

8^{èmes} Journées

Fiabilité des
MATÉRIAUX & DES STRUCTURES

Aix-en-Provence,
9 et 10 avril 2014



ECOSYSTEMES CONTINENTAUX
ECCOREV
ET RISQUES ENVIRONNEMENTAUX

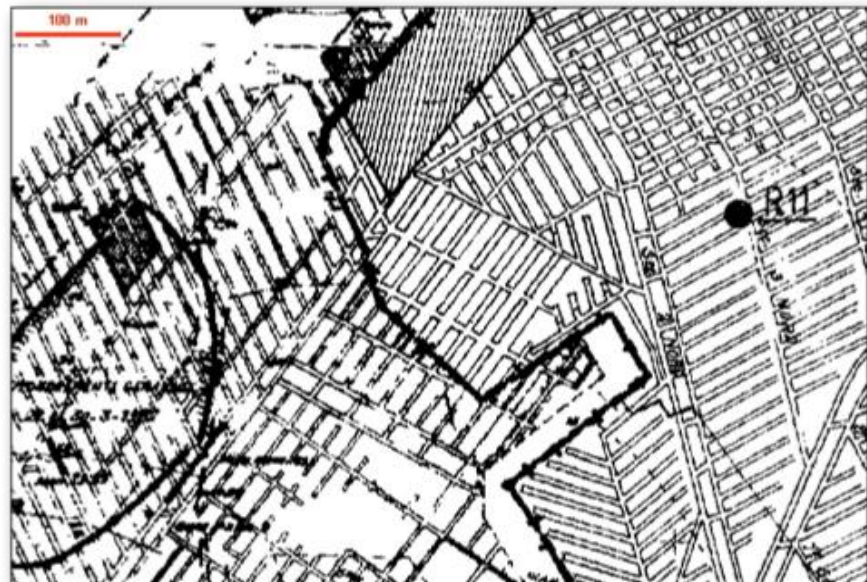
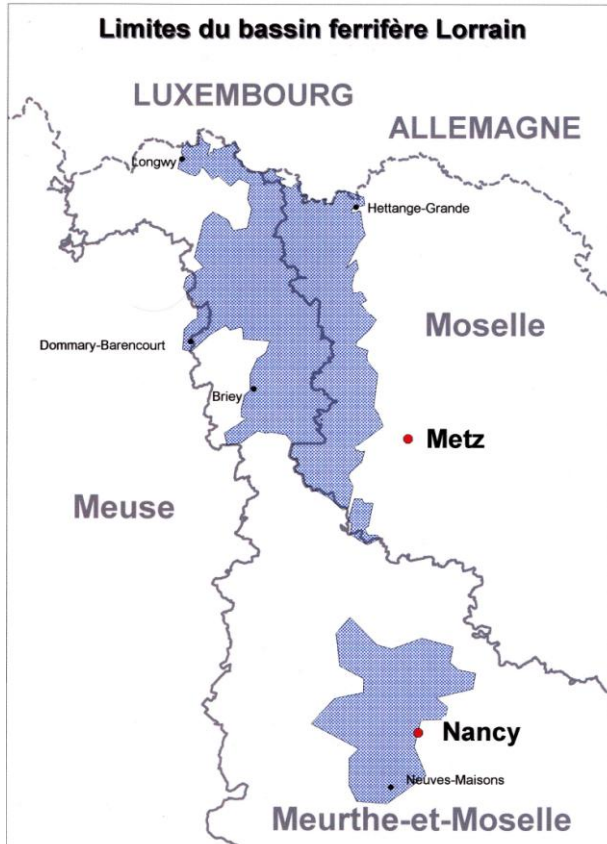


Evaluation probabiliste de la probabilité d'occurrence des affaissements miniers par la prise en compte de lois de vieillissement

O. Deck, Y. Gueniffey, H. Baroudi et H. Hosni



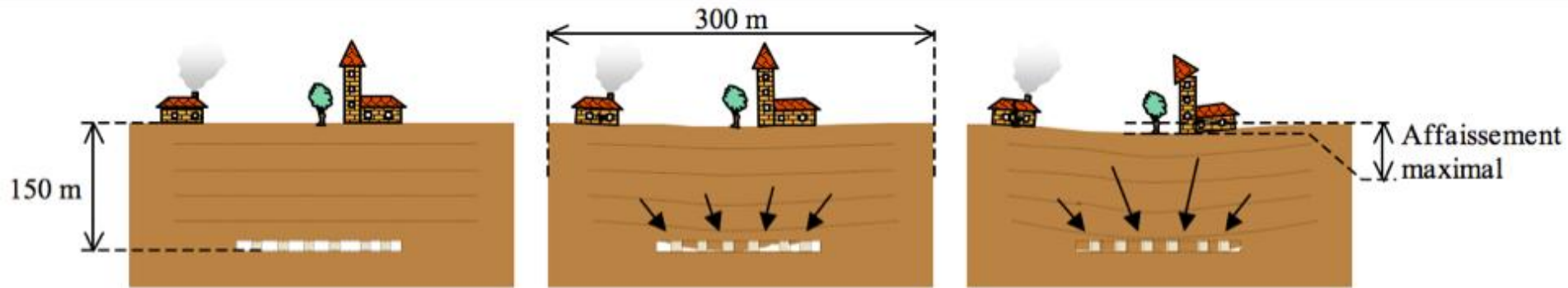
Le risque minier en Lorraine



180 communes

40 000 km de galeries

Le risque minier en Lorraine



18 cas d'affaissements connus depuis 1902



**Peut-on prévoir la probabilité
d'occurrence des affaissements
miniers ?**

Sur une commune : NON

Sur l'ensemble du territoire : PEUT-ETRE

Objectif



- Tester des modèles de prévision de la probabilité d'occurrence des affaissements miniers.
- Approche analytique basée sur :
 - le calcul explicite d'un coefficient de sécurité et de son évolution dans le temps.
 - une formalisation analytique de l'expertise.
 - une approche de type Monte Carlo.
- Un outil d'aide à la réflexion plus que d'aide à la décision.

Principe

Base de données initiale

Zone	Couche	t0	τ	H	k'
1	1	Valeurs connues			
1	2				
2	3				
...	...				
538	716				

Base de données complétée

Zone	couche	t0	τ	H	k'	R0	R∞	k
1	1	Valeurs connues				Valeurs simulées		
1	2							
2	3							
...	...							
538	716							



Coefficient de sécurité :

$$SF(t) = \frac{\text{Résistance}(t)}{\text{Sollicitation}}$$

← SF(t) < 1 ⇒ Affaissement

	Années				
	2000	2025	2050	...	2200
Simulation 1	10	15	30	...	120
...	Nombre d'affaissements				
Simulation 200	13	17	32	...	110
Moyenne	10	16	30	...	115
Ecart Type	2	3	3	...	5

Un coefficient de sécurité

Résistance caractéristique
de la couche

Temps calendaire

$$SF_{ij}(t) = \frac{R_{ij}(t)}{S_{ij}}$$

Sollicitation des
piliers (compression)

$$S_{ij} = k \cdot \frac{\gamma \cdot H_{ij}}{1 - \tau_{ij}}$$

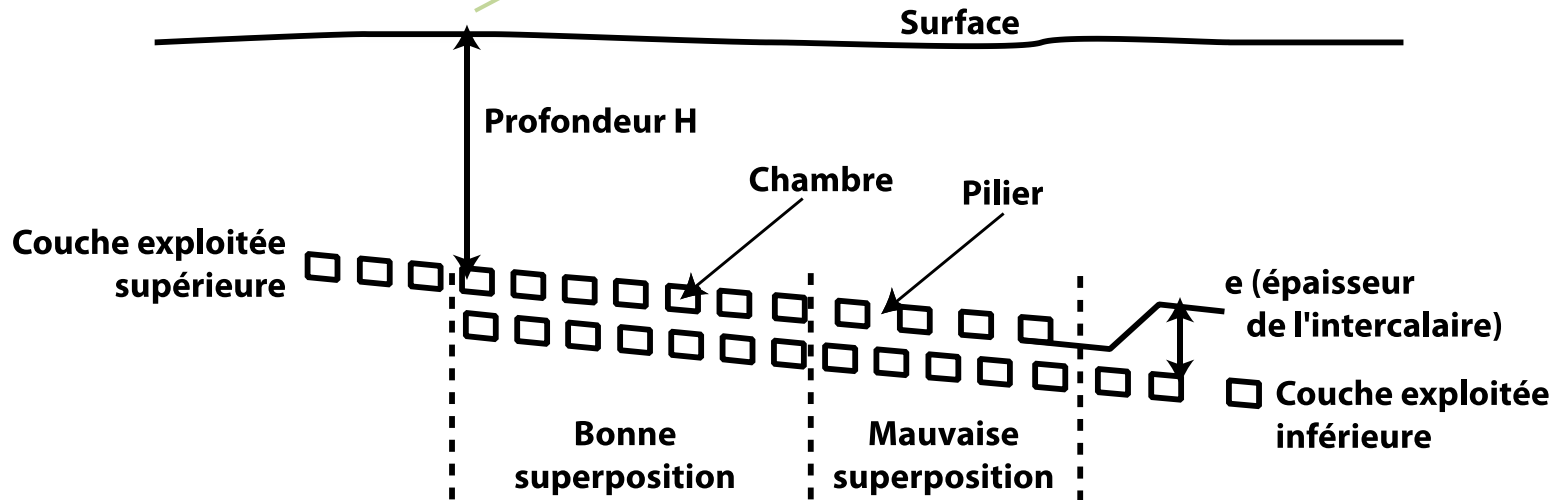
Poids du recouvrement

Taux de défruitement

Influence de l'environnement
minier

$$SF_{\text{zone}}(t) = \text{Min}[Sf_{\text{couches}}(t)] < 1 \Rightarrow \text{affaissement de la zone}$$

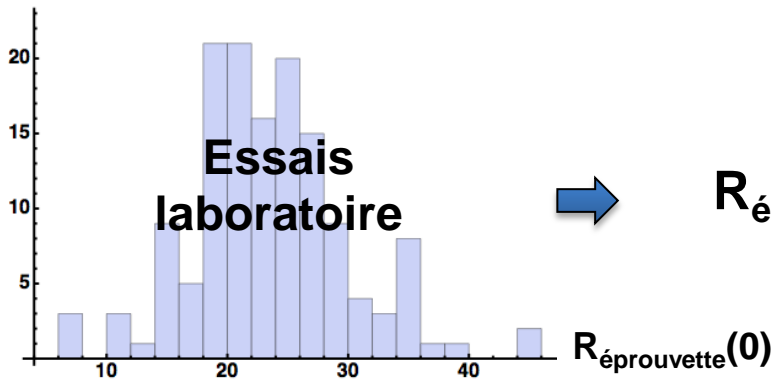
Des paramètres +/- incertains



- Variables mal connues :
 - $R_{\text{pilier}}(0)$: Résistance initiale des piliers (lors de l'exploitation).
 - $R_{\text{pilier}}(\infty)$: Résistance finale des piliers (à très long terme) $\approx 7,5$ MPa
 - Effets d'échelle : $R_{\text{épreuve}} \Leftrightarrow R_{\text{pilier}} \Leftrightarrow R_{\text{couche}}$
 - Influence de l'épaisseur de l'intercalaire (cas des multicouches).
 - Influence de la bonne/mauvaise superposition.
 - Loi de décroissance de la résistance.

Les Résistances

Nombre



$R_{\text{éprouvette}}(0) \Rightarrow$ Loi Normale ($\mu = 22, \sigma = 7$)



Effet d'échelle 1 

$R_{\text{pilier}}(0) \Rightarrow$ Loi Normale ($\mu < 22, \sigma < 7$)
 \Rightarrow Loi Normale ($\mu = 20, \sigma = 3$)



Effet d'échelle 2 

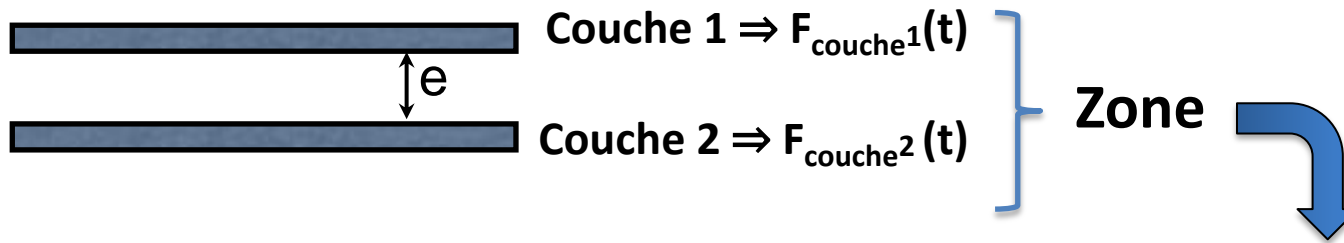
$R_{\text{couche}}(0) = \text{Min}[R_{\text{pilier},1}(0), \dots, R_{\text{pilier},n}(0)]$
 \Rightarrow Loi de Gumbel

On considère que $R_{\text{pilier}}(0)$ caractérise la résistance d'une petite zone d'environ 1ha

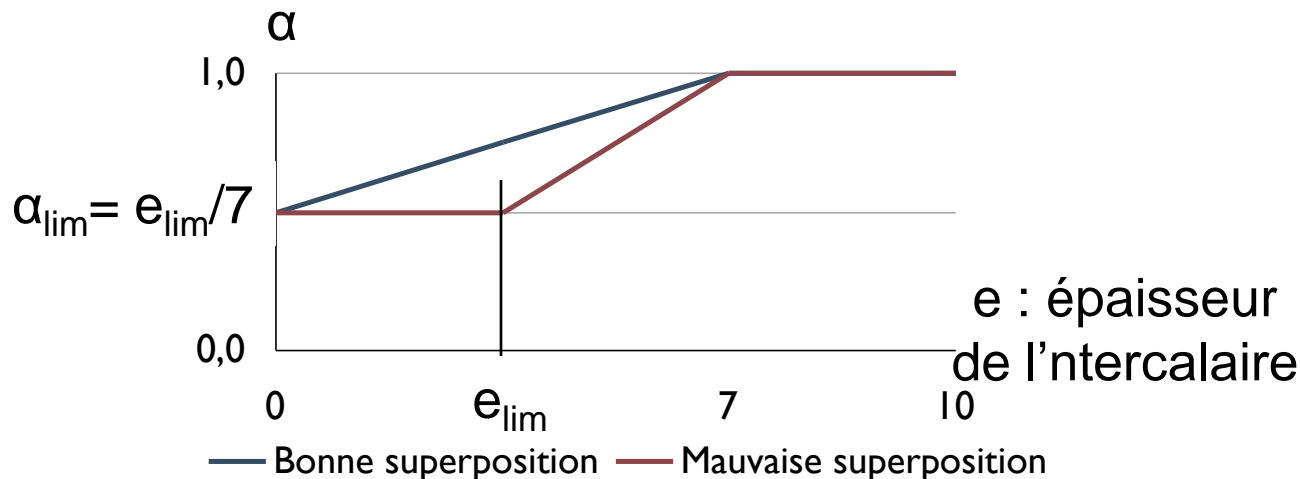
Influence de la superposition

111 zones bien superposées
217 zones mal superposées

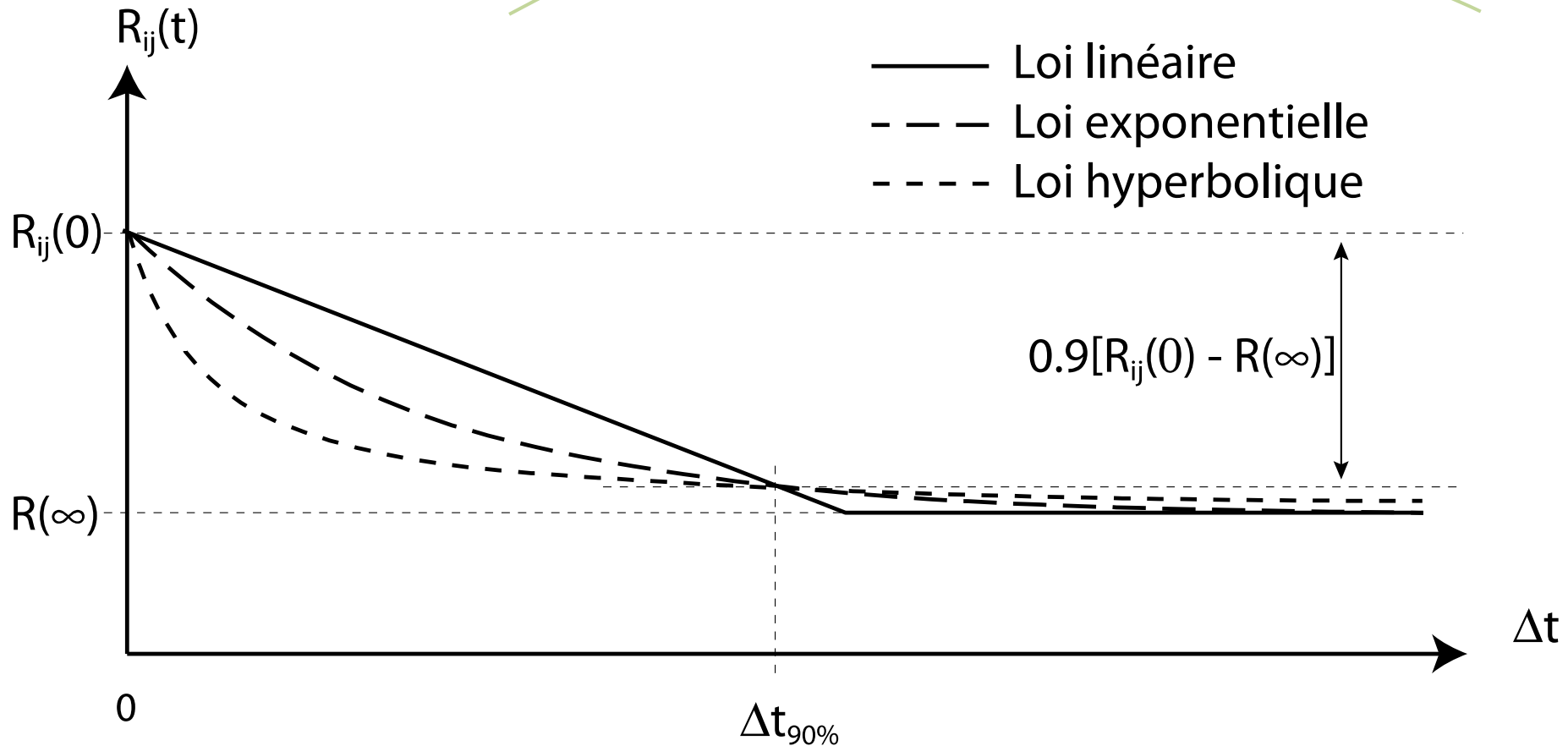
*Formalisation
du jugement
d'expert*



$$SF_{\text{zone}}(t) = \text{Min}[\alpha Sf_{\text{couche1}}(t) ; \alpha Sf_{\text{couche2}}(t)]$$



Influence du temps



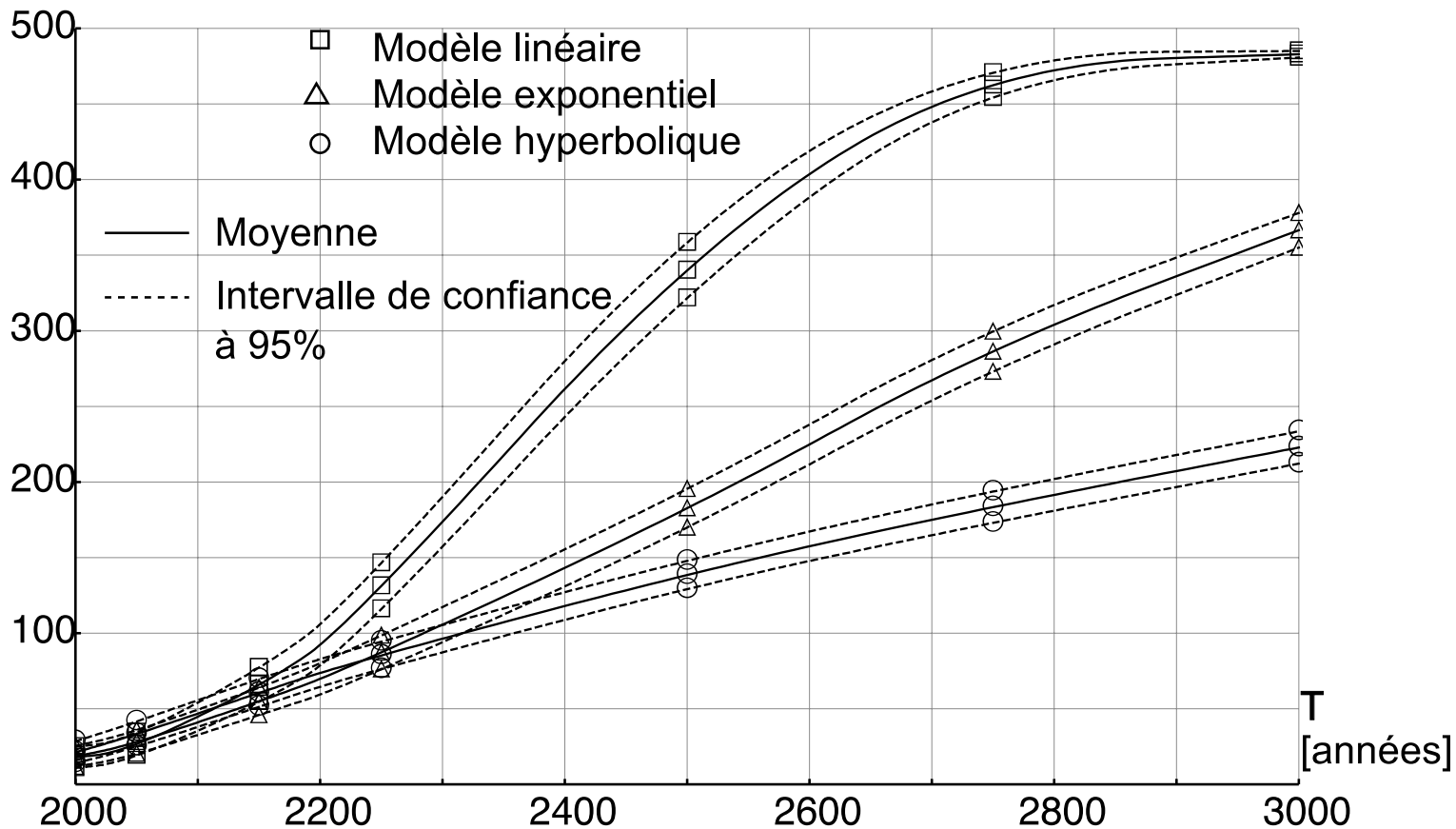
Influence cumulée du fluage, de la dégradation des propriétés mécaniques, de l'écaillage des piliers, etc.

Éléments de calage



- 18 affaissements en l'an 2000
- Taux d'arrivée d'environ 1 affaissement tous les 5 ans
- Nombre de zones stables à long terme de l'ordre de 10%

Nombre d'affaissements



	Modèle linéaire	Modèle exponentiel	Modèle hyperbolique
R_{pilier} [MPa]	Loi normale [$\mu=22, \sigma=3$]		
$R(\infty)$ [MPa]	7,5		
$\Delta t_{90\%}$ [year]	Distribution uniforme [200 ; 1000]	Distribution uniforme [500 ; 1500]	Distribution uniforme [2000 ; 3000]
A_0 [ha]	1		
e_{lim} [m]	5		

Conclusions



- L'approche probabiliste permet de s'interroger sur l'influence des différents paramètres.
 - Influence de l'intercalaire
 - Influence de la surface des exploitations
 - Résistance à long terme
- Il existe plusieurs modèles qui peuvent être calés sur les observations.
- Les modèles diffèrent essentiellement par la loi de décroissance et le paramètre Δt_{∞} .
- Il faut attendre au moins 150 ans pour que les modèles divergent significativement.