

3^{ème} Séminaire MAPE

« Réduction de la Mortalité Aviaire dans les Parcs Éoliens en exploitation »

WP2 : Conséquences des collisions sur les populations d'oiseaux

Thierry Chambert

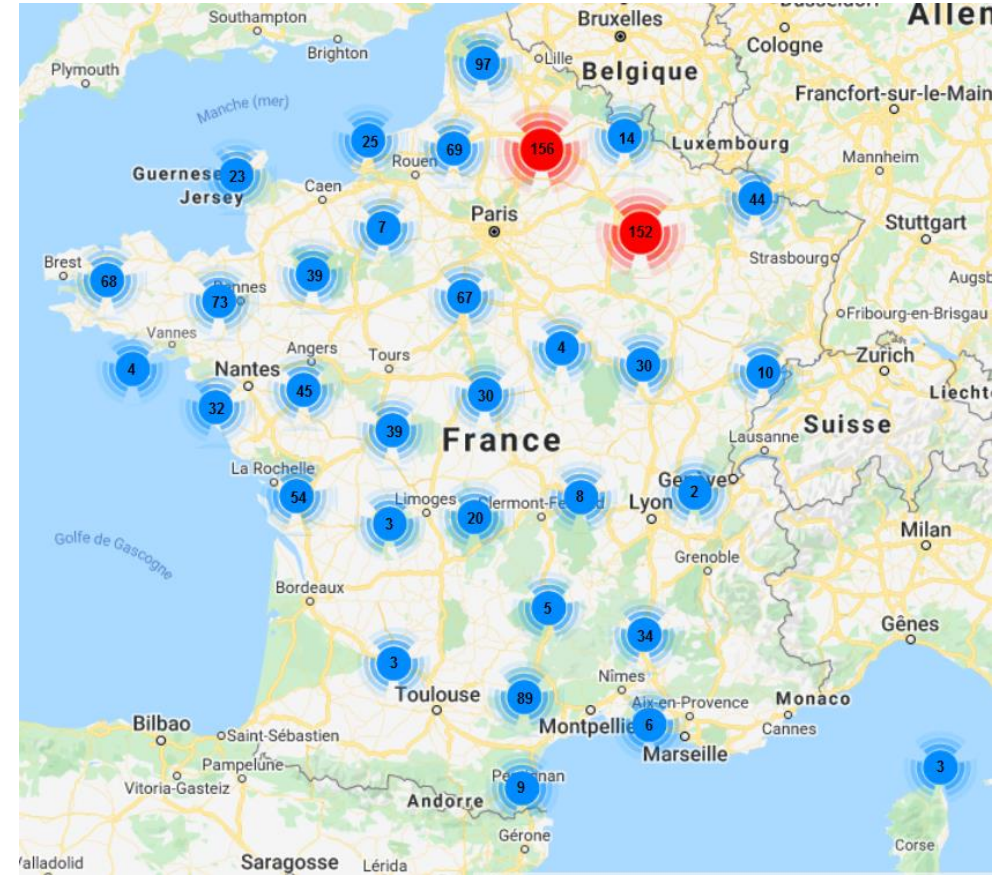
30 mars 2021

Contexte Projet MAPE

L'éolien en France

- ~ 8400 éoliennes (~1450 parcs)
= 8,9% de l'électricité consommée
- 2020 : 17,6 GW
- 2028 : ~34 GW ↻ x2 *Objectif PPE**

*PPE : Programmation pluriannuelle de l'énergie



thewindpower.net, 2020

Sources : FEE, SER, statistiques.developpement-durable.gouv.fr

Contexte Projet MAPE

Eolien



IMPACTS

- Perte d'habitats
- Dérangements
- Effets barrières

Avifaune



Contexte Projet MAPE

Eolien



IMPACTS

Avifaune



- Perte d'habitats
- Dérangements
- Effets barrières
- **Mortalités par collision**

France

~ 7 oiseaux / éolienne / an

↔ 81% d'espèces protégées

LPO, 2017



Contexte Projet MAPE

➔ Des obligations réglementaires: Éviter / Réduire / Compenser

**Volet
Recherche**

WP1 : Causes de la mortalité aviaire dans les parcs éoliens

WP2 : Conséquences des collisions sur les populations d'oiseaux

WP3 : Informations pour améliorer les solutions de réduction de la mortalité aviaire

**Volet
Protocole**

WP4 : Evaluation des systèmes de détection (bridage/effarouchement)

WP2

Conséquences des collisions sur les populations d'oiseaux

Développer un cadre méthodologique

Construire un outil (appli)

Formation



Population = enjeux réels de conservation

Cadre réglementaire sur les espèces protégées :

« ... la mortalité accidentelle [ne doit pas] remettre en cause le maintien ou la restauration en **bon état de conservation** de la **population locale** ... »

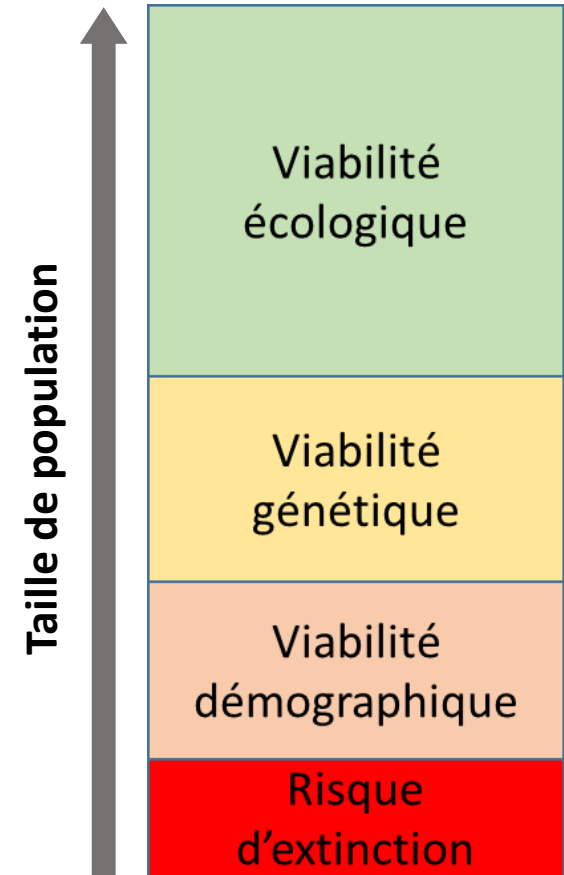
Guide 2014 - MEDDE

Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie

Objectif : avoir des populations viables*

*viables = qui persistent sur le long terme

(Schaefer 1954, Hilborn and Walters 1992, Sanderson 2006, May et al. 2019)



Population = enjeux réels de conservation

Roitelet triple-bandeau



30 mortalités par an*

Aigle royal



3 mortalités par an*

Quel impact ?

France : > 500 000 couples

France : ~ 600 couples
Massif central : < 40 couples

Impact dépend de:

- Mortalités
- Effectif population
- Tendence population
- Caractéristiques de l'espèce

(May et al. 2019)

*Valeur fictives

Dynamique d'une population

Etudié depuis les années 1950

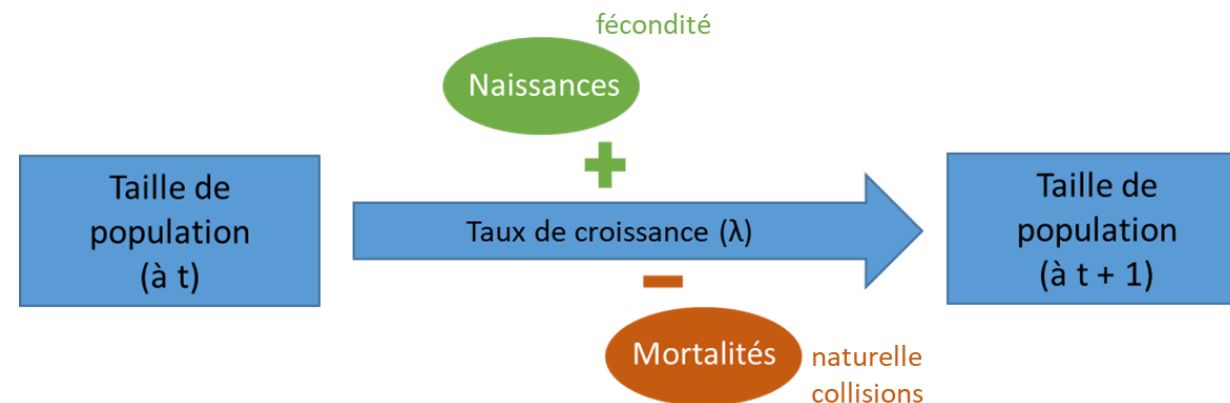
Littérature scientifique très riche

Ricker **1954**, Schaefer **1954**
 Nelder **1961**, Pella and Tomlinson **1969**
 Bergerud **1971**, Lomnicki **1978**
 Fowler **1981**, Zullinger et al. **1984**, Eberhardt **1987**
 Boyce **1992**, Jensen **1995**, McCullough **1999**
 Beissinger and McCullough **2002**, Eberhardt et al. **2002, 2008**
 Sæther et al. **2016**, Johnson et al. **2012, 2018**

Paramètres démographiques

- Fécondité
- Taux de survie
(= 1 – mortalité)

➔ Taux de croissance de la population

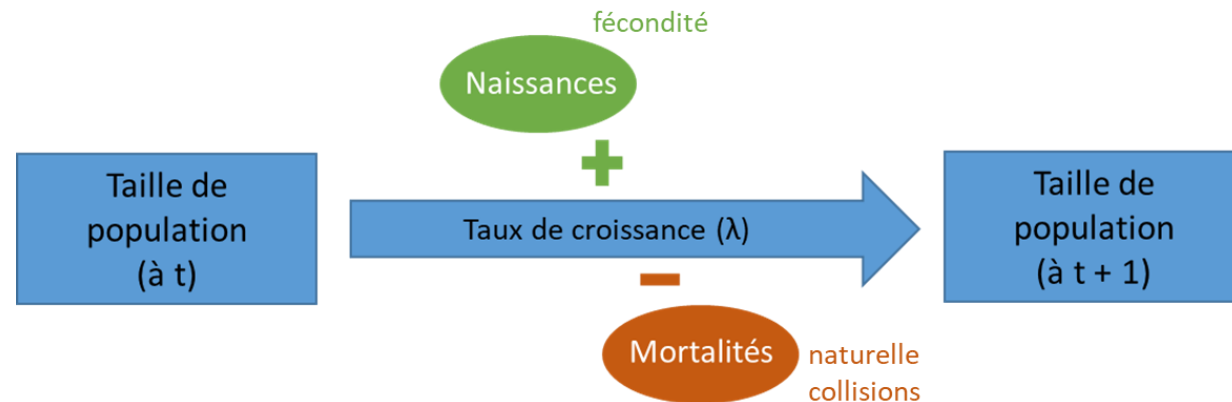
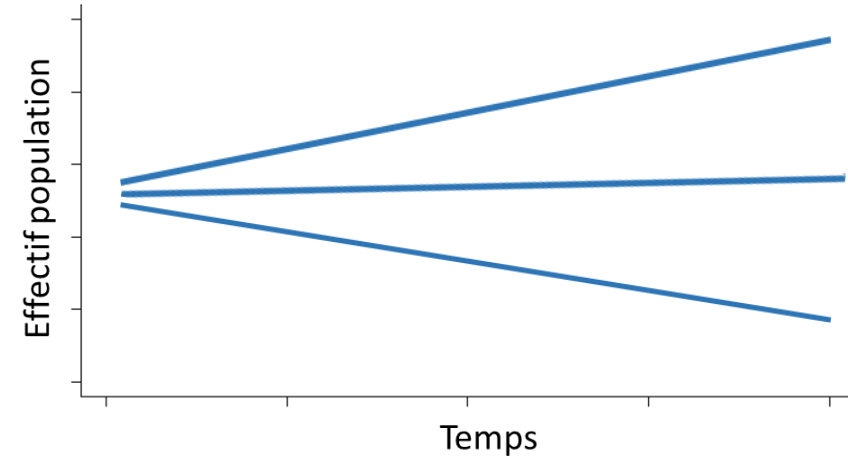


Dynamique d'une population

Naissances $>$ Mortalités \rightarrow croissance

Naissances $=$ Mortalités \rightarrow stable

Naissances $<$ Mortalités \rightarrow déclin



Potentiel de croissance démographique



Espèce à croissance rapide

Fort potentiel reproducteur

- Maturité « précoce »
- Fécondité élevée



fécondité mortalité



Espèce à croissance lente

Faible potentiel reproducteur

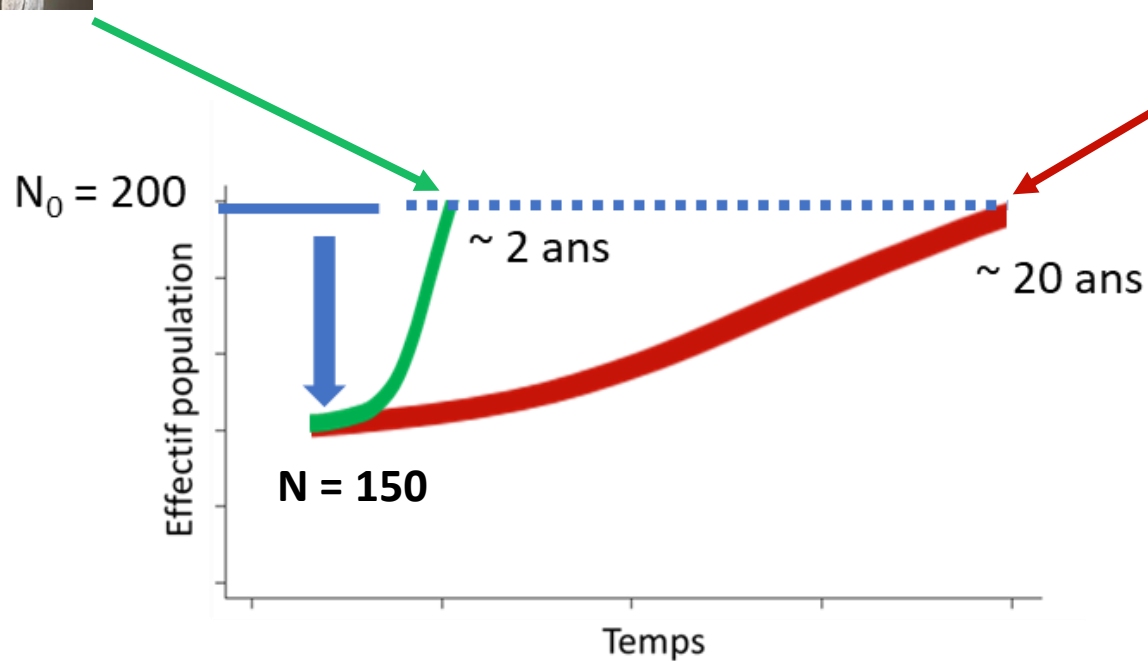
- Maturité « tardive »
- Fécondité basse



Potentiel de croissance démographique



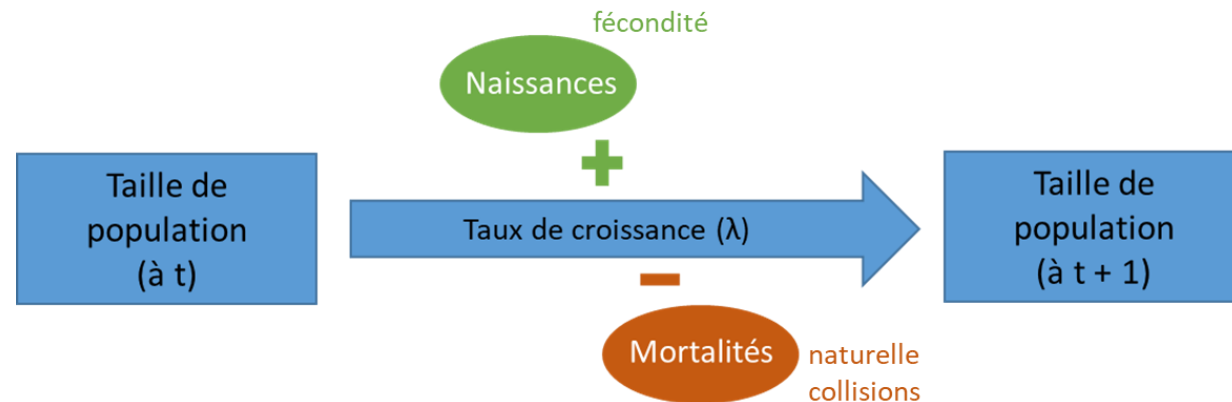
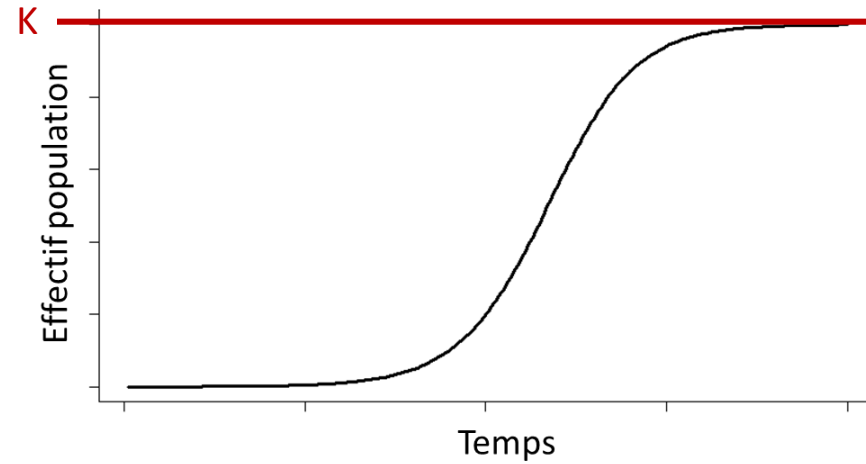
Potentiel de croissance démographique



De façon plus réaliste

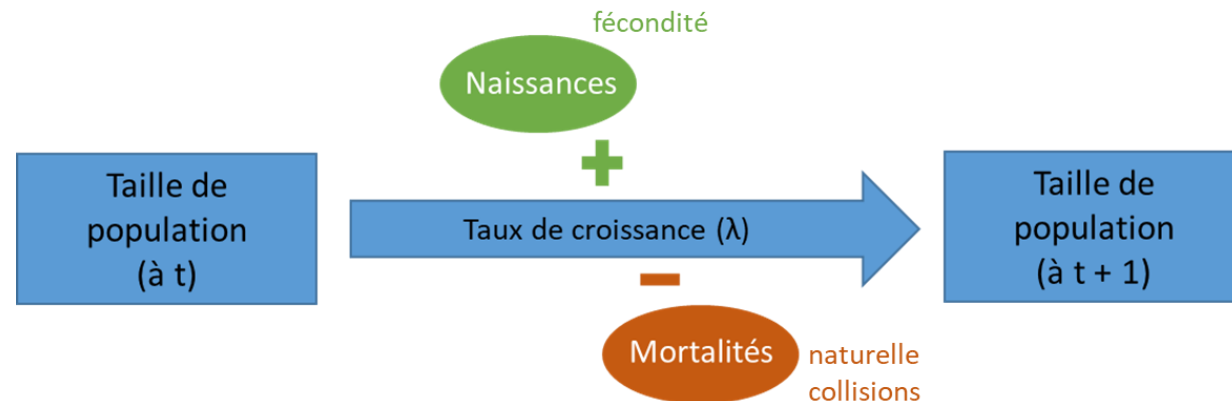
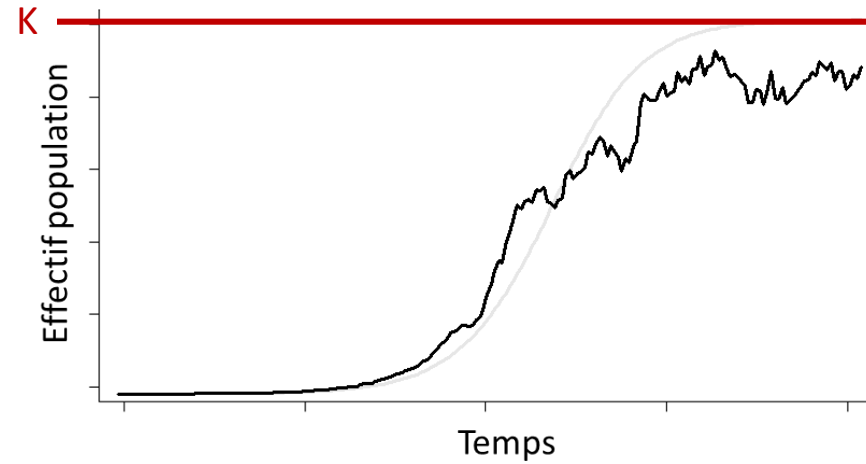
- Régulation

Capacité de charge
du milieu
« ressources limitées »



De façon plus réaliste

- Régulation
- Variabilité naturelle
- Structure en âge



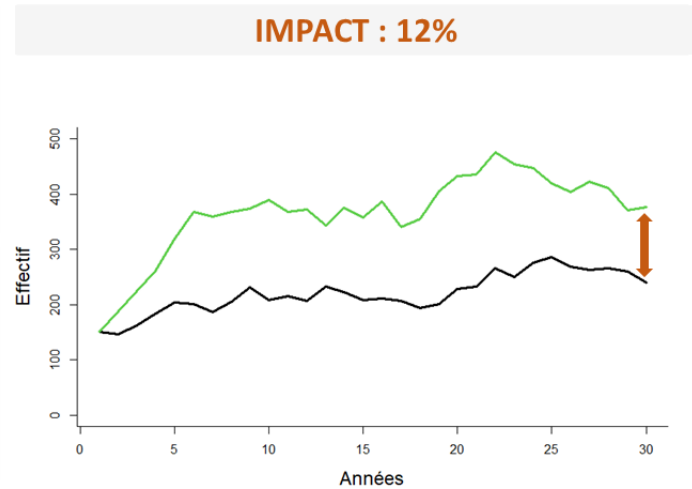
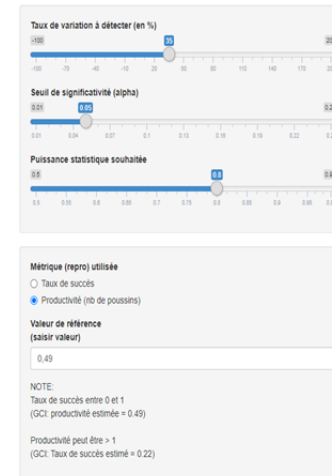
Objectif du WP2



Développer un cadre méthodologique pour **quantifier les impacts des mortalités à l'échelle des populations.**

1. Cadre pertinent: revue biblio
(discuté/validé en CT)

2. Outil à destination des BE
(à faire)



1. Etat de l'art

Choix d'un cadre méthodologique pertinent.

Cadre méthodologique : 2 options

1. PBR (Potential Biological Removal)

- Sortie: quota (mortalité)



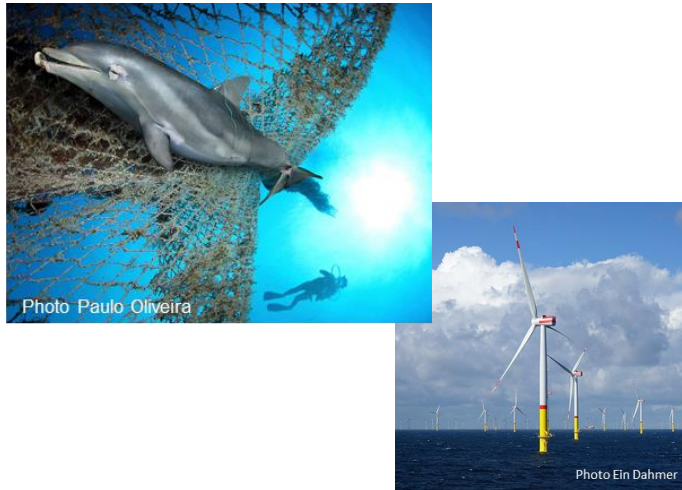
Calcul analytique

(Wade 1998, Niel and Lebreton 2005, Dillingham and Fletcher 2008, Moore et al. 2013)

Cadre méthodologique : 2 options

1. PBR (Potential Biological Removal)

- Sortie: quota (mortalité)

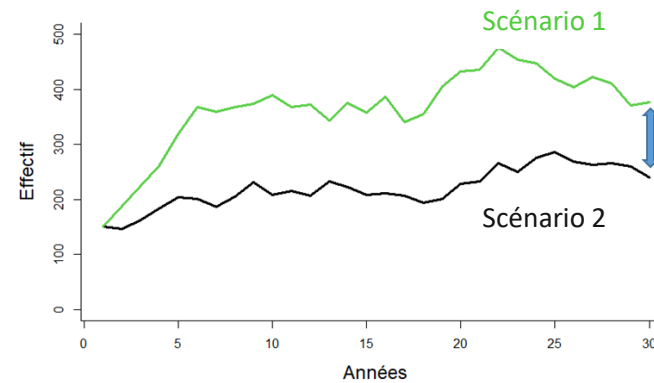


Calcul analytique

(Wade 1998, Niel and Lebreton 2005, Dillingham and Fletcher 2008, Moore et al. 2013)

2. Projections démographiques

- Sortie : impact (quantifié)



Simulations

Approche comparative

(Boyce 1992, Beissinger and McCullough 2002, Sæther & Engen 2002, Carrete et al. 2009)

Avantages/inconvénients

1. PBR (Potential Biological Removal)

Formule simple

Résultat tranché
(quota = binaire)

Inadapté au cadre réglementaire

Séquence ERC : « impact » / état initial

Avantages/inconvénients

1. PBR (Potential Biological Removal)

Formule simple

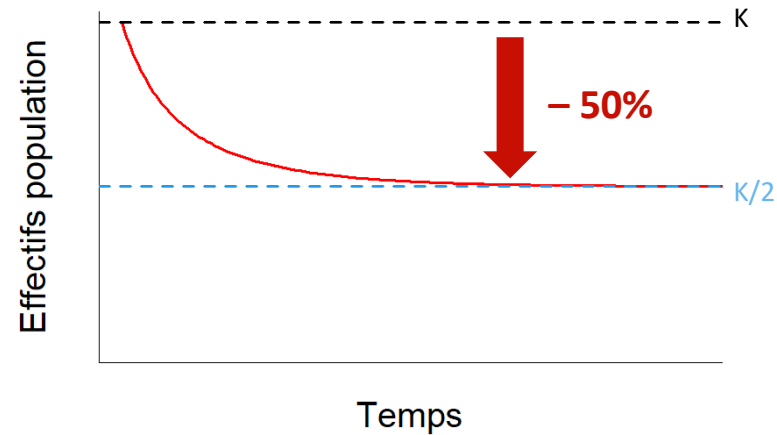
Résultat tranché
(quota = binaire)

Inadapté au cadre réglementaire

Séquence ERC : « impact » / état initial

PBR : objectif (implicite) « Equilibre de la population à $K/2$ »

➔ **Baisse potentielle de 50% de la population**



Avantages/inconvénients

1. PBR (Potential Biological Removal)

Formule simple

Résultat tranché
(quota = binaire)

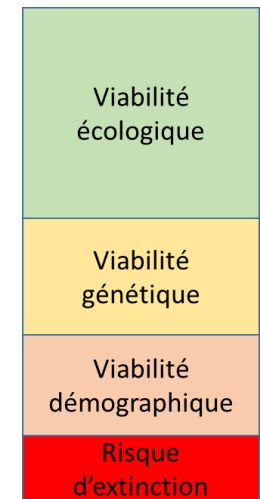
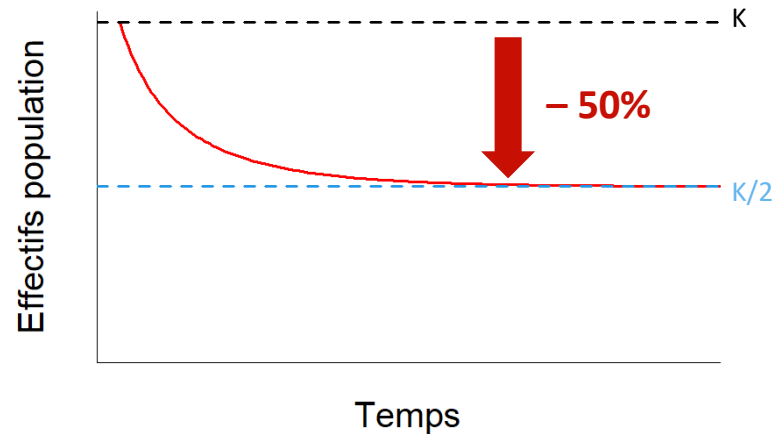
Inadapté au cadre réglementaire

Séquence ERC : « impact » / état initial

PBR : objectif (implicite) « Equilibre de la population à $K/2$ »

➔ **Baisse potentielle de 50% de la population**

Cadre réglementaire : « maintenir la population en **bon état de conservation** »



Avantages/inconvénients

1. PBR (Potential Biological Removal)

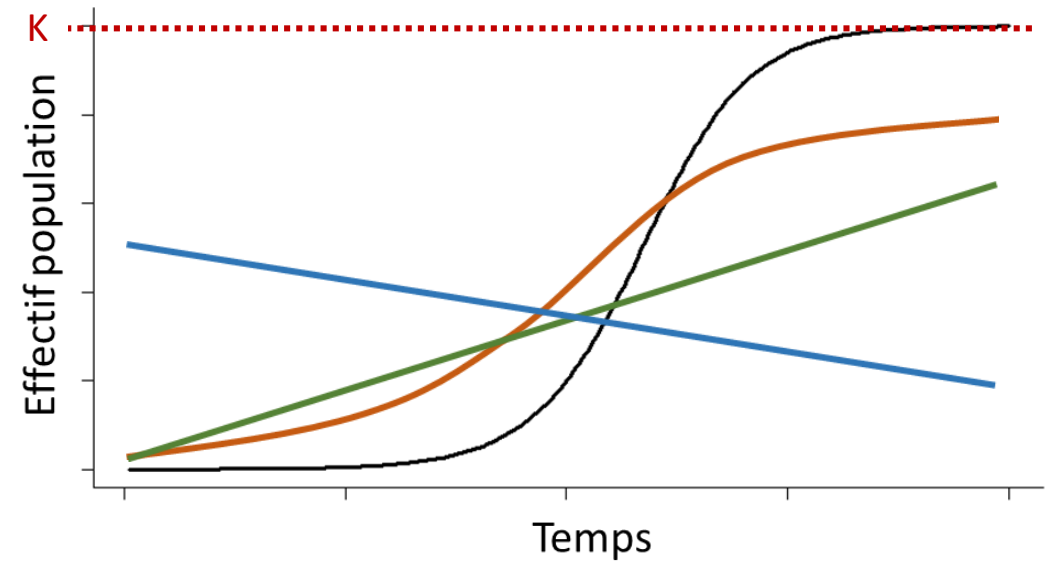
Formule simple

Résultat tranché
(quota = binaire)

Inadapté au cadre réglementaire

Hypothèse: **croissance optimale**

Inadapté pour **cause mortalité unique**



Green et al. 2016
Horswill et al. 2017
O'Brien et al. 2017
Schippers et al. 2020



Photo: EDF



Tahreer Photography / Getty Images



Photo: Excellium

Comparaison

1. PBR (Potential Biological Removal)

Formule simple

Résultat tranché
(quota = binaire)

Inadapté au cadre réglementaire

Hypothèse: **croissance optimale**

Inadapté pour **cause mortalité unique**

Pas de structure en âge / pas d'aléas

Green et al. 2016
Horswill et al. 2017
O'Brien et al. 2017
Schippers et al. 2020



2. Projection démographiques

Simulations (temps de calcul)

Résultat moins tranché
(impact = gradient / non binaire)

Impact = **adapté à la séquence ERC**

Hypothèses maîtrisées

Donc adaptable à toute situation

Plus flexible (structure âge, variabilité)



2. Outil démographique

Propositions et conception

Un outil adaptable au contexte

Impact des collisions va dépendre:

- Mortalités
- Effectif de la population
- Tendance de la population
- Caractéristiques de l'espèce

(May et al. 2019)

Un outil adaptable au contexte

Impact des collisions va dépendre:

- **Mortalités**
- **Effectif de la population**
- **Tendance de la population**
- Caractéristiques de l'espèce

Impact : contexte-dépendant

- Différent d'un parc à un autre
- Pas immuable dans le temps

(May et al. 2019)

Un outil adaptable au contexte

Impact des collisions va dépendre:

- **Mortalités**
- **Effectif de la population**
- **Tendance de la population**
- Caractéristiques de l'espèce

Impact : contexte-dépendant

- Différent d'un parc à un autre
- Pas immuable dans le temps

(May et al. 2019)

➔ **Nécessité d'évaluer les impacts au cas par cas**

➔ **Nécessité d'avoir un outil commun,
réutilisable à chaque nouvelle étude d'impact**

Outil démographique



Mortalités (cumulées)

Effectif population

Tendance population

Paramètres
démographiques

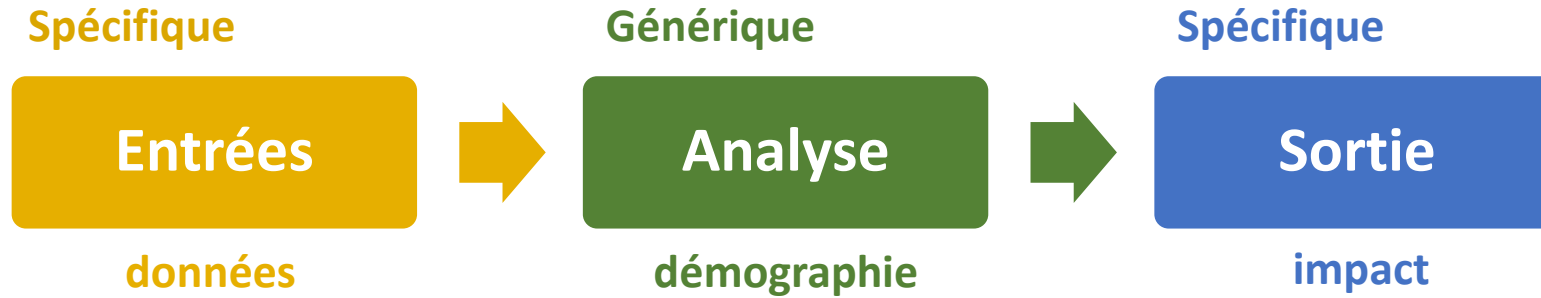


Fournies par l'utilisateur

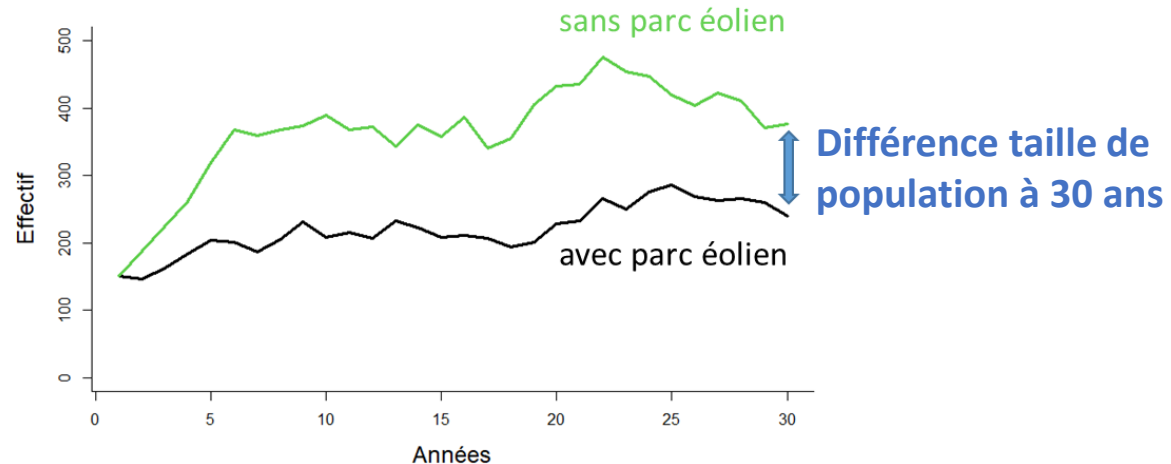


Pré-paramétrés (en partie)

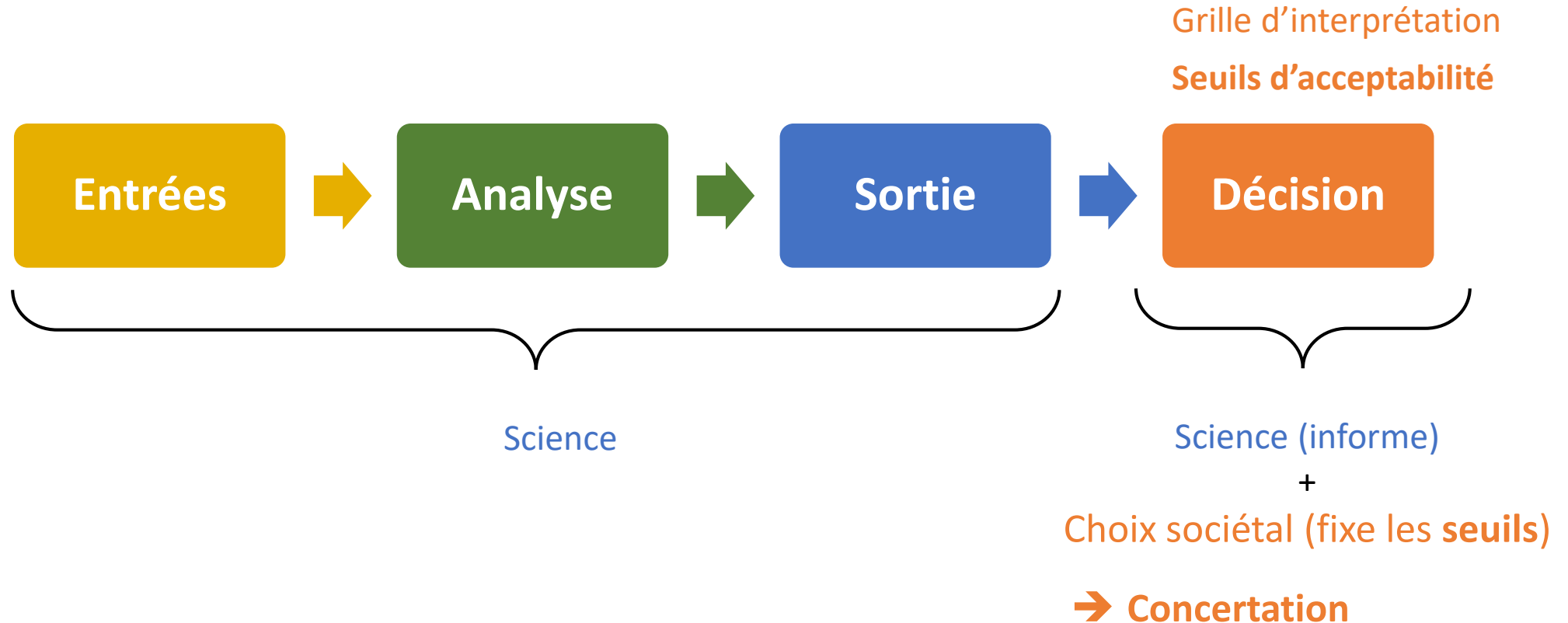
Outil démographique



- Mortalités (cumulées)
- Effectif population
- Tendance population
- Paramètres démographiques



Et après ?



Grille d'interprétation/décision

Impact
(seuils de sévérité)

← **Gradient d'impact** →

Statut population	Néglig.	Faible	Notable	Fort	Très fort
Hors de danger	✓	✓	✓	✓	✗
Risque faible	✓	✓	✓	✗	✗
Vulnérable	✓	✓	✗	✗	✗
Menacée	✓	✗	✗	✗	✗

✓ acceptable
✗ non acceptable

Thomas 1990 ; Sanderson 2006 ; Traill et al. 2007, 2010

Points clés

Cadre d'analyse

- **Quantification** des impacts
- ~~Calcul de seuils « soutenables » (= quotas)~~

Cadre → Outil

- **Méthode générique** → résultats spécifiques (**cas par cas**)
- ~~Résultats génériques par espèce~~

Séparation des étapes de:

- Calcul des impacts (objectif)
- Décision de leur **acceptabilité** (subjectif)



Merci de votre attention

3^{ème} Séminaire MAPE

« Réduction de la Mortalité Aviaire dans les Parcs Éoliens en exploitation »

Workpackage 4 : Rédiger et valider un protocole d'évaluation collaboratif des systèmes de détection-réaction

Alexandre CORBEAU

30 mars 2021

Rappel contexte Projet MAPE

➔ Des obligations réglementaires: Éviter / Réduire / Compenser

Volet
Recherche

WP1 : Causes de la mortalité aviaire dans les parcs éoliens

WP2 : Conséquences des collisions sur les populations d'oiseaux

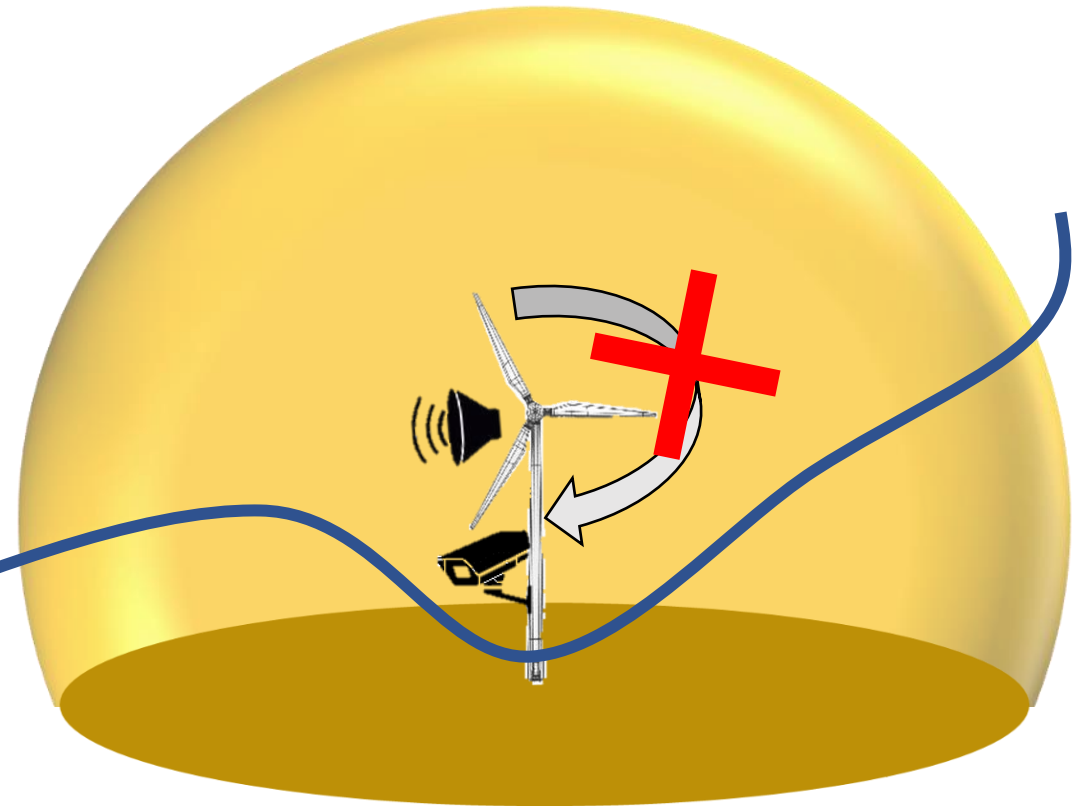
WP3 : Informations pour améliorer les solutions de réduction de la mortalité aviaire

Volet
Protocole

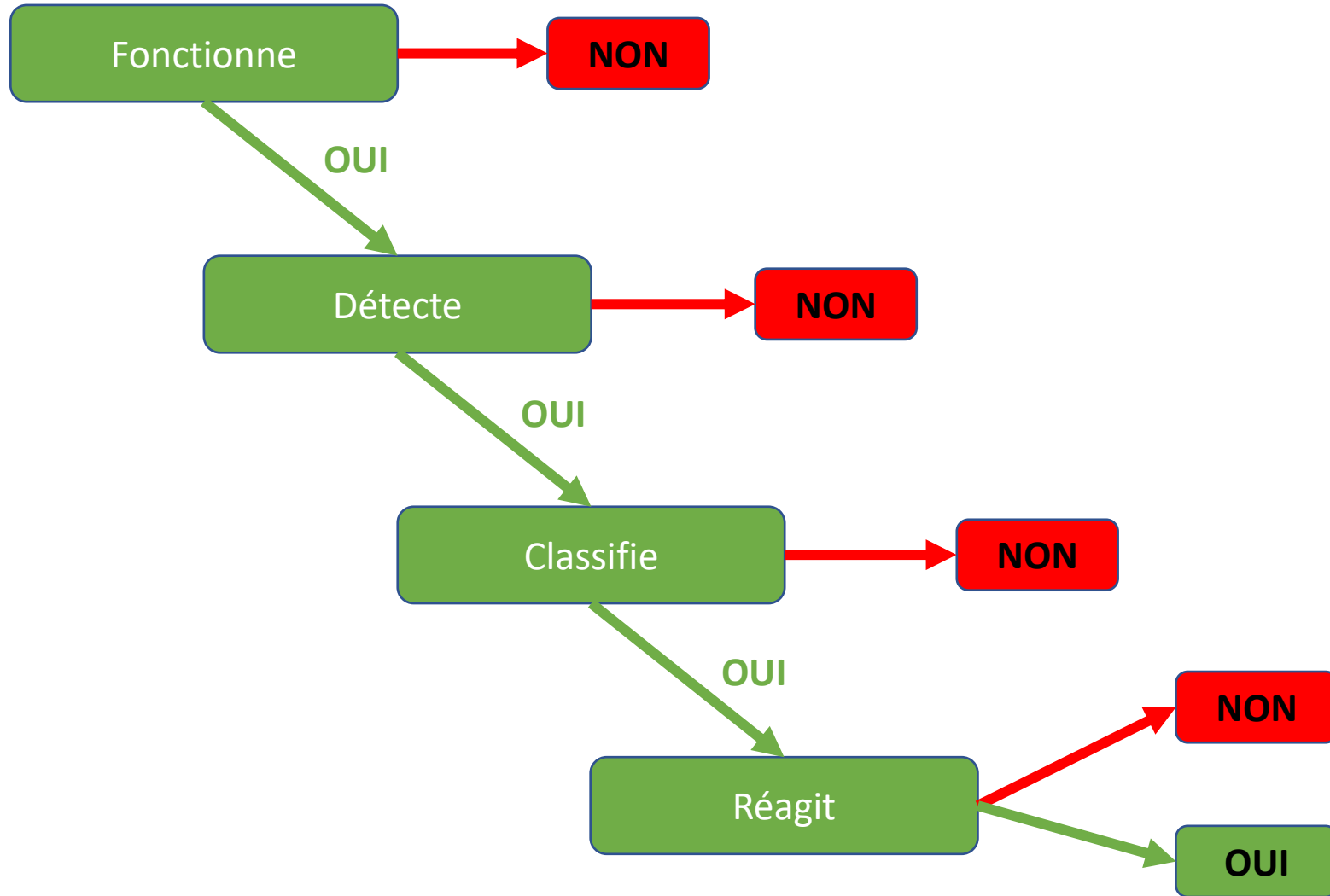
WP4 : Evaluation les systèmes de détection (bridage/effarouchement)

Les systèmes de détection/réaction

- Basé sur quatre principes
 - Lister une ou des espèces cibles
 - Définir une zone à risque
 - Détecter des oiseaux
 - Réagir si pénétration dans la zone



Les grandes étapes de fonctionnement



Quatre grandes familles de technologies

- Optique 2D
 - Caméra
 - Détection/classification
 - > nombre et mouvement des pixels

Biodiv-Wind
DT Bird
ProBird
Biseco
BirdRecorder
BirdVision
Université de l'Orégon



Quatre grandes familles de technologies

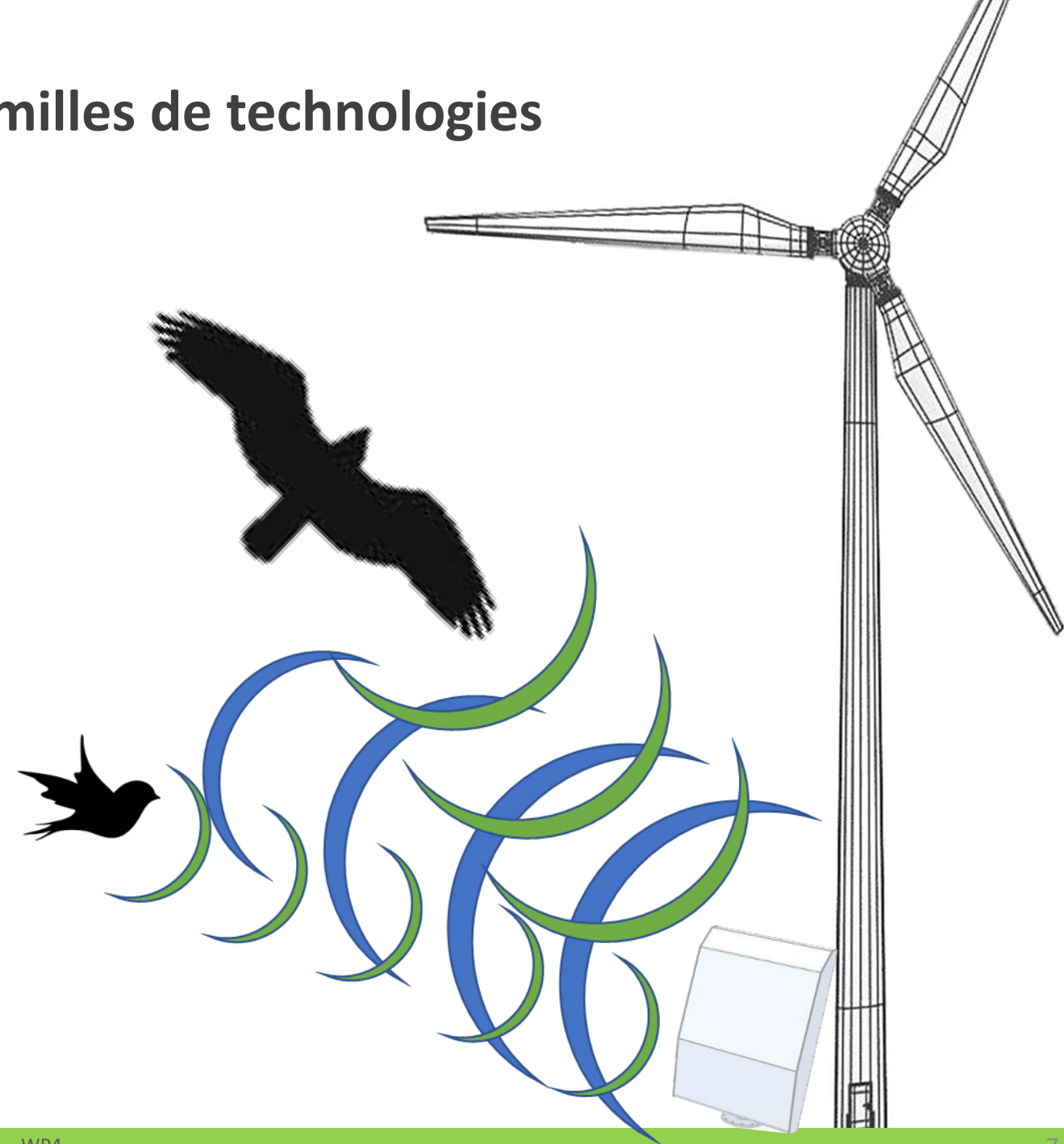
- Optique 2D
- Optique 3D
 - Caméra
 - Évaluation de la distance
 - Trajectométrie fine
 - Classification à l'espèce



Quatre grandes familles de technologies

- Optique 2D
- Optique 3D
- Radar
 - Utilisation de la réflexion des objets (échos)
 - Détection de plus loin
 - Classification des grands groupes

Diades Marine France
RobinRadar MAX
BirdTrack
Merlin Avian Radar System
Multiradar
BirdScan MS1



Quatre grandes familles de technologies

- Optique 2D
- Optique 3D
- Radar
- Mixte
 - Combinaison des deux systèmes
 - Détection plus loin
 - Classification à l'espèce

*Laufer Wind
MUSE*



Une efficacité des dispositifs questionnée ?

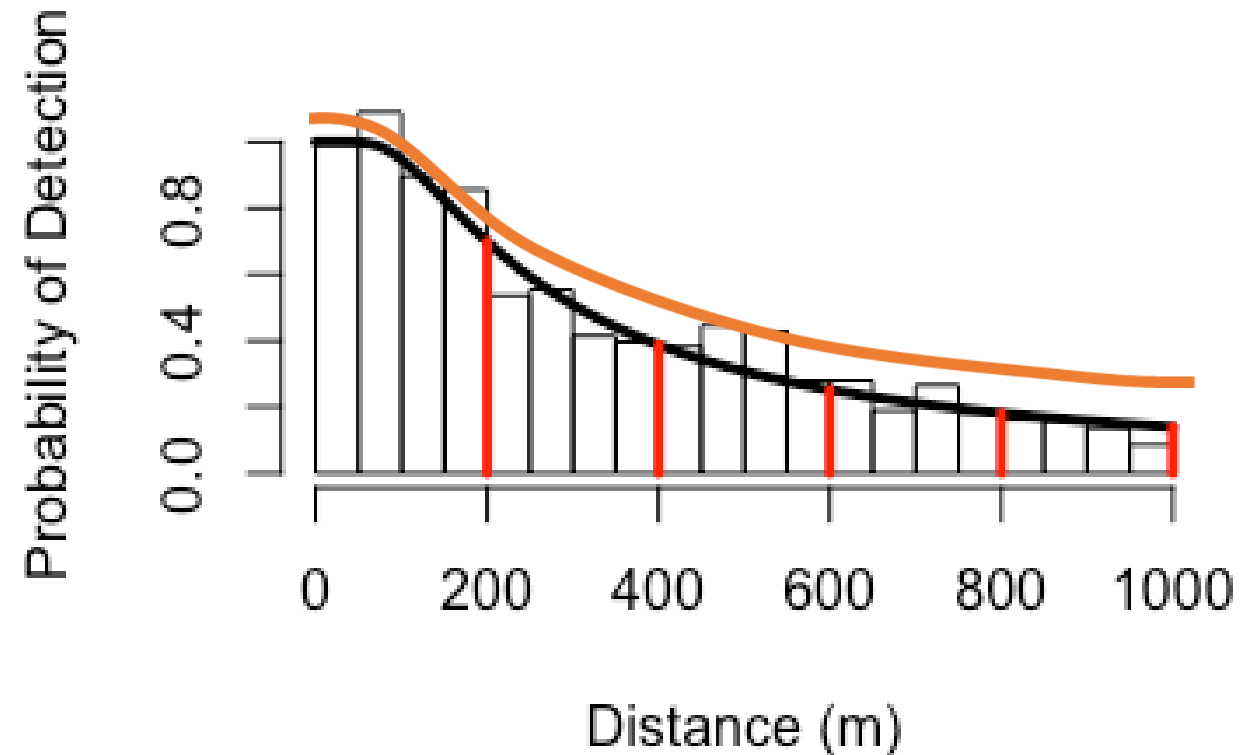
- Des mortalités encore observées sur des parcs équipés
- Une évaluation portée par les développeurs et quelques parcs
 - Des limites méthodologiques
- Le projet MAPE : rédiger un protocole d'évaluation -> **WP4**
 - Complet
 - Comparable
 - Collaboratif
 - Neutre

Travail préalable

- Bibliographie = Etat de l'art
 - Scientifiques internationales
 - Littératures grises : rapports et retours d'expériences
 - Documents produits par KNE : *centre de compétences pour la protection de la nature et la transition écologique - Allemagne*
- Consultation
 - Acteurs de la filière
 - Prestataires de système de détection
 - Turbiniers
 - Bureaux d'études
 - Séminaires internationaux

Une évaluation actuelle imparfaite

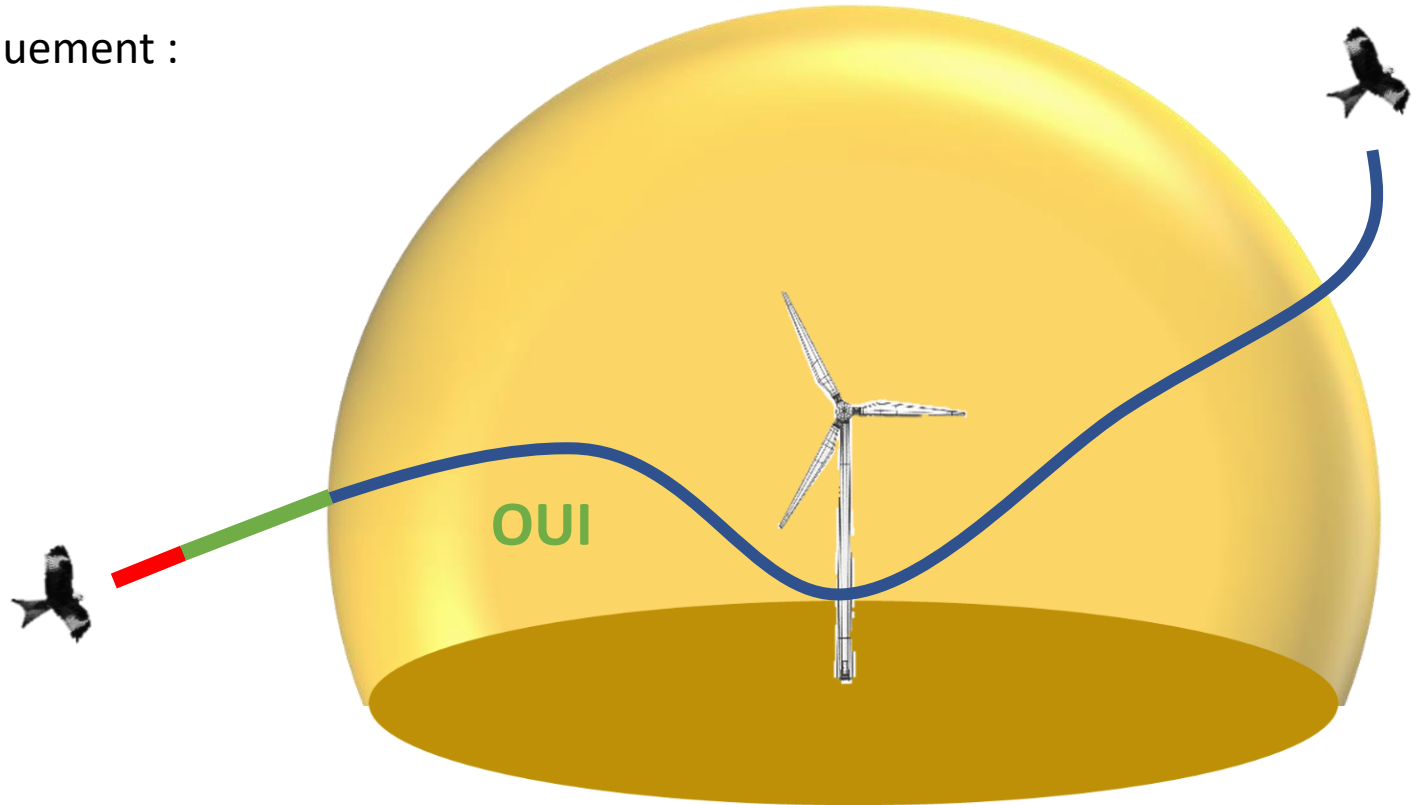
- Les manques principaux
 - Basé sur la détection/classification, peu sur le fonctionnement/réaction
 - Évaluation en conditions de détection optimales :
-> **une évaluation optimiste en moyenne**
- Les biais méthodologiques
 - Comparée à des observateurs
 - Effet distance rarement modélisé
-> **biais de détection**



Une évaluation actuelle imparfaite

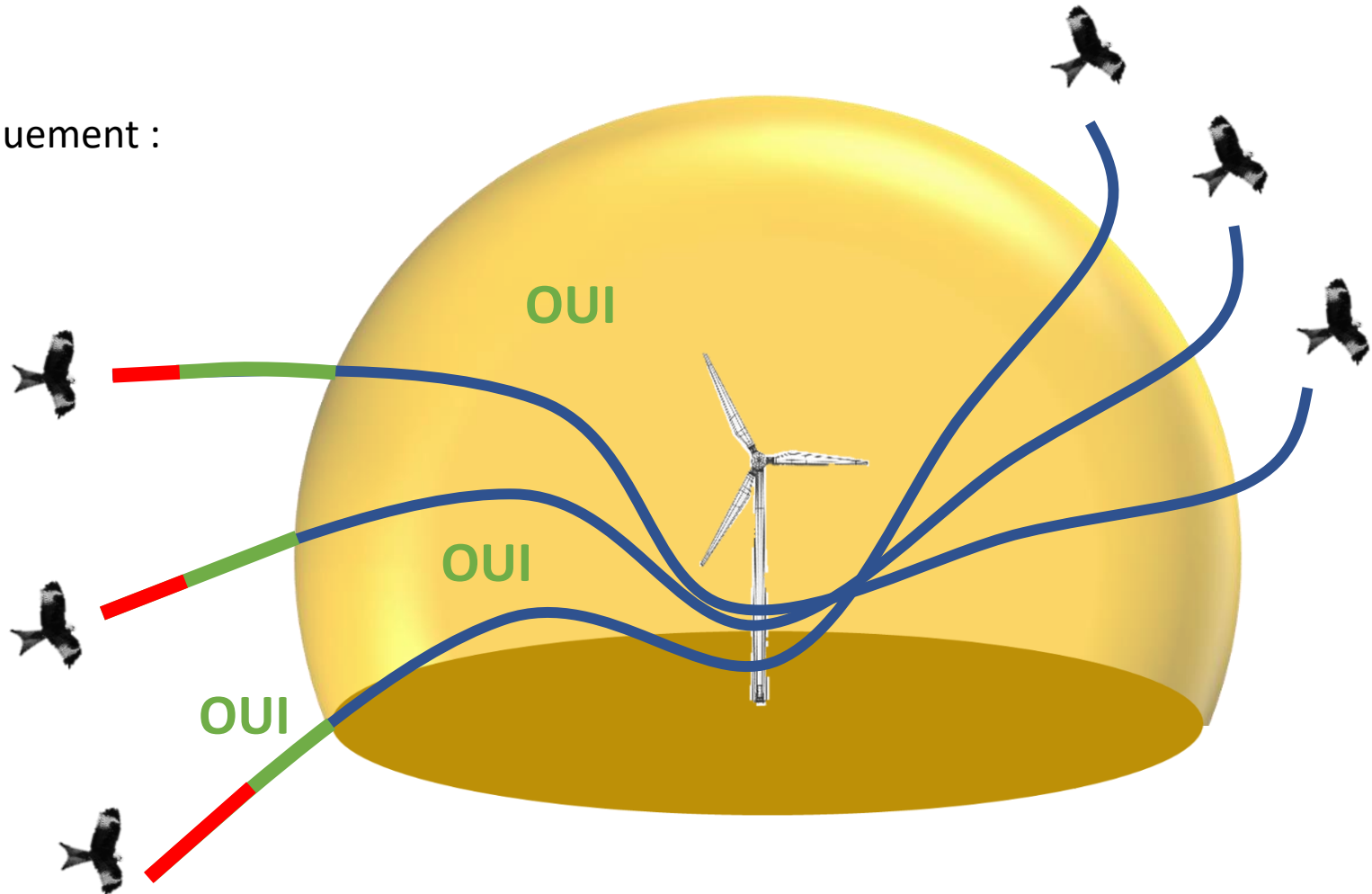
- La fiabilité statistique
 - Pas de standardisation / répétabilité entre évaluation -> **pas de comparaison possible**
 - Des variables rarement explicites
 - Peu d'analyses statistiques (avec intervalles de confiance)
 - Faible tailles d'échantillons sur les vrais oiseaux

- Exemple (la détection) :
 - Un trajet n'est pas une variable
 - Une variable modélisable statistiquement :
-> Être détecté ou pas



- Exemple (la détection) :
 - Un trajet n'est pas une variable
 - Une variable modélisable statistiquement :
-> Être détecté ou pas

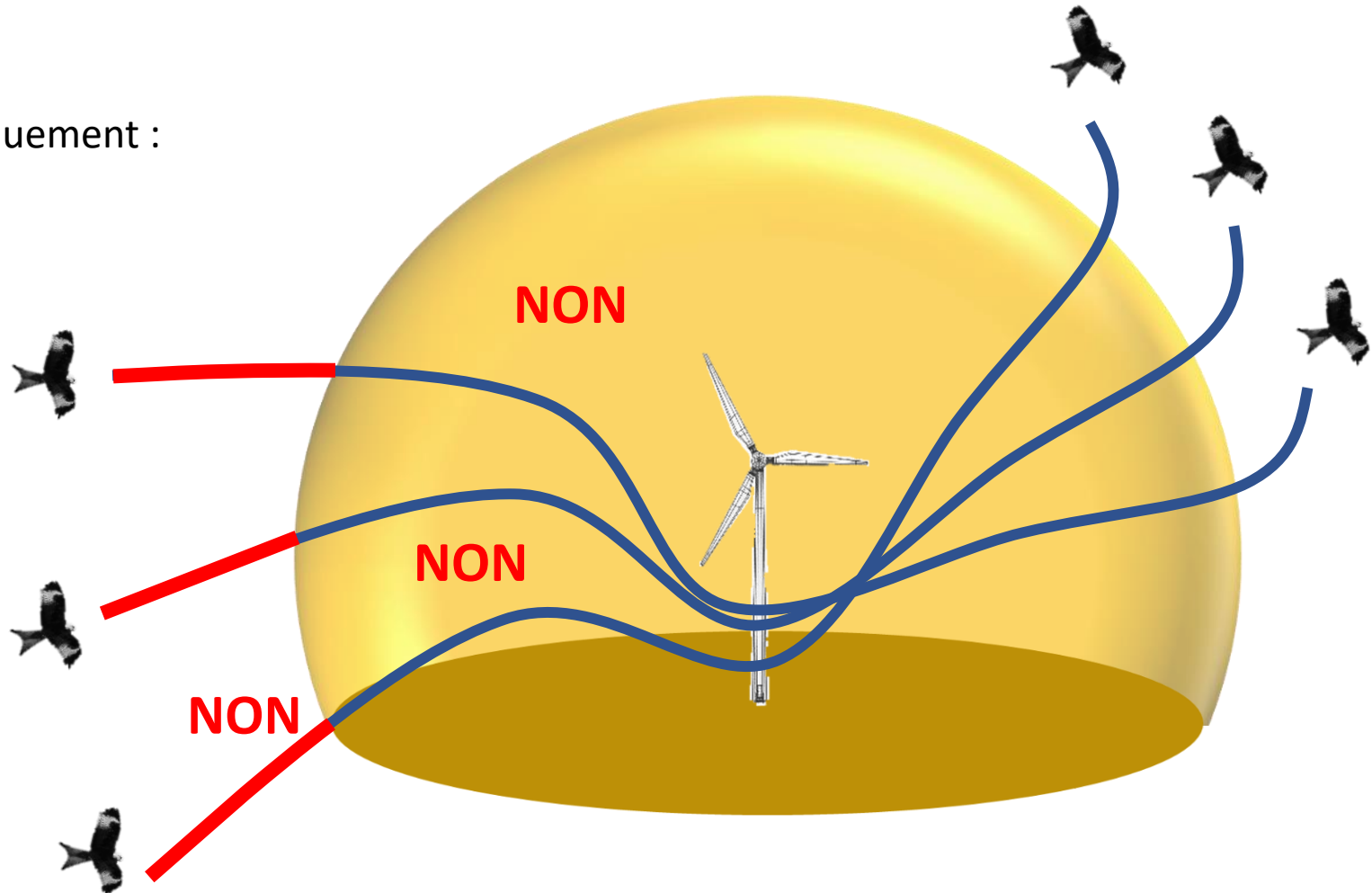
Réplicats = 3
Moyenne = 100% -> par pur hasard



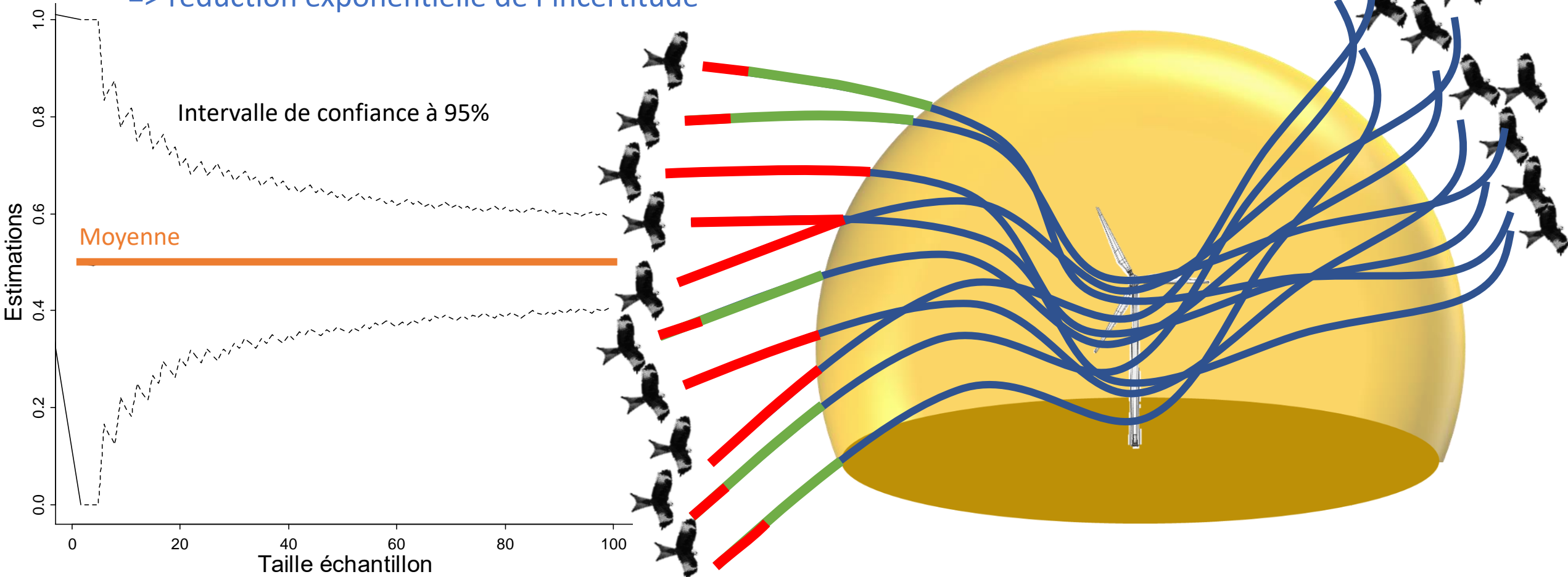
- Exemple (la détection) :
 - Un trajet n'est pas une variable
 - Une variable modélisable statistiquement :
-> Être détecté ou pas

Réplicats = 3

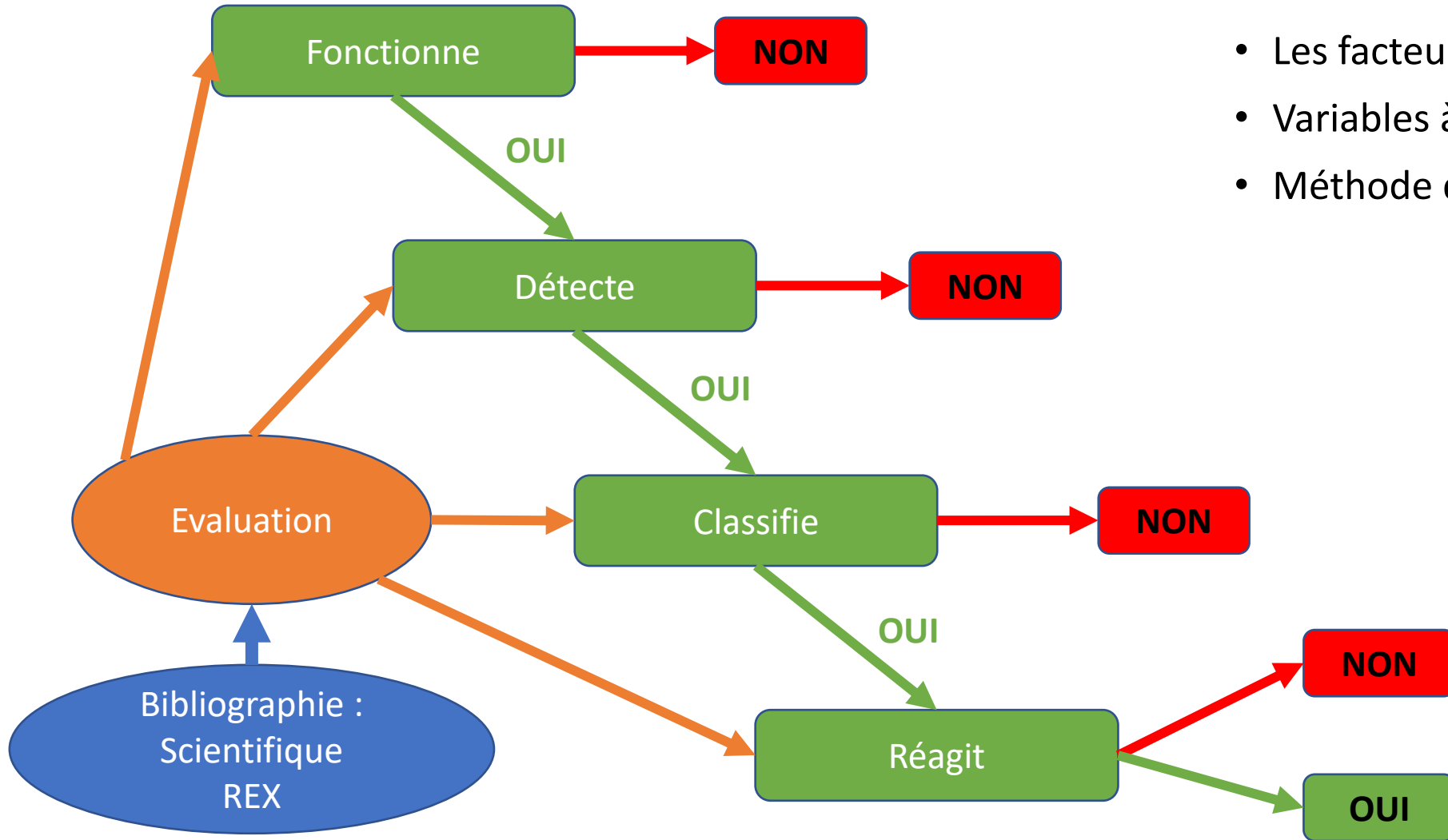
Moyenne = 0% -> par pur hasard



- L'augmentation de taille de l'échantillon (réplicats)
=> réduction exponentielle de l'incertitude



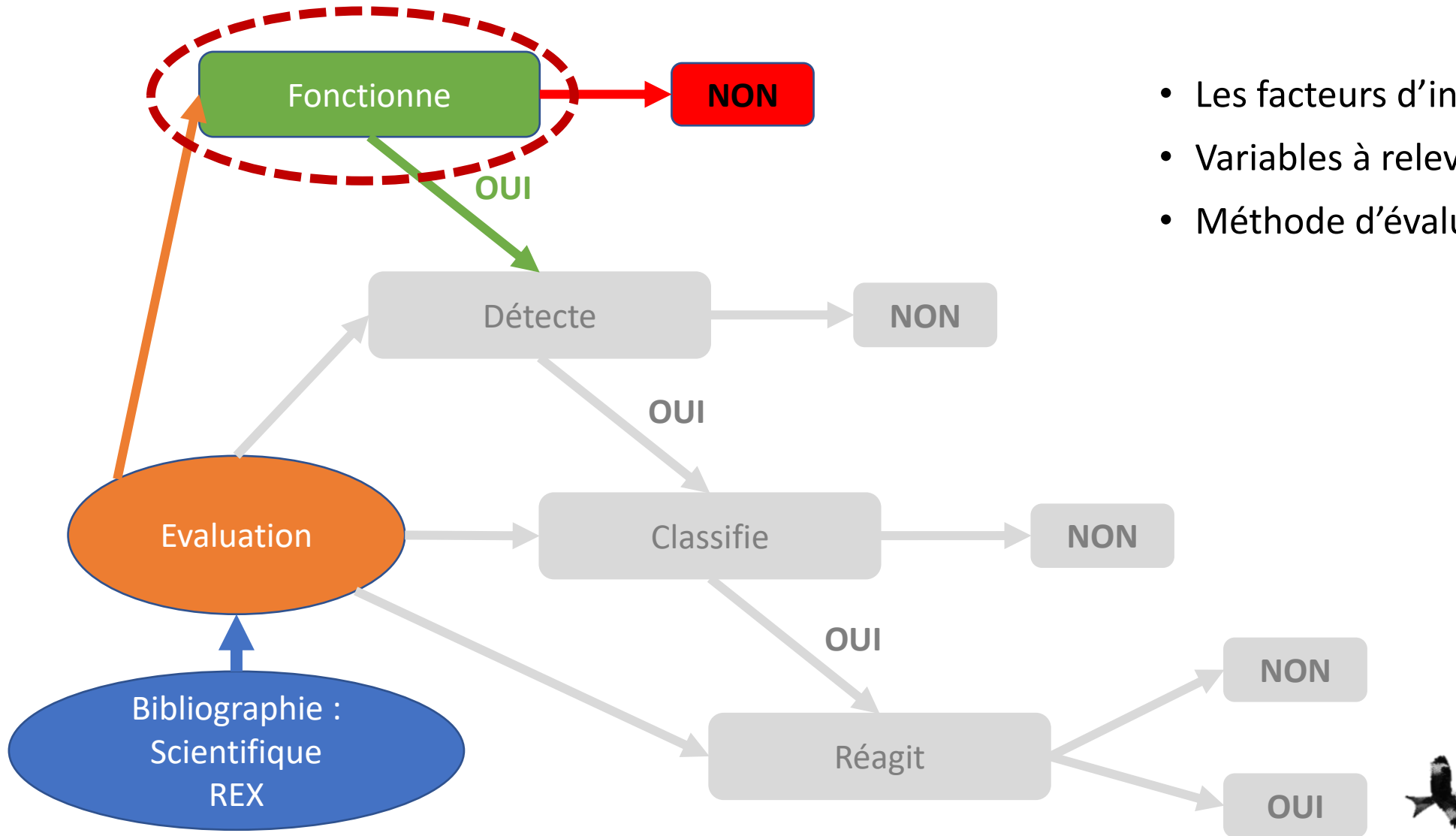
L'évaluation de chaque étape



- Les facteurs d'influence
- Variables à relever et modéliser
- Méthode d'évaluation



L'évaluation de chaque étape



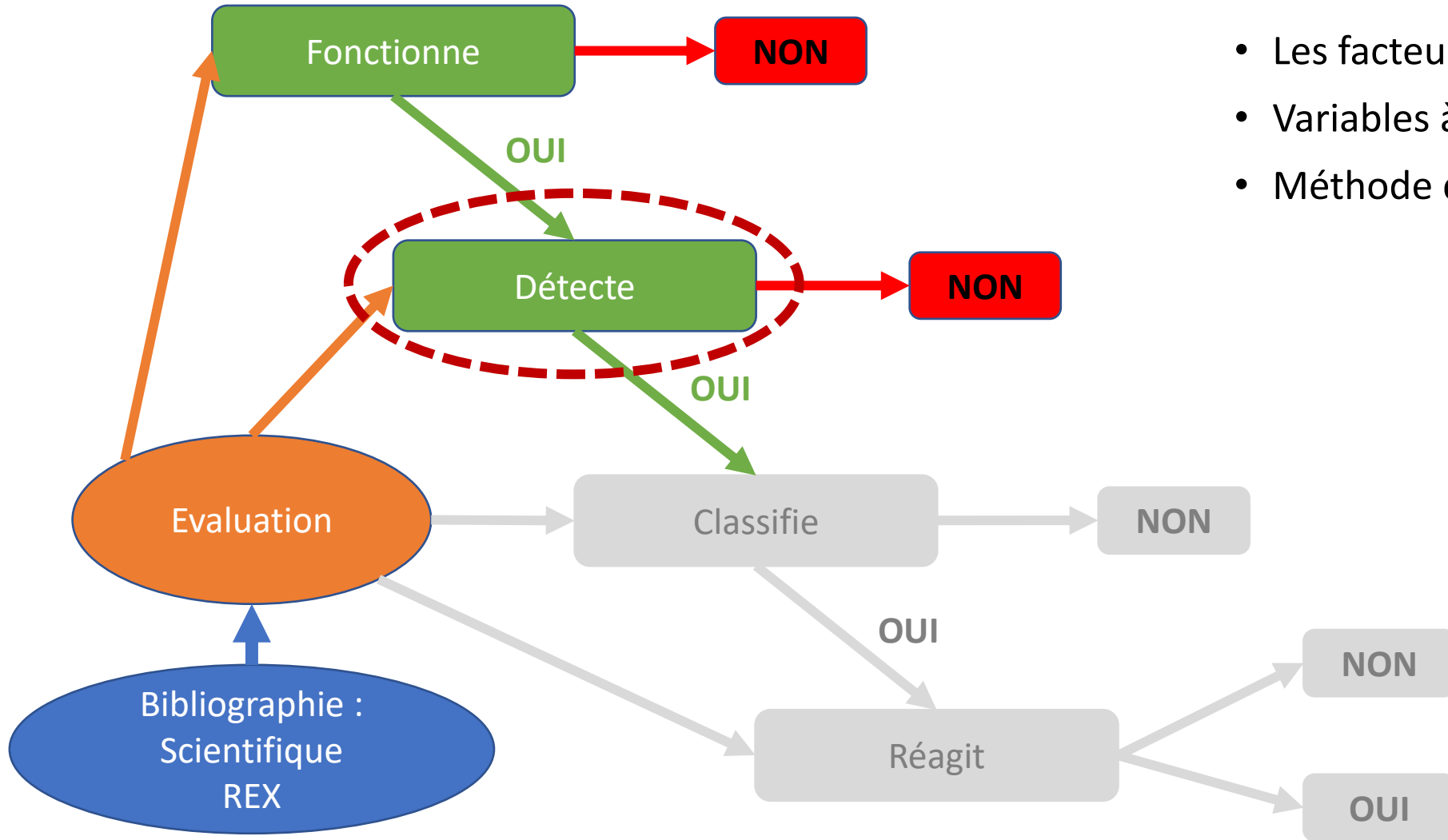
- Les facteurs d'influence
- Variables à relever et modéliser
- Méthode d'évaluation

Le fonctionnement

- Les facteurs d'influence
 - Le temps fonctionnement sur une journée/mois/année
 - La couverture spatiale continue
- Variables à relever et modéliser
 - % de temps absolue -> mesure continue
 - % de degrés couverts pas le système
- Méthode d'évaluation
 - Données du système



L'évaluation de chaque étape



- Les facteurs d'influence
- Variables à relever et modéliser
- Méthode d'évaluation



La détection

- Les facteurs d'influence
 - La distance
 - L'angle
 - L'altitude
 - Les espèces
 - L'heure de la journée
 - Arrière-plan
 - Les conditions météo



La détection

- Variables à relever et modéliser
 - OUI / NON (avec réplicats) -> probabilité de détection dans chaque condition

	Détection	Absence de détection
Présence de l'oiseau	Vrai positif	Faux négatif
Absence de l'oiseau	Faux positif	Vrai négatif

Objectif réglementaire
-> réduction mortalité

Objectif efficacité
-> perte minimale de production

-> L'objectif est d'estimer ces 3 taux

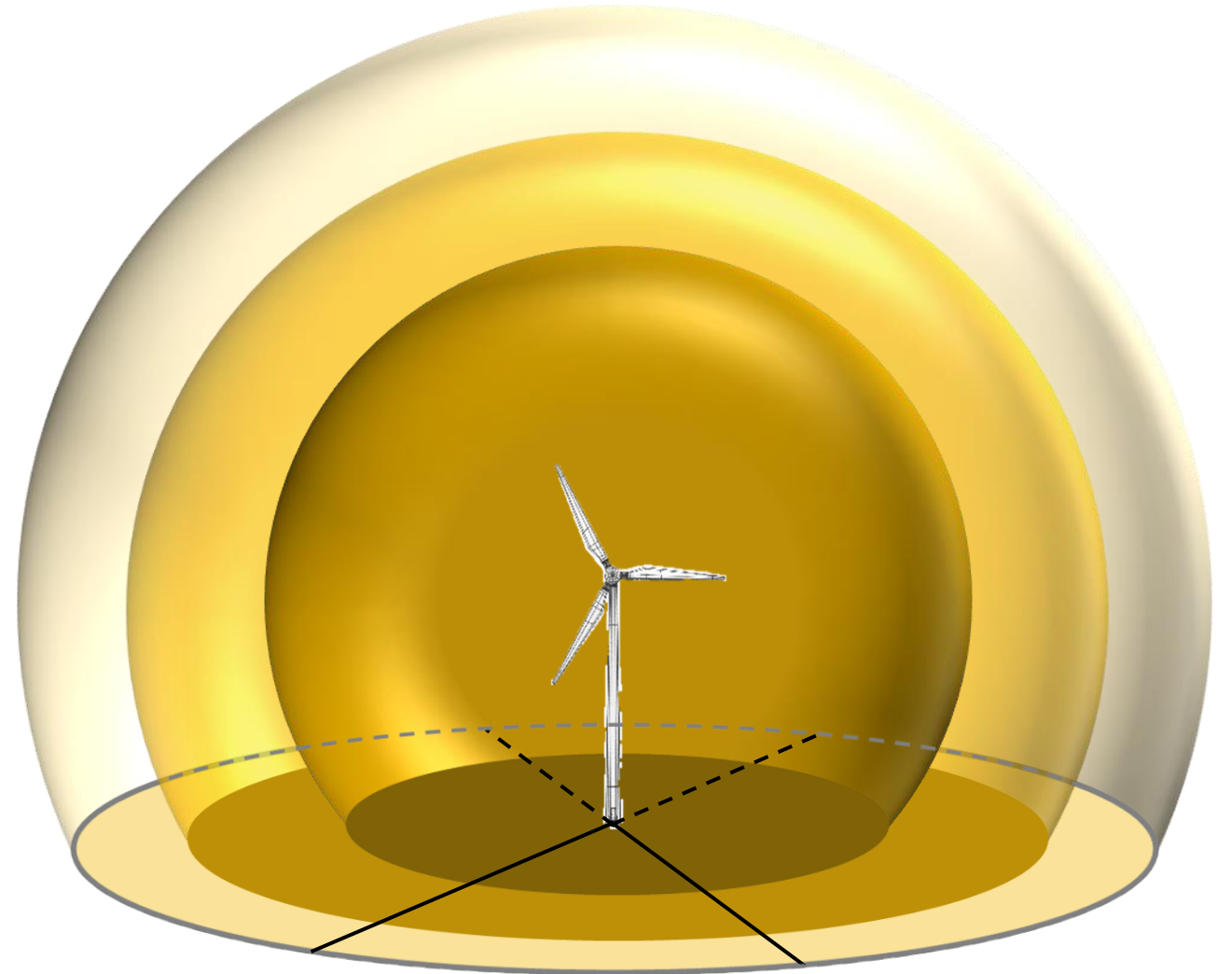
La détection

- Méthode d'évaluation
 - Découper l'espace
 - > distances



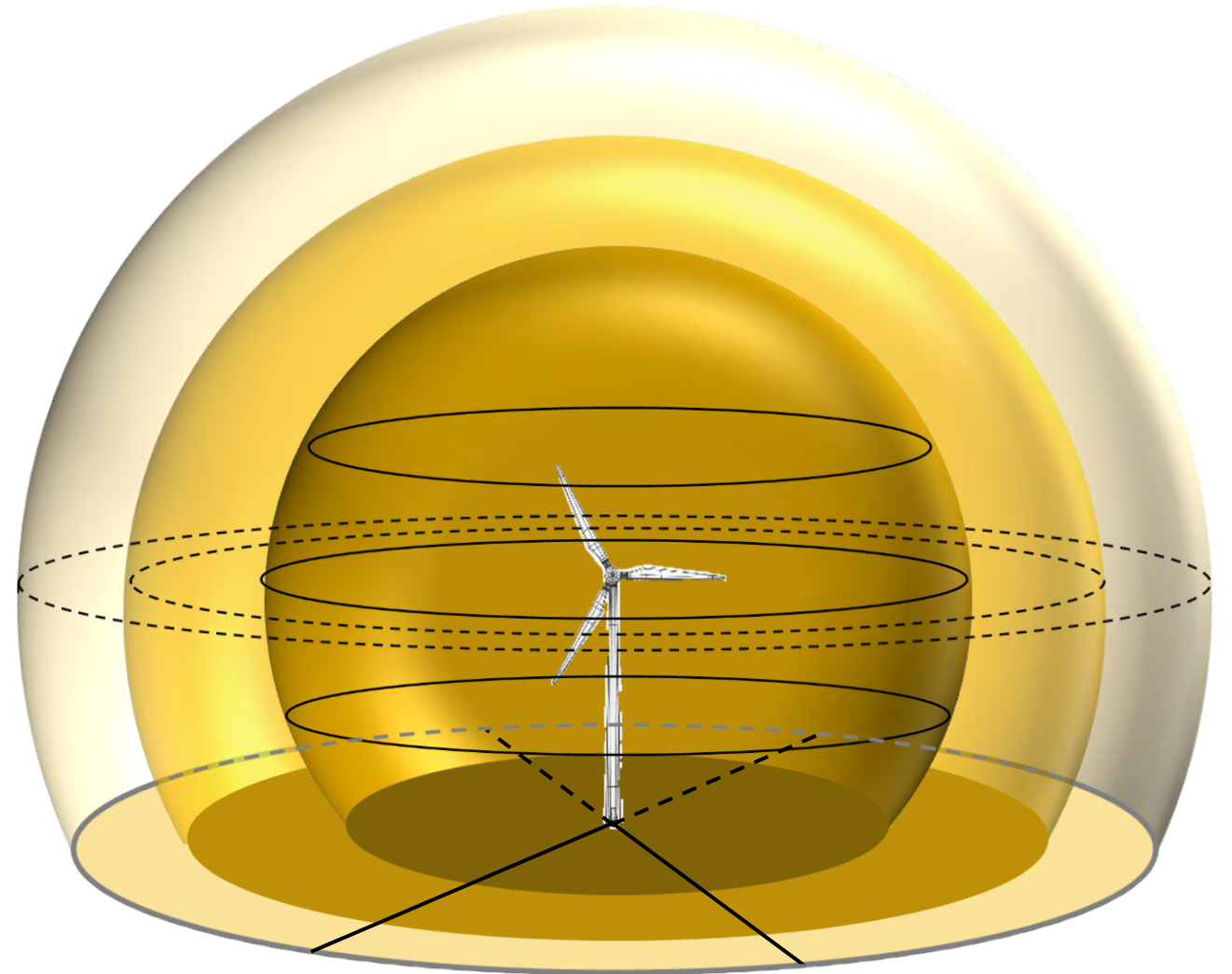
La détection

- Méthode d'évaluation
 - Découper l'espace
 - > angles



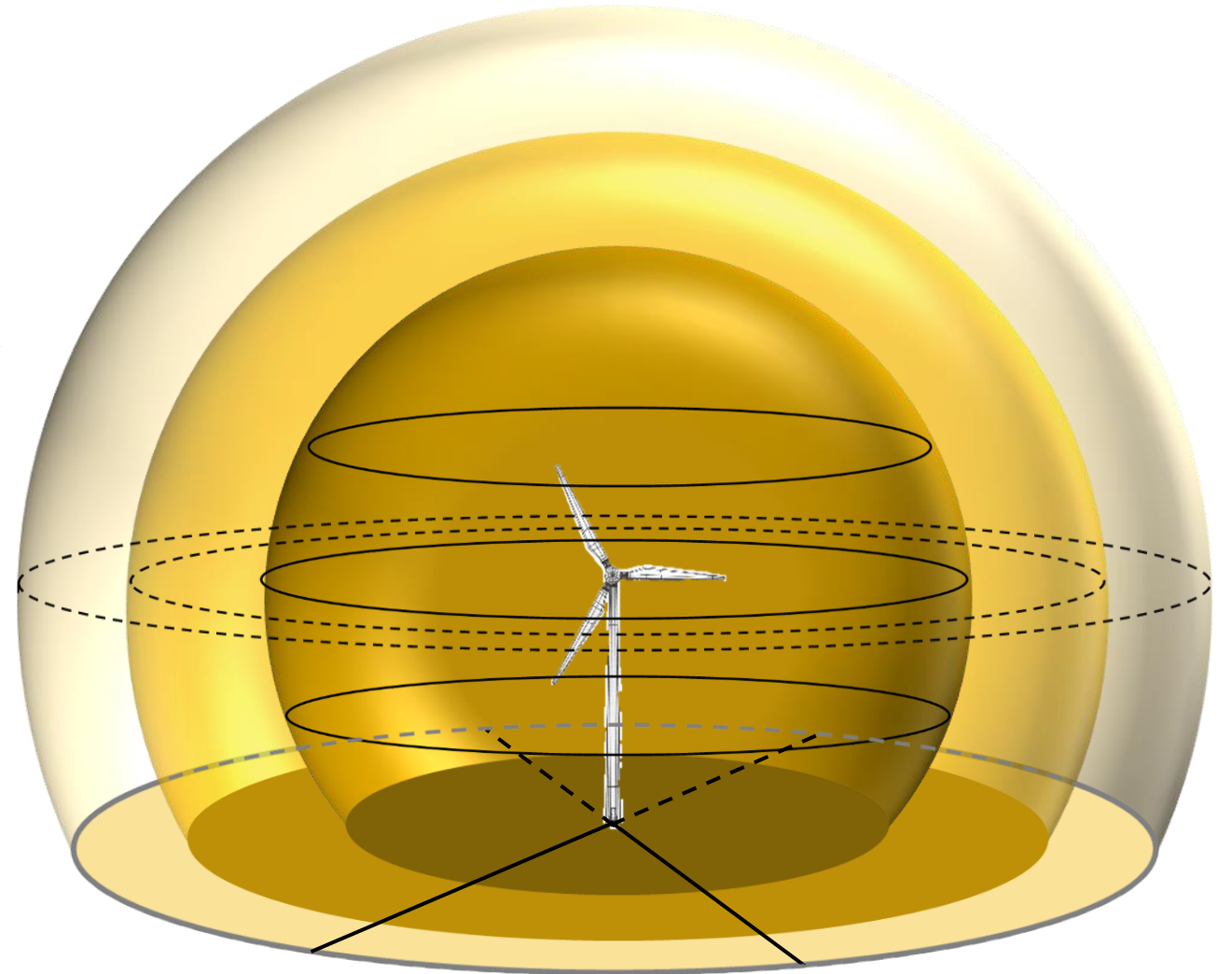
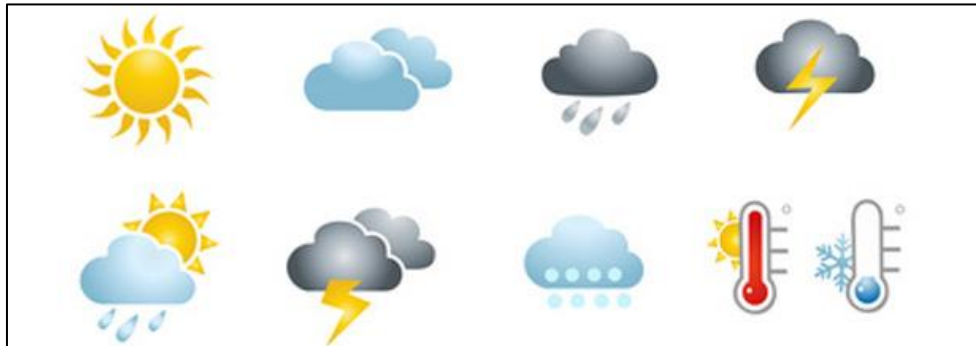
La détection

- Méthode d'évaluation
 - Découper l'espace
 - > altitudes



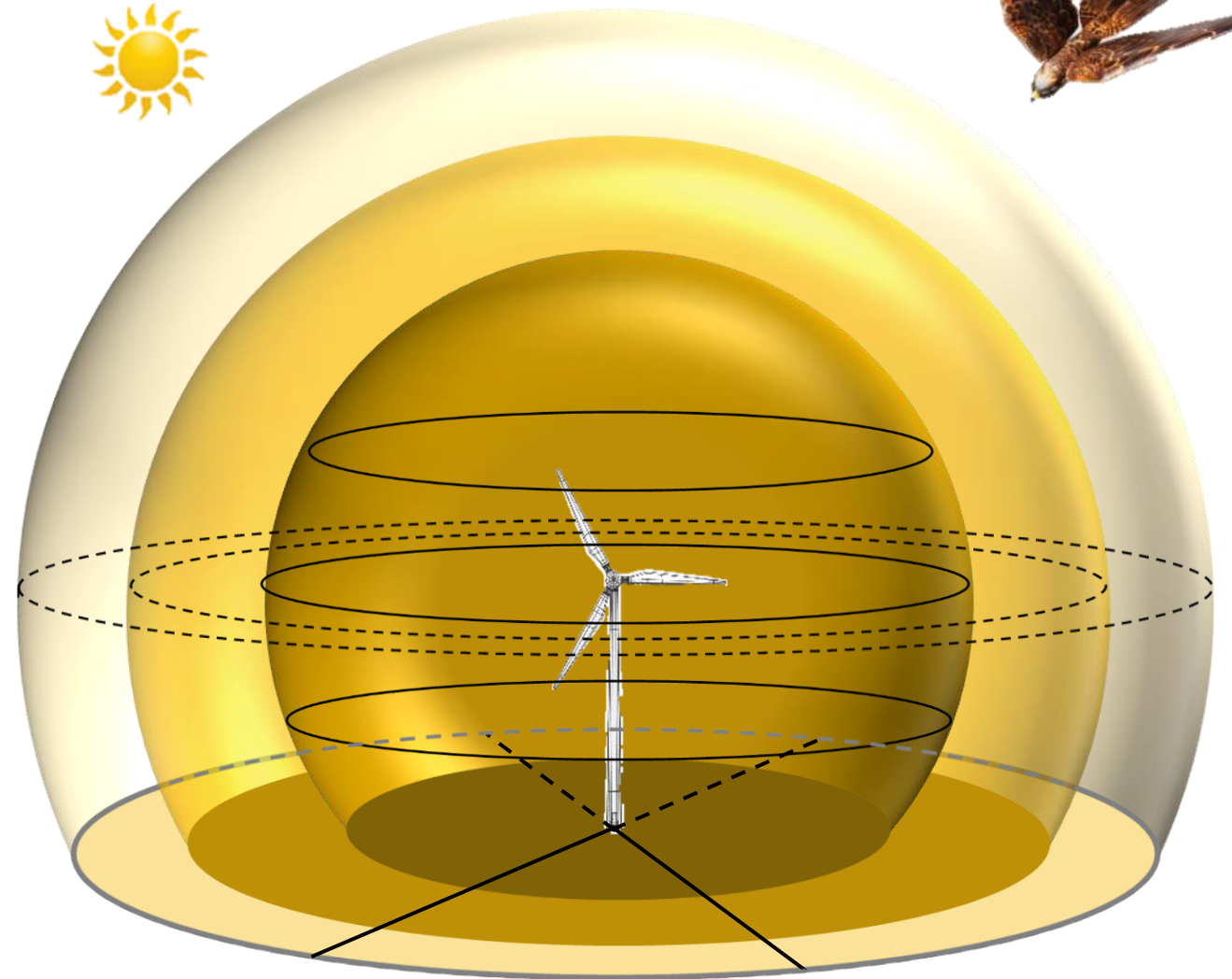
La détection

- Méthode d'évaluation
 - Découper l'espace **et le temps**

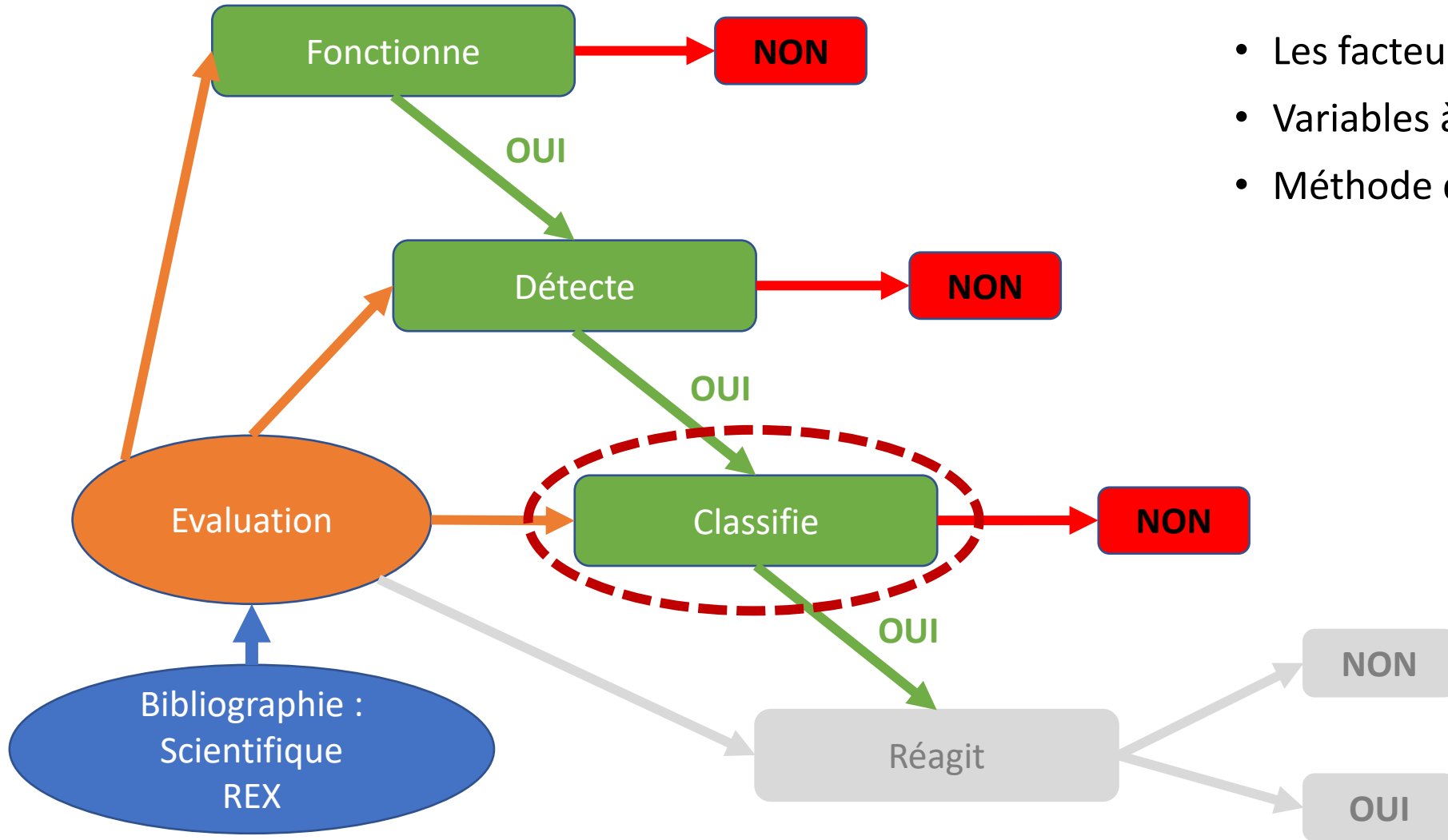


La détection

- Méthode d'évaluation
 - Découper l'espace et le temps
 - Drones / cerf volants
 - Vrais oiseaux



L'évaluation de chaque étape

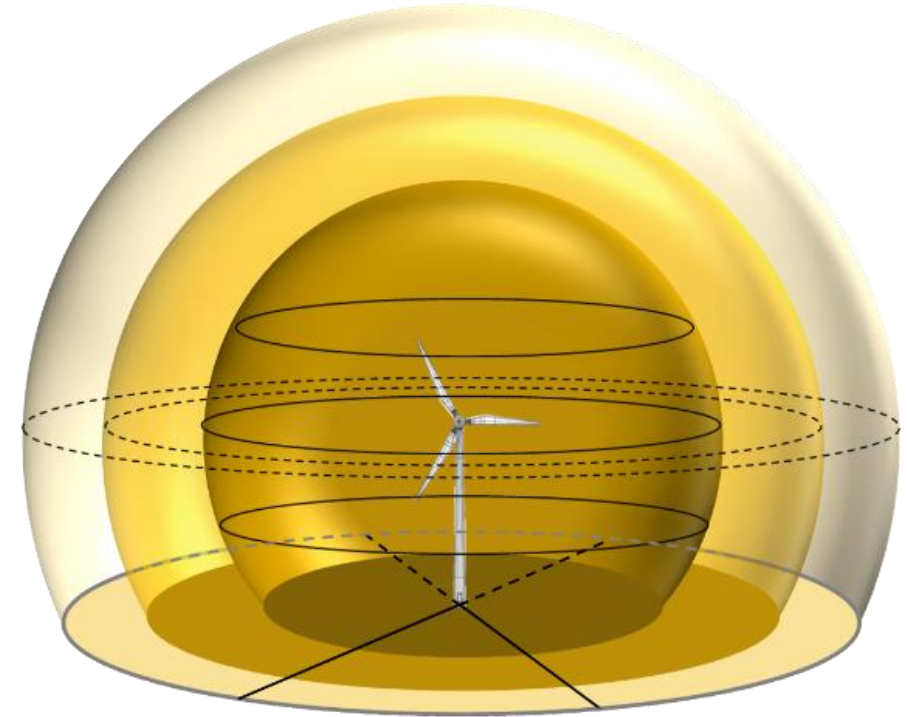


- Les facteurs d'influence
- Variables à relever et modéliser
- Méthode d'évaluation



La classification

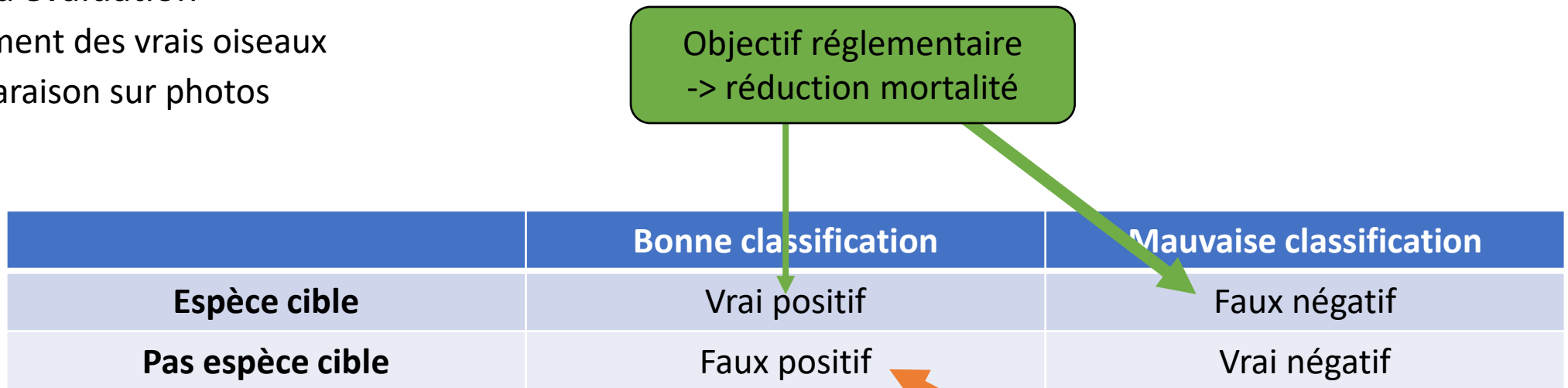
- Les facteurs d'influence
 - Mêmes facteurs que la détection



La classification

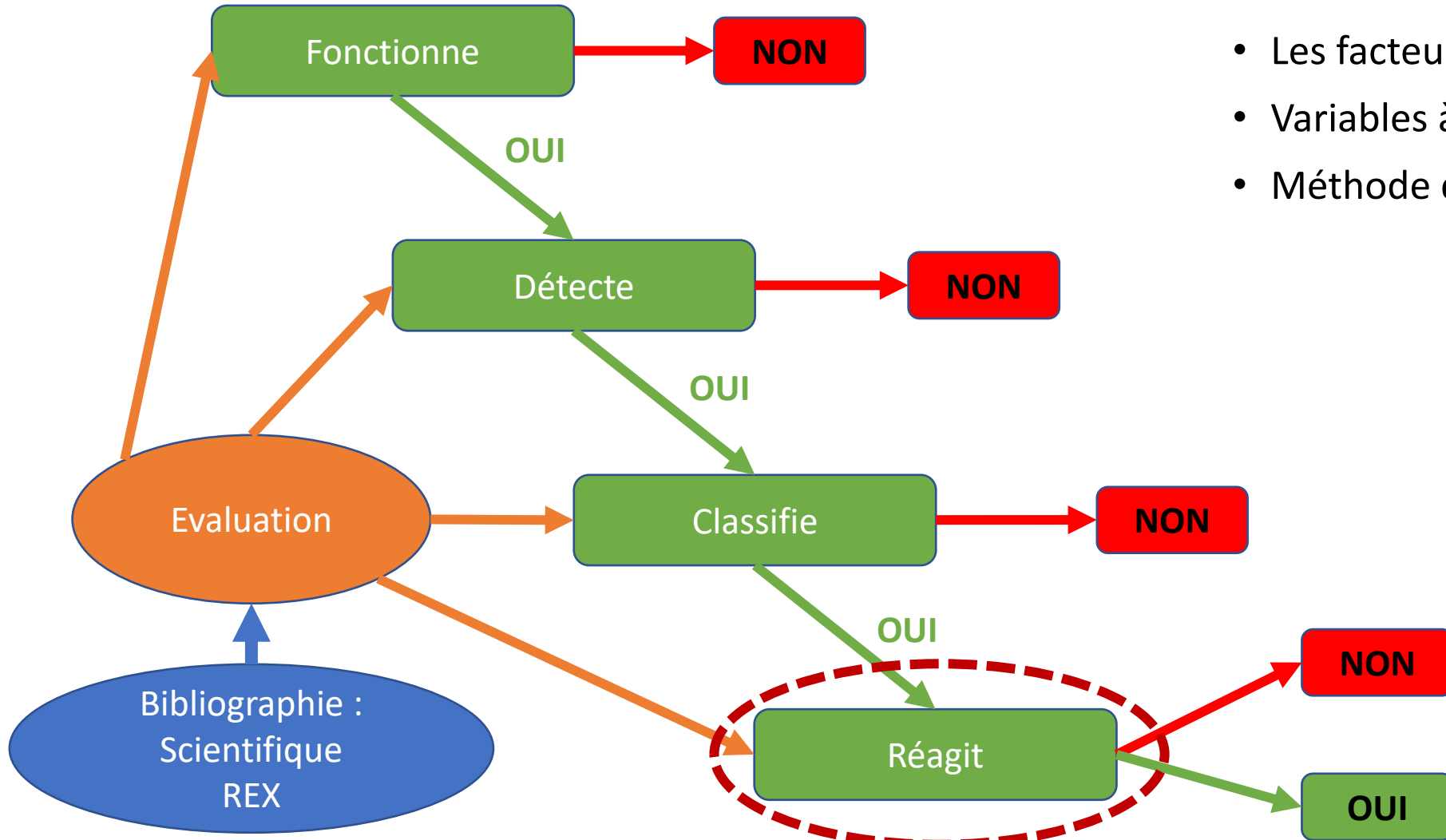


- Variables à relever et modéliser
 - OUI / NON (avec réplicats) : probabilité de bonne classification dans chaque condition
- Méthode d'évaluation
 - Seulement des vrais oiseaux
 - Comparaison sur photos



-> L'objectif est d'estimer ces 3 taux

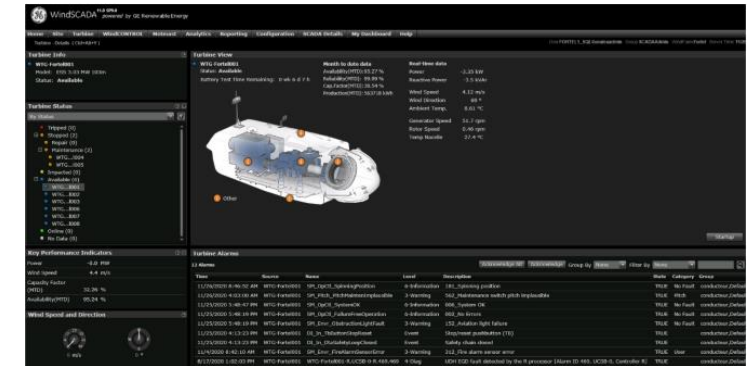
L'évaluation de chaque étape



- Les facteurs d'influence
- Variables à relever et modéliser
- Méthode d'évaluation



- Les facteurs d'influence
 - État de l'éolienne
- Variables à relever et modéliser
 - % d'arrêt générés -> mesure absolue
 - Temps de réaction -> conforme arrêts préfectoraux
- Méthode d'évaluation
 - Via le SCADA : Observation directe ou déclenchement d'arrêts générés



- Une hétérogénéité importante des systèmes et des parcs
- Des paramètres spécifiques au système lui-même
- Des paramètres spécifiques de chaque parc

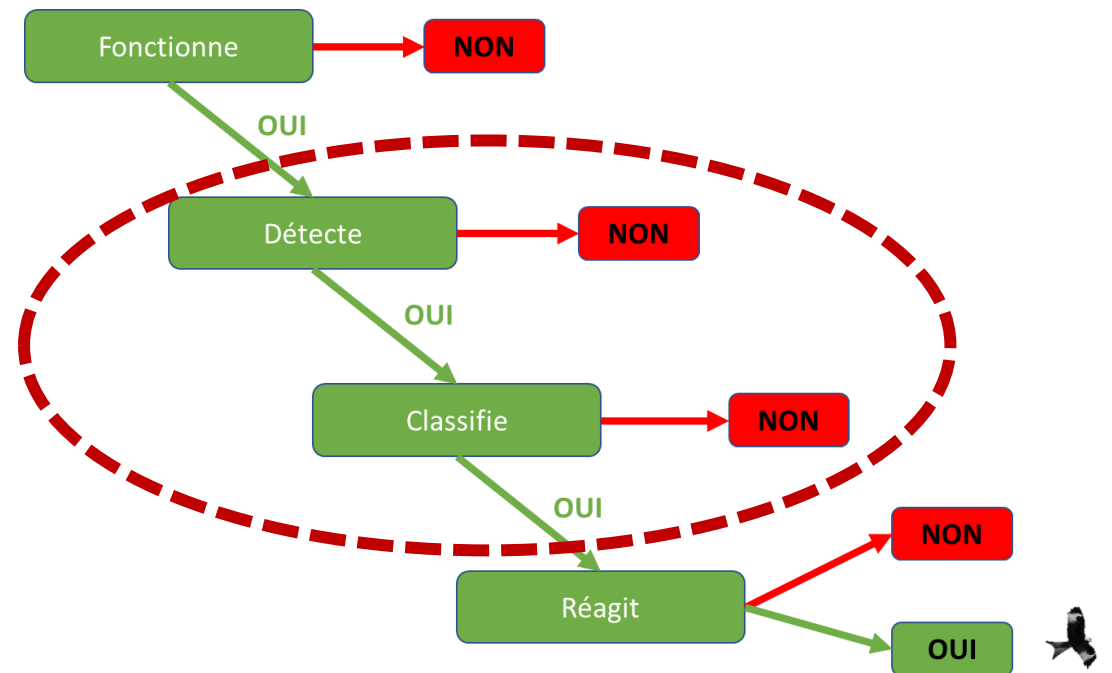
- Absence des critères de choix universels

Deux protocoles ?

Par les fournisseurs / Par les exploitants

-> *Tester la détection et la classification*

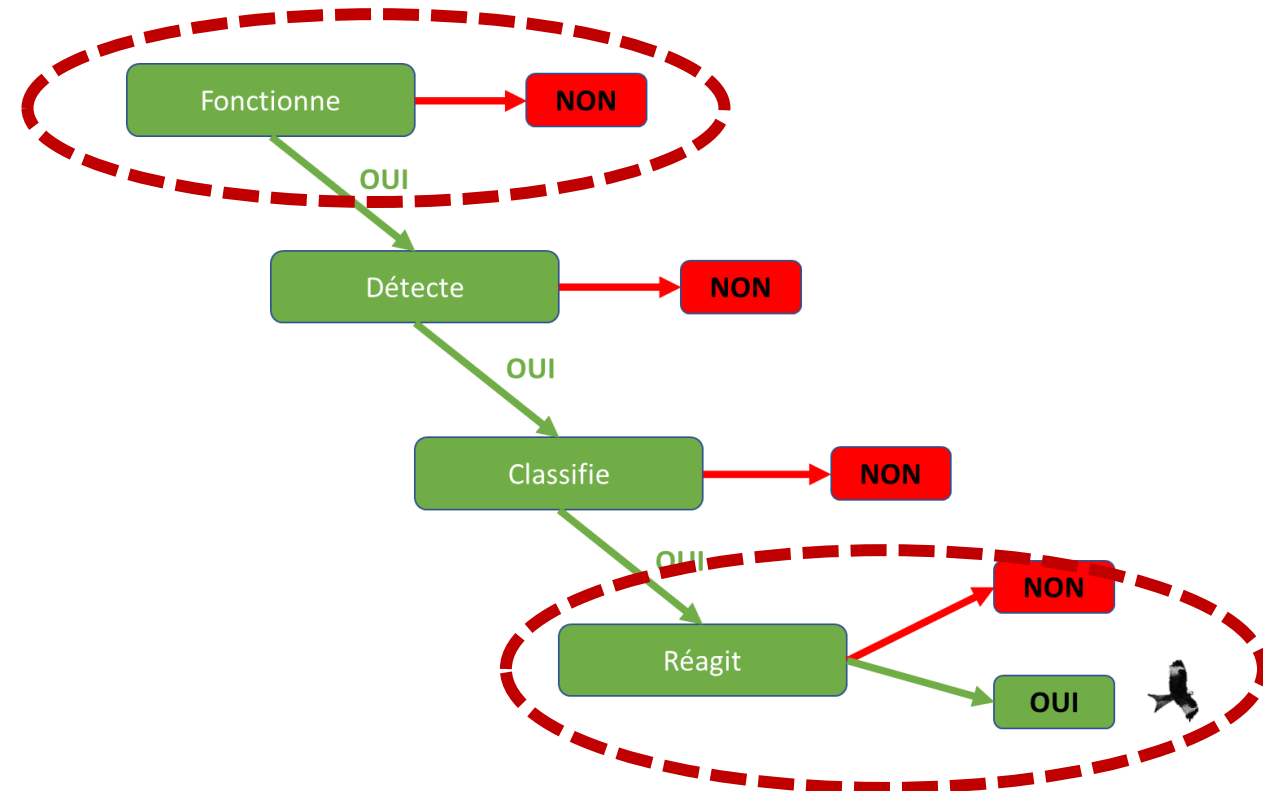
- Un protocole applicable à tout type de système de détection/réaction actuel et futur
 - > **Grilles de performances en conditions standards**
- Dans un environnement standard -> **peut se faire sans éolienne**
- Vrais oiseaux à disposition
 - Lieu de passage de migration
 - Lieu avec oiseaux équipés de GPS
 - Fauconnier



-> Nécessité réglementaire de démontrer l'efficacité sur chaque parc

- Évaluation directe du fonctionnement
 - Couverture spatiotemporelle
- Évaluation directe de la réaction
 - Chronométrage
- Comparaison simple avec le 1^{er} protocole
 - Détection
 - Classification

-> Une seule classe de distance



Merci de votre attention !

