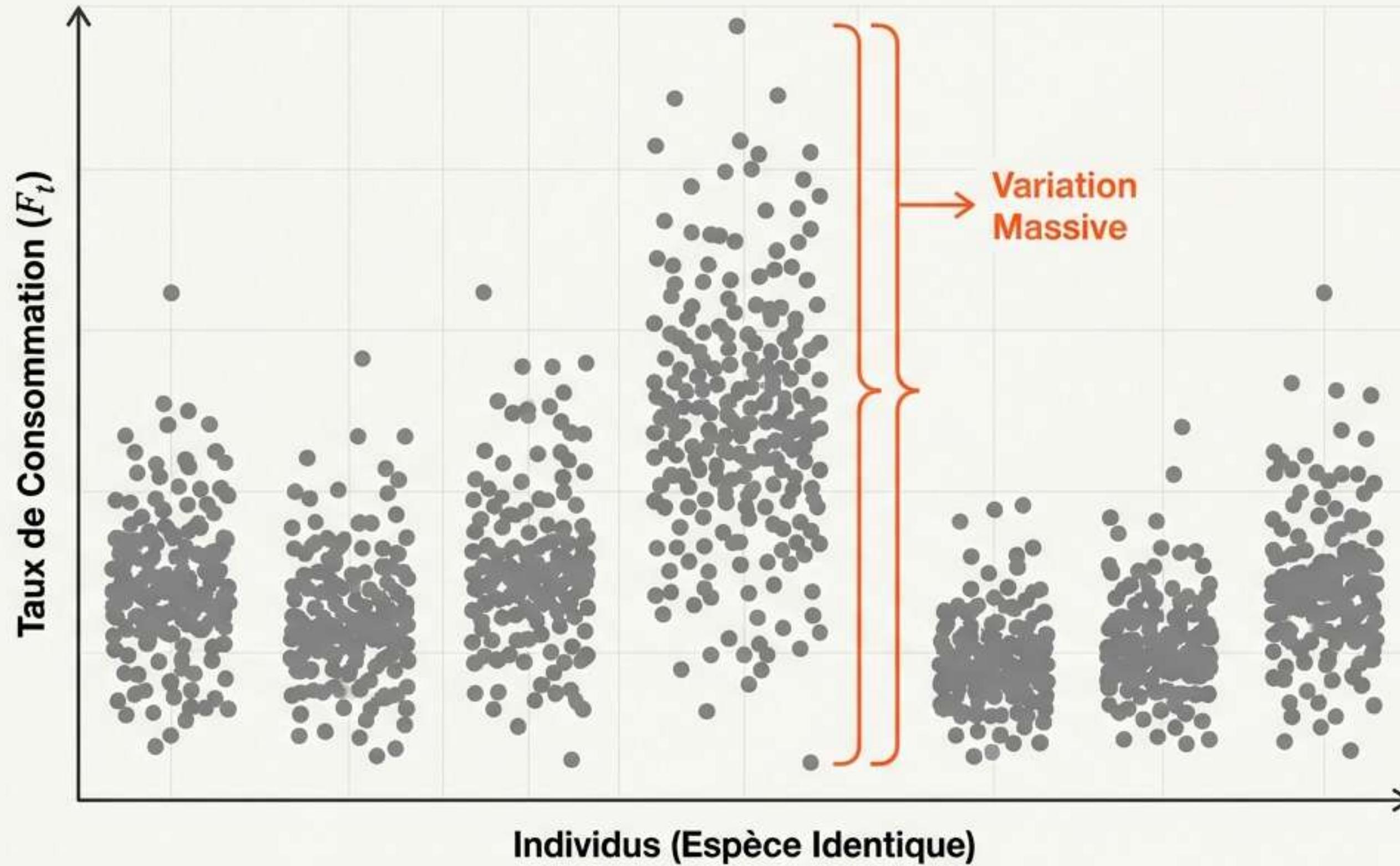


# La stochasticité au cœur de l'écologie des interactions

Comment la stochasticité des trajectoires  
dicte la consommation des proies



# L'Énigme de la Variabilité Intraspécifique

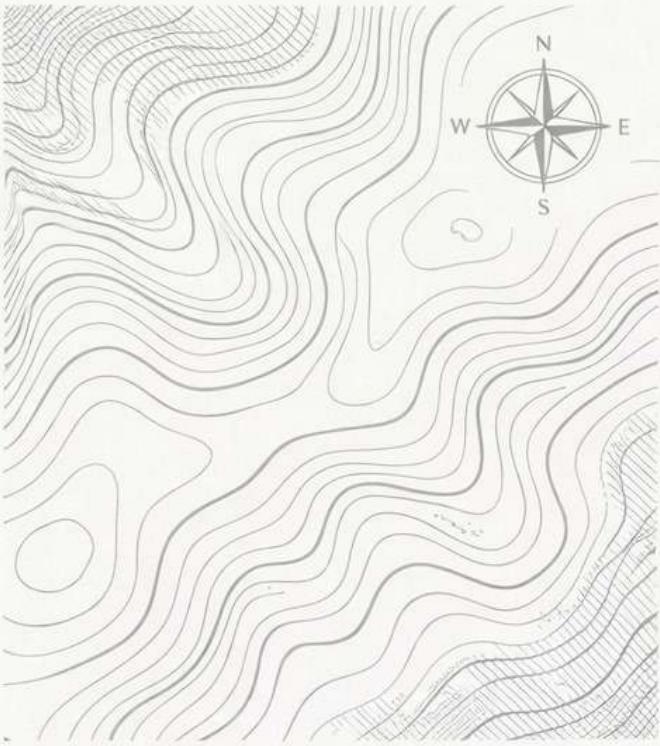


**Le Constat :** Même dans des environnements contrôlés, les taux de consommation varient énormément entre individus d'une même espèce.

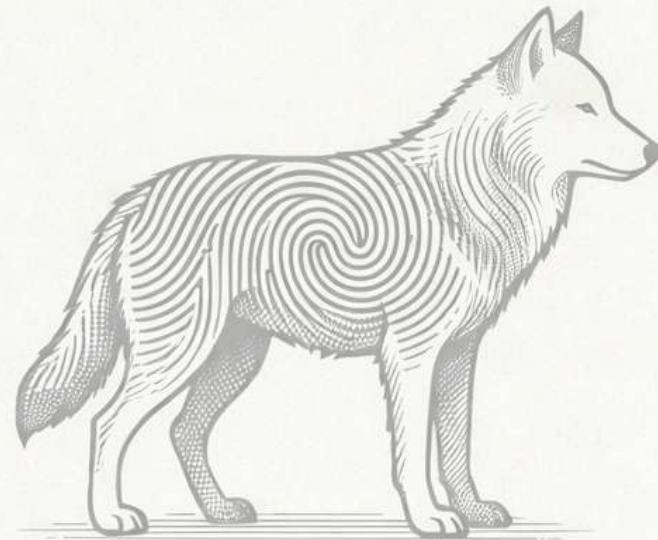
**La Question :** Pourquoi un prédateur mange-t-il 10 proies alors que son voisin identique n'en mange que 2 ?

**Le Contexte :** Cette variabilité affecte tout, de la stabilité des communautés à la vitesse des flux d'énergie dans les écosystèmes.

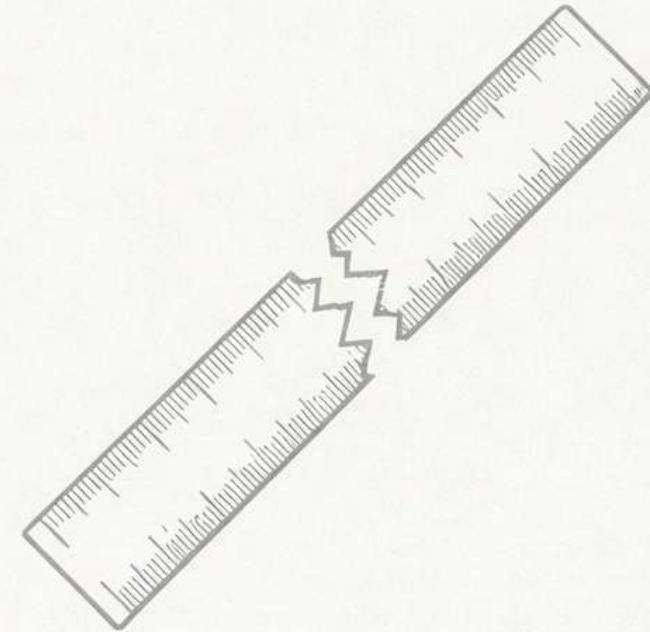
# Les Suspects Habituels : Où cherchons-nous l'erreur ?



**Hétérogénéité Environnementale**



**Différences interindividuelles**



**Erreurs de Mesure**

La vision classique suppose que la variabilité est idiosyncratique : due à l'histoire évolutive, à l'expérience individuelle ou à des micro-différences d'habitat.

**Le Défi :** Et si ces facteurs étaient négligeables ? Et si le moteur principal éfat le mouvement lui-même ?

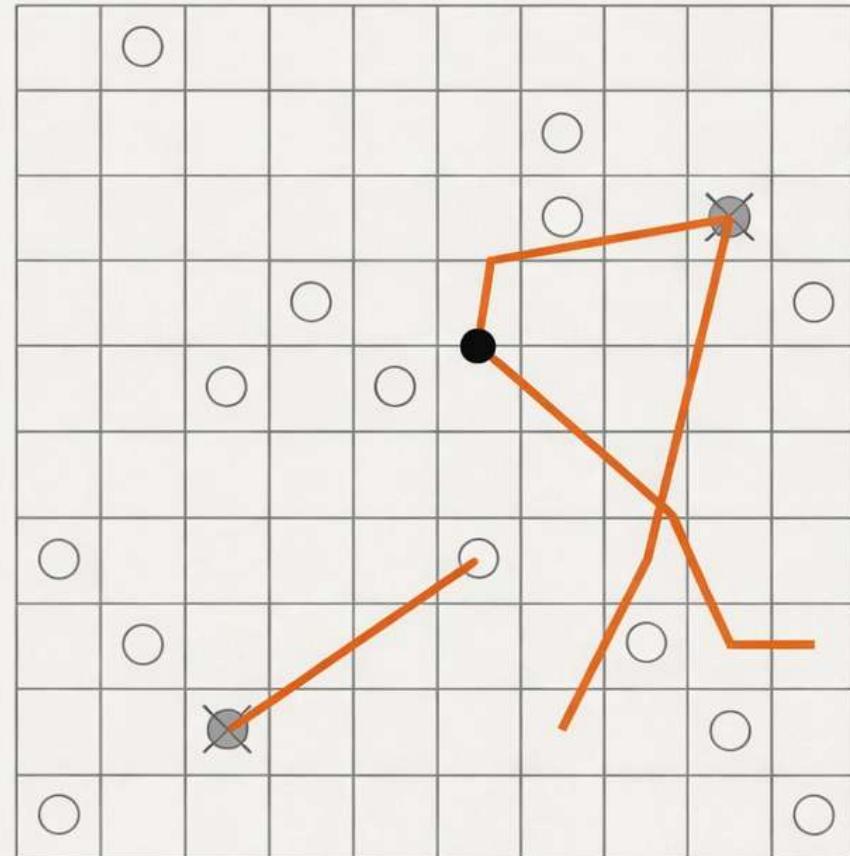
## Le Modèle Nul : Retour à la « Tabula Rasa »

**L'Hypothèse :** Une « Marche Aléatoire » simple dans un environnement qui s'épuise.

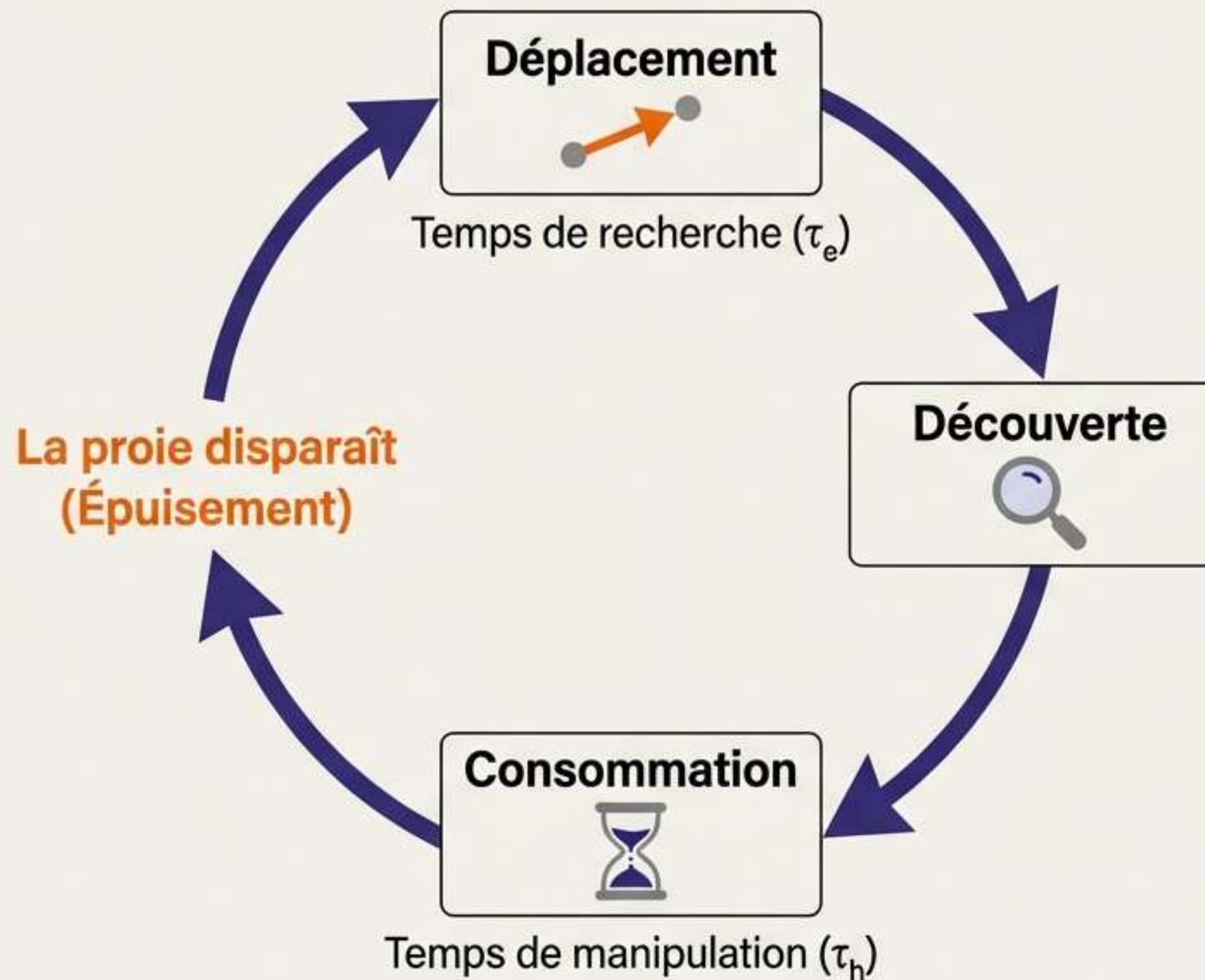
## Les Règles du Jeu :

- Pas de mémoire.
  - Pas de différences interindividuelles.
  - Pas de régénération des proies.

**L'Objectif :** Quantifier la variabilité causée uniquement par la stochasticité intrinsèque de la quête.



# La Mécanique de la Quête (Foraging)



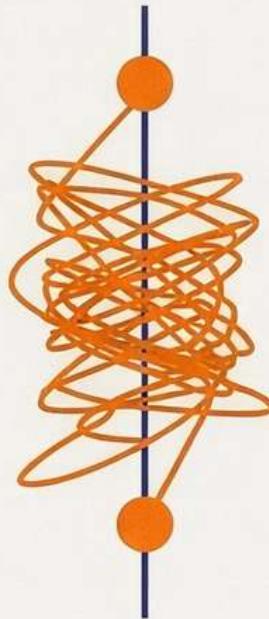
Le modèle repose sur trois variables temporelles critiques :

- **Temps de recherche ( $\tau_e$ )** : Le temps pour se déplacer d'un site à l'autre.
- **Temps de manipulation ( $\tau_h$ )** : Le temps passé à consommer une proie trouvée.
- **Durée totale ( $t$ )** : Le temps de l'expérience.

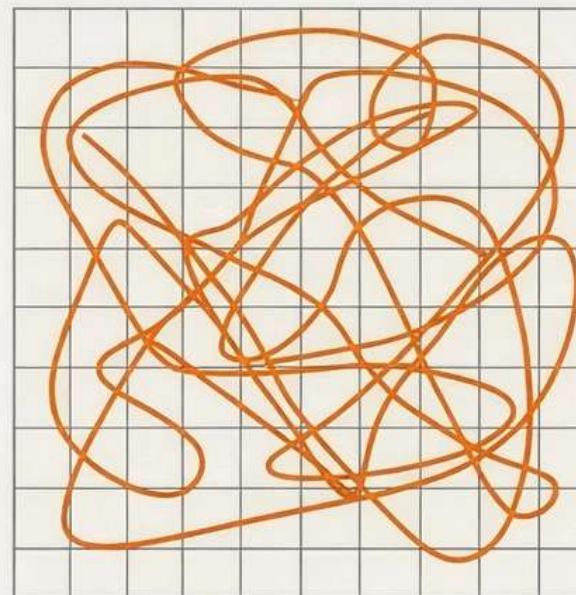
**Facteur Clé** : L'épuisement. Une fois consommée, la proie disparaît. Le prédateur navigue dans un environnement qu'il vide progressivement.

# La dimension de l'espace compte : 1D vs 2D vs 3D

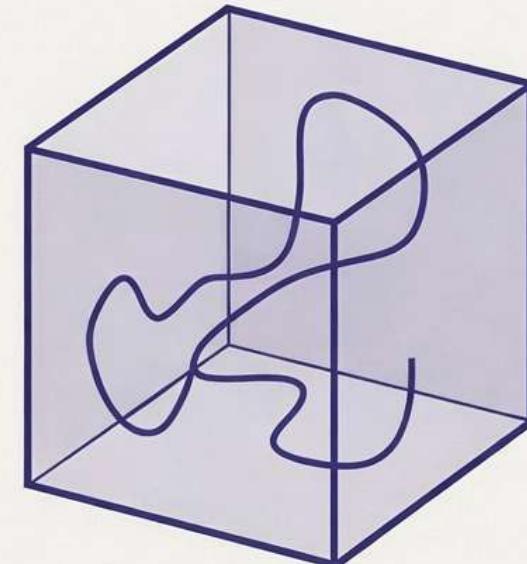
**1D (Ligne) - Forte Récurrence**



**2D (Surface) - Auto-intersections complexes**



**3D (Volume) - Peu de retour**

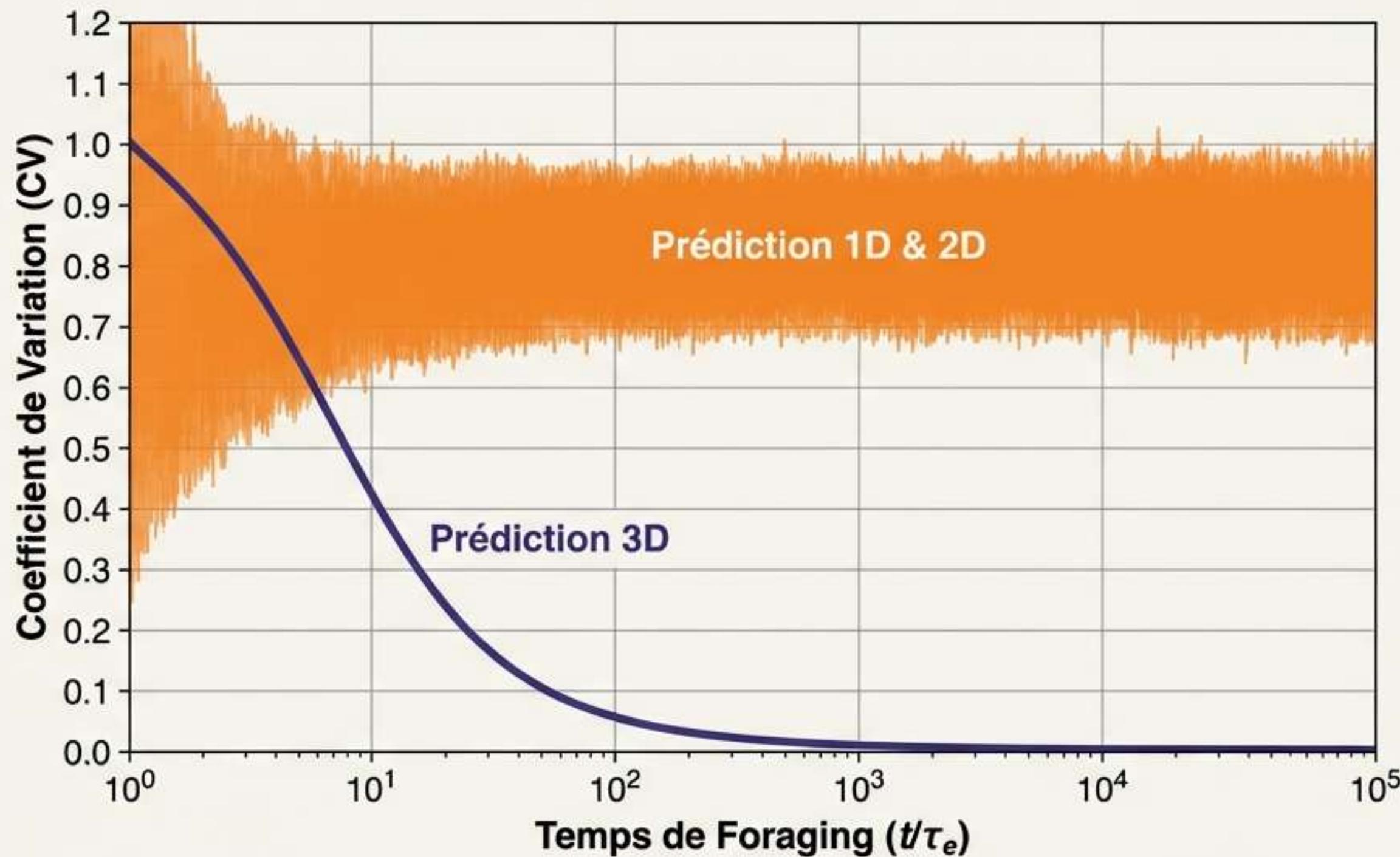


La dimension spatiale modifie radicalement la probabilité de revisiter un site vide.

**1D & 2D** : Les fluctuations sont énormes. Le prédateur repasse souvent par des zones épuisées.

**3D** : Les fluctuations s'effondrent. Le chemin est moins « bloqué » par son propre passé.

# Prédire l'Imprévisible (Le Coefficient de Variation)

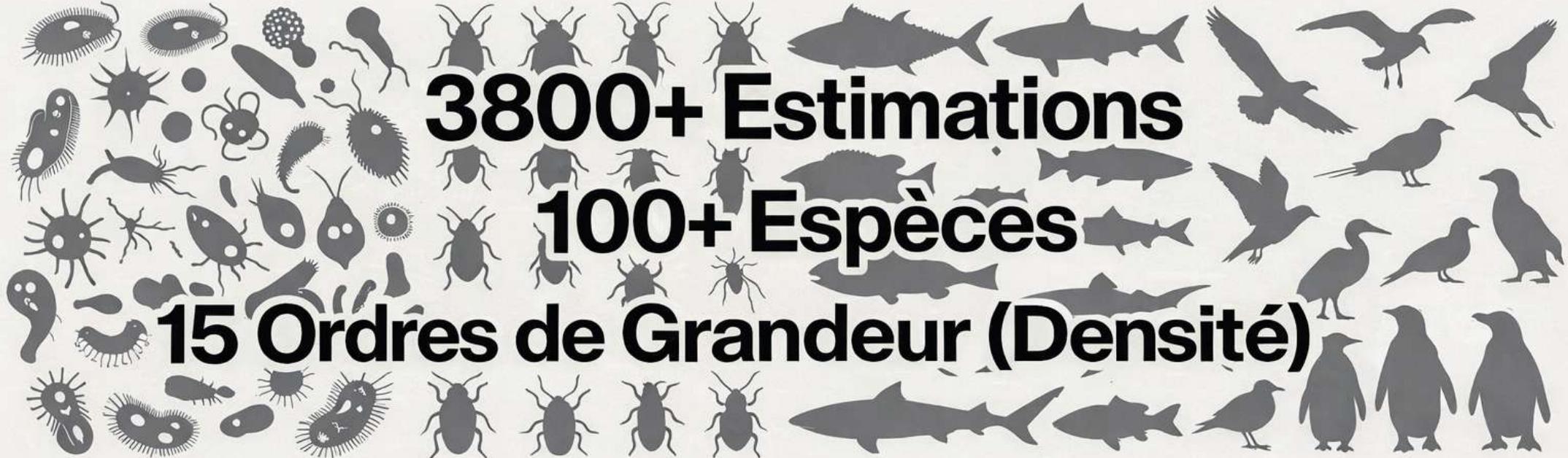


## \*\*La Prédiction Théorique :

- En **1D et 2D**, la variabilité est intrinsèque et élevée ( $CV \approx 0.3 - 1.0$ ).
- En **3D**, la variabilité devrait être négligeable ( $CV < 0.1$ ).

\*Note technique : Le CV est normalisé (Écart-type / Moyenne).\*

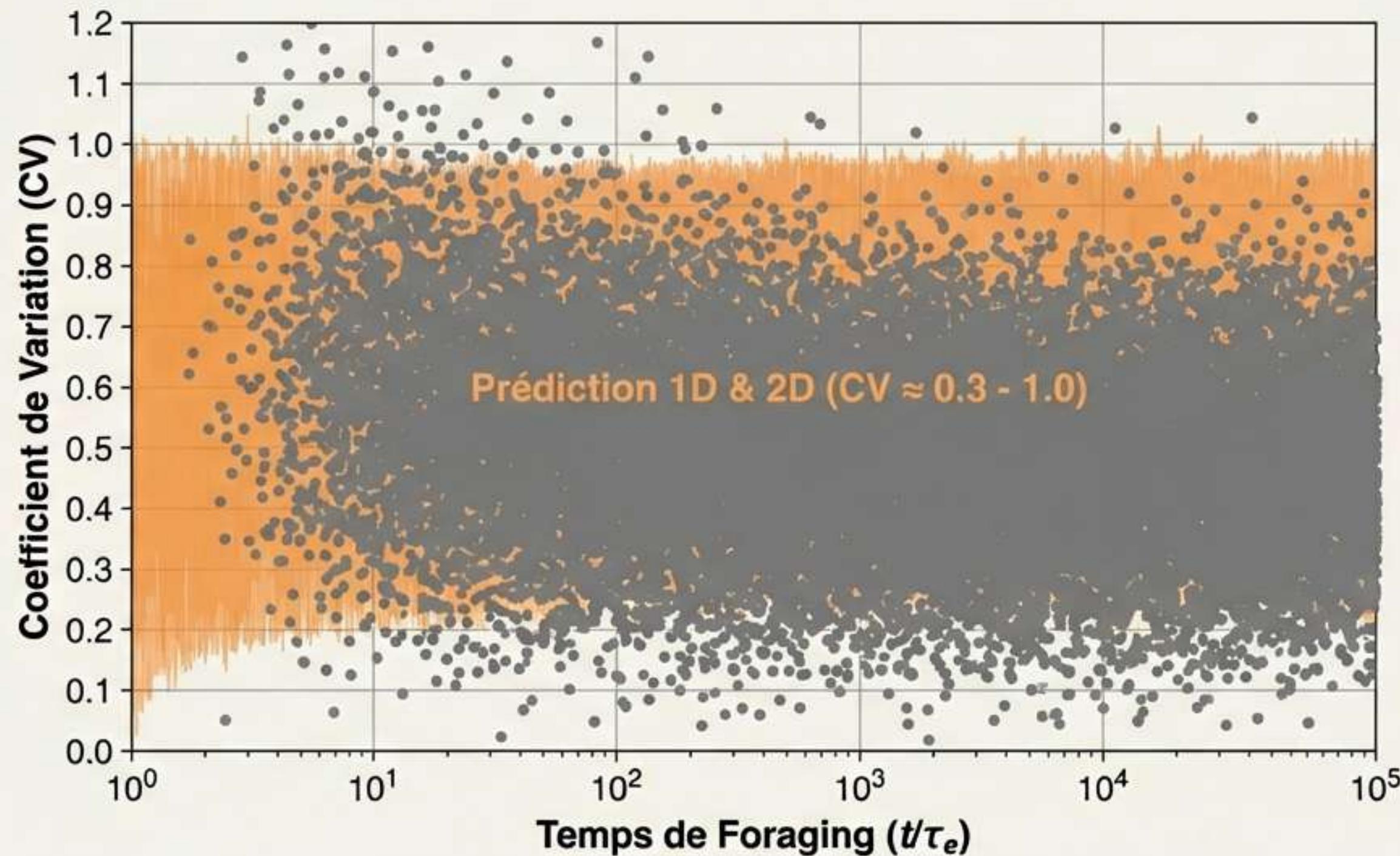
# L'Épreuve du Réel : Une Méta-Analyse Massive



**\*Les Données :** \*\* Des organismes unicellulaires aux vertébrés complexes.

Nous confrontons le modèle à une base de données mondiale de taux de consommation.

# La Confrontation : Théorie vs Observation

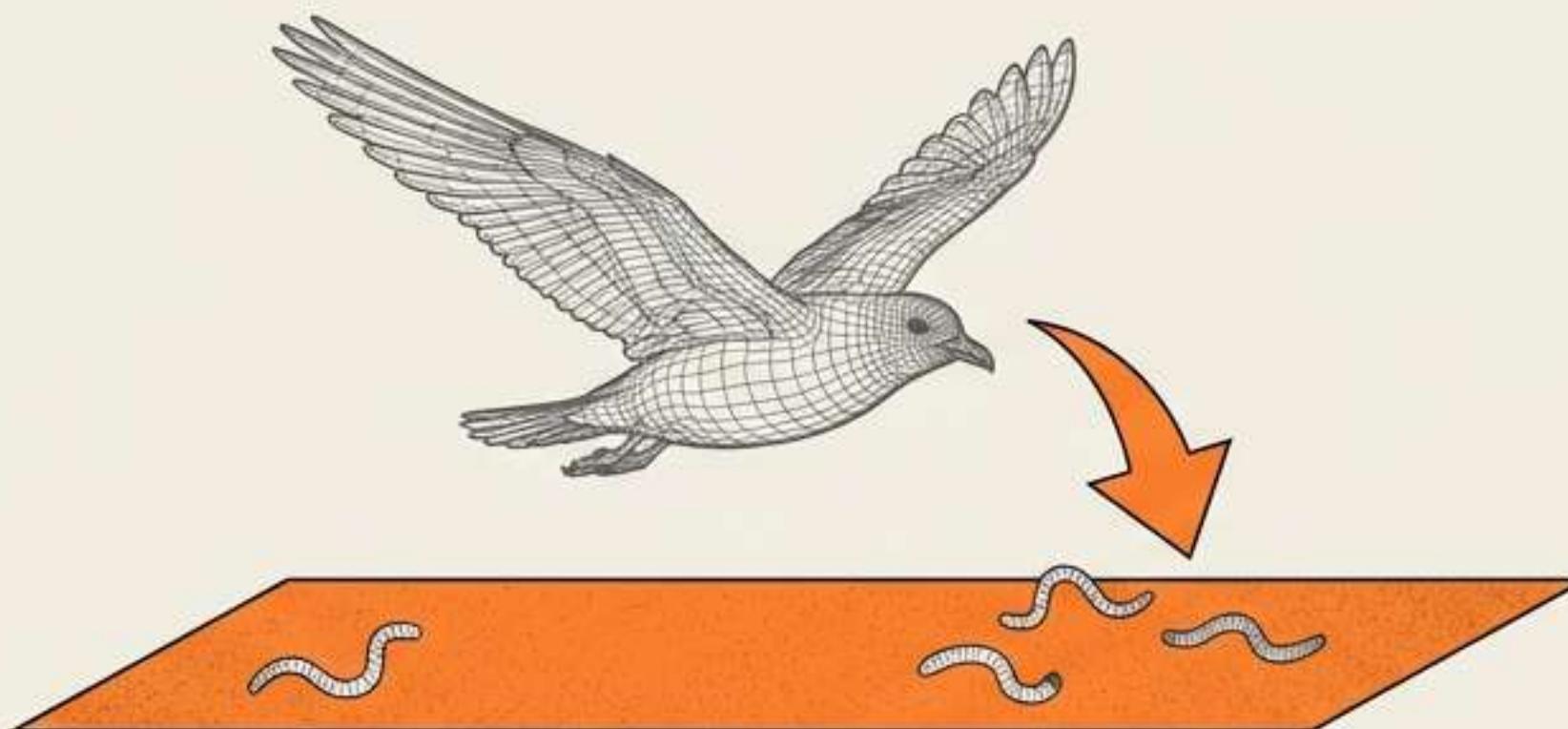


## \*\*Le Résultat :

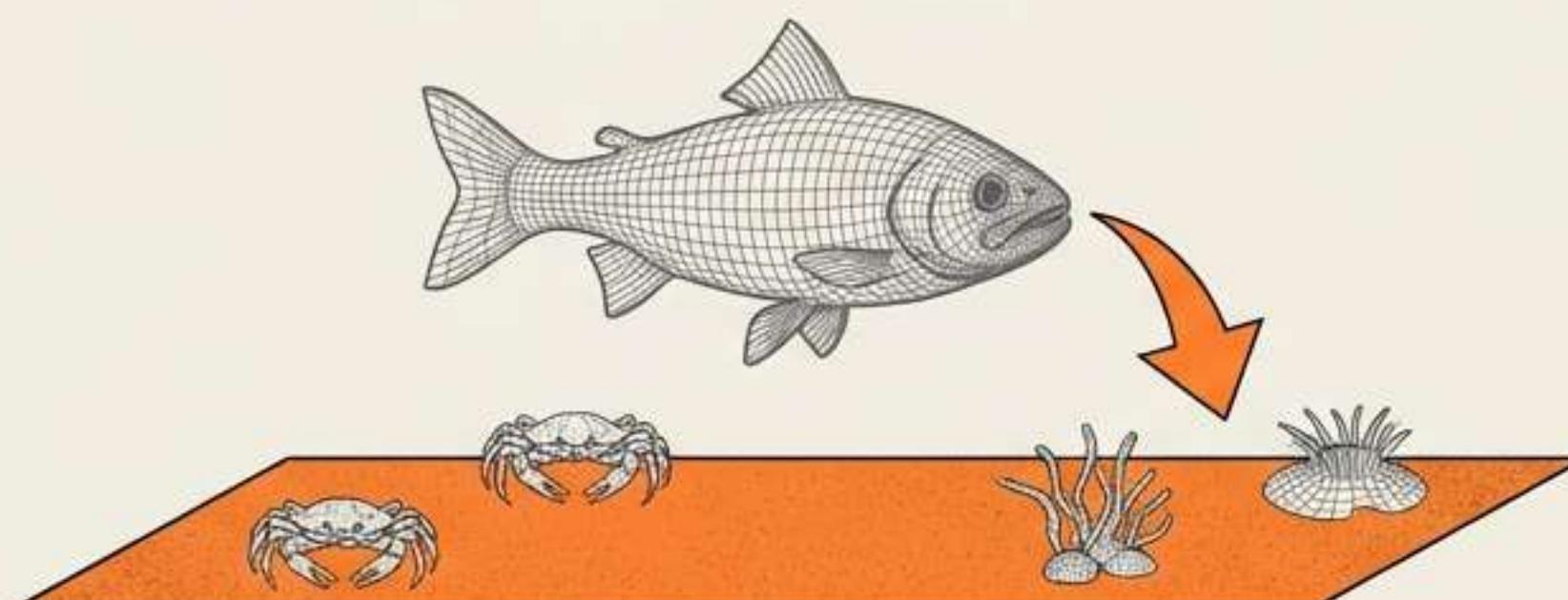
- La grande majorité des observations (73% - 87%) tombent exactement dans la zone prédictée par le modèle de marche aléatoire 1D/2D.
- **La Médiane :**  
CV observé  $\approx 0.3$ .
- **Prédiction 1D :**  
CV théorique  $\approx 0.298$ .

**Conclusion :** La stochasticité pure suffit à expliquer la variabilité observée.

# Pourquoi le Monde est-il « Plat » ? (Dominance de la 2D)



Effective Dimension: 2D (Ground)



Effective Dimension: 2D (Sea Floor)

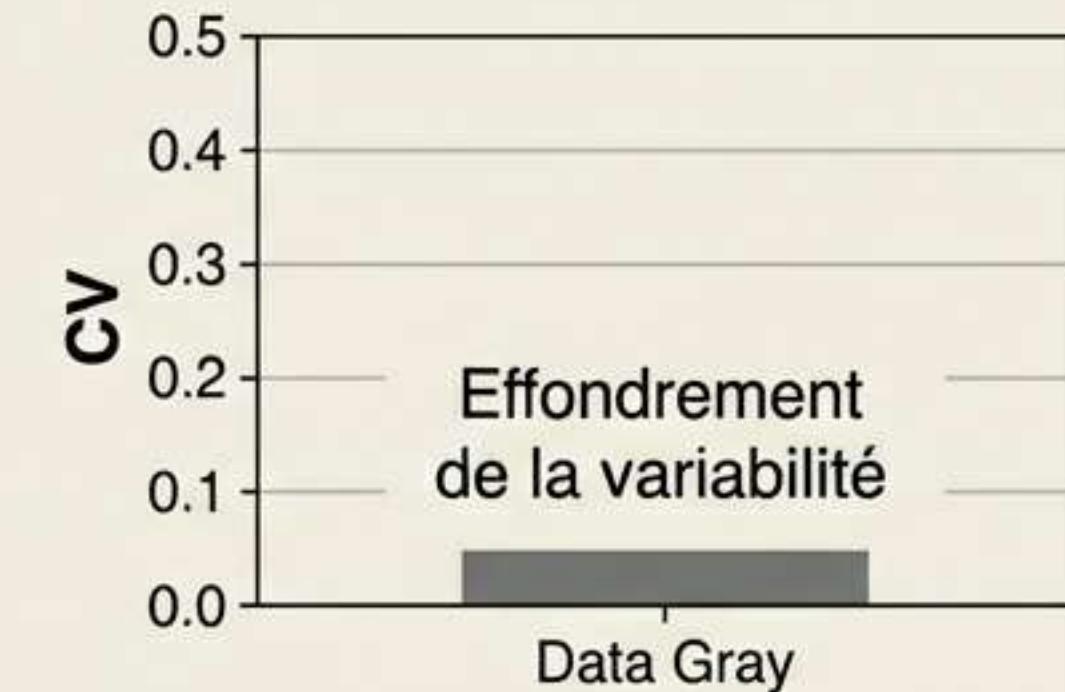
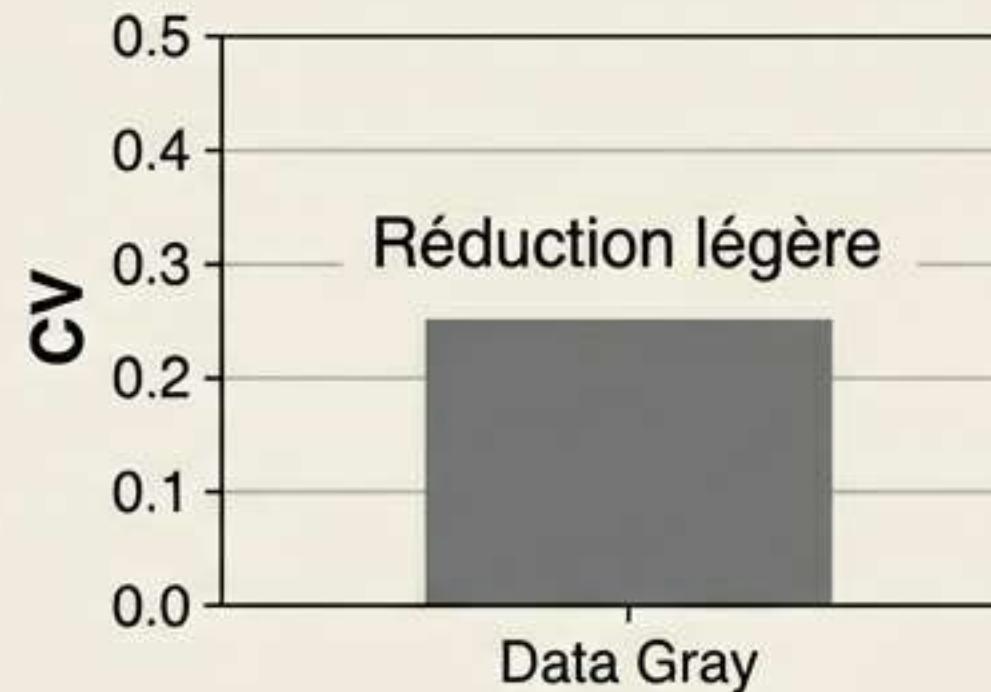
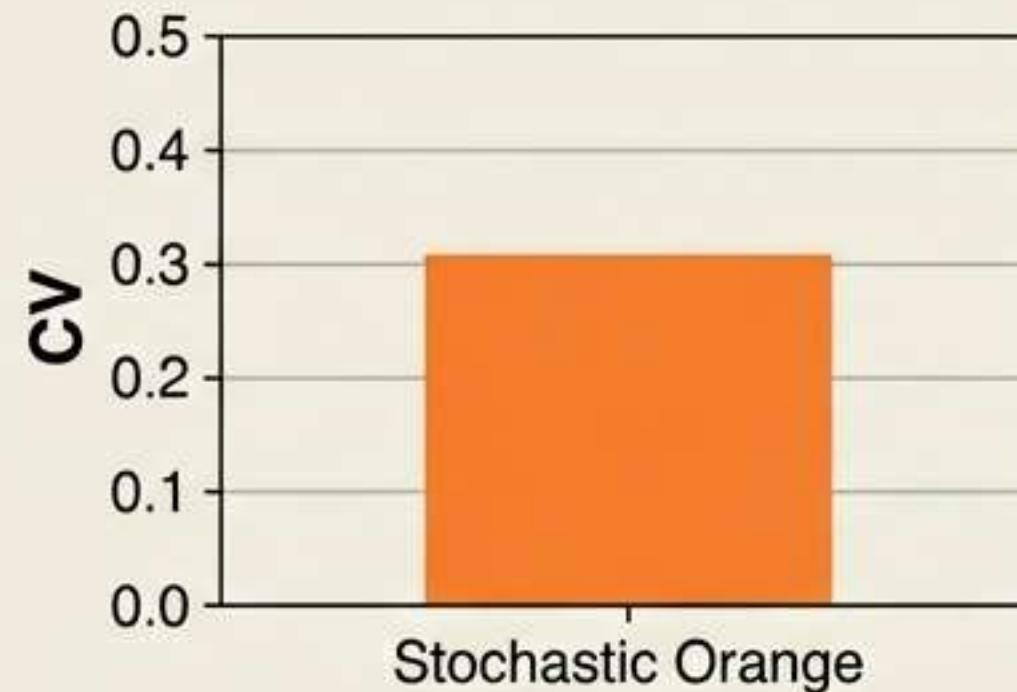
Le modèle prédit que la variabilité en 3D pure devrait être quasi nulle. Or, les données montrent une forte variabilité (type 2D).

## Interprétation :

La plupart des prédateurs, même nageurs ou volants, chassent sur des surfaces ou dans des environnements qui s'épuisent comme en 2D.

L'interaction prédateur-proie réduit souvent la dimension effective de l'espace.

# Test de Robustesse : Peut-on battre le hasard ?



- **Ajout de Mémoire** : Réduit légèrement la variabilité.
- **Direction Préférée (Drift)** : Rend le comportement déterministe et tue la variabilité.
- **Le Verdict** : La marche aléatoire simple représente le scénario de « variabilité maximale ». Si vos données varient autant, c'est juste des maths.

# Réécrire les Équations Écologiques

$$f(t) = \frac{dU_h}{dt} (m_t - \dot{n})$$

$$d(t) = -\frac{\log \gamma_t}{m_t \tau_t} (\phi_t - \lambda) + \delta_t \mathcal{L}_0$$

$$n(t) = \frac{1}{1 + m_t \tau_t (1 - \gamma_t \lambda) + \eta_t}$$

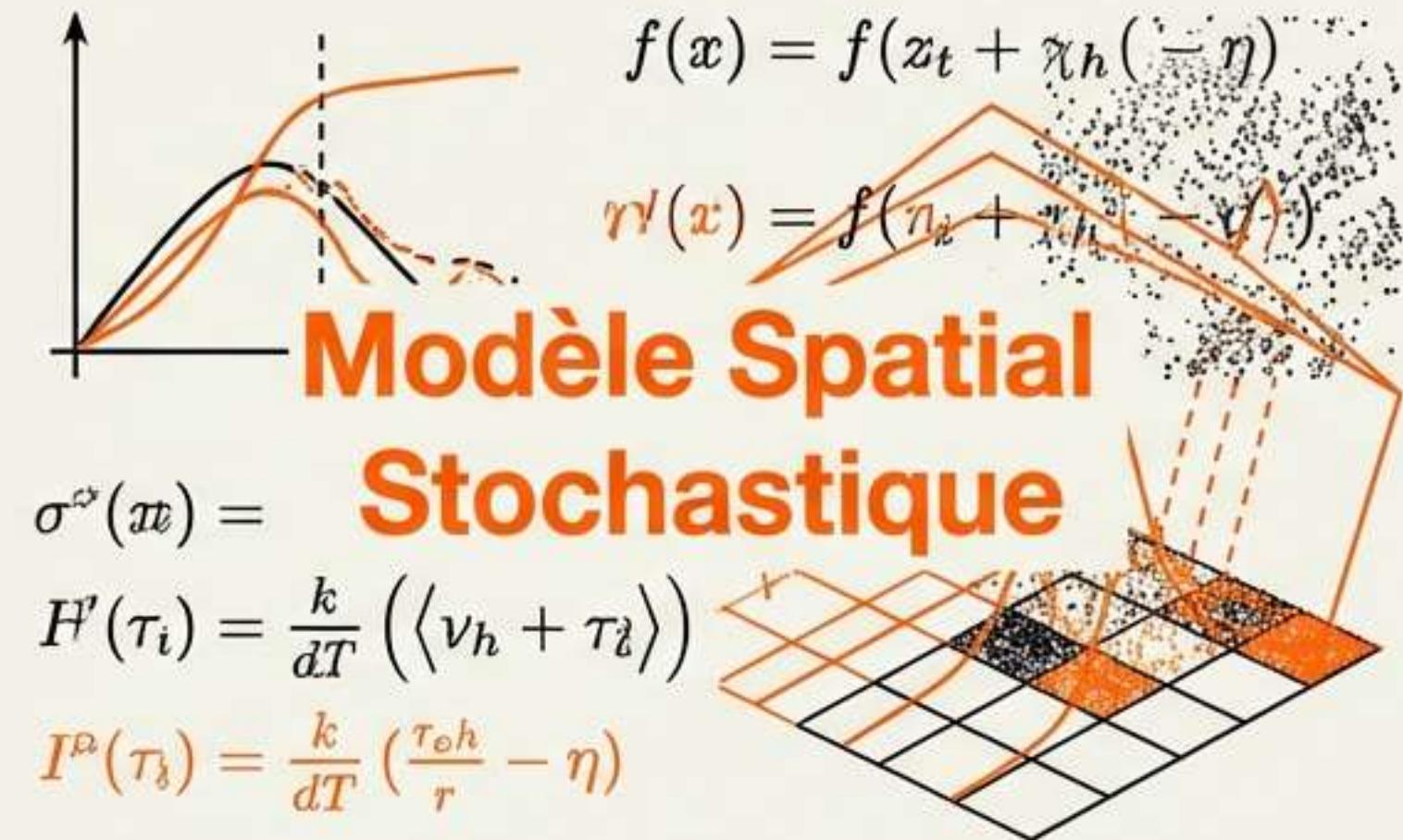
$$f'(t) = \frac{1}{2} \left( \frac{d}{dt} \left( \frac{dU_h}{dt} (m_t - \dot{n}) \right) \right)$$

$$+ \cdot \lambda (\tau_t \cdot \text{Bell}_t(y))$$

$$- \frac{dt}{dt} \left( \tau_t + \eta \ln \dot{\nu}_h - \varphi \right)$$

## Modèles Classiques (ex: Rogers-Royama)

Ignore l'espace



Intègre l'espace et l'épuisement

- Les modèles classiques traitent la prédation comme un processus moyen déterministe.
- **La Réalité :** En 1D et 2D, le temps de manipulation ( $\tau_h$ ) a peu d'impact comparé au temps de recherche ( $\tau_e$ ) à cause de la géométrie de l'épuisement local.

# Le Hasard n'est pas un Bruit, c'est le Signal

1

**La cause est simple :**  
La stochasticité des  
trajectoires est le moteur  
principal des variations.

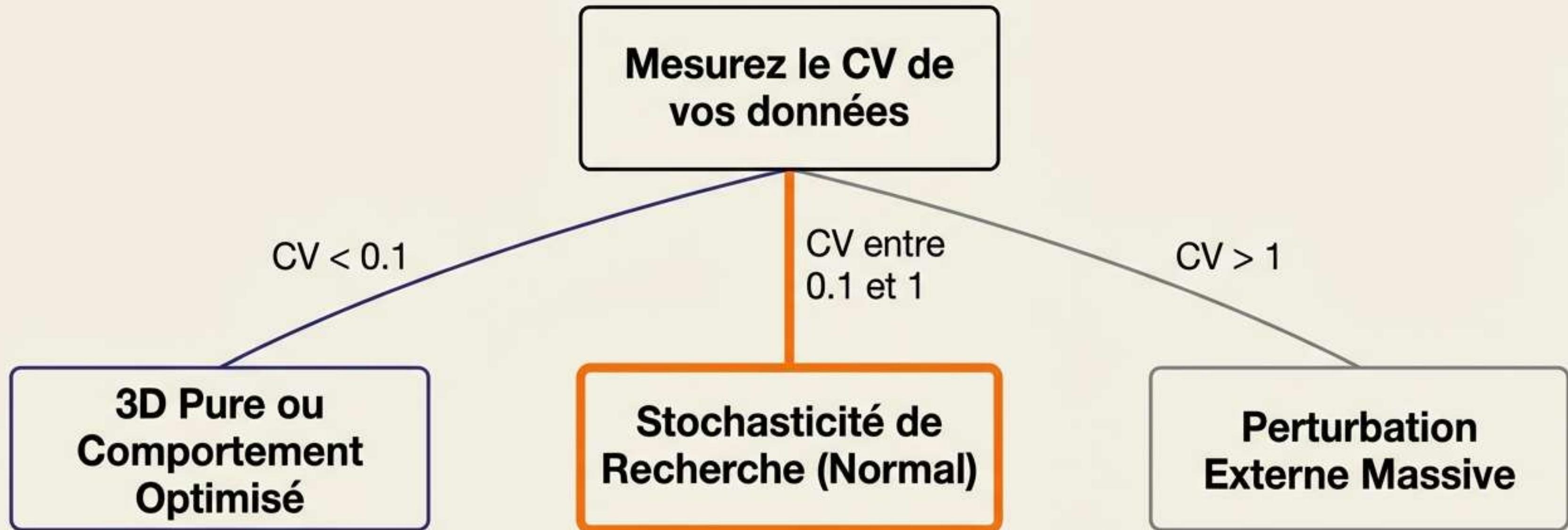
2

**L'environnement est  
secondaire :**  
L'hétérogénéité et les  
différences interindividuelles  
jouent un rôle mineur.

3

**La dimension compte :**  
L'épuisement des proies  
crée des dynamiques  
radicalement différentes en  
1D/2D vs 3D.

# Une Nouvelle « Hypothèse Nulle » pour l'Écologie



Comment interpréter vos données futures ?

Utilisez ce modèle comme référence de base avant d'invoquer des causes biologiques complexes