



Journée technique CFMS/AGAP du 22 novembre 2019

« *Regards croisés sur les méthodes de reconnaissance géotechnique et géophysique* »

Intégration des données géophysiques et géotechniques pour les modèles de sol

Nom de l'intervenant : **Dr Gabriela Dan Unterseh (FUGRO)**



Contenu



- Introduction
- Les phases de la construction d'un modèle de sol
- Cas d'étude: Intégration des données géophysiques et géotechniques
- L'apport de cette approche intégrée

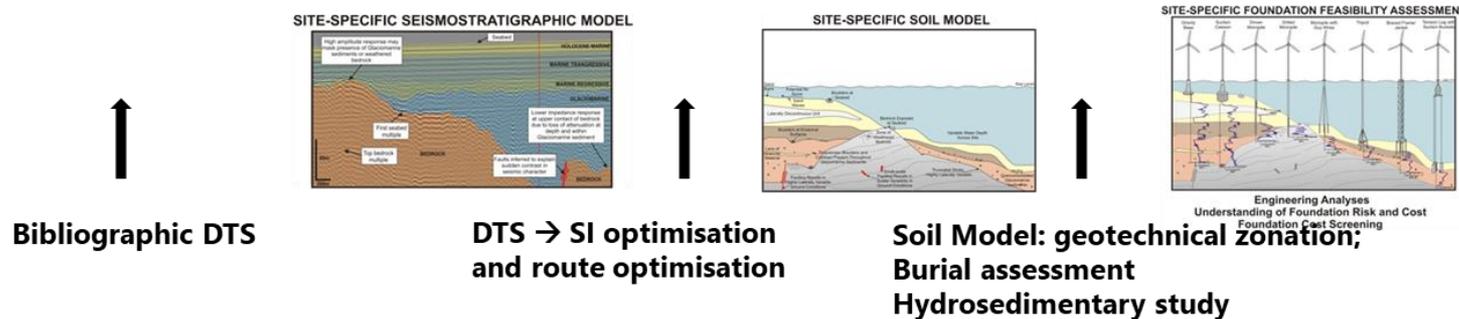
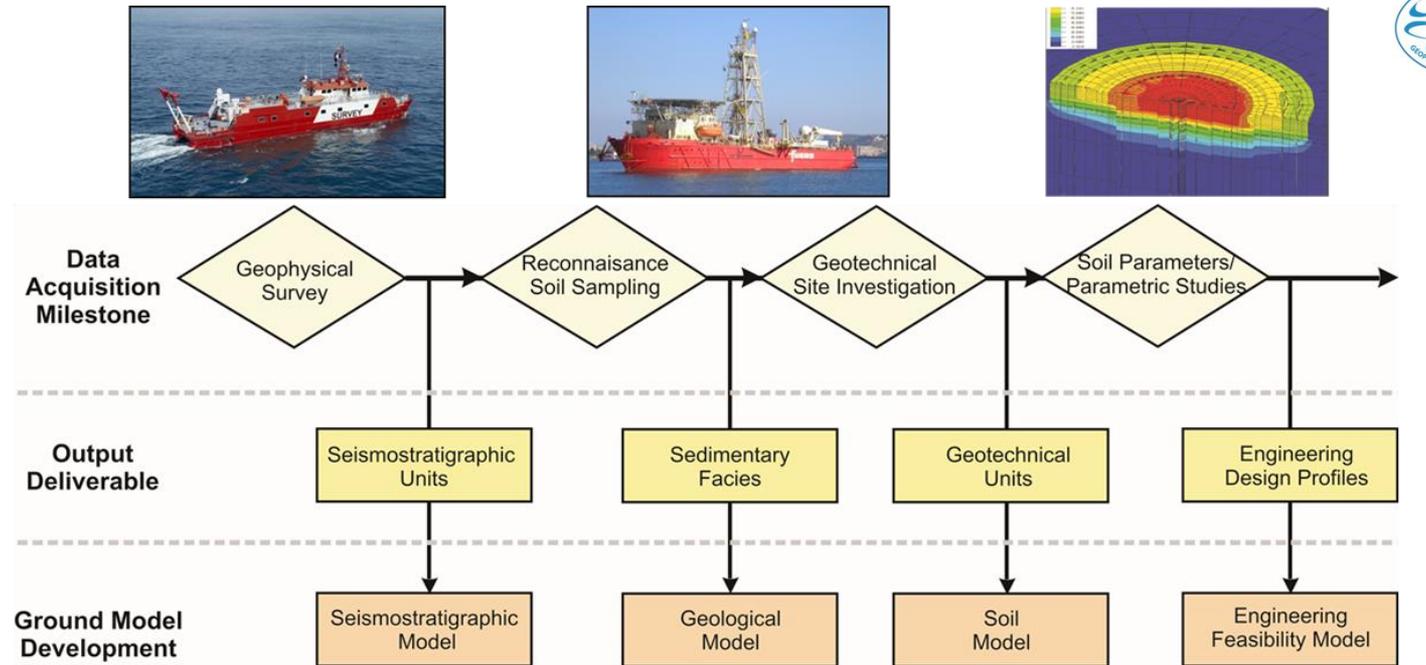
Introduction



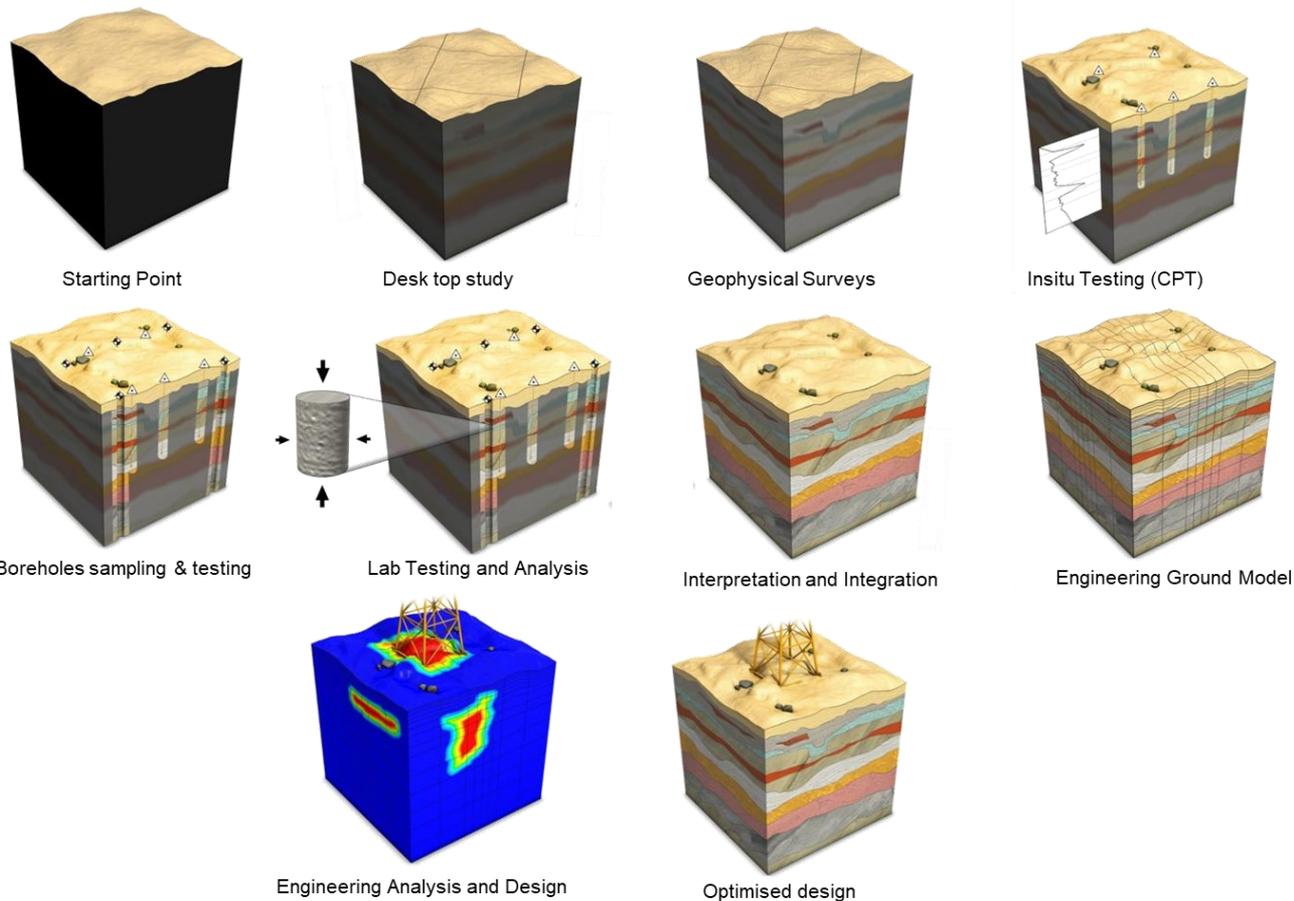
Lors du développement d'un projet on acquiert différents jeux de données

La création d'un modèle géologique commence dès le début du projet et la mise à jour doit être continue lors de l'acquisition des nouvelles données

De la DTS à l'Installation



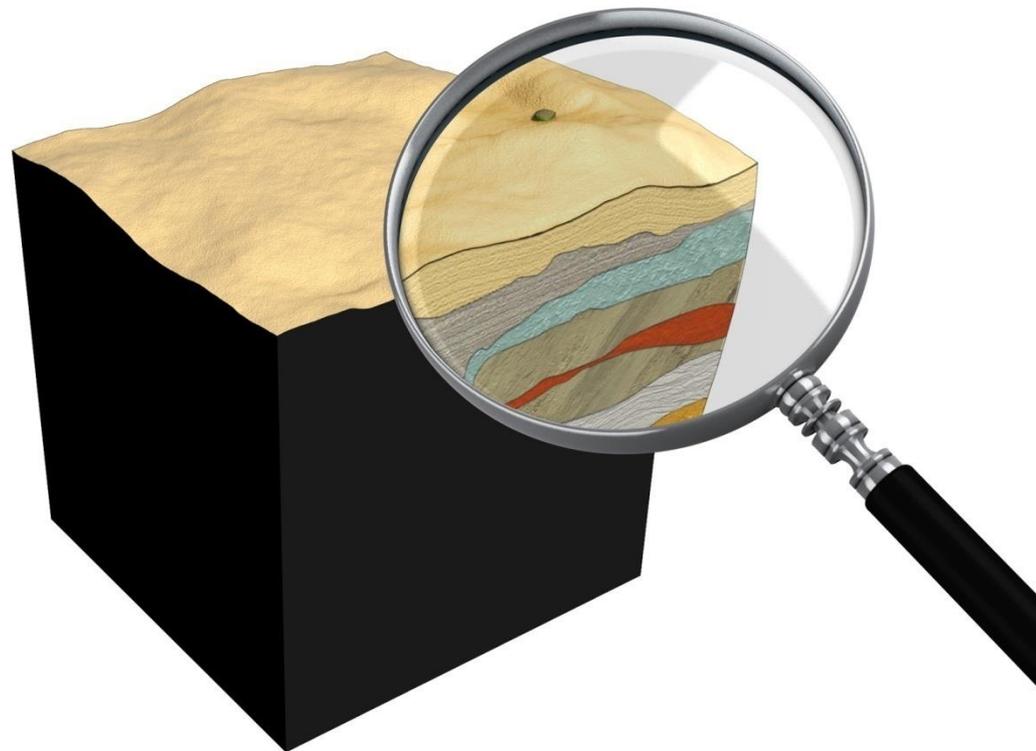
Les phases de la construction d'un modèle de sol par intégration des données

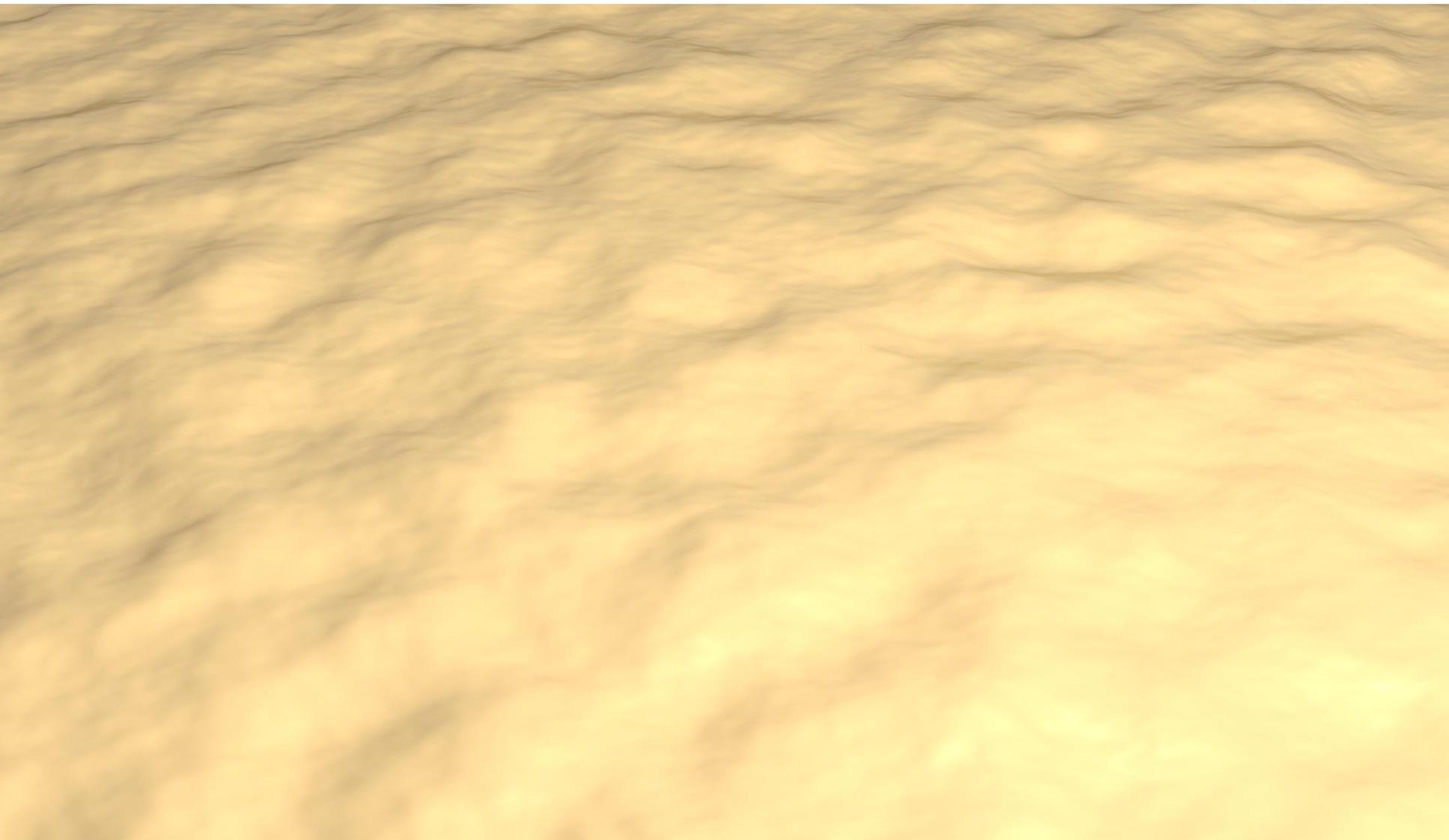


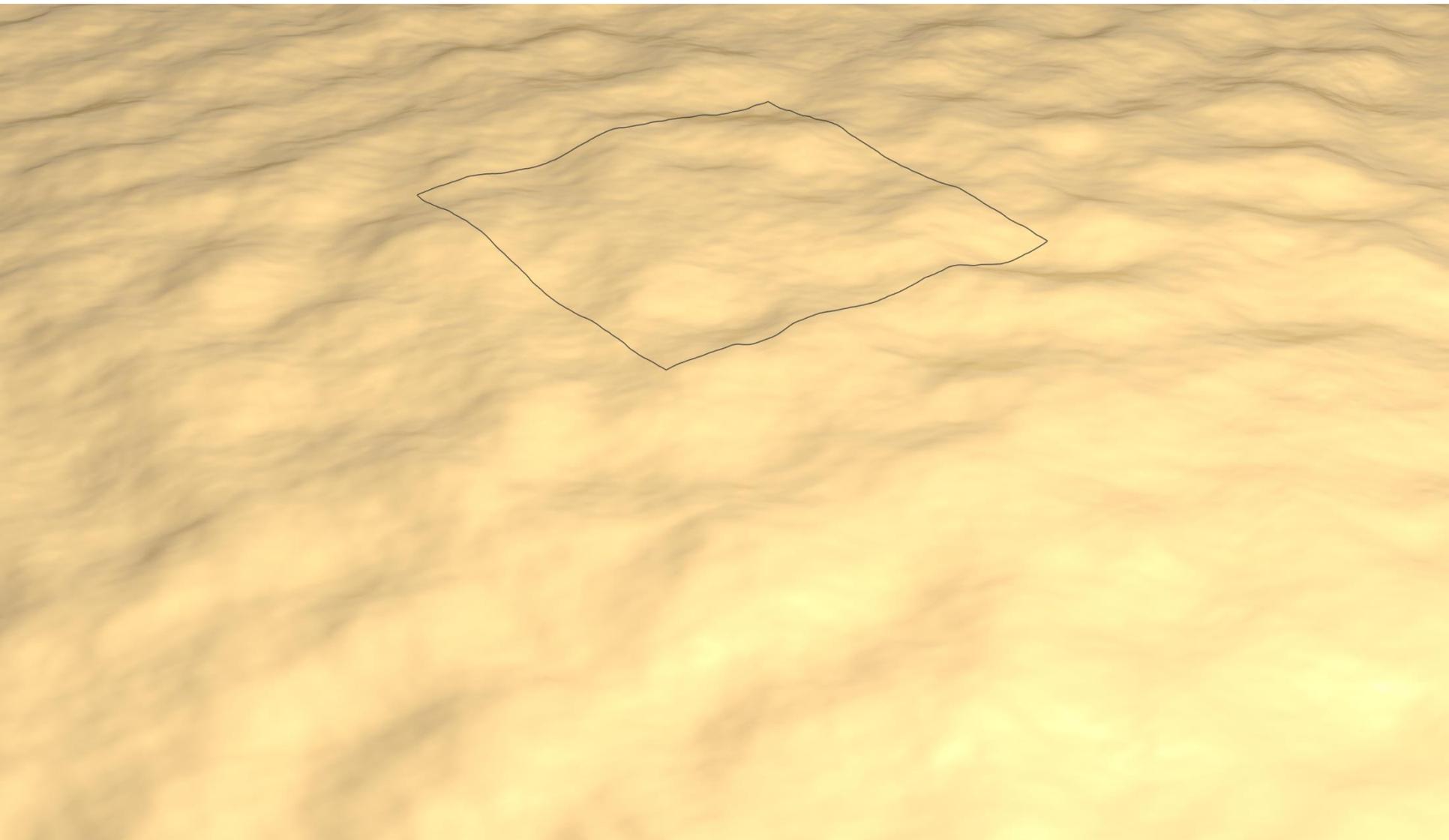


Modèle de sol

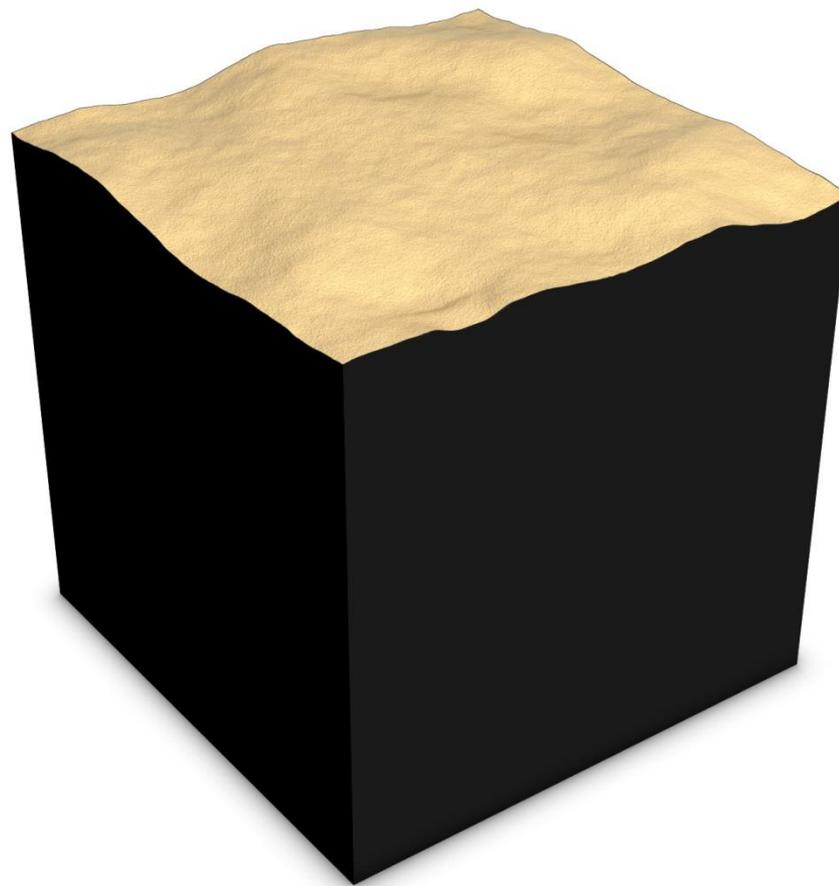
- Quantifier et minimiser les risques



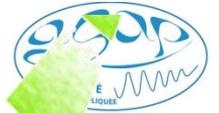




Le point de départ

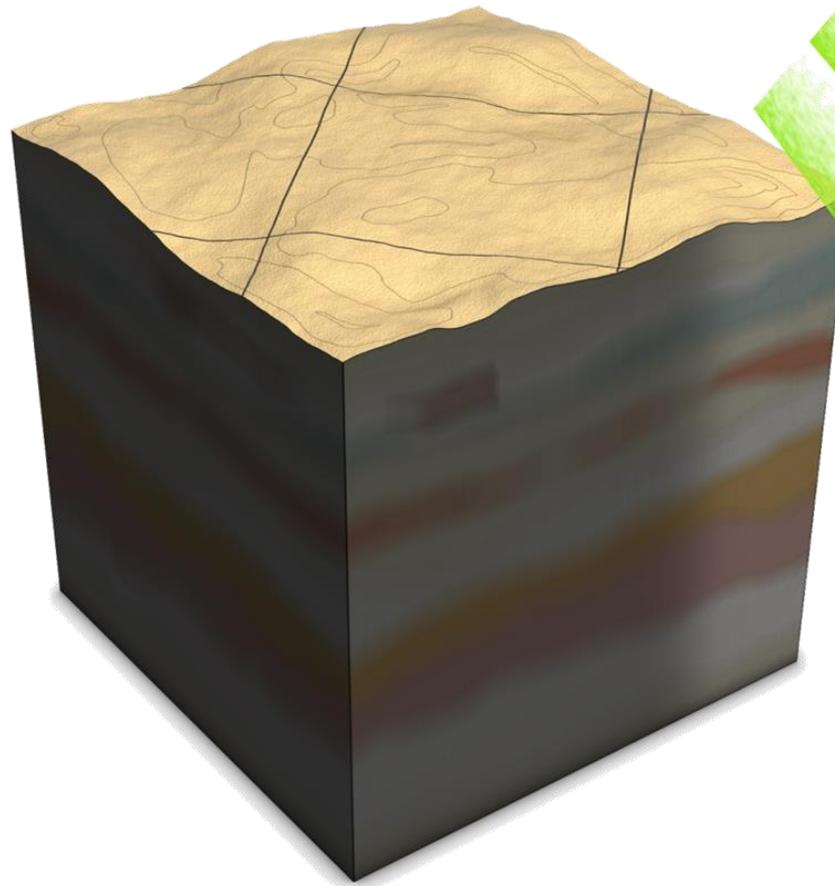


Le modèle géologique



A. Geophysical Survey

- Stratigraphy
- Geological features
- Shallow hazards

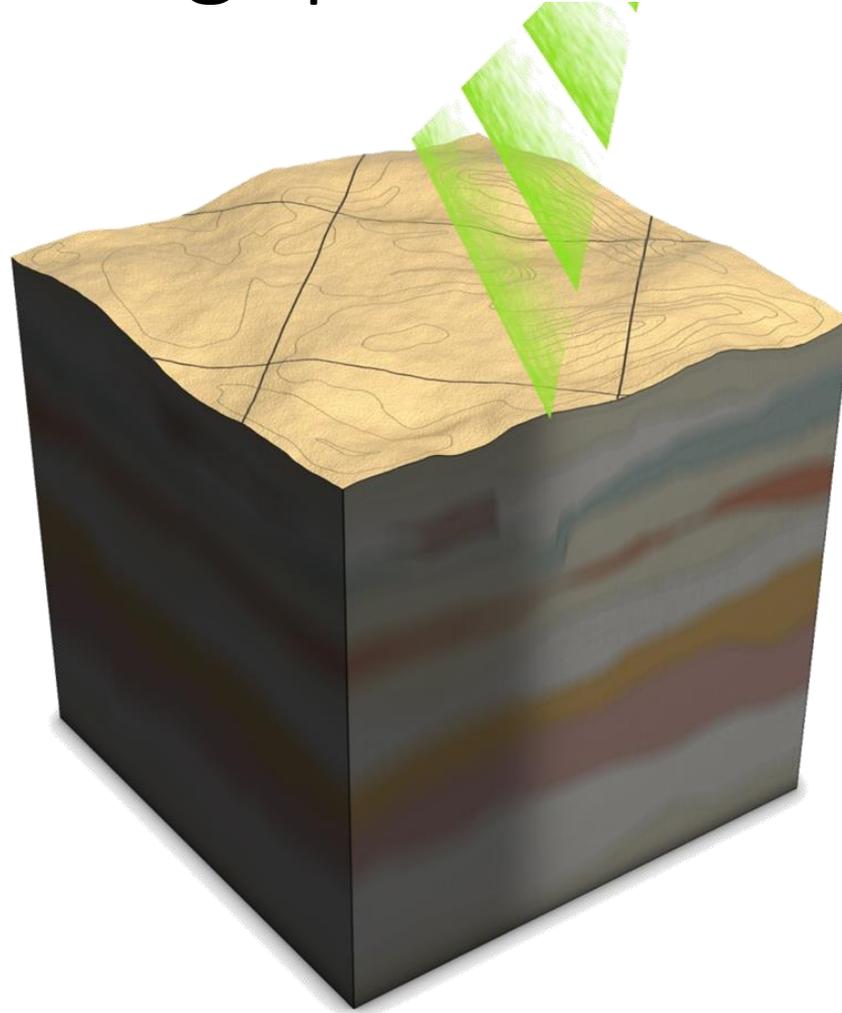


Le modèle géologique



A. Geophysical Survey

- Stratigraphy
- Geological features
- Shallow hazards

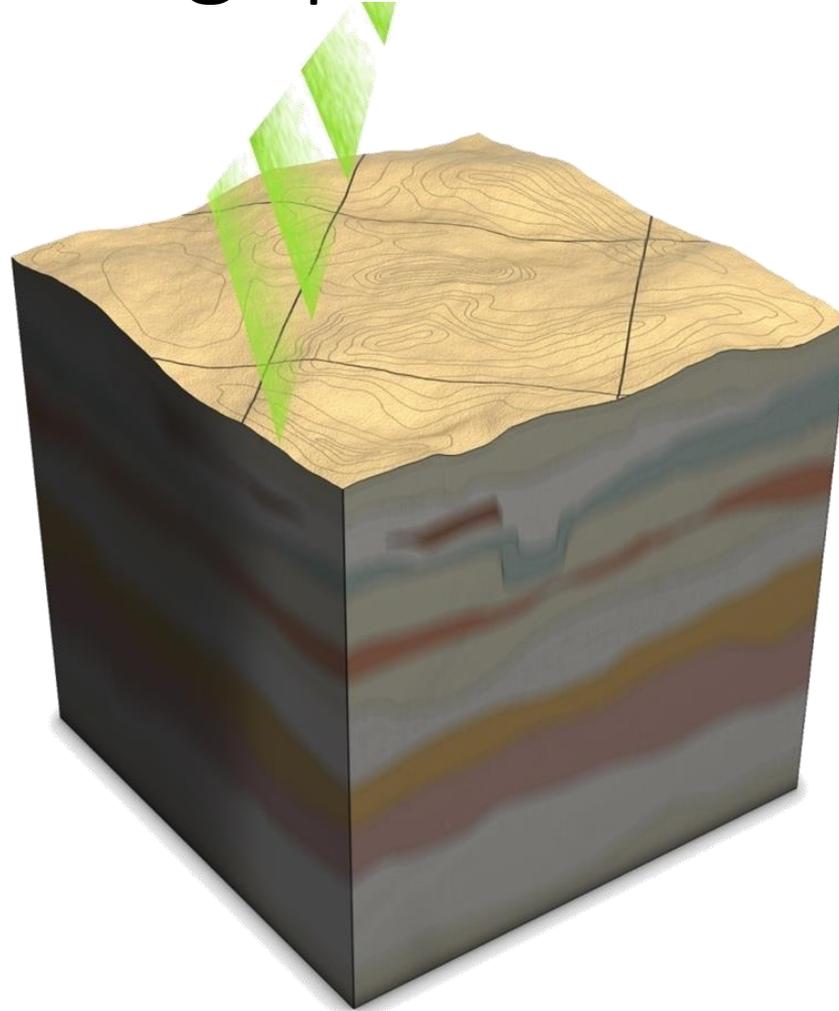


Le modèle géologique



A. Geophysical Survey

- Stratigraphy
- Geological features
- Shallow hazards

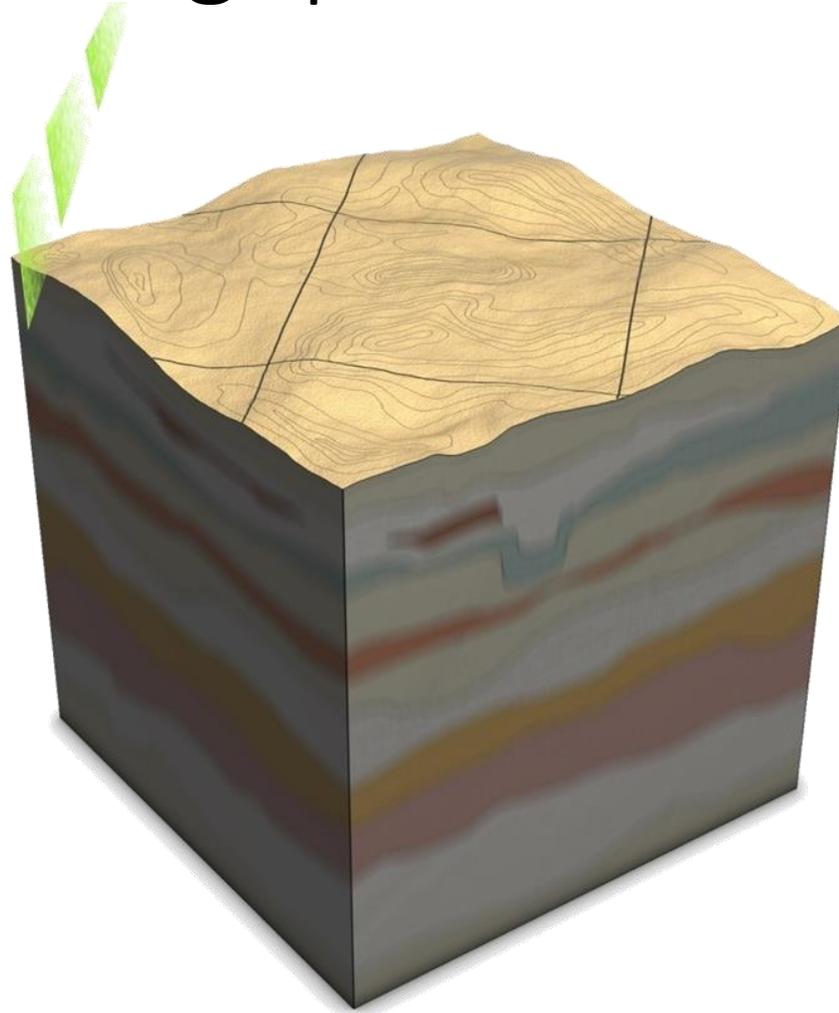


Le modèle géologique



A. Geophysical Survey

- Stratigraphy
- Geological features
- Shallow hazards

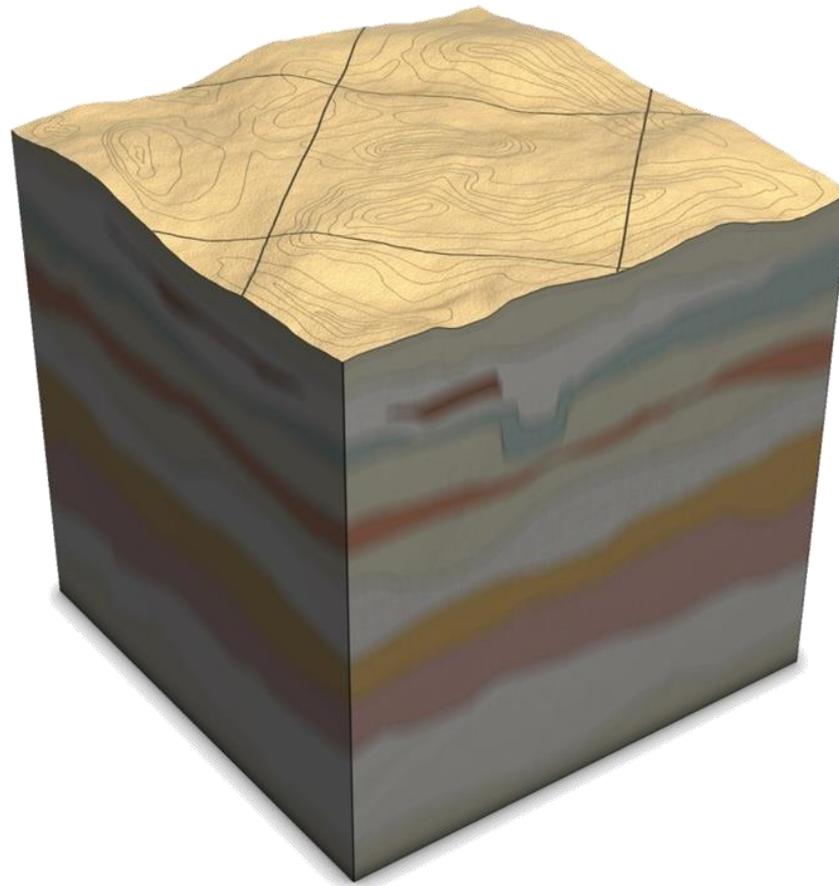


Le modèle géologique



A. Geophysical Survey

- Stratigraphy
- Geological features
- Shallow hazards

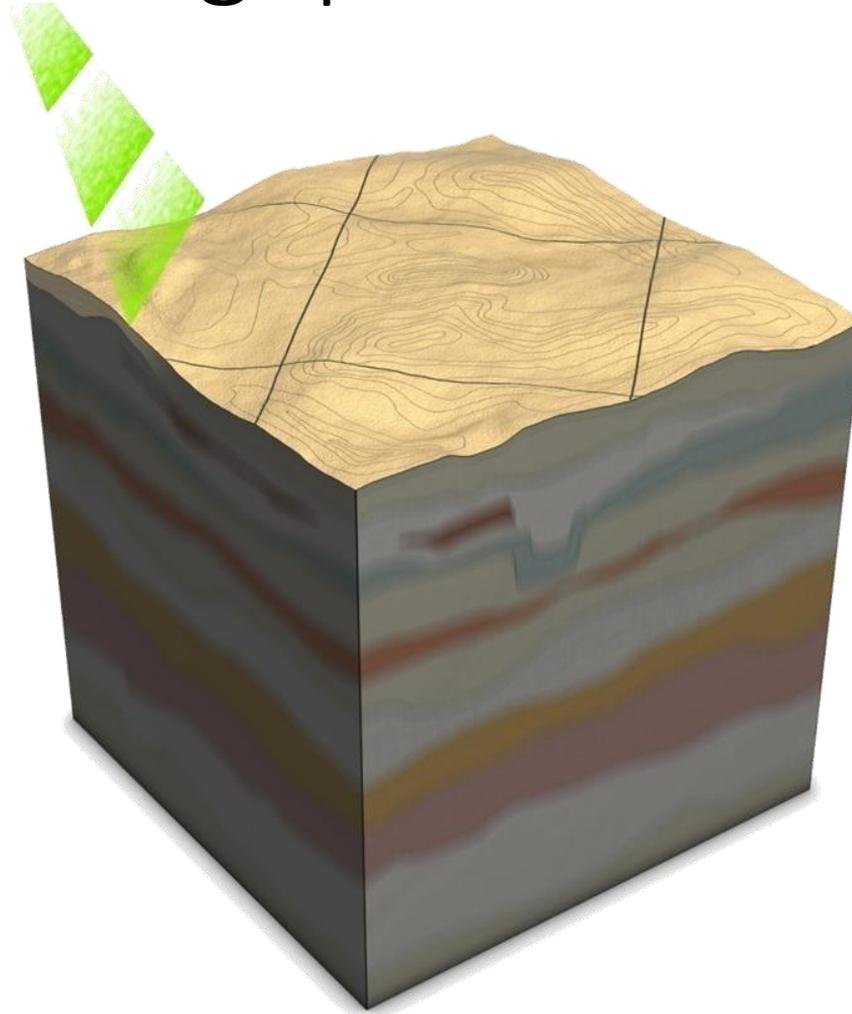


Le modèle géologique



A. Geophysical Survey

- Stratigraphy
- Geological features
- Shallow hazards

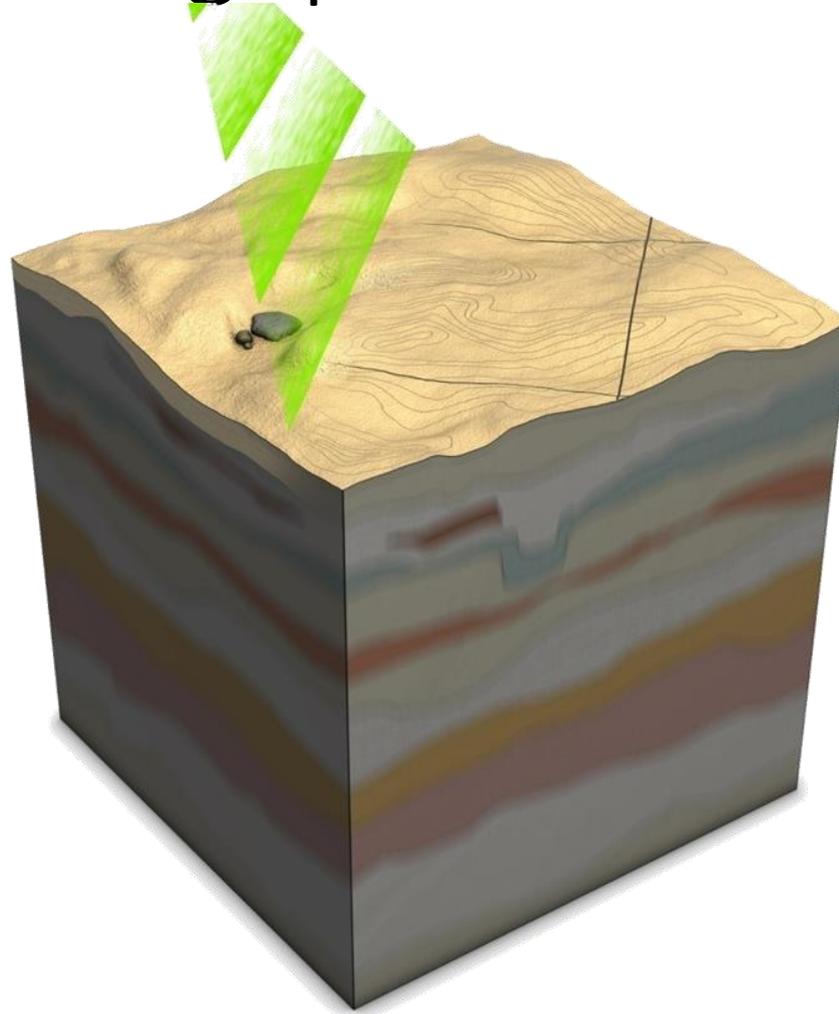


Le modèle géologique



A. Geophysical Survey

- Stratigraphy
- Geological features
- Shallow hazards

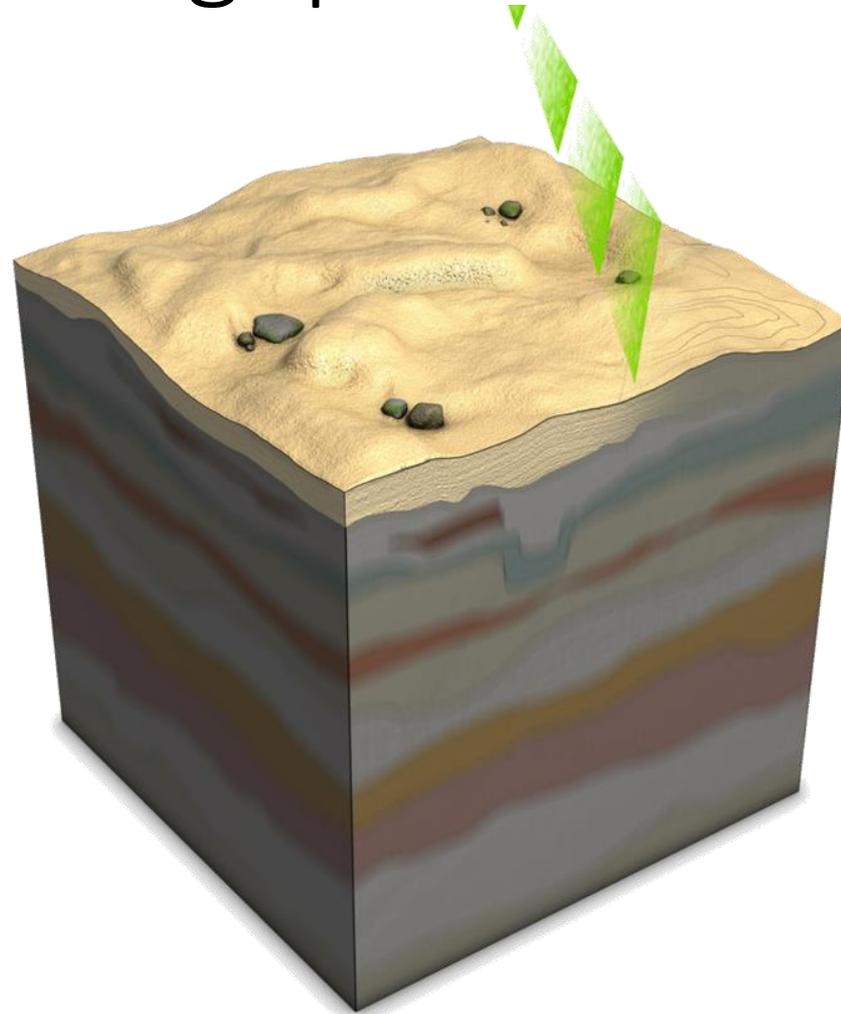


Le modèle géologique



A. Geophysical Survey

- Stratigraphy
- Geological features
- Shallow hazards

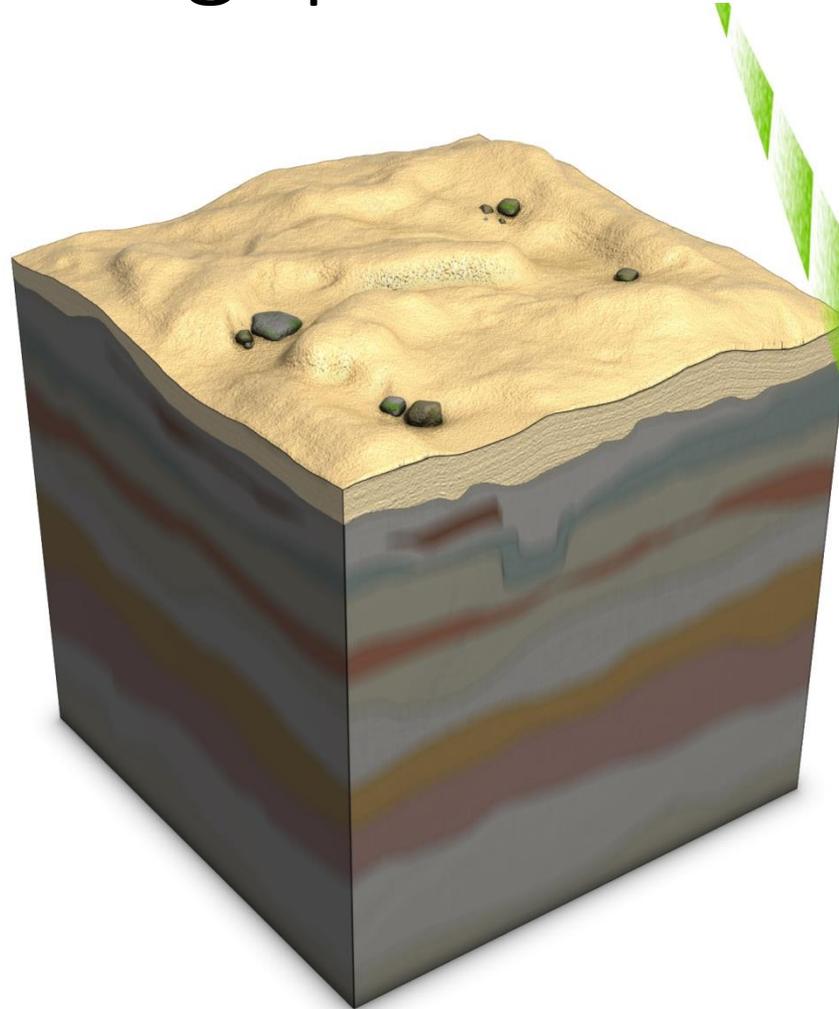


Le modèle géologique



A. Geophysical Survey

- Stratigraphy
- Geological features
- Shallow hazards

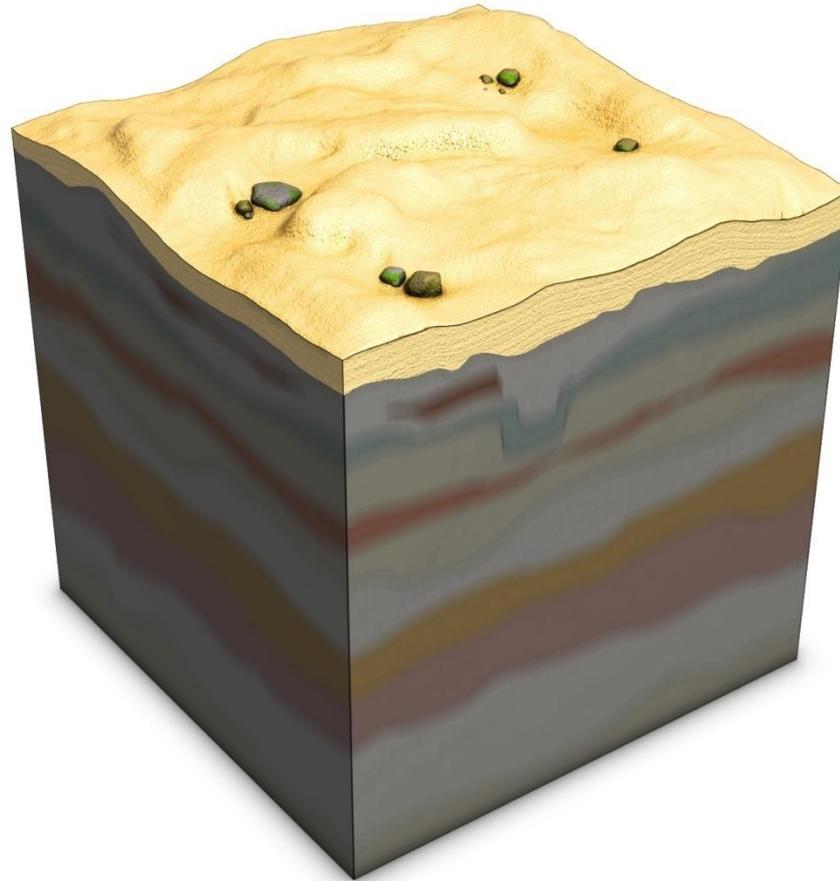


Le modèle géologique



A. Geophysical Survey

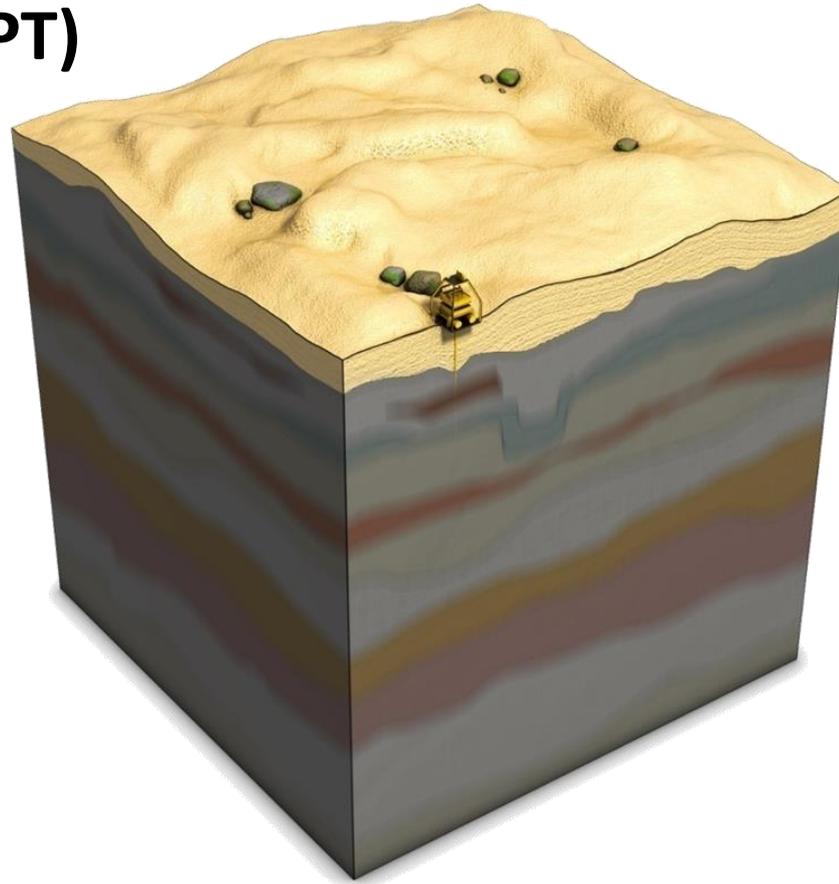
- Stratigraphy
- Geological features
- Shallow hazards



Investigation géotechnique



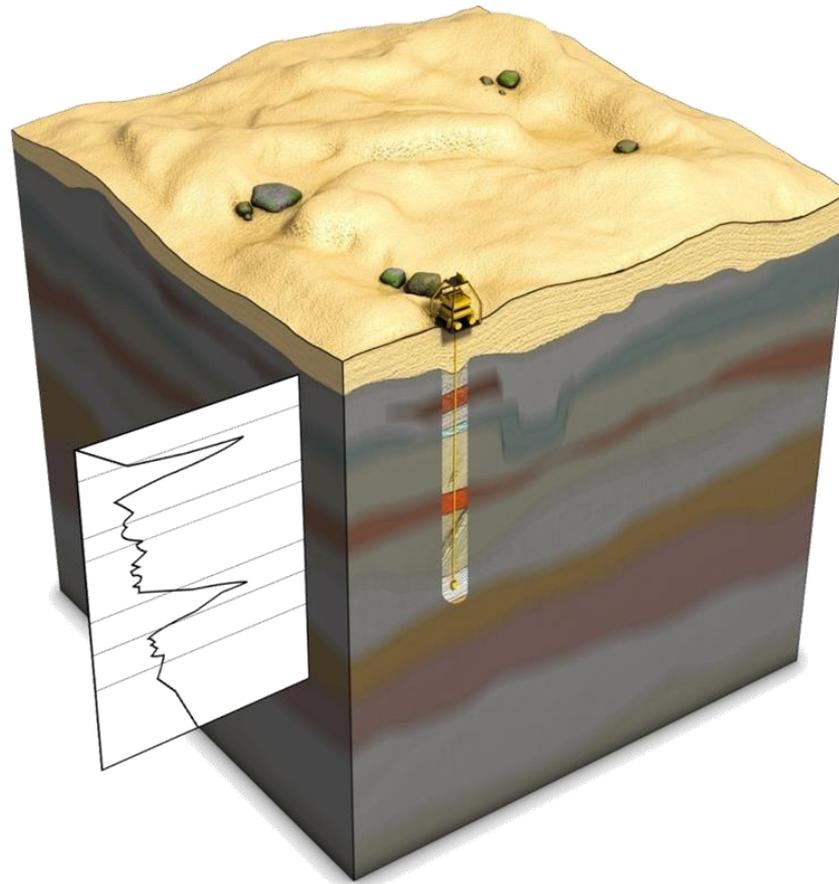
A. In situ Testing (CPT)



Investigation géotechnique

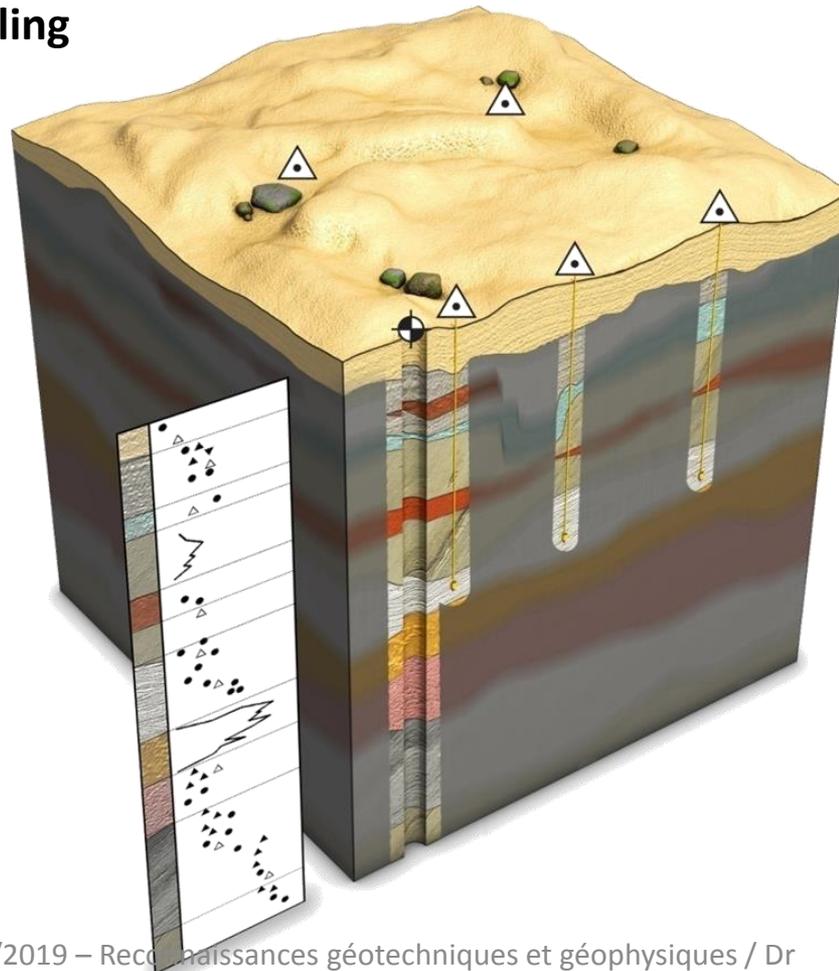
A. In situ Testing (CPT)

- Strength characteristics
- Pore water pressure



Investigation géotechnique

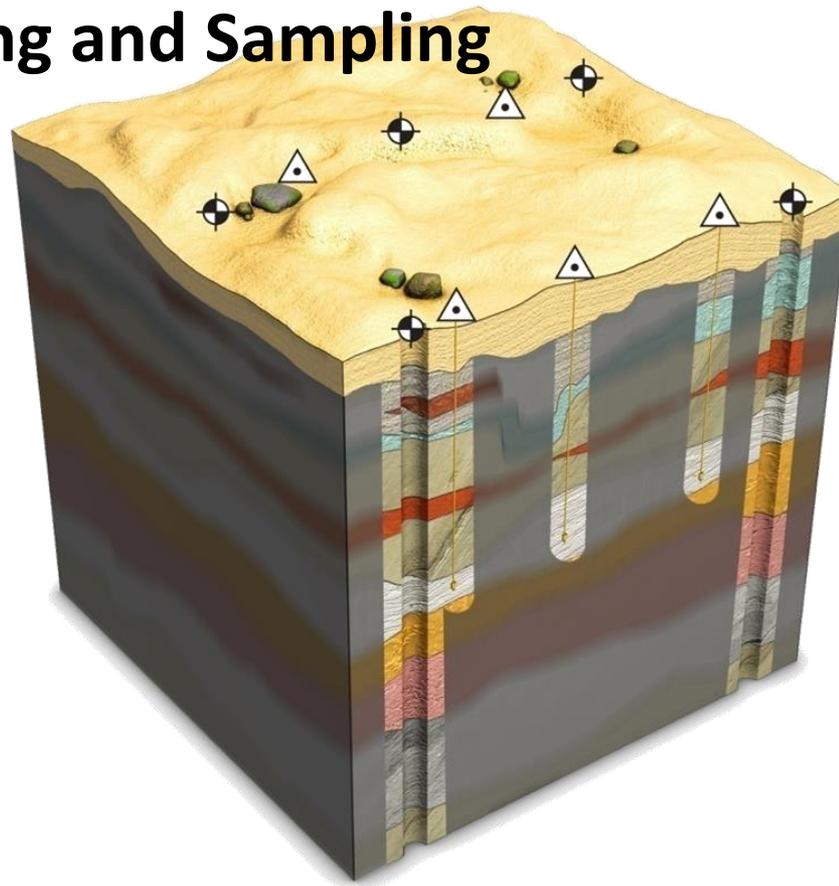
B. Borehole Drilling and Sampling



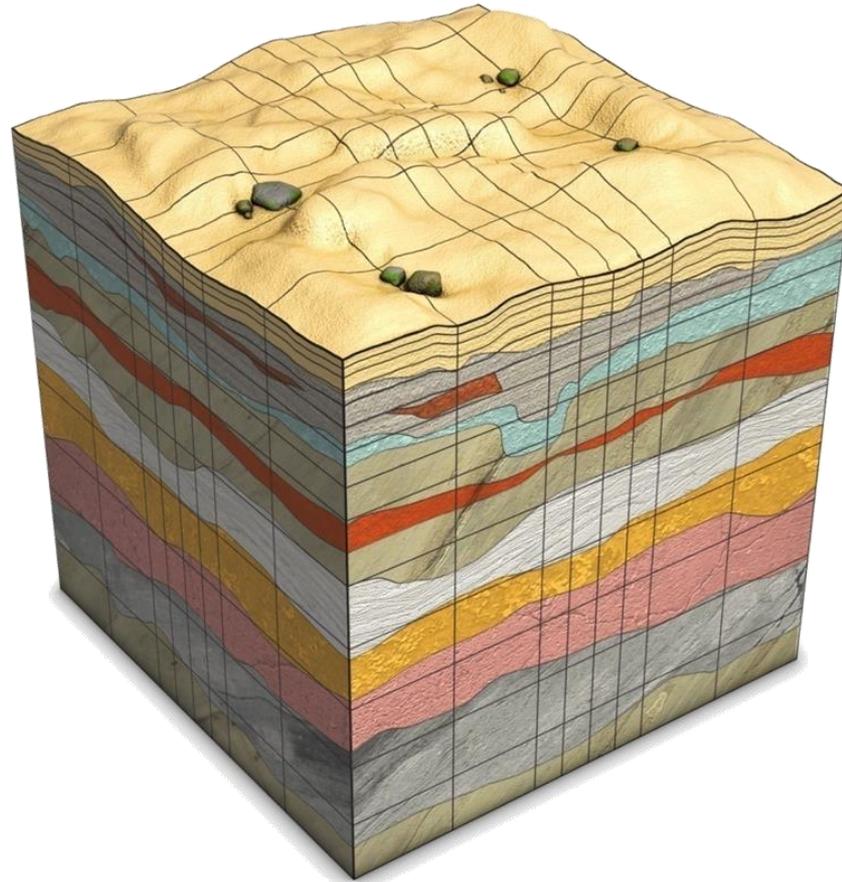
Investigation géotechnique

- **B. Borehole Drilling and Sampling**

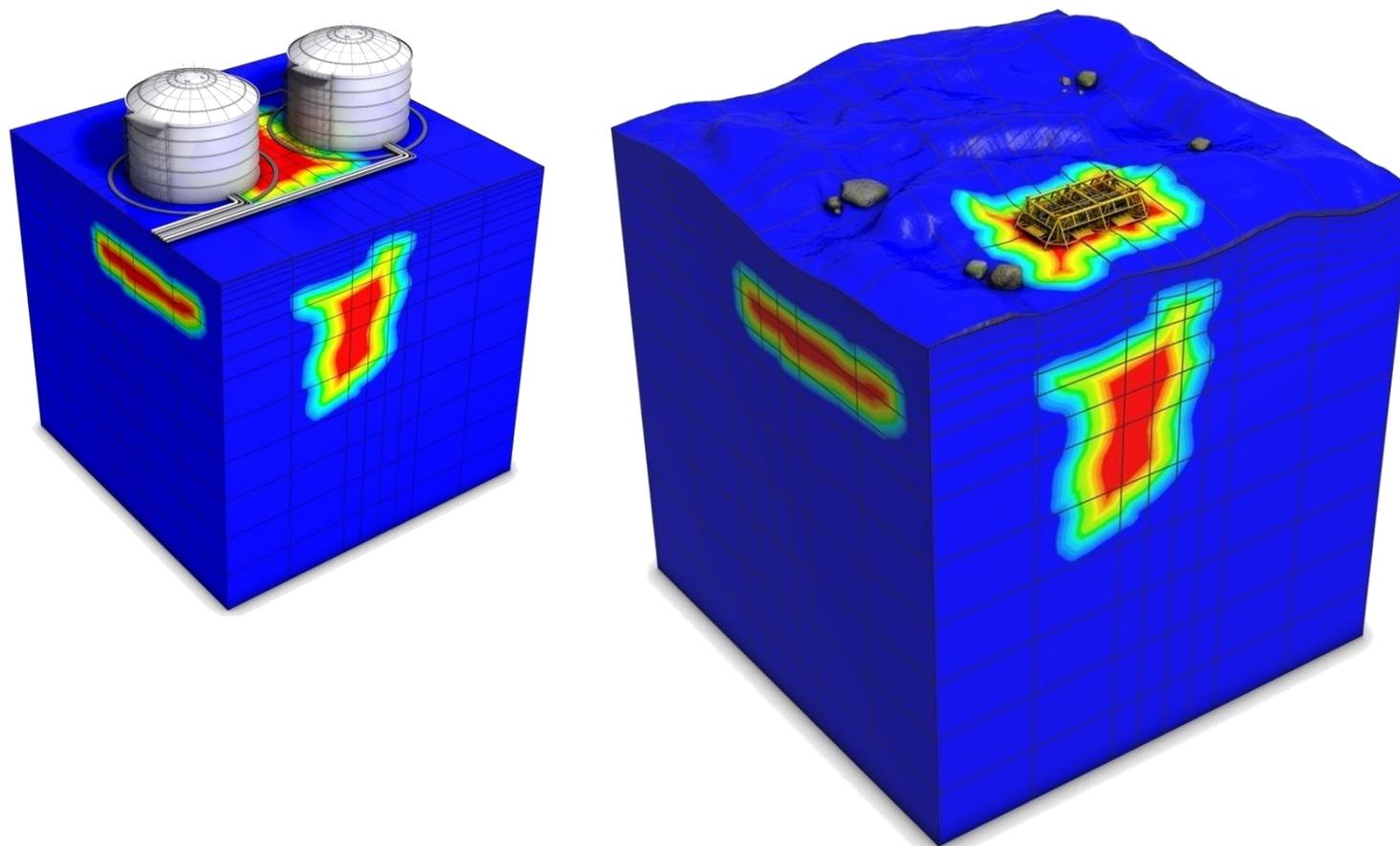
- Soil sampling
- In situ testing



Modèle de sol



Modèle de sol - ingénierie



Cas d'étude



Intégration des données géophysiques et géotechniques pour un projet de développement d'un site à terre

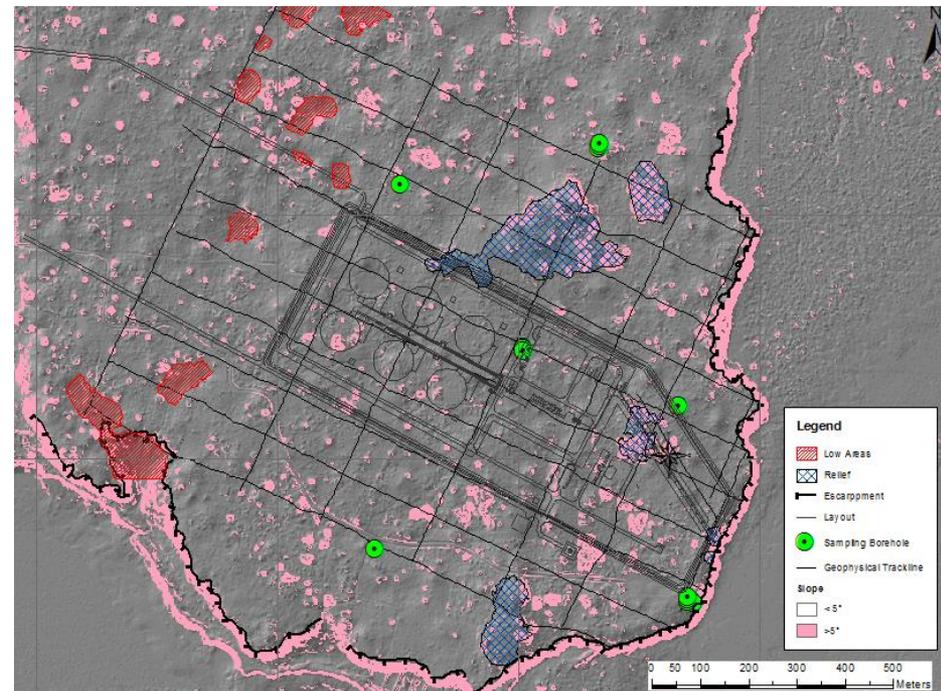
Contexte



Reconnaissance géophysique

multi-techniques afin

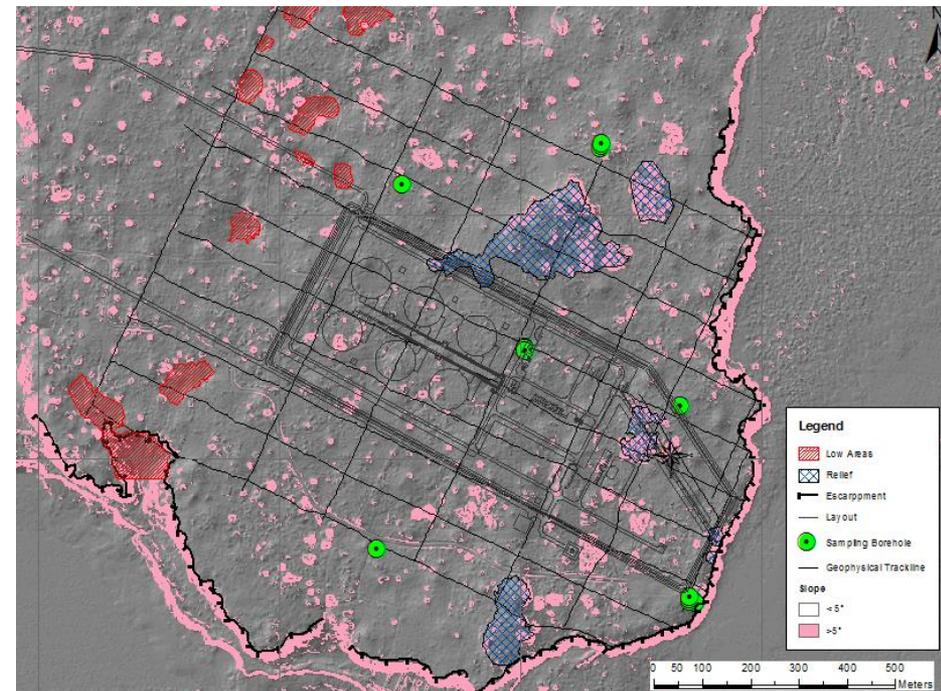
- d'identifier les aléas géologiques, et
- avoir une caractérisation spatiale des terrains (lithologie, épaisseur)



Programme géophysique



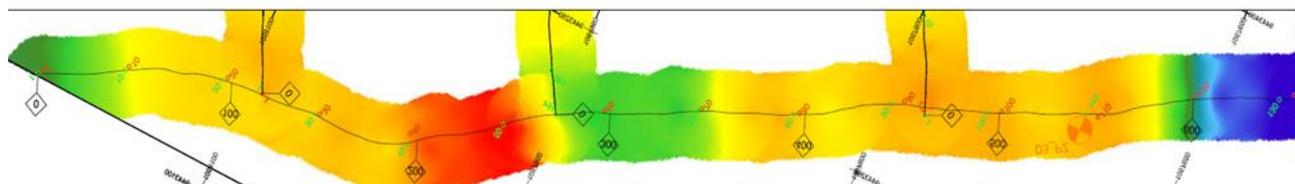
- Sismique réflexion HR – structure
- Sismique réfraction - V_p
- Ondes de surface (MASW) – V_s , G_{max}
- Tomographie électrique (ERT)
- Electromagnétisme (EM)
- Micro-gravimétrie - cavité
- Cross-Hole - V_s



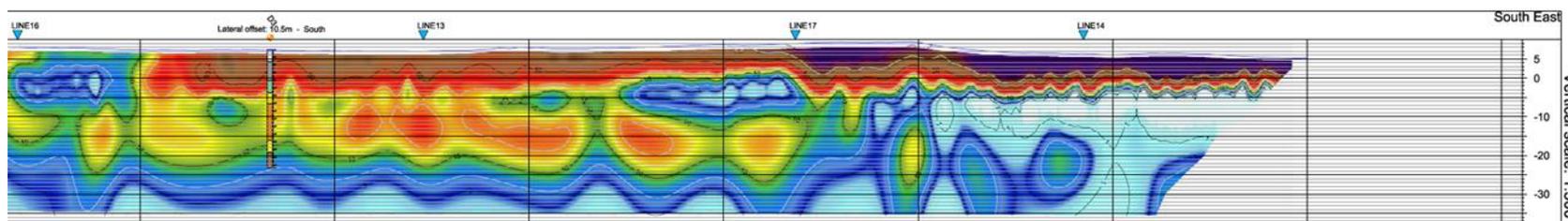
Résultats géophysiques



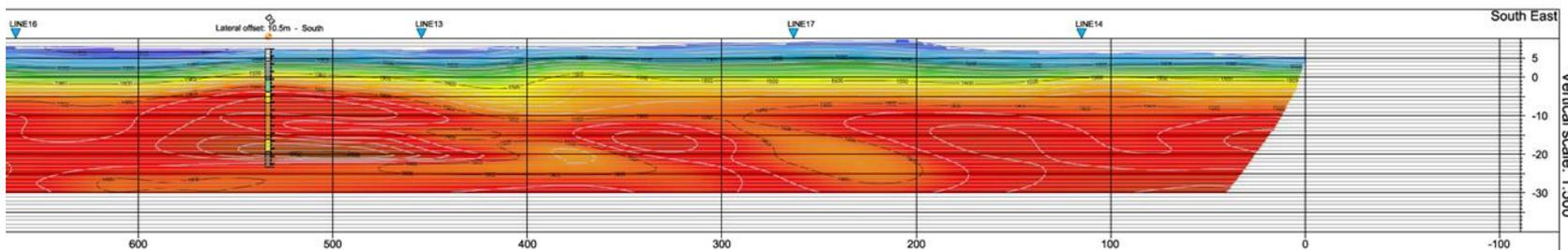
EM



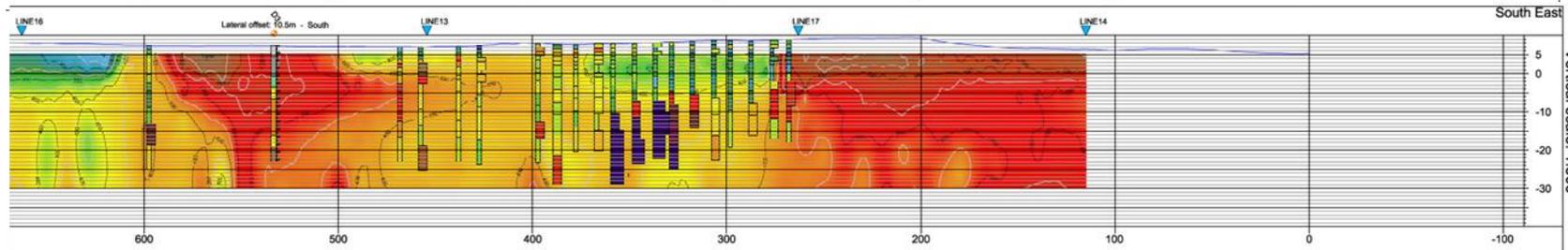
ERT



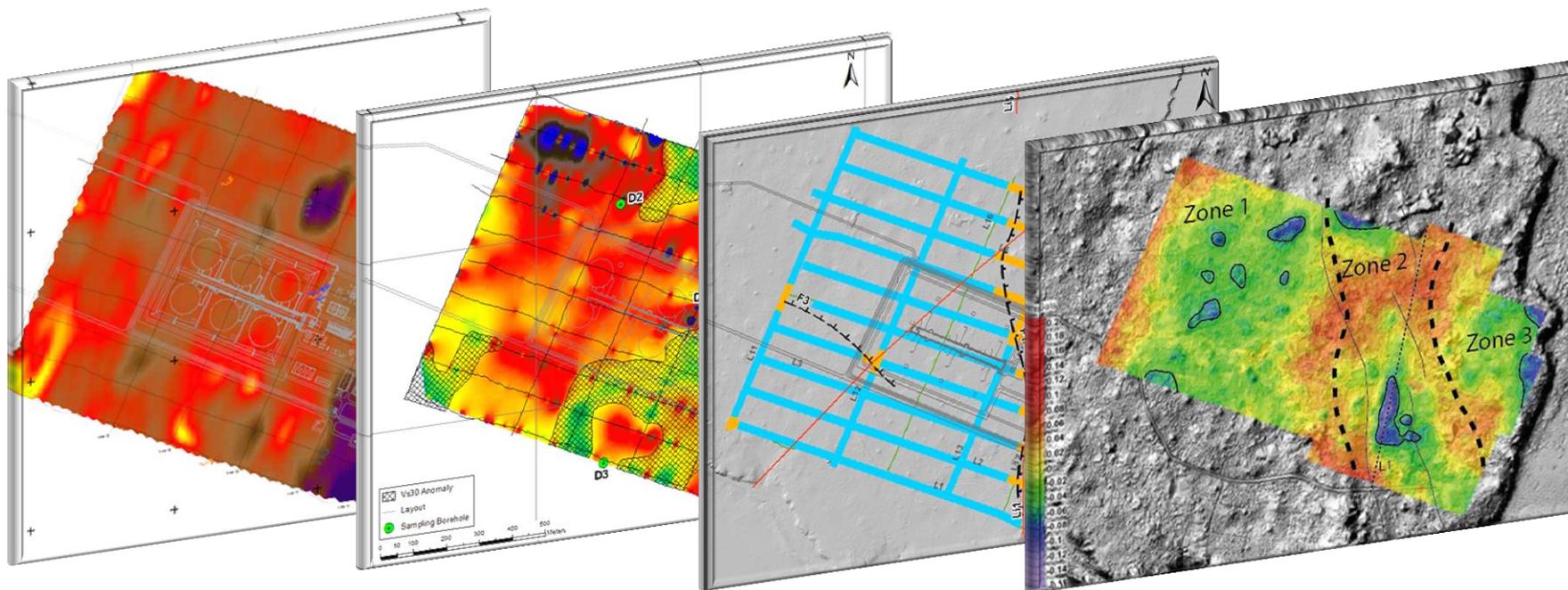
Vp



Vs



Résultats géophysiques





Intégration des données

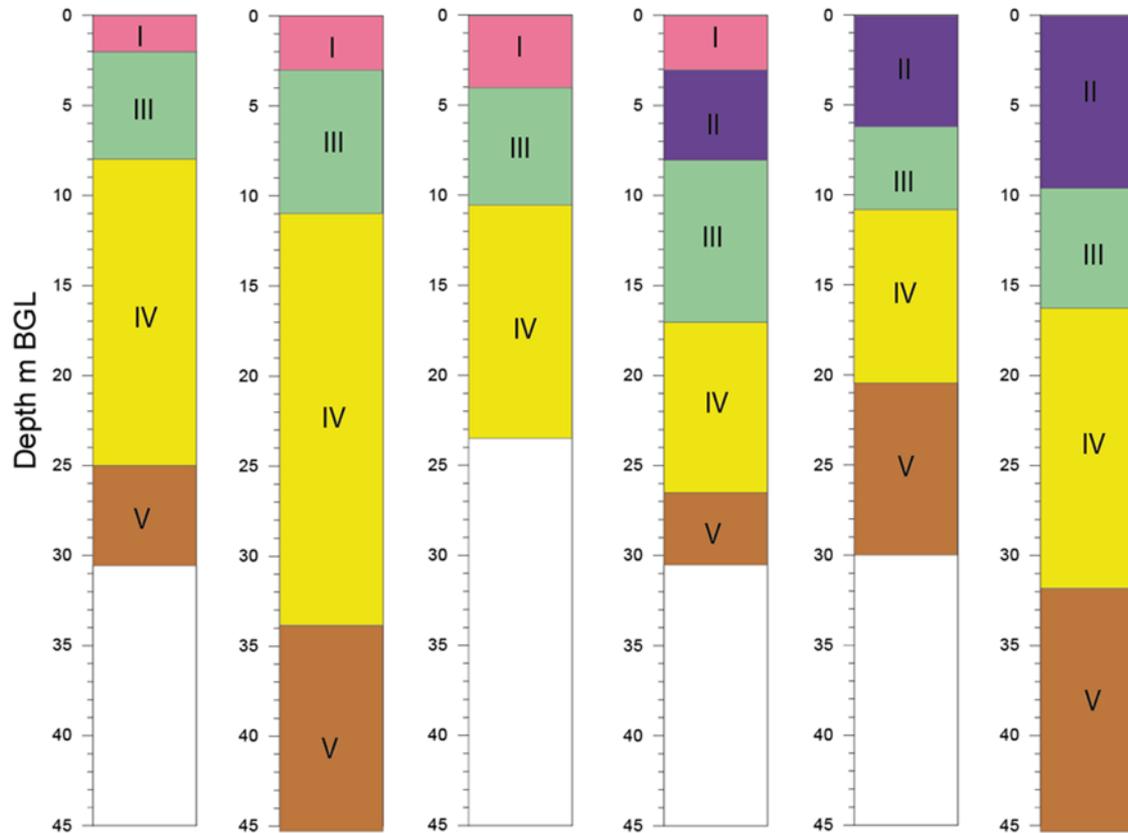
- Les résultats issus des différentes techniques géophysiques ont été intégrés entre eux afin de réaliser un premier modèle caractérisant le site par des unités géophysiques
- Les unités géophysiques ont été corrélés avec les informations pré-existants (DTS) et forages géotechniques existants afin de réaliser un modèle géologique



Modèle géophysique

- ERT, V_p , V_s , m_{grav} => informations différentes et complémentaires (😊), mais principes physiques différents (intégration difficile 😞)
- Ex: ERT # intrusion d'eau saline, corail très résistif
- V_p : Dureté relative, niveau de la nappe
- V_s : classification du sol
- Microgravi: anomalie de densité, karst potentiel

Description des unités géotechniques

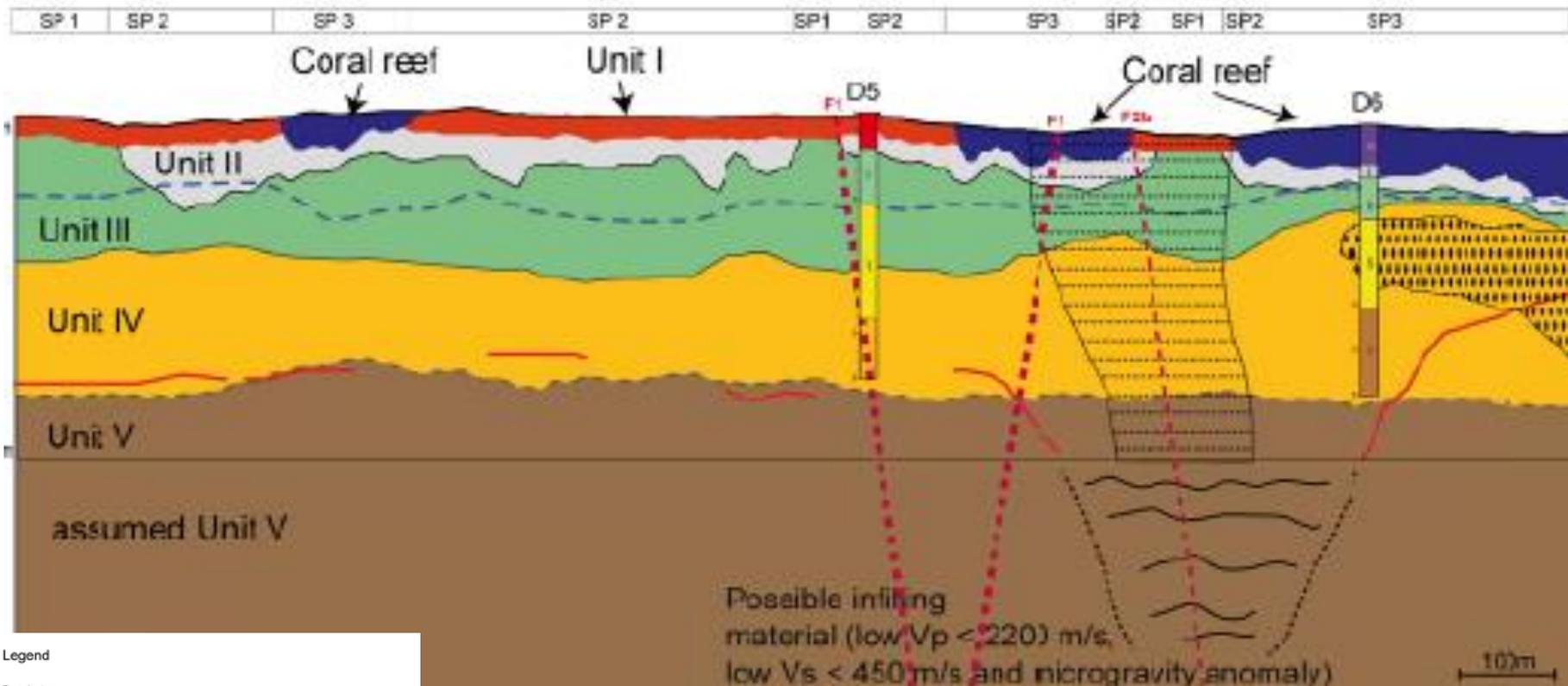




Intégration des données

- Les résultats issus des différentes techniques géophysiques ont été intégrés entre eux afin de réaliser un premier modèle caractérisant le site par des unités géophysiques
- Les unités géophysiques ont été corrélées avec les informations pré-existants (DTS) et forages géotechniques existants afin de réaliser un modèle géologique

2D Modèle géologique



Legend	
Boreholes	SP Soil-Rock Provinces
CORAL	Major fault
I - Fed CLAY	Minor fault
II - SAND & GRAVEL coral debris	Rippability limit ($V_p = 2200$ m/s)
III - CLAY (sandy and with gravels)	Saturation limit ($V_p = 1500$ m/s)
IV - SAND/CLAY beds alternance	MASW anomaly ($V_s < 450$ m/s)
V - Bedrock (MARL / LIMESTONE)	Salt diffusion
	Possible infilling material

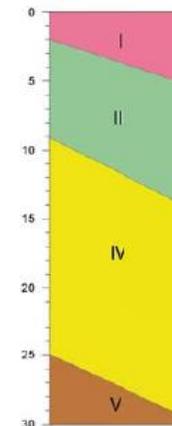
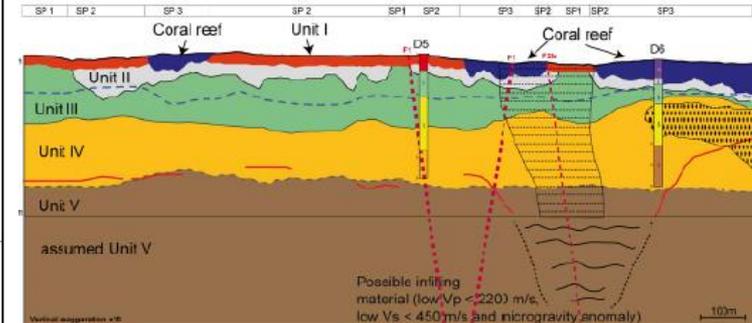
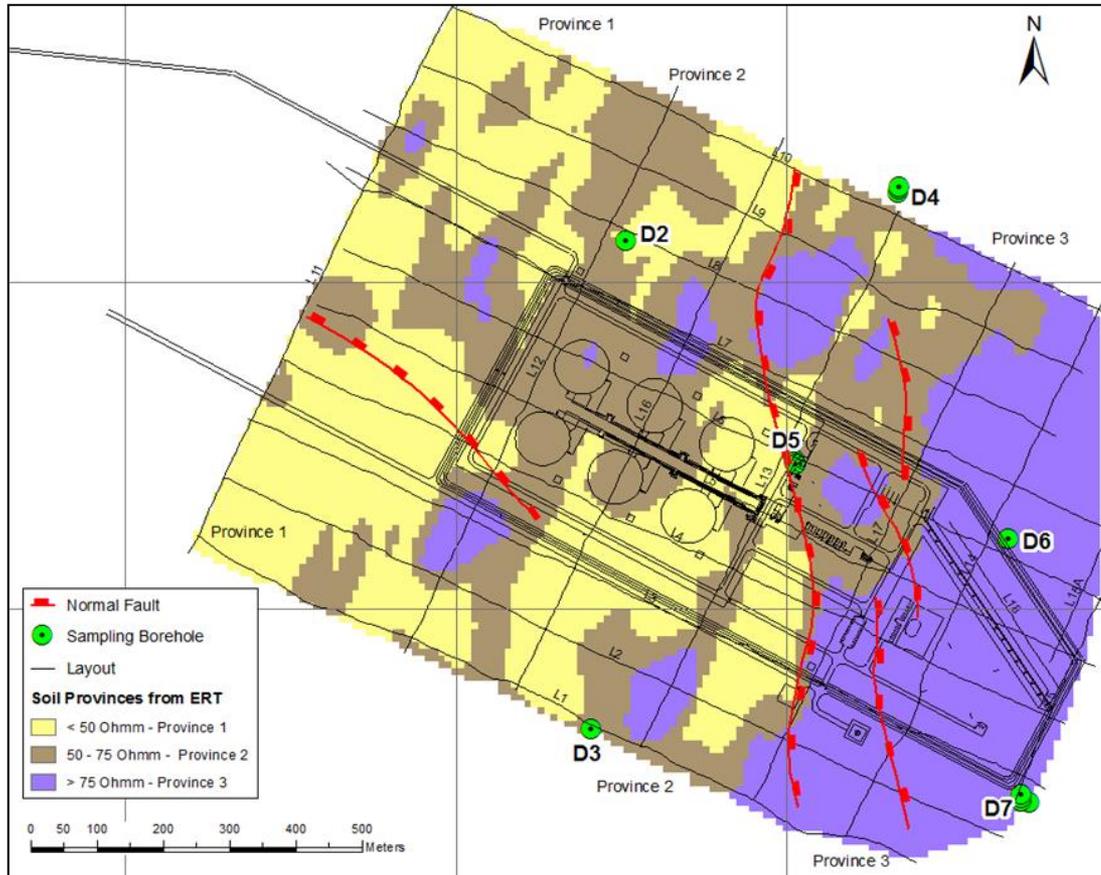


Zonation – provinces des sols

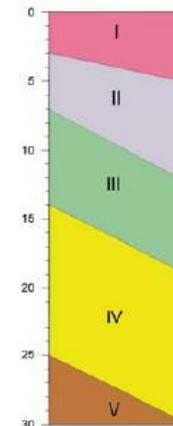
Provinces des sols – zones caractérisées par les mêmes profils de sol et même paramètres mécaniques

Provinces des sols = résultats de l'intégration des données géophysiques et géotechniques

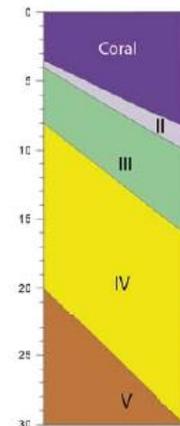
Provinces des sols



Province 1



Province 2



Province 3

Provinces des sols - géophysique



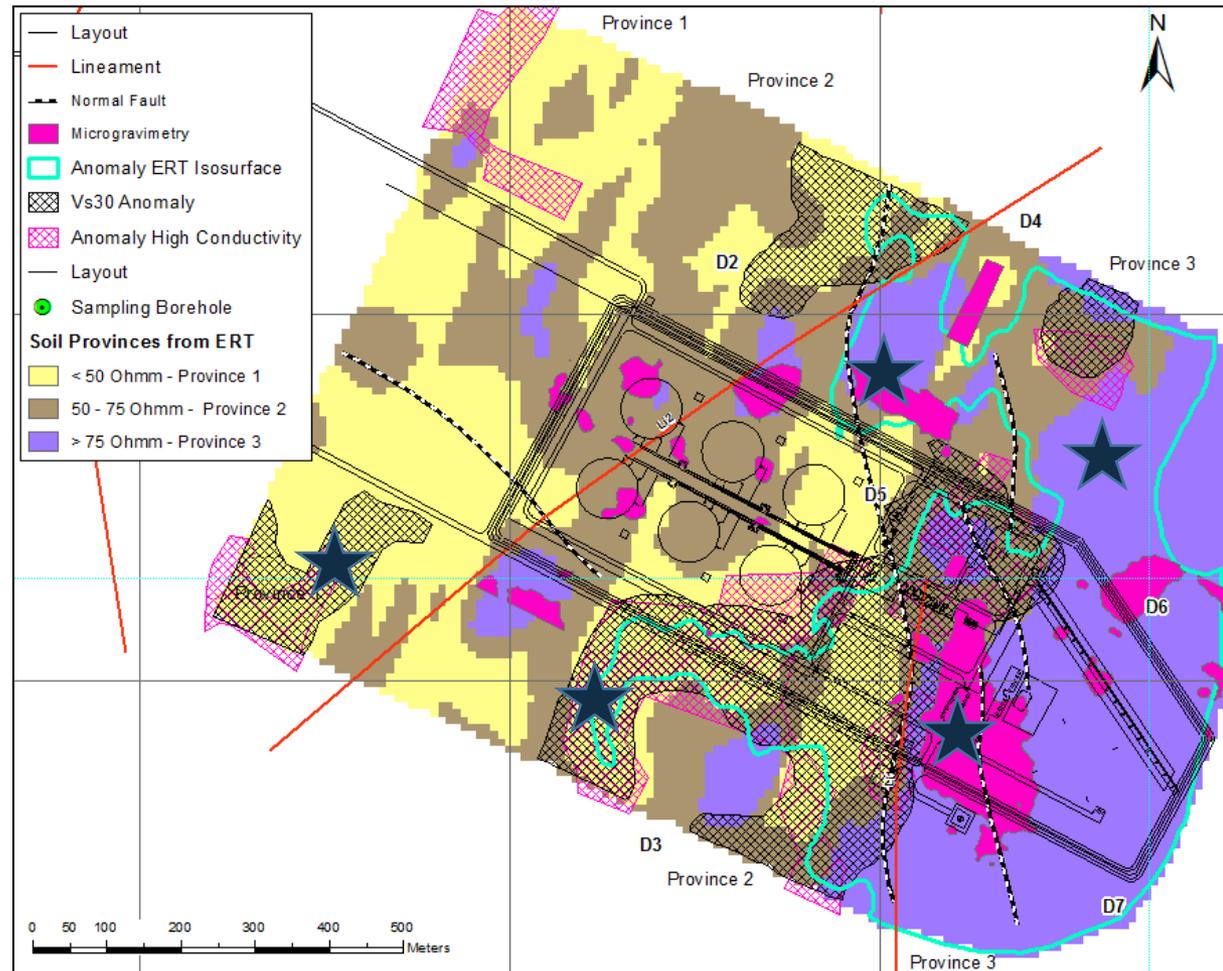
Units	Main description	Thickness P1	Thickness P2	Thickness P3	EM	ERT Ωm	V_p m/s	V_s m/s	G_{max} MPA
I	Red gravelly CLAY			Absent	high	20-50	600-1000	450	
II	CORAL reef - east and Weathered Coral reef - West	Absent	4 to 10 m	Up to 17 m	low	> 75 - coral 50 to 75 - weathered reef	500 - 1000	400-520	
III	CLAY (sandy with gravels)	6 to 8 m	7 to 10 m	4 to 8 m	medium	20 to 50	900-2200	420-580	
IV	<u>Alterance</u> of layer of CLAY and SAND	10 to 20 m	10 to 15 m	10 to 15 m	-	10 to 30	1500-2200	440-600	
V	<u>Indured marl</u> (Bedrock)	Top from 25 to 30	Top from 25 to 30	Top from 20 to 30	-	< 20	> 2300	> 600	Up to 1200

Investigation des anomalies géophysiques



Les anomalies dans les valeurs géophysiques ou « facies modifiées » ont été investiguées lors de l'investigation géotechniques

Provinces vs « Anomalies »

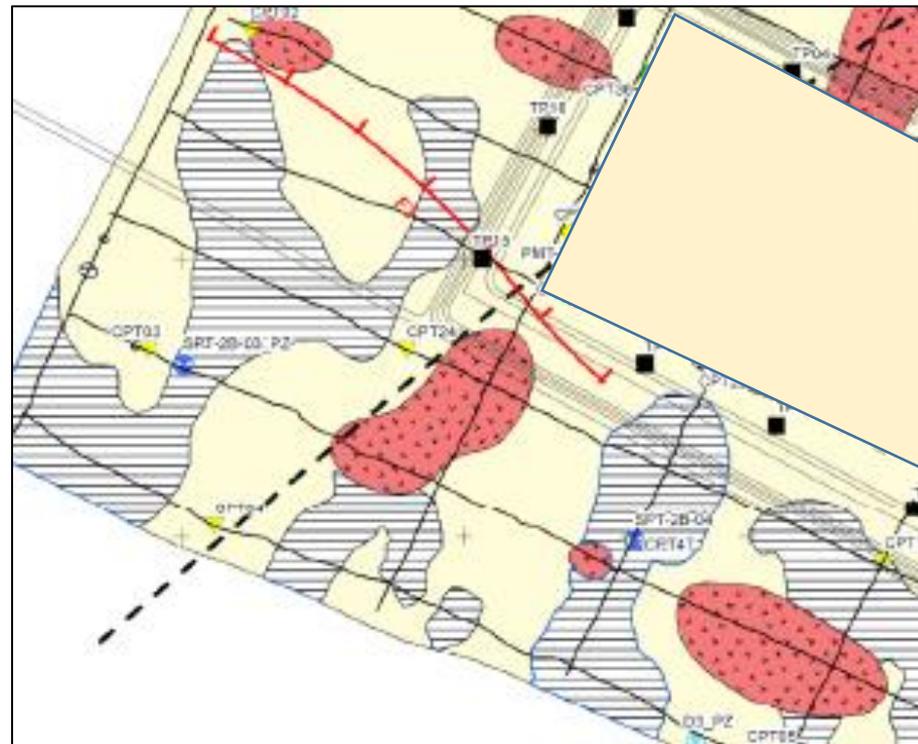
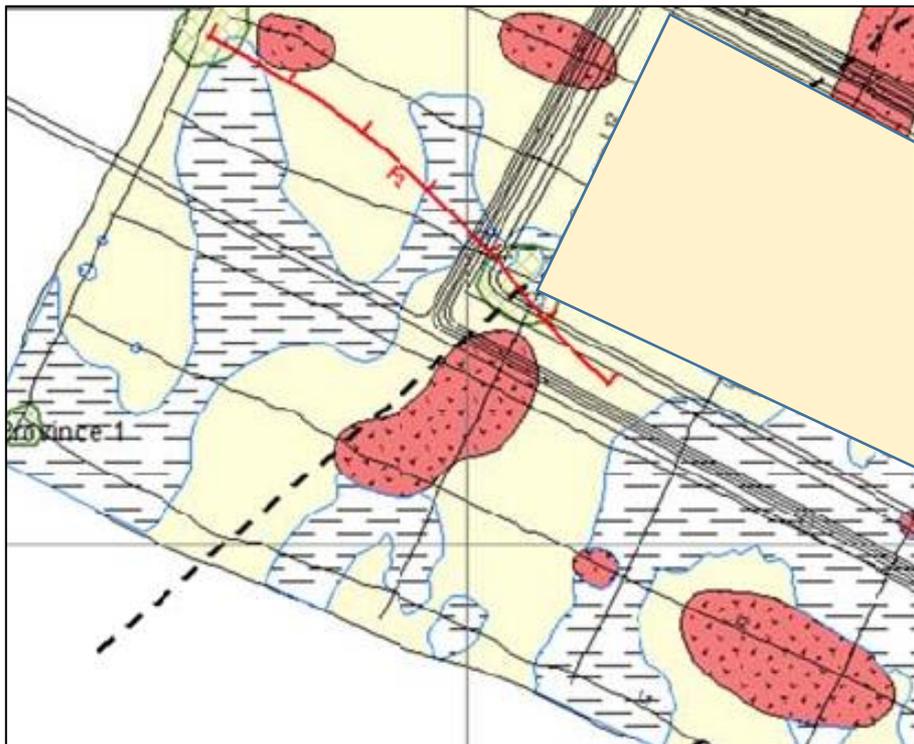


« Anomalies » géophysiques



- ✓ Variations valeurs EM sont expliquées par la présence des argiles
- ✓ ERT - présence unité corail
- ✓ Faible V_p – faible compaction et forte compressibilité
- ✓ Faible V_s30 - absence de certaines unités ou par la présence des sols argileux plus compactés
- ✓ Anomalies des Micro-gravimétrie – faible compaction des sols argileux.
Pas de cavités
- ✓ Présence de faille confirmée

Provinces des sols - géophysique



Paramètres géotechniques



Units	Main description	Thickness P1	Thickness P2	Thickness P3	EM	ERT Ω_m	V_p m/s	V_s m/s	G_{max} MPA
-------	------------------	--------------	--------------	--------------	----	----------------	-----------	-----------	---------------

GEOTECHNICAL PROPERTIES										CHEMICAL
Penetration resistance of the cone q_t (MPa)	Pressuremeter modulus E_M (MPa)	Pressuremeter creep pressure ($P_f - P_o$) (MPa)	Pressuremeter limit pressure ($P_l - P_o$) (MPa)	Rheologic α	SPT N	Wet unit weight γ_h (kN/m^3)	Undrained shear strength Cu (kPa)	Effective cohesion C' (kPa)	Effective friction angle ϕ' (in °)	Sulphate Content (mg/Kg)

IV	<u>Alterance</u> of layer of CLAY and SAND	10 to 20 m	10 to 15 m	10 to 15 m	-	10 to 30	1500-2200	440-600	
V	<u>Indured marl</u> (Bedrock)	Top from 25 to 30	Top from 25 to 30	Top from 20 to 30	-	< 20	> 2300	> 600	Up to 1200



Conclusions

- Les différents résultats géophysiques sont intégrés afin de faire un **modèle géophysique**
- Le modèle géophysique est corrélé avec les données géotechniques préexistantes pour avoir un **modèle géologique**
- On optimise la campagne d'investigation géotechnique en caractérisant les provinces de sols (approche régionale) ainsi que les « anomalies » identifiées (déviations par rapport aux moyennes)
- Mise à jour du modèle avec les résultats géotechniques → **modèle de sol**



Conclusions

L'approche intégrée

- maximise la valeur de chaque donnée acquise
- aide à optimiser la campagne d'investigation géotechnique
- minimise les risques
- facilite l'interprétation et la caractérisation du site



MERCI