

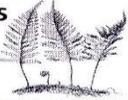
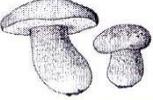
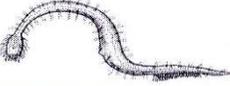
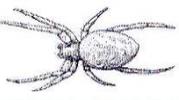
Partie 3 : Une histoire du vivant



Chapitre 1. La biodiversité et son évolution

- I. Estimer la biodiversité et décrire ses variations
- II. L'évolution de la biodiversité génétique d'une population
 - A. Le modèle théorique d'Hardy-Weinberg
 - B. Les écarts observés au modèle d'Hardy-Weinberg
- III. L'influence des activités humaines sur la biodiversité

La biodiversité actuelle et passée

Nom du groupe (espèce représentée)	Nombre d'espèces connues
Bactéries (<i>Nitrosomonas</i>) 	10 600
Végétaux vasculaires (Polypode) 	245 500
Champignons (Cèpe de Bordeaux) 	100 000
Vertébrés (Mormyre) 	50 900
Nématodes (<i>Draconema</i>) 	20 000
Mollusques (Moule) 	117 500
Arthropodes	956 400
Arachnides (Épeire) 	74 500
Insectes (Machaon) 	827 000
Malacostracés (crustacés) (Gammare) 	22 700
Autres arthropodes	32 200
Autres groupes	259 700
Total	1 760 600

On estime à environ 30 millions le nombre d'espèces différentes vivant actuellement à la surface de la Terre.

Les êtres vivants actuels ne représentent que 1% des espèces ayant peuplé la planète depuis l'apparition de la vie.

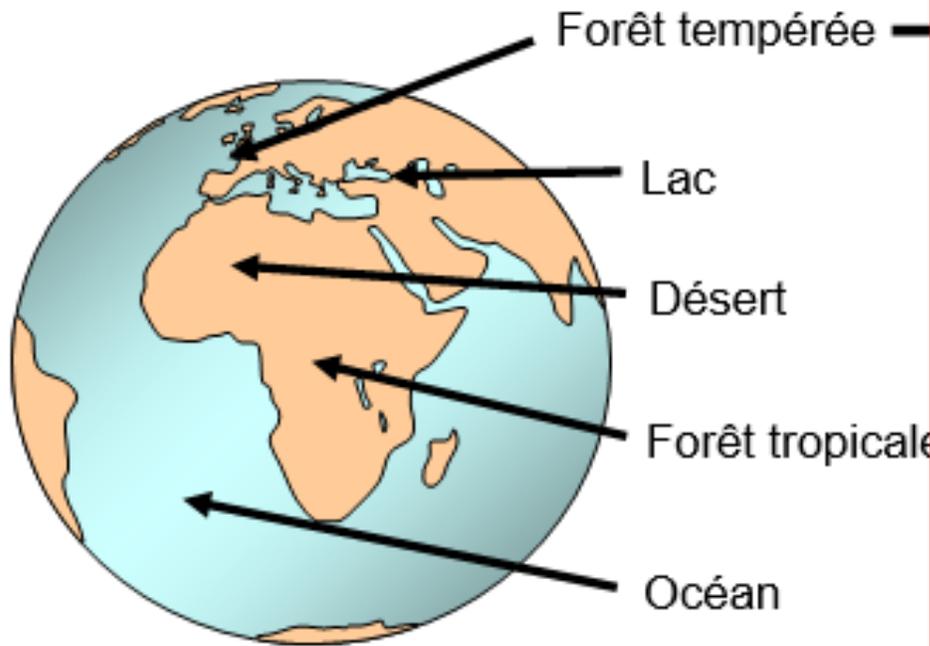
Comment peut-on estimer la biodiversité ?

Nombre d'espèces actuellement connues sur Terre

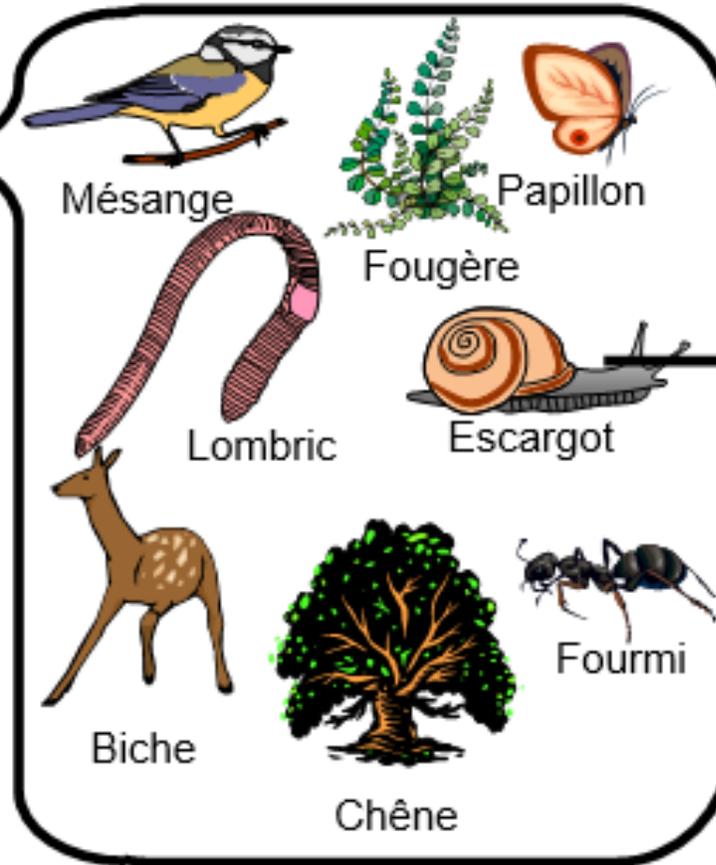
Chapitre 1. La biodiversité et son évolution

- I. Estimer la biodiversité et décrire ses variations
- II. L'évolution de la biodiversité génétique d'une population
 - A. Le modèle théorique d'Hardy-Weinberg
 - B. Les écarts observés au modèle d'Hardy-Weinberg
- III. L'influence des activités humaines sur la biodiversité

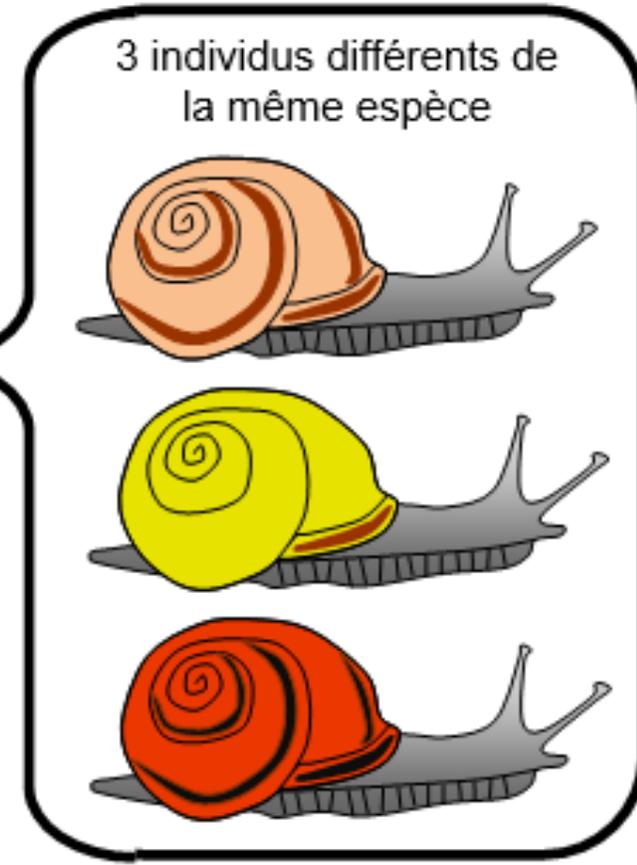
La biodiversité : 3 niveaux d'étude



1 - Biodiversité des **écosystèmes**



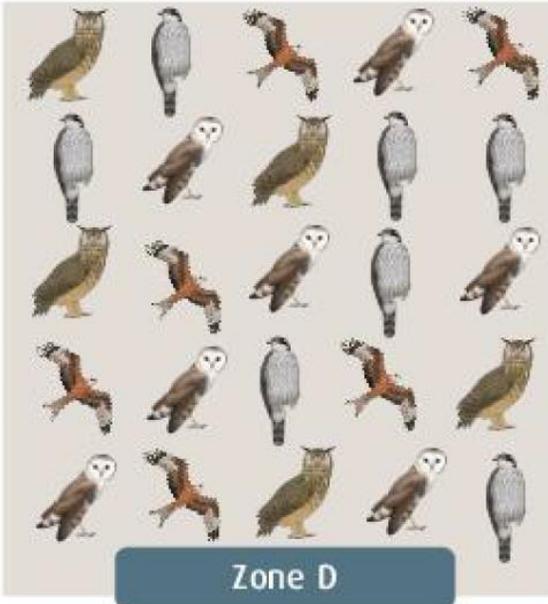
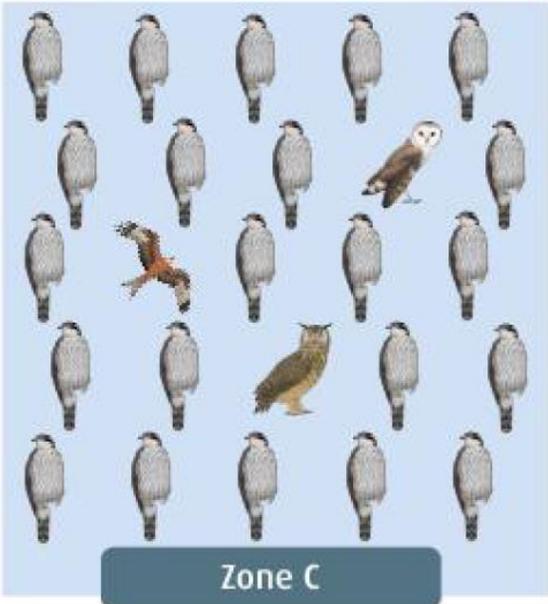
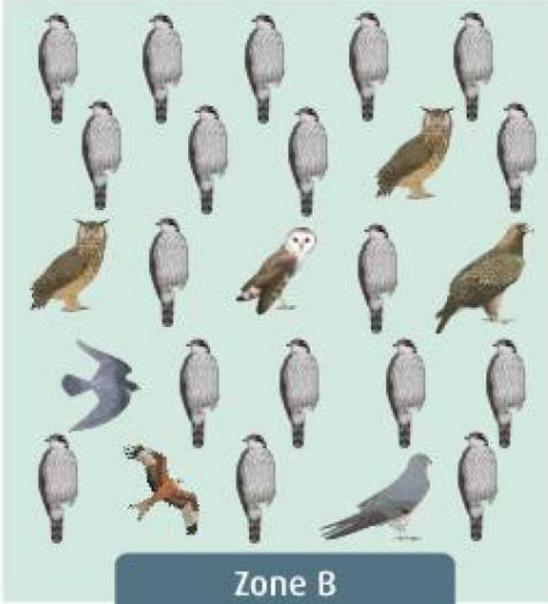
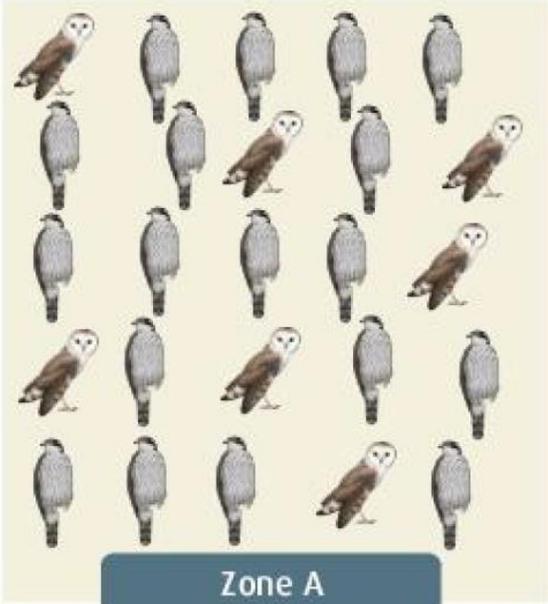
2 - Biodiversité des **espèces** = **biodiversité spécifique**



3 - Biodiversité **intraspécifique**
= génétique

Evaluer la biodiversité

Dans quelle zone la biodiversité est-elle la plus importante ? Pourquoi ?



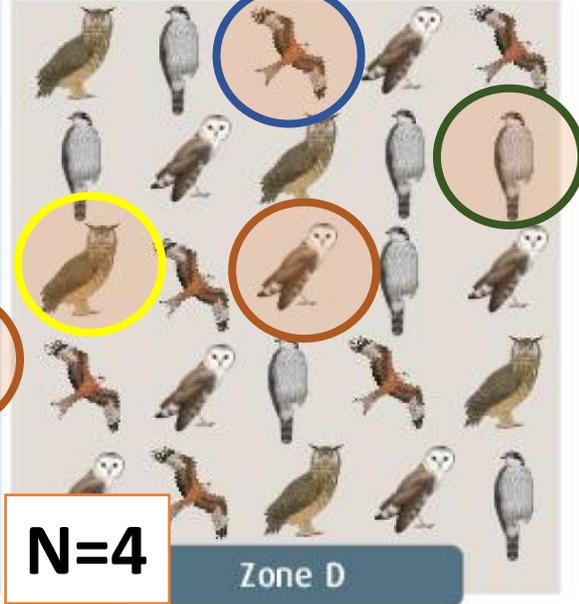
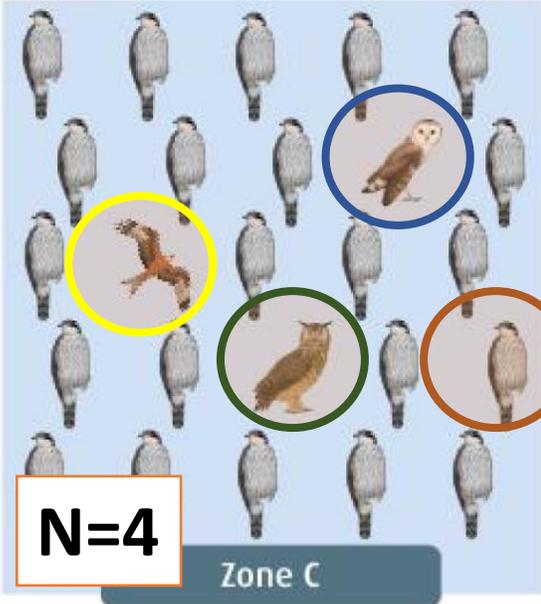
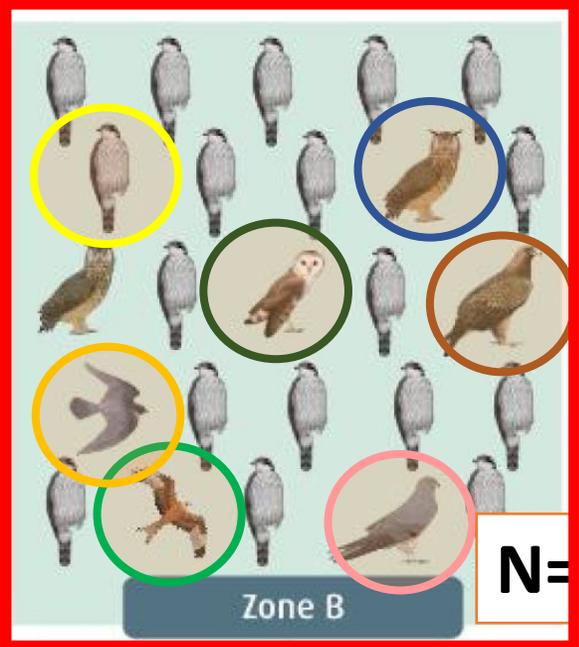
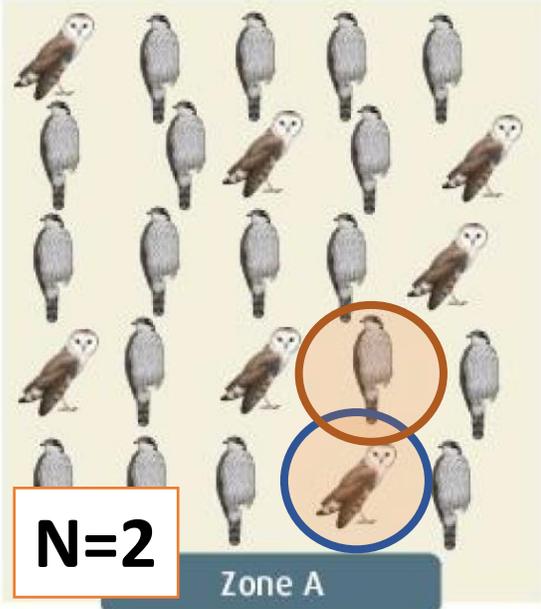
-  Autour des palombes
-  Effraie des clochers
-  Grand-duc d'Europe
-  Aigle royal
-  Busard cendré
-  Milan royal
-  Faucon pèlerin

(belin)

Evaluer la biodiversité

Dans quel zone la biodiversité est la plus importante ?

Richesse spécifique =
Nb d'espèces ≠



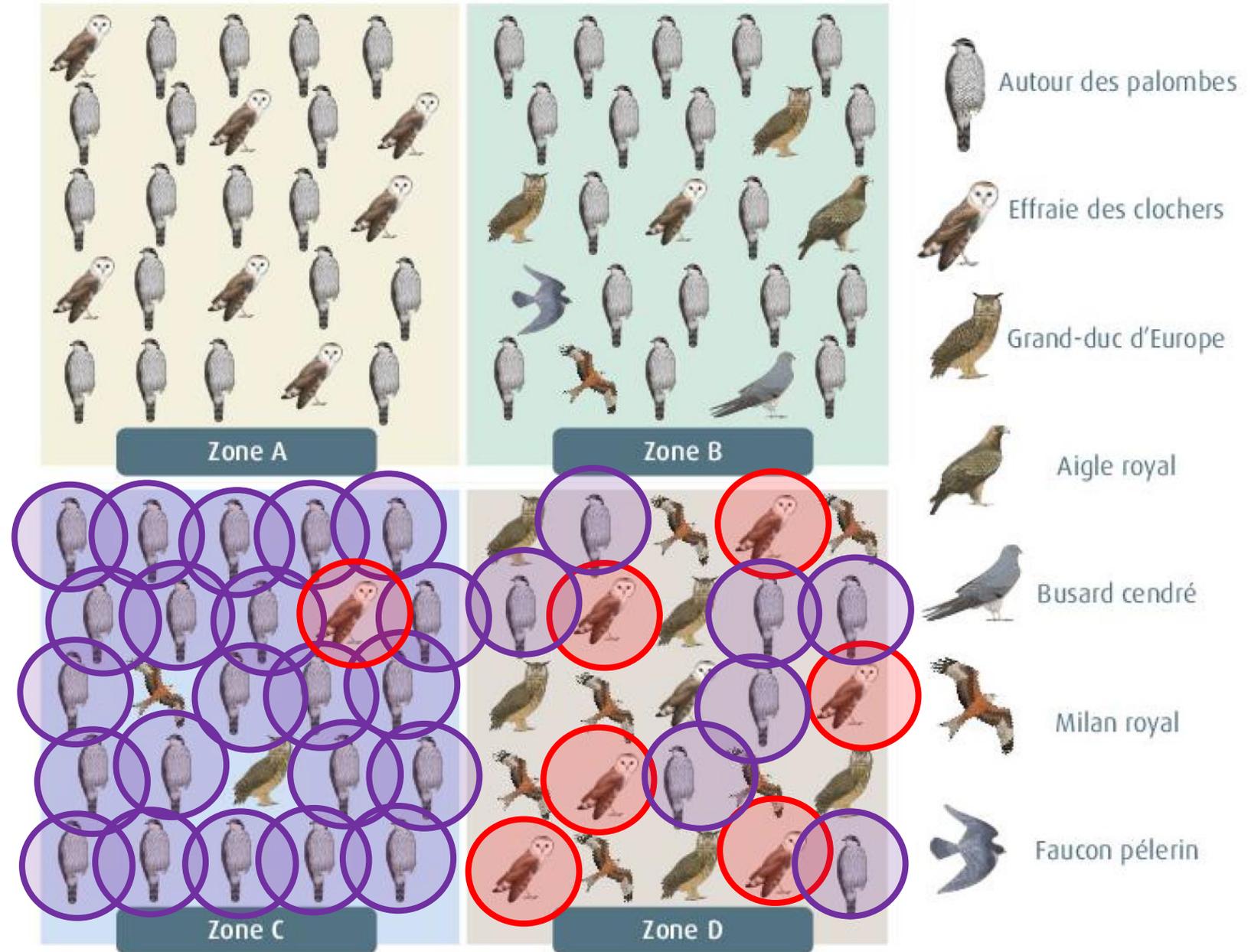
- Autour des palombes
- Effraie des clochers
- Grand-duc d'Europe
- Aigle royal
- Busard cendré
- Milan royal
- Faucon pèlerin

Evaluer la biodiversité

Dans quel zone la biodiversité est la plus importante ?

Richesse spécifique =
Nb d'espèces ≠

Abondance = Nb
d'individus par espèce



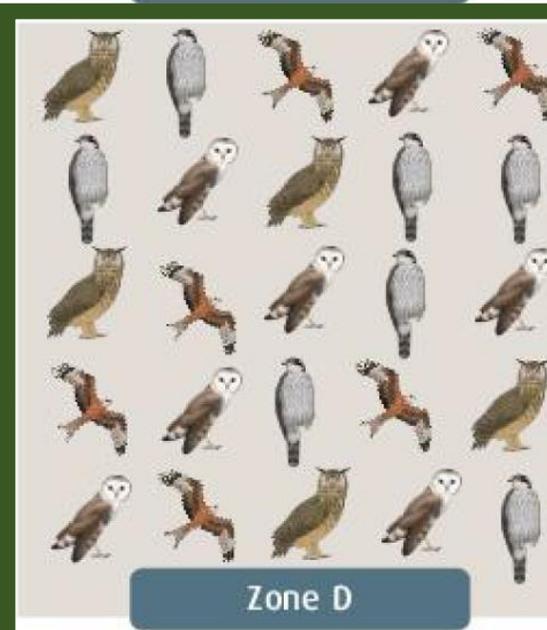
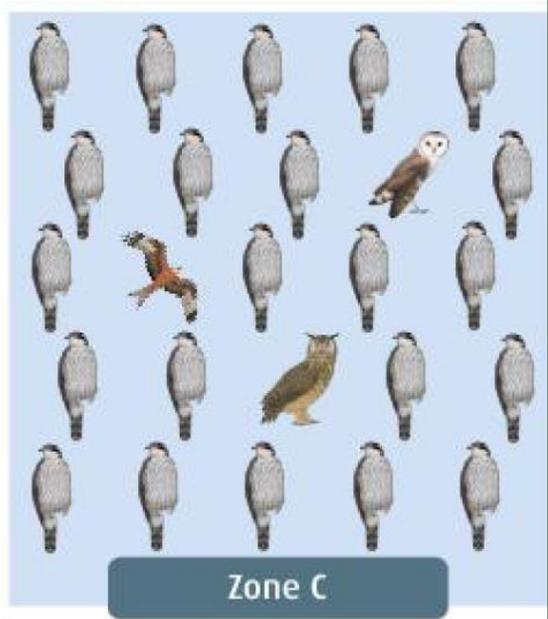
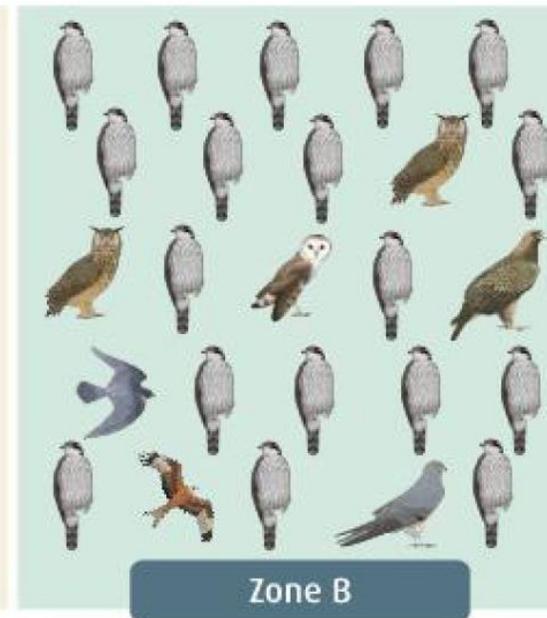
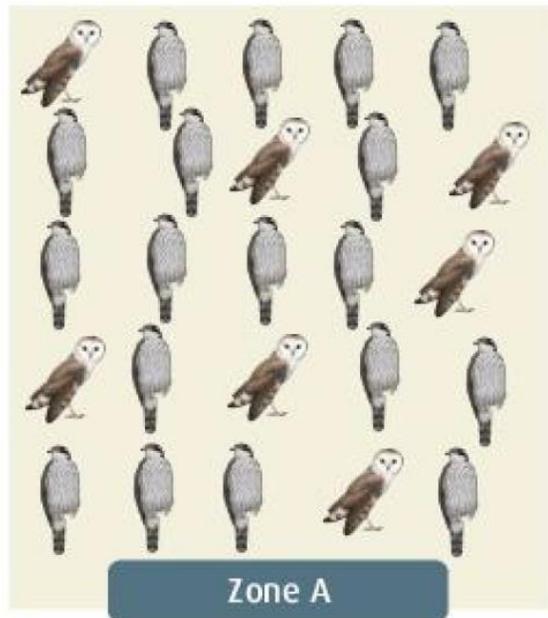
Evaluer la biodiversité

Dans quel zone la biodiversité est la plus importante ?

Richesse spécifique =
Nb d'espèces \neq

Abondance = Nb
d'individus par espèce

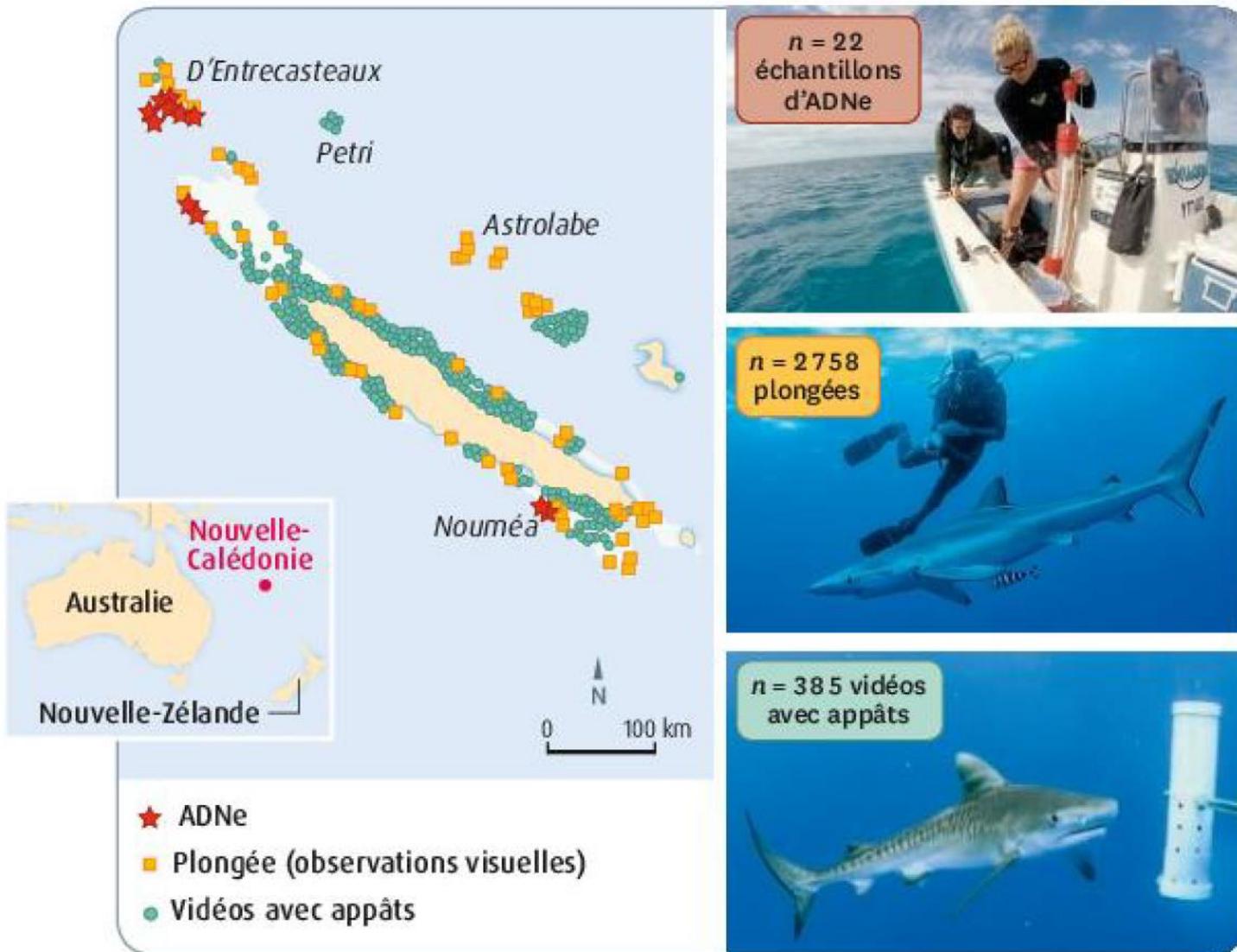
Equitabilité = Abondance
bien répartie entre les
espèces



-  Autour des palombes
-  Effraie des clochers
-  Grand-duc d'Europe
-  Aigle royal
-  Busard cendré
-  Milan royal
-  Faucon pèlerin

1. Estimer la richesse spécifique

Méthodes non invasives pour quantifier la biodiversité



DOC 4 Techniques d'échantillonnage utilisées pour estimer la biodiversité des requins en Nouvelle-Calédonie.

(belin)

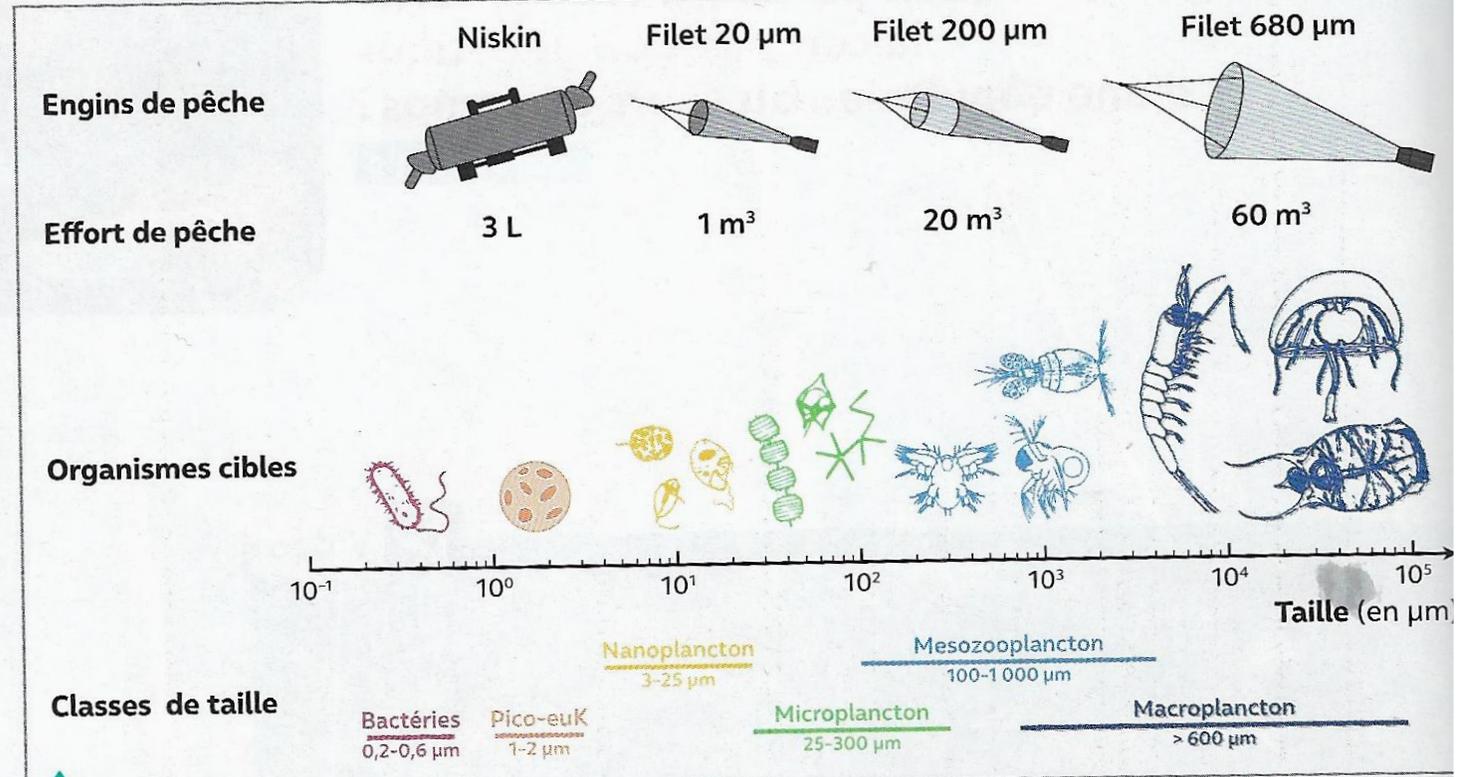
Méthodes non invasives pour quantifier la biodiversité

Expliquer une méthode d'échantillonnage et d'identification des espèces



1 Le trajet de la goélette Tara dans le Pacifique

L'expédition « Tara Océans » (2009-2012) a eu en partie pour objectif de caractériser la biodiversité planctonique.

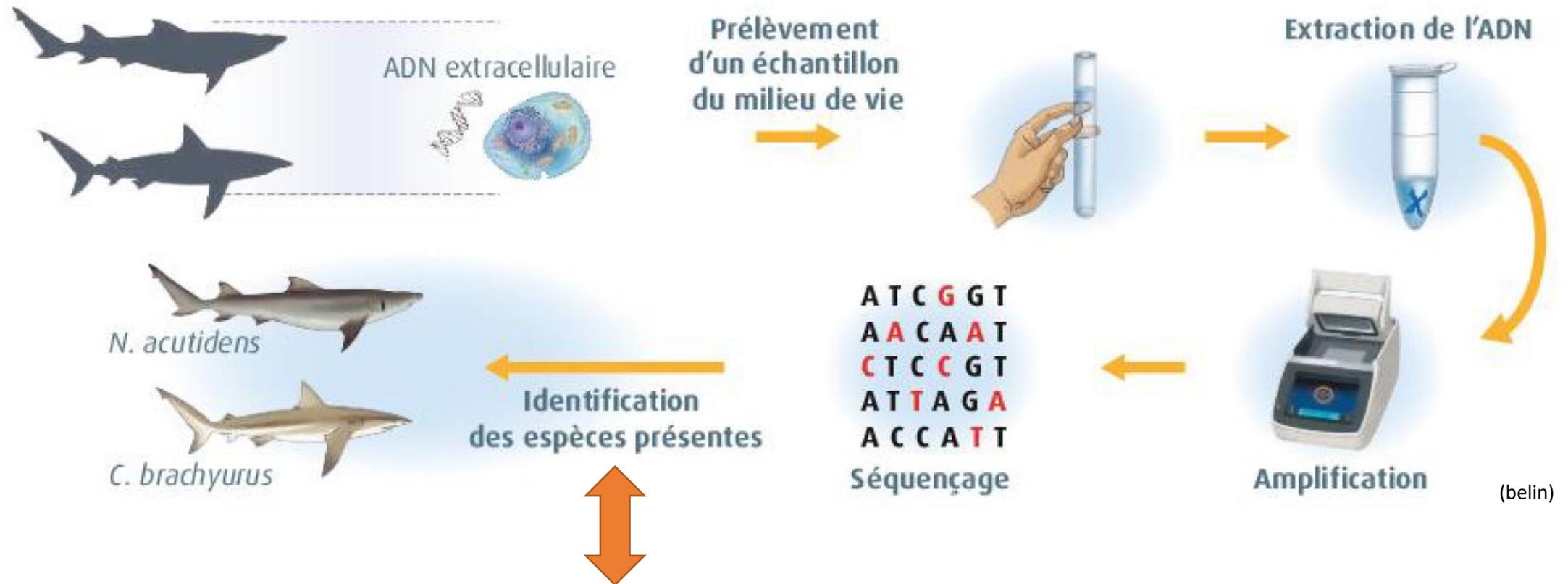


2 La collecte des animaux lors des expéditions Tara

Des filets reliés à des collecteurs sont traînés dans l'eau par le bateau. En fonction de la taille des mailles du filet, les échantillons peuvent aller du virus (quelques nm) au plancton (2 mm).

Nathan

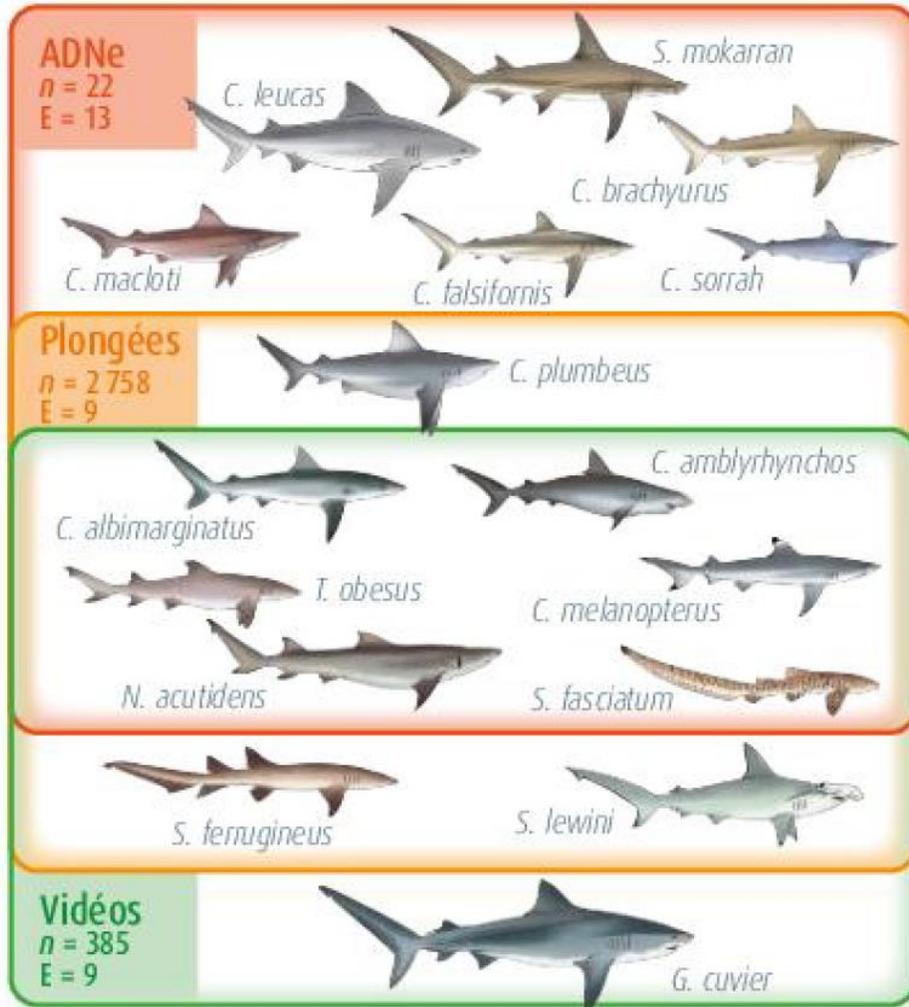
Méthodes non invasives pour quantifier la **biodiversité**



Recherche dans des **bases de données** publiques contenant toutes les séquences ADN connues

Application : voir exercice à la maison

Méthodes non invasives pour quantifier la biodiversité



D'après Boussarie et al, 2018

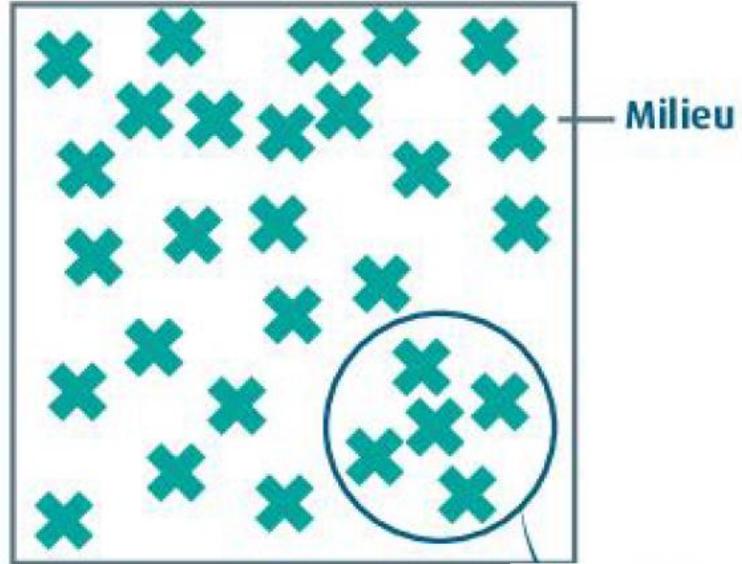
Comment estimer de façon fiable l'abondance d'une population animale (= mobile !)?

DOC 5 Détection d'espèces de requins selon les méthodes d'échantillonnage. E : nombre d'espèces. n : nombre d'échantillons. (belin)

2. Estimer l'abondance d'une population dans un milieu à partir d'un échantillon

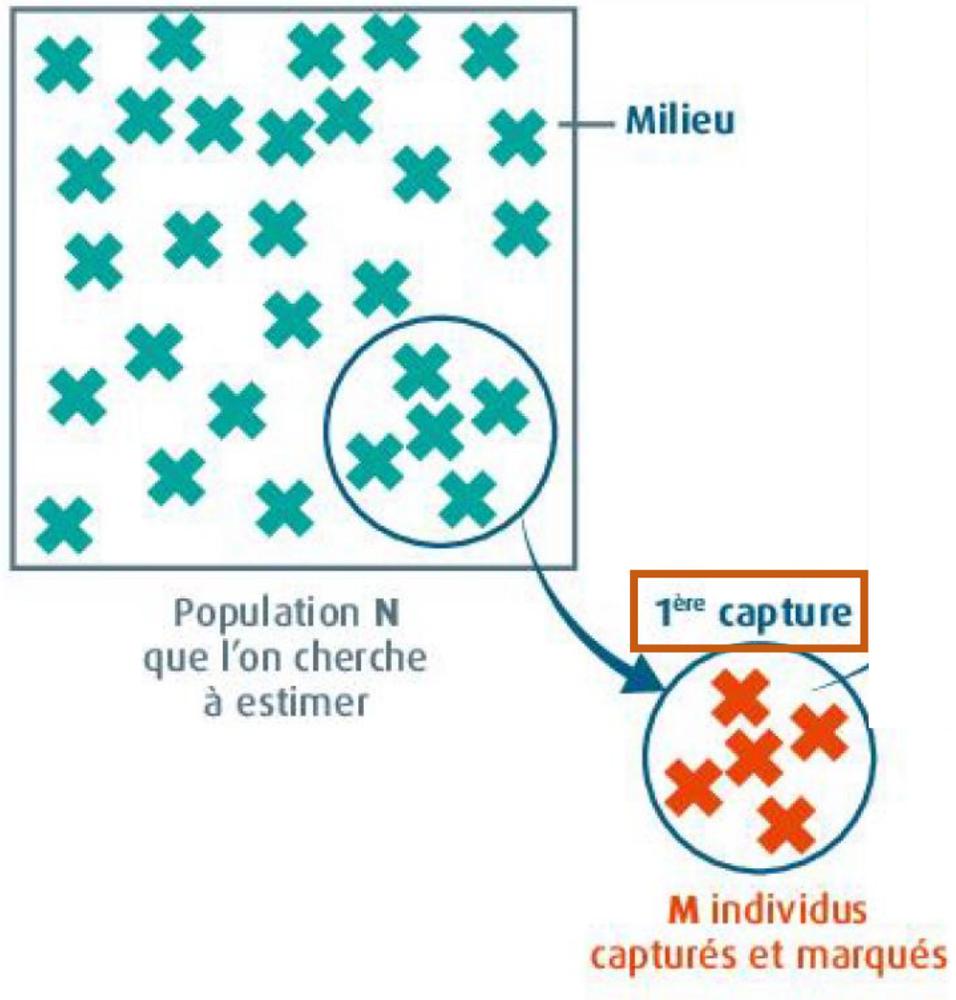
La méthode **capture - marquage - recapture**

La méthode **capture - marquage - recapture** : principe



Effectif total inconnu

La méthode capture - marquage - recapture : principe

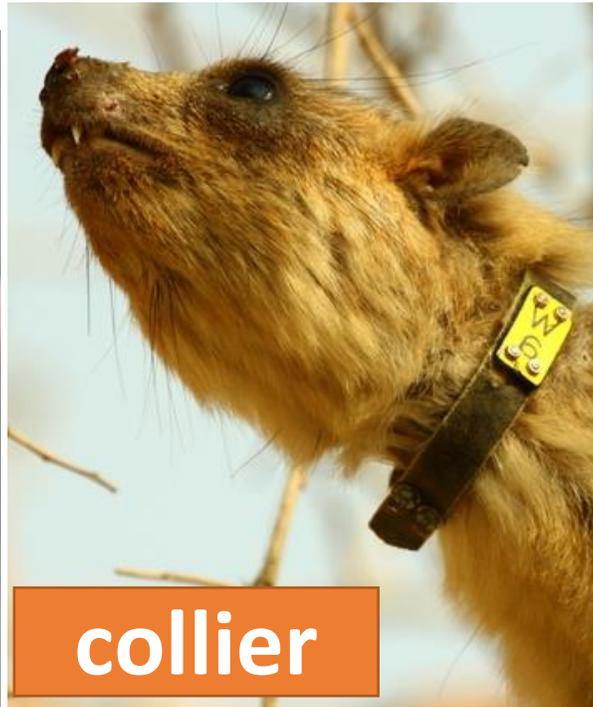


La méthode **capture - marquage - recapture** : principe

Les différents types de marquage :



bague



collier



**bague
perforante**

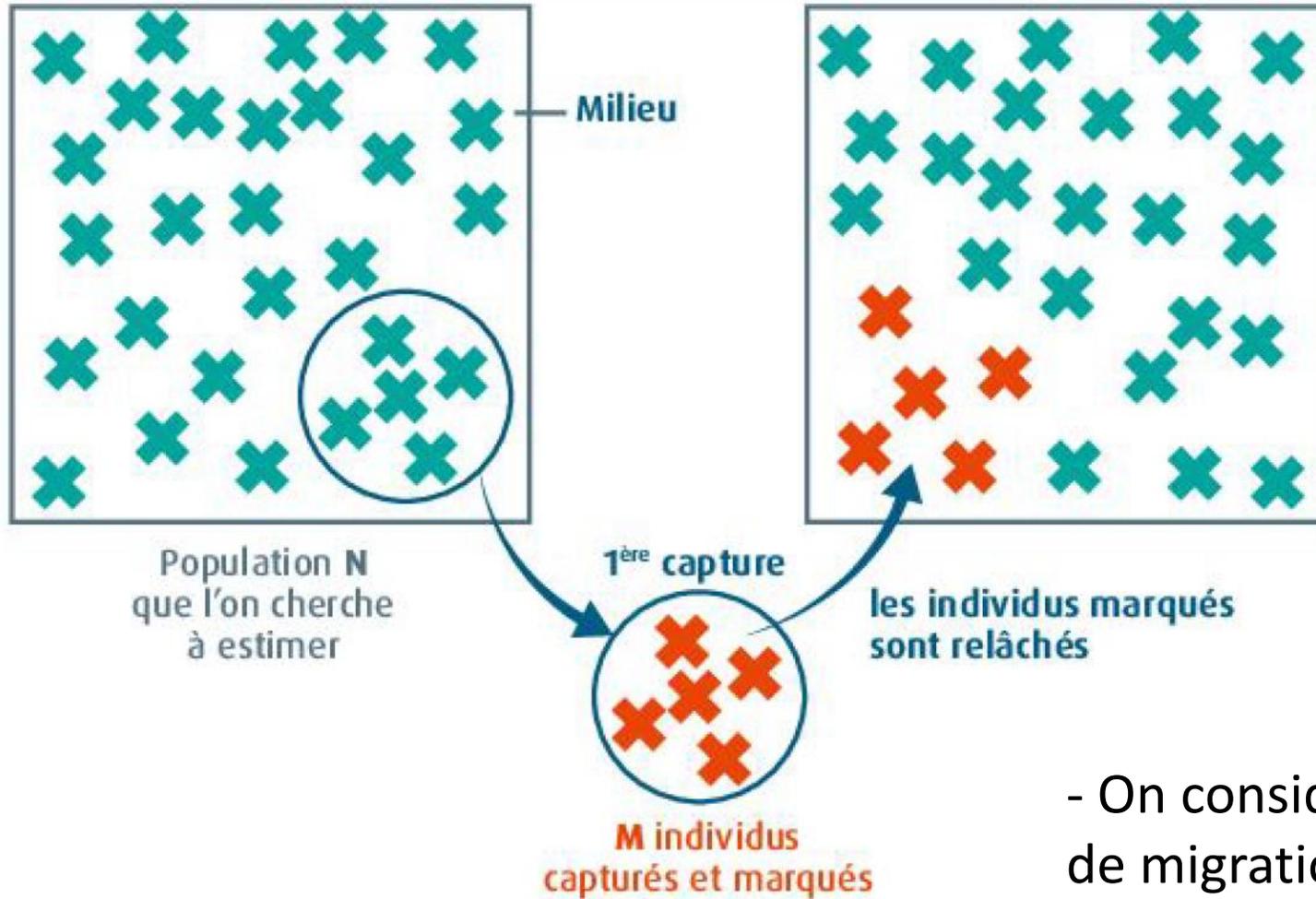


coloration



**amputation
de phalange**

La méthode **capture - marquage - recapture** : principe

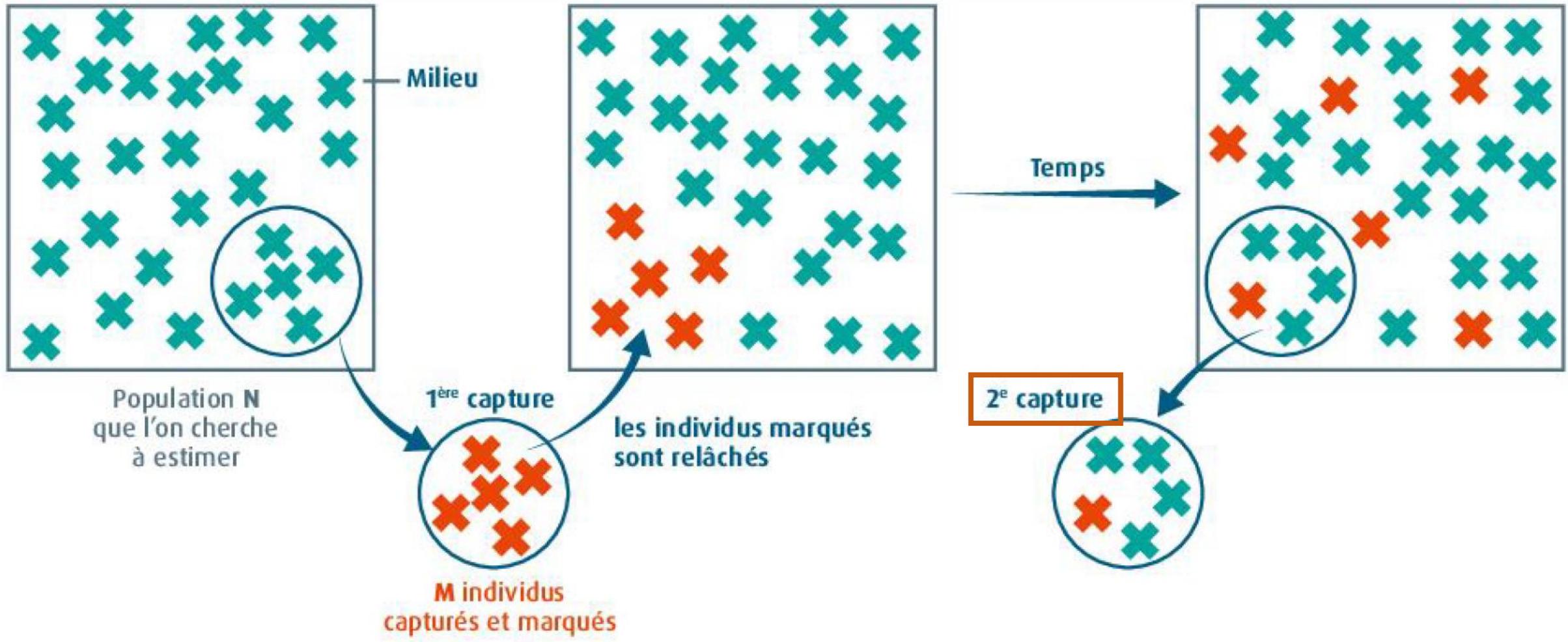


Hypothèses fortes pour faire l'estimation :

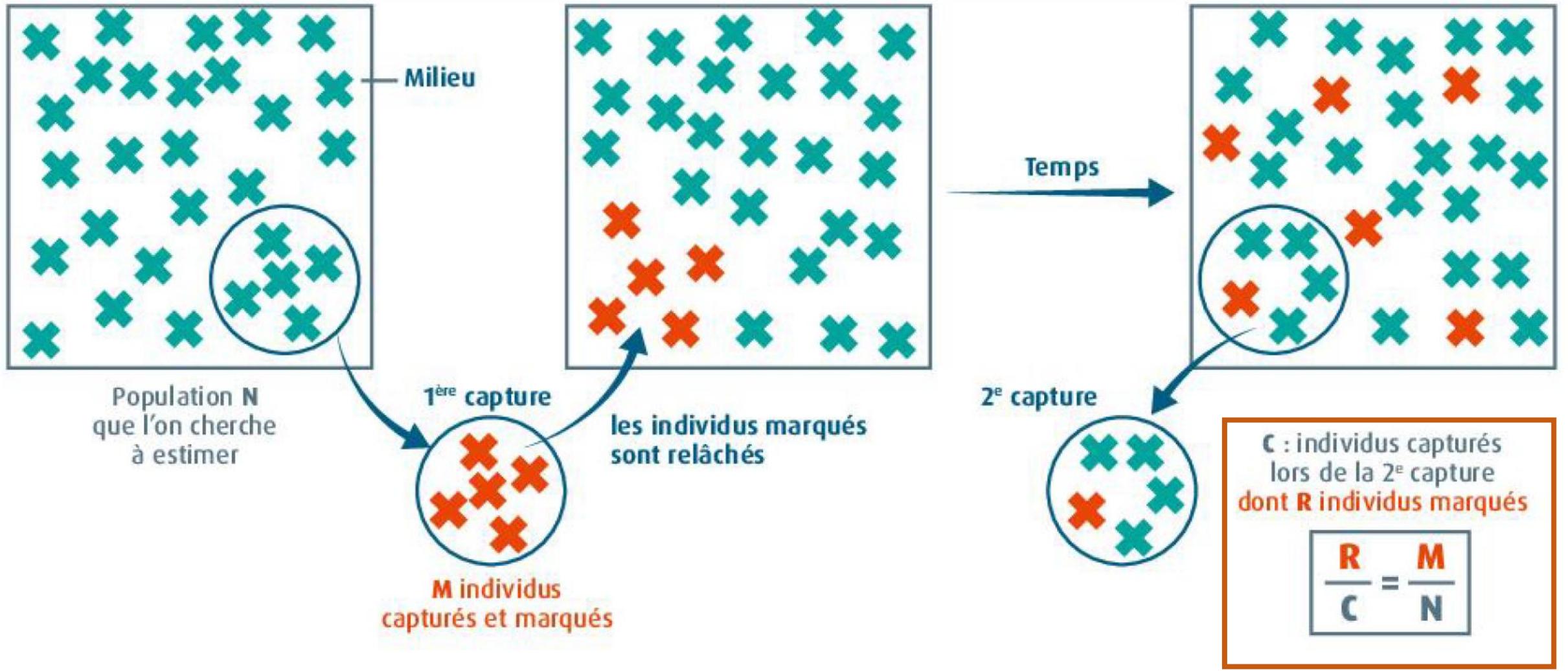
- Les animaux marqués, mobiles, se répartissent **aléatoirement** dans population.

- On considère que la population est **fermée** (pas de migration), et d'**effectif stable** (pas de mort ni naissance !)

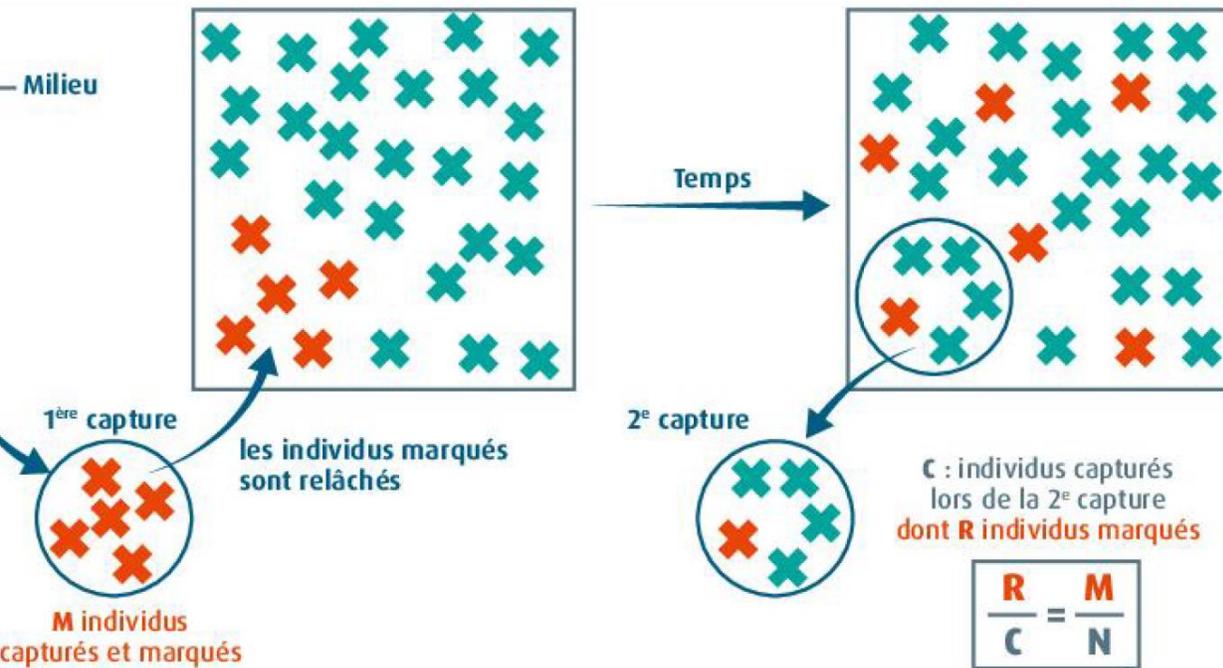
La méthode capture - marquage - recapture : principe



La méthode capture - marquage - recapture : principe



La méthode **capture - marquage - recapture** : principe



Hypothèse : la fréquence d'individus marqués est la même dans l'échantillon que dans la population complète

$$\frac{1}{5}$$

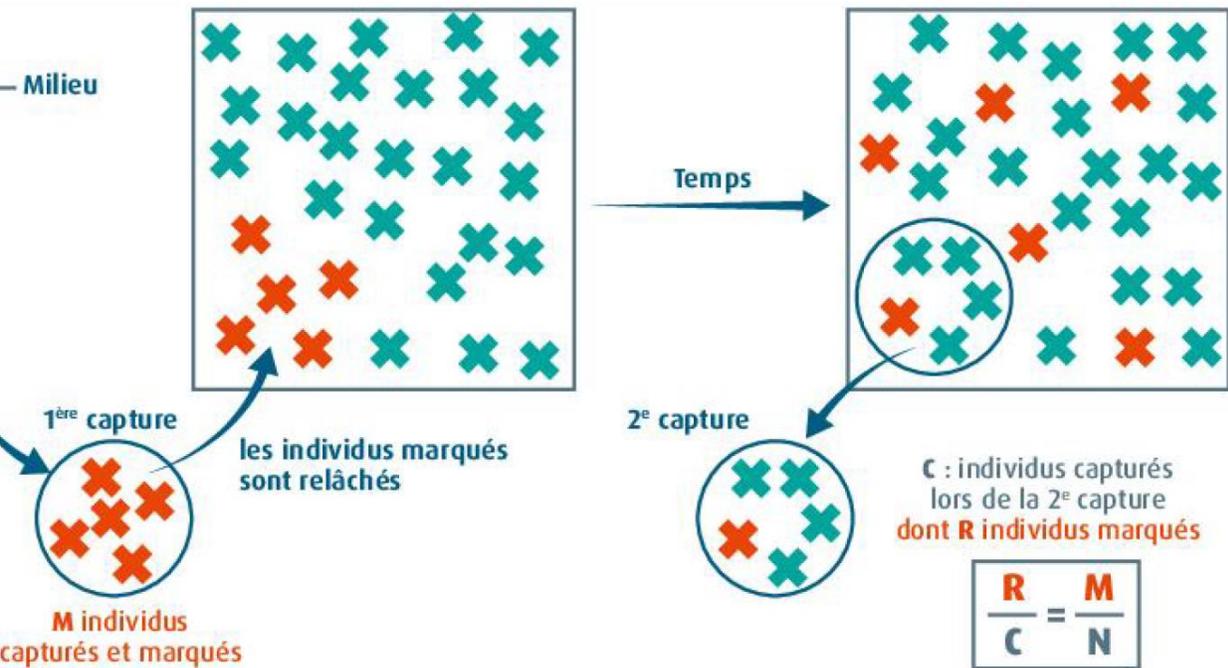
Fréquence de marquage

dans l'échantillon

dans la population totale

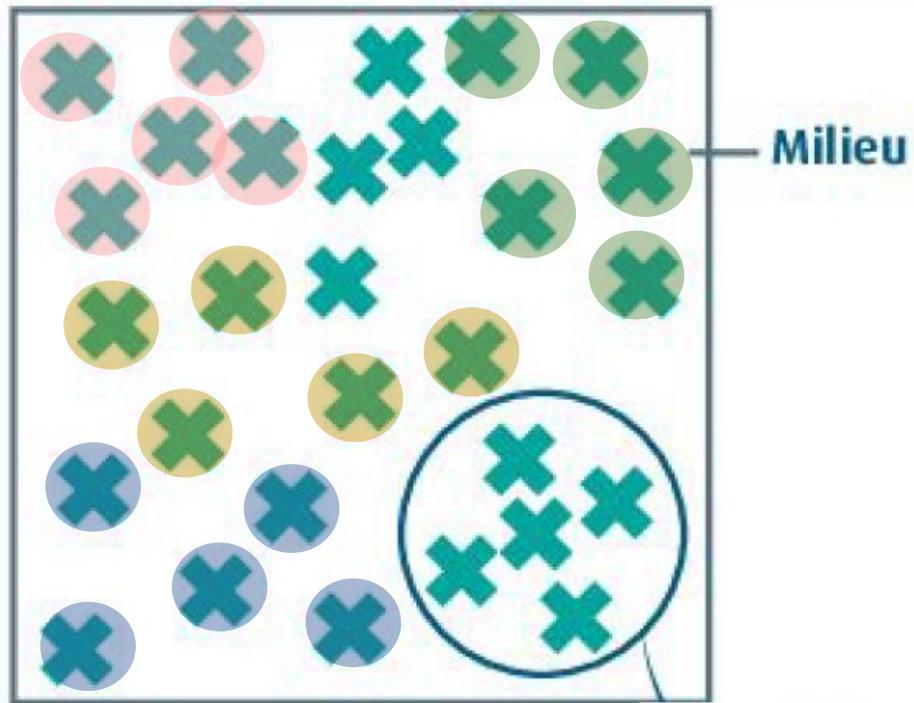
On en déduit : $N = \frac{5 \times 5}{1} = 25$

La méthode capture - marquage - recapture : principe



$$\text{nb total d'individu} = \frac{\text{nombre d'individus marqués} \times \text{nombre d'individus de la 2ème capture}}{\text{nb d'individus marqués de la 2ème capture}} = \frac{M \times C}{R}$$

La méthode capture - marquage - recapture : principe



Population N
que l'on cherche
à estimer

Cette technique reste une estimation.
Ici, en réalité :

$$N_{\text{réel}} = 29 \neq 25$$

La méthode **capture - marquage - recapture** : application

1. Utiliser le matériel à disposition (feutre) pour estimer le nombre de haricots présents dans l'enveloppe.

Interdiction de sortir plus d'une petite poignée de haricots par prélèvement!

2. Lorsque vous avez terminé, allez inscrire vos résultats au tableau.

3. Puis sortir tous les haricots de l'enveloppe et les compter.

4. Utiliser les résultats de l'ensemble de la classe pour conclure quant à la fiabilité de l'estimation de l'abondance d'une population obtenue avec cette méthode.

Groupe	M = individus marqués (1 ^{ère} capture)	C = individus recapturés	R = individus marqués parmi les recapturés	Effectif total estimé = N
1	10	9	2	45
2	7	12	2	42
3	10	15	1	150
4	9	8	1	72
5	5	26	4	33
6	6	7	1	42
7	7	8	1	56
8	5	8	1	40
9	15	7	4	26.25
10	5	6	0	30
11	7	7	1	49
12	6	12	1	72
13	8	6	0	infinie
14	9	17	4	38.25
15	9	12	2	54

3. Estimer la fréquence d'un caractère dans une population

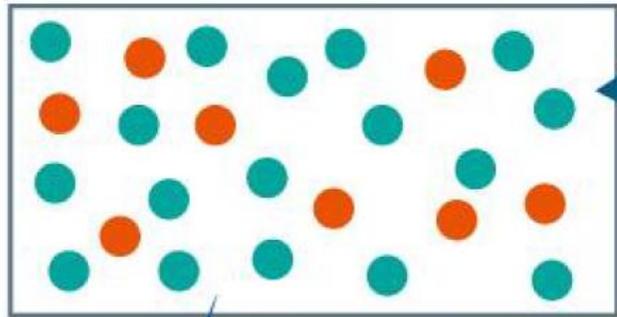
- Fréquence des mâles (sex-ratio)
- Fréquence d'une maladie infectieuse (FIV du chat)
- Fréquence d'une maladie génétique (Drépanocytose dans les populations humaines)

3. Estimer la fréquence d'un caractère dans une population

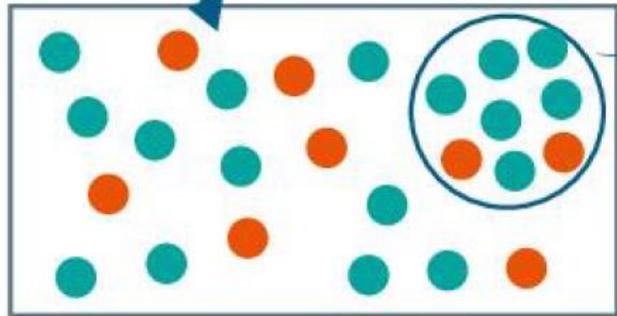
$$\text{Calcul d'une fréquence} = \frac{\text{Elément étudié (dans l'échantillon)}}{\text{Total de l'échantillon}}$$

 C'est une valeur comprise entre 0 et 1 !

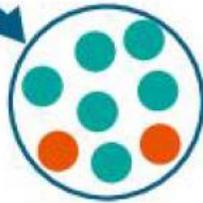
Estimer la fréquence d'un caractère dans une population



Les billes sont mélangées



2^e prélèvement de 8 billes



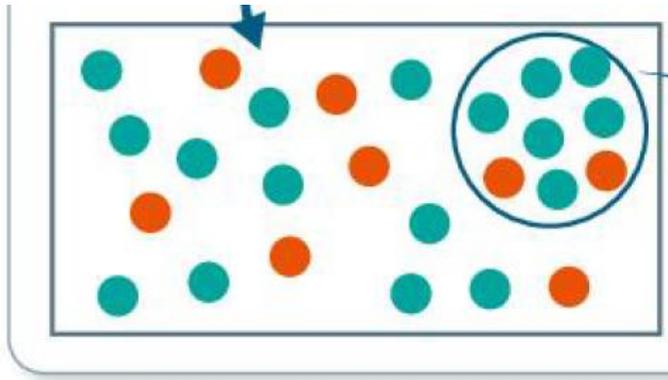
8 billes prélevées
dont 2 billes
marquées

→ $C = 8$
 $R = 2$

$$\frac{2}{8}$$

Fréquence
de la couleur rouge

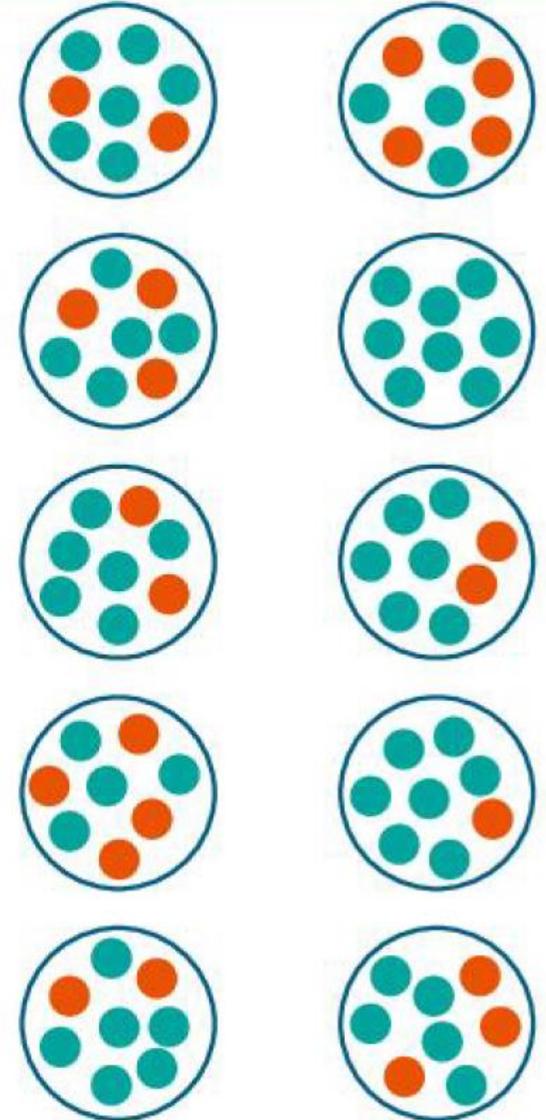
Estimer la fréquence d'un caractère dans une population



On répète les tirages :
10 échantillonnages
indépendants



Résultats pour 10 tirages du même effectif



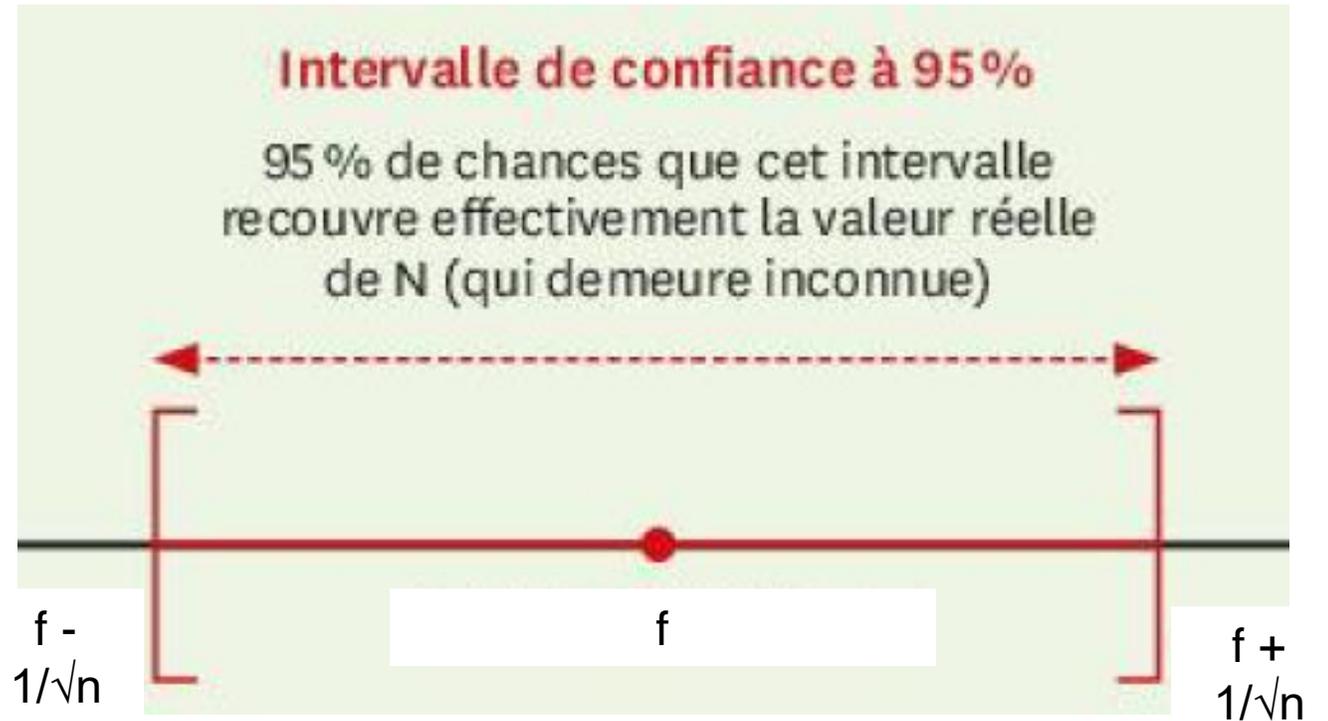
Il y a une incertitude!

Calcul d'un **intervalle de confiance**

Pour un niveau de confiance de 95 %, l'intervalle de confiance se calcule ainsi :

$$\left[f - \frac{1}{\sqrt{n}} ; f + \frac{1}{\sqrt{n}} \right]$$

f étant la fréquence du caractère étudié dans l'échantillon, et n l'effectif de cet échantillon.



[;]

Estimer la fréquence d'un caractère dans une population: application

1. Appliquer la méthode précédente pour estimer la fréquence de haricots rouges présents dans l'enveloppe.

Vous ferez 3 fois cette estimation en sortant d'abord un échantillon de

- **20 haricots**
- **40 haricots**
- **60 haricots.**

2. Vous calculerez l'intervalle de confiance associé à chaque échantillonnage. Comparer les 3 intervalles obtenus.
3. Justifier l'intérêt de travailler avec des échantillons de taille importante, et de toujours préciser l'intervalle de confiance

Estimer la fréquence d'un caractère dans une population: application

Tirage	20	40	60
Fréquence estimée	0,3	0,37	0,3
Intervalle de confiance	[0,07 ; 0,52]	[0,21 ; 0,53]	[0,17 ; 0,43]

La méthode **capture - marquage - recapture** : application exercice 1

Une équipe souhaite estimer l'effectif d'une population de lions de mer *Eumetopias jubatus*, une espèce classée « quasi menacée » par l'organisme UICN. Pour cela ils ont accès à des données de capture/marquage/recapture dans une zone nord de l'océan pacifique : 57 individus ont été capturés et marqués lors d'une première étude. Un an plus tard, 48 individus ont été recapturés, dont 19 marqués.

A partir de ces données, et après avoir expliqué le principe de la technique, estimez la taille de la population étudiée.



La méthode **capture - marquage - recapture** : application exercice 1

D'après les données du texte :

- Nombre d'individus marqués = 57
- Nombre d'individus recapturés = 48
- Nombre d'individus marqués parmi les recapturés = 19

$$N_{\text{estimé}} = 57 \times 48 / 19 = 144$$



Calcul d'une fréquence : application exercice 2

Exemple :

Sur 100 cistudes d'Europe prélevées sur l'étang de l'Or dans l'Hérault, on dénombre 27 femelles et 73 mâles.

Calculer la fréquence de femelles, associé à un intervalle de confiance à 95%, dans cette population.



Calcul d'une fréquence : application exercice 2

- $n = 100$ (taille de l'échantillon)
- $F =$ fréquence des femelles $= 27/100 = 0,27$
- IC à 95 %
- $[0,27 - 1/\sqrt{100} ; 0,27 + 1/\sqrt{100}]$
- $[0,17 ; 0,37]$

Pour un niveau de confiance de 95 %, l'intervalle de confiance se calcule ainsi :

$$\left[f - \frac{1}{\sqrt{n}} ; f + \frac{1}{\sqrt{n}} \right]$$

f étant la fréquence du caractère étudié dans l'échantillon, et n l'effectif de cet échantillon.

Exercice 3 : les résultats d'un sondage

Un sondage d'opinion est en général effectué sur un échantillon de 1000 individus, choisis au hasard. Un sondage a été effectué à propos d'un référendum, il indique que 52% des individus seraient en faveur du oui.

Peut-on certifier que plus de la moitié de la population française est en accord avec la proposition ?

Exercice 3 : les résultats d'un sondage

L'échantillonnage avec $n=1000$ est très classique pour réaliser des sondages. Ici, on se pose la question d'être sûr que la fréquence réelle (sondage au niveau de la population entière) est supérieure à 50%.

Je vais donc appliquer la formule pour calculer l'intervalle de confiance de la fréquence estimée, avec :

- $n = 1000$ (taille de l'échantillon)
- $F = 52 \% = 0,52$

Exercice 3 : les résultats d'un sondage

$$\left[\theta - \frac{1}{\sqrt{n}} ; \theta + \frac{1}{\sqrt{n}} \right]$$
$$\left[0,52 - \frac{1}{\sqrt{1000}} ; 0,52 + \frac{1}{\sqrt{1000}} \right]$$
$$\left[0,49 ; 0,55 \right]$$

J'obtiens un intervalle de confiance à 95% pour f de $[0,49; 0,55]$: il y a 95% de chance que la fréquence réelle en fasse partie

De ce fait, la fréquence n'est pas forcément au dessus de 0,5, le résultat du sondage n'est pas sûr.

Exercice 4 : le recensement des truites

8 Recensement d'un élevage de truites

Un pisciculteur souhaite estimer l'effectif de son élevage de truites dans l'un de ses bassins. Il utilise la technique de capture-marquage-recapture. L'éleveur capture 70 truites, les marque puis les relâche. Quotidiennement, il recapture 30 truites, note le nombre d'individus marqués et les relâche. Ses relevés sont notés dans le tableau ci-dessous.

Jours	1	2	3	4	5	6	7
Nombres d'individus marqués	5	2	2	7	8	4	4

1. À partir de ces relevés, estimer par le calcul l'effectif de l'élevage.
2. Proposer un protocole de capture-marquage-recapture qui permettrait à l'éleveur d'estimer cet effectif avec une meilleure précision.

L'éleveur dispose d'un autre bassin, dans lequel un comptage exhaustif a été réalisé : 1 327 individus y ont été recensés. Une partie des truites de ce bassin souffre d'une maladie parasitaire. L'éleveur souhaite connaître le pourcentage d'individus affectés. Pour cela, il réalise un échantillonnage dans ce bassin et prélève 125 truites, dont 37 portent le parasite.

3. Estimer le pourcentage de truites affectées par le parasite, en précisant l'intervalle de confiance pour un niveau de confiance de 95 %.



- Pour marquer les truites, on réalise couramment l'ablation de la nageoire adipeuse (indiquée ici par une flèche).



Coup de pouce

La formule à utiliser pour estimer l'effectif N est la suivante :

$$N = n \cdot \frac{m_0}{m}$$

n : effectif de l'échantillon

m_0 : nombre d'individus marqués initialement

m : nombre d'individus marqués et recapturés

Exercice 4 : le recensement des truites

Q1 : Le pisciculteur a utilisé la technique de capture-marquage-recapture. La fréquence des individus marqués dans lors de la recapture est la même que celle dans la population totale.

Pour le **jour 1** on a donc : Nombre total = $(70 \times 30)/5 = 420$ (voir cours)

Jours	1	2	3	4	5	6	7
Individus marqués lors de la recapture	5	2	2	7	8	4	4
Taillé estimée de la population	420	1050	1050	300	262,5	525	525

Exercice 4 : le recensement des truites

Q2 : Dans un premier temps, il peut déjà travailler sur une moyenne des résultats obtenus, ce qui donne 590 truites.... On remarque que ces résultats sont peu fiables. En effet, il y a un facteur 4 entre l'estimation du jour 2 et jour 5 ! Il faut donc en effet améliorer la stratégie...

Le pisciculteur a été capable de prélever 70 truites le jour de la capture, il est donc techniquement capable d'en reprélever autant lors de la recapture. Je lui conseille donc d'augmenter la taille de son échantillon, ses résultats seront en réponse beaucoup moins variables.

Exercice 4 : le recensement des truites

Q3 : On cherche à calculer une fréquence dans une population, et d'y associer un intervalle de confiance avec un niveau de confiance à 95%.

Calcul de la fréquence de la maladie dans l'échantillon : $37/125 = 0,296$ (Cette valeur n'est pas une estimation)

On veut à présent estimer celle de la population totale, si l'échantillonnage était totalement représentatif, elle serait strictement égale à celle de l'échantillon... mais ce n'est pas forcément le cas. On va donc calculer un intervalle de confiance pour cette valeur.

Ici : $f = 0,296$, et $n=125$, on trouve donc : $[0,296 - 0,089; 0,296 + 0,089]$
 $[0,21 ; 0,39]$

Il y a donc 95 % de chance que la valeur réelle de la fréquence de la maladie soit comprise entre 20,7% et 38,5% dans la population totale.