

Physiopathologie et gestion hormonale de l'anoestrus pubertaire et du postpartum des zébus africains

Auguste Tanguy Yamboué^{1,2*} Christian Hanzen³

Mots-clés

Bos indicus, cycle œstral, reproduction animale, régulation hormonale, Afrique

OPEN ACCESS

© A.T. Yamboué *et al.*, 2026
published by Cirad



This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY).

Type: Review article

Submitted: 07 April 2025

Accepted: 02 May 2026

Online: 10 June 2026

DOI: 10.19182/remvt.37783

Résumé

Contexte : L'élevage de bovins *Bos indicus* africains est essentiel pour les systèmes d'élevage tropicaux, offrant des atouts en termes de résilience aux conditions environnementales difficiles et de productivité dans des environnements contraints. L'anoestrus pubertaire et du postpartum représente un défi majeur pour optimiser leurs performances de reproduction. **Objectif :** Cet article explore les caractéristiques de reproduction, les mécanismes hormonaux de l'anoestrus pubertaire et du postpartum, ainsi que les facteurs de risque et les traitements hormonaux adaptés au *Bos indicus* en Afrique. **Méthode :** L'étude s'est appuyée sur une recherche bibliographique réalisée à partir de plusieurs bases de données scientifiques internationales, notamment PubMed, Google Scholar, ScienceDirect et African Journals Online. **Résultats :** Les femelles *Bos indicus* atteignent la puberté plus tardivement (16-40 mois) que les *Bos taurus*, bien que leur tolérance au stress thermique et leur adaptation nutritionnelle soient supérieures. Des différences significatives dans les mécanismes hormonaux, incluant des concentrations élevées d'AMH (hormone anti-müllérienne) et d'IGF-1 (facteur de croissance analogue à l'insuline 1), influencent la croissance folliculaire et la gestation. L'anoestrus du postpartum est prolongé par des facteurs nutritionnels, le mode d'allaitement et la saisonnalité, tandis que des stratégies combinant gestion nutritionnelle, sevrage, et traitements hormonaux améliorent la cyclicité et les taux de gestation. **Conclusions :** Une gestion intégrée, combinant sélection génétique, nutrition et traitements hormonaux, pourrait optimiser les performances de reproduction du *Bos indicus*, contribuant ainsi à la durabilité des systèmes d'élevage tropicaux.

■ Comment citer cet article : Yamboué, A. T., & Hanzen, C. (2026). Physiopathologie et gestion hormonale de l'anoestrus pubertaire et du postpartum des zébus africains. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 79, 37783. <https://doi.org/10.19182/remvt.37783>

■ INTRODUCTION

L'élevage bovin des régions tropicales et subtropicales représente 80 % de la population bovine mondiale et assure 70 % de la production de viande (Robinson *et al.*, 2014). Il se trouve confronté à un double défi. Le premier est de pouvoir satisfaire la demande croissante en protéines animales dans un contexte de démographie galopante. On estime que d'ici 2050, la production mondiale de viande bovine sera multipliée par deux (130 contre 60 millions de tonnes, Bertram,

2019). Le second défi sera de s'adapter aux effets du changement climatique puisque, selon le rapport de l'Intergovernmental Panel on Climate Change, la température moyenne globale devrait augmenter de 0,3 °C à 4,8 °C d'ici 2100 (Bongaarts, 2024). Les zébus africains représentent une ressource stratégique pour développer des génotypes « *climate-smart* », adaptés aux contraintes agroécologiques africaines (Yamboué & Hanzen, 2025). Les recherches consacrées aux caractéristiques et performances de reproduction des zébus africains sont bien moins nombreuses que celles conduites en Amérique du Sud sur les races locales de zébus (Bo *et al.*, 2003 ; Sartori & Barros, 2011 ; Sartori *et al.*, 2016 ; Batista *et al.*, 2017). Les plus importantes d'entre elles ont fait récemment l'objet d'une synthèse (Yamboué & Hanzen, 2025).

Une méta-analyse de 13 publications a caractérisé les performances de reproduction des bovins d'une dizaine de pays d'Afrique de l'Est (Allan *et al.*, 2024). Les intervalles entre la naissance et le premier vêlage, entre le vêlage et la première insémination et entre vêlages

1. Laboratoire Interdisciplinaire en Sciences Appliquées, École Normale Supérieure, Koudougou, Burkina Faso

2. Laboratoire de Physiologie Animale, Université Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso

3. Université de Liège, Faculté de Médecine vétérinaire, Département de Gestion vétérinaire des Ressources animales, Liège, Belgique

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +226 79933777 ; email : yamboue_auguste@yahoo.com

étaient respectivement compris entre 24,3 et 92 mois, 89 et 442 jours et 11,6 et 32,5 mois. Le nombre d'inséminations par gestation était compris entre 1 et 3,78 et le pourcentage d'animaux infertiles entre 0,6 et 61,7 %. Une autre méta-analyse portant sur 40 publications réalisées dans le contexte éthiopien (Mesele & Hadgu, 2024) a montré que le croisement des races locales avec des races laitières importées se traduisait par un âge au premier vêlage compris entre 29,5 et 42,2 mois, et un intervalle moyen entre vêlages de 407 à 460 jours.

Au sens large, l'anoestrus se définit comme étant une absence d'activité cyclique régulière. Au sens zootechnique du terme, il sera qualifié de pathologique s'il se prolonge au-delà d'une période considérée comme normale eu égard à la race et à son environnement d'élevage. Il peut arriver que l'éleveur n'ait pas détecté les chaleurs ou que la génisse ne les ait pas manifestées : on parle alors d'anoestrus pathologique de détection ou de manifestation. Par ailleurs, chez la génisse, des pathologies génitales peuvent être à l'origine d'une absence de manifestations œstrales, à savoir le free-martinisme et la maladie des génisses blanches (Hanzen, 2015). L'anoestrus du postpartum est considéré comme physiologique pendant les 15 premiers jours du postpartum chez la vache laitière et les 30 premiers jours chez la vache allaitante. Il est dit pathologique s'il est supérieur à 50 jours chez la vache laitière et à 60 jours chez la vache allaitante. Ses causes sont nutritionnelles, infectieuses (endométrites et pyomètre), environnementales (stress thermique) ou de gestion (insuffisance de la détection des chaleurs). Son allongement conditionne largement l'obtention d'un intervalle entre vêlages optimal puisqu'il contribue à augmenter la période d'attente (Hanzen, 1986, 2015).

Le recours à l'insémination artificielle demeure essentiel pour l'amélioration des productions laitières et de viande. Selon une enquête conduite en 2007, 74 % des pays africains y avaient recours (FAO, 2015 ; Kathambi *et al.*, 2025). Cependant, force est de constater l'effet limité de cette biotechnologie sur la fertilité puisque les pourcentages de gestation en première insémination étaient compris entre 7 et 75 % (Mekonnen & Meseret, 2023 ; Kouamo, 2025). On peut y voir l'effet de la diversité des environnements d'élevage, de l'âge des animaux, de l'expérience des inséminateurs, de l'état corporel des animaux, des ressources alimentaires disponibles, de la qualité du sperme et des protocoles hormonaux utilisés, mais aussi et sans doute, de la prévalence des anoestrus et de la capacité des éleveurs à détecter les chaleurs. Les anoestrus contribuent largement à l'allongement de l'âge du premier vêlage et de l'intervalle entre vêlages, deux paramètres d'infécondité.

Le choix du moment de l'insémination, et donc la fertilité, est étroitement lié à la capacité des éleveurs à identifier l'œstrus. Aussi se sont développées les méthodes hormonales permettant d'induire et/ou de synchroniser non seulement les chaleurs, mais également les ovulations. D'une manière générale, les résultats observés dans les races de type *Bos indicus* (zébus) se sont révélés être inférieurs à ceux obtenus dans les races de type *Bos taurus* (taurins) (Baruselli *et al.*, 2004 ; Bo *et al.* 2007).

Le présent travail a pour but de faire le point sur (1) les mécanismes hormonaux régulateurs de la puberté et du postpartum, (2) les facteurs qui contribuent à augmenter le risque d'anoestrus et (3) les protocoles hormonaux qui peuvent en limiter la durée et permettre le recours à des inséminations systématiques.

■ MATERIEL ET METHODES

La recherche bibliographique a été réalisée conformément à plusieurs principes de transparence et de sélection recommandés par les lignes directrices PRISMA 2020 (Page *et al.*, 2021). Les publications ont été recherchées dans quatre bases de données scientifiques internationales : PubMed, ScienceDirect, Google Scholar et African Journals

Online (AJOL), afin d'assurer une couverture large et diversifiée de la littérature disponible sur la physiologie de la reproduction bovine.

Au total, 900 références ont été identifiées, dont 352 dans PubMed, 293 dans ScienceDirect, 147 dans Google Scholar et 108 dans AJOL (figure 1). Après suppression de 451 doublons, 449 publications ont été soumises à une première étape de sélection basée sur l'analyse des titres et résumés. À cette étape, 126 références ont été exclues en raison de leur faible pertinence par rapport aux objectifs de la revue. Les 323 publications restantes ont ensuite fait l'objet d'une lecture intégrale afin d'évaluer leur éligibilité.

Les publications considérées comme éligibles comprenaient des articles originaux, des articles de synthèse et des ouvrages scientifiques spécialisés traitant de la physiologie de la reproduction bovine, de la puberté, de l'anoestrus postpartum ainsi que des facteurs génétiques et environnementaux impliqués dans la reprise de l'activité ovarienne chez les bovins tropicaux. Une attention particulière a été accordée aux études portant sur les bovins *Bos indicus* et sur les systèmes d'élevage tropicaux. Toutefois, certaines études réalisées chez *Bos taurus* ont également été retenues lorsqu'elles apportaient des informations physiologiques ou endocriniennes pertinentes pour la compréhension des mécanismes étudiés.

Les critères d'inclusion reposaient sur : (i) la pertinence scientifique des travaux vis-à-vis des mécanismes physiologiques de la puberté et de l'anoestrus postpartum ; (ii) la présence d'un protocole expérimental clairement décrit dans les études originales ; et (iii) l'existence d'analyses comparatives ou de dispositifs expérimentaux comportant des groupes de référence permettant une interprétation rigoureuse des résultats.

Après lecture intégrale, 92 publications ont été exclues en raison d'une insuffisance méthodologique, de l'absence de groupe de comparaison, d'un manque de pertinence vis-à-vis des objectifs de la revue ou d'informations insuffisantes pour l'analyse. Au total, 231 publications ont finalement été retenues et analysées de manière critique afin d'identifier les principaux mécanismes physiologiques impliqués dans la régulation de la puberté et dans la reprise de l'activité ovarienne postpartum chez les bovins de type zébu (figure 1).

■ RESULTATS

L'anoestrus pubertaire

La gestion des génisses de remplacement constitue un facteur essentiel de rentabilité des exploitations (Perry, 2016). La puberté se définit comme l'ensemble des phénomènes anatomiques, histologiques et hormonaux rendant possible la reproduction d'un animal. Ce processus implique l'apparition d'une activité cyclique régulière aboutissant à une ovulation suivie d'un développement lutéal normal (Sisk & Foster, 2004). L'âge de la puberté du *Bos indicus* exprimé par le moment de la première ovulation ou du premier œstrus est estimé à 25 mois en moyenne (entre 16 et 40 mois) (Patterson *et al.*, 1990 ; Abeygunawardena & Dematawewa, 2004 ; Nogueira, 2004). L'apparition de la puberté dépend de trois facteurs principaux que sont l'âge, le poids corporel et la génétique (Ryan & Foster, 1980 ; Ferraz *et al.*, 2018).

Mécanismes hormonaux de la puberté

L'axe hypothalamo-hypophysaire joue un rôle clé dans le contrôle de la reproduction. Le noyau arqué de l'hypothalamus est constitué de divers neurones impliqués dans la synthèse de neuropeptides qui coordonnent celle de la gonadolibérine (*gonadotropin-releasing hormone*, GnRH) (Garza *et al.*, 2023 ; West *et al.*, 2024). Un premier groupe de neurones appelé KNDy est responsable de la synthèse de trois neuropeptides, à savoir la kisspeptine (K), la neurokinine B (NKB) et la dynorphine (Dy) (Lehman *et al.*, 2010 ; Nestor *et al.*, 2023). La kisspeptine est

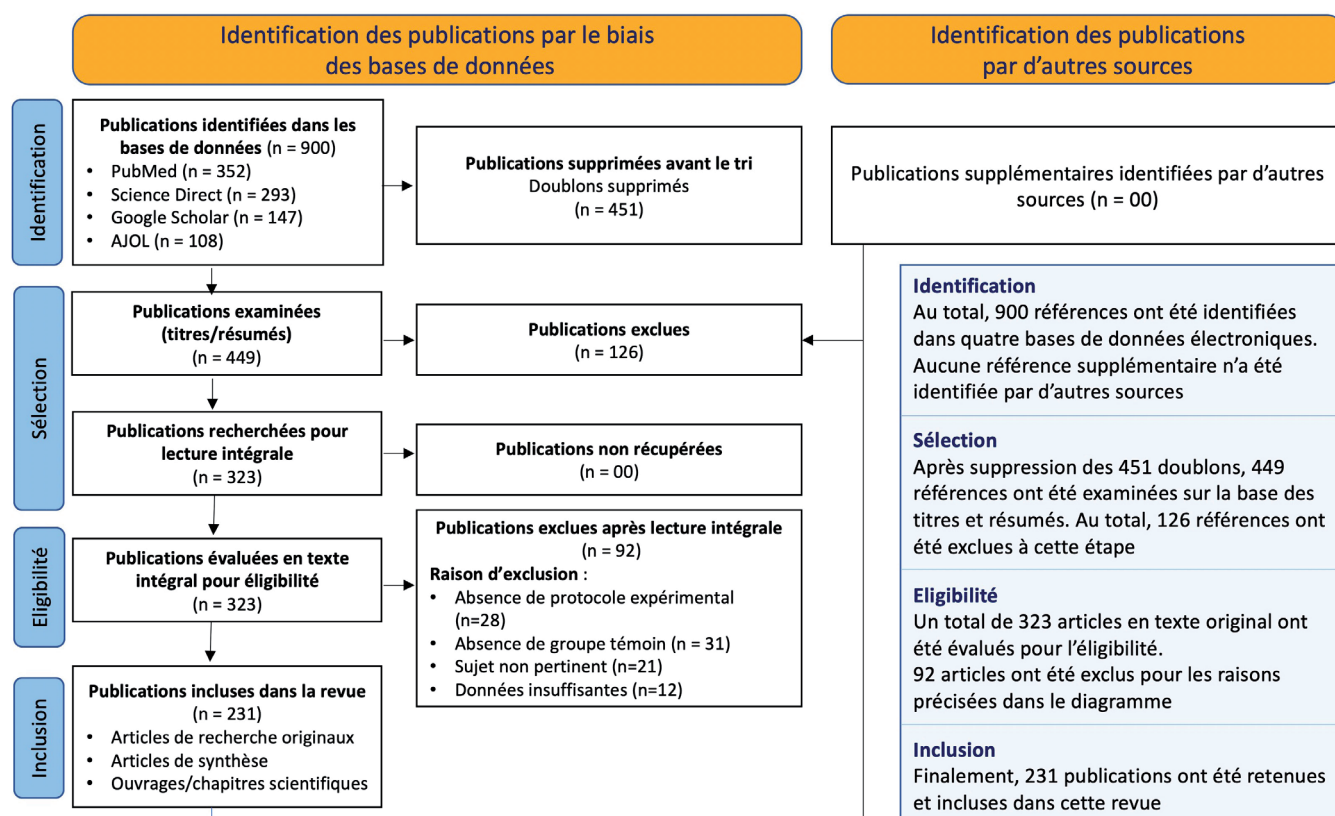


Figure 1 : Diagramme de flux PRISMA illustrant le processus de sélection des publications incluses dans la revue /// PRISMA flowchart illustrating the selection process for publications included in the review

stimulée par la neurokinine, mais est inhibée par la dynorphine (Goodman *et al.*, 2018). La kisspeptine induit la synthèse de la GnRH qui, une fois fixée à son récepteur hypophysaire, induit la synthèse de l'hormone lutéinisante (LH : *luteinizing hormone*) et de l'hormone folliculo-stimulante (FSH : *follicle-stimulating hormone*) (Wu *et al.*, 2021). Ce réseau KNDy est influencé par de multiples facteurs dont les stéroïdes sexuels, l'âge, la nutrition, le stress, les phéromones, la saison et la photopériode (Scott *et al.*, 2019).

Au cours de la période prépubertaire, la synthèse d'œstradiol par les follicules ovariens est faible et la sensibilité des récepteurs œstrogéniques du réseau KNDy à l'action rétro-négative de l'œstradiol est élevée (Kinder *et al.*, 1995). Il en résulte une fréquence peu élevée des pics de GnRH et donc de LH (un pulse toutes les 4 à 6 heures) (Kinder *et al.*, 1995) (figure 2). Au cours de la période de transition soit 50 à 60 jours avant la première ovulation, l'hypothalamus est de moins en moins sensible à cette rétroaction négative compte tenu de la diminution du nombre de récepteurs à l'œstradiol (Cardoso *et al.*, 2020). Il en résulte une augmentation progressive de la pulsativité de la LH et l'apparition d'un follicule pré-ovulatoire (Day *et al.*, 1987 ; Rodrigues *et al.*, 2002). En période prépubertaire, l'exposition des génisses à de la progestérone exogène a pour effet de réduire le nombre de récepteurs à l'œstradiol au niveau des neurones hypothalamiques. Il en résulterait une diminution de son effet de rétroaction négative et faciliterait ainsi une libération optimale de la GnRH et de la LH à l'arrêt du traitement et l'apparition d'une ovulation (Day & Anderson, 1998 ; Júnior *et al.*, 2010).

La synthèse de la GnRH dépend également de plusieurs hormones métaboliques telles l'insuline, la leptine, le facteur de croissance analogue à l'insuline 1 (IGF1 : *insulin-like growth factor 1*) et la ghréline (Williams *et al.*, 2018). La synthèse des trois premières hormones augmente en période de gain corporel (Garcia *et al.*, 2002 ; Allen *et al.*, 2017). En revanche, la ghréline d'origine stomacale est davantage

produite en période de restriction alimentaire. Elle a pour effet de réduire la synthèse de GnRH (Fernández-Fernández *et al.*, 2005). Les effets de ces hormones métaboliques sont régulés par des neuropeptides hypothalamiques impliqués par ailleurs dans la régulation de l'ingestion alimentaire. Ainsi la pro-opiomélanocortine (POMC) a

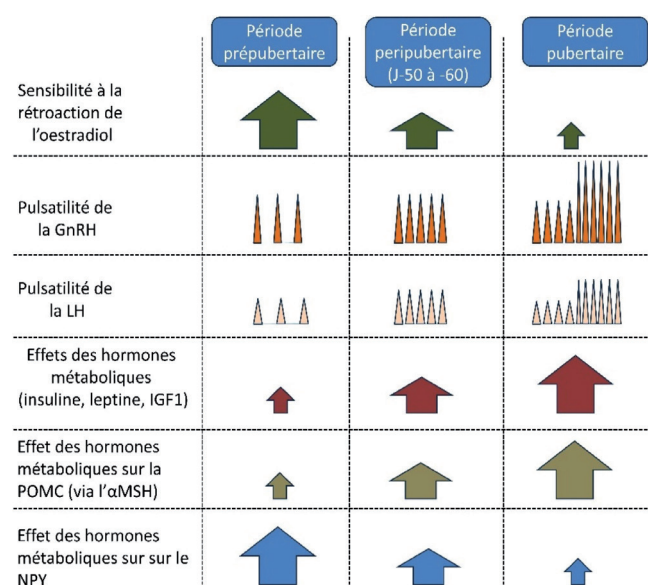


Figure 2 : Mécanisme hormonal de la puberté (adapté de Cardoso *et al.*, 2020) /// Hormonal mechanisms of puberty (adapted from Cardoso *et al.*, 2020)

GnRH : gonadolibérine ; IGF1 : facteur de croissance analogue à l'insuline 1 ; LH : hormone lutéinisante ; NPY : neuropeptide Y ; POMC : pro-opiomélanocortine ; αMSH : alpha-melanocyte-stimulating hormone

un effet anorexigène tandis que le neuropeptide Y (NPY) et l'agouti-related protein (AgRP) ont des effets orexigènes (Barsh & Schwartz, 2002). En période de bilan énergétique négatif, on observe une activation des neuropeptides NPY et AgRP qui vont stimuler la prise alimentaire et réduire les dépenses en énergie. En revanche, le neuropeptide POMC est activé lors d'un bilan énergétique positif pour réduire la prise alimentaire et augmenter l'utilisation de l'énergie corporelle (Patel & Smith, 2020).

L'insuline et la leptine stimulent la synthèse de la POMC (Cardoso *et al.*, 2015, 2018). Il en résulte une augmentation de l'*alpha-melanocyte-stimulating hormone* (α MSH) qui va stimuler la synthèse de la kisspeptine par les neurones KNDy (Seeley *et al.*, 2004). En revanche, la leptine et l'insuline réduisent l'expression du NPY (Mizuno & Mobbs, 1999). Ces deux effets opposés contribuent à augmenter la synthèse de la GnRH (Guzmán *et al.*, 2019).

Méthodes d'identification de l'anœstrus pubertaire

L'identification précoce des génisses en anœstrus constitue une stratégie incontournable pour une gestion optimale de leur reproduction. Diverses méthodes ont été utilisées, mais bien davantage chez *Bos taurus* que *Bos indicus*. La mesure de la filière pelvienne est depuis longtemps proposée pour identifier les génisses qui présentent un risque de dystocie (Deutscher, 1985). Le système RTS (*reproductive tract scoring*) se base sur l'examen manuel des cornes utérines, des ovaires et de leurs structures. Le système n'est pas dépourvu d'une certaine subjectivité surtout si le clinicien manque d'expérience (Andersen *et al.*, 1991 ; Rosenkrans & Hardin, 2003). Les génisses présentant un score de 1 ou 2 sont plus à risque d'anœstrus que celles dont le score est de 4 ou 5 (Holm *et al.*, 2015). Une méthode alternative a été proposée (RIP : *ready-intermediate-problem*). Elle combine l'évaluation du score corporel, le poids corporel, l'examen du tractus génital et la surface pelvienne. Elle a confirmé la corrélation positive entre le score corporel et la probabilité d'une gestation au cours des trois premières semaines de la période de reproduction (Monday *et al.*, 2018). Plus récemment, une méthode alternative de *scoring* des génisses laitières, combinant la mesure du poids corporel, l'évaluation du score corporel et l'identification échographique et/ou manuelle d'un corps jaune sur l'un des deux ovaires, a démontré la corrélation positive entre la valeur du score et le pourcentage de gestation à la première insémination ainsi que le risque de dystocie (Thomson *et al.*, 2023). Chez la génisse laitière, la fertilité est inversement proportionnelle à la distance entre l'anus et le clitoris (AGD : *anogenital distance*). Cette mesure constitue une alternative intéressante au demeurant très pratique et par ailleurs héritable (h^2 : 0,37) (Carrelli *et al.*, 2021). Elle mériterait d'être investiguée chez le *Bos indicus*.

Le nombre de follicules antraux (AFC : *antral follicle count*), à savoir les follicules dont le diamètre est supérieur à 2-3 mm, dépend largement de l'individu mais également de l'âge, du stade du cycle, de l'état corporel, de la nutrition ou encore de l'espèce, le genre *Bos indicus* ayant davantage de follicules cavitaires que *Bos taurus* (Alvarez *et al.*, 2000 ; Buratini *et al.*, 2000 ; Carvalho *et al.*, 2008 ; Bastos *et al.*, 2010 ; Baldrighi *et al.*, 2014). L'héritabilité de l'AFC est relativement élevée et comprise entre 0,25 et 0,31. La relation existante entre l'AFC et la fertilité reste cependant à démontrer (Alward *et al.*, 2023).

L'hormone anti-müllérienne (AMH : *anti mullerian hormone*) est une glycoprotéine produite après la naissance par les cellules de la granulose des follicules pré-antraux et antraux. À ce titre, sa concentration plasmatique constituerait un bon marqueur biologique de la population folliculaire chez *Bos taurus* et *Bos indicus* (Alward & Bohlen, 2020), d'autant qu'elle serait plus élevée chez la génisse *Bos indicus* (Baldrighi *et al.*, 2014 ; Batista *et al.*, 2014).

Le dosage de la progestérone permet également de confirmer la présence ou non d'une activité lutéale (De Menezes *et al.*, 2020).

Facteurs de risque de l'anœstrus pubertaire

■ La génétique

Diverses observations confirment l'influence possible de facteurs génétiques sur la puberté. L'héritabilité de l'âge du premier vêlage chez *Bos indicus* serait comprise entre 0,08 et 0,25 (Mukasa-Mugerwa, 1989). Selon Rege *et al.* (2001), l'âge au premier vêlage diffère selon les régions et les races : il varie entre 36 et 52 mois pour les races zébus éthiopiennes et entre 24 et 54 mois pour les races kényanes. Chez les vaches croisées (zébu Borana × Holstein Friesian), l'âge le plus bas au premier service ($23,7 \pm 4,08$ mois) et au premier vêlage ($33,36 \pm 4,6$ mois) est observé avec le groupe génétique F4 (93,75 % Holstein × 6,25 % Borana) (Abera *et al.*, 2016). Dans des élevages périurbains de N'Djamena au Tchad, l'âge moyen au premier vêlage montre des différences entre les races locales : $43,59 \pm 9,75$ mois pour les zébus Arabes, $55,48 \pm 6,89$ mois pour les zébus Bororos, et $52,77 \pm 3,68$ mois pour les zébus Bokoldji (Tellah *et al.*, 2015).

Des corrélations génétiques négatives ont été observées entre le poids à la puberté et les mesures de croissance chez les génisses *Bos indicus*, *Bos taurus*, et leurs lignées composites (Mukasa-Mugerwa, 1989 ; Johnston *et al.*, 2009). Cela suggère que les génisses à croissance génétiquement rapide sont susceptibles d'être plus jeunes et plus lourdes à la puberté (Mukasa-Mugerwa, 1989).

Les études sur les gènes candidats et les analyses d'association génétique ont permis d'identifier des gènes influençant l'âge de la puberté chez les génisses *Bos indicus*, *Bos taurus* et leurs hybrides (Luna-Nevarez *et al.*, 2011 ; Fortes *et al.*, 2016 ; Catuzzi *et al.*, 2023). Ces recherches montrent que l'âge de la puberté est un caractère polygénique, contrôlé par de nombreux gènes à effet individuel modeste (Fortes *et al.*, 2016). Par exemple, une étude d'association génomique menée par Snelling *et al.* (2012) a révélé une corrélation génétique négative entre l'âge de la puberté et le taux de gestation des génisses de boucherie ($r = -0,33$), suggérant qu'une sélection pour une puberté plus précoce pourrait améliorer les taux de gestation. Dans des populations de génisses Angus, la sélection pour une puberté précoce a également réduit les intervalles de vêlage (Morris *et al.*, 2000), confirmant que les gènes responsables de la puberté peuvent aussi influencer la fertilité. Cependant, la réduction de l'âge de la puberté doit être envisagée avec discernement où un âge pubertaire trop précoce pourrait exposer les génisses à des saillies accidentelles avant leur sevrage (Perry, 2016). Mota *et al.* (2024) soulignent l'importance de surveiller la capacité des génisses sexuellement précoces à maintenir une régularité reproductive, en particulier leur capacité à concevoir à nouveau après une première gestation précoce. Une stratégie de sélection génétique ciblée, intégrant une gestion nutritionnelle adaptée, pourrait être une alternative pour optimiser l'âge de la puberté chez les génisses *Bos indicus* (Ferraz *et al.*, 2018).

■ La nutrition

Le gain moyen quotidien et le poids sont des facteurs déterminants de l'âge de la puberté. En général, chez les races à viande de type *Bos taurus* et *Bos indicus*, l'aptitude à la reproduction apparaît lorsque le poids atteint respectivement 30 à 55 % et 60 % du poids adulte (Mukasa-Mugerwa, 1989).

Les effets de la nutrition doivent s'envisager dans un double contexte. Le premier est celui de la phase de croissance postnatale et le second de la gestation. Ce dernier fait référence à la notion de programmation du développement. Cette notion implique que les caractéristiques maternelles (âge, espèce, production laitière, score corporel), mais aussi des facteurs environnementaux comme la saison ou le stress thermique, présents durant la gestation peuvent avoir des effets sur le nouveau-né après sa naissance. Ces effets concernent la croissance, mais également le métabolisme ou l'immunité, la reproduction, la production laitière ou encore la longévité. Leurs mécanismes sont

multiples. Ils impliquent largement le développement et la physiologie placentaire. Ils concernent également des modifications épigénétiques de l'expression des gènes (Chavatte-Palmer *et al.*, 2024 ; Meesters *et al.*, 2024).

Les effets des apports alimentaires au cours de la phase de croissance post-natale sur l'apparition de la puberté sont largement reconnus dans l'espèce bovine (Short & Bellows, 1971 ; Day *et al.*, 1986 ; Garcia *et al.*, 2002 ; Garza *et al.*, 2023). Ils concernent plus spécifiquement la période comprise entre le 4^e et le 9^e mois suivant la naissance (Cardoso *et al.*, 2014, 2020). Un gain quotidien moyen d'1 kg s'accompagne d'une plus grande quantité de tissu adipeux et de l'augmentation des hormones métaboliques telles l'insuline, la leptine et l'IGF1 (Allen *et al.*, 2017). Il en résulte une diminution du neuropeptide NPY et l'augmentation du neuropeptide POMC (Allen *et al.*, 2012 ; Cardoso *et al.*, 2018 ; Garza *et al.*, 2023). Il est vraisemblable que ces effets soient médiés par des mécanismes épigénétiques impliquant des altérations de la méthylation de gènes impliqués dans la régulation de la croissance néonatale (Alves *et al.*, 2017). Chez les zébus africains, le seuil du poids nécessaire (60 % du poids adulte) à l'induction de la puberté varie en fonction de la génétique, de la nutrition et des conditions environnementales (Oyedipe *et al.*, 1982 ; Tegegne *et al.*, 1992 ; Rekwot, 2004). Une augmentation des apports en concentrés est associée à une augmentation de la fréquence des pulses de LH (Gasser *et al.*, 2006a), de la taille des follicules dominants (Gasser *et al.*, 2006b) et à une diminution de la rétroaction négative de l'œstradiol sur la sécrétion de LH avant la puberté (Gasser *et al.*, 2006c). La majorité des études s'accordent à reconnaître que l'association d'un sevrage précoce, réalisé entre 70 jours et 4 mois après la naissance, et la distribution de concentrés constitue une stratégie qui s'accompagne d'une puberté plus précoce (Gasser *et al.*, 2006b, 2006a ; Allen *et al.*, 2017). Les génisses recevant une ration contenant 19,17 % de protéines brutes sont plus précocement pubères et leur poids est supérieur à celui des génisses nourries avec un régime moins riche en protéines (Oyedipe *et al.*, 1982). Rekwot (2004) a également observé qu'un supplément de 500 g/jour de tourteaux de coton (25,7 % de protéines brutes) permettait aux génisses d'atteindre la puberté plus tôt ($23,9 \pm 1,2$ mois) et avec un poids plus élevé ($270,5 \pm 3,5$ kg) que les génisses nourries exclusivement avec des tiges de maïs (4,5 % de protéines brutes), lesquelles atteignaient la puberté plus tardivement ($28,2 \pm 1,3$ mois) et avec un poids moindre ($237,6 \pm 5,8$ kg). De même, Tegegne *et al.* (1992) ont démontré qu'une alimentation complémentaire pendant la saison sèche permettait d'accélérer la croissance, de réduire l'âge de la puberté et d'améliorer la fertilité des génisses Boran.

Outre l'énergie et les protéines, les micronutriments tels que les vitamines et les minéraux sont également essentiels au développement de la reproduction (Severino-Lendechy *et al.*, 2020). Pour les zébus africains, qui ont une capacité naturelle à s'adapter à des environnements où les ressources nutritionnelles sont limitées, l'optimisation des apports nutritionnels pendant les phases critiques du développement reproductif reste essentielle pour améliorer leurs performances.

Diverses études ont confirmé l'impact négatif exercé par un manque ou un excès d'apports alimentaires durant la gestation sur le développement de l'axe hypothalamo-hypophysaire et donc sur les performances de reproduction de la génisse (Cushman *et al.*, 2014 ; Kenny *et al.*, 2018 ; Cardoso *et al.*, 2020). Une réduction des apports en protéines au cours des 110 premiers jours de la gestation, période au cours de laquelle se multiplient les ovocytes, ne modifie pas le poids des veaux. Cependant, on observe une réduction de leur réserve folliculaire et de la concentration de l'hormone anti-müllérienne (AMH), mais une augmentation de l'hormone FSH, conséquence possible de la réduction du nombre de follicules (Mossa *et al.*, 2013 ; Cardoso *et al.*, 2020). Chez la vache laitière, une insémination réalisée en période de balance énergétique négative se traduit par une réduction de la

production laitière (González-Recio *et al.*, 2012) et de la fertilité de sa descendance (Wathes, 2012).

Une réduction des apports protéiques et énergétiques au cours des deux mois précédant et des trois mois suivant la fécondation entraîne une réduction de la qualité du sperme (Copping *et al.*, 2018). Une diminution des apports alimentaires durant les deux derniers trimestres de la gestation serait sans effet sur le moment d'apparition de la puberté (Maia *et al.*, 2022). Une restriction alimentaire suivie, en fin de gestation, d'un régime adapté serait sans effet sur la croissance du fœtus et sur les performances de reproduction (Bell & Greenwood, 2016 ; Noya *et al.*, 2019). Une méta-analyse menée par Zago *et al.* (2019) a mis en évidence que des apports nutritionnels excédant 130 % des besoins en protéines brutes durant la gestation entraînaient une réduction du poids à la naissance des veaux, ce qui pouvait affecter leur croissance et leur développement reproductif ultérieur. De même, Weller *et al.* (2016) ont montré que des niveaux de nutrition élevés au milieu ou à la fin de la gestation pouvaient diminuer la taille des ovaires et les réserves folliculaires des jeunes génisses, compromettant leur potentiel reproductif futur.

■ L'infestation parasitaire

Le parasitisme, causé par les ectoparasites et les endoparasites, constitue un obstacle majeur pendant la période prépubertaire des génisses, entravant leur croissance, le développement mammaire et l'apparition de la puberté (O'Kelly *et al.*, 1988 ; Perri *et al.*, 2013). Diverses études ont confirmé une prévalence élevée de l'infestation parasitaire. En Tanzanie, la prévalence des parasites gastro-intestinaux chez les zébus indigènes serait de 97 % ($n = 140/144$) (Keyyu *et al.*, 2003). Au Nigéria, une prévalence de 27,1 % ($n = 23/85$) a été observée chez les zébus indigènes, contre 15,3 % ($n = 10/65$) chez les bovins N'Dama (*Bos taurus* africain) (Abraham *et al.*, 2020). En Éthiopie, 67,2 % ($n = 269/400$) des bovins vivant autour de la ville de Hosanna, dans le Sud du pays, sont infectés par un ou plusieurs parasites gastro-intestinaux (Tiele *et al.*, 2023). Les signes cliniques associés à ces infestations incluent anorexie, faiblesse, perte de poids, diarrhée, dépression et anémie (Smith & Archibald, 1968), symptômes qui influencent négativement la productivité et le bien-être des animaux. Ces effets sont souvent accompagnés par une réduction des concentrations plasmatiques du facteur de croissance analogue à l'insuline 1 (IGF-1) (O'Kelly *et al.*, 1988 ; Perri *et al.*, 2013), une hormone clé dans la régulation de la croissance et de la puberté. Les effets négatifs d'une infestation parasitaire modérée pourraient être compensés par une gestion nutritionnelle complémentaire adaptée (O'Kelly *et al.*, 1988).

L'anæstrus du postpartum

L'anæstrus du postpartum a fait l'objet de nombreuses synthèses. Celles-ci concernent bien davantage l'espèce *Bos taurus* que *Bos indicus* (Hanzen, 1986 ; Yavas & Walton, 2000 ; Crowe, 2008 ; Peter *et al.*, 2009). La majorité des publications relatives à l'anæstrus du postpartum concernent bien davantage les races laitières de type *Bos taurus* que les races à viande ou les races de l'espèce *Bos indicus*.

Croissance folliculaire au cours du postpartum

La reprise d'une croissance folliculaire après le vêlage se fait en trois phases : une phase statique, une phase dynamique et une phase de devenir du follicule dominant (figure 3) (Wiltbank *et al.*, 2002 ; Crowe, 2008 ; Peter *et al.*, 2009). La première est dite statique. L'ovaire ne présente, durant une semaine chez la vache laitière et deux semaines voire plus chez la vache allaitante, que de petits follicules (diamètre < 4 mm). Progressivement et suite à la diminution de la concentration en œstrogènes, on observe une reprise de la pulsativité de la FSH. On entre alors dans une phase dynamique qui va aboutir au développement d'un follicule dominant. Le devenir du

follicule dominant sera différent chez la vache laitière et allaitante. Si la balance énergétique négative n'est pas excessive, il y a synthèse d'insuline, donc d'IGF1, qui peut assurer une synthèse optimale d'œstradiol par le follicule en croissance et, par conséquent, la libération de la LH responsable de l'ovulation, laquelle apparaît environ trois semaines après le vêlage chez la vache laitière. Cette ovulation s'observe dans respectivement 50 % et 20 % des cas chez la vache laitière et allaitante. Un manque de LH augmente le risque d'apparition d'un kyste folliculaire chez la vache laitière dans 20 % des cas, ce risque étant négligeable chez la vache allaitante. Le follicule dominant peut également s'atrophier. Il s'en suivra une nouvelle croissance folliculaire, situation beaucoup plus fréquente chez la vache allaitante (80 %) que laitière (30 %). Le premier développement lutéal présente deux caractéristiques. La durée du corps jaune est plus courte et sa synthèse de progestérone plus faible. Le second cycle qui s'ensuit est de durée normale et la synthèse de progestérone optimale. Cette chronologie

des modifications hormonales concerne bien davantage les vaches de type *Bos taurus* que *Bos indicus*. Il n'est pas rare, en effet, que ces dernières présentent une longue période d'anœstrus, de 217 à 278 jours, durant laquelle on n'observe aucun follicule de diamètre supérieur à 6, voire 8 mm (Ruiz-Cortes & Oliveira Angel, 1999).

Régulation hormonale de la croissance folliculaire et lutéale au cours du postpartum

La régulation hormonale de la croissance folliculaire et lutéale au cours du postpartum fait classiquement référence aux publications de Crowe (2008) et de Peter *et al.* (2009).

Pendant la gestation, la progestérone réduit la fréquence et l'amplitude des pics de la LH (figure 4). De même, la présence de concentrations élevées en œstrogènes en fin de gestation contribue à réduire celles de l'hormone FSH. La parturition s'accompagne d'une diminution

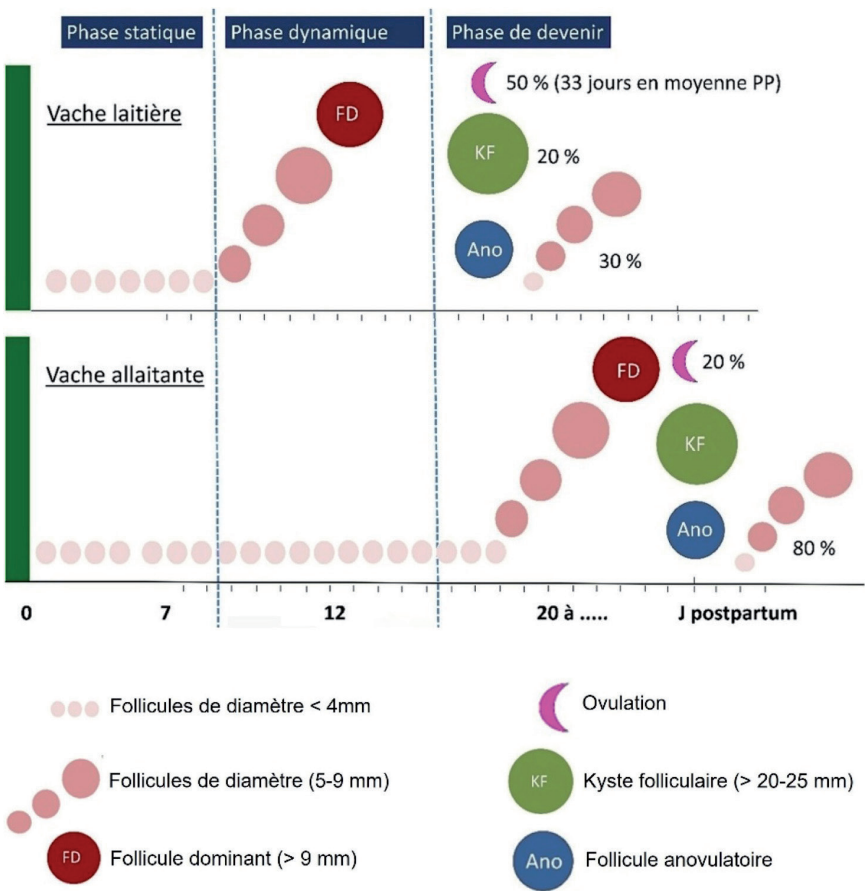


Figure 3 : Croissance folliculaire au cours du postpartum chez la vache laitière et allaitante (adapté de Crowe, 2008) /// *Follicular growth during the postpartum period in dairy and lactating cows (adapted from Crowe, 2008)*
Ano : anovulation ; FD : follicule dominant ; KF : kyste folliculaire ; PP : postpartum

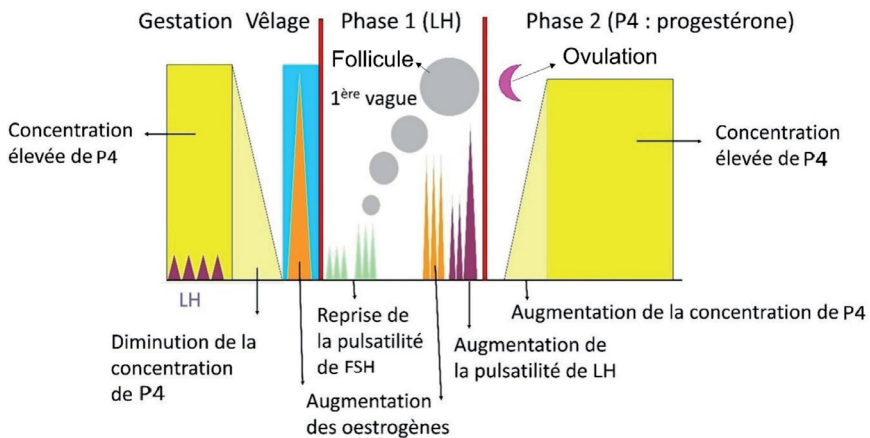


Figure 4 : Régulation hormonale de la croissance folliculaire et lutéale au cours du postpartum (adapté de Crowe, 2008) /// *Hormonal Regulation of Follicular and Luteal Growth during the postpartum period (adapted from Crowe, 2008)*
LH : hormone lutéinisante ; FSH : hormone folliculo-stimulante ; P4 : progestérone

de la progestérone et de l'augmentation puis d'une diminution dans les 48 heures suivantes des œstrogènes. La progestérone et l'œstradiol 17-β atteignent ensuite leur niveau basal au cours respectivement des 48 à 72 premières heures suivant le vêlage. Il en résulte le passage au cours des 3 à 7 premiers jours du postpartum d'un rétrocontrôle négatif à un rétrocontrôle positif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire. On observe ainsi, dans un premier temps, une reprise de la pulsativité tonique puis cyclique de GnRH, puis, dans un second temps, la libération de FSH, l'augmentation de la synthèse hypophysaire de LH dans un troisième temps et, enfin, dans un quatrième temps, la sécrétion de LH. La croissance des follicules dont le diamètre est supérieur à 4 mm fait suite à l'augmentation de la concentration en FSH. La capacité de l'un des follicules ainsi recrutés à poursuivre sa croissance et à exercer sa dominance physiologique au cours de la seconde semaine du postpartum dépend d'une augmentation de la pulsativité de l'hormone LH. Les œstrogènes, et en particulier le 17-β œstradiol, sont davantage sécrétés. Leur rétrocontrôle positif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire apparaît plus tard lorsqu'est atteint le seuil critique de concentration en 17-β œstradiol qui aboutit à la libération du pic pré-ovulatoire de l'hormone LH, à une ovulation et à l'apparition de la seconde phase dont la progestérone constitue l'élément hormonal principal.

Facteurs de risque

Les facteurs responsables de l'anœstrus postpartum sont de nature diverse. La nutrition et l'allaitement constituent des facteurs déterminants. D'autres facteurs ont davantage un rôle prédisposant : la race, l'espèce, le nombre de vêlages, la production laitière, la saison de vêlage, la présence d'un taureau, le retard d'involution utérine, les dystocies, les infections utérines, le niveau de santé ou encore la qualité de la détection de l'œstrus (Hanzen, 1986 ; Mukasa-Mugerwa, 1989 ; Opsomer *et al.*, 2000 ; Yavas & Walton, 2000 ; Montiel & Ahuja, 2005 ; Crowe, 2008 ; Diskin & Kenny, 2014 ; Orihuela & Galina, 2019). La présentation sera ici limitée aux facteurs ayant fait l'objet d'études plus spécifiques chez la vache *Bos indicus*. Ceux-ci concernent la génétique, la nutrition, la saison de vêlage et les stratégies d'allaitement.

■ La race

Le croisement des zébus avec des races laitières exotiques a significativement amélioré la production laitière, mais les impacts sur la reproduction sont variés et parfois contrastés (Wilson, 2018 ; Dotche *et al.*, 2019 ; Kathambi *et al.*, 2025). Bushara (2017) a noté une reprise tardive de la cyclicité ovarienne (79,9 ± 48,86 jours chez les zébus Kenana et 122,0 ± 52,2 jours chez les zébus croisés) et des intervalles vêlage-conception prolongés (133,12 ± 59,46 jours contre 267,0 ± 25,5 jours), accompagnés de faibles taux de gestation (87,7 % contre 6,8 %). En revanche, Abera *et al.* (2016) ont observé que le rétrocroisement des vaches zébus indigènes avec des Holstein-Friesian avait des effets positifs sur plusieurs aspects reproductifs, notamment l'âge à la première saillie, l'âge au premier vêlage, et le rendement laitier par lactation. Néanmoins, il semble que le rétrocroisement ait également conduit à une augmentation de l'intervalle entre les vêlages et le nombre d'inséminations nécessaires à l'obtention d'une gestation. Singh (2016), dans une revue des expériences de croisement pour la production laitière en Inde, a identifié qu'un niveau d'héritage exotique d'environ 50 % était optimal pour maximiser la croissance, la production laitière, et la reproduction. Les données montrent que les intervalles entre les vêlages dans les groupes avec 80 % d'héritage exotique étaient plus longs par rapport aux groupes F1, avec des intervalles de 437 ± 28,9 jours contre 451 ± 34,3 jours respectivement (Singh, 2005). Des observations similaires ont été rapportées avec le zébu local Banglash croisé avec des Holstein-Friesian ou des Sahiwal/Sindhi, les vaches croisées F1 ayant commencé leur cycle ovulatoire plus tôt que les zébus locaux (80,2 ± 17,5 jours chez les

vaches croisées contre 82,9 ± 18,8 jours et 84,8 ± 21 jours chez les zébus locaux) (Saha *et al.*, 2016). Cette étude a également révélé que la reprise des cycles ovariens postpartum était fortement influencée par le poids corporel.

■ La nutrition

La durée du postpartum est négativement corrélée à l'état corporel au vêlage, les apports alimentaires durant le pré-partum étant plus importants que ceux lors du postpartum et un score corporel de 5 (sur une échelle de 1 à 9) étant considéré comme un seuil minimal (Hess *et al.*, 2005 ; Millogo *et al.*, 2019). Dans les systèmes extensifs, l'accès à une alimentation de qualité est souvent saisonnier (Delgado *et al.*, 2004 ; Millogo *et al.*, 2019 ; Bhatti *et al.*, 2020). Pendant la saison sèche, les zébus ont moins accès à des pâturages de qualité, ce qui entraîne une perte de poids importante et un mauvais état corporel (Millogo *et al.*, 2019 ; Yamboué & Hanzen, 2025). Cette situation prolonge l'anœstrus postpartum, car les vaches ne sont pas en mesure de récupérer suffisamment d'énergie pour reprendre une activité ovarienne normale (Ibtisham *et al.*, 2018 ; Kouamo *et al.*, 2019).

L'état ou l'équilibre nutritionnel d'un animal est évalué par la note d'état corporel (NEC), qui reflète les réserves d'énergie corporelle disponibles pour les besoins totaux d'entretien, de production et de reproduction (Dorice *et al.*, 2019 ; Katte *et al.*, 2023). Une réduction de la note d'état corporel, et donc un bilan énergétique négatif, traduit un apport nutritionnel insuffisant au regard de l'augmentation de la production laitière. Lorsqu'elle est excessive, cette diminution contribue à allonger le délai nécessaire à la reprise de l'activité ovarienne après le vêlage (Montiel & Ahuja, 2005 ; Hanzen, 2021). Une réduction de la concentration en leptine inhibe la sécrétion hypothalamique de GnRH, réduisant ainsi la libération de LH et de FSH, deux hormones essentielles à la croissance des follicules et à l'ovulation (Cardoso *et al.*, 2015). De même, de faibles niveaux d'IGF1 peuvent directement interférer avec les mécanismes de croissance folliculaire et d'ovulation (Roche *et al.*, 2000 ; Lents *et al.*, 2008). Diverses études confirment l'effet favorable d'une supplémentation énergétique. Millogo *et al.* (2019), étudiant les vaches zébus Peulh et Goudali et leurs croisements avec des races exotiques, ont constaté que les vaches qui recevaient une supplémentation stratégique pendant la saison sèche prenaient plus de poids et avaient un intervalle vêlage-premier œstrus plus court (3 mois contre 5 mois en moyenne) que les vaches qui ne recevaient pas de supplémentation. Tegenge *et al.* (1994) ont rapporté que la supplémentation des vaches zébus Boran éthiopiennes avec de l'ensilage de blé à raison de 5 kg/tête par jour, soit 222 g/kg de matière sèche (MS) de protéines brutes et 10 g/kg MS d'énergie, réduisait les délais de l'involution utérine et augmentait le pourcentage de vaches cycliques allaitantes et non allaitantes à 150 jours après le vêlage. Chez les zébus Nelore (*Bos indicus*), Moreno *et al.* (2023) ont rapporté qu'une supplémentation de 1,5 kg/jour de supplément énergie-protéine pendant les 84 derniers jours de gestation améliorait à la fois les performances productives et l'état métabolique pendant les périodes pré et postpartum chez les vaches au pâturage. Cependant, les effets positifs d'une supplémentation stratégique sont influencés par la génétique, l'allaitement, la santé, la saison de vêlage et la gestion du troupeau (Baruselli *et al.*, 2017 ; Orihuela *et al.*, 2021).

■ La saison de vêlage

La saison de vêlage peut allonger ou réduire la durée de l'anœstrus postpartum en fonction des conditions environnementales, de la disponibilité alimentaire et du stress thermique, influençant ainsi la reprise de l'activité ovarienne chez les bovins des pays tropicaux (Delgado *et al.*, 2004 ; Meyer, 2009). Durant la saison des pluies, les pâturages sont abondants, ce qui permet aux vaches de maintenir ou d'améliorer leur état corporel. En revanche, pendant la saison sèche, la disponibilité des pâturages diminue, ce qui entraîne une perte de poids et une dégradation de l'état corporel. Cela signifie que les vaches

qui vèlent vers la fin de la saison sèche peuvent profiter de meilleures conditions nutritionnelles au cours de la saison des pluies suivante pour satisfaire leurs besoins énergétiques et favoriser la reprise de l'activité ovarienne (Oyedipe *et al.*, 1982 ; Eduvie, 1985 ; Dawuda *et al.*, 1988). Dans une étude de Dixon *et al.* (2011), des vaches ont été nourries avec deux régimes alimentaires distincts pendant la saison sèche et la saison des pluies. Alors que la croissance des veaux n'a pas été affectée par le régime alimentaire pendant la première partie de la saison sèche, elle a ralenti au milieu de la saison sèche chez les vaches nourries exclusivement au pâturage naturel (régime pauvre). Dixon *et al.* (2011) ont conclu que les vaches ayant une mauvaise alimentation étaient capables de mobiliser leurs réserves corporelles pour maintenir la production de lait au début de la saison sèche, mais qu'elles avaient du mal à le faire dans les conditions plus exigeantes du milieu de la saison sèche. Ce constat souligne l'importance d'une gestion nutritionnelle adaptée en saison sèche pour prévenir l'épuisement des réserves corporelles des vaches et pour maintenir une croissance optimale des veaux dans des conditions environnementales difficiles.

En parallèle, les maladies saisonnières, telles que les infections parasitaires ou à transmission vectorielle, plus fréquentes pendant la saison des pluies, peuvent affaiblir les animaux et compromettre leur capacité à retrouver une cyclicité normale après le vêlage (Keyyu *et al.*, 2003). Le stress thermique, bien que généralement délétère pour la reproduction bovine, exerce un impact moindre sur les zébus africains (*Bos indicus*), en raison de leur adaptation naturelle aux environnements chauds (Kim *et al.*, 2020). Ces adaptations comprennent une meilleure thermorégulation et une tolérance accrue à la chaleur (Scheffler, 2022). En revanche, les croisements entre les zébus et les races européennes (*Bos taurus*) peuvent présenter une sensibilité accrue au stress thermique, ce qui peut compromettre leur reproduction et leurs performances dans des conditions de chaleur intense (Sajjanar *et al.*, 2024 ; Hanzen *et al.*, 2025). Cette divergence souligne l'importance de prendre en compte la tolérance au stress thermique dans le choix des races pour des environnements chauds, afin d'optimiser les performances reproductives et la productivité dans des conditions climatiques défavorables.

■ L'allaitement

Dans les systèmes d'élevage où les veaux sont en allaitement *ad libitum*, la tétée prolonge la période d'inactivité ovarienne postpartum, compromettant ainsi la fertilité et la productivité globale du troupeau (Orihuela & Galina, 2019). Le mécanisme principal par lequel la tétée affecte l'anœstrus postpartum est neuroendocrinien (Xavier *et al.*, 2018 ; Prasad *et al.*, 2025). La tétée du veau stimule les récepteurs sensoriels de la mamelle, déclenchant la libération d'opioïdes endogènes qui inhibent la sécrétion de GnRH et donc celle des gonadotrophines hypophysaires (Williams, 1990). Cet effet est particulièrement marqué chez les vaches qui sont continuellement allaitées (Henao *et al.*, 2000 ; Orihuela & Galina, 2019). En outre, la présence continue du veau, renforcée par des stimuli sensoriels tels que la vue, l'odorat et l'ouïe, contribue à maintenir cet état d'anœstrus (Xavier *et al.*, 2018). Les recherches montrent que même en l'absence de tétée, ces stimuli peuvent prolonger l'anœstrus, soulignant l'importance du lien maternel dans ce processus (Stevenson *et al.*, 1994 ; Griffith & Williams, 1996). Des interventions telles que la limitation de la tétée, le sevrage temporaire ou le sevrage précoce, visant à réduire la fréquence de la succion et des stimulations visuelles, olfactives et auditives, peuvent potentiellement réduire la durée de l'anœstrus postpartum (Xavier *et al.*, 2018 ; Orihuela & Galina, 2019). La limitation de la tétée consiste à restreindre les contacts entre la mère et le veau à certaines périodes, réduisant ainsi les stimuli sensoriels associés à la présence du veau. Cela peut se faire via la tétée une ou deux fois par jour sur des périodes de 30 à 60 minutes (Escrivão *et al.*, 2009 ; Orihuela, 2016). Pendant les périodes de séparation, les vaches peuvent pâturer tandis que leurs veaux restent confinés et peuvent recevoir un peu de concentrés.

Dans une étude menée au Mexique, Rodríguez et Segura (1995) ont observé que la limitation de la tétée à une fois par jour à partir de J30 après le vêlage augmentait le taux de gestation des vaches croisées (42 % vs 28 % à J30, 81 % vs 59 % à J60 et 90 % vs 72 % à J90 après le traitement respectivement chez les vaches traitées et non traitées) sans affecter négativement la croissance des veaux.

Le sevrage temporaire est une autre méthode qui consiste à séparer les veaux de leur mère pendant 12 à 96 heures, souvent entre 25 et 90 jours après le vêlage, avec des variantes telles que l'autorisation de certains niveaux de contact visuel, auditif ou olfactif entre la mère et le veau au lieu d'une séparation complète (Webb *et al.*, 2004 ; Escrivão *et al.*, 2009 ; Orihuela, 2016), une alimentation complémentaire et divers régimes hormonaux sont souvent combinés. Ce processus, bien que stressant initialement, réduit progressivement les indicateurs de stress (Pérez-Torres *et al.*, 2014), ainsi que la durée de l'anœstrus postpartum ($67 \pm 1,3$ jours contre $75 \pm 1,5$ jour) et améliore les taux de gestation (88,6 % contre 70,4 %) dans le cas d'une séparation de 48 heures à 20 jours d'intervalle et répétée cinq fois à partir de J90 après le vêlage (Martins *et al.*, 2012). Cependant, des séparations plus longues peuvent présenter des inconvénients, tels que la rupture du lien mère-veau, potentiellement irréversible si les vaches refusent ensuite d'allaiter (Orihuela & Galina, 2019).

Le sevrage précoce consiste à retirer le veau de sa mère au cours de ses premières semaines de vie, ce qui nécessite une alimentation artificielle pour compenser l'absence de lait maternel. Cette technique, bien qu'efficace pour améliorer le poids des veaux à un âge plus avancé (à partir de 180 jours), impose des contraintes importantes en termes de gestion et de coûts. Les jeunes veaux restent très dépendants de leur mère pour leur bien-être social et nutritionnel, surtout dans des systèmes extensifs africains où l'approvisionnement en fourrage peut être limité (Orihuela & Galina, 2019). La mise en œuvre de cette stratégie doit être soigneusement étudiée dans le contexte des contraintes économiques et culturelles des systèmes d'élevage africains, où la pratique du sevrage précoce peut ne pas être réalisable ou acceptable pour les éleveurs.

La gestion hormonale des anœstrus

Compte tenu de l'impact négatif des anœstrus pubertaires et du postpartum ainsi que des contraintes liées à la détection des chaleurs, de très nombreux protocoles hormonaux ont été mis au point depuis plusieurs décennies afin d'induire, voire de synchroniser, une activité cyclique aussi régulière que possible et de permettre la réalisation d'inséminations systématiques tout en maintenant une fertilité optimale. Dans les races à viande, 36,4 % de ces protocoles concernent les femelles *Bos taurus* aux USA, au Canada et en Uruguay ; 44,3 % les femelles *Bos indicus* (principalement Nelore : 98 % au Brésil) et 19,3 % leurs croisements (Monteiro *et al.*, 2023). Ces protocoles sont également de plus en plus utilisés en Afrique (Dotche *et al.* 2019 ; Kouamo *et al.* 2020, 2021, 2022, 2024 ; Kouamo, 2025).

Intérêts des protocoles de synchronisation

Chez la vache laitière, le recours de plus en plus intensif aux protocoles de synchronisation s'est traduit bien davantage par une amélioration de la fécondité, à savoir une réduction de l'intervalle entre vêlages, que par celle de la fertilité (Bisinotto *et al.*, 2014).

Les pourcentages de gestation observés chez les génisses et les vaches de races à viande des espèces *Bos taurus* et *Bos indicus* ont été évalués. Une méta-analyse de 228 essais cliniques a montré que le pourcentage moyen de gestation était de 51,6 % (140,712/272,668). Ces pourcentages étaient respectivement de 53,5 % (47,784/85,589) et de 50,8 % (76,387/150,239) après utilisation de protocoles de type Ovsynch ou à base de progestérone et d'esters d'œstradiol. Le pourcentage moyen était, chez *Bos taurus* et *Bos indicus*, respectivement

de 55 et 44,1 % chez les génisses, de 52,5 et 39,4 % chez les primipares et de 51,6 et 50,9 % chez les pluripares (Monteiro *et al.*, 2023). Une autre méta-analyse plus spécifique de 36 études relatives à des génisses de l'espèce *Bos indicus* (Nelore) a rapporté l'effet favorable des protocoles de synchronisation à base de progestérone, complétés ou non d'œstradiol. Ainsi, les pourcentages de gestation sont supérieurs quand la progestérone est associée à l'œstradiol (45,2 à 48,1 %), par comparaison aux animaux non traités (40,9 à 30,9 %) ou traités uniquement avec de la progestérone (39,3 à 38,8 %), ces valeurs faisant référence respectivement à des animaux âgés de moins de 20 mois ou de 20 mois et plus (Sartori *et al.* 2024).

Les études menées à grande échelle dans le contexte africain sont encore relativement peu nombreuses. Une publication conduite sur 943 génisses et vaches rapporte que les pourcentages de gestation étaient plus élevés chez les *Bos taurus* de races Holstein et Montbéliarde (60,8 %) et croisées F1 *Bos indicus* × *Bos taurus* (57,6 %) que chez les femelles *Bos indicus* de race Goudali (41,1 % ; $p = 0,0005$) (Kouamo *et al.*, 2024).

Les protocoles hormonaux sont complémentaires des stratégies de gestion alimentaire et de sevrage des veaux (Yavas & Walton, 2000 ; Baruselli *et al.*, 2004 ; Bo *et al.*, 2007). Ils permettent de synchroniser les vêlages et leur saisonnalité. Ils entraînent indirectement une meilleure croissance des veaux et une réduction du nombre de taureaux. Ils ont également pour avantage de réduire le temps consacré à la détection de l'œstrus et de permettre d'inséminer systématiquement les animaux (TAI : *insémination artificielle à temps fixe*) (Monteiro *et al.*, 2023). Ce faisant, les protocoles hormonaux accélèrent le gain génétique et contribuent à augmenter la rentabilité de l'élevage (Rodgers *et al.*, 2012). Ils impliquent cependant des moyens de contention adaptés pour réaliser les traitements dont, par ailleurs, le coût peut être conséquent (Mercadante & Lamb, 2024). Les protocoles d'insémination systématique n'excluent pas l'exposition ultérieure des femelles synchronisées à des taureaux. Cette stratégie permet de réduire le nombre de taureaux nécessaires (1:50 vs 1:30) (Timlin *et al.*, 2021) et d'augmenter le pourcentage de femelles gestantes en fin de période de reproduction (Monteiro *et al.*, 2023).

Nature des protocoles de synchronisation

Ces protocoles concernent les races laitières (Wiltbank & Pursley, 2014 ; Fricke & Wiltbank, 2022 ; Chebel *et al.*, 2025), mais également

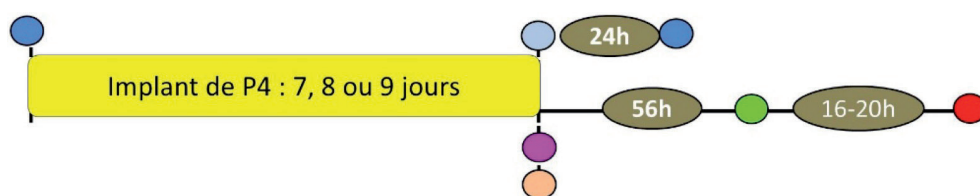
les races à viande, qu'elles soient de l'espèce *Bos taurus* ou *Bos indicus* (Lamb *et al.*, 2010 ; Baruselli *et al.*, 2011 ; Monteiro *et al.*, 2023 ; Sales *et al.*, 2024 ; Sartori *et al.*, 2024). Les traitements hormonaux d'induction et de synchronisation de l'œstrus et de l'ovulation présentent une grande diversité selon qu'ils sont ou non associés à la détection des chaleurs ou à l'identification d'un état d'anœstrus, selon qu'ils recourent ou non à des esters d'œstradiol, qu'ils s'appliquent à des animaux cyclés ou non (Richardson *et al.*, 2016) ou encore qu'ils sont utilisés chez des génisses ou des vaches (Mercadante & Lamb, 2024).

Les protocoles de synchronisation peuvent se répartir en deux groupes (figure 5). Le premier associe la progestérone administrée par voie vaginale à des esters d'œstradiol (Bo *et al.*, 1995 ; Bridges *et al.*, 1999). Il est important de rappeler l'interdiction d'utilisation des esters d'œstradiol en reproduction bovine dans les pays de la Communauté européenne (directive 2003/74/CE), mais également aux États-Unis et en Nouvelle-Zélande, à la différence de la plupart des pays d'Amérique du Sud, exception faite de l'Uruguay, Paraguay, Chili et Argentine (Bó & Menchaca, 2023). Ces esters d'œstradiol ont progressivement été remplacés par la GnRH et utilisés dans le cadre d'un second groupe de protocoles appelés Ovsynch, également appelés GPG par les auteurs francophones – l'acronyme GPG correspondant à la séquence des trois injections du protocole Ovsynch avec G pour GnRH (jour 0), P pour PGF2α (jour 7) et G pour GnRH (jour 9) (Pursley *et al.*, 1995 ; Hanzen *et al.*, 2003 ; Hassanein *et al.*, 2024).

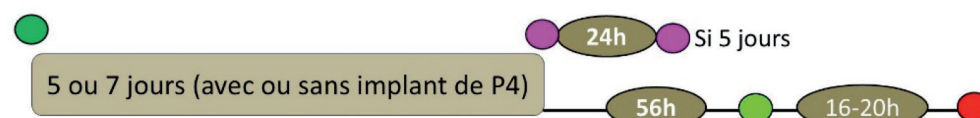
Principes du protocole Ovsynch et de ses adaptations

Le protocole Ovsynch peut se décrire de la manière suivante. Au jour 0, une première injection de GnRH (G1) est réalisée. Elle a pour effet d'induire l'ovulation du follicule dominant présent ou sa lutéinisation, à savoir la formation d'un corps jaune dit accessoire. Il s'ensuit, dans l'un et l'autre cas, la croissance d'un nouveau follicule. Au jour 7, une injection de prostaglandine est réalisée afin de lutéolyser le corps jaune présent ainsi que le corps jaune accessoire, et de permettre au nouveau follicule dominant d'évoluer jusqu'à l'ovulation. Au jour 9, soit classiquement (Pursley *et al.*, 1998) 56 heures après l'injection de prostaglandine, une seconde injection de GnRH (G2) est réalisée afin d'induire, dans 85 à 100 % des cas, l'ovulation du follicule dominant (Pursley *et al.*, 1995 ; Fricke *et al.*, 1998). Une insémination systématique est effectuée 16 à 20 heures après cette seconde injection de GnRH. Ce protocole a fait l'objet de diverses adaptations

Protocole de type progestérone et œstradiol



Protocole de type GnRH et PGF2α (Ovsynch)



- | | | |
|-------------------------|------------------------|---------------------|
| ● Cypionate d'œstradiol | ● Benzoate d'œstradiol | ● P4 : progestérone |
| ● eCG | ● GnRH | |
| ● PGF2α | ● IASystématique | |

Figure 5 : Les deux grands groupes de protocoles de synchronisation de l'œstrus /// The two main groups of estrus synchronization protocols

eCG : gonadotrophine chorionique équine ; GnRH : gonadolibérine ; IA Systématique : insémination artificielle systématique ; P4 : progestérone ; PGF2α : prostaglandine F2 alpha

dans le cadre de protocoles appelés Presynch, SelectSynch, CoSynch, HybridSynch, HeatSynch ou Resynch (Bó *et al.*, 2007 ; Lamb *et al.*, 2010 ; Patterson *et al.*, 2013 ; Monteiro *et al.*, 2023 ; Bó & Menchaca, 2023 ; Uddin *et al.*, 2023 ; Hassanein *et al.*, 2024) (figure 6).

La 1^{re} GnRH va induire l'ovulation ou la lutéinisation du follicule dominant éventuellement présent. Il en résulte l'apparition 3 à 4 jours plus tard d'une nouvelle croissance folliculaire. Elle contribue également à augmenter le cas échéant la synthèse de progestérone. La PGF2α va lutéoliser le CJ et le CJ accessoire. La 2^e GnRH va induire de manière synchrone l'ovulation et permettre une IA systématique (TAI : timed artificial insemination).

L'Ovsynch peut s'accompagner d'un DIV (dispositif intravaginal de progestérone) en cas d'anoestrus.

Ce protocole s'accompagne d'une détection de l'oestrus et le cas échéant de l'IA de l'animal.

L'injection de la 2^e GnRH se fait au moment de l'IA de l'animal 48h après l'injection de la PGF2α.

Une injection de cypionate d'oestradiol remplace la 2^e injection de GnRH. Cet ester est interdit en Europe.

Le protocole PreSynch consiste en l'injection d'une dose unique de PGF2α, 10 ou 14 jours avant le début de l'OvSynch, ou en une double injection de PGF2α, la deuxième injection étant réalisée entre 10 et 14 jours avant le début de l'OvSynch. Ce protocole a pour effet d'augmenter la probabilité d'avoir un follicule dominant lors de la première injection de GnRH du protocole Ovsynch (Moreira *et al.*, 2001). Il exerce un effet favorable sur la fertilité (Stevenson, 2025). Le protocole SelectSynch implique l'injection de GnRH suivie sept jours plus tard d'une injection de PGF2α. La détection de l'oestrus débute 24 à 48 heures après l'injection de la PGF2α et se poursuit durant 5 à 7 jours. Le cas échéant, l'animal est inséminé 8 à 12 heures après la détection (Dejarnette *et al.*, 2004). Le protocole CoSynch est identique au précédent, mais l'insémination est effectuée simultanément à la deuxième injection de la GnRH (Geary *et al.*, 1998). Le protocole HeatSynch remplace la seconde injection de GnRH par celle d'un ester d'oestradiol, le plus souvent du cypionate, celui-ci étant injecté à la dose de 1 mg, 24 heures après la PGF2α, l'insémination systématique étant réalisée 48 heures après cette injection (Dejarnette *et al.*, 2004). Le protocole HybridSynch consiste à administrer une GnRH si aucune chaleur n'est détectée dans les 72 heures suivant l'injection de prostaglandine, et à réaliser l'insémination de l'animal

(Stevenson *et al.*, 2000). Le protocole SPLIT-TIME consiste à inséminer les animaux vus en chaleurs au cours des 66 heures suivant l'injection de PGF2α. En l'absence de détection, une GnRH est injectée 90 heures après l'injection de PGF2α et l'insémination est réalisée (Bishop *et al.*, 2016 ; Thomas *et al.*, 2014). Le protocole ReSynch typique consiste à mettre en place un protocole de synchronisation avant ou au moment du diagnostic de gestation, le plus souvent réalisé par échographie (Lopes *et al.*, 2013).

Facteurs d'influence de la fertilité observée après utilisation de protocoles de synchronisation

Deux groupes de facteurs peuvent influencer les résultats de la synchronisation et/ou de la fécondation (Hanzen & Boudry, 2003, 2004 ; Hanzen *et al.*, 2003, Richardson *et al.*, 2016 ; de Lima *et al.*, 2020 ; Gonzalez *et al.*, 2020).

Le premier groupe comprend les facteurs qui relèvent plus spécifiquement de la reproduction. Parmi ceux-ci figurent ceux en lien avec le statut physiologique de l'animal au moment de la mise en place du protocole, à savoir le stade du cycle, l'état d'anoestrus, le stade du postpartum ou la présence d'un kyste ovarien. De même, la mise en place ou non d'un traitement dit de présynchronisation, la nature et le moment de la deuxième injection de GnRH par rapport à l'injection de PGF2α, la taille du follicule en fin de traitement, le moment de l'insémination par rapport à la seconde injection de GnRH, voire les traitements complémentaires à base d'oestrogènes ou d'hCG (*human Chorionic Gonadotropin*), ainsi que la manifestation ou non de l'oestrus lors de l'insémination, sont également de nature à influencer les performances de reproduction. Ainsi, chez les génisses *Bos indicus*, la présence d'un corps jaune lors de la mise en place d'un protocole de synchronisation se traduit par une augmentation significative du pourcentage de gestation observé 60 jours après l'insémination (41 % contre 29,6 %) (Sartori *et al.*, 2024). De même, les manifestations oestrales sont plus intenses chez les génisses qui ont ovulé que chez les autres (Alves *et al.*, 2023, 2024 ; Lopes *et al.*, 2025). Très récemment, une équipe brésilienne (Alves *et al.*, 2024) a observé qu'un, et mieux encore, deux traitements à 21 jours d'intervalle au moyen d'un dispositif intravaginal renfermant 2 g de progestérone avant la mise en place d'un protocole Ovsynch à base de 0,5 g de progestérone, contribuaient à augmenter significativement le pourcentage d'animaux présentant un corps jaune lors du protocole Ovsynch (80 % vs 30 %) ainsi que le pourcentage de gestation (80,4 à 87,9 % vs 28,8 %) chez des génisses *Bos indicus* de 13 mois. Le recours à des dispositifs intravaginaux déjà utilisés, ou l'injection de PGF2α en fin de traitement, est

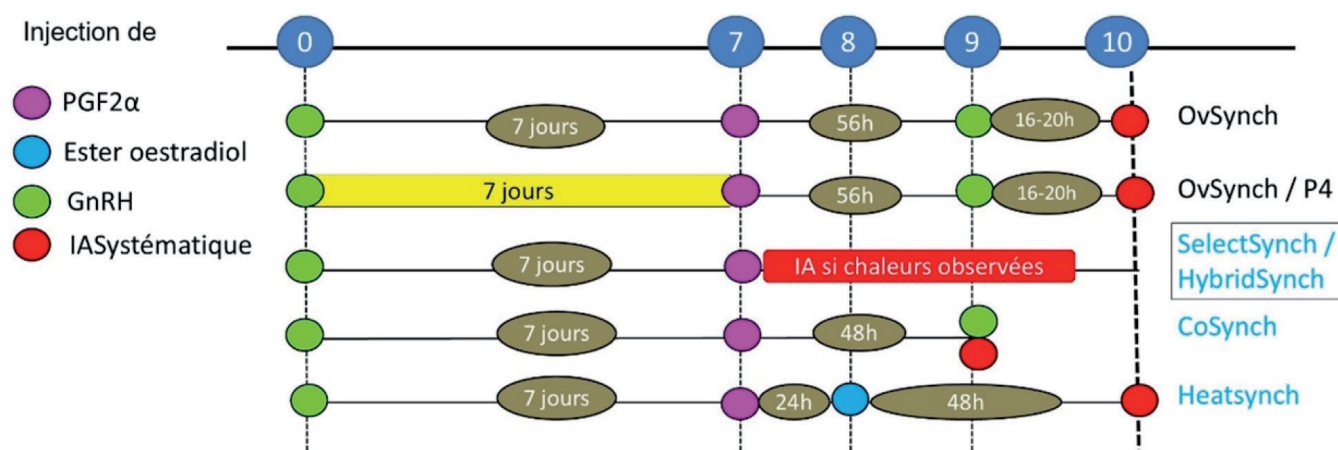


Figure 6 : Protocole Ovsynch et ses variantes (adapté de Hassanein *et al.*, 2024) /// The Ovsynch protocol and its variants (adapted from Hassanein *et al.*, 2024)

CJ : corps jaune ; eCG : gonadotrophine chorionique équine ; GnRH : gonadolibérine ; IA systématique : Insémination artificielle systématique ; P4 : progestérone ; PGF2α : prostaglandine F2 alpha

de nature à augmenter les pourcentages d'ovulation et de gestation chez les génisses *Bos indicus* (Júnior *et al.*, 2010 ; de Lima *et al.*, 2020).

Le second groupe de facteurs rassemble ceux plus généraux comme l'espèce, le niveau de production laitière, l'état corporel, l'âge de l'animal et les conditions environnementales dont la température. Selon une méta-analyse de 22 études impliquant 10 116 vaches à viande, le pourcentage de gestation est augmenté de 27 % lorsque les femelles manifestent un œstrus lors de l'insémination systématique et cela quel que soit le protocole de synchronisation utilisé (Richardson *et al.*, 2016). Le poids corporel des génisses ainsi traitées a également une influence (Patterson *et al.*, 1990). L'effet du taureau est également à prendre en considération (Franco *et al.*, 2018). Le tempérament de l'animal, et donc le stress induit par les conditions de contention nécessaires aux traitements répétés imposés par les protocoles, peut également avoir un effet négatif (Brandão & Cooke, 2021).

Effets des hormones utilisées dans un protocole d'induction de l'œstrus

Les traitements hormonaux d'induction de l'œstrus et de l'ovulation ont recours ou non selon les cas à la progestérone, la GnRH, la PGF2 α , un ester d'œstradiol (benzoate, cypionate ou valérate) et l'équine chorionic gonadotrophine (eCG). Leur utilisation répond à des objectifs spécifiques que sont le contrôle de la vague folliculaire et l'émergence du follicule dominant ovulatoire, la réduction de la concentration de la progestérone endogène ou exogène et l'obtention d'un diamètre optimal du follicule ovulatoire.

■ La progestérone

Le contrôle du follicule dominant présent lors de l'initiation d'un protocole de synchronisation conditionne la qualité du follicule ovulatoire (Wiltbank & Pursley, 2014) et, par conséquent, la fertilité subséquente (Monteiro *et al.*, 2023). La progestérone exogène administrée durant 5 à 7 jours par voie vaginale au moyen d'un dispositif vaginal (CIDR : *controlled intravaginal device releasing hormone* ; PRID : *progesterone releasing intravaginal device*) est préférentiellement utilisée dans un protocole Ovsynch en l'absence d'activité cyclique régulière (anœstrus). Compte tenu de son effet inhibiteur sur la LH, elle induit l'atrésie du follicule dominant éventuellement présent au début du protocole Ovsynch et, dans un second temps, étant donné son absence d'effet inhibiteur sur la FSH l'émergence d'une nouvelle vague de croissance folliculaire (Adams, 1999). Selon le type de protocole utilisé, l'administration de progestérone s'accompagne d'une injection d'un ester d'œstradiol ou de GnRH. Appliquée à des génisses ou des vaches à viande de l'espèce *Bos taurus*, cette association de la progestérone au protocole Ovsynch se traduit par une augmentation du taux de gestation de 17,7 % (de 52,2 à 65,0 %) chez les génisses *Bos taurus* et 20,8 % (de 44,8 à 54,1 %) chez les vaches à viandes *Bos taurus* (Martinez *et al.*, 2002 ; Stevenson *et al.*, 2003 ; Larson *et al.*, 2006 ; Gunn *et al.*, 2016 ; Kasimanickam *et al.*, 2020).

Une méta-analyse de 21 essais cliniques chez la vache laitière a démontré que, lors du recours à un protocole Ovsynch, une complémentation progestéronique se traduisait par une augmentation de 5,8 % (36,9 % vs 31,1 %) du pourcentage de gestation et par une réduction de 2,5 % de la mortalité embryonnaire (9,1 vs 11,6 %) (Bisinotto *et al.*, 2015). Chez des génisses prépubères, l'administration de progestérone avant la mise en œuvre d'un protocole Ovsynch a été recommandée (Alves *et al.*, 2023) afin d'augmenter la proportion d'animaux présentant une activité cyclique (Sartori *et al.*, 2024). L'effet favorable sur le pourcentage de gestation résulterait de l'effet positif exercé par la progestérone, mais plus encore par la progestérone associée à l'œstradiol (Alves *et al.*, 2023 ; Martins *et al.*, 2017) sur la maturation du tractus

génital identifié sur base du diamètre des cornes ou de son score à la palpation (Júnior *et al.*, 2010 ; de Lima *et al.*, 2020 ; Silva *et al.*, 2023).

■ La prostaglandine F2 α (PGF2 α)

La présence d'une progestéronémie aussi basse que possible lors de l'œstrus contribue à augmenter la fertilité (Wiltbank & Pursley, 2014 ; Stevenson & Lamb, 2016). Aussi il est indispensable d'injecter, à la fin du protocole Ovsynch, une PGF2 α dont la lutéolyse constitue le principal effet (Lopez-Gatiu, 2022). Le cas échéant, cette réduction de la concentration en progestérone sera obtenue par le retrait simultané du dispositif vaginal de progestérone. Une insuffisance de lutéolyse concernerait 5 à 30 % des vaches (Giordano *et al.*, 2013 ; Colazo *et al.*, 2013) et s'observerait davantage chez les pluripares que chez les primipares (Wiltbank *et al.*, 2015). L'importance de la lutéolyse se trouve confirmée par l'effet favorable sur le pourcentage de gestation d'une double injection à 24 heures d'intervalle de PGF2 α (Borchardt *et al.*, 2018). Une injection de PGF2 α réalisée 24 heures avant le retrait d'une spirale ou d'un CIDR mis en place durant 8 jours contribue à augmenter le pourcentage de vaches dont la concentration en progestérone est inférieure à 0,1 ng/ml 48 heures après leur retrait. Cette stratégie s'est traduite par une augmentation du pourcentage de gestation observé après l'insémination (32,9 % vs 20,6 %) (Pereira *et al.*, 2013). L'injection d'une double dose de dinoprost 5 mg serait moins efficace que deux injections (Barletta *et al.*, 2018 ; Stevenson *et al.*, 2018).

■ Les esters d'œstradiol

Le recours aux esters d'œstradiol peut s'envisager au début ou à la fin d'un protocole de synchronisation. L'injection de benzoate d'œstradiol en début de protocole aura pour effet d'inhiber la FSH et la LH et donc d'induire l'atrésie du follicule dominant présent. Il en résultera, dans un second temps, l'émergence d'une nouvelle vague de croissance folliculaire (Bo *et al.*, 1993, 1994). Injecté à la fin du protocole Ovsynch (Colazo *et al.*, 2003), le cypionate d'œstradiol va renforcer la libération de GnRH et donc de LH. Il en résulte une augmentation du pourcentage de gestation si le follicule pré-ovulatoire a un diamètre compris entre 15 et 19 mm (Souza *et al.*, 2007). Le cypionate d'œstradiol contribue par ailleurs à augmenter les manifestations d'œstrus (Martinez *et al.*, 2007 ; Monteiro *et al.*, 2023). L'augmentation du pourcentage de gestation ($59,2 \pm 1,3$ % vs $54,7 \pm 1,4$ %) concerne davantage les primipares que les femelles dont le score corporel est inférieur à 3 ou celles qui n'ont pas manifesté d'œstrus après la fin du traitement à la progestérone (Monteiro *et al.*, 2023 ; Fernandes *et al.*, 2024).

■ La gonadolibérine (GnRH)

À ce jour, trois types d'agonistes synthétiques de la GnRH sont utilisés par injection intramusculaire : la gonadoreline (Fertagyl, Cystorelin, Ouvreline), la fertireline (Ovalyse), la léciréline (Dalmareline, Reproréline) et la buséréline (Receptal). Leurs caractéristiques physicochimiques ont été décrites (Hassanein *et al.*, 2024).

La première injection de GnRH du protocole Ovsynch a pour but d'induire l'ovulation du follicule présent (Bodensteiner *et al.*, 1996) ou, dans le cas contraire, sa lutéinisation et la formation d'un corps jaune accessoire et ainsi, dans un second temps, l'apparition d'une autre vague de croissance folliculaire. La seconde injection de GnRH a pour effet d'induire une ovulation et de permettre une insémination systématique (Hassanein *et al.*, 2024). Chez la femelle *Bos indicus*, l'injection de GnRH ou de benzoate d'œstradiol s'accompagne d'un degré de synchronisation de la croissance folliculaire (Madureira *et al.*, 2020a) et de pourcentages de gestation comparables (Madureira *et al.*, 2020b).

■ L'équine chorionic gonadotrophine

L'équine chorionic gonadotrophine (eCG ou PMSG, *pregnant mare serum gonadotropin*) est utilisée à la dose de 400 UI à la fin d'un

traitement à la progestérone pour favoriser la croissance folliculaire et la synthèse de progestérone par le nouveau corps jaune (Nunez-Olivera *et al.*, 2014). Cette injection contribue à augmenter le pourcentage de gestation lors du traitement à base de progestérone des animaux en anoestrus (Bo *et al.*, 2016). L'effet ne sera optimal que si le score corporel des animaux est supérieur à 2,5. Il est par ailleurs davantage observé si les animaux présentent des follicules cavitaires que s'ils ont un corps jaune (Bo *et al.*, 2007).

■ CONCLUSION

L'analyse de la littérature a mis en évidence que l'anoestrus pubertaire et postpartum chez les zébus africains résulte d'interactions complexes entre facteurs génétiques et non génétiques. Malgré la résilience reconnue de cette espèce, les travaux existants montrent que ses performances de reproduction demeurent fortement conditionnées par le disponible nutritionnel, la gestion des périodes critiques et la capacité des systèmes d'élevage à limiter les contraintes climatiques et sanitaires.

Bien que des avancées notables aient été obtenues, notamment dans la compréhension des mécanismes endocriniens et des déterminants zootechniques, plusieurs zones d'ombre persistent et justifient la nécessité de poursuivre l'exploration scientifique. Une meilleure intégration des connaissances issues de la physiologie, de la génétique et de la gestion des troupeaux apparaît indispensable pour progresser vers des stratégies plus efficaces et adaptées aux réalités africaines.

Dans cette perspective générale, la consolidation du cadre conceptuel et l'élargissement des approches méthodologiques contribueront à renforcer les capacités d'intervention en matière d'amélioration des performances de reproduction des zébus africains, tout en soutenant l'évolution durable des systèmes d'élevage tropicaux.

Financement

Cette synthèse n'a bénéficié d'aucun financement spécifique de la part d'un organisme public, commercial ou à but non lucratif.

Conflits d'intérêt

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêt.

Contribution des auteurs

ATY et CH ont participé à la conception et à la planification de l'étude. ATY a rédigé la première version du manuscrit ; CH a assuré la révision critique du manuscrit. Les auteurs attestent que ce manuscrit a été rédigé sans avoir recours aux outils de l'intelligence artificielle.

Éthique de la recherche

Cet article de synthèse, essentiellement basé sur la littérature scientifique et les rapports d'experts, n'a pas fait l'objet d'une demande spécifique auprès d'un comité d'éthique.

Accès aux données de la recherche

Les données n'ont pas été déposées dans un dépôt officiel. Les données étayant les résultats de l'étude sont disponibles sur demande auprès des auteurs.

Déclaration de l'IA générative dans la rédaction scientifique

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

REFERENCES

Abera, Z., Mengiste, B., & Demise, T. (2016). Reproductive and Lactation Performance of Crossbreed Dairy Cows in Bishoftu, Ada'a District of East Shoa, Eastern Ethiopia | Science, Technology and Arts Research Journal. *Science, Technology and Arts Research Journal*, 4(4), 113-119. <https://doi.org/10.4314/star.v4i4.16>

Abeygunawardena, H., & Dematawewa, C. M. B. (2004). Pre-pubertal and postpartum anoestrus in tropical Zebu cattle. *Animal Reproduction Science*, 82-83, 373-387. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.05.006>

Abraham, D. G., Chukwuemeka, A. S., & Omagbe, O. D. (2020). Incidence of Gastrointestinal Parasites in Zebu and N'dama Breeds from Cattle Ranches in Jos Plateau, Nigeria. *Journal of Parasite Research*, 1(2), 8-14. <https://doi.org/10.14302/issn.2690-6759.jpar-20-3285>

Adams, C. P. (1999). Comparative patterns of follicle development and selection in ruminants. *Journal of Reproduction and Fertility*, 54, 17-32.

Allan, F., MacVicar, I., Peters, A., & Schnier, C. (2024). Systematic map of recent evidence on reproductive performance of cattle in Africa. *Tropical Animal Health and Production*, 56(7), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04074-z>

Allen, C. C., Alves, B. R. C., Li, X., Tedeschi, L. O., Zhou, H., Paschal, J. C., Riggs, P. K., *et al.* (2012). Gene expression in the arcuate nucleus of heifers is affected by controlled intake of high- and low-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 90(7), 2222-2232. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4684>

Allen, C. C., Tedeschi, L. O., Keisler, D. H., Cardoso, R. C., Alves, B. R. C., Amstalden, M., & Williams, G. L. (2017). Interaction of dietary energy source and body weight gain during the juvenile period on metabolic endocrine status and age at puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 95(5), 2080-2088. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1002>

Alvarez, P., Spicer, L. J., Chase, C. C., Payton, M. E., Hamilton, T. D., Stewart, R. E., Hammond, A. C., *et al.* (2000). Ovarian and endocrine characteristics during an estrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment. *Journal of Animal Science*, 78(5), 1291-1302. <https://doi.org/10.2527/2000.7851291x>

Alves, B. R. C., Cardoso, R. C., Doan, R., Zhang, Y., Dindot, S. V., Williams, G. L., & Amstalden, M. (2017). Nutritional programming of accelerated puberty in heifers : Alterations in DNA methylation in the arcuate nucleus. *Biology of Reproduction*, 96(1), 174-184. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.116.144741>

Alves, R. L. O. R., E Silva, L. O., Consentini, C. E. C., Cavalcanti, P. R., Balistreri, M., Barros, G. V., Nagle, E., & Sartori, R. (2023). Reproductive outcomes of prepubertal *Bos indicus* beef heifers raised in a pasture-based feeding system submitted to ovulation induction strategies prior to a timed-artificial insemination protocol. *Theriogenology*, 230, 183-191. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.09.011>

Alves, R. L. O. R., E Silva, L. O., Consentini, C. E. C., Cavalcanti, P. R., Balistreri, M., Barros, G. V., Nagle, E., & Sartori, R. (2024). Reproductive outcomes of prepubertal *Bos indicus* beef heifers raised in a pasture-based feeding system submitted to ovulation induction strategies prior to a timed-artificial insemination protocol. *Theriogenology*, 230, 183-191. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.09.011>

Alward, K. J., & Bohlen, J. F. (2020). Overview of Anti-Müllerian hormone (AMH) and association with fertility in female cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 55(1), 3-10. <https://doi.org/10.1111/rda.13583>

Alward, K. J., Cockrum, R. R., & Ealy, A. D. (2023). Associations of antral follicle count with fertility in cattle : A review. *JDS Communications*, 4(2), 132-137. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0283>

Andersen, K. J., LeFever, D. G., Brinks, J. S., & Odde, K. G. (1991). The use of reproductive tract scoring system in beef heifers. *Agricultural and Food Sciences*, 12(4), e1993010325519-26

Baldrighi, J. m, Sá Filho, M. F., Batista, E. O. S., Lopes, R. N. V. R., Visintin, J. A., Baruselli, P. S., & Assumpção, M. E. O. A. (2014). Anti-Müllerian hormone concentration and antral ovarian follicle population in Murrah heifers compared to Holstein and Gyr kept under the same management. *Reproduction in Domestic Animals*, 49(6), 1015-1020. <https://doi.org/10.1111/rda.12430>

Barletta, R. V., Carvalho, P. D., Santos, V. G., Melo, L. F., Consentini, C. E., Netto, A. S., & Fricke, P. M. (2018). Effect of dose and timing of prostaglandin F2α treatments during a Resynch protocol on luteal regression and fertility to timed artificial insemination in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 1730-1736. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13628>

Barsh, G. S., & Schwartz, M. W. (2002). Genetic approaches to studying energy balance : Perception and integration. *Nature Reviews. Genetics*, 3(8), 589-600. <https://doi.org/10.1038/nrg862>

Baruselli, P. S., Batista, E. O. S., Vieira, L. M., Sales, J. N. S., Gimenes, L. U., & Ferreira, R. M. (2017). Intrinsic and extrinsic factors that influence ovarian environment and efficiency of reproduction in cattle. *Animal Reproduction*, 14(1), 48-60. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR907>

- Baruselli, P. S., Ferreira, R. M., Sales, J. N. S., Gimenes, L. U., Sá Filho, M. F., Martins, C. M., Rodrigues, C. A., & Bó, G. A. (2011). Timed embryo transfer programs for management of donor and recipient cattle. *Theriogenology*, 76(9), 1583-1593. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.06.006>
- Baruselli, P. S., Reis, E. L., Marques, M. O., Nasser, L. F., & Bó, G. A. (2004). The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Animal Reproduction Science*, 82-83, 479-486. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.025>
- Bastos, M. R., Mattos, M. C. C., Meschiatti, M. A. P., Surjus, R. S., Guardieiro, M. M., & Ferreira, J. C. P. (2010). Ovarian function and circulating hormones in nonlactating Nelore versus Holstein cows. *Acta Scientiæ Veterinariæ*, 38(2), 776.
- Batista, E. O. S., Del Valle, T. A., Ortolan, M. D. D. V., Rennó, F. P., Nogueira, G. P., Souza, A. H., & Baruselli, P. S. (2017). The effect of circulating progesterone on magnitude of the GnRH-induced LH surge : Are there any differences between *Bos indicus* and *Bos taurus* heifers? *Theriogenology*, 104, 43-48. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.08.008>
- Batista, E. O. S., Macedo, G. G., Sala, R. V., Ortolan, M. D. D. V., Sá Filho, M. F., Del Valle, T. A., Jesus, E. F., et al. (2014). Plasma antimüllerian hormone as a predictor of ovarian antral follicular population in *Bos indicus* (Nelore) and *Bos taurus* (Holstein) heifers. *Reproduction in Domestic Animals*, 49(3), 448-452. <https://doi.org/10.1111/rda.12304>
- Bell, A., & Greenwood, P. (2016). Prenatal origins of postnatal variation in growth, development and productivity of ruminants. *Animal Production Science*, 56, 1217-1232. <https://doi.org/10.1071/AN15408>
- Bertram, G. C. (2019). The State of Food and Agriculture 2019. *FAO eBooks*, 59(2), 73-74. <https://doi.org/10.4060/ca6030en>
- Bhatti, M. A., Chanza, W., Kamwanja, L. A., Chikomola, S., Chipandula, M., Chikaonda, A., Jansen, D. C., et al. (2020). Effect of Dry Season Supplement Feeding of Malawi Zebu Cows on Reproductive Performance, Lactation and Weight Gain in Calves. In B. R. Singh, A. Safalaoh, N. A. Amuri, L. O. Eik, B. K. Sitaula, & R. Lal (Eds.), *Climate Impacts on Agricultural and Natural Resource Sustainability in Africa* (p. 239-248). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37537-9_14
- Bishop, B. E., Thomas, J. M., Abel, J. M., Poock, S. E., Ellersieck, M. R., Smith, M. F., & Patterson, D. J. (2016). Split-time artificial insemination in beef cattle : I-Using estrous response to determine the optimal time(s) at which to administer GnRH in beef heifers and postpartum cows. *Theriogenology*, 86(4), 1102-1110. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.03.043>
- Bisinotto, R. S., Lean, I. J., Thatcher, W. W., & Santos, J. E. P. (2015). Meta-analysis of progesterone supplementation during timed artificial insemination programs in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(4), 2472-2487. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8954>
- Bisinotto, R. S., Ribeiro, E. S., & Santos, J. E. P. (2014). Synchronisation of ovulation for management of reproduction in dairy cows. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 8(Suppl 1), 151-159. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000858>
- Bó, G. A., & Menchaca, A. (2023). Prohibition of hormones in animal reproduction : What to expect and what to do? *Animal Reproduction*, 20(2), e20230067. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2023-0067>
- Bo, G. A., Adams, G. P., Nasser, L. F., Pierson, R. A., & Maplettoft, R. J. (1993). Effect of estradiol valerate on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating gonadotropins in heifers. *Theriogenology*, 40(2), 225-239. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(93\)90261-3](https://doi.org/10.1016/0093-691x(93)90261-3)
- Bo, G. A., Adams, G. P., Pierson, R. A., & Maplettoft, R. J. (1995). Exogenous control of follicular wave emergence in cattle. *Theriogenology*, 43(1), 31-40. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(94\)00010-R](https://doi.org/10.1016/0093-691x(94)00010-R)
- Bo, G. A., Adams, G. P., Pierson, R. A., Tribulo, H. E., Caccia, M., & Maplettoft, R. J. (1994). Follicular wave dynamics after estradiol-17 β treatment of heifers with or without a progestogen implant. *Theriogenology*, 41(8), 1555-1569. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(94\)90821-Y](https://doi.org/10.1016/0093-691x(94)90821-Y)
- Bó, G. A., Baruselli, P. S., & Martínez, M. F. (2003). Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science*, 78(3-4), 307-326. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(03\)00097-6](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(03)00097-6)
- Bó, G. A., Cutaia, L., Peres, L. C., Pincinato, D., Marañá, D., & Baruselli, P. S. (2007). Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on reproductive performance of *Bos indicus* cattle. *Society of Reproduction and Fertility Supplement*, 64, 223-236. <https://doi.org/10.5661/rdr-vi-223>
- Bó, G. A., de la Mata, J. J., Baruselli, P. S., & Menchaca, A. (2016). Alternative programs for synchronizing and resynchronizing ovulation in beef cattle. *Theriogenology*, 86, 388-396. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.053>
- Bodensteiner, K. J., Kot, K., Wiltbank, M. C., & Ginther, O. J. (1996). Synchronization of emergence of follicular waves in cattle. *Theriogenology*, 45(6), 1115-1128. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(96\)00068-4](https://doi.org/10.1016/0093-691x(96)00068-4)
- Borchardt, S., Pohl, A., Carvalho, P. D., Fricke, P. M., & Heuwieser, W. (2018). *Short communication* : Effect of adding a second prostaglandin F2 α injection during the Ovsynch protocol on luteal regression and fertility in lactating dairy cows : A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 101(9), 8566-8571. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14191>
- Brandão, A. P., & Cooke, R. F. (2021). Effects of Temperament on the Reproduction of Beef Cattle. *Animals*, 11(11), 3325. <https://doi.org/10.3390/ani11113325>
- Bridges, P. J., Lewis, P. E., Wagner, W. R., & Inskeep, E. K. (1999). Follicular growth, estrus and pregnancy after fixed-time insemination in beef cows treated with intravaginal progesterone inserts and estradiol benzoate. *Theriogenology*, 52(4), 573-583. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(99\)00153-3](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(99)00153-3)
- Buratini, J., Price, C. A., Visintin, J. A., & Bó, G. A. (2000). Effects of dominant follicle aspiration and treatment with recombinant bovine somatotropin (BST) on ovarian follicular development in nelore (*Bos indicus*) heifers. *Theriogenology*, 54(3), 421-431. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00359-9](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00359-9)
- Bushara, I. (2017). Effect of season of birth and genetic on post-partum anestrus period of Sudanese cattle. *American Research Journal of Agriculture*, 2, 1-10. <https://doi.org/10.21694/2378-9018.16006>
- Cardoso, R. C., Alves, B. R. C., Prezotto, L. D., Thorson, J. F., Tedeschi, L. O., Keisler, D. H., Park, C. S., et al. (2014). Use of a stair-step compensatory gain nutritional regimen to program the onset of puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 92(7), 2942-2949. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7713>
- Cardoso, R. C., Alves, B. R. C., Sharpton, S. M., Williams, G. L., & Amstalden, M. (2015). Nutritional Programming of Accelerated Puberty in Heifers : Involvement of Pro-Opiomelanocortin Neurons in the Arcuate Nucleus. *Journal of Neuroendocrinology*, 27(8), 647-657. <https://doi.org/10.1111/jne.12291>
- Cardoso, R. C., Alves, B. R. C., & Williams, G. L. (2018). Neuroendocrine signaling pathways and the nutritional control of puberty in heifers. *Animal Reproduction*, 15(Suppl 1), 868-878. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0013>
- Cardoso, R. C., West, S. M., Maia, T. S., Alves, B. R. C., & Williams, G. L. (2020). Nutritional control of puberty in the bovine female : Prenatal and early postnatal regulation of the neuroendocrine system. *Domestic Animal Endocrinology*, 73, 106434. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106434>
- Carrelli, J. E., Gobikrushanth, M., Corpron, M., Rajesh, I., Sandberg, W., Colazo, M. G., Ahmadzadeh, A., et al. (2021). Relationship of anogenital distance with fertility in nulliparous Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 8256-8264. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19940>
- Carvalho, N. A. T., Reis, E. L., Nichi, M., Souza, A. H., & Baruselli, P. S. (2008). Effect of early luteolysis in progesterone-based timed AI protocols in *Bos indicus*, *Bos indicus* $\times$ *Bos taurus*, and *Bos taurus* heifers. *Theriogenology*, 69(2), 167-175. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.08.035>
- Catuzzi, B. L. C., de Melo, C., da Silva, L. G., de Abreu, L. Â., Koury Filho, W., Lôbo, R. B., D'Occhio, M. J., & Baruselli, P. S. (2023). Influence of nutrition and genetic selection for puberty on the reproductive response of Nelore heifers submitted to fixed-time AI and oocyte recovery with *in vitro* fertilization. *Livestock Science*, 274, 105263. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105263>
- Chavatte-Palmer, P., Couturier-Tarrade, A., & Rousseau-Ralliard, D. (2024). Intra-uterine programming of future fertility. *Reproduction in Domestic Animals*, 59(5), e14475. <https://doi.org/10.1111/rda.14475>
- Chebel, R. C., Gonzalez, T., Montevecchio, A. B., Galvão, K. N., de Vries, A., & Bisinotto, R. S. (2025). Targeted reproductive management for lactating Holstein cows : Economic return. *Journal of Dairy Science*, 108(2), 1584-1601. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25525>
- Colazo, M. G., Martínez, M. F., Kastelic, J. P., & Maplettoft, R. J. (2003). Effects of estradiol cypionate (ECP) on ovarian follicular dynamics, synchrony of ovulation, and fertility in CIDR-based, fixed-time AI programs in beef heifers. *Theriogenology*, 60, 855-865. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(03\)00091-8](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(03)00091-8)
- Colazo, M. G., Ponce-Barajas, P., & Ambrose, D. J. (2013). Pregnancy per artificial insemination in lactating dairy cows subjected to 2 different intervals from presynchronization to initiation of Ovsynch protocol. *Journal of Dairy Science*, 96(12), 7640-7648. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6750>

- Copping, K. J., Ruiz-Diaz, M. D., Rutland, C. S., Mongan, N. P., Callaghan, M. J., McMillen, I. C., Rodgers, R. J., & Perry, V. E. A. (2018). Peri-conception and first trimester diet modifies reproductive development in bulls. *Reproduction, Fertility, and Development*, 30(5), 703-720. <https://doi.org/10.1071/RD17102>
- Crowe, M. A. (2008). Resumption of ovarian cyclicity in post-partum beef and dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 43(Suppl 5), 20-28. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01210.x>
- Cushman, R. A., McNeel, A. K., & Freely, H. C. (2014). The impact of cow nutrient status during the second and third trimesters on age at puberty, antral follicle count, and fertility of daughters. *Livestock Science*, 162, 252-258. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.033>
- Dawuda, P. M., Oyedipe, E. O., Pathiraja, N., & Voh, A. A. (1988). Serum progesterone concentrations during the post-partum period of indigenous Nigerian Zebu cows. *British Veterinary Journal*, 144(3), 253-257. [https://doi.org/10.1016/0007-1935\(88\)90110-8](https://doi.org/10.1016/0007-1935(88)90110-8)
- Day, M. L., & Anderson, L. H. (1998). Current Concepts on the Control of Puberty in Cattle. *Journal of Animal Science*, 76(3), 1-15. https://doi.org/10.2527/1998.76suppl_31x
- Day, M. L., Imakawa, K., Pennel, P. L., Zalesky, D. D., Clutter, A. C., Kittok, R. J., & Kinder, J. E. (1986). Influence of season and estradiol on secretion of luteinizing hormone in ovariectomized cows. *Biology of Reproduction*, 35(3), 549-553. <https://doi.org/10.1095/biolreprod35.3.549>
- Day, M. L., Imakawa, K., Wolfe, P. L., Kittok, R. J., & Kinder, J. E. (1987). Endocrine mechanisms of puberty in heifers. Role of hypothalamo-pituitary estradiol receptors in the negative feedback of estradiol on luteinizing hormone secretion. *Biology of Reproduction*, 37(5), 1054-1065. <https://doi.org/10.1095/biolreprod37.5.1054>
- De Menezes, D., Cordeiro, A., & Satrapa, R. (2020). Sexual precocity associated with the concentration of plasma progesterone in Nelore heifers raised in northern Brazil. *Revista Ciência Agrícola*, 18(2), 35-42. <https://doi.org/10.28998/rca.v18i2.8694>
- DeJarnette, J. M., House, R. B., Ayars, W. H., Wallace, R. A., & Marshall, C. E. (2004). Synchronization of estrus in postpartum beef cows and virgin heifers using combinations of melengestrol acetate, GnRH, and PGF2alpha. *Journal of Animal Science*, 82(3), 867-877. <https://doi.org/10.2527/2004.823867x>
- Delgado, R., Magaña-Monforte, J., Galina, C., & Segura, J. (2004). Effect of Body Condition at Calving and its Changes During Early Lactation on Postpartum Reproductive Performance of Zebu Cows in a Tropical Environment. *Journal of Applied Animal Research*, 26(1), 23-28. <https://doi.org/10.1080/09712119.2004.9706499>
- de Lima, R. S., Martins, T., Lemes, K. M., Binelli, M., & Madureira, E. H. (2020). Effect of a puberty induction protocol based on injectable long acting progesterone on pregnancy success of beef heifers serviced by TAI. *Theriogenology*, 154, 128-134. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.036>
- Deutscher, G. H. (1985). Using pelvic measurements to reduce dystocia in heifers. *Modern Veterinary Practice*, 66(10), 751-755.
- Diskin, M. G., & Kenny, D. A. (2014). Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 8(Suppl 1), 27-39. <https://doi.org/10.1017/S175173111400086X>
- Dixon, R. M., Playford, C., & Coates, D. (2011). Nutrition of beef breeder cows in the dry tropics. 2. Effects of time of weaning and diet quality on breeder performance. *Animal Production Science*, 51, 529-540. <https://doi.org/10.1071/AN10083>
- Dorice, A. K., Ferdinand, N., Justin, K., Augustave, K., & Linda, K. K. (2019). Effects of Breed, Age, Body Condition Score, and Nutritional Status on Follicular Population, Oocyte Yield, and Quality in Three Cameroonian Zebu Cattle *Bos indicus*. *Advances in Agriculture*, 2019, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2019/2979740>
- Dotche, I. O., Kiki, P., Govoeyi, B., Dahouda, M., Dehoux, J.-P., Mensah, G. A., Farougou, S., et al. (2019). État des lieux sur l'insémination artificielle animale dans les pays de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Applied Biosciences*, 143, 14712-14730. <https://doi.org/10.4314/jab.v143i1.9>
- Eduvie, L. O. (1985). Factors affecting postpartum ovarian activity and uterine involution in Zebu cattle indigenous to Nigeria. *Animal Reproduction Science*, 8(1), 123-128. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(85\)90078-8](https://doi.org/10.1016/0378-4320(85)90078-8)
- Escrivão, R. J. A., Webb, E. C., & Garcês, A. P. J. T. (2009). Effects of 12 hour calf withdrawal on conception rate and calf performance of *Bos indicus* cattle under extensive conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 41(1), 135-139. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9168-8>
- FAO (2015). *The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture*, edited by B.D. Scherf & D. Pilling. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. <https://doi.org/10.4060/14787E>
- Fernandes, V. S., Velho, G. D. S., Dos Santos, M. F. O., Evangelista, K. A., Gasperin, B. G., Pfeifer, L. F. M., Ferreira, R., et al. (2024). Does GnRH treatment at TAI regardless of estrus occurrence increase pregnancy rate in crossbred *Bos taurus* suckled cows? *Animal Reproduction*, 21(1), e20230123. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2023-0123>
- Fernández-Fernández, R., Navarro, V. M., Barreiro, M. L., Vigo, E. M., Tovar, S., Sirotkin, A. V., Casanueva, F. F., et al. (2005). Effects of chronic hyperghrelinemia on puberty onset and pregnancy outcome in the rat. *Endocrinology*, 146(7), 3018-3025. <https://doi.org/10.1210/en.2004-1622>
- Ferraz, M. V. C., Pires, A. V., Santos, M. H., Silva, R. G., Oliveira, G. B., Polizel, D. M., Biehl, M. V., et al. (2018). A combination of nutrition and genetics is able to reduce age at puberty in Nelore heifers to below 18 months. *Animal*, 12(3), 569-574. <https://doi.org/10.1017/S1751731117002464>
- Fortes, M. R. S., Nguyen, L. T., Porto Neto, L. R., Reverter, A., Moore, S. S., Lehnert, S. A., & Thomas, M. G. (2016). Polymorphisms and genes associated with puberty in heifers. *Theriogenology*, 86(1), 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.046>
- Franco, G. A., Peres, R. F. G., Martins, C. F. G., Reese, S. T., Vasconcelos, J. L. M., & Pohler, K. G. (2018). Sire contribution to pregnancy loss and pregnancy-associated glycoprotein production in Nelore cows. *Journal of Animal Science*, 96(2), 632-640. <https://doi.org/10.1093/jas/sky015>
- Fricke, P. M., & Wiltbank, M. C. (2022). Symposium review : The implications of spontaneous versus synchronized ovulations on the reproductive performance of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105(5), 4679-4689. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21431>
- Fricke, P. M., Guenther, J. N., & Wiltbank, M. C. (1998). Efficacy of decreasing the dose of GnRH used in a protocol for synchronization of ovulation and timed AI in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 50(8), 1275-1284. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(98\)00226-X](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(98)00226-X)
- Garcia, M. R., Amstalden, M., Williams, S. W., Stanko, R. L., Morrison, C. D., Keisler, D. H., Nizielski, S. E., & Williams, G. L. (2002). Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estrous cycle, and different seasons in cattle. *Journal of Animal Science*, 80(8), 2158-2167. <https://doi.org/10.2527/2002.8082158x>
- Garza, V., West, S. M., & Cardoso, R. C. (2023). Review : Gestational and postnatal nutritional effects on the neuroendocrine control of puberty and subsequent reproductive performance in heifers. *Animal*, 17(Suppl 1), 100782. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100782>
- Gasser, C. L., Bridges, G. A., Mussard, M. L., Grum, D. E., Kinder, J. E., & Day, M. L. (2006a). Induction of precocious puberty in heifers III : Hastened reduction of estradiol negative feedback on secretion of luteinizing hormone. *Journal of Animal Science*, 84(8), 2050-2056. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-638>
- Gasser, C. L., Burke, C. R., Mussard, M. L., Behlke, E. J., Grum, D. E., Kinder, J. E., & Day, M. L. (2006b). Induction of precocious puberty in heifers II : Advanced ovarian follicular development. *Journal of Animal Science*, 84(8), 2042-2049. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-637>
- Gasser, C. L., Grum, D. E., Mussard, M. L., Fluharty, F. L., Kinder, J. E., & Day, M. L. (2006c). Induction of precocious puberty in heifers I : Enhanced secretion of luteinizing hormone. *Journal of Animal Science*, 84(8), 2035-2041. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-636>
- Geary, T. W., Whittier, J. C., Downing, E. R., LeFever, D. G., Silcox, R. W., Holland, M. D., Nett, T. M., & Niswender, G. D. (1998). Pregnancy rates of postpartum beef cows that were synchronized using Syncro-Mate-B or the Ovsynch protocol. *Journal of Animal Science*, 76(6), 1523-1527. <https://doi.org/10.2527/1998.7661523x>
- Giordano, J. O., Wiltbank, M. C., Fricke, P. M., Bas, S., Pawlisch, R., Guenther, J. N., & Nascimento, A. B. (2013). Effect of increasing GnRH and PGF2α dose during Double-Ovsynch on ovulatory response, luteal regression, and fertility of lactating dairy cows. *Theriogenology*, 80(7), 773-783. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.07.003>
- Goodman, R. L., Okhura, S., Okamura, H., Coolen, L. M., & Lehman, M. N. (2018). KNDy Hypothesis for Generation of GnRH Pulses: Evidence from Sheep and Goats. In: *The GnRH Neuron and Its Control*. Hoboken, NJ: Wiley, 289324. <https://doi.org/10.1002/9781119233275.ch12>
- Gonzalez, S. M., Assunção, I. E. G., Duarte, J., Oliveira, C. H. A., Guedes, T. A., Morotti, F., Seneda, M. M., & Andrade, E. R. (2020). Induction of puberty in *Bos indicus* heifers in the western Amazon region. *Semina: Ciências Agrárias*, 41(5), 2153-2162. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n5supl1p2153>

- González-Recio, O., Ugarte, E., & Bach, A. (2012). Trans-Generational Effect of Maternal Lactation during Pregnancy : A Holstein Cow Model. *PLoS ONE*, 7(12), e51816. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051816>
- Griffith, M. K., & Williams, G. L. (1996). Roles of maternal vision and olfaction in suckling-mediated inhibition of luteinizing hormone secretion, expression of maternal selectivity, and lactational performance of beef cows. *Biology of Reproduction*, 54(4), 761-768. <https://doi.org/10.1095/biolreprod54.4.761>
- Gunn, P. J., Culp, K. C., Lemenager, R. P., & Bridges, G. A. (2016). Efficacy of the 5-day COSynch ovulation synchronization protocol with or without the inclusion of exogenous progesterone in beef cows. *The Professional Animal Scientist*, 32(1), 82-89. <https://doi.org/10.15232/pas.2015-01423>
- Guzmán, A., Hernández-Coronado, C. G., Rosales-Torres, A. M., & Hernández-Medrano, J. H. (2019). Leptin regulates neuropeptides associated with food intake and GnRH secretion. *Annales D Endocrinologie*, 80(1), 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.ando.2018.07.012>
- Hanzen, C. (1986). Endocrine regulation of postpartum ovarian activity in cattle : A review. *Reproduction, Nutrition, Développement*, 26(6), 1219-1239. <https://doi.org/10.1051/rnd:19860901>
- Hanzen, C. (2015). L'anæstrus pubertaire et du post-partum dans l'espèce bovine. *Université de Liège*, 1-44. <https://hdl.handle.net/2268/70545>
- Hanzen, C. (2021). Facteurs de risque et effets sur la reproduction de la vache laitière d'un bilan énergétique négatif. *Bulletin des GTV*, 103, 19-28.
- Hanzen, C., & Boudry, B. (2003). Optimisation des résultats du protocole GPG. *Le Point Vétérinaire*, 34(240), 44-46.
- Hanzen, C., & Boudry, B. (2004). Facteurs d'influence du protocole GPG. *Le Point Vétérinaire*, 243, 52-55.
- Hanzen, C., Boudry, B., & Bouchard, E. (2003). Protocole GPG et succès de reproduction. *Le Point Vétérinaire*, 34(238), 50-54.
- Hanzen, C., Delhez, P., Lessire, F., Hornick, J.-L., & Gherissi, D. E. (2025). Le stress thermique environnemental dans l'espèce bovine : 3. Effets sur la reproduction. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 78, 1-15. <https://doi.org/10.19182/remvt.37381>
- Hassanein, E. M., Szelényi, Z., & Szenci, O. (2024). Gonadotropin-Releasing Hormone (GnRH) and Its Agonists in Bovine Reproduction I : Structure, Biosynthesis, Physiological Effects, and Its Role in Estrous Synchronization. *Animals*, 14(10), 1473. <https://doi.org/10.3390/ani14101473>
- Henao, G., Olivera-Angel, M., & Maldonado-Estrada, J. G. (2000). Follicular dynamics during postpartum anæstrus and the first estrous cycle in suckled or non-suckled Brahman (*Bos indicus*) cows. *Animal Reproduction Science*, 63(3-4), 127-136. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(00\)00173-1](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00173-1)
- Hess, B. W., Lake, S. L., Scholljergdes, E. J., Weston, T. R., Nayigihugu, V., Molle, J. D. C., & Moss, G. E. (2005). Nutritional controls of beef cow reproduction I. *Journal of Animal Science*, 83(13), E90-E106. https://doi.org/10.2527/2005.8313_supplE90x
- Holm, D. E., Nielen, M., Jorritsma, R., Irons, P. C., & Thompson, P. N. (2015). Evaluation of pre-breeding reproductive tract scoring as a predictor of long term reproductive performance in beef heifers. *Preventive Veterinary Medicine*, 118(1), 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.10.016>
- Bongaarts, J. (2024). IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. IPCC, 184 p., doi: <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>. Population and Development Review, 50(2), 577-580. <https://doi.org/10.1111/padr.12632>
- Ibtisham, F., Nawab, A., Li, G., Xiao, M., An, L., & Naseer, G. (2018). Effect of nutrition on reproductive efficiency of dairy animals. *Medycyna Weterynaryjna*, 74(1), 6025-2018. <https://doi.org/10.21521/mw.6025>
- Johnston, D. J., Barwick, S. A., Corbet, N. J., Fordyce, G., Holroyd, R. G., Williams, P. J., & Burrow, H. M. (2009). Genetics of heifer puberty in two tropical beef genotypes in northern Australia and associations with heifer and steer-production traits. *Animal Production Science*, 49(6), 399-412. <https://doi.org/10.1071/EA08276>
- Júnior, I. C., Filho, O. G. S., Peres, R. F. G., Aono, F. H. S., Day, M. L., & Vasconcelos, J. L. M. (2010). Reproductive performance of prepubertal *Bos indicus* heifers after progesterone-based treatments. *Theriogenology*, 74(6), 903-911. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.04.015>
- Kasimanickam, R. K., Kasimanickam, V. R., Oldham, J., & Whitmore, M. (2020). Cyclicity, estrus expression and pregnancy rates in beef heifers with different reproductive tract scores following progesterone supplementation. *Theriogenology*, 145, 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.01.028>
- Kathambi, E. K., Sonstegard, T. S., & Larsen, P. A. (2025). Review : Cross-breeding, advanced reproductive technologies, and genetic selection in twelve dairy production systems in Africa. *Animal*, 19(3), 101424. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2025.101424>
- Katte, N. K. Y., Herve, T., Dorice, A. K., Momo, C. M. M., & Ferdinand, N. (2023). Ovarian potential of Cameroonian Zebu cattle (*Bos indicus*) slaughtered in Etoudi – Yaoundé. *Journal of Animal Reproduction and Biotechnology*, 38(4), 236-246. <https://doi.org/10.12750/JARB.38.4.236>
- Kenny, D. A., Heslin, J., & Byrne, C. J. (2018). Early onset of puberty in cattle : Implications for gamete quality and embryo survival. *Reproduction, Fertility, and Development*, 30(1), 101-117. <https://doi.org/10.1071/RD17376>
- Keyyu, J. D., Kassuku, A. A., Kyvsgaard, N. C., & Willingham, A. L. (2003). Gastrointestinal nematodes in indigenous Zebu cattle under pastoral and nomadic management systems in the lower plain of the southern highlands of Tanzania. *Veterinary Research Communications*, 27(5), 371-380. <https://doi.org/10.1023/a:1024706120270>
- Kim, K., Kwon, T., Dessie, T., Yoo, D., Mwai, O. A., Jang, J., Sung, S., et al. (2020). The mosaic genome of indigenous African cattle as a unique genetic resource for African pastoralism. *Nature Genetics*, 52(10), 1099-1110. <https://doi.org/10.1038/s41588-020-0694-2>
- Kinder, J. E., Bergfeld, E. G., Wehrman, M. E., Peters, K. E., & Kojima, F. N. (1995). Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. *Journal of Reproduction and Fertility*, 49, 393-407.
- Kouamo, J. (2025). Assisted reproductive technologies in cattle in Cameroon. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 78, 1-12. <https://doi.org/10.19182/remvt.37876>
- Kouamo, J., Abouame, T. H., & Lebale, O. (2021). Efficacité de deux méthodes de synchronisation des chaleurs à base de prostaglandine F2α chez le zébu (*Bos indicus*) Goudali. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 74(3), 153-160. <https://doi.org/10.19182/remvt.36745>
- Kouamo, J., Iliassou, Souley, H., Ngu Ngwa, V., & Zangue, C. T. (2020). Efficacité d'un traitement intravaginal à base de progestérone chez des vaches croisées *Bos indicus* x *Bos taurus*. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 73(4), 263-268. <https://doi.org/10.19182/remvt.31947>
- Kouamo, J., Mbakop, L. N., Zoli, A. P., & Mfopit, Y. M. (2019). Metabolic profile of zebu cows (*Bos indicus*), cystic or with anovulatory anæstrus. *Revue Marocaine Des Sciences Agronomiques Et Vétérinaires*, 7(2). https://www.agrimaroc.org/index.php/Actes_IAPH2/article/view/717
- Kouamo, J., Nga'omgba Fouda, J. S., & Teitsa Zangue, C. (2024). Évaluation des facteurs d'influence des performances de reproduction après synchronisation des chaleurs et insémination artificielle des bovins au Cameroun. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 77, 1-7. <https://doi.org/10.19182/remvt.37285>
- Kouamo, J., Younoussa, Y., Elhadji Hayatou, S., Diddiwa, S., & Hassan Abouame, T. (2022). Efficacité de deux protocoles CoSynch chez les vaches zébus Goudali. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 75(4), 103-108. <https://doi.org/10.19182/remvt.37020>
- Lamb, G. C., Dahlen, C. R., Larson, J. E., Marquezini, G., & Stevenson, J. S. (2010). Control of the estrous cycle to improve fertility for fixed-time artificial insemination in beef cattle : A review. *Journal of Animal Science*, 88(13 Suppl), E181-192. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2349>
- Larson, J. E., Lamb, G. C., Stevenson, J. S., Johnson, S. K., Day, M. L., Geary, T. W., Kesler, D. J., et al. (2006). Synchronization of estrus in suckled beef cows for detected estrus and artificial insemination and timed artificial insemination using gonadotropin-releasing hormone, prostaglandin F2alpha, and progesterone. *Journal of Animal Science*, 84(2), 332-342. <https://doi.org/10.2527/2006.842332x>
- Lehman, M. N., Coolen, L. M., & Goodman, R. L. (2010). Minireview : Kisspeptin/neurokinin B/dynorphin (KNDy) cells of the arcuate nucleus: a central node in the control of gonadotropin-releasing hormone secretion. *Endocrinology*, 151(8), 3479-3489. <https://doi.org/10.1210/en.2010-0022>
- Lents, C. A., White, F. J., Ciccioli, N. H., Wettemann, R. P., Spicer, L. J., & Lalman, D. L. (2008). Effects of body condition score at parturition and postpartum protein supplementation on estrous behavior and size of the dominant follicle in beef cows. *Journal of Animal Science*, 86(10), 2549-2556. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1114>
- Lopes, A. L., Kolling, G. B., E Silva, L. O., Alves, R. L. O. R., de Assumpção, F. M., Leite, S. K. M., Terra, A., et al. (2025). Reproductive performance of yearling *Bos indicus* heifers submitted to programs for induction of ovulation prior to a timed-artificial insemination protocol. *Theriogenology*, 241, 117422. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2025.117422>
- Lopes, G., Giordano, J. O., Valenza, A., Herlihy, M. M., Guenther, J. N., Wiltbank, M. C., & Fricke, P. M. (2013). Effect of timing of initiation of resynchronization and presynchronization with gonadotropin-releasing hormone on fertility of resynchronized inseminations in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(6), 3788-3798. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6429>

- Lopez-Gatius, F. (2022). Ovarian response to prostaglandin F2 α in lactating dairy cows : A clinical update. *The Journal of Reproduction and Development*, 68(2), 104-109. <https://doi.org/10.1262/jrd.2021-119>
- Luna-Navarez, P., Rincon, G., Medrano, J. F., Riley, D. G., Chase, C. C., Coleman, S. W., Vanleeuwen, D. M., et al. (2011). Single nucleotide polymorphisms in the growth hormone-insulin-like growth factor axis in straightbred and crossbred Angus, Brahman, and Romosinuano heifers : Population genetic analyses and association of genotypes with reproductive phenotypes. *Journal of Animal Science*, 89(4), 926-934. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3483>
- Madureira, G., Motta, J. C. L., Drum, J. N., Consentini, C. E. C., Prata, A. B., Monteiro, P. L. J., Melo, L. F., et al. (2020a). Progesterone-based timed AI protocols for *Bos indicus* cattle I : Evaluation of ovarian function. *Theriogenology*, 145, 126-137. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.01.030>
- Madureira, G., Consentini, C. E. C., Motta, J. C. L., Drum, J. N., Prata, A. B., Monteiro, P. L. J., Melo, L. F., et al. (2020b). Progesterone-based timed AI protocols for *Bos indicus* cattle II : Reproductive outcomes of either EB or GnRH-type protocol, using or not GnRH at AI. *Theriogenology*, 145, 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.01.033>
- Maia, T. S., Guimarães, H. R., Garza, V., Pohler, K. G., Cardoso, R. C., & Williams, G. L. (2022). Early juvenile but not mid-to-late prenatal nutrition controls puberty in heifers but neither impact adult reproductive function. *Biology of Reproduction*, 107(4), 1035-1045. <https://doi.org/10.1093/biolre/iocac123>
- Martinez, M. F., Kastelic, J. P., Adams, G. P., & Mapletoft, R. J. (2002). The use of a progesterone-releasing device (CIDR-B) or melengestrol acetate with GnRH, LH, or estradiol benzoate for fixed-time AI in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 80(7), 1746-1751. <https://doi.org/10.2527/2002.8071746x>
- Martínez, M. F., Kastelic, J. P., & Mapletoft, R. J. (2007). Effects of estradiol on gonadotrophin release, estrus and ovulation in CIDR-treated beef cattle. *Domestic Animal Endocrinology*, 33, 77-90. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2006.04.009>
- Martins, C. de M., Elliff, F. M., Ferreira, R. M., Mingoti, R. D., Reis, P., & Baruselli, P. S. (2017). Factors that affect pregnancy rate to TAI and to natural breeding of 14 months old Nelore heifers. *Animal Reproduction*, 14(3), 701.
- Martins, P. G. M. A., Arthington, J. D., Cooke, R. F., Lamb, C. G., Araújo, D. B., Torres, C. A. A., Guimarães, J. D., & Mancio, A. B. (2012). Evaluation of beef cow and calf separation systems to improve reproductive performance of first-calf cows. *Livestock Science*, 150(1), 74-79. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.08.003>
- Meesters, M., Van Eetvelde, M., Beci, B., & Opsomer, G. (2024). The importance of developmental programming in the dairy industry. *Animal Reproduction Science*, 262, 107428. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107428>
- Mekonnen, T., & Meseret, S. (2023). A review on efficiency of artificial insemination in cattle breeding in Ethiopia. *Bangladesh Journal of Multidisciplinary Scientific Research*, 7(1), 44-49. <https://doi.org/10.46281/bjmsr.v7i1.2115>
- Mercadante, V. R. G., & Lamb, G. C. (2024). Implementing Fixed-Time Artificial Insemination Programs in Beef Herds. *The Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*, 40(1), 141-156. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2023.08.008>
- Mesele, T. L., & Hadgu, G. Z. (2024). (PDF) Meta-analysis of reproductive performance of improved dairy cattle under Ethiopian environmental conditions. *Open Agriculture*, 9(1). <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0352>
- Meyer C., 2009. Les variations saisonnières de la reproduction des bovins domestiques en zone tropicale. Synthèse. <https://agritrop.cirad.fr/550497/> (consulté le 1er septembre 2024)
- Millogo, V., Sissao, M., Amoussou, T.O., Sidibé-Anago, A.G., & Ouédraogo, G.A. (2019). Effet d'une complémentation valorisant les ressources localement disponibles sur les performances de production laitière des vaches en vue de réduire l'intervalle vêlage-vêlage en zone périurbaine de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 142, 14529-14539. <https://doi.org/10.4314/jab.v142i11>
- Mizuno, T. M., & Mobbs, C. V. (1999). Hypothalamic agouti-related protein messenger ribonucleic acid is inhibited by leptin and stimulated by fasting. *Endocrinology*, 140(2), 814-817. <https://doi.org/10.1210/endo.140.2.6491>
- Monday, J. D., Larson, R. L., Laffin, S., White, B. J., & Theurer, M. E. (2018). Determining potential pregnancy status differences based on a new method of yearling heifer prebreeding examination. *Theriogenology*, 105, 164-168. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.09.026>
- Monteiro, P. L. J., Consentini, C. E. C., Andrade, J. P. N., Beard, A. D., Garcia-Guerra, A., Sartori, R., & Wiltbank, M. C. (2023). Research on timed AI in beef cattle : Past, present and future, a 27-year perspective. *Theriogenology*, 211, 161-171. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.07.037>
- Montiel, F., & Ahuja, C. (2005). Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Animal Reproduction Science*, 85(1-2), 1-26. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.11.001>
- Moreira, F., Orlandi, C., Risco, C. A., Mattos, R., Lopes, F., & Thatcher, W. W. (2001). Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84(7), 1646-1659. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74600-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74600-0)
- Moreno, D. S., Ortega, R. M., Paulino, M. F., Rennó, L. N., & Detmann, E. (2023). Pre-and postpartum supplementation strategies on the performance and metabolic status of grazing beef cows. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 58. <https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2023.v58.03102>
- Morris, C. A., Wilson, J. A., Bennett, G. L., Cullen, N. G., Hickey, S. M., & Hunter, J. C. (2000). Genetic parameters for growth, puberty, and beef cow reproductive traits in a puberty selection experiment. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 43(1), 83-91. <https://doi.org/10.1080/00288233.2000.9513411>
- Mossa, F., Carter, F., Walsh, S. W., Kenny, D. A., Smith, G. W., Ireland, J. L. H., Hildebrandt, T. B., Lonergan, P., Ireland, J. J., & Evans, A. C. O. (2013). Maternal undernutrition in cows impairs ovarian and cardiovascular systems in their offspring. *Biology of Reproduction*, 88(4), 92. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.112.107235>
- Mota, L. F. M., Arikawa, L. M., Nasner, S. L. C., Schmidt, P. I., Carvalheiro, R., Oliveira, H. N., & Albuquerque, L. G. (2024). Evaluation of the productive and reproductive performance of sexual precocity at different ages in Nelore heifers. *Theriogenology*, 230, 142-150. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.09.005>
- Mukasa-Mugerwa E. (1989). *A review of reproductive performance of female Bos indicus (Zebu) cattle*. ILCA Monograph 6. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 134p.
- Nestor, C. C., Merkley, C. M., Lehman, M. N., Hileman, S. M., & Goodman, R. L. (2023). KNDy neurons as the GnRH pulse generator : Recent studies in ruminants. *Peptides*, 164, 171005. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2023.171005>
- Nogueira, G. P. (2004). Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. *Animal Reproduction Science*, 82-83, 361-372. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.007>
- Noya, A., Casasús, I., Ferrer, J., & Sanz, A. (2019). Effects of developmental programming caused by maternal nutrient intake on postnatal performance of beef heifers and their calves. *Animals*, 9(12), 1072. <https://doi.org/10.3390/ani9121072>
- Nunez-Olivera, R., de Castro, T., García-Pintos, C., Bó, G., Piaggio, J., & Menchaca, A. (2014). Ovulatory response and luteal function after eCG administration at the end of a progesterone and estradiol based treatment in postpartum anestrous beef cattle. *Animal Reproduction Science*, 146(34), 111116. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.02.017>
- O'Kelly, J. C., Post, T. B., & Bryan, R. P. (1988). The influence of parasitic infestations on metabolism, puberty and first mating performance of heifers grazing in a tropical area. *Animal Reproduction Science*, 16(3), 177-189. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(88\)90011-5](https://doi.org/10.1016/0378-4320(88)90011-5)
- Opsomer, G., Gröhn, Y. T., Hertl, J., Coryn, M., Deluyker, H., & de Kruif, A. (2000). Risk factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium : A field study. *Theriogenology*, 53(4), 841-857. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00234-X](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00234-X)
- Orihuela, A. (2016). Animal welfare and sustainable animal production. *Advances in Animal Biosciences*, 7(2), 215-217. <https://doi.org/10.1017/S2040470016000157>
- Orihuela, A., & Galina, C. S. (2019). Effects of Separation of Cows and Calves on Reproductive Performance and Animal Welfare in Tropical Beef Cattle. *Animals*, 9(5), 223. <https://doi.org/10.3390/ani9050223>
- Orihuela, A., Galina, C. S., Orihuela, A., & Galina, C. S. (2021). The Effect of Maternal Behavior around Calving on Reproduction and Wellbeing of Zebu Type Cows and Calves. *Animals*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/ani11113164>
- Oyedipe, E. O., Osori, D. I., Akerejola, O., & Saror, D. (1982). Effect of level of nutrition on onset of puberty and conception rates of zebu heifers. *Theriogenology*, 18(5), 525-539. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(82\)90185-6](https://doi.org/10.1016/0093-691x(82)90185-6)

- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Patel, R., & Smith, J. T. (2020). Novel actions of kisspeptin signaling outside of GnRH-mediated fertility : A potential role in energy balance. *Domestic Animal Endocrinology*, 73, 106467. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106467>
- Patterson, D. J., Corah, L. R., & Brethour, J. R. (1990). Response of prepubertal *Bos taurus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* heifers to melengestrol acetate with or without gonadotropin-releasing hormone. *Theriogenology*, 33(3), 661-668. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(90\)90543-3](https://doi.org/10.1016/0093-691x(90)90543-3)
- Patterson, D. J., Thomas, J. M., Martin, N. T., Nash, J. M., & Smith, M. F. (2013). Control of estrus and ovulation in beef heifers. *The Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*, 29(3), 591-617. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.07.009>
- Pereira, M. H. C., Sanches, C. P., Guida, T. G., Rodrigues, A. D. P., Aragon, F. L., Veras, M. B., Borges, P. T., Wiltbank, M. C., & Vasconcelos, J. L. M. (2013). Timing of prostaglandin F $_{2\alpha}$ treatment in an estrogen-based protocol for timed artificial insemination or timed embryo transfer in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(5), 2837-2846. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5840>
- Pérez-Torres, L., Orihuela, A., Corro, M., Rubio, I., Cohen, A., & Galina, C. S. (2014). Maternal protective behavior of zebu type cattle (*Bos indicus*) and its association with temperament. *Journal of Animal Science*, 92(10), 4694-4700. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7394>
- Perri, A. F., Mejía, M. E., Licoff, N., Diab, S. S., Formía, N., Ornstein, A., Becú-Villalobos, D., & Lacau-Mengido, I. M. (2013). Gastrointestinal parasite control during prepuberty improves mammary parenchyma development in Holstein heifers. *Veterinary Parasitology*, 198(3-4), 345-350. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.09.006>
- Perry, G. A. (2016). Factors affecting puberty in replacement beef heifers. *Theriogenology*, 86(1), 373-378. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.051>
- Peter, A. T., Vos, P. L. a. M., & Ambrose, D. J. (2009). Postpartum anestrus in dairy cattle. *Theriogenology*, 71(9), 1333-1342. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.11.012>
- Prasad, U. N., Prasad, B. C., Srinivas, M., Radhika, S., Naidu, G. V., & Basha, A. K. (2025). Postpartum anoestrus in dairy cattle and its management : Review. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 10(2), 184-190.
- Pursley, J. R., Mee, M. O., & Wiltbank, M. C. (1995). Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF $_{2\alpha}$ and GnRH. *Theriogenology*, 44(7), 915-923. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(95\)00279-h](https://doi.org/10.1016/0093-691x(95)00279-h)
- Pursley, J. R., Silcox, R. W., & Wiltbank, M. C. (1998). Effect of Time of Artificial Insemination on Pregnancy Rates, Calving Rates, Pregnancy Loss, and Gender Ratio After Synchronization of Ovulation in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 81(8), 2139-2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75790-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75790-X)
- Rege, J., Kahi, A., Okomo-Adhiambo, M., Mwacharo, J. M., & Hanotte, O. (2001). Zebu cattle of Kenya: Uses, performance, farmer preferences, measures of genetic diversity and options for improved use. Dans *CGSpace A Repository of Agricultural Research Outputs (Consultative Group for International Agricultural Research)*. <https://hdl.handle.net/10568/4196>
- Rekwot, P. I. (2004). Effects of feeding maize stover and cottonseed cake on onset of puberty in Bunaji (*Bos indicus*) heifers. *Tropical Animal Health and Production*, 36(7), 637-644. <https://doi.org/10.1023/b:trop.0000042854.64345.38>
- Richardson, B. N., Hill, S. L., Stevenson, J. S., Djira, G. D., & Perry, G. A. (2016). Expression of estrus before fixed-time AI affects conception rates and factors that impact expression of estrus and the repeatability of expression of estrus in sequential breeding seasons. *Animal Reproduction Science*, 166, 133-140. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.01.013>
- Robinson, T. P., Wint, G. R. W., Conchedda, G., Van Boeckel, T. P., Ercoli, V., Palamara, E., Cinardi, G., et al. (2014). Mapping the Global Distribution of Livestock. *PLoS ONE*, 9(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096084>
- Roche, J. F., Mackey, D., & Diskin, M. D. (2000). Reproductive management of postpartum cows. *Animal Reproduction Science*, 60-61, 703-712. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00107-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00107-X)
- Rodgers, J. C., Bird, S. L., Larson, J. E., Dilenzo, N., Dahlen, C. R., Dicostanzo, A., & Lamb, G. C. (2012). An economic evaluation of estrous synchronization and timed artificial insemination in suckled beef cows. *Journal of Animal Science*, 90(11), 4055-4062. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4836>
- Rodrigues, H. D., Kinder, J. E., & Fitzpatrick, L. A. (2002). Estradiol regulation of luteinizing hormone secretion in heifers of two breed types that reach puberty at different ages. *Biology of Reproduction*, 66(3), 603-609. <https://doi.org/10.1095/biolreprod66.3.603>
- Rodríguez, R. O. L., & Segura, C. V. M. (1995). Effect of once-daily suckling on postpartum reproduction in zebu-cross cows in the tropics. *Animal Reproduction Science*, 40(1-2), 1-5. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(95\)01417-X](https://doi.org/10.1016/0378-4320(95)01417-X)
- Rosenkrans, K. S., & Hardin, D. K. (2003). Repeatability and accuracy of reproductive tract scoring to determine pubertal status in beef heifers. *Theriogenology*, 59(5-6), 1087-1092. [https://doi.org/10.1016/S0093-691x\(02\)01171-8](https://doi.org/10.1016/S0093-691x(02)01171-8)
- Ruiz-Cortés, Z. T., & Olivera-Angel, M. (1999). Ovarian follicular dynamics in suckled zebu (*Bos indicus*) cows monitored by real time ultrasonography. *Animal Reproduction Science*, 54(4), 211-220. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(98\)00152-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(98)00152-3)
- Ryan, K. D., & Foster, D. L. (1980). Neuroendocrine mechanisms involved in onset of puberty in the female : Concepts derived from the lamb. *Federation Proceedings*, 39(7), 2372-2377.
- Saha, S., Alam, M., Shamsuddin, M., & Khatun, M. (2016). Effects of breed, management system, milk yield and body weight on onset of postpartum ovarian cyclicity in cows. *Bangladesh Veterinarian*, 32(1), 27-34. <https://doi.org/10.3329/bvet.v32i1.29254>
- Sajjanar, B., Aalam, M. T., Khan, O., Dhara, S. K., Ghosh, J., Gandham, R. K., Gupta, P. K., et al. (2024). Genome-wide DNA methylation profiles regulate distinct heat stress response in zebu (*Bos indicus*) and crossbred (*Bos indicus* x *Bos taurus*) cattle. *Cell Stress & Chaperones*, 29(4), 603-614. <https://doi.org/10.1016/j.cstres.2024.06.005>
- Sales, J. N. de S., Pugliesi, G., Carvalho, L. R., Simões, L. M. S., Lemos, L. A., Vicente, M. P., Silva, R. R. R., & Baruselli, P. S. (2024). Evolution over the last 40 years of the assisted reproduction technologies in cattle-The Brazilian perspective I - timed artificial insemination. *Animal Reproduction*, 21(3), e20240034. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2024-0034>
- Sartori, R., & Barros, C. M. (2011). Reproductive cycles in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science*, 124(3-4), 244-250. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.006>
- Sartori, R., Alves, R. L. O. R., & Lopes, A. L. M. (2024). Induction of puberty vs. induction of ovulation using steroid hormones in beef heifers : A comprehensive review. *Animal Reproduction*, 21(3), e20240072. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2024-0072>
- Sartori, R., Gimenes, L. U., Monteiro, P. L. J., Melo, L. F., Baruselli, P. S., & Bastos, M. R. (2016). Metabolic and endocrine differences between *Bos taurus* and *Bos indicus* females that impact the interaction of nutrition with reproduction. *Theriogenology*, 86(1), 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.016>
- Scott, C. J., Rose, J. L., Gunn, A. J., & McGrath, B. M. (2019). Kisspeptin and the regulation of the reproductive axis in domestic animals. *The Journal of Endocrinology*, 240(1), R1-R16. <https://doi.org/10.1530/JOE-18-0485>
- Scheffler, T. L. (2022). Connecting Heat Tolerance and Tenderness in *Bos indicus* Influenced Cattle. *Animals*, 12(3), 220. <https://doi.org/10.3390/ani12030220>
- Seeley, R. J., Drazen, D. L., & Clegg, D. J. (2004). The critical role of the melanocortin system in the control of energy balance. *Annual Review of Nutrition*, 24, 133-149. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.24.012003.132428>
- Severino-Lendechy, V. H., Montiel-Palacios, F., Ahuja-Aguirre, C., Peralta-Torres, J. A., & Segura-Correa, J. C. (2020). Feed supplementation affect age and weight at puberty in Girolando (*Bos taurus* x *Bos indicus*) heifers in the tropics. *Livestock Science*, 240, 104154. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104154>
- Short, R. E., & Bellows, R. A. (1971). Relationships among Weight Gains, Age at Puberty and Reproductive Performance in Heifers. *Journal of Animal Science*, 32(1), 127-131. <https://doi.org/10.2527/jas1971.321127x>
- Silva, A. G. da, Andrade, P. A. P., Souza, S. V., Gonçalves, J. S., Melo, B. A., Feltrin, I. R., Peres, R. F. G., et al. (2023). Effects of different strategies to induce puberty before TAI on pregnancy establishment and losses in precocious Nelore heifers. *Animal Reproduction*, 20(2), 1.
- Singh, A. (2005). Crossbreeding of cattle for increasing milk production in India : A review | The Indian Journal of Animal Sciences. *Indian Journal of Animal Sciences*, 75(3), 383-390.
- Singh, C. (2016). Cross-breeding in Cattle for Milk Production : Achievements, Challenges and Opportunities in India-A Review. *Advances in Dairy Research*, 4(3), 1-14. <https://doi.org/10.4172/2329-888X.1000158>

- Sisk, C. L., & Foster, D. L. (2004). The neural basis of puberty and adolescence. *Nature Neuroscience*, 7(10), 1040-1047. <https://doi.org/10.1038/nn1326>
- Smith, H. J., & Archibald, R. M. (1968). Experimental helminthiasis in parasite-free calves on marshland pastures. *The Canadian Veterinary Journal*, 9(2), 46-55.
- Snelling, W. M., Cushman, R. A., Fortes, M. R. S., Reverter, A., Bennett, G. L., Keele, J. W., Kuehn, L. A., et al. (2012). Physiology and Endocrinology Symposium : How single nucleotide polymorphism chips will advance our knowledge of factors controlling puberty and aid in selecting replacement beef females. *Journal of Animal Science*, 90(4), 1152-1165. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4581>
- Souza, A. H., Gümen, A., Silva, E. P. B., Cunha, A. P., Guenther, J. N., Peto, C. M., Caraviello, D. Z., & Wiltbank, M. C. (2007). Supplementation with estradiol-17 β before the last gonadotropin-releasing hormone injection of the ovsynch protocol in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(10), 4623-4634. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0172>
- Stevenson, J. S. (2025). An analysis addressing factors affecting risk of ovulation, pregnancy, and pregnancy loss in lactating dairy cows submitted to fixed-time artificial insemination programs with special reference to the diameter of the ovarian follicle. *Animal Reproduction Science*, 279, 107887. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2025.107887>
- Stevenson, J. S., & Lamb, G. C. (2016). Contrasting effects of progesterone on fertility of dairy and beef cows. *Journal of Dairy Science*, 99(7), 5951-5964. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10130>
- Stevenson, J. S., Knoppel, E. L., Minton, J. E., Salfen, B. E., & Garverick, H. A. (1994). Estrus, ovulation, luteinizing hormone, and suckling-induced hormones in mastectomized cows with and without unrestricted presence of the calf. *Journal of Animal Science*, 72(3), 690-699. <https://doi.org/10.2527/1994.723690x>
- Stevenson, J. S., Lamb, G. C., Johnson, S. K., Medina-Britos, M. A., Grieger, D. M., Harmon, K. R., Cartmill, J. A., et al. (2003). Supplemental norgestomet, progesterone, or melengestrol acetate increases pregnancy rates in suckled beef cows after timed inseminations. *Journal of Animal Science*, 81(3), 571-586. <https://doi.org/10.2527/2003.813571x>
- Stevenson, J. S., Thompson, K. E., Forbes, W. L., Lamb, G. C., Grieger, D. M., & Corah, L. R. (2000). Synchronizing estrus and/or ovulation in beef cows after combinations of GnRH, norgestomet, and prostaglandin F $_{2\alpha}$ with or without timed insemination. *Journal of Animal Science*, 78(7), 1747-1758. <https://doi.org/10.2527/2000.7871747x>
- Stevenson, J. S., Sauls, J. A., & Mendonca, L. G. D. (2018). Dose frequency of prostaglandin F $_{2\alpha}$ administration to dairy cows exposed to presynchronization and either 5- or 7-day Ovsynch program durations: Ovulatory and luteolytic risks. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 9575-9590. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14653>
- Teegne, A., Entwistle, K. W., & Mukasa-Mugerwa, E. (1992). Effects of supplementary feeding and suckling intensity on postpartum reproductive performance of small East African Zebu cows. *Theriogenology*, 38(1), 97-106. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(92\)90221-C](https://doi.org/10.1016/0093-691X(92)90221-C)
- Teegne, A., Geleto, A., Osuji, P. O., Kassa, T., & Franceschini, R. (1994). Influence of dietary supplementation and partial suckling on body weight and on lactation and reproductive performance of primiparous Boran (*Bos indicus*) cows in Ethiopia. *The Journal of Agricultural Science*, 123(2), 267-273. <https://doi.org/10.1017/S0021859600068544>
- Tellah, M., Mbaindingatoloum, F. M., & Logtene, Y. M. (2015). Age au premier vêlage et intervalle entre vêlages de quatre races bovines en zone périurbaine de N'Djaména, Tchad. *Afrique Science*, 11(3), 229-240.
- Thomas, J. M., Lock, S. L., Poock, S. E., Eilersieck, M. R., Smith, M. F., & Patterson, D. J. (2014). Delayed insemination of nonestrous cows improves pregnancy rates when using sex-sorted semen in timed artificial insemination of suckled beef cows. *Journal of Animal Science*, 92(4), 1747-1752. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7131>
- Thomson, E. E., Beltman, M. E., McAloon, C. G., Duane, M. M., Brennan, J. P. N., & Kelly, E. T. (2023). Determining the clinical utility of a single pre-breeding examination for predicting subsequent reproductive performance in seasonal pasture-based dairy heifers. *Theriogenology*, 207, 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.05.015>
- Tiele, D., Sebro, E., Meskel, D., & Mathewos, M. (2023). Epidemiology of Gastrointestinal Parasites of Cattle in and Around Hosanna Town, Southern Ethiopia. *Veterinary Medicine*, 14, 1-9. <https://doi.org/10.2147/VMR.5389787>
- Timlin, C. L., Dias, N. W., Hungerford, L., Redifer, T., Currin, J. F., & Mercadante, V. R. G. (2021). A retrospective analysis of bull:cow ratio effects on pregnancy rates of beef cows previously enrolled in fixed-time artificial insemination protocols. *Translational Animal Science*, 5(3), txab129. <https://doi.org/10.1093/tas/txab129>
- Uddin, A. H. M. M., Petrovski, K. R., Song, Y., Garg, S., & Kirkwood, R. N. (2023). Application of Exogenous GnRH in Food Animal Production. *Animals*, 13(12), 1891. <https://doi.org/10.3390/ani13121891>
- Wathes, D. C. (2012). Mechanisms linking metabolic status and disease with reproductive outcome in the dairy cow. *Reproduction in Domestic Animals*, 47 Suppl 4(4), 304-312. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02090.x>
- Webb, C., Galina, C. S., Molina, R., Maquivar, M., & Estrada, S. (2004). Efecto de dos tipos de destete y la aplicación de un progestágeno sobre la fertilidad en vacas cebuinas (*Bos indicus*). *Archivos de medicina veterinaria*, 36(2), 147-154. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2004000200005>
- Weller, M. M. D. C. A., Fortes, M. R. S., Porto-Neto, L. R., Kelly, M., Venus, B., Kidd, L., do Rego, J. P. A., et al. (2016). Candidate Gene Expression in *Bos indicus* Ovarian Tissues : Prepubertal and Postpubertal Heifers in Diestrus. *Frontiers in Veterinary Science*, 3, 94. <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00094>
- West, S., Garza, V., & Cardoso, R. (2024). Puberty in beef heifers : Effects of prenatal and postnatal nutrition on the development of the neuroendocrine axis. *Animal Reproduction*, 21(3), e20240048. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2024-0048>
- Williams, G. L. (1990). Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle : A review. *Journal of Animal Science*, 68(3), 831-852. <https://doi.org/10.2527/1990.683831x>
- Williams, G. L., Alves, B., & Cardoso, R. (2018). Female Puberty : Nutrition and Endocrinology. *Dans Elsevier eBooks* (p. 238-244). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-801238-3.64647-0>
- Wilson, R. T. (2018). Crossbreeding of Cattle in Africa. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 7(1), 16-31. <https://doi.org/10.15640/jaes.v7n1a3>
- Wiltbank, M. C., & Pursley, J. R. (2014). The cow as an induced ovulator : Timed AI after synchronization of ovulation. *Theriogenology*, 81(1), 170-185. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.017>
- Wiltbank, M. C., Baez, G. M., Cochrane, F., Barletta, R. V., Trayford, C. R., & Joseph, R. T. (2015). Effect of a second treatment with prostaglandin F $_{2\alpha}$ during the Ovsynch protocol on luteolysis and pregnancy in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8644-8654. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9353>
- Wiltbank, M. C., Gümen, A., & Sartori, R. (2002). Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology*, 57(1), 21-52. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(01\)00656-2](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00656-2)
- Wu, H.-M., Chang, H.-M., & Leung, P. C. K. (2021). Gonadotropin-releasing hormone analogs : Mechanisms of action and clinical applications in female reproduction. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 60, 100876. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2020.100876>
- Xavier, E. G., Galina, C. S., Pimentel, C. A., Rechsteiner, S. F., & Maquivar, M. (2018). Calf presence and estrous response, ovarian follicular activity and the pattern of luteinizing hormone in postpartum *Bos indicus* cows. *Animal Reproduction*, 15(4), 1208-1213. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2017-0049>
- Yavas, Y., & Walton, J. S. (2000). Postpartum acyclicity in suckled beef cows : A review. *Theriogenology*, 54(1), 25-55. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00323-X](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00323-X)
- Yamboué, A. T., & Hanzen, C. (2025). Les zébus africains (*Bos indicus africanus*) : origines, diversité et performances zootechniques. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 78, 37615. <https://doi.org/10.19182/remvt.37615>
- Zago, D., Canozzi, M. E. A., & Barcellos, J. O. J. (2019). Pregnant cow nutrition and its effects on foetal weight – a meta-analysis. *The Journal of Agricultural Science*, 157(1), 83-95. <https://doi.org/10.1017/S0021859619000315>

Summary

Yamboué A.T., Hanzen C. Physiopathology and hormonal management of pubertal and postpartum anæstrus in the African zebu cattle

Background: Breeding African *Bos indicus* cattle is essential for tropical livestock systems, as it offers advantages in terms of resistance to harsh environmental conditions and productivity in constrained environments. Pubertal and postpartum anoestrus represent a major challenge for optimising their reproductive performance. **Objective:** This study explores the reproductive characteristics, the hormonal mechanisms of pubertal and post-partum anoestrus, as well as the risk factors and appropriate hormonal treatments adapted to *Bos indicus* in Africa. **Method:** The study was based on a literature review conducted using several international scientific databases, including PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, and African Journals Online. **Results:** Female *Bos indicus* reaches puberty later (16-40 months) than *Bos taurus*, although their tolerance to thermal stress and nutritional adaptation are superior. Significant differences in hormonal mechanisms, including elevated AMH (Anti-Müllerian Hormone) and IGF-1 (Insulin-like Growth Factor 1) concentrations, influence follicular growth and gestation. Postpartum anoestrus is prolonged by nutritional factors, lactation pattern and seasonality, while strategies combining nutritional management, weaning and hormonal treatments improve cyclicity and pregnancy rates. **Conclusion:** Integrated management, including genetic selection, nutrition and hormonal treatments, could optimise the reproductive performance of *Bos indicus*, thereby contributing to the sustainability of tropical breeding systems.

Keywords: *Bos indicus*, oestrous cycle, animal reproduction, hormonal regulation, Africa

Resumen

Yamboué A.T., Hanzen C. Fisiopatología y tratamiento hormonal del anestro puberal y posparto en el cebú africano

Contexto: La cría de bovinos *Bos indicus* africanos es esencial para los sistemas ganaderos tropicales, ya que ofrece ventajas en términos de resiliencia a las condiciones ambientales difíciles y de productividad en entornos poco favorables. El anestro puberal y del posparto representan un importante reto para optimizar su rendimiento reproductivo. **Objetivo:** Este artículo explora las características reproductivas, los mecanismos hormonales del anestro puberal y del posparto, así como los factores de riesgo y los tratamientos hormonales adaptados al *Bos indicus* en África. **Método:** El estudio se basa en una investigación bibliográfica realizada a partir de diversas bases de datos científicas internacionales, especialmente PubMed, Google Scholar, ScienceDirect y African Journals Online. **Resultados:** Las hembras de *Bos indicus* alcanzan la pubertad de forma más tardía (16-40 meses) que las de *Bos taurus*, aunque su tolerancia al estrés térmico y su adaptación nutricional sean superiores. Las diferencias significativas en los mecanismos hormonales, incluyendo concentraciones elevadas de AMH (hormona antimülleriana) y de IGF-1 (factor de crecimiento análogo a la insulina 1), influyen en el crecimiento folicular y la gestación. El anestro del posparto se prolonga por factores nutricionales, la forma de lactancia y la estacionalidad, mientras que las estrategias que combinan gestión nutricional, destete y tratamientos hormonales mejoran la ciclicidad y las tasas de gestación. **Conclusiones:** Una gestión integrada, que combine selección genética, nutrición y tratamientos hormonales, podría optimizar el rendimiento reproductivo del *Bos indicus*, contribuyendo así a la durabilidad de los sistemas de cría tropicales.

Palabras clave: *Bos indicus*, ciclo estral, reproducción animal, regulación hormonal, África

