

# Echantillonnage : principes et méthodes



Julien Pétillon

# Plan du TD

1. Introduction : Généralités
2. Stratégies d'échantillonnage
3. Les principales méthodes
4. Méthode de Capture / Marquage / Recapture
5. Méthode des quadrats

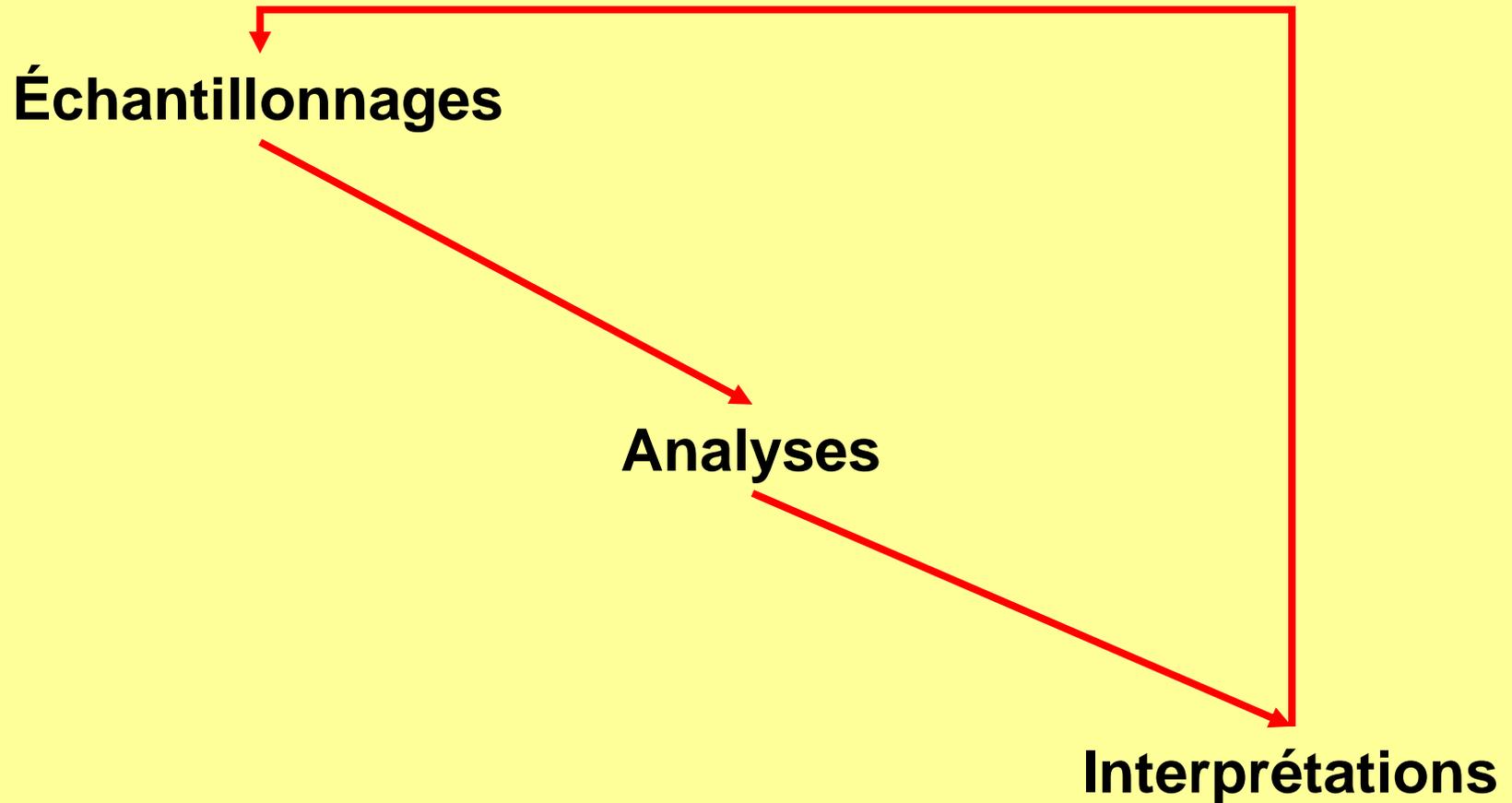
# 1. Introduction

## Plusieurs raisons de recenser le vivant

- Estimer la taille d'une population
- Suivre les changements dans le temps d'une population
- Caractériser une communauté vivante
- Déterminer l'intérêt écologique d'un site

# Introduction

**Pour estimer des effectifs, avant tout REFLECHIR**



# Introduction

## Plan d'étude

**Le plan d'étude représente simplement le processus qu'il faut entreprendre au moment d'élaborer une étude scientifique.**

**Étude « scientifique » = objective, contrôlée, précise.**

**« L'étape la plus critique de la mise en œuvre et de la réalisation d'une étude [de surveillance] n'est pas la collecte des données, la présentation ou l'interprétation, mais plutôt le plan. Un plan réalisé avec soin permettra d'accroître l'efficacité, de réduire les coûts et de donner lieu à une meilleure interprétation. »**

**“ (Jones, K.B. 1986. *The Inventory and Monitoring Process*. pp. 1-10 dans A.Y. Cooperrider, R.J. Boyd et H.R. Stuart (eds.). *Inventory and Monitoring of Wildlife Habitat*.)**

# Introduction

## Pourquoi est-ce important?

En ne portant pas une attention suffisante au plan, vous risquez, au mieux, de perdre votre investissement en temps et en argent sous forme de résultats non décisifs.

Au pire, vous agirez à partir d'une information erronée et vous ferez plus de tort que de bien.

- ✓ Contrôler le biais dans vos données
- ✓ Améliorer la précision et l'exactitude
- ✓ Tenir compte des hypothèses biologiques et statistiques

- ✓ Réduire le risque d'erreur
- ✓ Fournir une information de meilleure qualité
- ✓ Permettre une gestion adaptative efficace

# Introduction

## Classes de variables :

### **Variables Réponses**

- Variables devant être sous-entendues ou prévues (ex.,abondance des oiseaux forestiers). C'est la variable qu'on cherche à expliquer.

### **Variables explicatives**

- Variables utilisées pour expliquer ou prédire la réponse (ex., type de forêt)

### **Variables perturbatrices**

- Variables susceptibles de masquer ou de confondre les relations d'intérêt (ex., roulement du personnel pendant l'échantillonnage)

### **Variables contrôlées**

- Variables utilisées dans le plan afin d'éliminer le biais potentiel, généralement au moyen de blocage temporel ou spatial (ex., taille de la parcelle forestière, saisonnalité).

# Introduction

## Population cible, population échantillonnée et échantillon :

### Population cible

- Total des unités de collecte au sujet desquelles vous voulez faire une inférence
- La mesure de l'ensemble des unités de votre population cible est un recensement.

### Population échantillonnée

- Il est fréquent que des éléments de la population cible ne puissent être mesurés; un sous-ensemble est alors mesuré. Il s'agit là de la population échantillonnée.

### Échantillon

- Collecte des unités (échantillons répétés) à l'intérieur de la population échantillonnée qui sont effectivement mesurées.

# Introduction

## Information recherchées ?

**Nombre précis** (nombre d'individu)

**Données quantitatives** (nombre pour une surface donnée)

**Données qualitatives** (présence absence, abondances relatives)

**Suivi temporel**

# Introduction

## Echelles

### **Petite échelle (Paysage)**

Méthodes quantitatives à associer avec une cartographie

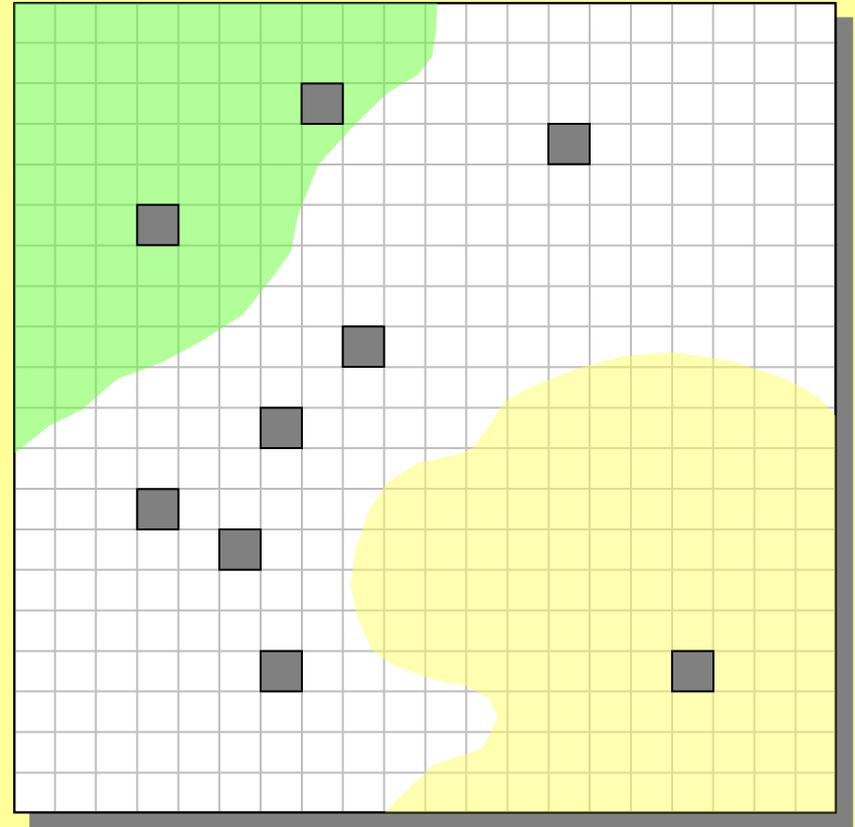
### **Grande échelle (Régionale)**

Méthodes qualitatives

# **2. Stratégies d'échantillonnage**

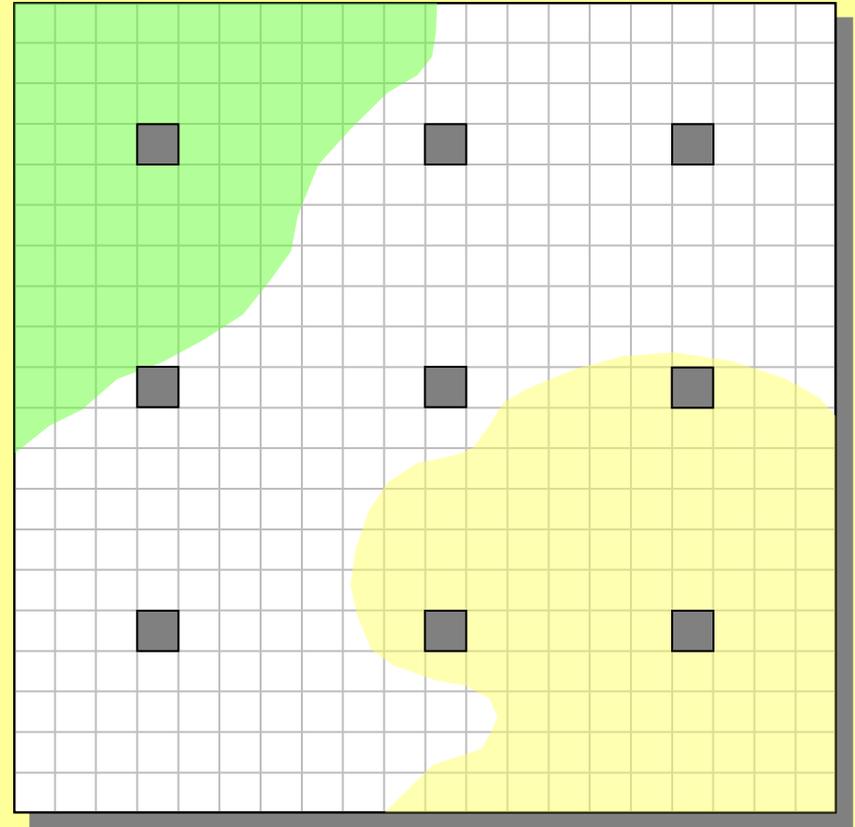
# Échantillonnage aléatoire :

- Il s'agit de la stratégie d'échantillonnage la plus simple.
- Les échantillons sont sélectionnés sans tenir compte de la structure sous-jacente.
- On l'utilise lorsque la zone d'étude est homogène.
- Également utilisé lorsque la taille des échantillons est grande de sorte que la gamme des conditions renferme probablement suffisamment d'échantillons répétés.



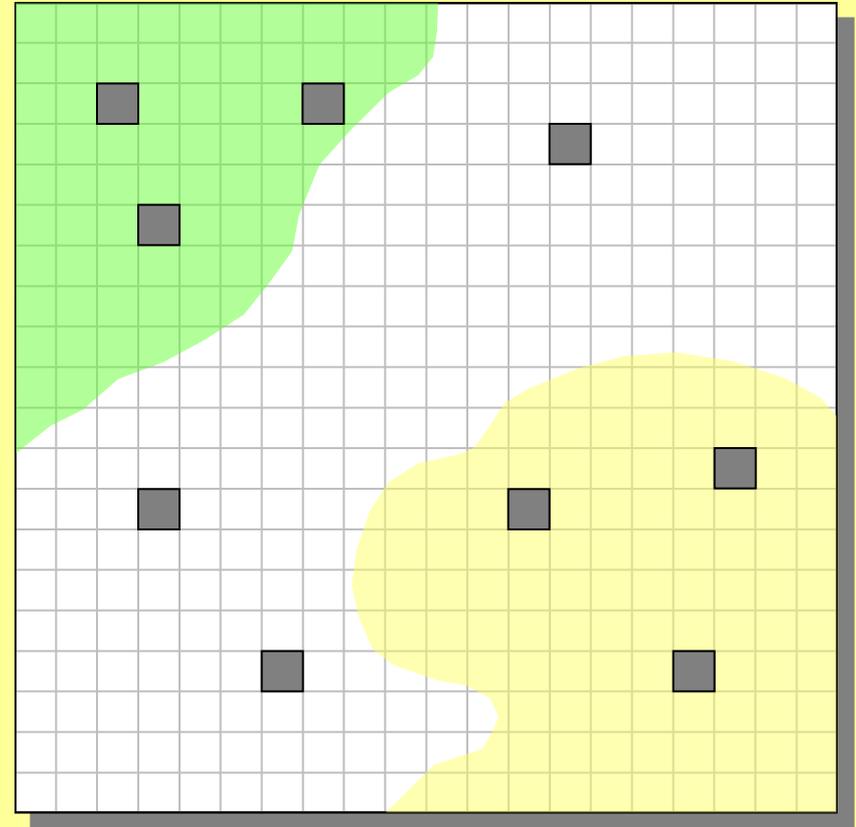
# Échantillonnage systématique :

- La structure sous-jacente de la population cible est inconnue.
- On assume qu'il y aura une ou des variables perturbatrices, mais on n'a pas assez d'information pour créer des strates.
- Les échantillons sont étalés de façon systématique et uniforme dans la zone d'étude (généralement avec un point de départ aléatoire) afin de tenter de répliquer la structure inconnue.

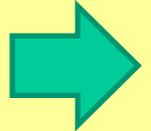


# Échantillonnage stratifié :

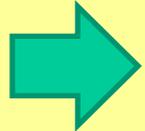
- La zone d'étude est bloquée conformément à certaines variables contrôlées.
- Les strates peuvent être définies au moyen d'une variable ou d'une combinaison de plusieurs variables.
- Les échantillons sont prélevés au hasard dans chaque strate.
- Le nombre d'échantillons par strate devrait être égal ou très approchant (plan équilibré).
- Ce type d'échantillonnage réduit les erreurs d'échantillonnage et augmente la précision.



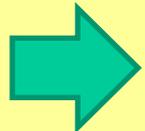
## Dispositif expérimental (exemple du suivi de gestion)



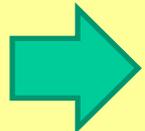
Nécessité d'un **état témoin ou cible**



**Paramètres** ? Exemple : population, assemblages, groupes fonctionnels

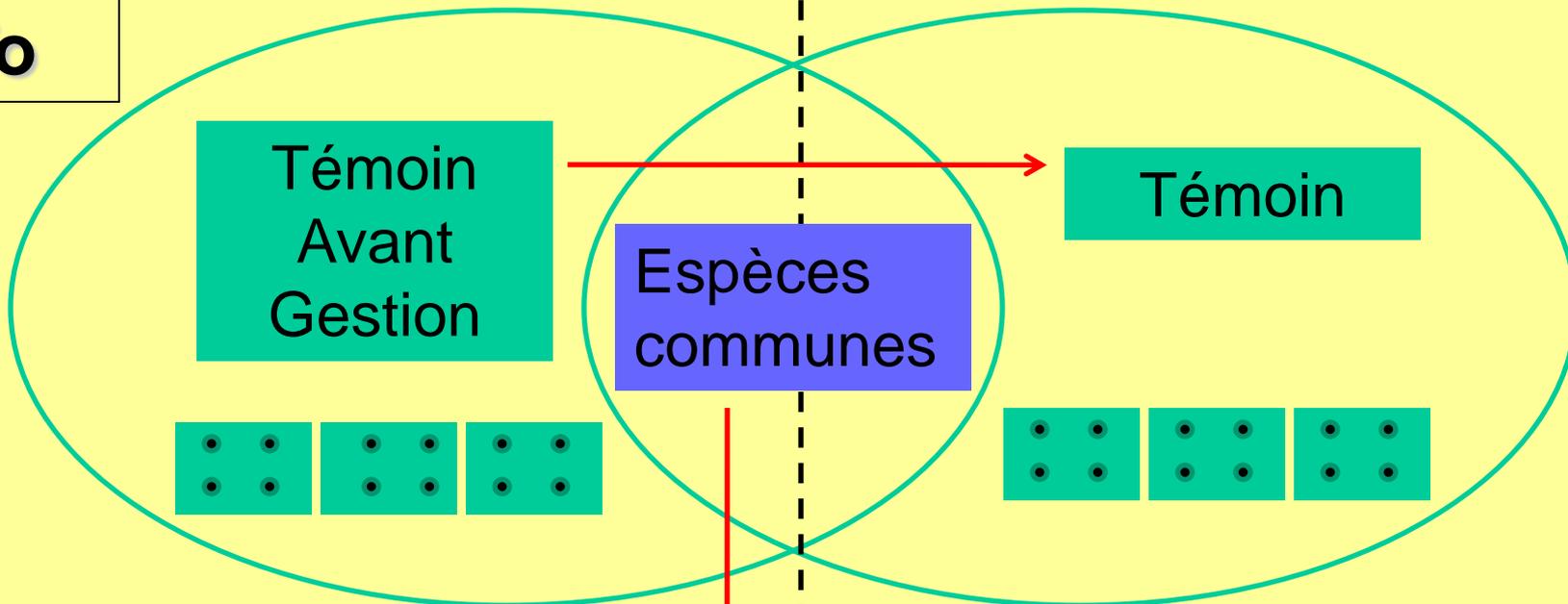


**Approches** : diachronique et / ou synchronique



**Réplicats** intra-stations et spatiaux (pseudo-réplication : Hulbert 1984 ; mais facteurs inter-sites : Oksanen 2001)

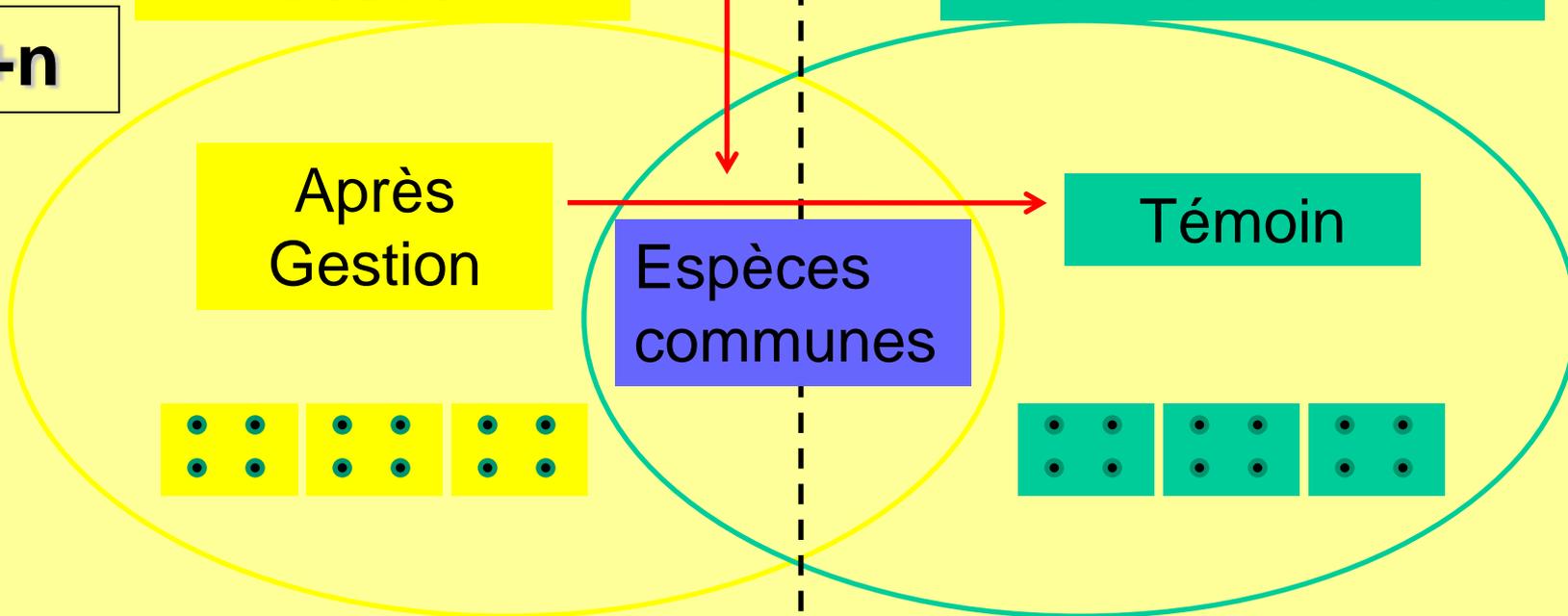
To



*Gestion*

*Evolution naturelle*

T+n



**To**

Site avant gestion

*Espèces communes*

Site témoin

**E**

**D**

**F**



**J**

**J**

Gestion

Evolution naturelle

**T+n**

Site après gestion

*Espèces communes*

Site témoin

**B**

**A**

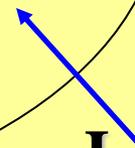
**C**



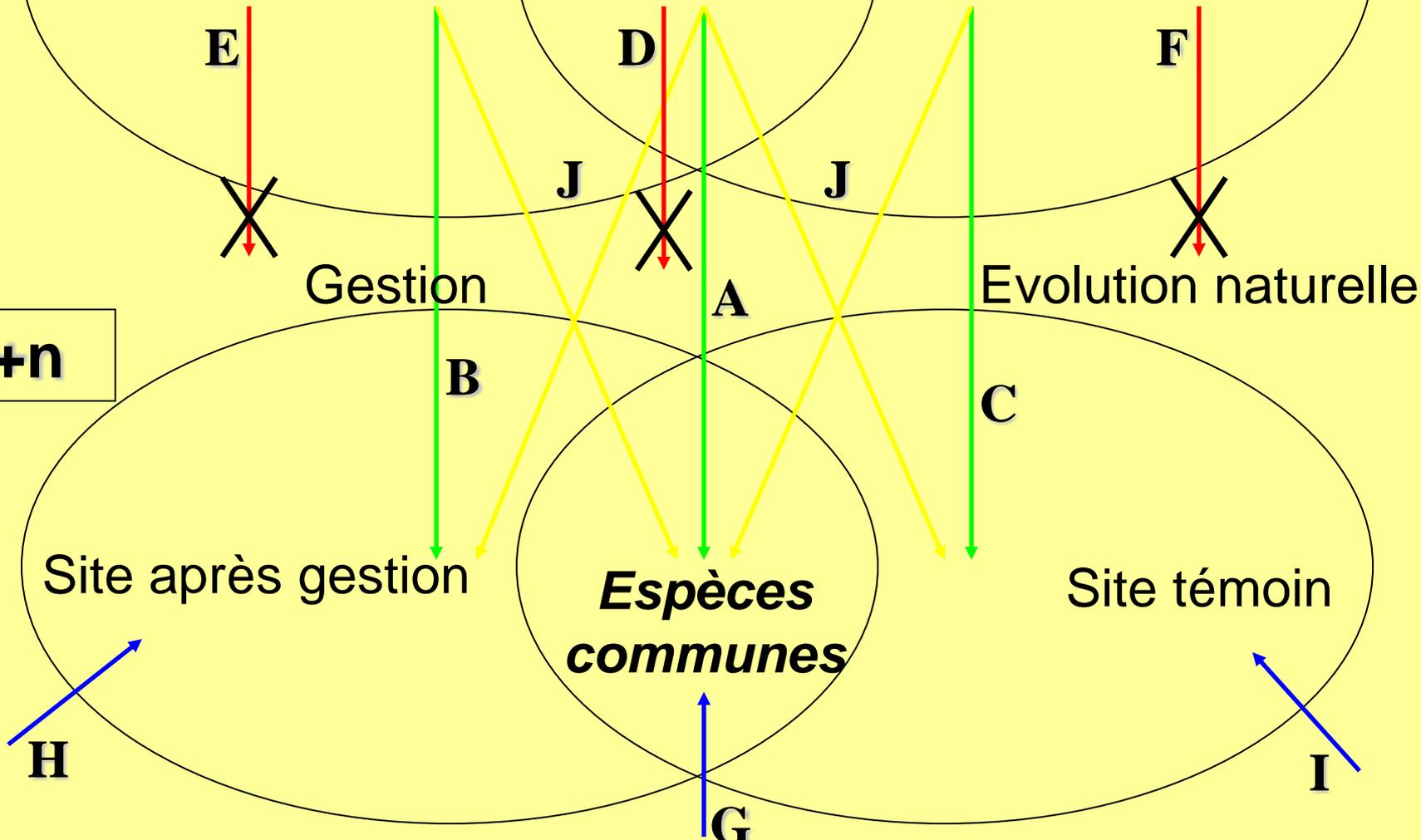
**H**



**G**



**I**



## Dispositif expérimental (piégeage)



- ➔ **Distance** entre pièges : 10 m  
(Topping & Sunderland 1992)
- ➔ **Liquide** : éthylène-glycol (Schmidt et al. 2006)
- ➔ **Mesure de variables** (échelle du piège, station, site, environnement)  
~ Traduction de la gestion
- ➔ **Identification** (ouvrages, articles, faunes, collections, spécialistes)

## Traitement et interprétation des données

**Présence / absence** : richesse spécifique, Dendrogramme, IndVal, répartition

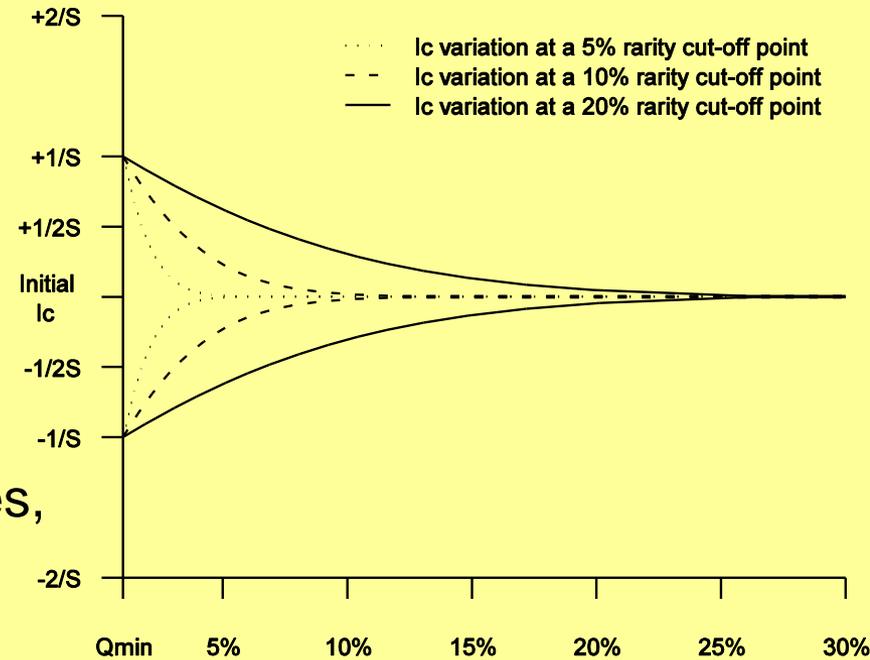
# Traitement et interprétation des données

➔ **Abondances** en nb d'ind par mètre et par jour (Sunderland et al. 1995)

➔ Dendrogramme, Analyses multivariées, GLM, Indice de conservation

➔ Prise en compte du micro-habitat (Luff 1975)  
LHTs : sténoécie, capacités de dispersion (variations intra-spécifiques)

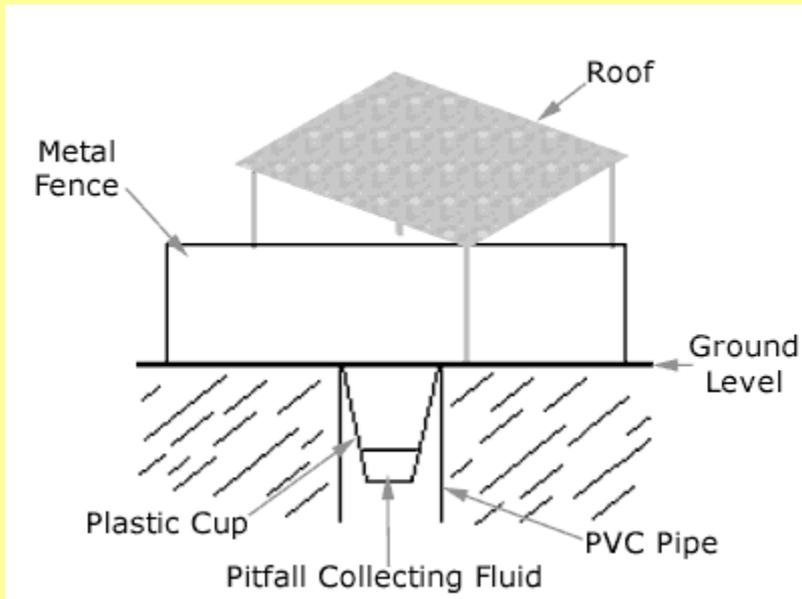
➔ Rareté (e.g. Harvey et al. 2002), listes rouges ou espèces déterminantes, statuts de protection...



# **3. Principales méthodes d'échantillonnage**

# Echantillonnage Arthropodes terrestres et aériens

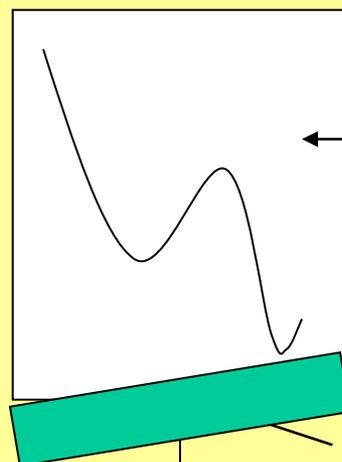
## 1. Pièges d'interception



**Pièges au sol = pièges Barber = « Pitfall traps »**

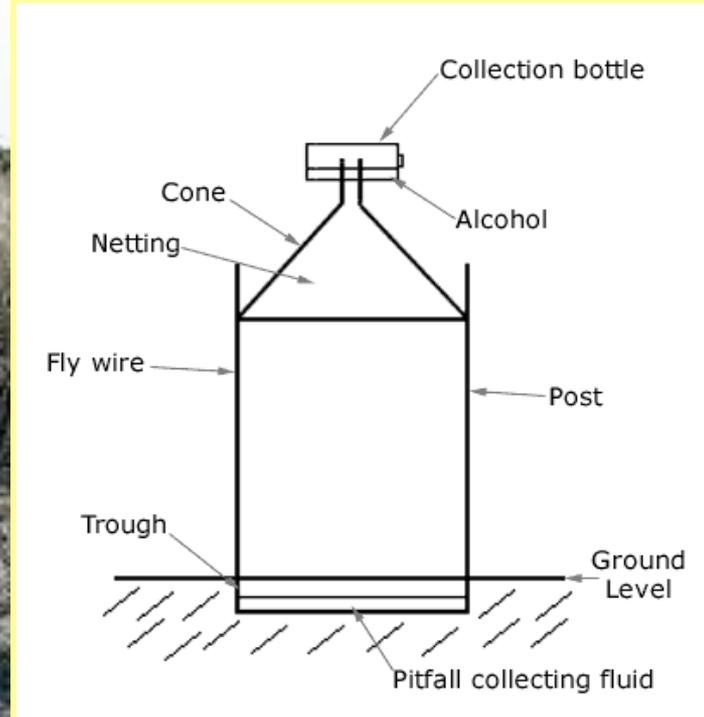


**Pièges englués**



← Cadre en plexiglass

Gouttière collectrice



**Pièges d'interception aérien (Tente Malaise et autres)**

## **Piège Lindgren** (*Lindgren Funnel Trap, piège à Scolytes*)



**Piège pour les coléoptères qui creusent des galeries dans les arbres (Scolytidae surtout).**

**Fait d'une série d'entonnoirs superposés. Se fonde sur la tendance de l'insecte à se laisser tomber au sol lorsqu'il perd prise en essayant de se poser.**

**Peut être appâté avec des phéromones, des substances extraites de l'arbre qui sert d'hôte (alpha-pinène, par exemple), de l'alcool ou de la térébenthine.**

**Insectes recueillis dans le contenant à la base.**

**Contient un liquide de conservation.**



- Fumigation

## Autres méthodes... (canopée)



- Pièges aériens



- Arboglisseur



## 2. Pièges d'attraction (« interception active »)

### Pièges au sol avec appâts....

Peut être rendu plus **efficace et surtout sélectif** en y ajoutant un appât.

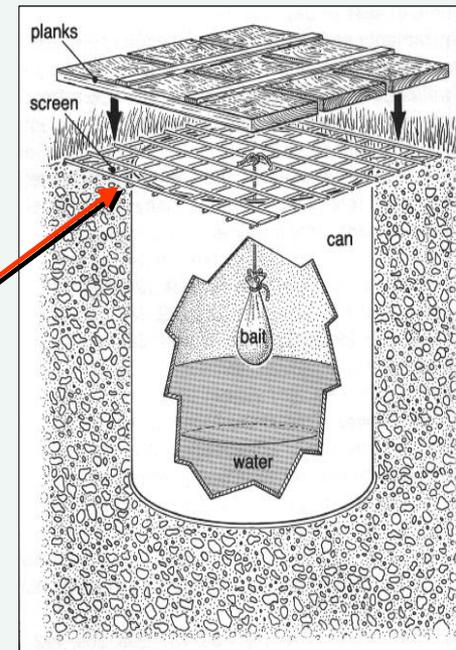
Viande faisandée

Fruits trop mûrs



Figure 2 : Piège de type CSR. Vu en coupe

Grillage pour empêcher que l'appât soit volé par de petits mammifères



**Aussi avec cadavres, fèces (Coléoptères Scarabaeoidea) ....**



## - Pièges « jaunes »

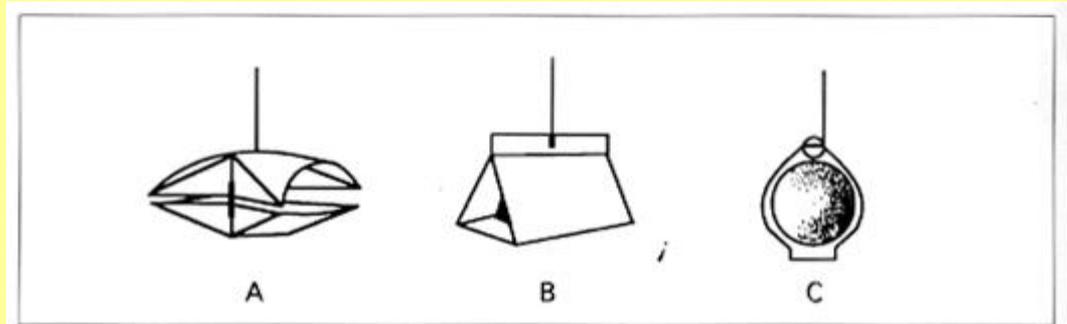


Fig. 13. Insect traps. A, wing pheromone trap; B, delta pheromone trap; C, red sphere trap.

### Pièges à phéromones

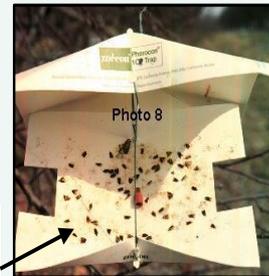
Utilisent des phéromones sexuelles pour attirer certaines espèces bien précises.

Très sélectifs. N'attirent qu'une espèce bien spécifique et qu'un seul sexe (mâles en général)

Inconvénient : coût élevé

Permet d'établir des indices d'abondance.

L'intérieur est badigeonné d'une colle qui capture les insectes qui pénètrent dans le piège



## - Piège à Phéromones

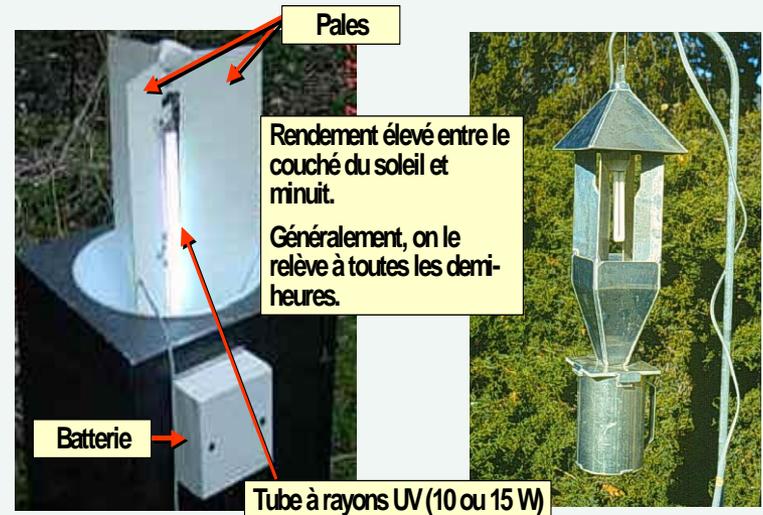


## Pièges lumineux...



Piège lumineux simplifié. Ne permet qu'une collecte manuelle et sélective (pas vraiment de résultats chiffrés utilisables)

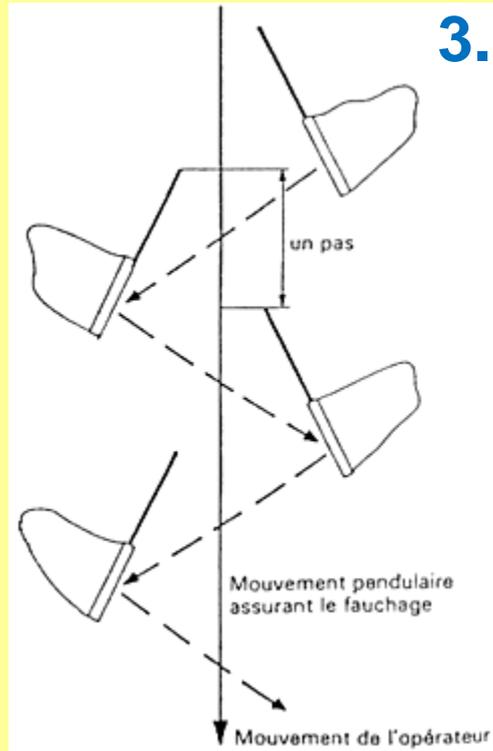
## Pièges lumineux



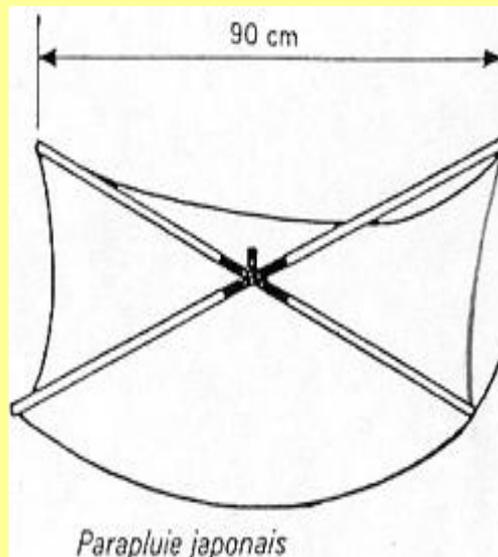
### 3. Techniques « actives »



**Filet fauchoir**



**Parapluie japonais**



**Filet à papillons...**

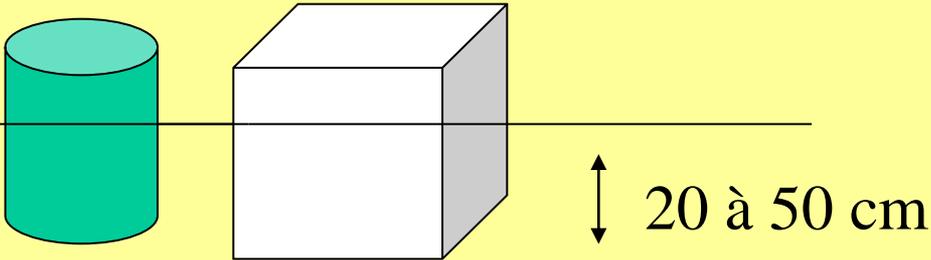
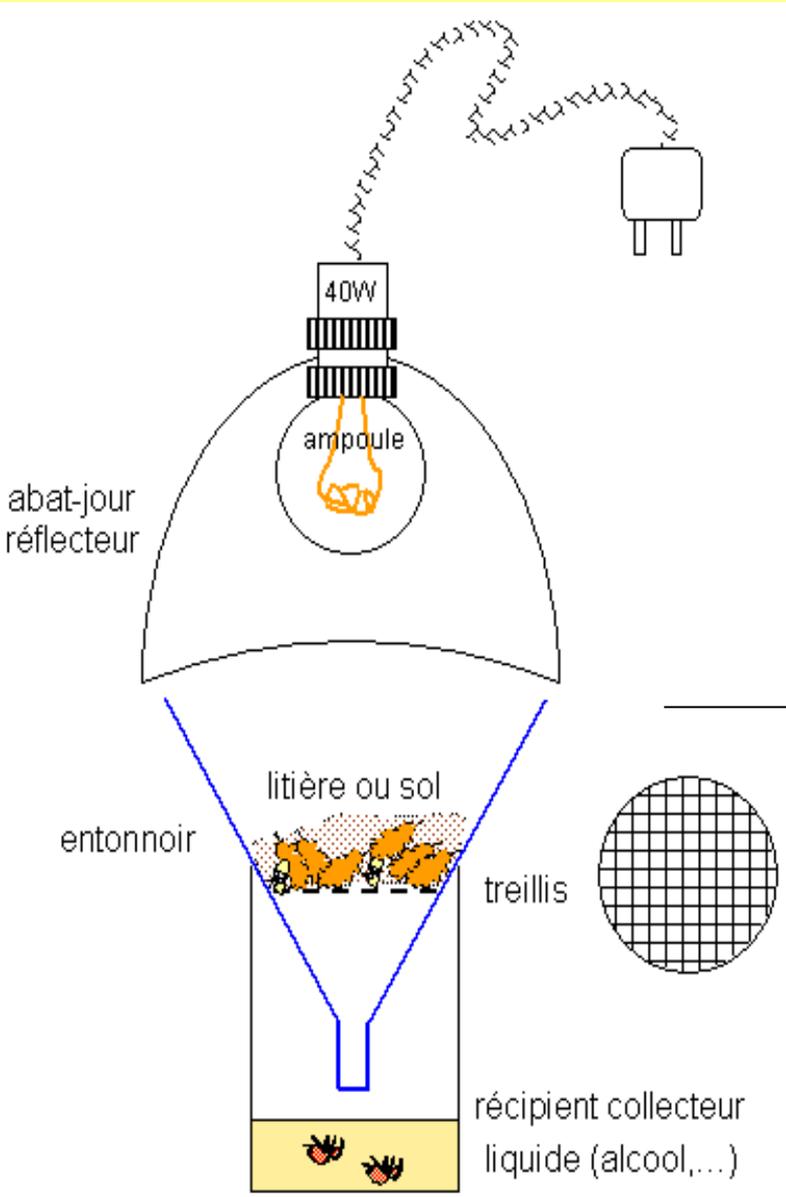


**Aspirateur à bouche**



**Quadrats**

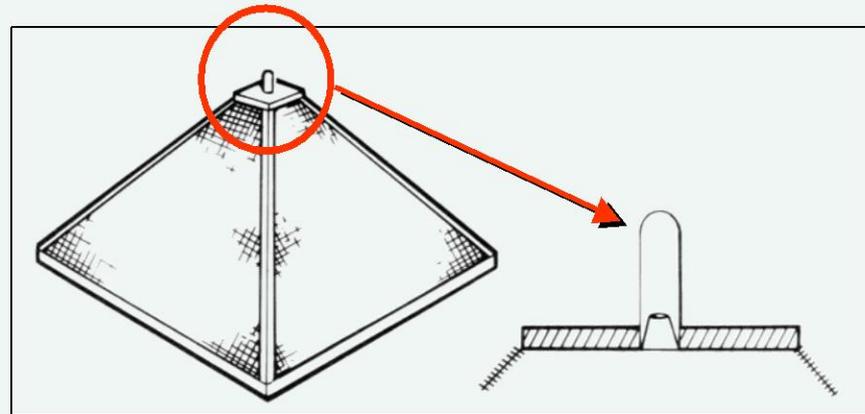
# Berlèse



Prélèvement sol, litière  
(carré, cylindre)

# Méthode d'interception passive absolue

## Cages d'émergence



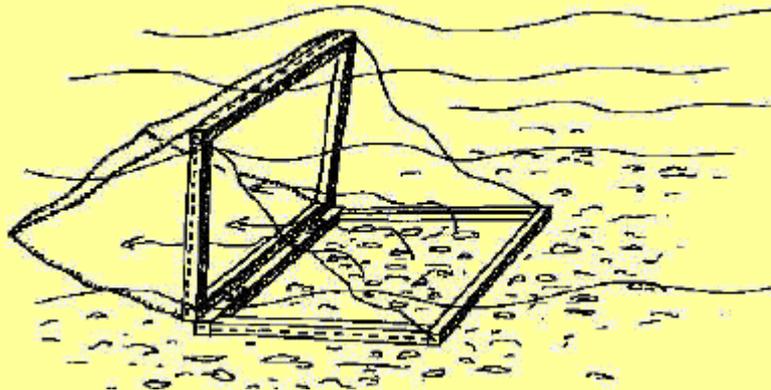
**Permet de récolter tous les individus volants qui émergent du sol ou de l'eau.**

**Donnent d'excellents résultats (permet d'évaluer avec assez de précision la valeur absolue des populations).**



# Echantillonnage Arthropodes aquatiques

## Filet Surber



## Troubleau



**Tamis**



# Echantillonnage Vertébrés

- Epuisement des stocks (e.g. poissons)

➔ Méthodes standardisées d'épuisement des stocks sur plusieurs passages sans remise

- Points d'écoute (e.g. oiseaux)
- Cages (e.g. mammifères)
- ...

## Pêche électrique



# A retenir



**Complémentarité des méthodes (relative, mais standardisation possible)**



**Protocole : fonction du paramètre et du taxon étudiés**



**Protocole : compromis temps/argent/questions aussi...**

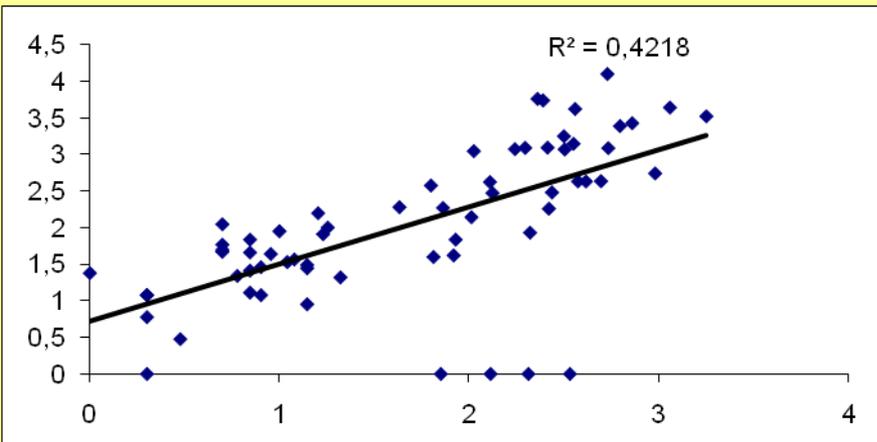


**Nécessité de tenir compte de l'auto-écologie et de la biologie:  
Protocole et Interprétation**

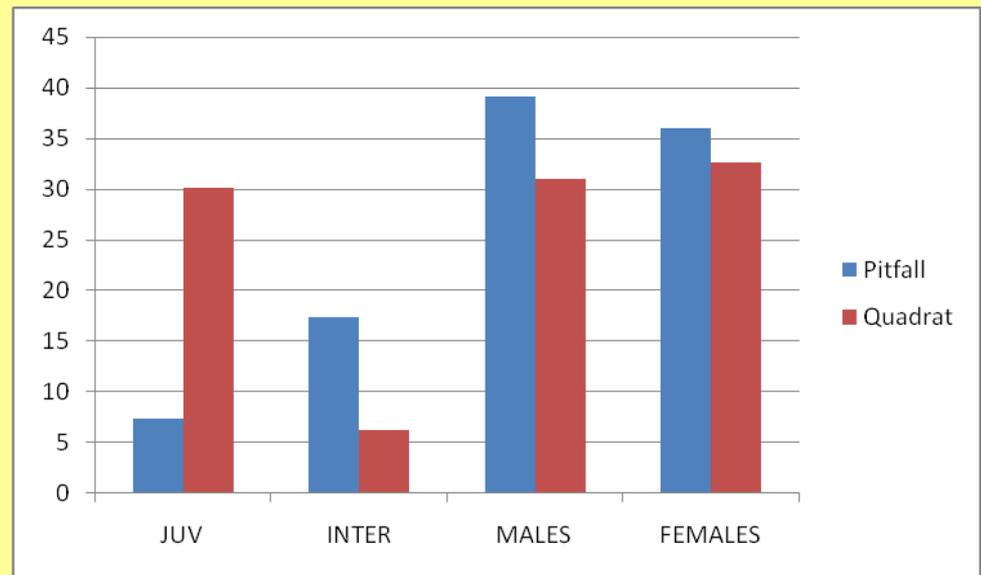
# A retenir



## Avantages et Limites de chaque méthode



**Bonne corrélation densités –  
abondances (aussi biomasses)**



**MAIS biais dans la structure de  
pop par piège**

(Comparaison piège vs. Quadrats, Amphipodes, Baie du Mont St Michel, 2003)

## 4. *Marquage recapture*

# Marquage - Recapture

## Principe:

**Il s'agit de prélever une fraction de la population, de la marquer et de réaliser des recaptures ultérieures simples (Petersen) ou multiples (Schnabel; Jolly-Seber).**

**Lors des (ou de la) recapture (s), le rapport des individus marqués sur les non marqués ou sur la succession des recaptures permet d'estimer la taille la plus probable de la population.**

# Marquage - Recapture

## Postulat 1 :

**L'échantillon doit être suffisamment grand pour être représentatif de la population.**

***Très difficile à estimer à priori***

***Généralement, il faut marquer plus de 50% de la population sous peine d'obtenir des estimations peu fiables...***

# Marquage - Recapture

## Postulat 2 :

**Le marquage doit être inaltérable (pas de perte, lecture garantie, pas de mortalité due au marquage) durant toute la durée de l'expérimentation.**

***L'effet du marquage doit être testé. Un succès complet de l'opération de marquage doit être observé (période d'apprentissage) avant les opérations de marquage - recapture.***

## Postulat 3 :

**Le marquage ne modifie en rien le comportement de l'échantillon.**

**C'est à dire que tous les animaux marqués présents dans la population au temps  $i$  ont la même propriété d'observation  $P_i$ . Mais également, tous les individus nouvellement marqués à l'occasion  $i$  ont la même probabilité de survie jusqu'au temps  $i+1$ .**

***Cet effet doit être testé.***

## Postulat 4 :

**La probabilité de capture d'un individu marqué doit être identique à celle d'un individu non marqué (même vulnérabilité,  $P_i$  identique).**

***Cet effet doit être testé. Par exemple nous pouvons analyser les structures de taille entre les individus marqués et les individus recapturés qui ne doivent pas montrer de différences.***

## Postulat 5 :

**Tous les échantillonnages sont instantanés, relativement à l'intervalle entre les occasions d'échantillonnage  $i$  et  $i+1$ .**

***Les campagnes de captures sont réalisées à intervalles réguliers pour des conditions environnementales les plus similaires possible.***

## Postulat 6:

**Les phénomènes d'immigration et d'émigration doivent être négligeables.**

***Les sites d'études sont souvent fermés.***

# Méthode de Petersen

## Principe :

**La méthode de Petersen fait appel à un recensement unique (capture, marquage, recapture ou CMR).**

**La proportion d'individus marqués est supposée constante. C'est-à-dire que les modifications intervenant entre les opérations doivent être négligeables (mortalité, recrutement, immigration et émigration).**

# Méthode de Petersen

Supposez qu'on **capture** un échantillon d'animaux au sein d'une population, qu'on leur pose une **marque** individuelle, qu'on les **relâche** et qu'on leur laisse le temps de se « remélanger » au sein de la population.

Puis, supposez qu'on **capture à nouveau** un échantillon d'animaux dans cette population, alors il est raisonnable de penser que la proportion d'animaux marqués au sein de ce second échantillon est la même qu'au sein de la population toute entière.

Si,

**M** : nbre d'animaux initialement marqués puis relâchés

**C** : nbre d'animaux du second échantillon

**R** : nbre d'animaux marqués, trouvés dans le 2nd échantillon

**N**: la taille totale de la population (c'est ce qu'on cherche à connaître)

Alors, il est logique que :

**Formule 1:**  $R/C = M/N$

ou  $N = (C+1) (M+1)/(R+1)$

# Méthode de Petersen

## Formule :

$$\text{Variance de N} = \frac{(M + 1)^2 \times (C + 1) \times (C - R)}{(R + 1)^2 \times (R + 2)}$$

$$\text{Erreur standard} = \sqrt{\text{variance de N}}$$

$$\text{Limite de confiance (95\%)} = N \pm 2 \times (\text{erreur standard})$$

# Types de marques



**Bague oiseau**



**Marque magnétique**



**Marquage manuel**



**Collier émetteur**



**Etiquette nageoire poisson**

# 5. *Méthode des quadrats*

## Quadrat

⇒ **Comptage de nombre d'individus sur une surface standard**

- **Quadrat standard  
(même surface, même effort)**
- **Echantillons aléatoires, systématiques ou stratifiés**
- **Effectif moyen et variance**

# Moyenne

Pour un échantillon, la moyenne arithmétique s'obtient en divisant la somme des données relatives à la variable  $x$  par l'effectif  $N$  de l'échantillon.

$$\mu = \frac{\sum x_i}{N}$$

# Variance

La variance représente l'écart moyen des données d'un échantillon par rapport à la moyenne. Elle exprime la distance moyenne des données d'un échantillon par rapport à la moyenne de la distribution.

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N}$$

# Indice de répartition

L'indice de répartition est le rapport entre la variance et la moyenne.

**$I = \text{variance} / \text{moyenne}$**

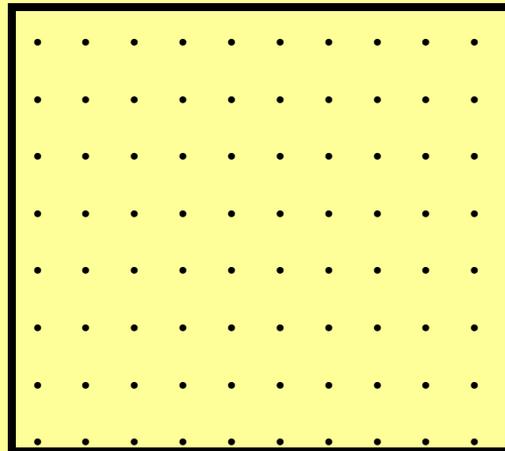
Sa valeur,  $<$ ,  $=$  ou  $>$  1 permet de connaître le type de répartition spatiale de la population échantillonnée.

# Répartition spatiale régulière

Lorsque les individus se trouvent à peu près à la même distance les uns des autres, le nombre d'individus moyen par unité de surface est à peu près constant.

$$I = S^2 / m < 1$$

Faible variance, forte symétrie, sous-dispersion

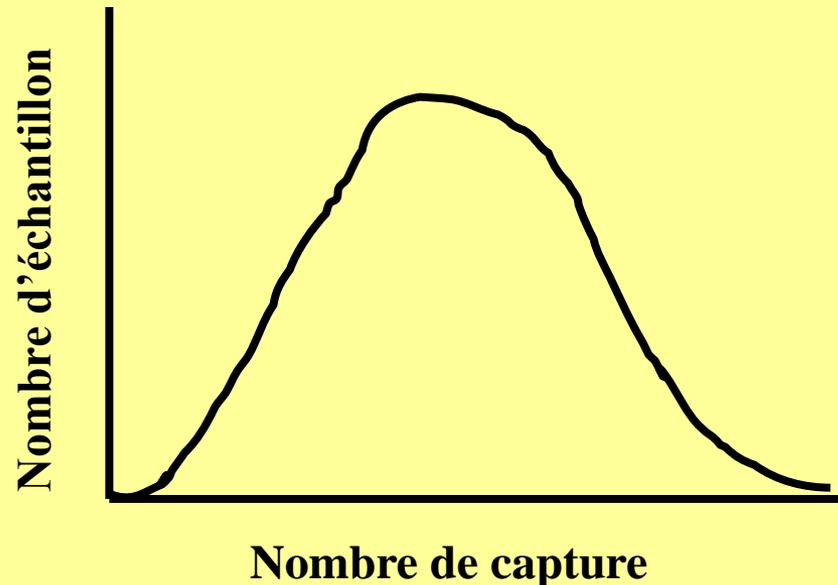


# Répartition spatiale régulière

Si on trace le graphe représentant la fréquence des différents effectifs obtenus, on observe que :

- le graphe sera **symétrique** puisque les individus sont répartis régulièrement (les seuls écarts à la moyenne sont dus à l'erreur d'échantillonnage qui elle est aléatoire)

rq: la symétrie parfaite n'est pas parfaite évidemment, toujours à cause de l'erreur d'échantillonnage.



# Répartition spatiale régulière

**Ce type de répartition apparaît en cas de comportement territorial.  
Les individus maintiennent les uns par rapport aux autres un espace pour réduire la compétition intraspécifique**

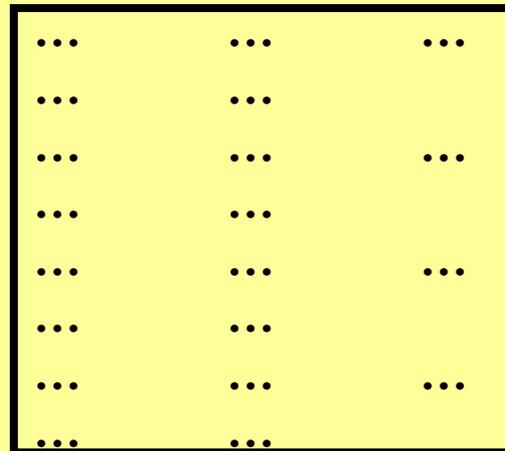
- Humains sur une plage ou salle d'attente:  
les ind. quand ils ne se connaissent pas se positionnent tous le + loin possible les uns des autres ce qui conduit à une répartition très régulière
- Régularité d'espacement des hirondelles sur les lignes téléphoniques:  
(chaque ind. est placé exactement hors de portée du bec de son voisin),
- Buissons dans les zones arides:  
cette régularité est due à une compétition entre racines, car chaque buisson a besoin d'une grande surface pour collecter le peu d'humidité présent et tend à inhiber les repousses dans ses environs immédiats.

# Répartition spatiale en agrégats

Les individus forment des groupes. L'espace entre les groupes, où les individus isolés sont relativement rares, est important.

$$I = S^2 / m > 1$$

**Forte variance, forte dissymétrie, sur-dispersion**

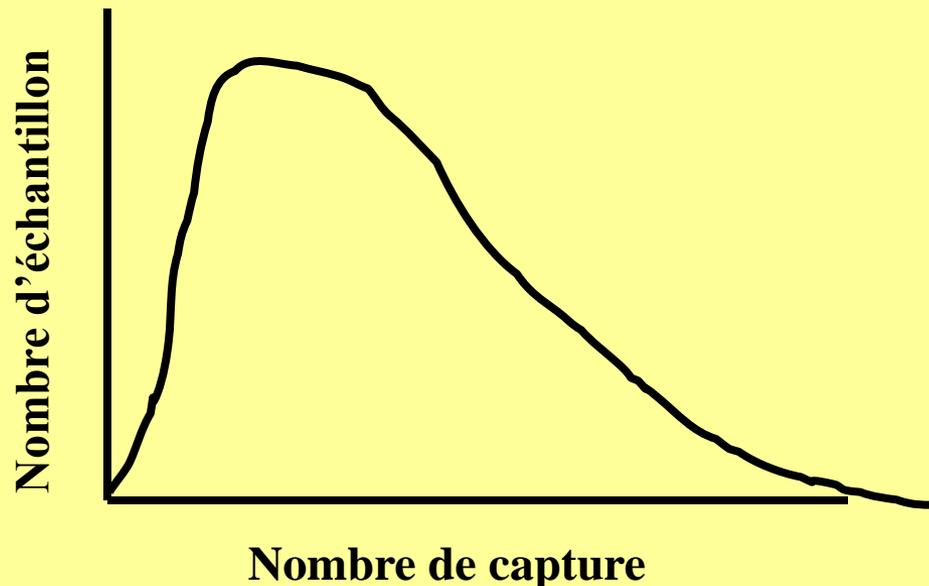


# Répartition spatiale en agrégats

Si on trace le graphe représentant la fréquence des différents effectifs obtenus, on va observer :

une courbe fortement **dissymétrique**

avec beaucoup de valeurs faibles (voire nulles), quelques valeurs moyennes et de rares valeurs extrêmement élevées.



# Répartition spatiale en agrégats

La répartition agrégative se caractérise par une tendance des animaux à se regrouper. Les individus exercent entre eux une attraction mutuelle pour vivre en groupe.

**3 causes agissent en synergie:**

- **Hétérogénéité de la ressource**

(certains habitats + favorables que d'autres)

- **Comportement grégaire**

(recherche active de la compagnie de congénères)

- **Capacités de dispersion faible par rapport aux capacités de reproduction**

(signifie que si une espèce est peu mobile ou au moins des juvéniles peu mobiles, on va tendre à trouver les ind. en groupes au moins à certaines périodes du cycle de reproduction. Ce phénomène sera exacerbé si la capacité de reproduction est élevée)

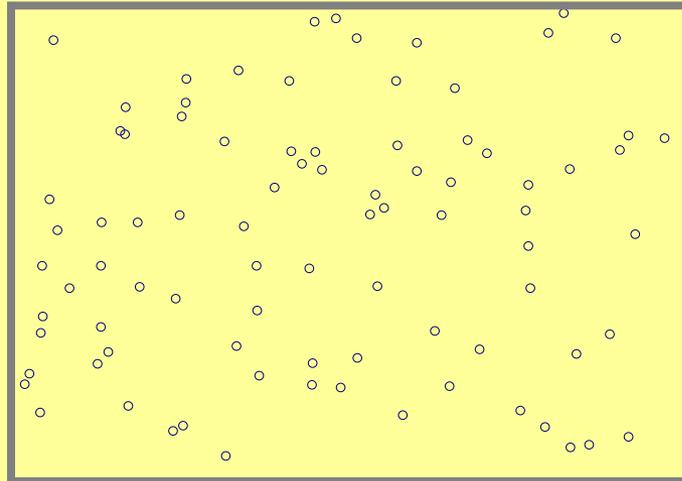
**Ex.: colonies de bactéries ou pucerons, littorines en milieu tidal,  
Et c'est une caractéristique de la plupart des plantes**

# Répartition spatiale aléatoire

Les individus sont répartis totalement au hasard. Il y a donc des espaces vides et des agrégats.

$$I = S^2 / m = 1$$

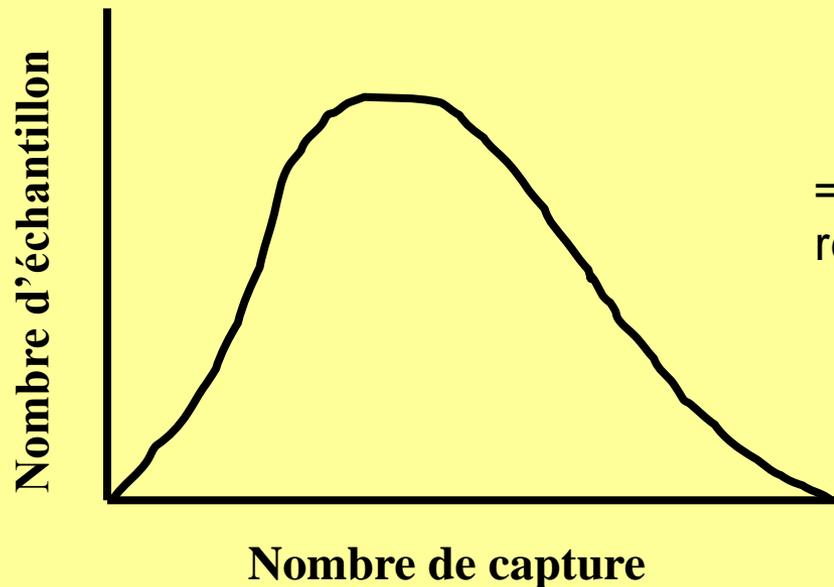
Dispersion au hasard



# Répartition spatiale aléatoire

Les individus ont une parfaite indépendance les uns des autres.

Ou alors, les individus de la population utilisent indifféremment les habitats de leur environnement.



= distribution intermédiaire entre une répartition régulière et en agrégat

# Test de la répartition

**H0: la répartition spatiale est aléatoire  
soit  $I$  statistiquement non différent de 1.**

**Or  $I \times (n - 1)$  suit une loi du  $\chi^2$  avec  $n - 1$  degré de liberté.**

**$n$  : nombre d'échantillons**

# Quelques références...

- Harvey P.R., Nellist D.R. & Telfer M.G. 2002. Provisional Atlas of British spiders (Arachnida, Araneae), volumes 1 & 2, Biological Records Centre, Huntingdon, 406 p.
- Hulbert S.H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54:187-211.
- Lobo J.M., Lumaret J.-P. & Jay-Robert P. 1998. Sampling dung-beetles in the French Mediterranean area: effects of abiotic factors and farm practices. *Pedobiologia* 42:252-266.
- Luff M.L. 1975. Some features affecting the efficiency of pitfall traps. *Oecologia* 19:345-357.
- Oksanen L. 2001. Logic of experiments in ecology: is pseudoreplication a pseudoissue? *Oikos* 94:27-38.
- Southwood T.R.E. 1966. *Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations*. Chapman and Hall, London, 524 p.
- Sunderland K.D., De Snoo G.R., Dinter A., Hance T., Helenius J., Jepson P., Kromp B., Samu F., Sotherton N.W., Toft S. & Ulber B. 1995. Density estimation for invertebrate predators in agroecosystems. In: *Arthropod natural enemies in arable land, I. Density, spatial heterogeneity and dispersal: 133-162* (S. Toft & W. Riedel, Eds.). Aarhus University Press, Århus.
- Tomé M.A.M., Gonzalez J.A., Gayubo S.F. & Torres F. 2001. Estudio comparativo sobre la eficiencia de captura de insectos (Arthropoda, Hexapoda) mediante trampas Malaise, en un biotopo arenoso de la submeseta (España). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)* 96:231-241.
- Topping C.J. & Luff M.L. 1995. Three factors affecting the pitfall trap catch of linyphiid spiders (Aranea : Linyphiidae). *Bulletin of the British arachnological Society* 10:5-38.
- Topping C.J. & Sunderland K.D. 1992. Limitations to the use of pitfall traps in ecological studies exemplified by a study of spiders in a field of winter wheat. *Journal of Applied Ecology* 29:485-491.