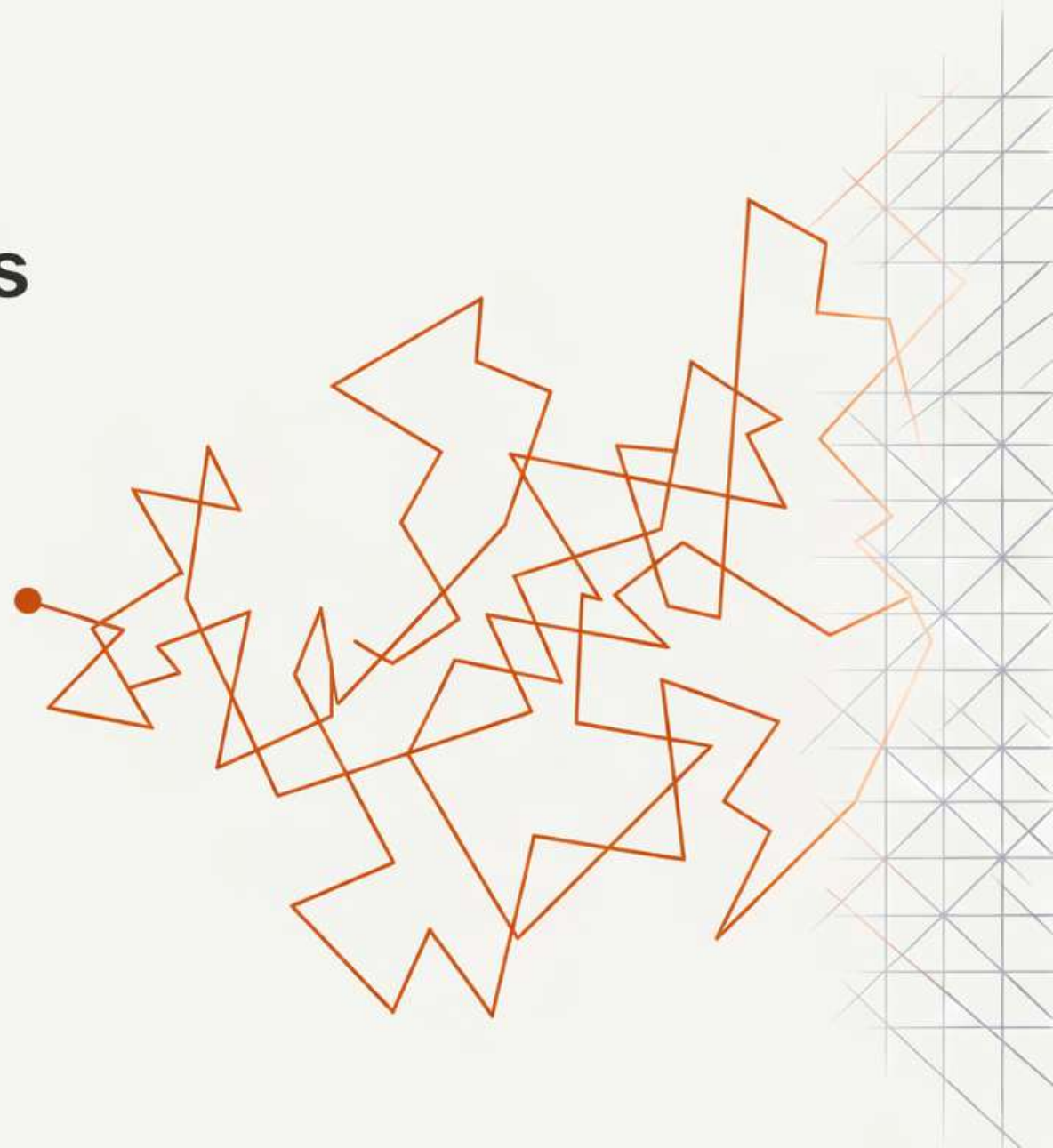
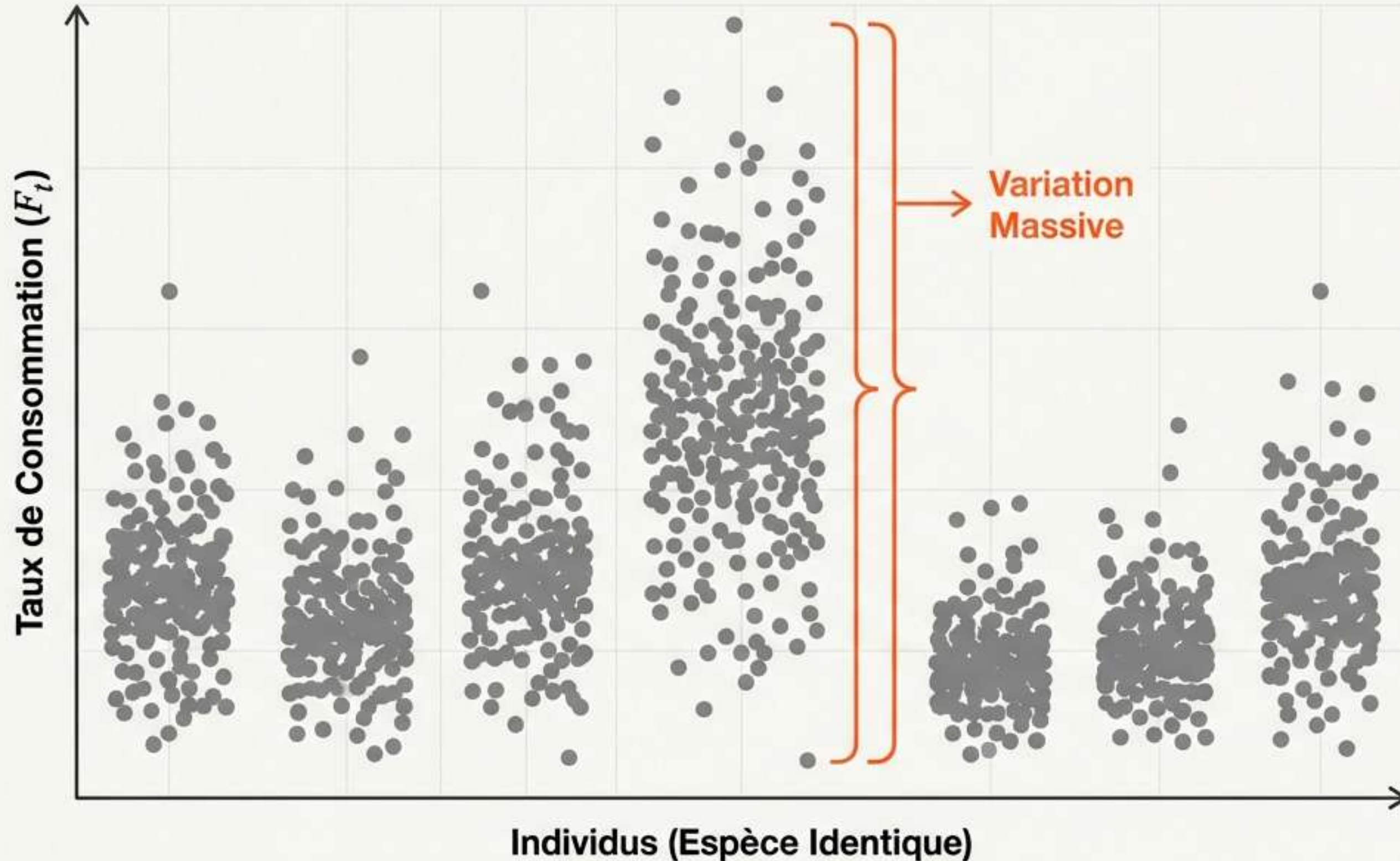


La stochasticité au cœur de l'écologie des interactions

Comment la stochasticité des trajectoires
dicte la consommation des proies



L'Énigme de la Variabilité Intraspécifique

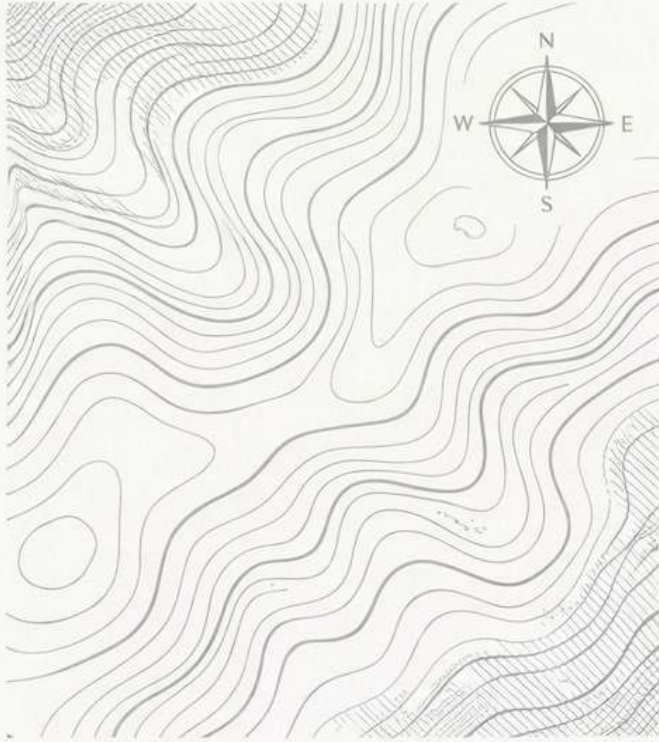


Le Constat : Même dans des environnements contrôlés, les taux de consommation varient énormément entre individus d'une même espèce.

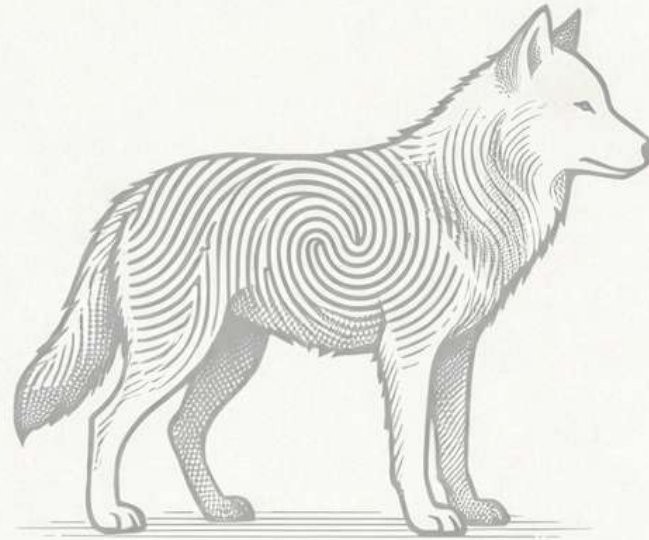
La Question : Pourquoi un prédateur mange-t-il 10 proies alors que son voisin identique n'en mange que 2 ?

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

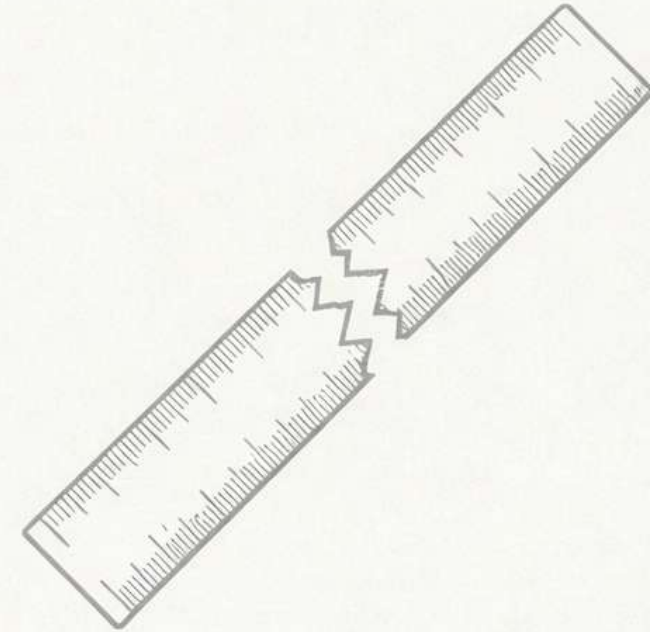
Les Suspects Habituels : Où cherchons-nous l'erreur ?



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 était le mouvement lui-même ?

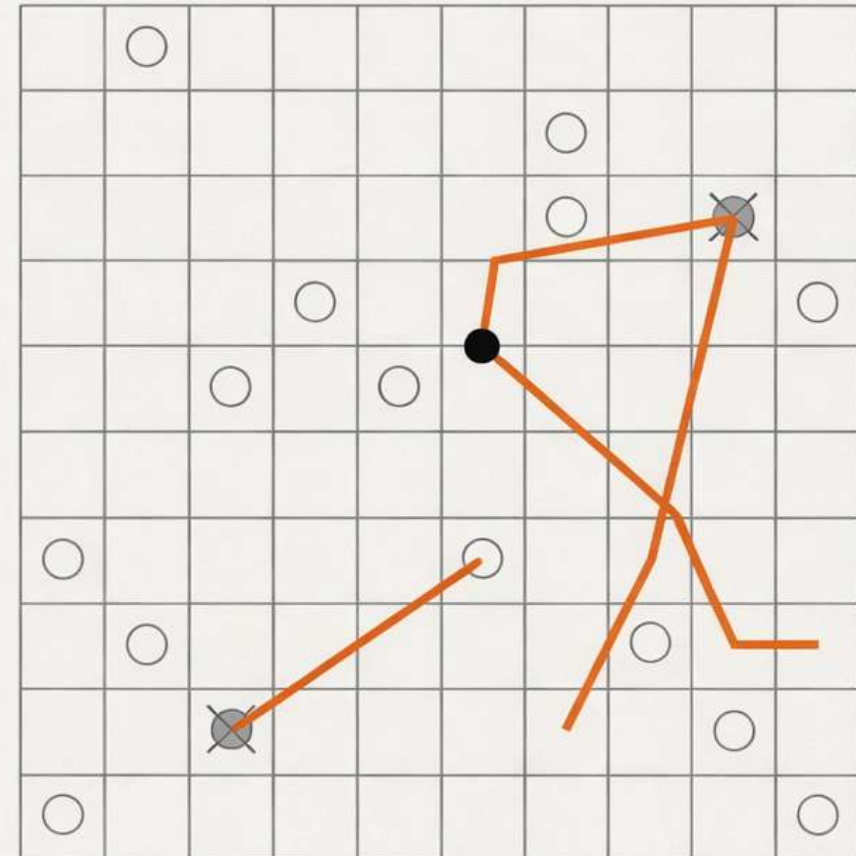
Le Modèle Nul : Retour à la « Tabula Rasa »

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

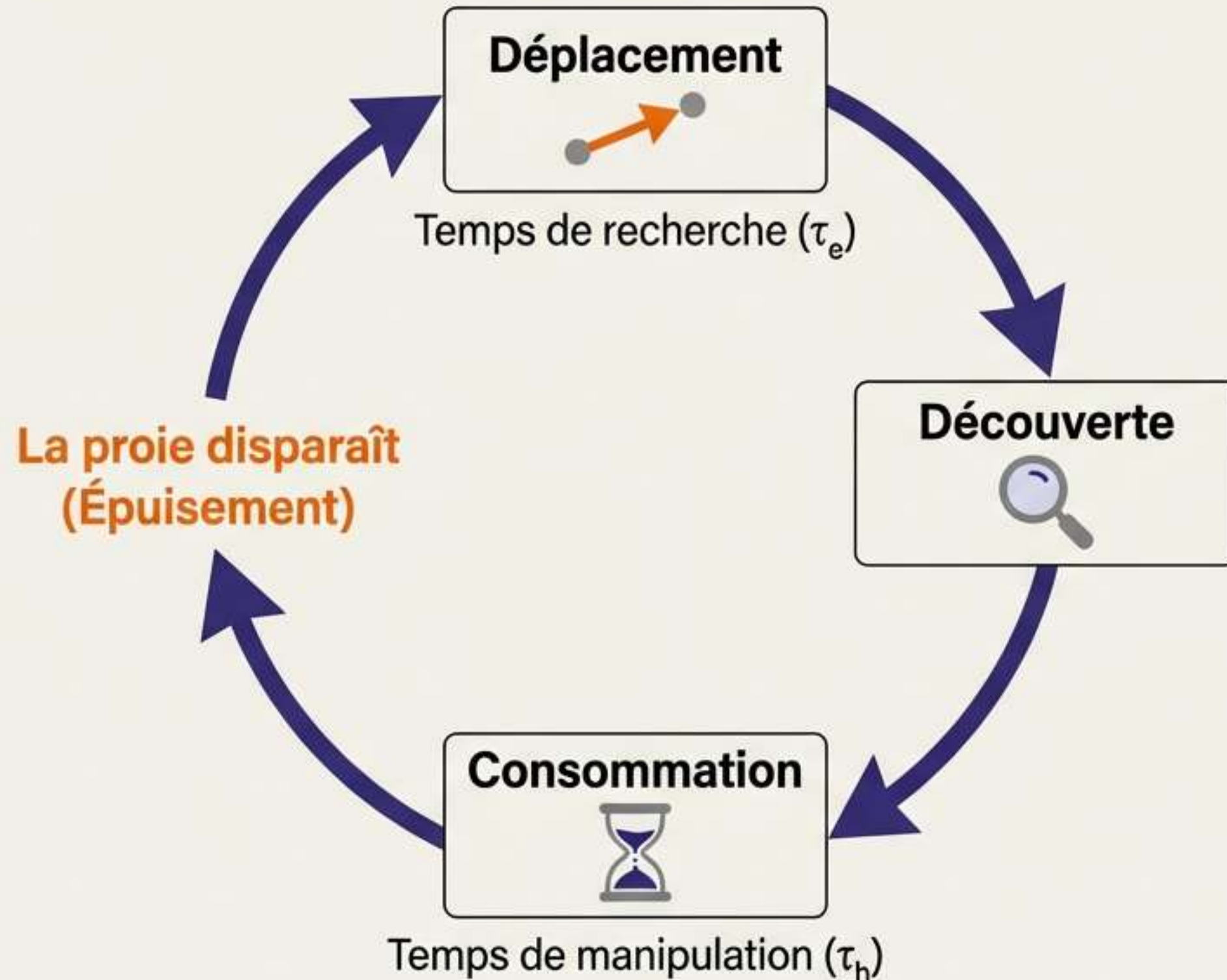
Les Règles du Jeu :

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

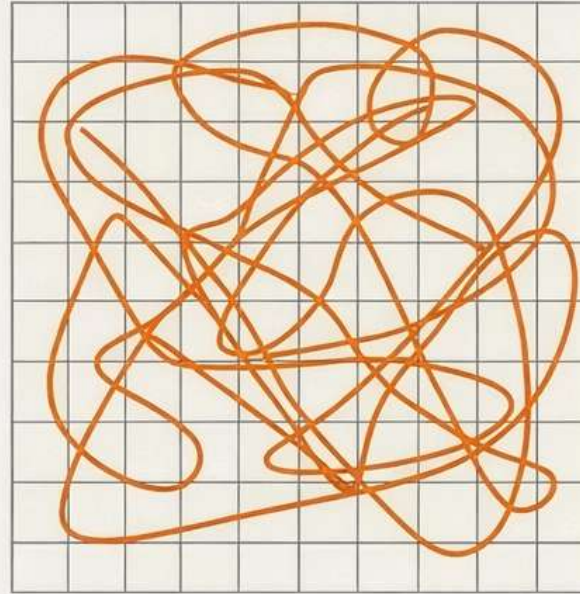
Facteur Clé : L'épuisement. Une fois consommée, la proie disparaît. Le prédateur navigue dans un environnement qu'il vide progressivement.

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

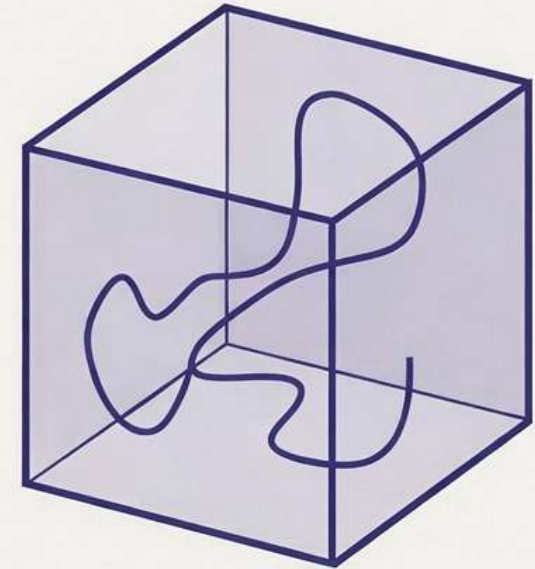
1D (Ligne) - Forte Récurrence



2D (Surface) - Auto-intersections complexes



3D (Volume) - Peu de retour

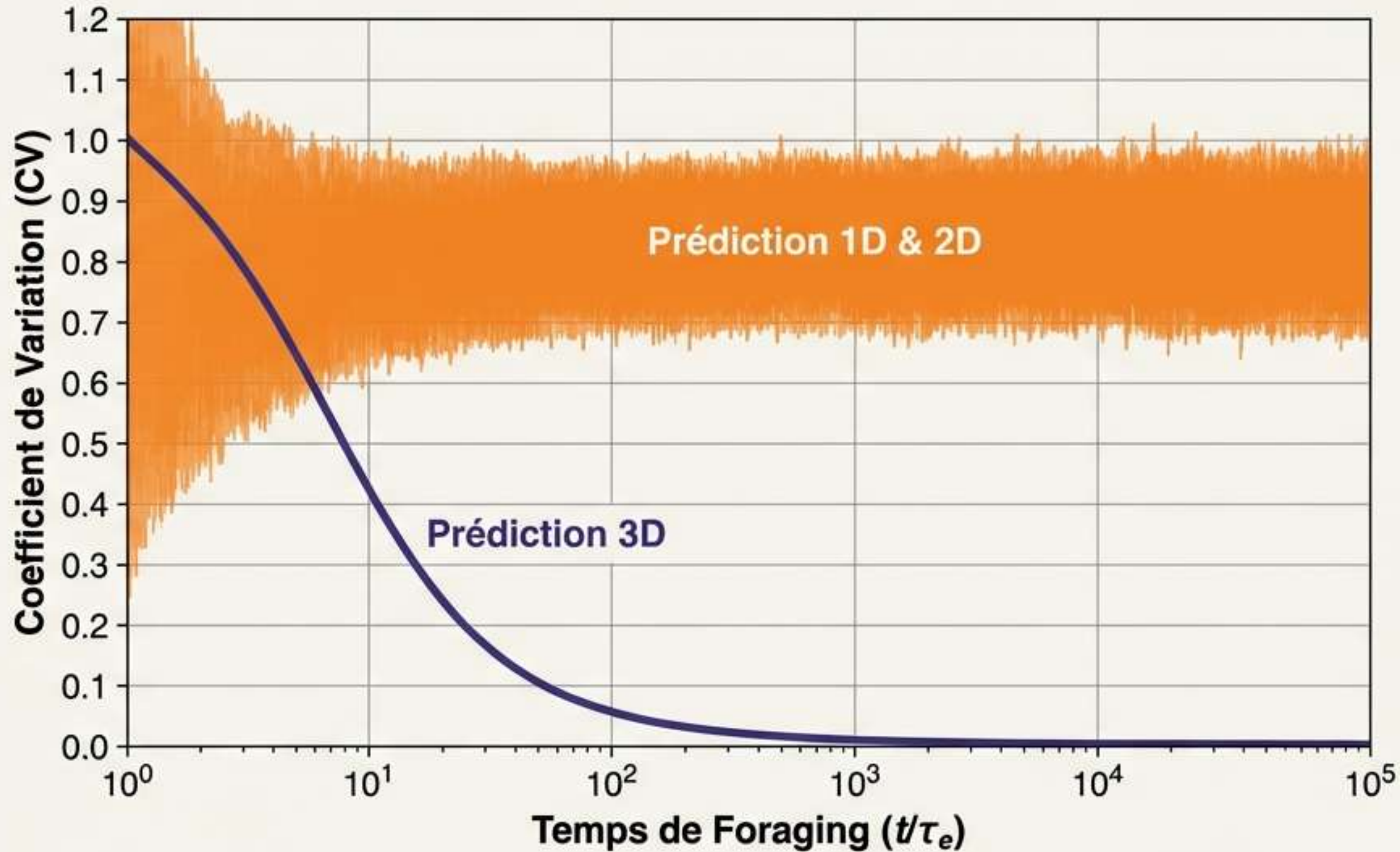


La dimension spatiale modifie radicalement la probabilité de revisiter un site vide.

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)

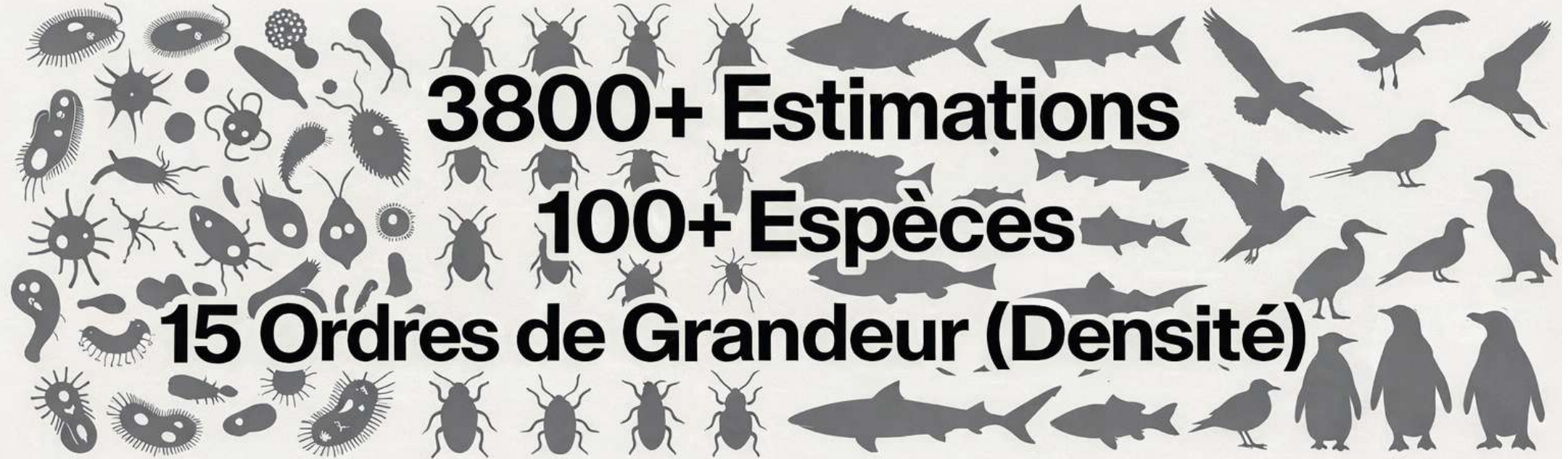


**La Prédiction Théorique :

- 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



3800+ Estimations

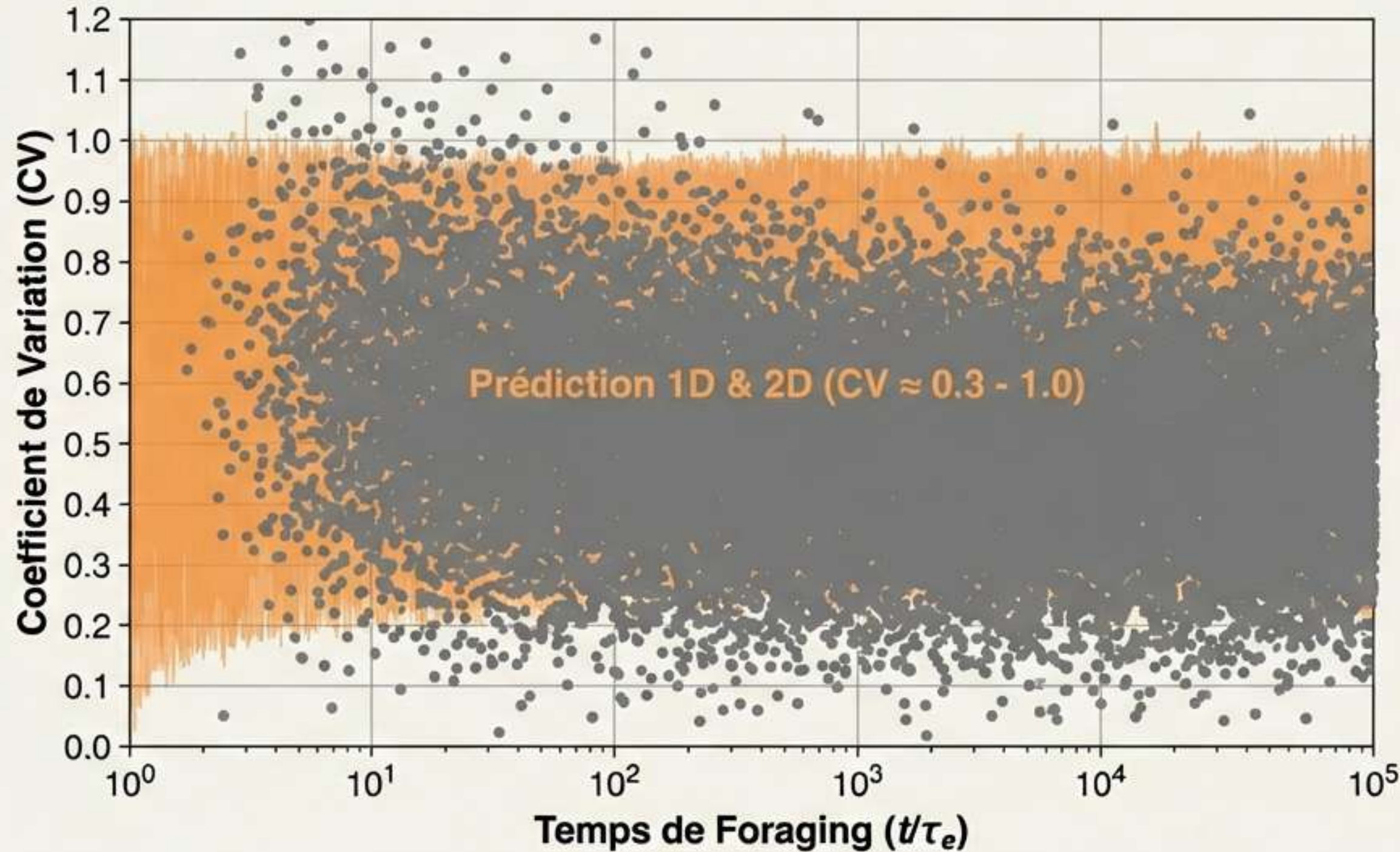
100+ Espèces

15 Ordres de Grandeur (Densité)

***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

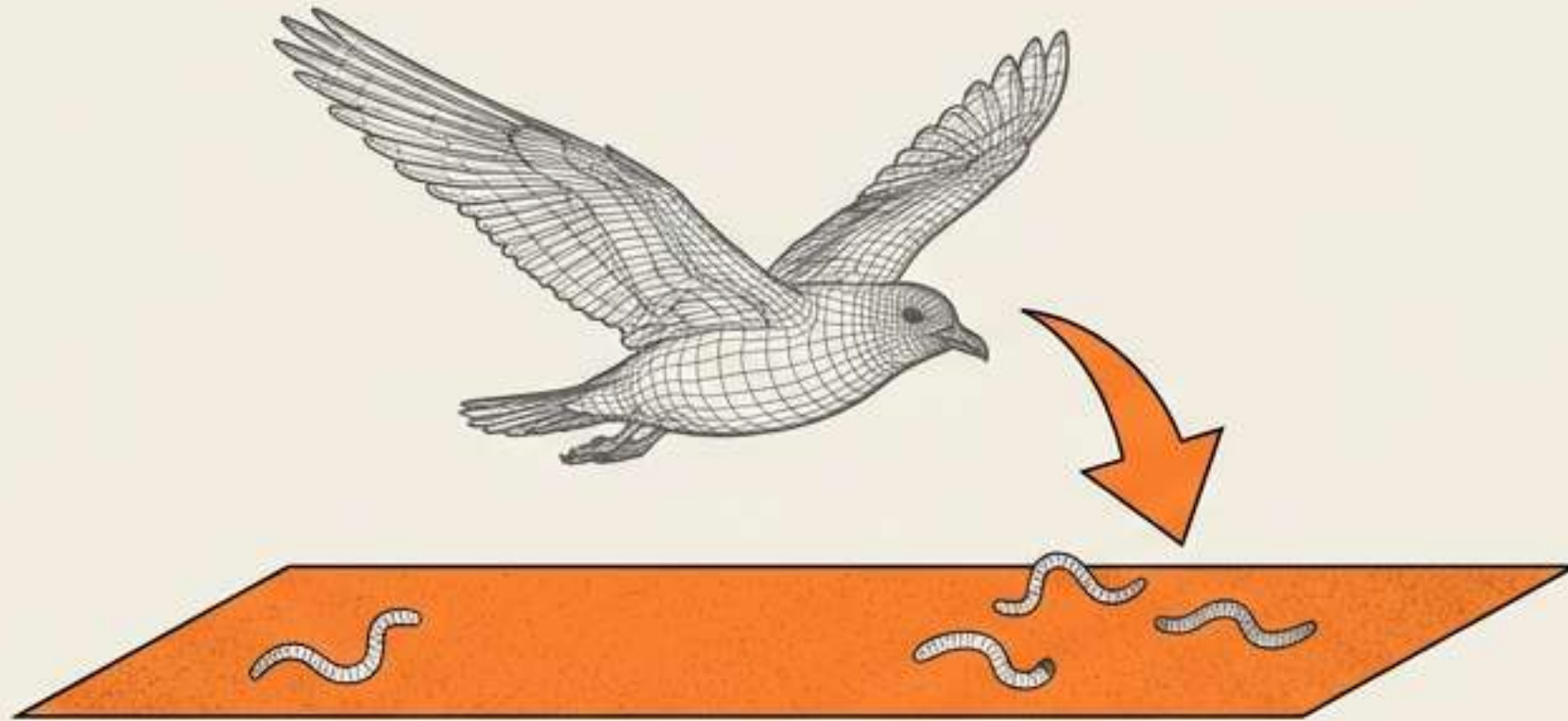


****Le Résultat :**

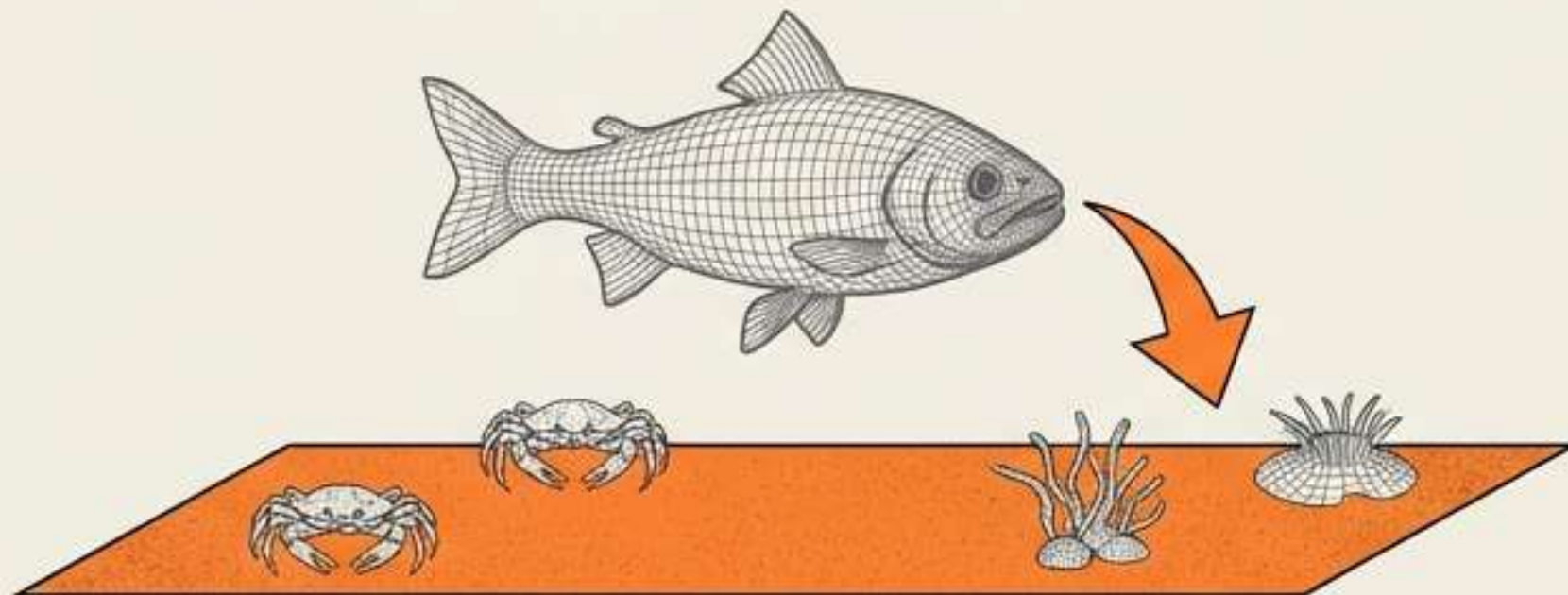
- La grande majorité des observations (73% - 87%) tombent exactement dans la zone prédite par le modèle de marche aléatoire 1D/2D.
- **La Médiane :**
CV observé \approx 0.3.
- **Prédiction 1D :**
CV théorique \approx 0.298.

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)

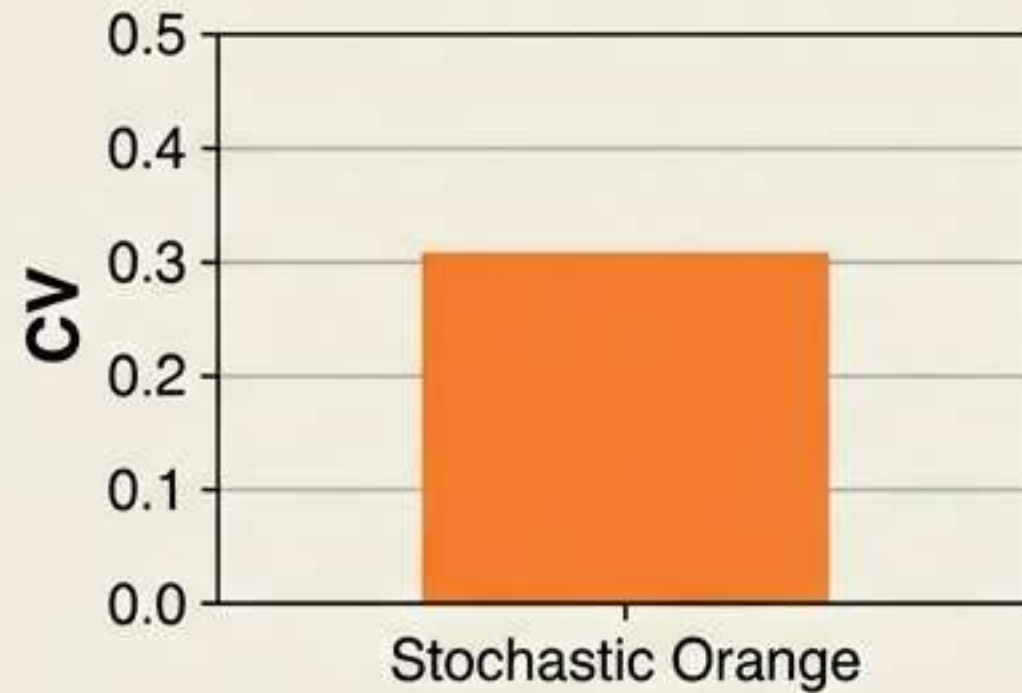
Le modèle prédit que la variabilité en 3D pure devrait être quasi nulle. Or, les données montrent une forte variabilité (type 2D).

Interprétation :

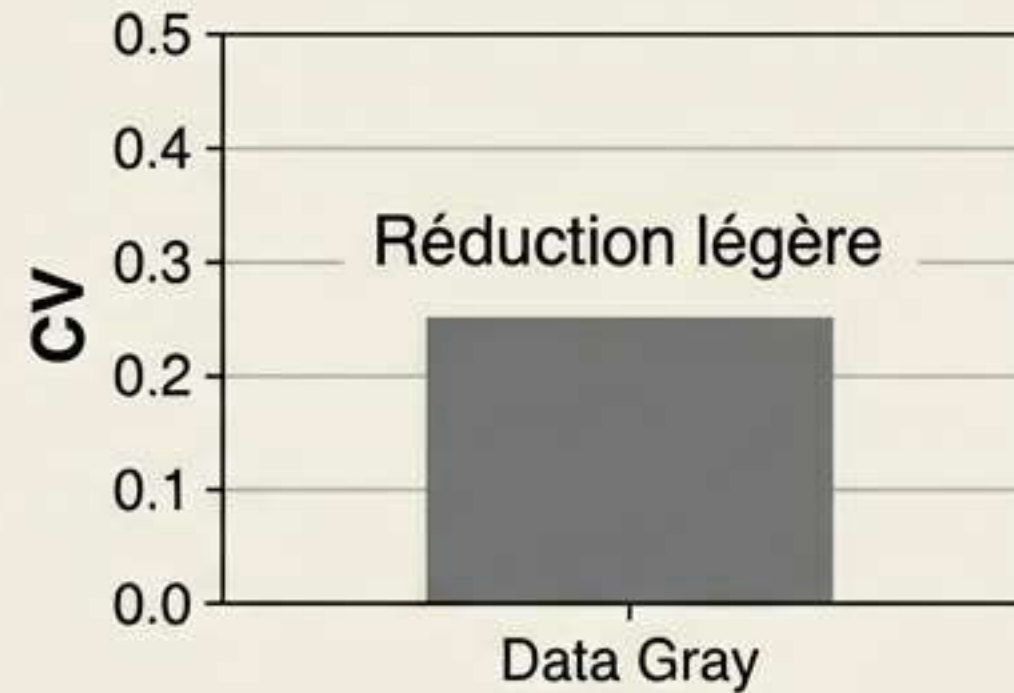
La plupart des prédateurs, même nageurs ou volants, chassent sur des surfaces ou dans des environnements qui s'épuisent comme en 2D.

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

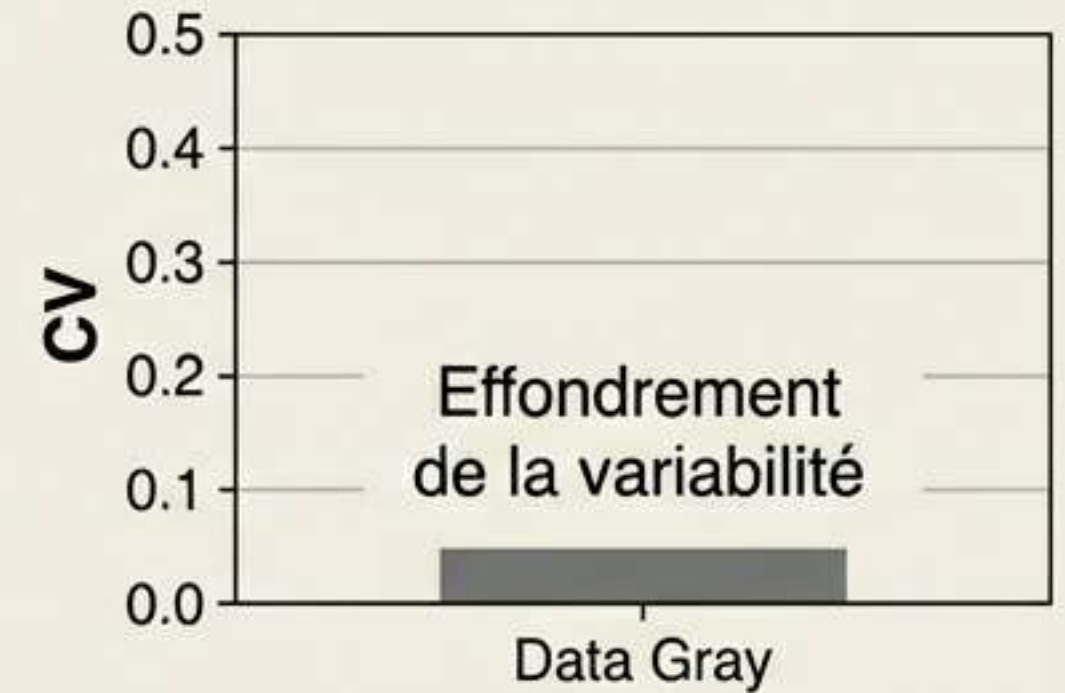
Test de Robustesse : Peut-on battre le hasard ?



Modèle Standard



Avec Mémoire



Avec Direction (Drift)

- **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

$$f(t) = \frac{dU_h}{dt} (m_i - \lambda)$$

$$d(t) = -\frac{\log \gamma_h}{r \alpha t t} (\vartheta_l - \lambda) + \delta_{h1} \mathcal{L}_{-v}$$

$$n(t) = \frac{1}{r \alpha t t} (1 - \vartheta(\lambda) + \vartheta)$$

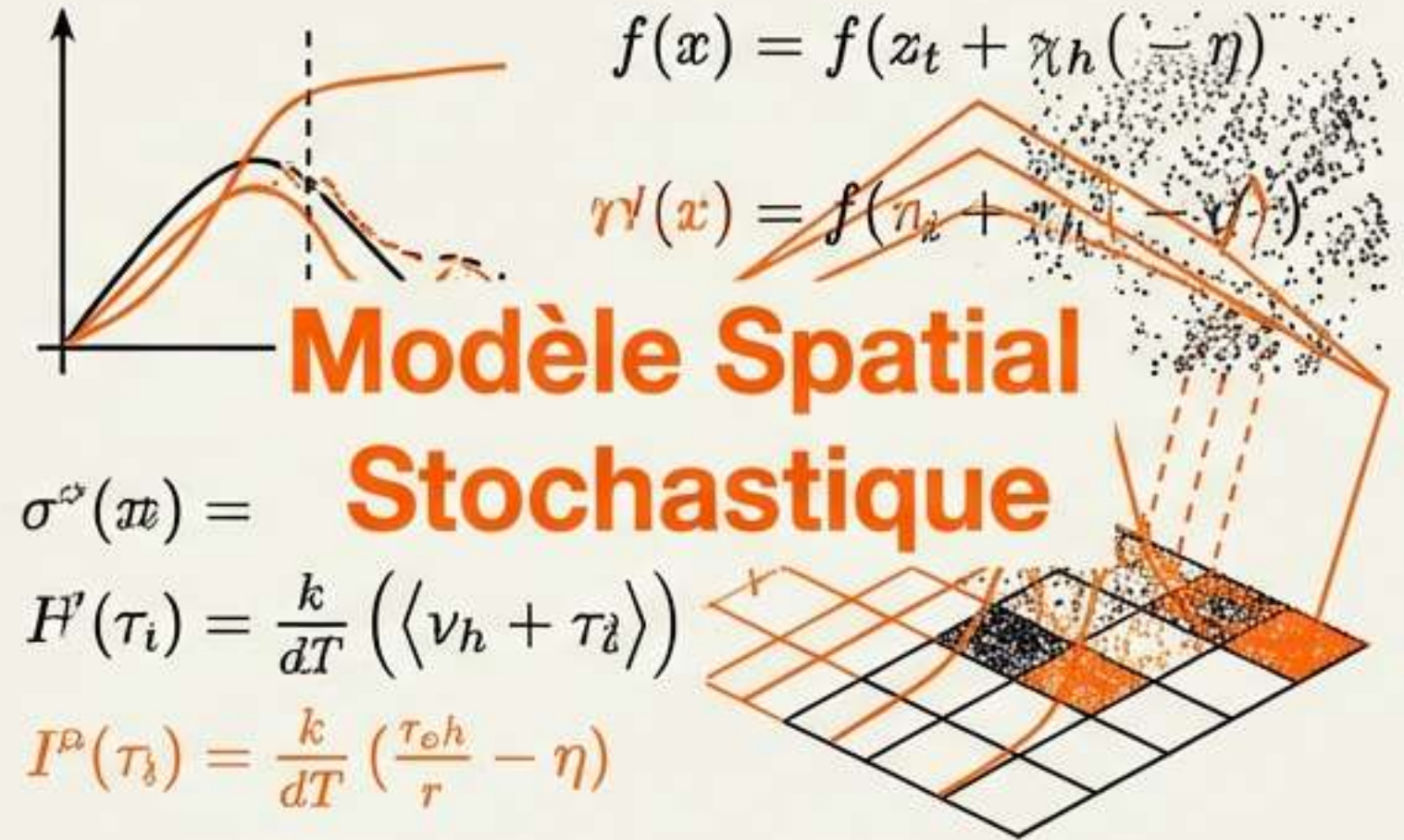
$$f'(t) = \frac{1}{2} \lambda' (\vartheta_h - \mathcal{L}(\lambda) + \vartheta)$$

$$+ \cdot \lambda (\tau_h \cdot \mathbb{E}[\mathcal{L}_i y])$$

$$- \frac{dt}{dt} (\tau_1 + \eta \ln \vartheta_h - \varphi)$$

**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 (τ_h) a peu d'impact comparé au temps de recherche (τ_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 :

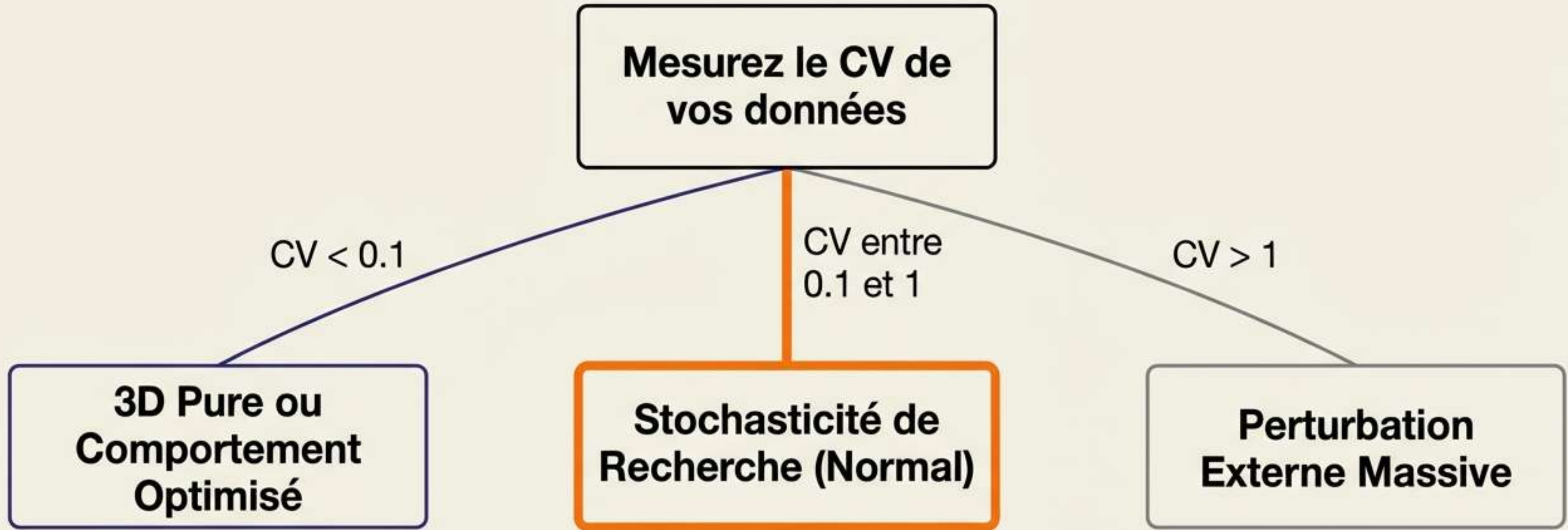
L'hétérogénéité et les différences interindividuelles jouent un rôle mineur.

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