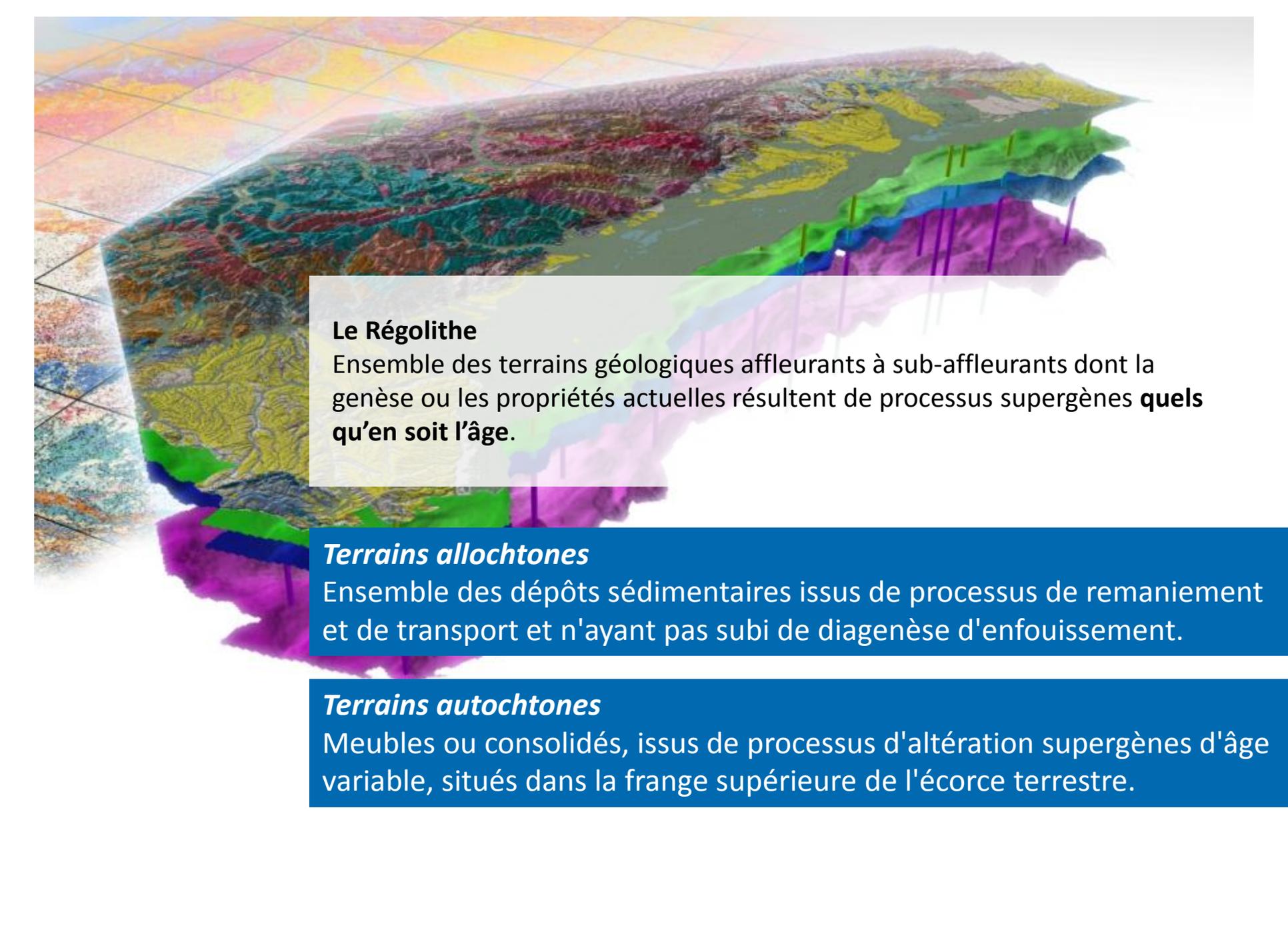


DÉMONSTRATEUR RGF

Le Régolithe des Vosges et du Fossé rhénan

Caroline Prognon, Aurélien Leynet, Davy Cruz-Mermy, Agathe Roullé, Florent De Martin, D. Monfort Climent, Hélène Tissoux, Frédéric Lacquement, Francois Prognon, Robert Wyns, Florence Quesnel, Pierre Nehlig.



Le Régolithe

Ensemble des terrains géologiques affleurants à sub-affleurants dont la genèse ou les propriétés actuelles résultent de processus supergènes **quels qu'en soit l'âge.**

Terrains allochtones

Ensemble des dépôts sédimentaires issus de processus de remaniement et de transport et n'ayant pas subi de diagenèse d'enfouissement.

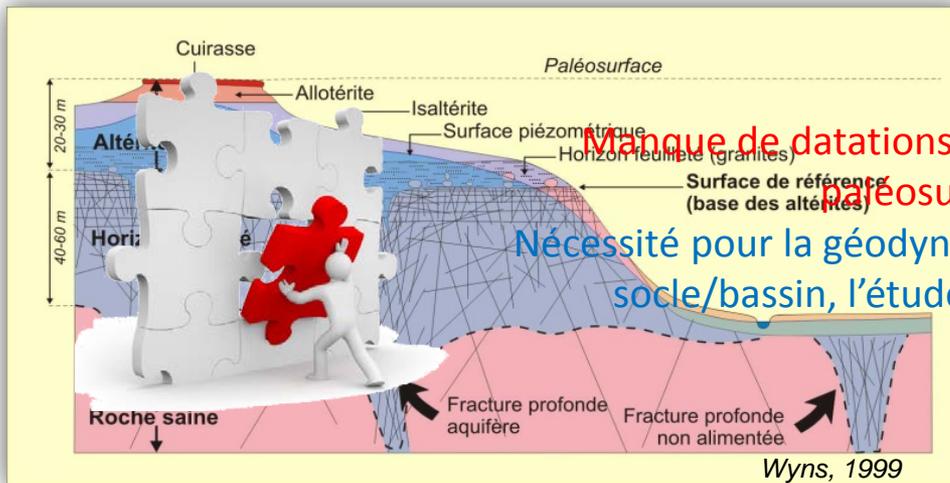
Terrains autochtones

Meubles ou consolidés, issus de processus d'altération supergènes d'âge variable, situés dans la frange supérieure de l'écorce terrestre.

Le Régolithe autochtone, du Carbonifère à l'Actuel ...

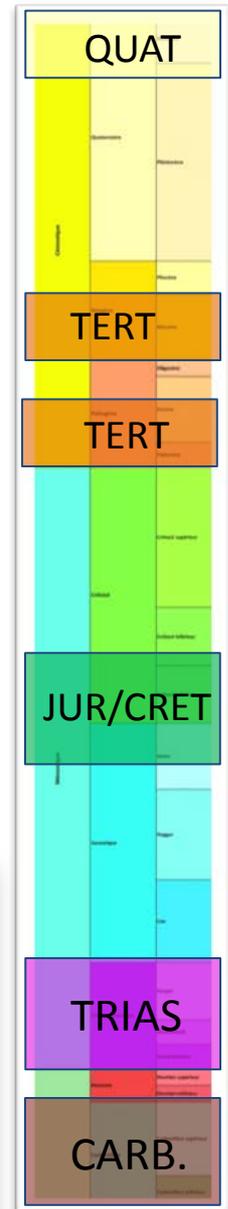
> Plusieurs grands événements d'altération

- Quaternaire
- Tertiaire: Paléogène inférieur, Miocène ?
- Fin Jurassique-Crétacé inférieur (karstification des calcaires jurassiques avec remplissage des cavités par limons argileux bruns à rougeâtres à pisolithes, altération des marnes)
- Trias avec développement de grands profils d'altération dans les Vosges (≥ 150 m d'horizon fissuré)
- Intra-carbonifère



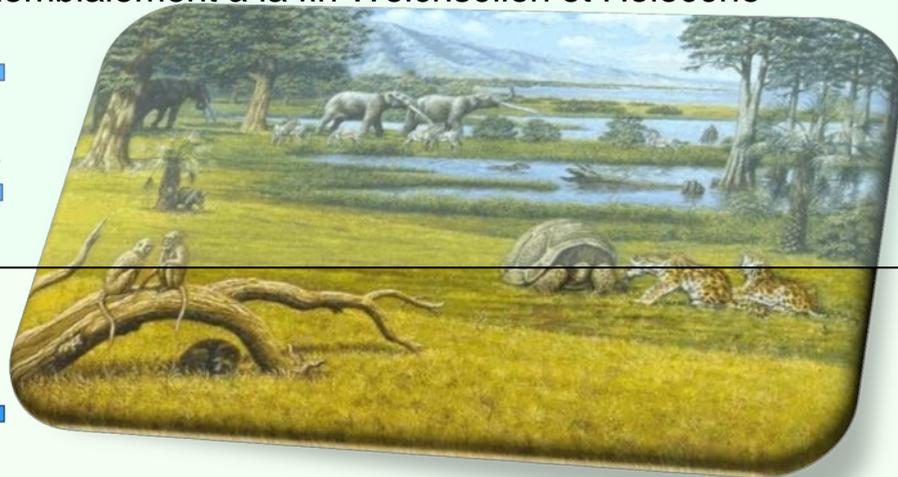
Manque de datations et cartographie des Paléosurfaces

Nécessité pour la géodynamique, les corrélations socle/bassin, l'étude des paléoclimats



Le Régolithe allochtone du fossé, du Pliocène à l'actuel

Holocène		Actuel	<ul style="list-style-type: none"> Nature des dépôts liée aux fluctuations climatiques Basse Alsace, importante phase de creusement au Weichsélien due à un enfoncement tardif de la partie centrale du Fossé rhénan
		Subatlantique	
		Subboréal	
		Atlantique	
		Boréal	
Préboréal			
Pléistocène	Pléistocène supérieur	Weichsélien	<ul style="list-style-type: none"> Remblaiement à la fin Weichsélien et Holocène
		Eémien	
	Pléistocène moyen	Saalien	
		Holsteinien	
		Elstérien	
		Cromérien	
Pléistocène inférieur	Bavélien		
	Ménapien		
	Waalien		
	Eburonien		
		Tiglien	<ul style="list-style-type: none"> Mouvements d'affaissement, le Rhin coule vers le Nord
		Préglilien	<ul style="list-style-type: none"> Refroidissement
Pliocène	Pliocène supérieur	Reuvérien	<ul style="list-style-type: none"> Erosion dans le fossé méridional Basse Alsace: tectonique locale, piège de sédiments Conditions climatiques (climat subtropical à méditerranéen)
	Pliocène inférieur	Brunssumien	



Le Régolithe allochtone des Vosges : du Pliocène à l'actuel

- Pléistocène inférieur et moyen : rivières peu encaissées
- Pléistocène supérieur : approfondissement (cours actuel)
- Glaciations Pléistocène moyen et supérieur (Saalien et Weichsélien) : installation de glaciers sur sommets ≥ 800 m
- Cirques glaciaires, moraines, parois polies ou striées par la glace
- En aval : vallées en forme d'auge ou de U avec dépôts fluvioglaciaires
- Lors de la fonte, libération de blocs erratiques
- En contexte périglaciaire : cryoturbation, gélifluxion, remaniements sur les versants

La boule du diable, Vallée de la Vologne



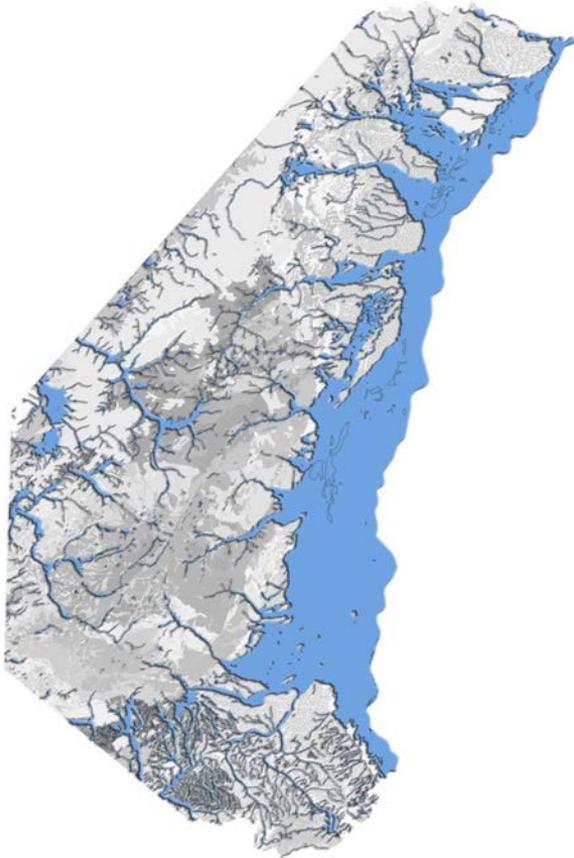
*Cirque glaciaire
dans les Vosges*

Dépôts glaciaires



Dépôts de versants

Dépôts alluviaux



Dépôts loessiques



Mode de mise en place des dépôts glaciaires et associés

- Pléistocène inférieur et moyen : rivières peu encaissées
- Périodes froides du Quaternaire : glaciers comblent certaines vallées des Vosges, déblayant les altérites et déposant des moraines
- Glaciers principalement développés dans les Vosges du Sud
- A l'aval et sur les bords des glaciers dépôts d'alluvions fluvio-glaciaires
- Lacs engendrés par barrage des vallées par moraine : dépôts glacio-lacustres
- Dépôts fluvio-glaciaires weichséliens : terrasses à l'aval des moraines = essentiel du remplissage du fond des grandes vallées vosgiennes.



Le pierrier de la Glacière, dans le défilé de Straiture, est un chaos rocheux d'origine morainique déposé lors des dernières périodes glaciaires (Gérardmer, Vosges, 2006).

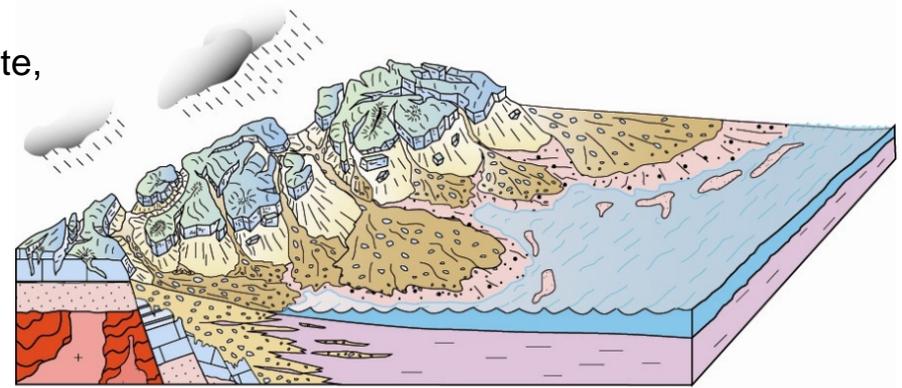
- L'érosion des glaciations donnera aux Vosges son relief actuel



Cartographie hétérogène, chronologie difficile à établir

Mode de mise en place des dépôts gravitaires

- Contexte particulier avec graben et faille bordière
- Mise en place des dépôts de versant : périodes de dégel
- Versants : diversité lithologique, raideur de la pente, expositions \Rightarrow multitudes de types de dépôts
- Dépôts de solifluxion
- Colluvions issues des loëss
- Epaisseur 2 -3 m sur les pentes, localement plus
- Derniers grands dégels au Tardiglaciaire : aspect actuel, derniers éboulis
- Holocène à actuel : mouvements lents (reptation), peu d'incision, particules fines en bas de pente



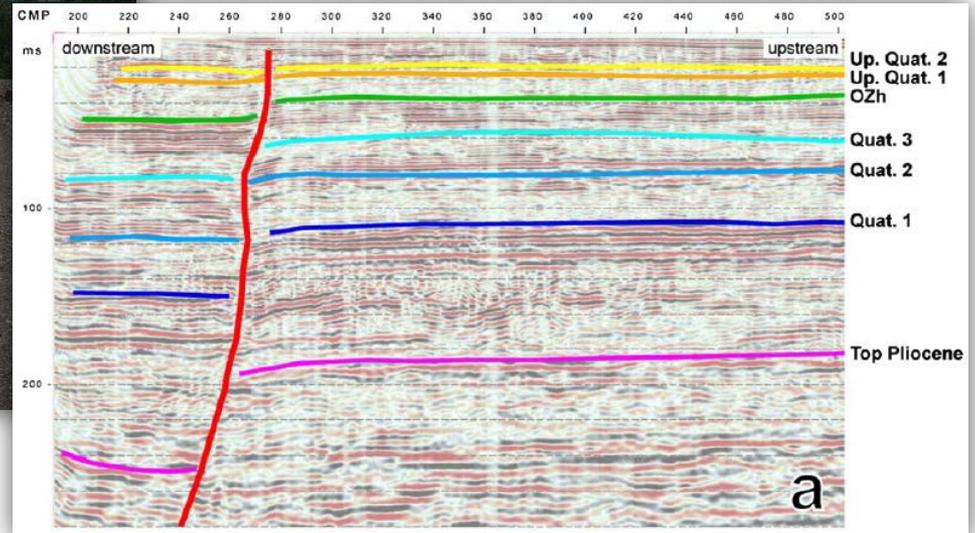
Modèle de dépôt le long de la bordure vosgienne du fossé rhénan (rift) montrant les cônes alluviaux conglomératiques



Grande variabilité en épaisseur et composition :
difficile de fournir des informations très précises
Cartographie de détail, forages

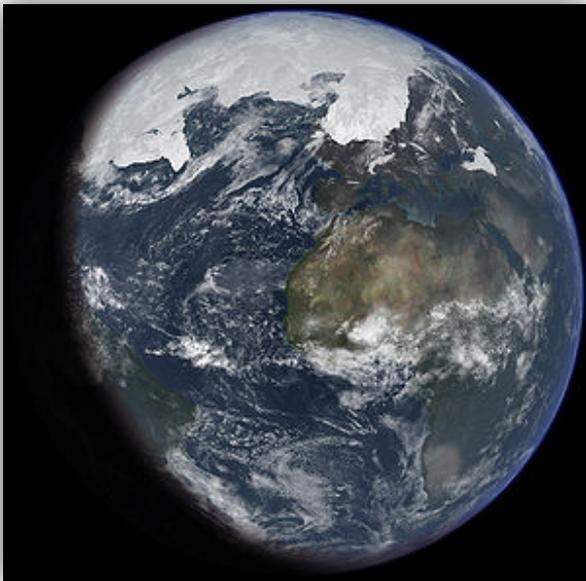
Mode de mise en place des dépôts alluviaux du fossé

- Histoire géologique complexe
- Plaine rhénane = piège à sédiments (épaisseurs de 25 m Bâle, 250 m Neuf-Brisach, 80 m Strasbourg)
- Subsidence tectonique active irrégulière (réactivations récentes de failles du graben).



Mode de mise en place des dépôts alluviaux du fossé

- Alluvions rhénanes : provenance Alpes et Jura ; alluvions vosgiennes : érosion des Vosges
- Alternance glaciaires / interglaciaires : périodes de creusement et d'alluvionnement successives
- Début de périodes froides : dépôts les plus grossiers
- Périodes tempérées : évènements d'altération et dépôts d'inondation fins
- Alternance alluvionnement / creusement : système de terrasses aujourd'hui découpées par le Rhin et l'Ill



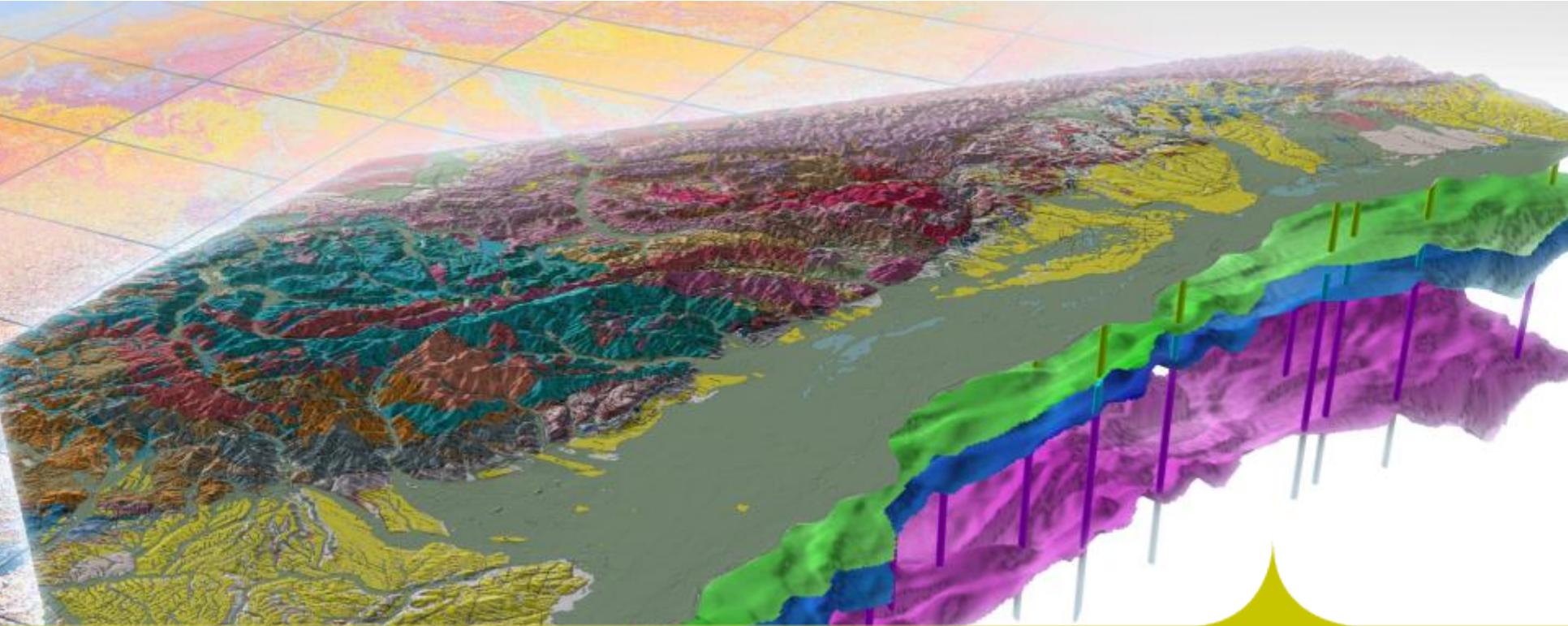
Représentation artistique de l'englacement lors du Dernier Maximum Glaciaire (DMG) Thomas J. Crowley



Mode de mise en place des dépôts loessiques du fossé

- Lœss déposés dans des zones de moindre turbulence des vents en périodes froides et sèches (domaine périglaciaire)
- Epaisseur 15-20 m
- Recouvrent les terrasses lors des derniers épisodes glaciaires du Quaternaire
- Dépôts lœssiques souvent altérés pendant périodes post-glaciaires (décarbonatation et argilisation : lehms) remaniés car très mobilisables en bas de versants et fonds de vallons





DEMONSTRATEUR RGF

Le Régolithe des Vosges et du Fossé-Rhénan

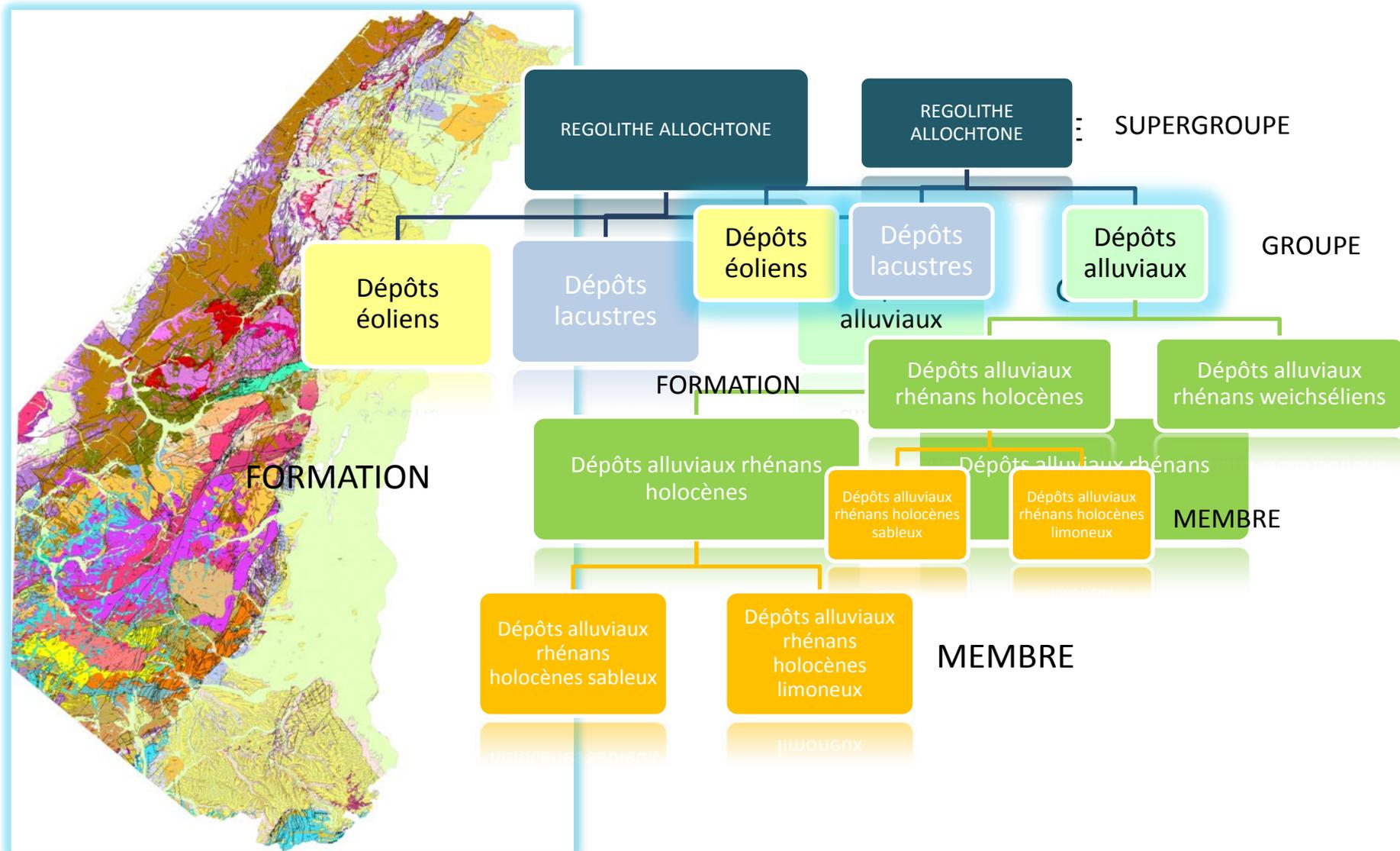
Mise en cohérence de l'information et applications



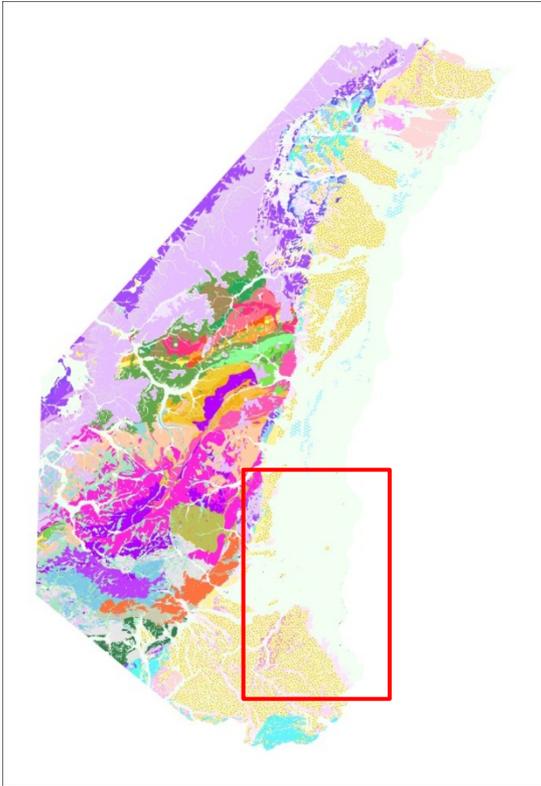
Les spécificités du lexique Régolithe

- Régolithe : grande diversité et complexité, choix d'une classification de type génétique (cf. BGS, McMillan and Powell, 1999)
- Dépôts allochtones et autochtones organiques (tourbes) :
 - premier niveau d'identification : détail génétique. dépôts alluviaux ≠ dépôts alluviaux torrentiels
 - second niveau d'identification : origine du dépôt. dépôts alluviaux d'origine rhénane ou vosgienne
 - troisième niveau d'identification : âge du dépôt. dépôts alluviaux rhénans holocènes ≠ dépôts alluviaux rhénans weichséliens et plus anciens
- Dépôts autochtones résiduels : terrains identifiés selon leur roche mère ou protolithe lorsque celui-ci est connu (lœss, calcaires...) puis identifiés selon leur âge si celui-ci est connu
- Identification de Membres au sein d'une même Formation : Introduction de la lithologie

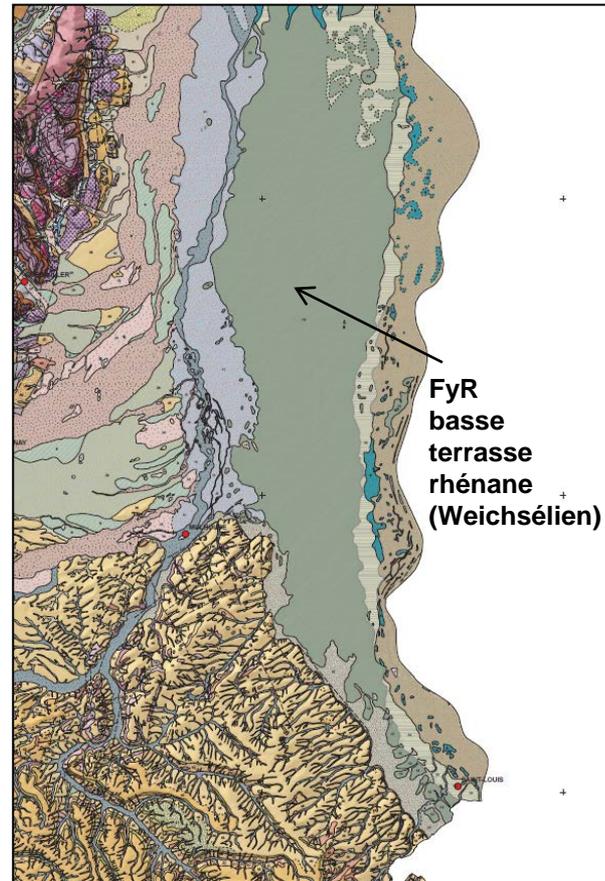
Carte des unités lithostratigraphiques regroupées à 1/200 000



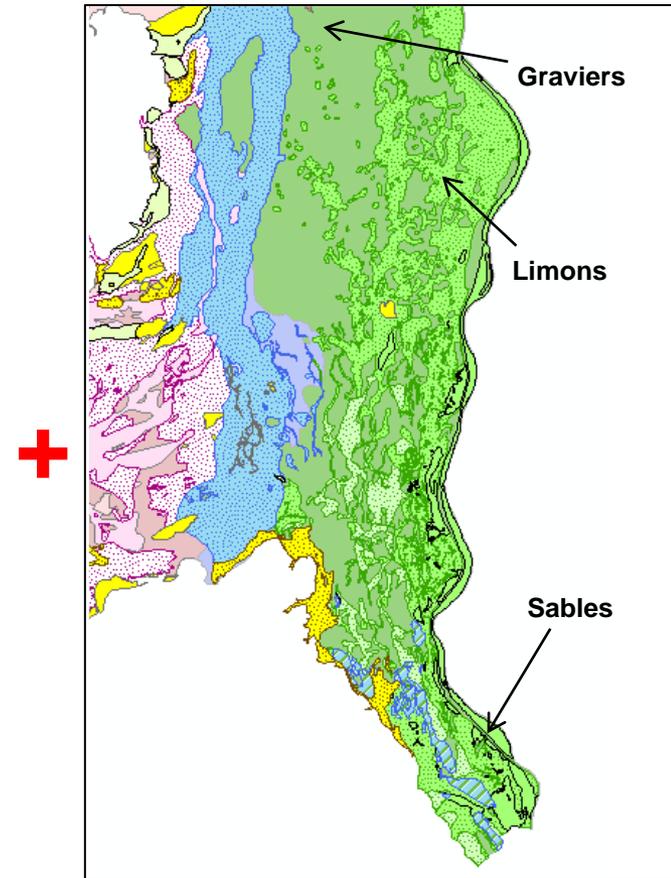
Cartographie géologique du Régolithe



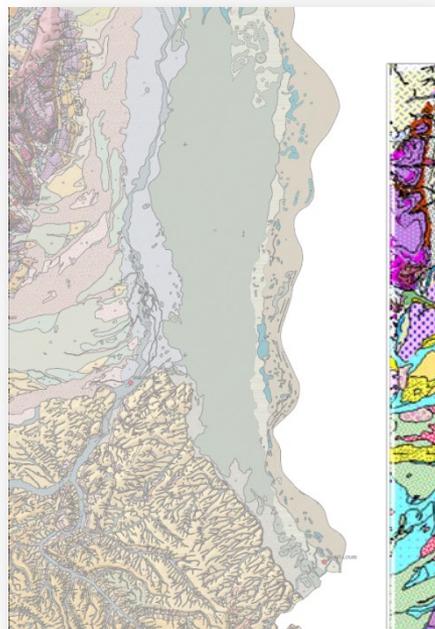
Cartes géologiques
départementales à 1/50 000



Carte des formations
superficielles de la plaine
rhénane à 1/25 000
(Birtier et Elsass, 2006)

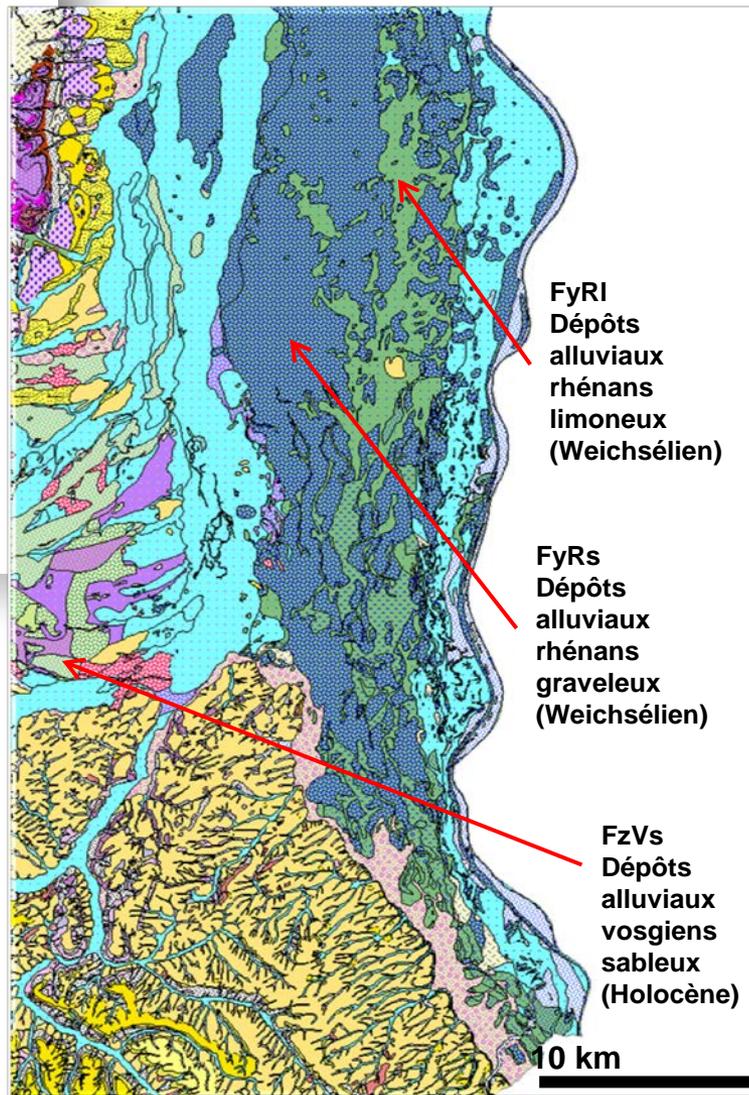


Cartographie géologique du Régolithe



AVANT

APRES



Nouvelle Carte RGF

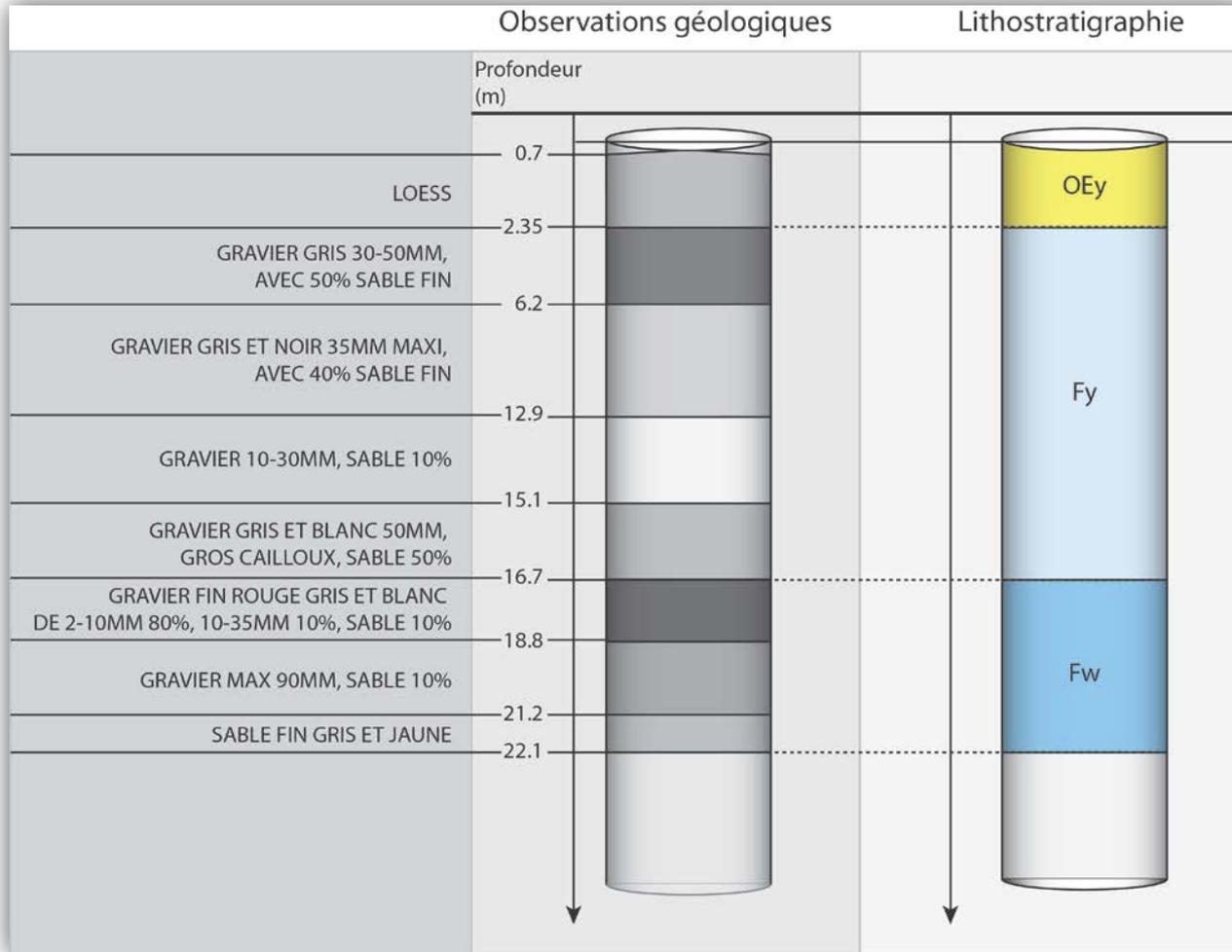
GENETIQUE
ORIGINE
LITHOLOGIE
GRANULOMETRIE
AGE



B2D-RGF Requêtes via la
B2D pour décliner
en cartes
thématiques

Applications
directes :
modélisations
hydrogéologiques,
gestion de l'espace
naturel,
planification de
l'aménagement,
ressources en
matériaux

Validation des données de forages



B2D-RGF

A Noter

Dans la B2D RGF possibilité de renseigner les évènements d'altération passe par passe

Type : calcrétisation, saprolitisation

Degré : faible à intense

Processus : altération additive, soustractive...

Age : par ex Trias

Cartographie évènementielle

- Etat actuel des roches et évolution future contrôlés par les conditions et héritage
- Fil directeur de la cartographie évènementielle : déterminer pour chaque entité géologique son évolution dans le temps
- Objectif : connaître l'état de la roche à tout moment de son évolution
- L'évolution d'une roche peut ainsi s'exprimer à travers 3 états qui correspondent à :
 - sa formation (genèse) d'origine magmatique, hydrothermale ou sédimentaire
 - sa transformation sous conditions Pression-Température, mais aussi selon les contraintes tectoniques ou lithostatiques et circulation de fluides (diagenèse, métamorphisme et déformation)
 - son altération météorique lorsque celle-ci est soumise aux conditions particulières de la surface de la croûte terrestre

METAMORPHISME

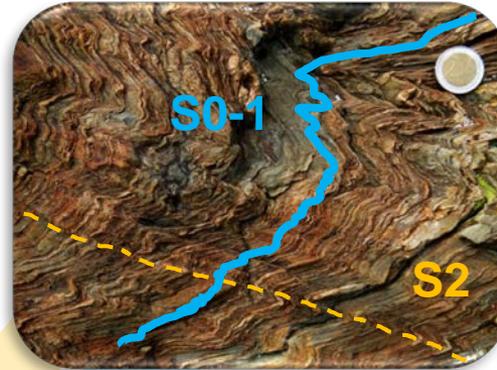


Temps

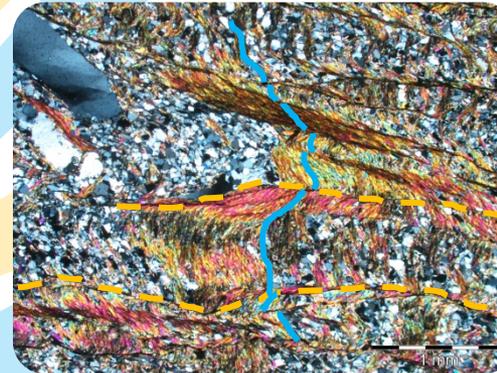
E2

E1

Formation
FOLDSION



Mesures
de Terrain



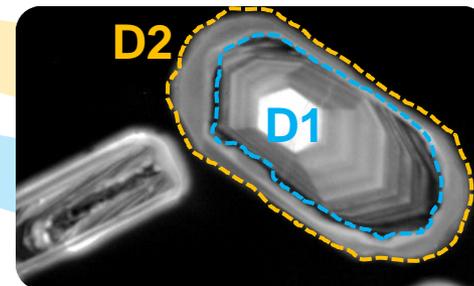
Lame mince

Paragenèse 1

Paragenèse 2

S2

S0-1



Datations

ALTERATION



Temps

E3

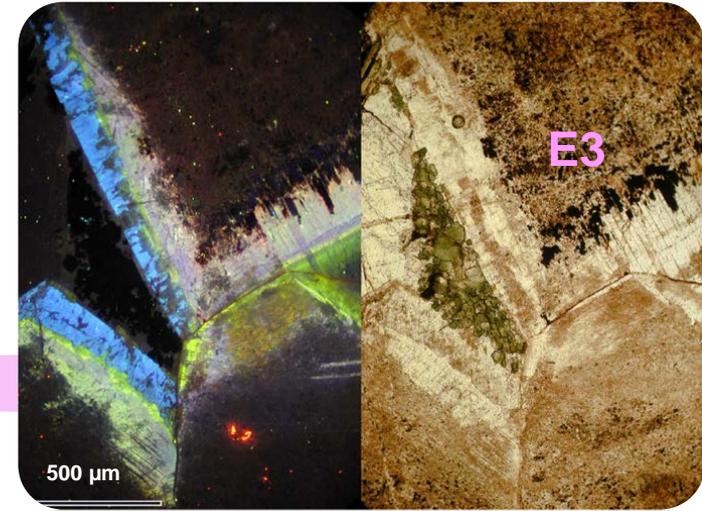
E2

E1

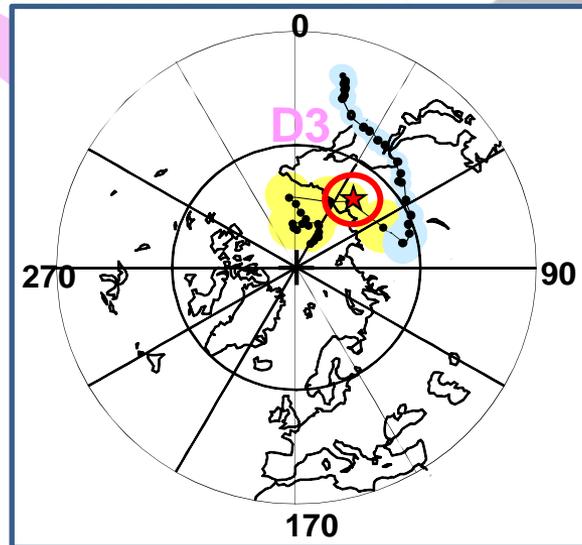
Formation
Collusion



Observations
de Terrain

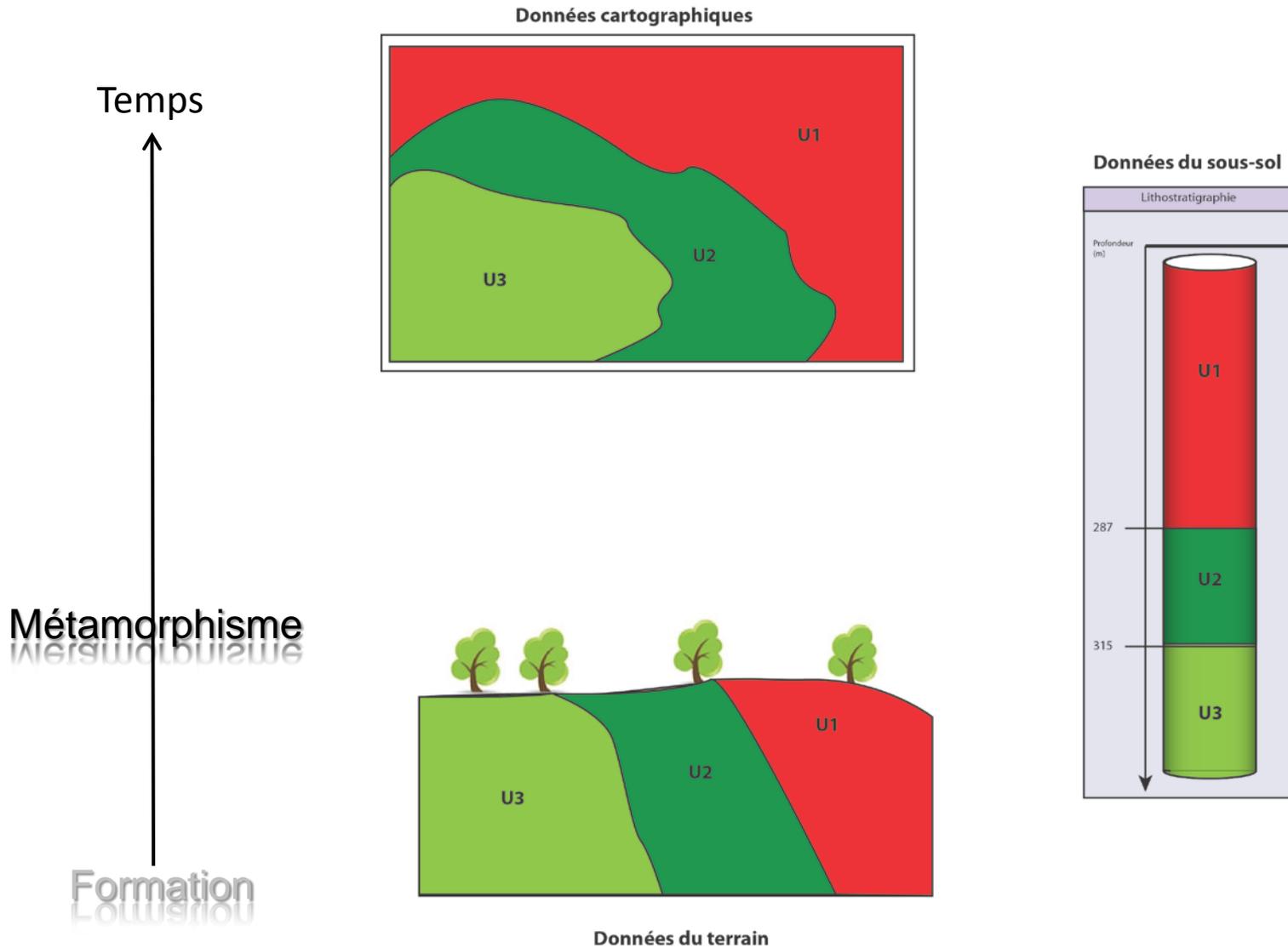


Lame mince



Datations

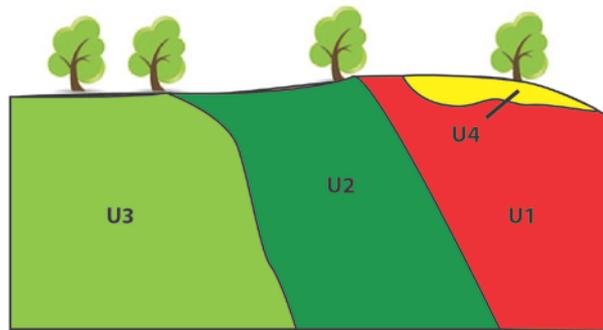
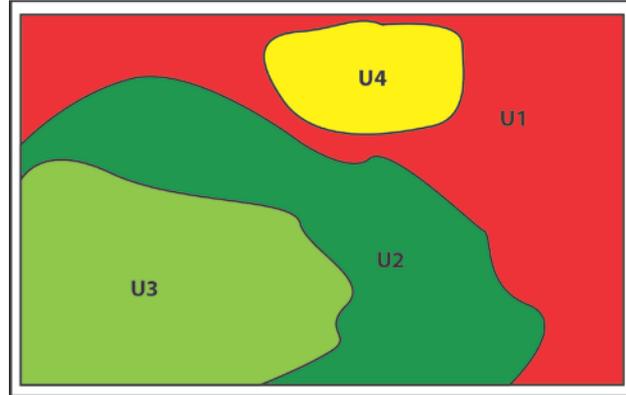
Cartographie évènementielle



Cartographie évènementielle

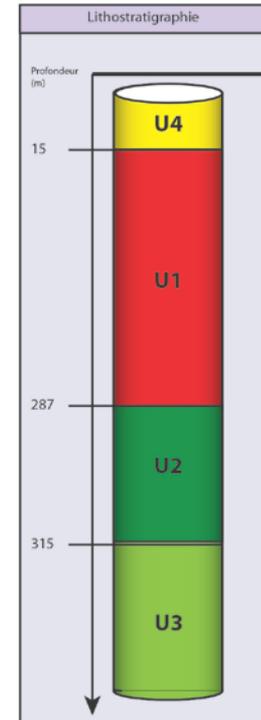
Temps
↑
Altération
Métamorphisme
↓
Formation

Données cartographiques



Données du terrain

Données du sous-sol

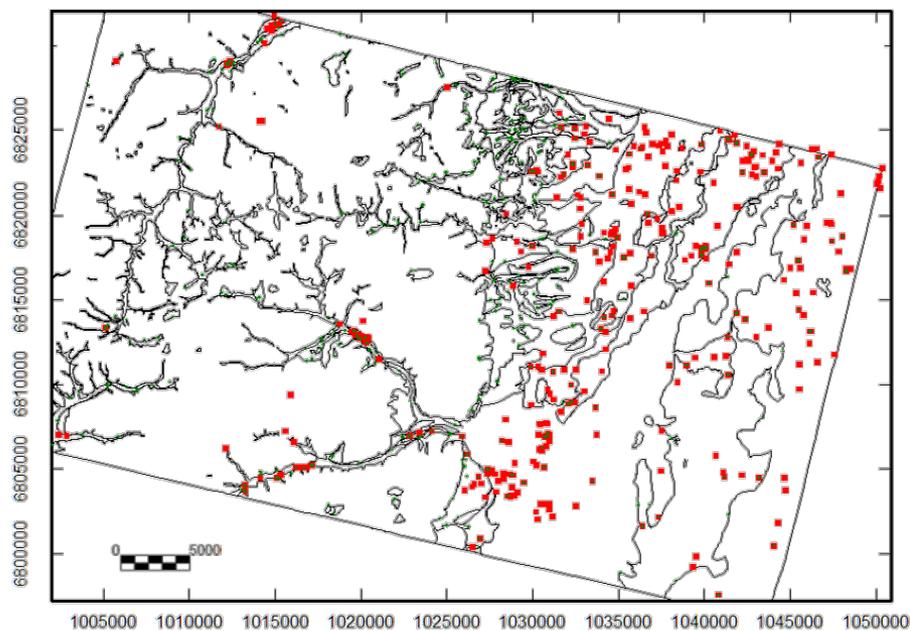


Modélisation géologique 3D

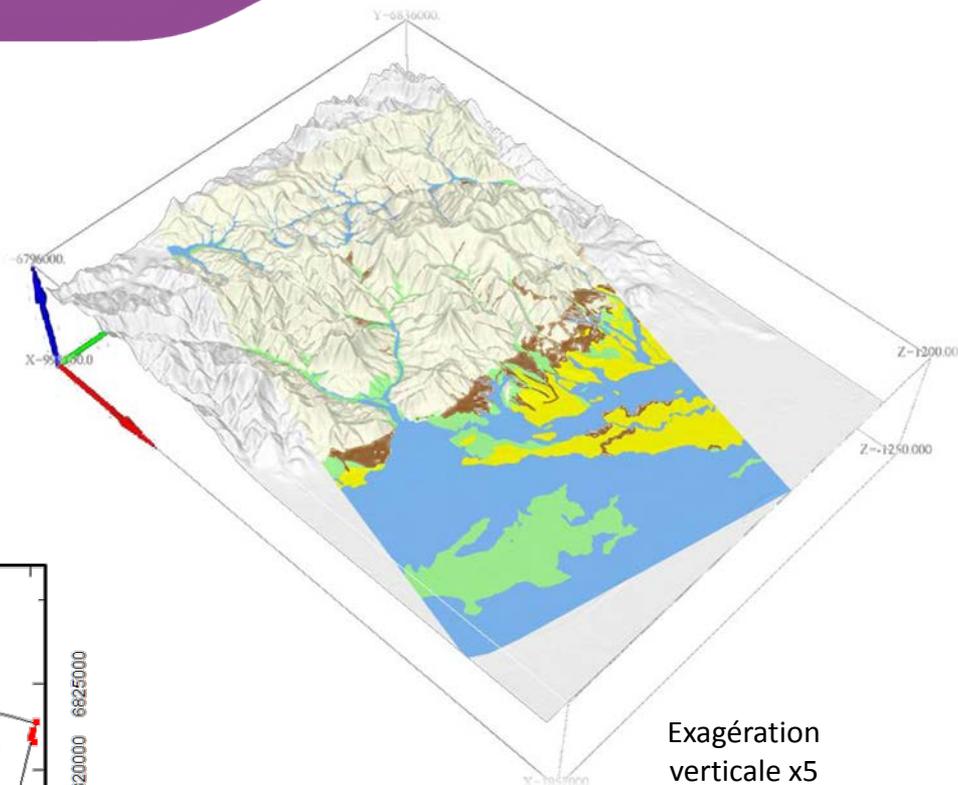
Modélisation de l'épaisseur des terrains alloctones du fossé dans l'emprise locale

(GDM Multilayer)

Maille 200 x 200 m



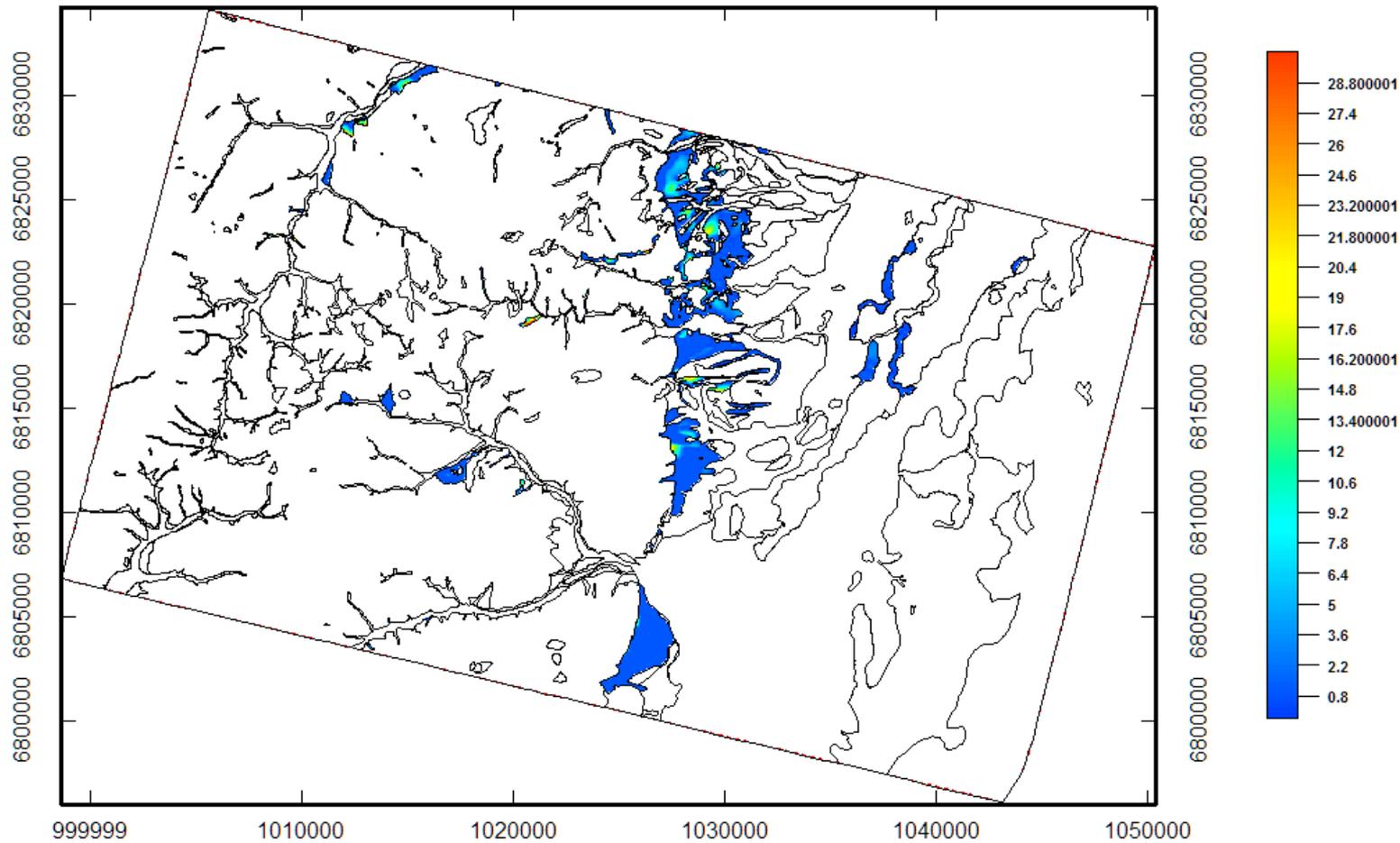
Localisation des données de sondages



Exagération verticale x5

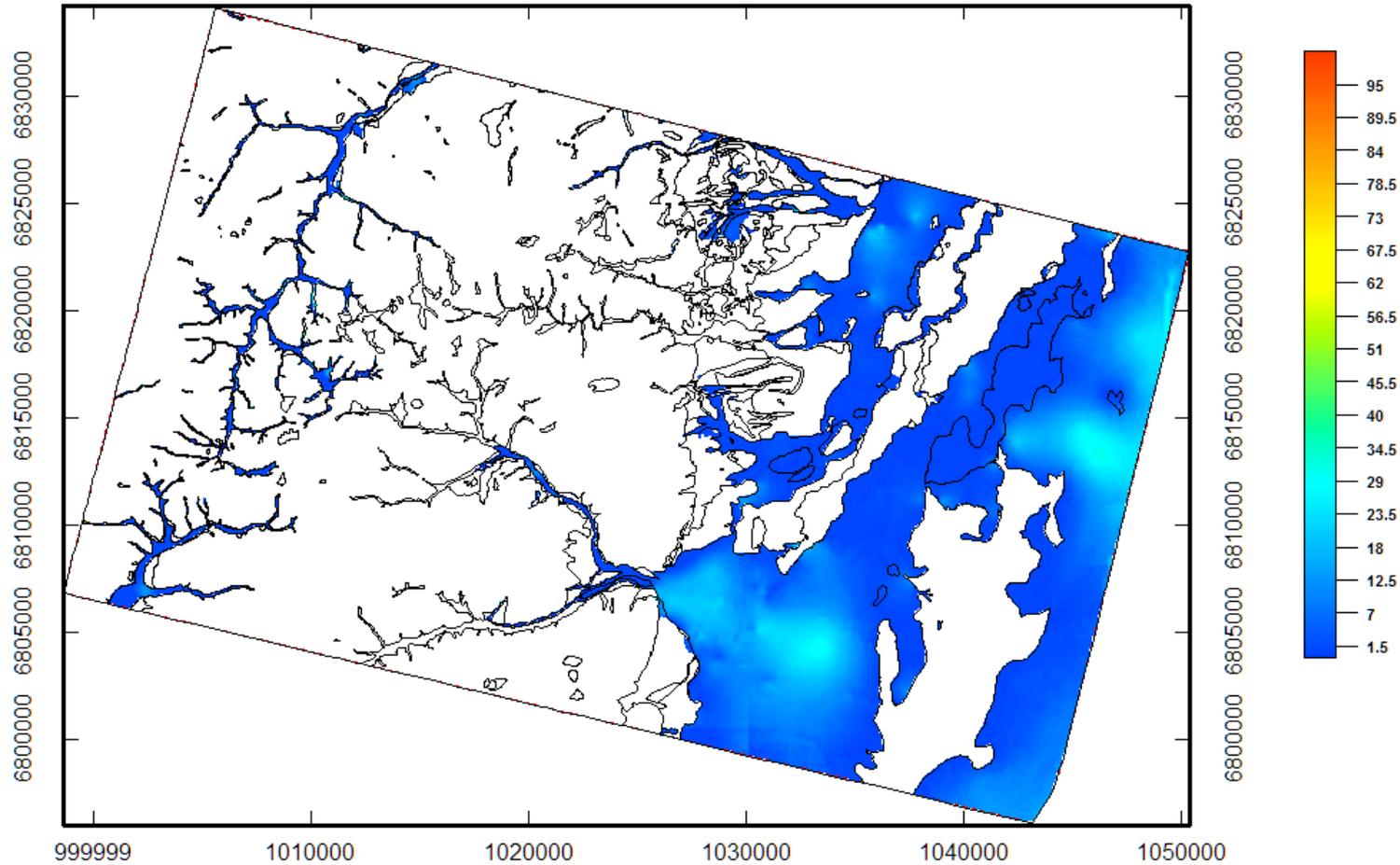
Formation	Type Surf.	Description
COLL	EROD	Colluvions
FMOD		Alluvions modernes
LOES	EROD	Loess
FANC	EROD	Alluvions anciennes
SOCL		Soubassement

Modélisation géologique 3D : épaisseur des colluvions



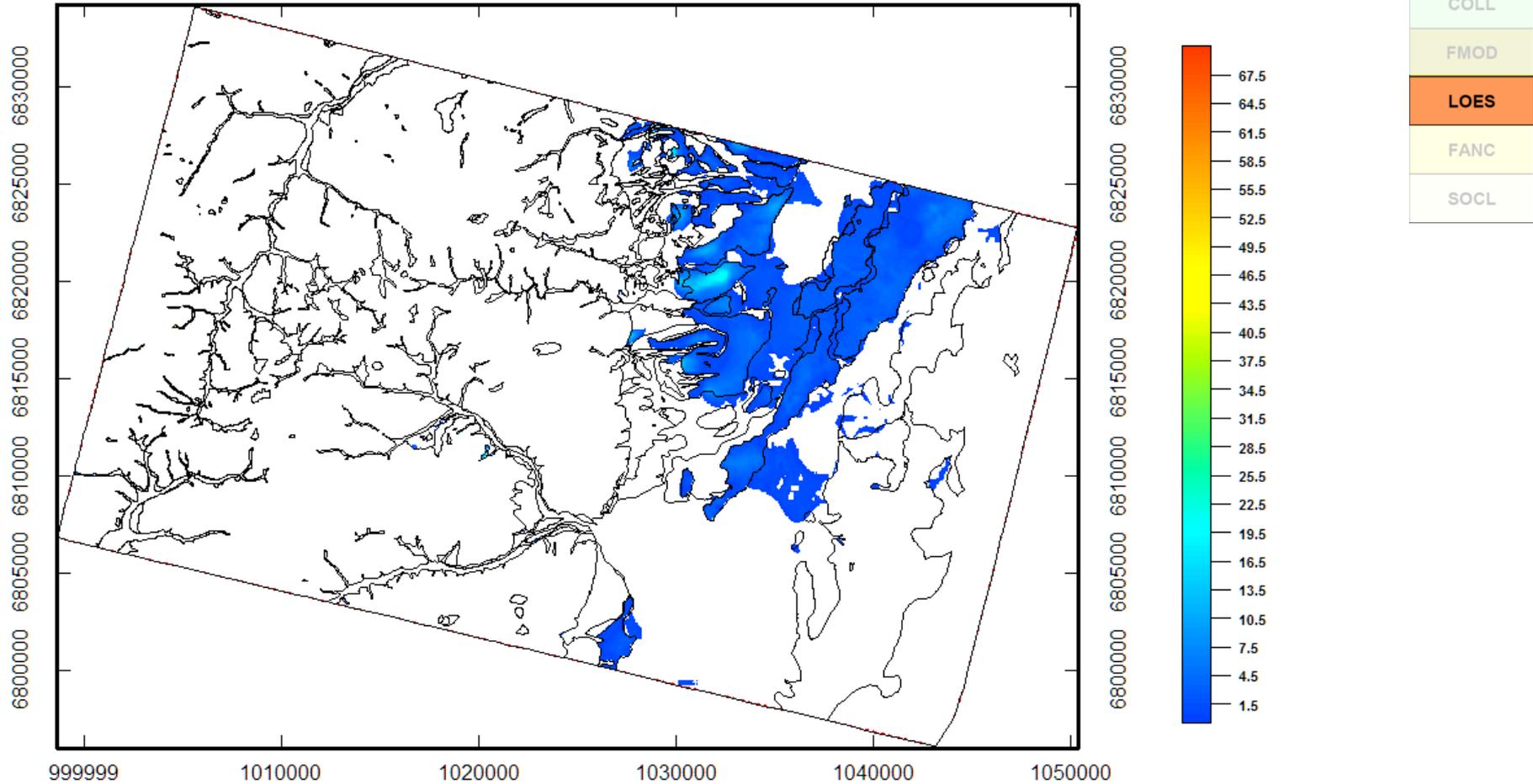
Formation
COLL
FMOD
LOES
FANC
SOCL

Modélisation géologique 3D : épaisseur des alluvions modernes (Fz)

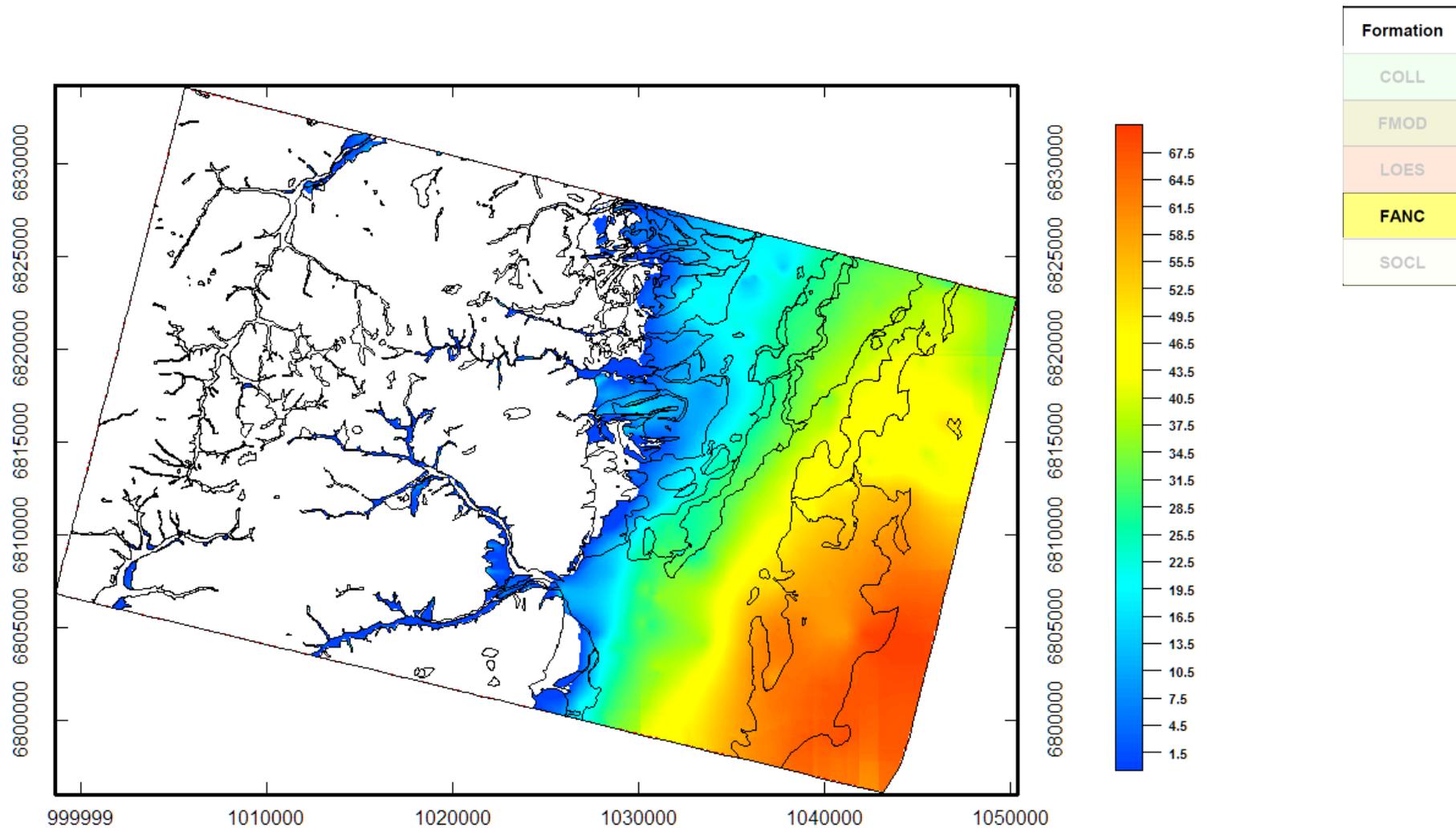


Formation
COLL
FMOD
LOES
FANC
SOCL

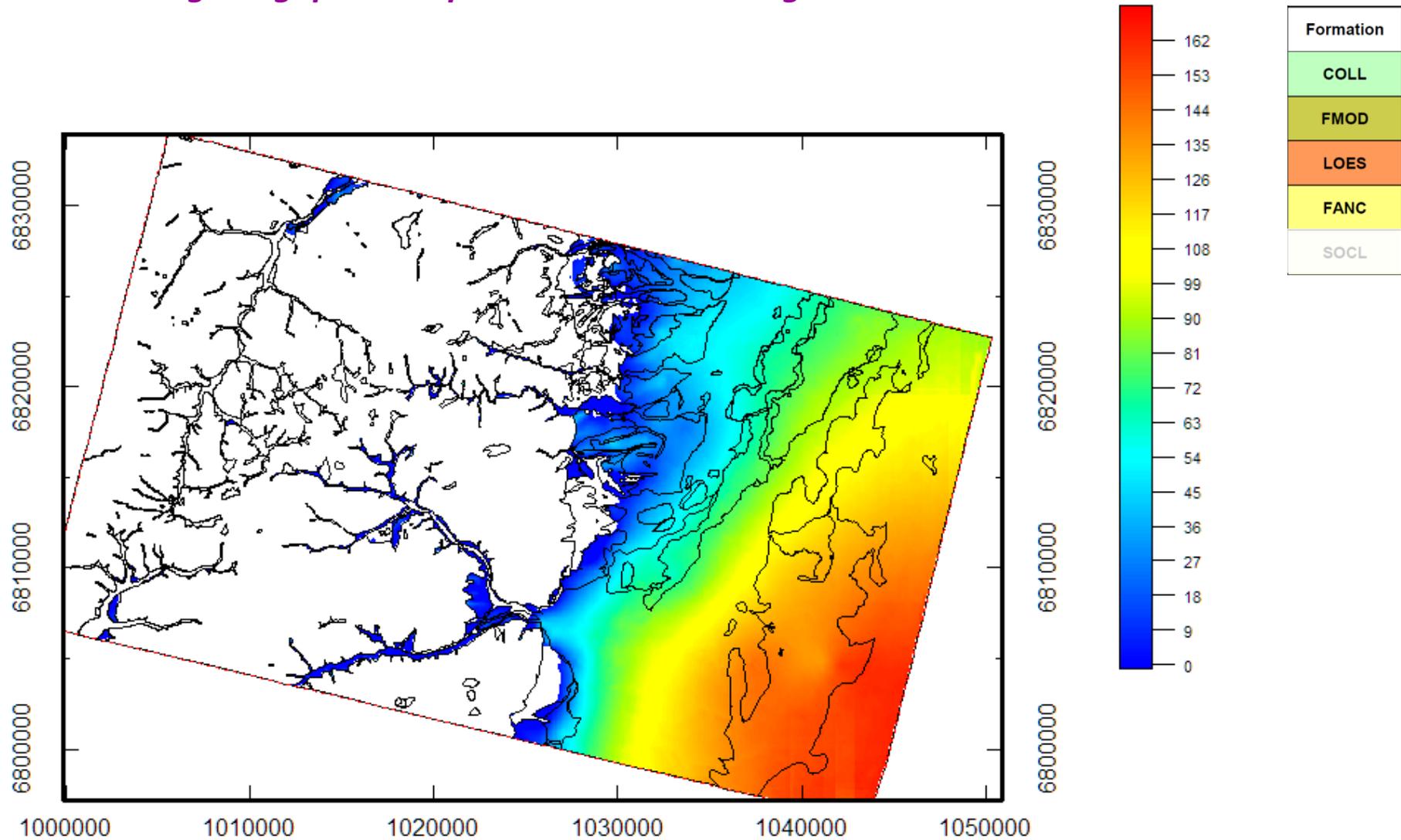
Modélisation géologique 3D : épaisseur des loess weichséliens (OEy)



Modélisation géologique 3D : épaisseur des alluvions anciennes

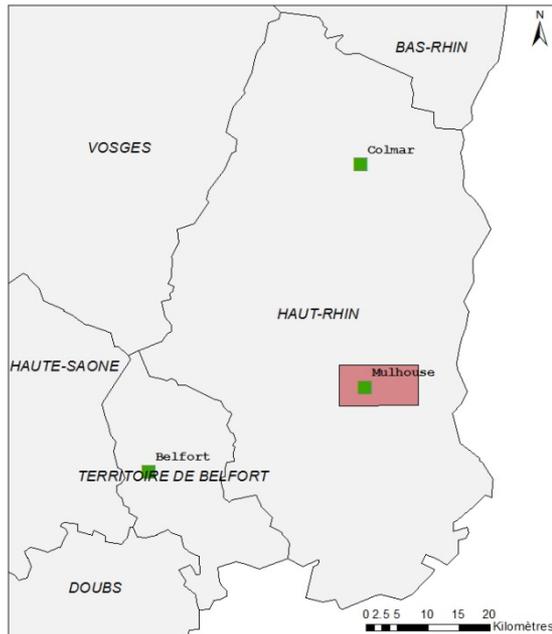


Modélisation géologique 3D: épaisseur totale du Régolithe allochtone



Thématique Risque Sismique

- Objectifs : observation, modélisation et cartographie de l'aléa et/ou du risque sismique à des fins d'information, de prévention et de gestion de crise
- Focalisation sur les effets de site lithologiques c'est-à-dire sur les modifications du mouvement du sol liées à la géologie superficielle
- Un **scénario de dommages** consiste à simuler l'impact et les conséquences d'un séisme de référence sur le milieu, en particulier sur les personnes et les biens



Données entrée RGF

- Carte géologique
- Epaisseur des formations allochtones

Données entrée DRP

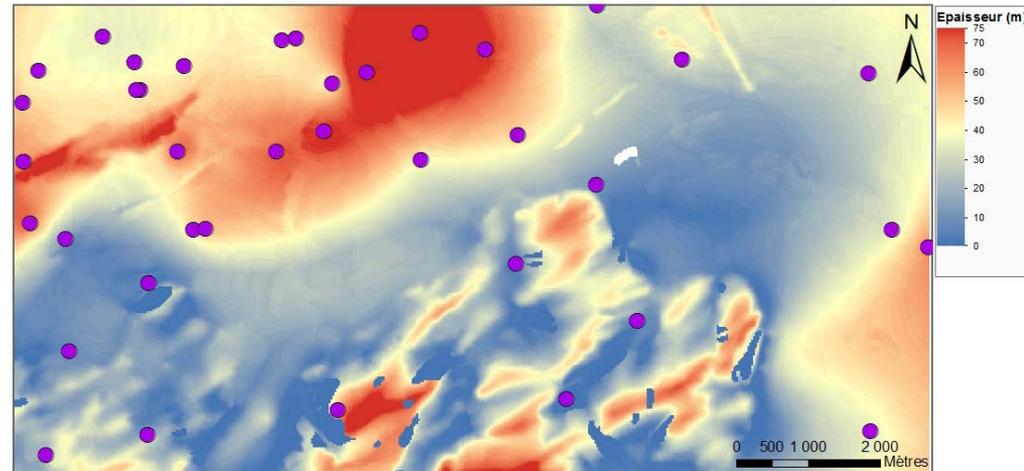
- Séisme de scénario
- Vitesse des ondes S (V_s)
- Vulnérabilité du bâti
- Occupation des sols

Traitement DRP

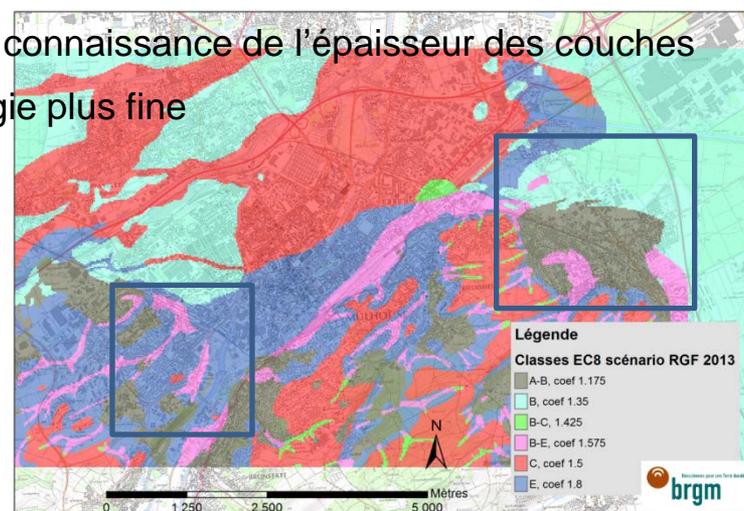
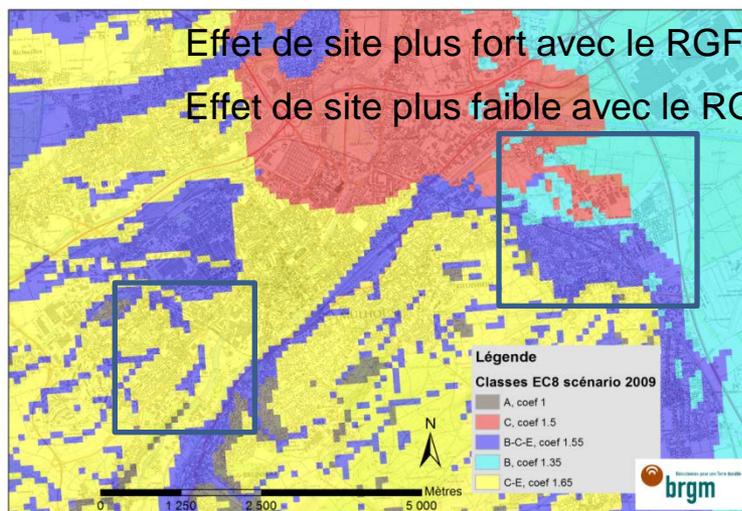
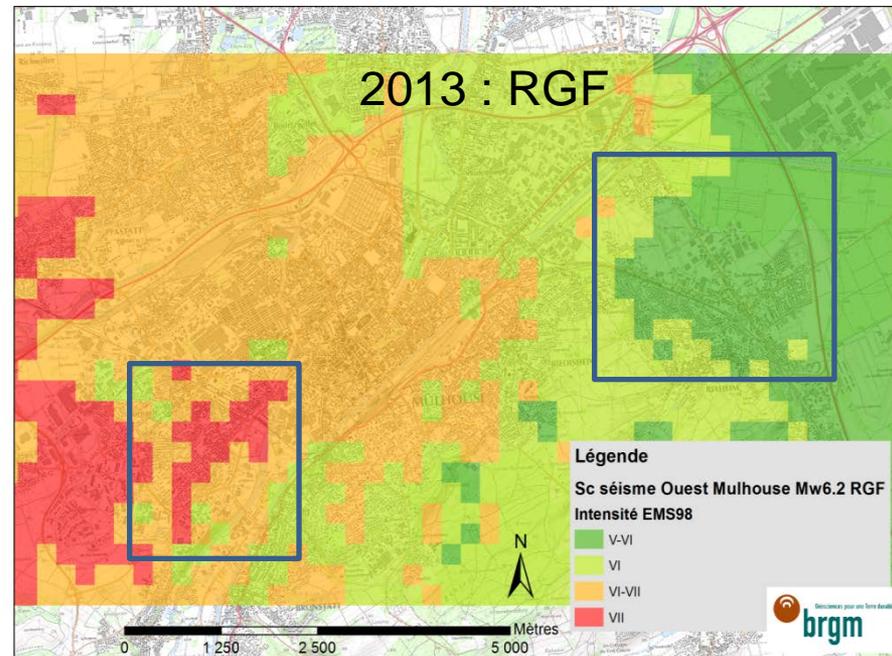
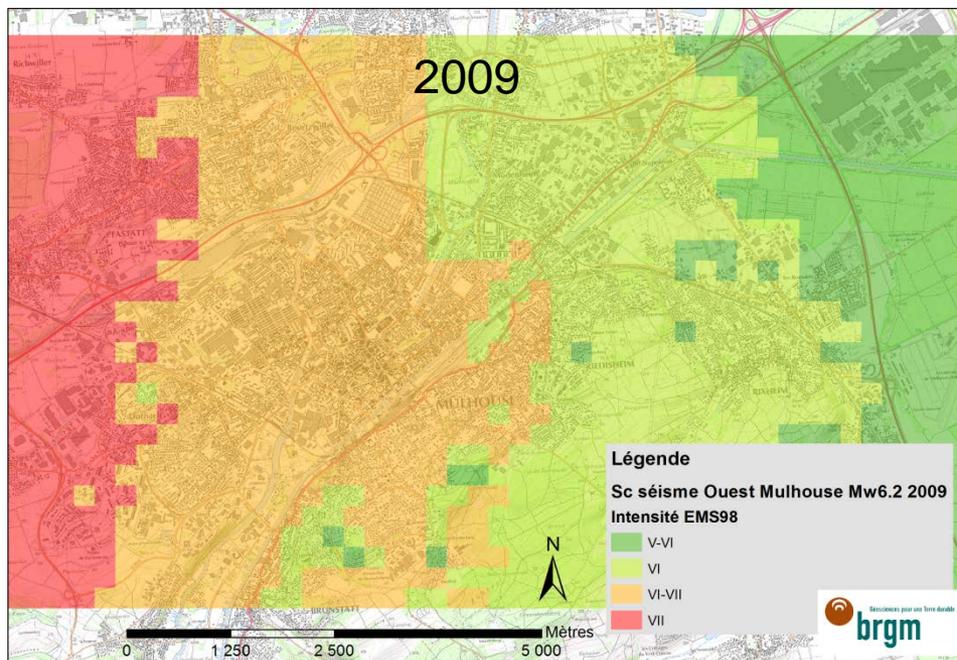
- Cartographie des classes de sol selon les règles parasismiques EC8 pour estimation d'un coefficient d'amplification du mouvement sismique sur toute la zone
- Outil de simulation : Armagedom (Sedan et al., 2013*)

Résultats : scénarios de dommages avec cartographies

- des intensités ressenties
- des dommages
- Une comparaison des classes de sol

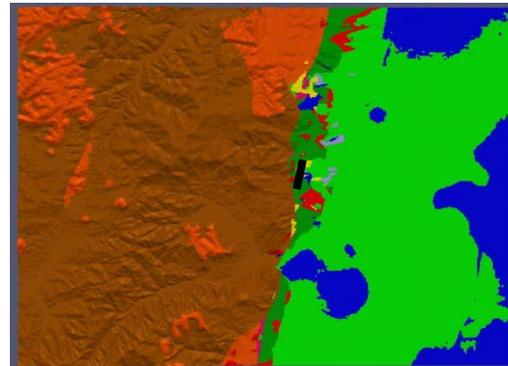
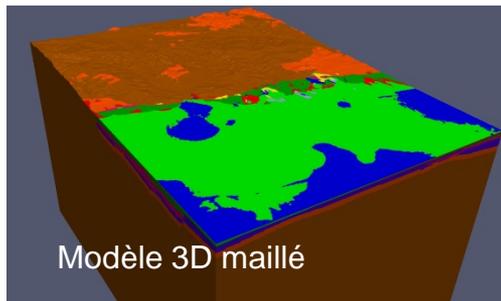


Epaisseur des formations allochtones



Thématique Risque Sismique

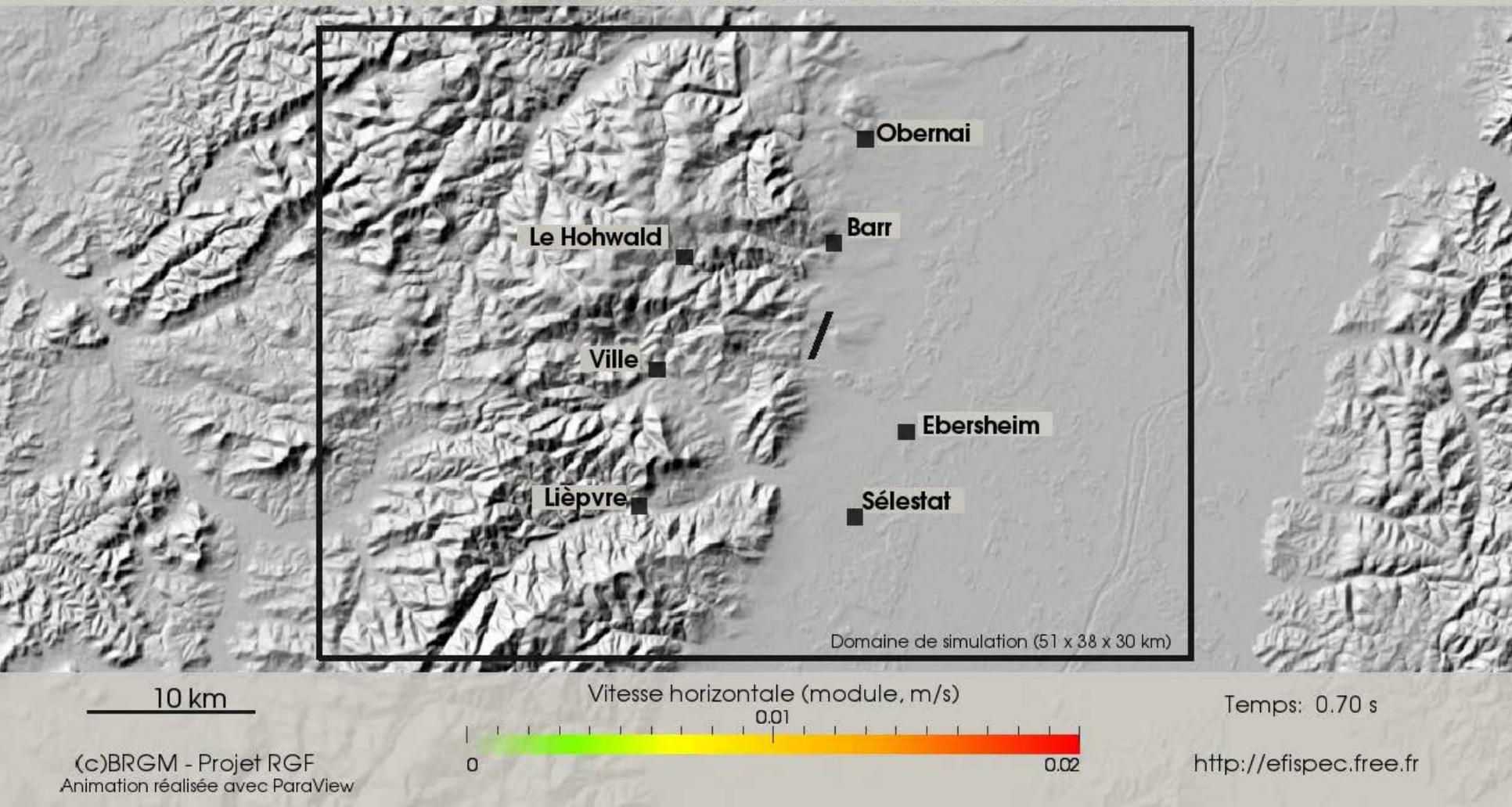
- Etude de la propagation des ondes sismiques dans un modèle géologique 3D suite à un séisme donné
- Zone d'étude : zone à emprise réduite comprenant le modèle régolithe
- Emprise du modèle : 50x30x30 km
- Données entrée RGF
 - Nature des formations géologiques en chaque nœud du modèle (Geomodeller)
 - Topographie (MNT)
 - Localisation faille sismogène
- Données entrée DRP
 - Modèle de source sismique (Mai et Beroza, 2002*)
 - Maillage modèle 3D
 - Paramètres mécaniques (V_p , V_s , ρ) des formations concernées par le modèle



- Traitement
 - ✓ Pas de prise en compte des failles actives dans le modèle (hormis pour la faille sismogène)
 - ✓ Modèle élastique
 - ✓ Couches homogènes
 - ✓ Fréquence limite : 3 Hz
 - ✓ 20 jours de calcul !!!
- Outils BRGM
 - ✓ Mailleur CUBIT 13.2
 - ✓ EFISPEC3D (propagation 3D, développé en partenariat avec INTEL)
 - ✓ Calcul sur grappe de prêt INTEL
- Résultat
 - ✓ Modèle 3D de propagation des ondes sismiques dans le bassin
 - ✓ Mise en évidence d'effets de site liés à la géologie superficielle
 - ✓ Sorties sous forme de video et de carte de PGV (Peak Ground Velocity)

Séisme de Magnitude Mw=5.0 sur un segment de la faille Rhénane simulé par EFISPEC3D sur architecture Intel Sandy Bridge (32 coeurs Intel Xeon E5-4650 @ 2.7GHz)

5.3 millions d'éléments finis spectraux | 350 millions de points de calcul | 10 GB de données binaires





Conclusions

- **Etat des lieux de la connaissance sur une zone et mise en évidence des manques**
- **Mise en évidence de l'intérêt du RGF pour des applications thématiques**
- **Une expérience pour les futurs chantiers RGF**

Merci de votre attention

BRGM
3, avenue Claude Guillemin
BP 36009
45060 Orléans Cedex 2
France

www.brgm.fr



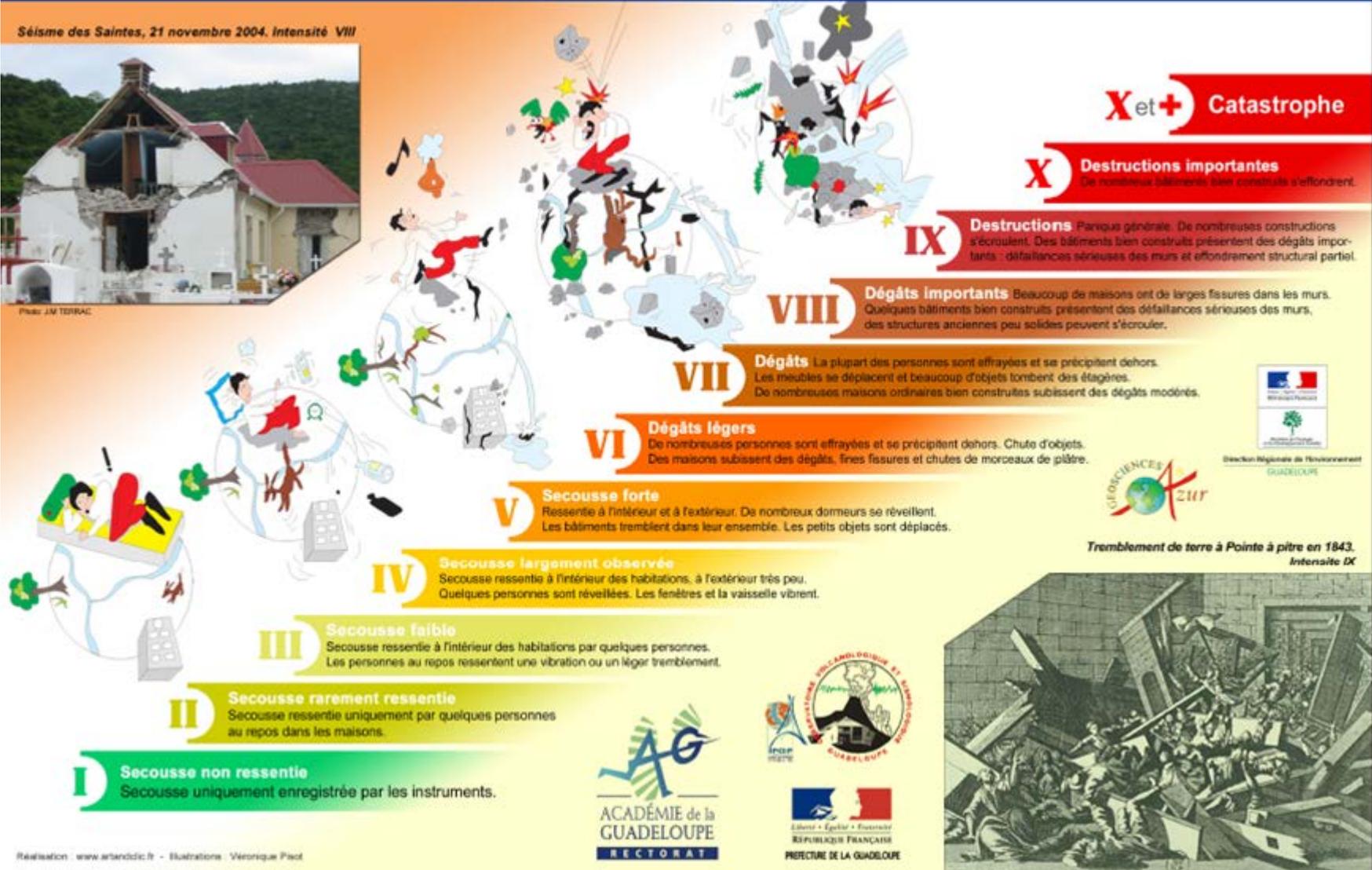


ECHELLE D'INTENSITE MACROSISMIQUE (ECHELLE EMS98)

Séisme des Saintes, 21 novembre 2004. Intensité VIII



Photo: JM TERRAC



Direction Régionale de l'Environnement
GUADELOUPE

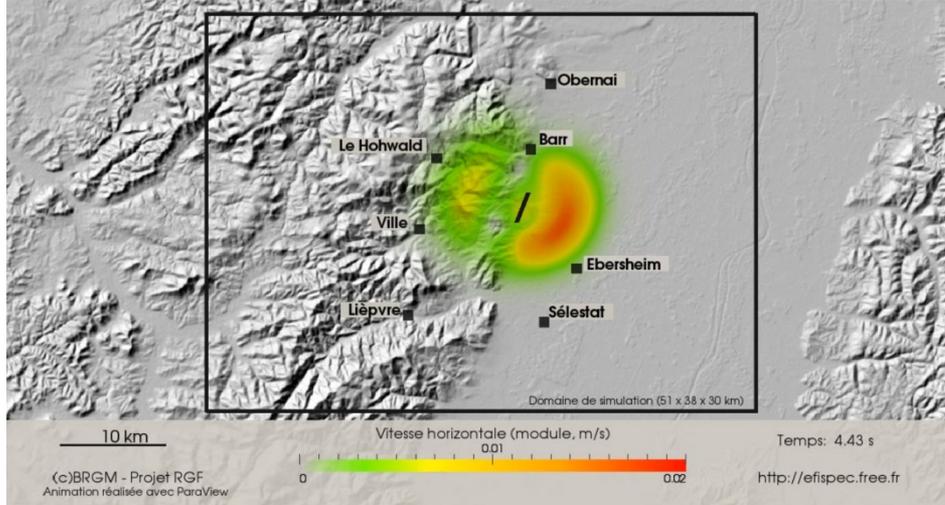


Tremblement de terre à Pointe à Pitre en 1843.
Intensité IX



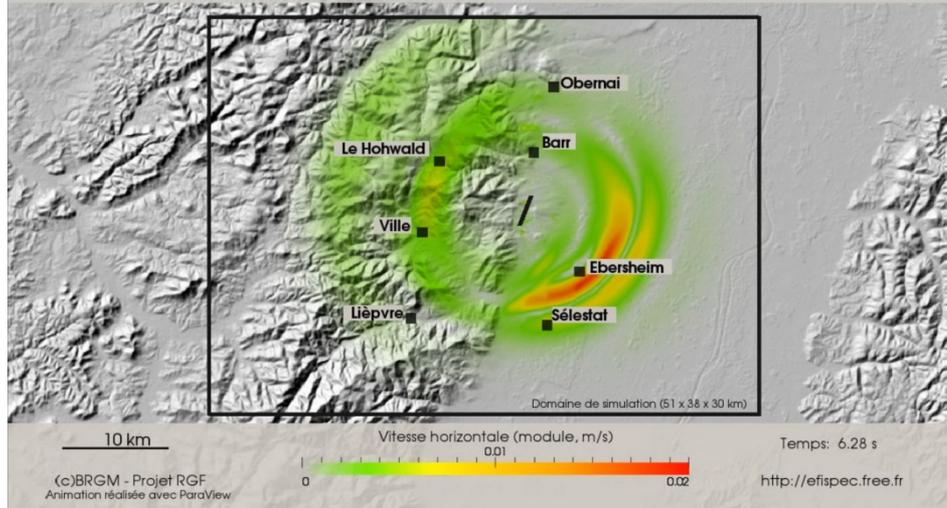
**Séisme de Magnitude Mw=5.0 sur un segment de la faille Rhénane
simulé par EFISPEC3D sur architecture Intel Sandy Bridge (32 coeurs Intel Xeon E5-4650 @ 2.7GHz)**

5.3 millions d'éléments finis spectraux | 350 millions de points de calcul | 10 GB de données binaires



**Séisme de Magnitude Mw=5.0 sur un segment de la faille Rhénane
simulé par EFISPEC3D sur architecture Intel Sandy Bridge (32 coeurs Intel Xeon E5-4650 @ 2.7GHz)**

5.3 millions d'éléments finis spectraux | 350 millions de points de calcul | 10 GB de données binaires



**Séisme de Magnitude Mw=5.0 sur un segment de la faille Rhénane
simulé par EFISPEC3D sur architecture Intel Sandy Bridge (32 coeurs Intel Xeon E5-4650 @ 2.7GHz)**

5.3 millions d'éléments finis spectraux | 350 millions de points de calcul | 10 GB de données binaires

