

# [MSROE] Méthodes numériques, partie II

Application de l'IA en géotechnique – prise en main par l'exemple

---

Jean-Michel Pereira

23 janvier 2024

Laboratoire Navier, UMR 8205

École des Ponts ParisTech, CNRS, Université Gustave Eiffel

[https://navier-lab.fr/pereira\\_jm/](https://navier-lab.fr/pereira_jm/)



École des Ponts

ParisTech

- Traiter un exemple complet d'utilisation de l'IA en géotechnique
  - Récupération des données
  - Réflexion sur les données à prendre en compte
  - Analyse et nettoyage des données
  - Analyse par IA

## Objectif du travail

Prédiction de la courbe de rétention d'eau des sols à partir de données géotechnique de base

- Brainstorming: quelles données prendre en compte ?

- UNSODA 2.0: Unsaturated Soil Hydraulic Database<sup>1</sup>
  - Télécharger le fichier .zip de la base de données et le dézipper :  
<https://data.nal.usda.gov>
  - Convertir les données au format csv<sup>2</sup>
    - mdbtools & python : <http://okfnlabs.org/handbook/data/patterns/liberating-access-databases/>
    - Version windows de mdbtools (non testée !) :  
<https://github.com/lsgunth/mdbtools-win>
    - ou en ligne : <https://www.rebasedata.com/convert-mdb-to-csv-online>

---

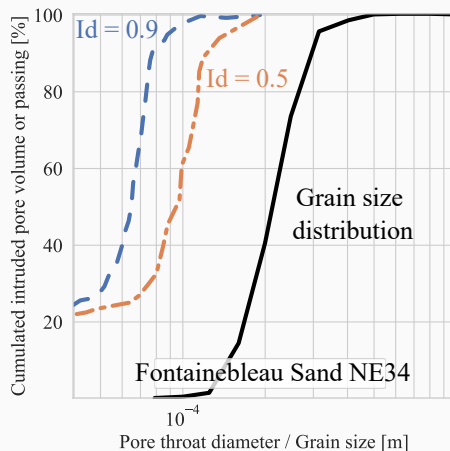
<sup>1</sup>Borgesen et al. 2006; Nemes et al. 2001.

<sup>2</sup>Remarque : c'est un format "lisible" et donc pérenne !

- Étudier les fichiers disponibles :  
structure des tables, type de données, unités des variables, etc.
  - Utiliser python / pandas (ou équivalent)
- Étudier les corrélations entre variables décrivant les propriétés générales des sols
  - Quels principaux enseignements en tire-t-on ?

# Quelles données garder ?

- Type de sol ?
  - Catégorie : "sand" de la base de donnée
- Que va-t-on prédire ?
  - Courbe de rétention sans hystérésis (branche de séchage)
- Quelles données garder ?
  - Qu'est-ce qui est pertinent pour obtenir la courbe de rétention d'eau ?



Granulométrie et distribution de la taille d'entrée des pores du sable de Fontainebleau à deux indices de densité<sup>3</sup> (Flood-Page, 2024)

<sup>3</sup>Feia et al. 2014.

# Nettoyage des données

- On va garder les courbes granulométriques, la densité et la suction.
- On va prédire la teneur en eau volumique.
- Attention aux points aberrants...

## Standardisation ! et format des données

- Garder toujours le même nombre de points de la courbe granulométrique
- ...et aux mêmes tailles de grains (interpolation si besoin)



- On va utiliser sci-kit.
- Faire le tutoriel ici :  
<https://towardsdatascience.com/ml-preface-2-355b1775723e>
  - Trouver l'erreur !
  - Et adapter le code pour traiter les données de rétention
- A faire :
  - Discuter l'architecture du réseau, la fonction d'activation, etc.
  - Donner une mesure de la qualité de la prédiction et comparer les données prédites aux données attendues :
    - Graphique  $\theta_{mod} = f(\theta_{exp})$  (données apprentissage et données validation)
    - Graphique  $\theta = f(s)$  (courbe modèle vs courbe expérimentale pour quelques sols)





# Questions ouvertes

- Faut-il la masse volumique ou la porosité ? Les deux donnent  $\theta_{sat}$
- Peut-on modéliser l'hystérésis ?
- Peut-on modéliser d'autres sols ? Une seule classe à chaque fois ? Plusieurs ?
- Une étude<sup>4</sup> plus approfondie a été publiée récemment. Vous pourrez vous y reporter pour discuter vos résultats.

---

<sup>4</sup>Li and Vanapalli 2022.

## Bibliographic references

-  Borgesen, C. D., O. H. Jacobsen, S. Hansen, and M. G. Schaap (2006). **“Soil Hydraulic Properties near Saturation, an Improved Conductivity Model”**. In: *Journal of Hydrology* 324.1-4, pp. 40–50. DOI: [10.1016/j.jhydrol.2005.09.014](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.09.014).
-  Feia, S., S. Ghabezloo, J.-f. Bruchon, J. Sulem, J. Canou, and J.-C. Dupla (2014). **“Experimental Evaluation of the Pore-Access Size Distribution of Sands”**. In: *Geotechnical Testing Journal* 37.4. DOI: [10.1520/GTJ20130126](https://doi.org/10.1520/GTJ20130126).
-  Li, Y. and S. K. Vanapalli (2022). **“Prediction of Soil-Water Characteristic Curves Using Two Artificial Intelligence (AI) Models and AI Aid Design Method for Sands”**. In: *Canadian Geotechnical Journal* 59.1, pp. 129–143. DOI: [10.1139/cgj-2020-0562](https://doi.org/10.1139/cgj-2020-0562).
-  Nemes, A., M. G. Schaap, F. J. Leij, and J. H. Wösten (2001). **“Description of the Unsaturated Soil Hydraulic Database UNSODA Version 2.0”**. In: *Journal of Hydrology* 251.3-4, pp. 151–162. DOI: [10.1016/S0022-1694\(01\)00465-6](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00465-6).