

Groupe de Travail "Fondations d'éoliennes"

Prise en compte des cavités naturelles ou anthropiques pour le dimensionnement des fondations

(ANTEA - Thierry PIRRION)

Sommaire



1. Introduction
2. L'aléa Cavités souterraines
3. Méthodologie
4. Prise en compte dans la construction d'un parc d'éolien
5. Conclusions

1- Introduction

➤ Principaux aléas naturels en France métropolitaine:

- **Avalanches,**
- **Inondations,**
- **Séismes,**
- **Mouvements de terrain - dont les cavités souterraines**

...

⇒ **Risque=Aléa x Vulnérabilité**

1- Introduction

- ▶ Poids propre de l'éolienne (hors fondation) de 200 à 400T, sollicitations alternées et vibratoires

- ▶ **Fondations superficielles** circulaires, octogonales ou carrées

Diamètre : 14 à 22 m, ancrage entre 2,5 et 3,5 m de profondeur

- ▶ **Fondations profondes** => pieux



2 - L'aléa Cavités souterraines

On distingue :

- ✓ Les cavités d'origine *naturelle*, (Karst – affectant les massifs « rocheux » (calcaire – craie...))
- ✓ les *cavités militaires* (ou « sapes ») tranchées et positions fortifiées de la guerre de 1914-18
- ✓ Les *cavités civiles*
 - abris-refuges toujours proches des villages,
 - anciennes carrières souterraines,
 - les nombreuses « marnières » exploitées autrefois de manière artisanale, voire clandestine, pour l'amendement des champs.

2 - L'aléa Cavités souterraines

Calvados, Manche, Orne, **Seine-Maritime, Eure**



2 - L'aléa Cavités souterraines

Calvados, Manche, Orne, **Seine-Maritime, Eure**



3 - Méthodologie

➤ 1 Analyse du risque souterrain (étude documentaire)

- Archives,
 - Contexte hydrogéologique (niveau de nappe...),
 - Photographies aériennes,
- => Conditions nécessaires à la présence de cavités,
identification d'indices

➤ 2 Diagnostic des indices

- Enquêtes de terrain,
- Levée des indices,

⇒ Evaluation de la probabilité de la présence de cavités et
détermination des caractéristiques géométriques des cavités

3 - Méthodologie

Calvados, Manche, Orne, **Seine-Maritime, Eure**

Une origine qui dépend du contexte géologique

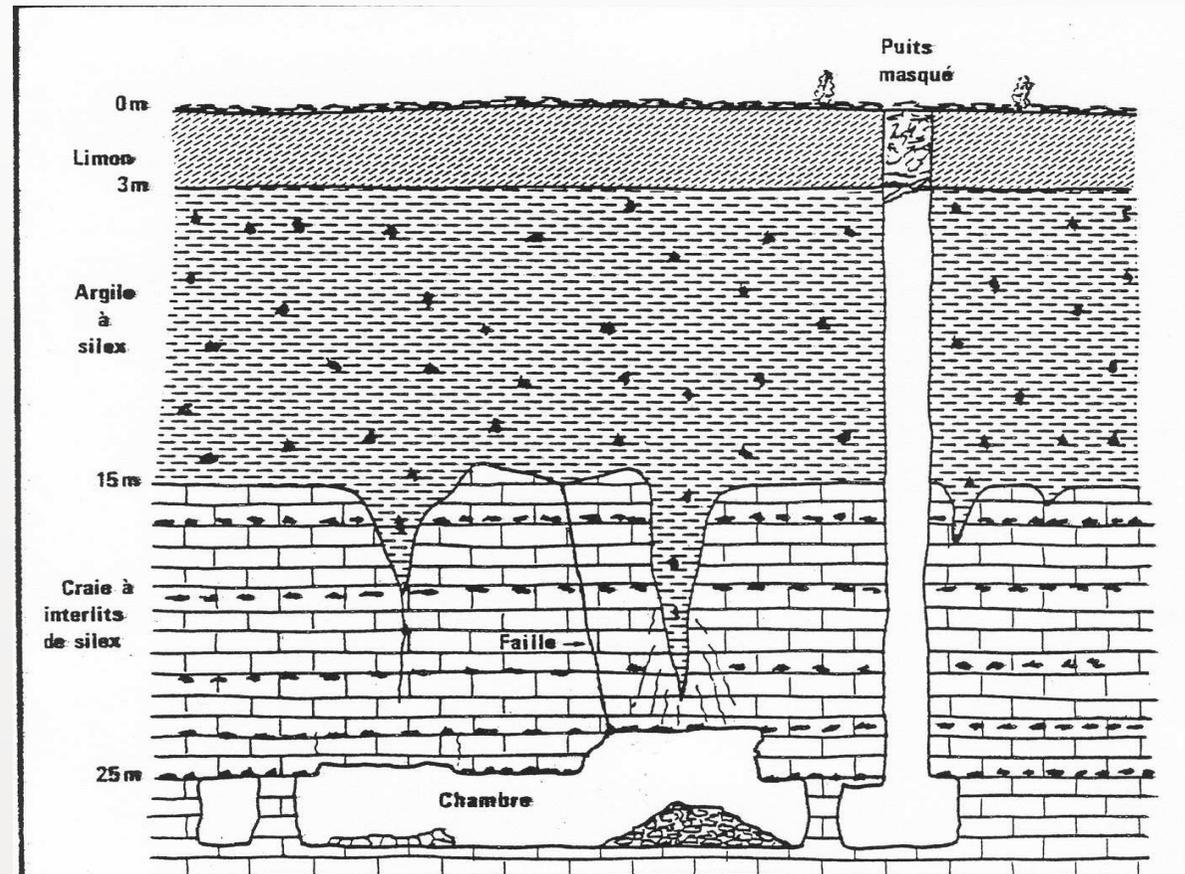
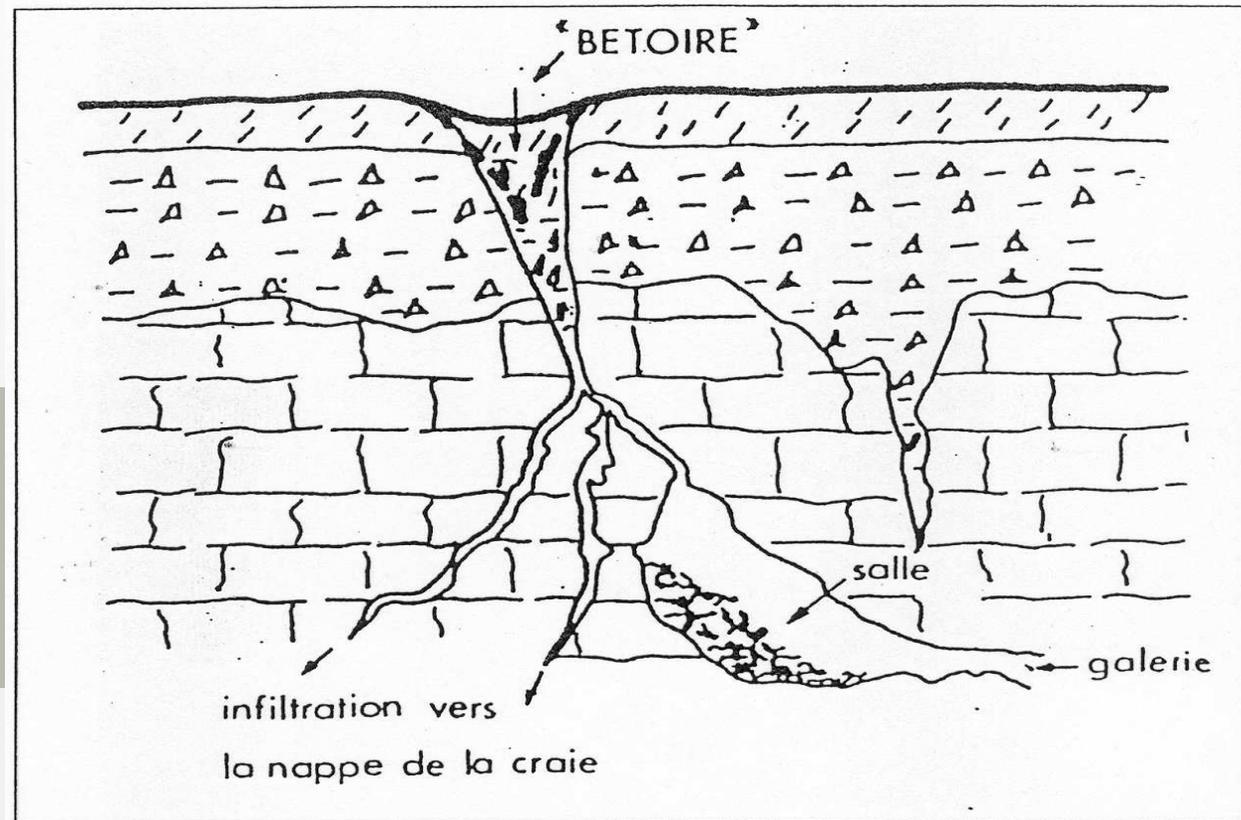


FIG. 11 Exploitation d'une carrière de craie, amorce de fontis généralement en relation avec des fractures ou des poches d'altération

3 - Méthodologie

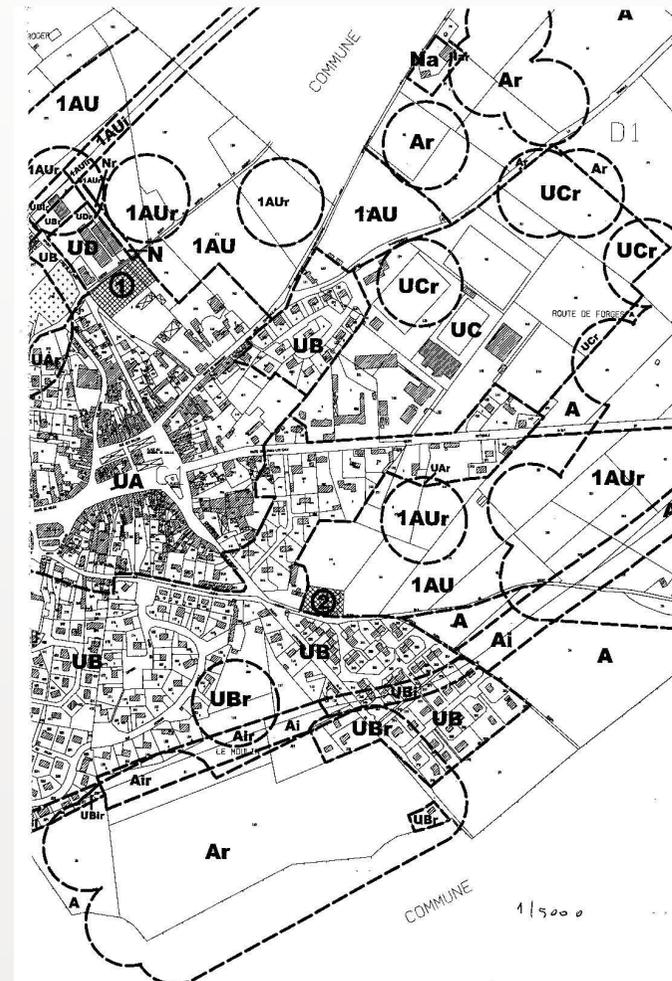
Calvados, Manche, Orne, **Seine-Maritime, Eure**



Une origine qui dépend du contexte géologique

3 - Méthodologie

- Selon les régions - prise en compte réglementaire



3 - Méthodologie

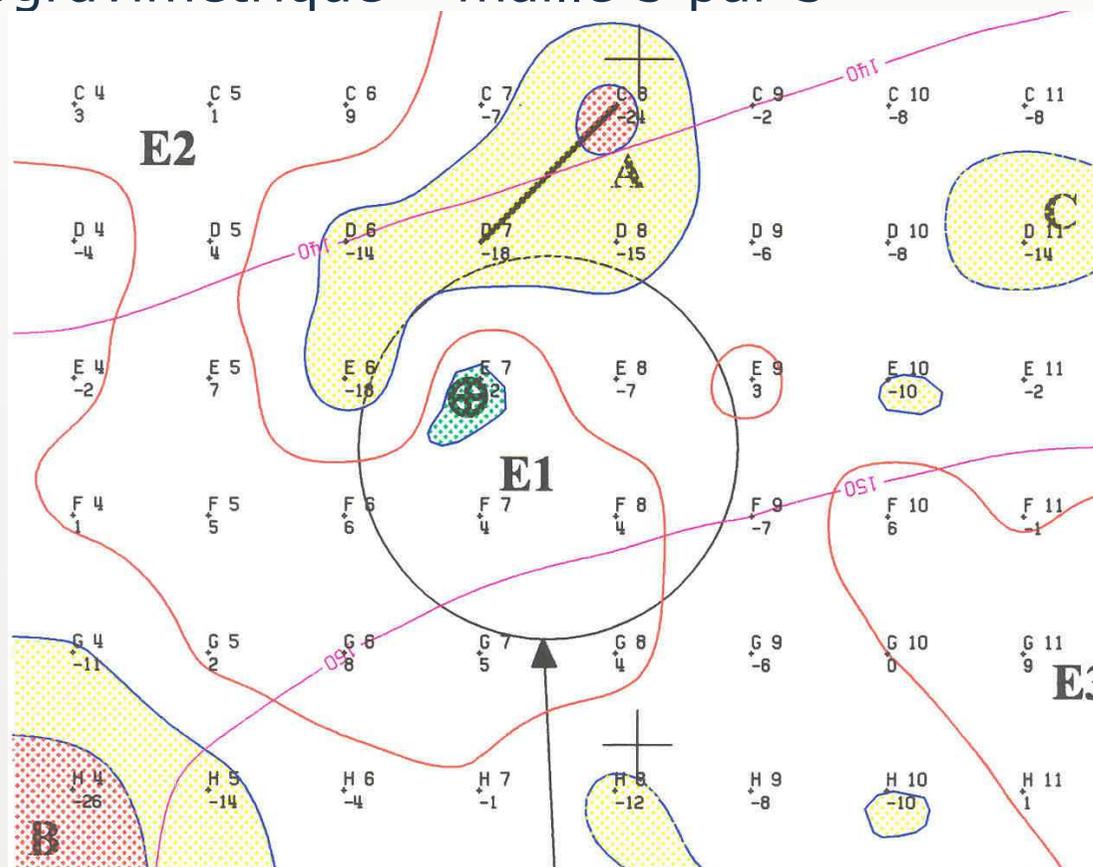


➤ 3 Définition d'un programme de reconnaissances

- Méthodes de prospections géophysiques adaptées - notamment:
 - Panneau électrique – Electromagnétique – radar géologique, sismique haute résolution en particulier,
 - Microgravimétrie,
 - ...
- Sondages de contrôles indispensables (forages destructifs avec enregistrement de paramètres...)
 - + une auscultation entre sondages, par méthode sismique ou électromagnétique (tomographies),
 - + inspection caméra en cas de détection de vides.

3 - Méthodologie

- ▶ Exemple de carte d'anomalie résiduelle - prospection microgravimétrique – maille 5 par 5



3 - Méthodologie

Inspection par caméra



4- Prise en compte dans la construction d'un parc d'éolien



Risque résiduel incompressible :

- Limitations physiques des méthodes de prospection,
- caractère évolutif des cavités à l'échelle de la vie de l'ouvrage, (dissolution ou l'érosion interne...)

Adaptation en fonction de la typologie des cavités :

- Améliorations de sols (injections – comblement au coulis – jet grouting...),
- Fondations sur pieux,
- Cas « extrêmes » ⇒ déplacement de l'éolienne

⇒ **Attention à la modification des circulations des eaux**

4- Prise en compte dans la construction d'un parc d'éolien



Ce risque :

- peut remettre en cause la faisabilité du projet
- peut être anticipé avant la dépose du permis de construire (analyse du risque souterrain),
- doit être intégré lors de la définition des reconnaissances géotechniques (missions géotechniques G1 - G2 au sens de la norme NFP94500),
- et être complété lors des travaux (mission G4 spécifique) :

⇒ c'est en phase travaux qu'il y a le maximum d'indices observables

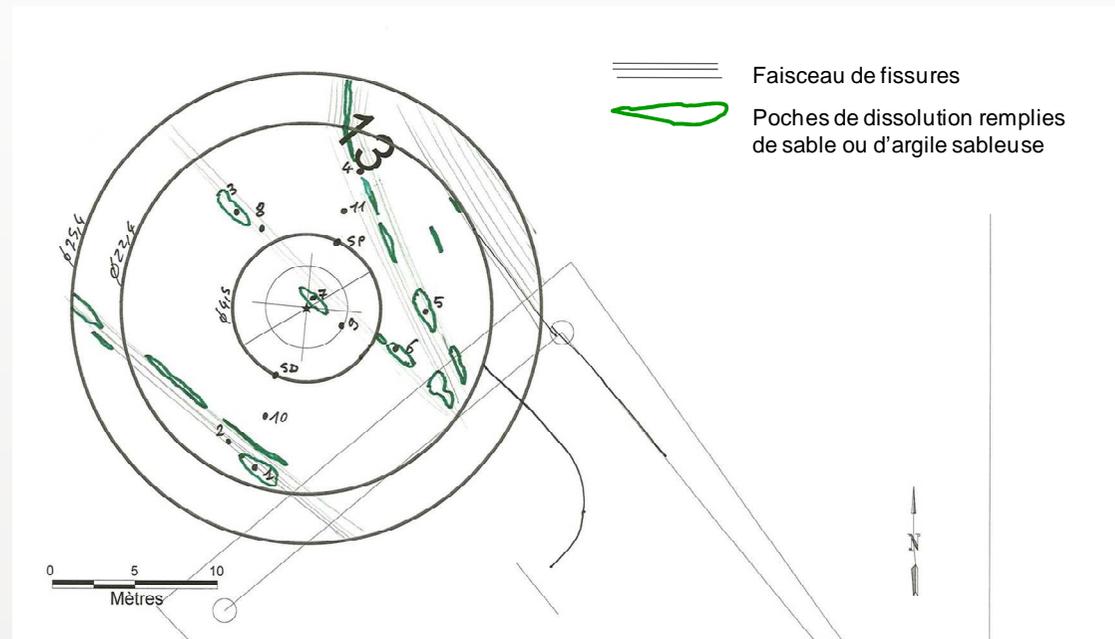
4- Prise en compte dans la construction d'un parc d'éolien

- Un exemple - Réception de fond de fouille dans le bassin Parisien



4- Prise en compte dans la construction d'un parc d'éolien

- ▶ 3 Faisceaux de diaclases d'orientation NW-SE,
- ▶ Poches de dissolution réparties le long de ces faisceaux.



- ▶ 16 sondages de contrôles réalisés => mise à jour de zones décomprimées entre 1 et 18m de profondeur.
- ▶ Solution à l'étude - améliorations de sol envisagées

5- Conclusions

Le risque souterrain peut remettre en cause la faisabilité du projet et nécessiter des adaptations importantes.

• **1 Intéret des études bibliographiques** préliminaires (hydrogéologiques, géotechniques et risques naturels):

⇒ *Optimisation qualitative et quantitative des investigations,*

• **2 Adaptation des projets** en fonction de la typologie des risques identifiés,

• **3 Importance du suivi d'exécution** ⇒ gestion de l'aléa géologique résiduel.