

77e 910829

Non microfilmé

9866

**INSTITUT D'ELEVAGE ET DE MEDECINE
VETERINAIRE DES PAYS TROPICAUX**
10, rue Pierre Curie
94700 Maisons-Alfort

**ECOLE NATIONALE VETERINAIRE
d'ALFORT**
7, Avenue du Général de Gaulle
94700 MAISONS-ALFORT

**INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
PARIS-GRIGNON**
16, rue Claude Bernard
75005 PARIS

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
57, rue Cuvier
75005 PARIS

**BIBLIOTHÈQUE
IEMVT**
10 rue P. Curie
94704 MAISONS-ALFORT Cedex



SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

**PARAMETRES DE PRODUCTIVITE
ET ANALYSES DEMOGRAPHIQUES**

* * * * *

**ELEVAGE BOVIN TRADITIONNEL
EN
AFRIQUE SAHELIENNE ET SOUDANIENNE**

Lorraine DOLLFUS

DESS 1990/91.

CIRAD



000055965

PLAN

Introduction	1
Chapitre 1 : Recueil des données : méthodologies	2
1.1. Méthode des enquêtes	2
1.1.1. Principales méthodes de collecte de données ...	2
1.1.2. Méthodologie des enquêtes ponctuelles	2
1.1.2.1. Nécessité de la pré-enquête	2
1.1.2.2. Echantillonnage	2
1.1.2.3. Enquête	3
1.2. Détermination de l'âge des bovins	5
1.2.1. Examen de la table dentaire	6
1.2.2. Age estimé par l'éleveur	8
Chapitre 2 : Analyse démographique	9
2.1. Définitions : cohortes et femelles reproductrices.....	9
2.2. Structure des populations	10
2.3. Caractéristiques du troupeau	13
2.3.1. Modes de calcul des paramètres.....	13
2.3.1.1. Taux : modes de calcul.....	13
2.3.1.2. Quotients : modes de calcul.....	16
2.3.1.3. Estimations dans le cadre des enquêtes ponctuelles	18
2.3.1.4. Interférences entre phénomènes démographiques.....	20
2.3.2. Paramètres principaux utilisés dans les analyses démographiques.....	21
2.3.2.1. Facteurs biologiques.....	21
2.3.2.1.1. Mortalité.....	21
2.3.2.1.2. Reproduction : précocité et fécondité.....	23
2.3.2.2. Exploitation.....	24

Chapitre 3 : Projections démographiques	25
Présentation du logiciel MODECO	
3.1. Entrées du modèle	25
3.2. Sorties du modèle	26
CONCLUSION	28
Bibliographie	29
Annexes	31
Liste des figures et tableaux	43
Résumé	44

INTRODUCTION

L'analyse démographique s'intéresse à la dynamique des populations : évolution dans le temps de ses caractéristiques ou états (Landais, Sissokho, 1986). Cette dernière dépend de plusieurs facteurs qui modifient la composition du troupeau.

Cette analyse est composée de deux volets :

- l'analyse descriptive de la productivité et de ses composantes,
- l'analyse prospective de l'évolution de la population sous diverses hypothèses.

La première partie de l'analyse démographique est basée sur l'étude de la fréquence des événements démographiques et de ses variations sous l'influence de divers facteurs. Cette étude s'appuie sur des indices empiriques ou "taux", issus de l'analyse zootechnique, qui rapportent le nombre d'événements à l'effectif moyen du groupe ou de la classe d'âge considérée sur une période de référence (l'année en général) (Landais, Sissokho, 1986).

Les données démographiques sont ensuite utilisées dans l'analyse de l'évolution de la population dans le temps. La population est alors divisée en cohortes, ou groupes d'individus qui ont subi le même événement durant une période de référence (cohorte 1990 : ensemble des animaux nés en 1990).

L'analyse démographique est très sensible à la précision des estimateurs et la validité des résultats dépend de celle-ci.

Nous préciserons donc, dans les paragraphes suivants, les principes généraux des méthodologies employées : recueil des données, définitions et modes de calcul des paramètres utilisés dans les analyses démographiques, avant de présenter un logiciel de projection de troupeau.

1. Recueil des données : méthodologies.

1.1. Méthode des enquêtes.

1.1.1. Principales méthodes de collecte de données.

Il existe plusieurs grands types d'enquêtes utilisées par les zootechniciens dans la collecte des données zootechniques et démographiques (annexe 1).

Les *enquêtes ponctuelles* permettent de récolter des données au cours d'un passage unique sur le terrain. Elles combinent des informations instantanées (structure du troupeau) et rétrospectives (mortalité, fécondité, exploitation, immigration, carrière des femelles).

Le *suivi individuel* est mis en place dans les stations de recherche, de développement et d'amélioration génétique. C'est une méthode très élaborée, lourde à mettre en place, mais performante.

1.1.2. Méthodologie des enquêtes ponctuelles.

1.1.2.1. Nécessité de la pré-enquête.

En fonction de la zone enquêtée, des ethnies rencontrées, le bétail n'a pas le même rôle social et économique. L'exploitation du troupeau diffère en fonction des objectifs des propriétaires (éleveurs ou agriculteurs) et les résultats obtenus ne peuvent être assimilés les uns aux autres.

Pour cela, il faut donc être en mesure de qualifier les systèmes d'élevage avant de commencer une enquête de productivité plus élaborée. On est donc amené à établir une pré-enquête qualitative ou à dépouiller les travaux déjà effectués sur la zone (si ils existent).

1.1.2.2. Echantillonnage.

Toute enquête, pour justifier le coût occasionné par sa mise en place, doit apporter des informations d'une précision supérieure à celle obtenue par les enquêtes précédentes, et/ou aux connaissances déjà acquises par les techniciens de l'élevage. La précision que l'on veut obtenir est fonction du problème à résoudre et de la difficulté à saisir l'information.

Les enquêtes habituelles, après un dépouillement manuel, permettent de construire la pyramide des âges, de calculer les paramètres démographiques et d'établir le taux de fécondité des femelles et l'âge à la première mise-bas (à partir de l'inventaire des animaux par sexe et âge, d'un interrogatoire rétrospectif - naissances, mortalité par âge et exploitation, de

la connaissance pour les femelles d'âge connu du nombre de produits vivants à qui elles ont donné naissance).

Les limites de ce type d'enquête sont la fiabilité moyenne que l'on peut accorder à l'interrogatoire rétrospectif (temps pour les éleveurs compté en saisons et non pas en mois calendaires, oubli de certains événements, mauvaise connaissance de certaines opérations si l'éleveur n'est pas le propriétaire), et le grand nombre d'animaux à enquêter pour obtenir une précision valable sur les taux calculés (fécondité, mortalité, exploitation, croît réel, reproduction).

On peut estimer que les données rétrospectives obtenues auprès des éleveurs sont fiables sur 5 à 6 ans, mais pas au-delà.

La précision est fonction de la mémoire de l'éleveur. Pour améliorer celle-ci, la formulation des questions est primordiale et les feuilles d'enquête sont élaborées dans le sens d'une plus grande aide à l'éleveur dans sa recherche des informations oubliées. Les données d'enquête subissent des tests de cohérence et le complément d'information peut être recherché sur le terrain ou l'enquête éliminée dans son intégralité si elle comporte des erreurs trop flagrantes.

L'I.E.M.V.T a mis au point une méthodologie pour aborder la structure et la dynamique des troupeaux, de façon cohérente, sans être obligé d'enquêter sur un trop grand nombre d'animaux.

L'ensemble "pyramide des âges - taux de fécondité - taux de mortalité par âge - taux d'exploitation par âge" doit être cohérent. Cette cohérence est obtenue à l'aide d'un modèle mathématique, qui teste les données recueillies par enquête, et les stabilise par itérations. On obtient un nouvel ensemble, cohérent et d'autant plus proche du modèle observé que la qualité des données recueillies est meilleure.

1.1.2.3. Enquête.

La méthode actuellement utilisée par l'IEMVT, basée sur la théorie des sondages, dérive de la méthode des quotas (Planchenault, 1985).

Cette méthode consiste à tirer un échantillon représentatif quelconque et à estimer une valeur de la population supposée homogène, par une moyenne empirique et un écart-type sur cet échantillon. Le plan de sondage n'est pas précisé et les enquêteurs choisissent librement les troupeaux enquêtés en fonction de quelques contraintes imposées (zone déterminée, liste des villages, nombre d'enquêtes à faire) pour éviter l'homogénéité de l'échantillon.

Le tirage n'est pas considéré comme aléatoire car les enquêteurs choisissent les personnes les plus aisées à enquêter. La précision du sondage est inconnue, mais cette méthode est moins coûteuse, facile et rapide à mettre en oeuvre. Les paramètres sont recueillis dans les différents groupes de la typologie établis à partir de la pré-enquête (figure 1.1).

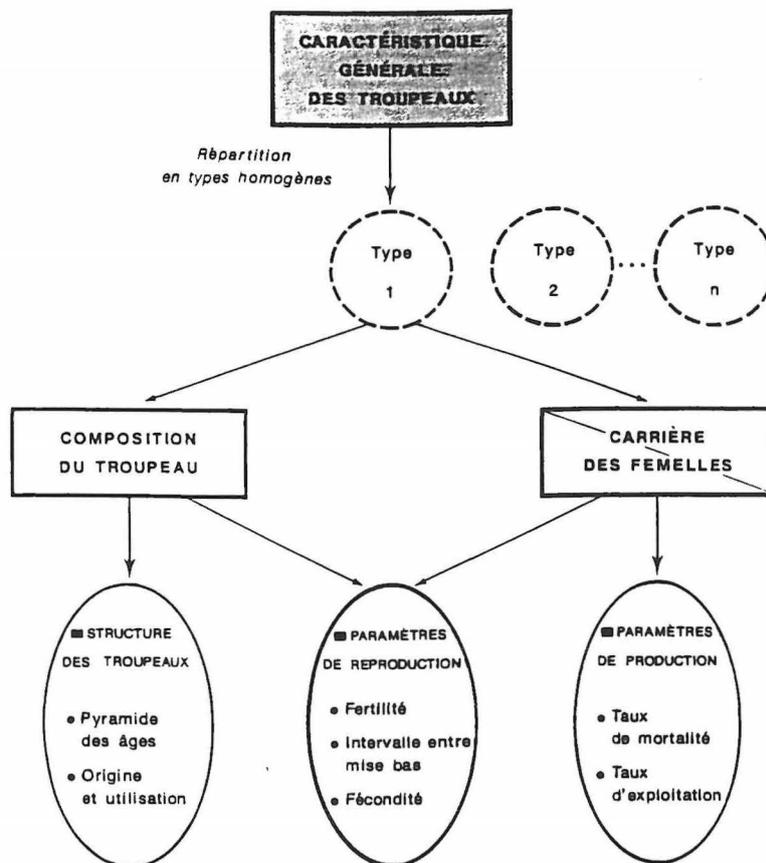


Figure 1.1 : Typologie et étude des troupeaux.

Source : I.E.M.V.T. - C.I.R.A.D., 1989.

Les enquêteurs utilisent quatre types de questionnaires (annexe 2) (Planchenault, 1985; IEMVT-CIRAD, 1989) :

- caractéristiques générales du troupeau (feuille verte),

- * localisation,
- * famille,
- * activités,
- * mouvements,
- * cultures,
- * effectifs,
- * économie,

- structure du troupeau (feuille blanche),

- * espèce,
- * race,
- * sexe,
- * âge,
- * origine,
- * nombre de gestations,
- * utilisation,

- carrière des femelles reproductrices et devenir de la descendance des femelles reproductrices (feuille jaune pour les bovins, équins, camelins et feuille rose pour les caprins et ovins).
(1 feuille par femelle)

pour la femelle étudiée :

- * race,
- * âge,
- * nombre de mises-bas,
- * date de naissance,

pour ses descendants :

- * âge de la mère au moment de la naissance,
- * rang de vêlage,
- * date de la naissance du produit,
- * sexe,
- * présence dans le troupeau ou non du produit,
- * devenir du produit (et cause, pour les petits ruminants),
- * âge au devenir,

Les questions amènent des réponses simples :

- binaires ou dichotomiques (réponse oui ou non),
- à options multiples,
- ouvertes (réponse libre : semi-ouverte = nombre ou mesure, ouverte = réponse descriptive ou explicative).

1.2. Détermination de l'âge des bovins.

Chaque animal recensé dans le troupeau étudié est intégré dans une classe d'âge au moment de l'élaboration de la pyramide (en analyse démographique, l'âge des individus est compté en années révolues, ce qui permet de les regrouper au sein de classes d'âge : 0 - 1 an, 1 - 2 ans, ...). Pour être ainsi intégré dans une classe, il a fallu déterminer son âge, information parfois difficile à obtenir. La détermination d'une date de naissance est donc source d'erreurs, surtout dans le cadre d'une observation rétrospective et fait appel à la mémoire de l'éleveur.

Cette technique donne des résultats plus ou moins fiables en fonction de la connaissance qu'a l'éleveur de ses animaux (bonne en milieu pastoral, moyenne en milieu agro-pastoral) (Poivey, Seitz, Landais, Kouyate, 1981). Cette détermination peut être complétée par l'observation des signes extérieurs de l'âge (examen de l'aspect général, de la dentition, des cornes) (Dumas,

Lhoste, 1966; Gidel, 1972), les différents organes subissant avec le temps des modifications d'importance variable dont le déroulement est en liaison avec l'âge (Brazal-Garcia et al., 1971).

1.2.1. Examen de la table dentaire.

Le critère le plus souvent utilisé dans la littérature pour déterminer l'âge des animaux est l'observation de la dentition. L'étude porte généralement sur l'évolution des incisives (pincettes, premières mitoyennes, deuxièmes mitoyennes, coins) (Dumas, Lhoste, 1966; Brazal-Garcia et al., 1971; Andrews, 1973; Gilibert, 1974; Coulomb, 1976; Poivey, Seitz, Landais, Kouyate, 1981).

Un travail de référence sur l'évolution des incisives des bovins (femelles de races française pie-noire et normande), publié en 1971 par Brazal-Garcia, Roy et Dumont, a permis de définir vingt-huit stades d'évolution d'une incisive et trente-cinq degrés d'évolution pour l'ensemble des incisives. A chaque degré d'évolution des incisives correspond un âge moyen (figure 1.2).

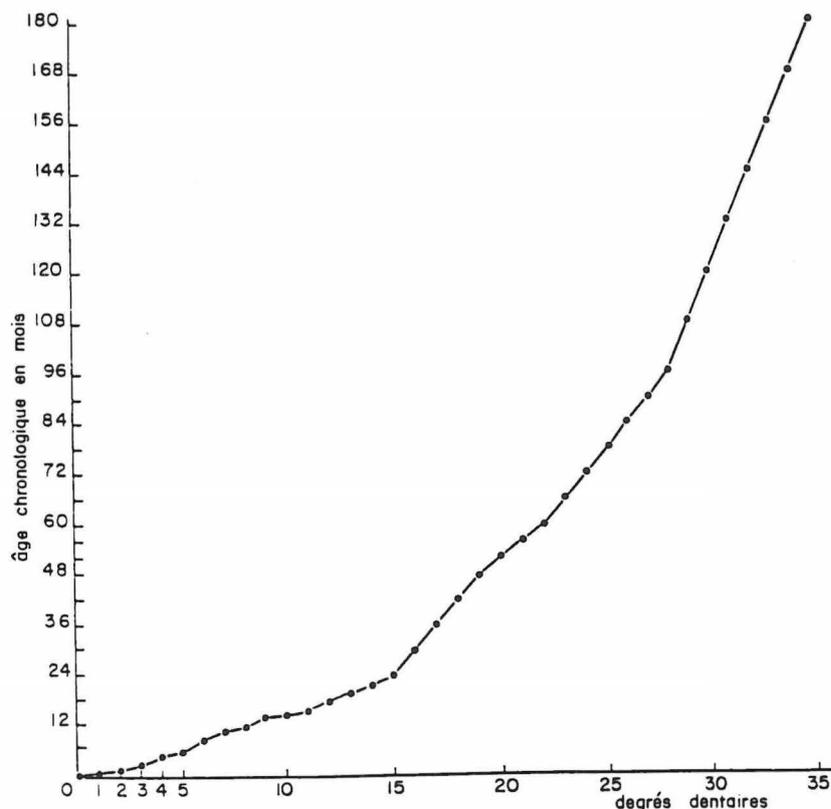


Figure 1.2 : Relation entre l'âge et les degrés d'usure dentaire.
Source : Brazal-Garcia et al., 1971.

Les pentes de cette courbe permettent de différencier trois époques dans la vie de l'animal :

- de 0 à 2 ans (15 degrés d'évolution) : "jeunesse ou croissance",
- de 2 ans 1/2 à 8 ans (13 degrés d'évolution) : "phase adulte",
- de 8 ans à 14 ans (7 degrés d'évolution) : "phase de sénescence".

Ces tables européennes ont été utilisées pour estimer l'âge des bovins en zone tropicale, mais se sont révélées inadaptées (Poivey, Seitz, Landais, Kouyate, 1981; Landais, 1983). Quelques études ponctuelles ont été réalisées sur zébus et taurins tropicaux et ont apporté des éléments de comparaison entre animaux tempérés et tropicaux.

L'évaluation de l'âge des animaux par examen de la dentition porte sur trois critères :

- usure des incisives caduques (dents de lait),
- apparition des incisives de remplacement,
- usure, nivellement et écartement des incisives de remplacement.

Seul le deuxième critère a été retenu par Dumas et Lhoste en 1966 et Poivey et al en 1981, les autres étant écartés de par leur imprécision (normes vagues sur les dents caduques, facteur d'usure des incisives de remplacement imprécis, avec de très fortes déviations d'âge réel pour un même état chronologique et lié à la subjectivité de l'enquêteur). La barymétrie est choisie préférentiellement pour les jeunes animaux. Les auteurs se limitent donc à l'étude dentaire des classes d'âge 2 à 5 ans qui couvrent la plus grande partie de la période de croissance des animaux, l'entrée en reproduction des femelles et la sélection des jeunes mâles.

Les stades dentaires retenus sont :

- 0 : dents de lait,
- 2 : présence d'au moins une pince définitive,
- 4 : présence d'au moins une des premières mitoyennes définitives,
- 6 : présence d'au moins une des deuxièmes mitoyennes définitives,
- 8 : présence d'au moins un coin définitif.

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux 1.1 et 1.2.

Types génétiques	auteur	date	lieu	pincés	premières mitoyennes	deuxièmes mitoyennes	coins
Laitière européenne	Brazal-Garcia	1971	station	24	30	42	56
Zébus Brahman x Foulbé	Dumas Lhoste	1966	Cameroun station	26	32	49	54
Zébus Malgaches	Gilibert	1974	Madagascar station	25	33	45	52
N'Dama (mâles) N'Dama (femelles)	Coulomb	1976	Côte d'Ivoire station	24,2 24,3	30,7 30,5	36,8 36,9	45,4 44,9

Tableau 1.1 : Age moyen à l'éruption des incisives de remplacement (en mois).

Types génétiques	auteur	année	lieu	stade 2	stade 4	stade 6	stade 8
Baoulé N'Dama x Baoulé Zébus x Baoulé	Poivey Landais Seitz Kouyate	1981	Côte d'Ivoire milieu villageois	26 (29) 26 (29) 25 (27)	32 (35) 33 (35) 31 (34)	39 (42) 39 (41) 38 (40)	46 (-) 45 (-) 43 (-)
N'Dama (mâles) N'Dama (femelles)	Coulomb	1976	Côte d'Ivoire station	- (26,6) - (26,7)	- (33,8) - (33,9)	- (41,2) - (40,9)	- (-) - (-)

Tableau 1.2 : Age moyen à l'éruption des dents adultes et âge moyen aux stades 2, 4 et 6 dents adultes (mois)

1.2.2. Age estimé par l'éleveur.

Cette méthode devient nécessaire quand les effectifs enquêtés sont très importants. Elle élimine le travail et la perte de temps occasionnés par la capture et la contention des animaux pour l'étude de la table dentaire.

L'éleveur connaît bien ses animaux, et l'erreur qu'il peut commettre sur l'estimation de l'âge n'est pas considérable, ni systématique. Il faut quand même prendre la peine d'établir une correspondance entre les mois calendaires (utilisés par les enquêteurs) et les saisons (unités de temps utilisées par les éleveurs) (Sarniguet et al., 1975).

De plus, les éleveurs confondent souvent l'âge révolu avec l'année en cours. L'animal est âgé de (x-1) ans révolus alors que l'éleveur a déclaré un animal âgé de x ans.

En 1975, la SEDES et l'IEMVT préconisait de combiner les deux estimations de l'âge (âge déclaré et observation de la table dentaire). Actuellement, les enquêtes réalisées par l'IEMVT n'ont recours qu'à l'âge déclaré par l'éleveur.

L'erreur d'estimation de l'âge a un effet sur la structure des troupeaux, les animaux n'étant pas classés dans la catégorie à laquelle ils appartiennent.

Si l'on se limite à l'estimation donnée par l'éleveur, il faut admettre que la pyramide obtenue n'est pas exacte.

Mais dans quelle mesure, l'erreur d'estimation a-t-elle affecté la forme globale de la pyramide, l'erreur pouvant relever d'une surestimation ou d'une sous-estimation de l'âge des animaux ?

Chapitre 2 : Analyse démographique.

L'analyse démographique comprend deux volets : l'évaluation chiffrée des performances et l'analyse des facteurs de variation de ces performances.

En fonction de la nature des données et des objectifs, on sera amené à utiliser des méthodes statistiques, descriptives ou explicatives.

Les paragraphes suivants sont basés sur les travaux de Sarniguet et al. (1975), Tacher (1975), Pressat (1983) et Landais, Sissokho (1986).

2.1. Définitions : Cohortes, Femelles reproductrices.

Cohorte :

Les manifestations d'un phénomène peut être décrit au sein d'une génération. L'âge a, alors, un rôle privilégié dans la description du phénomène.

Il est aussi possible de décrire ce phénomène, lié à l'âge de façon plus ou moins directe, en le considérant par rapport à la survenance préalable d'un événement-origine. Ce dernier est pris comme origine des données et il faut constituer des groupes spécifiques d'individus, autres que les générations, formés des individus ayant subi le même événement-origine dans une même année calendaire : ces groupes sont appelés *cohortes*.

Pour l'étude de la mortalité, l'événement-origine définissant les différentes cohortes est la naissance.

Femelles reproductrices :

Une femelle domestique est considérée comme "reproductrice" à partir du moment où elle atteint l'âge moyen auquel survient la première fécondation dans le système considéré. Cet âge est déduit de l'âge moyen des femelles à la première mise-bas dans ce même système, diminué de la durée de gestation (très peu variable pour une espèce donnée). En milieu traditionnel, toute femelle "en âge de reproduire" est considérée comme "mise à la reproduction", les animaux étant tous mélangés au sein du troupeau.

L'âge moyen à la première mise-bas est calculé à partir d'un nombre important de femelles, en considérant les deux variables "âge de la femelle à chaque mise-bas" et "rang de chaque mise-bas" (avortement compris).

Cette méthode permet de connaître la répartition des femelles n'ayant eu aucune mise-bas, ceci pour chaque classe d'âge, afin de détecter les femelles stériles. On obtient ainsi une estimation de la fertilité globale et de l'âge à la première mise-bas à partir de la droite de régression suivante :

(1)

$$y = a + bx$$

y : nombre de mise-bas,
x : âge de la femelle,
a : ordonnée à l'origine,
b : fertilité globale.

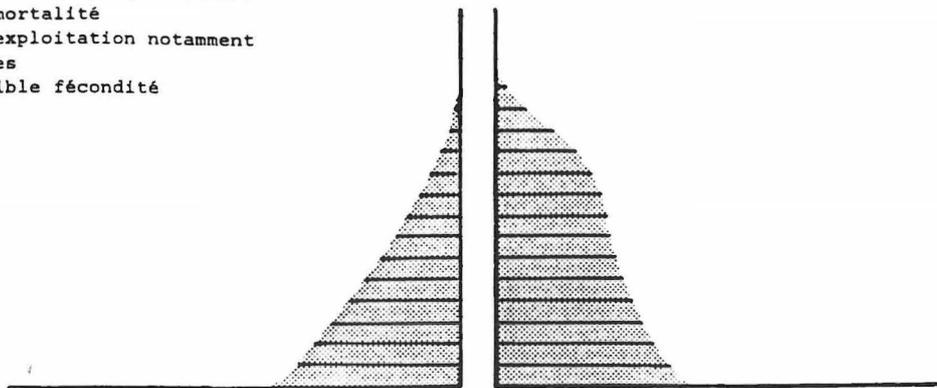
2.2. Structure des populations.

La structure du troupeau résulte du classement des animaux par sexe et âge.

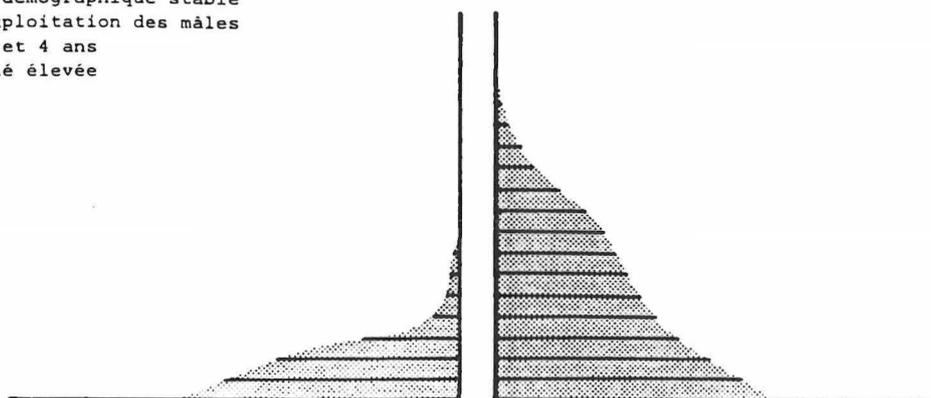
Elle est représentée sous forme d'une pyramide des âges ou histogramme particulier, vue d'ensemble expressive de la statistique de la population. La longueur de chaque cartouche horizontale est proportionnelle à l'effectif de chaque classe ou à la fréquence relative des classes par rapport à l'effectif total de la population. Avec cette dernière représentation, il devient possible de comparer plusieurs pyramides des âges pour des populations dont les effectifs totaux sont différents.

L'étude de la forme globale de la pyramide des âges donne quelques renseignements fondamentaux (figures 2.1 et 2.2).

- a - régime démographique stable
- * faible mortalité
 - * faible exploitation notamment des mâles
 - * très faible fécondité



- b - régime démographique stable
- * forte exploitation des mâles entre 2 et 4 ans
 - * fécondité élevée



- c - régime démographique instable
- * épisode marqué par une très forte mortalité des jeunes ou par une baisse catastrophique de la fécondité survenu durant les années (n-3) et (n-4)
 - * troupeau en voie de reconstitution

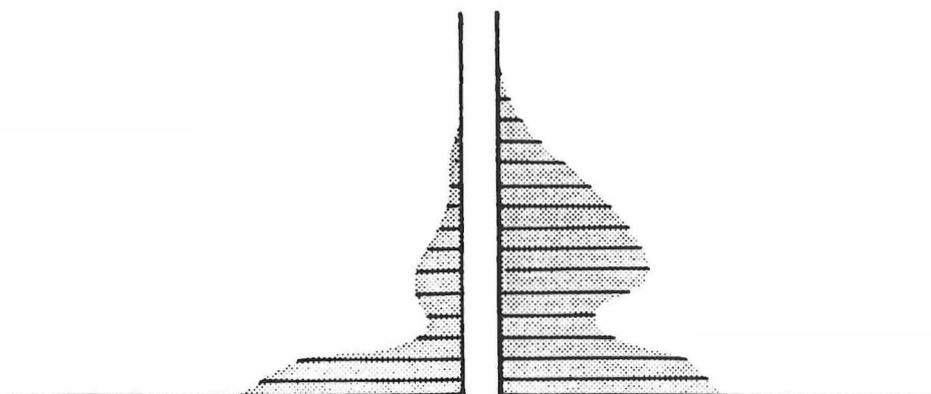


Figure 2.1 : Appréciation de la stabilité du régime démographique d'une population animale à partir de la pyramide des âges.

Source : Landais, Sissokho, 1986.

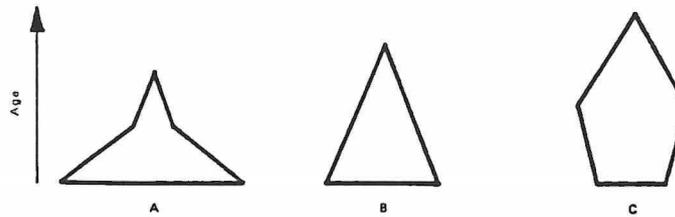


Figure 2.2 : Divers types de pyramides des âges.

- A : population en expansion, grande proportion de jeunes individus,
- B : population stable, taux de natalité et mortalité par classe d'âge constants sur une longue durée,
- C : population vieillissante, proportion de jeunes inférieure à la proportion des personnes âgées.

Source : Saunders, 1971, cité par UNESCO, 1976.

Nb : Source non référencée.

Cette forme globale permet d'aborder le régime démographique du troupeau. La base élargie de la pyramide indique une bonne fécondité, alors que la base rétrécie témoigne d'une fécondité médiocre et/ou d'une forte mortalité des jeunes.

Les accidents (degrés ou dents) qui affectent la forme globale de la pyramide sont à rapprocher d'événements particuliers (guerres, dépressions économiques, événements historiques divers en démographie humaine; sécheresses, épizooties, migrations fortes en démographie animale).

On peut aussi estimer la stabilité du régime démographique: en régime stable (effectifs par classe d'âge et par sexe en rapports constants dans le temps, les paramètres étant constants par hypothèse), chaque classe d'âge doit être inférieure à la classe d'âge précédente (valable si il n'y a pas d'entrées d'individus autres que les naissances), alors qu'en régime instable, cette règle n'est plus respectée.

En régime stable, le calcul du taux global de fécondité (nombre de veaux rapporté au nombre de femelles reproductrices) et de la résultante des flux entre classes adjacentes s'effectue à partir de l'observation stricte de la pyramide).

Mais ce n'est qu'une indication des phénomènes réels, car les méthodes d'établissement des structures à partir d'enquêtes entraînent souvent une forte imprécision sur les effectifs et les âges.

2.3. Caractéristiques du troupeau.

Nous définirons, avant de les utiliser, les notions de taux et quotients et leurs utilisations en démographie.

2.3.1. Modes de calcul des paramètres.

2.3.1.1. Taux : modes de calcul.

Les taux (*) (à ne pas assimiler aux quotients (**)) sont des indices à base empirique d'une très large utilisation dans les analyses démographiques. Le calcul de ces fréquences d'événements dans une population pose de nombreux problèmes d'ordre méthodologique.

Le principe général qui prévaut pour le calcul d'un taux est basé sur l'hypothèse suivante : les événements relevant d'un phénomène démographique sont, toutes choses égales par ailleurs, en nombre d'autant plus important que la population à l'origine du phénomène est plus nombreuse.

Au cours de la période considérée, l'effectif de la population varie continuellement. Au niveau méthodologique, se pose alors la question du choix de l'effectif de la population, porté au dénominateur dans le calcul des paramètres.

(*) taux : rapport du nombre d'individus présentant une caractéristique donnée sur le nombre moyen d'individus sur la période considérée (l'année en général),

(**) quotient : rapport du nombre d'individus présentant la caractéristique donnée sur le nombre initial d'individus.

La méthode la plus précise, et qui reflète la réalité, est d'attribuer, à chaque individu, un coefficient proportionnel à sa présence dans l'échantillon sur la période considérée ($c(x) = 1$: individu présent sur toute la période, $c(x) = 0,5$: individu présent durant la moitié de la période). On effectue alors un décompte en *personnes-années*.

Il est évident que cette méthode est laborieuse, et vraisemblablement peu envisageable dans l'étude d'une population importante.

Le taux est alors calculé, pour plus de facilité, à partir de la moyenne arithmétique entre l'effectif initial et l'effectif final de la population pour la période considérée. Cette estimation se vérifie comme valeur exacte dans les modèles de croissance ou décroissance linéaire des populations.

Les taux calculés avec pour dénominateur l'effectif de l'ensemble des générations sont appelés *taux de première catégorie* (la population de référence est formée des individus des générations ou cohortes intéressées par le taux, mais n'ayant pas subi le phénomène) et ceux calculés à partir de l'effectif total des sous-populations présentant le phénomène étudié seront dits *de deuxième catégorie* (la population de référence est formée de l'ensemble des individus des générations ou cohortes intéressées par le taux).

Les taux de mortalité par âge sont des taux de première catégorie, les décès étant rapportés à un nombre d'individus en vie (n'ayant pas subi le phénomène) et les taux de fécondité sont des taux de deuxième catégorie, car les naissances sont à rapporter à l'ensemble des femelles reproductrices (ayant subi ou non le phénomène).

Les représentations suivantes sont basées sur le diagramme de LEXIS (annexe 3). Les dates sont portées en abscisses et l'âge des individus en ordonnée, en utilisant la même échelle (âges et dates exprimés en années).

L'existence des individus est matérialisée par des lignes parallèles à la première bissectrice des axes. Ces lignes, en franchissant des segments parallèles aux axes, déterminent des flux proportionnels aux effectifs, à l'âge j sur les segments horizontaux.

Les événements sont représentés par des points dispersés sur des surfaces de référence.

La figure 2.3 illustre les différents modes de calcul des taux.

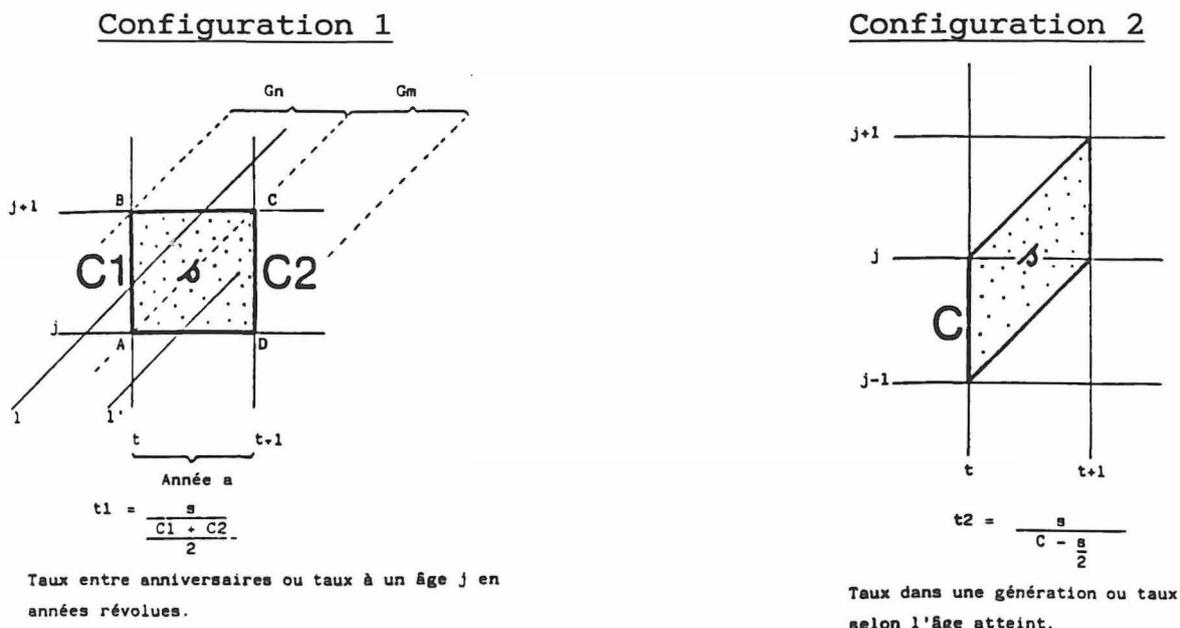


Figure 2.3 : Configurations usuelles pour le calcul des taux.

La configuration 1 est utilisée dans le calcul du *taux entre anniversaires* ou *taux à un âge révolu*.

Le nombre s d'événements enregistrés au cours de l'année concerne les individus de la classe d'âge j , et est rapporté à l'effectif moyen de la classe j durant l'année considérée.

L'animal 1, au moment de l'enquête (instant $t+1$), a déjà dépassé l'anniversaire de ses $(j+1)$ ans. En années révolues, il a atteint l'âge $(j+1)$ pendant l'année a . Il avait donc j années révolues à l'instant t .

L'animal 1', au moment de l'enquête, a j années révolues.

Ces deux animaux sont donc nés au cours de deux années calendaires différentes. Ils ont tous les deux atteint j années dans le carré ABCD. Mais le premier est sorti de cette zone, alors que le second y est toujours. Nés au cours de deux années différentes et consécutives, ils appartiennent à deux cohortes adjacentes.

Cette configuration considère l'événement subi au moment où l'animal est entre les anniversaires j et $j+1$. L'individu peut être sorti de cette situation au moment de l'enquête.

L'effectif moyen $(C1 + C2)/2$ n'est pas très représentatif d'une réalité car l'effectif du groupe se modifie continuellement au cours de la période. Cet effectif devient le reflet d'une réalité dans le cadre d'une croissance ou d'une décroissance linéaire de la population.

Cette méthode se prête mal à l'analyse de l'histoire d'un cohorte : le taux ainsi défini mélange l'histoire de deux cohortes adjacentes, et la composition du groupe observé est en perpétuelle évolution.

Cette configuration ne se prête pas au calcul d'un quotient.

La configuration 2 est plus précise et plus rigoureuse au niveau méthodologique et se prête bien à l'étude de l'histoire d'une cohorte. Les événements sont relatifs à une même génération et le groupe de référence ne varie que sous l'influence du phénomène étudié. On utilise ici l'hypothèse H_1 d'uniformité de la distribution des événements pour calculer le taux (*taux selon l'âge atteint* ou *taux dans une génération*) et l'effectif moyen de la génération sur la période de référence.

Le taux, ainsi calculé, est relatif à l'année considérée.

Ici, tous les animaux sont nés la même année. Ils appartiennent à la même cohorte et atteignent tous l'âge j au cours de la période.

L'effectif moyen est donné par la formule suivante :

$$(2) \quad \frac{C + (C - s)}{2} = C - \frac{s}{2}$$

Cette configuration se prête aussi au calcul d'un quotient qui sera décrit dans le paragraphe suivant.

2.3.1.2. Quotients : modes de calcul.

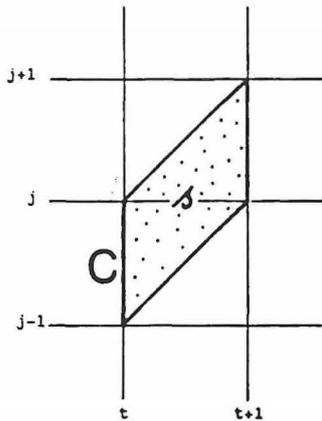
L'analyse démographique, composée de l'analyse des fréquences des événements démographiques et de l'analyse de l'évolution dans le temps de la structure du troupeau, impose des exigences particulières sur la définition des variables et la précision des estimations.

L'estimation des paramètres, la plus rigoureuse, qui se prête le mieux à l'étude de l'histoire des cohortes et qui rend compte du passage de la structure $[I_0]$ à la structure $[I_n]$, est celle obtenue par le calcul des quotients (et non des taux).

Les quotients représentent la probabilité pour un individu présent au temps t de subir ou de ne pas subir un événement E (sortie : S) durant la période de référence $[t - t+1]$.

La figure 2.4 illustre les modes de calcul des quotients.

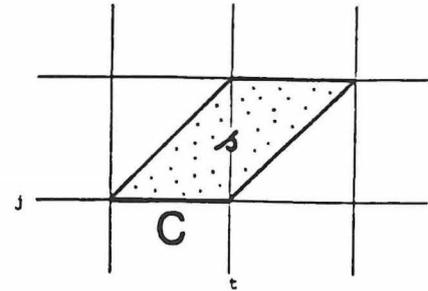
Configuration 2



$$q^2 = \frac{s}{C}$$

Quotient perspectif.

Configuration 3



$$q^3 = \frac{s}{C} \text{ Quotient des tables}$$

Figure 2.4 : Configurations usuelles pour le calcul des quotients.

La configuration 2 permet de calculer un quotient strictement annuel, qui se prête aux projections démographiques et à l'analyse de l'histoire d'une cohorte.

Il permet l'utilisation directe des résultats de l'observation instantanée.

Tous les animaux sont nés la même année. Le quotient n'est donc relatif qu'à une seule année civile.

Le dénominateur est donné par l'effectif initial de la population à l'instant t.

La probabilité pour les animaux nés pendant la même année A et toujours vivants à t de subir l'événement s pendant la période [t - t+1] est appelée *quotient perspectif*.

La configuration 3 (*quotient des tables*) repose sur les méthodologies appliquées en démographie humaine; elle n'est utilisable que dans un contexte d'observations continues et parfaites.

Ce quotient est relatif à une classe d'âge donnée, pour une seule cohorte, les animaux étant tous nés la même année. Il se rapporte à deux années calendaires, car l'événement s est subi entre t-1 et t+1.

On considère donc ici les événements subis par des individus nés la même année, et pour chacun d'entre eux pendant qu'ils appartiennent à la classe d'âge étudiée.

Un animal né à la date $t-1$ appartient à la classe d'âge $[j - j+1]$ entre $t-1$ et t , alors qu'un animal né la même année, un peu avant t , appartenant donc à la même cohorte, appartient à la classe d'âge $[j - j+1]$ entre t et $t+1$.

En fonction de la méthode d'observation choisie, la nature des informations recueillies et leur traitement vont différer. Choisir la méthode des enquêtes ponctuelles (faible coût et rapidité d'exécution) demande de définir avec précision le mode de calcul des estimateurs. La précision de ces derniers dépend du mode de calcul mais aussi de la fiabilité des données recueillies sur le terrain. Toute interprétation n'est alors valide que dans la limite de certaines hypothèses (en particulier, la représentativité de la période de référence).

2.3.1.3. Estimations dans le cadre des enquêtes ponctuelles.

A partir des données d'une enquête ponctuelle, on peut établir un estimateur répondant à la configuration 4 (figure 2.7). Ce taux (t_4) n'est pas un bon estimateur du taux entre anniversaires (t_1).

Les événements survenus durant la période ont été appréhendés au cours de l'enquête rétrospective et l'effectif C à l'instant t obtenu dans l'enquête instantanée (effectif C_2 de la configuration 1).

On peut écrire la formule suivante (estimation la plus courante) :

$$(3) \quad t_4 = s / C$$

C est l'effectif final de la population : il faut donc estimer l'effectif initial de la configuration 1 pour pouvoir calculer l'effectif moyen :

$$(4) \quad C_2 = (1 + \phi) \times C_1$$

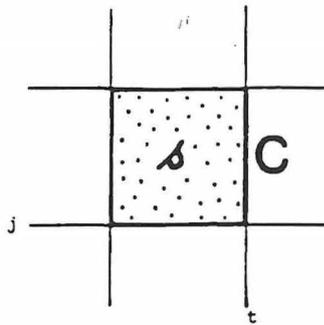
avec ϕ (taux de croît de la classe considérée) :

$$(5) \quad \phi = \frac{C_2 - C_1}{C_1}$$

Il faut donc écrire :

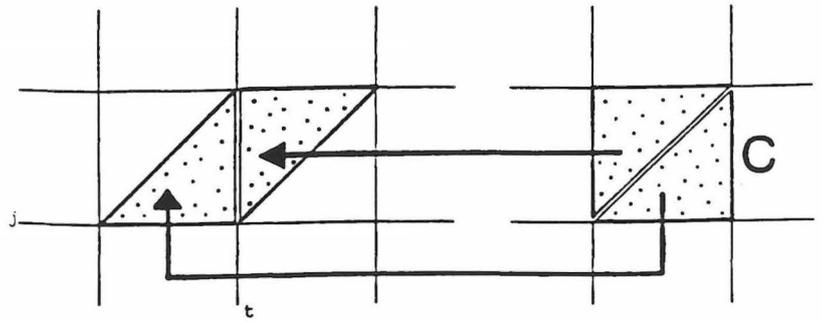
$$(6) \quad t_1 = \frac{s}{C} \times \frac{(1 + \Phi)}{(1 + \Phi/2)}$$

Configuration 4



$$t'1 = \frac{s}{C}$$

Configuration 5



$$q'3 = \frac{s}{C + \frac{s}{2}}$$

Figure 2.5 : Configurations obtenues dans les enquêtes ponctuelles.

L'erreur commise en estimant t_1 par t_4 est fonction de Φ uniquement. Il s'avère que cette erreur est généralement faible (Landais, Sissokho, 1986).

Pour préciser l'estimation, il est possible d'établir la configuration 5, qui rétablit le calcul d'un quotient, proche de la configuration 3 (figure 2.5).

Cette configuration mélange l'histoire de deux cohortes initialement, mais si la fréquence de l'événement est constant sur l'année a et l'année $a+1$, la représentation 5 (gauche) devient identique à la configuration 3, si les deux générations ont le même effectif ((5) : $\Phi = 0$).

Si les deux hypothèses précédentes (H_2 et H_3) sont vérifiées, le quotient q_5 (estimateur de q_3) répond à la formule suivante :

$$(7) \quad q_5 = \frac{s}{C + s/2}$$

C : effectif moyen de la génération fictive,
 $C + s/2$: effectif initial dans l'hypothèse de l'uniformité de la distribution d'un événement sur la période de référence.

C représente l'effectif final dans la configuration 5 (droite). Il devient effectif moyen dans la configuration 5 (gauche). Pour retrouver l'effectif initial (dénominateur du quotient), il suffit de rajouter la moitié des individus ayant subi le phénomène s (sortie), qui ne sont donc plus présents au moment de l'enquête, à l'effectif moyen C (configuration 5 - gauche).

L'enquête ponctuelle permet d'établir des estimations selon la configuration 1 (t_1 et son estimateur t_4), qui permettent d'étudier l'évolution des paramètres démographiques en fonction de l'âge des animaux.

Cette méthode conduit à des niveaux de précision variables et inconnus. Une analyse des systèmes d'élevage et du régime démographique est envisageable dans les seules limites de validité de la méthode.

Mais l'analyse démographique préfère l'utilisation des quotients (configuration 3), à laquelle on ne peut accéder que sous certaines conditions (q_3 et son estimateur q_5). L'hypothèse H_4 de la constance des paramètres sur des périodes adjacentes peut être lourde de conséquences.

On notera, qu'en zootechnie, la configuration 2 (figure 2.4) présente de nombreux avantages et est utilisable dans les analyses démographiques.

2.3.1.4. Interférences entre phénomènes démographiques.

Nous venons de rappeler les différents modes de calcul des paramètres démographiques dans le cas d'un événement unique, dont la réalisation modifiait la composition d'une classe d'âge donnée. Il est évident, que dans la réalité, les différents types d'événements peuvent interférer les uns avec les autres, et ceci met parfois en défaut l'hypothèse implicitement utilisée : *l'occurrence d'un événement n'affecte ni la réalisation ni l'observation des autres événements* (Landais, 1986a).

Cette hypothèse est erronée :

- *tout événement démographique affecte la composition du troupeau, donc l'effectif final du groupe de référence (biais sur l'effectif moyen, dénominateur des estimateurs, calculé à partir de l'effectif initial et de l'effectif final).*

- *toute sortie du troupeau (mort, émigration, vente, vols, etc...) fait disparaître des individus qui ne seront pas affectés par la réalisation ou l'observation de tout autre événement (biais sur le numérateur des taux et quotients).*

En conditions courantes, la correction apportée est de 3 à 8 pour cent de l'estimation, mais peut dépasser 10 pour cent pour des classes d'âge très affectées par un phénomène.

Dans le cas d'une projection de troupeau, les erreurs intrinsèques véhiculées par les paramètres sont amplifiées par le modèle mathématique (algorithme). Il est donc tout à fait indispensable d'avoir des paramètres initiaux d'une grande précision (une correction permet de lever les imprécisions dues à la méthode de calcul sur les taux et quotients, mais pas celles dues au choix de la méthode de collecte des données).

En travaillant avec des quotients ou probabilités événementielles, on tient compte des différents phénomènes que les individus pourront subir au cours d'une période de référence.

2.3.2. Paramètres principaux utilisés dans les analyses démographiques.

Les définitions suivantes sont données sous forme de quotients, mais apparaissent en général dans la bibliographie sous forme de taux.

Les différents auteurs utilisent le plus souvent le terme "taux" pour les paramètres démographiques car ils sont rapportés à un effectif moyen, mais peuvent relever de différentes formulations mathématiques. Les configurations présentées précédemment dénotent la variété des modèles de calcul proposés qui peut entraîner une confusion entre les différentes définitions, des interprétations et des comparaisons trop rapides.

2.3.2.1. Facteurs biologiques.

Les performances zootechniques traduisent une aptitude biologique soumise à un ensemble d'interactions (génotype/environnement) qui n'est pas sous la dépendance directe de l'homme.

2.3.2.1.1. Mortalité.

La mortalité est le nombre de morts naturelles enregistrées sur une année rapporté à l'effectif initial de la population.

$$(8) \quad Q_m = \frac{\text{nombre de morts dans l'année}}{\text{effectif initial du troupeau}}$$

Pour obtenir une plus grande précision sur ce phénomène, on est amené à déterminer les quotients de mortalité par classes d'âge. Un paramètre global masquerait les disparités de cette variable qui décroît quand on avance dans les classes d'âge pour croître à nouveau pour les classes supérieures.

Si la population n'est pas assez nombreuse pour calculer des quotients sur des tranches d'une seule année d'âge, on est amené à les calculer sur des catégories de classes d'âge (jeunes animaux, adultes).

Le calcul des paramètres par classes d'âge nécessite une bonne connaissance de l'âge des animaux et une collecte des données rigoureuse. Dans le cadre d'une enquête ponctuelle, les enquêteurs enregistrent les décès à partir de l'interrogation stricte des éleveurs. La mémoire de ces derniers peut être défaillante, surtout pour les animaux morts prématurément, peu connus et n'ayant pas occasionné une trop forte perte pour l'éleveur.

Les modèles mathématiques matriciels n'utilisent pas nécessairement le quotient de mortalité dans un schéma d'entrées-sorties. La probabilité de disparition d'un sujet peut être due à la mort, mais aussi à des prélèvements effectués par l'éleveur (vente pour la boucherie, vente en vif, autoconsommation, dons, confiage). Il devient donc plus logique d'appréhender le devenir des animaux par une probabilité de survie (9), complément à 1 de la somme des probabilités de mortalité et "vente", augmenté de la probabilité d'achat (ou arrivée dans le troupeau par une voie autre que la naissance).

On peut la définir comme suit (Tacher, 1975) :

$$(9) \quad P(x) = 1 - m(x) - v(x) + a(x)$$

$m(x)$: probabilité pour un animal d'une classe d'âge x à $x+1$ de mourir dans l'intervalle de temps t à $t+1$,

$v(x)$: probabilité pour un animal d'une classe d'âge x à $x+1$ d'être vendu à la boucherie, autoconsommé ou vendu hors de la zone étudiée dans l'intervalle de temps t à $t+1$,

$a(x)$: probabilité pour un animal d'une classe d'âge x à $x+1$ d'être acheté en dehors de la zone dans l'intervalle de temps t à $t+1$.

$P(x)$ exprimé sous cette forme représente dans la réalité la probabilité avec laquelle on retrouve un animal de la classe d'âge x à $x+1$ à l'instant t dans la classe d'âge $x+1$ à $x+2$ à l'instant $t+1$ et résulte d'un amalgame entre variable purement zootechnique ($m(x)$), sans influence directe de l'éleveur et variables d'exploitation ($v(x)$ et $a(x)$).

2.3.2.1.2. Reproduction : précocité et fécondité.

- Précocité :

En élevage traditionnel, toute femelle en âge de reproduire est considérée comme mise à la reproduction. L'âge de l'entrée en reproduction est estimé par l'âge moyen à la première mise-bas, diminué de la durée de gestation, ou âge moyen à la première saillie fécondante (précocité).

L'effectif des femelles reproductrices (voir définition précédente) qui sert à calculer les taux est estimé à partir de la moyenne arithmétique de l'effectif initial et de l'effectif final de cette catégorie d'animaux. Cette convention tient compte des entrées et sorties des reproductrices au cours de la période, donc des décisions de l'éleveur, indépendantes des performances biologiques.

$$(10) \quad \boxed{\text{effectif final} = \text{effectif initial} + \text{entrées} - \text{mortalité} - \text{sorties}}$$

L'âge moyen à la première saillie fécondante et à la première mise-bas (voir définition de la femelle reproductrice) varie selon les races, l'alimentation et les conditions d'élevage. En élevage traditionnel, la première mise-bas se situe en général dans les classes d'âge 3-4 ans ou 4-5 ans, l'âge de la première saillie fécondante se situant dans la classe d'âge immédiatement inférieure.

L'avancée ou le retard, ne serait-ce que d'une année de l'âge à la première mise-bas, peut avoir une grande influence sur la structure du troupeau et le taux de croissance de ce dernier. L'âge de mise-bas avancé de un an fait gagner 2,3 pour cent sur le taux de croissance et retardé de un an fait perdre 2,2 pour cent du même taux (Tacher, 1975).

- Fécondité

Toujours selon le modèle mathématique décrit par G. Tacher en 1975, le taux de fécondité $F(x)$ est défini comme étant le nombre d'animaux nés dans l'intervalle de temps t à $t+1$ par femelle de la classe d'âge x à $x+1$ vivante à l'instant t et qui se retrouveront vivants dans la classe d'âge 0 à 1 an à l'instant $t+1$.

Plus généralement, le taux de fécondité est défini, en démographie humaine (Pressat, 1983), comme le nombre de naissances vivantes rapporté à l'effectif moyen des femmes en âge de reproduire. En zootechnie, ce taux est le plus souvent confondu avec le taux de natalité qui inclut la mortinatalité (Landais, Sissokho, 1986).

La détermination du taux de fécondité est donc liée à la détection des mises-bas et à la différenciation entre mortinatalité, qui ne doit pas être prise en compte, et périnatalité (mortalité précoce des animaux nés vivants).

Selon les modes de calcul, les résultats seront très différents. La formule suivante (8) est plus rigoureuse que celles calculées à partir d'effectifs moyens mal définis, d'une précocité définie empiriquement et présentant des erreurs sur la définition des femelles reproductrices.

$$(11) \quad Q_f = \frac{\text{nombre de naissances vivantes de l'année } t+1}{\text{effectif initial des reproductrices de l'année } t}$$

2.3.2.2. Exploitation.

Les paramètres d'exploitation sont directement sous la dépendance de l'éleveur et caractérisent la manière dont il exploite ses animaux par ses prélèvements (Mahé, 1973).

L'exploitation des animaux résulte d'une décision de l'éleveur (ventes, abattages, échanges non marchands, dons...), dépendante elle-même de la production du troupeau et de variables exogènes (accidents climatiques, variations des prix sur le marché, ...).

Il faut aussi tenir compte des animaux sortis indépendamment de la volonté de l'éleveur (pertes, vols), qui sont quand même comptabilisés dans le volet exploitation.

On distingue les animaux morts et non consommés des animaux morts et consommés. Ces derniers ne sont pas comptabilisés avec les animaux exploités, mais avec les animaux morts, car leur disparition est la conséquence d'un phénomène non maîtrisé par l'éleveur. Leur part dans l'auto-consommation peut ne pas être négligeable.

Le quotient d'exploitation numérique répond à la formule suivante :

$$(9) \quad Q_{ex} = \frac{\text{nombre d'animaux prélevés dans l'année}}{\text{effectif initial du troupeau}}$$

Le calcul de ce quotient par classe d'âge permet d'évaluer les effectifs réellement exploités et d'analyser les stratégies d'exploitation mises en oeuvre par les éleveurs.

Ces décisions sont prises en compte dans le modèle mathématique à partir du moment où l'on utilise la probabilité de survie sur l'intervalle de temps t à $t+1$, au lieu de la mortalité par classe d'âge.

L'intervention de l'éleveur sur l'âge de la réforme modifie fortement la structure du troupeau (exemple : réforme avancée d'un an : perte de 1,9 pour cent sur le taux de croissance; réforme retardée d'un an : gain de 1,5 pour cent sur le taux de croissance - Tacher, 1975).

Chapitre 3 : Projections démographiques.

Présentation du logiciel MODECO (IEMVT, 1979).

Le logiciel MODECO, établi par l'I.E.M.V.T, calcule l'évolution de la structure d'un troupeau donné, à partir des paramètres zootechniques suivants :

- fécondité,
- mortalité,
- poids,

et des paramètres économiques :

- ventes,
- achats,
- prix.

La structure initiale est donnée pour le temps T_0 , début de la période de référence.

Cette dernière est égale à l'année. La première période s'écoule entre l'instant T_0 et l'instant T_1 .

Ce modèle mathématique de projection de troupeau fonctionne sur un ensemble "entrées-sorties", qui sera détaillé dans les paragraphes suivants.

3.1. Entrées du modèle.

Les entrées du modèle sont données par :

- effectifs par sexe et par classe d'âge (15 classes d'âge maximum),
- fécondité ou probabilité pour une femelle d'une classe d'âge considérée de donner un produit vivant entre les anniversaires x et $x + 1$. Le taux de masculinité permet de tenir compte d'une probable inégalité de la répartition des sexes à la naissance.

- **mortalité** par sexe et classe d'âge (sous forme de quotient ou probabilité avec au dénominateur le nombre de sujets présents au temps x).
- **exploitation** ou sorties du troupeau pour d'autres raisons que la mort : vente, consommation, don, prêt.
- **poids** en kilogramme par sexe et classe d'âge = poids moyen des animaux en milieu de chacune des classes d'âge.
- **prix** moyen du kilogramme vif par sexe et par classe d'âge pour les animaux en milieu de classe d'âge (en unité monétaire du pays).
- **achats** ou **entrées** dans le troupeau autres que la naissance (achats, cadeaux, emprunts).
- **modifications** éventuelles à appliquer à partir de la période choisie.

3.2. Sorties du modèle.

Le logiciel MODECO calcule pour chaque instant T :

- structure du troupeau avec effectifs par sexe et classes d'âge,
- nombre total de mâles, de femelles, d'animaux dans le troupeau,
- croît de l'effectif total,
- poids total de chaque classe d'âge par sexe, poids total des mâles, des femelles, du troupeau,
- nombre total d'UBT,
- valeur de chaque classe d'âge, des mâles, des femelles, du troupeau, la variation du capital,

et entre deux instants :

- nombre d'animaux exploités par sexe et classe d'âge, nombre de mâles exploités, de femelles exploitées, nombre total d'animaux exploités,
- productivité numérique, croît numérique, rendement du troupeau,
- poids des animaux exploités par sexe et classe d'âge, poids des mâles exploités, poids des femelles exploitées,

- valeur des animaux exploités par sexe et classe d'âge, valeur des mâles exploités, valeur des femelles exploitées, valeur totale des animaux exploités,
- productivité pondérale.

Le modèle travaille sur 15 classes d'âge maximum, sur une durée que l'on limitera à 10 - 20 ans pour que les résultats des projections ne deviennent pas illusoires.

Il suppose une égale répartition de tous les phénomènes sur l'année.

Pour une meilleure utilisation des résultats, il faudra préciser le mode de gestion du troupeau et les politiques envisagées à plus ou moins long terme (âge de la réforme, pression de sélection sur certaines classes d'âge, achats de différentes catégories d'animaux ou ventes, ...).

CONCLUSION

Deux grandes questions ressortent de cette étude des différentes méthodologies utilisées dans le recueil et le traitement des données zootechniques.

Faut-il, comme l'IEMVT, préconiser l'utilisation de l'âge déclaré par l'éleveur et estimer que sa fiabilité est suffisante dans le cadre d'une enquête ponctuelle ?

Cette question amène aujourd'hui à un travail méthodologique qui validera ou non cette acceptation.

De plus, nous avons été amené à différencier deux modes de calcul des paramètres zootechniques : les taux et les quotients.

Les quotients ont été retenus dans les projections de troupeaux gérées par le logiciel MODECO : ils représentent les probabilités pour qu'un événement se réalise au sein d'une classe d'âge considérée. L'ensemble de ces probabilités sont regroupées dans une matrice pour le calcul mathématique.

Cette réflexion méthodologique rentre dans le cadre d'une meilleure gestion des troupeaux extensifs et une meilleure adéquation des ressources/besoins dans des zones où l'équilibre des systèmes écologiques est fragile.

BIBLIOGRAPHIE

ANDREWS (A.H.). A survey of the relationship between age and the development of the anterior teeth in cattle. *The Veterinary Record*, 1973, 92 : 275-281.

BRAZAL-GARCIAL (T.), ROY (G.), DUMONT (B.L.). Evolution des incisives chez les bovins. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1971, 24 (1) : 53-68.

COULOMB (J.). La race N'Dama : quelques caractéristiques zootechniques. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1976, 29 (4) : 367-380.

DUMAS (R.), LHOSTE (Ph.). Les signes de l'âge chez le zébu. Etude des incisives de remplacement. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1966, 19 (3) : 357-363.

GIDEL (R.). Etude sur la composition moyenne de troupeaux de bovins de Haute-Volta et de Côte d'Ivoire en fonction de l'âge et du sexe. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1972, 25 (4) : 543-550.

GILIBERT (J.). Evolution des incisives chez les zébus malgaches. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1974, 27 (1) : 115-123.

I.E.M.V.T. Notice pour l'utilisation sur ordinateur du modèle mathématique d'évolution des troupeaux "MODECO". Maisons-Alfort, Août 1979, 23p.

I.E.M.V.T.- C.I.R.A.D. Les enquêtes sur la productivité du bétail. Maisons-Alfort, Fiches techniques d'élevage tropical, Septembre 1989, fiche n°5, 8p.

LANDAIS (E.). Contribution à l'étude des interférences entre phénomènes démographiques et propositions pour l'estimation sans biais des paramètres démographiques usuels. *in* : LANDAIS (E.), éd. Méthodes pour la recherche sur les systèmes d'élevage en Afrique intertropicale, Mbour, 2-8 Février 1986, Etudes et Synthèses de l'I.E.M.V.T n°20, 1986a, p : 497-517.

LANDAIS (E.). Bases méthodologiques des enquêtes et de l'expérimentation sur les systèmes d'élevage - Objectifs, élaboration des protocoles et analyse statistique des résultats. *in* : LANDAIS (E.), éd. Méthodes pour la recherche sur les systèmes d'élevage en Afrique intertropicale, Mbour, 2-8 Février 1986, Etudes et Synthèses de l'I.E.M.V.T n°20, 1986b, p : 613-687.

LANDAIS (E.), SISSOKHO (M.M.). Bases méthodologiques de contrôle des performances animales pour l'analyse zootechnique et démographique : collecte des données et choix des variables. *in* : LANDAIS (E.), éd. Méthodes pour la recherche sur les systèmes d'élevage en Afrique intertropicale, Mbour, 2-8 Février 1986, Etudes et Synthèses de l'I.E.M.V.T n°20, 1986, p : 433-485.

MAHE (L.P.). Un modèle de projection démographique appliqué aux cheptels animaux. I.N.R.A, Station d'Economie rurale de Rennes, 1973, rapport n°13, 52p.

PLANCHENAULT (D.). Enquête productivité du bétail guinéen. Manuel à l'usage des enquêteurs. I.E.M.V.T., Décembre 1985b, 51p.

POIVEY (J.P.), LANDAIS (E.), SEITZ (J.L.), KOUYATE (M.). Détermination de l'âge des bovins par l'examen de la dentition. Méthodologie et principaux résultats acquis en milieu villageois dans le Nord de la Côte d'Ivoire. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1981a, 34 (1) : 55-62.

PRESSAT (R.). L'analyse démographique - Concepts - Méthodes - Résultats. Presses Universitaires de France, Paris, 1983, 295p.

SARNIGUET (J.), RAYMOND (H.), LEGALL (M.), LE GRAND (Y.), COULOMB (J.), ROBINET (A.H.), LACHAUX (M.P.). Etude de la structure et de la dynamique des troupeaux bovins. Méthodologie pratique. SEDES, Ministère de la Coopération, Paris, 1975, 227p.

TACHER (G.). Notes sur la démographie bovine au Sahel. I - Représentation et projection théoriques du troupeau par un modèle mathématique. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1975, 28 (4) : 547-569.

U.N.E.S.C.O. Livre du maître sur la biologie des populations humaines (Afrique). Les Presses de l'UNESCO, Paris, 1976, 452p.

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Les enquêtes.
Landais, 1986b.

Annexe 2 : Fiches d'enquête.

- Etat du troupeau (feuille verte),
- Composition du troupeau (feuille blanche),
- Carrière des femelles bovines - équines - camelines.
(feuille jaune),
- Carrière des femelles ovines - caprines,
(feuille rose),

I.E.M.V.T.

Annexe 3 : Repérage dans le temps - Diagramme de Lexis.
Pressat, 1983.

ANNEXE 1

LES ENQUETES

Source : Landais, 1986b.

Définition : "toute opération visant à la collecte d'informations sur un sujet quelconque, en s'abstenant volontairement d'intervenir sur le déroulement des phénomènes étudiés".

Source des informations :

- recherche bibliographique ou documentaire,
- entretiens,
- investigations directes (l'enquêteur pratique lui-même les observations ou les mesures).

Caractéristiques de l'enquête par entretien :

- *cible* : groupe au sein duquel est choisi l'échantillon des personnes interrogées,
- *dimension* : effectif de l'échantillon,
- *taux de sondage* : nombre de personnes enquêtées par rapport au nombre total de personnes du groupe-cible, (si $T_s = 1$: enquête exhaustive),
- *méthode d'échantillonnage* (voir tableau suivant),
- *déroulement dans le temps* (ponctuelles, périodiques, permanentes),
- *méthode pour la conduite des entretiens* (individuels ou collectifs, directifs, semi-directifs ou libres, lieu, durée, ...),
- *méthode de recueil de l'information* (questionnaire formel ou informel, enregistrement sonore, transcription directe ou différée),
- *niveau et expérience des enquêteurs*,
- *maîtrise de la langue utilisée pour l'enquête*.

ANNEXE 1 (suite)

Méthode d'échantillonnage	Probabiliste O/N	Descriptif
aléatoire, au hasard	O	chaque individu a la même probabilité d'être retenu
empirique	N	les individus sont retenus quand on les rencontre jusqu'à l'obtention du nombre désiré
systematique		on retient tous les individus nk (ièmes) d'une liste à partir d'un point d'origine tiré au hasard
probabiliste	O	probabilité de retenir un individu connue ou estimée avec précision
non probabiliste	N	la probabilité de retenir un individu est inconnue
par quotas	N	les individus avec une caractéristique particulière sont retenus jusqu'à l'obtention du nombre désiré
choix raisonné	N	l'échantillon est constitué pour représenter une caractéristique particulière à la population
à plusieurs degrés	O	en deux étapes ou plus (choix d'une liste de villages et choix des familles dans ces villages)
en grappes		sondage à plusieurs degrés où tous les individus d'une même grappe sont retenus
multiphase		les différents types d'information sont obtenus dans des sous-populations différentes
en deux phases		échantillonnage multiphase dans lequel les données sont recueillies dans deux sous-échantillons
en strates	O	division de l'échantillon en strates et tirages au sein des strates

TABLEAU A.1 : Méthodes d'échantillonnage.

Source : Landais, 1986b.

ANNEXE 2

Fiche verte : Etat du troupeau.

Fiche blanche : Composition du troupeau.

Fiche jaune : Carrière des femelles bovines - équines -
camelines.

Fiche rose : Carrière des femelles ovines - caprines.

ETAT DU TROUPEAU

N°

LOCALISATION	PAYS :	RÉGION :	SECTEUR :
	VILLAGE ou CAMPEMENT :		
	ETHNIE DOMINANTE :	COORDONNÉES { Latitude : Longitude :	

ENQUÊTE	PERSONNE ENQUÊTÉE :	PROPRIÉTAIRE <input type="checkbox"/>	ENFANT <input type="checkbox"/>
		FEMME <input type="checkbox"/>	GARDIEN <input type="checkbox"/>

CONSTITUTION - TROUPEAU	PROPRIÉTAIRE UNIQUE :	PROPRIÉTAIRE MULTIPLE	NOMBRE <input type="text"/>
	SÉDENTAIRE <input type="checkbox"/>	REGROUPEMENT DE <input type="text"/>	SÉDENTAIRE (S)
	TRANSHUMANT <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	TRANSHUMANT (S)
	NOMADE <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	NOMADE (S)
	ACTIVITÉS: ELEVAGE <input type="checkbox"/>	ORIGINAIRES DE <input type="text"/>	VILLAGE (S)
	AGRICULTURE <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	FAMILLE (S)
	COMMERCE <input type="checkbox"/>	FORMANT UN TROUPEAU DE <input type="checkbox"/>	SÉDENTAIRE
	ARTISANAT <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TRANSHUMANT
AUTRE <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NOMADE	

EVALUATION	NOMBRE DE BOVINS <input type="text"/>	EQUINS <input type="text"/>	ABREUUREMENT	DIRECT <input type="checkbox"/>
	OVINS <input type="text"/>	ASINS <input type="text"/>		PROPRIÉTAIRE DE <input type="text"/>
	CAPRINS <input type="text"/>	CAMELINS <input type="text"/>		LOCATAIRE DE <input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>		GRATUITÉ DE <input type="text"/>

} CITERNES

GARDIENNAGE	PROPRIÉTAIRE <input type="checkbox"/>	TRANSHUMANT - NOMADE	PAYS D'ORIGINE <input type="text"/>
	FEMME <input type="checkbox"/>		DERNIER LIEU <input type="text"/>
	ENFANT <input type="checkbox"/>		FUTUR LIEU <input type="text"/>
	GARDIEN <input type="checkbox"/>		DURÉE SÉJOUR <input type="text"/>
	SALAIRE { ESPÈCE <input type="checkbox"/>		MODE DE DÉPLACEMENT À PIED
	ANIMAUX <input type="checkbox"/>		PROPRIÉTAIRE DE <input type="text"/>
	LAIT <input type="checkbox"/>	LOCATAIRE DE <input type="text"/>	
	<input type="text"/>	} VÉHICULES	

Enquêteur :

Date :

Signature :

COMPOSITION TROUPEAU

REVOI FEUILLE : _____

PERSONNE ENQUETÉE :

REVOI TROUPEAU N° : _____

PROPRIETAIRE

GARDIEN

SUITE :

OBSERVATIONS :

OBSERVATIONS DES DENTS

	ESPECE	R A C E	SEXE	Â G E	ORIGINE	Nb. GEST.	UTILISATION	POIDS		
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

Enquêteur :

Date :

Signature :

CARRIÈRE DES FEMELLES - BOVINES - EQUINES - CAMELINES

REVOI FEUILLE : _____

PERSONNE ENQUETÉE :

REVOI TROUPEAU N° _____

PROPRIÉTAIRE

GARDIEN

RACE :

AGÉE DE _____ ANS

AYANT EU _____ MISES BAS

DATE DE NAISSANCE : _____

	MISE BAS		PRODUIT 1				PRODUIT 2			
	N°	DATE	SEXE	VIVANT	DEVENIR	ÂGE	SEXE	VIVANT	DEVENIR	ÂGE
0										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15+										

Enquêteur :

Date :

Signature :

CARRIÈRE DES FEMELLES OVINES CAPRINES

RENOVI FEUILLE : _____

PERSONNE ENQUÊTÉE :

RENOVI TROUPEAU N° _____

PROPRIÉTAIRE

GARDIEN

RACE :

AGÉE DE _____ ANS

AYANT EU _____ MISES BAS

DATE DE NAISSANCE _____

FEMELLE	ÂGE	MISE BAS		1			2			3			4			5		
		N°	DATE	SEXE	DEVENIR	NATURE												
						CAUSE												
						ÂGE		ÂGE		ÂGE		ÂGE		ÂGE		ÂGE		
0																		
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10 ⁺																		

Enquêteur :

Date :

Signature :

ANNEXE 3

REPERAGE DANS LE TEMPS

DIAGRAMME DE LEXIS

Source : Pressat, 1983.

Le temps, variable essentielle en démographie, peut être repéré à l'aide du calendrier ou mesuré selon la durée écoulée depuis un événement antérieur.

Les statistiques démographiques combinent ces deux types de mesures du temps.

Le temps est repéré sur une droite, l'instant représenté par un point, la durée par un segment.

Pour plus de facilité, les individus sont regroupés en classes selon leur âge, compté en nombre entier d'années ou âge en années révolues.

Le diagramme de LEXIS, statisticien allemand, permet de visualiser les différents événements survenus dans la vie d'un individu (figure A3.1).

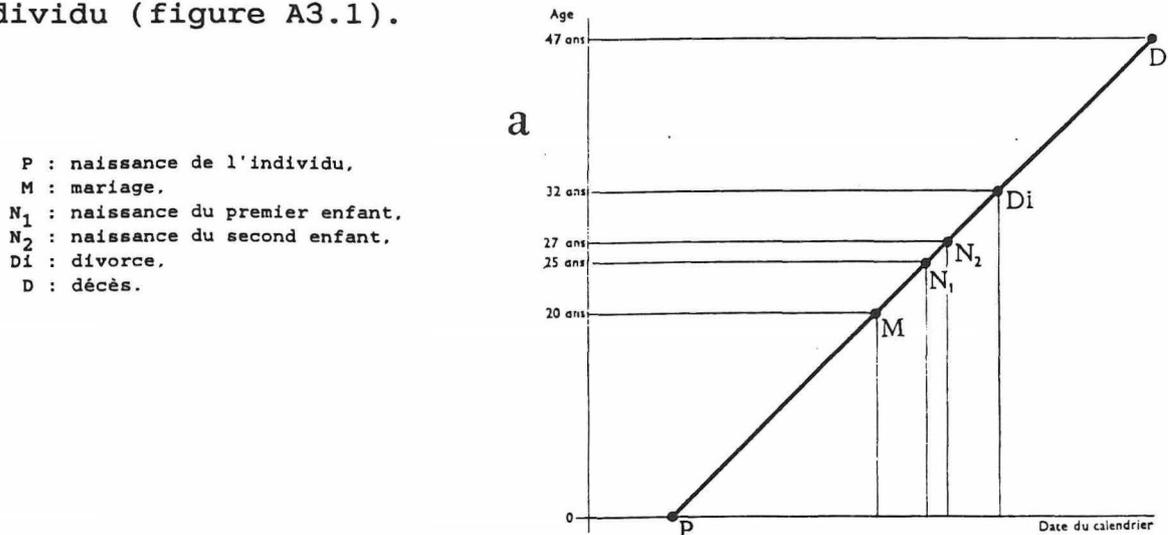


Figure A3.1 : Histoire d'un individu, en fonction des dates et de son âge.

Source : Pressat, 1983.

Cette configuration doit être modifiée dans le cas d'une population.

On indique alors :

- le nombre de lignes coupant un segment donné,
- le nombre de points-événements se trouvant dans une surface donnée.

ANNEXE 3 (suite 1)

Le plan est quadrillé avec les horizontales d'anniversaires et les verticales de 1er Janvier.

Toutes les lignes de vie d'une génération sont comprises dans un couloir diagonal (figure A3.2).

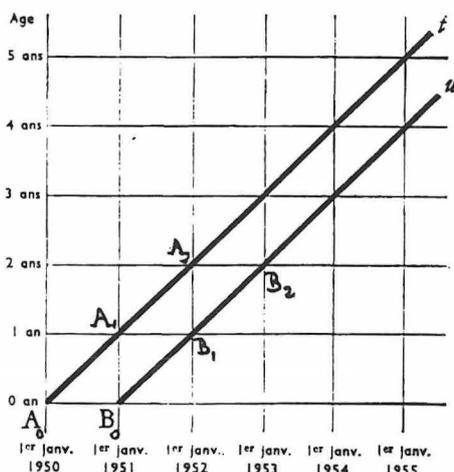


Figure A3.2 : Quadrillage du plan.

Source : Pressat, 1983.

Les survivants S_x sont les flux des lignes de vie au travers des segments A_0B_0 , A_1B_1 , ..., A_xB_x , ..., et les décès sont les nombres de points mortuaires dans les parallélogrammes $A_0B_0A_1B_1$, ..., $A_xB_xA_{x+1}B_{x+1}$,

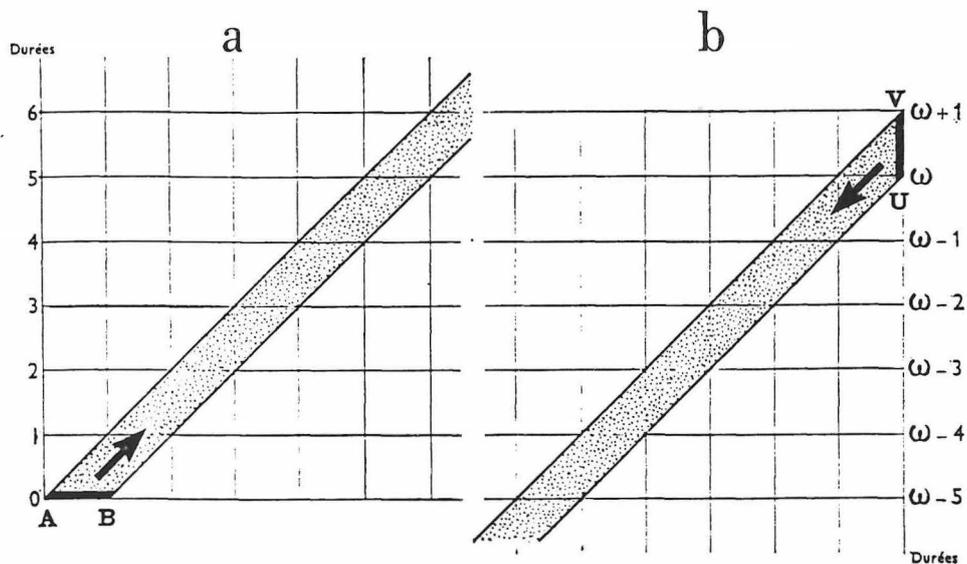
Pour étudier un phénomène donné, il faut constituer des cohortes dans lesquelles les données statistiques seront recueillies. La cohorte peut être suivie depuis son origine, par enregistrement progressif des événements (observation continue) ou par enquête auprès des individus ayant atteint l'instant w (observation rétrospective) (figure A3.3).

Dans l'observation continue, les événements observés concernent tous les membres de la cohorte.

ANNEXE 3 (suite 2)

L'observation rétrospective permet d'interroger les individus qui n'ont pas subi les deux principaux phénomènes perturbateurs (mortalité, migration). On opère donc des sélections, au sens statistique, dans les cohortes étudiées. Les individus de la cohorte exclus de l'enquête, car absents au moment de l'interrogatoire, ont pu avoir un comportement différent vis-à-vis du phénomène étudié, ceci n'étant pris en compte dans l'observation rétrospective.

Il est possible alors d'interroger des témoins de l'événement ou de retrouver des traces écrites, mais cet appel à la mémoire est source d'erreurs et d'omissions.



a, observation continue ; b, observation rétrospective

Figure A3.3 : Modes d'observation.

Source : Pressat, 1983.

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES.

Tableau 1.1 : Age moyen à l'éruption des incisives de remplacement (en mois)	8
Tableau 1.2 : Age moyen à l'éruption des dents d'adultes et âge moyen aux stades 2, 4, 6 dents adultes (mois)	8
* * * * *	
Figure 1.1 : Typologie et étude des troupeaux	4
I.E.M.V.T - C.I.R.A.D, 1989.	
Figure 1.2 : Relation entre l'âge et les degrés d'usure dentaire	6
Brazal-Garcia et al., 1971.	
Figure 2.1 : Appréciation de la stabilité du régime démographique d'une population animale à partir de la pyramide des âges	11
Landais, Sissokho, 1986.	
Figure 2.2 : Divers types de pyramides des âges	12
Saunders, 1971.	
Figure 2.3 : Configurations usuelles pour le calcul des taux	15
Landais, Sissokho, 1986.	
Figure 2.4 : Configurations usuelles pour le calcul des quotients	17
Landais, Sissokho, 1986.	
Figure 2.5 : Configurations obtenues dans les enquêtes ponctuelles	19
Landais, Sissokho, 1986.	

*

* * *

RESUME

Cette synthèse bibliographique, préliminaire à un travail sur l'interprétation des pyramides des âges des bovins en élevage traditionnel africain, présente les principales méthodes utilisées dans le recueil des données et dans le calcul des paramètres de production.

Il est nécessaire de différencier les deux modes de calcul des paramètres utilisés dans les analyses zootechniques et démographiques. Les taux sont calculés en rapportant le nombre d'événements E survenus pendant la période de référence au nombre moyen des individus qui pourraient être concernés par cet événement alors que les quotients rapportent ce même nombre d'événements E au nombre d'individus présents en début de période.

Les quotients représentent les probabilités d'apparition des événements sur une période considérée pour une tranche de la population.

Le logiciel MODECO est présenté à la fin de cette synthèse comme exemple de logiciel utilisant les quotients dans une projection de troupeau.