

INTERACTION ENTRE OUVRAGES ET TUNNELS

SENSIBILITE DES COUCHES SUR LA REPONSE DU SOL AU CREUSEMENT DE TUNNEL : CAS DES LIGNES 12 ET 16

SUJET DE THESE: COMPORTEMENT DES TUNNELS PRESSURISES EN MILIEU URBAIN

Directeur de thèse: Guillaume Puel

Encadrants: Fernando Lopez-Caballero et Reza Taherzadeh



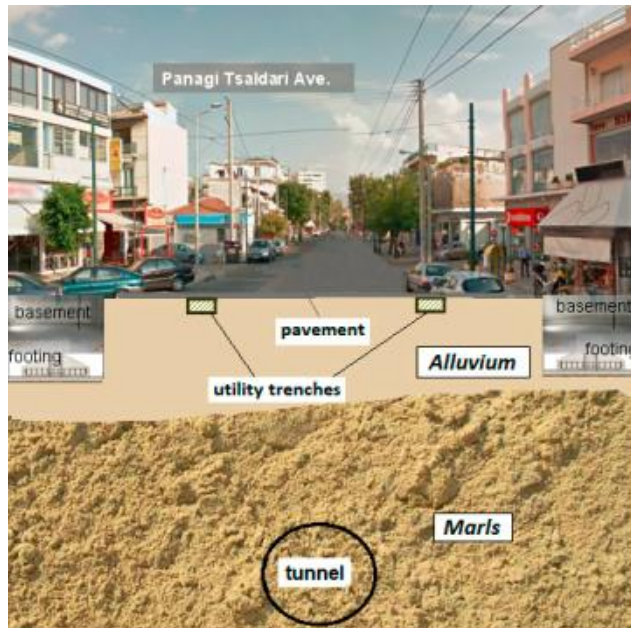
JOURNEE TECHNIQUE CFMS/AFTES

Présenté par Christian NOUBISSI
le 09 Avril 2021



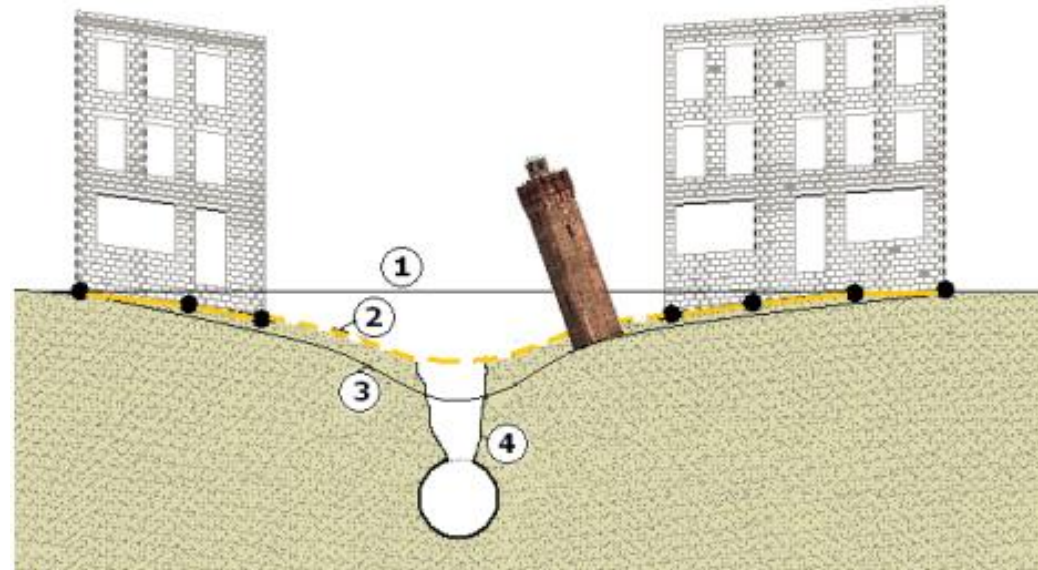
PROBLEMATIQUE

Densification des villes et amélioration
des systèmes de transport



Section transversale d'un tunnel dans une zone
urbaine (Kontogianni et Stiros, 2020)

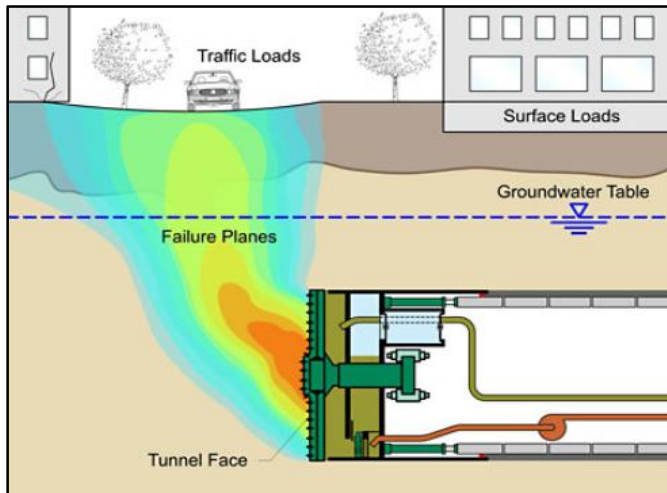
La construction de tunnel peut avoir des
conséquences majeures sur les
avoisinants



Schématisation de l'effet du creusement de tunnel sur les avoisinants (Kontogianni et
Stiros, 2020)

CONSTRUCTION DE TUNNEL ET CONSEQUENCES

- Méthodes de creusement de tunnel
 - Méthodes conventionnelles (pas adapté en milieu urbain)
 - **TBM**
- Conséquences en milieu urbain
 - tassement
 - soulèvement



tassement du sol à l'avant du front du tunnelier



Effondrement de la route nationale au-dessus de station de métro de Daikai (Japon, 1995)

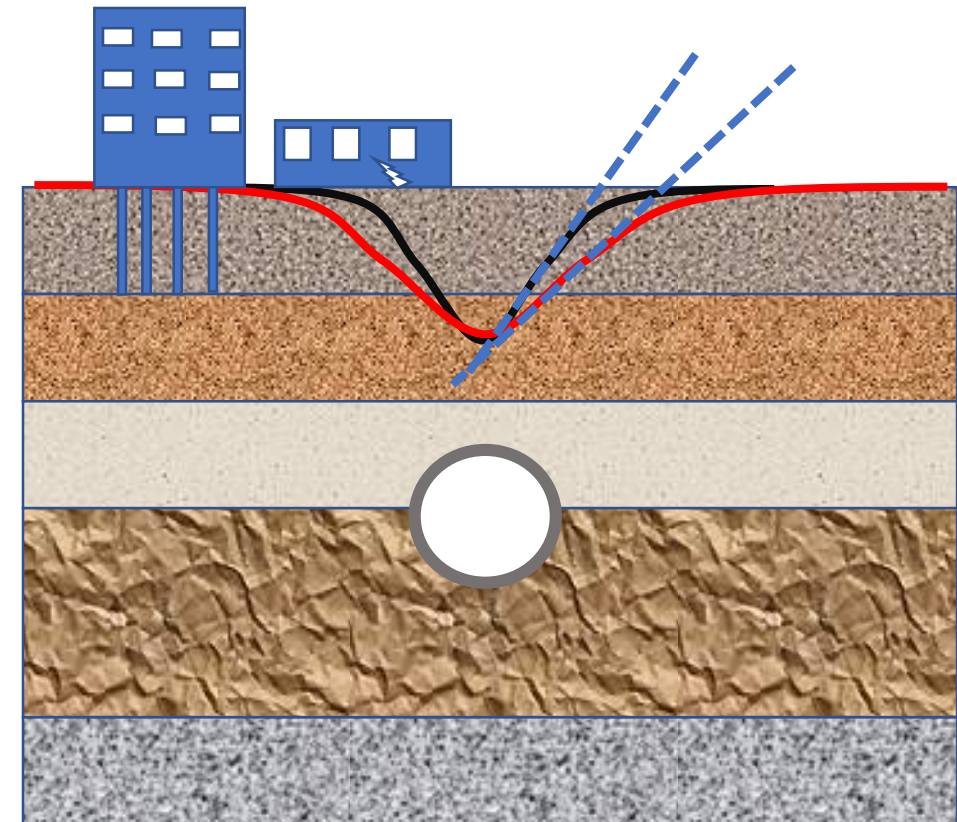
CONSTRUCTION DE TUNNEL ET CONSEQUENCES

Analyse de la vulnérabilité des bâtiments

- Définition de la vulnérabilité
- Endommagement des bâtiments d  au tassement du sol causé par la construction du tunnel

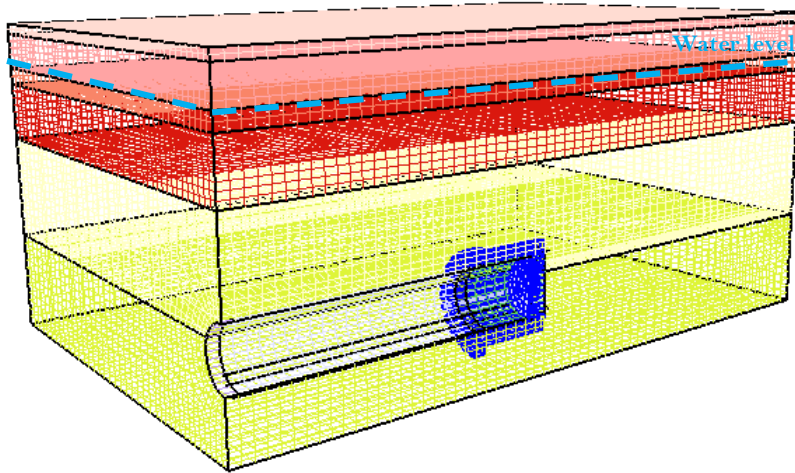
Besoins

- Méthodes de prédictions des déplacements du sol (Analytiques, empiriques, **numériques**).
- Structure linéaire donc influence du caractère hétérogène des sols



Réponse du sol au creusement de tunnel et effet sur les avoisinants

PROCEDURE ET METHODE



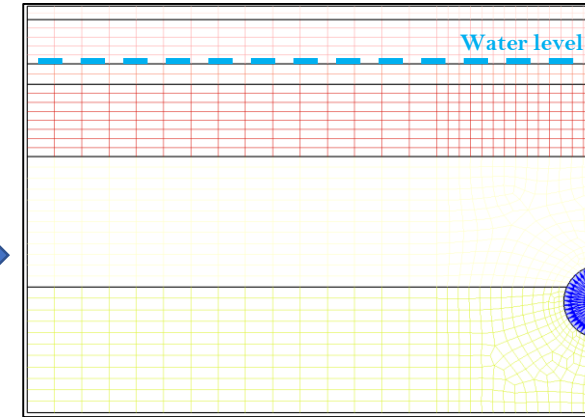
Modélisation 3D

Inconvénients

Temps de calcul, effets de bords, ordinateurs puissants

Temps de simulation 3D: 2jours

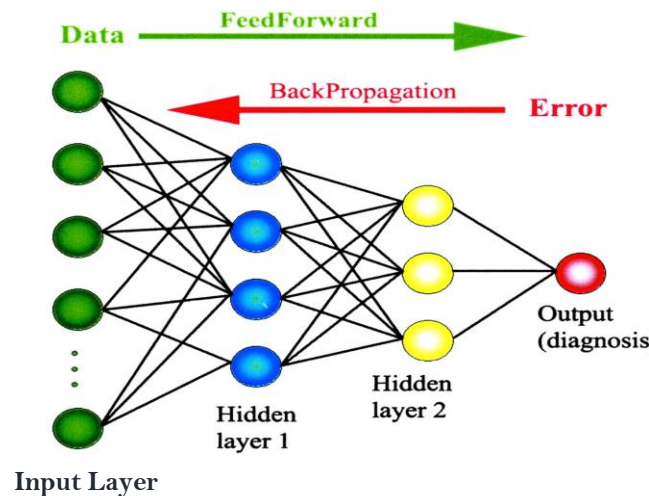
Passage 3D à 2D



Temps de simulation: 1minute

Modélisation 2D

Prise en compte de
l'hétérogénéité des sols:
Approches probabiliste



ANALYSE INVERSE

Procédure

Etape 1: Résultats expérimentaux ou observations

Mesures des tassements lors de la construction de tunnel

Etape 2: Modélisation numérique

Sélection des paramètres à caler

Etape 3: Fonction objective

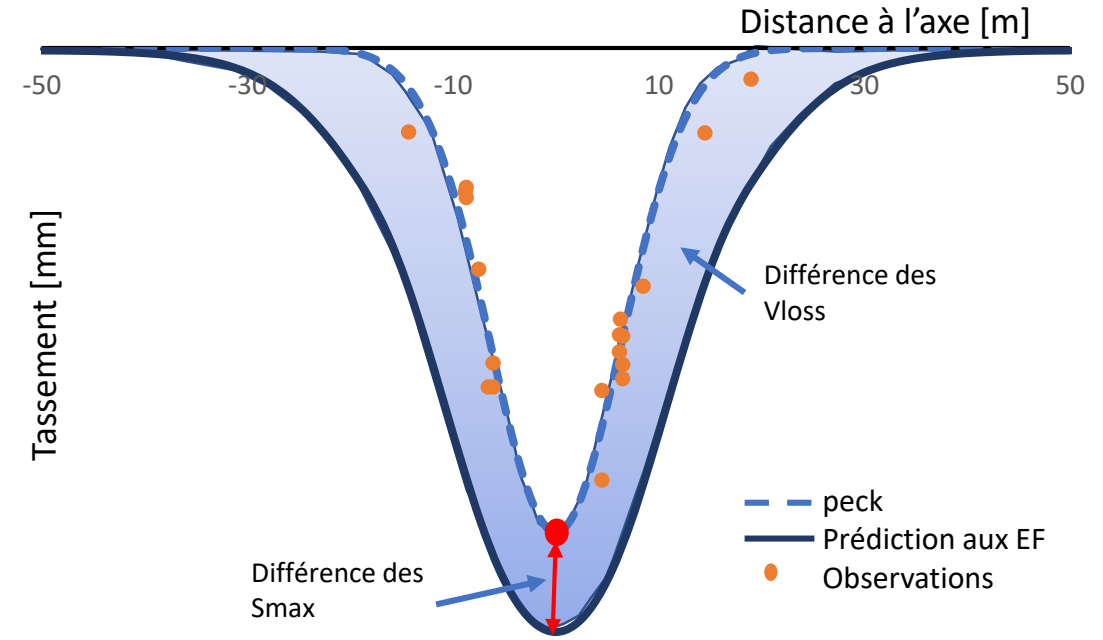
Fonction qui représente la différence entre le résultat EF et les mesures

Etape 4: Calcul de la fonction objective

Processus d'optimisation par génération des paramètres d'entrée

Etape 5: Déduction du jeux de paramètre optimal

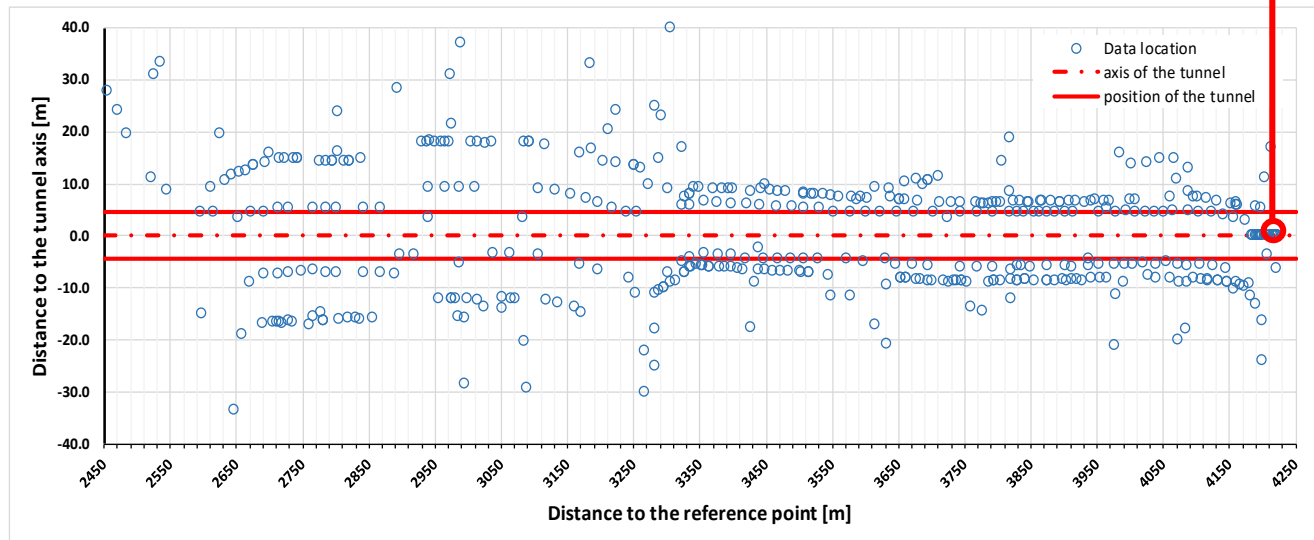
Le jeu de paramètre final est celui qui permet d'obtenir la valeur minimale de la fonction objective



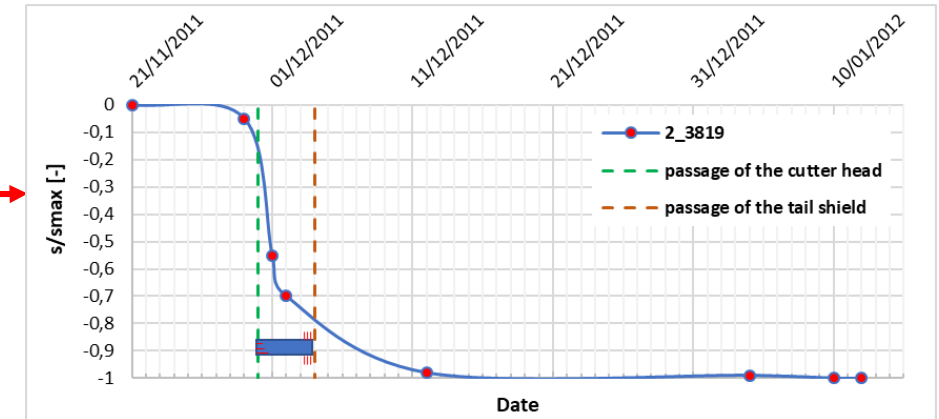
Fonction objective

CAS D'ETUDE

Cas de l'extension de la ligne 12



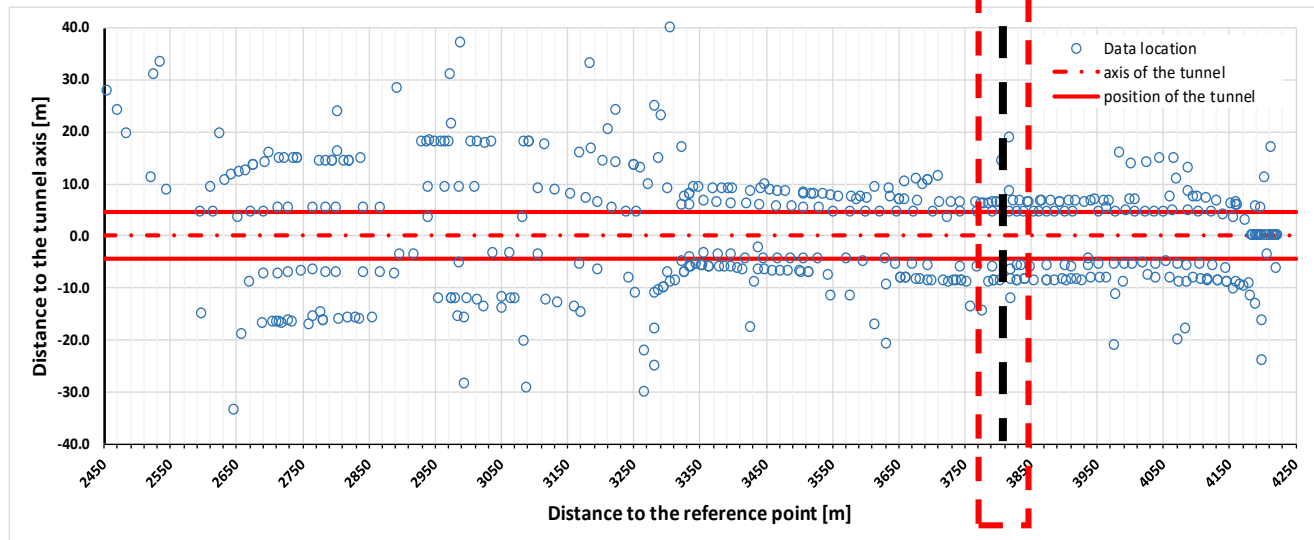
Position of the sensors



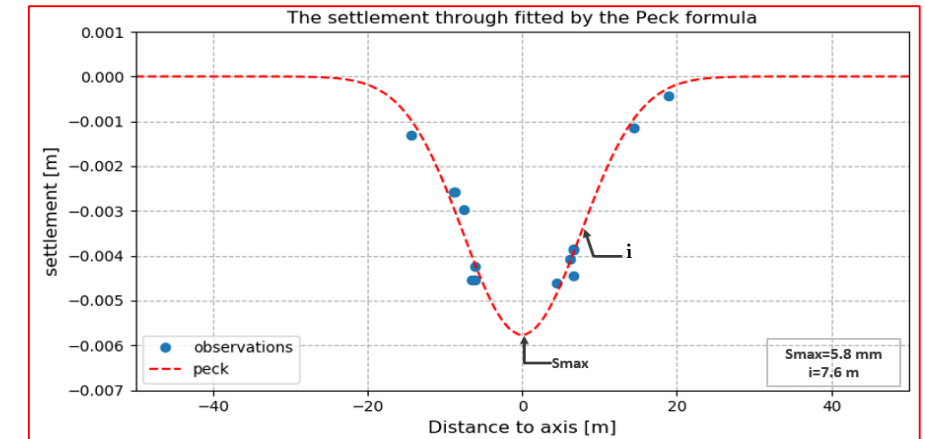
Déplacement du capteur en fonction de la position du tunnelier

CAS D'ETUDE

Cas de l'extension de la ligne 12



Position des capteurs



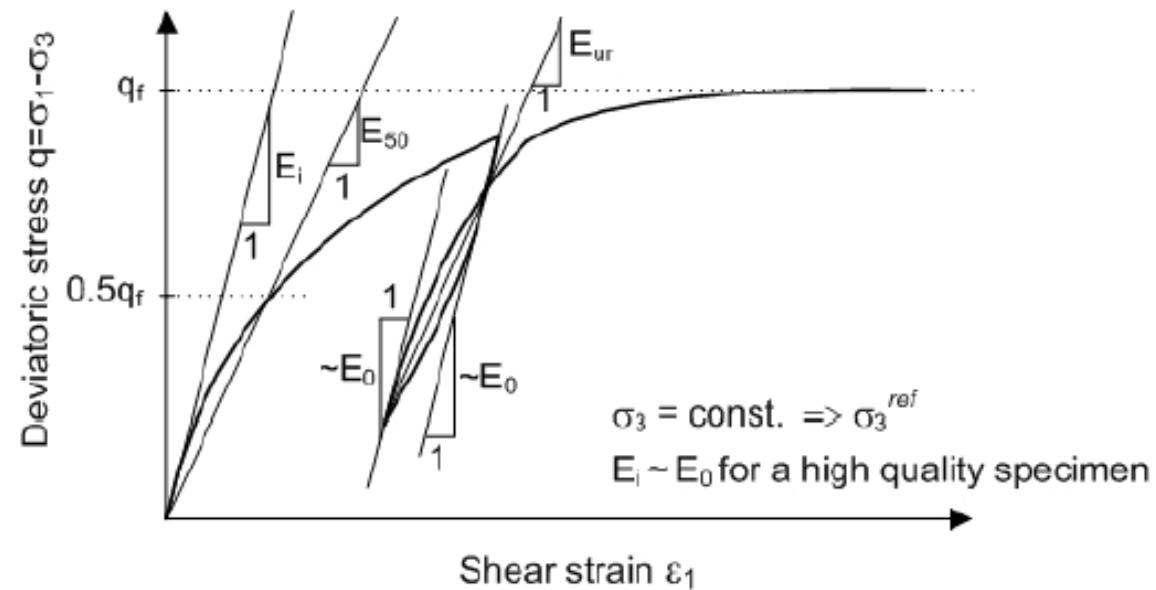
#27 située à 3795m de l'origine de l'extension

Cuvette de tassement calée par la formule de peck

$$s = s_{max} * \exp(-x^2 / 2 i^2) \quad \text{Peck (1969)}$$

PREDICTION

Loi de comportement et paramètres de sol



Loi élasto-plastique non linéaire
avec écrouissage

$$E_{oed} = k.E_m/\alpha$$

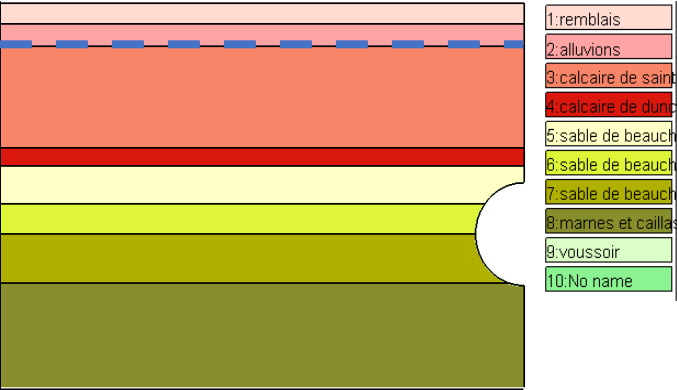
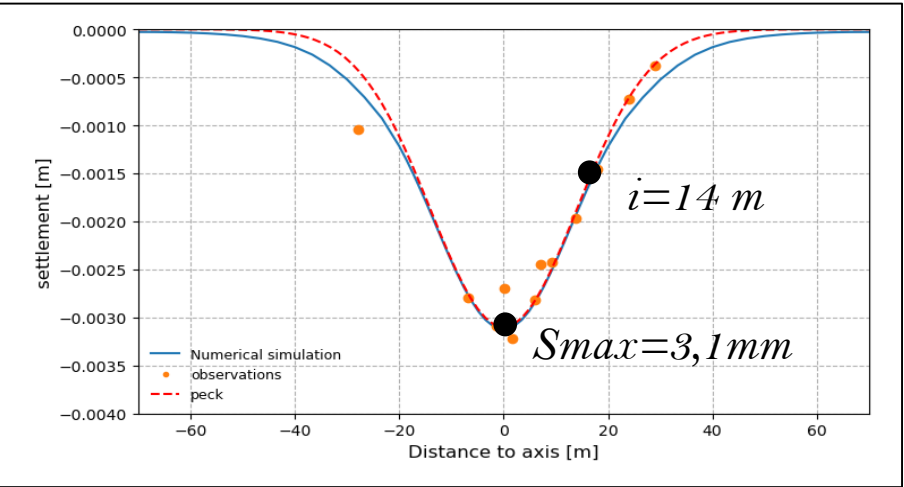
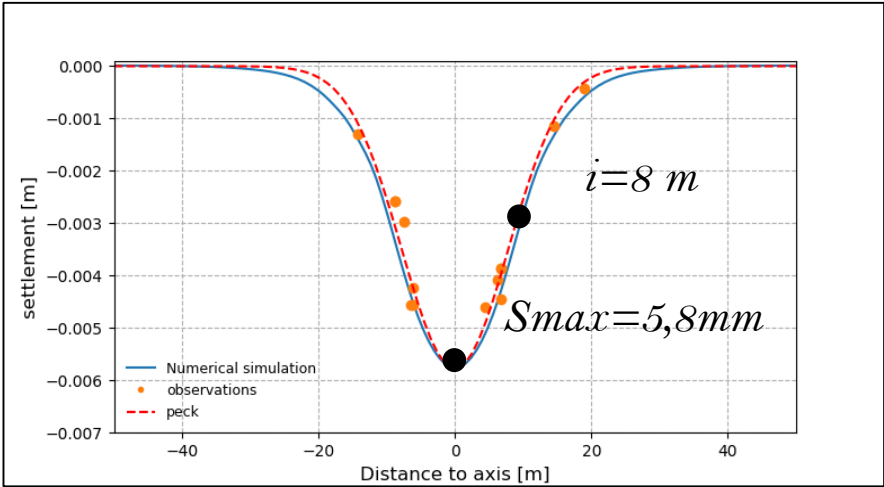
Hypothèse

$$E_{ur}, E_0 = f(E_{50})$$

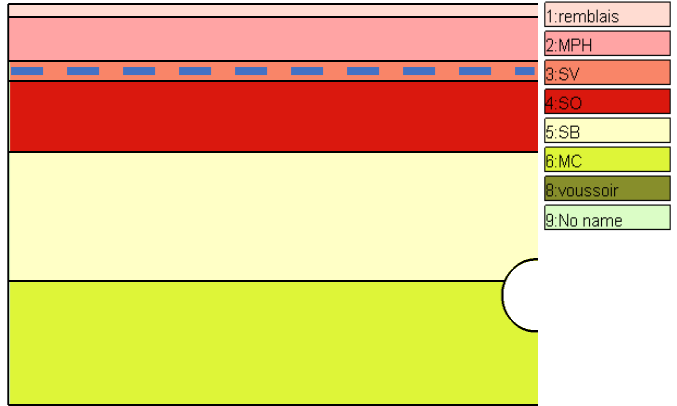
HSSM : Evolution du module du sol en fonction du niveau de déformation

RESULTAT

Cuvette de tassement en surface



Ligne 12

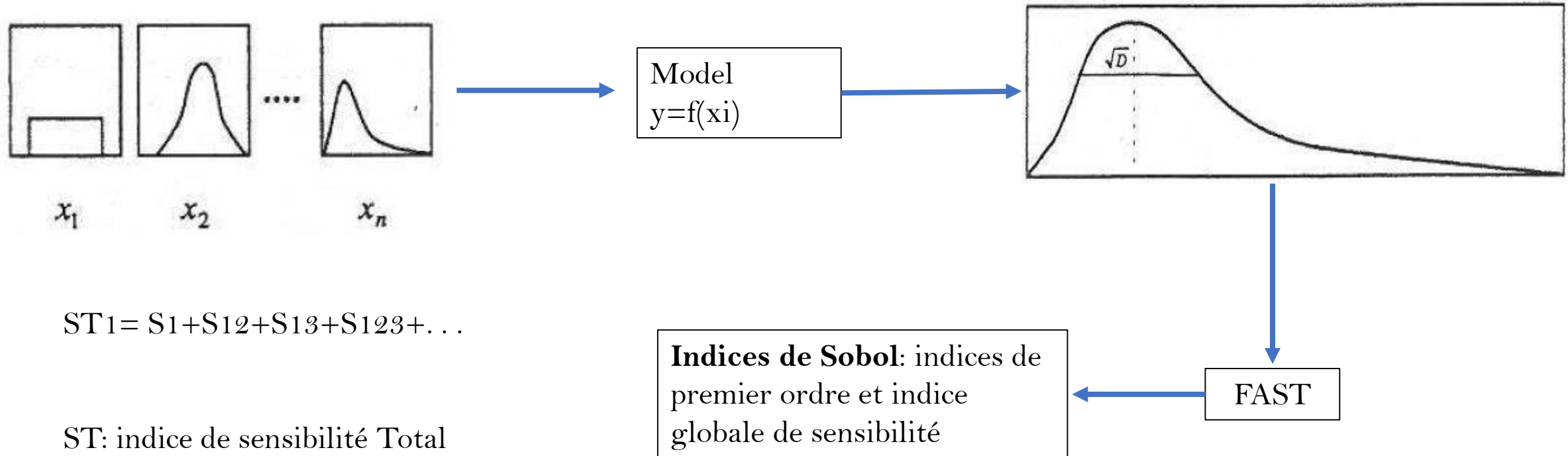


SMR22: Lot1 ligne 16

ANALYSE DE SENSIBILITE

Sensibilité globale

Sensitivity analysis: FAST method



$$ST_1 = S_1 + S_{12} + S_{13} + S_{123} + \dots$$

ST: indice de sensibilité Total

TOS: indice de sensibilité de premier ordre

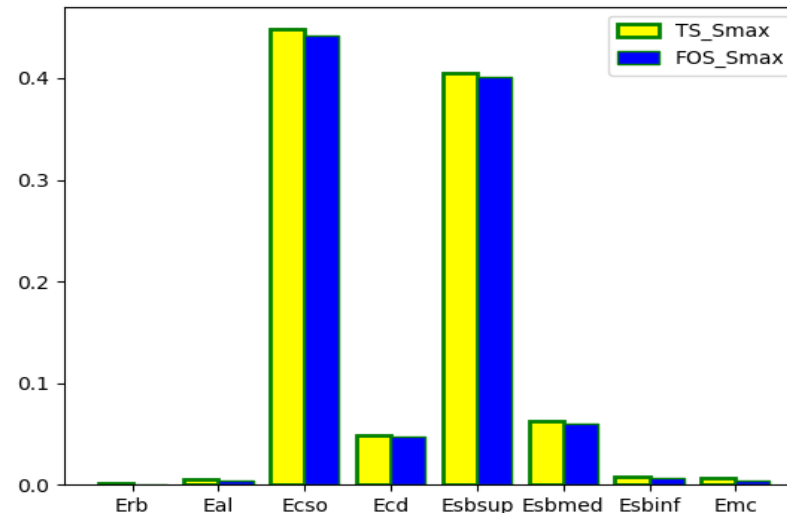
ANALYSE DE SENSIBILITE

Extension de la ligne 12

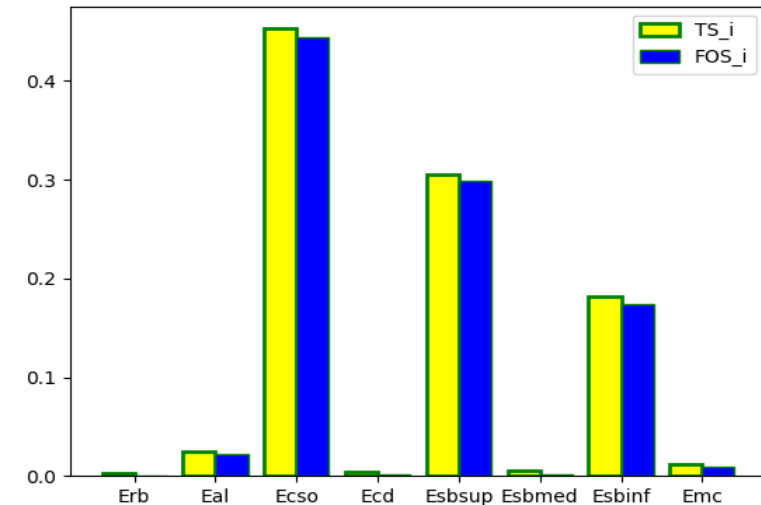
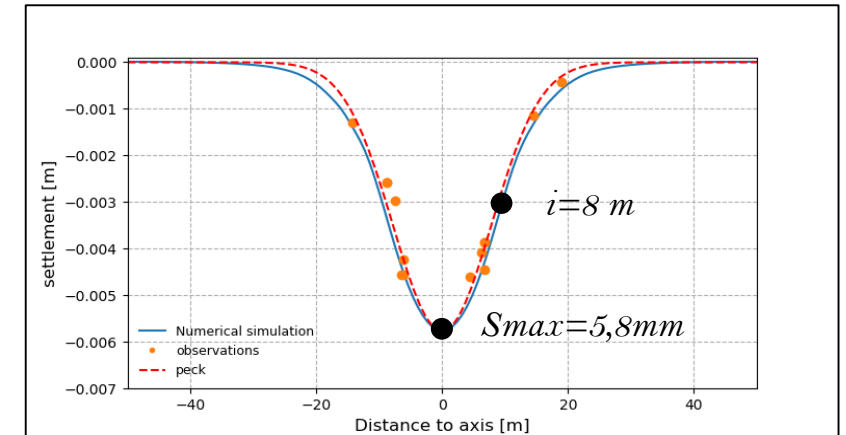
- Loi de distribution uniforme
- FOS = TS
- Pas interaction entre les paramètres

- 1000 simulations pour FOS
- 4000 simulations pour TS

ST: indice de sensibilité Total
FOS: indice de sensibilité de premier ordre



Sensibilité sur le tassement maximal



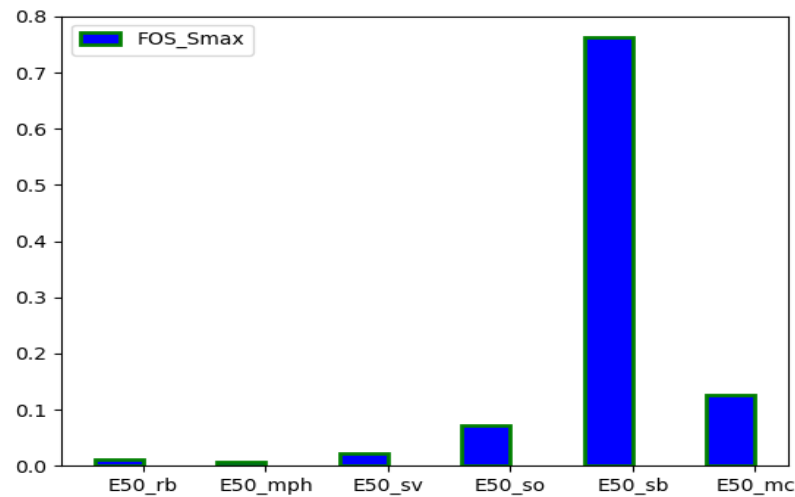
Sensibilité sur le point d'inflexion

ANALYSE DE SENSIBILITE

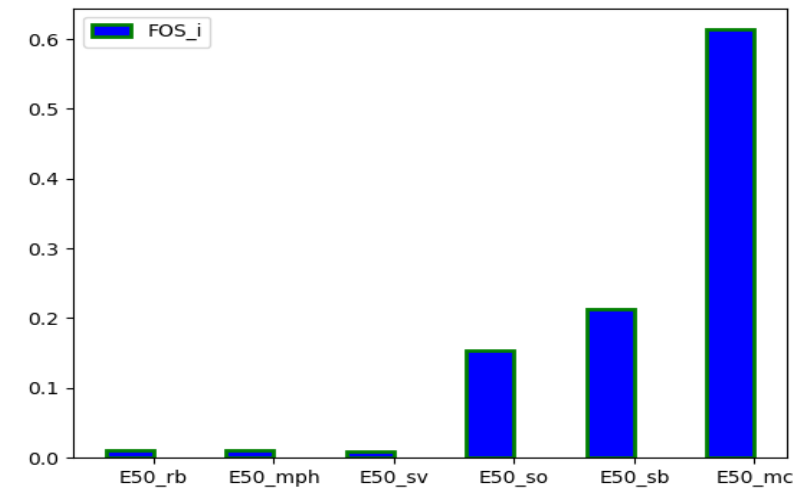
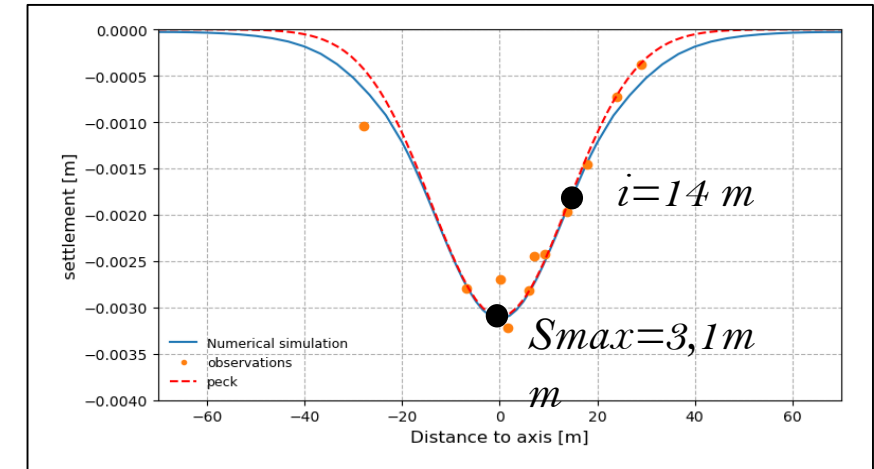
Ligne 16 lot 1 SMR22

- Loi de distribution uniforme
- 1000 simulations pour FOS

FOS: indice de sensibilité de premier ordre



Sensibilité sur le tassement maximal



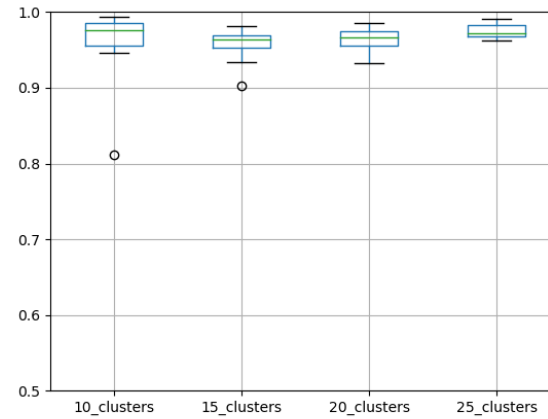
Sensibilité sur le point d'inflexion

METAMODELISATION

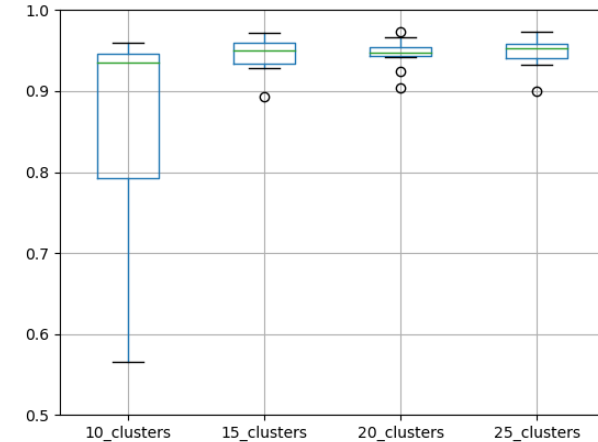
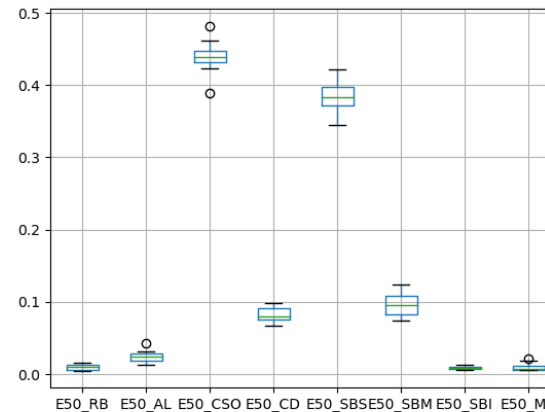
ligne 12 in Paris area

- Algorithme d'apprentissage non supervis 
- Algorithme d'apprentissage supervis 

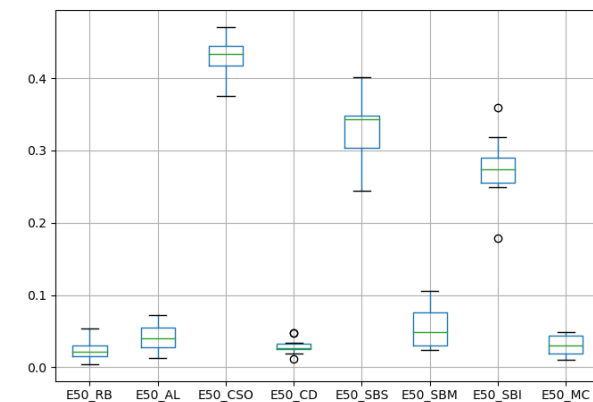
Validation criterion:
Correlation coefficient



Maximum settlement



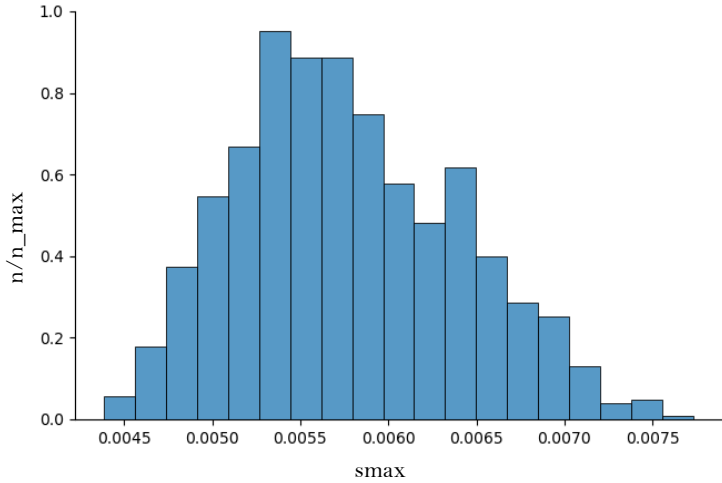
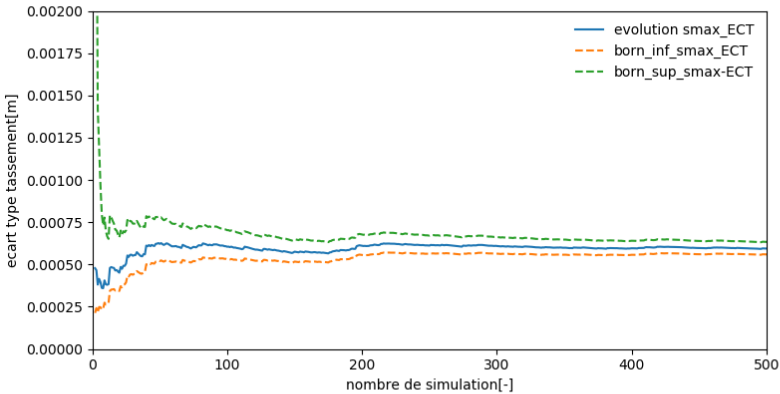
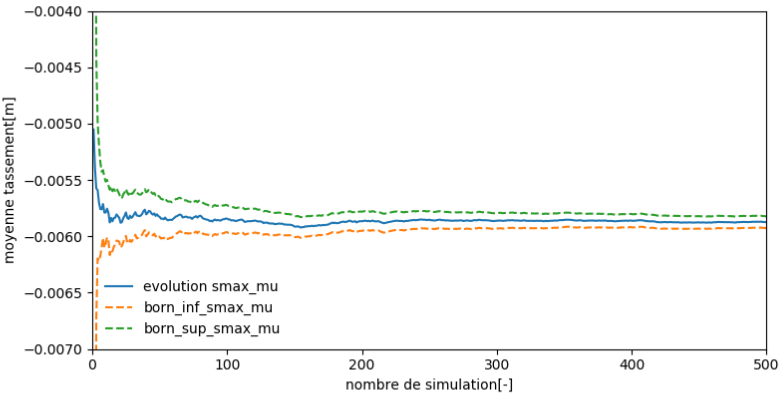
Inflection point



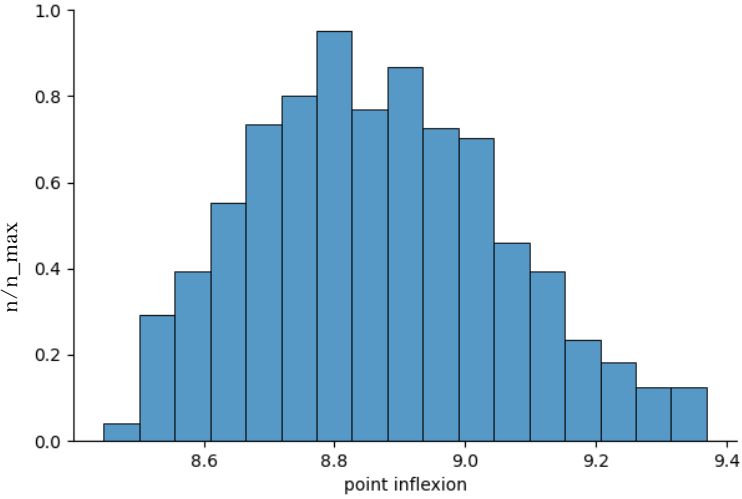
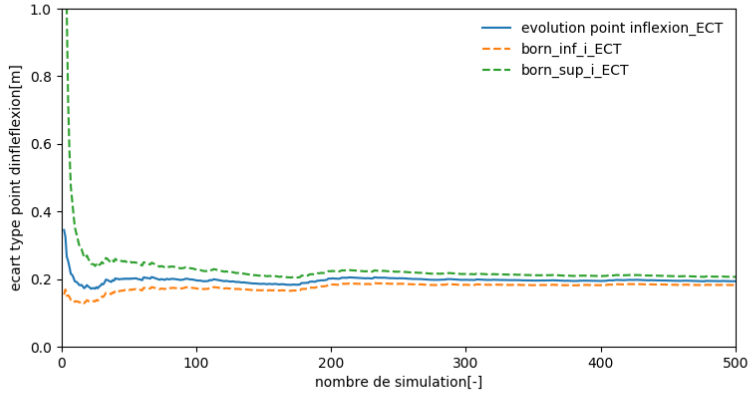
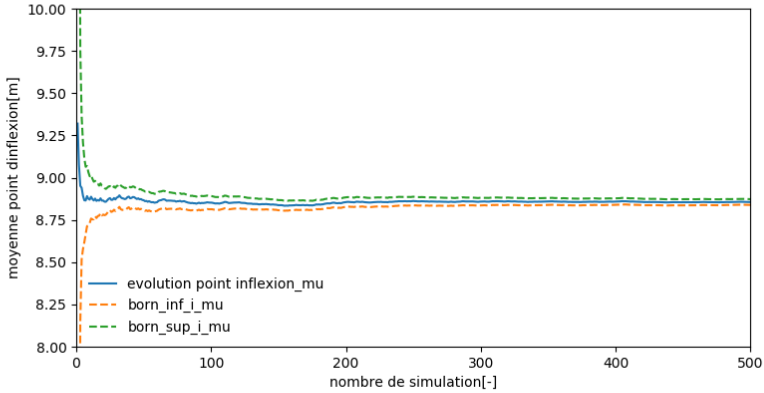
Analyse de sensibilit 

ANALYSE DE LA VULNERABILITE

Extension de la ligne 12



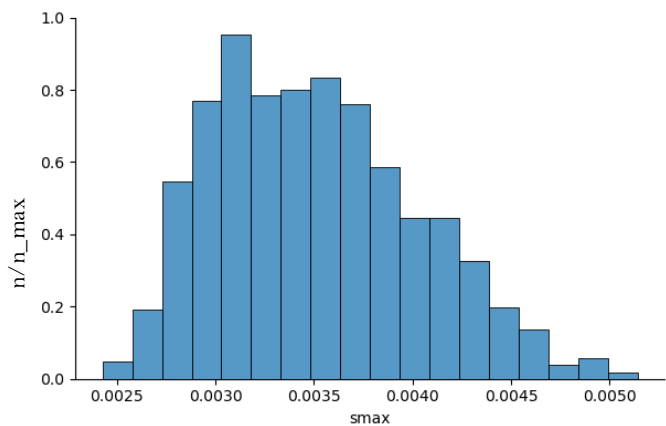
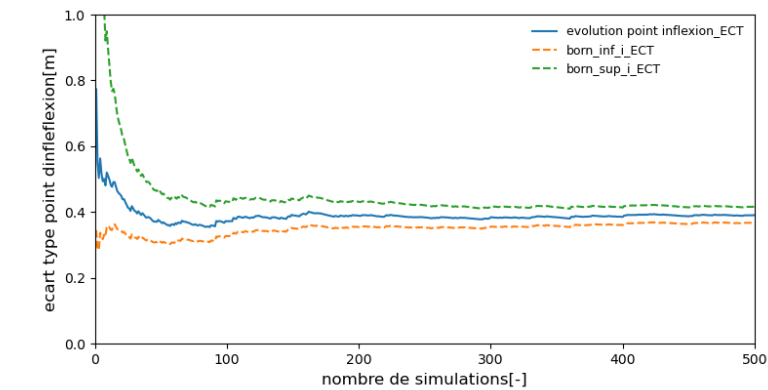
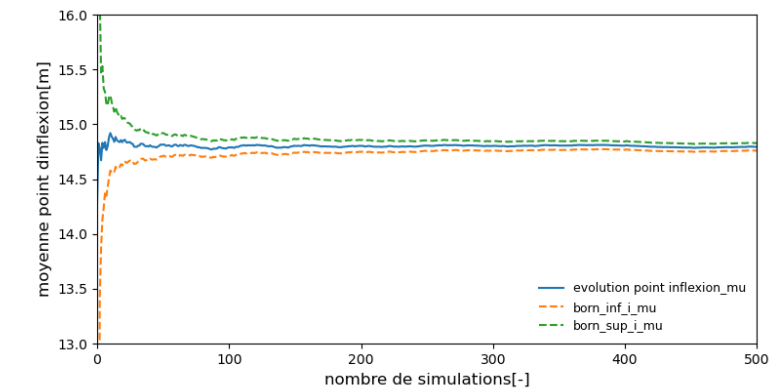
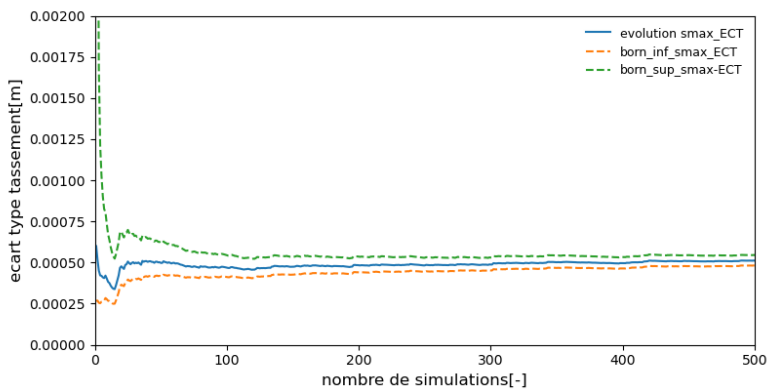
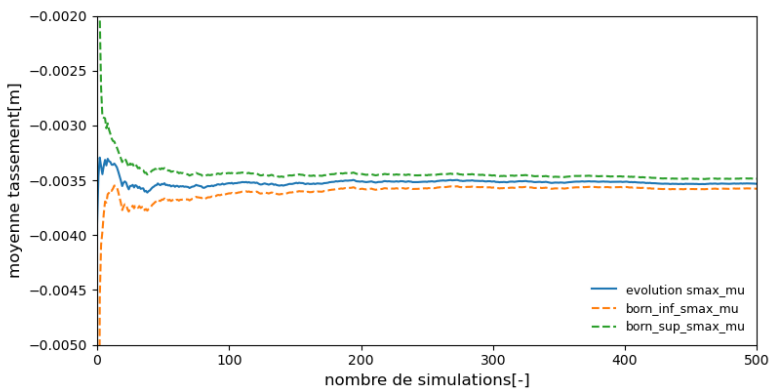
Tassement maximal



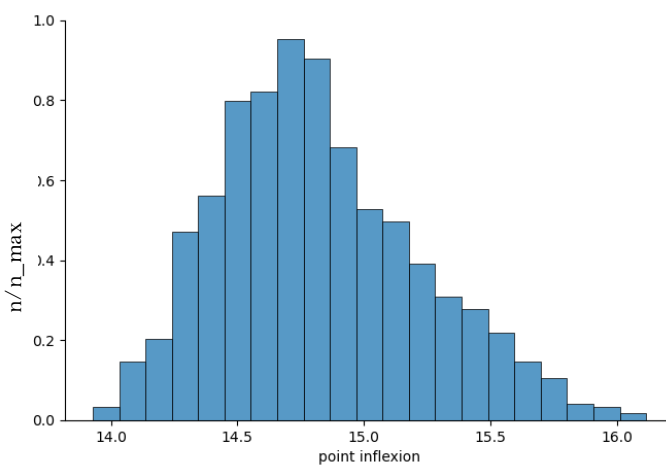
Point d'inflexion

ANALYSE DE LA VULNERABILITE

Ligne 16 lot 1 SMR22



Tassement maximal

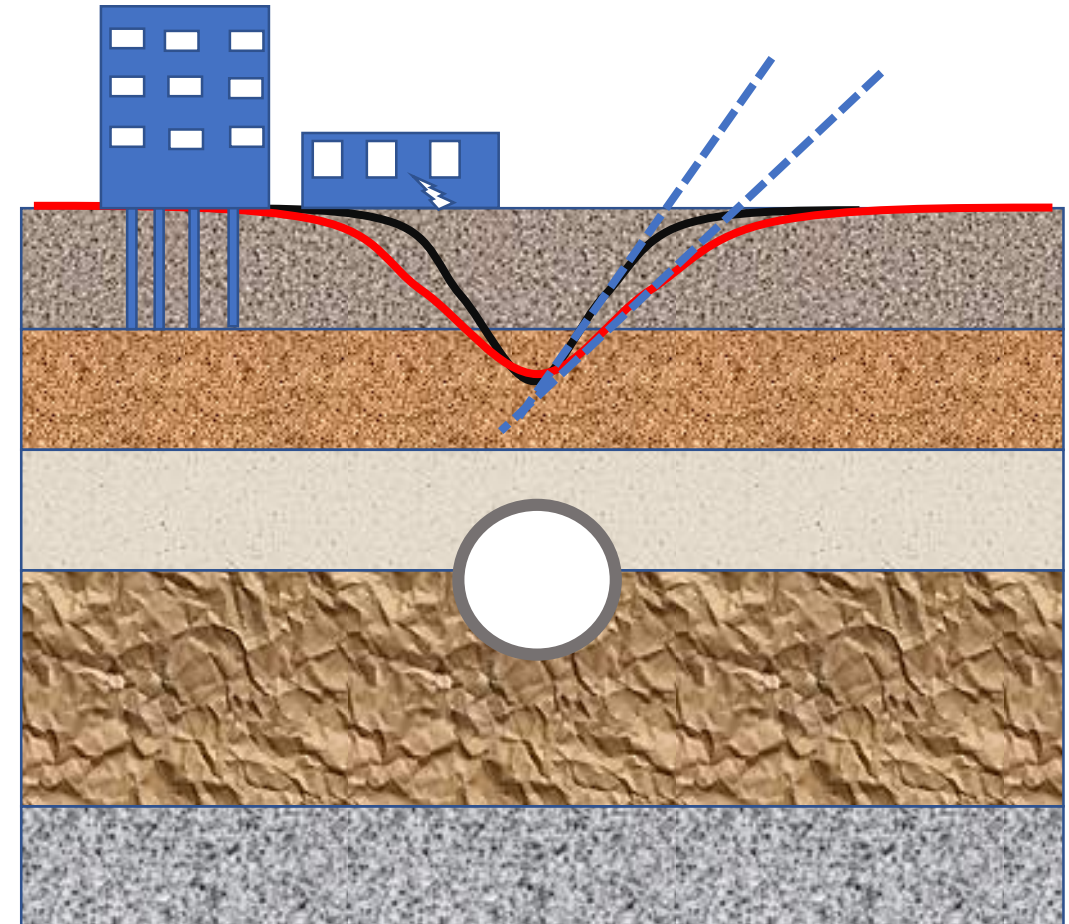


Point d'inflexion

CONCLUSION

Ce qu'il faut retenir!

- ❑ **Rappel objectif:** Influence des couches de sol sur sa réponse
 - ❑ Analyse inverse: déterminer le jeu de paramètre qui permet de retrouver les observations
 - ❑ Méthode FAST pour déterminer la sensibilité des paramètres sur la cuvette de tassement
 - ❑ Utilisation d'un métamodèle pour gagner en temps de calcul
 - ❑ Déduction de la loi de probabilité sur S_{max} et i
- ❑ Application possible sur d'autres problèmes
- ❑ **Perspective:** Etude de l'effet de la variabilité spatiale des couches de sol sur la cuvette de tassement.



merci