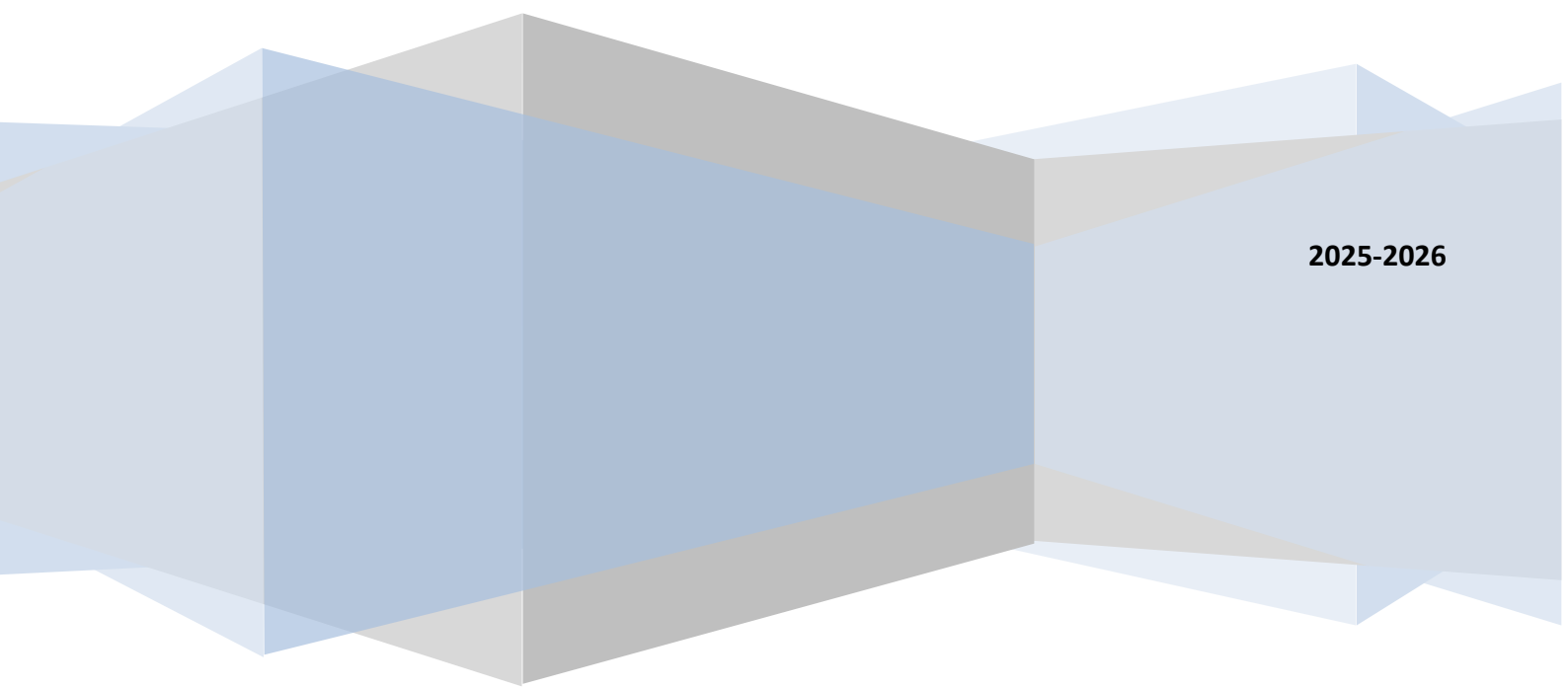


*Institut National Supérieur des Sciences et
Techniques d'Abéché*

COURS D'ÉPIDÉMIOLOGIE

Niveau III Licence

Dr Souleyman Hachim



2025-2026

Sommaire

INTRODUCTION	1
I. CONCEPTS DE BASE ET DEFINITIONS	2
II. Facteurs déterminants	4
II.1 Les facteurs déterminants intrinsèques	4
c) Facteurs déterminant l'infection chez l'hôte	7
II.2 Les facteurs déterminants extrinsèques	8
III. Description des problèmes sanitaires	9
II. L'EPIDEMIOSURVEILLANCE	15
1. Les réseaux d'epidemiosurveillance	17
2. Le réseau d'épidémiovigilance	18
III. QUANTIFICATION DES EVENEMENTS INFECTIEUX	20
3. Les taux de morbidité	20
2. Les Taux de mortalité	22
IV.1 LES ENQUÊTES EN EPIDEMIOLOGIE DESCRIPTIVE	24
1. Méthodes de collecte de données utilisées dans les études épidémiologiques	26
2. Comment récolter les informations épidémiologiques	27
3. Echantillon aléatoire	28
4. Echantillon aléatoire à plusieurs degrés	28
5. Echantillonnage systématique	30
6. Sondage par choix raisonné	30
V. ESTIMATION DU COUT DE LA MALADIE	31
1. Quantification des pertes directes dues à la maladie	33

CONCEPTS DE BASE

Ce cours est destiné aux étudiants de L3 en santé animale ou en élevage dont plusieurs objectifs sont assignés à ce cours :

- 1) Connaître la signification des principaux termes utilisés en épidémiologie animale
- 2) Comprendre et analyser les différences entre l'épidémiologie descriptive et explicative
- 3) Construire, calculer et interpréter les principaux indicateurs
- 4) Savoir décrire la situation d'une maladie
- 5) Collecter et analyser les données d'une enquête épidémiologique

INTRODUCTION

Le mot « épidémiologie » provient du grec *epi* = au-dessus, parmi ; et *demos* = peuple, district ; *logos* = mot, discours (qui peut suggérer qu'elle s'applique seulement aux populations humaines, mais le terme est largement utilisé dans des études sur des populations animales ; « épidémiologie animale »).

L'épidémiologie est une branche de la médecine. Elle étudie les facteurs influant sur la santé et les maladies des populations humaines et animales. Il s'agit d'une science qui se rapporte à la répartition, à la fréquence et à la gravité des états pathologiques.

L'étude de la répartition et des déterminants des événements de santé sert de fondement à la logique des interventions faites dans l'intérêt de la santé animale et de la médecine vétérinaire préventive.

La reconnaissance de l'épidémiologie comme champ d'étude est relativement récente, puisque la première étude significative remonte à 1854 mais elle est l'un des piliers de la santé publique et de la médecine à travers l'histoire.

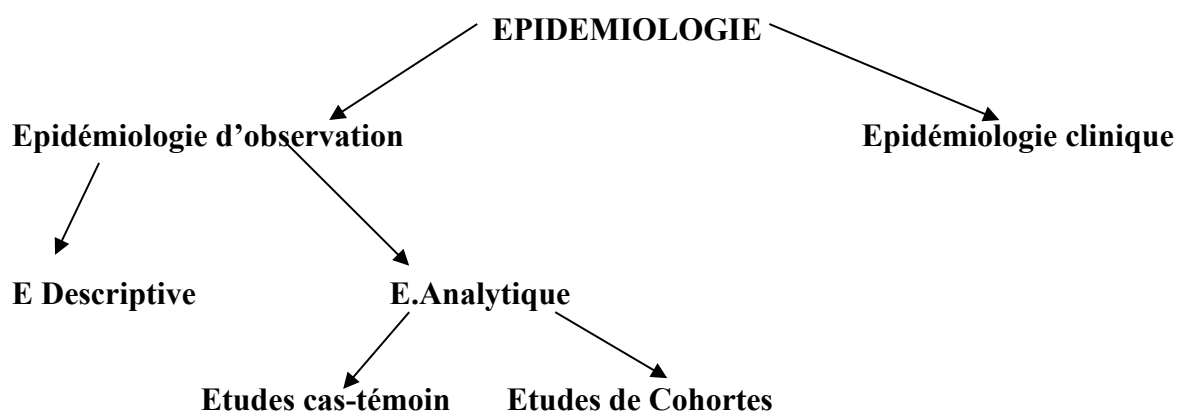
Les approches de l'épidémiologiste sont variées : elles vont du « terrain » (au cœur de la communauté) au front de la recherche et de la lutte contre l'émergence des maladies en passant par l'épidémiosurveillance, l'épidémiovigilance et la veille sanitaire.

On distingue deux types d'épidémiologie : l'épidémiologie d'observation et l'épidémiologie clinique.

L'épidémiologie d'observation regroupe l'épidémiologie descriptive et l'épidémiologie analytique tandis que l'épidémiologie clinique est de nature expérimentale.

L'épidémiologie descriptive sert à repérer les populations menacées par un risque de maladie ou de mortalité croissant ou décroissant, alors que l'épidémiologie analytique sert à découvrir les facteurs de risque ou de protection contre les maladies. Elle comprend la collecte de données, l'analyse et la distribution des résultats sur l'incidence des maladies (cas nouveaux), leur prévalence, leur morbidité, ainsi que la survie et la mortalité.

L'épidémiologie analytique comprend les études cas-témoins qui comparent un groupe de malades et un groupe-témoin de personnes ou d'animaux en bonne santé à l'égard de leur exposition à un agent potentiellement dangereux, et les études de cohortes dans lesquelles les individus atteints d'une maladie après une exposition à un agent sont comparés à ceux d'une population non exposée au même agent pathogène.



I. CONCEPTS DE BASE ET DEFINITIONS

Investigation : ensemble d'opérations consistant à recueillir des données, de décrire les phénomènes et d'analyser les causes. C'est un processus rapide limité dans le temps.

Eclosion : terme qui caractérise le début d'apparition d'une épidémie.

Source : c'est le point d'émergence de l'agent pathogène associé à un lieu donné.

Source ponctuelle : émission de l'agent pathogène pendant une période très courte.

Source persistante : émission de l'agent pathogène pendant une période très longue (métaux lourds, agent pathogène dans les élevages).

Source commune : lorsque tous les individus entrent en contact avec l'agent pathogène (intoxication alimentaire)

Véhicule : caractérise le support qui a contribué à la diffusion de l'agent pathogène entre la source et la population atteinte. Exemple : aliment dans toxi-infection alimentaire.

Une population : est un ensemble d'individus ayant une ou plusieurs caractéristiques en commun. Par exemple, l'épidémiologie pourrai s'intéresser à l'étude d'une maladie particulière au sein d'une population bovine particulière vivant dans un pays particulier. Cette population bovine pourrait comprendre : tous les bovins d'un pays, ou tous les bovins laitiers du pays, ou tous les laitiers d'une certaine race du pays.

Une population exposée : il s'agit généralement d'un sous-ensemble de la population originale définie, qui comprend la totalité des individus de cette population originale considéré vulnérable à la maladie particulière ou à la caractéristique infectieuse particulière à l'étude. Par exemple, on peut s'intéresser à la fréquence de l'avortement au sein d'une population de bovins laitiers d'une certaine race vivant dans un certain pays. La population exposée coïncide avec une partie seulement des individus appartenant à cette race particulière puisqu'on est obligé d'exclure les mâles, les bouvillons et les femelles immatures qui ne peuvent pas avorter parce que matériellement incapables d'être gravides. Il s'agit donc des femelles ayant atteint l'âge de reproduction.

L'Infection peut se définir comme l'invasion d'un organisme vivant, appelé hôte, par un autre organisme vivant, appelé agent pathogène.

La maladie est une perturbation du fonctionnement de tout ou partie du corps de l'hôte.

L'infectiosité est une mesure de la capacité de l'agent à s'installer dans l'hôte. L'hôte infecté peut tomber malade ou non. Cette éventualité est fonction de la virulence et de la pathogénicité de l'agent.

La virulence se définit comme une mesure de la gravité d'une maladie causée par un agent spécifique.

La Pathogénicité c'est la capacité d'un agent particulier, de virulence connue à causer la maladie chez plusieurs hôtes dans plusieurs conditions.

Hôtes intermédiaires et vecteurs. On confond souvent les expressions « vecteur », « hôte intermédiaire » et « hôte définitif ». Les deux dernières expressions citées relèvent

essentiellement de la parasitologie et décrivent les différents types d'hôtes biologiquement nécessaires aux agents à cycles de vie relativement compliqué.

L'hôte définitif est un hôte chez lequel l'agent vit une phase sexuée de son développement.

L'hôte intermédiaire est un hôte chez lequel l'agent vit une phase asexuée de son développement. Il est généralement un vertébré.

Un vecteur est un animal invertébré qui joue un rôle actif dans la transmission d'un agent infectieux entre un vertébré infecté et un vertébré réceptif. Ils assurent la transmission mécanique ou biologique de l'agent.

Réservoir naturel de l'infection la réceptivité de plusieurs espèces à un agent infectieux est un phénomène important lorsque les espèces en question peuvent maintenir l'agent infectieux au sein de leur population.

Epidémie : survenue de cas d'une maladie dont le nombre est supérieur au nombre des cas attendus pendant une période donnée. Selon la rapidité de la maladie on parle de ***flambée épidémique***. Lorsque les cas sont circonscrits, on parle de ***foyer***.

II. Facteurs déterminants

Un facteur déterminant est n'importe quel facteur ou variable susceptible d'influencer la fréquence d'une maladie au sein d'une population. Ils peuvent être classés en facteurs intrinsèques et des facteurs extrinsèques.

II.1 Les facteurs déterminants intrinsèques

Les facteurs déterminants intrinsèques sont des caractéristiques physiques ou physiologiques de l'hôte ou de l'agent de la maladie (ou de l'hôte intermédiaire ou du vecteur selon le cas) génétiquement déterminés dans la plupart des cas.

Les agents associés à la maladie peuvent être classés en deux grandes catégories :

- **Les agents vivants** tels que les virus, les bactéries, les rickettsies, les protozoaires, les helminthes, les arthropodes etc...
- **Les agents inanimés** tels que la chaleur et le froid, l'eau, les nutriments, les substances toxiques etc...

a) Relations hôte/agent

Les relations entre l'infection et la maladie sont souvent de nature dynamique. Elles sont axées sur l'équilibre réalisable entre les mécanismes de résistance de l'hôte et l'infectiosité et la virulence de l'agent. L'introduction d'un agent infectieux au sein d'une population hôte vulnérable qui n'a jamais été exposée à l'agent en question provoque notamment des maladies de haute pathogénicité et des pertes proportionnellement lourdes.

Etant donné les relations commensales ou parasitaires ne profitent pas à l'hôte, celui-ci tend à développer des moyens de résistance à la maladie. De leur côté, les agents inventent des moyens de contourner le système de défense de l'hôte afin d'assurer leur survie. Les intervalles entre les générations d'agents infectieux sont généralement beaucoup plus courts que ceux de leurs hôtes, ce qui leur permet de se multiplier beaucoup plus rapidement et d'évoluer par conséquent beaucoup plus vite. Cette dernière caractéristique permet aux agents d'avoir une avance confortable sur les mécanismes de défense de l'hôte. Il s'agit de l'état de porteur et des variations antigéniques.

Création de l'état de porteur

On utilise le terme *porteur* pour désigner un individu capable de diffuser un agent infectieux à la suite d'une infection mais qui, lui-même ne manifeste aucun signe clinique de la maladie. On distingue trois types de porteurs :

- ***Le porteur sain***, individu infecté capable de propager l'agent infectieux sans pour autant manifester des signes cliniques de la maladie.
- ***Le porteur en incubation***, individu infecté capable de propager l'agent infectieux au moment où la maladie est encore en incubation.
- ***Le porteur convalescent*** individu qui continue à diffuser l'agent infectieux après la disparition des signes cliniques de la maladie.

Variations antigéniques

Certaines espèces d'agents essaient d'échapper aux mécanismes de défense de l'hôte en modifiant leurs caractéristiques antigéniques. Exemple les trypanosomes, le virus aphteux qui possèdent plusieurs variants, le virus H5N1, le VIH...

On distingue 2 types de variation antigénique : le maquillage antigénique et les mutations antigéniques.

- ***Le maquillage antigénique*** traduit des changements mineurs d'antigénicité. L'hôte précédemment infecté par l'agent conserve un certain degré d'immunité contre la souche déguisée.
- ***Les mutations antigéniques*** impliquent un changement important d'antigénicité. L'hôte précédemment infecté a peu ou point d'immunité contre l'agent transformé. Le fait même d'introduire une mesure de lutte ou un traitement contre la maladie peut en soit induire au sein d'une population d'agents la sélection de souches résistantes. En évoluant, ces souches résistantes continuent de compromettre l'efficacité des politiques sanitaires adoptées. Les souches résistantes d'agents se développent mieux dans les cas où des mesures ou des traitements sont appliqués à grande échelle et imparfaitement. Par exemple utilisation excessive d'antibiotiques par les éleveurs en l'absence d'une supervision médicale appropriée.

Parmi les autres expressions utilisées pour mieux définir les relations hôte/agent figurent :

- ***La période d'incubation*** qui correspond à la période qui s'écoule entre l'infection de l'hôte par l'agent et l'apparition des symptômes cliniques.
- ***La période préexcrétoire*** qui correspond à la période entre l'infection de l'hôte par l'agent et la détection de l'agent dans les tissus ou les sécrétions de l'hôte.
- ***La période de transmissibilité*** qui correspond à la période durant laquelle un hôte infecté est capable de transmettre l'agent infectieux.

b) Modes de transmission des agents infectieux

La transmission des agents infectieux de l'hôte infecté à l'hôte vulnérable, s'effectue de trois manières : par contact entre individus infectés et individus vulnérables ou par l'intermédiaire d'un objet inanimé ou d'un autre animal servant de vecteur ou d'hôte intermédiaire.

- ***Transmission par contact*** : dans les transmissions par contact, l'agent voyage d'un hôte à l'autre par le biais d'un contact physique direct, comme dans le cas des maladies sexuellement transmissibles telle que la vibriose, ou la trichomoniose, ou par contact indirect. Dans le cas de contact indirect, l'agent se trouve normalement dans les sécrétions, et excréments (les matières fécales, l'urine, le lait, la salive, le placenta et les liquides placentaires) ou dans les exhalaisons (sous forme d'aérosol ou de gouttelettes) de l'hôte infecté. Par exemple, la

transmission de la peste bovine, de la fièvre aphteuse, de la maladie de Newcastle et la péripneumonie contagieuse bovine.

- **Transmission véhiculée.** Dans ce mode de transmission, l'agent pathogène passe de l'hôte infecté à l'hôte vulnérable :

- Par l'intermédiaire de substances ou d'objets inanimés (matières virulentes) tels que l'eau, les produits alimentaires, les litières, le matériel vétérinaire et les produits pharmaceutiques ;
- ou par la peau, le poil ou le tube digestif.

La transmission véhiculée peut se produire sur de grandes distances et sur des périodes prolongées.

L'hygiène, la désinfection et le contrôle de la distribution des moyens potentiels de transmission constituent d'importants éléments de la lutte contre les maladies à transmission véhiculée.

c) Facteurs déterminant l'infection chez l'hôte

Les facteurs déterminants intrinsèques susceptibles d'influencer la fréquence de l'infection et de la maladie chez l'hôte sont l'espèce, la race, l'âge et le sexe

Réceptivité des espèces et réservoirs naturels

La plupart des agents peuvent infecter plusieurs espèces animales, vertébrées et invertébrées. La gravité de la maladie découlant de telles infections peut cependant varier en fonction des espèces. Si certaines espèces d'hôtes peuvent être réfractaires à l'infection par certains agents infectieux, par exemple les équins au virus de la fièvre aphteuse, très peu d'agents se limitent en fait à une seule espèce d'hôte.

La réceptivité de plusieurs espèces à un agent infectieux est un phénomène particulièrement important lorsque les espèces en question peuvent maintenir l'agent infectieux au sein de leur population, agissant ainsi, comme des ***réservoirs naturels*** de l'infection.

Réceptivité des races

On observe souvent au sein des espèces hôtes, plusieurs niveaux de réceptivité à une maladie particulière liée à la race. En Afrique par exemple, certaines races de bovins, d'ovins, et de caprins tolèrent mieux la trypanosomose que d'autres. Les races bovines ***Bos taurus*** sont

généralement plus réceptives à la tique et aux maladies véhiculées par la tique que la race *bos indicus*.

Réceptivité liée à l'âge

Des disparités relatives à la réceptivité s'observent fréquemment entre différents groupes d'âge. Par exemple, les jeunes animaux sont généralement moins réceptifs aux maladies véhiculées par les tiques que les animaux les plus âgés.

Maladies liées au sexe

Dans ce type de maladie, comme dans le cas des maladies des voies génitales, les signes cliniques sont associés aux caractéristiques sexuelles.

II.2 Les facteurs déterminants extrinsèques

Les facteurs déterminants extrinsèques sont normalement associés à une certaine forme d'influence du milieu sur l'hôte ou sur l'agent (ou hôte intermédiaire ou vecteur s'il y a lieu). Ils peuvent également faire référence aux interventions de l'homme dans le cycle de la maladie par le biais de médicaments, de vaccins, de bains parasitocides, du contrôle du mouvement du bétail et de quarantaines.

Il existe trois grands facteurs déterminants extrinsèques. Il s'agit du climat, du sol et de l'homme.

Le climat

Le macroclimat : le macroclimat est formé par la combinaison de plusieurs facteurs différents. Certains d'entre eux (la chaleur, le froid, la pluie, le vent, l'humidité etc.) peuvent provoquer des maladies chez les jeunes et les nouveau-nés, individus particulièrement sensibles à la chaleur, au froid et à la déshydratation. Chez les animaux plus âgés, ces éléments tendent à se comporter comme des facteurs stressants qui diminuent la résistance de l'organisme de l'hôte.

Le microclimat une étude épidémiologique qui se veut exhaustive se doit de couvrir le microclimat, sous peine de fausser la compréhension de la maladie. Par exemple les points d'eau, les micro barrages et les pâturages irrigués dans une zone aride. Lorsqu'un contact étroit s'établit entre l'hôte et l'agent (et le vecteur ou hôte intermédiaire, s'il y a lieu), la transmission de la maladie s'effectue très vite et très facilement.

Le sol

Par son interaction avec le climat, le sol détermine la végétation et le milieu dans lequel le bétail est élevé. Le principal effet de la végétation s'observe sur la nutrition. Les sols agissent donc indirectement comme des facteurs déterminants de la maladie qui engendrent la famine dans les zones dépourvues de végétation, ou des déséquilibres nutritionnels (carences en protéines, énergie, vitamines ou minéraux). La malnutrition peut être la cause directe de la maladie ou créer un stress chez l'hôte et accroître ainsi sa réceptivité à l'infection et à la maladie causée par d'autres agents.

Les sols peuvent également avoir un effet sur la capacité de survie d'un agent dans un environnement donné à travers des facteurs tels que la saturation des sols, le pH, etc.

L'homme

L'homme est souvent capable de créer des microclimats artificiels favorables à l'élevage du bétail, à travers la mise en place de certains intrants (abris, eau, système d'irrigation etc.). Malheureusement ces interventions ont souvent pour effet de créer des conditions favorables à la survie des agents infectieux et de leurs hôtes intermédiaires ou vecteurs. Cela signifie qu'en modifiant l'environnement, l'homme peut transformer les facteurs déterminants des maladies qui y sévissent. Ce faisant, il contribue à favoriser certaines maladies et à pénaliser d'autres. La transformation des systèmes et méthodes de production se traduit donc par une modification de l'importance relative des maladies présentes dans le milieu donné et par l'introduction éventuelle de maladies nouvelles et la disparition de maladies anciennes.

III. Description des problèmes sanitaires

La première démarche à entreprendre dans l'étude épidémiologique d'une maladie consiste à décrire de manière précise le problème qui se pose. Une description précise et exhaustive des problèmes sanitaires fournit souvent des renseignements précieux sur l'épidémiologie de la maladie étudiée et permet de formuler des hypothèses sur les facteurs déterminants probables du phénomène infectieux.

Les descriptions de ce genre doivent déterminer la maladie et la population exposée, fournir des informations sur la distribution des cas dans le temps et dans l'espace et donner des indications quantitatives sur les problèmes sanitaires.

3.1 Diagnostic de la maladie

Lorsque la maladie est de nature infectieuse, l'agent infectieux en cause doit également être identifié. Pour que l'agent soit infectieux, il faut qu'il réponde aux critères suivants :

- L'agent doit être présent dans tous les cas de la maladie ;
- Il doit être isolable et multipliable en culture pure ; et
- Il doit être capable d'infecter des animaux sains en cas d'inoculation.

3.2 Populations exposées

Celles-ci peuvent être identifiées par l'étude de la distribution de la maladie au sein des populations hôtes par espèce, race, âge et sexe.

3.3 Distribution des cas de la maladie dans le temps et dans l'espace

L'étude de ce phénomène implique généralement l'examen de la « concentration » des cas de la maladie soit dans le temps, soit dans l'espace, soit simultanément dans ces deux dimensions.

La concentration des cas de maladie dans l'espace peut indiquer la présence d'un ou de plusieurs facteurs déterminants particuliers (par exemple, un vecteur, une carence en minéraux etc.) dans une zone.

La concentration des cas de maladie dans le temps peut indiquer que la population hôte est exposée à une source commune de la maladie ou à son facteur déterminant. Les maladies transmises par des véhicules telles que l'eau ou les aliments sont fréquemment caractérisées par une concentration dans le temps, comme c'est le cas dans les intoxications alimentaires (enterotoxémie, tétanos, charbon bactérien,... La concentration saisonnière des cas de maladie indique souvent l'influence de facteurs déterminants climatiques sous une forme ou sous une autre.

La distribution temporelle et spatiale des cas de maladie au sein des populations peut être décrite par trois caractéristiques de base : l'endémicité, l'épidémicité et la sporadicité.

Une maladie sporadique est une maladie susceptible de se déclarer au sein d'une population, quoi que rarement et irrégulièrement.

Une maladie endémique (ou endémie) est une maladie qui se déclare au sein d'une population avec une régularité que l'on peut prédire et qui ne s'écarte que très peu de la

fréquence attendue. Dans les maladies endémiques les cas sont concentrés dans l'espace mais non dans le temps.

Une maladie épidémique (ou épidémie) est une maladie dont le niveau de fréquence au sein d'une population dépasse la normale. Dans une maladie épidémique les cas sont concentrés dans le temps et dans l'espace.

Une maladie pandémique (ou pandémie) est une grande épidémie qui affecte plusieurs pays ou même un ou plusieurs continents.

3.4 Méthodes de diagnostic des maladies infectieuses

C'est un processus complexe et exige de poser le diagnostic immédiatement, en utilisant les méthodes suivantes :

1. **La méthode de diagnostic épidémiologique** qui consiste à considérer les points suivant:
 - a- L'âge des animaux malades
 - b- L'espèce et le sexe
 - c- période d'apparition de la maladie
 - d- statut sanitaire des animaux avant la maladie (vaccinations)
 - e- sources de l'agent pathogène
 - f- mode de transmission de l'infection aux animaux
 - g- caractère saisonnier
 - h- forme du processus épidémiologique (épidémie, endémie, pandémie, sporadique)
2. **La méthode de diagnostic clinique.** Il tient compte de :
 - a- La période d'incubation
 - b- Comment se produit la maladie (suraigüe, aigüe, subaigüe, chronique, bénigne, maligne)
 - c- La forme de la maladie (septicémique, œdémateuse, pulmonaire, intestinale etc...)
3. **La méthode de diagnostic de laboratoire**
4. **La méthode de diagnostic pathomorphologique** (tableau de l'autopsie et les analyses histologiques)

Le cadavre est un facteur de transmission des agents pathogènes. Il doit être ouvert dans des endroits précis. Le diagnostic pathomorphologique comprend les points suivants :

- a- La configuration du cadavre
- b- Lésions sur les muqueuses et la peau
- c- Ecoulements des orifices naturels

A l'ouverture du cadavre on porte notre attention sur :

- d- La couleur, les contours, la luisance, la forme des organes, des muqueuses,
- e- Réalisation des analyses histologiques si nécessaire

ACTIVITES A REALISER LORS D'UNE URGENCE EPIDEMIOLOGIQUE

1. Vérification du diagnostic des premiers cas en effectuant de diagnostic cliniques valables (aller sur le terrain en s'imprégner de la réalité pour être sûr de la maladie prédite), en isolant et identifiant l'agent pathogène par un laboratoire qualifié (faire 2 ou 3 types de prélèvements pour envoyer au laboratoire national et 2 autres dans un laboratoire de référence). Ces résultats seront confirmés par le laboratoire de référence.
2. Etablissement de la preuve qu'il s'agit d'une épidémie
 - Ampleur inhabituelle de la maladie ; incidence élevées ;
 - Seuil épidémique de la maladie dépassé ;
 - Si c'est une maladie rare, l'épidémie sera due à la survenue des cas très élevée ;
 - NB faire attention aux fausses épidémies (système de surveillance récent ou amélioré, amélioration des techniques de diagnostic, augmentation récente de la population ...)
3. Déclaration des cas et rapport aux autorités sanitaires (même si les résultats des analyses ne sont encore donnés)
 - Définir un cas ; par exemple la fièvre Q : cas probable et cas confirmé ;
 - Cas confirmé : manifestation clinique, symptômes compatibles et détection d'une augmentation significative du taux d'anticorps spécifiques contre *Coxiella burnetii* par exemple, entre le sérum prélevé en phase aiguë et celui prélevé en phase de convalescence.

- Cas probable : manifestation clinique compatible
- Elaboration d'un rapport épidémique aux services concernés
- Le milieu civil vétérinaire est informé de manière sélective de la présence de la maladie et de sa propagation.

4. Recherche active des cas et collecte des données (faire forcément une enquête)

- Données sur l'identification de l'élevage, du sexe, de l'âge des animaux touchés ;

- identification des manifestations cliniques ;
- identification du début de la maladie ;
- identification de la localisation topographique des animaux atteints ;
- identification des facteurs de risque.
- Vérification des informations auprès des vétérinaires de terrain
- Connaître les causes des saisies de carcasses dans les abattoirs ;
- Ne pas attendre la survenue de nouveaux cas mais suspecter tout cas ayant des signes cliniques semblables et les déterminer dans le temps et dans l'espace.

5. Identification de l'expérience commune des animaux malades

-vérifier l'alimentation, l'abreuvement, le contact avec d'autres animaux ;

- identifier un groupe particulier d'animaux ayant été en contact avec une source commune.

6. Description de l'épidémie

La classification du cas selon le temps, le lieu, et l'espèce animale (individuellement ou par troupeau)

- Établir l'incidence de la maladie
- Avoir des connaissances pour estimer la période d'incubation
- Décrire la distribution spatio-temporelle des nouveaux cas de la maladie qui nous aident à prévoir l'évolution de l'épidémie;

- Établir une carte épidémique à intervalles réguliers qui permet de localiser l'épidémie par rapport aux élevages, aux couloirs, aux aires de transhumance, par rapport aux régions, villes et villages (utilisation d'un GPS).
- Estimer la contagiosité de la maladie (taux d'attaque : nombre de malades / effectif du troupeau)

7. Analyse des causes

- Recueillir une anamnèse détaillée selon 4 critères : exposition ou non exposition à la source, déterminer le véhicule de l'agent pathogène, présence ou absence de la maladie (y compris les cas inapparents).
- La récolte de ces informations passe par des études appropriées :
 - Si l'épidémie est minime, on utilise une enquête prospective
 - Si l'éclosion est importante ou si les données ne sont pas complètes, on entreprend une étude rétrospective.
- Les erreurs d'anamnèse ne sont pas à exclure
- D'autres sources peuvent contenir des traces de l'agent pathogène susceptible de contaminer d'autres animaux.

8. Analyse au laboratoire des éléments suspects

9. Etablissement d'une hypothèse sur l'épidémie

- Origine
- Voies de propagation
- Facteurs de risque (quantifier : exemple 2, 3 ou 4 fois supérieur)

10. Vérification de toutes les hypothèses possibles

- Vérification des hypothèses de contact (points d'eau, pâturage, marché, ...)
- Prélèvement d'échantillon sur tout véhicule, vecteur ou réservoir et isolement de l'agent pathogène.

11. Comment communiquer les conclusions de l'investigation ?

Il faut au préalable, avoir un responsable de la communication.

Rédiger un rapport complet à la fois descriptif et analytique, formulant les hypothèses soulevées et retrace les résultats obtenus. Le rapport est remis à tous les acteurs de la santé animale et publique (s'il s'agit d'une zoonose)

12. Rapport d'investigation

- Circonstance de la survenue de la maladie ;
- Faits anecdotiques initiaux ;
- La méthodologie de l'enquête menée ;
- La quantification des cas, l'incidence, la mortalité ;
- Description spatio-temporelle de l'épidémie ;
- Les hypothèses testées ;
- Les résultats des enquêtes menées ;
- Analyse critique de l'investigation ;
- Description des mesures de contrôle et de prévention préconisés.

13. Etablissement d'un programme de contrôle et/ou de prévention

- Mise en place des moyens pratiques de contrôle (choisir et appliquer de manière sélective) la surveillance et l'évaluation.
- Inclure les mesures de destruction de l'agent pathogène, d'interruption de sa propagation, de son isolement et de mesures pour la protection du cheptel.
- L'enquête doit établir le stade d'évolution de l'épidémie.

I. L'EPIDEMIOSURVEILLANCE

Méthode d'observation fondée sur des enregistrements en continu, permettant de suivre l'état de santé ou les facteurs de risque d'une population définie, en particulier de déceler l'apparition de processus pathologiques et d'en étudier le développement dans le temps et dans l'espace, en vue de l'adoption de mesures appropriées de lutte.

Elle est un outil qui permet la prise de décision de nature prophylactique, thérapeutique ou autre.

L'épidémiosurveillance permet une bonne connaissance sur la situation d'une maladie donnée et sur sa répartition géographique.

La rapidité de connaissance sur cette situation nous permet de caractériser la maladie : maladie à diffusion rapide est une épizootie (épidémie). Par exemple, la fièvre aphteuse, la peste porcine africaine, la grippe aviaire, la grippe porcine ;

Maladie à diffusion lente, est une enzootie. Exemple –la tuberculose, la PPCB

Objectifs de l'épidémiosurveillance

Déceler l'apparition du processus pathologique, d'en étudier son développement dans le temps et dans l'espace, en vue d'entreprendre de mesures de lutte appropriées.

Etapas de l'épidémiosurveillance

1. Récolte des données concernant le facteur de santé
2. Transmission des données au centre de traitement
3. Le traitement des données
4. Diffusion des données.

Relation entre épidémiosurveillance et prophylaxie :

Prophylaxie : ensemble de moyens et méthodes destinées à arrêter le développement d'une maladie, à supprimer l'entité pathologique lorsqu'elle est apparue et de renforcer les capacités des défenses des organismes sensibles.

Epidémiosurveillance : La prophylaxie a besoin des informations de l'épidémiosurveillance et elle fournit des informations nécessaires à l'épidémiosurveillance.

Différence entre épidémiosurveillance et prophylaxie

	Finalité	Méthodes
Epidémiosurveillance	Production d'informations sanitaires	Récolte, traitement, analyse des données et diffusion de l'information
Prophylaxie	Contrôle, limitation ou éradication de la maladie	Prophylaxie médicale (vaccination), prophylaxie sanitaire (dépistage, abattage, désinfection)

Epidemiovigilance

Elle désigne au sein de l'épidémiosurveillance, une situation de veille, destinée à détecter une maladie étrangère ou nouvelle qui risque d'apparaître.

Différence entre l'épidémiosurveillance et l'épidemiovigilance

	Epidémiosurveillance	Epidémiovigilance
Type de maladie	Maladies déjà existantes	Maladie étrangère ou nouvelle
Objectif de l'action	Connaitre la situation	Détecter la maladie pour la toute première fois
Modalités pratiques	Déclaration des foyers	Déclaration de toute suspicion et enquête

1. Les réseaux d'epidemiosurveillance

C'est un ensemble de personnes et organismes structurés pour assurer la surveillance sur un territoire donné, d'une ou de plusieurs maladies. C'est l'outil qui permet d'obtenir des données.

Il existe deux grands types de réseaux selon l'objectif prioritaire : le réseau d'épidémiosurveillance et le réseau de recherche en épidémiologie.

Le réseau d'épidémiosurveillance est une démarche et le réseau de recherche en épidémiologie est une recherche détaillée d'un phénomène sanitaire ou l'étude des facteurs de risques. Cette recherche est limitée dans le temps, implique peu de personnes mais les données collectées sont importantes et détaillées (c'est une recherche active).

Objectifs

Détecter l'apparition d'une maladie dans une région, en vue d'entreprendre une lutte précoce.

Etablir une hiérarchie de l'importance (médicale et économique) de diverses maladies sévissant sur une même population afin de définir des priorités d'action.

Déterminer l'importance réelle d'une maladie et l'évaluation de la situation afin de rendre la lutte plus efficiente.

Evaluer les résultats d'un plan de lutte en suivant la décroissance de la maladie.

2. Le réseau d'épidémiovigilance

C'est un ensemble de personnes (vétérinaires, éleveurs) sensibilisés en signe d'alerte, dispose d'experts, d'appui scientifique et technique. Il dispose d'au moins un laboratoire spécialisé.

Le réseau d'épidémiovigilance est plus difficile à mettre en œuvre car il faut disposer :

- D'indices appropriés zootechniques ou sanitaires
- De seuil d'alerte dont le dépassement conduirai à une investigation.

Information sur les maladies

L'information est un droit et devrai être accessible à qui conque qui en a besoin.
L'information est essentielle pour une meilleure efficacité de l'action.

Critères de choix d'une maladie

- Gravité médicale marquée à fort potentiel de diffusion et présentant une morbidité et une mortalité élevée ;
- Les zoonoses majeures ;
- Les maladies sans possibilité d'intervention curative et/ou préventive (vache folle, grippe aviaire, peste porcine africaine...)
- les maladies à déclaration obligatoire au niveau national, régional ou international.

Différents critères pour catégoriser les réseaux d'épidémiosurveillance :

Critère considéré	Type de réseau
Situation épidémiologique	- Maladie présente : épidémiosurveillance - Maladie absente : épidémiovigilance
Aire géographique	Réseau local, national, international
Echantillonnage	- Toute la population : réseau d'épidémiosurveillance exhaustif; - Un échantillon : réseau d'épidémiosurveillance sur un échantillon
Dépendance	- Réseau autonome

	- Réseau intégré
Mode de production et de centralisation des données	- Réseau actif : fait intervenir plusieurs personnes, des moyens de déplacement, des frais de mission ...il cherche une seule information. - Réseau passif : ne nécessite pas beaucoup d'investissements
Autres aspects	Nature de l'information récoltée Lieu de récolte de l'information (abattoir, laboratoire, élevage)

LES DIFFERENTES ETAPES DE LA MISE EN PLACE D'UN RESEAU

- a- Mise en place d'un groupe de travail rassemblant organisme, personnes, dès la conception et la préparation du fonctionnement du réseau ;
- b- Les objectifs clairement définis, doivent être adoptés par consensus par les différents membres du groupe et formalisés par écrit pour servir de référence dans les phases d'élaboration et de fonctionnement du réseau ;
- c- Élaboration du schéma général de fonctionnement qui doit permettre de définir :
 - Les types de données nécessaires
 - qui les collecte et comment ? ;
 - le mode de diffusion de l'information ;
 - qui faut-il informer ?
 - les modalités de l'échantillonnage permettant d'avoir des résultats fiables, gage de la qualité du réseau ;
- d- la standardisation des données collectées, de modalités de la collecte, de leur centralisation, de même que les méthodes d'analyse de laboratoire ;
- e- le mode de traitement et d'interprétation doivent être prédéfinis ;
- f- l'élaboration d'un accord cadre ou d'un règlement intérieur fixant les droits et devoirs de chacun des membres (prise en compte des problèmes de confidentialité, de l'accès aux données, de la périodicité de la circulation des données et des résultats)

- g- la création d'un comité de pilotage chargé de faire régulièrement le point avec différents membres sur le fonctionnement du réseau de même que sur les éventuels problèmes relationnels ou politique rencontrés ;
- h- l'organisation d'une formation des acteurs de terrain afin d'assurer une bonne motivation et la standardisation des interventions ;
- i- l'évaluation des coûts la recherche des financements complémentaires s'il y a lieu ;
- j- évaluation de l'exécution du réseau : évaluation interne (continue) et externe (ponctuelle).

II. QUANTIFICATION DES EVENEMENTS INFECTIEUX

Les données utilisées pour quantifier les événements infectieux au sein des populations sont souvent dichotomiques de nature (par exemple, un animal peut être infecté par un agent infectieux ou ne pas l'être). De telles données sont fréquemment présentées sous forme de **taux épidémiologiques**. Ils nous permettent de comparer dans le temps la fréquence de la maladie entre les populations ou au sein de celles-ci. Dans un taux, le numérateur est toujours inclus dans le dénominateur. Dans un taux épidémiologique la période d'observation doit être définie.

Les deux principaux types de taux utilisés en épidémiologie vétérinaire sont les taux de morbidité et les taux de mortalité.

3. Les taux de morbidité

Ils mesurent les proportions des individus touchés par la maladie au sein d'une population où le risque d'un individu appartenant à une population d'être touché par la maladie est non nul. Les taux de morbidité incluent les taux d'incidence, d'attaque, de prévalence et de morbidité proportionnelle.

Le taux d'incidence est le nombre de nouveaux cas d'une maladie qui se manifeste au sein d'une population déterminée, pendant une période déterminée, divisé par le nombre moyen d'individus dans cette population au cours de la période considérée. Elle permet de mesurer l'apparition d'une maladie chez des individus susceptibles (ou à risque) durant une période donnée. C'est elle qui permet de caractériser la forme épidémiologique d'une maladie. Elle joue un rôle déterminant dans les études explicatives.

Exemple : sur une population de 4000 bovins gardés dans un camp de quarantaine, 600 animaux présentent les symptômes de peste bovine au cours du mois de juin. L'incidence de la peste bovine dans ce camp de quarantaine pour le mois de juin était donc de $600/4000 = 0,15$ ou 15% ou 150 nouveaux cas pour 1000 animaux. Cela veut dire que chaque individu se trouvant dans le camp pendant cette période a 15% de chance d'être malade de peste bovine.

Le taux d'attaque est le nombre total des cas d'une maladie qui se manifeste au sein d'une population spécifiée divisé par le nombre total d'individus au sein de cette population, au début de la période spécifiée. Le dénominateur demeure constant pendant toute la période d'observation. Le taux d'attaque sera par conséquent dans notre exemple de $600/4000 = 15\%$. Le taux d'attaque couvre tous les cas de la maladie (pas seulement les nouveaux cas) il sert à quantifier l'évolution des maladies qui se déclarent. Le taux d'attaque représente une variante de l'incidence car les cas enregistrés sont tous nouveaux.

Le taux de prévalence est le nombre total de cas d'une maladie qui se manifestent au sein d'une population spécifiée, à un point particulier de temps, divisé par le nombre total d'individus présents au sein de cette population à ce point particulier de temps. Elle représente une fréquence globale de la maladie pendant une période déterminée, par exemple la prévalence annuelle.

Elle ne renseigne pas sur la dynamique de la maladie, mais elle informe le responsable d'un programme de santé sur l'impact qu'elle a sur la population, et par conséquent sur l'ampleur des moyens à mettre éventuellement en œuvre pour intervenir sur ces cas.

Exemple : supposons qu'au sein des 4000 bovins gardés dans notre camp de quarantaine 60 cas de peste bovine soient dépistés lors de l'examen de la population effectué le 18 juin. La prévalence de la peste bovine dans le camp de quarantaine sera alors de $60/4000 = 0,015$, soit 1,5% ou 15 cas pour 1000 animaux. La prévalence est une mesure quantitative transversale qui se réfère au niveau de la maladie enregistrée au sein d'une population à un point particulier du temps, d'où l'expression **prévalence ponctuelle**. Lorsque les effectifs sont importants, on ne peut pas examiner simultanément les divers individus qui forment la population à un point particulier de temps. Par conséquent, les mesures de la prévalence doivent s'étaler sur une certaine période, d'où l'expression **prévalence périodique**.

Le taux de morbidité proportionnel est le nombre des cas d'une maladie particulière au sein d'une population particulière, pendant une période définie, divisé par le nombre total de cas des diverses maladies enregistrées au sein de cette population pendant cette période. Par

exemple, supposons que la péripneumonie contagieuse bovine se déclare au sein d'un troupeau de bovin. Au cours d'une période de 6 mois, on enregistre 45 cas de maladie, y compris 18 cas de PPCB. Le taux de morbidité proportionnelle dans ce troupeau pour les six mois considérés est alors de $18/45 = 0,4$ ou 40% ou 400 cas de PPCB pour 1000 cas de maladie de toutes sortes.

2. Les Taux de mortalité

Les taux de mortalités les plus utilisés sont le taux brut de mortalité et le taux de mortalité par cause.

Le taux brut de mortalité : c'est le nombre total de décès enregistrés au sein d'une population particulière au cours d'une période définie, divisé par le nombre moyen d'individus dans cette population au cours de la période considérée.

Exemple : supposons que dans un troupeau de bovins, on enregistre 40 décès dans l'année. Le nombre d'animaux dans le troupeau était de 400 au commencement de l'année, de 420 au milieu de l'année et de 390 à la fin de l'année. La taille moyenne du troupeau pourrait par conséquent s'écrire ainsi : $(400 + 390)/2 = 295$ ou $(400 + 420 + 390)/3 = 403$

En fonction de la méthode utilisée pour calculer le dénominateur, le taux brut de mortalité sera soit de $40/295 = 0,101$ (10,1%), soit de $40/403 = 0,099$ (9,9%).

Le taux de mortalité par cause : c'est le nombre total de décès provoqués par une cause précise au sein d'une population précise au cours d'une période précise, divisé par le nombre moyen d'individus au sein de cette population et durant cette période.

Exemple : supposons qu'il y ait eu 20 décès causés par la babésiose dans le troupeau mentionné ci-haut, le taux de mortalité dû à la babésiose dans le troupeau serait alors de $20/295 = 0,051$ (5,1%) ou de $20/403 = 0,050$ (5%).

Autres taux de mortalité utilisables

Le taux de mortalité proportionnelle est le nombre total de décès provoqués par une maladie particulière au sein d'une population particulière durant une période particulière, divisé par le nombre total de décès au sein de la population en question, au cours de la période considérée.

Exemple : supposons que sur 40 décès enregistrés dans un troupeau, 20 soient provoqués par l'entérotaxémie. Le taux de mortalité proportionnelle dû à cette maladie sera alors de $20/40 = 0,5$ ou 50%.

Le taux de létalité est le nombre de décès causés par une maladie particulière dans une population particulière au cours d'une période particulière, divisé par le nombre de cas de cette maladie au sein de cette population au cours de cette période de temps.

Exemple : supposons qu'il y ai eu 50 cas d'entérotaxémie dans le troupeau. Le taux de létalité causé par cette maladie serai alors de $20/50 = 0,4$ ou 40%.

Le Taux spécifique. C'est le même, mais dans des sous populations données ; par exemple par classe d'âge, par sexe, par race, etc. Un taux spécifique permet d'une part de ne considérer que la population effectivement susceptible ; par exemple le taux d'avortements rapporté aux seules femelles (et non à l'ensemble de la population comportant aussi bien les mâles que les femelles). Il permet d'autre part une mesure plus fine du phénomène, en distinguant des populations qui peuvent avoir un degré de susceptibilité différent ; par exemple le taux de mammite selon le nombre de lactations.

De nombreux autres taux dérivent des précédents, selon l'usage que l'on veut en faire ; par exemple le taux de fécondité, de gestation, etc.

Le Ratio

C'est le rapport entre les valeurs de deux variables, du type a/b . Dans un premier sens, il vise à comparer un phénomène dans deux groupes différents : il est constitué du rapport des fréquences de deux classes d'une même variable ; par exemple le sexe ratio concernant la variable sexe, qui comporte deux classes, mâle et femelle, est le rapport du nombre de mâles au nombre de femelles.

Dans un deuxième sens, élargi, il permet de rapporter un effectif à une grandeur de dimension différente ; par exemple : nombre de vaches au mètre carré, nombre de porcelets nés par truie et par an. Ce type d'indicateur est précieux dans les situations où l'on est dans l'impossibilité d'estimer la population qui devrait figurer au dénominateur (populations transhumantes) : on rapporte alors les cas à des unités de surface.

IV.1 LES ENQUÊTES EN EPIDEMIOLOGIE DESCRIPTIVE

En épidémiologie animale, comme en épidémiologie des maladies de L'Homme, des enquêtes sont utilisées pour décrire la situation d'une maladie (enquête descriptive), ou pour tenter de déterminer les facteurs qui favorisent ou conditionnent son apparition (enquête analytique).

Ces deux types d'enquêtes, répondant à des objectifs différents, ont des caractéristiques elles-mêmes différentes qu'il importe de bien distinguer, et doivent répondre à des critères de qualité adaptés aux objectifs.

Elles constituent de véritables modèles de référence à partir desquelles peuvent être déclinées des applications épidémiologiques extrêmement diverses. Leur spécificité réside soit dans l'objet d'étude, soit dans les buts visés, et non dans leurs principes méthodologiques.

Bien que différentes dans leurs caractéristiques, ces enquêtes partagent le même principe de quantification de phénomènes de santé dans des populations, par la mesure de la fréquence de ces phénomènes à l'aide d'indicateurs, et en collectant l'information nécessaire à cette mesure par des méthodes d'échantillonnage.

Bases des enquêtes épidémiologiques

Une enquête est une “recherche méthodique d'informations reposant notamment sur des mesures, des questions et des témoignages”. Son équivalent en anglais est : “survey”. Elle constitue une modalité particulière d'étude (“study”), qui, elle, consiste en la “recherche méthodique d'informations visant à connaître et/ou à comprendre”. Ce dernier terme est plus général, et ne préjuge pas des modalités de récolte de l'information. Il englobe le précédent. Il est fréquent en français d'utiliser le terme enquête, même si les modalités de réalisation ne correspondent pas à la définition, comme dans le cas de la valorisation de prélèvements disponibles dans un laboratoire. Il arrivera souvent aux auteurs d'utiliser le terme d'étude par la suite de l'exposé.

Il existe trois types d'études en épidémiologie descriptive :

Les études transversales ne sont rien d'autre que des enquêtes. Elles s'effectuent sur une période limitée (en un point particulier de temps) et portent normalement, dans le cas des études épidémiologiques, sur le dépistage de la maladie et sur l'investigation des effets des facteurs déterminants sur la prévalence de la maladie. Elles analysent et comparent les estimations de sa prévalence dans différentes populations ou sous-populations. Il existe deux types d'études transversales : les recensements et les enquêtes par sondage.

a) Les recensements : le recensement consiste essentiellement à échantillonner chaque unité de la population à laquelle on s'intéresse. Lorsqu'on a faire à une population de petite taille, le recensement constitue la méthode la plus exacte et la plus efficace pour mener à bien une enquête. Malheureusement, dans la plupart des cas, les populations étudiées sont de grande taille, ce qui rend l'opération laborieuse et coûteuse.

b) Les enquêtes par sondage : les enquêtes par sondage ont l'avantage d'être moins coûteuses et plus faciles à réaliser que les recensements. Etant donné que la population fait l'objet d'un échantillonnage, le nombre réel des unités mesurées sera par nécessité relativement petit, ce qui permet de consacrer plus de temps et plus de ressources à chaque unité. On peut avec ce type d'enquête recueillir une somme considérable de données sur chaque unité d'échantillonnage.

Lorsqu'elles sont menées de manière appropriée, les enquêtes par sondage fournissent des informations fiables, à un prix raisonnable.

Les études prospectives couvrent une période à venir, et essaient d'explicitier les rapports entre les facteurs déterminants et la fréquence d'une maladie. Ces études s'appuient notamment sur la comparaison des taux d'attaque ou d'incidence d'une maladie au sein de groupes d'individus chez lesquels le facteur déterminant est soit présent, soit absent, soit de fréquence variable. Il existe deux types d'études prospectives. La première, qui est similaire à celle utilisée dans les expériences contrôlées, peut être employée lorsque le chercheur maîtrise la distribution du facteur déterminant à étudier.

Les animaux sélectionnés pour l'étude sont affectés à des groupes ou **cohortes** (c'est la raison pour laquelle les études prospectives sont souvent appelées études de cohortes). Le facteur déterminant à étudier est alors introduit dans l'une des cohortes, l'autre cohorte étant gardée dans des conditions où ce facteur est absent, pour être utilisée comme témoin. Les deux cohortes sont observées pendant un certain temps et la fréquence de la maladie dans chacune d'elles est relevée et comparée.

Les cohortes comparées dans le cadre d'une étude prospective devraient autant que possible être composées d'animaux du même âge, de la même race, et du même sexe. Elles devraient en outre être issues des mêmes troupeaux puisque les modes de gestion peuvent différer de manière notoire et que de telles différences pourraient influencer sur la fréquence de la maladie étudiée. Lorsque ces conditions sont remplies, les études prospectives démontrent clairement les rapports qui existent entre les facteurs déterminants et la maladie, puisque les

cohortes ne diffèrent les unes des autres qu'en présence ou en l'absence des facteurs déterminant à l'étude. Les études prospectives sont normalement consacrées aux maladies à haute incidence et aux situations où les différences de fréquence entre les groupes étudiés risquent d'être importantes.

Les Études Rétrospectives couvrent une période passée et comparent la fréquence d'un facteur déterminant au sein d'un groupe d'individus atteints ou sains. Les études rétrospectives sont souvent dénommées *études sur lot expérimental/lot témoin*. La procédure normale ici consiste à reprendre les archives constituées sur les cas de maladie observés au sein d'une population, en vue de déterminer la présence ou l'absence du facteur déterminant auquel on s'intéresse. Le lot expérimental peut être comparé à un groupe d'individus sains dans lequel la fréquence du facteur déterminant a été déterminée.

A noter que les études sur lot expérimental/lot témoin se résument à une comparaison de la fréquence du facteur déterminant dans les deux groupes : celui des animaux malades (**cas**) et celui des animaux indemnes (**témoins**).

Le principal avantage des études rétrospectives tient au fait que les données requises sont déjà disponibles, ce qui permet d'économiser du temps et de l'argent.

1. Méthodes de collecte de données utilisées dans les études épidémiologiques

Les données relatives à une variable particulière s'obtiennent de deux manières différentes. L'interrogatoire direct et le questionnaire.

Dans les pays disposant de services postaux adéquats, la collecte de données peut s'effectuer rapidement et à peu de frais au moyen des questionnaires. Les questionnaires trop compliqués tendent à favoriser les non réponses ce qui implique l'ajustement de la taille de l'échantillon.

Dans le cadre de la conception des interrogatoires directs et des questionnaires, on devra se rappeler que :

- 1- Expliquer d'abord les objectifs de l'interrogatoire aux éleveurs ;
- 2- Il faut leur poser des questions ouvertes ;
- 3- Il faut être bref et poser les questions les plus importantes au milieu de l'interrogatoire ;
- 4- Les questions trop longues et trop compliquées tendent à créer des malentendus et à produire des réponses erronées.

2. Comment récolter les informations épidémiologiques

La récolte de toute information épidémiologique qui permettra de calculer l'indicateur approprié nécessite la succession de différentes étapes, que l'on peut représenter comme une chaîne, constituée de trois maillons : **échantillon / mesure / traitement des données**.

Sélection des échantillons

Les études épidémiologiques font généralement appel à l'échantillonnage des populations animales, en vue de la formulation d'inférences sur une ou plusieurs maladies présentes en leur sein. Les unités sélectionnées sont dénommées des échantillons.

Les échantillons sélectionnés doivent être représentatifs de ce qu'ils sont supposés représenter : tout ou partie de la population d'où ils sont extraits. Un échantillon est dit représentatif d'une population plus vaste, lorsqu'à partir de lui on peut décrire cette population, non seulement dans sa globalité, mais aussi dans sa diversité. Chaque individu de la population mère a une probabilité non nulle de figurer dans l'échantillon.

Toutefois, l'échantillon n'est jamais la réduction exacte de la population dont il est tiré, comme si une partie de l'information à collecter se trouvait perdue par la procédure d'échantillonnage. En effet, si l'on répète plusieurs fois la même procédure d'échantillonnage, consistant par exemple à tirer 10 animaux d'une ferme comprenant 10 animaux infectés et 90 indemnes, les différents échantillons obtenus seront différents, et avec un nombre variable d'animaux infectés, alors qu'ils proviennent d'un seul et unique ensemble. Cette diversité résulte de ce que l'on appelle la fluctuation, ou l'erreur, d'échantillonnage.

L'erreur d'échantillonnage est d'autant plus forte que la population est hétérogène, et d'autant plus faible que la taille de l'échantillon est importante. Le choix de la méthode de sondage (sondage simple, avec stratification, en grappe, etc.) permet soit pour une taille donnée de l'échantillon de limiter l'erreur d'échantillonnage, soit pour une erreur d'échantillonnage admise ou consentie de réduire les coûts de l'enquête en diminuant la taille de l'échantillon.

Par conséquent, il faut clairement définir la population à laquelle on souhaite extrapoler les résultats du sondage, pour effectuer la sélection de façon adaptée ; **par exemple** : tous les éleveurs, ou seulement les élevages laitiers, ou les élevages inscrits, ou les plus performants...

A défaut, le résultat obtenu pourra être inexact, c'est-à-dire ne pas refléter l'état réel de la population que l'on désirait étudier, mais celui de l'échantillon qu'en pratique les circonstances ont permis d'observer.

Une telle erreur de sélection de l'échantillon par rapport à la population générale à laquelle on désire extrapoler constitue un biais de sélection. Le biais de sélection le plus courant consiste à laisser les individus libres d'entrer ou de ne pas entrer dans l'échantillon : leur motivation (positive ou négative) pour être inclus dans l'échantillon peut être en relation avec le phénomène étudié ; par exemple : sondage sur la fréquence des cheptels infectés d'une maladie faisant appel au volontariat.

Certains pensent que la grande taille d'un échantillon est susceptible de compenser un biais de sélection éventuel, et que, par conséquent, la qualité d'une étude (sous-entendu sa représentativité) serait directement dépendante de la taille de l'échantillon. L'exemple des résultats de consultation électorale publiés progressivement, en fonction de leur disponibilité démontre aisément le contraire : ces résultats portent sur des millions d'électeurs et peuvent fournir une estimation biaisée, et par conséquent différente de l'estimation réalisée sur un échantillon restreint de 1 500 individus soigneusement sélectionnés... (Autrement dit, le nombre ne fait pas la qualité de représentativité d'un échantillon).

Le nombre conditionne la précision d'un résultat : plus l'échantillon est grand, plus l'intervalle de confiance est réduit.

2. Echantillon aléatoire

Dans un échantillonnage aléatoire, les unités sont tirées au sort, chacune d'elles ayant théoriquement la même probabilité d'être sélectionnée comme échantillon. La première démarche à accomplir dans l'échantillonnage aléatoire consiste à dresser la liste de toutes les unités d'échantillonnage figurant dans la liste de la population échantillonnée et à déterminer ce qu'on appelle *une base d'échantillonnage*. On affecte alors à chaque unité de base un numéro d'identification qui correspond normalement à l'ordre dans lequel les unités apparaissent dans la base. Pour sélectionner les animaux à échantillonner, on pourra simplement écrire le nom de chaque animal sur une carte et placer toutes les cartes dans un chapeau, puis tirer 27 cartes.

3. Echantillon aléatoire à plusieurs degrés

Un échantillon à plusieurs degrés résulte d'un échantillonnage réalisé en plusieurs étapes. Les unités de sondage sont organisées en différents niveaux hiérarchiques : par exemple, les individus sont regroupés en élevages, eux-mêmes regroupés en villages. La procédure de sélection consiste à tirer au sort un nombre donné d'unités correspondant à chacun des

niveaux : un certain nombre de villages, dans lesquels on sélectionne un certain nombre d'élevages, dans ces élevages on sélectionne un certain nombre d'individus.

Les unités de la première étape sont encore appelées “unités primaires”, celles de la deuxième étape “unités secondaires”, et ainsi de suite. Le tirage des unités primaires est le premier degré de l'échantillonnage, celui des unités secondaires le deuxième degré, etc.

Cette méthode réunit les avantages du sondage en grappes, qui permet la concentration des moyens. L'échantillonnage en grappe permet de réaliser des économies sur les frais de transport.

On n'a besoin que de la liste des unités de sondages soumise au tirage, et non de tous les individus. L'avantage de ce type de sondage provient de l'économie réalisée dans les grappes, qui en permettant d'étudier un plus grand nombre de grappes, conduit à espérer une meilleure précision, afin de compenser une diversité éventuelle entre les grappes qui pourrait être trop grande.

Nombre de sujets nécessaire

Le nombre de sujets nécessaire dépend de la taille de la population dont l'échantillon provient, de la valeur de la prévalence à estimer, et la précision souhaitée. Plus le pourcentage à estimer est petit, plus le nombre de sujets nécessaires est élevé. Il faut par conséquent en faire l'hypothèse préalable, sur la base d'informations disponibles avant l'enquête. Si le pourcentage trouvé est plus élevé, la précision obtenue est supérieure à celle qui était souhaitée, et on a dépensé des moyens de façon inutile. Si le pourcentage est inférieur à la valeur théorique, la précision est moindre : il reste à vérifier si elle est encore compatible avec les décisions qui doivent en résulter.

L'intervalle de confiance, ou la précision, est à déterminer en fonction de considérations pratiques, de l'usage qui sera fait de l'information ainsi produite. Par exemple, on peut être amené à choisir entre deux stratégies de lutte (sanitaire ou médicale) en fonction de seuils d'infection, qu'il importe de pouvoir nettement distinguer, grâce à une précision suffisante. Ou bien, on peut avoir besoin d'estimer l'importance de moyens à mettre en œuvre : ce sont alors les contraintes liées à ces moyens qui détermineront la précision nécessaire. Cette précision peut être rapportée à la valeur de la prévalence cherchée, sous forme d'une précision relative, qui facilite considérablement la détermination du nombre nécessaire, par la simple consultation de tableaux. Ainsi, une précision absolue de 5 p. 100, n'a pas les mêmes répercussions sur la précision d'un pourcentage à estimer qui serait soit de 50 p. 100, soit de

10 p. 100. Dans le premier cas, la précision relative est de 10 p. 100, tandis que dans le deuxième elle est de 50 p. 100.

4. Échantillonnage systématique

Il consiste à échantillonner une population de manière systématique. Par exemple, lorsqu'il faut un échantillon à 10% (1/10), chaque 10^{ème} de la population est échantillonné. De même, pour tirer un échantillon à 5% (1/20), chaque 20^{ème} unité de la population est échantillonnée.

Cette méthode d'échantillonnage est plus facile à réaliser que l'échantillonnage aléatoire, en particulier, lorsqu'on dispose d'une base d'échantillonnage suffisamment importante. Elle permet également d'échantillonner une population dont la taille exacte n'est pas connue.

5. Sondage par choix raisonné

Le sondage par choix raisonné consiste à sélectionner de manière délibérée certaines unités d'échantillonnage pour une raison ou pour une autre. Le choix est souvent dicté par le fait que ces unités présentent des caractéristiques représentatives de la population échantillonnée. Par exemple, un ou plusieurs troupeaux peuvent être sélectionnés par ce qu'ils sont représentatifs d'un système de production. Le sondage par choix raisonné est également utilisé pour sélectionner des unités de sondage particulières dans un but particulier, par exemple des troupeaux fortement exposés à la contamination du fait de leur position par rapport à des frontières nationales ou géographiques ou par rapport à des chemins de danger.

Le principal intérêt d'un échantillonnage par choix raisonné tient à la facilité relative avec laquelle les unités d'échantillonnage peuvent être sélectionnées. Son principal inconvénient réside dans le fait que le choix des unités d'échantillonnage est fréquemment dicté par la commodité de l'opération et non par la représentativité des unités.

Malgré ces inconvénients, l'échantillonnage par choix raisonné peut, dans certaines circonstances, se présenter comme la seule méthode utilisable.

Les études analytiques

Définition

Les enquêtes analytiques ont pour objectif de “déterminer le rôle d’un ou de plusieurs facteurs dans l’étiologie d’une maladie”. Cette partie de l’épidémiologie vise à répondre à la question : “pourquoi ?”, à l’aide de démonstrations appropriées. Elle contribue aussi à la formulation d’hypothèses, plus fortes que celles de l’épidémiologie descriptive.

Principe

Le but des enquêtes analytiques est de soumettre des hypothèses préalablement formulées à l’épreuve des faits. Leurs méthodes se basent sur des comparaisons entre des groupes. Ces comparaisons sont accomplies en estimant et en testant le degré d’association entre un facteur supposé causal et son effet (la maladie). La simple constatation d’une association statistique ne suffit pas : il faut aussi mesurer l’intensité de cette relation, et surtout soumettre la nature de cette relation à l’épreuve des faits : est-elle associée en fait à un autre facteur, ou véritablement causale? Tout l’esprit de cette démarche est d’ordre essentiellement méthodologique.

Interprétation, évaluation des enquêtes

L’interprétation doit tout d’abord tenir compte de la manière dont le problème a été posé, et dont la stratégie d’étude a été conçue. Elle doit ensuite établir la validité des faits observés (validité interne), avant d’envisager l’interprétation dans le sens des buts de l’enquête, et des finalités visées. Le but de l’étude doit être adapté aux besoins. Par exemple, avant de se préoccuper de la manière d’intervenir pour lutter contre une maladie, il faut tout d’abord se poser la question de la nécessité, et de l’opportunité de cette lutte. Une étude descriptive est par conséquent une priorité, avant d’autres types d’étude. Les objectifs, qui correspondent à la formulation en termes quantifiables des buts visés, doivent être adaptés à ces buts. C’est la partie la plus délicate de la conception de l’enquête, car elle représente la concrétisation des choix stratégiques, ce qui justifie pleinement le temps qui peut être nécessaire à leur élaboration. Mieux vaut redéfinir les buts, si les objectifs ne peuvent être atteints. La population cible doit être clairement définie au préalable, de façon à conditionner les modalités de sélection des échantillons, et partant, le champ d’extrapolation. Si l’on ne peut accéder qu’à des élèves inscrits sur telle liste, il ne sera pas possible d’extrapoler à l’ensemble des élèves de la région.

Si les buts concernent la distribution d'un phénomène dans le temps, ou dans l'espace, la formulation des objectifs et indicateurs épidémiologiques correspondants permet de concevoir le protocole adapté, et non l'inverse, à savoir, en fonction de données collectées pour un but donné, tenter, le plus souvent vainement, de produire une information qui va au delà des buts initiaux.

Les indicateurs épidémiologiques doivent correspondre aux objectifs. On peut être amené à redéfinir les objectifs, et éventuellement les buts, si l'on se rend compte que certains éléments constitutifs de ces indicateurs représentent une limite incontournable. Par exemple, on ne saurait retenir des pourcentages d'animaux infectés comme pouvant représenter le pourcentage d'élevages infectés. Ou bien, la détection d'individus à sérologie positive ne correspond pas à la détection de la maladie. Les étapes suivantes concernent la conception et l'exécution du protocole.

Validité interne

Les faits observés doivent refléter la situation réelle, et non résulter des conditions même d'observation, ce qui constitue alors un artefact. Chacun des points du protocole doit faire l'objet d'une évaluation, en vue de rechercher des biais potentiels. Un biais est "une erreur systématique pouvant se produire à tout niveau d'une étude et dont la présence peut donner une fausse idée de la réalité". Il modifie la valeur de la mesure, en affectant aussi bien une estimation (par exemple une prévalence), qu'une relation entre deux variables. Bon nombre de ces biais sont indépendants de l'échantillon, et par conséquent il faut distinguer les biais des fluctuations d'échantillonnage.

Il existe de très nombreux biais, que l'on peut regrouper en trois catégories : biais de sélection, biais d'information, et biais dus à un facteur de confusion.

V. ESTIMATION DU COUT DE LA MALADIE

La quantification des pertes dues aux maladies animales constitue la suite logique du travail d'investigation entrepris sur la maladie. Une fois définies la prévalence et/ou l'incidence de la maladie, ainsi que la nature des pertes subies au sein des troupeaux infectés au niveau régional et national, la partie économique de l'analyse se poursuit en vue de :

- D'organiser, de classer et de présenter l'information sur les pertes dues aux maladies ;
- De quantifier les pertes directes en termes monétaires ;
- D'identifier et de quantifier les pertes indirectes imputables à une maladie donnée.

1. Quantification des pertes directes dues à la maladie

A. Pertes estimées en tant que fonction de la valeur de l'animal

Les pertes dues à la mortalité, à l'abattage et à la destruction des animaux se calculent par les formules suivantes :

$$P1a = Nb \times M \times Pu - R \qquad P1j = Nb (Pn + Gm \times T \times Pu) - R$$

Où **P1a**= pertes d'animaux adultes **Nb**= nombre d'animaux morts

M= poids vif moyen d'un animal **Pu**= prix d'1 Kg de viande

R= recettes faite à partir de la vente des produits d'abattage

P1j= pertes dues à la mortalité des jeunes **Pn**= prix du jeune à la naissance

Gm= gain moyen journalier

T= durée de vie du jeune animal

Exemple 1 : dans un élevage, 2 vaches sont mortes de charbon symptomatique. Le poids moyen des vaches est de 500 Kg. Le prix d'un Kg de viande coûte en moyenne 1920 Fcfa au marché. Les cadavres ont été brûlés. Quelles seraient les pertes économiques dues à la mortalité de ces deux vaches ?

Solution : $P1a = Nb \times M \times Pu - R = 2 \times 500 \times 1920 - 0 = 1.920.000$ Fcfa.

Exemple 2 : dans une ferme, 10 veaux sont mort à l'âge de 30 jours, 30 porcelets et 20 agneaux âgés de 2 mois. Le prix moyen à la naissance d'un veau est de 12093 Fcfa, d'un

porcelet de 2410 Fcfa et d'un agneau de 930 Fcfa. Le gain moyen journalier constitue chez les veaux 0,6 Kg, chez les porcelets 0,3 Kg et chez les agneaux – 0,2 Kg. Les recettes obtenues des peaux des veaux est de 4600 FcFa, des agneaux – 3100 Fcfa. Le Kg du bœuf coûte 1920 Fcfa, du porc – 2080, du mouton – 2000. Quelles seraient les pertes économiques dues à la mortalité des veaux, des porcelets et des agneaux ?

Solution : $P1j = Nb(Pn + Gm \times T \times Pu) - R$

Pertes dues à la mortalité des veaux : $P1j = 10(12093 + 0,6 \times 30 \times 1920) - 4600 = 461.930$ Fcfa ;

Pertes dues à la mortalité des porcelets : $P1j = 30(2410 + 0,3 \times 60 \times 2080) - 0 = 1.195.500$ Fcfa ;

Pertes dues à la mortalité des agneaux : $P1j = 20(930 + 0,2 \times 60 \times 2000) - 3100 = 495.500$ Fcfa.

Pertes économique totales : $461.930 + 1.195.500 + 495.500 = 2.152.930$ Fcfa.

B. Pertes estimées en tant que fonction de la valeur de la production

Lorsque la morbidité est connue, les pertes de production dues à la maladie peuvent être calculées par le biais des effets observés de la maladie, à savoir :

- La stérilité
- L'avortement
- Les retards de croissance (en vue de la reproduction ou de la vente)
- La baisse de la production de lait, d'œufs, de la laine etc...
- La baisse de la puissance de traction (qui peut affecter la capacité d'un animal sain ou d'une paire d'animaux à travailler)
- La baisse du poids des animaux engraisés ou réformés

Dans la plupart des cas, ces effets se calculent plus facilement en termes de baisse de production. Dans certains cas (retard de croissance ou maturité pondérale tardive des animaux destinés à l'abattage), la perte s'évalue facilement en termes d'intrants gaspillés.

Le calcul des pertes dues à la baisse de production se fait à l'aide de la formule suivante :

$P2 = Nb (P_s - P_m) T \times Pu$

D'où Nb = nombre d'animaux malades **P_s** = production moyenne des animaux en bonne santé (Kg), **P_m** = production moyenne des animaux malades (kg), **T** = durée de la maladie (j), **Pu** = prix du Kg de viande au marché.

Exemple 1 : dans un élevage, 100 vaches étaient atteintes de fièvre aphteuse. La quarantaine a durée 30 jours. La production moyenne de lait par vache avant la maladie était de 12 Kg et après la maladie elle est de 5 Kg. Le litre de lait coûte 335 Fcfa. Quelles seraient les pertes économiques dues à la baisse de production de lait dans l'élevage ?

Solution : Nb=100, P_s=12 Kg, P_m=5Kg, T = 30 j, Pu =335 Fcfa.

P2= 100(12-5)30 x 335 = 7 035 000 Fcfa.

Exemple 2 : dans une porcherie non indemne d'ascaridiose pendant 2 mois, se trouve 500 porcelets nouveaux nés. Le gain moyen journalier des porcelets en bonne santé est de 0,4 Kg et chez les porcelets malades est de 0,22Kg. Le prix d'1 Kg de viande coûte 1460 Fcfa. Calculez les pertes économiques dues à la baisse du gain moyen journalier chez les porcelets.

Solution : P2 = 500 (0,45 – 0,22) 60 x 1460 = 10 074 000 fcfa.

C. Pertes estimées en tant que fonction de la baisse de valeur des animaux

Les pertes estimées en tant que fonction de la baisse de valeur des animaux se calculent par la formule suivante :

$$\mathbf{P3 = Nb (Pu - Pub)}$$

Où : Nb = nombre d'animaux ayant connu une baisse de leur valeur ;

Pu =prix unitaire avant la baisse de valeur ;

Pub = prix unitaire des animaux ayant connu une baisse de leur valeur.

Exemple : dans une ferme de race, à cause de la tuberculose la vente d'animaux de race est interdite. Avant l'apparition de la tuberculose, la ferme vendait chaque année 2000 taurillons et vèles ayant chacun (une) un poids moyen de 300 Kg et un prix équivalant à 90 000 Fcfa. Au bout de 2 ans la ferme a vendu à l'abattoir 4 000 têtes au prix de 57 600 Fcfa l'unité. Calculez les pertes économiques liées à la baisse de valeur des animaux de race.

Solution : P3 = Nb (Pu-Pub) = 4000 (90 000 - 57 600) = 129 600 000 Fcfa

D. Pertes estimées en tant que fonction de la baisse de la qualité de la production

Les pertes estimées en tant que fonction de la baisse de la qualité de la production se calculent par la formule suivante :

$$P4 = Q_p(P_u - P_{ub})$$

Où **Q_p** = quantité de la production dont les qualités ont baissées ;

P_u = prix unitaire de la production avant la baisse de ses qualités ;

P_{ub} = prix unitaire de la production ayant connue une baisse de ses qualités.

Exemple : dans un élevage les vaches laitière ont été atteintes de mammite catarrhale, à cause de laquelle 12 000 Kg de lait ont été vendus en moyenne à 26 800 Fcfa les 100 Kg. 100 Kg de lait provenant de vaches saines coûtent 33 000 Fcfa. Quelles sont alors les pertes économiques liées à la baisse de la qualité de lait ?

Solution : $P4 = Q_p(P_u - P_{ub}) = 12000(33\ 000 - 26\ 800) = 7\ 440\ 000$ Fcfa.

E. Pertes estimées en tant que fonction des avortements

Les pertes estimées en tant que fonction de la baisse de la qualité de la production se calculent par la formule suivante :

$$P5 = C_n \times Q_{mb} - P_{nn}$$

Où : **C_n** = coefficient de natalité ;

Q_{mb} = capacité de mise bas par espèce

P_{nn} = qualité des nouveaux nés

Sur le troupeau de monsieur Lobeitar qui compte 6000 bovins, 600 animaux présentent les symptômes de peste bovine au cours du mois de janvier.

Calculez l'incidence de la peste bovine pour le mois de janvier.

L'incidence de la peste bovine dans ce camp de quarantaine pour le mois de juin était donc de $600/6000 = 0,15$ ou 15% ou 150 nouveaux cas pour 1000 animaux. Cela veut dire que chaque individu se trouvant dans le camp pendant cette période a 15% de chance d'être malade de peste bovine.