

## **Effets de l'indice de température et d'humidité relative de l'air sur la fécondité des bovins en zone agropastorale de Banikoara (Nord-Bénin)**

**Sabai KATE<sup>1</sup>, Castro G. HOUNMENO<sup>2\*</sup>, Codjo Emile AGBANGBA<sup>2</sup>, Donalde D. S. DEGUENON<sup>3</sup>, Michel Gbaguidi<sup>3</sup>, Lawal G. K. NAKOU<sup>4</sup> et Brice SINSIN<sup>3</sup>**

1. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 PB 884 Cotonou (République du Bénin).
2. Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimations Forestières, Université d'Abomey-Calavi, 04 BP 1525 Cotonou (République du Bénin).
3. Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou (République du Bénin).
4. Université Cheikh Anta Diop Sénégal, Département de Biologie Végétale, B.P. 5005 Dakar (République du Sénégal).
5. Laboratoire d'Étude et de Recherche en Statistique Appliquée et Biométrie, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou (République du Bénin).

\*Auteur correspondant: +229 98982833

---

### **RESUME**

L'effet de l'indice de température et d'humidité relative de l'air (ITH) sur la fécondité des troupeaux bovins a été évalué dans la zone agropastorale de production cotonnière de Banikoara entre 2012 et 2013. L'enquête rétrospective transversale a permis de collecter des informations auprès de 678 ménages agricoles possédant des troupeaux bovins. Au total, 5305 vêlages ont été enregistrés à partir de 12581 bovins dans 490 troupeaux Bariba, en élevage sédentaire et 1221 vêlages obtenus de 3578 bovins à partir de 188 troupeaux Peulhs, en élevage transhumant. Le taux de fécondité et l'âge au premier vêlage ont été comparés par le test t de student, indiquant une absence de différence significative entre les deux systèmes d'élevage. Par ailleurs, l'analyse des variations de l'indice de température et d'humidité révèle qu'elles sont fonctions des saisons. Elles influencent le taux de fécondité tout comme le taux de vêlage. De même, l'étude a fait ressortir que l'âge au 1<sup>er</sup> vêlage est tardif. En outre, l'ITH mensuel est négativement associé aux taux de fécondité et de vêlage quel que soit le système. Dans un contexte des changements climatiques, il urge de procéder à des sélections et à l'insémination afin d'accroître les performances de production et de reproduction ainsi que la durabilité économique d'élevage des bovins.

**Mots clés:** Bovin, vêlage, reproduction, saison, Bénin.

## **Effects of the temperature index and relative humidity of air on the fecundity of cattle agropastoral areas of cotton production in the municipality of Banikoara (North Benin).**

### **ABSTRACT**

The effect of the index of temperature and relative humidity (ITH) on fertility in cattle herds has been evaluated in agropastoral areas of cotton production Banikoara between 2012 and 2013. The cross-sectional retrospective survey has collected information from 678 farm households with bovine herds. A total of 5305 calvings were recorded from 12581 cattle selected from 490 Bariba herds sedentary breeding and calving 1221 to 3578 obtained from 188 cattle Fulani herds in transhumance. The fertility rate and age at first calving have been compared by the Student t test, indicating the absence of significant difference between the two breeding systems. Furthermore, analysis of the index variations of temperature and humidity reveals that they depend on the seasons. They influence fertility as calving rate. Similarly, the study identified that the age at first calving was late. In addition, the monthly ITH is negatively associated with fertility and calving whatever the system. In a context of climate change, it is urgent to conduct selections and insemination in order to increase the production and reproduction performance and the economic sustainability of cattle farming.

**Keyword:** Cattle, calving, breeding, season, Benin.

### **INTRODUCTION**

L'élevage bovin représente un poids important dans l'économie béninoise, notamment au nord du pays (Djenontin et al., 2009). A cet effet, il est la source qui couvre les besoins en lait, en protéine animale et valorise la main d'œuvre employée en milieu rural (Srairi et al, 2007 ; Sokouri et al, 2014). Cependant il est influencé par une multitude de contraintes qui dépendent principalement de l'environnement (Mouffok, 2007) et du climat (Doti, 2010 ; Schilling et al., 2012). En effet, il est de plus en plus scientifiquement établi que des changements du climat de la Terre sont en cours et induisent des menaces sur les ressources naturelles. Il est prévu que ces variabilités dues aux changements climatiques induiront une augmentation lente mais continue de la température globale moyenne de la surface de la terre ainsi qu'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes tels que les sécheresses, les inondations, les vagues de chaleur (Bationon, 2009; Guibert et al., 2010). Ces manifestations affectent négativement les performances de production et de reproduction (khang'mate et al., 2000), la production laitière (Senoussi, 2008) et la durabilité économique d'élevage des bovins (Srairi, 2007). Ainsi, pour éliminer l'excès de chaleur et maintenir l'équilibre de la balance thermique interne lorsqu'il fait chaud, les bovins utilisent l'énergie directe provenant de leurs réserves corporelles. Celle-ci n'est toujours pas suffisante, par conséquent, la température du corps augmente et affecte plusieurs de leurs fonctions. En effet, la viabilité des ovules et des spermatozoïdes baisse considérablement face aux températures corporelles plus élevées que la normale, entraînant de faibles taux de fertilité et de fécondité (Koutinhouin et al., 2009). Le développement des jeunes embryons qui sont très vulnérables aux températures élevées dans les premiers jours de vie est aussi affecté (Rensis et Scaramuzzi, 2003). Les températures élevées occasionnent le stress thermique avec ses corollaires chez les bovins (Ravagnolo et Misztal, 2002; Rensis et Scaramuzzi, 2003).

Le stress thermique est dépendant des facteurs environnementaux tels que la température de l'air, l'humidité relative, la vitesse du vent, la densité de peuplement (surface et volume disponible par animal), le manque de zones ombragées, ainsi que des facteurs liés à l'animal (West, 2003 ; Bryant et al., 2007). Bien que la température ambiante soit la composante principale du stress thermique, la part de l'humidité relative de l'air n'est pas négligeable (Koutinhoun et al., 2009). Pour cela, les indices de température et d'humidité relative de l'air (ITH) sont utilisés pour mieux estimer l'effet synergique de ces deux variables climatiques sur la reproduction des animaux (Bouraoui et al., 2002). Par ailleurs, le mode d'élevage de bovins dans la zone agropastorale de production cotonnière de la commune de Banikoara au Nord du Bénin demeure encore traditionnel et les performances zootechniques sont mal connues. L'ignorance de l'influence relative des principaux paramètres climatiques sur la reproduction ainsi que la quasi-absence de données zootechniques fiables constituent un handicap majeur à tout effort d'amélioration de la productivité numérique ou pondérale. C'est dans la perspective de pallier à ces insuffisances que s'inscrit le présent article dont le but est d'évaluer les effets de la température et de l'ITH sur les paramètres de reproduction des troupeaux bovins en zone agropastorale de production cotonnière, afin de contribuer efficacement à la gestion de la reproduction et à la durabilité de la filière.

## **MATERIEL ET METHODES**

### **Zone d'étude**

La zone agropastorale de production cotonnière de la commune de Banikoara est localisée au Nord-Ouest du Département de l'Alibori, entre 2°05' et 2°46' de longitude Est d'une part et, entre 11°02' et 11°34' de latitude Nord d'autre part (Figure 1). Elle est rattachée à la zone soudanienne du Bénin et donc au climat soudanien sec, avec une pluviosité annuelle variant de 800 mm à 1100 mm, une température moyenne de 24 °C à 31 °C, une insolation de 2862 heures/an, une humidité relative de 18% à 99%. La végétation est constituée essentiellement de savanes et de forêts galerie pour des lithosols et des sols hydromorphes (Natta, 2003; Assogbadjo et al., 2005). La superficie de la zone est de 4397,20 km<sup>2</sup> dont environ 49% de terres cultivables et 50% d'aires protégées (parc national du W du Niger et la zone cynégétique de l'Atacora).

### **Communautés pratiquant l'élevage bovin dans la zone d'étude**

Les Baribas et les Peulhs sont les deux communautés qui s'adonnent aux activités d'élevage bovin dans la commune de Banikoara. Les Baribas, principaux propriétaires terriens, sont des agriculteurs par tradition et, dans leur souci de disposer d'animaux de trait, ils ont constitué des troupeaux bovins avec les revenus du coton. A l'origine, les troupeaux étaient confiés à un éleveur Peulh mais de nos jours, de plus en plus, les Baribas conduisent eux-mêmes leurs troupeaux. Le système de production pratiqué est de type sédentaire, associant un élevage de type semi-amélioré à différentes cultures (de subsistance et de rente) dont le coton (Djenontin et al., 1999). Dans ce système, seul le terroir est exploité, on note un faible niveau de déplacement des animaux et une complémentation alimentaire à base de réserves fourragères en saison sèche. Quant aux Peulhs, ils sont des éleveurs par tradition. Leur troupeau est constitué non seulement par leurs propres animaux mais aussi parfois par des bovins appartenant à différents propriétaires et dont ils ont à charge la conduite suivant des types particuliers de contrat. Le système peulh (transhumant) est caractérisé par une grande mobilité et un faible lien

avec l'agriculture. C'est un système d'élevage extensif. Pendant la saison sèche, le fourrage est rare, les troupeaux sont en transhumance sur de grandes distances.

### Conduite des troupeaux bovins

Les troupeaux sont majoritairement constitués des Taurins de race Borgou. Cette race est issue du croisement stabilisé du Taurin Lagunaire ou Somba d'Afrique Occidentale par le Zébu Fulaniblancs (Felius, 1985). En général, les bovins sont gardés par de jeunes bouviers, sous la responsabilité d'un bouvier de métier. De jour, les animaux sont conduits au pâturage à l'exception des veaux de moins de 4 mois qui sont regroupés dans les alentours du campement. De nuit, les animaux sont attachés au piquet par une corde à l'exception des taureaux qui peuvent circuler librement parmi les femelles des différents troupeaux d'une part, et d'autre part les veaux que l'on prive de la tétée lorsque le lait de leur mère est destiné à l'alimentation humaine. En moyenne annuelle, les bovins sortent huit heures par jour, 20% de ce temps est perdu en déplacement, la pâture et le repos/abreuvement représentant 75% et 5% respectivement du temps global. En saison sèche, les animaux se déplacent après la traite matinale vers 8-9 heures et reviennent vers 18-19 heures, soit à peu près 10 heures de pâturage. Ils vont s'abreuver entre 12 et 13 heures. En saison des pluies, les travaux agricoles nécessitent tous les bras valides. 95% des éleveurs de la zone pratiquent une agriculture d'autoconsommation, et par conséquent, les animaux ne sont libérés qu'après les travaux champêtres. La durée de pâturage diminue fortement, les bovins sortent vers 10-11 heures et reviennent plus tôt, vers 16-17 heures. Par ailleurs, le suivi sanitaire est assuré pour une part par les services publiques et pour l'autre, par des para-vétérinaires privés exerçant dans la commune et les villages environnants. La reproduction est basée sur la monte libre et des naissances sont enregistrées tout au long de l'année.

### 1.4. Méthodes d'échantillonnage

La méthode d'échantillonnage utilisée dans le cadre de cette étude est l'échantillonnage aléatoire simple (Ardilly, 2006). La taille de l'échantillon ( $n$ ) est calculée selon la formule de Dagnelie (1998) :

$$n = \frac{U_{1-\alpha/2}^2 \times p(1-p)}{d^2}$$

Où  $U_{1-\alpha/2}$  est la valeur de la variable aléatoire normale pour une valeur de la probabilité  $1-\alpha/2$  (pour un seuil de significativité  $\alpha = 0,05$ ,  $U_{1-\alpha/2}^2 = 3,84$ ),  $d = 0,03$  étant la marge d'erreur qui a été fixée en tenant compte de la précision voulue, et  $p$  le taux de sondage qui est égale à la proportion de ménages possédant un troupeau. Suivant les résultats des enquêtes de l'INSAE en 2002,  $p=20,44\%$ . Ainsi, le nombre de ménages possédant de troupeau à enquêter est égal à 694 ménages, proportionnellement répartis entre les dix arrondissements de la commune (Tableau 1).

Les outils de collecte de données utilisés dans le cadre de la présente étude sont : un questionnaire individuel, un questionnaire de groupe (*focus group*), un guide d'entretien et des fiches de recensement des troupeaux bovins ainsi que des fiches relatives à la perception des effets des changements climatiques sur les paramètres de

la reproduction des bovins. Les questionnaires étaient administrés aux agro-éleveurs Bariba et éleveurs peulhs.

### **Analyse de l'influence de l'ITH sur la fécondité et le taux de vêlage**

Pour les vêlages, les données se rapportent à 5305 vêlages enregistrés à partir de 10580 vaches Borgou choisies dans 678 troupeaux (troupeaux peulhs et Baribas). Les données se rapportent à 4084 vêlages enregistrés à partir de 9003 vaches Borgou choisies dans 490 troupeaux Baribas et à 1221 vêlages obtenus à partir de 3578 vaches Borgou dans 188 troupeaux peulhs tous situé dans la commune de Banikoara.

Pour l'âge au 1<sup>er</sup> vêlage, les données se rapportent à 2001 vêlages enregistrés à partir de 678 troupeaux (sédentaires et transhumants). Les données se rapportent à 1487 vêlages enregistrées à partir de 490 troupeaux Baribas et 514 vêlages obtenus à partir de 188 troupeaux.

### **Calcul de l'ITH**

Le calcul de l'indice de température et d'humidité (ITH) est réalisé à l'aide de la formule de Bouraoui et al. (2002) suivant la relation:

$$ITH = 1,8 \times T - (1 - HR) \times (T - 14,3) + 32$$

Où **T** est la moyenne mensuelle des températures minimales et maximales en degrés Celsius (°C) et **HR** est la moyenne mensuelle des humidités relatives maximales et minimales (exprimé comme une fraction de l'unité).

Les températures et humidités relatives mensuelles pour la période de 2012 à 2013 sont fournies par les services de météorologie de l'ASECNA et concernent les enregistrements issus de la station météorologique de Kandi (confère Figure 1). Les températures et humidités relatives exploitées pour le calcul de l'ITH sont celles des mois de saillies fécondantes.

### **Détermination des mois de saillies fécondante de chaque système d'élevage**

Sur la base des résultats du recensement des troupeaux, les effectifs des troupeaux Baribas et Peulhs, le nombre de vaches ainsi que le nombre de naissances mensuels des veaux pour chacun des deux systèmes transhumants (Peulhs) et sédentaires (Bariba) sont rendus disponibles. Sur cette base, l'estimation des mois de saillies fécondantes a été faite à partir des mois de vêlage sachant que la durée de la gestation étant en moyenne de 9 mois chez les bovins. En considérant comme point de repère les mois de vêlages, les mois de saillies fécondantes ont été estimés en comptant dans le sens inverse des mouvements des aiguilles d'une montre 9 mois à partir du mois de vêlage.

### **Estimation du taux de fécondité, du taux de vêlage et de l'âge au 1er vêlage**

Le taux de fécondité annuelle est estimé par troupeaux et pour chacun des systèmes d'élevages. Le taux de fécondité est obtenu en faisant le rapport entre le nombre de naissance annuelle et le nombre de bovins mis en reproduction. Quant à l'estimation du taux de vêlage mensuel, il est obtenu par le rapport entre le nombre de vêlage mensuel et le nombre de vêlage annuel. Pour ce qui est de l'estimation de l'âge au 1<sup>er</sup> vêlage,

l'âge moyen des génisses à la 1<sup>ère</sup> mise bas est calculé sur les 2001 données enregistrées à partir de 678 troupeaux dont 490 pour les Baribas et 188 pour les Peulhs.

### ***Analyses statistiques***

Pour la comparaison du taux de fécondité et de l'âge au premier vêlage selon le système d'élevage Bariba ou Peulhs, le test t de student a été réalisé. Préalablement, les conditions de normalité ont été vérifiées grâce au test de Shapiro-Wilk et l'homogénéité des variances grâce au test de Levene (Zar, 1999). La méthode K-mean a servi à la catégorisation du taux de fécondité et de l'âge au premier vêlage, suivant la combinaison des facteurs arrondissement et type de système d'élevage. Le test de corrélation de Pearson a servi à la vérification du lien linéaire entre les variables température moyenne et humidité relative moyenne de l'air, respectivement avec l'ITH. En ce qui concerne la relation entre l'ITH et le taux de vêlage des deux systèmes d'élevage des courbes de tendances ont été construites. Pour ce qui est de la perception des risques climatiques sur la fécondité des troupeaux bovins, la méthode d'analyse log-linéaire a été appliquée aux fréquences absolues des enquêtés percevant les effets des changements climatiques sur les paramètres de reproduction des troupeaux bovins en fonction de leurs arrondissements, leurs groupes sociolinguistiques (situation professionnelle) et de leurs catégories d'âge (Jeunes, adultes et vieux). Puis le facteur à effet significatif retenu est utilisé pour la construction d'histogramme. Toutes les analyses statistiques ont été faites avec le logiciel R 3.3.2 (R Development Core Team, 2016).

## **RESULTATS**

### ***Caractérisation des troupeaux bovins suivant les paramètres de reproduction***

#### ***Taux de fécondité et âge au premier vêlage***

Les résultats de la figure 2 révèlent que le taux moyen de fécondité et l'âge moyen au premier vêlage des sujets issus des troupeaux sédentaires (agro-éleveurs Bariba) sont identiques à ceux des sujets des troupeaux transhumant (éleveurs Peulh) au seuil de 5%. La moyenne du taux de fécondité observée du côté des Bariba est  $45,96 \pm 2,49\%$  contre  $39,18 \pm 3,64\%$  chez les Peulh. En ce qui concerne la variable âge au premier vêlage, la moyenne est de  $3,29 \pm 0,20$  ans dans le système d'élevage Bariba et est de  $3,48 \pm 0,32$  ans dans le système d'élevage Peulh.

#### ***Catégorisation du taux de fécondité et de l'âge au premier vêlage, suivant la combinaison arrondissement et type de système d'élevage***

Trois grandes classes du taux de fécondité ont été obtenues suite à l'analyse des résultats du K-mean test (79.3% de variabilité entre les classes) suivant la combinaison entre les facteurs arrondissement et ethnique. Ainsi la classe 1 qui est composée des éleveurs Peulh et Bariba de l'arrondissement 1 et 10, et des Bariba de l'arrondissement 2 est caractérisée par un faible taux de fécondité (36,58%). La classe 2, constituée des éleveurs Peulh des arrondissements 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et des éleveurs Bariba des arrondissements 3, 4, 5, 6, 7, 8 affiche un taux moyen de fécondité de 44.05%. Le troisième groupe se distingue

par un fort taux de fécondité (62,89%). Il s'agit des éleveurs Peulh et Bariba de l'arrondissement 9 (Figure 3).

Par ailleurs, en ce qui concerne l'âge au premier vêlage, l'analyse des résultats du K-mean test indique une variabilité de 85,9% suivant la combinaison entre les facteurs arrondissement et ethnie. Ainsi, la classe 1 est caractérisée par l'âge au premier vêlage faible, soit 2,78 ans ; elle est composée des éleveurs Peulh et Bariba des arrondissements respectifs 1 et 10 d'une part et 2 et 3 d'autre part. Quant à la classe 2, elle est caractérisée par l'âge au premier vêlage moyen, soit 3,50 ans et est constituée des éleveurs Peulh et Bariba de l'arrondissement 4, 5, 6 et 7. En ce qui concerne la classe 3, elle se distingue par un âge au premier vêlage élevé (4,12 ans) et est constituée par les éleveurs Peulh et Bariba de l'arrondissement 9 (Figure 3).

### **Influence de l'ITH sur la fécondité et sur le taux de vêlage des bovins**

#### ***Température, Humidité et ITH***

Les températures moyennes mensuelles ont varié de 26 °C à 34,3 °C. La valeur minimale (26 °C) a été obtenue en janvier et la maximale (34,3 °C) en mars. En ce qui concerne l'humidité relative de l'air, les moyennes ont varié de 26% à 82%. La valeur maximale (82%) a été enregistrée en août et la minimale (26%) en février. La valeur d'ITH la plus élevée (94,35) a été obtenue en mai et la plus faible (31,43) en janvier. L'évolution de la température, de l'humidité et de l'ITH au cours de l'année est représentée à la Figure 4. Les résultats du test de corrélation de Pearson relatifs à la mesure du degré de lien qui existe entre les variables Tmoy et HR.moy, respectivement avec l'ITH indique que toute augmentation de l'ITH entraîne l'augmentation de la température mensuelle moyenne ( $r= 0,515$  ; Prob. < 0,01) et de l'humidité relative moyenne ( $r= 0,89$  ; Prob. < 0,001).

#### ***Relation entre l'ITH et le taux de vêlage***

La Figure 5 présente la relation entre l'ITH et le taux de vêlage au niveau des deux systèmes. L'évolution du taux de vêlage est identique dans les deux (02) systèmes d'élevage (sédentaires et transhumants). Au cours des périodes sèches, de janvier à mai et d'octobre à décembre, les taux de vêlage ont été faibles quel que soit le mode d'élevage. Cependant, au cours des mêmes périodes, les valeurs d'ITH étaient élevées.

La saison pluvieuse (juin à septembre) est marquée par les taux élevés de vêlage qui atteignent leurs pics en août. Les valeurs obtenues sont de 17,42% et 17,38% respectivement pour les systèmes sédentaires et transhumants. Au cours de la même saison (saison pluvieuse), les ITH ont été faibles alors que les différentes valeurs de taux de vêlage ont été plus élevés (pic de vêlage) dans les deux systèmes d'élevage. Ainsi, la valeur d'ITH la plus élevée (94,45%) est associée aux faibles taux de vêlage avec des taux de 3,48% et 3,51% respectivement dans les systèmes transhumant et les systèmes sédentaires. Les résultats du test de corrélation de Pearson indique que toute augmentation de l'ITH induit une diminution du taux de vêlage quel que soit le système, transhumant ou sédentaire (respectivement  $r= -0,69$  et Prob. < 0,05 ;  $r= -0,54$  et Prob. < 0,05). **Perceptions des risques liés aux effets des changements climatiques sur la fécondité des troupeaux bovins**

Le Tableau 2 présente les résultats de l'analyse log-linéaire appliquée aux fréquences absolues des enquêtés percevant les effets des changements climatiques sur les paramètres de reproduction des troupeaux bovins en fonction de leurs arrondissements,

leurs ethnies (situation professionnelles) et de leurs catégories d'âge (jeunes, adultes et vieux). De l'analyse de ces résultats, il ressort que les effets des changements climatiques perçus par les enquêtés dépendent significativement de l'arrondissement (Prob. < 0,001), mais pas de l'ethnie (situation professionnelles) ni de l'âge des éleveurs (Prob.> 0,05). Ainsi, de l'analyse de la Figure 6, la quasi-totalité des éleveurs (81,03%) rencontrés reconnaissent un impact négatif très significatif des changements climatiques sur la productivité des troupeaux bovins. La fréquence moyenne des preuves de l'effet des changements climatiques perçues par les enquêtés sur la baisse du taux de fécondité est de 76%. Ces perceptions des changements climatiques sur la baisse du taux de fécondité varient en fonction des arrondissements. Les arrondissements 1, 2, 3, 5, 6, 9, et 10 expriment particulièrement la baisse du taux de fécondité et s'en suit l'âge au 1<sup>er</sup> vêlage qui devient tardif.

## DISCUSSIONS

### Température, humidité et ITH

Les variations de température et d'humidité relative, tout comme celles de l'ITH sont fonctions des saisons. Les moyennes de température ambiante mensuelle et d'ITH augmentent dans le même sens à celles de l'humidité relative de l'air de janvier à mai et d'octobre à décembre (saison sèche). A l'opposé, de mai à septembre (saison pluvieuse), les moyennes de température et d'ITH sont faibles et celles de l'humidité de l'air sont élevées bien qu'il existe une relation positive entre ces trois paramètres de janvier à décembre. La variation de ces trois indices en fonction des saisons est aussi observée lors d'une étude menée sous un climat méditerranéen, Bouraoui et al. (2002 et 2013) ont enregistré une valeur d'ITH faible pendant le printemps ( $68 \pm 3,8$ ) avec la moyenne des températures ambiantes faibles ( $21,6 \text{ }^\circ\text{C}$ ) et celle d'humidité relative élevées (55,7%). Pendant l'été où les moyennes de température sont élevées ( $29,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ) et celles d'humidité sont faibles (45,9%), avec une valeur d'ITH élevée ( $78 \pm 3,23$ ).

### 3.2. Effets de l'ITH sur le taux de fécondité des bovins

La moyenne du taux de fécondité mensuel des systèmes sédentaires (agrio-éleveurs Bariba) est de  $45,96 \pm 2,49\%$  contre  $39,18 \pm 3,64\%$  des systèmes transhumant (éleveurs Peulh). Cette différence pourrait s'expliquer par un meilleur suivi des femelles de la part des éleveurs Baribas (facilité par le faible nombre d'animaux dans le troupeau) ; une plus grande disponibilité de ressources par tête, au niveau de l'alimentation (sous-produits cultures et résidus agro-alimentaires) aussi bien qu'au niveau de la santé animale (achats d'intrants vétérinaires avec les revenus coton). Par contre le faible taux de fécondité chez les éleveurs Peulhs s'explique par une situation inverse car plusieurs études ont montré le lien entre le taux de fécondité, l'alimentation et la santé des animaux (Faverdin et al., 2007). Les taux de fécondité obtenus dans la zone cotonnière de Banikoara sont faibles par rapport à ceux obtenu par certains auteurs comme koutinhoun et al. (2009) : 76,6% et 65,2% respectivement à la ferme d'Etat de l'Okpara et en milieu traditionnel dans la région de l'Okpara ; Adjou (2006) : ( $81,55 \pm 2,85\%$ ) à l'Okpara ; Youssao et al (2000) :  $78 \pm 8,4\%$  ; puis Sokouri et al. (2010) 82,2% au Nord de la Cote d'Ivoire. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que les animaux de Borgou Est, de la ferme (Station) jouissent d'une bonne alimentation grâce à l'apport des compléments alimentaires. Quant aux élevages traditionnels, le taux obtenu (29,84%) est identique à celui rapporté par Djénontin (2006), en élevage Bariba et Peulh dans la zone cotonnière de Banikoara. Ce taux est plus faible en milieu traditionnel

(Bariba et Peulh) qu'en station à l'Okpara et dans le Borgou. Les conditions d'élevages en station (suivi sanitaire, alimentation, abreuvement et autres) stimuleraient la fécondité des bovins. Les faibles valeurs de fécondité enregistrées (27%) dans la zone cotonnière de Banikoara met en évidence certaines défaillances dans la conduite, à savoir : manque de soins, sous-alimentation pendant la saison sèche (Djénontin, 2006), animaux soumis à la fatigue lors des grands déplacements, ce qui retarde la maturité sexuelle et inhibe l'activité ovarienne. En effet, à la différence des animaux de la zone cotonnière de Banikoara, ceux élevés en station et dans le Borgou reçoivent des compléments alimentaires (tourteaux de coton, foin, pierre à lécher) et du fourrage pendant la saison sèche. Ils reçoivent également un suivi sanitaire permanent leur permettant de traverser cette période rude dans de meilleures conditions (Youssao et al, 2001). Il est aisé de constater que l'ITH relativement modéré, la bonne nutrition et le bon suivi sanitaire constituent des atouts pour l'expression d'une bonne fécondité chez la vache de la zone cotonnière. Ceci justifie les faibles taux de fécondité obtenus pendant les mois de janvier à mai et d'octobre à décembre au cours de cette étude. Agabriel et Doreau (2003) révèlent que les chaleurs excessives entraînent une perturbation de l'organisme animal en ce sens que l'animal n'est plus capable de réguler sa température corporelle qui augmente. Ils ajoutent que l'animal se trouvant en situation d'inconfort thermique mange moins et que l'augmentation de température de 25 à 40 °C peut réduire la consommation d'aliments de 40 à 60%. ces variations sont dues à l'influence des éléments du climat entre autres la température, les précipitations et l'humidité relative de l'air qui agissent sur les disponibilités alimentaires locales ou directement sur la fonction reproductrice (Khang'mate, 2000).

Par ailleurs, la variation du taux de fécondité en fonction de l'ITH observée au cours de cette étude corrobore celles obtenues par Bouraoui et al. (2013); Wattiaux (2003) Koutinhouin et al. (2009). Les résultats des études de ces auteurs sur les vaches Holstein rapportent l'existence d'un stress thermique qui affecte les paramètres de la reproduction avec des valeurs de ITH dépassant même le seuil critique de 72 établi pour la vache Holstein. Au total, le climat a une influence sur la fécondité des animaux (CDA58). Par exemple en période caniculaire ou de sécheresse, on peut craindre une baisse de fécondité à la suite de déficits alimentaire et hydrique.

### **Effets de l'ITH sur le taux de vêlage.**

Quel que soit le système d'élevage, la saison pluvieuse est marquée par les taux élevés de vêlage par opposition aux valeurs de l'ITH qui sont faibles. Cette période est favorable à la disponibilité d'eau et de fourrage et est propice à un environnement relativement plus confortable aux animaux. De ce fait, les valeurs de l'ITH induisent un environnement favorable au processus de vêlage, d'ovulation et de fécondation (Lefebvre, 2007). Tandis que, au cours des mois les plus chauds de l'année, caractérisés par de fortes chaleurs et de sécheresse accrue, les saillies réalisées engendrent de faibles taux de vêlage. Cette situation traduit dans les élevages le visage réel de la physiologie de la reproduction et met en évidence l'influence aussi bien de l'alimentation que de la chaleur sur la fertilisation des gamètes et des embryons. Ces résultats sont similaires à ceux de Koutinhouin et al. (2009) qui ont rapporté au terme de leur étude que la valeur d'ITH la plus élevée (80,0) est associée aux faibles taux de vêlage avec des taux de 6,3% et 5,2%, respectivement à l'Okpara et en milieu traditionnel et, la faible valeur d'ITH (72,3%) correspond à des taux de vêlage les plus élevés à la FEO (7,3%) et dans les élevages traditionnels (7,7%). On remarque qu'avec l'étude de Koutinhouin et al. (2009), la faible valeur d'ITH (72,3) correspond à des taux de vêlage les plus élevés.

Par contre, le phénomène contraire est observé dans le cadre de la présente étude, c'est-à-dire la faible valeur de l'ITH (31,42%) correspond à des taux de vêlage faibles. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que dans la région de l'okpara, la faible valeur d'ITH (72,3%) est enregistrée en mars début, des saisons des pluies pour cette zone alors que la faible valeur d'ITH (31,42%) obtenue au cours de cette étude est enregistrée en janvier période sèche (Harmattan). De même les taux de vêlage obtenu à l'issue de cette étude sont inférieurs à ceux obtenu par Koutinhouin et al. (2009), tant en station qu'en milieu traditionnel. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que les animaux vivants dans la région du Borgou (climat de transition) jouissent d'une bonne alimentation due à la disponibilité de fourrage et d'un ITH favorable que ceux de la zone cotonnière de Banikoara (climat soudano-sahélien) caractérisé par une forte température. Plusieurs autres études ont révélé l'influence de l'ITH sur la fécondité et le taux de vêlage des bovins. Ainsi, Bouraoui et al. (2013) ; Soukouri et al. (2014) ; Khang'mate (2000) ont mis en évidence l'effet de la température et de l'humidité sur la production, la fertilité la fécondité des vaches laitières. Ils ont révélé que les fortes températures d'été, associées à une élévation de l'humidité relative de l'air produisent un effet défavorable sur le taux de fertilité et de fécondité des vaches laitières. Les résultats obtenus par Bouraoui et al. (2013) ont révélé une diminution de 21% de la production laitière par vache présente lorsque les valeurs de l'ITH passent de 68 à 78. De plus la plupart de ces auteurs ont observé une variation du taux de vêlage au fur et à mesure que l'indice de température et d'humidité relative augmente.

#### **Effets de l'ITH sur l'âge au 1<sup>er</sup> vêlage**

L'âge au premier vêlage est statistiquement identique dans les deux systèmes d'élevage. Bien que l'âge moyen au premier vêlage est de  $3,29 \pm 0,20$  ans dans les systèmes d'élevage sédentaire et est de  $3,48 \pm 0,32$  ans dans les systèmes d'élevage transhumant. Ce résultat est supérieur à ceux observés par Pozy (1984) sur les Ankolés X Sahiwal au Burundi dont l'âge au 1er est estimé à 3,14 ans, par Soukouri et al. (2010) sur les races Baoulé et N'dama au Nord de la Cote d'Ivoire, par Doko (2007) sur les bovins Girolando à la ferme d'élevage de Kpinnou (2,9 ans). Cependant, ce taux est proche de celui de Ba et al (2011) en zone cotonnière au sud du Mali (3,5 ans) sur la race zébu et de celui de Dehoux et Hounsou-vê (1993) sur la race Borgou (3,44 ans) en milieu traditionnel dans le département du Borgou. Toujours pour la race Borgou, dans un élevage semi-amélioré Youssao et al. (2011) ont obtenu la même valeur, soit 3,44 ans comme âge au 1er vêlage. Cette différence pourrait expliquer par le mode d'élevage et surtout des effets caractéristiques de l'alternance des saisons climatiques. A la lumière des résultats obtenus pour l'âge au premier vêlage des deux systèmes d'élevages, il se peut que, les génisses soient caractérisées par une infécondité. Ces résultats sont très analogues à ceux réalisés dans la région d'El-Taref (Ghoribi, 2000), où 3 fermes sur 4 ont des moyennes de plus de 30 mois. Les moyennes de l'âge au premier vêlage obtenues dans cette étude sont très proches de la valeur enregistrée par Boujenane et al. (1986) au Maroc qui est de 29,5 mois. Ils signalent la faiblesse des performances de ces animaux en dehors de leurs pays d'origine due essentiellement aux difficultés d'adaptation et aux conditions de conduite des élevages. Les majeures causes de retard de vêlage chez les génisses comprennent, le faible taux de croissance, le retard de puberté et les erreurs de gestion pour reconnaître la taille adéquate pour la mise à la reproduction influencés par l'ITH (Williamson, 1987).

## Perceptions des risques des effets climatiques sur la fécondité des troupeaux bovins

La majorité des éleveurs (76%) des deux systèmes d'élevage perçoivent les effets des changements climatiques sur le taux de fécondité et l'âge au 1<sup>er</sup> vêlage. Ces effets sont essentiellement dus aux fortes températures, à la sécheresse accrue et à la diminution des précipitations. Les études de Hassan et Nhemehena (2008) et de Traoré et al. (2002) dans la sous-région ont montré que les effets des changements climatiques sont l'élévation des températures à long terme et la diminution des précipitations, et, ces effets ont pour conséquences la synchronisation des pluies, la récurrence des sécheresses et le tarissement des cours d'eau autrefois pérennes pendant la saison sèche. Par ailleurs, des périodes de sécheresse des pays du Maghreb entraînent des baisses de fécondité, de la production laitière et du rendement des élevages (Srairi, 2008). De même, les fortes températures et la diminution des précipitations influent négativement l'âge au premier vêlage et la fécondité des bovins (Senoussi, 2008).

### Conclusion

Les effets de l'indice de température et d'humidité relative de l'air sur la fécondité et le taux de vêlage ont été évalués sur des troupeaux bovins dans deux systèmes d'élevage de la zone cotonnière de Banikora. Au terme de cette étude, il apparaît clairement que l'ITH a une influence sur les paramètres de reproduction des troupeaux bovins. La fécondité et la variabilité du taux mensuel de vêlage ont été affectées entre autres par l'indice de température et d'humidité relative de l'air, surtout de janvier à mai et d'octobre à décembre. Les mois de confort thermique et au cours desquels ont été associés les taux de vêlages les plus élevés correspondent à ceux de juin à septembre. Aussi, il est à remarquer que l'âge au 1<sup>er</sup> vêlage des bovins du troupeau est relativement tardif. Ainsi, il urge que les éleveurs s'attachent donc à limiter les pertes au vêlage et à mettre les bovins dans des conditions qui ne pénalisent pas leur capacité de reproduction. De ce fait, dans un contexte des changements climatiques dont les effets sont perçus par les éleveurs, l'insémination des génisses et des bovins adultes avec des taureaux connus avec précision sur des caractéristiques de poids et de conditions de naissance est nécessaire. A plus long terme, ils pourraient baser leurs objectifs de sélection des mères sur des critères de facilité de vêlage et de fertilité. Cela passe par la réforme de certains bovins et par un renouvellement prioritairement orienté sur les filles de taureaux testés sur leur descendance (Aptitude au vêlage, fertilité).

### REFERENCES

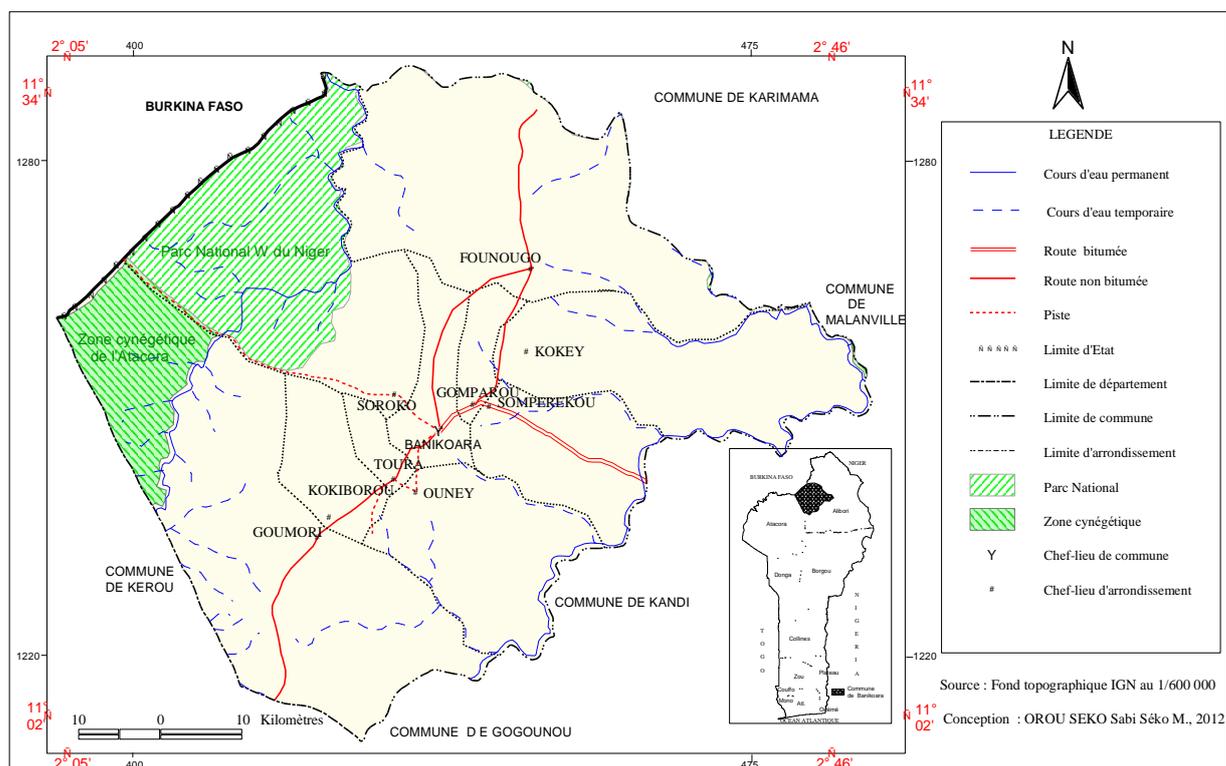
1. Agabriel J, Doreau M. 2003. Conséquences sur les performances; cas des troupeaux allaitants. Unité de Recherche sur les Herbivores, INRA, 5p.
2. BA A, Lesnoff M, Moulin CH. 2011. Demographic dynamics and off-take of cattle herds in south Mali. *Trop Anim. Trop. Health Prod.*, **43**: 1101-1109.
3. Bationon, D. 2009. Changements climatiques et cultures maraichères. Master de Recherche en géographie, Université de Ouagadougou (Burkina Faso), 79p.
4. Bouraoui R, Mondher L, Abdessalem M, M'nouer D, Ronald B. 2002. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Anim. Res.*, **51**: 479-491.

5. Bouraoui R, Salem M B, Rekik B, Jbira V. 2013. Impact du stress thermique sur les performances des vaches laitières de race Holstein au centre de la Tunisie. *Research for Rural Development* **25 (4)**.
6. Bryant JR., N López-Villalobos, JE Pryce, CW Holmes, DL Johnson. 2007. Quantifying the effect of thermal environment on production traits in three breeds of dairy cattle in New Zealand. *Journal of Agricultural Research* **50**: 327-338.
7. Catley A, Alders R.G, Wood J.L.N. 2012. Participatory epidemiology: Approaches, methods, experiences. *Vet. J.*, **191**: 151-160.
8. De Haan L. 1997. Résumé, conclusions et recommandations In. L. De Haan, agriculteurs et éleveurs au nord bénin. *Ecologie et genre de vie*. Paris, France, Karthala. PP 67-91
9. Dehoux JP, Hounsou-ve G. 1993. Productivité de la race bovine Borgou selon les systèmes d'élevage traditionnels au Nord-Est du Bénin. *Revue Mond. Zootech.*, **74/75(1/2)**: 36-48.
10. Djenontin J, Amidou M., Wennink B, 2004: diagnostic gestion de troupeau dans le Borgou et dans l'Alibori. Rapport techniques provisoire RD/CRAN/INRAB pp 17-22.
11. Djenontin A.J.P, Houinato M, Toutain B, Sinsin B. 2009. Pratiques et stratégies des éleveurs face à la réduction de l'offre fourragère au Nord-Est du Bénin. *Sécheresse* **20 (4)**: 346-53
12. Doti T. 2010. Climate variability, pastoralists' vulnerability and options. The case of the Borana of Northern Kenya. In: Mwiturubani AD, Van Wyk JA, eds. *Climate Change and Natural Resources Conflicts in Africa*. Pretoria. ISS Monograph **170**: 189-204.
13. Duran Pacheco G, Hattendorf J, Colford JR J.M, Mausezahl D, Smith T. 2009. Performance of analytical methods for overdispersed counts in cluster randomized trials: Sample size, degree of clustering and imbalance. *Stat. Med.*, **28** : 2989-3011.
14. Enjalbert F, 1994. Relations : alimentation-reproduction chez la vache laitière. *Le point vétérinaire*. **25**: 984-991.
15. Faverdin P, Delagarde R, Delaby L, Meschy F. 2007. Alimentation des vaches laitières. Alimentation des bovins, ovins et caprins, éd. *Quae, Paris*, p. 23-55.
16. Gouttenoire L, Cournut S, Ingrand S. 2011. Modelling as a tool to redesign livestock farming systems: a literature review. *Animal*, **5**: 1957-1971.
17. Guibert H, Alle UC, Dimon RO, Dedehouanou H, Vissoh PV, Vodouhe SD, Tossou RC, Agbossou EK. 2010. Correspondance entre savoirs locaux et scientifiques: Perceptions des changements climatiques et adaptations au Bénin. ISDA 2010, Montpellier (France).
18. Hassan R, Nhemachena C. 2008. Determinants of African farmers' strategies for adapting to climate change: Multinomial choice analysis. *African Journal of Agricultural and Resource Economics* **2(1)**: 83-104.
19. Khang'mate AB, Lahlou-kassi A, Bakana BM, Kahungu M. 2000. Performances de reproduction des bovins N'Dama dans le diocèse d'Idiofa au Congo. *Revue Méd. Vét.*, 2000, **151**, 6, 511-516.
20. Koutinhoun GB. 2004. Syllabus de Biotechnologie de la reproduction. Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Département de Production et Santé Animales, Abomey-Calavi, 134p.
21. Koutinhoun GB, Youssao AKI, Tobada P, Kpodekon TM, Adimatin V. 2009. Influence de l'indice de température et d'humidité relative de l'air sur la fécondité de la vache Borgou élevée selon deux modes d'élevage au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **3(6)**: 1336-1345.

22. Landais E, Faugere O. 1998. Un modèle illustré de système d'investigation pour l'étude pluridisciplinaire des systèmes d'élevage en milieu traditionnel Africain. In. *Les cahiers de la recherche développement agronomique* n°24 décembre/1989.
23. Landais E. 1992. Principes de modélisation des systèmes d'élevage. Approche graphiques ; In. *Les cahiers de la recherche développement* n°32-2/1992.
24. Lesnoff M. 2009. Projet ENST. Renforcement des capacités opérationnelles du MRA sur les enquêtes en élevage. Montpellier, France Cirad.
25. Lhoste P. 1994. Evolution des méthodes de recherche et de recherche développement sur les systèmes d'élevage en régions chaudes. Communication présentée au symposium international sur les recherches- système en agriculture et développement rural, Montpellier, France, 21-25 novembre 1994.
26. Lsenoff M, Saley M, Adamou K, N'Djafa H. 2007. Enquête démographique 2006 sur le cheptel domestique au Niger : sites du Fakara, de Gabi et de Zermou. Rapport préliminaire. Nairobi, Kenya, ILRI.
27. Sraïri, MT, El Jaouari M, Kuper M P Y. 2008. Le Gal. Effets du suivi zootechnique sur les performances de production et la rentabilité des élevages de bovins laitiers en périmètre irrigué au Maroc.
28. Hartani T, Douaoui A, Kuper M. 2008. Economies d'eau en systèmes irrigués au Maghreb, May, Mostaganem, Algeria. Cirad, 7 p., Colloque- CD-rom. <cirad-00386114>.
29. MOUFFOK C. 2007. Diversité des systèmes d'élevage bovin laitier et performances animales en région semi-aride de Sétif. Thèse de magistère. Option : Sciences animales. INA.ALGERIE. 170p.
30. R Development Core Team. 2016. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [www.r-project.org](http://www.r-project.org)
31. Schilling J, Korbinian PF, Hertig E, Scheffran J. 2012. Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa, with focus on Morocco. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 156, p. 12-26.
32. Senoussi A. 2008. Caractérisation de l'élevage bovin laitier dans le Sahara : Situation et perspectives de développement. In Colloque International « Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives », Alger, Algérie, 20-21 Avril 2008.
33. Sokouri DP, Yapi-Gnaore CV, N'guetta ASP, Loukou NE, Kouao BJ, Kouassi A, Sangare A, Toure G. 2010. Performances de reproduction des races bovines locales de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 36: 223- 235p.
34. Sokouri DP, ZL Gbodjo, KE N'goran et B. Soro. 2014. Performances de reproduction et production laitière de croisés Montbéliarde x N'Dama du "Projet Laitier Sud" (Côte d'Ivoire) *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8 (3) 925-936.
35. Sraïri MT, Ben Salem M, Bourbouze A, Elloumi M, Faye B, Srairimt. 2007. Perspectives de durabilité des élevages de bovins laitiers au Maghreb à l'aune des défis futur : libéralisation des marchés, aléas climatiques et sécurisation des approvisionnements. Colloque international « Développement durable des productions : enjeux, évaluation et perspectives », Alger, Algérie, 20-21 avril 2008.

36. Traore AF, Diallo ML, Bamba Z, Mara F. 2002. Communication initiale de la Guinée sur la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Projet FEM/ PNUDGUI/97/G33. Conakry, Guinée. 87p.
37. West JW. 2003. Effects of heat stress on production in dairy cattle. J. Dairy Sci. 86: 2131-2144.
38. Youssao AKI, Ahissou A, Toure Z, Leroy PL. 2000. Productivité de la race Borgou à la ferme d'élevage de l'Okpara au Bénin. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, **53**(1): 67-74.
39. ZAR, J.H., 1999. *Biostatistical Analysis* (4th edn) Prentice Hall: Upper Saddle River, New Jersey.

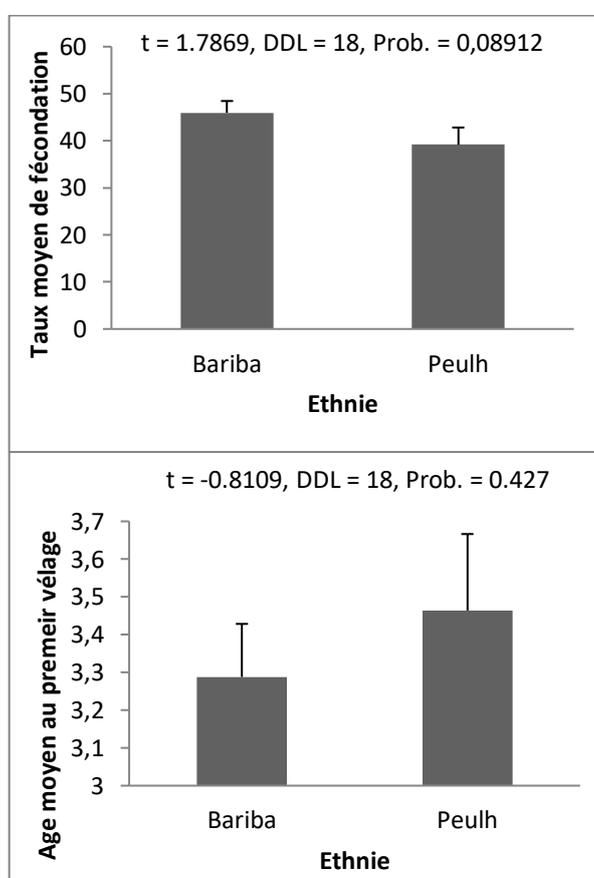
### Lite des tableaux et figures



**Figure 1** : Situation géographique et administrative de la commune de Banikoara

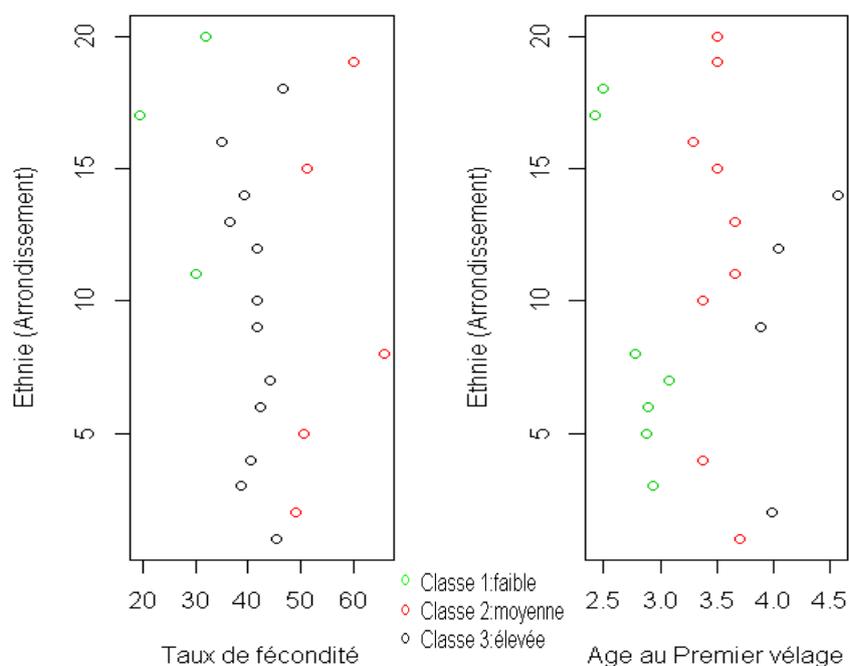
**Tableau 1.** Répartition des ménages échantillonnés par arrondissement

Arrondissements (N°)	Nombre de ménages	Fréquence relative (%)	Nombre total de troupeaux
Banikoara (1)	62	8,93	195
Founougo (2)	185	26,66	584
Gomparou (3)	61	8,79	192
Goumori (4)	85	12,25	268
Kokey (5)	86	12,39	270
Kokiborou (6)	23	3,31	73
Ounet (7)	39	5,62	123
Sompérékou (8)	65	9,37	206
Soroko (9)	34	4,90	107
Toura (10)	54	7,78	170
Total	694	100	2188

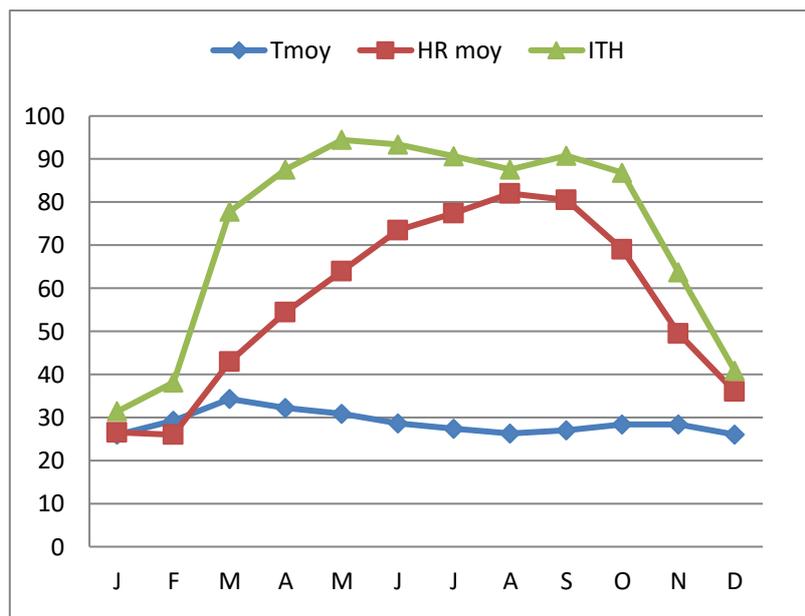


**Figure 2 a.** comparaison du taux de fécondité, **b.** comparaison de l'âge au premier vêlage,

**Figure 2:** Résultats du test t de student: comparaison du taux de fécondité et de l'âge au premier vêlage selon le système d'élevage Bariba ou Peulhs.

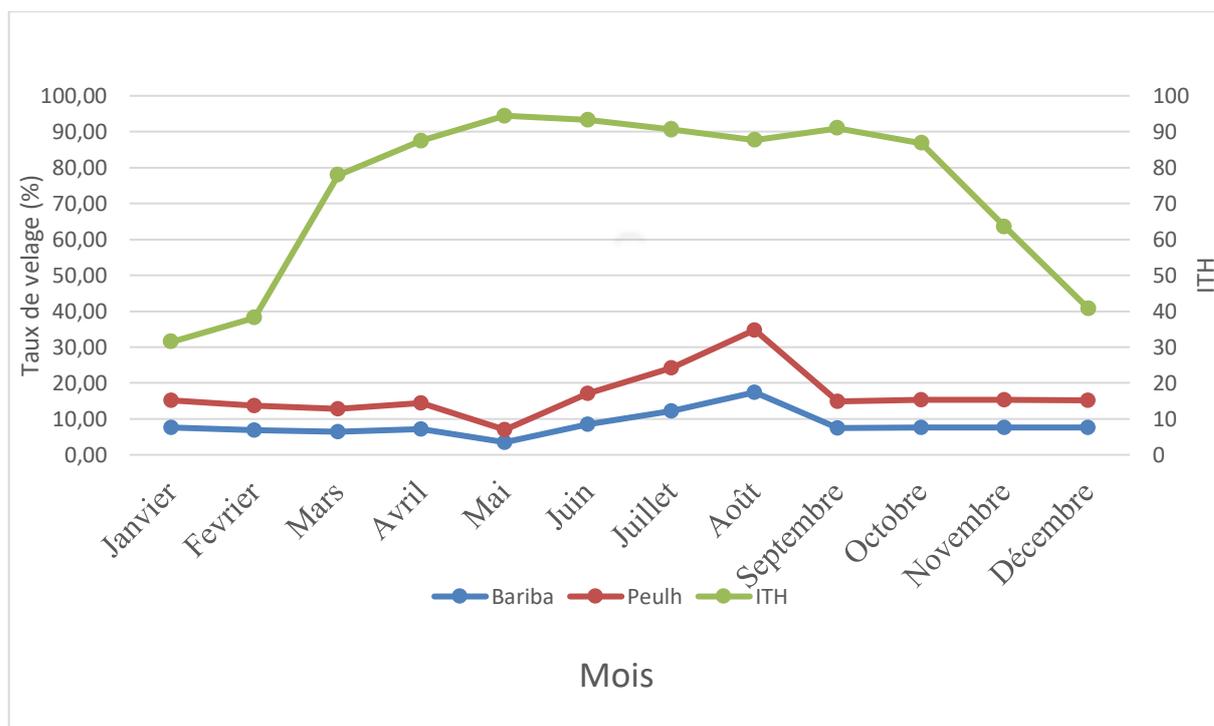


**Figure 3:** Résultat du K-mean test: projection des trois classes du taux de fécondité et de l'âge au premier vêlage.



Légende : Tmoy =Température ; HR moy = Humidité Relative moyenne ; ITH = Indice de Température et d'Humidité

**Figure 4:** Tendence évolutive de la température moyenne, de l'humidité et de l'ITH en 2013.

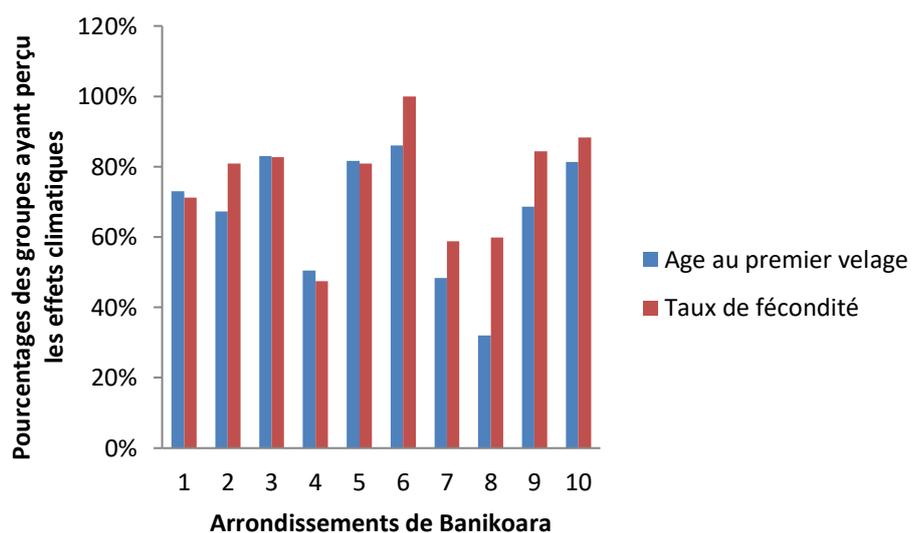


**Figure 5 :** Relation entre l'ITH et taux de vêlage des deux systèmes d'élevage

**Tableau 2:** Résultats d'analyse log-linéaire de la perception des effets des changements climatiques selon l'arrondissement, l'ethnie et l'âge

Source	DDL	Khi2	Pr>Khi2
<b>Baisse de l'âge au premier vêlage</b>			
Arrondissement	9	151.69	<.0001***
Ethnie	1	0.02	0.8764 ns
Age	9*	7.99	0.5351 ns
<b>Baisse du taux de fécondité</b>			
Arrondissement	9	182.74	<.0001***
Ethnie	1	0.04	0.8465 ns
Age	9*	4.43	0.8806 ns

\*\*\* indiquent une signification à 0,1 % et ns non significative à 5%



**Figure 6:** Perceptions des risques des effets des changements climatiques sur les paramètres de la reproduction des bovins par les enquêtés