

Sensibilisation aux conséquences du changement climatique, risques liés au changement climatique et résilience

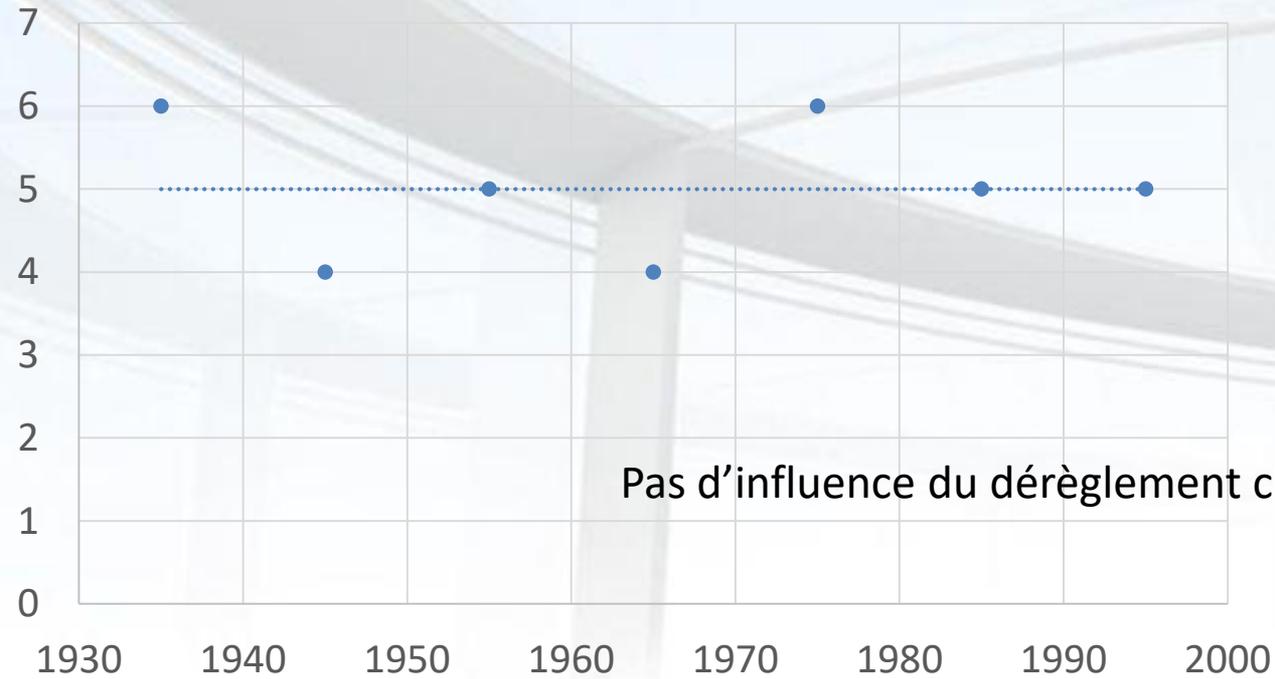
Alain Sellier

Un exemple de sensibilisation via un TD de M1-GC “Risques et sécurité – actions climatiques”

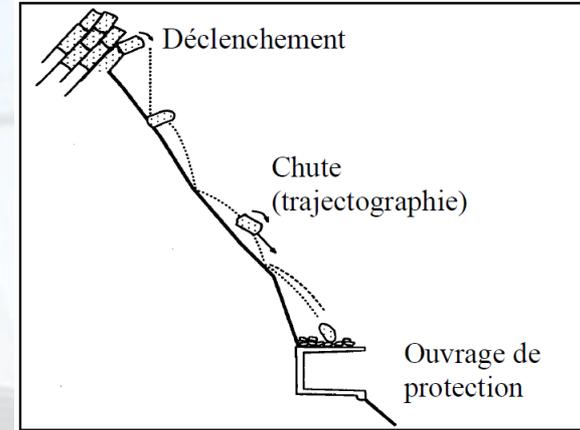
- Comment intégrer les conséquences du changement climatique dans le contexte de dimensionnement ?
 - Prérequis probabilistes : distributions probabilistes, période de retour, probabilité de défaillance, coefficient partiels de sécurité
 - Etude de cas : accroissement de la fréquence des éboulements sur un ouvrage routier

Volume moyen des éboulements sur des périodes de 10 ans

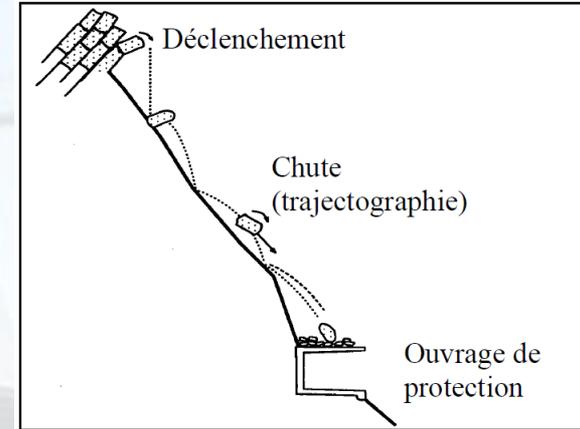
Moyenne toutes catégories (5m³/ évènement)



Pas d'influence du dérèglement climatique, pourtant ...



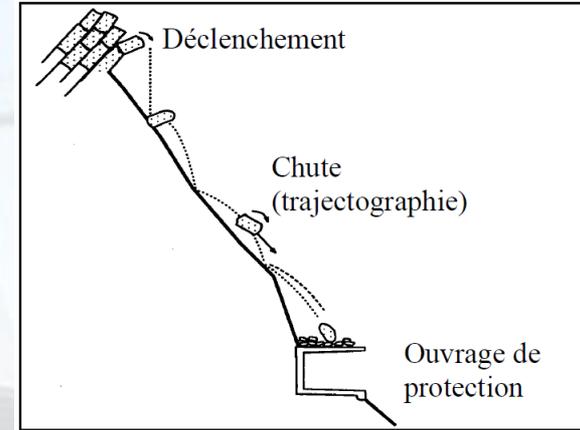
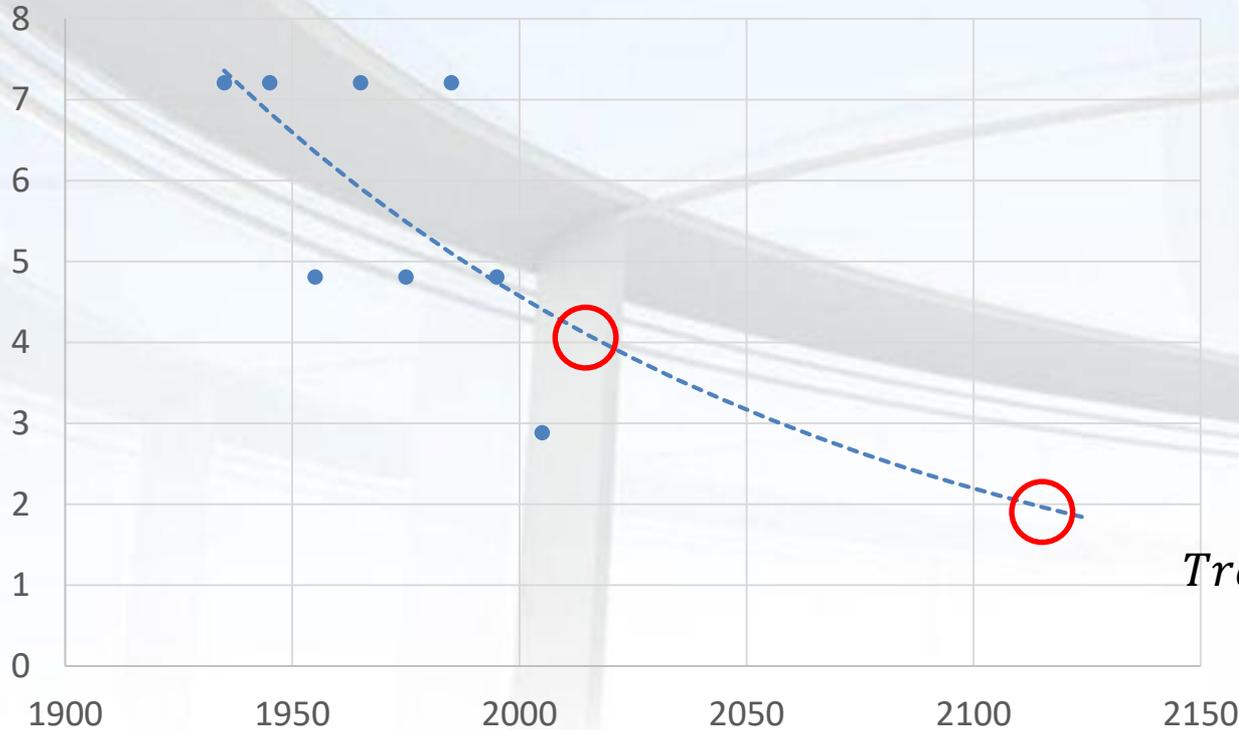
Nombre d'évènements exceptionnels sur 10 ans
($>10m^3$)



Le nombre d'évènement extrême augmente sensiblement....

Comment prendre en compte l'augmentation de la fréquence des évènements rares liés au dérèglement climatique ?

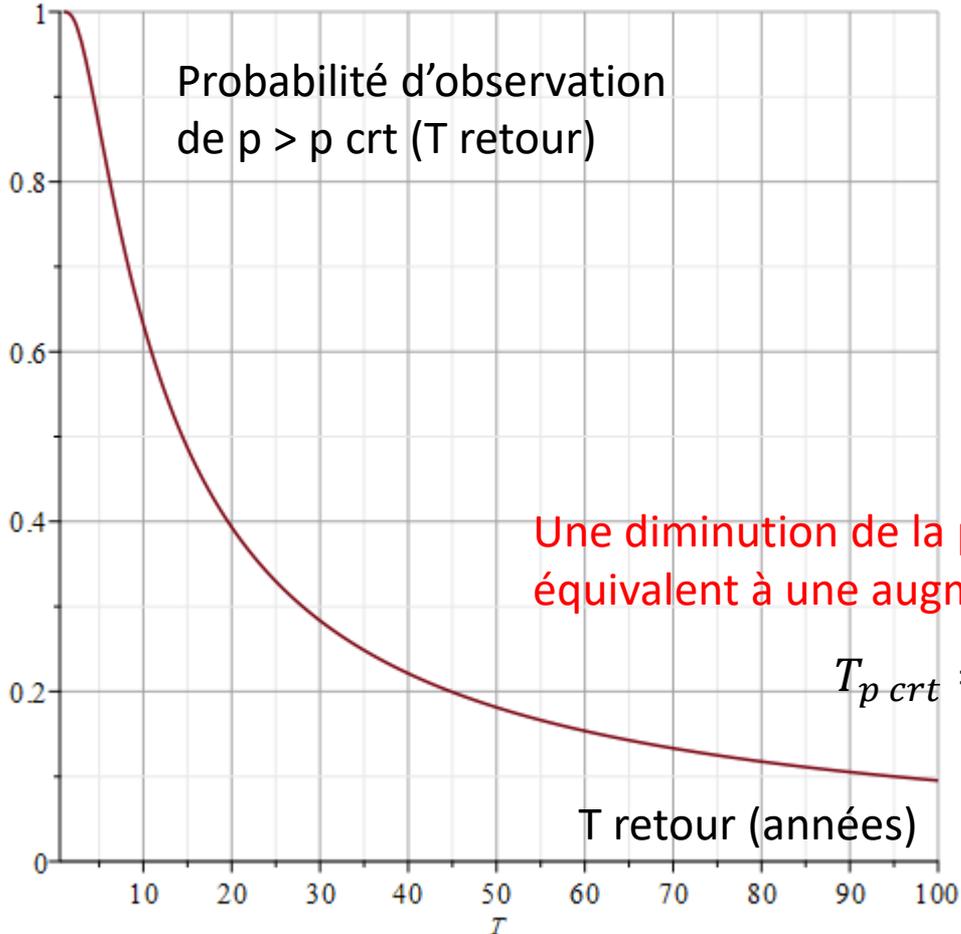
Evolution sensible de la période de retour des évènements exceptionnels



$$T_{ret} \sim \frac{E(\text{temps d'attente})}{\ln(2)}$$

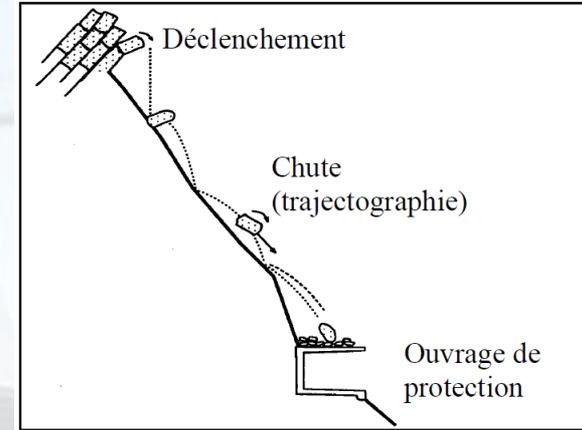
La période de retour sur les 100 prochaines années pourrait passer de 4 à 2 ans

P ($p_{max} < p_{crt}$) sur 10 ans en fonction T (p_{crt})

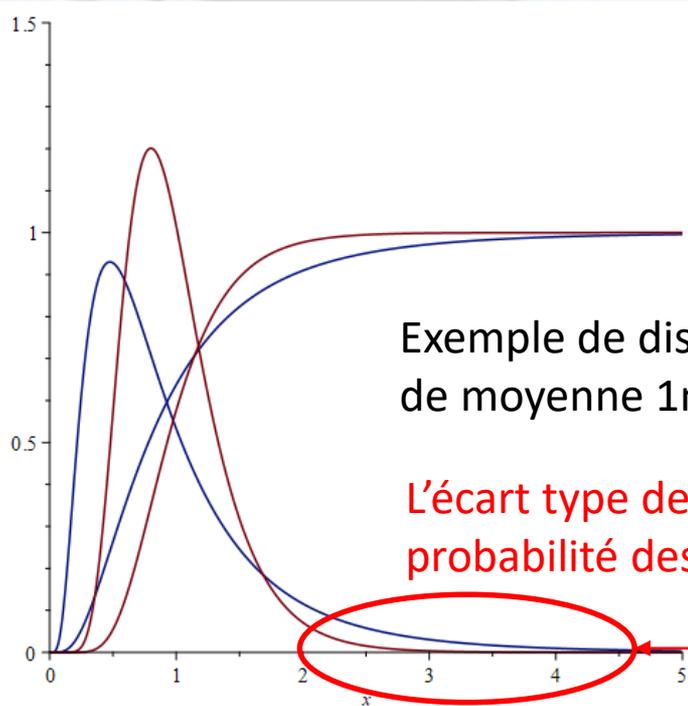


Une diminution de la période de retour d'un évènement est équivalent à une augmentation de la probabilité d'observation

$$T_{p_{crt}} = - \frac{t_{ref}}{\ln(1 - P_{t_{ref}}(p > p_{crt}))}$$

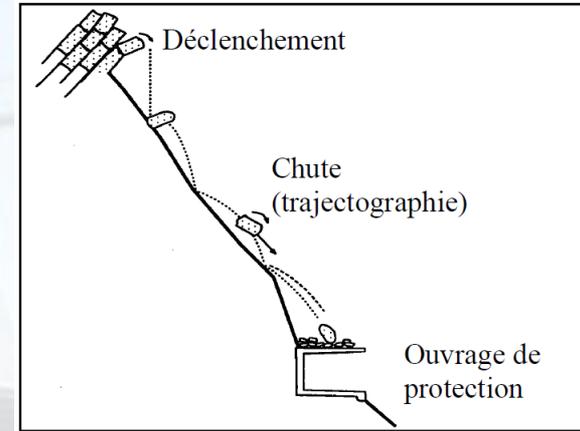


Supposons que le volume d'éboulis suive approximativement une loi Lognormale

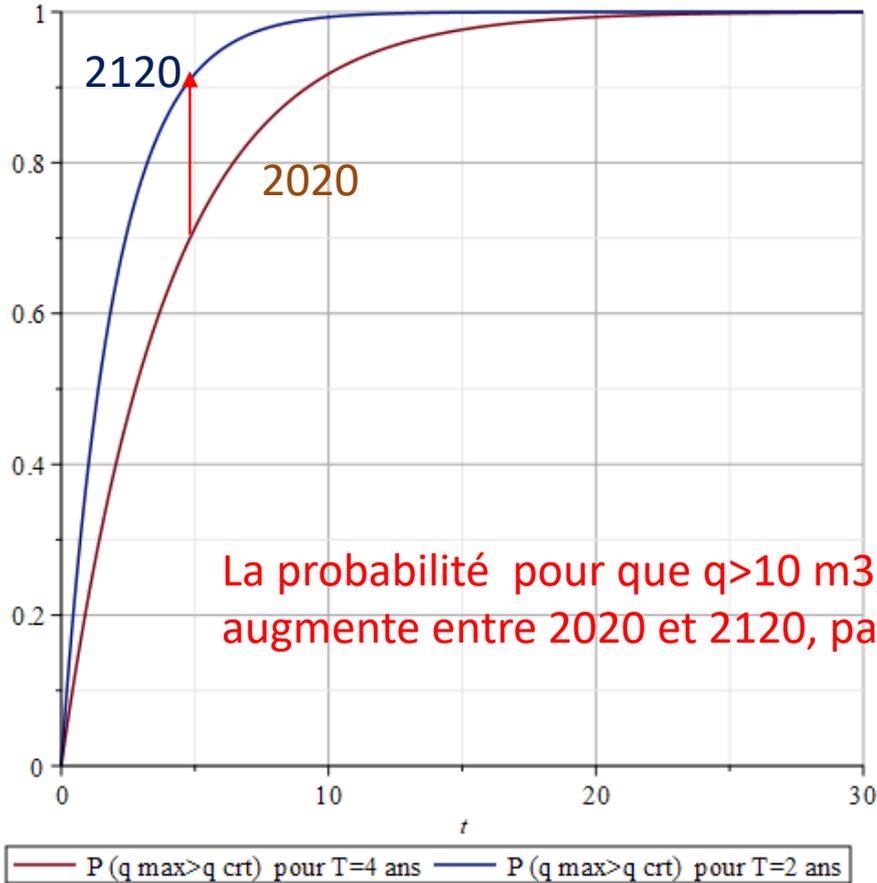


Exemple de distribution Lognormale du volume d'éboulis, de moyenne 1m^3 et d'écart type $0,4\text{m}^3$ et $0,8\text{m}^3$

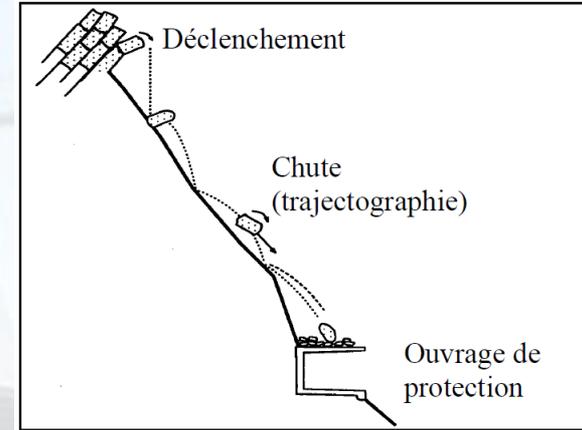
L'écart type de la distribution est lié à la période retour car la probabilité des évènements rares augmente avec l'écart type



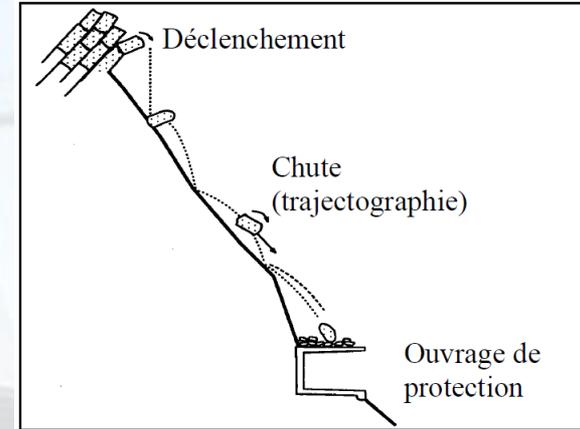
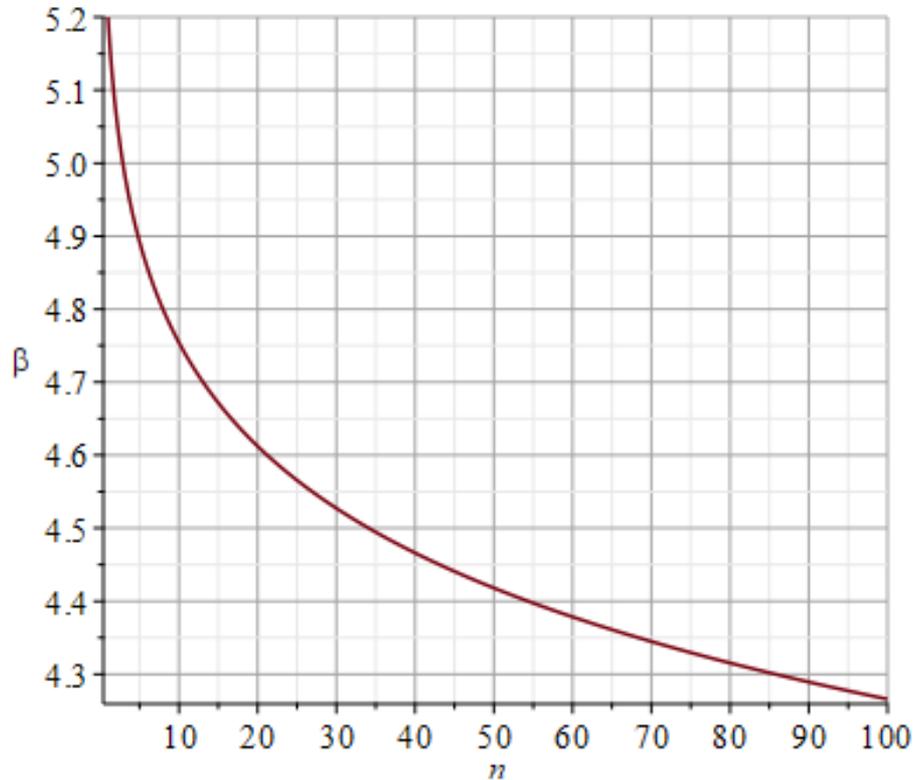
$P(q > 10 \text{ m}^3)$ en fonction de la durée d'exposition au risque



La probabilité pour que $q > 10 \text{ m}^3$, par exemple sur 5 ans d'exposition, augmente entre 2020 et 2120, passant de 70% à 90%



2- Dimensionnement d une structure par la méthode EC0 (indice de sécurité)

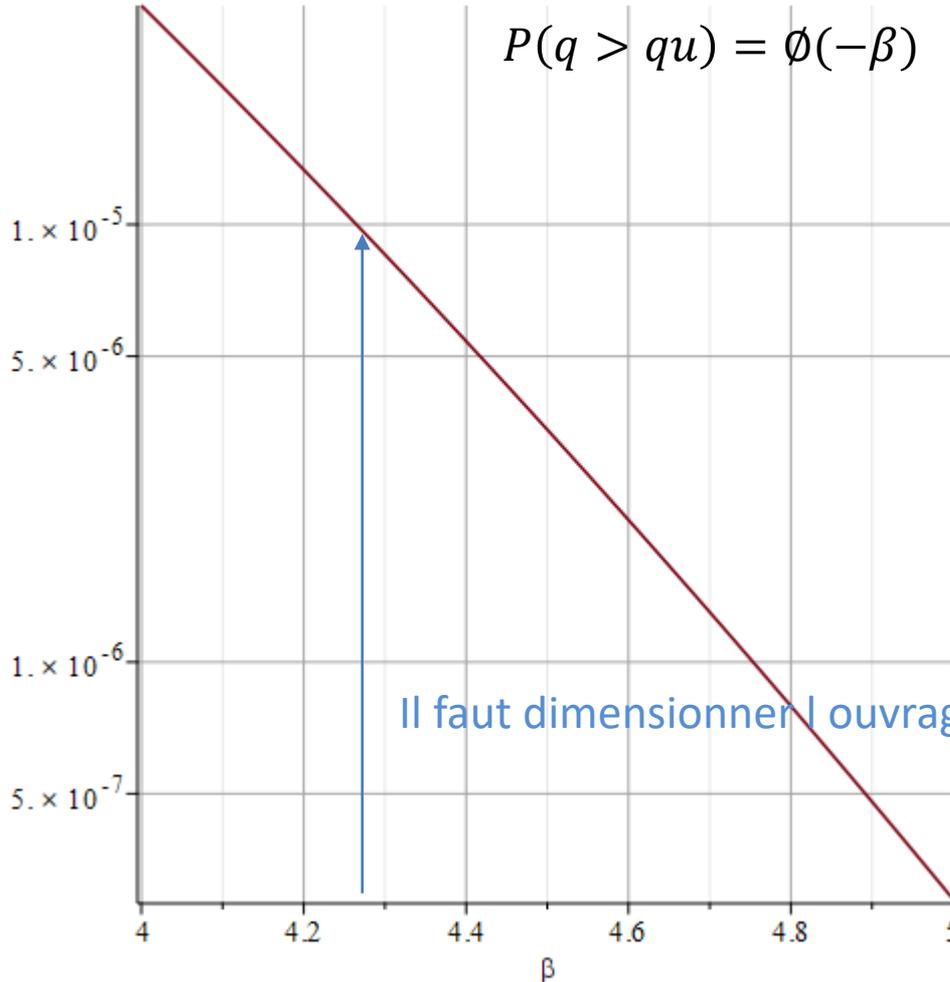


Valeur cible de beta en fonction de la durée de vie de la structure

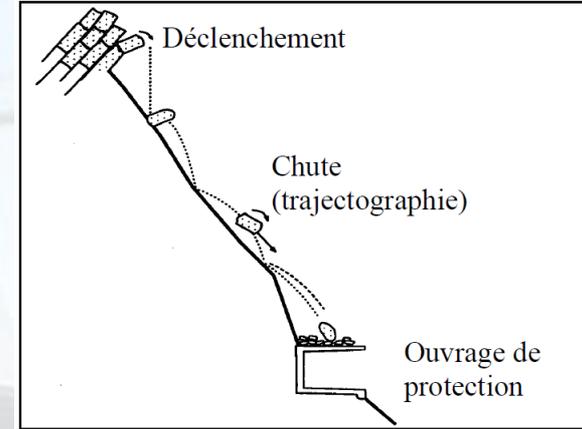
Pour une structure RC3 on doit atteindre Beta=4,25 sur 100 ans

Probabilité de défaillance cible

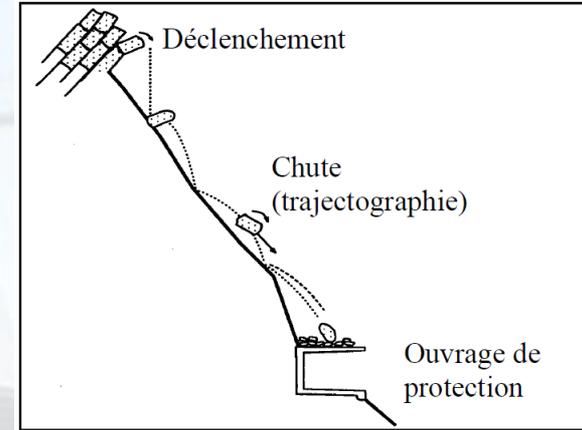
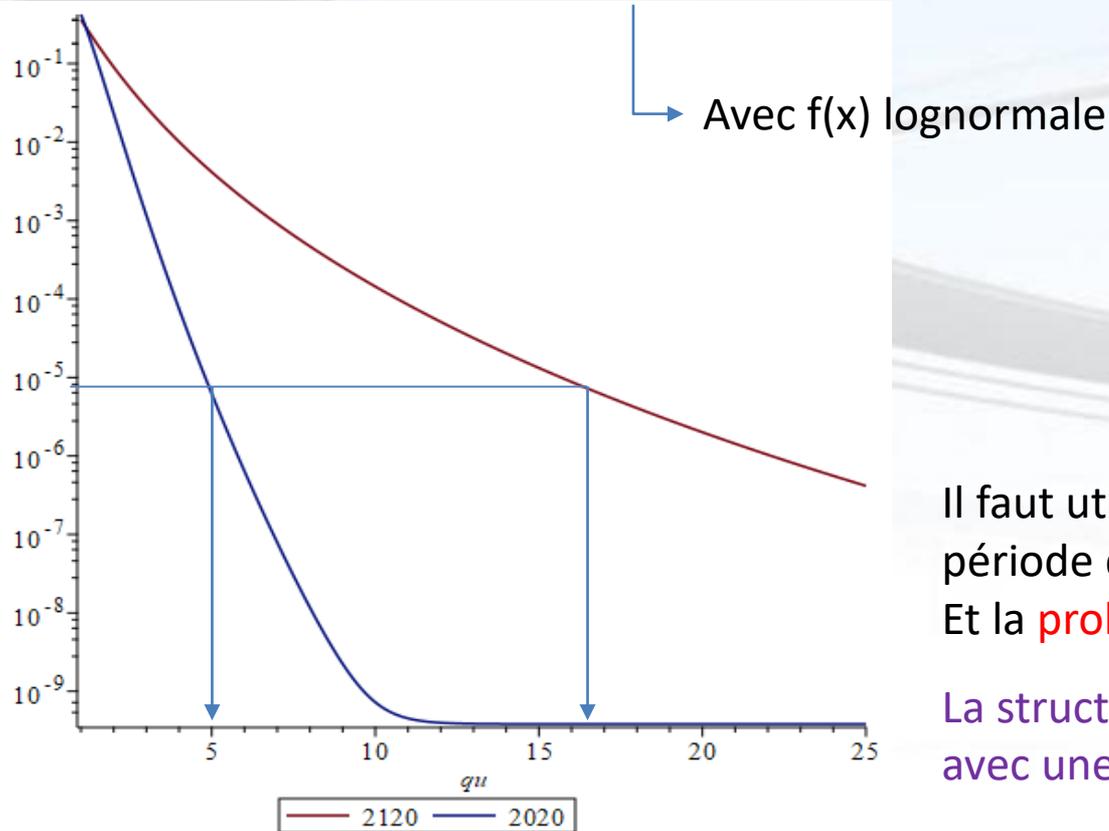
$$P(q > qu) = \Phi(-\beta)$$



Il faut dimensionner l'ouvrage avec Pf=1^e-5



$$P_f = P(q > q_u) = \Phi(-\beta) = \int_0^{q_u} f(x) dx = 1 - e^{-100/T}$$



Il faut utiliser la valeur q_u dont la période de retour est de $7 \cdot 10^6$ ans
Et la **probabilité d'occurrence de 10^{-5}**

La structure devrait être dimensionnée avec une charge X 3 !

Bilan du de l'exercice :

- L'augmentation de la fréquence des événements rares dus au dérèglement climatique peut être modélisée:
- La **période de retour** et les lois de **distribution aléatoire** sont des outils accessibles aux ingénieurs
- La méthode ECO par l'indice de sécurité est compatible avec ces outils (valeur de β cible)

-la **résilience de la structure a un coût** (multiplication par 3 de la charge de dimensionnement ELU)

Perspective exercice suivant : est il raisonnable de construire un ouvrage résilient ? (notion du cout généralisé) $C_g = C_0 + P_f \times C_r$

