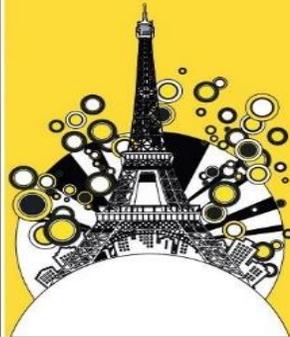




13^e
CHATOU



SALON
VILLE SANS TRANCHÉE
18-19 JUIN 2019

FRANCE
Île des Impressionnistes

FORUM DES FOREURS

19 JUIN 2019



Forage Horizontal Dirigé

François Gandard



Comment prévoir les résurgences de fluides de forage en surface ?

Forage Horizontal Dirigé:

- Technique utilisée depuis les années 80
- Développée aux Etats-Unis pendant les années 70 (Martin Cherrington)
- Forages les plus longs réalisés à ce jour:
 - Solent crossing pour relier l'Angleterre et l'île de Wight: **3.6km**
 - Marsdiep crossing aux Pays-Bas: **4.6km**
- Technique utilisant un fluide de forage, le plus souvent à base de bentonite:
 - Transport des débris de coupe en dehors du trou foré (nettoyage)
 - Stabilisation du trou de forage
 - Lubrification et refroidissement des outils de fond de trou
 - Réduction du frottement (entre le tube/tiges et les parois du trou)
 - Entraînement du moteur de fond (forage roche)

Comment prévoir les résurgences de fluides de forage en surface ?

Fluide de forage:

- Est pompé en permanence dans le forage par le biais des tiges de forage
- Arrive dans le forage au niveau de l'outil utilisé (trou pilote / alésage / tirage)
- Le volume pompé doit revenir en surface par l'espace annulaire du trou foré
- Si la pression excède une certaine limite, des résurgences peuvent se produire en surface



Comment prévoir les résurgences de fluides de forage en surface ?

Résurgences:

- Plusieurs raisons à l'origine des résurgences:
 - La présence de fractures ouvertes ou de sondages non rebouchés qui offrent au fluide une « porte de sortie » facile et directe vers la surface
 - La fracturation hydraulique des terrains forés ouvrant une brèche vers la surface.



Comment prévoir les résurgences de fluides de forage en surface ?

Modèle de Delft (Luger en Hergarden, 1988):

- Un modèle a été développé aux Pays-Bas, où l'apparition de résurgences peut avoir des conséquences dramatiques sur les polders notamment.
- Il consiste à calculer et comparer deux valeurs de pression:
 1. **La pression minimale:** pression nécessaire pour faire circuler le fluide de forage dans le tunnel foré
 2. **La pression maximale:** pression au-delà de laquelle le fluide vient fracturer les terrains

Si $P_{max} > P_{min}$ => Pas de risque de résurgence

Si $P_{max} < P_{min}$ => Risque avéré de résurgence

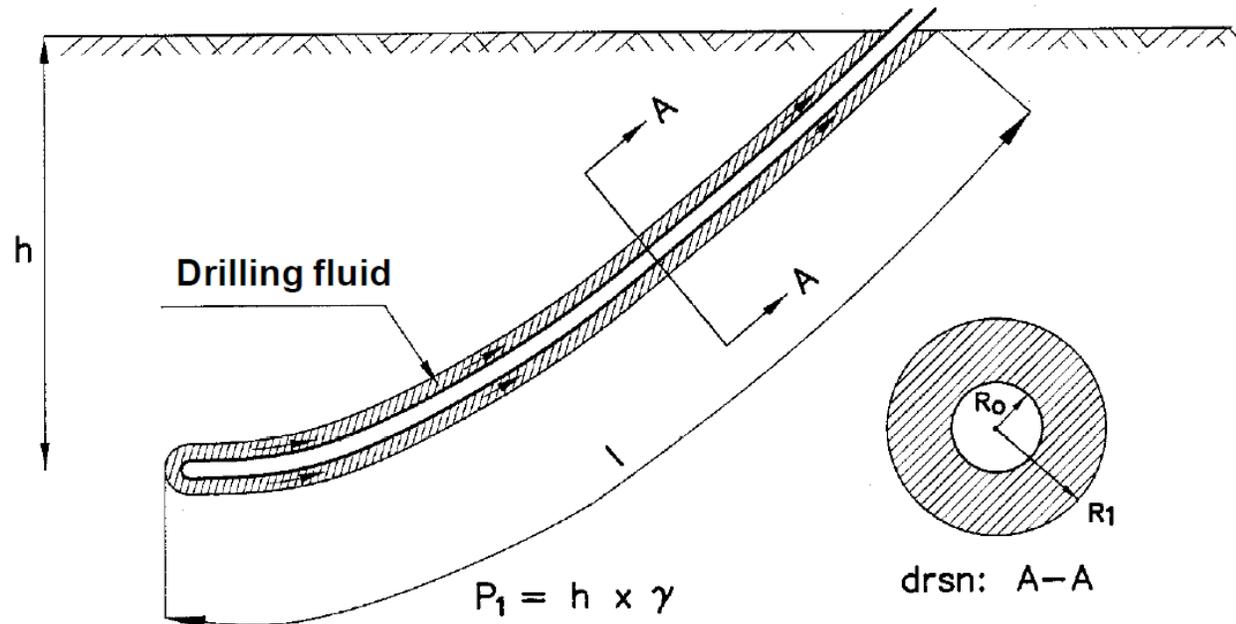
- Ce modèle a été depuis amendé par l'utilisation d'autres formules (Jaky), et est aujourd'hui utilisé pour dimensionner les projets de forage dirigé de façon quasi systématique dans des pays tels que la Hollande, les Etats-Unis ou le Canada.



Comment prévoir les résurgences de fluides de forage en surface ?

Pression minimale:

- La pression minimale est calculée en ajoutant la pression hydrostatique (P_1) et la pression dynamique (P_2).



$$P_1 = h \times \gamma$$

γ = volumegewicht boorvloeistof

$$P_2 = \frac{dp}{dl} \cdot l$$

$\frac{dp}{dl}$ depends on R_0 , R_1 , properties (rheology) of drilling fluid and Q

Comment prévoir les résurgences de fluides de forage en surface ?

Pression maximale:

- La pression maximale peut être calculée de différentes manières, selon que les conditions de sol sont drainées (sables) ou non drainées (argiles):

Drained (c' and φ')

$$p_{\max;d} = (p'_f + c_f \times \cot \varphi_f) \left[\left(\frac{R_b}{R_{p;\max}} \right)^2 + Q \right]^{\frac{-\sin \varphi_f}{1+\sin \varphi_f}} - c_f \times \cot \varphi_f + u$$

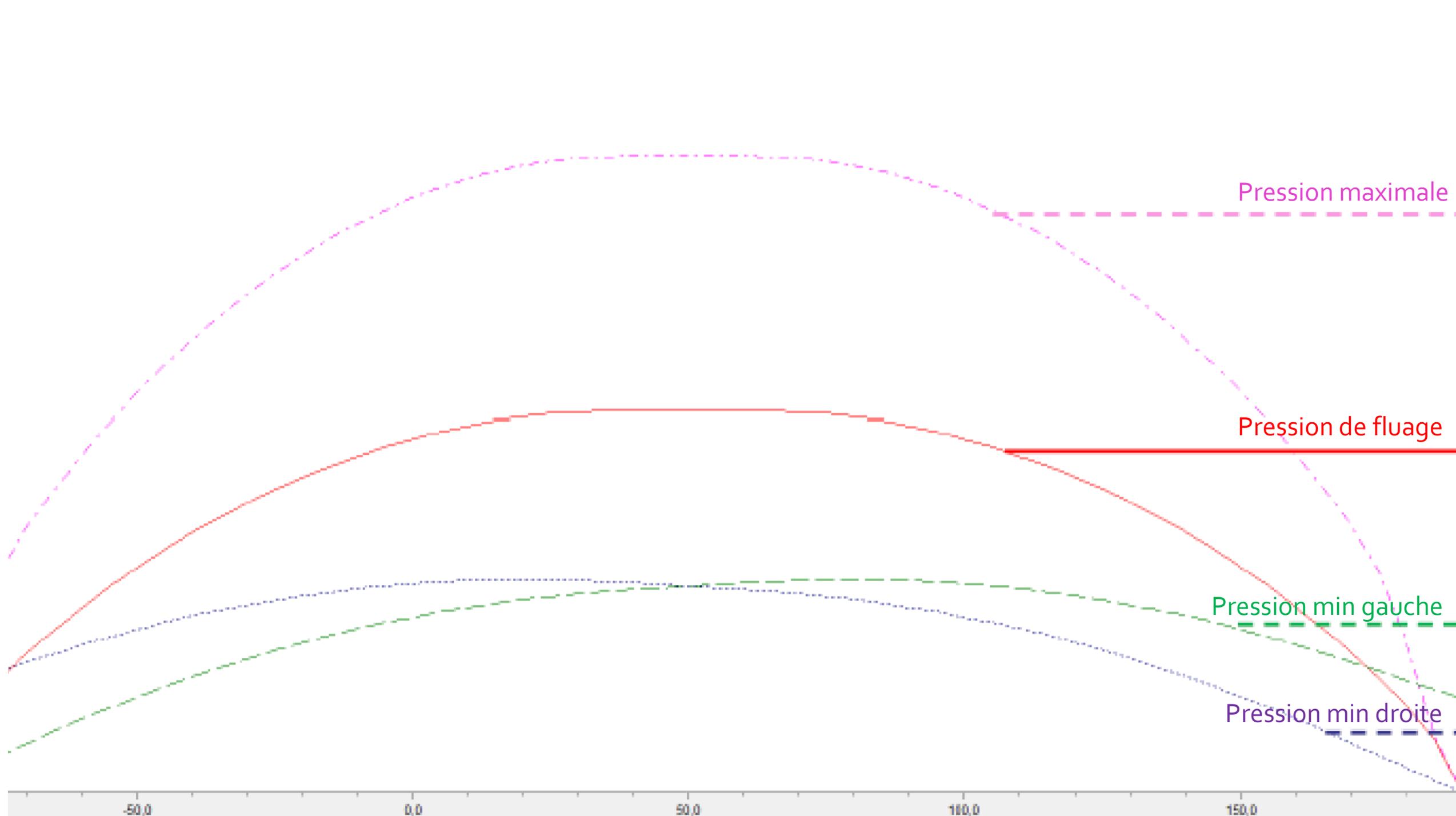
Undrained (c_u)

$$p_{\max;und} = \sigma'_0 + C_{u,f} \left[1 - \ln \left(\frac{C_{u,f}}{G_f} + \left(\frac{R_0}{R_{p;\max}} \right)^2 \right) \right] + u$$

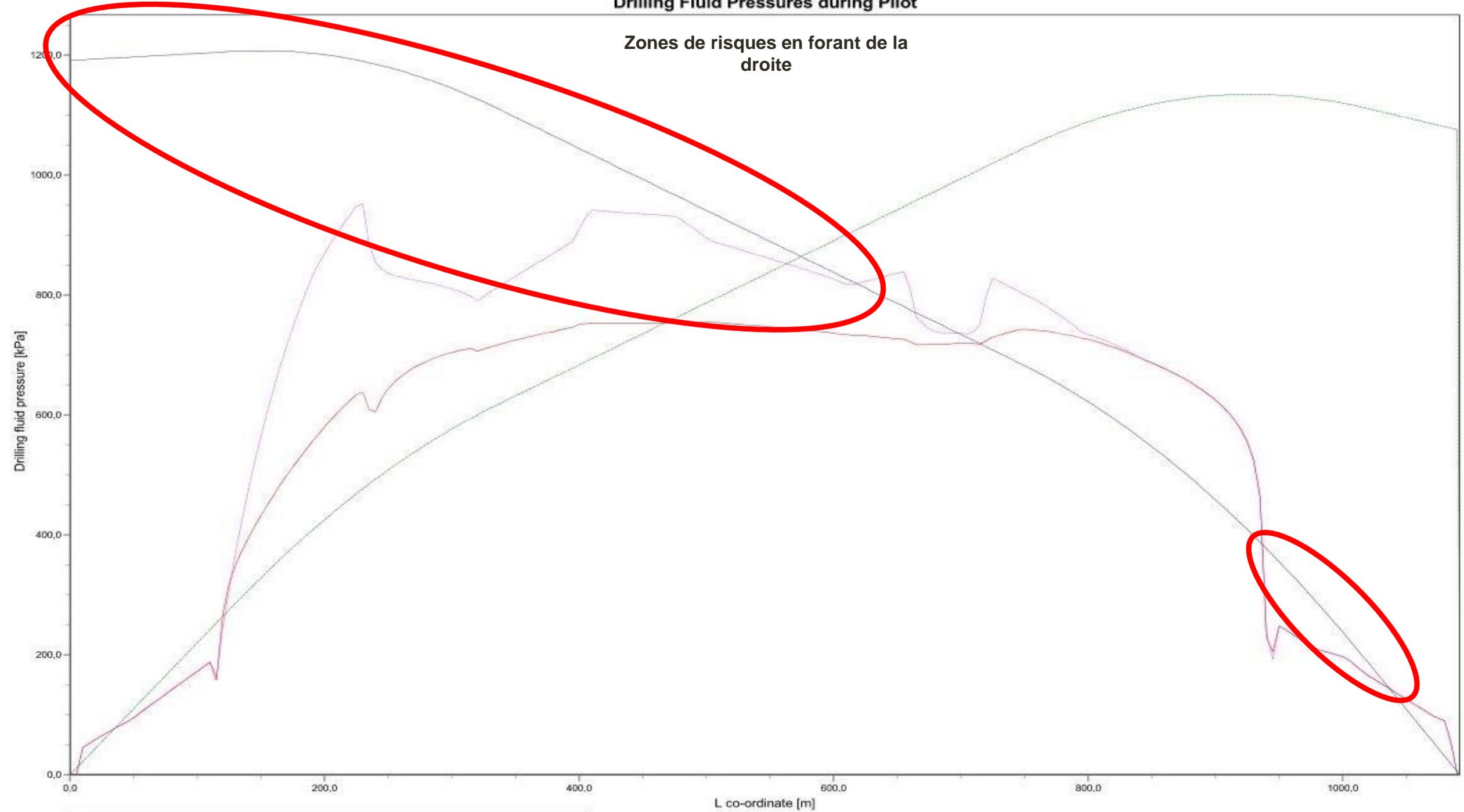
Comment prévoir les résurgences de fluides de forage en surface ?

Limitations de la méthode:

- Ce modèle n'est pertinent que dans des contextes géotechniques particuliers, à savoir la présence de terrains meubles
- Inapplicable dans le cas d'un forage dans un substratum rocheux
- Ne prévoit pas les résurgences qui se produisent par le biais de failles déjà ouvertes

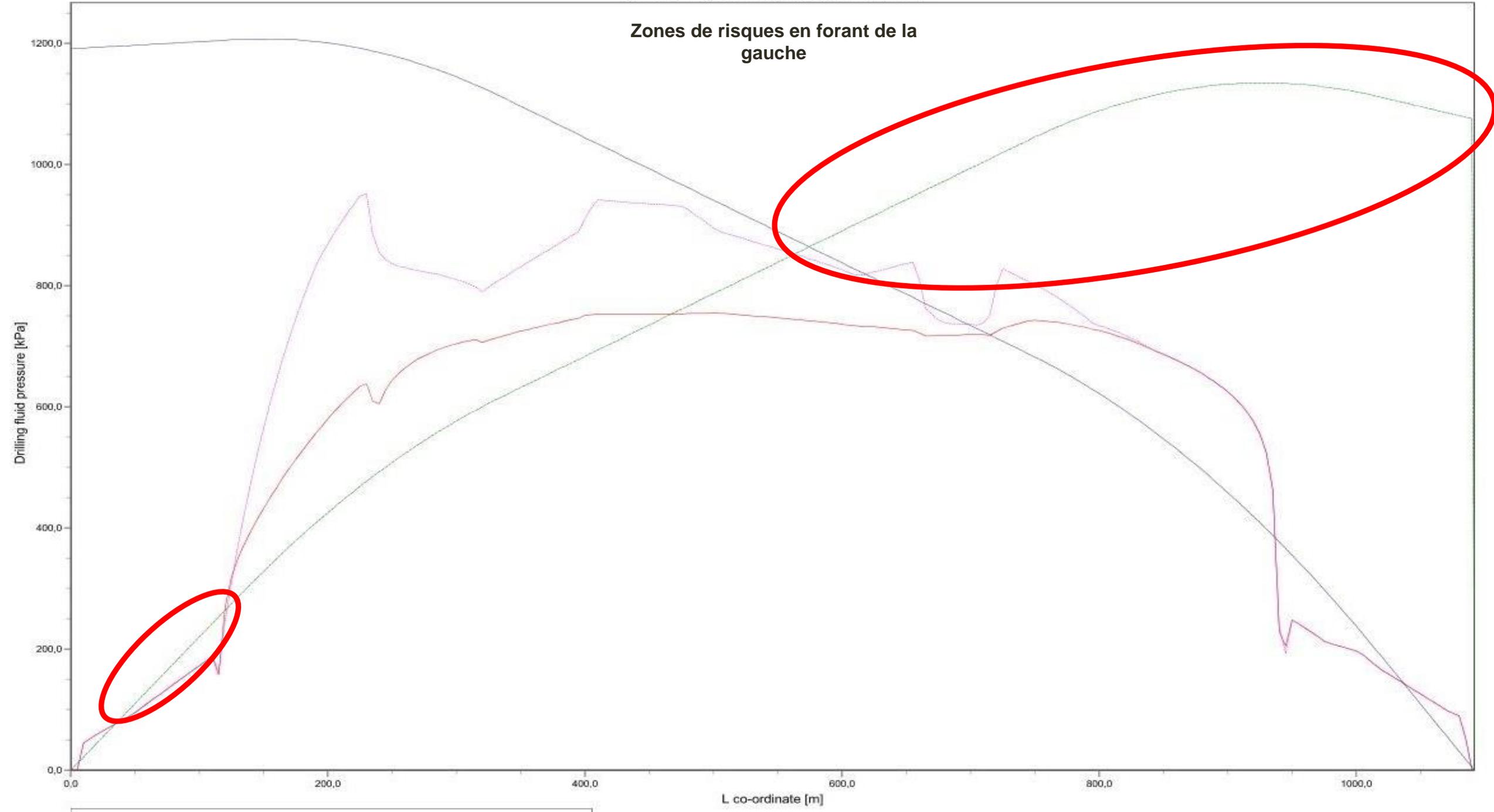


Zones de risques en forant de la droite



Drilling Fluid Pressures during Pilot

Zones de risques en forant de la gauche



Forage Horizontal Dirigé

François Gandard

