

Simulation de la récupération de l'uranium par transport réactif.

Application à grande échelle dans le bassin de Shu Saryssu, gisement de Tortkuduk (Kazakhstan)

**Antoine Collet, Olivier Regnault, Alexandr Ozhogin,
Assemgul Imantayeva, Loïc Garnier**

Journées Uranium - 20/01/2022

Diffusion limitée



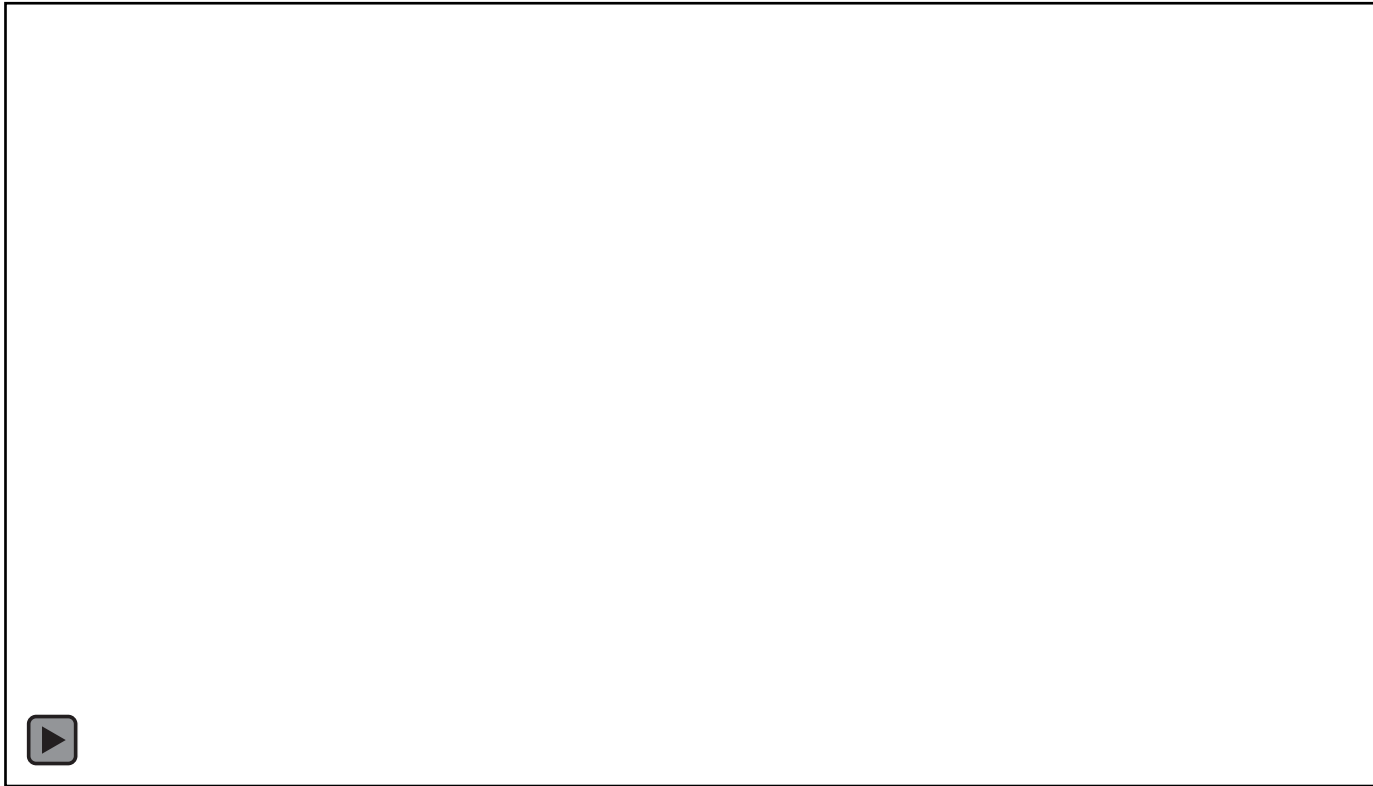
orano

01

**ISR et simulation de
transport réactif
avec HYTEC**



Le transport réactif pour modéliser l'ISR



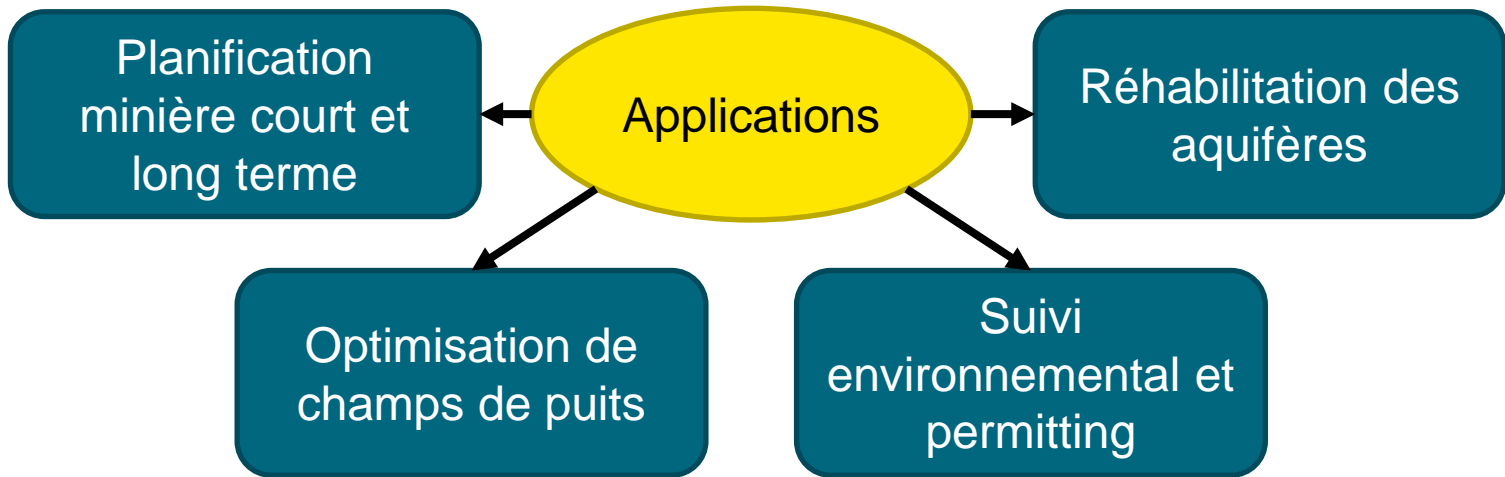
... et son déploiement industriel

KATCO = 7% de la production mondiale d'U

60+ blocks de production modélisés à ce jour

~3000 puits

~1/3 du champ de puits



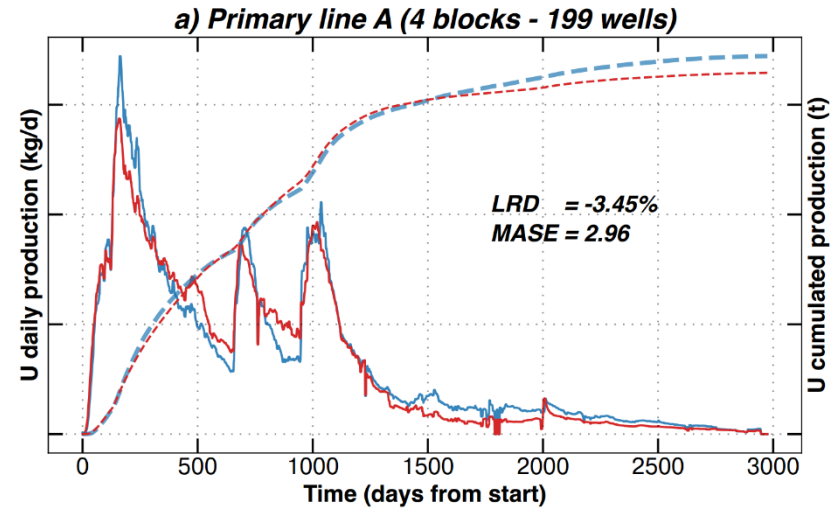
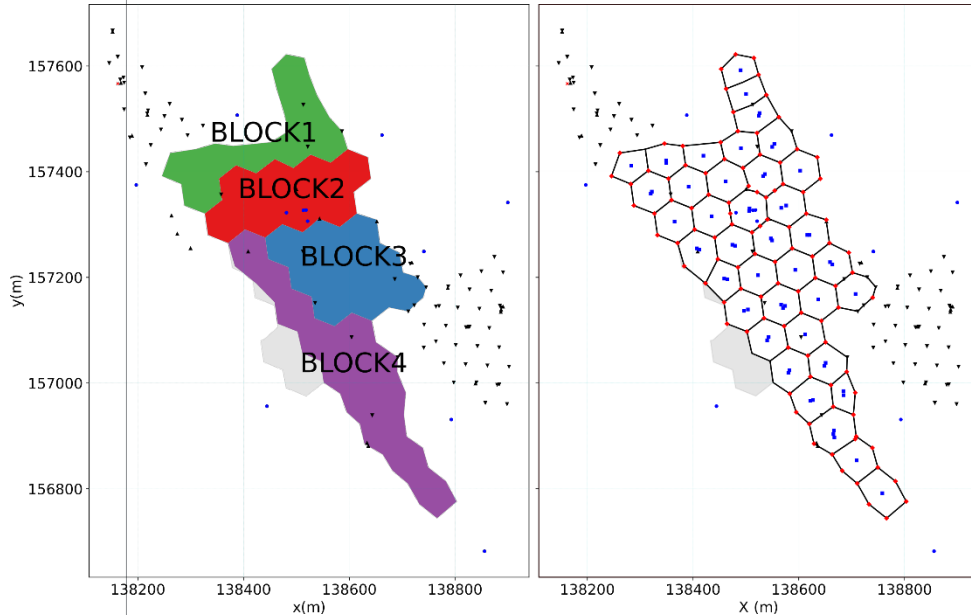
02

**Exemple d'application:
Optimisation de
champs de puits**



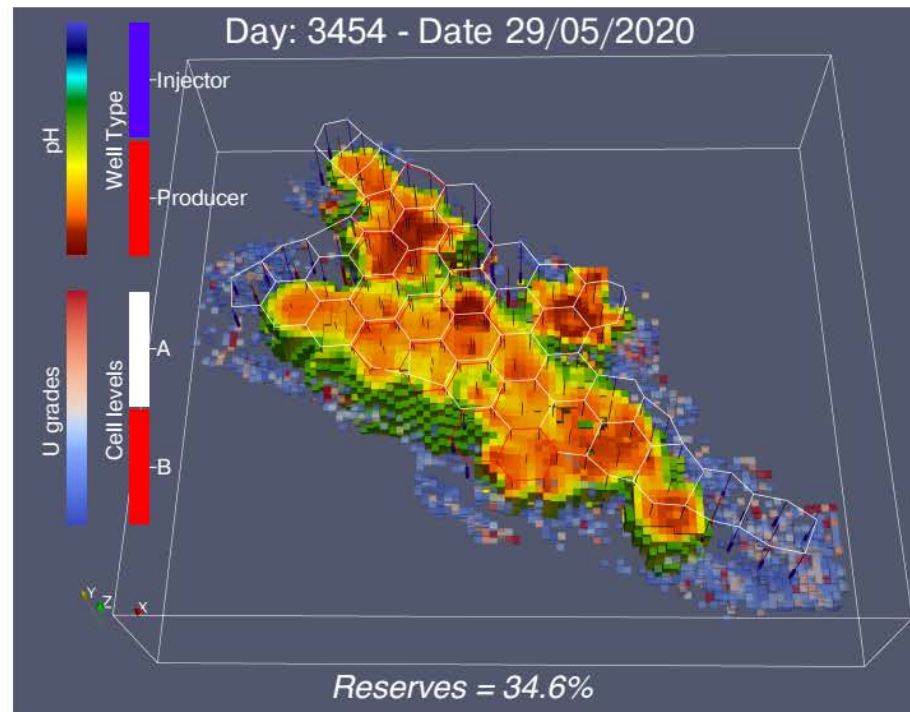
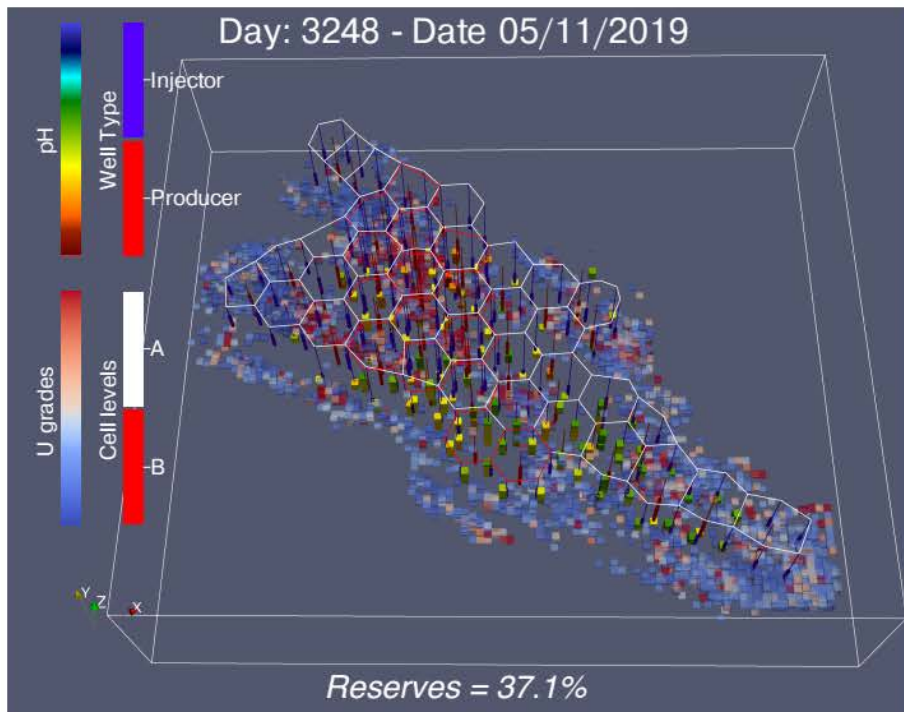
Redesign d'une zone d'exploitation

Objectif: Récupérer l'uranium restant après 8 ans d'exploitation

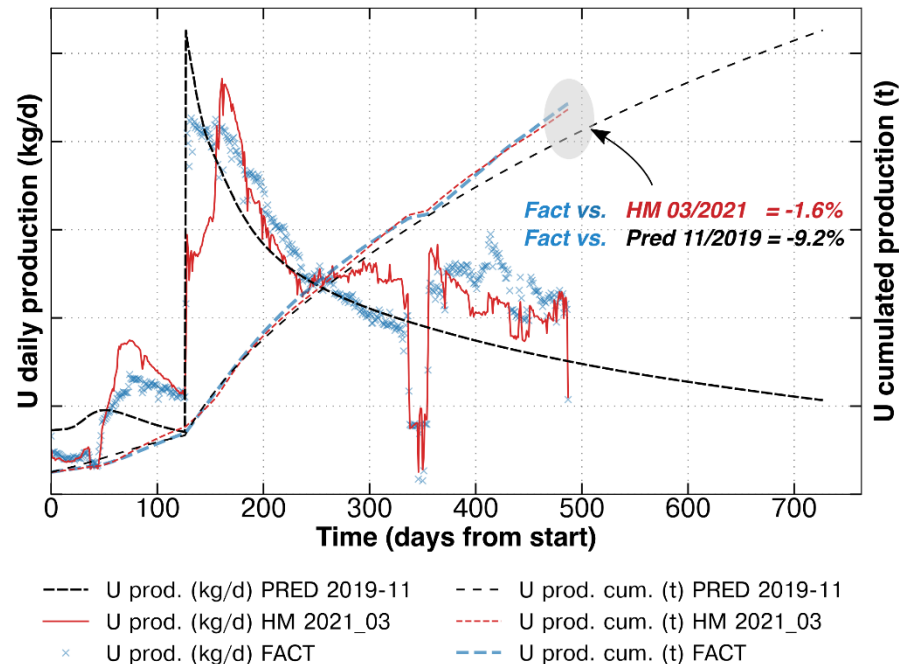
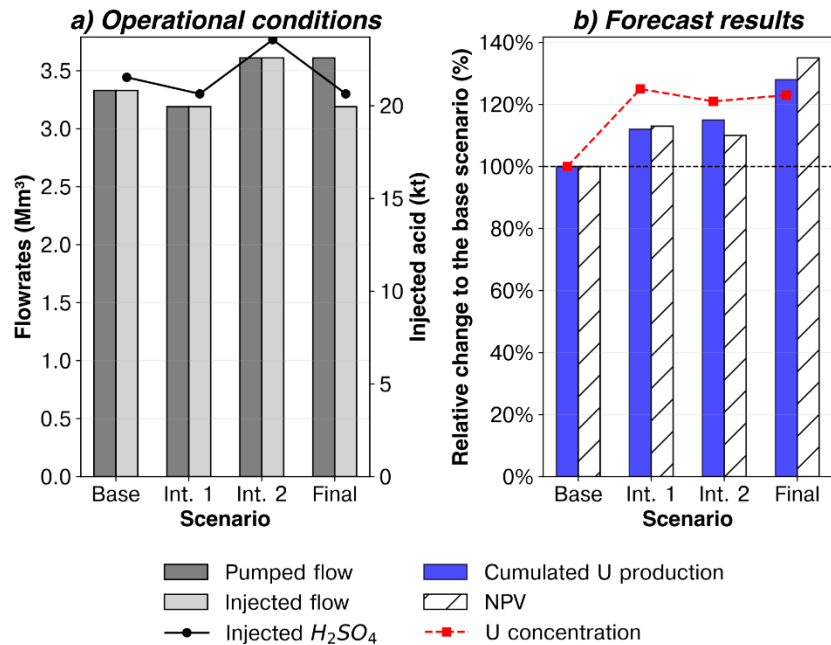


Source: *Collet et al. 2022*

Bilan métallurgique par simulation



Sélection d'un design



03

Robustesse du modèle et limites



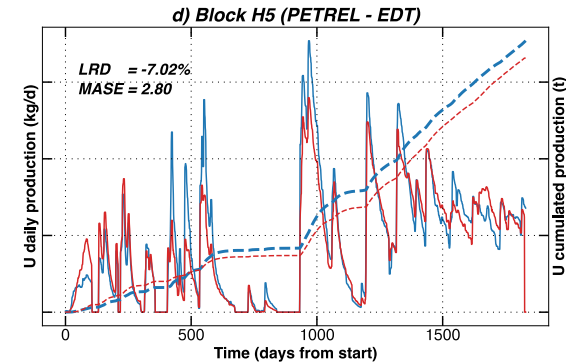
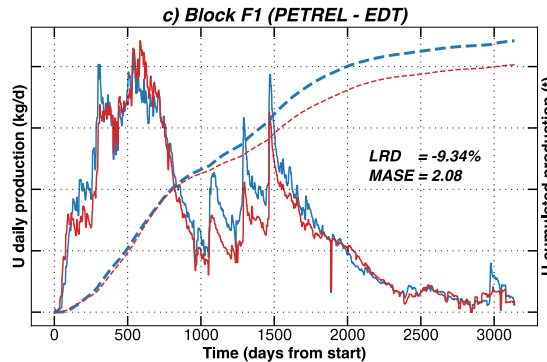
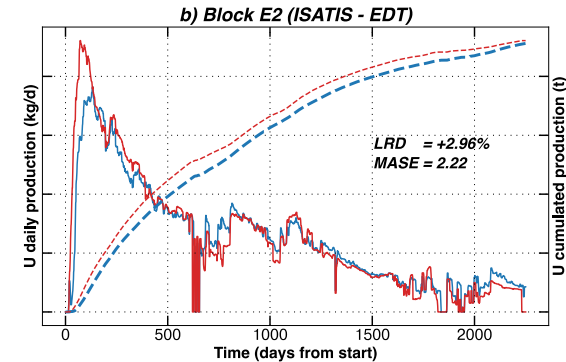
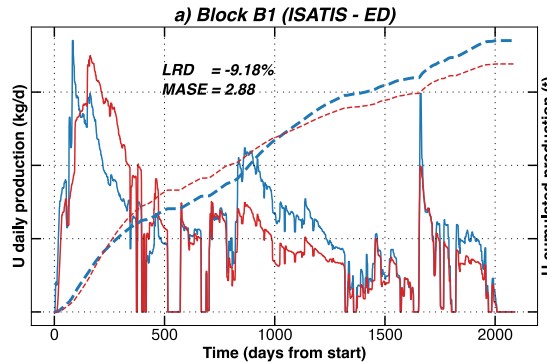
Résultats de déploiement industriel (2/3)

Reproduction des historiques de production (U et pH)

Très bonne à large échelle (blocs et magistraux)

Profils de production variés

- Géologie du réservoir
- Conditions opérationnelles

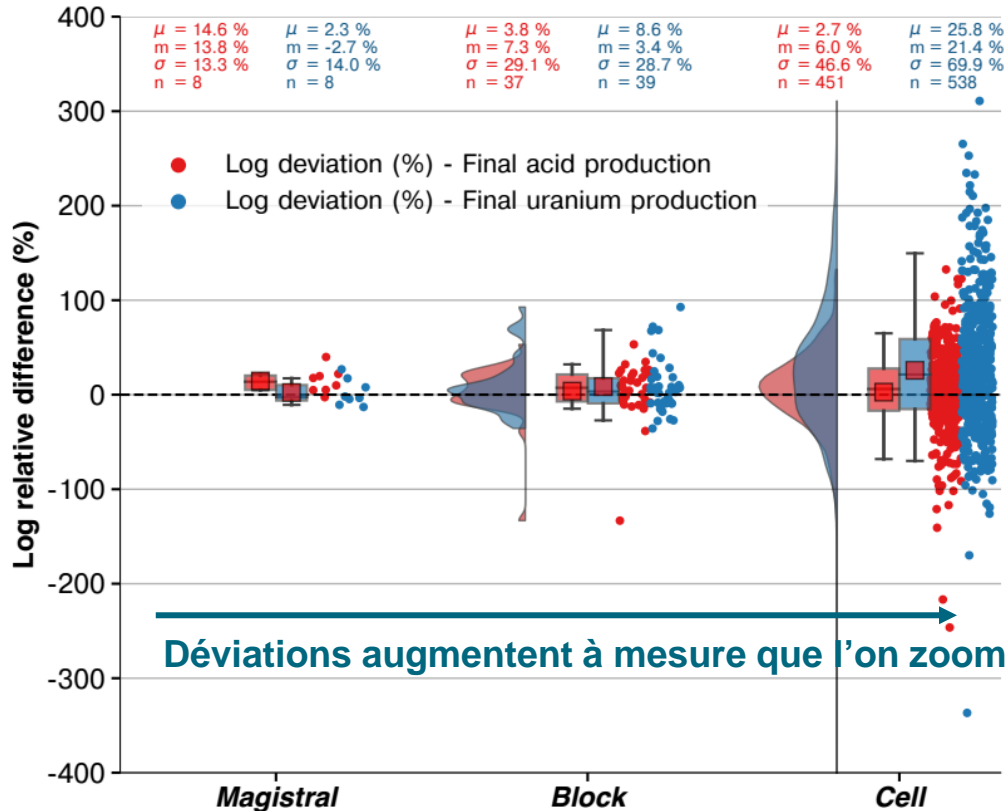


— U prod. (kg/d) factual
— U prod. (kg/d) simulated

--- U prod. cum. (t) factual
--- U prod. cum. (t) simulated

Résultats de déploiement industriel (3/3)

Les erreurs locales se compensent à large échelle



Prédictions incertaines à l'échelle des puits de production → échelle d'intérêt en opération

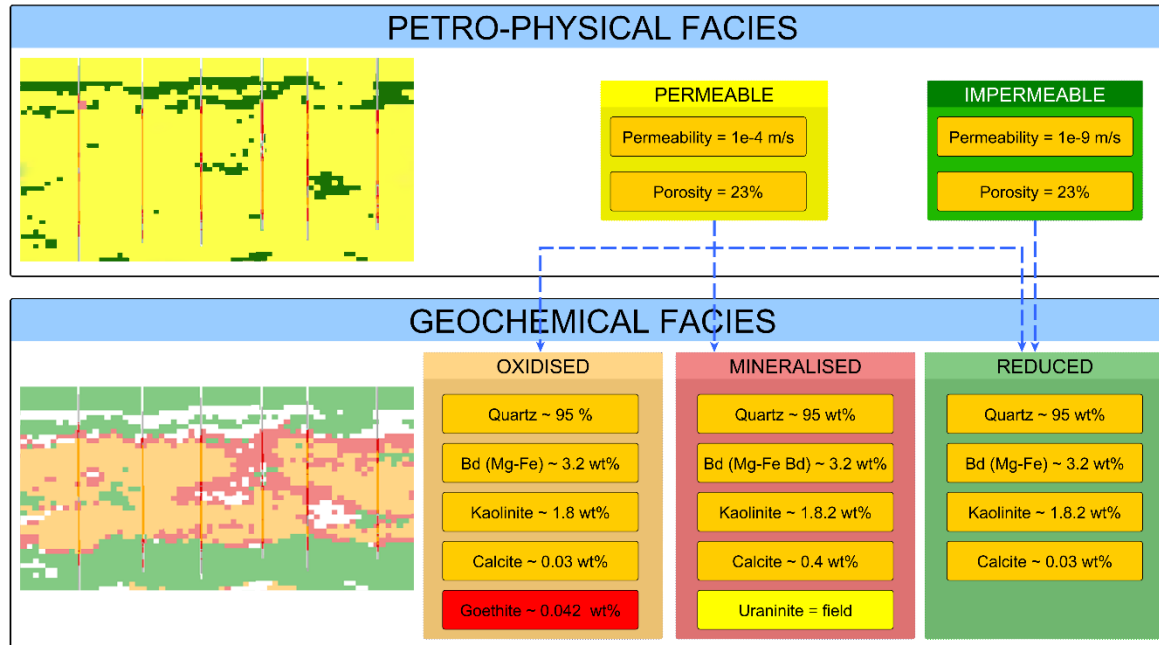


Déviations augmentent à mesure que l'on zoome

Source: Collet et al. 2022

Le modèle géologique 3D

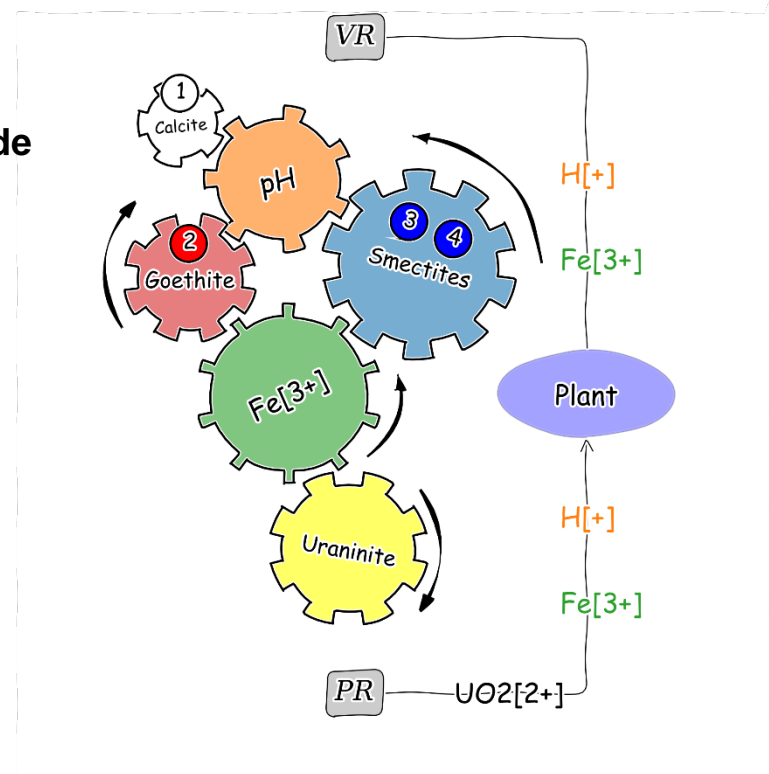
Deux classes de faciès + distribution d'uraninite
Param. Hydro. et teneurs homogènes par faciès



Le modèle géochimique

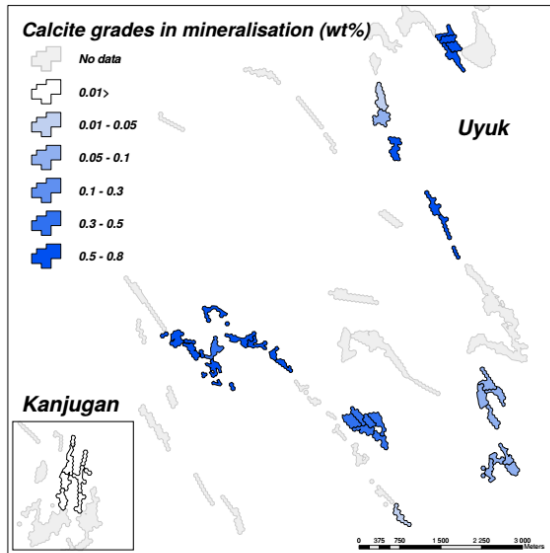
Modèle géochimique:

- Contrôle la dissolution de l'U et la conso acide
- Seulement 3 paramètres ajustés:
 - 1. Calcite wt%
 - 2. Goethite wt%
 - 3. Smectites wt%

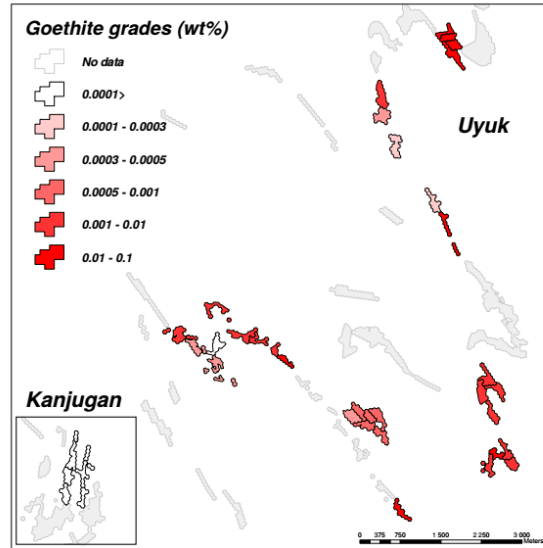


Les paramètres ajustés

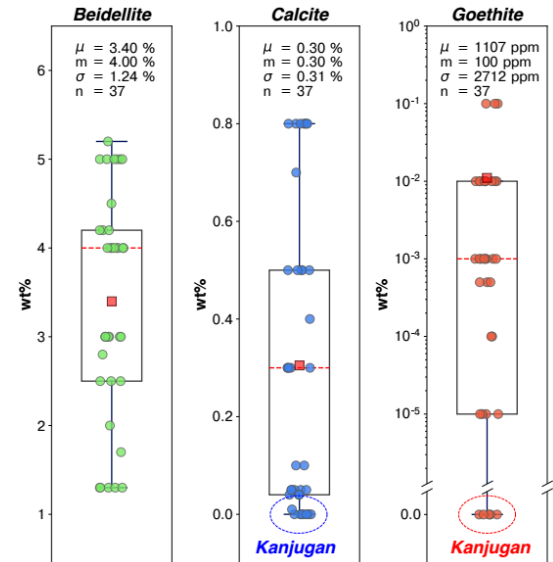
- Paramètres cohérents avec les mesures de terrain
- Varient peu localement



(b) Calcite grades (wt%).



(c) Iron hydroxides (goethite) grades (wt%).



(d) Distribution (box-and-whisker plot) of the parameters among the blocks.

Conclusion et perspectives

1

Orano a développé un outil opérationnel robuste pour piloter l'extraction de l'uranium par récupération in situ.

2

Les déviations entre simulation et observables s'expliquent en majeure partie par les incertitudes des modèles géologiques 3D.

3

Perspective principale = amélioration des modèles géologiques 3D statiques en prenant en compte les données de production (résolution du problème inverse).

Références

- **Collet, A., O. Regnault, A. Imantayeva, A. Ozhogin, and L. Garnier (2022).** “3D Reactive Transport Simulation of Uranium In Situ Recovery. Large Scale Well-Field Application in Shu Saryssu Bassin, Tortkuduk Deposit (Kazakhstan) ” , under review.
- **Lagneau, V., O. Regnault, and M. Descostes (2019).** “Industrial Deployment of Reactive Transport Simulation: An Application to Uranium In Situ Recovery”. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 85:1, pp. 499–528. issn: 1529-6466. doi: 10.2138/rmg.2019.85.16.
- **Petit, G., H. de Boissezon, V. Langlais, G. Rumbach, A. Khairuldin, T. Oppeneau, and N. Fiet (2012).** “Application of Stochastic Simulations and Quantifying Uncertainties in the Drilling of Roll Front Uranium Deposits”. In: vol. 17, pp. 321–332. doi: 10.1007/978-94-007-4153-9_26
- **Regnault, O., V. Lagneau, and N. Fiet (2014).** “3D Reactive Transport Simulations of Uranium In Situ Leaching : Forecast and Process Optimization”. issn: 978-3-319-11058-5. doi: 10.1007/978-3-319-11059-2_83.



orano

Donnons toute sa valeur au nucléaire