



Gestion des Données et Nouvel Environnement Numérique en Géotechnique

Une nouvelle plateforme de travail collaboratif pour les projets géotechniques : données, interprétations, calculs



cfms

COMITÉ FRANÇAIS DE MÉCANIQUE
DES SOLS ET DE GÉOTECHNIQUE

Pourquoi ?

**Une nouvelle plateforme de
travail collaboratif pour les
projets géotechniques**

Et comment ?



**GESTION DES DONNÉES ET
NOUVEL ENVIRONNEMENT NUMÉRIQUE EN GÉOTECHNIQUE**

Le numérique à terrasol : complet ...

Des outils internes plus ou moins formalisés

- Des **CRM** pour la gestion des projets / des affaires
- Des **méthodologies**
- Des outils d'**automatisation** et de génération de rapports
- Des **tableaux**...
- ... qui sont transformés en **applications web**
- Des outils de calculs paramétriques / basés sur l'**IA**
- Des **SIG** et des **bases de données**

Et évidemment des logiciels

- Conçus à l'origine pour notre usage
- Éprouvés (Talren a plus de 30 ans !)
- Modulaires, qui répondent chacun à un usage précis
- Au plus près des normes, règlements, projets nationaux
- Qui guident l'ingénieur sans brider son jugement
- Qui évoluent et se perfectionnent



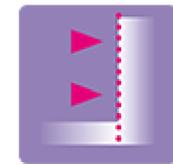
TALREN V6

Stabilité des ouvrages géotechniques, avec ou sans renforcements



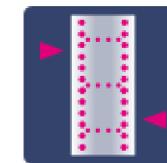
FOXTA V4

Dimensionnement des fondations superficielles et profondes



K-RÉA V4

Dimensionnement des écrans de soutènement



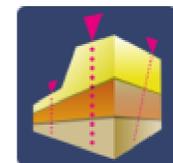
SCAGE

Analyse structurale des écrans de soutènement



SLAKE

Analyse de l'aléa liquéfaction des sols



STRATICAD V3

Géotechnique et D.A.O.



Le numérique à terrasol : complet ... mais dispersé

Et c'est handicapant pour répondre à des besoins maintenant essentiels

- **Capitaliser** sur l'information : connaissances des projets et données associées
- **Collaborer** plus efficacement au sein d'une même société et entre acteurs d'un projet
- Faciliter les échanges en pensant **interopérabilité**
- **Futur proof** : prêt pour le BIM, l'usage de l'IA sur les données, la conception paramétrique...
- Créer des **synergies** entre données et modèles de calcul

~~juxtaposer~~ → connecter

$data + data + data \rightarrow data^{data^{data}}$

Objectifs

- Gagner en pertinence
- Éviter les pertes de temps et pertes d'information
- Optimiser les ouvrages que nous concevons



Comment orchestrer les outils de la chaîne de valeur ?

Notre fil conducteur

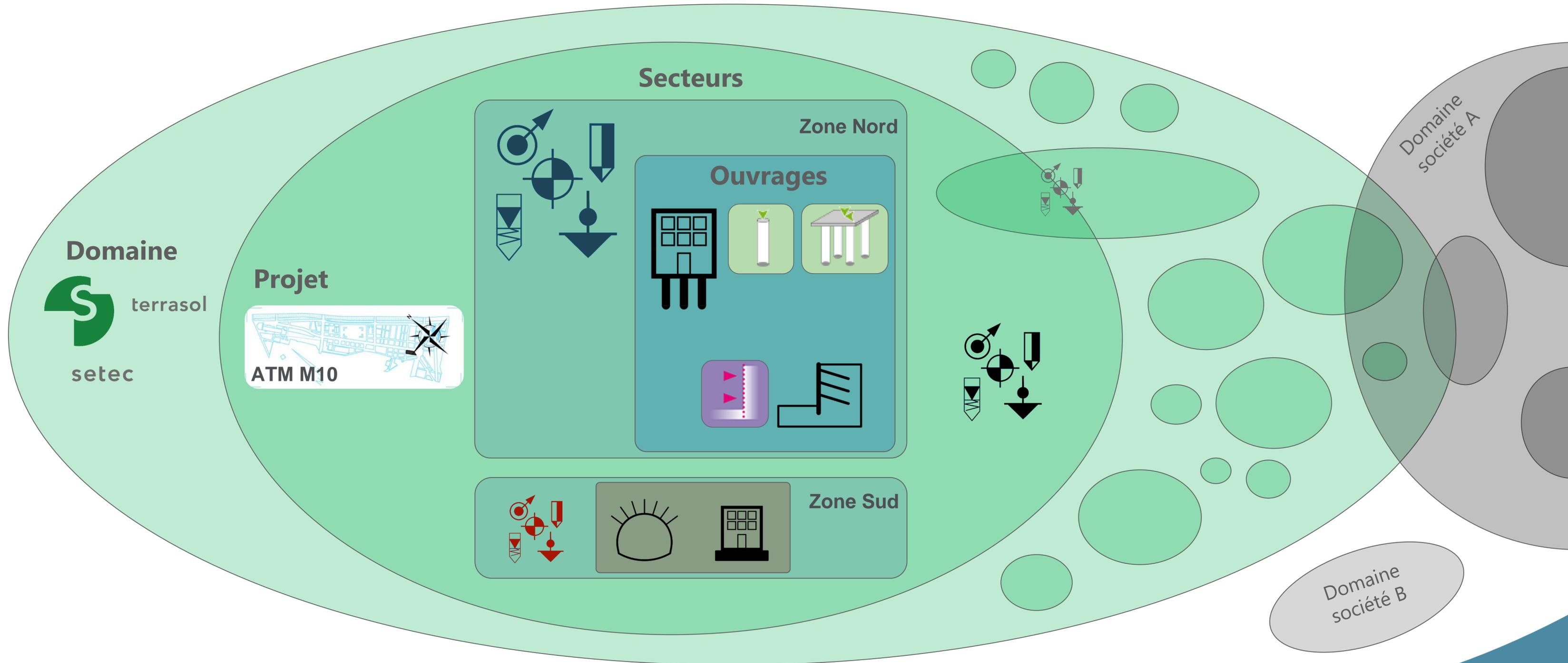
- L'**efficience** : des outils à l'échelle des problèmes, faciles à utiliser, pragmatiques dans leurs approches
- La **modularité** : découper ... recomposer
→ un problème complexe = une somme de problèmes simples

Les composants

- **Localiser** : du terrain au SIG
- **Interroger** les données publiques, les archives : le web, les bases de connaissance, les API
- Comprendre le **contexte** (sol, nappes, géomorphologie) : le savoir faire, l'échange
- Programmer / suivre / échanger / analyser des reconnaissances : des fichiers aux **BDD**
- Interpréter et **donner du sens** aux données : l'expérience, les outils de data science et de géostatistique → des données mesurées aux dérivées puis aux représentatives
- **Relier** les interprétations aux calculs : guides, expérience, habitudes
- **Calculs** : de l'intuition à la démonstration
- Suivi : **confronter** la prévision à l'observation



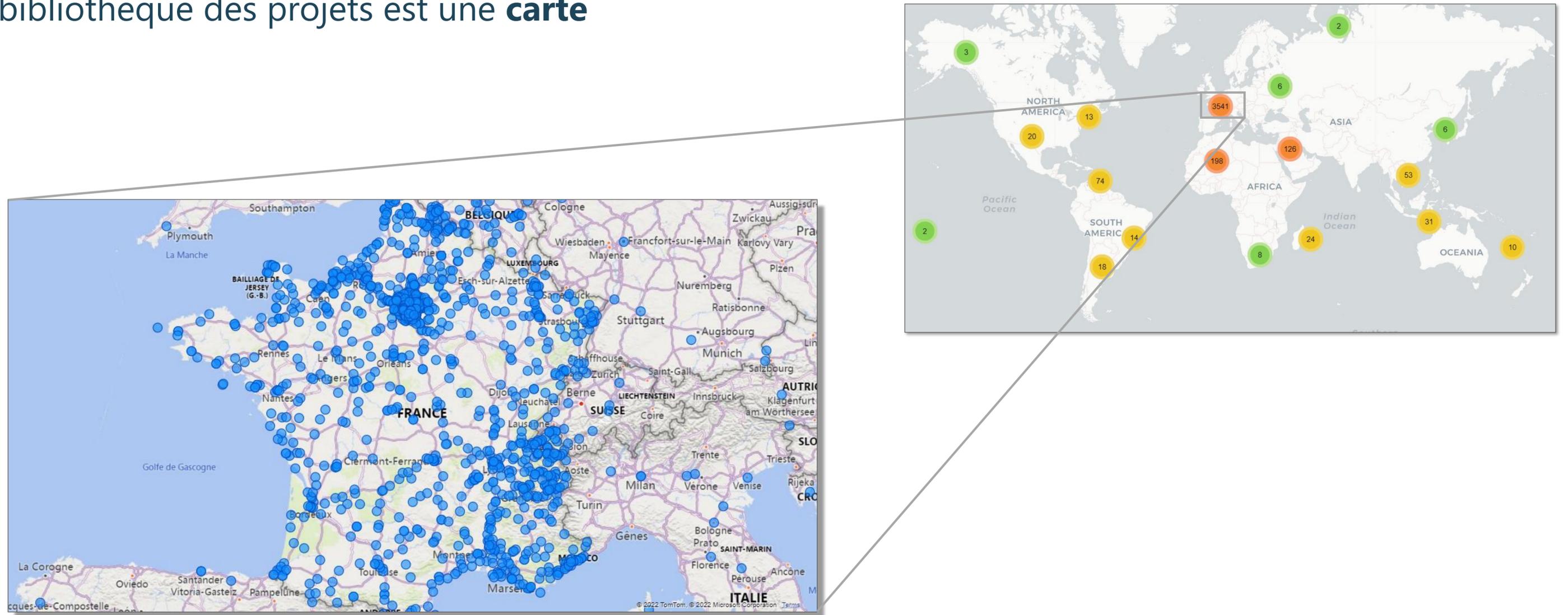
Architecture : imbriquer pour ranger



Le rôle central du SIG

Centraliser, c'est ne pas oublier

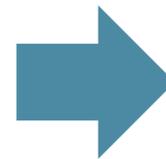
- La bibliothèque des projets est une **carte**



Le rôle central du SIG

Se repérer, c'est comprendre

- Le seul plan se suffit pas
- Organiser et superposer les informations



The screenshot shows a GIS software interface with a list of layers and a map view. The layers list includes:

Nom	Source	Géométrie	Style
Zone Sud	Dessin	Polygone	[Style]
Zone Nord	Dessin	Polygone	[Style]
Mur	Dessin	Polygone	[Style]
Centre du projet	Dessin	Point	[Style]
Buffer du projet	Dessin	Polygone	[Style]
Fond de plan	geo.Json	Multiligne	[Style]

Below the layers list, there are sections for 'Secteurs' and 'Ouvrages':

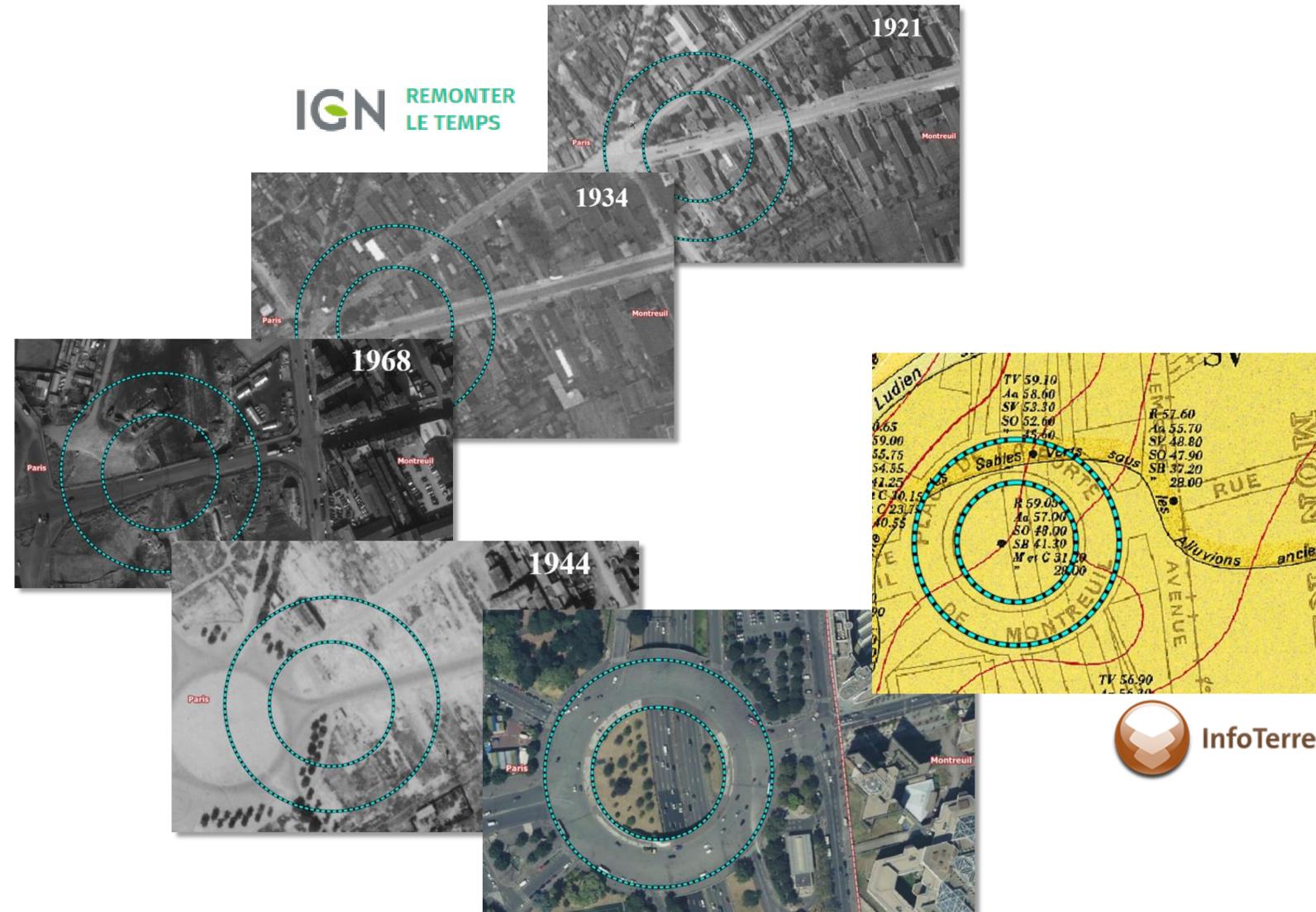
Nom	Type	Secteur
Barrettes Nord	Fondations profo...	Nord
Barrettes Sud	Fondations profo...	Sud
Mur	Soutènement	Mur

The map view shows a street grid with various colored overlays corresponding to the layers in the list.

Le rôle central du SIG

Superposer les informations

- De plus en plus de flux disponibles en **opendata**



IGN géoservices

h2o'eau

GÉORISQUES

cadastre.data.gouv.fr

SH M L'océan en référence

Géosciences pour une Terre durable
brgm

BGS British Geological Survey

ONE Geology

InfoTerre



GESTION DES DONNÉES ET
NOUVEL ENVIRONNEMENT DIGITAL EN GÉOTECHNIQUE
Une nouvelle plateforme de travail collaboratif pour les projets géotechniques

cfms

Le rôle central du SIG

Superposer les informations

- Agréger les flux pour faciliter l'accès

The screenshot displays a GIS application interface. On the left, a legend titled 'Sols' lists various soil types with their corresponding codes, colors, and hatching patterns. Below the legend, there is a section for 'Nappes' (aquifers) with a toggle switch. On the right, a topographic map shows a grid overlay and a circular area of interest.

Nom	Code géol.	Code géotech.	Couleur	Hachures
Remblais	X	RB	Grey	Diagonal lines
Alluvions modernes	Fx	Am	Green	Horizontal lines
Alluvions anciennes	Fy	Aa	Brown	Diagonal lines
Calcaire grossier altéré	e5a	CGa	Red	Vertical lines
Calcaire grossier sain	e5a	CGs	Brown	Vertical lines
Fausses glaises	e3a	FG	Purple	Diagonal lines
Sable sparnassien	e3a	SS	Purple	Diagonal lines
Marnes de Meudon	e1	MM	Orange	Diagonal lines
Craie	c6	C	Yellow	Diagonal lines

IGN géoservices

h2o'eau

GÉORISQUES

cadastre.data.gouv.fr

SH M L'océan en référence

Géosciences pour une Terre durable
brgm

BGS British Geological Survey

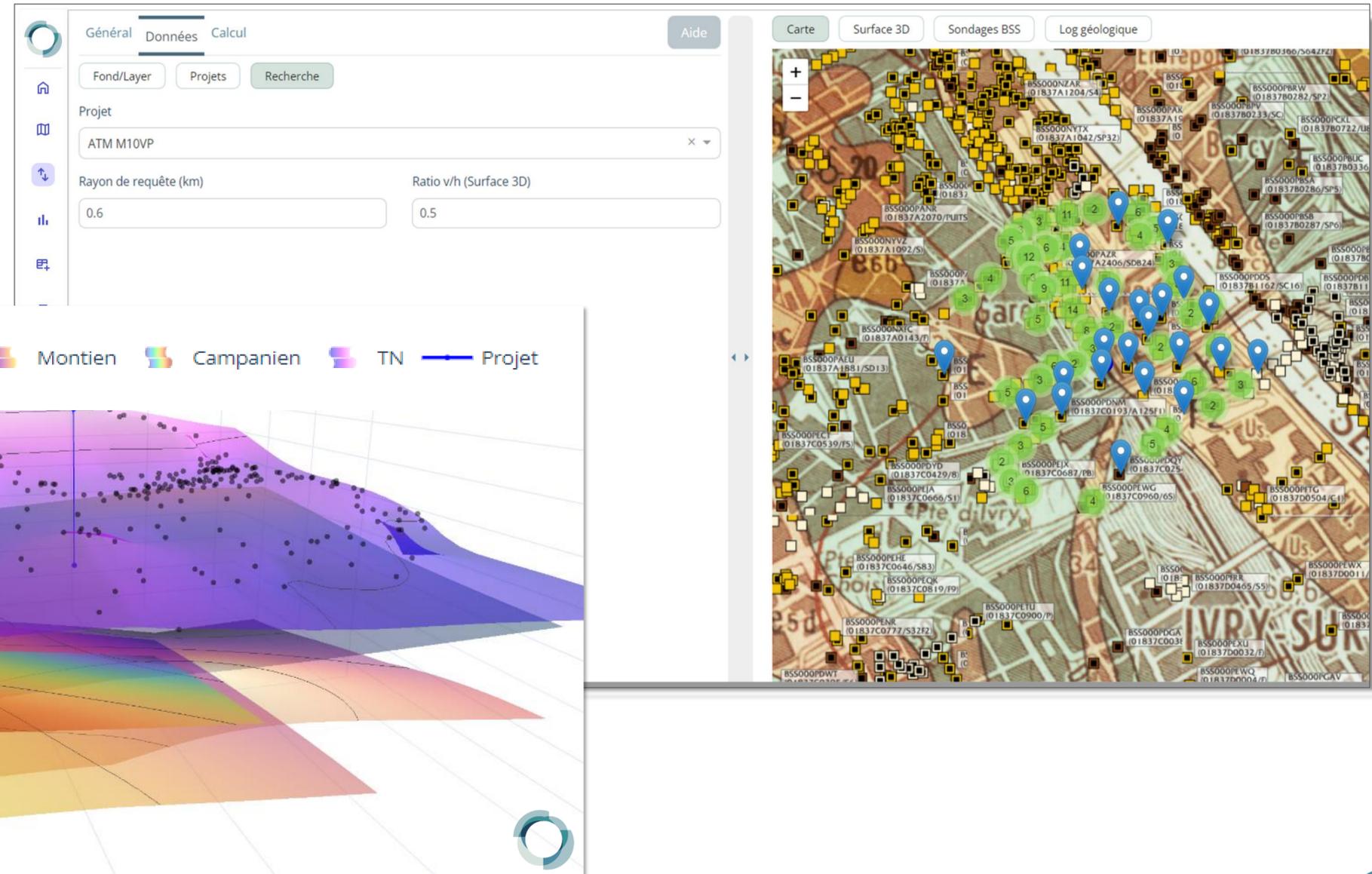
ONE Geology



Les reconnaissances : valoriser l'existant

La BSS d'Infoterre

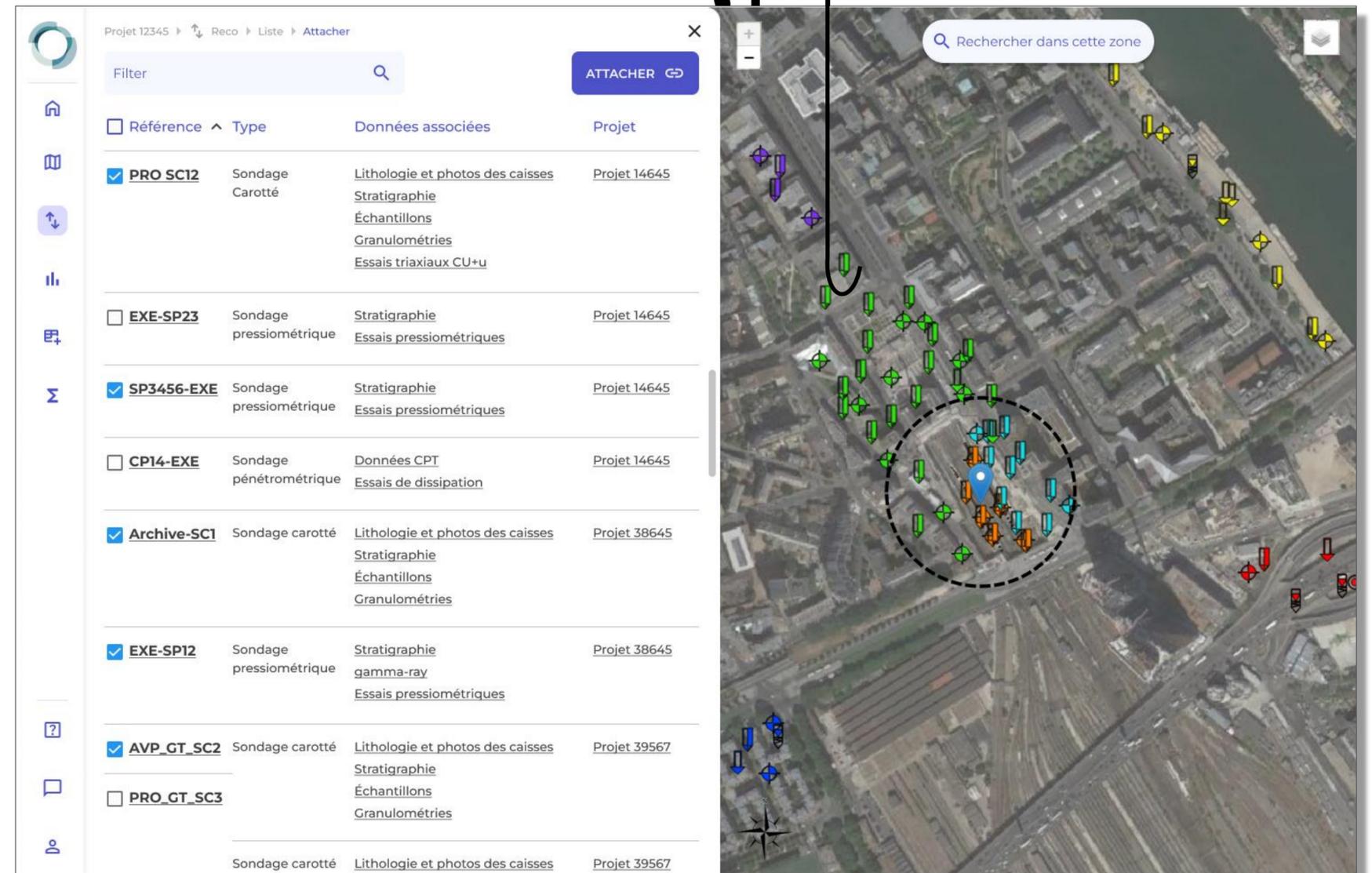
- Consulter rapidement les fiches et documents
- Exploiter simplement les logs géologiques numérisés



Les reconnaissances : valoriser l'existant

Données d'archive à proximité

- Retrouver facilement
- Consulter
- Attacher au projet pour alimenter la connaissance du contexte



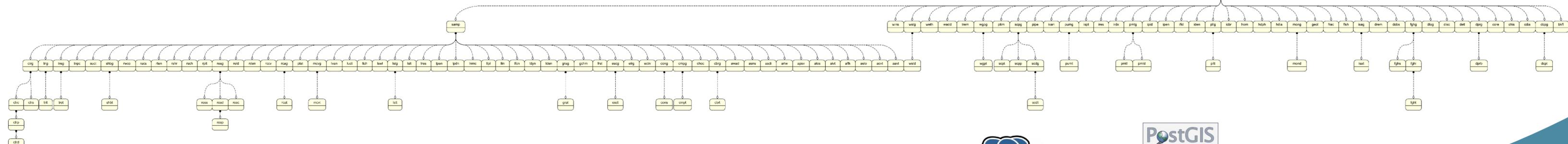
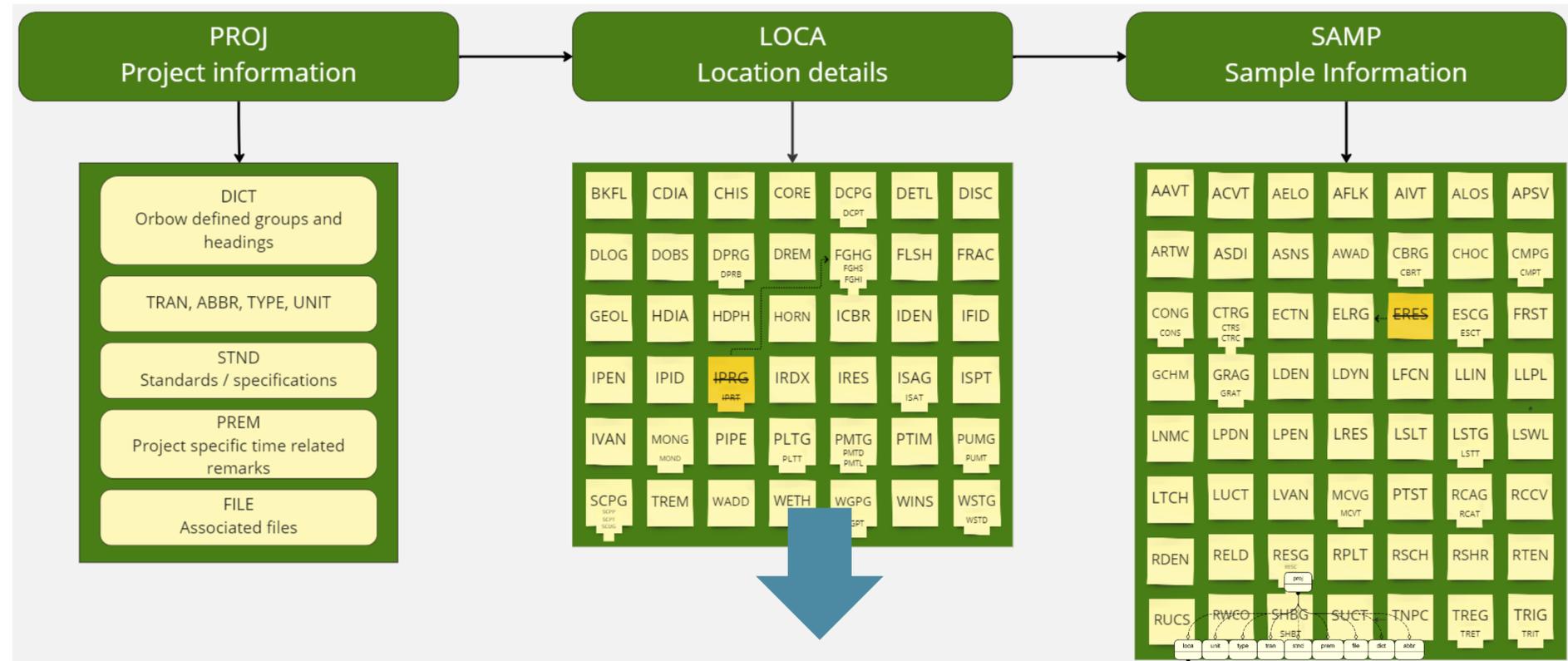
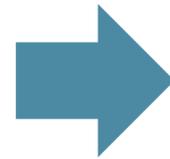
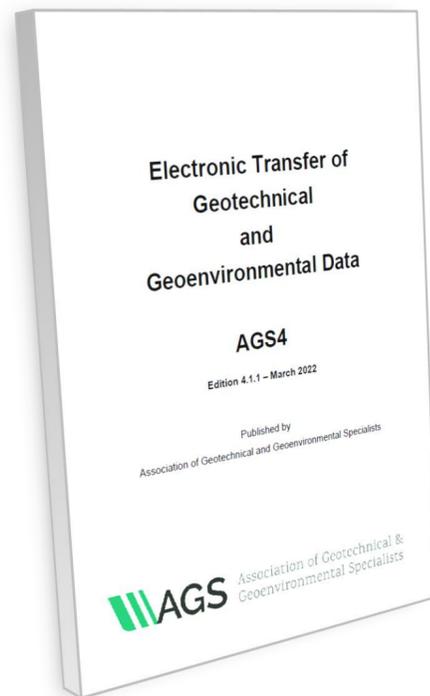
<input type="checkbox"/>	Référence	Type	Données associées	Projet
<input checked="" type="checkbox"/>	PRO-SC12	Sondage Carotté	Lithologie et photos des caisses Stratigraphie Échantillons Granulométries Essais triaxiaux CU+u	Projet 14645
<input type="checkbox"/>	EXE-SP23	Sondage pressiométrique	Stratigraphie Essais pressiométriques	Projet 14645
<input checked="" type="checkbox"/>	SP3456-EXE	Sondage pressiométrique	Stratigraphie Essais pressiométriques	Projet 14645
<input type="checkbox"/>	CP14-EXE	Sondage pénétrométrique	Données CPT Essais de dissipation	Projet 14645
<input checked="" type="checkbox"/>	Archive-SC1	Sondage carotté	Lithologie et photos des caisses Stratigraphie Échantillons Granulométries	Projet 38645
<input checked="" type="checkbox"/>	EXE-SP12	Sondage pressiométrique	Stratigraphie gamma-ray Essais pressiométriques	Projet 38645
<input checked="" type="checkbox"/>	AVP_GT_SC2	Sondage carotté	Lithologie et photos des caisses Stratigraphie	Projet 39567
<input type="checkbox"/>	PRO_GT_SC3	Sondage carotté	Échantillons Granulométries	Projet 39567



Les reconnaissances : un contenu foisonnant

Comment ranger / comment échanger / comment formaliser ?

- le format d'échange  comme constructeur d'une base de données hiérarchisée

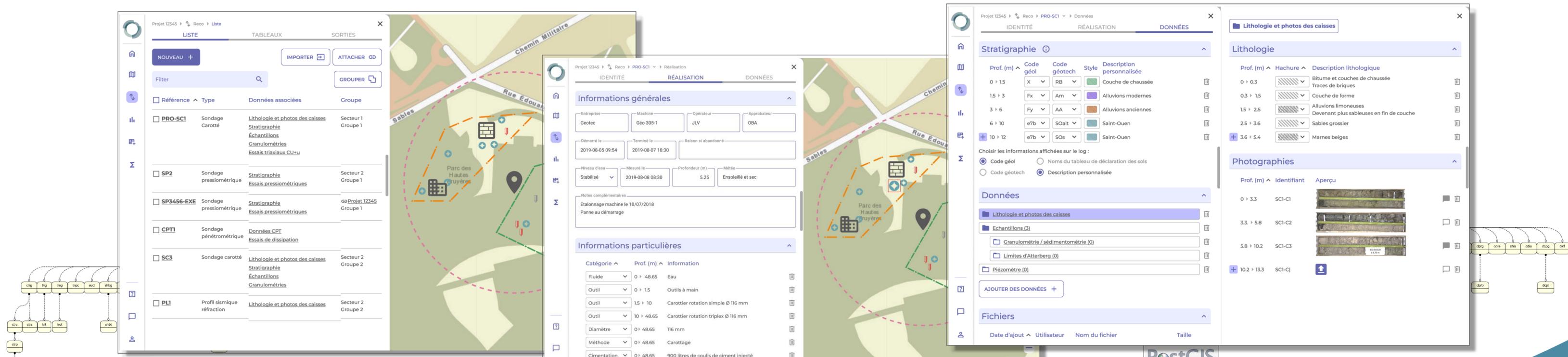


GESTION DES DONNÉES ET NOUVEL ENVIRONNEMENT DIGITAL EN GÉOTECHNIQUE
Une nouvelle plateforme de travail collaboratif pour les projets géotechniques

Les reconnaissances : un contenu foisonnant

Comment ranger / comment échanger / comment formaliser ?

- le format d'échange  comme constructeur d'une base de données hiérarchisée



The screenshot displays a complex software interface for geotechnical data management. It features a sidebar with navigation icons, a main content area with a list of boreholes, a map showing the project location, and several detailed data entry panels. The borehole list includes columns for reference, type, associated data, and group. The detailed panels show fields for general information (company, machine, operator, start/end dates), specific information (water level, depth, weather), and a table of data points with columns for category, depth, and information. A 'Données' panel shows a stratigraphic log with depth intervals, codes, and descriptions. A 'Lithologie et photos des caisses' panel shows lithological descriptions and photographs of soil samples. The interface is branded with PostGIS and PostgreSQL logos.

Référence	Type	Données associées	Groupe
PRO-SC1	Sondage Carotté	Lithologie et photos des caisses Stratigraphie Échantillons Granulométries Essais triaxiaux CU+u	Secteur 1 Groupe 1
SP2	Sondage pressiométrique	Stratigraphie Essais pressiométriques	Secteur 2 Groupe 1
SP3456-EXE	Sondage pressiométrique	Stratigraphie Essais pressiométriques	Projet 12345 Groupe 1
CPT1	Sondage pénétrométrique	Données CPT Essais de dissipation	
SC3	Sondage carotté	Lithologie et photos des caisses Stratigraphie Échantillons Granulométries	Secteur 2 Groupe 2
PL1	Profil sismique réfraction	Lithologie et photos des caisses	Secteur 2 Groupe 2

Catégorie	Prof. (m)	Information
Fluide	0 > 48.65	Eau
Outil	0 > 1.5	Outils à main
Outil	1.5 > 10	Carottier rotation simple Ø 116 mm
Outil	10 > 48.65	Carottier rotation triplex Ø 116 mm
Diamètre	0 > 48.65	116 mm
Méthode	0 > 48.65	Carottage
Cimentation	0 > 48.65	900 litres de coulis de ciment injecté
Date	0 > 1.5	22/10/2022

Prof. (m)	Code géol	Code géotech	Description personnalisée
0 > 1.5	X	RB	Couche de chaussée
1.5 > 3	Fx	Am	Alluvions modernes
3 > 6	Fy	AA	Alluvions anciennes
6 > 10	e7b	SOalt	Saint-Ouen
10 > 12	e7b	SOs	Saint-Ouen

Prof. (m)	Hachure	Description lithologique
0 > 0.3		Bitume et couches de chaussée Traces de briques
0.3 > 1.5		Couche de forme
1.5 > 2.5		Alluvions limoneuses Devenant plus sableuses en fin de couche
2.5 > 3.6		Sables grossier
3.6 > 5.4		Marnes beiges

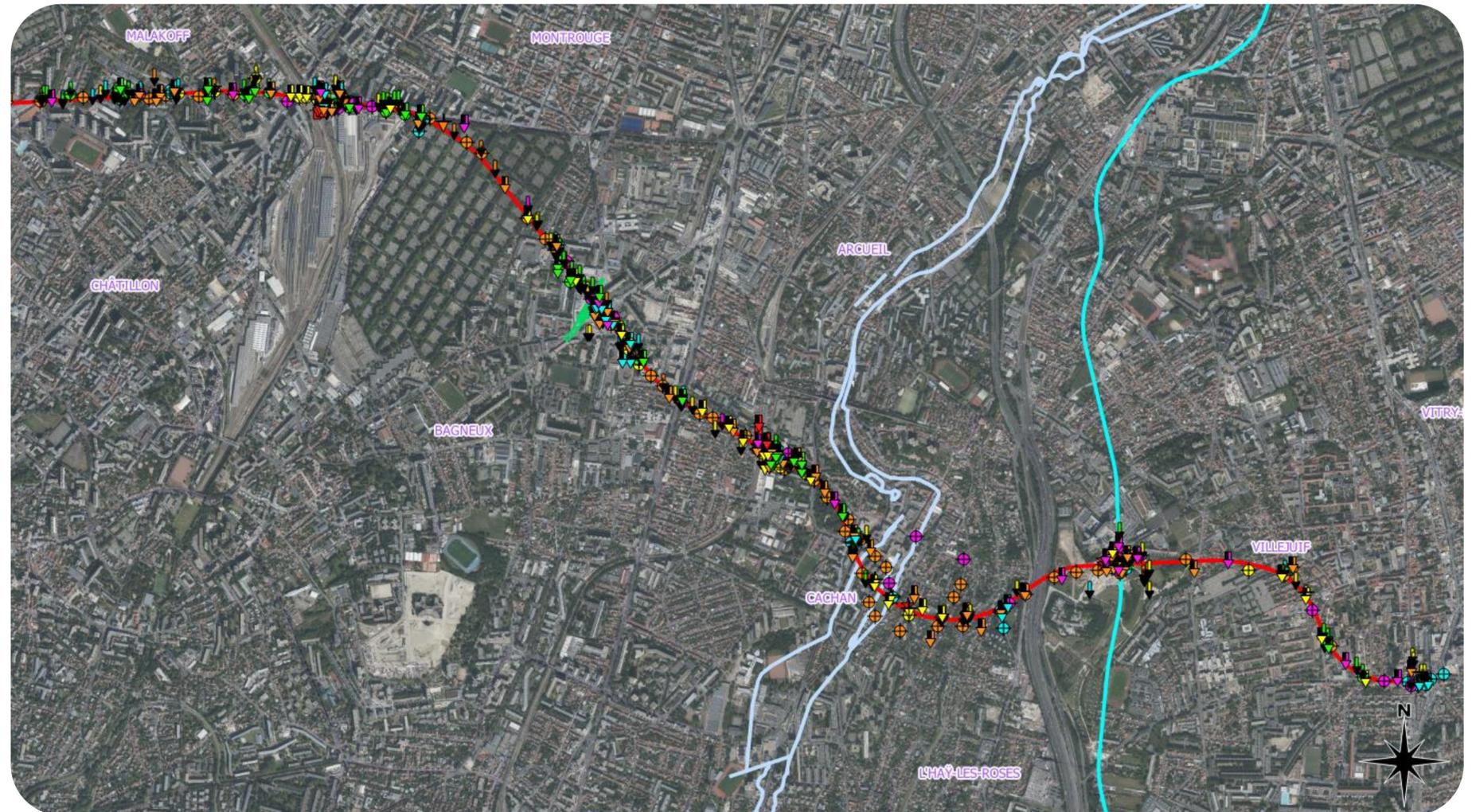
Prof. (m)	Identifiant	Aperçu
0 > 3.3	SCI-C1	
3.3 > 5.8	SCI-C2	
5.8 > 10.2	SCI-C3	
10.2 > 13.3	SCI-C1	



Les reconnaissances : s'adapter aux besoins

Simple d'emploi, quelle que soit l'échelle du projet

- Deux sondages ou 1000, ça marche pareil

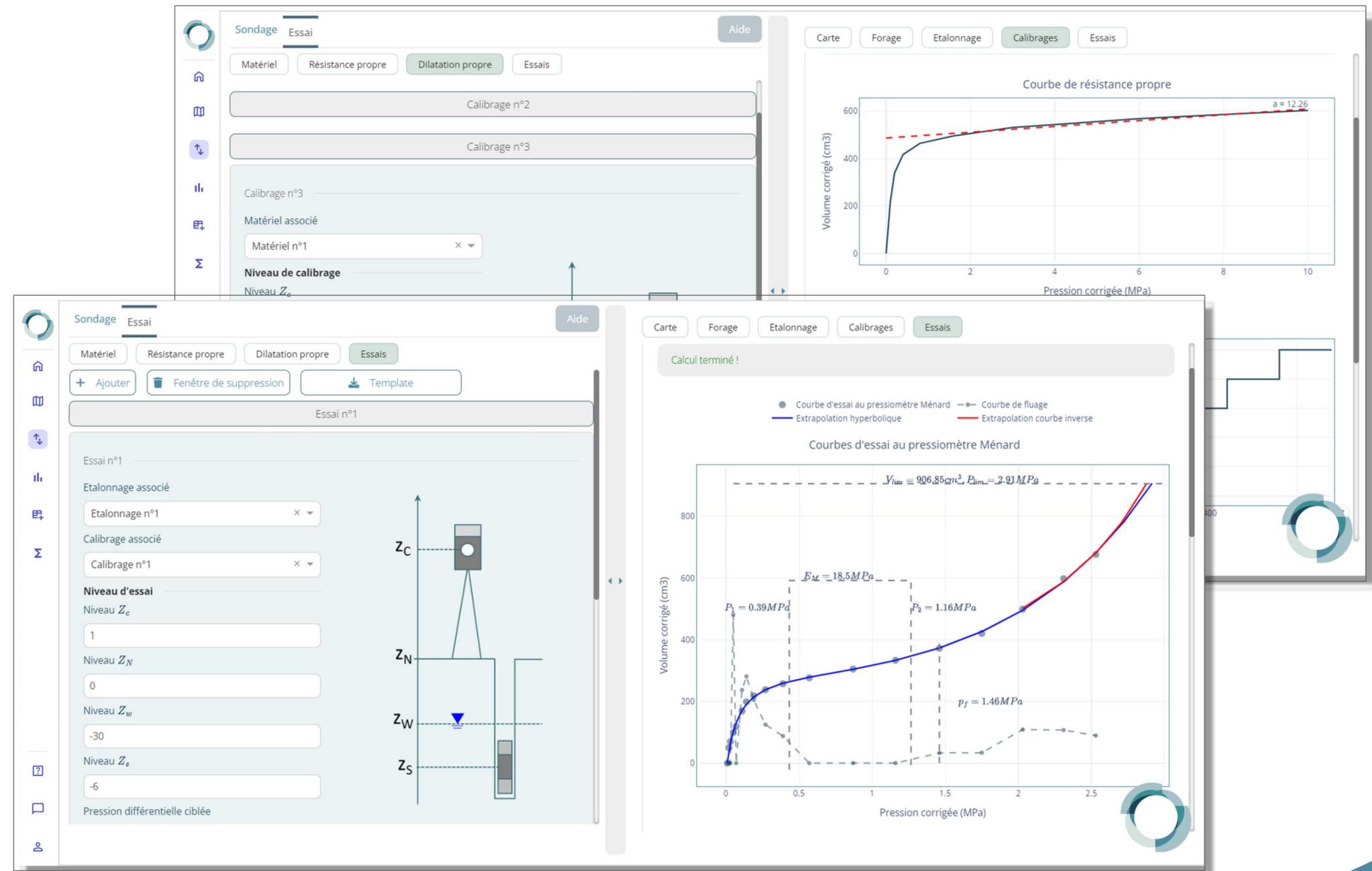


Les reconnaissances : interpréter

Interprétation des essais (paramètres dérivés)

Exemple pour le **pressiomètre** :

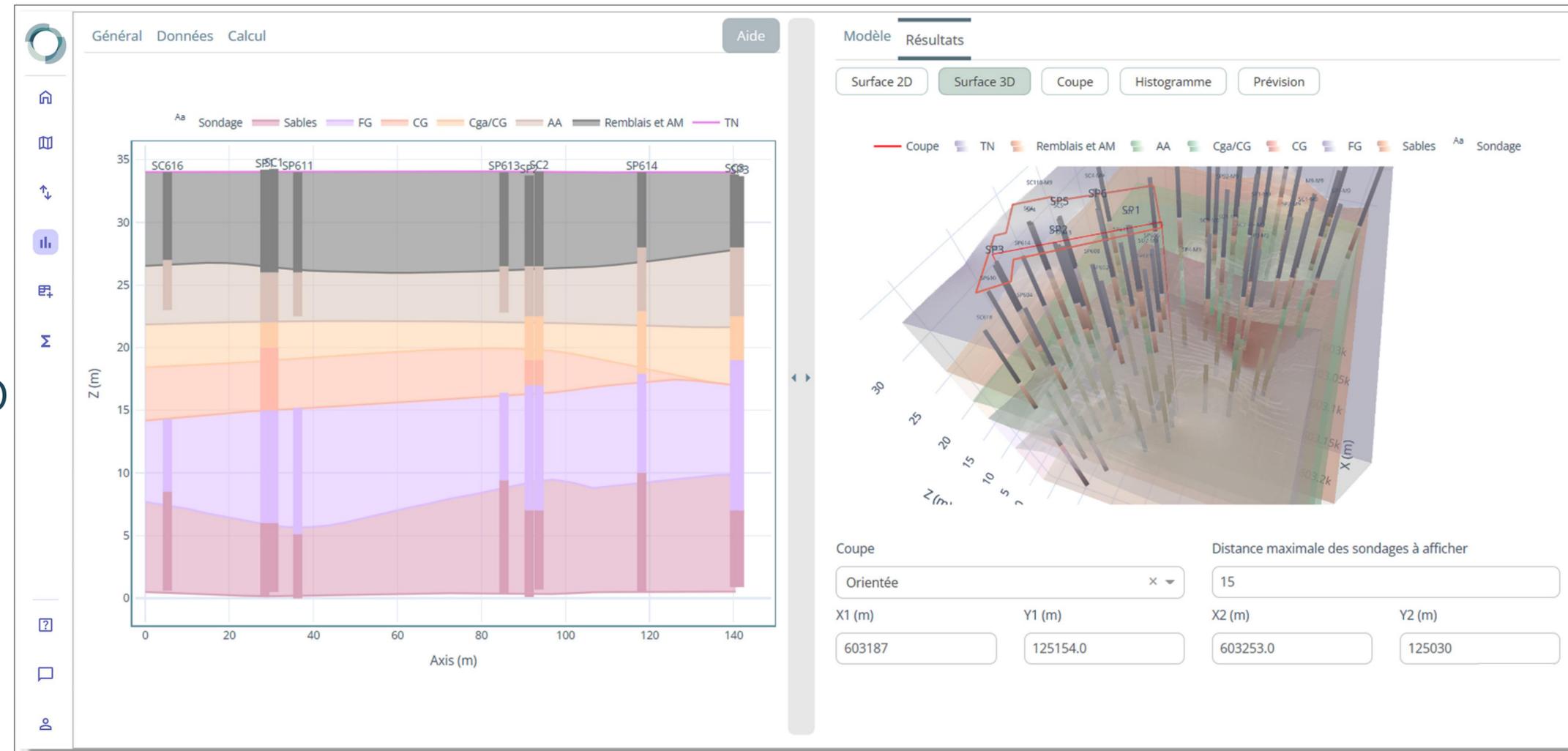
- traitement automatique par lots (Lutz, Agageo...)
- validation PV par PV
- outils d'aide à la vérification de la qualité des essais
 - analyse du programme de chargement
 - analyse du niveau d'extrapolation
 - analyse des paramètres de forage



L'analyse : expliquer par la représentation

Profil et coupes

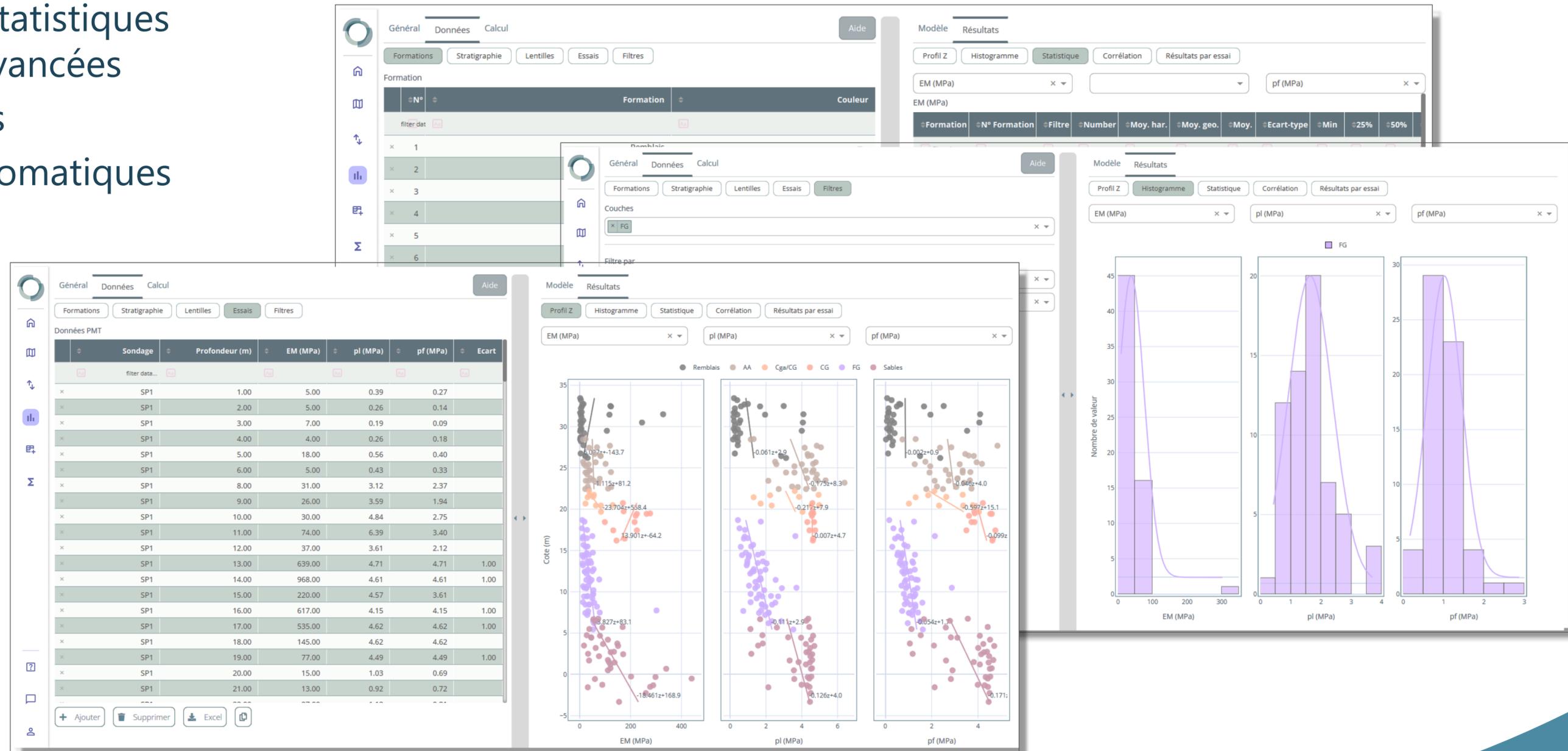
- Outils de géostatistique basiques (**krigeage** simple pour calculer les limites des interfaces)
- Coupes / profils automatiques
- Interfaçage avec Straticad / éditer sur un logiciel de DAO



L'analyse : guider la décision

Des méthodes généralistes pour voir et décider

- Description statistiques simples ou avancées
- Visualisations
- Rapports automatiques



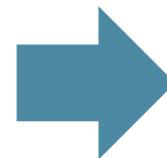
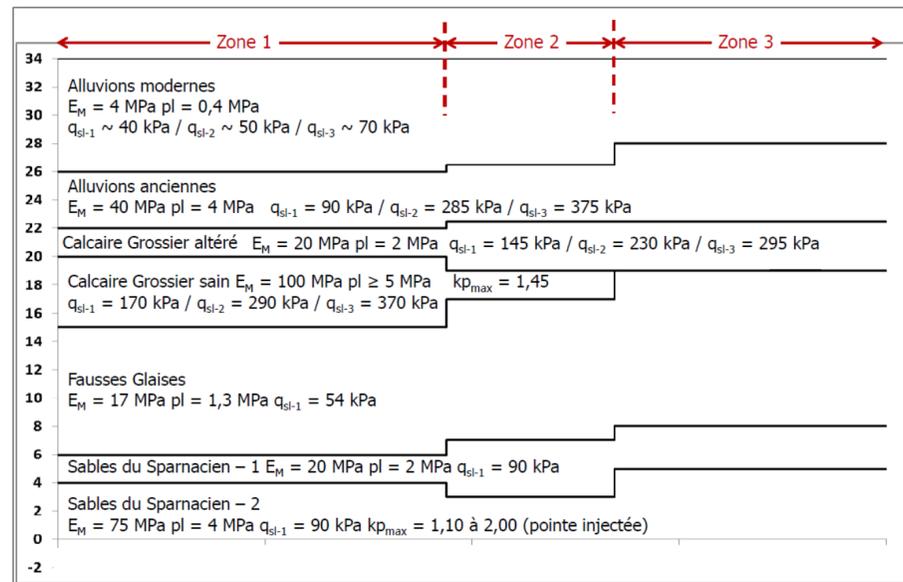
L'analyse : tracer les décisions

Décider des valeurs caractéristiques

- Contributions de groupes de travail en cours



- Faire simple et efficace, pour les calculs



Projet 12345 Param Paramètres interprétés

PARAMÈTRES INTERPRÉTÉS NIVEAUX DES NAPPES

Zone 1

Tableau 1 : Calculs de fondation

Sol	Cotes (NGF)	Epaisseur (m)	E _M (MPa)	pl* (MPa)
Am	34 ▶ 26	8	4	0.4
Aa	26 ▶ 22	4	40	4
CGa	22 ▶ 20	2	20	2
CGs	20 ▶ 15	5	100	5
FG	15 ▶ 6	9	17	1.3
SS1	6 ▶ 4	2	20	2
MM	4 ▶ 0	4	75	4

NOUVEAU TABLEAU +

Zone 2

Tableau 1 : Calculs de fondation

Sol	Cotes (NGF)	Epaisseur (m)	E _M (MPa)	pl* (MPa)
Am	34 ▶ 27	7	4	0.4
Aa	27 ▶ 23	4	40	4
CGa	23 ▶ 19	24	20	2
CGs	19 ▶ 17	2	100	5
FG	17 ▶ 7	10	17	1.3

Définition du paramètre

Description avancée

Valeur moyenne 75
Ecart type 20
Min 15
Max 300

Gilles Chapron
Moyenne X_{mi};bc ok pour ce paramètre.

Statistiques

X_{mi} ; bc 75
Harmonique 57
Géométrique 79
Min 12.5
Max 319

Vue graphique

Les dimensionnements : modularité

Une bibliothèques de modules

- Par type d'ouvrage géotechnique
- Indépendants
- Qui s'empilent
- Qui s'assemblent

Conçus et développés par nos ingénieurs et par étapes

1. Tableur démonstrateur
2. Moteur indépendant
3. Prototype fonctionnel
4. Connexion à la BDD
5. Module définitif

The screenshot displays a software interface for geotechnical engineering. On the left, a sidebar shows a project tree for 'Zone Nord' with sections for 'Fondations des appuis', 'Tests', and 'Soutènement Nord'. The main area shows a library of modules categorized under 'CALC - Outils de calcul'. Each module includes an icon and a brief description of its function.

Module	Description
CISO	Outil permet de sortir une cartographie d'isovaleurs à partir d'un réseau de points grâce à la méthode de Krigage.
STRA	Outil permet de sortir un modèle de sol 3D et des coupes à partir d'un réseau de sondage grâce à la méthode de Krigage.
PRES	Outil permet de réaliser une analyse des données d'essais pressionométriques.
CPT	Outil permet de réaliser une synthèse des données d'essais du pénétromètre statique.
LABO	Outil permet de réaliser une synthèse des données d'essais réalisés au laboratoire.
GRAN	Outil permet de réaliser une synthèse des données d'essais granulométriques.
PRO	Outil permet d'analyser l'ensemble des données géotechniques d'un projet.
FONDSUP	Programme FONDSUP du logiciel Fosta est dédié aux fondations superficielles.
FONDPROF	Programme FONDPROF du logiciel Fosta est dédié aux calculs de portance des fondations profondes.
TASSELDO	Programme TASSELDO du logiciel Fosta est dédié aux calculs de tassement sous chargement souple.
TASPIE	Programme TASPIE du logiciel Fosta est dédié aux calculs de tassement des fondations profondes.
GROUPOUI	Outil permet de calculer le rabattement de la nappe à partir d'un réseau de puits.
ASAO	Outil permet d'analyser la consolidation selon la méthode d'Asaka.
POUTRES2D	Programme Poutres2D version originale est dédié aux calculs de structure 2D. (en cours)
POUTRES2D OS	Programme Poutres2D version spéciale est dédié aux calculs de tunnels 2D.
PostPlaxis	Outil permet de visualiser les résultats Plaxis sortis par le programme Exploitation Plaxis Python.
Spiru	
StabFront	
SurCom	



Les dimensionnements : objectif optimisation

Le « multicalculs »

Exemple : portance des pieux

- Des coupes → un bloc stratigraphique **3D**
- Appui par appui → **tous** les appuis
- Prise en compte de l'**interaction** entre appuis
- Recherche **automatique** des dimensions optimales (diamètre / longueur) en fonction des DDC

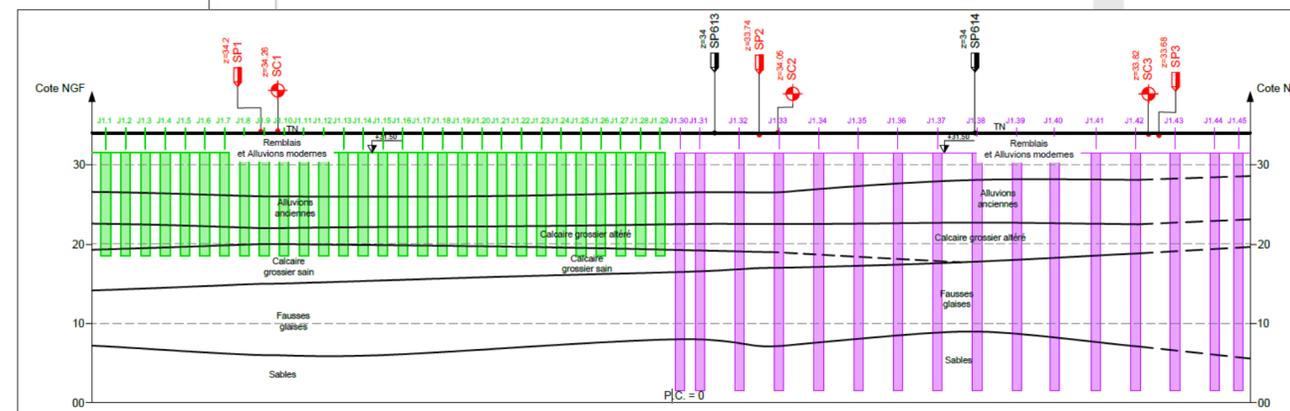
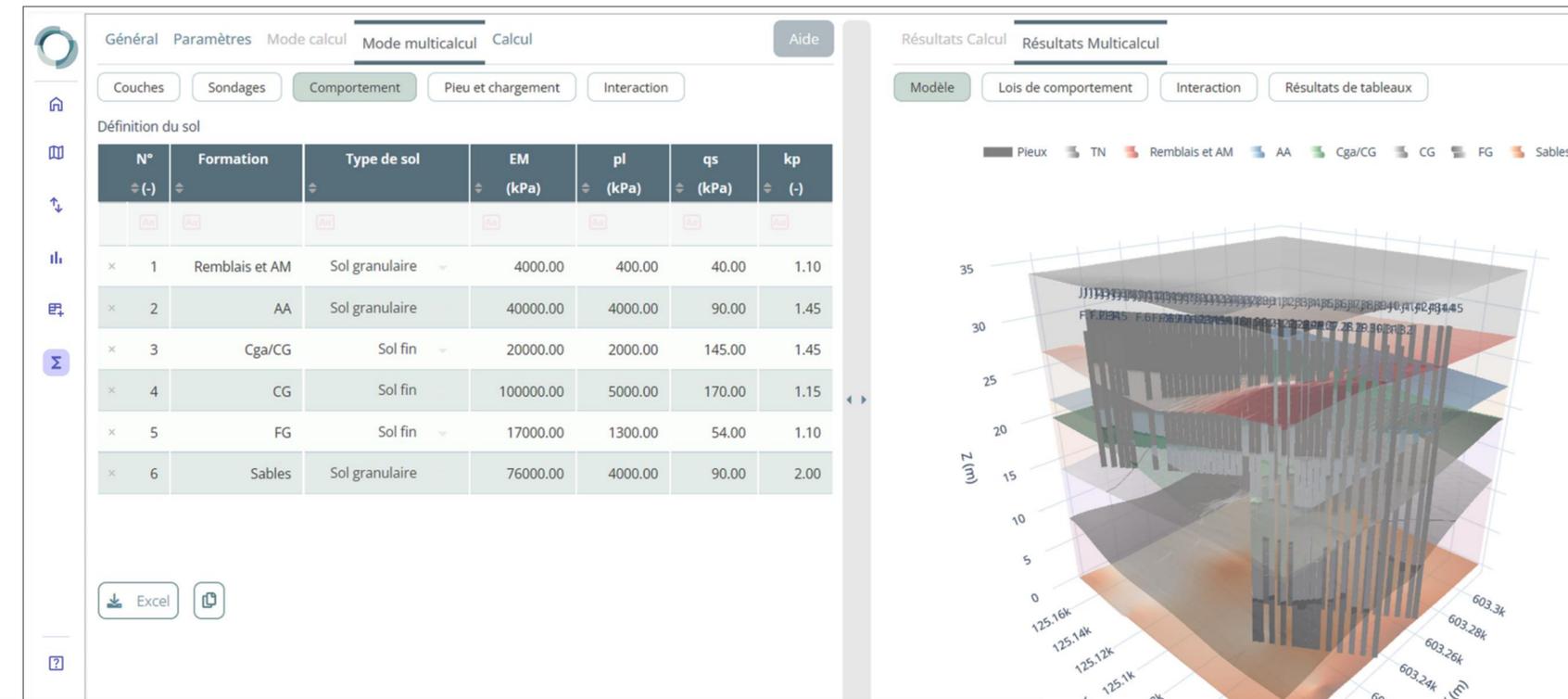
Fiabilité



Efficacité



Capacité d'optimisation



Conclusions et perspectives

Un projet ambitieux...

- Un cadre très vaste, des idées à la pelle qu'on a toutes envie d'intégrer
- Un nouveau domaine de travail : le web

... mais motivant et formateur pour nos équipes

- Usage systématique de la plateforme par nos équipes de production
- Ingénieurs : moteurs / prototypage d'interfaces
- Développeurs : passer des technologies desktop au web

... et nécessaire pour notre avenir

- Capitaliser sur les connaissances tirées des données projet
- Y connecter notre savoir faire en matière d'outils de calcul
- Généraliser les calculs paramétriques, en sensibilité
- Ouvrir la voie aux calculs probabilistes, à l'IA et aux métamodèles
- Facile à rendre interopérable





cfms

COMITÉ FRANÇAIS DE MÉCANIQUE
DES SOLS ET DE GÉOTECHNIQUE

Merci de votre attention

orb^ow

Merci à Minh Tuan, Jesús, Ana-Maria,
Alexandre, Fahd et à toute l'équipe pour leur
contribution

**GESTION DES DONNÉES ET
NOUVEL ENVIRONNEMENT NUMERIQUE EN GÉOTECHNIQUE**

