



Société Suisse
de Spéléologie
(SSS)



Institut suisse
de spéléologie
et de karstologie

sc | nat

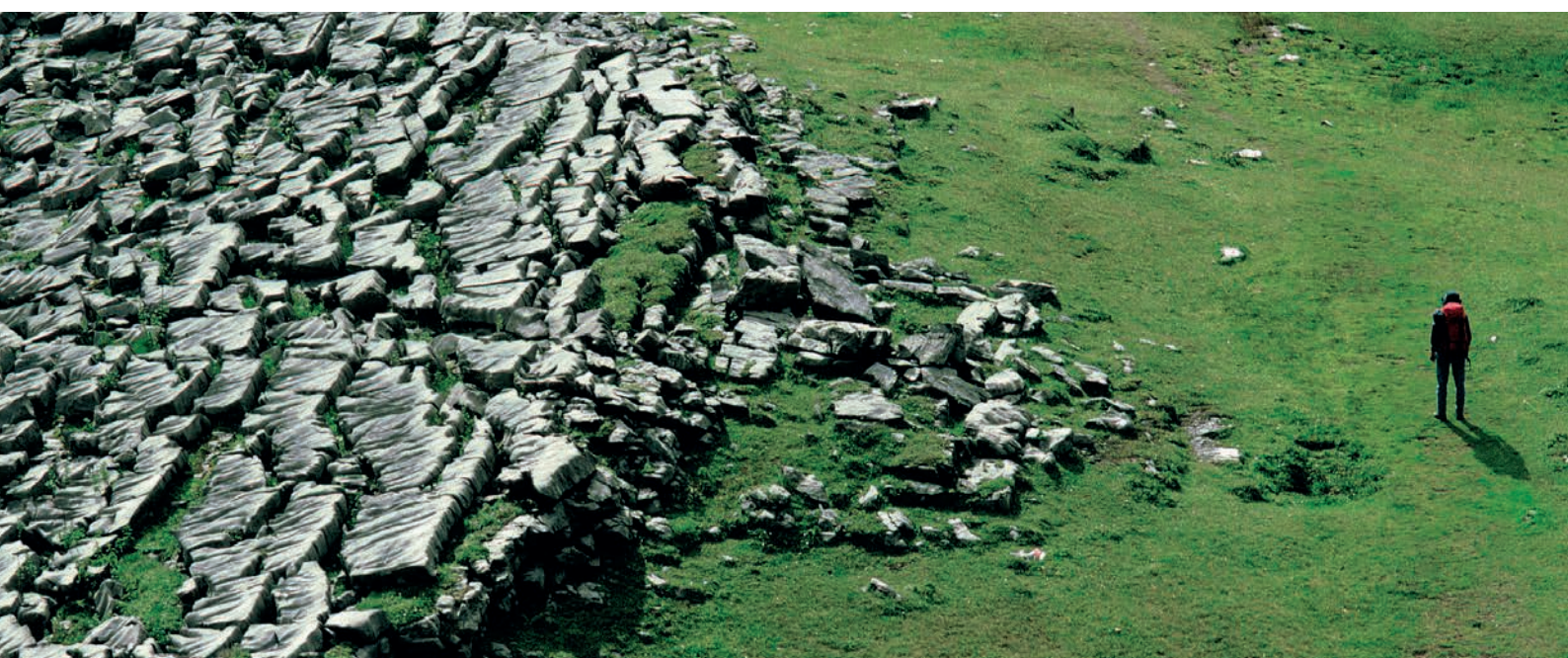
Swiss Academy of Sciences
Akademie der Naturwissenschaften
Accademia di scienze naturali
Académie des sciences naturelles

Commission
de spéléologie
scientifique

Éoliennes en région karstique

risques, impacts, conseils et mesures

notice explicative



Les éoliennes peuvent-elles faire bon ménage avec le karst ?

Les régions karstiques présentent un contexte géologique tout à fait particulier dont les spécificités doivent être prises en compte si l'on veut éviter de mauvaises surprises lors de projets de génie civil ou dans le cadre de l'exploitation des ressources en eau potable. Ceci est également valable pour les projets de construction d'éoliennes.

A côté de la question des impacts possibles sur la faune et le paysage, la nature même du terrain devrait aussi être prise en compte dans le cadre de projets d'implantation

de parcs éoliens. Dans le cas des régions karstiques, ce critère est loin d'être négligeable.

Karst et éoliennes ne sont pas incompatibles, mais il existe des risques propres à ce milieu géologique. Ces risques ne concernent pas uniquement d'éventuelles atteintes à l'environnement et aux eaux souterraines, mais également la stabilité même des installations. En effet, le karst est très fissuré et comporte de nombreux vides cachés. Mieux vaut en tenir compte avant d'y construire une assise d'éolienne...

Qu'est-ce que le karst ?

Les régions karstiques couvrent environ 20 % de la Suisse, principalement dans le Jura et les Préalpes.

Le karst constitue un paysage de surface et souterrain spécifique, formé grâce à la dissolution des roches – principalement calcaires. Il se distingue par un fonctionnement hydrologique particulier. Les formes spécifiques du karst comprennent les dolines, les lapiés, les vallées sèches et les grottes (fig. p.3). Son hydrologie est caractérisée essentiellement par l'absence d'eaux de surface, des écoulements souterrains concentrés (par exemple les rivières souterraines), des bassins fermés, des gorges impressionnantes, de grandes sources karstiques, ainsi que des vitesses d'écoulement élevées dans le sous-sol.



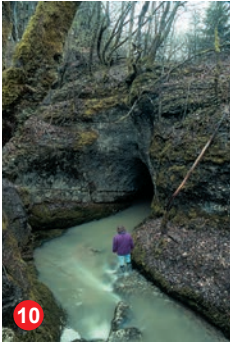
Les régions karstiques sont-elles propices aux éoliennes ?

En raison de l'exposition au vent, la plupart des sites favorables à cette énergie sont situés en zones de crêtes, lesquelles sont souvent constituées de roche « dure ». Dans le Jura et les Préalpes, ce sont principalement des calcaires. C'est pourquoi une grande partie des parcs éoliens planifiés sont situés en région karstique. Comme toute construction, les éoliennes, ainsi que les aménagements qui y sont liés (routes d'accès, tranchées pour l'acheminement de l'électricité, etc.), peuvent affecter les grottes et le karst. En outre, les cavités représentent elles-mêmes un risque pour les éoliennes (instabilité du sol).

Ces aléas dus à la présence de karst peuvent être réduits par un choix ciblé des emplacements et des mesures appropriées permettant de limiter le risque à un niveau acceptable. Il n'y a pas obligatoirement de contradiction fondamentale entre l'exploitation du potentiel énergétique éolien et la protection des grottes et du karst, mais les spécificités générales et locales du karst devraient être prises en compte au moment de décider de l'emplacement de futures éoliennes.

Les régions karstiques couvrent environ 20 % de la Suisse (jaune). Elles sont situées principalement dans le Jura et les Préalpes.

Le paysage karstique de surface et souterrain



10 pertes



1 dolines



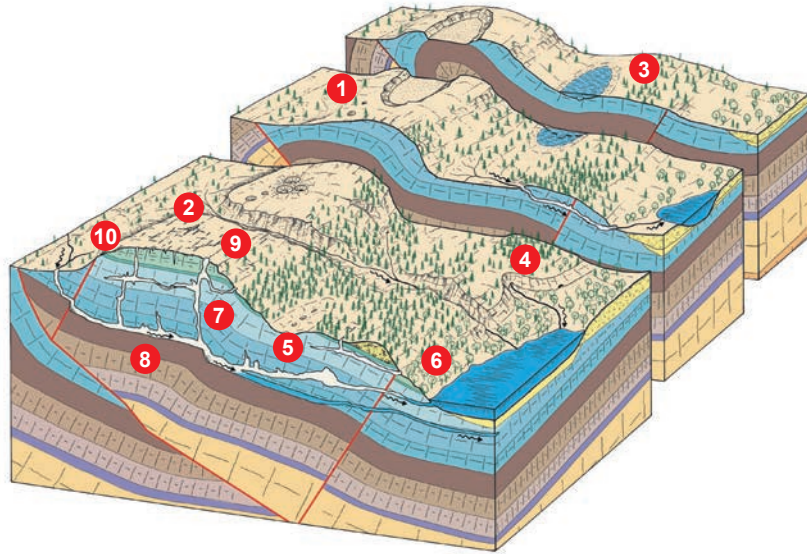
2 lapiés



3 poljés



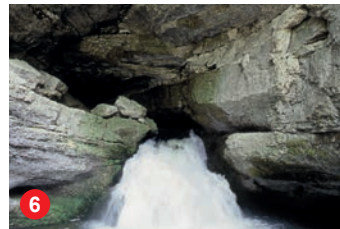
9 gouffres



8 rivières souterraines



7 puits



6 sources karstiques



4 reculées



5 galeries fossiles



Paysage typique du karst lorsque la couverture végétale est absente. La roche est largement fissurée et les eaux pluviales s'infiltrent directement dans le sous-sol.



Parc éolien en zone calcaire.

Quelles bases existent pour l'éolien dans le karst ?

Le karst n'est que marginalement traité dans les recommandations de l'Office fédéral de l'environnement OFEV et des cantons, à l'exception de l'aide pratique EPIK (méthode de délimitation des zones de protection des eaux souterraines dans le karst). Conjointement avec la Commission de spéléologie scientifique de l'Académie Suisse des Sciences naturelles ScNat, la société suisse de spéléologie SSS/SGH a publié des *Instructions pratiques pour l'évaluation des projets dans les régions karstiques**. Leur but est de faire en sorte que les caractéristiques du karst soient mieux prises en compte dans la planification et l'exécution des projets, en rendant les connaissances spécifiques du karst plus accessibles.



Roche fissurée affleurante.

Quelle influence les éoliennes ont-elles sur le paysage karstique ?

Les paysages karstiques présentent les formes caractéristiques susmentionnées, comme par exemple les dolines, les lapiés ou les vallées sèches. En plus de leur rôle en tant qu'**éléments du paysage**, ces structures ont également souvent aussi une **importance hydrologique** comme points d'infiltration préférentiels.

Ces deux fonctions peuvent être sévèrement touchées par les changements majeurs sur le sol pendant la construction des éoliennes, en particulier pour les places de montage et les accès.

L'impact visuel des mâts et des rotors est décrite en détail dans la documentation spécialisée et n'est pas un élément lié spécifiquement au karst.

En particulier la roche affleurante est un élément fort du paysage karstique et sa reconstitution est presque impossible. C'est pourquoi l'incidence des interventions pouvant affecter un paysage karstique doit être examinée avec soin (particulièrement si les sites d'intervention se trouvent dans des périmètres d'objets inventoriés).

* « Instructions pratiques pour l'évaluation des projets dans les régions karstiques » ; disponible sous www.speleo.ch

Quelle influence ont les éoliennes sur les grottes ?

Les grottes et autres cavités naturelles situées à proximité (jusqu'à environ 50 m de distance latérale) peuvent être affectées lors de la construction des éoliennes, en particulier par :

- ▶ le recoupement d'une cavité pendant l'excavation et les travaux de stabilisation des roches (risque de destruction, remplissage, bétonnage). Les risques sont le **colmatage** de la cavité, des **effondrements**, etc.
- ▶ des changements permanents dans le **climat de la cavité** par des modifications des courants d'air ;
- ▶ des vibrations, qui peuvent conduire à l'effondrement de cavités et le **bris de stalactites** et de **stalagmites** ;
- ▶ l'infiltration de sédiments et de matière organique à la suite de l'érosion des sols, ce qui peut conduire à modifier la **composition de la faune** spécifique, **salir** les stalactites et stalagmites ou affecter la **qualité des eaux souterraines**.

Selon les cas, il s'agit de protéger :

- ▶ la grotte en tant que **géotope** : les formes de galeries et leur contenu (sédiments, concrétions) sont témoins de l'histoire de la terre et font partie du paysage souterrain (géotopes / monuments naturels) ;
- ▶ la grotte en tant que **biotope** : les grottes sont des habitats pour des espèces rares et en voie de disparition. Une attention particulière est accordée aux chauves-souris et invertébrés troglodytes. La faune troglodyte, c'est-à-dire la faune vivant uniquement sous terre, est parfaitement adaptée à un habitat très pauvre en nourriture, sans lumière et réagit souvent de manière sensible aux variations de l'équilibre nutritif et du climat de la grotte. L'agrandissement, l'ouverture mais aussi la fermeture d'une cavité peuvent influencer gravement son climat - généralement très stable - rendant la grotte inhabitable pour certaines espèces.
- ▶ la grotte en tant que **site archéologique et paléontologique** : en raison du climat constant ainsi que de la protection contre l'érosion et autres influences extérieures, les os et les trouvailles liées à l'évolution humaine et animale sont souvent bien conservés. Ceci est également valable pour l'accumulation de sédiments dans les dolines.

- ▶ la grotte au sein d'un **système hydrogéologique** (voir page suivante).

Lors de la construction d'éoliennes, le problème principal est habituellement lié au décapage à grande échelle de sols et à l'apport consécutif de sédiments et de matière organique dans le sous-sol. Une telle incidence est d'autant plus dommageable si des cavités importantes et/ou richement décorées de stalactites se trouvent dans le périmètre proche du projet.

Il est important de noter que seule une petite partie des cavités karstiques sont connues. On sait que de très nombreux vides souterrains existent, sans que ceux-ci ne possèdent forcément un accès franchissable à l'homme à partir de la surface du sol (= grottes borgnes). Par ailleurs, il reste de nombreuses cavités à découvrir, étudier et documenter et de nombreuses galeries sont trop étroites pour y accéder. Le fait qu'aucune grotte ne soit connue à proximité d'un projet d'implantation d'éolienne ne veut donc pas dire qu'il n'en existe pas. Une investigation du sous-sol est donc fortement recommandée avant les travaux.

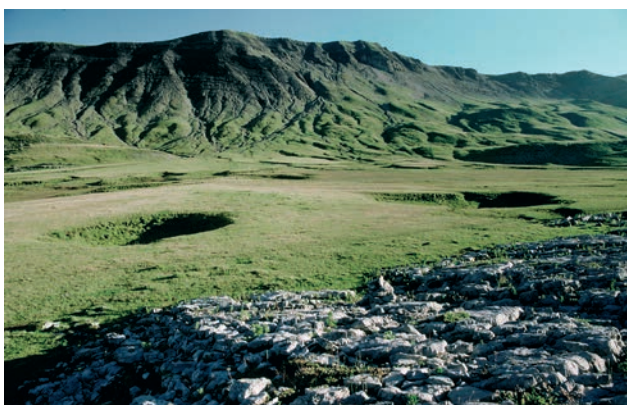


Photo Suisse Éole

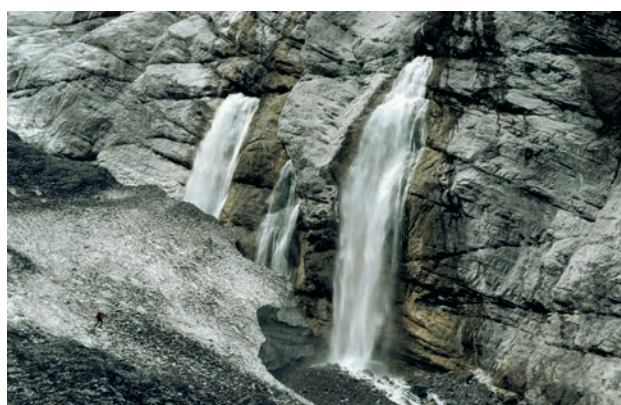


Photo Suisse Éole

Construction du socle d'une éolienne sur une assise calcaire.



Dans le karst, la circulation des eaux se fait au travers de la roche.



Photos RW / ISSKA

Source karstique.

Quelle influence ont les éoliennes sur les eaux souterraines ?

La très bonne qualité des eaux souterraines en Suisse représente une énorme richesse pour la population. Il est nécessaire de les protéger par des mesures préventives à long terme.

En raison de la connexion directe entre la surface et les eaux souterraines au travers des conduits karstiques, le risque d'atteinte à ces eaux est spécialement marqué dans le karst. En outre, le temps pour intervenir après un incident est court.

En principe, les nuisances suivantes sont particulièrement importantes :

- ▶ arrivée de sédiments et de matière organique à la suite de l'érosion des sols ;
- ▶ mise en danger de l'eau par des substances (en particulier carburants et huiles qui peuvent représenter jusqu'à plusieurs centaines de litres par mât) ;
- ▶ alcalinisation de l'eau à la suite de travaux de bétonnage.

Il est possible que des sources parfois éloignées du site d'implantation puissent être affectées à cause du réseau de drainage très efficace des conduits souterrains.

Quels dangers présente le karst pour les éoliennes ?

Si un projet de construction d'éolienne peut affecter une cavité naturelle, le contraire est également possible. La présence de vides souterrains connus ou inconnus peut constituer un risque de premier ordre pour l'implantation d'une éolienne dont l'assise doit être d'une solidité irréprochable. Des cavités inconnues peuvent s'effondrer sous des contraintes mécaniques supplémentaires (charge et/ou vibrations) et endommager la base de l'ouvrage.

Il a été établi que l'infiltration artificielle de l'eau (de chantier) influence fortement le risque de formation de dolines et d'instabilités du terrain. Il faut toujours présumer, si l'on se trouve dans un rayon de 50 à 100 m autour d'un point d'infiltration artificielle, que de nouvelles dolines se forment, que des existantes soient réactivées, ou qu'il survienne des tassements / glissements de terrain.



Photo RW / ISSKA

Un exemple d'effondrement survenu soudainement en zone calcaire.

Quelles mesures devraient être prises ?

Dans tous les nouveaux projets d'énergie éolienne, le karst devrait déjà figurer dans les enquêtes préliminaires. Cela devrait aussi inclure la protection des grottes et du karst, ainsi que les problèmes de stabilité du sous-sol, qui sont déterminants, en particulier pour le choix de l'emplacement. Les précautions doivent être prises selon les conditions locales.

Les mesures suivantes sont notamment recommandées :

- **Concernant la protection des grottes et du paysage karstique :**

- ▶ Consultation des inventaires des géotopes [inventaire de ScNat (*map.admin.ch*-> *géologie*-> *géotopes suisses*), inventaires cantonaux et communaux];
- ▶ Rechercher si des grottes sont connues dans la région (bases de données de la Société suisse de spéléologie);
- ▶ Dresser un inventaire d'objets karstiques tels que grottes, dolines, pertes, sources karstiques, lapiés (s'il n'existe pas encore de carte indicative du karst);
- ▶ Si des objets majeurs/considérables sont identifiés dans le cadre de l'inventaire des objets karstiques, évaluer les implications du projet sur ceux-ci;
- ▶ Réduire les changements au niveau des sols au strict nécessaire (p.ex., mettre des nattes sur le sol ou protéger durant le chantier les parties du sol qui peuvent être conservées par la suite);
- ▶ Si des cavités sont recoupées, elles devraient être explorées et documentées (consultation de spéléologues et/ou de spécialistes du karst).

- **Concernant la protection des eaux souterraines**

- ▶ Examen minutieux du contexte hydrogéologique (périmètre d'étude, qui comprend toutes les sources susceptibles d'être touchées. Dans le karst, celles-ci sont parfois éloignées de plusieurs kilomètres). Une documentation KARSYS peut fournir ici des informations précieuses (voir www.swisskarst.ch);
- ▶ Vérification de la présence de zones de protection des eaux souterraines ;
- ▶ Limitation spatiale et temporelle des changements de sol au strict nécessaire en prenant en compte les conditions météorologiques (p. ex. pas de grands espaces ouverts en périodes de fortes précipitations);



Photo RW/ISSKA

Affaissement du sol survenu en plein pâturage.

- ▶ Tenir compte de la forte vulnérabilité des eaux souterraines karstiques dans le concept de gestion des matériaux et dans le plan de mesures et d'alarme :
 - prévention de l'érosion des sols et de l'infiltration de sédiments dans le sol;
 - un traitement adéquat des eaux de chantier. En particulier, on doit être attentif au fait que la capacité de filtration du sol dans le karst est souvent insuffisante et que l'eau rendue alcaline au contact du béton devrait être traitée ;
 - réduction de la probabilité d'un incident impliquant des substances dangereuses, par exemple en évitant les zones particulièrement sensibles ou par l'utilisation de machines récentes ;
 - réduction des conséquences possibles d'un incident par le biais des mesures ciblées, par exemple par l'utilisation d'huiles biodégradables, utiliser/introduire de plus petites quantités de substances nocives (simultanément), des places de parc étanches ou des dispositions d'intervention appropriées (boudins absorbants d'hydrocarbures sur le site, etc.) ;
- ▶ lors du remblayage d'une cavité, s'assurer qu'elle ait été suffisamment explorée et que le béton ne puisse pas pénétrer plus loin dans un système karstique.



Photo RW / ISSKA

Dolines en formation: l'évolution du karst est permanente.

- **Concernant les dangers spécifiques du karst pour l'ouvrage**

- ▶ tenir compte de l'aspect "karst" dans le choix des emplacements ;
- ▶ inventorer des objets karstiques, tels que grottes, dolines, pertes, sources karstiques, lapiés (périmètre à couvrir: au moins 500 m de rayon autour des sites, routes d'accès et autres aménagements tels que les tranchées pour les lignes électriques enterrées) ;
- ▶ effectuer un examen attentif du sous-sol en tenant compte de l'inventaire des objets karstiques (incluant une étude géophysique du sous-sol et des forages de reconnaissance sous la plateforme devant accueillir le mât ;
- ▶ délimiter les zones en fonction des diverses probabilités d'occurrences de cavités souterraines (méthode KarstALEA) sur la base des données géologiques, géomorphologiques (dolines,...) et spéléologiques (grottes). Cela est fortement recommandé surtout dans les régions comptant de nombreuses dolines ;
- ▶ rendre le drainage du chantier et des constructions compatible avec les problèmes liés aux instabilités du terrain karstique.

Conclusion

Le calcaire constitue l'essentiel des roches des régions karstiques (20% du territoire suisse). Il contient une grande quantité de fissures et de cavités naturelles. L'implantation d'éoliennes dans ces zones nécessite une grande prudence et une connaissance précise de la nature de sous-sol. En effet, les risques d'instabilité ne peuvent pas être écartés lors de la construction du socle d'éoliennes.

Du point de vue du karst, l'impact potentiel de la construction d'éoliennes doit aussi être pris en compte. Différentes atteintes sont possibles: perturbation de l'écoulement des eaux souterraines, destruction de cavités dignes d'intérêt, altération de la faune et/ou de cristallisations présentes sous terre.

Pour ces diverses raisons, il est recommandé aux promoteurs de sites éoliens de prendre en considération l'aspect « karst » dès le début de leur projet.

Contact pour questions techniques

L'Institut suisse de spéléologie et de karstologie (ISSKA) est à disposition pour répondre aux questions des promoteurs et des administrations impliquées dans les projets d'implantation d'éoliennes.

L'ISSKA assure le contact avec les représentants régionaux de la Commission du Patrimoine de la Société suisse de spéléologie (SSS).

Pour télécharger cette brochure :

www.isska.ch
www.speleo.ch

Institut suisse de spéléologie et de karstologie

Rue de la Serre 68
2301 La Chaux-de-Fonds
tél.: 032 913 35 33
info@isska.ch
www.isska.ch