

Calculs des pertes de production en fonction des contraintes environnementales

25.04.2013

ennova: développeur

- Société anonyme
- Siège au Landeron (NE)
- 25 ingénieurs et spécialistes
- Budget 2013: 6 Mio frs
- Actionnaires: sociétés de service public et privés
- Compétences: environnement, génie électrique, génie civil, vent, géologie, cartographie et juridique.
- Rôle: identification des sites, analyse, planification, construction de projets
- Développement: 1000 MW de projets en cours de prospection, d'études et de planification, présence sur 16 des 26 cantons suisses



Vieille ville du Landeron

Introduction

Les contraintes environnementales

Les contraintes environnementales

Contrainte	Paramètres clés	Bases
Bruit	Eolienne / Vent / Position Récepteurs / Affectation du territoire	OPB / directives cantonales / EMPA
Givre	Météo / Fréquentation / Technologie	Etudes (Gütsch) / Règlements Canton / Commune
Chiroptères	Activité Chiro / Période / Vent / Température	Spécialistes du domaine / Manuel OFEV (en préparation)
Oiseaux	Activité nicheurs et migrants / Période	Spécialistes du domaine / Manuel OFEV (en préparation)
Ombre	Période / Position Récepteur / Ensoleillement	Normes allemandes / Directives cantonales (VD)

Bruit

Bruit

Affectation du territoire -> Degrés de sensibilité (**DS**)

Valeurs limites de planification (**VLP**)

Niveau d'évaluation (**Lr**) au lieu d'immission (récepteur)

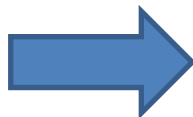
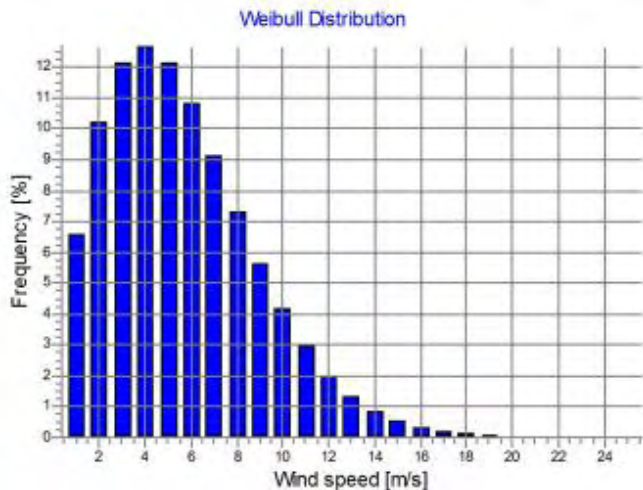
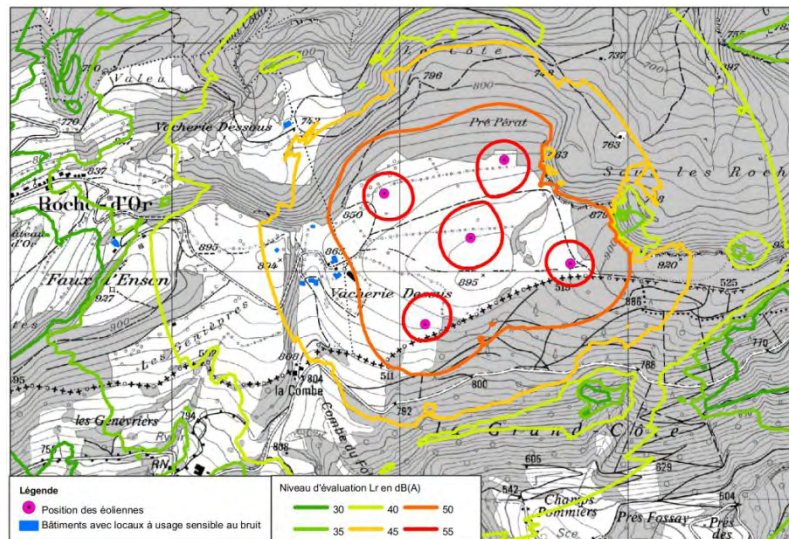
DS définissent **VLP**

Déterminer **Lr** et comparer à **VLP**

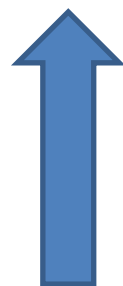
Bruit

Exemple en zone agricole:
DSIII => VLP = 60 dB(A) jour
VLP = 50 dB(A) nuit

Calcul de $L_r = f$ (vitesse vent, émissions sonores)



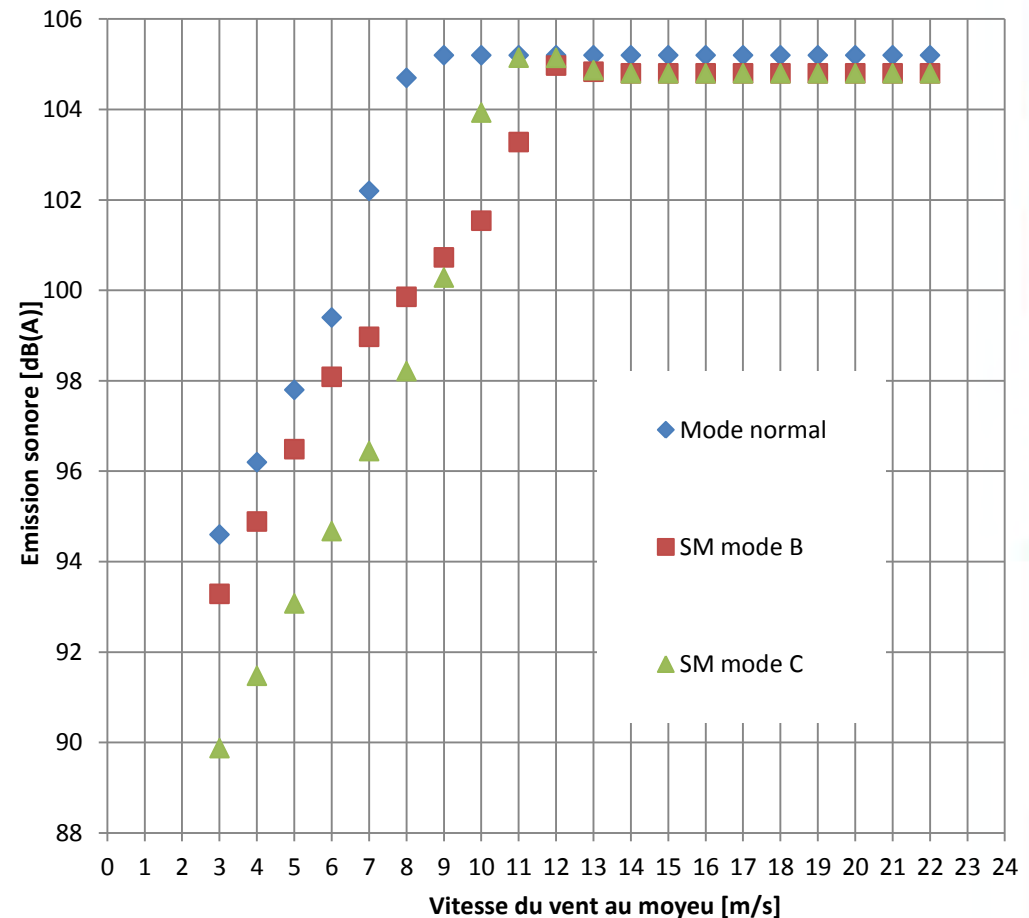
Wind speed v [m/s]	Sound Power Level $L_{WA}[dB(A)]$
6.0	99.4
7.0	102.2
8.0	104.7
9.0	105.2
10.0	105.2
11.0	105.2
12.0	105.2
13.0	105.2
14.0	105.2
15.0	105.2
16.0	105.2
17.0	105.2
18.0	105.2
19.0	105.2
20.0	105.2
21.0	105.2
22.0	105.2



Bruit

En cas de dépassements:

- Déplacements possibles ?
- Réduction du régime de fonctionnement de l'éolienne (pendant la nuit)



Bruit

Pertes en cas de bridage de la machine toutes les nuits:

Pertes énergétiques d'environ **5 à 7 %**



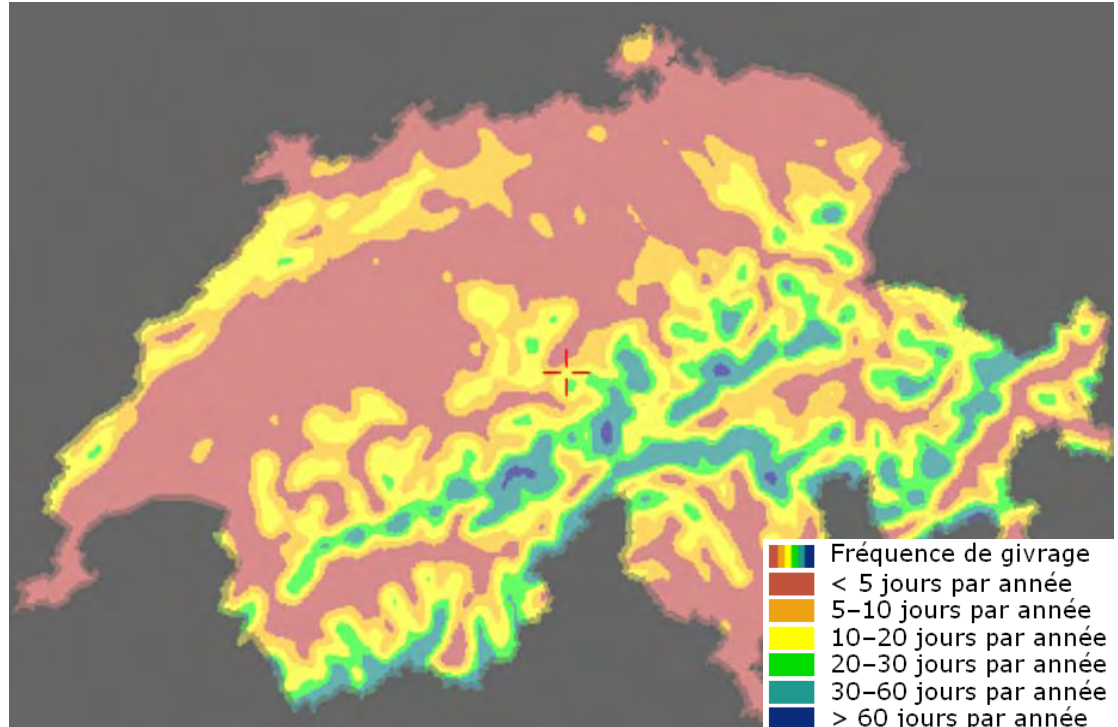
Givre

Givre

En conditions de climat froid, la formation de glace est possible durant certains jours de l'année.

Les conséquences:

- Atteinte de la sécurité liée au danger de chute de glace
- Instabilité du fonctionnement de l'éolienne



Source: wind-data.ch

Aujourd'hui les éoliennes sont équipées de systèmes de chauffage des pales permettant une réduction de la limitation du fonctionnement des éoliennes

Givre

Sécurité:

- Définition de distances de sécurité

$$d = 1.5(D + H)$$

$$d = v \frac{(D/2 + H)}{15},$$

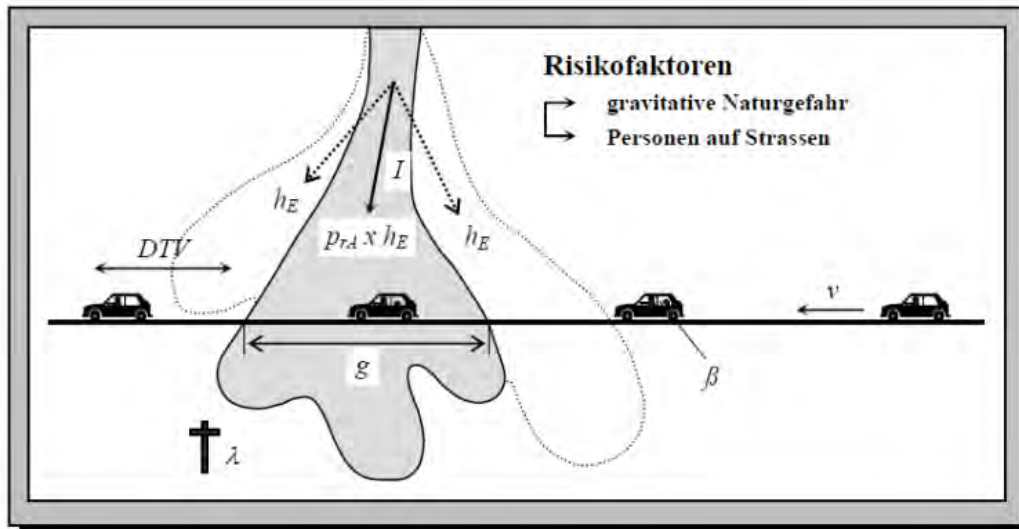
- Analyse de risque



Analogie avec l'approche adoptée pour les dangers naturels: chute de pierres

Givre

Analyse de risque

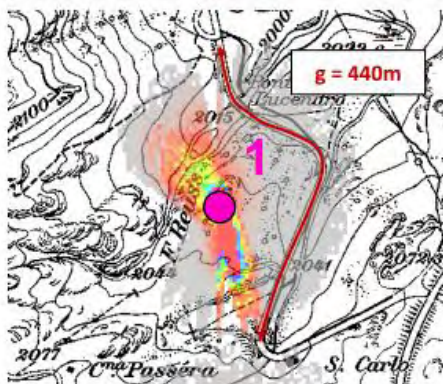


Source: Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren

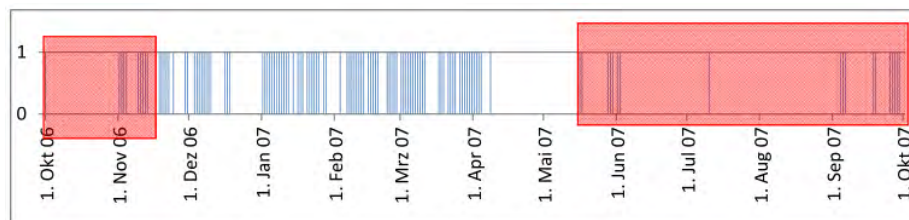
Givre

Analyse de risque

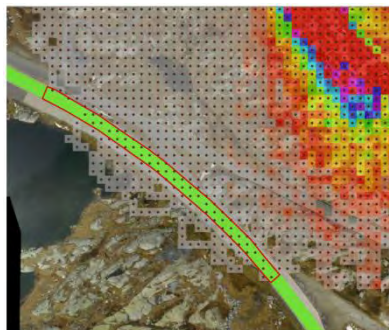
Longueur tronçon



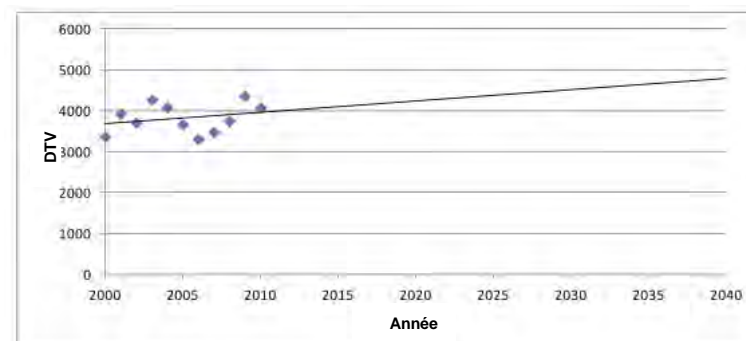
Fréquence



Probabilité d'occurrence



Fréquentation



Givre

Chauffage des pales:

Système de détection (vibrations)

Système de chauffage



Consommation énergétique



Combien ?

Givre: étude

« Auswirkungen der Vereisung auf das Betriebsverhalten und den Energieertrag von Windkraftanlagen im Jurabogen » *Meteotest*

- La détection de la glace fonctionne bien
 - Les pertes sans chauffage: 10% (relative à la production annuelle sans givrage)
 - Consommation du chauffage: 0.5% (relative à la production annuelle sans givrage)
 - Pertes pendant l'arrêt du au chauffage: 3%
 - Augmentation nette du taux de production: 6.5%
-
- Dans la région du Jura, le givre comporte une perte énergétique d'environ **3-4%**

Chiroptères

Chiroptères

Mesure de l'activité



Détermination de l'impact lié au parc éolien

Définition des mesures de limitation des impacts



arrêt des éoliennes plus impactantes
durant les moments d'activité plus
importants

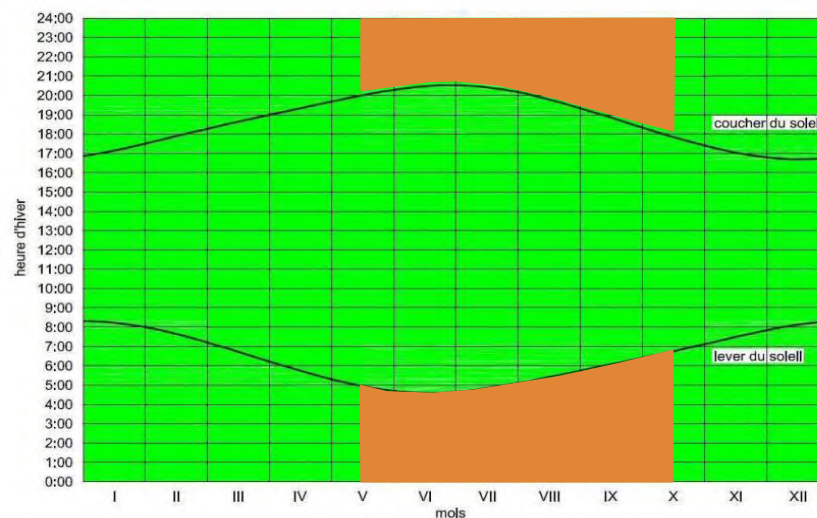
Chiroptères

Paramètres déterminants

De mi printemps à mi automne

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre

Du coucher au lever du soleil

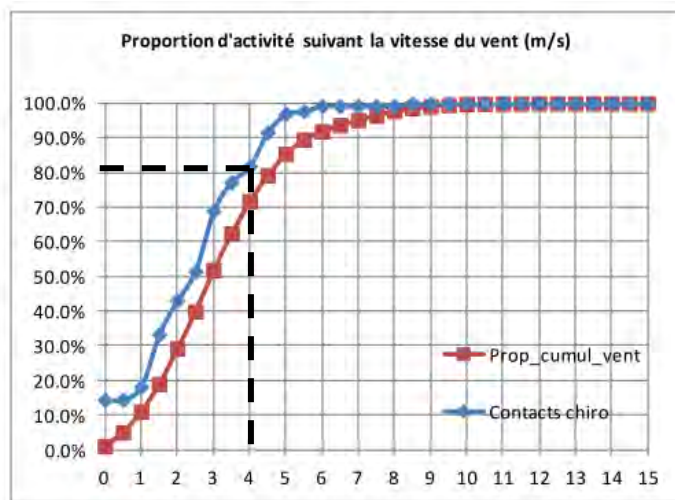


Source (modifiée): Bureau Natura

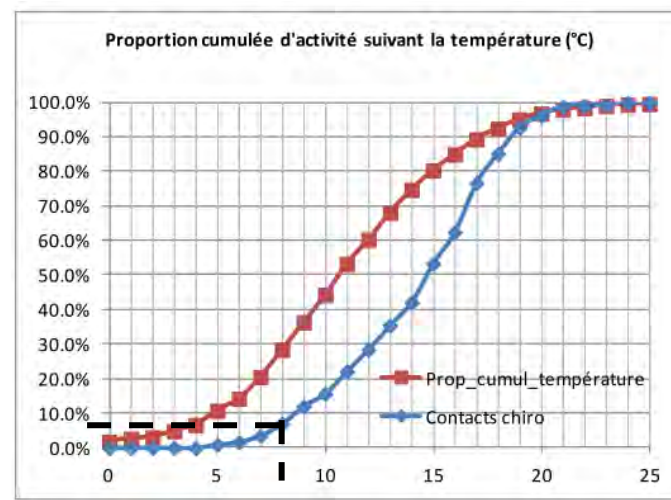
Chiroptères

Paramètres déterminants

Vitesse du vent



Température



Source (modifiée): Bureau Natura

Chiroptères

Exemple d'estimation des pertes avec le programme d'arrêt suivant

- De 15 mai à 15 Octobre (5 mois, 42% d'un an)
- De 19:00 à 06:00 (11 heures, 46% du temps)
- Quand le vent est moins que 5 m/s ou 6 m/s ?

Sans critère de vitesse de vent, la période résultante couvre le 19% de la production

Avec l'ajout de la discrimination liée à la vitesse du vent, les pertes se réduisent d'après les relations suivantes

	Production annuelle $V < 5\text{m/s}$	Pertes annuelles	Production annuelle $V < 6\text{m/s}$	Pertes annuelles
Parc à fort vent moyen	7.3%	1.3%	14.8%	2.8%
Parc à faible vent moyen	8.1%	1.5%	16.3%	3.1%

Chiroptères

Exemple pour un parc éolien en Allemagne:

Algorithme de fonctionnement adopté:

- Du 15.07 à 30.09
- Une heure avant le coucher du soleil jusqu'à 03:00
- Quand la vitesse du vent est inférieure à 6 m/s

Pertes effectives mesurées: **3.2%** !

Oiseaux

Oiseaux

3 typologies:



Source: Ecoscan

- Migrateurs: mouvements saisonniers de groupes traversant le site
- Nicheurs: bâtissent leur nid dans le secteur
- Rapaces: recherchent leur nourriture dans le secteur

Nicheurs et rapaces: influencent l'emplacement des éoliennes

Migrateurs: influencent la position du site et un éventuel arrêt momentané des éoliennes lors des passages

La situation est étudiée par une investigation du site par rapport à la présence et au comportement des oiseaux (observations visuelles, d'écoute et radar).

Oiseaux

Mesures de limitation de l'impact

- Equipement du parc éolien d'un Radar d'observation couplé à un système d'arrêt des éoliennes lors des passages migratoires
=> désavantage: coût élevé du système

Estimation grossière des pertes associé à une durée indicative de la période de migration:

⇒ Admis un arrêt d'env. 5-10 Jours/An:

Pertes énergétiques d'env. **1.5 - 3.0%**



Source: Robinradar

Ombre périodique

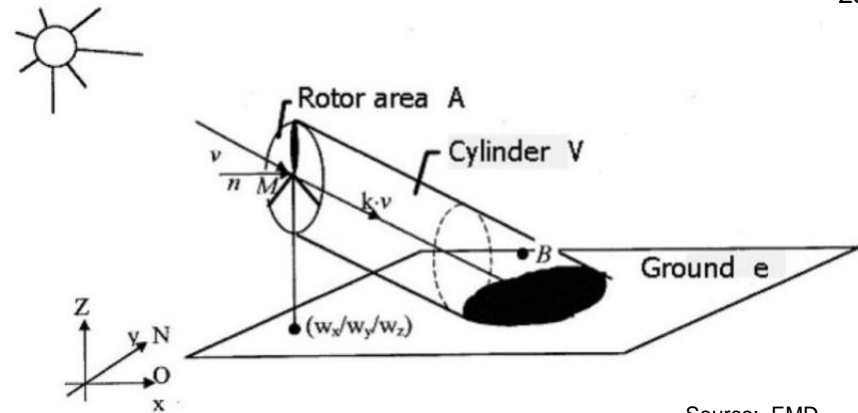
Ombre périodique

L'effet de l'ombre dépend de

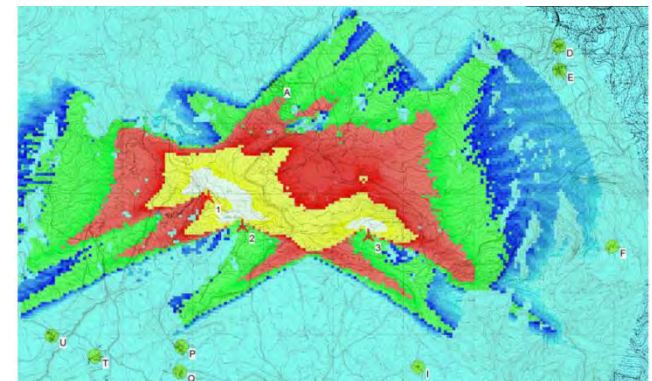
- La position des éoliennes
- La position des récepteurs
- La topographie
- L'ensoleillement (modèle astronomique, nuages)

Les valeurs limites (par exemple du canton de Vaud):

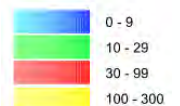
60 minutes / jour



Source: EMD



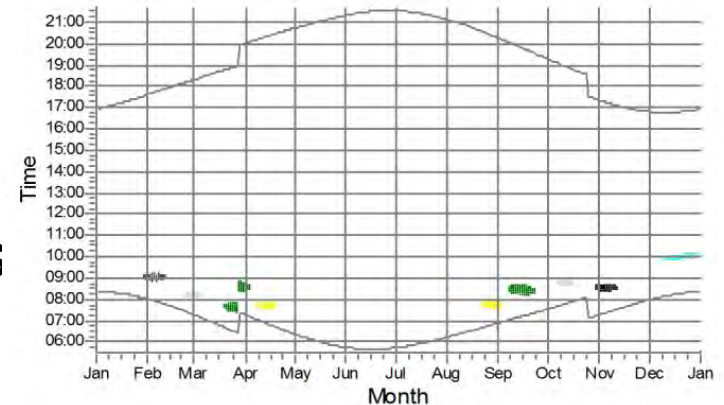
Hours per year, worst case



La simulation numérique détermine si des dépassement sont observés

Ombre périodique

Exemple de détermination des pertes



Valeur limite: 60 minutes / jour

Dépassée 61 fois / an

- Pour respecter la valeur limite, nécessité d'arrêter pendant 2227 Minutes / an (37.1 h/an)
- 37.1 heures représentent 0.42% du temps de production

Valeur Pertes énergétiques d'environ **0.5%**

Résumé des pertes

Synthèse

Type	Méthodes d'investigation	Pertes énergétique	Spécifique / Généralisé
Bruit	Simulations	5.0 – 7.0 %	Eolienne individuelle
Givrage	Simulations	3.0 – 4.0 %	Tout le parc
Chiroptères	Etudes ext. Batcorder	1.5 – 3.0 %	Eolienne individuelle
Oiseaux	Etudes ext. RADAR	1.5 – 3.0 %	Tout le parc
Ombre	Simulations	0.5 %	Eolienne individuelle
Pertes maximales possibles pour 1 éolienne		11.5 – 17.5 %	

Implications économiques

Cas d'étude

Exemple de pertes énergétiques pour un parc éolien

5 éoliennes de 3.2 MW de puissance

N°	Production sans restrictions P50 GWh/an	Bruit	Glace	Chiro	Oiseaux	Ombre	Perte cumulée	Production avec restrictions P50 GWh/an
WTG1	5'681	x	x	x	x	x	11.5 - 17.5%	5'028 - 4'687
WTG2	5'596		x	x	x		6.0 - 10.0 %	5'260 - 5'036
WTG3	5'276		x		x	x	5.0 - 7.5 %	5'012 - 4'880
WTG4	6'559		x		x	x	5.0 - 7.5 %	6'231 - 6'067
WTG5	5'583		x		x		4.5 - 7.0 %	5'331 - 5'192
Total	28'695						6.4 - 9.9 %	26'862 - 25'862

Cas d'étude

Conséquences économiques

N°	Pertes minimum	Pertes maximum
Perte revenu annuel	CHF 220'000	CHF 300'000
Perte revenu total (20 ans d'exercice)	CHF 4'360'000	CHF 5'980'000

Merci pour votre attention

