

Assurance paramétrique : analyse de sa perception et cas pratique appliqué aux énergies renouvelables

Olivier LOPEZ

Christophe NEVES

Tom RAYNAL

I. Comprendre l'assurance paramétrique et sa perception

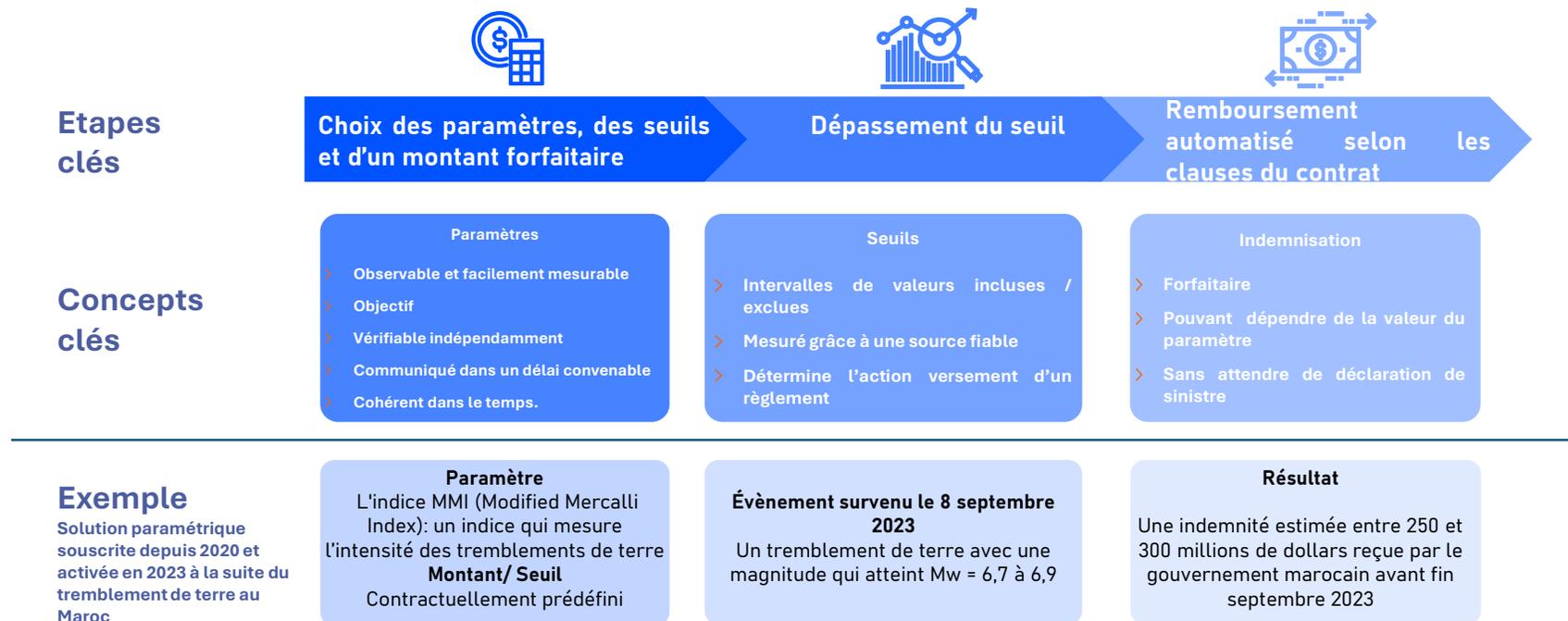
Comprendre l'assurance paramétrique

- **L'assurance paramétrique** couvre un fait générateur, représenté par un **paramètre exogène** et l'indemnisation est déterminée grâce à une formule établie dès l'origine du contrat.
- Les spécificités de l'assurance paramétrique
 - On assure le **fait générateur** du risque (vs couvrir le sinistre)
 - L'indemnisation est basée sur **un (ou plusieurs) indices**
 - Une logique **forfaitaire** (≠ une logique indemnitaire)



Comprendre l'assurance paramétrique

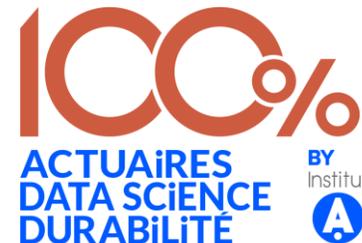
Inversion des étapes clés du cycle d'assurance : le montant de l'indemnisation est fixé à l'avance, et la gestion du sinistre s'en retrouve facilitée et accélérée :



Perception de l'assurance paramétrique

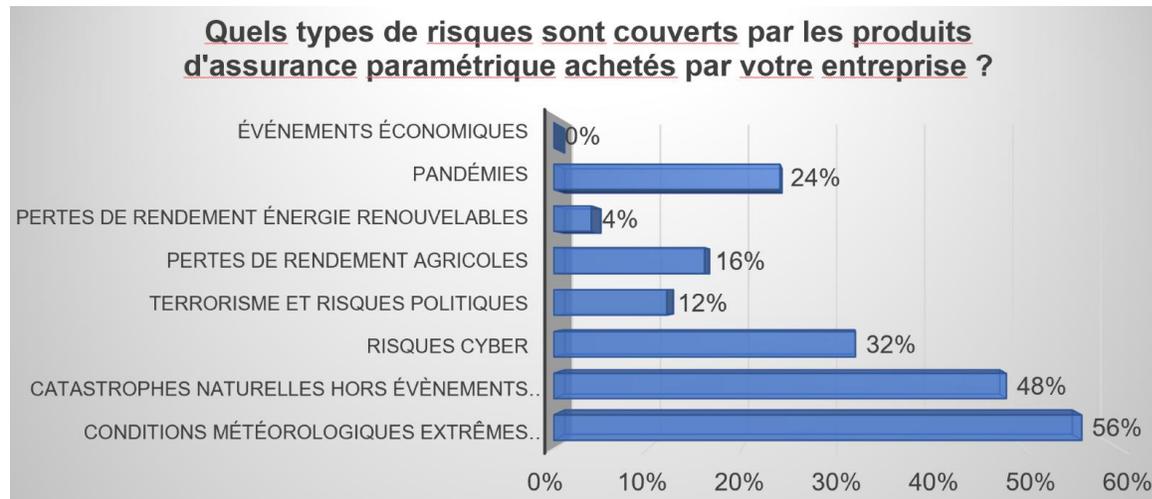
Le monde de l'Assurance a globalement confiance en l'assurance paramétrique malgré une maturité encore limitée :

- **Le Groupe de Travail Assurance Paramétrique** a mené une enquête sur l'utilisation de l'assurance paramétrique sous forme d'un **sondage en ligne entre le 15 avril et le 31 mai**.
- **266 réponses** ont été reçues dont 2/3 d'actuaire, le reste de la population étant constitué de professionnels de l'assurance (souscripteurs, dirigeants, risk managers, courtiers,...)
- Le **niveau de maturité demeure assez faible** : seules **64%** des personnes sondées se déclarent familiarisées avec le concept de l'assurance paramétrique vs une population sondée au cœur de la technique assurantielle.
- Ce degré de maturité varie fortement suivant le secteur d'appartenance : la proportion de personnes familiarisées est de 88% pour la réassurance, 82% pour le courtage, 75% pour le conseil et descend à 58% pour les compagnies d'assurance.
- Le niveau de confiance en l'assurance paramétrique est globalement bon avec **83%** des sondés confiants. Il dépend assez naturellement du niveau de familiarité avec le concept (40% des personnes familières sont très confiantes vs 16% des non-familiers).



Des utilisations de l'assurance paramétrique variées

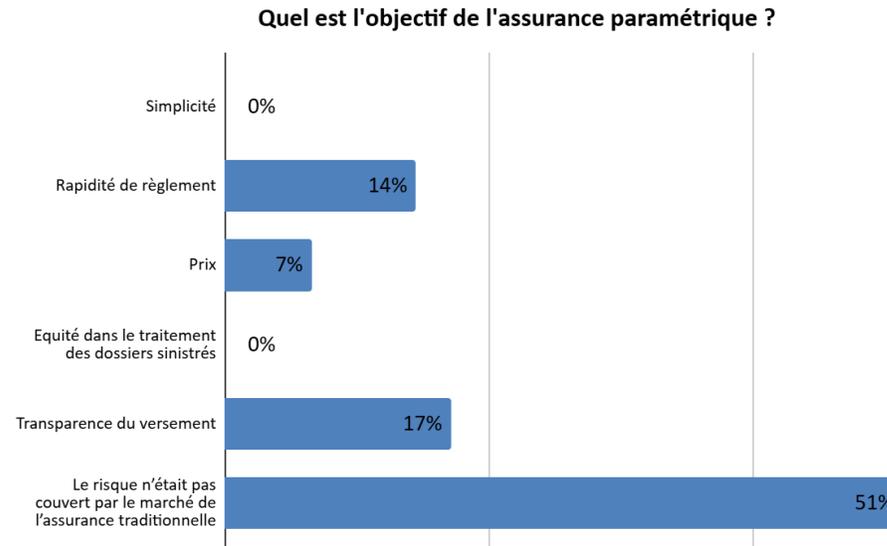
- Les risques couverts par les entreprises des sondés **variés**
- Avec des couvertures d'évènements **au-delà de la sphère traditionnelle d'action du paramétrique** (évènements naturels)



- Le **manque d'information** ainsi que **l'absence de réglementation précise** sont des freins au développement de l'assurance paramétrique. Peut-être la moindre familiarité du concept au niveau des compagnies d'assurance par rapport aux courtiers et aux réassureurs explique-t-elle cette situation

L'assurance paramétrique : une solution au Protection Gap ?

- Parmi les utilisateurs d'assurance paramétrique :



- **Les défis que les utilisateurs ont rencontrés sont divers** comme la construction juridique, l'appétit du marché au risque ou le traitement du risque de base qui ressortent à des niveaux similaires.

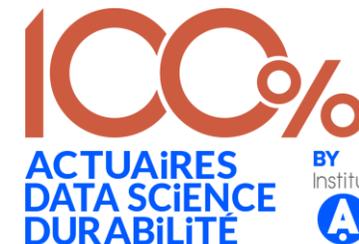
II. Cas d'étude : construction d'une couverture paramétrique dans le domaine des énergies renouvelables

Présentation du parc éolien de Fécamp

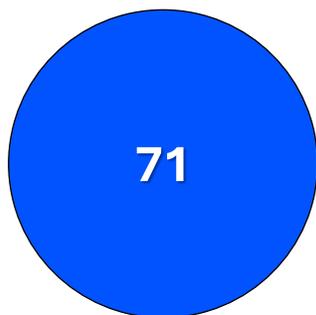


Le parc de Fécamp est le **1er parc éolien en mer de Normandie**, et le 3eme en construction en France.

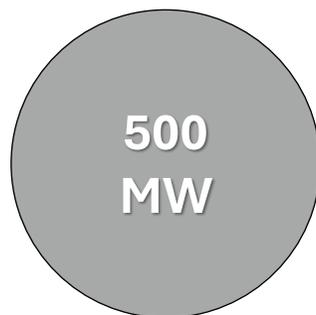
La production envisagée permettra de couvrir l'équivalent de la consommation domestique en électricité de plus **de 770 000 personnes**.



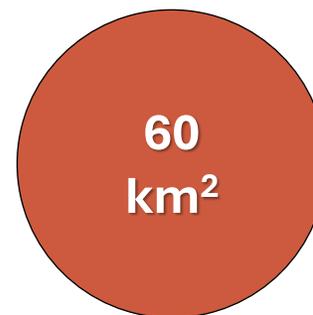
Le parc en chiffres :



Eoliennes Siemens Gamesa



Puissance du parc



Superficie du parc

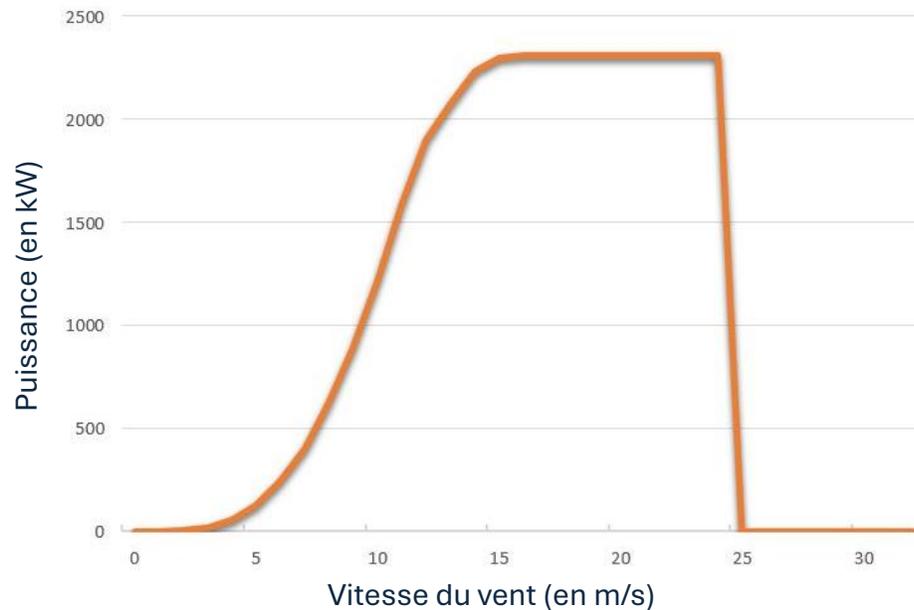
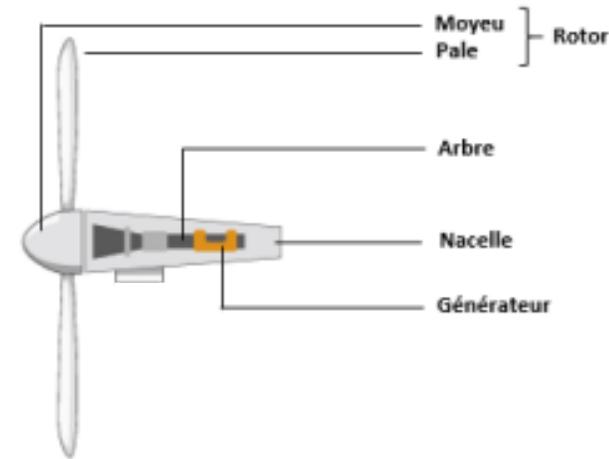


Mise en service

Fonctionnement d'une éolienne

Une éolienne capte l'énergie du vent grâce à ses **pales** qui font tourner le **rotor**, puis un **arbre** situé à l'intérieur de la **nacelle**.

Cet arbre entraîne un **générateur** qui transforme l'énergie mécanique en électricité.



Cette transformation s'effectue selon la **courbe de puissance** de l'éolienne.

Cette courbe, propre à chaque modèle, exprime la puissance électrique en sortie en fonction de la vitesse du vent

Données utilisées pour l'étude

NCEP / NCAR project



NCAR
NATIONAL CENTER FOR ATMOSPHERIC RESEARCH



Composantes u (vent zonal) et v (vent méridien) du vent
Mesures à **10m du sol**
Maille temporelle : **3h**
Données récupérées : **1950 - 2021**



Transformation en vitesses de vent
Extrapolation nécessaire au niveau du **moyeu**
Description du passé

CORDEX-CMIP5

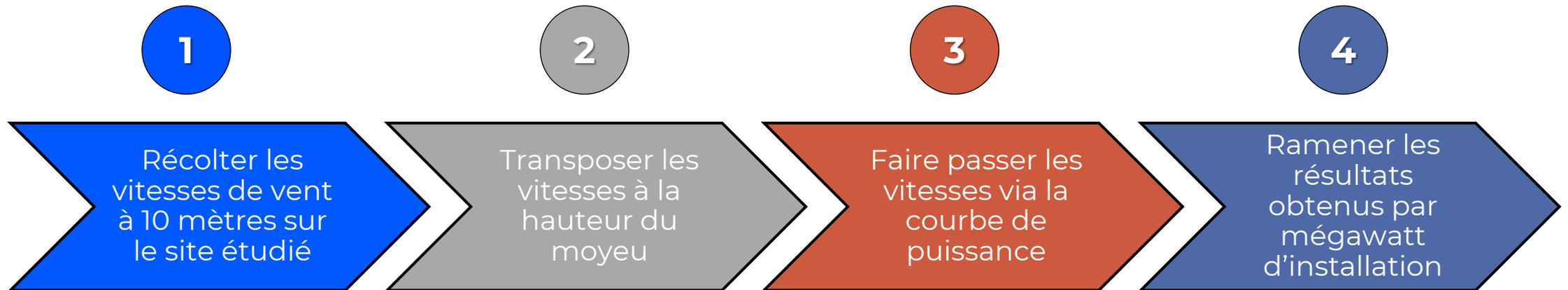


3 scénarios de projections RCP du GIEC: 2.6, 4.5, 8.5
Mesures à **10 m du sol**
Maille temporelle : **3h**
Données récupérées : **2018 - 2035**



Extrapolation nécessaire au niveau du **moyeu**
Description du futur

Construction de l'indice



Transposition des vitesses de vent



La transposition des vitesses de vent s'effectue en utilisant la **loi de Davenport et Harris**.

Loi de Davenport et Harris

$$\frac{v_{h_2}}{v_{h_1}} = \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^\alpha$$

v_{h_1} (resp. v_{h_2}) : vitesse du vent à la hauteur h_1 (resp. h_2)

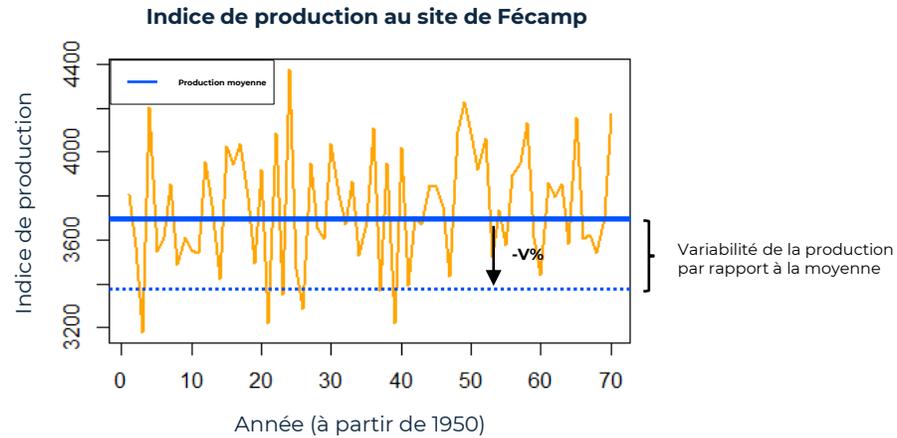
α : coefficient de rugosité

Résultats obtenus

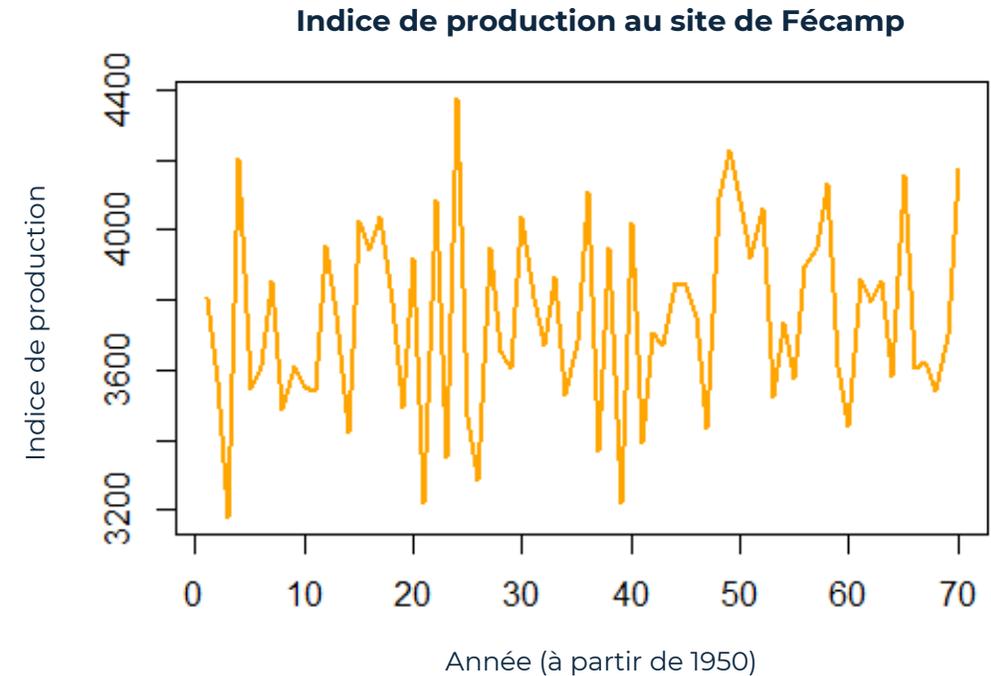
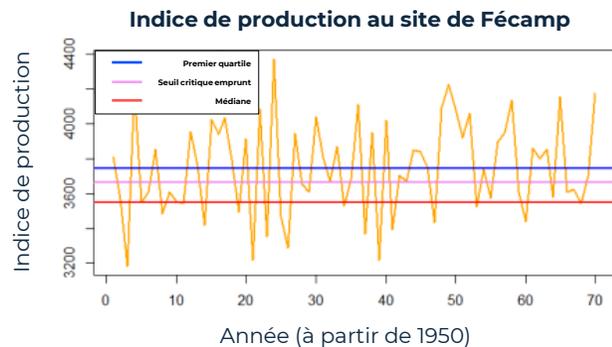
	Valeur communiquée par le parc de Fécamp	Valeur estimée avec la loi de D&H
Vitesse moyenne du vent	8,8 m/s	8,7 m/s
Facteur de charge	40 %	41 %
Temps à l'arrêt	6%	6%

Réflexion sur le seuil à assurer

Option 1 : variabilité par rapport à production moyenne

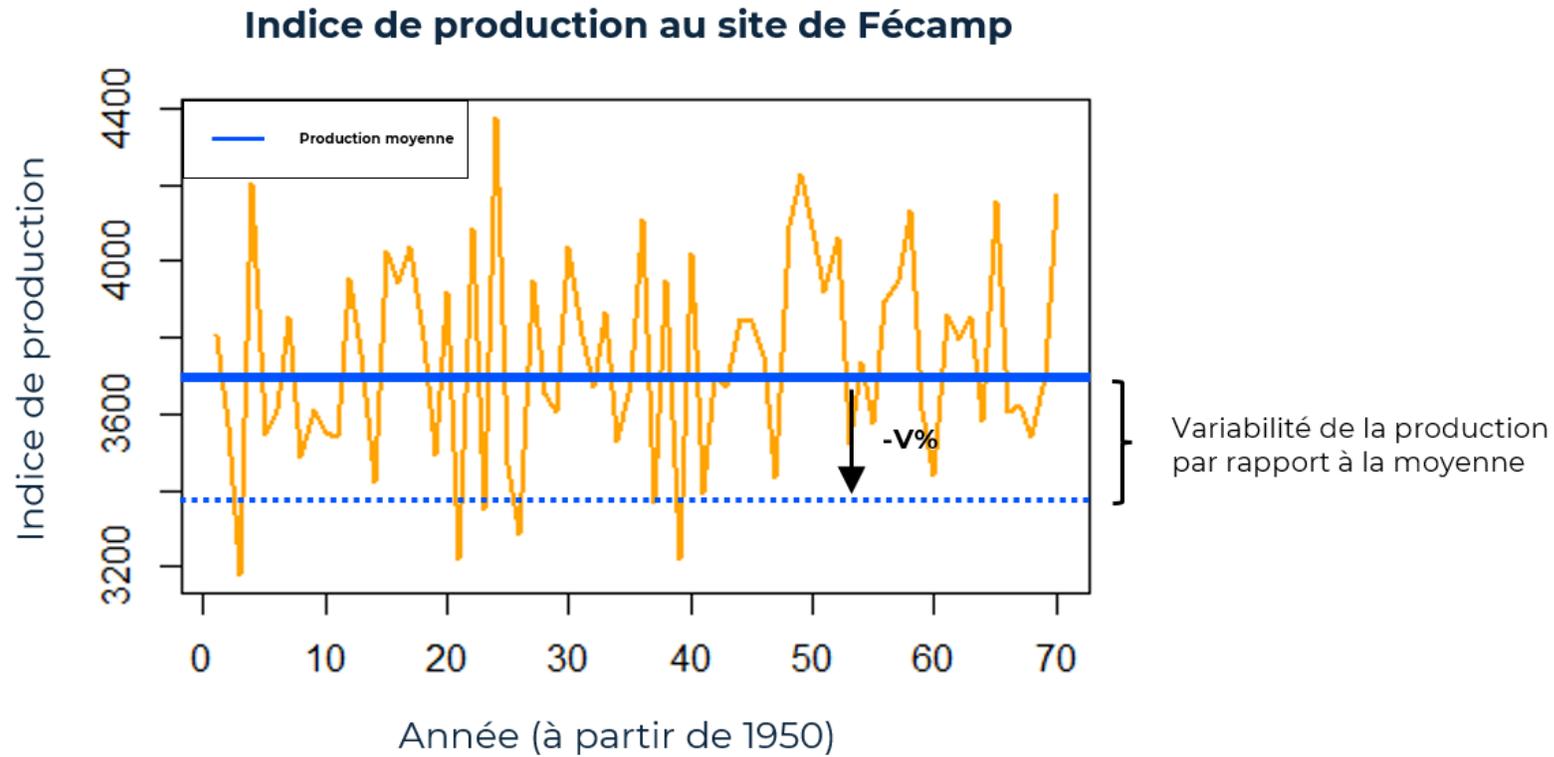


Option 2 : choix d'un quantile de production



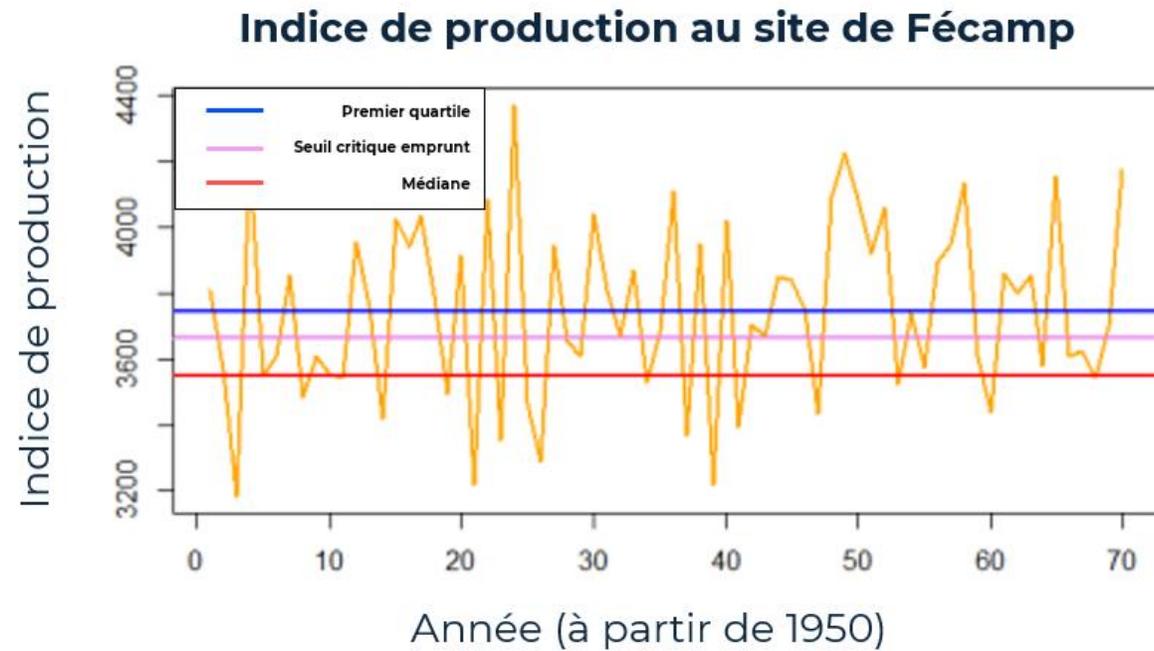
Réflexion sur le seuil à assurer

Option 1 : variabilité par rapport à production moyenne



Réflexion sur le seuil à assurer

Option 2 : choix d'un quantile de production



it

Tarification en vision historique

Pour chaque année de l'historique, l'indemnisation $\Gamma(i)$ consécutive à une valeur i de l'indice I est calculée.

La totalité des indemnisations sont ensuite **moyennées sur l'historique considéré**.

Calcul des indemnisations historiques

$$\Gamma(i) = V(i) \times P$$

P : prix de vente règlementé (135,2€ par mégawattheure pour Fécamp)

$V(i)$: volume d'électricité nécessaire pour atteindre le seuil assuré pour une valeur i de l'indice I

Résultats historiques



Ordre de grandeur **en phase avec les pratiques de marché**, notamment pour le seuil premier quartile et le seuil critique



Dégradation modérée de la rentabilité du produit en fonction du seuil assuré

	Seuil premier quartile	Seuil critique	Seuil médian
Prime pure	1,7 M€	6,5 M€	9,0 M€
Part de la prime dans le CA moyen	0,7%	2,6%	3,7%
S/P	98%	101%	103%

Tarification en vision prospective

La tarification en vision prospective consiste à intégrer les données de projections climatiques du CORDEX issues **des 3 scénarios RCP du GIEC : 2.6, 4.5 et 8.5.**

 **Il n'y a pas de consensus** sur l'évolution des vitesses de vent à l'avenir.

 Les régimes de vents étant des **phénomènes très localisés**, les résultats et conclusions associés de cette approche prospective sont intimement liés à la localisation du parc étudié.

		Résultats prospectifs (seuil critique)		
	Historique	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 8.5
Prime pure	6,5 M€	6,3 M€	6,6 M€	6,7 M€
Part de la prime dans le CA moyen	2,6%	2,5%	2,6%	2,7%

Limite de l'étude

- **Maille temporelle** : Utiliser des relevés de vents à intervalles de temps plus courts permettrait d'affiner les estimations de production. Cela entraînerait une gestion de données plus complexe, soulignant la nécessité de trouver le bon compromis entre précision et faisabilité.
- **Volatilité des prix** : La volatilité des prix du marché de l'électricité n'est pas prise en compte dans l'étude, un prix fixe étant garanti sur une période d'au moins 10 ans pour le parc de Fécamp.

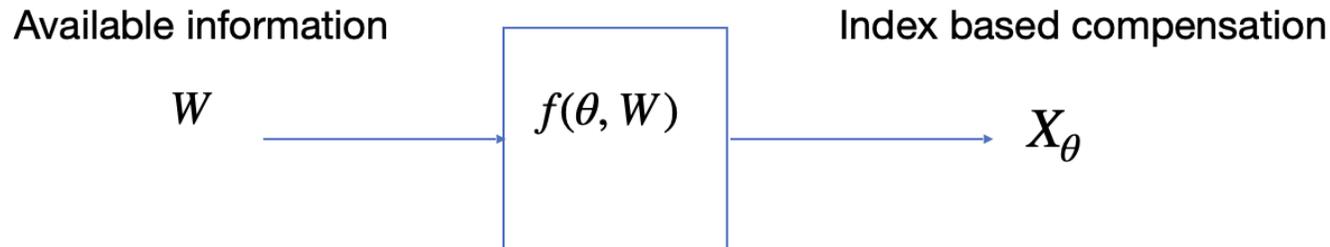
Pistes de réflexion

- **Etude de mutualisation avec les panneaux solaires** : Une mutualisation de la couverture paramétrique des éoliennes avec celle des panneaux solaires pourrait contribuer à réduire les risques et optimiser la couverture.
- **Captive de réassurance** : Une couverture combinant assurance paramétrique et captive de réassurance pourrait offrir une meilleure flexibilité dans la gestion des risques à long terme.

III. Travaux récents sur la calibration de couvertures paramétriques

Théorie de l'utilité

- **Conception d'indice** : D'un point de vue statistique, problème de régression, où on cherche à faire le lien entre variables disponibles W et une variable de perte Y .



- **Métrique à utiliser** : Doit-on optimiser les paramètres du modèle à partir d'un critère prédictif standard (par exemple perte quadratique), ou faut-il trouver une métrique plus adaptée ?
- **Introduction de la théorie de l'utilité** : prendre comme métrique un critère qui tente de matérialiser les préférences de l'assuré.
- **Fonction d'utilité** : une fonction $\mathbf{t} \rightarrow \mathbf{U}(\mathbf{t})$ qui matérialise la "satisfaction" de l'assuré lorsqu'il possède la richesse \mathbf{t} .
- **Propriétés** : U doit être **croissante**, **concave**, la concavité étant liée à la propriété d'**aversion au risque**.

Maximiser l'utilité

- **Situation de l'assuré** : l'assuré paie la prime π_X et subit la perte Y et reçoit la compensation X_θ .
- **Son utilité espérée** : (w sa fortune initiale)

$$\mathfrak{U}(\theta) = E \left[U (w - \pi_X - Y + X_\theta) \right].$$

- **Optimisation de l'indice** : choisir la valeur de θ qui maximise $\mathfrak{U}(\theta)$.
- **Références sur le sujet** :
 - Conradt, Finger, Spörri (2015)** *Flexible weather index-based insurance design*, **Climate Risk Management**, 10, 106-117.
 - Zhang, Tan, Weng (2019)** *Index insurance design*, **ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA**, 49(2), 491-523.
 - Chen, Lu, Zhang, Zhu (2024)** *Managing weather risk with a neural network-based index insurance*, **Management Science**, 70(7), 4306-4327.
- **Choix de la fonction d'utilité** : quelle fonction pour matérialiser la satisfaction de l'assuré ?

Le lien avec la demande d'assurance

➤ **Préférence** : Chaque assuré doit choisir le produit qui maximise son utilité. Les possibilités pour lui sont :

- sélectionner le produit paramétrique : issue moyenne $\mathfrak{U}(\theta) = E \left[U(w - \pi_X - Y + X_\theta) \right]$.
- ne pas s'assurer : issue moyenne $E \left[U(w - Y) \right]$
- si disponible, couverture traditionnelle totale : issue moyenne $w - \pi_Y$

➤ **Ce qui n'est pas pris en compte** :

- La vitesse de règlement n'est pas intégré dans cette approche, or c'est un avantage essentiel du paramétrique.
- Ce cadre (sauf adaptation) ne rend l'assurance paramétrique compétitive que si sa prime est significativement plus faible.
- Ignore le caractère "déceptif" de l'assurance traditionnelle (potentielle exclusion de certains sinistres).
- Peu apte à matérialiser le besoin de couverture face aux risques "extrêmes".

Interprétabilité, transparence

- **Arbitrage adéquation / simplicité** : l'amélioration du critère statistique utilisé va plaider pour des fonctions d'indemnisations complexes, et donc potentiellement opaques. Une trop grande simplicité de l'indice va avoir tendance à moins s'adapter à l'éventail des situations rencontrées.
- **Interprétabilité des modèles** : comment rendre compréhensibles d'éventuelles "boîtes noires" ?
- **Analyses d'impact** : démontrer sur les années passées quelle aurait été la résultante d'un produit paramétrique est nécessaire, mais cette vision peut être taxée d'obsolescence.
- **Confiance en l'indice** : nécessaire confiance dans les données qui permettent de calculer l'indice, de calibrer la couverture, dans le producteur de l'indice.