



## PARACLINIQUES 2<sup>EME</sup> DOC



## Plan de la présentation

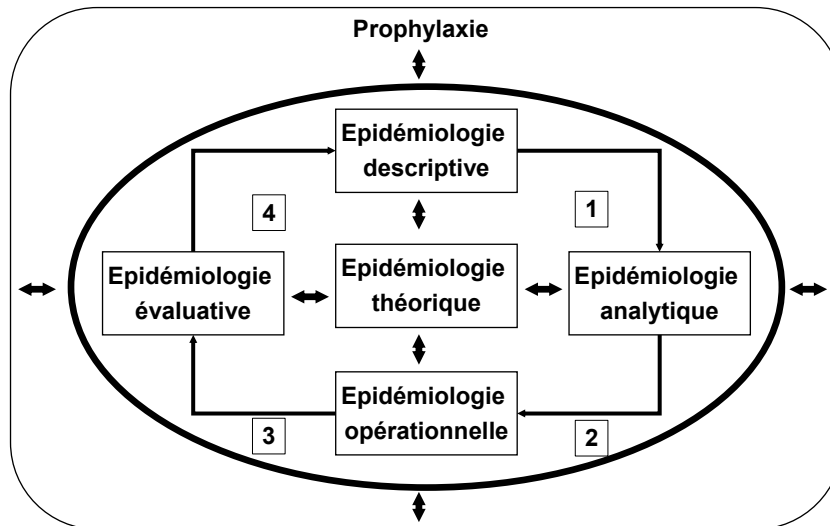
### EPIDEMIOLOGIE:

- ✓ Standardisation des taux
- ✓ Dépistage des maladies infectieuses animales

### ANALYSE DE RISQUE:

- ✓ Risque d'importation d'une maladie dans un pays indemne
- ✓ Calcul de la taille de l'échantillon pour déceler au moins un animal malade

## RAPPELS EN EPIDEMIOLOGIE



## Principaux secteurs de l'épidémiologie

- ✓ Descriptive : Connaissance des caractéristiques dans le temps et l'espace de la maladie
- ✓ Analytique : Connaître les mécanismes de développement de la maladie, les analyser pour en comprendre le fonctionnement et pouvoir les expliquer.
- ✓ Opérationnelle : Conception et application de mesures de lutte contre cette maladie.
- ✓ Evaluative : Evaluation du programme de lutte.
- ✓ Théorique: Modélisation des maladies et troubles de la santé pour mieux les comprendre et les anticiper

Autres déclinaisons possibles: Epidémiologie expérimentale

Epidémiologie moléculaire

## Définitions de base

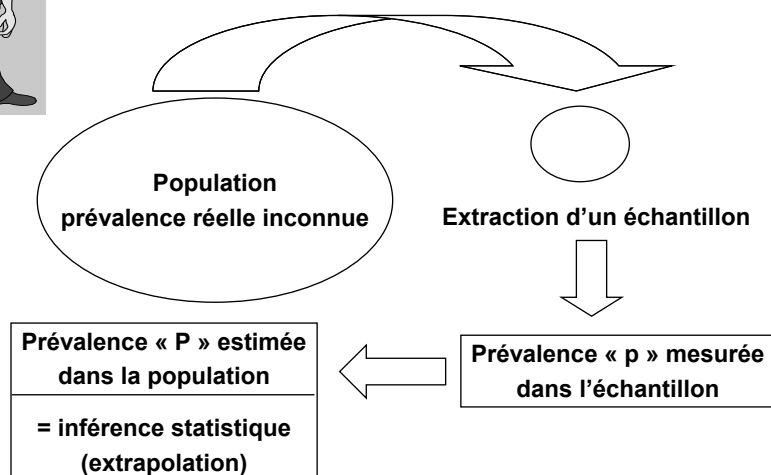


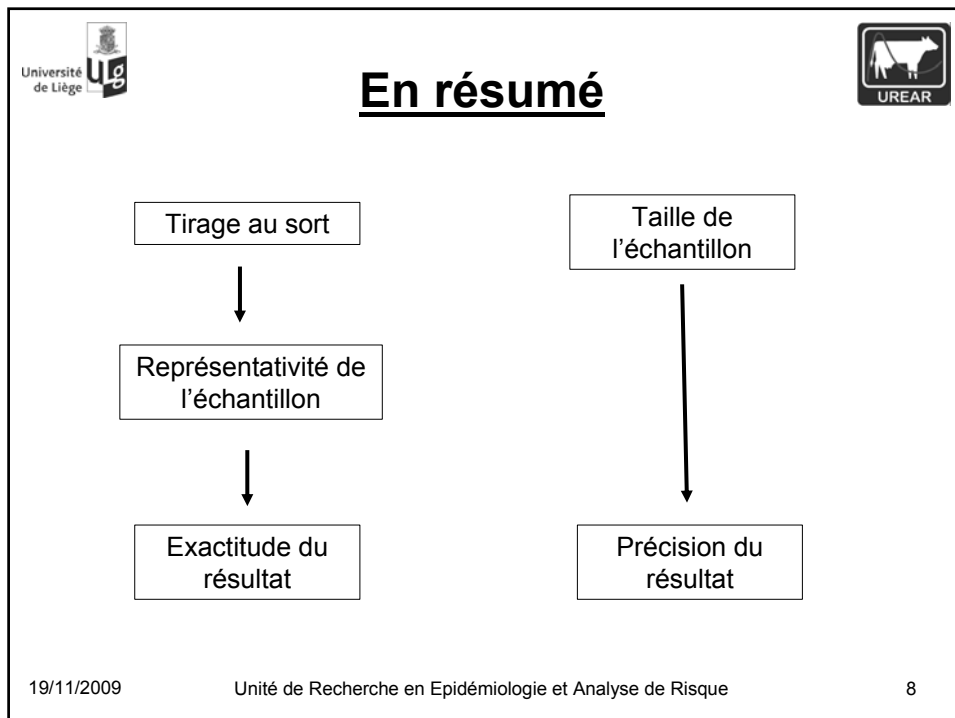
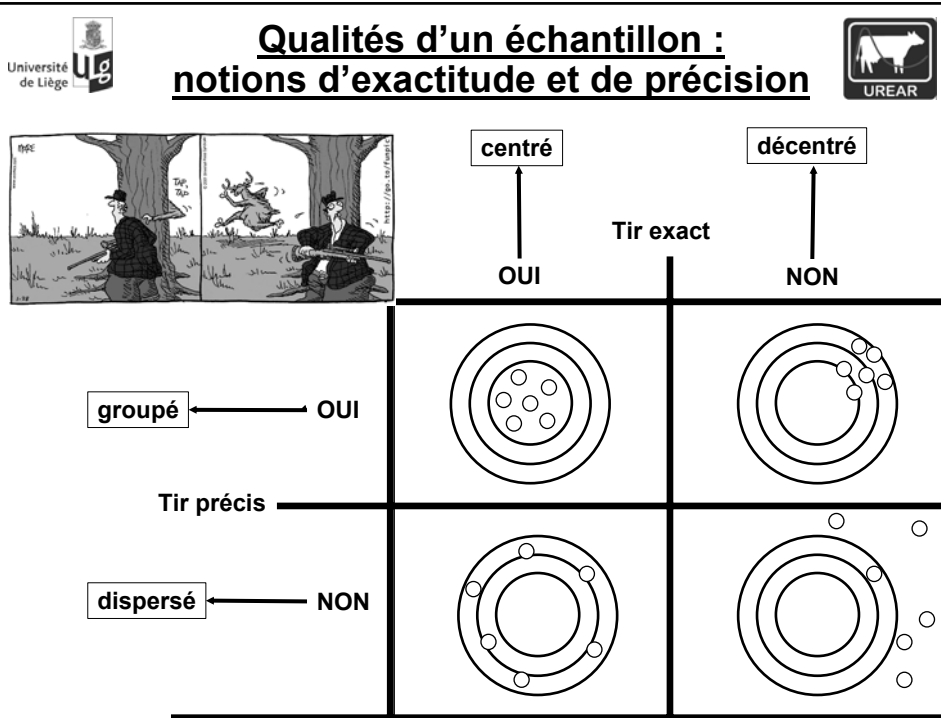
"... JUST WHAT WE NEEDED --  
A PUDDLE TOO BIG TO WALK AROUND!"

- ✓ **Prévalence** : nombre de cas à un moment donné
- ✓ **Incidence** : nombre de nouveaux cas apparus sur une période donnée



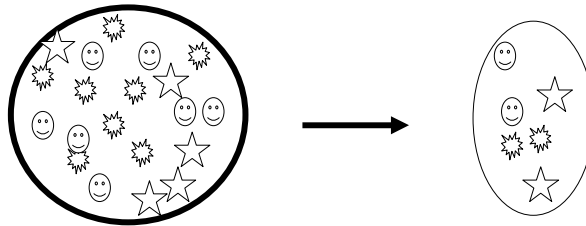
## Estimation de la prévalence réelle d'une maladie dans une population à partir de la prévalence mesurée sur un échantillon de la population





## Echantillonnage

- *Empirique* : non tiré au sort (commodité), biais important
- *Aléatoire simple* : Tirage au sort avec probabilités égales (base de sondage : liste exhaustive des individus de la population)

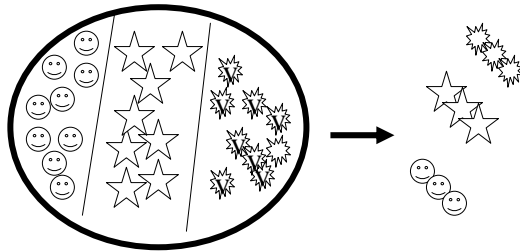


## Echantillonnage

- *Aléatoire systématique* : Pas de base de sondage, mais une règle de choix des sujets à inclure, commode, liée au hasard et appliquée systématiquement :
  - ✓ Ex. à intervalles réguliers :
  - ✓ Taux de sondage =  $n/N = 1/x$
  - ✓ On prend les individus :  $a+x, a+2x, a+3x...$  jusqu'à avoir le nombre voulu pour le degré de précision souhaité
  - ✓ ( $a$  au hasard entre 0 et  $x$ ).

## Echantillonnage

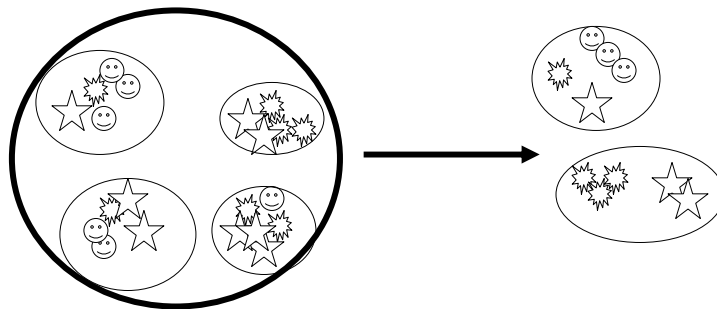
- *Aléatoire stratifié*



Tirage au sort dans chaque strate: sous-populations plus homogènes puis tirage au sort

## Echantillonnage

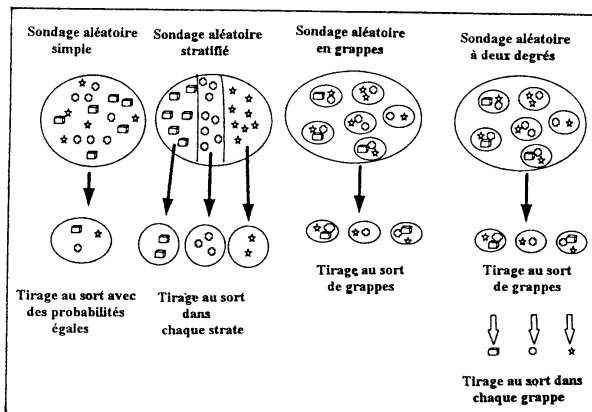
- *Aléatoire en grappes* (ex : troupeau = grappe)



- *Aléatoire à plusieurs degrés* : Plusieurs tirages au sort successifs (ex: au sein d'élevages tirés au sort, on tire au sort quelques individus).

# Echantillonnage

FIGURE 3.8  
 Les principaux échantillons aléatoires



Toma et al., 2001

# STANDARDISATION DES TAUX

## Population hétérogène

- = ensemble de sous-populations (régions)
  - Composition du cheptel (type d'élevage, âge, caractéristiques)
  - Densité d'animaux



Il faut obtenir des informations comparables entre régions!

## Diapositive 13

---

- .1 plusieurs degrés:
- communes
  - troupeaux
  - animaux

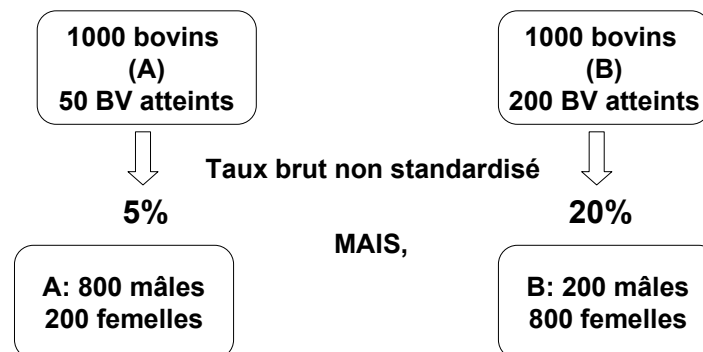
henry; 11/11/2005



Plusieurs étapes:

1. Calculer les taux spécifiques pour chaque catégorie dans chaque région
2. Créer la population de référence
3. Calculer le nombre de foyers « attendus » dans la population de référence
4. Calculer les taux standardisés

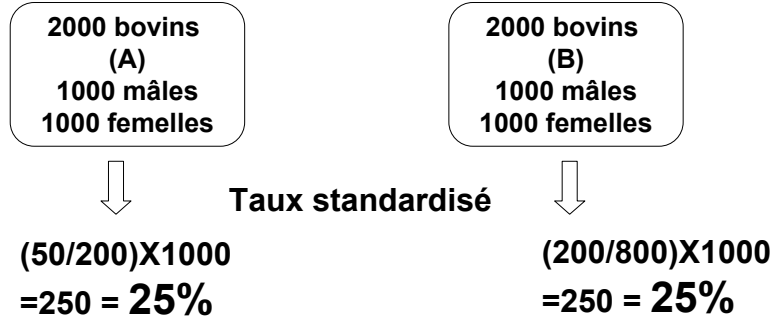
✓ Prévalence annuelle des mammites



## STANDARDISATION DES TAUX

### Exemple 1

✓ Prévalence annuelle des mammites



**La standardisation des taux permet de « neutraliser »  
Des variations liées à la composition démographique  
Des populations étudiées**

## STANDARDISATION DES TAUX:

### Exemple 2

✓ Exemple de standardisation directe des taux dans 2 zones A et B

Foyers d'une pathologie X dans 2 régions: A et B

**Région A**

**Région B**

Elevages	Nombre d'élevages	Nombre de foyers	Taux spécifiques
Laitiers	8000	80	1%
Allaitants	2000	220	11%
<b>Total</b>	<b>10000</b>	<b>300</b>	
Taux brut non standardisé = 300/10 000 = 3%			

Elevages	Nombre d'élevages	Nombre de foyers	Taux spécifiques
Laitiers	2000	22	1,1%
Allaitants	8000	800	10%
<b>Total</b>	<b>10000</b>	<b>822</b>	
Taux brut non standardisé = 822/10 000 = 8,22%			

## STANDARDISATION DES TAUX: Exemple 2

Création de la population de référence:

Elevages	Nombre d'élevages
Laitiers	10 000
Allaitants	10 000

### Région A

### Région B

Elevages	Nombre d'élevages	Taux spécifiques	Nombre de foyers	Elevages	Nombre d'élevages	Taux spécifiques	Nombre de foyers
Laitiers	10 000	1%	100	Laitiers	10000	1,1%	110
Allaitants	10 000	11%	1100	Allaitants	10000	10%	1000
Total	20 000		1200	Total	20000		1110
Taux standardisé: 1200/20000 = 6%				Taux standardisé = 1110/20 000 = 5,6%			

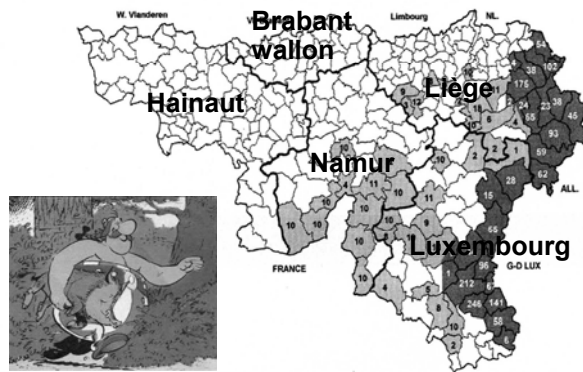
## STANDARDISATION DES TAUX: Exemple 3

Enquête séro-épidémiologique sur la prévalence de la maladie d'Aujeszky chez le sanglier en Wallonie



Czaplicki G., Dufey J., Saegerman C. Le sanglier est-il un réservoir potentiel du virus de la maladie d'Aujeszky pour les élevages porcins? *Epidémiol. et santé anim.*, 2006, **49**, 89-101.

Figure 3  
Répartition du nombre de sangliers testés par commune en vue du dépistage de la maladie d'Aujeszky (année 2004)



(Czaplicki *et al.*, 2006)

## STANDARDISATION DES TAUX: Exemple 2

Enquête séro-épidémiologique sur la prévalence de la maladie d'Aujeszky chez le sanglier en Wallonie

- ✓ Population hétérogène
  - Age (jeune, adulte)
  - Sexe



→ **STRATIFICATION** nécessaire

- ✓ Densités de populations différentes entre régions

→ **STANDARDISATION** nécessaire

## STANDARDISATION DES TAUX: Exemple 3

La structure de la population a évolué

→ Comparer les provinces



Pour 2004:

- Etape 1 → calculer le taux spécifique pour chaque catégorie dans chaque province
- Etape 2 → créer la population de référence
- Etape 3 → standardiser

## Etape 1: calcul des taux spécifiques

Luxembourg

Namur

		+	Testés	Taux spécifiques
TJ	F	15	85	<b>0.18</b>
	M	12	65	<b>0.18</b>
J	F	17	188	<b>0.09</b>
	M	12	197	<b>0.06</b>
JA	F	17	103	<b>0.17</b>
	M	13	71	<b>0.18</b>
A	F	19	50	<b>0.38</b>
	M	7	34	<b>0.21</b>

		+	Testés	Taux spécifiques
TJ	F	0	1	<b>0.00</b>
	M	1	4	<b>0.25</b>
J	F	6	19	<b>0.32</b>
	M	1	18	<b>0.06</b>
JA	F	1	7	<b>0.14</b>
	M	1	6	<b>0.17</b>
A	F	9	21	<b>0.43</b>
	M	9	20	<b>0.45</b>

TJ = Très jeunes (0-6 mois); J = jeunes (6-12 mois) = JA = jeunes adultes (12-24 mois); A = adultes (> 24 mois)

## Etape 2: créer la population de référence

CATEGORIE	SEXE	TESTES	PROPORTION (%)
Très jeunes 0-6 mois	F	127	<b>8.90</b>
	M	102	<b>7.15</b>
Jeunes 6-12 mois	F	300	<b>21.02</b>
	M	295	<b>20.67</b>
Jeunes adultes 12-24 mois	F	172	<b>12.05</b>
	M	125	<b>8.76</b>
Adultes >24 mois	F	180	<b>12.61</b>
	M	126	<b>8.83</b>
<b>TOTAL</b>		<b>1427</b>	<b>100</b>

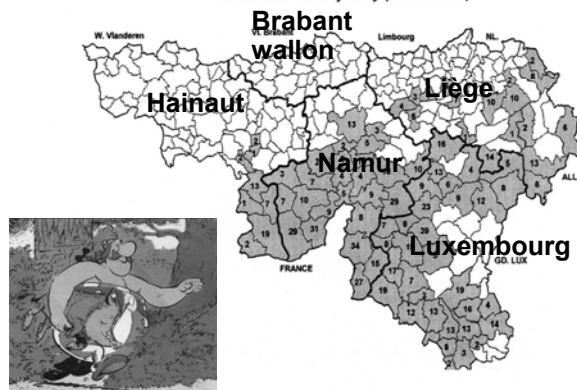
## Etape 3: Standardisation

Catégorie d'animaux	Sexe	LUXEMBOURG			NAMUR		
		Testés réf	Taux sp	Cas +	Testés réf	Taux sp	Cas +
Très jeunes 0-6mois	F	127	0.18	<b>22</b>	127	0.00	<b>ND</b>
	M	102	0.18	<b>19</b>	102	0.25	<b>26</b>
Jeunes 6-12 mois	F	300	0.09	<b>27</b>	300	0.32	<b>95</b>
	M	295	0.06	<b>18</b>	295	0.06	<b>16</b>
Jeunes adultes 12-24 mois	F	172	0.17	<b>28</b>	172	0.14	<b>25</b>
	M	125	0.18	<b>23</b>	125	0.17	<b>21</b>
Adultes >24 mois	F	180	0.38	<b>68</b>	180	0.43	<b>77</b>
	M	126	0.21	<b>26</b>	126	0.45	<b>57</b>
<b>TOTAL</b>		<b>1427</b>	—	<b>231</b>	<b>1427</b>	—	<b>317</b>
Taux de prévalence standardisée (TPS)				<b>0.1619</b>	TPS		<b>0.2221</b>
%				<b>16.19</b>	%		<b>22.21</b>

## Enquête sérologique Aujeszky: situation 2005



Figure 4  
Répartition du nombre de sangliers testés par commune en vue du dépistage de la maladie d'Aujeszky (année 2005)



(Czaplicki *et al.*, 2006)

## STANDARDISATION DES TAUX: Exemple 3



La structure de la population a évolué entre 2004 et 2005 → standardiser à nouveau

Pour 2005:

- Etape 1 → calculer le taux spécifique pour chaque catégorie dans chaque province
- Etape 2 → créer la population de référence
- Etape 3 → standardiser

## Etape 1: taux spécifiques (2005)

### Luxembourg

		+	Testés	Taux spécifiques
TJ	F	3	34	0.09
	M	5	32	0.16
J	F	5	50	0.10
	M	3	55	0.05
JA	F	7	41	0.17
	M	7	56	0.13
A	F	11	29	0.38
	M	23	51	0.45

### Namur

		+	Testés	Taux spécifiques
TJ	F	3	35	0.09
	M	1	18	0.06
J	F	6	50	0.12
	M	2	25	0.08
JA	F	6	31	0.19
	M	10	25	0.40
A	F	26	51	0.51
	M	24	57	0.42

TJ = Très jeunes (0-6 mois); J = jeunes (6-12 mois); JA = jeunes adultes (12-24 mois); A = adultes (> 24 mois)

## Etape 2: population de référence (2005)

	CATEGORIE	SEXE	TESTES	PROPORTION (%)
4 STRATES	Très jeunes 0-6mois	F	74	9,34
		M	55	6,94
	Jeunes 6-12 mois	F	124	15,66
		M	110	13,89
	Jeunes adultes 12-24 mois	F	97	12,25
		M	101	12,75
	Adultes >24 mois	F	106	13,38
		M	125	15,78
	TOTAL		792	100



## Etape 3 : Standardisation (2005)

Catégorie d'animaux	Sexe	LUXEMBOURG			NAMUR		
		Testés réf	Taux sp	Cas +	Testés réf	Taux sp	Cas +
Très jeunes 0-6mois	F	74	0.09	7	74	0.09	6
	M	55	0.16	9	55	0.06	3
Jeunes 6-12 mois	F	124	0.10	12	124	0.12	15
	M	110	0.05	6	110	0.08	9
Jeunes adultes 12-24 mois	F	97	0.17	17	97	0.19	19
	M	101	0.13	13	101	0.40	40
Adultes >24 mois	F	106	0.38	40	106	0.51	54
	M	125	0.45	56	125	0.42	53
TOTAL		792	-	160	792	-	199
Taux de prévalence standardisée (TPS)				0.2020	TPS		0.2513
				%	%		25.13
				20.20			

## 2. DÉPISTAGE DES MALADIES INFECTIEUSES ANIMALES

### ✓ Dépistage

= Recherche systématique à l'aide d'examens, dans une population, des individus (ou des groupes d'individus) atteints par un trouble de santé donné, passé jusque là inaperçu

≠

### ✓ Diagnostic

= identification d'une maladie chez un sujet qui présente des troubles

## 2.1. Valeur des tests de dépistage

Les « vrais » et les « faux » (table de contingence)

Test	Statut infectieux réel des animaux (M)	
	<i>Infectés (M +)</i>	<i>Indemnes (M -)</i>
<b>+</b>	Vrais positifs (VP) <b>correct</b>	Faux positifs (FP)
<b>—</b>	Faux négatifs (FN)	Vrais négatifs (VN) <b>correct</b>

## 2.2. Sensibilité et spécificité d'un test

Sensibilité (Se)

= probabilité conditionnelle d'obtenir un résultat positif par un test de diagnostic chez un animal réellement infecté =  $P(T+/M+)$

La sensibilité d'un test correspond à son aptitude à fournir une réponse positive chez un individu malade ou infecté

$$Se = \frac{VP}{VP + FN}$$

Test	Statut infectieux réel des animaux (M)	
	<i>Infectés (M +)</i>	<i>Indemnes (M -)</i>
<b>+</b>	Vrais positifs (VP)	Faux positifs (FP)
<b>—</b>	Faux négatifs (FN)	Vrais négatifs (VN)

## 2.2. Sensibilité et spécificité d'un test

### Spécificité (Sp)

= Probabilité conditionnelle d'obtenir un résultat négatif par un test de diagnostic chez un animal sain

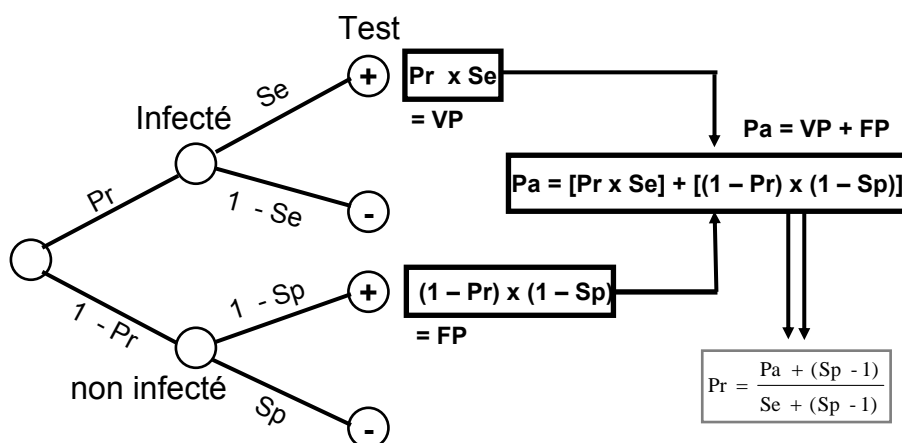
$$= P(T - / M -)$$

Aptitude d'un test à fournir une réponse négative chez un animal sain

$$Sp = \frac{VN}{VN + FP}$$

Test	Statut infectieux réel des animaux (M)	
	Infectés (M +)	Indemnes (M -)
+	Vrais positifs (VP)	Faux positifs (FP)
-	Faux négatifs (FN)	Vrais négatifs (VN)

## 2.3 Prévalence réelle (Pr) et prévalence apparente (Pa)



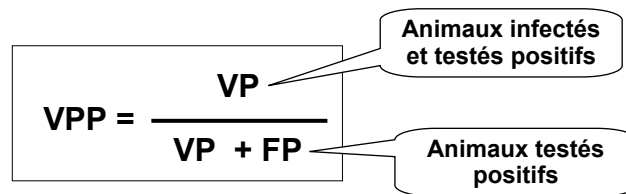
## 2.4. Les valeurs prédictives

Valeur prédictive d'un résultat positif (VPP)

= proportion de vrais positifs parmi l'ensemble des réponses positives fournies par le test de dépistage

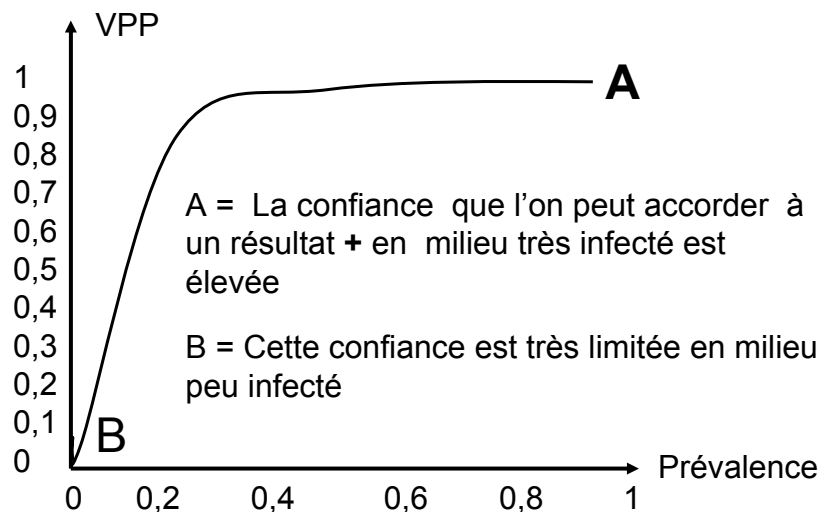
= probabilité qu'un animal soit réellement malade quand le résultat du test est positif =  $P ( M+ / T+ )$

$$VPP = \frac{VP}{VP + FP}$$



## 2.4. Les valeurs prédictives

Evolution de la VPP en fonction de la prévalence:



## 2.4. Les valeurs prédictives



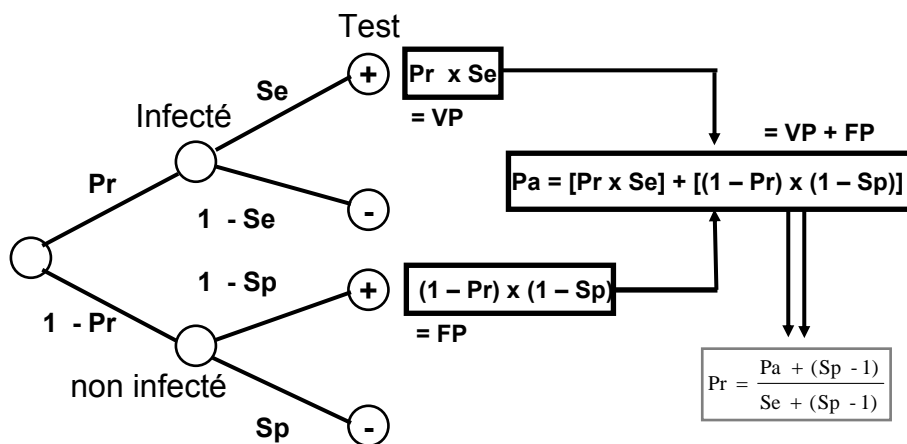
Valeur prédictive d'un résultat négatif (VPN)  
 = probabilité qu'un animal soit réellement sain  
 quand le résultat du test est négatif = P (M-/T-)

$$VPN = \frac{VN}{VN + FN}$$

Animaux sains et testés négatifs (VN)

Animaux testés négatifs (VN + FN)

## 2.3 Prévalence réelle (Pr) et prévalence apparente (Pa)



## 2.4. Les valeurs prédictives

Calcul possible sur la population cible si on connaît la prévalence

Possible si on connaît Se et Sp du test

$$VPP = \frac{P \times Se}{P \times Se + (1-P) \times (1-Sp)} = \frac{VP}{VP + FP}$$

Prévalence apparente

$$VPN = \frac{(1-P) \times Sp}{(1-P) \times Sp + P \times (1-Se)} = \frac{VN}{VN + FN}$$

## 2.5. Relations entre Se, Sp et P

	Malades	Indemnes	Total
Test +	VP Se*P	FP (1-Sp)*(1-P)	[Se*P]+ [(1-Sp)*(1-P)]
Test -	FN (1-Se)*P	VN Sp*(1-P)	[(1-Se)*P]+[Sp*(1-P)]
Total	P	(1-P)	1

## Exercice (souvenirs, souvenirs...de 3ème bac)

Pour le dépistage de la tuberculose bovine, on utilise un test dont le résultat est négatif chez 30% des sujets atteints et positif chez 25% des sujets indemnes.

1. Calculer Se et Sp
2. Pour un taux de prévalence réelle de 1%, établissez la table de contingence.
3. Quel sera le taux de prévalence apparente?
4. Quelles seront VPP? VPN?

## Exercice (suite)

1. Test dont le résultat est négatif chez 30% des sujets atteints et positif chez 25% des sujets indemnes Se? Sp?

Test	Etat de santé	
	Malades	Sains
Positif	<b>70</b>	<b>25</b>
Négatif	<b>30</b>	<b>75</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

$$Se = \frac{T+}{\text{Malades}} = \frac{70}{100} \qquad Sp = \frac{T-}{\text{Sains}} = \frac{75}{100}$$

## Exercice (suite)

2. Pour un taux de prévalence réelle (Pr) de 1%, établissez la table de contingence

$$Pr = 1\% = \frac{100}{10000}$$

Test	Etat de santé		
	Malades	Sains	Total
Positif	70	9900 x 0,25	
Négatif	30	9900 x 0,75	
Total	100	9900	10000

## Exercice (suite)

3. Quel sera le taux de prévalence apparente (Pa) ?

Test	Etat de santé		
	Malades	Sains	Total
Positif	70 VP	2475 FP	2545
Négatif	30	7425	7455
Total	100	9900	10000

$$Pa = \frac{VP + FP}{Total} = \frac{2545}{10000} = 25,45\% \neq Pr = 1\%$$





## Exercice (suite)

3. Quelles seront les VPP et VPN?

Test	Etat de santé		
	Malades	Sains	Total
Positif	<b>70 VP</b>	<b>2475 FP</b>	<b>2545</b>
Négatif	<b>30</b>	<b>7425</b>	<b>7455</b>
Total	<b>100</b>	<b>9900</b>	<b>10000</b>

$$VPP = \frac{VP}{VP + FP} = \frac{70}{2545} = 0,0275 = 2,75\%$$

## Exercice (suite)

3. Quelles seront les VPP et VPN?

Test	Etat de santé		
	Malades	Sains	Total
Positif	<b>70</b>	<b>2475</b>	<b>2545</b>
Négatif	<b>30 FN</b>	<b>7425 VN</b>	<b>7455</b>
Total	<b>100</b>	<b>9900</b>	<b>10000</b>

$$VPN = \frac{VN}{VN + FN} = \frac{7425}{7455} = 0,9959 = 99,59\%$$



Qu'est-ce que l'analyse de risque? Définition:

« une démarche scientifique faite dans le but d'identifier les dangers connus ou potentiels, d'en apprécier les risques, de les gérer et de communiquer à leur propos »

Qu'est-ce qu'un danger (*hazard*)? Notion qualitative

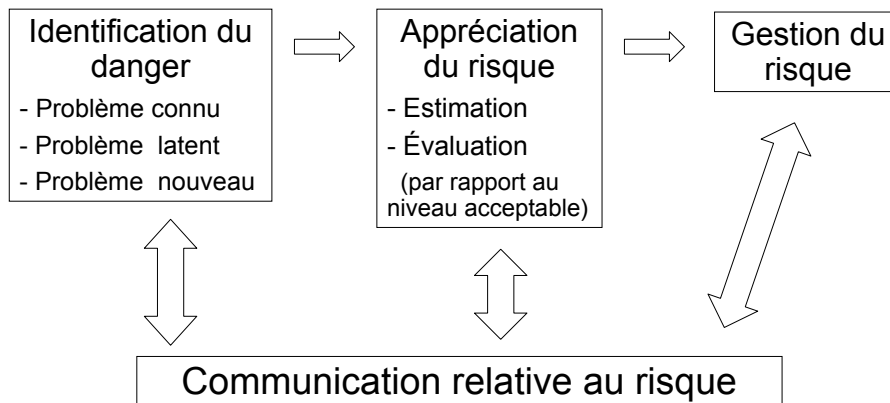
« tout agent biologique, chimique ou physique pouvant avoir un effet néfaste pour la santé »

Qu'est-ce qu'un risque (*risk*)? Notion quantitative

« probabilité de survenue d'un danger, combinée à l'importance de ses composantes (fréquence d'occurrence et importance des conséquences)

## Composantes de l'analyse de risque

Code zoosanitaire international de l'OIE



## ANALYSE DE RISQUE

### Appréciation du risque

#### Estimation du risque

#### Evaluation du risque

Synthèse à partir de l'appréciation

Probabilité d'émission    Probabilité d'exposition    Conséquences sanitaires et économiques

Probabilité de survenue du danger



Risque estimé

Comparaison

- niveau de risque estimé
- niveau de risque jugé acceptable

(jugé compatible, avec la santé, compte tenu d'un ensemble de données épidémiologiques, sociales et économiques)

## ANALYSE DE RISQUE

### QUALITATIVE

- ✓ N'inclut pas la quantification des paramètres mais utilise des échelles descriptives pour le risque:
  - Négligeable
  - Faible
  - Modéré
  - Élevé

### QUANTITATIVE

- ✓ Approche numérique. En cas d'informations manquantes, il convient de formuler des hypothèses

## ANALYSE DE RISQUE: cas pratiques

### *Approche qualitative*

⇒ risque lié à l'importation d'animaux vivants

### *Approche quantitative*

⇒ risque de présence d'une maladie

⇒ calcul de la taille de l'échantillon nécessaire pour la détection d'au moins un animal malade

## 1. Risque lié à l'importation d'animaux



- ✓ Probabilité d'émission:
  - Nombre d'animaux importés
  - Prévalence annoncée dans le pays d'origine
  - Qualité des services vétérinaires
  - Qualité du réseau de surveillance dans le pays exportateur
  - Mesures de lutte dans le pays exportateur
- ✓ Probabilité d'exposition
- ✓ Conséquences économiques et sanitaires

## 1. Risque lié à l'importation d'animaux



- ✓ Probabilité d'émission
- ✓ Probabilité d'exposition:
  - Mécanisme de transmission et facteurs de survie de l'agent pathogène
  - Potentialité de contamination dans le pays importateur
  - Mesures préventives à destination
  - Présence de vecteurs et de réservoirs potentiels dans le pays importateur
- ✓ Conséquences économiques et sanitaires (si zoonose)

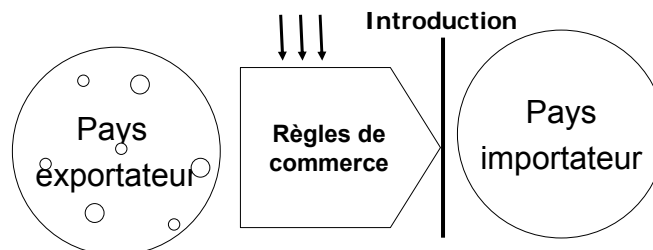
# 1. Risque lié à l'importation d'animaux

## Grille de Zepeda, 1998

Probabilité de l'événement 2	Probabilité de l'événement 1			
	Négligeable	Faible	Modérée	Élevée
Négligeable	Négligeable	Faible	Faible	Modérée
Faible	Faible	Faible	Modérée	Modérée
Modérée	Faible	Modérée	Modérée	Élevée
Élevée	Modérée	modérée	Élevée	Élevée

# 1. Risque lié à l'importation d'animaux

- ✓ Risque potentiel d'introduction de maladie si :
  - La prévalence dans le pays exportateur > 0 et/ou
  - Les animaux peuvent être infectés durant le transport (incidence)
  - La prévalence dans le pays qui importe est de zéro ou beaucoup plus faible que dans le pays exportateur



# 1. Risque lié à l'importation d'animaux: approche qualitative



## Analyse du risque d'épizootie de fièvre de la Vallée du Rift en République Centrafricaine (RCA) à partir du Tchad et du Soudan

Paramètre	Niveau de risque estimé
Probabilité d'introduction: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pr de la maladie dans les 2 pays frontaliers</li> <li>• Niveau d'échange d'animaux entre les pays frontaliers</li> <li>• Capacité de survie du virus dans l'environnement</li> </ul>	Faible Modéré Négligeable
Risque d'exposition <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potentialité de contamination des animaux en RCA</li> <li>• Probabilité de diffusion de l'épizootie</li> <li>• Survie et installation du virus en RCA</li> </ul>	Faible Modéré Faible
Conséquences	Modéré

# 1. Risque lié à l'importation d'animaux: approche qualitative

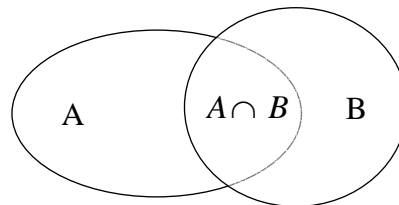


## Analyse du risque d'épizootie de fièvre de la Vallée du Rift en république centrafricaine (RCA) à partir du Tchad et du Soudan

### Conclusion:

Rubrique	Niveau de risque par rubrique	Conclusion (= niveau global du risque)
Probabilité d'introduction	<b>Faible</b>	<b>Modéré</b>
Risque d'exposition	<b>Modéré</b>	
conséquences	<b>Modéré</b>	

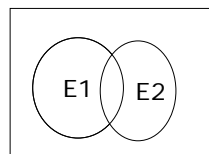
# Notions de probabilités



$P(A \cap B)$ ? Probabilité d'avoir à la fois A et B

# Probabilités: Règles d'addition

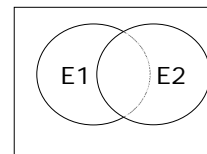
## EVENEMENTS NON INDEPENDANTS



Union

= toutes les possibilités que contient soit E1, soit E2, soit les deux à la fois

$$P(E1 \cup E2) = P(E1) + P(E2) - P(E1 \cap E2)$$



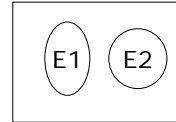
Intersection

= constituée par tous les éléments communs en même temps à E1 **et** E2

$$P(E1 \cap E2)$$



### EVENEMENTS INDEPENDANTS



Aucun élément commun à E1 et E2

L'occurrence de E1 n'a aucun effet sur E2

✓ Probabilité d'avoir un élément de E1 **OU** de E2:

$$P(E1 \cup E2) = P(E1) + P(E2)$$

✓ Probabilité d'avoir un élément de E1 **ET** de E2:

$$P(E1 \cap E2) = P(E1) \times P(E2)$$

Exemple: lancer de dés, avoir 2 six consécutifs

Exemple: tirage au sort de 5 cochons dans une ferme



- La ferme a un pourcentage d'infection de 10%
- La probabilité que les 5 animaux échantillonnés soient contaminés est:

$$P(5C+) = 0,10 \times 0,10 \times 0,10 \times 0,10 \times 0,10 = 0,10^5$$

- La probabilité qu'aucun des 5 animaux ne soit contaminé:

$$P(5C-) = (1-0,10)^5 = 0,59 = 59\%$$

- La probabilité qu'au moins 1 des animaux soit contaminé:

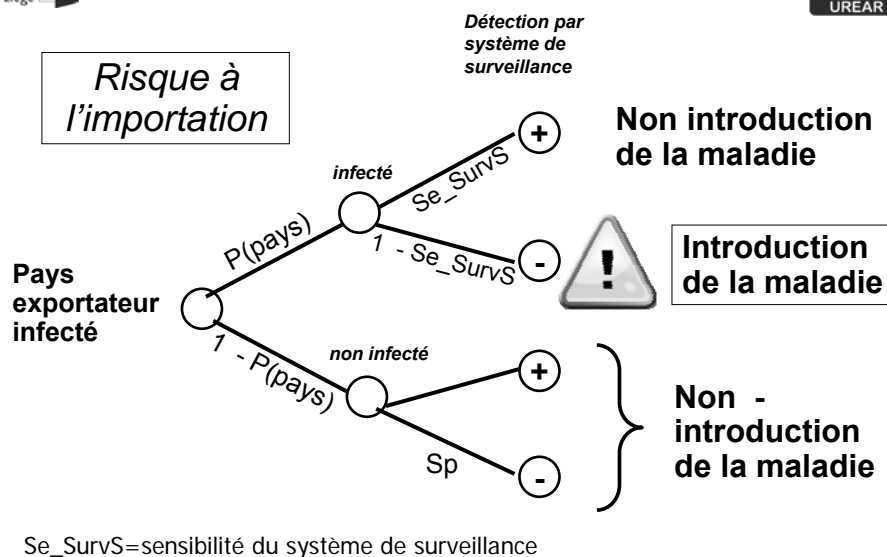
$$P(1C+) = 1 - (1 - 0,10)^5 = 1 - 0,59 = 41\% \rightarrow \text{complément}$$

## Application dans le cadre de l'analyse de risque

Exemple : Risque à l'importation:

- ✓ Les animaux importés sont-ils infectés?
- ✓ Si oui, sont-ils positifs au test de surveillance?
- ✓ Quel est le risque d'importation?

Faites un arbre de décision pour répondre à ces questions

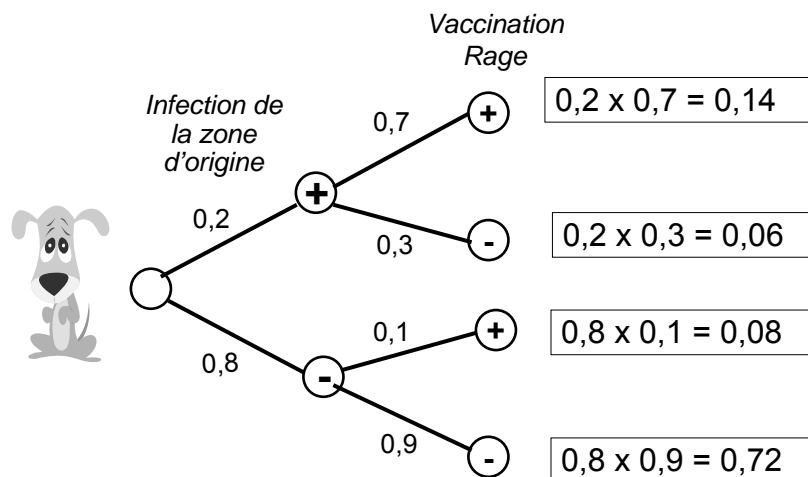


## Risque lié à l'importation d'animaux: arbre de probabilité



- ✓ Exemple d'arbre de probabilité fondé sur la zone d'origine d'un chien et la vaccination antirabique
  - Dans un pays X, 20% de la population canine vit en zone d'enzootie de rage et 80% en zone indemne. En zone d'enzootie, la proportion de chiens vaccinés est de 70% et en zone indemne, elle n'est que de 10%
  - Comment construire un arbre de probabilité avec ces données et calculer les différentes probabilités lors de tirage au sort d'un chien?

## Arbre de probabilité: exemple



## Risque à l'importation: exercice

### ✓ Données

- 15 animaux cliniquement sains sélectionnés pour l'exportation
- Les experts estiment qu'une forme latente de la maladie X peut aller jusqu'à 10 % de la population porcine des pays exportateurs

✓ Quelle est la probabilité qu'au moins un animal infecté mais cliniquement sain (forme latente) soit dans le consignment?

## SOLUTION

La probabilité qu'au moins 1 des animaux soit contaminé:

✓  $N = 15$

✓  $P = 10\%$

$$P(15+) = (0,10)^{15}$$

$$P(15-) = (1 - 0,10)^{15}$$

⇒  $P(1+) = 1 - [P(15-)]$   
 $1 - (1-0,10)^{15} = 1 - 0,90^{15} = 0,79$

## Déterminer la taille d'un échantillon pour détecter un phénomène



✓ Population finie:

probabilité de n'avoir aucun malade parmi n animaux tirés au sort dans une population N:

$$\alpha = \frac{C_{N-M}^n}{C_N^n}$$

n = taille échantillon  
N = taille population  
M = nombre de malades dans la population

$C_{N-M}^n$  = nombre de combinaisons de n éléments parmi les (N-M)

## Déterminer la taille d'un échantillon (n) pour détecter un phénomène



Solution approchée pour le calcul de n

$$n = [1 - (\alpha)^{1/M}] \times [N - M/2] + 1$$

$\alpha$  = La probabilité de n'avoir aucun malade parmi n animaux tirés au sort dans une population N (niveau de confiance): 0,05 si on veut avoir 95% de chances de détecter au moins un animal positif

n = taille échantillon pour avoir 95% de chances qu'au moins un animal contaminé soit présent dans l'échantillon

N = taille population

M = nombre d'unités malades dans la population

## Déterminer la taille d'un échantillon (n) pour détecter un phénomène



*Exemple:*

Si alpha = 5% (0,05)

taille de la population = 500

Prévalence au moins égale à 10%:

N = 500

M = 50

Alpha = 0,05

$$\begin{aligned}n &= [1 - (0,05)^{1/50}] \times [500 - 50/2] + 1 \\&= [1 - 0,94184] \times 475 + 1 \\&= 0,05815 \times 475 + 1 \\&= 28,6 = 29\end{aligned}$$

## Exercice



- ✓ Population de 1000 porcs
- ✓ Au moins 10 cochons atteints de rhinite atrophique, si l'infection était présente
- ✓ La taille de l'échantillon pour être sûr à 95% de détecter au moins 1 animal malade est alors :

**Complétez la suite...**

$$n = [1 - (\alpha)^{1/M}] \times [N - M/2] + 1$$

## Exercice

- ✓ N = 1000
- ✓ Alpha = 0,05
- ✓ M = 10

$$n = [1 - (\alpha)^{1/M}] \times [N - M/2] + 1$$

$$\begin{aligned} N &= [1 - (0,05)^{1/10}] \times [1000 - 10/2] + 1 \\ &= ([1 - 0,74] \times 995) + 1 \\ &= 258,7 + 1 \\ &= 260 \end{aligned}$$

Comment évoluerait cette taille d'échantillon pour une prévalence de 0,5%? De 80%?

## LA GRIPPE PORCINE

