



**ACADEMIE UNIVERSITAIRE WALLONIE-EUROPE
UNIVERSITE DE LIEGE
FACULTE DE MEDECINE VETERINAIRE
DEPARTEMENT CLINIQUE DES ANIMAUX DE PRODUCTION
SERVICE DE THERIOGENOLOGIE DES ANIMAUX DE PRODUCTION**

**APPLICATION DES PROGESTAGENES A LA GESTION HORMONALE DE LA
REPRODUCTION CHEZ LA FEMELLE BOVINE DE RACE N'DAMA AU GABON.**



**USE OF PROGESTOGENS TO THE HORMONAL MANAGEMENT OF REPRODUCTION
IN THE N'DAMA COW IN GABON.**

Marcel OKOUYI M'FOUMOU W'OTARI

**THESE PRESENTEE EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE
DOCTEUR EN SCIENCES VETERINAIRES**

ANNEE ACADEMIQUE 2017-2018

*« On peut aisément pardonner à l'enfant qui a peur de l'obscurité, la vraie tragédie de la vie c'est lorsque les hommes ont peur de la lumière », **Platon.***

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	V
REMERCIEMENTS	VI
ABRÉVIATIONS	IX
LISTE DES FIGURES.....	X
LISTE DES TABLEAUX	XI
COMPOSITION DU JURY	XII
COMMUNICATION SCIENTIFIQUE	XIII
RÉSUMÉ.....	XIV
ABSTRACT	XVI
I. INTRODUCTION GENERALE.....	1
1.1. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DE L'ETUDE.....	1
1.1.1. Le Gabon : données géographiques, démographiques et climatiques.....	1
1.1.2. La Société d'Investissement pour l'Agriculture Tropicale (SIAT)	4
1.1.3. Le Ranch Nyanga (RN).....	5
1.2. LE TAURIN N'DAMA.....	10
1.2.1. Origine, caractéristiques morphométriques et performances zootechniques.....	10
1.2.2. Caractéristiques de reproduction	13
1.3. GENERALITES SUR LE CYCLE ŒSTRAL DE LA VACHE.....	17
1.3.1. Croissance folliculaire au cours du cycle œstral.....	17
1.3.2. Régulation du cycle œstral	19
1.4. GESTION HORMONALE DE LA REPRODUCTION BOVINE.....	20
1.4.1. Nature des hormones impliquées dans la gestion hormonale du cycle sexuel	20
1.4.2. Protocoles hormonaux impliqués dans la gestion hormonale du cycle sexuel.....	28
1.5. JUSTIFICATION DE L'ETUDE ET OBJECTIFS DU TRAVAIL	36
1.5.1. Les constats	36
1.5.2. Les interrogations	37
1.5.3. Les motivations	37
II. MATERIEL ET METHODES	40
2.1. LIEU DE L'ETUDE, SELECTION ET GESTION DES ANIMAUX	40
2.1.1. Alimentation.....	40
2.1.2. Reproduction	40
2.1.3. Suivi du troupeau.....	41
2.2. TRAITEMENT D'INDUCTION DE L'OESTRUS ET CONSTITUTION DES LOTS.....	42
2.2.1. Etude 1 : Effets de l'équine Chorionic Gonadotropin (eCG) sur le comportement sexuel et les caractéristiques de l'ovulation des N'Dama.....	42
2.2.2. Etude 2 : Croissance du follicule préovulatoire et moment de l'ovulation des N'Dama.	43
2.2.3. Etude 3 : Effets du moment de l'insémination et de l'administration de GnRH lors de l'IA sur la fertilité des N'Dama.....	44

2.3.	TRAITEMENTS DES DONNEES ET ANALYSES STATISTIQUES	45
2.3.1.	Effets de l'équine Chorionic Gonadotropin (eCG) sur le comportement sexuel et les caractéristiques de l'ovulation des N'Dama	45
2.3.2.	Diamètre du follicule préovulatoire et moment de l'ovulation des N'Dama	45
2.3.3.	Effets du moment de l'insémination et de l'administration de GnRH lors de l'IA sur les taux de gestation des N'Dama	45
III.	RESULTATS	46
3.1.	EFFETS DE L'EQUINE CHORIONIC GONADOTROPIN (ECG) SUR LE COMPORTEMENT SEXUEL ET LES CARACTERISTIQUES DE L'OVULATION DES N'DAMA	46
3.1.1.	Caractéristiques des animaux	46
3.1.2.	Délai d'apparition et caractéristiques des chaleurs.....	46
3.1.3.	Caractéristiques de l'ovulation	47
3.2.	DIAMETRE DU FOLLICULE PREEVULATOIRE ET MOMENT DE L'OVULATION CHEZ LES FEMELLES N'DAMA.	48
3.2.1.	Caractéristiques des animaux de l'étude	48
3.2.2.	Caractéristique de la croissance folliculaire	48
3.2.3.	Moment de l'ovulation	49
3.3.	FERTILITE (TAUX DE GESTATION) A ŒSTRUS INDUIT CIDR-PG-ECG CHEZ LA N'DAMA.	51
IV.	DISCUSSION GENERALE	54
4.1.	CARACTERISTIQUES DES CHALEURS, DE L'OVULATION ET FERTILITE LORS DE L'ŒSTRUS INDUIT AU MOYEN DE PROGESTAGENES CHEZ LA FEMELLE N'DAMA. ...	54
4.1.1.	Le dispositif intravaginal CIDR est-il adapté à la N'Dama ?.....	54
4.1.2.	Les caractéristiques des chaleurs induites par un CIDR chez la femelle N'Dama sont-elles de nature à limiter l'utilisation de l'insémination artificielle ?	55
4.1.3.	Les caractéristiques de l'ovulation chez la femelle N'Dama plaident-elles en faveur de l'utilisation de l'insémination artificielle ?	58
4.1.4.	Le choix du moment de l'insémination lors de l'œstrus induit influence-t-il le pourcentage de gestation chez la N'Dama ?.....	62
4.2.	PERFORMANCES DE REPRODUCTION DE LA FEMELLE N'DAMA DU RN.....	65
4.2.1.	Paramètres de reproduction et paramètres démographiques du cheptel.....	65
4.2.2.	Facteurs d'influence des performances de reproduction chez la N'Dama	69
4.3.	ELEVAGE AU RN: RELATION BÉTAIL ET FAUNE SAUVAGE.....	73
4.4.	STRATÉGIES D'AMÉLIORATION DE LA PRODUCTIVITÉ DU BÉTAIL DU RN	77
4.4.1.	Niveau de production de viande du RN.....	77
4.4.2.	Insémination artificielle et amélioration de la productivité des animaux.....	78
4.4.3.	Plus-value de l'insémination artificielle pour le RN	81
	CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	83
	BIBLIOGRAPHIE	87
	ANNEXES	102
	SUPPLEMENT : COMMENTAIRES REFLEXIFS DE MA FORMATION.....	i-iv

DEDICACE

A mon pays le Gabon,

A la Belgique, terre d'accueil,

A mon père (feu Grégoire Okouyi) et à ma mère (feue madame Okouyi née Ayori Victorine),

Vous êtes et avez toujours été à mes côtés «*les morts ne sont pas morts* »,

A mes frères et sœurs, que serais-je et que ferais-je sans vous ?

A mon épouse, à mes enfants, à mes neveux et nièces, vous me donnez chaque jour l'envie d'être meilleur,

A tous, je dédie ce travail.

REMERCIEMENTS

Je ne saurais exprimer sur ces rectangles de papier toute ma gratitude aux personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail. Comment serais-je arrivé au bout de ce « tunnel » sans votre soutien ?

Pour le financement,

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier de l'Etat gabonais à travers le Programme d'Appui Institutionnel et Développement des Ressources Humaines (PAI-DRH).



avec la participation du



la collaboration de :



**Université des
Sciences et Techniques de Masuku**



de

**Institut National Supérieur
D'Agronomie et de Biotechnologies**

et surtout de



Pour la participation aux travaux de recherche, pour le soutien moral, matériel, psychologique et financier, pour avoir accepté de diriger et de juger ce travail ;

Sincères remerciements ;

A mon pays le Gabon, pour m'avoir permis de réaliser cette formation de doctorat ; cher Gabon, il fait tant pour ses enfants,

Au Programme d'Appui Institutionnel et Développement des Ressources Humaines (PAI-DRH), du ministère de la fonction publique du Gabon ; reconnaissance éternelle pour le financement de ma formation,

A la Belgique, pour m'avoir autorisé à entrer et séjourner près de 7 ans durant sur sa terre,

Aux responsables administratifs de la branche gabonaise de la Société d'Investissement pour l'Agriculture Tropicale (Siat-Gabon) en tête desquelles Monsieur Pierre Vandebek, pour m'avoir permis de travailler dans ce site expérimental magnifique qu'est le RN,

A Sylvie, Alain, Edwige et Inès Okouyi, à Augustine Angassa et Arsène Envahou, pour votre aide financière dans la dernière ligne droite de ce parcours,

A Yolande, Clarisse, Barthélémy, Joseph, Christian, Hervé, Rodrigue et Nadine Okouyi, pour vos encouragements et votre soutien multiforme,

Aux responsables administratifs du RN, Bruno et Jean Bernard, pour l'hébergement, le matériel animal et technique mis à notre disposition,

Aux Drs Ernest Agossou, Brice Adjahoutonon, à Cossic Charlene et Brieux, pour votre soutien, durant mon séjour au RN, amicalement,

A l'Université de Liège (ULiège), à la Faculté de Médecine Vétérinaire (FMV), au personnel administratif et pédagogique du département de clinique des animaux de production (Service de thériogénologie des animaux de production), profonde gratitude pour ces années de formation et le temps passé en votre compagnie ; comme il est passé vite !

A Vincent Frisé, Christian Rémy, Léonard Théron et Anne-Sophie Rao, Salem Djabala, Marie Delacroix, Alice Amiable... merci de m'avoir accompagné dans ce périple, cordialement,

Au Professeur Christian Hanzen,

Je connaissais déjà le scientifique à travers ses multiples travaux. Pour nous, en Afrique francophone vous êtes un « monument » parmi les experts qui étudient la reproduction bovine. En acceptant de diriger ce travail, vous nous avez donné l'occasion de connaître l'homme, ses connaissances générales et ses qualités humaines. Plus qu'un promoteur, vous avez été pour moi un aîné qui, en guidant mes pas dans ce périple, a su me faire donner le meilleur de moi-même et façonné par ailleurs ma vision de la recherche en reproduction bovine. Travailler sous votre direction a été un plaisir et un grand honneur. Vous nous apparaîtrez désormais comme un exemple de rigueur scientifique.

Soyez assuré, cher maître, de notre gratitude éternelle.

A mon Co-promoteur de thèse : Dr Nassim Moula,

J'ai encore le souvenir de cette journée du dimanche 05 décembre 2011 où, au nom du Professeur Pascal Leroy, vous m'avez accueilli à ma sortie du train à la gare des Guillemins. Je foulais alors le sol liégeois pour la première fois. Vous avez guidé mes premiers pas à travers cette merveilleuse ville et m'avez encouragé tout au long de ce parcours. Soyez infiniment remercié.

Veuillez de même, transmettre au Professeur Pascal Leroy, grâce à qui, j'ai connu le chemin de la Belgique, ma profonde gratitude.

Aux membres de mon comité de thèse

Professeurs Pierre Vincent DRION et Nicolas Antoine-MOUSSIAUX,

En acceptant de faire partie de notre comité de thèse, vous n'avez encouragé dans cette entreprise. Vous nous faites là un grand honneur. La spontanéité avec laquelle vous avez tous deux répondu favorablement à notre sollicitation, vos qualités humaines et intellectuelles sont autant d'éléments qui forcent l'admiration. Il n'y a pas de mots pour exprimer ma profonde gratitude à votre égard.

Ces mots s'adressent également au Professeur Jérôme BINDELLE qui malheureusement ne peut être là. Sachez professeur que votre absence de ce jour n'enlève aucunement de mon esprit le sentiment que vous avez toujours le bien pour moi.

A tous, recevez mes remerciements distingués.

Aux membres de mon jury de thèse,

Malgré vos multiples occupations, vous avez accepté de donner de votre temps pour juger ce modeste travail, vous nous faites là un grand honneur ; recevez en retour l'expression de notre profonde reconnaissance.

A mes amis (es) et compatriotes vivant en Belgique,

A Patrick Byambas, Sandry Bayemdit, Fabrice Boupoya, Sylvain Mourakassa, Thierry Biyoghé, Carole Nzassi. A Dieudonné Mabakou, Hortense Makobé, Georgette Mwabondet, Patricia Owanga, Sarah Onanga, Aurélie Ayong. A Lorna, Valentine, Agathe EZE...

A Kessy, Jade, Lucas...

En votre compagnie, j'ai su me « fabriquer » une famille pour pouvoir tenir dans des conditions parfois difficiles en Belgique. Puissent les liens établis entre nous durant mon séjour en Belgique être aussi forts que les liens de sang, reconnaissance infinie.

A mon épouse, merci de ton soutien, de ton amour et de ta patience. Merci d'avoir été « père et mère » pour notre progéniture durant cette longue absence,

A tous ceux qui n'ont pas été cités ici mais que je n'oublie guère,

Toute ma profonde gratitude.

ABRÉVIATIONS

AMM : Autorisation de Mise sur le Marché

BVD : Diarrhée Virale Bovine (BVD)

CEMAC : Communauté Economique et Monétaire de l'Afrique Centrale

CIDR : Control Internal Drug Releasing

CJ : Corps Jaune

CRZ : Centres de recherches zootechniques

eCG : equine Chorionic Gonotropin

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

f CFA : franc de la Communauté Francophone d'Afrique (Communauté Financière Africaine)

FSH : Follicle Stimulating Hormone

GnRH : Gonadotropin Releasing Hormone

GQM : Gain quotidien Moyen

HévéGab : Hévéaculture gabonaise

IA : Insémination Artificielle

IBR : Rhinotrachéite Infectieuse Bovine

IM : Intramusculaire

LH : Luteinizing Hormone

MAEDR : Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et du Développement Rural

MECIT : Ministère de l'Economie, du Commerce, de l'Industrie et du Tourisme

OGAPROV : Office Gabonais d'Amélioration et de Production de Viande

PGF2 α : Prostaglandine F 2 alpha

PIB : Produit Intérieur Brut

PMSG : Pregnant Mare Serum Gonadotropin

PPCB : Péripleumonnie Contagieuse Bovine

PRID : Progesterone Intra vaginal Device

RN : Ranch Nyanga

SOGADEL : Société Gabonaise d'Elevage

SIAT : Société d'Investissement pour l'Agriculture Tropicale

TAA : Trypanosomoses Animales Africaines

UBT : Unité Bétail Tropical

UI : Unité internationale

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Le Gabon dans le planisphère (zone en vert).....	1
Figure 2. Evolution de la production (en tonnes) de viande bovine au Gabon entre 1965 et 2010.....	3
Figure 3. Localisation des activités du groupe SIAT-Gabon.	5
Figure 4. Localisation du Ranch Nyanga.	6
Figure 5. Organisation (schématisée) du RN (PP = Petite Pâture).....	6
Figure 6. Répartition des Trypanosomoses Animales Africaines	8
Figure 7. Mode de transmission et tableau clinique des trypanosomoses (Okouyi, 2014).	8
Figure 8. Berceau et aire de répartition géographique de la race N'Dama	11
Figure 9. Génisse, 230 kg, 3 ans (gauche) et Taureau, 400 kg, 5 ans (droite) de race N'Dama.	11
Figure 10. Folliculogenèse.	17
Figure 11. Dynamique de vagues de croissance folliculaire au cours du cycle œstral.....	18
Figure 12. Récapitulatif du contrôle hormonal du cycle ovarien.	19
Figure 13. Formule chimique de la progestérone.	22
Figure 14. Schéma de la synthèse ovarienne de progestérone.	22
Figure 15. Schéma du protocole CRESTAR SO.....	29
Figure 16. Schéma du protocole de traitement à base de PRID Delta.....	30
Figure 17. Schéma du protocole CIDR-PG.....	30
Figure 18. Schéma du protocole SelectSynch + CIDR.	30
Figure 19. Schéma du protocole 14-day-CIDR-PG.....	31
Figure 20. Schéma du protocole CIDR Select.....	32
Figure 21. Schéma du protocole Co-Synch+CIDR.	32
Figure 22. Carte conceptuelle présentant le contexte et les objectifs de l'étude.	39
Figure 23. Protocole de base pour les études 1 et 2.....	42
Figure 24. Protocole expérimental spécifique de l'étude 2.	44
Figure 25. Protocole expérimental de l'étude 3.....	44
Figure 26. Marquage sur la croupe pour identification des années de vêlage (parité).	69
Figure 27. Faune sauvage du RN (1) : Python et potamochère.....	74
Figure 28. Principales causes de perte de veaux dans l'intervalle : constat de gestation-sevrage.....	74
Figure 29. Faune sauvage du RN (2) Eléphant et Buffle.....	75
Figure 30. Blessures sur quelques animaux et entretenues ouvertes par les pique-bœufs à bec rouge. 76	
Figure 31. Exemple de vaches se retrouvant en pleine forêt au RN.....	76
Figure 32. Courbes de croissance comparative entre N'Dama de race pure et produits issus de croisements.	79
Figure 33. Courbes de croissance théorique des types génétiques :	79

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. Relevé des variations mensuelles de températures et des précipitations au Gabon.	2
Tableau II. Coûts en f CFA des importations d'animaux sur pieds et de viande au Gabon.	4
Tableau III. Age et poids à la puberté chez la femelle N'Dama*	13
Tableau IV. Durée du cycle œstral chez la femelle N'Dama	14
Tableau V. Durée de l'œstrus chez la femelle N'Dama*	14
Tableau VI. Durée de gestation chez la femelle N'Dama*	15
Tableau VII. Reprise post-partum du cycle sexuel chez la femelle N'Dama*	16
Tableau VIII. Quelques résultats : taux d'induction et taux de gestation après divers traitements hormonaux chez la femelle N'Dama.	35
Tableau IX. Evolution théorique du cheptel du RN entre 2013 et 2021 (récapitulatif)	37
Tableau X. Caractéristiques comparées des animaux de l'étude 1 entre groupes de femelles N'Dama traitées avec différentes doses d'eCG après œstrus induit au moyen de CIDR®	46
Tableau XI. Effets de la dose d'eCG sur les caractéristiques de l'œstrus et de l'ovulation chez les femelles trypanotolérantes de race N'Dama traitées au CIDR-PG.	47
Tableau XII. Caractéristiques des animaux de l'étude 2 (n = 120) : moyenne des paramètres par doses d'equine Chorionic Gonadotropin (eCG) chez les femelles trypanotolérantes de race N'Dama traitées avec le « Controlled Internal Drug Releasing Device » (CIDR®)	48
Tableau XIII. Effets comparés des doses d'eCG (de 0 à 600UI) sur l'œstrus, le diamètre folliculaire et les caractéristiques de l'ovulation chez les femelles N'Dama.	49
Tableau XIV. Effets de la dose d'eCG sur le moment de l'ovulation chez les femelles N'Dama	50
Tableau XV. Effets de la dose d'eCG sur la répartition des ovulations dans les intervalles de temps après le traitement chez les femelles N'Dama	50
Tableau XVI. Répartition et caractéristiques des femelles N'Dama de l'étude 3	51
Tableau XVII. Taux de gestation comparé des génisses et vaches N'Dama en fonction du moment de l'insémination et de l'injection d'une GnRH.	52
Tableau XVIII. Paramètres démographiques du cheptel du RN (exemple d'objectifs à fixer)	66
Tableau XIX. Composition du CMV distribué aux bovins du RN.	71
Tableau XX. Plan d'alimentation des bovins du RN	72
Tableau XXI. Projection démographique du troupeau bovin du RN (tableau récapitulatif):	81
Tableau XXII. Evaluation du coût pour une IA effectuée au RN	81
Tableau XXIII. Comparaison des bénéfices potentiels Saillie naturelle vs campagne d'IA	82

COMPOSITION DU JURY

Pr Jérôme PONTHER	Président du Jury
Pr Stefan DELEUZE (Université de Liège, Belgique)	Examineur
Pr Jean Luc HORNICK (Université de Liège, Belgique)	Examineur
Pr Yves BECKERS (Université de Liège, Belgique)	Examineur
Pr Pascal GUSTIN (Université de Liège, Belgique)	Examineur
Pr Sylvie CHASTANT-MAILLARD (Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse/France)	Examineur
Pr Jean Paul DEHOUX (Université Louvain-la-Neuve/Belgique)	Examineur
Pr Christian HANZEN (Université de Liège, Belgique)	Promoteur
Dr Nasim MOULA (Université de Liège)	Co-promoteur
Pr Pierre Vincent DRION (Université de Liège, Belgique)	Membre du comité de thèse
Dr Nicolas ANTOINE-MOUSSIAUX (Université de Liège, Belgique)	Membre du comité de thèse.

COMMUNICATION SCIENTIFIQUE

1- Synthèse bibliographique

« Okouyi M. W. M., Kamga-waladjo A. R., Diara S., Hanzen C. 2014. *Caractéristiques de reproduction de la femelle trypanotolérante de race N'Dama*. RASPA., 12 3-7 ».

2- Articles expérimentaux.

« Okouyi M.W., Drion P.V. and Hanzen Ch. *Preovulatory follicle diameter, growth rate and time of ovulation during induced oestrus using a CIDR® in trypanotolerant female Bos taurus N'Dama cattle*. *Trop Anim Health Prod*, 2015. 47(8): p. 1443-8».

« Okouyi M.W.M., Hanzen, C. *Effects of equine chorionic gonadotropin(eCG) on the sexual behaviour and ovulatory characteristics of female african N'Dama cattle*, *Revue Méd. Vét.*, 2016, 167, 7-8, 211-215 ».

« Okouyi M.W.M., Hanzen, C. *Effects of insemination timing and GnRH treatment on pregnancy rates of N'Dama cattle after estrus induction with progestin* ». *Rev Elev Méd Vét Pays Trop.*, 2016, 69 (2) : 73-78 ».

3- Posters

« Okouyi M. W. M., Nguyen K. C., Hanzen C. *Effects of the equine Chorionic Gonadotropin (eCG) on estrus and follicular growth parameters in African bovine breed N'Dama [Abstract]*. In "Reproduction in Ruminants VIII" : Juengel, JL., Miyamoto A., Price, C., Reynolds LP., Smith MF and Webb R (Eds). *Proceedings of the ninth International Ruminant Reproduction Symposium, Hokkaido, Japan. August 2014. p, 608* ».

« Okouyi M. W. M., Hanzen C. *The effects of timing of insemination and GnRH treatment on pregnancy rates of N'Dama females after induction of oestrus with progestin*. *Proceedings of the 3rd Farah Day of Faculty of veterinary medicine, University of Liege-Belgium, October 21, 2016. P, 66* ».

Des copies des articles publiés et des posters réalisés dans le cadre de cette thèse sont annexés à ce document (annexe 1)

RÉSUMÉ

Trois essais cliniques ont été réalisés entre 2013 et 2015 au ranch de la Nyanga (Gabon) pour actualiser, compléter et mieux préciser les effets de l'application des progestagènes sur les caractéristiques de l'œstrus, de la croissance folliculaire, de l'ovulation et des taux de gestation de la femelle N'Dama. Au début de l'étude, les tractus génitaux et les ovaires des animaux ont été palpés et une première vaginoscopie a été effectuée lors de la mise en place des traitements hormonaux à base de progestérone CIDR[®]. La présence ou non d'un corps jaune a été à ce moment déterminée par examen échographique. Les animaux ont été traités selon le protocole de base associant la mise en place d'un CIDR[®] durant 7 jours à une injection de PGF_{2α} et d'eCG. La PGF_{2α} a été administrée par voie IM à chaque animal 2 jours avant le retrait du CIDR[®], l'eCG également en IM, le jour du retrait du dispositif intravaginal. Une deuxième vaginoscopie a été réalisée au retrait du CIDR[®] pour déterminer le degré de tolérance des animaux au CIDR[®]. Afin d'apprécier les effets de l'eCG sur le comportement sexuel et les caractéristiques de l'ovulation, les animaux ont été répartis en 5 lots expérimentaux : un lot témoin (0UI d'eCG, n=26) et 4 lots ayant reçu des doses croissantes d'eCG (lot 1 : 300 UI, n = 25 ; lot 2 : 400 UI, n = 24 ; lot 3 : 500 UI, n = 23 ; lot et 4 : 600 UI, n = 23). Au retrait du CIDR noté J₀, les animaux ont fait l'objet d'une observation visuelle permanente pendant 7 jours. Le nombre d'ovulations a été déterminé par le nombre de corps jaunes observés sur les ovaires après abattage de l'animal survenu entre J₇ et J₁₀ après la fin du traitement. Pour évaluer le diamètre du follicule préovulatoire et le moment de l'ovulation, sur les groupes expérimentaux un examen échographique de chaque ovaire a été effectué afin d'identifier et de mesurer le diamètre des follicules présents le jour du retrait du CIDR[®] (J₀) et 2, 3, 4 et 5 jours plus tard. Pour apprécier les effets du moment de l'insémination et de l'administration de GnRH lors de l'IA sur les taux de gestation, les animaux ont été répartis en deux groupes notés G1 et G2 (n_{G1} = n_{G2} = 84) inséminés respectivement 48 h et 72 h après le retrait du CIDR[®]. Lors de l'insémination, la moitié des animaux (GnRH +) dans chaque groupe a été traitée au moyen de 4,2 µg d'acétate de buséréline. Un constat de gestation a été réalisé par palpation manuelle et par échographie à 45 jours après l'insémination. L'analyse statistique des données a été réalisée grâce à l'utilisation du logiciel SAS version 9.1. Les données ont été traitées au moyen d'un modèle linéaire général (GLM) et par régression logistique, les résultats sont exprimés en LSMEAN±ES. Les femelles N'Dama tolèrent bien le dispositif CIDR[®]. Le délai d'apparition des chaleurs après la fin du traitement a été de 48,6 ± 5,3 h, compris dans l'intervalle 48 à 72 heures indiqué par l'AMM du produit. Les chaleurs ont une durée moyenne de 9,9 ± 2h conformément à ce qui est rapporté par la littérature sur le sujet. Ces deux paramètres ne sont pas influencés par l'ajout et l'augmentation de la dose d'eCG. Les pourcentages de chaleurs silencieuses (28,4%) et de chaleurs anovulatoires (4,5%) montrent qu'il est indiqué chez la femelle N'Dama de tenir également compte des signes secondaires pour confirmer les chaleurs. L'utilisation de l'eCG est de nature à réduire le pourcentage de chaleurs silencieuses et de chaleurs anovulatoires. Elle influence également les

caractéristiques folliculaires et l'ovulation. Le diamètre du follicule préovulatoire était compris entre 5,8 et 12,2 mm, la vitesse de croissance folliculaire (VCF) a varié de $0,9 \pm 0,4$ mm/j chez les animaux non traités à $1,0 \pm 0,4$ mm/j chez les animaux ayant reçu de l'eCG. Les taux moyens d'ovulation (90,1%) et d'ovulation multiple (18,3%) ont augmenté avec l'augmentation de la dose d'eCG. L'ovulation intervient en moyenne $83,7 \pm 14,4$ h en fin de traitement et l'administration d'eCG contribuerait à améliorer la synchronisation des ovulations dans l'intervalle 72 à 96 heures. Cette observation serait de nature à favoriser le recours à une insémination systématique 72 heures post traitement chez la femelle N'Dama. En effet, le taux de gestation de 48,8% obtenu en 1^{ère} AI réalisée 72h après la fin du traitement est satisfaisant. L'administration de GnRH au moment de l'IA n'influence pas les taux de gestation. La femelle N'Dama à œstrus induit au moyen de progestagènes présente des caractéristiques de chaleurs, de l'ovulation et de taux de gestation beaucoup plus proches de celles observées chez les *Bos indicus* par rapport à celles observées chez les autres *Bos taurus* des pays tempérés.

Abstract

Three experiments were conducted between 2013 and 2015 in the Nyanga ranch (Gabon) to gain up-to-date, more comprehensive knowledge about the breed and more details about the effects of using progestogens on the oestrus, follicular growth, ovulation and gestation rates in this female. At the start of the study, their genital tracts and ovaries were palpated and an initial vaginoscopy was carried out when the progesterone-based hormone treatments were vaginally administered in the form of a CIDR[®]. The presence of a corpus luteum was checked at this point by ultrasound examination. The basic protocol was: CIDR-PGF_{2α}-eCG administered over seven days. A PGF_{2α} was administered by intramuscular injection (IM) to each animal two days before the CIDR[®] was removed. On the day the device was removed, equine Chorionic Gonadotropin (eCG) was administered by IM injection and a second vaginoscopy was carried out to determine the animals' degree of tolerance to the CIDR[®]. To assess the effects of the eCG on the sexual behaviour and ovulation of the female N'Dama, the animals were split into five experimental batches: one control batch, (0UI of eCG, n=26) and four batches which received increasing doses of eCG when the CIDR was removed; batch 1 (300 UI, n=25), 2 (400 UI, n=24), 3 (500 UI, n=23) and 4 (600 UI, n = 23). From the day the CIDR[®] was removed, referred to as D₀, the animals were permanently visually observed (24 hours a day) for seven days. The number of ovulations was determined by the number of corpus lutea observed on the ovaries when the animal was slaughtered between D₇ and D₁₀ after the end of treatment. To assess the diameter of the preovulatory follicle and the time of ovulation, an ultrasound examination of each ovary was conducted to identify and measure the diameter of the follicles on the day the CIDR[®] was removed (D₀) and 2, 3, 4 and 5 days later. The animals were slaughtered between 7 and 10 days following removal of the CIDR[®]. To assess the effects of the time of insemination and administration of GnRH during the AI on gestation rates of female N'Dama, the animals were split into two groups, labelled G1 and G2 (n_{G1} = n_{G2} = 84) which were inseminated 48 hours and 72 hours, respectively, after removal of the CIDR[®]. During insemination, half the animals (GnRH +) in each group were treated with 4.2 µg buserelin acetate. The other half were untreated and represented the control group (GnRH-), receiving 1ml of physiological serum. A pregnancy test was carried out by manual palpation and ultrasound 45 days after insemination. The statistical analysis of the data was conducted using the SAS version 9.1 software. The data were processed using a general linear model (GLM) and logistical regression, and the results were expressed as a LSMEAN ± ES. The female N'Dama tolerated the CIDR[®] device relatively well. The average onset of oestrus after the end of treatment was 48.6 ± 5.3 hours, which is within the 48 to 72-hour interval indicated in the marketing authorisation for the product. Oestrus lasted on average 9.9 ± 2 hours, in keeping with the literature. These two parameters were not affected by the administration of eCG at the end of treatment. The percentages of silent oestrus (28.4%) and anovulatory oestrus (4.5%) demonstrate that it would be advisable to take other signs into account to confirm oestrus in the female N'Dama. In line with the literature, the use of eCG

reduces the percentage of silent oestrus or oestrus which is not followed by ovulation. The administration of eCG at the end of progesterone-based treatment (CIDR-PG) influences the follicular and ovulation characteristics of the female N'Dama. The follicle growth rate (FGR) varied from 0.9 ± 0.4 mm/day in untreated animals and 1.0 ± 0.4 mm/day in animals which received eCG. The diameter of the preovulatory follicle was between 5.8 and 12.2 mm. The average ovulation rate (90.2%) and multiple ovulation rate (18.3%) increased as the dose of eCG increased. After the end of treatment, ovulation occurred on average 83.7 ± 14.4 hours later. Administration of eCG at the end of treatment contributed to further synchronising the time of ovulation within the 72 to 96-hour period, i.e., pointing towards routinely implementing a single, 72-hour insemination. The gestation rate of 48.8% obtained on the first AI carried out 78 hours after the end of treatment was satisfactory. In this case, administration of GnRH at the time of AI did not influence the gestation rate. During oestrus caused by progestogens, the female N'Dama presents oestrus, ovulation and gestation rates which are much closer to those observed in *Bos indicus* than those observed in other *Bos taurus* in temperate countries.

I. INTRODUCTION GENERALE

1.1. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DE L'ETUDE

1.1.1. Le Gabon : données géographiques, démographiques et climatiques.

Le Gabon est un pays d'Afrique centrale, situé à cheval sur l'Equateur, il est limité au Nord par le Cameroun, au Nord-Ouest par la Guinée Equatoriale, à l'Est et au Sud-Est par le Congo Brazzaville, à l'Ouest par l'Océan Atlantique qui mouille plus de 800 km de ses côtes (Figure 1). Le Gabon est une ancienne colonie française qui a acquis son indépendance en août 1960. C'est une république avec un régime présidentiel, membre de la Communauté Economique et Monétaire de l'Afrique Centrale (CEMAC). La langue officielle parlée au Gabon est le français (mais il existe plus de 50 dialectes) et, la monnaie utilisée est le franc CFA (franc de la Communauté Francophone d'Afrique ; 1 euro = 655,956f CFA). Sur le plan administratif, il est découpé en 9 provinces, elles-mêmes subdivisées en départements, districts, cantons et villages, en nombre variable suivant les provinces. La capitale politique du Gabon est Libreville.



Figure 1. Le Gabon dans le planisphère (zone en vert).

La superficie du Gabon est de 267 667 km², elle est recouverte de plus de 80 % de forêt dense. La population du Gabon est estimée actuellement à 1 800 000 habitants, c'est un pays à faible densité (environ 7 habitants au km²).

Le climat du Gabon est de type équatorial ; chaud et humide se caractérisant par deux saisons sèches (la petite qui court de Janvier à février et la grande de Juin à Septembre) et deux saisons de pluies (la petite d'Octobre à Décembre et la grande de Mars à Mai). La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 2000 mm, les températures moyennes mensuelles oscillent entre 24-32°C ; l'humidité relative se situe à environ 80 % (Tableau I).

Le relief du Gabon est varié et très accidenté. On y retrouve des élévations assez caractéristiques (Monts Iboundji, massif du Challu) qui culminent à plus de 1575 m et des zones à relief relativement plat tels les plateaux Batékés qui couvrent environ 5000 km².

Tableau I. Relevé des variations mensuelles de températures et des précipitations au Gabon. Nord-Ouest (Libreville) et au Sud-Ouest (Tchibanga) du Gabon.

La capitale du Gabon Libreville se trouve sur la mer, dans le nord-ouest. Voici les températures moyennes mensuelles enregistrées à Libreville.													
Libreville	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	
Min (°C)	24	23	23	23	24	23	22	22	23	23	23	24	
Max (°C)	30	31	31	31	30	29	28	28	29	29	30	30	
Les précipitations à Libreville totalisent 2.600 millimètres par an, avec une saison sèche de juin à août. Voici la moyenne des précipitations à Libreville.													
Libreville	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Année
Préc. (mm)	205	290	265	395	245	40	1	11	105	360	415	260	2592
Jours	14	15	17	19	15	3	0	5	13	22	21	16	160
Au sud, le refroidissement de l'hiver austral est plus évident, tant et si bien que les maxima diminuent jusqu'à 26/27 degrés en juillet et août. Voici les températures moyennes de Tchibanga (Lieu d'implantation du RN).													
Tchibanga	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	
Min (°C)	22	22	22	22	22	20	18	19	21	22	22	22	
Max (°C)	30	31	31	32	30	28	27	26	28	29	30	29	
Au sud la saison sèche est plus longue, en fait elle commence à la mi-mai et dure jusqu'en septembre. Voici les précipitations moyennes mensuelles à Tchibanga.													
Tchibanga	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Année
Préc. (mm)	195	190	220	175	100	6	1	4	30	175	300	180	1585
Jours	14	14	16	15	9	1	1	1	4	16	21	15	127

Source : <http://www.climatsetvoyages.com/climat/gabon>

Le Gabon tire sa richesse principalement de l'exploitation des ressources pétrolières et minières. L'exploitation forestière y est relativement bien développée ; elle occupe la 3^{ème} place dans l'économie du pays après le Pétrole et les mines (MECIT, 2011). La contribution du secteur agricole à la richesse du pays est par contre relativement négligeable ; en 2000, ce secteur ne représentait que 0,5 % du PIB du pays (MAEDR, 2003). Malgré de multiples tentatives d'implantation et de développement de l'élevage au Gabon, les productions locales demeurent encore très faibles. La production locale en viande bovine par exemple reste en dessous des 2000 tonnes par an (Figure 2), soit une consommation annuelle par habitant inférieure à 1kg/habitant/an alors que les besoins annuels par individu sont estimés à 40,8 kg/habitant (<http://www.gaboneco.com/gabon-boukoubi-plafonne-les-importations-de-viandes-pour-developper-l-elevage.html>). Du fait de cette production locale très faible, le Gabon dépend presque totalement de l'extérieur pour l'approvisionnement de ses marchés en denrées alimentaires d'origine animale. En effet, le Gabon importe plus de 80 % de ses besoins en viande et produits carnés représentant annuellement environ 300 milliards de francs CFA (FAO, 2009, MECIT, 2011). En 2000 par exemple, les importations d'animaux vivants et produits du règne animal au Gabon représentent un volume de près de 33 278 tonnes correspondant à une valeur monétaire d'environ 300 milliards contre 364 milliards de f CFA en 2015.

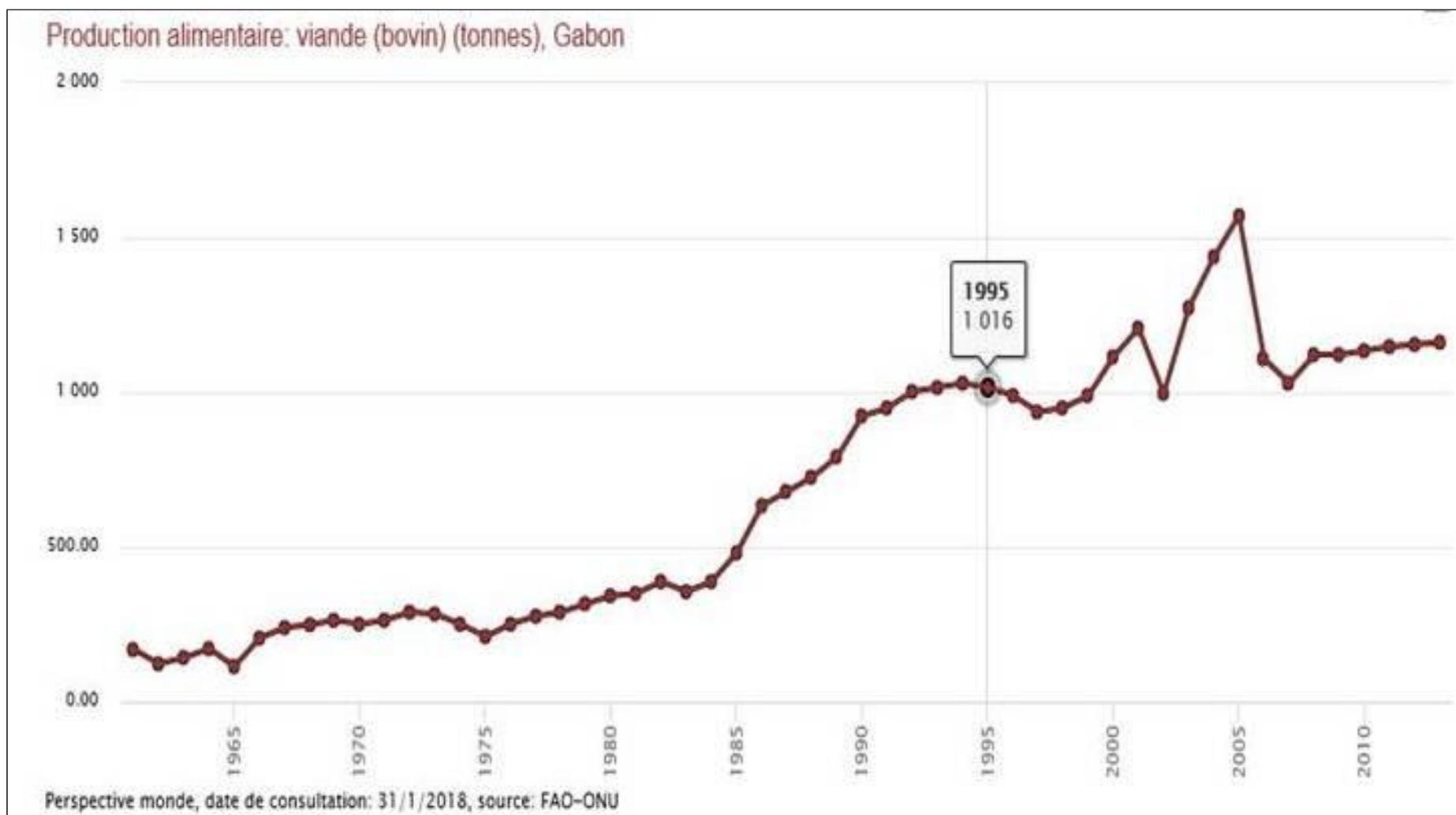


Figure 2. Evolution de la production (en tonnes) de viande bovine au Gabon entre 1965 et 2010.

<http://perspective.usherbrooke.ca/bilan/servlet/BMTendanceStatPays?codeTheme=5&codeStat=RSA.FAO.MeatCattle&codePays=GAB&optionsPeriodes=Aucune&codeTheme2=5&codeStat2=RSA.FAO.MeatCattle&codePays2=GAB&optionsDetPeriodes=avecNomP>

Selon les statistiques du ministère de l'agriculture de l'élevage et du développement rural (MAEDR) du Gabon, les importations annuelles de viande et abats comestibles représentent jusqu'à 65% de cette valeur, soit environ 200 milliards. Les données annuelles de la valeur en f CFA des importations d'animaux vivants et produits du règne animal entre 2008 et 2010 sont présentées dans le Tableau II.

Tableau II. Coûts en f CFA des importations d'animaux sur pieds et de viande au Gabon. (lait et produits d'origine animale entre 2008 et 2010 au Gabon).

Désignations	Année 2008	Année 2009	Année 2010	Variations	
				2009/2008	2010/2009
Animaux vivants	539 207 637	389 985 866	524 865 108	-27,67 %	34,59 %
Viandes et abats comestibles	48 251 899 362	44 865 479 069	55 303 881 907	-7,02	23,27 %
Poissons, crustacés, mollusques etc...	4 568 996 223	5 739 148 766	7 049 266 733	25,61 %	22,83 %
Lait et produits de laiterie, œufs, miel...	20 456 568 054	19 042 218 484	18 334 089 650	-6,91 %	-3,72 %
Autres produits d'origine animale	614 661 980	677 038 710	927 166 257	10,15 %	36,94 %
Volume total en fCFA	74 431 333 256	70 713 870 895	82 139 269 655	-4,99 %	16,16 %

Source : Ministère gabonais de l'économie, du commerce de l'industrie et du tourisme (<http://www.stat-gabon.org/documents/PDF/Donnees%20stat/IPI/Bulletin%20final.pdf>)

1.1.2. La Société d'Investissement pour l'Agriculture Tropicale (SIAT)

SIAT-Gabon est la propriété d'un homme d'affaire belge (Pierre Vandebek). Elle a été créée le 5 avril 2004, au terme d'un processus de privatisation des entités parapubliques Agrogabon, Hévégab et le Ranch de Moulengui Binza. SIAT a repris les actifs de ces trois sociétés et les a regroupés dans une seule société gabonaise, au capital de 12 milliards de francs CFA afin de bénéficier d'un maximum de synergies (<http://www.siatgabon.com/telechargements/>). Le siège social de la société SIAT-Gabon se trouve à Libreville, il regroupe les fonctions stratégiques, administratives et logistiques. Actuellement, SIAT-Gabon est considéré comme le leader de l'agro-industrie au Gabon, regroupant (Figure 3) :

- l'exploitation des cultures du palmier à huile dans la province du Moyen-Ogooué ; il s'agit de la création et de l'exploitation des plantations débouchant sur la fabrication de l'huile de palme brute, de l'huile de table raffinée, du savon de ménage et de toilette, ainsi que d'autres dérivés.
- de la culture de l'hévéa dans la province du Woleu-Ntem et à l'Estuaire, l'activité de l'hévéaculture reposant sur la transformation de l'hévéa en caoutchouc granulé.
- et de l'élevage dans la province de la Nyanga. L'activité d'élevage consiste à assurer la production et la commercialisation de la viande bovine sur le territoire national. Pour ce faire, SIAT dispose d'un Ranch : le Ranch Nyanga (RN).

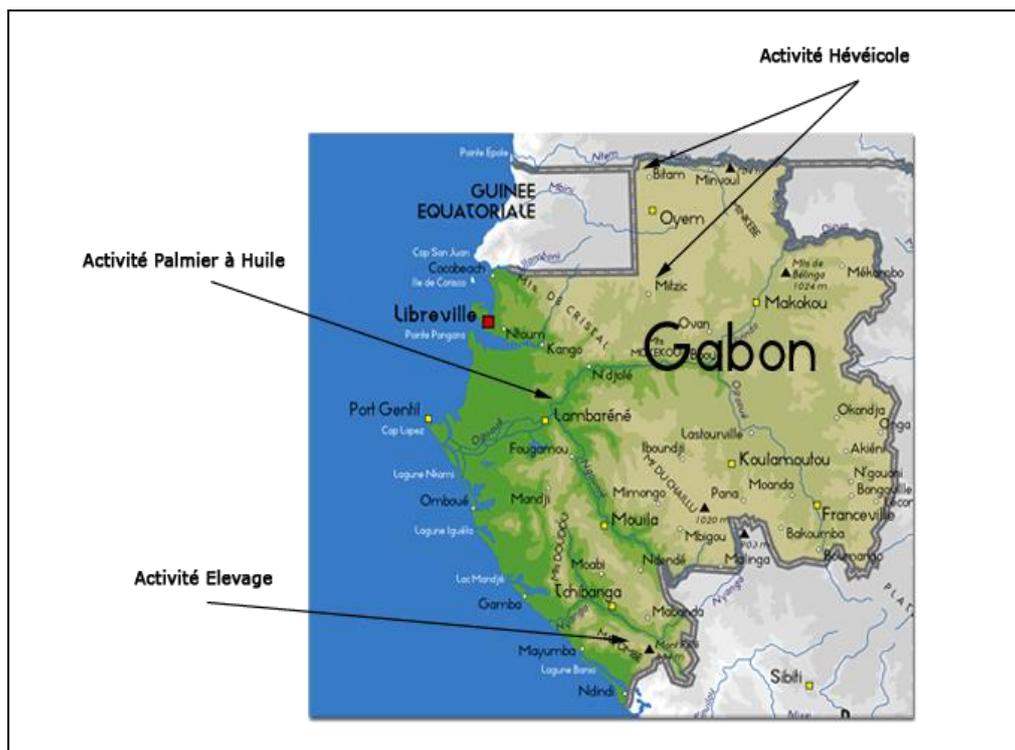


Figure 3. Localisation des activités du groupe SIAT-Gabon.

1.1.3. Le Ranch Nyanga (RN)

a). Généralités

Anciennement appelé Ranch de Moulengui-Binza, ce ranch étatique est né au début des années 80 par la volonté du gouvernement gabonais de produire de la viande bovine afin de lutter contre les importations. C'est à la faveur de la création de ce ranch que les premiers taurins N'Dama en provenance des anciens Sénégal (fédération Sénégal et Gambie) et du Zaïre, actuel République Démocratique du Congo (RDC) ont foulé le sol gabonais. Le Ranch Nyanga (RN) est situé dans la province de la Nyanga, dans le département de Moulengui-Binza (Figure 4), à environ 65 km de piste de Tchibanga (capitale provinciale). Il est placé sous la responsabilité d'un directeur assisté sur le plan technique par trois chefs de division et sur les plans administratifs et logistiques par : un responsable des services généraux, un chef du personnel, un agent comptable et deux secrétaires ; il emploie environ 120 agents (nationaux et expatriés). Le RN s'étend sur une superficie d'environ 100.000 hectares, répartis en 3 divisions autonomes : Nyanga, 30 000 ha ; Bibora, 30 000 ha et Voungou, 40 000 ha, elles-mêmes subdivisées en 3 à 4 sections (Figure 5, annexe 2). Chaque division comprend des infrastructures socioéconomiques, administratives et techniques nécessaires à son fonctionnement. La section correspond à un ensemble de parcs organisés autour d'un centre de soins (CS) au niveau duquel se déroulent toutes les activités techniques de suivi et de manipulations des animaux. Les parcs ont une superficie de 1000 ha chacun, susceptible d'abriter jusqu'à 250 têtes de bétail (soit 1 UBT/4ha). Ces parcs sont eux-mêmes répartis en parcelles au niveau desquelles est logé le bétail.

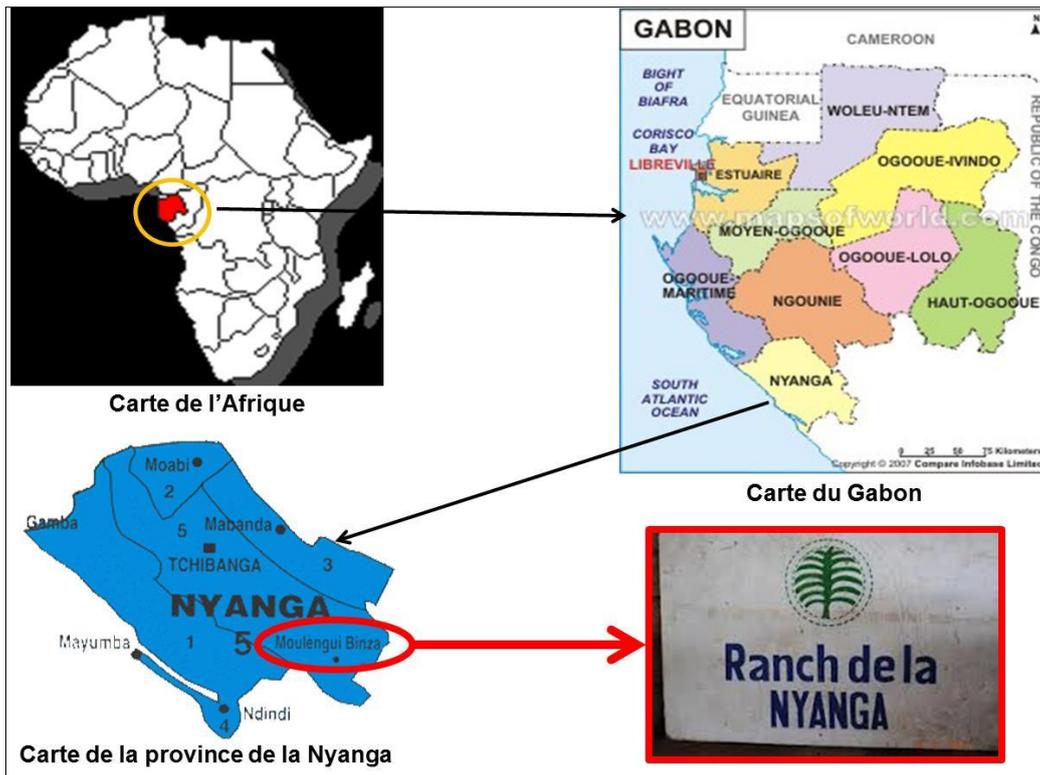


Figure 4. Localisation du Ranch Nyanga.

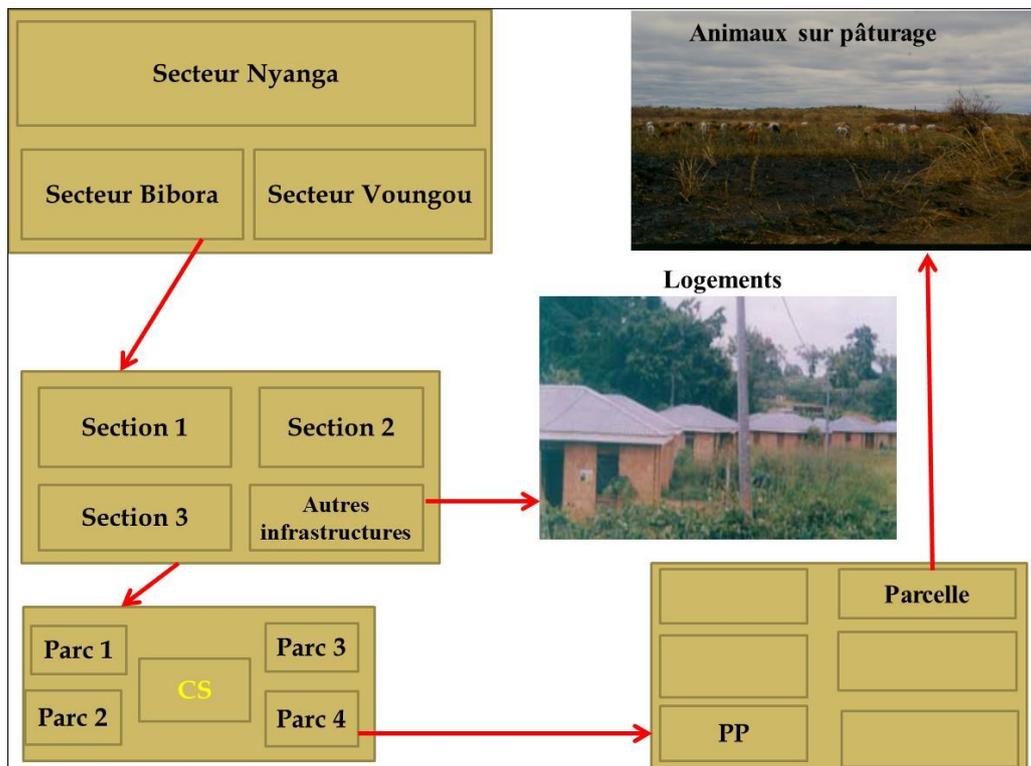


Figure 5. Organisation (schématisée) du RN (PP = Petite Pâture).

Le cheptel du RN est réparti sur les 3 divisions. Les troupeaux sont localisés sur les parcelles, ils sont nourris au pâturage naturel et reçoivent parfois des compléments du tourteau de palme, des sels minéraux sous forme de granulés et/ou de blocs à lécher.

Le bétail passe une fois par semaine au centre de soins (CS). A ce niveau, il est manipulé selon des programmes de prophylaxie sanitaire, de conduite de troupeau ou selon les circonstances.

En plus de quelques ovins (races Djallonké et Peuls), le RN exploite deux types de bovins : les zébus Goudhali (Adamaoua/Foulbé, provenant du Cameroun, trypanosensibles) et des taurins de race N'Dama, remarquables par leur trypanotolérance.

b). Conséquences des conditions climatiques sur le milieu d'élevage : les trypanosomoses

Le climat (chaud et humide) et la végétation (galeries forestières) au niveau du RN sont favorables au développement de nombreux arthropodes piqueurs, vecteurs de maladies animales. C'est le cas des glossines encore appelées mouches tsé-tsé, vecteurs et hôtes biologiques des trypanosomes, parasites sanguins responsables des Trypanosomoses Animales Africaines (TAA). Il y a également des tiques, responsables entre autres de la transmission de la piroplasmose et de l'anaplasmose.

Les TAA sont des affections parasitaires graves, transmises essentiellement par les glossines (*Glossina sp*), elles sont également appelées trypanosomiasés (appellation actuellement réservée à la maladie humaine) ou « nagana ». Ce sont des maladies parasitaires, virulentes, inoculables mais non contagieuses qui constituent de véritables fléaux en Afrique (Figure 6). Les TAA ne sont pas des zoonoses mais elles ont un impact indirect sur la santé humaine car en constituant un frein au développement des productions animales et donc à l'alimentation protéique des populations africaines, elles provoquent et accentuent la faim sur ce continent (Acapoyi-Yao *et al.*, 2016). La trypanosomose bovine typique, si tant est qu'elle puisse exister (grande diversité des parasites et des hôtes), est une maladie qui évolue sur un mode chronique où l'on observe une dégradation lente et progressive de l'état général de l'animal accompagnée d'une faible croissance. Chez les animaux sensibles, elle peut aboutir à un état de cachexie extrême et à une syncope dont l'issue sera fatale. Du point de vue de la pathogénie, le parasite a une action spoliatrice : il détourne des protéines de l'hôte pour son propre métabolisme. Le tableau clinique est très polymorphe. L'animal malade présente un appétit capricieux. Il a tendance à s'écarter du troupeau, à rechercher de l'ombre et à se tenir debout immobile, les oreilles et la queue pendantes, complètement insensible aux agressions des insectes, dont il ne cherche même plus à se débarrasser avec sa queue ; son pelage est terni (Figure 7). Il peut y avoir un peu de diarrhée au début. Puis, l'animal se déshydrate, ces yeux s'enfoncent dans les orbites. L'anémie devient à ce stade très nette car les muqueuses sont roses pâles et le sang prend un aspect aqueux. L'hyperthermie (plus de 39°C vs 38,5°C) est en dent de scie, les pics correspondant aux décharges de parasites. Au dernier stade de la maladie, on observe une faiblesse extrême : l'animal reste couché, les membres antérieurs repliés sous le corps. Enfin, l'animal devient anorexique et ne tarde pas à mourir (Magalie, 2006).

Certains taurins vivants en zones tropicales infestées de glossines ont acquis la capacité de produire et de se reproduire tout en hébergeant en leur sein des trypanosomes ; on parle de trypanotolérance. La trypanotolérance peut être définie comme une aptitude génétiquement déterminée à limiter l'ampleur

et la fréquence des parasitémies et à faire preuve d'une sensibilité réduite aux effets pathogènes des trypanosomes » (Itard, 1981).

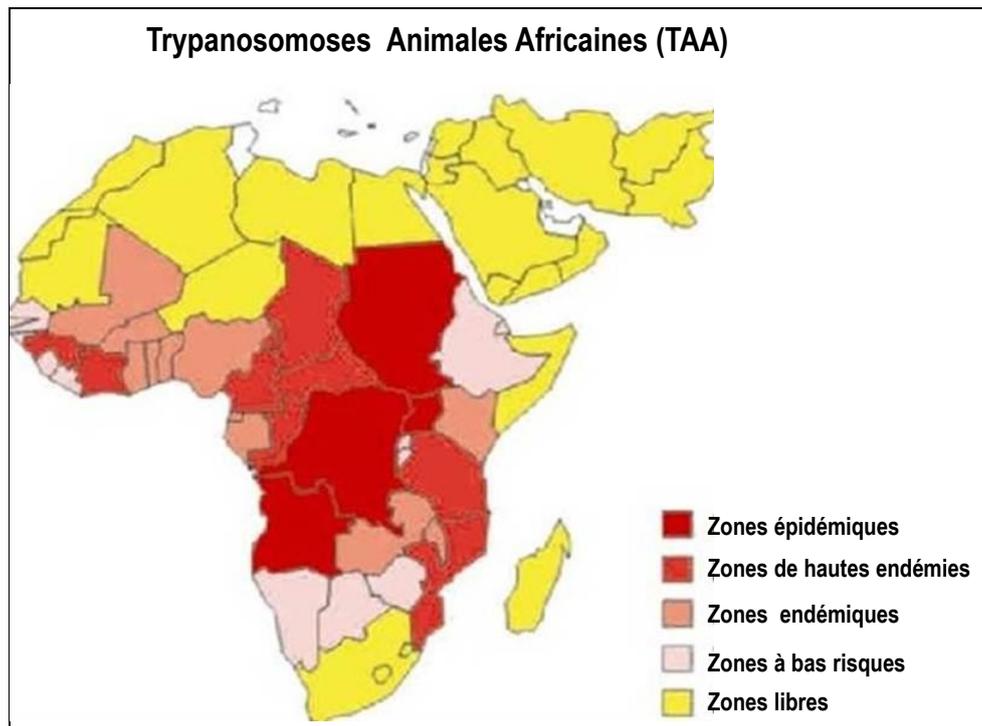


Figure 6. Répartition des Trypanosomoses Animales Africaines

Source (modifié d'après la source):

<https://www.bing.com/images/search?q=animale%20trypanosomiasis%20africana&q&qs=n&form=QBI DMH&sp=-1&pq=animale%20trypanosomiasis%20africana&sc=0-32&sk=&cvid=44A58297CFA24C2699A9D5A6C6CCB44E>

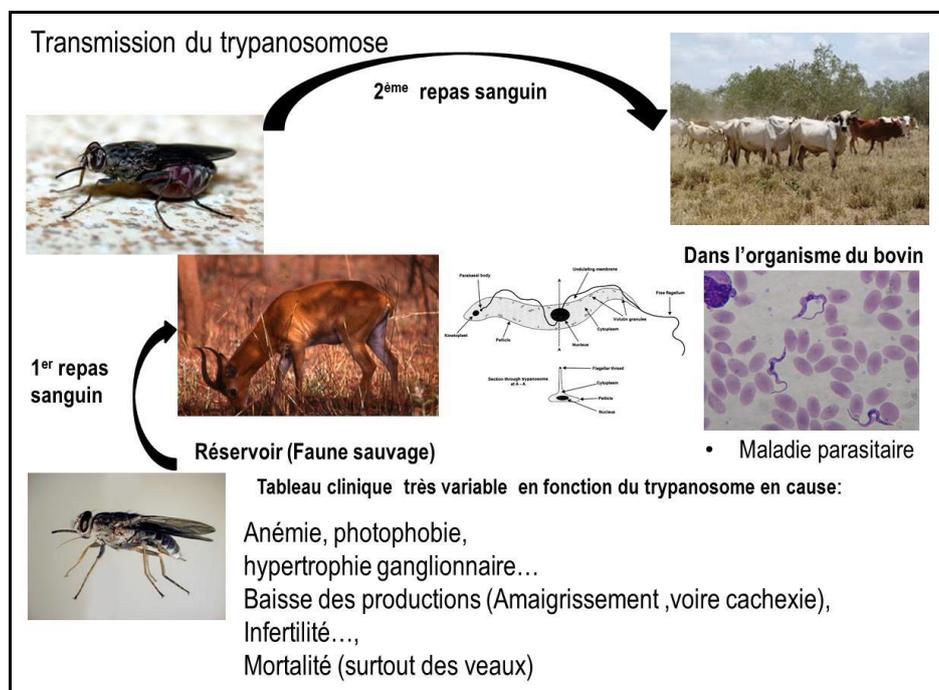


Figure 7. Mode de transmission et tableau clinique des trypanosomoses (Okouyi, 2014a).

Il ne s'agit en rien d'une solution miracle car, à ce jour, il n'a pas été prouvé que cette maladie soit inoffensive pour le bétail dit tolérant. D'ailleurs, d'un point de vue sémantique, il est inscrit dans le terme tolérance une aptitude à contrôler les effets de la trypanosomose et non à les empêcher. La spoliation sanguine demeure, et en ce sens, il ne s'agit que d'une politique économique du « mieux que rien ». Il n'existe pas de trypanotolérance absolue ; elle ne peut être que relative (Magalie, 2006). Le système immunitaire de l'animal lutte en produisant des anticorps : il n'y aura pas de manifestation clinique de la maladie et pas d'aggravation de l'état général, mais la production ne pourra jamais être optimale. En fait, il serait plus juste de parler, non pas de tolérance immunitaire mais plutôt de prémunition dynamique ou immunité relative, concept introduit par Sergent E et son équipe en 1924. Le caractère est inné mais la résistance aux trypanosomes est accrue par des infections répétées, donc en partie acquise mais aussi modulée par divers facteurs (Rowlands *et al.*, 1994 ; Randolph et Rogers, 2002). Parmi les races dites trypanotolérantes l'on compte : la race N'Dama, la race Borgou, originaire du Bénin, issue du croisement entre *Muturu* autrement appelé Dwarf Shorthorn, N'Dama et Zébu ou *White fulani* et la race des lagunes ou Lagunaire se rencontre aussi au Bénin. Cette race vit le long du système lagunaire du golfe de Guinée, d'où son nom.

La trypanotolérance est soutenue par des facteurs génétiques et immunologiques (Codja, 1981 ; Desquesnes, 1997). Selon certains auteurs, l'aptitude à acquérir la trypanotolérance n'est pas propre aux seuls bovins africains. Des races étrangères, même hautement améliorées pourraient présenter cette capacité ; la seule indication étant que l'animal vive dans un milieu présentant une pression glossinaire. En effet, les races trypanotolérantes ne développent une prémunition qu'à condition d'être élevées dans une région infestée de glossines. Ainsi, le contact de la mère avec les parasites induit une production d'anticorps qui seront transmis au veau à travers le colostrum puis par le lait. (Davitto, 2005 ; Magalie, 2006). De même des ruptures de trypanotolérance s'observent notamment lorsque l'animal présente un mauvais état général dû à une infection intercurrente, à une verminose importante, à des carences alimentaires ou à de la fatigue excessive (Ainsi, la pénurie de pâturages en fin de saison des pluies peut être un facteur prédisposant au déclenchement d'une trypanosomose (Itard, 1981). Egalement, le cas du bétail N'Dama importé des anciens Sénégal et du Zaïre au Gabon, entre 1984 et 1987, illustre tout à fait le caractère non absolu de la trypanotolérance. En effet, il s'agit de bétail débilité par plusieurs jours de voyage qui arrive au RN/ranch Ngounié. Le milieu est nouveau et la saison est celle des pluies, correspondant au plein « boum » démographique de la population de glossines et de tabanidés. La crise d'adaptation est réelle pour ces animaux. Ainsi, en 1985, une défaillance importante de la trypanotolérance a nécessité l'utilisation de trypanocides et d'antibiotiques pour enrayer la forte mortalité. Lors des importations suivantes, une couverture antitrypanosomienne drastique a été instaurée. Dès lors, une différence statistiquement significative a été observée quant au taux de mortalité (imputable à cette maladie), calculé pour chaque mois, entre les animaux arrivés en 1985, d'une part et ceux arrivés durant les deux années suivantes. C'est également

le cas pour la gestation, la parturition, l'allaitement, la lactation sont des sources de stress et peuvent infléchir cette capacité (Murray, 1987 ; Dehoux, 1990).

La trypanotolérance est à distinguer de la trypanorésistance. Les animaux trypanorésistants (réservoirs des protozoaires agents des TAA) hébergent de façon naturelle les trypanosomes, ces parasites n'ont aucune action négative dans leurs organismes (Figure 7). De tels animaux ne feront jamais de TAA ; c'est le cas de la faune sauvage ; potamochères, buffles, antilopes....

c). *Objectifs de production*

Le RN constitue la structure d'élevage bovin la plus importante du Gabon du fait de ses infrastructures, le nombre d'employés et surtout de son cheptel. En 2011, le cheptel bovin du RN était estimé à 6000 têtes dont environ 90 % de taurins de race N'Dama. Dans le cadre d'un vaste programme de développement de l'élevage au Gabon, les responsables du SIAT-Gabon/RN se sont fixés pour objectifs d'atteindre un cheptel de 20.000 têtes de bétail à l'horizon 2017. Pour ce faire, deux stratégies ont été utilisées : le recours à des importations massives d'animaux sur pied à partir de pays voisins (Cameroun et RDC) et l'amélioration de la productivité numérique des troupeaux déjà présents sur le site par amélioration de leurs performances de reproduction. Une des conséquences majeures des importations d'animaux au RN fût l'introduction sur le territoire gabonais de la Péripleurmonie Contagieuse Bovine (PPCB), maladie redoutable, réputée légalement contagieuse et pouvant compromettre les efforts de développement de l'élevage bovin dans ce pays. Les mesures gouvernementales prises pour lutter contre l'apparition de cette maladie à travers le pays ont conduit entre autres, à interdire désormais les importations de bovins vivants en provenance des pays infectés (Cameroun) ou suspectés de l'être. Pour atteindre son objectif de 20 000 têtes et contribuer à la réduction des importations de viande au Gabon, la stratégie qui s'impose désormais aux responsables du RN est l'amélioration de la productivité numérique des cheptels bovins du RN par l'amélioration des performances de reproduction des taurins N'Dama notamment par l'utilisation des techniques de reproduction assistée.

1.2. LE TAURIN N'DAMA

1.2.1. **Origine, caractéristiques morphométriques et performances zootechniques**

Le taurin N'Dama appartient à l'espèce *Bos taurus* et serait originaire du Moyen-Orient. Sa présence en Afrique aurait été observée 5000 à 2350 années avant Jésus-Christ (Coulomb, 1976 ; Pagot, 1985). Les migrations berbères du XVI^{ème} siècle auraient favorisé la constitution d'un noyau important qui se serait fixé dans les massifs montagneux du Fouta Djallon en Guinée. Selon Pagot, (1985), c'est à partir de ce noyau que la race s'est répandue dans le reste de l'Afrique (Figure 8), de l'Ouest (Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Ghana, Mali, Sénégal, et Togo) et du centre (Angola, Cameroun, Congo, Gabon et RDC). Le taurin N'Dama est un bovin rustique, de petit format, trapu et massif, aux cornes longues portées en lyre, en coupe ou parfois absentes.

Sa taille au garrot est inférieure à 120 cm. La tête est large, le chanfrein rectiligne et le front plat. La robe est uniformément fauve avec toutes les nuances possibles du clair chez la femelle au foncé chez le mâle (Figure 9).

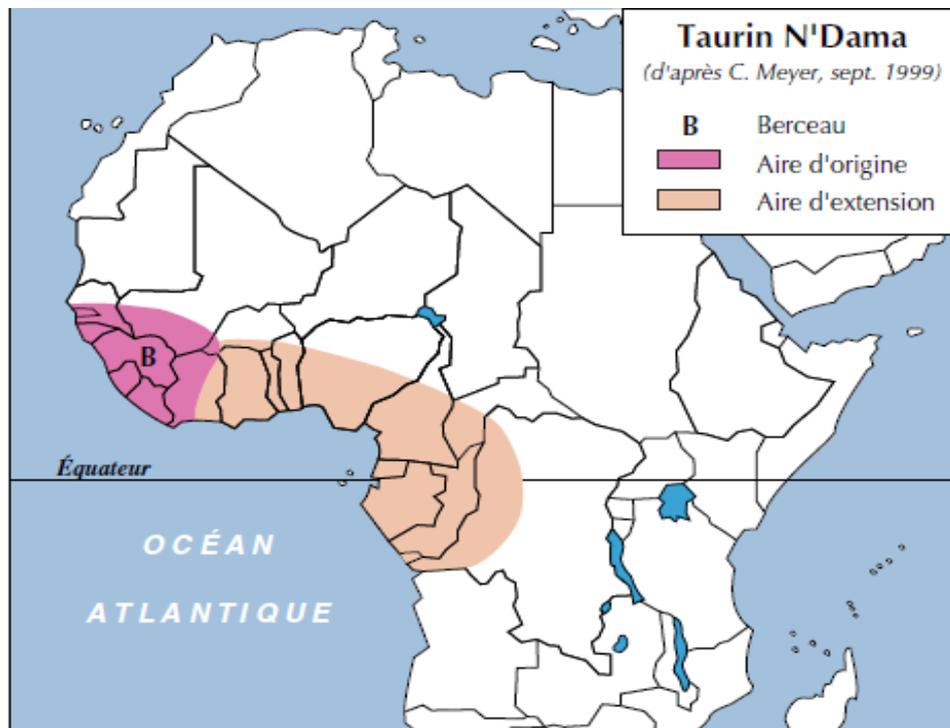


Figure 8. Berceau et aire de répartition géographique de la race N'Dama



Figure 9. Génisse, 230 kg, 3 ans (gauche) et Taureau, 400 kg, 5 ans (droite) de race N'Dama. (Cossic, 2014).

C'est une race surtout élevée pour ses qualités bouchères. Son poids à la naissance varie entre 14 et 17,7 kg : la croissance des mâles étant plus rapide que celle des femelles. Les poids des mâles à 1, 2 et 4 ans sont respectivement compris entre 120-130 kg, 200-220 kg et 270-320 kg. Le poids à l'âge adulte est de $286,7 \pm 8,3$ kg chez la femelle et de $328,6 \pm 20$ kg chez le mâle. Le rendement carcasse du taurin N'Dama est compris entre 50 et 54 %. Sa production laitière est médiocre, voire négligeable. Elle est en moyenne de 1,96 kg de lait par jour (Kamga-Waladjo *et al.*, 2005 ; Akouango *et al.*, 2010 ; Gbangboche et Alkoiret, 2011) voire de 3 litres par jour sur une lactation de 180 jours (Sauveroche et Wagner, 1993). Le N'Dama présente également une bonne aptitude à la traction.

Le bœuf N'Dama bien dressé peut être utilisé comme animal de trait en culture attelée ; il peut tirer une charge de 350 kg à la vitesse de 4 km/h. Son cuir est fin, de bonne qualité et connu sous le nom de «*vachette de Guinée*» ; il est utilisé pour la fabrication de sacoches, sacs ou chaussures (Pagot, 1985). Malgré les divers travaux effectués, en milieux traditionnels, en ferme ou en station, les caractéristiques physiopathologiques et les performances de reproduction du N'Dama sont encore mal connues (Ralambofiringa, 1978 ; Osei *et al.*, 1991; Meyer et Yesso, 1995). Pourtant, compte tenu de ses potentialités, la race N'Dama pourrait faire l'objet d'améliorations notamment grâce à l'insémination artificielle. En effet, en Afrique occidentale, le taurin N'Dama a fait l'objet de nombreux programmes d'amélioration génétique (Hoste *et al.*, 1983 ; Planchnault *et al.*, 1984 ; Pagot, 1985). En milieu villageois (élevage traditionnel), par exemple, la production laitière journalière de la N'Dama est médiocre car inférieure à 2 litres (Coulomb, 1976). Avec l'amélioration des conditions d'élevage et la sélection des vaches, cette production moyenne journalière peut atteindre les 3 litres pour des lactations de 300 jours (Ralambofiringa, 1978). La lactation la plus élevée rapportée chez des vaches N'Dama de race pure est de 1150 kg sur 300 jours de lactation. Ce résultat a été obtenu sur des animaux élevés en système ranching (Kanka *et al.*, 1996).

Selon plusieurs auteurs, l'utilisation d'animaux croisés : N'Damol (N'Dama x Holstein), N'Damont (N'Dama x Montbéliard), N'Dabrune (N'Dama x Brune des alpes) et N'Damance (N'Dama x Abondance) issus de l'insémination artificielle pourrait permettre d'améliorer ces valeurs (Kamga-Waladjo *et al.*, 2005 ; Kouamo *et al.*, 2009). Plusieurs programmes de sélection génétique de la race N'Dama axés sur l'amélioration de la production de viande ont également été mis en place en Afrique de l'Ouest, notamment dans les Centres de recherches zootechniques (CRZ) de Sotuba (Mali), Kolda (Sénégal) et au Ranch étatique de la Maroué en Côte d'Ivoire. Au Gabon, l'Office Gabonais d'Amélioration et de Production de viande (OGAPROV) a été créé en 1981 à cet effet. Très peu de résultats de ces nombreux essais ont été rapportés dans la littérature et les données existantes sont relativement anciennes. Par rapport à l'élevage en station, l'élevage en milieu villageois traditionnel, la croissance pondérale des N'Dama est plus lente et irrégulière. Les taureaux ne sont véritablement aptes à la reproduction que vers 5 ans d'âge et les femelles à 3 ans et la croissance complète n'est atteinte respectivement qu'à 6 et 7 ans (Pagot, 1985). Kamga-Waladjo *et al.* (2005) ont montré qu'avec l'utilisation de l'IA, les animaux croisés (races Abondance, Brune des alpes, Montbéliard, Holstein), qui en sont issus, ont un poids à la naissance et une croissance supérieurs aux animaux de race pure donc une amélioration de leurs performances bouchères. Plusieurs auteurs rapportent que la race N'Dama croisée avec la race Red-Poll dans les Caraïbes (île de Saint Croix) a donné naissance à la race Sénégal (Williams *et al.*, 1988; Meyer et Yesso, 1991) mais c'est un taurin surtout remarquable par sa trypanotolérance.

1.2.2. Caractéristiques de reproduction

Les caractéristiques anatomiques spécifiques du tractus génital de la femelle N'Dama n'ont pas fait l'objet d'une description détaillée. Le plus souvent, les auteurs font référence à celles décrites pour le genre *Bos taurus*. De même, les informations relatives à l'âge d'apparition de la puberté sont très générales, certains auteurs faisant référence aux premières manifestations des chaleurs (Ralambofiringa, 1978; Akouango *et al.*, 2010), d'autres (Gyawu *et al.*, 1989 ; Osei *et al.*, 1991) au moment de l'acquisition d'un certain poids corporel 60% de leur poids adulte (Tableau III) et d'autres encore au moment de mise à la reproduction des génisses. Les premières chaleurs apparaîtraient vers l'âge de 15 mois ; les génisses N'Dama seraient donc déjà pubères à cet âge. (Ralambofiringa, 1978 ; Akouango *et al.*, 2010)

Tableau III. Age et poids à la puberté chez la femelle N'Dama*

Pays	Effectifs	Méthodes	Age (jours)	Poids (kg)	Références
Ghana	8	Dosage P4	856 ± 171	176 ± 24	Gyawu <i>et al.</i> , 1989
Ghana	18	Dosage P4	781 ± 158	182 ± 14	Osei <i>et al.</i> , 1991
Côte d'Ivoire	5	Dosage P4	815 ± 104	175 ± 20	Meyer et Yesso. 1991
Côte d'Ivoire	5	Visuelle : œstrus	353 ± 73	< 200	Ralambofiringa. 1975
Congo	30	Visuelle : œstrus	461,2 ± 33	184,6 ± 21	Akouango <i>et al.</i> , 2010

*Modifié d'après Sauveroche et Wagner, 1993. Légende. P4 = progestérone

Pour d'autres auteurs, la puberté serait atteinte à 28 mois (Gyawu *et al.*, 1989 ; Meyer et Yesso, 1991) pour un poids moyen estimé à 176 kg (environ 60 % du poids adulte estimé entre 250 et 300 kg). Pour d'autres encore, la puberté apparaît entre 26 (781 ± 156 jours) et 31 mois (949 ± 79 jours) (Osei *et al.*, 1991). Une mise à la reproduction à l'âge de 27 mois (779 ± 119 jours) a été recommandée lorsque les animaux ont atteint environ 60 % de leur poids adulte (Akouango *et al.*, 2010). L'influence de la saison de la naissance sur l'âge à la puberté a été signalée par plusieurs auteurs. Les génisses nées durant la saison pluvieuse, du fait de la bonne disponibilité alimentaire, sont plus précocement pubères que celles nées en saison sèche (Gyawu *et al.*, 1989 ; Akouango *et al.*, 2010).

Les caractéristiques spécifiques du cycle sexuel de la N'Dama (dynamique folliculaire, vitesse de croissance du follicule, moment de l'ovulation) n'ont pratiquement pas été étudiées. Néanmoins, comme présenté dans le Tableau IV, la durée du cycle, mesurée par évaluation de l'interœstrus suite à une série d'observations directes et/ou de marqueurs obtenus grâce à l'utilisation d'une vache androgénisée ou d'un boute-en-train (taureau vasectomisé ou à pénis dévié) serait comprise entre 19,8 ± 1,0 (Mbaye *et al.*, 1989) à 21,6 ± 0,6 (Akouango *et al.*, 2010). Les manifestations œstrales seraient nocturnes et silencieuses (Traoré et Bako, 1984a ; Diop *et al.*, 1998). Dans le cas des chaleurs naturelles, leur durée serait comprise entre 9 et 12 heures lors d'œstrus spontané (Ralambofiringa,

1978 ; Traoré et Bako, 1984b ; Akouango *et al.*, 2010), de $12 \pm 5,4$ heures (Meyer et Yesso, 1995) ou de 11,1 heures (Diop *et al.*, 1998) après induction au moyen d'une prostaglandine F2alpha et/ou d'un progestagène (Tableau V).

Quelques études ont été consacrées à l'hormonologie de la N'Dama au cours du cycle. La concentration plasmatique en œstrogènes serait comprise entre 5-6 pg/ml en diœstrus (niveau basal) et 10,9 ng/ml en œstrus (Meyer et Yesso, 1991). Le pic préovulatoire de l'hormone lutéotrope (Luteinizing Hormone) s'observerait 5,3 heures après le début des chaleurs.

Tableau IV. Durée du cycle œstral chez la femelle N'Dama

Pays	Effectifs (n)	Durée du cycle (j)	Références
Côte d'Ivoire	12	$20,4 \pm 1,1$	Meyer et Yesso, 1989
Côte d'Ivoire	25	$21,3 \pm 2,7$	Meyer et Yesso, 1987
Côte d'Ivoire	96	$21,1 \pm 0,6$	Ralambofiringa, 1978
Mali	61	$21,4 \pm 1,5$	Traoré et Bako, 1984
Sénégal	8	$19,8 \pm 1,0$	Mbaye <i>et al.</i> , 1989
Kenya	5	$20,3 \pm 2,2$	Lorenzini <i>et al.</i> , 1987
Ghana	12	$20,6 \pm 1,0$	Gyawu <i>et al.</i> , 1991
Congo	30	$21,6 \pm 0,6$	Akouango et al, 2010

*Modifié d'après Sauveroche et Wagner, 1993

Tableau V. Durée de l'œstrus chez la femelle N'Dama*

Pays	Effectifs (n)	Durée œstrus (h)	Références
<u>Œstrus naturel</u>			
Côte d'Ivoire	24	11 h 50 \pm 1 h 30	Ralambofiringa, 1978
Mali	61	9 h 38 \pm 1 h 51	Traoré et Bako, 1984
Congo	30	10 h 34 \pm 1 h 15	Akouango et al, 2010
<u>Œstrus induit aux prostaglandines</u>			
Ghana	12	11 h 40 \pm 1 h 25	Gyawu <i>et al.</i> , 1991
Côte d'Ivoire	8	12 h 00 \pm 2 h 00	Meyer et Yesso, 1990
<u>Œstrus induit au norgestomet</u>			
Sénégal	89	11 h 15	Diop et al, 1998

*Modifié d'après Sauveroche et Wagner, 1993

En considérant J_0 comme le jour des chaleurs, la progestéronémie basale est observée entre J_0 - J_3 (moins de 1ng/ml), ensuite une augmentation jusqu'à J_8 / J_9 (1 à 1,4ng/ml) puis un plateau jusqu'à J_{17} (moyenne de $9,5 \pm 0,4$ ng/ml; avec des valeurs variant de 7 à 14 ng/ml). (Meyer et Yesso, 1989,1995). Au cours du diœstrus, sa concentration serait comprise entre 7 et 14 ng/ml (Mbaye et al., 1989), soit une valeur habituellement plus élevée que celle observée pour des races laitières habituellement élevées en Europe (Savio et al., 1990; Slama et al., 1996). Il a été observé chez les femelles zébus et chez les races européennes élevées au Nigeria, que la progestéronémie ne dépasse jamais 5 ng/ml (Adeyemo, 1987). Il est donc probable que la progestéronémie élevée en phase lutéale chez ces races

trypanotolérantes soit un caractère spécifique de ces races (Sauveroche et Wagner, 1993). La durée moyenne de la gestation chez la N'Dama est comprise selon les études entre $280,1 \pm 7,96$ jours et 288 ± 7 jours (Tableau VI).

Dans une étude réalisée par Kamga-Waladjo *et al.* (2005), la durée de gestation chez la N'Dama a été raccourcie avec l'augmentation du nombre de fœtus par gestation : 255 et 264,5 jours respectivement pour les triplés et jumeaux.

Tableau VI. Durée de gestation chez la femelle N'Dama*

Pays	Effectifs	Durée (jours)	Références
Côte d'Ivoire	30	285 ± 2	Coulomb, 1976
Côte d'Ivoire	18	288 ± 7	Ralambofiringa, 1978
Ghana	6	292 ± 5	Gyawu <i>et al.</i> , 1989
Guinée	ND	$280,1 \pm 7,9$	Kamga-Waladjo <i>et al.</i> , 2006

ND = Non déterminé. *Modifié d'après Sauveroche et Wagner, 1993

La durée de l'œstrus postpartum est sous l'influence de l'involution utérine et de la reprise de l'activité ovarienne postpartum. Chez la vache N'Dama, l'involution utérine est généralement complète, en moyenne, 30 jours après le vêlage (Meyer et Yesso, 1989 ; Djabakou *et al.*, 1991). La durée serait plus courte chez les femelles âgées de moins de 5 ans (Yesso *et al.*, 1991). De même, la reprise de l'activité ovarienne déterminée par des suivis de la concentration plasmatique en progestérone s'observerait à partir du 30^{ème} jour après le vêlage, des valeurs comprises entre 34 et 223 jours ayant été rapportées en fonction du système d'élevage et de la méthode de l'étude (Tableau VII). Les conditions d'élevage seraient de nature à influencer la durée de l'œstrus ainsi évalué (Gyawu *et al.*, 1989). L'âge de la mère et/ou le nombre de vêlage seraient sans influence sur la durée de l'œstrus postpartum chez la N'Dama (Gyawu *et al.*, 1989 ; Djabakou *et al.*, 1991 ; Osei *et al.*, 1991). Les vaches qui n'allaitent pas leur veau témoigneraient d'une reprise plus précoce de l'activité ovarienne. Les apports alimentaires, et donc indirectement la saison de vêlage, constituent les principaux facteurs d'influence de la durée de l'œstrus postpartum (Sauveroche et Wagner, 1993). Les vaches qui vêlent durant la saison pluvieuse du fait de l'abondance en fourrage durant cette période ne se retrouvent pas en déficit énergétique ; elles ont donc une reprise plus précoce de leur activité ovarienne (Gyawu *et al.*, 1989).

Les paramètres de fécondité de la femelle N'Dama sont encore mal connus. La littérature ne semble pas en accord sur l'âge au premier vêlage chez la femelle N'Dama, au regard des grandes variations entre les données ; 35 mois (Coulomb, 1976 ; Ralambofiringa, 1978 ; Pagot, 1985), parfois de 40 mois (Sokouri *et al.*, 2010) et même 48 mois (Youssao *et al.*, 2000; Kouamo *et al.*, 2009; Gbangboche et

Alkoiret, 2011). Dans une étude effectuée sur 179 femelle N'Dama, Akouango *et al.*, (2010) obtiennent un âge au premier vêlage de 1528 ± 178 jours (50.2 ± 9.1 mois).

L'âge au premier vêlage dépend d'un autre paramètre primaire de fécondité ; l'intervalle entre la naissance et la 1^{ère} insémination (saillie) ou entre naissance et la saillie fécondante (NIF). Le NIF chez la femelle N'Dama est également très variable (27-39 mois). En effet, d'après la littérature, une génisse N'Dama a un âge compris entre 36 mois (3ans) et 48 mois (4 ans), lorsqu'elle vèle pour la première fois ; ce qui signifie qu'elle a été saillie entre 27 et 39 mois d'âge.

L'intervalle entre vêlage chez la N'Dama est de 398 ± 36 jours (Kamga-Waladjo *et al.*, 2006), 413, 4 jours (Youssao *et al.*, 2000) ; $456, 2 \pm 12$ jrs (Akouango *et al.*, 2010) et de 422, 4 jours (Gbangboche, *et al.*, 2011).

Tableau VII. Reprise post-partum du cycle sexuel chez la femelle N'Dama*

Pays	Effectifs	Méthodes	Délai moyen (jours)	Références
Gambie	203		141	
Gambie	24	Dosage de la P4	60	Gyawu, 1988
Ghana	62		77	
Guinée	42	Visuelle (1 ^{er} œstrus)	$113,3 \pm 16,5$	Kamga-Waladjo <i>et al.</i> 2006
Congo	-	Visuelle (1 ^{er} œstrus)	$165,1 \pm 15$	Akouango <i>et al.</i> 2010
Togo	35	Dosage de la P4	34	
		Visuelle (1 ^{er} œstrus)	44	Djabakou <i>et al.</i> , 1991
		Palpation transrectale des ovaires	60	
Côte d'Ivoire	96	Visuelle (1 ^{er} œstrus)	72,9	Ralambofiringa, 1978
Côte-d'Ivoire	13	Dosage de la P4	88 ± 51	
		Visuelle (1 ^{er} oestrus)	121 ± 81	Yesso <i>et al.</i> , 1991
		Visuelle (2 ^{ème} oestrus)	223 ± 72	

*Modifié d'après Sauveroche et Wagner, 1993

Selon Kamga-Waladjo *et al.* (2006), l'intervalle vêlage et insémination fécondante est de $136 \pm 39,5$ jours. Akouango *et al.* (2010) ont observé en milieux traditionnels, en utilisant la saillie naturelle, que cet intervalle entre vêlage et IA fécondante est de $165,1 \pm 15$ jours (n = 30). Peu d'études ont été réalisées chez la N'Dama pour la détermination des paramètres de fécondité secondaires. Ralambofiringa (1978) a observé que l'intervalle entre le vêlage et le premier œstrus chez la vache N'Dama est de 72,9 jours (n = 96). Des auteurs ont étudié chez la femelle N'Dama, l'intervalle séparant le vêlage de l'IA fécondante (sans tenir compte des IA effectuées mais aux résultats négatifs). D'après Kamga-Waladjo *et al.* (2006), l'intervalle entre le vêlage et la première IA (période d'attente) est de $113,3 \pm 16.5$ jours (n = 28).

1.3. GENERALITES SUR LE CYCLE ŒSTRAL DE LA VACHE

1.3.1. Croissance folliculaire au cours du cycle œstral.

En coupe sagittale, l'ovaire présente des structures spécifiques qui correspondent à l'évolution du follicule depuis son stade de follicule primordial de diamètre 0,04 mm jusqu'au follicule mûr préovulatoire mesurant 20 à 25 mm de diamètre (Figure 10).

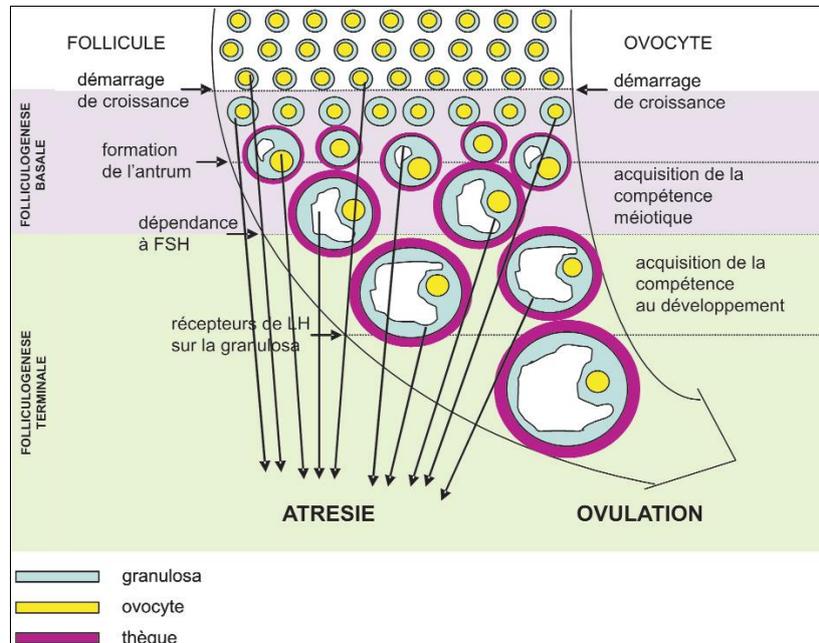


Figure 10. Folliculogénèse.
(Source : Monniaux *et al.*, 2009)

Les follicules primaires (0,06 à 0,12 mm), secondaires (0,12 à 0,20 mm), tertiaires (0,30 mm à 2 mm) et préovulatoire sont les différentes étapes du développement folliculaire. Des études échographiques permettent d'établir que la croissance folliculaire s'effectue sous forme de vagues. Chez la vache, un cycle ne comporte habituellement que deux ou trois vagues (avec des extrêmes de un à quatre), le follicule ovulatoire étant issu de la dernière vague. Lorsque trois vagues sont observées, elles débutent en général aux 2^{ème}, 9^{ème} et 16^{ème} jours du cycle. Dans le cas de deux vagues observées, elles apparaissent aux 2^{ème} et 11^{ème} jours du cycle (Ginter *et al.*, 1989 ; Driancourt, 1991 ; Monniaux *et al.*, 2009). Dans tous les cas, le follicule préovulatoire est issu de la dernière vague. Trois étapes (recrutement, sélection et dominance) caractérisent la croissance et l'évolution du follicule (Figure 11). Suite à une augmentation transitoire de FSH, un groupe de follicules gonadodépendants (2 mm < diamètre < 3 mm) apparaissent sur l'ovaire et entament sa croissance ; c'est le recrutement.

Un ou des follicules sont ensuite sélectionnés dans cette « cohorte » pour continuer à croître ; la baisse de la FSH (en dessous du taux ayant permis le recrutement) provoque la régression et l'atrésie des autres follicules recrutés ; c'est la sélection. La dominance fait suite à la sélection. Elle correspond au blocage du recrutement et à la croissance rapide en volume du follicule ovulatoire (Drion *et al.*, 1996 ; Monniaux *et al.*, 2009). La dominance est morphologique et fonctionnelle : elle est qualifiée de

morphologique, parce qu'elle est exercée par le plus gros follicule présent sur l'un des ovaires, et de fonctionnelle, parce que le follicule dominant est le seul qui soit capable de provoquer la régression ou d'inhiber les autres follicules en croissance (Lavoir et Fortune, 1990 ; Ko *et al.*, 1991). En pratique, les follicules préovulatoires sont bien visibles par échographie et à la palpation ils sont lisses, fluctuants et leur caractère dépressible s'accroît au moment de l'œstrus.

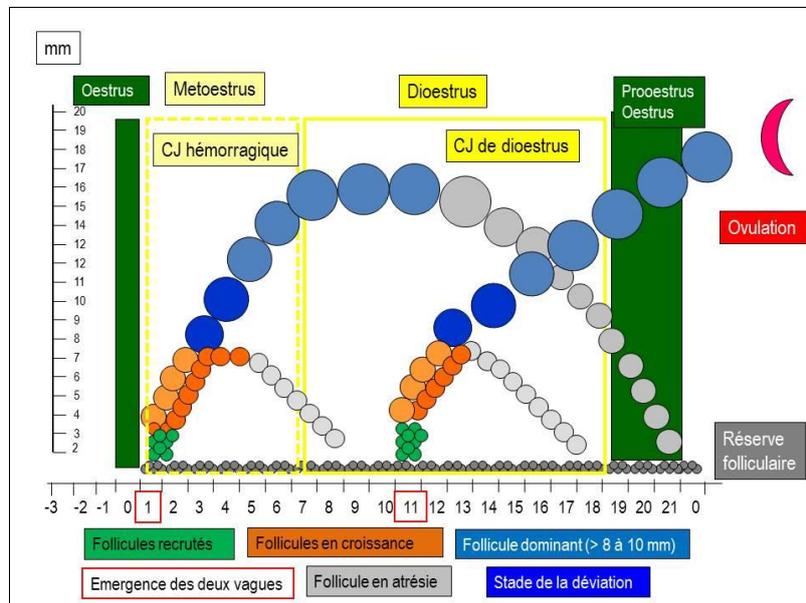


Figure 11. Dynamique de vagues de croissance folliculaire au cours du cycle œstral.

(Source : <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/31144/1/Nantes%202008%20GTV%20seminaire%20Pfeizer%20progestagenes.pdf>)

A son stade ultime de développement, le follicule se rompt et libère son ovocyte au cours de l'ovulation et se transforme en corps jaune. En effet, à partir du 3^{ème} voire 4^{ème} jour du cycle à partir du début des chaleurs noté J₀, il est déjà possible de mettre en évidence une structure légèrement saillante en surface de l'ovaire, de taille plus ou moins réduite (< 2 cm) et souple à la palpation ; c'est le corps jaune hémorragique (CJ1). Le corps jaune atteint son diamètre maximal vers le 7^{ème} ou 8^{ème} jour du cycle. Le corps jaune de dioestrus (CJ2) n'est réellement palpable qu'entre le 6^{ème} et le 18^{ème} jour suivant l'œstrus ou pendant la gestation. Sa consistance est semblable à celle d'un foie normal.

Son diamètre est de 2 à 3 cm. Il est également possible de palper des structures dures de la taille d'une tête d'épingle appelée *corpus albicans* correspondant à d'anciens corps jaunes en régression ou involués (CJ3) et donc non fonctionnels (Barone, 2001 ; Noakes *et al.*, 2001).

Les principales anomalies des ovaires consistent en une inactivité ovarienne et en des kystes ovariens. Le kyste ovarien est défini comme la présence d'un follicule anovulatoire de diamètre > à 2,5 cm et persistant au minimum 10 jours en absence d'un corps jaune (Garverick, 1997). L'étiopathogénie du kyste ovarien implique de prendre en considération les altérations hormonales du complexe hypothalamo-hypophysaire et le dysfonctionnement de la paroi folliculaire mais également divers facteurs responsables propres à l'animal et à son environnement. La fréquence de cette affection chez les vaches en exploitation laitières est comprise entre 7 et 15 % (Hanzen *et al.*, 2007). Chez les zébus

cette fréquence à l'examen post-mortem des ovaires serait de 1,6 à 7,5 % (Azawi *et al.*, 2008 ; Olaniyi *et al.*, 2009 ; Simenew *et al.*, 2011).

1.3.2. Régulation du cycle œstral

L'initiateur et le régulateur fondamental de la fonction reproductrice chez la vache est la GnRH ou gonadolibérine. La régulation du cycle œstral est résumée dans la figure 12 ci-dessous.

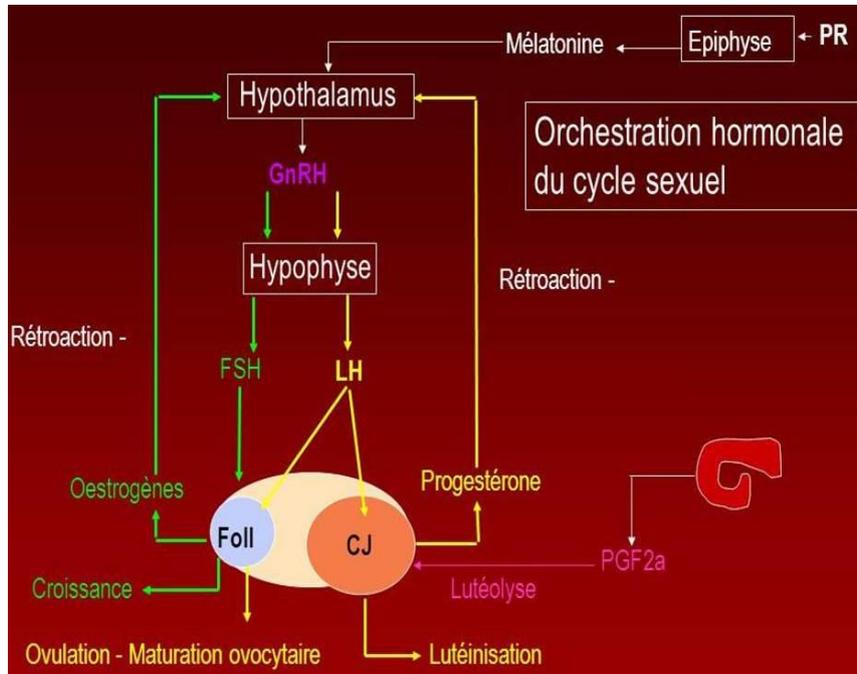


Figure 12. Récapitulatif du contrôle hormonal du cycle ovarien.

(Source : <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/31144/1/Nantes%202008%20GTV%20seminaire%20Pfeizer%20progestagenes.pdf>).

La GnRH est un décapeptide synthétisé et libéré sous forme de décharges (pulses) ou de manière épisodique par les neurones de l'hypothalamus (Thibault *et al.*, 1979). Elle se lie aux récepteurs spécifiques situés sur les cellules gonadotropes de l'antéhypophyse, ce qui provoque la synthèse et la libération des gonadotrophines, FSH et LH. La sécrétion de GnRH est très liée à celle de la LH. Chaque décharge de GnRH provoque la décharge de LH par l'antéhypophyse. Les rapports entre la sécrétion de GnRH et de FSH sont moins évidents. Les principaux facteurs internes qui régulent la sécrétion de GnRH sont les hormones stéroïdes ovariennes ; progestérone et œstradiol.

La progestérone agit sur les neurones de la GnRH pour diminuer la sécrétion de LH en abaissant la fréquence des décharges de GnRH (Vaissaire, 1977 ; Kinder *et al.*, 1996). Les effets de l'œstradiol dépendent de la dose administrée et de la présence ou non de progestérone durant la phase lutéale.

Lors de la phase lutéale où les concentrations de progestérone sont élevées, l'œstradiol agit en synergie avec la progestérone pour diminuer la sécrétion de GnRH ; il y a rétroaction négative sur la GnRH.

En phase folliculaire, en absence de progestérone et en présence de forte concentration de GnRH, l'œstradiol sécrété par le follicule pré-ovulatoire a une rétroaction positive sur la sécrétion de GnRH responsable du pic de LH (Peters, 1985).

Les principaux facteurs externes qui affectent la sécrétion de GnRH sont : le statut nutritionnel de l'animal, le stimulus d'allaitement chez la vache allaitante et les phéromones du mâle. Le mécanisme par lequel l'alimentation agit sur la sécrétion de GnRH n'est pas bien éclairci (Monget *et al.*, 2004). Le stimulus d'allaitement provient de la production d'opioïdes chez les vaches allaitantes. Ces substances inhibent la sécrétion de GnRH. Les phéromones du mâle interviennent également pour provoquer la libération de la gonadolibérine (Signoret, 1980). La LH (à un taux basal) agit en synergie avec la FSH (à un taux plus élevé) dans la croissance folliculaire. Elle stimule la maturation finale du follicule dominant et assure également la viabilité (reprise de la méiose) de l'ovocyte. Elle provoque l'ovulation et la stimulation de la sécrétion de progestérone par le corps jaune (Watson *et al.*, 1993). La libération différentielle de LH et de FSH par la même cellule gonadotrope requiert des mécanismes de contrôle intercellulaires différents à l'intérieur de la cellule. Les gonadotrophines synthétisées sont stockées dans des granules sécrétoires à l'intérieur du cytoplasme et sont excrétées par action différentielle par exocytose. Le stockage de LH se prolonge durant le cycle œstral mais celui de FSH est de courte durée. La LH est sécrétée de façon pulsatile (Kinder *et al.*, 1996). La fréquence des décharges de LH est régulée par : la sécrétion de progestérone durant la phase lutéale, le déficit énergétique de la vache en postpartum et par le stimulus de l'allaitement du veau. La sécrétion de FSH se produit également par pics mais de façon moins marquée. Elle est régulée par la sécrétion d'œstradiol et d'inhibine sécrétées par le follicule. L'inhibine est une hormone qui supprime de façon sélective la libération de FSH par l'antéhypophyse sans affecter la sécrétion de LH. L'activine est un peptide apparenté qui agit à l'inverse de l'inhibine ; elle stimule la synthèse de FSH. La prolactine est produite par la post-hypophyse ; son rôle est, semble-t-il, peu déterminant chez la vache.

1.4. GESTION HORMONALE DE LA REPRODUCTION BOVINE

Le contrôle de la durée du cycle, voire l'induction des chaleurs, s'appuie sur deux principes : le contrôle de la croissance folliculaire d'une part et celui de l'activité lutéale d'autre part. Ces principes sont applicables dans deux contextes : le premier contexte vise à traiter une pathologie à savoir l'anœstrus pubertaire et/ou du postpartum, situations qui s'accompagnent d'une absence de cyclicité des animaux. Le second a pour but de remédier à une insuffisance ou une absence de la détection des chaleurs et de recourir à des inséminations systématiques ; il concerne donc prioritairement des animaux cyclés.

1.4.1. Nature des hormones impliquées dans la gestion hormonale du cycle sexuel

Diverses hormones, utilisées seules ou en association, permettent d'induire ou de synchroniser les chaleurs voire les ovulations et de rendre possible une insémination systématique ou non. La prostaglandine F2alpha (PGF2 α) est surtout utilisée chez des animaux cyclés du fait de sa propriété

lutéolytique. Les progestagènes par le rétrocontrôle négatif qu'ils exercent sur le complexe hypothalamo-hypophysaire empêchant la sécrétion de GnRH ont la propriété de bloquer un développement folliculaire et d'en stimuler le développement à la fin du traitement. Ils s'appliquent surtout chez les animaux non cyclés. Ils sont souvent utilisés en association avec l'eCG, hormone qui a la propriété de stimuler le développement folliculaire.

La GnRH est une hormone hypothalamique libérée de façon pulsatile dont le rythme des pulses influence la sécrétion et la libération hypophysaire des gonadostimulines FSH et LH. Les fréquences de pulses faibles (environ une toute les 3 à 4 heures) induisent plus la libération de FSH favorable à la croissance et au début de maturation folliculaire. A des fréquences plus élevées- environ un pulse toute les heures- correspond plutôt une libération de LH favorable à une maturation finale du follicule et à l'ovulation. La GnRH est utilisée en complément d'un traitement à base de la PGF2 α ou de progestagène.

a). *Les progestagènes*

Le terme progestagène désigne une série de stéroïdes dotés de certaines propriétés de la progestérone naturelle. La progestérone est naturellement produite par le corps jaune mais aussi par les testicules, les surrénales et le placenta dans certaines espèces. Les progestagènes sont, soit naturelle (progestérone), soit d'une structure modifiée (analogue) de la progestérone ou identique à la 17-hydroxyprogestérone. Les progestagènes utilisés chez les bovins sont : la progestérone, le norgestomet et l'acétate de mélangestrol. L'utilisation de ces composés chez les bovins permet de reproduire les effets d'un corps jaune naturel. Ils inhibent donc les manifestations œstrales liées à un développement folliculaire durant la période d'administration (Kinder *et al.*, 1996). Les progestagènes interviennent également dans le traitement de certains troubles fonctionnels ; le schéma thérapeutique suivi dépend du but recherché (Derivaux et Ectors, 1989). Parmi les spécialités enregistrées, on retrouve différentes formes galéniques permettant une administration per os ou par placement : sous cutané (implant auriculaire) et voie vaginale (spirale, delta, forme de « T ») à libération lente et prolongée du produit. Bien que le mélangestrol (acétate de mélangestrol/MGA) ne soit pas utilisée chez la vache en Europe (encore moins en Afrique), nous allons quand même présenter les effets de ce progestagène. En effet, nombreux protocoles résultent d'une substitution du MGA par la progestérone.

- *Mécanisme d'action et modalités d'utilisation des progestagènes*

La progestérone est synthétisée à partir du cholestérol (figures 13 et 14) sous l'effet de l'hormone lutéinisante (LH). Cette hormone peut ensuite être convertie en testostérone puis en œstradiol par les cellules de la thèque du follicule ovarien. La progestérone agit en bloquant la sécrétion hypophysaire de LH (Kinder *et al.*, 1996). C'est cette capacité à bloquer momentanément le cycle sexuel qui est mise à profit dans les traitements utilisant les progestagènes (MGA, implants auriculaires de norgestomet, dispositifs intravaginaux de progestérone) pour induire ou synchroniser des chaleurs chez la vache.

Une fois mis en place, les dispositifs imprégnés de progestagènes libèrent la progestérone – analogue - à des concentrations physiologiques. Il y a inhibition de la production hypothalamique de GnRH ; l'activité ovarienne se trouve de ce fait ralentie (Derivaux et Ectors, 1989).

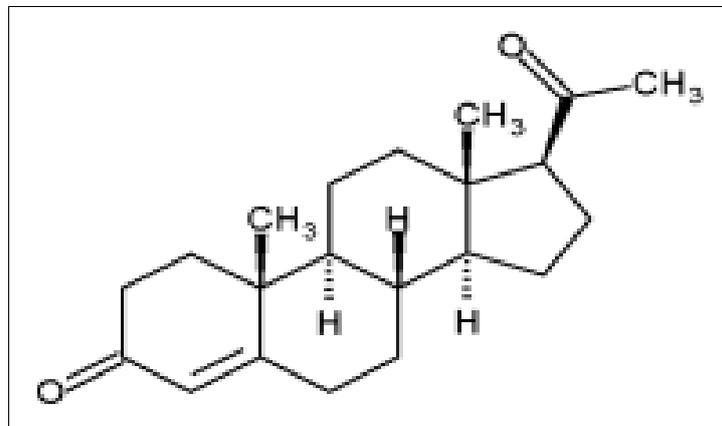


Figure 13. Formule chimique de la progestérone.

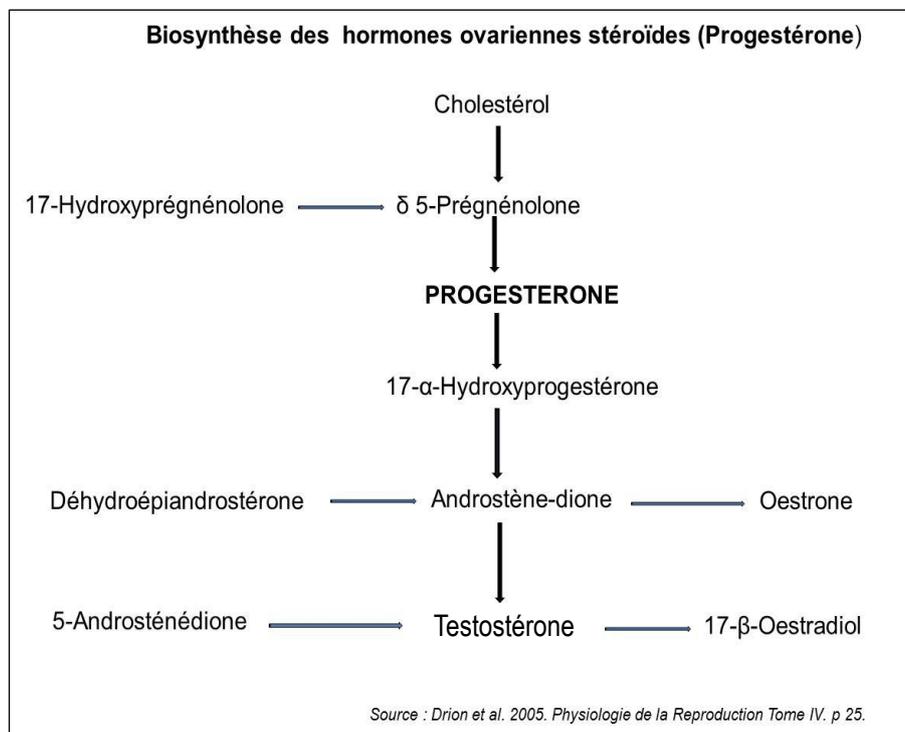


Figure 14. Schéma de la synthèse ovarienne de progestérone.

Au moment du retrait de ces dispositifs, la concentration en progestérone dans le sang chute. L'hypothalamus de la vache secrète à nouveau suffisamment de GnRH pour permettre à un gros follicule de poursuivre sa croissance et d'ovuler (Adams *et al.*, 1992).

- ***Les indications des progestagènes***

Les progestagènes favorisent l'apparition de la puberté chez les génisses prépubères.

L'âge de la puberté est communément défini comme l'âge à partir duquel la génisse présente de manière régulière des signes visibles de chaleurs. Les génisses viandeuses des zones tropicales (*Bos*

indicus) ont une puberté plus tardive comparée à celles des pays tempérés (*Bos taurus*) cette puberté est dans une grande mesure liée au poids corporel par rapport à la maturité sexuelle (Dobson et Kamonpatana, 1986 ; Pineda, 2003).

Chez les bovins il existe plusieurs modalités pour évaluer la puberté. Le dosage de progestérone sanguine, deux prélèvements réalisés à intervalle de 10 jours, permet d'évaluer la puberté chez les génisses. Si la progestéronémie des deux prélèvements est inférieure à 1ng/mL, (concentration de progestérone) < 1ng/ml), la génisse est dite impubère. Si un des deux dosages a une progestéronémie supérieure à 1ng/mL ([P4] > 1ng/mL) alors la génisse est dite pubère (Gonzalez-Padilla *et al.*, 1975; Day *et al.*, 1987; Perry, 2012) .

La puberté peut également être déterminée chez la génisse viandeuse en tenant compte de la notation de l'état de développement de son tractus génital. Il s'agit d'attribuer un score sur une échelle de 1 à 5 (la note 1 = génisse immature et la note 5 = génisse cyclée en phase lutéale) : C'est le Reproductive Tract Scoring (RTS). Le RTS est évalué à l'approche de la mise à la reproduction des génisses, il s'agit d'un examen par exploration rectale, assez subjectif, qui par une appréciation du diamètre et de la tonicité des cornes utérines, associé à la mise en évidence ou non de structures ovariennes, permet une notation des génisses (Anderson *et al.*, 1991 ; Rosenkrans et Hardin, 2003). Les génisses sont dites impubères (immatures) indépendamment de leur âge lorsqu'elles ont un RTS inférieur ou égal à 3 ($RTS \leq 3$). Le retard pubertaire chez les génisses de 15 à 20 mois d'âge peut être consécutif à une mauvaise alimentation. Elles sont dites pubères (matures) lorsque le RTS est supérieur ou égal à 3 ($RTS > 3$) (Rosenkrans et Hardin, 2003 ; Holm *et al.*, 2009). La méthode d'évaluation du statut de puberté par le RTS a une sensibilité qui peut aller jusqu'à 83 % et une spécificité de 68 % (Favetto *et al.*, 2010). En plus de renseigner sur le statut pubertaire des génisses à l'entrée de la saison de reproduction, le RTS est aussi utilisé comme indicateur pour évaluer les besoins nutritionnels des génisses à l'approche de la saison de reproduction (Anderson *et al.*, 1991). Il peut également être utilisé comme outil pour la sélection des génisses (Pence *et al.*, 2007). Les génisses qui ont un poids faible (en rapport avec le poids moyen à l'âge adulte de la race) ont une puberté tardive. Le moment de la puberté dépend aussi bien de la croissance que du poids des génisses L'idée de se baser seulement sur le poids corporel (dans certains cas 65 % du poids adulte) n'est pas systématiquement correcte car les critères de croissance et de poids diffèrent beaucoup d'un troupeau à l'autre, et entre races laitières et races viandeuses (Hall *et al.*, 1997 ; Freetly et Cundiff, 1998 ; Grings *et al.*, 1998) .

Le facteur clé responsable de la mise en place de la puberté est une augmentation de la libération de LH par l'hypophyse antérieure en réponse à une sécrétion hypothalamique de GnRH (Day *et al.*, 1987). Chez la génisse impubère, les fonctions individuelles de la glande pituitaire, de l'hypothalamus et de l'ovaire sont toutes établies. Les petits follicules qui ont débuté leur croissance secrètent de l'œstradiol qui exerce un rétrocontrôle négatif sur la sécrétion hypothalamique de GnRH.

A l'approche de la puberté, la suppression du rétrocontrôle négatif des œstrogènes sur la GnRH conduit à l'augmentation de la sécrétion de la LH responsable de la croissance finale des follicules et

de la production d'œstrogènes responsables de l'apparition du comportement des chaleurs qui marque l'avènement de la puberté. Les progestagènes exogènes ont donc la capacité de hâter la puberté des génisses prépubères (Imwalle *et al.*, 1998). L'effet inducteur de la puberté des progestagènes chez les génisses prépubères a par la suite été confirmé par de nombreuses études (Colazo *et al.*, 2003 ; Wood-Follis *et al.*, 2004). En effet, chez la génisse à l'approche de la puberté, l'administration de progestagènes exogènes induit une réduction de l'expression des récepteurs hypothalamiques de l'œstradiol diminuant ainsi l'effet du rétrocontrôle négatif de l'œstradiol sur la sécrétion hypothalamique de GnRH (Day *et al.*, 1987 ; Day et Anderson, 1998).

Les progestagènes permettent la gestion du cycle sexuel :

A partir de la puberté, l'activité sexuelle de la femelle devient cyclique, permanente, et ne s'interrompt qu'à la ménopause (espèce humaine) -la gestation ou la réforme chez les bovins (Roche *et al.*, 1999 ; Roche, 2004). La palpation transrectale manque d'exactitude pour affirmer qu'une vache est cyclée ou non. Dès lors, le recours à la mesure de la concentration en progestérone est beaucoup plus fiable (Kastelic *et al.*, 1999). Une femelle bovine est considérée comme cyclée si la progestéronémie de 2 prélèvements obtenus à 10 jours d'intervalle est supérieure ou égale à 0,5ng/mL chez la génisse et supérieure ou égale à 1ng/mL chez la vache sur au moins un des prélèvements (Perry *et al.*, 1991; Pulley *et al.*, 2013).

Les progestagènes permettent de traiter l'anœstrus pathologique :

L'anœstrus est un syndrome dont la caractéristique principale est l'absence de manifestation de chaleurs. Il faut distinguer l'anœstrus de détection (les chaleurs ne sont pas vues par l'éleveur) de l'anœstrus vrai, d'abord physiologique (anœstrus prépubertaire, anœstrus de gestation ou anœstrus du postpartum) qui, lorsqu'il se prolonge trop et compromet les objectifs de production devient un anœstrus pathologique. On parle d'anœstrus vrai si aucune activité ovarienne n'a été mise en évidence par palpation transrectale ou échographie, c'est-à-dire qu'aucun corps jaune fonctionnel de plus de 2 cm n'a été observé, la femelle est dite non cyclée (Hanzen, 2005).

L'anœstrus pubertaire et l'anœstrus du postpartum contribuent en grande partie à l'infécondité (augmentation de la durée nécessaire pour avoir un veau) des troupeaux allaitants ; en début de saison de reproduction le pourcentage de femelles non cyclées peut atteindre les 60%. La principale anomalie de la fonction ovarienne chez la vache allaitante est l'allongement de l'anœstrus du postpartum ; l'anœstrus postpartum est physiologique. Il devient pathologique lorsqu'il se prolonge de sorte à compromettre les objectifs de l'éleveur d'avoir un veau par an pour chacune des vaches de son troupeau. La durée physiologique de l'anœstrus post-partum, qui se détermine par la mesure de la progestérone dans le sang ou le lait, est comprise entre 30 et 120 jours (Hanzen et Laurent, 1991; Stevenson *et al.*, 1996, 2000).

Les vaches en postpartum ont une déficience en pulses de LH, ne leur permettant pas de supporter un développement folliculaire final et l'ovulation (Yavas et Wallon, 2000). A la suite d'un traitement à

base de progestagènes, on observe une augmentation de la fréquence de pulses de LH conduisant ainsi à l'ovulation (Rhodes *et al.*, 2002). Chez des vaches allaitantes de races Hereford et Angus, l'inclusion d'un implant sous cutané de norgestomet entre l'injection de GnRH (début du traitement de 7 jours) et l'injection de PgF2 α (fin de traitement), améliore la proportion des vaches en œstrus (Stevenson *et al.*, 2000).

Le traitement de l'anoœstrus postpartum chez les primipares et les vaches de races à viande avec le Controlled Internal Drug Releasing device (CIDR, 1,38 g de progestérone) associé à la PGF2 α (CIDR-PG) approximativement 40 jours après vêlage fournit une approche pour l'augmentation du pourcentage de redémarrage des cycles des femelles en début de la saison de reproduction (Wheaton et Lamb, 2007). Chez les zébus Nelore inséminées après œstrus induit au moyen de norgestomet, une administration d'eCG à la fin du traitement améliore l'expression des chaleurs et les taux de gestation chez les vaches en postpartum (Sà Filho *et al.*, 2010a, 2010d).

Les progestagènes favorisent le maintien de la gestation:

Il est bien établi que la progestérone est indispensable à l'établissement et au maintien de la gestation. La progestérone sécrétée par le corps jaune des bovins joue un rôle crucial dans le maintien de la gestation et le développement embryonnaire (Cushman *et al.*, 2007; Atkins *et al.*, 2013), de même, les concentrations sanguines de progestérone peuvent être augmentées en utilisant la progestérone exogène (Mann et Lamming, 1999 ; Spencer et Bazer, 2002). Les concentrations élevées de progestérone après les saillies (montes naturelles ou inséminations artificielles) améliorent le taux de conception des animaux. Des auteurs rapportent que la présence de grands follicules ovulatoires au moment de l'insémination aboutissent à la formation de grands corps jaunes et par conséquent à une production importante de progestérone indispensable à l'établissement et au maintien de la gestation (Cerri *et al.*, 2009). Le mécanisme par lequel la progestérone exogène influence la fertilité des animaux n'est pas encore bien élucidé et, les effets positifs de la progestérone exogènes chez la vache seraient beaucoup plus remarquables chez les femelles en anoœstrus vrai : en absence d'un corps jaune (Bisonotto *et al.*, 2015).

b). La prostaglandine F2 α (PGF2 α) et ses analogues

Historiquement, la gestion de la durée de vie du corps jaune par administration de PGF2 α est le point de départ de la gestion hormonale de la reproduction chez les bovins. La plupart des traitements actuels de synchronisation des chaleurs et/ou de l'ovulation associent utilisation d'un agent lutéolytique (prostaglandines F2 α ou analogues) combiné à un agent régulateur de la croissance folliculaire. Les prostaglandines provoquent la lutéolyse réduisant ainsi la durée de vie du corps jaune ; cette propriété lutéolytique est mise à profit pour induire l'œstrus chez les bovins cyclés. L'effet lutéolytique des prostaglandines n'est observé que sur des corps jaunes âgés de plus de 5 jours (Picard-Hagen *et al.*, 1996 ; Hanzen *et al.*, 2003). Lorsque la PGF2 α est administrée 6 jours au moins après le début des chaleurs (en présence d'un corps jaune mature), il y a lutéolyse, diminution du taux

de progestérone circulante, suppression du rétrocontrôle négatif sur la LH, croissance et maturation finale du follicule conduisant à l'ovulation. Les prostaglandines n'affectent pas directement la vague de croissance folliculaire en cours.

c). *La Gonadolibérine ou Gonadotropin Releasing Hormone (GnRH)*

Encore appelée gonadolibérine, cette hormone est considérée comme l'hormone de substitution après l'interdiction de l'utilisation des œstrogènes dans l'espace de l'UE (Grimard et al., 2007). La GnRH est depuis longtemps utilisée dans les programmes d'insémination systématique -insémination à l'aveugle chez les bovins (Yavas et Wallon, 2000 ; Wheaton et Lamb, 2007). L'efficacité de la GnRH à induire le renouvellement des vagues de croissance folliculaire dépend du jour du cycle auquel elle est administrée (Moreira *et al.*, 2000). L'administration de GnRH en phase de dominance folliculaire se traduit par la sécrétion hypophysaire de FSH et une décharge brutale de LH induisant l'ovulation des follicules sensibles à la LH (follicules dominants), avec formation d'un corps jaune fonctionnel, leur lutéinisation (petits follicules) puis l'initiation d'une nouvelle vague de croissance folliculaire dans les 2 jours suivant l'injection (Martinez *et al.*, 2000 ; Wood *et al.*, 2001). Une administration de GnRH avant cette phase de dominance folliculaire n'a aucun effet et ne modifie pas l'évolution de la vague de croissance folliculaire en cours (Ryan *et al.*, 1994 ; Bo *et al.*, 2003).

L'utilisation de la GnRH dans les protocoles d'induction de l'ovulation chez la vache trouve son origine dans l'idée de synchroniser la folliculogénèse avant l'administration de prostaglandines. Ainsi de nombreux protocoles sont proposés. Le protocole, classique, est le GPG qui consiste en une injection de GnRH à J₀ (début du traitement) puis PGF₂α 7 jours plus tard et injection de GnRH 48 h après l'injection de PGF₂α (Twagiramungu *et al.*, 1994,1995 ; Pursley *et al.*, 1995). En fonction du stade de croissance du follicule dominant, la première injection de GnRH provoque soit l'atrésie soit l'ovulation ou la lutéinisation des gros follicules présents en début de traitement et une nouvelle vague de croissance folliculaire émerge dans les 3-4 jours. L'injection de PGF₂α pratiquée 7 jours après la première injection de GnRH entraîne la lutéolyse au moment où un follicule dominant est présent et celui-ci devient préovulatoire. L'injection de GnRH réalisée 48 h après l'injection de PGF₂α provoque un pic de LH et l'ovulation 24 à 32 h plus tard pour 87 à 100 % des vaches (Pursley *et al.*, 1995,1998 ; Thatcher *et al.*, 2001). Suivant les auteurs, l'insémination peut être pratiquée entre 12 et 24 h après la seconde injection de GnRH : entre 12-18 h (Chastant-Maillard *et al.*, 2002), à 16 h (Diskin *et al.*, 2001), entre 16 et 20 h (Pursley *et al.*, 1997 ; Cartmill *et al.*, 2001), entre 16-24 h (Mialot *et al.*, 2003 ; 16-24 h, Moreira *et al.* 2000). Ce traitement connu sous le nom d'Ovsynch (ovulation synchronisée), a été développé chez les races laitières (Pursley *et al.*, 1995). Chez les vaches viandeuses, Geary *et al.* (2001) ont proposé plutôt le CoSynch dans lequel l'insémination est pratiquée simultanément à la deuxième injection de GnRH. Ces protocoles donnent d'assez bons résultats : environ 50 % de taux de gestation aussi bien chez les vaches laitières que viandeuses. Du fait de l'absence de phase de dominance folliculaire et de corps jaune, ce protocole n'est pas souvent indiqué chez les animaux en

anœstrus comme c'est fréquemment le cas (anœstrus pathologique du postpartum) chez les races viandeuses.

d). *L'équine Chorionic Gonadotropin (eCG)*

Anciennement appelée PMSG (Pregnant Mare Serum Gonadotropin), l'eCG est obtenu à partir du sérum de jument gravide. Elle possède à la fois une action LH (favorable à l'ovulation) et FSH (soutenant la croissance folliculaire et la production folliculaire d'œstrogènes). L'eCG agit en stimulant la croissance folliculaire et la synthèse d'œstrogènes, ce qui favorise la décharge préovulatoire de LH. Les doses d'eCG doivent être adaptées au statut physiologique de la femelle afin d'éviter la superovulation responsable de gestation multiple non souhaitée chez les bovins (Grimard *et al.*, 2003 ; Picard-Hagen *et al.*, 2005 ; Fournier et Driancourt, 2007). L'addition d'eCG dans les protocoles de synchronisation de l'œstrus à base de progestagènes améliore l'efficacité de l'insémination à temps fixe (Dias *et al.*, 2009 ; Baruselli *et al.*, 2004a, 2004b ; Bó et Baruselli, 2014). Le traitement des vaches viandeuses allaitantes en anœstrus ou ayant un faible état corporel avec de l'eCG en fin de traitement à base de progestérone est un moyen efficace pour améliorer la croissance folliculaire et les taux de gestation (Sà Filho *et al.*, 2010a, 2010c ; Sales *et al.*, 2011).

e). *Les œstrogènes*

Administrés en présence de progestagènes, l'œstradiol par ses activités lutéolytiques et anti-lutéotrope provoque la destruction du corps jaune, induit l'atrésie des follicules dominants éventuellement présents, empêche la formation de nouveau corps jaune et contribue ainsi à réduire la sécrétion de GnRH (Ayres *et al.*, 2008 ; Lane *et al.*, 2008 ; Bó et Baruselli, 2014). L'utilisation de l'œstradiol et de ses dérivés a été interdite en Europe depuis octobre 2006, en application de la directive européenne 2003/74/CE du 22 septembre 2003 (Grimard *et al.*, 2007). Chez les vaches non cyclées ou en phase folliculaire du cycle (absence de corps jaune en début de traitement de progestagènes), l'association progestagènes et œstrogènes agit à la fois sur la croissance folliculaire et sur la durée de vie du corps jaune (Fournier et Driancourt, 2007). En absence des œstrogènes, le devenir du follicule dominant dépend de la présence ou non d'un corps jaune au moment de l'initiation du traitement avec les progestagènes. En présence d'un corps jaune la quantité de progestérone sécrétée est suffisante pour exercer un rétrocontrôle négatif sur le complexe hypothalamo-hypophysaire et donc inhiber la sécrétion de LH ; en absence de LH, le follicule dominant s'atrésie.

Par contre en absence de corps jaune, le follicule dominant peut se maintenir et devient persistant (Kinder *et al.*, 1996). En effet, en l'absence de corps jaune, la progestérone apportée par le dispositif a un effet inhibiteur de la LH moins important que la progestérone endogène. Les concentrations de LH sont alors analogues à celles observées au cours de la phase folliculaires du cycle (Kinder *et al.*, 1996) et permettent le maintien du follicule dominant qui devient alors persistant pendant toute la durée du traitement ce qui pourrait compromettre la capacité fécondante de l'ovocyte (Cupp *et al.*, 1992). Selon Grimard *et al.* (2003) et Méli (2009), l'absence des œstrogènes dans les protocoles d'induction conduit

à la persistance du follicule dominant avec un vieillissement de l'ovocyte ce qui a pour conséquence de compromettre les chances de fécondation.

Pour pallier ce problème, des modifications sont apportées dans les protocoles – administration de GnRH en début de traitement (MSD pour le CRESTAR^{SO}) et réduction de la durée du traitement (par le laboratoire CEVA Santé animale pour le PRID Delta : 1,55g de progestérone).

Bien que l'utilisation en soit interdite en Europe depuis 2006, les œstrogènes (en provenance du Brésil) sont utilisés au RN dans certains protocoles d'induction et de synchronisation de l'œstrus chez la femelle N'Dama.

1.4.2. Protocoles hormonaux impliqués dans la gestion hormonale du cycle sexuel

Initialement, les traitements de synchronisation de l'œstrus chez les bovins étaient axés sur la modification de la durée du cycle œstral par la régression du corps jaune (CJ) après administration d'une PGF_{2α} puis détection des chaleurs dans les 18 à 80 h après injection. Une fois les systèmes impliquant une injection unique de PGF_{2α} bien élucidés, les chercheurs se sont concentrés sur les effets d'injections multiples, l'objectif étant de réduire davantage le temps nécessaire à la détection de l'œstrus et AI (Lamb *et al.*, 2010). Dans le même temps, des recherches montraient que l'on pouvait supprimer l'apparition des chaleurs avec l'utilisation de progestagènes exogènes.

Chez les génisses viandeuses, l'alimentation à base d'acétate de mélangestrol (MGA) 0,5mg/animal/jour pendant 14 jours suivie par une injection de PGF_{2α} 16 à 17 jours après la fin de l'alimentation (MGA-PGF_{2α}) a montré son efficacité pour l'induction de la puberté des génisses prépubères et le contrôle le cycle œstral des génisses pubères (Patterson *et al.*, 1989). Chez des vaches viandeuses en postpartum le protocole MGA-PGF_{2α} a également induit de façon significative une amélioration de la fécondité des femelles traitées par rapport à celles ayant reçu uniquement de la PGF_{2α} (Patterson *et al.*, 1995).

Malheureusement les protocoles développés à partir de la PGF_{2α} et du MGA ne permettaient pas des inséminations sans observation des chaleurs, ce qui de fait paraissait contraignant en élevage viandeux. Le besoin de recourir à des traitements permettant de s'affranchir de la détection des chaleurs a conduit au développement des protocoles associant PGF_{2α} et GnRH. Après le succès observé avec le protocole MGA-PG, les chercheurs ont commencé à inclure dans ce protocole la GnRH. Ainsi des auteurs ont observé que les résultats de gestation étaient améliorés (de 70 à 83 %) lorsqu'une GnRH était administrée 6 à 7 jours avant l'administration de PGF_{2α} (Twagiramungu *et al.*, 1994).

Sur cette base, les protocoles OvSynch (Pursley *et al.*, 1995) et Co-Synch (Geary *et al.*, 2001) permettant des inséminations systématiques ont été développés respectivement chez le bétail laitier et viandeux. Chez les génisses viandeuses, Wood-Follis *et al.* (2004) ont montré que le protocole MGA-Select, dans lequel une GnRH est administrée 12 jours après l'arrêt de la distribution de MGA et une PGF_{2α} 7 jours après la GnRH, améliore significativement l'induction de l'œstrus et les taux de gestation des femelles ainsi traitées par rapport aux témoins ayant reçu le protocole MGA-PG. Ces

auteurs ont également observé que le MGA-Select est plus efficace chez les génisses pubères par rapport aux génisses prépubères.

Le développement du CIDR[®] et son utilisation chez le bétail bovin viandeux a considérablement modifié les protocoles de synchronisation de l'œstrus chez les bovins (Macmillan et Peterson, 1993). Des auteurs ont commencé à substituer le MGA par le CIDR[®]. Lucy *et al.* (2001) en traitant des vaches viandeuses en postpartum avec le CIDR[®] pendant 7 jours et en administrant de PGF_{2α} 24 h avant le retrait du dispositif, ils ont observé une amélioration plus importante des taux de gestation chez les animaux traités. Actuellement, la plupart des protocoles d'induction de l'œstrus et de l'ovulation basés sur l'utilisation des progestagènes associant PGF_{2α} et GnRH pour des inséminations sur chaleurs détectées ou à l'aveugle proviennent d'une substitution de l'acétate de mélangestrol par la progestérone (PRID[®]/CIDR[®]).

Trois produits à base de progestagènes sont couramment utilisés dans le traitement d'induction et de synchronisation de l'œstrus chez la vache ; un produit à base de norgestomet : le CRESTAR SO[®] (3mg de norgestomet) du laboratoire MSD, et deux produits à base de progestérone : le PRID[®], (Progesterone Releasing Intravaginal Device) 1,55 g de progestérone du laboratoire CEVA Santé Animale et le CIDR[®], (Controlled Internal Drug Release) 1,38 g de progestérone du laboratoire Zoétis. Les progestagènes sont administrés soit sous la forme de dispositifs vaginaux imprégnés de progestérone (PRID[®] Déltà/CIDR[®]) soit sous forme d'implant sous cutané de norgestomet CRESTAR SO. Une injection de PMSG/eCG (400 à 600UI, selon l'âge, la race et la saison) peut être effectuée lors du retrait du dispositif (Picard-Hagen *et al.*, 1996, 2005).

a). *Protocole à base de norgestomet*

La pose de l'implant sous-cutané de norgestomet intervient à J₀ avec simultanément une injection de buséréline (analogue de GnRH). Le dispositif est laissé en place pendant 9 à 10 jours. Une injection de PGF_{2α} est réalisée deux jours avant le retrait du dispositif. Une administration d'eCG est réalisée lors du retrait du dispositif particulièrement chez les femelles non cyclées (Figure 15). L'insémination se réalise 48 h après l'injection d'eCG.

Les résultats de fertilité en termes de taux d'induction et taux de gestation obtenus avec le CRESTAR^{SO} sont comparables à ceux obtenus avec l'ancien protocole CRESTAR classique (Fournier et Driancourt, 2007 ; Grimard *et al.*, 2007).

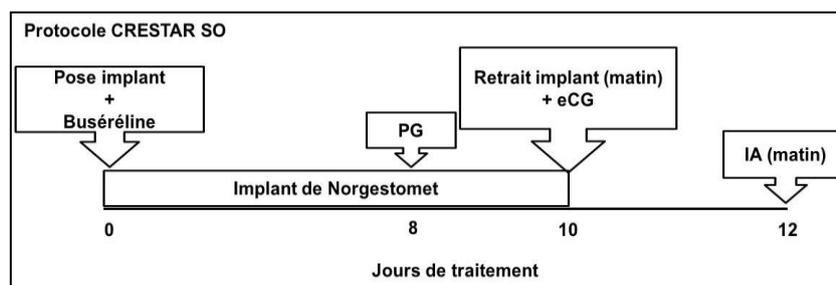


Figure 15. Schéma du protocole CRESTAR SO.

b). *Protocoles à base de progestérone (1): PRID Delta*

Une fois posé (J_0), le dispositif est laissé en place pendant 7 à 9 jours. Une injection de $PGF_{2\alpha}$ est faite 24 h avant le retrait (J_6 ou J_8). Au retrait du dispositif, on réalise une injection d'eCG – chez les femelles non cyclées- (Figure 16). L'insémination artificielle intervient 56 h après l'administration d'eCG (Picard-Hagen, 2008 ; Butler *et al.*, 2011 ; Edwards *et al.*, 2013).

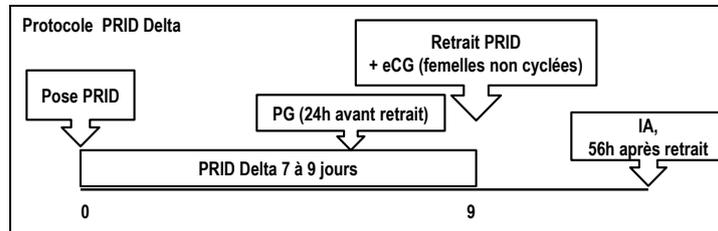


Figure 16. Schéma du protocole de traitement à base de PRID Delta.

c). *Protocoles à base de progestérone (2) : CIDR®*

Parmi ces protocoles il faut distinguer ceux recommandés pour des IA nécessitant une détection des chaleurs ; le 7 day-CIDR-PG, le SelectSynch+CIDR, le 14-day-CIDR-PG et ceux permettant de s'affranchir de la détection des chaleurs ; le CIDR Select et le Co-Synch+CIDR (Lamb *et al.*, 2010).

- Le 7 day-CIDR-PG.

Comme présenté par la figure 17, le dispositif CIDR® est inséré pour 7 jours (J_0 à J_7). Une injection de $PGF_{2\alpha}$ se réalise à J_6 soit 24 h avant le retrait du dispositif (Lucy *et al.*, 2001).

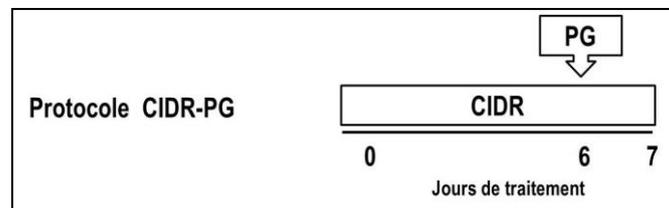


Figure 17. Schéma du protocole CIDR-PG.

- Le SelectSynch + CIDR

Le SelectSynch+CIDR correspond à une inclusion du dispositif CIDR® dans le protocole SelectSynch. Le *SelectSynch* implique une injection de GnRH à J_0 suivie sept jours plus tard d'une injection de prostaglandines ($PGF_{2\alpha}$). L'insémination est effectuée douze heures après la détection de l'œstrus. En fait, c'est pour tenter de s'affranchir de la détection des chaleurs que Lamb *et al.* (2006) ont testé l'effet de l'injection d'une GnRH en début de traitement dans le protocole 7 day-CIDR-PG (Figure 18).

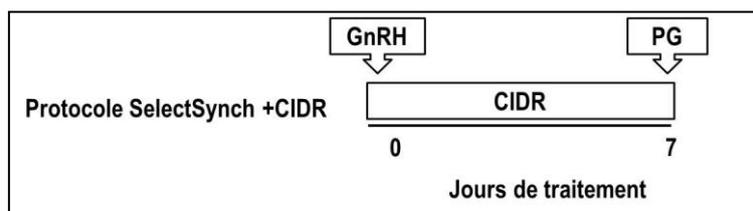


Figure 18. Schéma du protocole SelectSynch + CIDR.

Le SelectSynch+CIDR contribue à augmenter le degré de synchronisation des chaleurs après l'injection de la prostaglandine. De plus, les génisses inséminées sur chaleurs observées ont de meilleurs taux de gestation par rapport à celles inséminées à temps fixe. (Lamb *et al.*, 2006 ; Patterson *et al.*, 2016). Ce protocole SelectSynch + CIDR implique qu'une injection de GnRH soit réalisée à J₀ au moment de la pose du CIDR et sept jours plus tard on réalise une injection de PgF_{2α} (Leitman *et al.*, 2008). Au regard des résultats obtenus avec ces protocoles le CIDR-PG et Select synch +CIDR donnent des résultats similaires en termes de synchronisation de l'œstrus et de taux de gestation (Wood *et al.*, 2001 ; Lamb *et al.*, 2006 ; Leitman *et al.*, 2009).

- Le 14-day-CIDR-PG

A l'approche de la puberté, l'augmentation de la concentration sanguine de progestérone est indispensable pour la mise en place et le déroulement normal des cycles oestriens. L'idée de supplémenter des génisses viandeuses prépubères s'est donc développée afin d'induire leur puberté. Ainsi la consommation d'acétate de mélangestrol (MGA) 0,5 mg par animal par jour pendant 14 jours suivi 16 jours après l'arrêt de la distribution d'une injection de PGF_{2α} (MGA-PG) a montré son efficacité pour le contrôle de l'œstrus chez les génisses viandeuses (Imwalle *et al.*, 1998, 2002 ; Johnson et Day, 2004). D'auteurs auteurs ont ensuite eu l'idée de substituer le MGA par le CIDR® (Figure 19).

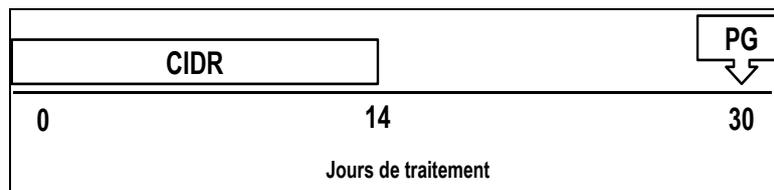


Figure 19. Schéma du protocole 14-day-CIDR-PG.

Dans ce protocole 14-jours-CIDR-PG, le CIDR est inséré à J₀ puis retiré 14 jours plus tard (J₁₄). On réalise une injection de PGF_{2α} 16 jours après le retrait du CIDR à J₃₀ (Figure 20). L'insémination artificielle associée ou non à une injection de GnRH est réalisée 66 h après la PGF_{2α} (Busch *et al.*, 2007 ; Leitman *et al.*, 2009). Les résultats obtenus avec le MGA ou avec le CIDR, en termes d'induction des chaleurs et réponse ovulatoire sont similaires (Patterson *et al.*, 2006).

La réponse ovulatoire à l'administration de GnRH dépend du jour du cycle auquel l'injection est réalisée, les meilleurs résultats étant observés à l'intérieur des périodes de dominances folliculaires (Atkins *et al.*, 2010a, 2010b ; Moreira *et al.*, 2000).

Des auteurs ont testé les effets de l'inclusion d'une GnRH dans le protocole (14-day-CIDR-PG), donnant ainsi lieu au protocole CIDR-Select et ouvrant la voie vers des protocoles permettant de s'affranchir de la détection des chaleurs. On note qu'avec tous ces protocoles, une variété de facteurs peuvent influencer la probabilité d'avoir une gestation au moment de l'IA. Parmi ces facteurs on distingue : la capacité pour ces protocoles de contrôler la dynamique de vagues folliculaires, le moment d'apparition des chaleurs et des ovulations, la capacité stéroïdogénique du follicule en

croissance, la compétence de l'ovocyte, la capacité pour l'utérus de maintenir l'embryon, la fonction du corps jaune après l'ovulation. Pour tenter de gérer plusieurs de ces facteurs, les protocoles permettant des IA à temps fixe ont été développés.

d). *Les protocoles favorisant l'IA à temps fixe*

Les protocoles favorisant l'IA à temps fixes, associent GnRH-PGF2_α et progestagènes, et dans les régions où leur utilisation est autorisée, GnRH et œstradiol (Bó et Baruselli, 2014 ; Patterson *et al.*, 2016). L'inclusion d'un dispositif de progestérone entre la première injection de GnRH et l'injection de PGF2_α améliore l'induction de l'œstrus et les taux de gestation chez les génisses (Martínez *et al.*, 2002a, 2002b) et chez les vaches viandeuses (Lamb *et al.*, 2001).

- *Le CIDR Select*

Dans ce protocole, le CIDR[®] est inséré à J₀ puis retiré à J₁₄. Une GnRH est administré 9 jours plus tard à J₂₃ et 7 jours après la GnRH (à J₃₀) on effectue une injection de PGF2_α (Figure 20). L'insémination artificielle associée à une injection de GnRH est réalisée 72 h après la PGF2_α. Ce protocole CIDR-Select donne des résultats d'induction de l'œstrus et de gestation plus intéressants que ceux obtenus avec les protocoles SelectSynch+CIDR (Leitman *et al.*, 2008) et Co-Synch+CIDR (Busch *et al.*, 2007).

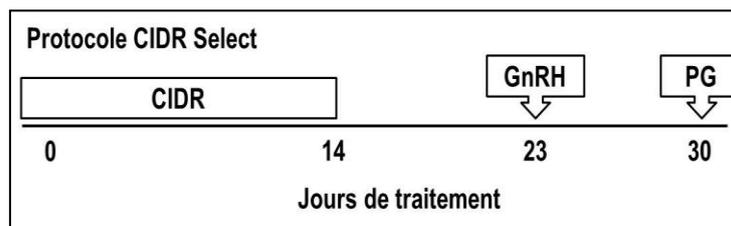


Figure 20. Schéma du protocole CIDR Select.

En comparant les résultats obtenus en termes de réponse à l'induction de l'œstrus, de taux de conception à l'insémination systématique et de taux de gestation, Leitman *et al.* (2008, 2009) ont observé que si l'on utilise le CIDR-Select ou le 14 day-CIDR-PG ces résultats ne sont pas significativement différents. Ces données permettent de conclure qu'il n'est pas nécessaire d'administrer une GnRH entre le retrait du CIDR (J₁₄) et l'injection de PGF2_α.

- *Le Co-Synch+CIDR*

Le dispositif CIDR[®] est inséré à J₀ avec simultanément une administration de GnRH. 7 jours plus tard, au retrait du dispositif CIDR[®], une injection de PGF2_α est effectuée (Figure 21).

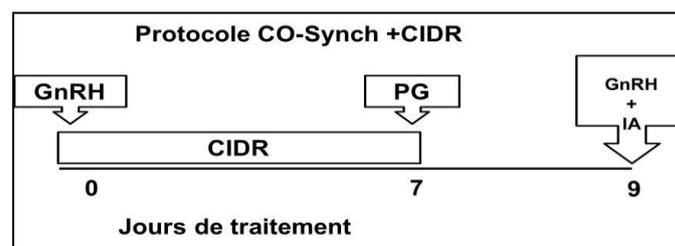


Figure 21. Schéma du protocole Co-Synch+CIDR.

L'insémination artificielle associée à une injection de GnRH est réalisée dans un intervalle de 54 à 72 h après l'injection de PG. L'utilisation du protocole Co-Synch+CIDR donne ainsi l'opportunité chez les bovins viandeux, d'utiliser l'IA systématique et éliminer par conséquent le besoin de détection des chaleurs (Schafer *et al.*, 2007). L'approche Co-Synch+CIDR (7-day-CO-Synch+CIDR) bien que donnant des taux de gestation raisonnables n'était pas assez efficace pour la synchronie de l'ovulation par rapport au moment de l'insémination (Kasimanickam *et al.*, 2008). Pour tenter de résoudre ce problème par allongement du proœstrus et bénéficier des effets de l'œstradiol préovulatoire, le protocole originel a été modifié en 5-day-Co-Synch+CIDR avec réduction du temps de séjour intravaginal du CIDR[®] qui est passé de 7 à 5 jours. Il est donc devenu possible de prolonger l'intervalle entre le retrait du CIDR[®] (injection de PG) et l'injection de la seconde dose de GnRH. L'IA systématique qui se réalisait de 60 à 66 heures dans l'approche originelle (7 jours) est passé à 72 heures dans l'approche 5 jours (Bridges *et al.*, 2008 ; Bridges *et al.*, 2010). Cette modification a permis une amélioration des taux de gestation aussi bien chez les génisses (Wilson *et al.*, 2007) que chez les vaches viandeuses (Bridges *et al.*, 2010).

L'idée de ces méthodes de traitement aux progestagènes à long terme (CIDR en particulier) vise à supprimer l'œstrus, inhiber l'ovulation et induire le développement d'un follicule dominant qui pourra ovuler après le retrait du dispositif. L'ovulation du follicule dominant crée un nouveau cycle qui peut être utilisé comme étape de présynchronisation à l'IA systématique (Revah et Butler, 1996 ; Roche *et al.*, 1999). L'efficacité des progestagènes dans la présynchronisation (protocoles CIDR-Select et le Co-Synch + CIDR), pour le développement folliculaire, l'ovulation et par conséquent la fertilité chez le bétail viandeux est très bien documenté (Patterson *et al.*, 1995, 1989 ; Wood *et al.*, 2001).

En comparant la réponse à l'œstrus et les résultats de gestation des génisses viandeuses présynchronisées avec les progestagènes (CIDR mis en place 14 jours avant l'initiation du traitement par la GnRH et la PG) par rapport à celles non présynchronisées, des auteurs ont conclu que la présynchronisation avec les progestagènes améliore l'induction de l'œstrus et les taux de gestation (Busch *et al.*, 2007 ; Schafer *et al.*, 2007 ; Small *et al.*, 2009). Small *et al.* (2009) ont étudié les effets de la présynchronisation au CIDR[®] avant l'initiation du protocole Co-Synch, sur la taille du follicule préovulatoire et le taux d'ovulation ; ces auteurs ont observé que même si la présynchronisation augmente le pourcentage des femelles qui répondent à la première injection de GnRH, elle n'influence pas le pourcentage de gestation par IA.

Peu de données sont disponibles sur la gestion hormonale de la femelle N'Dama. La prostaglandine (PGF2 α) a longtemps été utilisée selon le protocole : deux injections à 11 à 14 jours d'intervalle. Ce traitement induit l'apparition d'un œstrus 60 heures plus tard en moyenne (Cissé, 1993 ; Meyer et Yesso, 1995 ; Voh *et al.*, 2004). Actuellement, l'implant sous-cutané CRESTAR[®] (MSD santé animale, Beaucazoué, France, 3mg de norgestomet) et le dispositif intravaginal imprégnée de progestérogène PRID Delta (CEVA, Libourne, 1,55 g de progestérogène) constituent les principaux

traitements utilisés chez la N'Dama. Pour induire et synchroniser les chaleurs, ils s'utilisent aussi bien chez les animaux non cyclés que chez les animaux cyclés. Ces traitements à base de progestagènes sont le plus souvent associés à une injection d'eCG (equine Chorionic Gonadotropin) et/ou de prostaglandine F2alpha suivant de nombreux protocoles (Tableau VIII). Dans la plupart des cas, les chaleurs apparaissent en moyenne chez 92,6 à 97,8 % des animaux traités, 36 et 44 heures respectivement après le retrait de l'implant sous cutané et la spirale vaginale (Diop *et al.*, 1998; Voh *et al.*, 2004).

Toutefois, Diop *et al.* (1998) révèlent un taux de chaleurs anovulatoires de 43 % chez sur des femelles N'Dama élevées en milieu traditionnel où le pâturage est de qualité insuffisante. L'association du sevrage au traitement contribuerait à améliorer la fertilité (Charbonnier *et al.*, 2006).

Les taux de gestation obtenus après traitement au moyen de progestagènes (63 %) ou de prostaglandines F2α (77,4 %) ne seraient pas significativement différents chez la N'Dama (Voh *et al.*, 2004). La gonadolibérine (GnRH) utilisée le jour de l'insémination effectuée 56 h après le traitement associant progestagène (P4), prostaglandines (PGF) et equine Chorionic Gonadotropin (eCG) a amélioré la fertilité de 4,8 % dans un troupeau de 42 femelles N'Dama (Kamga-Waladjo *et al.*, 2006). Mais ces données sont à analyser avec prudence ; elles ont été obtenues avec des protocoles très différents, pour des études effectuées dans des conditions différentes et la plupart de temps sur des effectifs assez réduits ($n < 50$).

En somme, il n'y a pas une recette miracle dans tous les protocoles mis en place pour gérer la reproduction des bovins viandeux. Il s'agit d'un panel de stratégies en fonction de l'objectif poursuivi et de l'état physiologique des animaux. Par exemple, les prostaglandines ne sont efficaces pour induire ou synchroniser les chaleurs que si les animaux sont cyclés et, si, et seulement si, elles sont utilisées au-delà du 5^{ème} jour après les chaleurs (ovulation). Il est donc indispensable de contrôler l'activité ovarienne par palpation transrectale ou échographie. Pour les vaches non cyclées, les vaches en déficit énergétique, les vaches allaitantes, les primipares amaigries ou les vaches dont le vêlage a été difficile, il est préférable d'utiliser un traitement à base de progestagènes. Notre étude se propose de tester le dispositif intravaginal de progestérone en forme de « T » CIDR[®] dans l'optique d'une utilisation plus rationnelle de l'IA chez la femelle bovine N'Dama. Dans tous les cas, il ne faut pas perdre de vue que les traitements médicamenteux des pathologies de la reproduction ne rattrapent jamais complètement les erreurs de conduite alimentaire qui les ont provoqués.

Tableau VIII. Quelques résultats : taux d'induction et taux de gestation après divers traitements hormonaux chez la femelle N'Dama.

	Traitements effectués	Nombre d'animaux	Délai d'apparition des chaleurs (h)	Taux d'induction (%)	Taux de gestation (%)
Traitements aux prostaglandines					
	2PG à 11 j, 2IA 72 et 96 h après la 2 ^{ème} injection	20	72	90	45
Cissé, 1993	2PG à 11 j, IA sur chaleurs observées	20	72	90	60
	1 PG entre les 10-15 ^{ème} jours du cycle	7	59,9 ± 9,2	100	ND
Meyer et Yesso, 1995	2 PG à 13j, IA 12 h après chaleurs observées.	31	ND	96,8	77,4
Voh <i>et al.</i> , 2004					
Traitements au Norgestomet (CRESTAR)					
Diop <i>et al.</i> , 1998	Implant 9 j + PGF _{2α} .	91	9-63	97,8	ND
Traitements à la Progestérone (PRIDND)					
Voh <i>et al.</i> , 2004	PRID [®] 12 j, IA 12h après chaleurs observées	35	ND	92,6	63
	PRID [®] + PGF _{2α} + PMSG				
	IA + GnRH, 56 h après le retrait du PRID (12j)	42	ND	ND	68,96
Kamga-waladjo <i>et al.</i> , 2006	GnRH + PRID [®] 12j, IA 56 h après le retrait,	46	ND	ND	54,3
Charbonnier <i>et al.</i> , 2006					

Légende : 2 PG à 11 j = 2 injections de prostaglandine à 11 jours d'intervalle. Implant 9 j = l'implant sous cutané de Norgestomet est resté en place pendant 9 jours. PRIDND 12 j = la spirale vaginale de progestérone est restée en place pendant 12 jours. IA = insémination artificielle.

ND = non déterminé.

1.5. JUSTIFICATION DE L'ETUDE ET OBJECTIFS DU TRAVAIL

Dans la figure 22 ci-dessous, nous avons schématisé, à l'aide d'une carte conceptuelle, les relations entre les différents paramètres (forces/faiblesses), en rapport avec l'élevage bovin et la production de viande au RN, ainsi que leurs facteurs d'influence (risques/opportunités), pour présenter le contexte dans lequel s'inscrivent ce travail et ses objectifs.

1.5.1. Les constats

- Pour l'approvisionnement de ses marchés en viandes et produits carnés, le Gabon dépend à près de 80 % des importations. C'est une situation problématique pour sa souveraineté alimentaire. Les importations de viande coûtent annuellement à ce pays environ 102 milliards de f CFA (<http://www.gaboneco.com/gabon-boukoubi-plafonne-les-importations-de-viandes-pour-developper-l-elevage.html>).
- En 2004, lorsque SIAT reprenait les actifs des sociétés : SOGADEL (Société Gabonaise d'Élevage), HévéGab (Hévéaculture Gabonaise) et Agro-Gabon, il était question de contribuer à la recherche de l'autosuffisance alimentaire du Gabon. Le SIAT-Gabon, par l'intermédiaire de son Ranch Nyanga (RN) détenteur d'environ 90 % du cheptel bovin gabonais ambitionnait de réduire annuellement de 5 à 10 % le volume (en tonnes) des importations de viande fraîche et de produits carnés. Pour ce faire, l'objectif du RN était d'atteindre un effectif bovin de 20 000 têtes à l'horizon 2017.
- Entre 2009 et 2011, le cheptel bovin du RN avait atteint un effectif de 6000 têtes. Un épisode de PPCB survenu dans cette même période a malheureusement impacté négativement la croissance des troupeaux. En fin 2012, l'éradication de cette maladie est en cours, les taux de mortalité sont maîtrisés et le cheptel bovin est estimé à 4500 têtes.
- En 2013, le RN sort de l'épisode de PPCB (il sera officiellement déclaré zone indemne en décembre 2015). L'objectif d'atteindre 20 000 têtes de bétail à l'horizon 2017 était plus que jamais un impératif pour les responsables du SIAT-Gabon. La projection du cheptel du RN (4500 têtes) réalisée à partir du début 2013, sur base des paramètres démographiques suivants (paramètres estimés en fonction des rapports disponibles) :
 - 1200 femelles mises à la reproduction,
 - taux de gestation = 80 %,
 - taux de vêlage = 90 %,
 - taux de mortalité des animaux de moins de 1 an = 10 %,
 - taux de mortalité des animaux de plus de 1 an = 5 %,
 - taux de réforme des femelles pour infertilité = 3 %,

montre qu'en fin 2017, ce cheptel qui aurait dû se situer à environ 10450 têtes (Tableau IX, Annexe 3a) s'est malheureusement chiffré à 5070 têtes de bétail.

Tableau IX. Evolution théorique du cheptel du RN entre 2013 et 2021 (récapitulatif)

Années	Effectif début	Naissance	Effectif total	Croît absolu (%)	Mortalité (%)	Déstockage* (%)	Effectif fin	Croît Relatif (%)
2013	4500	864	5364	19	6,2	15,0	4731	4,9
2014	4731	1172	5903	25	4,9	13,5	5320	11,0
2015	5320	1528	6848	29	3,8	11,7	6285	15,3
2016	6285	2074	8359	33	3,5	9,6	8477	25,8
2017	8477	2684	11161	32	3,7	7,2	10449	18,8
2018	10449	3372	13821	32	3,5	7,2	12835	18,6
2019	12835	4182	17017	33	3,5	5,9	15919	19,4
2020	15919	5152	21071	32	3,0	4,7	19436	18,1
2021	19436	5926	25362	30	3,5	3,9	23480	17,2
Moyennes				29,4	4,0	8,7		16,6

*ensemble des animaux sortis de l'exploitation (vente/dons). (Okouyi, 2013)

1.5.2. Les interrogations

Devant le manque de croissance numérique du cheptel bovin du RN par rapport à l'objectif (20 000 têtes) et l'évolution prévisionnelle, certaines interrogations s'imposent : qu'elles peuvent être les hypothèses explicatives à cet écart (prévision vs réalité)?

- Il est possible que nous ayons surestimé certains paramètres démographiques (pourcentage de gestation, pourcentage de vêlage) par rapport à la réalité du terrain. Dans ce cas, qu'elle serait la part de l'influence de chacun de ces paramètres de reproduction (gestation/vêlage) et leurs facteurs d'influence : conditions climatiques, alimentation et santé des animaux sur la croissance du cheptel du RN ?
- Il est également possible que nous ayons sous-estimé d'autres paramètres tels que les taux de mortalité et celui de réforme pour infertilité des femelles.
- La santé des animaux, particulièrement les TAA et la pression de la prédation auraient-elles finalement un impact plus important sur la croissance du cheptel ?
- S'agirait-il d'une surexploitation (effectif utilisé pour la production, rapporté à l'effectif total du cheptel) estimé actuellement entre 20 et 30 % ?

1.5.3. Les motivations

La réduction des importations de viande par le Gabon implique entre autres pour les responsables du ranch de la Nyanga une augmentation quantitative et/ou qualitative de leur unité de production. Estimé à 6000 têtes de bétail en fin 2011, le cheptel du RN ne connaît pas depuis près de 6 ans d'évolution numérique. Ce cheptel est actuellement (fin 2017) estimé entre 5000 et 5300 bovins. Quels seraient les facteurs responsables de l'absence de croissance numérique du cheptel bovin du RN ?

Du fait de son petit format et de son poids (250 kg < poids adulte ≤ 350 kg), il faut abattre un grand nombre de N'Dama pour obtenir un volume de production donné. La sortie d'un grand nombre

d'animaux se traduit par une surexploitation du cheptel. L'utilisation d'animaux de plus grand format, plus lourds - issus de croisements avec des races exotiques : Abondance, Blonde d'Aquitaine, Brune des Alpes, Sénépol - permettrait une réduction du nombre d'animaux à abattre pour la production de viande et serait donc favorable à l'augmentation du cheptel du RN. L'obtention de tels animaux, dans les conditions d'élevage du Gabon, passe nécessairement par l'utilisation de l'insémination artificielle. Cette technique de reproduction pourrait-elle, dans ces conditions, constituer une alternative à la production de viande au RN? C'est la question fondamentale qui a motivé notre travail.

La maîtrise de la reproduction par le biais des méthodes de reproduction assistées nécessite des connaissances aussi précises que possible des caractéristiques anatomiques et physiologiques reproductives des animaux et ce, dans leurs conditions d'élevage. Du fait d'une part, de sa rusticité et de son mode d'élevage et d'autre part, des caractéristiques encore mal connues des chaleurs de la femelle N'Dama, l'utilisation de l'IA au RN nécessitera un recours à la gestion hormonale des cycles. Comme l'ont montré plusieurs auteurs, chez d'autres *Bos taurus* des pays tropicaux, les progestagènes offrirait de très bonnes perspectives. C'est dans ce contexte que nous nous proposons d'actualiser, de préciser et de compléter les données relatives à l'utilisation des progestagènes pour la gestion hormonale des cycles chez la femelle N'Dama. Il s'agit plus spécifiquement :

- de caractériser l'œstrus et l'ovulation de la femelle N'Dama après traitement avec une association P4+PGF+eCG. Ce travail avait également pour objectif de déterminer la posologie d'eCG adaptée à cette femelle. C'est ce qui justifie notre premier article expérimental : « *Okouyi M.W.M., Hanzen, C. Effects of equine chorionic gonadotropin(eCG) on the sexual behaviour and ovulatory characteristics of female african N'Dama cattle, Revue Méd. Vét., 2016, 167, 7-8, 211-215* ».
- d'évaluer, avec le même traitement, le diamètre du follicule préovulatoire et le moment de l'ovulation, c'est ce qui justifie notre deuxième article expérimental « *Okouyi M.W., P.V. Drion P.V. and Hanzen Ch. Preovulatory follicle diameter, growth rate and time of ovulation during induced oestrus using a CIDR® in trypanotolerant female Bos taurus N'Dama cattle. Trop Anim Health Prod, 2015. 47(8) : p. 1443-8* ».
- Et enfin, d'apprécier les résultats de gestation après association des progestagènes/PG/eCG à la GnRH, c'est ce qui justifie notre troisième article expérimental « *Okouyi M.W.M., Hanzen, C. Effects of insemination timing and GnRH treatment on pregnancy rates of N'Dama cattle after estrus induction with progestin. Rev Elev Méd Vét Pays trop., 2016, 69 (2) : 73-78* ».

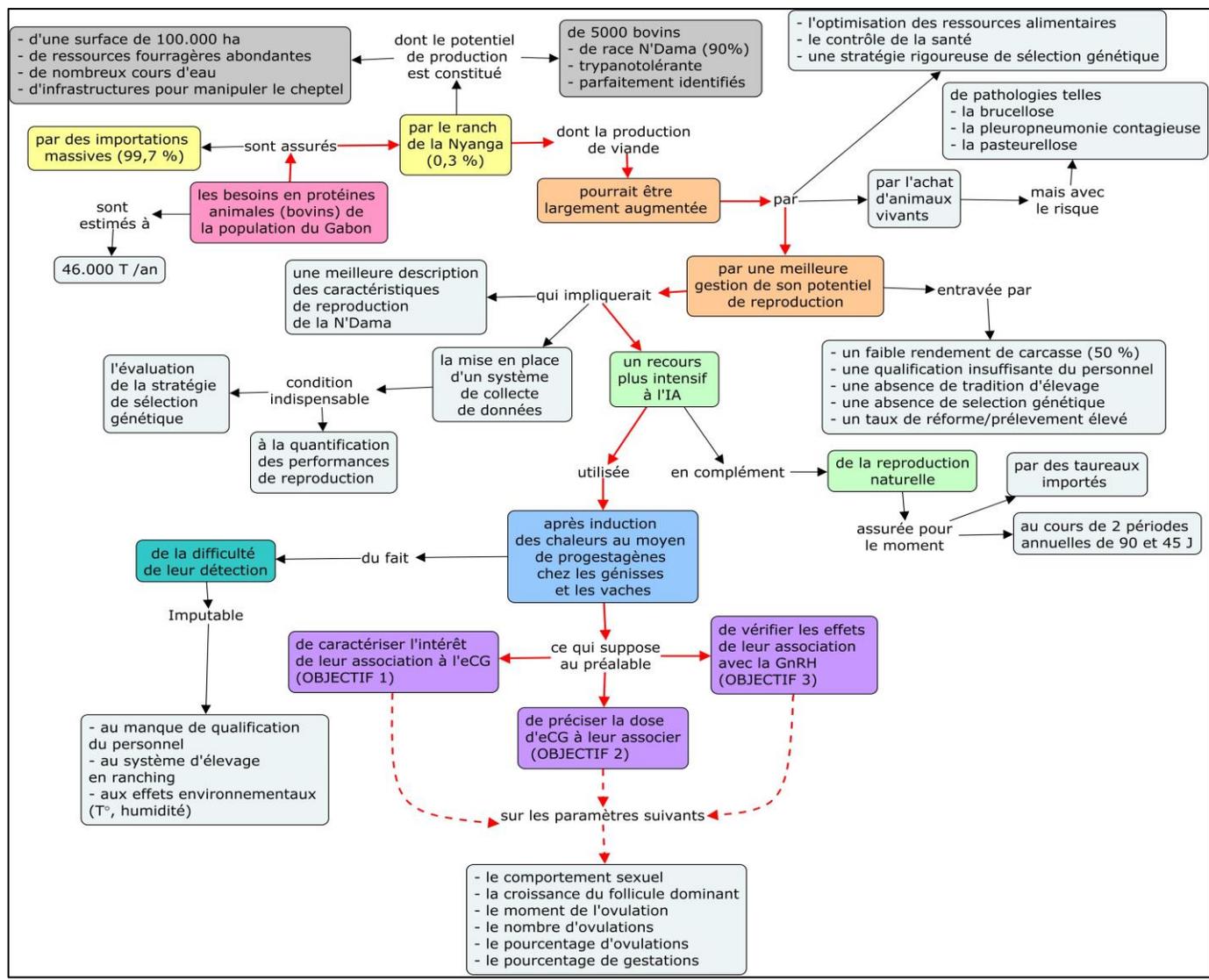


Figure 22. Carte conceptuelle présentant le contexte et les objectifs de l'étude.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. LIEU DE L'ETUDE, SELECTION ET GESTION DES ANIMAUX

Les expérimentations ont été conduites au Gabon au Ranch Nyanga (latitude 0° 23' 24'' N ; longitude 9° 24' 7'' E / 1 00 S, 11 45 E) entre 2013 et 2015 en dehors des périodes normales consacrées à la reproduction des animaux du Ranch. Le climat au Ranch Nyanga comme sur l'ensemble du territoire est de type équatorial, chaud ($25^{\circ}\text{C} < T < 30^{\circ}\text{C}$) et humide ($80 < H < 85 \%$) à forte pluviométrie (1800-2000 mm) favorable à la pullulation de nombreux arthropodes piqueurs telles les glossines encore appelées mouches tsétsé (*Glossina sp*) : hôtes biologiques et vecteurs de trypanosomes, agents responsables des Trypanosomoses Animales Africaines. Les échantillons expérimentaux ont été choisis parmi les femelles N'Dama des sections Bibonga et Mibamba de la division I (Nyanga).

2.1.1. Alimentation

Les animaux vivent sur les parcelles (250 têtes/1000 ha = 1UBT/4 ha). La végétation dans les parcelles est une savane arbustive, entrecoupée de galeries forestières où la strate herbacée est constituée de nombreuses graminées à dominante *Hyparrhénia sp* servant de principal aliment au bétail. On observe au RN une variation de la disponibilité fourragère en fonction des saisons avec la succession : période d'abondance 1 (incluse dans la petite saison des pluies qui court du 15 octobre au 15 janvier), période de faible disponibilité 1 (15 février-15 mars), période d'abondance 2 (avril-juin) et période de grande disette (juillet-septembre).

Un système de gestion rotatif des parcelles associé au gyrobroyage et/ou brûlis des parcelles permet d'assurer un bon renouvellement des pâtures et une bonne l'alimentation des animaux. Au RN, les animaux ont à leur disposition des sels minéraux sous forme de blocs à lécher et s'abreuvent *ad libitum* sur les nombreux cours d'eau qui sillonnent les parcelles. Nos travaux se sont déroulés dans les périodes de disette de juillet à septembre de chaque année, au cours desquelles les animaux recevaient une complémentation en son de blé (2-4 kg/j/animal) et un peu de tourteau de palme.

A l'entrée dans le protocole, les animaux ont été pesés et leur score corporel noté en tenant compte du degré de dépôt graisseux sous cutané à la base de la queue selon une échelle de 1 à 5 ; 1 = maigre et 5 = gras (Ayres *et al.*, 2009)

2.1.2. Reproduction

La carrière reproductrice des femelles N'Dama du RN dure normalement entre 7 et 8 ans mais elle peut se prolonger tant que la femelle donne toujours un veau. Ainsi, il n'est pas rare de trouver dans les troupeaux des femelles de 13, 14 voire 15 ans. Les génisses sont mises à la reproduction pour la première fois lorsqu'elles ont atteint 30 mois (2,5 ans) et pèsent 180 kg, environ 60 % de leur poids adulte. Les femelles vivent séparées des taureaux avec lesquels elles ne sont réunies que lors des périodes de reproduction. Il y a deux saisons de reproduction : la saison principale qui s'étend de mi-

nombre de l'année N (introduction des taureaux dans les troupeaux de femelles à raison d'un taureau pour 10 femelles), à mi-février de l'année N+1 (retrait des taureaux), soit environ 90 jours. Le constat de gestation par palpation manuelle transrectale s'effectue 2 mois après le retrait des taureaux. Les vaches non gestantes de la saison principale sont de nouveau présentées aux taureaux lors de la saison de monte complémentaire qui va d'avril à mai sur 45 jours. C'est au cours de cette période que les génisses entrent en reproduction, c'est pourquoi la saison complémentaire s'étend souvent sur 60 jours au lieu de 45 prévus. Là également, les constats de gestation se réalisent 2 à 3 mois après le retrait des mâles. Les génisses vides au 1^{er} service sont directement réformées. Les saillies naturelles libres de même que les vêlages se réalisent sur les pâtures. Les opérations d'induction des chaleurs, les IA et les constats de gestation quant à eux s'effectuent au CS.

A l'entrée dans le protocole les animaux de l'étude ont été soumis à des examens. Leurs tractus génitaux et leurs ovaires ont été palpés et une vaginoscopie a été effectuée lors de la mise en place des traitements hormonaux à base de progestérone administré par voie vaginale sous la forme d'un CIDR[®] (1,38 g de progestérone, Zoetis, Louvain-la-Neuve, Belgique). La présence ou non d'un corps jaune a été à ce moment déterminée par examen échographique (échographe KX 5200V, Xuzhou Kaixin Electronic Instrument Company Ltd, sonde linéaire 6,5 MHz).

2.1.3. Suivi du troupeau

Les animaux passent obligatoirement au centre de soins une fois par semaine. Ces passages permettent d'effectuer toutes les opérations d'élevage possibles.

a). Suivi sanitaire

Les maladies les plus rencontrées au RN sont les infections ombilicales, les diarrhées du nouveau-né, la pasteurellose et la trypanosomose et la Péripleurite Contagieuse Bovine (PPCB) qui d'ailleurs depuis décembre 2015 est considérée comme éradiquée. Quoique suspectée, la présence de brucellose n'a pas encore été confirmée sur les troupeaux du RN. Les centres de soins étant dotés d'infrastructures adaptées (paddocks, couloir de contention...), c'est à ce niveau que les divers traitements préventifs et/ou curatifs (anti-infectieux, antiparasitaire, vaccination) sont appliqués aux animaux et ce, selon des programmes périodiques prédéfinis. Conformément aux programmes de prophylaxie au RN, elles ont été préalablement traitées contre les trypanosomes par une administration alternée de diminazène (Vériben[®] 2,36g) et d'isométhamidium (Véridium[®] 125mg), du laboratoire CEVA santé animale, Libourne France. Elles ont également été traitées contre les parasitoses internes par l'administration IM de lévamisole (Quadrosol[®] 10 %, Solartechnik-Schwabing, Munich, Germany) ou d'ivermectine (IVOMEC D[®] Merial, Lyon France), contre les parasitoses externes en pour-on au moyen de flumétrine (Bayticol[®] 1%, Bayer Animal Health, Loos, New Zealand) et ont été vaccinées contre la PPCB (Vaccin Péri T1/SR, Laboratoire National vétérinaire, Bamako, Mali).

b). *Opérations d'élevage*

Il s'agit entre autres du comptage des animaux (évaluation hebdomadaire des effectifs de chaque troupeau), du marquage et de l'identification (notation du mois de naissance par encoche à l'oreille droite, pose de boucle), de la castration (utilisation de la pince de Burdizzo ; exception faite des futurs reproducteurs), de l'écornage (utilisation du fer à chauffer), du sevrage. Le sevrage intervient au RN lorsque les veaux sont âgés entre 7 et 9 mois. Toutes les génisses sevrées sont destinées à la reproduction. Les mâles sont orientés vers différentes sections (engraissement/reproduction). Les bouvillons sont pesés régulièrement (suivi de la croissance/appréciation du niveau d'alimentation). Entre 3-4 ans, lorsqu'ils ont atteint environ 300 kg de poids vif, ils sont conduits à l'abattoir du RN pour la production de viande. C'est également aux CS et grâce à l'existence de couloirs de contention que se sont déroulées toutes les manipulations pour les traitements d'induction, les inséminations et l'observation des animaux pour la détection des chaleurs.

2.2. TRAITEMENT D'INDUCTION DE L'OESTRUS ET CONSTITUTION DES LOTS

Les animaux ont été traités avec le CIDR-PGF_{2α}-eCG (Figure 23).

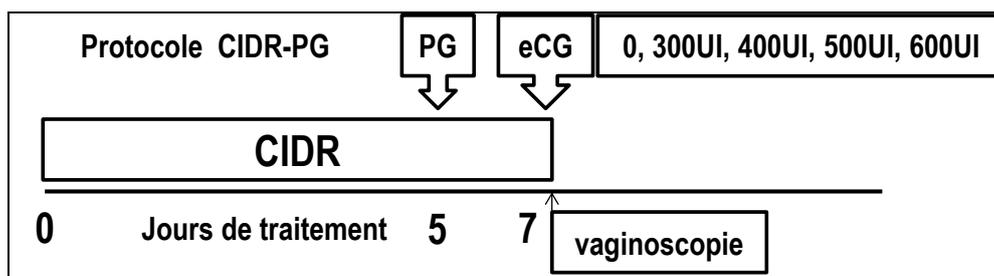


Figure 23. Protocole de base pour les études 1 et 2.

Après désinfection de la région vulvaire au moyen d'une solution d'ECUTAN[®] 5% (Chlorhexidin Digluconas 50mg/ml), le dispositif intravaginal CIDR[®] a été introduit et laissé en place durant 7 jours (Lucy *et al.*, 2001 ; Lamb *et al.*, 2008), le jour de la mise en place du traitement a été noté J₋₇. Une injectif de prostaglandines : PGF_{2α} (2 ml d'Estrumate[®] 250µg/ml de cloprostenol, Intervet, Bruxelles, Belgique) a été réalisé par voie IM à chaque animal 2 jours (J₋₂) avant le retrait du CIDR[®]. Le jour du retrait du dispositif noté J₀, une vaginoscopie a été réalisée pour déterminer le degré de tolérance des animaux au CIDR[®]. Pour ce faire, la nature du mucus a été examinée sur une échelle de 1 à 5 (1 = absence de mucus) à 5 (5 = mucus abondant brun à rouge). Une valeur inférieure à 3 confirmait la tolérance du CIDR[®] par l'animal (Chenault *et al.*, 2003).

2.2.1. **Etude 1 : Effets de l'équine Chorionic Gonadotropin (eCG) sur le comportement sexuel et les caractéristiques de l'ovulation des N'Dama.**

a). *Constitution des lots*

Des génisses (n = 64) et des primipares (n = 57) ont été utilisées dans cette étude. Au retrait du CIDR[®] (J₀), les animaux ont été répartis en 5 lots expérimentaux. Une injection de 1 ml de sérum physiologique (chlorure de sodium 0,9 %, Frésenius kabi, Sèvres, France) a été réalisée par voie IM

sur les animaux du lot 0 (lot témoin, n = 26). Une injection IM de doses croissantes d'eCG : 1,5 ml, 2 ml, 2,5 ml et 3 ml de Folligon® (1000 UI/ 5 ml (Intervet) a été réalisée respectivement aux animaux des lots 1 (300 UI, n = 25), 2 (400 UI, n = 24), 3 (500 UI, n = 23) et 4 (600 UI, n = 23). Ces injections ont été réalisées de manière aléatoire au fur et à mesure du passage des animaux dans le couloir de contention. A partir de J₀, les animaux ont fait l'objet d'une observation visuelle permanente (24h/24) pendant 7 jours pour détecter l'œstrus et en noter le début et la fin correspondant respectivement à la première et dernière acceptation du chevauchement. Tous les animaux ont été abattus entre le 7^{ème} et le 10^{ème} jour (J₇ à J₁₀) après la fin du traitement, leurs ovaires ont été prélevés en vue de la détermination du nombre et de la nature des structures présentes.

b). *Les définitions suivantes ont été précisées*

- Par durée de l'œstrus, il faut entendre le temps écoulé entre la première et la dernière acceptation d'une monte passive.
- Le délai d'apparition des chaleurs a été défini comme la période de temps qui s'est écoulée entre la fin du traitement et le début des manifestations d'œstrus.
- Par femelle en œstrus, il faut entendre toute femelle qui a présenté un comportement de monte passive.
- Par œstrus anovulatoire, il faut entendre un œstrus détecté mais qui n'a pas été suivi d'une ovulation.
- Par œstrus silencieux, il faut entendre un œstrus non détecté mais suivi d'une ovulation.

Les ovulations ont été confirmées sur base de l'identification d'un corps jaune sur les ovaires après abattage de l'animal. Le nombre d'ovulations a été déterminé par le nombre de corps jaunes observés sur les ovaires après abattage de l'animal.

2.2.2. Étude 2 : Croissance du follicule préovulatoire et moment de l'ovulation des N'Dama.

Le groupe expérimental se compose de 120 femelles : 63 génisses et de 57 vaches. Les animaux ont été répartis en 5 lots expérimentaux ; 4 lots expérimentaux ; 1, 300 UI, (n = 25), 2, 400 UI (n = 24), 3, 500 UI (n = 22) et 4, 600 UI (n = 23) et un lot témoin (n = 26, 0UI) obtenu exactement dans les mêmes conditions que l'étude précédente. Un examen échographique de chaque ovaire a été effectué pour identifier et mesurer le diamètre des follicules présents le jour du retrait du CIDR® (J₀) et 2, 3, 4 et 5 jours plus tard (Figure 24). L'ovulation a été indirectement mise en évidence par la disparition ou la réduction brutale entre deux mesures consécutives du diamètre du follicule dominant (Alvarez *et al.*, 2000 ; Castilho *et al.*, 2007). La vitesse de croissance de ce follicule dominant (mm/j) a été définie par le rapport de la différence entre le diamètre folliculaire observé avant l'ovulation (J_{ov}) et celui observé lors du retrait du CIDR® (J₀) divisée par le nombre de jours entre le retrait et l'ovulation (Sà Filho *et al.*, 2010c). En fonction des ovulations constatées par échographie, les animaux ont été abattus les 7^{ème} et 10^{ème} jours après le retrait du CIDR®. L'ovulation a été confirmée par l'identification d'un corps jaune sur l'ovaire porteur du follicule dominant identifié.

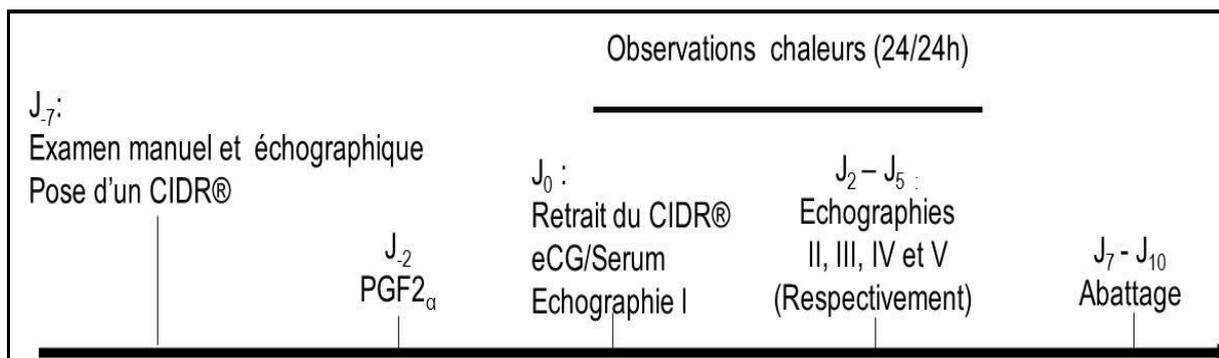


Figure 24. Protocole expérimental spécifique de l'étude 2.

2.2.3. Etude 3 : Effets du moment de l'insémination et de l'administration de GnRH lors de l'IA sur la fertilité des N'Dama.

Les animaux ($n = 168$), âgés de $5,4 \pm 1,0$ ans, d'un poids moyen de $236,1 \pm 23,7$ kg, et d'un score corporel moyen de $2,7 \pm 0,4$, ont été répartis en deux groupes notés G1 et G2 ($n_{G1} = n_{G2} = 84$) inséminés respectivement 48 h et 72 h après le retrait du CIDR® (figure 20) au moyen d'une seule dose de semence de race Sénégal (Alta Genetics Do Brésil, Ltda BR 050, KM 164- Parque Hiléia, Uberaba-MG, CEP 38020-970). Lors de l'insémination, la moitié des animaux (GnRH +) a été traitée par voie IM au moyen de $4,2 \mu\text{g}$ d'acétate de buséréline (2,5 ml de Receptal®, Intervet). L'autre moitié non traitée constituant le groupe témoin (GnRH -) a reçu 1ml de sérum physiologique (chlorure de sodium 0,9 %). Chaque groupe a été subdivisé en deux lots (GnRH+ et GnRH-). Un constat de gestation a été réalisé par palpation manuelle et par échographie à 45 jours après l'insémination (Figure 25).

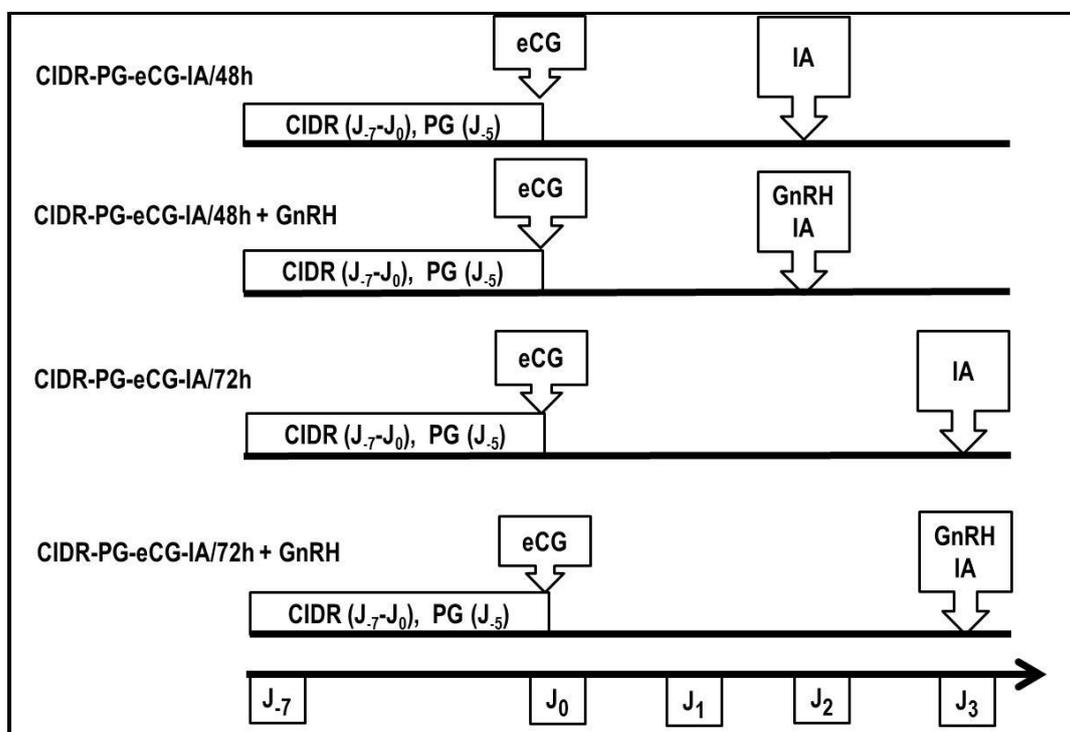


Figure 25. Protocole expérimental de l'étude 3.

2.3. TRAITEMENTS DES DONNEES ET ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse statistique des données a été réalisée grâce à l'utilisation du logiciel SAS version 9.1. Les données ont été traitées au moyen d'un modèle linéaire général (GLM) et par régression logistique, les résultats sont exprimés en moyenne par rapport à l'écart type (LSMEAN \pm ES). L'homogénéité des différents lots pour les paramètres ; effectifs, numéro de lactation (génisses vs vaches), âges, poids, note de l'état corporel (NEC), cyclicité (femelle cyclées vs anœstrus) ont été testé au moyen d'un test de Chi-Deux.

2.3.1. Effets de l'équine Chorionic Gonadotropin (eCG) sur le comportement sexuel et les caractéristiques de l'ovulation des N'Dama.

Les effets fixes des variables : injection ou non d'eCG, numéro de lactation (génisse vs primipare), état de cyclicité ou non de l'animal et des covariables : dose administrée (effet linéaire et quadratique), âge, poids, état corporel des animaux (EC), sur le délai d'apparition et la durée des chaleurs ont été étudiées au moyen de deux analyses de variance (ANOVA). L'utilisation de 4 régressions logistiques a permis d'analyser les effets de ces mêmes variables : traitement, numéro de lactation, cyclicité et des covariables : dose, âge, poids, EC, sur les taux d'induction des chaleurs, taux de chaleurs silencieuses, taux d'ovulation et les taux d'ovulation multiple.

2.3.2. Diamètre du follicule préovulatoire et moment de l'ovulation des N'Dama.

L'étude de la distribution des fréquences des ovulations par tranches horaires (48-72h, 72-96h puis 96-120h) a été réalisée par le test de Chi-Deux. L'utilisation de la régression logistique a permis d'analyser les effets des variables : traitement, numéro de lactation, cyclicité et des covariables : dose, âge, poids et EC sur le moment de l'ovulation.

2.3.3. Effets du moment de l'insémination et de l'administration de GnRH lors de l'IA sur les taux de gestation des N'Dama.

Quatre protocoles de traitement ont été testés sur la fertilité des femelles N'Dama. L'efficacité de chaque traitement a été évaluée sur la base des différences significatives entre les taux (%) de gestation obtenus.

Les modèles de régression logistique conditionnelle et non conditionnelle ont été utilisés pour évaluer les interactions entre les taux de gestation et les facteurs de risques (facteurs susceptibles de les faire varier) ; l'âge, le poids, l'état corporel, la cyclicité (cyclé vs non cyclé), la parité (génisse vs vache), le moment de l'insémination (48 h vs 72 h) et l'ajout de la GnRH (GnRH+ vs GnRH-). Un premier modèle de régression logistique non conditionnelle a été utilisé, il a servi à évaluer l'interaction entre taux de gestation et chaque facteur de risque pris isolément. Sur la base de cette analyse, seuls les facteurs de risques avec une valeur de $P < 0,25$ ont été considérés dans la régression logistique conditionnelle. Le modèle le plus approprié a été sélectionné en utilisant la procédure stepwise.

III. RESULTATS

3.1. EFFETS DE L'EQUINE CHORIONIC GONADOTROPIN (ECG) SUR LE COMPORTEMENT SEXUEL ET LES CARACTERISTIQUES DE L'OVULATION DES N'DAMA

Version adaptée de l'article : « MWM. OKOUYI^{1,2}, C. HANZEN^{1} . Effects of equine chorionic Gonadotropin (eCG) on the sexual behaviour and ovulatory characteristics of female african N'Dama cattle » Revue Med. Vet., 2016, 167, 7-8, 211-215 »*

L'objectif de ce travail était d'apporter des réponses aux questions suivantes :

- Quelles sont les caractéristiques des chaleurs et de l'ovulation chez les femelles N'Dama traitées avec des progestagènes ?
- Quelle dose optimale d'eCG peut-on utiliser en association avec les progestagènes chez la femelle N'Dama?

3.1.1. Caractéristiques des animaux

La distribution des animaux dans les différents lots et leurs caractéristiques générales sont présentées dans le Tableau X. Aucune différence significative n'a été observée entre les lots.

Tableau X. Caractéristiques comparées des animaux de l'étude 1 entre groupes de femelles N'Dama traitées avec différentes doses d'eCG après œstrus induit au moyen de CIDR®.

Paramètres	Témoins	300 IU	400 IU	500 IU	600 IU	RMSE	P-value
Effectifs	26	25	24	23	23	NA	0,990
Age (ans)	4,6	4,4	4,5	4,4	4,2	0,6	0,160
Poids (kg)	224,8	225	217,9	220,8	211,2	19,5	0,364
EC	2,4	2,5	2,3	2,5	2,4	NA	0,730
% génisses	65,4	52,0	45,9	60,9	39,1	NA	0,272
% vaches cyclées	34,6	48,0	54,1	39,1	60,9	NA	0,113
% femelles cyclées	80,8	92,0	91,6	91,3	95,7	NA	0,187

Légende : IU = Unité Internationale d'équine Chorionic Gonadotropine. EC = Etat Corporel.
RMSE= Root Mean Square Error

3.1.2. Délai d'apparition et caractéristiques des chaleurs

Le taux de rétention du dispositif CIDR® a été de 100 %. La tolérance au CIDR® a été de 77,7 %, il n'y a eu aucune différence significative entre les différents lots. Après le retrait du CIDR®, les chaleurs sont apparues dans un intervalle de 41,5 h à 73,9 h avec une moyenne de $48,6 \pm 5,3$ h. L'administration d'eCG n'a pas permis de mettre en évidence une différence significative entre différents lots pour ce paramètre (Tableau XI).

La durée moyenne de l'œstrus a été de $9,9 \pm 2$ h et les valeurs comprises entre 5,5 h à 13,5 h. Aucune différence significative n'a été observée entre les animaux du lot témoin et les lots des animaux traités avec de l'eCG (Tableau XI).

L'œstrus s'est manifesté dans 86,4 % des cas durant la journée c'est-à-dire entre 6 et 18 heures. Le pourcentage moyen d'œstrus observé a été de 72,7 %. Ce pourcentage est significativement ($P < 0,05$) plus élevé chez les animaux traités au moyen d'eCG. Par ailleurs, ce pourcentage a positivement été associé à la dose d'eCG utilisée (Tableaux XI).

Tableau XI. Effets de la dose d'eCG sur les caractéristiques de l'œstrus et de l'ovulation chez les femelles trypanotolérantes de race N'Dama traitées au CIDR-PG.

Paramètres	Témoins	300 IU	400 UI	500 UI	600 UI	RMSE	Valeur de P
Effectifs	26	25	24	23	23	NA	-
Délai d'apparition (h)	52,0	47,3	48,4	48,7	47,8	5,2	0,241
Durée de l'œstrus (h)	10,7	10,1	10,4	9,5	9,2	1,9	0,2821
% œstrus	50,0 ^a	84,0 ^b	70,8 ^c	78,3 ^d	82,6 ^e	NA	0,0267
% œstrus silencieux	53,8 ^a	9,5 ^b	41,2 ^c	27,8 ^d	21,0 ^e	NA	0,0137
% œstrus anovulatoires	7,7	4,8	5,9	5,6	0,0	NA	0,8586
% Ovulation	73,1 ^a	88,0 ^b	95,8 ^d	95,6 ^d	100,0 ^e	NA	0,0229
% ovulations multiples	0,0 ^a	4,5 ^b	13,0 ^c	36,4 ^d	34,8 ^d	NA	0,0022

Chiffres suivis des lettres ^{abcde} (dans chaque colonne) = chiffres significativement différents ($P < 0,05$)
 Chiffres suivis d'astérisques *** = chiffres à différences hautement significativement ($P < 0,001$).

Le taux d'induction correspond au pourcentage des femelles ayant présenté un comportement de monte passive par rapport au nombre total de femelles traitées. Le pourcentage d'œstrus silencieux a été en moyenne de 28,4%. Ce pourcentage a été significativement plus élevé chez les animaux témoins. De même une différence significative a été observée entre les lots expérimentaux ($P < 0,05$) (Tableaux XI). Le pourcentage d'œstrus anovulatoires a été de 4,5 % en moyenne. Aucune différence significative n'a été observée entre les différents lots d'animaux. Par ailleurs, ces chaleurs anovulatoires n'ont été observées que chez les vaches primipares.

3.1.3. Caractéristiques de l'ovulation

Le pourcentage moyen de vaches ayant ovulé a été de 90,1 %. Il est apparu significativement plus important ($P < 0,05$) chez les génisses (95,3%) que chez les primipares (84,2%). Par ailleurs, ce pourcentage est apparu significativement plus élevé chez les animaux traités (88 à 100 %) que chez les animaux témoins (73,1 %) ($P < 0,05$). Ce pourcentage augmente par ailleurs de manière significative avec la dose d'eCG injectée ($P < 0,05$). Le nombre moyen d'ovulations rapporté aux vaches ayant ovulé ($n=109$) a été de $1,0$; $1,0 \pm 0,2$; $1,1 \pm 0,3$; $1,4 \pm 0,7$ et $1,3 \pm 0,5$ respectivement pour le lot témoin et les lots ayant été traités au moyen de 300 UI, 400 UI, 500 UI et 600 UI.

Les ovulations multiples n'ont été observées que chez les animaux traités à l'eCG. Le pourcentage d'animaux ayant présenté ces ovulations multiples a été de 18,3 %. On observe par ailleurs une augmentation hautement significative ($P < 0,001$) de ce pourcentage avec la dose d'eCG injectée entre 300 et 500 UI, sans différence significative entre les doses 500 et 600 UI.

3.2. DIAMETRE DU FOLLICULE PREEVULATOIRE ET MOMENT DE L'OVULATION CHEZ LES FEMELLES N'DAMA.

Version adaptée de l'article : « Okouyi M.W., P.V. Drion P.V. and Hanzen Ch. Preovulatory follicle diameter, growth rate and time of ovulation during induced oestrus using a CIDR® in trypanotolerant female Bos taurus N'Dama cattle ». Trop Anim Health Prod., 2015, 47:1443–1448 ».

Le diamètre du follicule préovulatoire est un indicateur de sa capacité à ovuler et peut à travers un suivi échographique permettre d'évaluer le moment de l'ovulation. L'objectif de cette étude était d'évaluer le diamètre du follicule préovulatoire et le moment de l'ovulation.

3.2.1. Caractéristiques des animaux de l'étude

Les caractéristiques des animaux de l'étude sont présentées dans le Tableau XII. Aucune différence significative n'a été observée entre les lots pour chaque paramètre analysé ($p > 0.05$).

Tableau XII. Caractéristiques des animaux de l'étude 2 (n = 120) : moyenne des paramètres par doses d'équine Chorionic Gonadotropin (eCG) chez les femelles trypanotolérantes de race N'Dama traitées avec le « Controlled Internal Drug Releasing Device » (CIDR®).

Paramètres	Témoins	300 IU	400 IU	500 IU	600 IU	RMSE	Valeur de P
Effectifs	26	25	24	22	23	NA	0,990
Age (ans)	4,6	4,4	4,5	4,4	4,2	0,6	0,160
Poids (kg)	224,8	225,4	217,9	220,8	211,2	19,5	0,364
EC	2,4	2,5	2,3	2,5	2,4	NA	0,730
Parité et statut physiologique							
% génisses	65,4	52,0	45,9	60,9	39,1	NA	0,272
% de femelles cyclées	80,8	92,0	91,6	91,3	95,7	NA	0,187

NA : Non applicable.

3.2.2. Caractéristique de la croissance folliculaire

Le traitement des animaux au moyen de 300 à 600 UI d'eCG s'est accompagné d'une augmentation significative des pourcentages d'œstrus observés ($P < 0,02$) et d'ovulation ($P < 0,01$). Ces pourcentages d'œstrus et d'ovulation ont été chez les animaux témoins et traités respectivement de 50 % vs 79,8 % et 73,1% vs 94,7% (Tableau XIII). La vitesse de croissance folliculaire (VCF) s'est avérée être en moyenne significativement ($P < 0,05$) plus élevée chez les animaux traités au moyen d'eCG ($1,0 \pm 0,4$ mm/j) que chez les animaux témoins ($0,9 \pm 0,4$ mm/j). Elle est apparue plus faible après l'injection de 600 UI d'eCG qu'après l'injection de doses comprises entre 300 et 500 UI (Tableau XIII).

Le diamètre du follicule préovulatoire a varié de 5,8 à 12,2 mm. Ce diamètre a été significativement plus grand ($P < 0,05$) chez les animaux traités au moyen de 300UI ($10,1 \pm 1,4$ mm) que chez les animaux non traités ($9,3 \pm 1,2$ mm). L'injection de doses d'eCG supérieures à 300 UI n'a pas permis d'observer une vitesse de croissance folliculaire et un diamètre du follicule préovulatoire significativement différent ($P > 0,05$) chez les animaux traités par rapport aux animaux témoins. On observe néanmoins une tendance à la diminution de la vitesse de croissance folliculaire ($P = 0,07$) avec l'augmentation de la dose d'eCG (Tableau XIII).

Tableau XIII. Effets comparés des doses d'eCG (de 0 à 600UI) sur l'œstrus, le diamètre folliculaire et les caractéristiques de l'ovulation chez les femelles N'Dama.

Paramètres	Groupes					Valeur de P
	Contrôle	300 UI	400 IU	500 IU	600 IU	
Effectifs	26	25	24	22	23	0,99
% d'induction	50,0	84,0	70,8	81,8	82,6	0,02
% ovulation	73,1 ^a	88,0 ^b	91,7 ^c	95,4 ^d	100 ^e	0,01
VCF (mm/j)	$0,9 \pm 0,4^a$	$1,1 \pm 0,5^b$	$1,0 \pm 0,4^c$	$1,1 \pm 0,4^d$	$0,8 \pm 0,4^e$	0,02
Diamètre du FO (mm)	$9,3 \pm 1,2^a$	$10,1 \pm 1,4^b$	$9,3 \pm 1,5^a$	$9,1 \pm 1,2^a$	$8,6 \pm 1,2^a$	0,04

IU: Unité Internationale (d'eCG),

Seuils de différence : $P > 0,05$: non significatif, $P < 0,05$: significatif, $P < 0,01$: très significatif, $P < 0,001$: hautement significatif, $P = 0,05$: tendance à une différence

VCF: Vitesse de croissance folliculaire (mm/j). La vitesse de croissance folliculaire a été déterminée entre J_0 et le jour de l'ovulation.

FO: Follicule ovulatoire.

Les nombres suivis par des lettres (dans chaque colonne) indiquent des différences significatives.

3.2.3. Moment de l'ovulation

Dans le cas des ovulations multiples, le moment de l'ovulation a été considéré dès la disparition ou la réduction brutale du diamètre entre deux mesures consécutives de l'un des gros follicules observés sur l'ovaire. Dans ce cas, le moment obtenu sera toujours favorable à l'insémination en cas d'ovulation ultérieur des autres follicules. Ainsi, les intervalles moyens entre le moment de l'injection de l'eCG, le début de l'œstrus, la fin de l'œstrus et l'ovulation ont été respectivement de $83,7 \pm 14,4$ h, $33,6 \pm 11,1$ h, $23,0 \pm 11,8$ h chez les animaux témoins et de $79,7 \pm 11,9$ h, $30,1 \pm 10,1$ h, $21,5 \pm 10,7$ h chez les animaux traités au moyen d'eCG. Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée entre les animaux témoins et les animaux traités avec l'eCG. On observe cependant que les valeurs les plus faibles ont été observées chez les animaux traités au moyen de 600 UI d'eCG (Tableau XIV). Toutes les ovulations observées sont survenues 48 à 120 heures après le retrait du CIDR[®]. Tant chez les animaux témoins que ceux traités, le pourcentage d'ovulations observé 72 à 96 heures après le retrait du CIDR[®] a été significativement ($P < 0,05$) plus élevé que 48 à 72 heures ou 97 à 120 heures après le retrait.

Tableau XIV. Effets de la dose d'eCG sur le moment de l'ovulation chez les femelles N'Dama

Groupes/Lots	Effectifs	Intervalle entre l'injection d'eCG et l'ovulation (h)	Intervalle entre le début de l'œstrus et l'ovulation (h)	Intervalle entre la fin de l'œstrus et l'ovulation (h)
Témoins	26	83,7 ± 14,4 (n= 19)	33,6 ± 11,1 (n= 12)	23,0 ± 11,8 (n= 12)
300 IU	25	80,4 ± 11,2 (n= 22)	33,5 ± 11,2 (n= 20)	23,5 ± 11,5 (n= 20)
400 IU	24	78,7 ± 11,1 (n= 23)	29,8 ± 9,2 (n= 16)	20,5 ± 10,8 (n= 16)
500 IU	22	81,8 ± 11,9 (n= 21)	31,4 ± 10,0 (n= 17)	21,7 ± 10,8 (n= 17)
600 IU	23	78,0 ± 13,5 (n= 23)	28,7 ± 9,9 (n= 19)	19,9 ± 10,4 (n= 19)
Moyenne animaux traités		79,7 ± 11,9 (n= 89)	30,1 ± 10,1 (n= 72)	21,5 ± 10,7 (n= 72)
Moyenne générale		80,4 ± 12,4 (n= 108)	31,0 ± 10,3 (n= 84)	21,3 ± 10,5 (n= 84)

Aucune différence significative (P > 0.05)

Le pourcentage d'ovulations observé chez les animaux traités au moyen de 600 UI d'eCG a cependant été plus élevé 48 à 72 heures après le retrait qu'après 73 à 96 h ou 96 à 120 h (Tableau XV).

Tableau XV. Effets de la dose d'eCG sur la répartition des ovulations dans les intervalles de temps après le traitement chez les femelles N'Dama

Groupes	% de femelles ayant ovulé entre		
	48-72 h	73-96 h	97-120 h
Témoins	26,3 ^a	57,9 ^b	15,8 ^a
300 IU	13,6 ^a	72,8 ^b	13,6 ^a
400 IU	21,7 ^a	56,6 ^b	21,7 ^a
500 IU	14,3 ^a	66,7 ^b	19,0 ^a
600 IU	56,5 ^c	34,8 ^d	8,7 ^e
Moyenne animaux traités	27,0 ^a	57,3 ^b	15,7 ^a
Moyenne générale	25,0 ^a	57,4 ^b	17,6 ^a

Les nombres suivis de lettres indiquent une différence significative au seuil de P < 0,05

Cette étude a permis de préciser les caractéristiques folliculaires et ovulatoires de la femelle N'Dama traitée pendant 7 jours au moyen de progestérone (CIDR[®]) associée à la fin du traitement à l'injection d'eCG et d'une PGF_{2α}.

L'injection d'eCG contribue à augmenter les pourcentages d'œstrus et d'ovulations observées. Elle est sans effet sur les intervalles entre le traitement et l'ovulation. Elle contribuerait néanmoins à synchroniser davantage le moment de l'ovulation 72 à 96 heures après la fin du traitement ce qui serait de nature à favoriser le recours à une insémination 72 heures ou double 56 et 80 heures après la fin du traitement.

Les pourcentages moyens d'ovulations observés 48 à 72 h, 73 à 96 h et 97 à 120 heures après le retrait du CIDR® n'ont pas été significativement ($P > 0,05$) différents entre les animaux traités et les animaux témoins.

3.3. FERTILITE (TAUX DE GESTATION) A ŒSTRUS INDUIT CIDR-PG-ECG CHEZ LA N'DAMA.

Version adaptée de l'article : «MWM. OKOUYI^{1,2}, C. HANZEN¹. Effects of insemination timing and GnRH treatment on pregnancy rates of N'Dama cattle after estrus induction with progestin. Rev Elev Med Vet pays Trop., 2016, 69 (2) : 73-78 ».

Aucune différence statistiquement significative des paramètres zootechniques (âge, poids, état corporel) ou de reproduction (% d'animaux cyclés) n'a été observée entre les 4 lots expérimentaux (Tableau XVI).

Tableau XVI. Répartition et caractéristiques des femelles N'Dama de l'étude 3 (NEC = notation de l'état corporel).

	Groupe 1		Groupe 2	
	GnRH-	GnRH+	GnRH-	GnRH+
Vaches + Génisses (n = 168)				
Effectif (lot)	42	42	42	42
Age (ans)	5,5 ± 1,0	5,6 ± 1,0	5,4 ± 1,0	5,0 ± 0,8
Poids (kg)	233,4 ± 21,6	239,2 ± 20,2	237,3 ± 26,7	234,4 ± 26,4
NEC	2,6 ± 0,3	2,7 ± 0,4	2,8 ± 0,4	2,7 ± 0,3
% femelles cyclées	71,4	73,8	66,7	71,4
Vaches (n = 111)				
Effectif (lot)	28	28	27	28
Age (ans)	6,1 ± 0,5	6,2 ± 0,3	6,1 ± 0,3	5,5 ± 0,6
Poids (kg)	241,5 ± 17,1	242,1 ± 22,1	244,4 ± 25,2	242,0 ± 25,6
NEC	2,6 ± 0,3	2,6 ± 0,4	2,7 ± 0,3	2,6 ± 0,3
% vaches cyclées	71,4	71,4	66,7	69,9
Génisses (n = 57)				
Effectif	14	14	15	14
Age (ans)	4,2 ± 0,5	4,3 ± 0,7	4,0 ± 0,3	4,2 ± 0,4
Poids (kg)	217,1 ± 21,0	233,2 ± 14,8	224,5 ± 24,2	219,3 ± 21,5
NEC	2,8 ± 0,3	3,0 ± 0,3	3,0 ± 0,3	2,9 ± 0,3
% génisses cyclées	71,4	78,6	66,7	78,6

Aucune différence significative pour chaque paramètre étudié : effectif, âge poids, nec... ($P > 0,05$)

Les taux de rétention et de tolérance (absence d'écoulements vaginaux anormaux lors du retrait) des CIDR® ont été respectivement de 100 et 98 %.

Les pourcentages de gestation obtenus après insémination lors de l'œstrus induit au moyen des divers protocoles hormonaux chez les génisses et les vaches N'Dama sont présentés dans le Tableau XVII.

Tableau XVII. Taux de gestation comparé des génisses et vaches N'Dama en fonction du moment de l'insémination et de l'injection d'une GnRH.

	Groupe 1 (IA 48 heures)		Groupe 2 (IA 72 heures)		Valeur de P	
	GnRH-	GnRH+	GnRH-	GnRH+		
Effectif vaches + génisses	42	42	42	42		
% gestation par lot	21,4 ^a	31,0 ^b	52,4 ^c	45,2 ^d	0,01	
% gestation par groupe	26,2 ^e (n = 84)		48,8 ^g (n = 84)		0,002	
% gestation moyen	37,5 (n = 168)					
Effectif vaches		28	28	27	28	
% gestation par lot		25,0	39,3	59,3	50	0,06
% gestation par groupe		32,1 ^h (n = 56)		54,5 ⁱ (n = 55)	0,01	
% gestation moyen		43,2 (n = 111)				
Effectif génisses	14	14	15	14		
% gestation par lot	14,3	14,3	40,0	35,7	0,24	
% gestation par groupe	14,3 ^j (n = 28)		37,9 ^k (n = 29)		0,03	
% gestation moyen	26,3 (n = 57)					

Les chiffres suivis de lettres différentes dans chaque ligne indiquent une différence significative ($P < 0,05$)

Le taux de gestation moyen des femelles N'Dama ($n = 168$) a été de 37,5 %. Celui des vaches (43,2 %) a été significativement plus élevé ($P < 0,03$) que celui des génisses (26,3 %). Les inséminations réalisées 72 heures (Groupe 2) après le retrait du CIDR[®] ont permis d'obtenir des taux de gestations (48,8 %) significativement ($P < 0,002$) supérieurs à ceux observés après des inséminations réalisées 48 heures (Groupe 1) après ce retrait (26,2 %). Semblables différences ont été observées pour les lots des vaches (54,5 % vs 32,1 % $P < 0,01$) et des génisses (37,9 % vs 14,3 % $P < 0,03$).

Le statut physiologique des femelles n'a entraîné aucun effet significatif sur les pourcentages de gestation observés chez les animaux cyclés (38,7 % $n = 119$) et non cyclés (34,7 % $n = 49$). Cette absence de différence significative a été constatée chez les vaches (44,2 vs 41,2 %) et les génisses (28,6 vs 20,0 %).

Aucun effet significatif du statut physiologique (cyclée vs non cyclée) n'a été observé au sein des groupes d'animaux inséminés après 48 heures (Groupe 1) (26,2 % vs 26,1 %) ou après 72 heures (Groupe 2) (51,7 % vs 42,3 %).

Pour l'ensemble des vaches et des génisses, l'injection de GnRH n'a pas significativement augmenté le taux de gestation chez les animaux inséminés 48 heures (31,0 % vs 21,4 % $P > 0,05$) ou 72 heures (45,2 vs 52,4 % $P > 0,05$) après le retrait du CIDR[®].

L'absence de différence significative a également été observée au sein des groupes 1 et 2 tant pour les vaches (Groupe 1 : 39,3 % vs 25,0 % ; Groupe 2 : 50,0 % vs 59,3 %) que pour les génisses (Groupe 1 : 14,3 % vs 14,3 % ; Groupe 2 : 35,7 % vs 40,0 %). Chez la femelle N'Dama cyclée ou non cyclée, présentant un poids et un état corporel optimaux, le protocole d'induction des chaleurs utilisant le CIDR® complété d'une injection d'eCG et de PG permet l'obtention de taux de gestation comparables à ceux dans d'autres races. Il permet de s'affranchir de la détection des chaleurs. Il serait intéressant d'apprécier les effets d'une injection simultanée PGF et d'eCG au retrait du CIDR®. De même, le sevrage intervenant entre 7 et 9 mois postpartum chez les femelles du RN, elles ont gardé leurs veaux au pis en fin de traitement. Il serait intéressant de pratiquer un sevrage temporaire (entre la fin du traitement et l'insémination) afin d'étudier les effets de l'allaitement sur les taux de gestation des femelles N'Dama après IA sur chaleurs induites aux progestagènes.

IV. DISCUSSION GENERALE

Du fait d'un potentiel génétique faible, les races bovines indigènes d'Afrique sont généralement peu productives comparativement aux races européennes. Dans certaines régions, elles sont même délaissées au profit de ces races dites exotiques. L'IA est reconnue comme outil indispensable pour l'amélioration de leur productivité (Kouamo *et al.*, 2009). Pour une utilisation rationnelle de cette technique de reproduction et, au regard du mode extensif dans lequel évoluent la plupart des élevages africains, un recours à la gestion hormonale des cycles sexuels est rendu indispensable. En dépit de nombreux travaux réalisés, l'utilisation de l'IA chez les bovins africains demeure encore tributaire de la détection des chaleurs. Chez la femelle N'Dama en particulier, Traoré et Bako (1984a, b), Diop *et al.* (1998) ont observé les épineux problèmes de chaleurs silencieuses à tendance d'apparition nocturne et souvent anovulatoires : caractéristiques des chaleurs qui seraient de nature à limiter l'utilisation de l'IA dans cette race bovine. La race N'Dama fait actuellement l'objet d'un regain d'intérêt au Gabon (RN). C'est pourquoi, les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse ont pour objectif d'actualiser et compléter les données relatives aux caractéristiques des chaleurs et de l'ovulation de la femelle N'Dama en vue d'une utilisation plus systématique de l'IA au RN et ce, dans l'espoir que cette technique de reproduction constitue une alternative à l'augmentation qualitative et quantitative de la production de viande au Gabon.

4.1. CARACTERISTIQUES DES CHALEURS, DE L'OVULATION ET FERTILITE LORS DE L'ŒSTRUS INDUIT AU MOYEN DE PROGESTAGENES CHEZ LA FEMELLE N'DAMA.

4.1.1. Le dispositif intravaginal CIDR est-il adapté à la N'Dama ?

Comme progestagènes, nous avons choisi la progestérone administrée sous la forme d'un dispositif intravaginal (CIDR : 1,38g) plutôt que le norgestomet (Crestar^{so}) administré sous la forme d'un implant sous cutané posé à la base de l'oreille. En effet, l'implant sous-cutané soulève le problème de sécurité lié à la manipulation des animaux, la majorité des vaches disposant de cornes. Le système PRID (Progestérone Releasing Intravaginal Device : 1,55 g) aurait pu constituer une solution alternative même si sa concentration en progestérone était légèrement plus élevée. Certains auteurs (Carvalho *et al.* (2008), Dias *et al.* (2009), ont observé que l'utilisation de dispositifs intravaginaux à hauts teneurs en progestérone (CIDR 1,9 g), induisait chez des génisses Nelore des concentrations sanguines plus élevées, susceptibles d'entraîner une diminution de la fréquence des pulses de LH, une réduction de la croissance folliculaire et la suppression de l'ovulation. A l'inverse, la réduction de la concentration en progestérone lors de la croissance terminale du follicule contribuerait à en augmenter le diamètre et assurait une meilleure production de progestérone du corps jaune suivant (Pfeifer *et al.*, 2009). Selon Picard-Hagen, (2008), l'utilisation du CIDR[®] (1,38g) ou du PRID[®] (1,55g) chez les bovins viandeux, ne s'accompagne pas de différences significatives des performances obtenues. Lors de nos études, le taux de rétention du dispositif CIDR[®] a été de 100 %, ce dispositif est bien toléré par la femelle N'Dama. Chez des N'Dama (n = 114) dont l'œstrus avait été induit au moyen du

dispositif PRID[®], le taux de rétention a été de 93 % (Okouyi, 2000). Voh *et al.* (2004) ont observé un taux de rétention de 92,2 % également chez des N'Dama (n = 56) traitées au PRID[®] ; le CIDR[®] serait donc bien adapté à la femelle N'Dama. En général, le pourcentage de perte du dispositif intravaginal CIDR[®] est compris entre 0,7 et 5 %. Ce taux est généralement plus élevé chez la vache laitière par rapport à la vache viandeuse (Macmillan et Peterson 1993 ; Lucy *et al.* 2001 ; Chenault *et al.* 2003). Vu son petit format et un tractus génital aux dimensions proportionnelles à sa taille, il est possible que le dispositif CIDR[®] présente une meilleure adhérence à la paroi vaginale chez la femelle N'Dama. Cette forte adhésion pourrait d'ailleurs être à l'origine de la forte irritation observée chez les animaux traités qui s'est traduite par environ 22 % de vaginites. Chez les bovins laitiers et viandeux, le pourcentage de vaginites observé avec le CIDR[®] est de l'ordre de 2 % (Lucy *et al.*, 2001 ; Chenault *et al.*, 2003). Les 22 % de vaginites observés dans notre étude suggèrent également que les mesures d'hygiène lors de la pose du dispositif CIDR[®] n'ont pas été optimales.

4.1.2. Les caractéristiques des chaleurs induites par un CIDR chez la femelle N'Dama sont-elles de nature à limiter l'utilisation de l'insémination artificielle ?

a) Délai d'apparition

Dans 72 à 84 % des cas, les femelles viandeuses présentent un œstrus dans les 72 h suivant le retrait du dispositif après un traitement à base de CIDR[®] (Picard-Hagen, 2007). L'AMM du CIDR[®] indique que chez *Bos taurus*, le délai entre la fin du traitement et l'apparition des chaleurs est compris entre 48 et 72 h. Nash *et al.* (2013) ont observé chez des génisses et vaches viandeuses de race black Angus traitées au CIDR[®] des délais d'apparition des chaleurs variant en moyenne entre $47,0 \pm 5,0$ h et $49,3 \pm 7,0$ h. Dans notre étude, 72 % des animaux (n = 120) ont présenté des chaleurs dans les 48 à 72 h (Valeurs extrêmes de 41,5 h à 73,9) suivant la fin du traitement, le délai moyen étant de $48,6 \pm 5,3$ et donc compris dans l'intervalle moyen de 47 à 49 h observé par Nash *et al.* (2013). Ces valeurs semblent plus élevées que celles observées après induction des chaleurs au moyen du norgestomet. Des femelles N'Dama (n = 91) traitées au norgestomet, ont présenté un délai moyen entre le retrait du dispositif de progestagène et l'apparition des chaleurs de 35 h, les extrêmes étant compris entre 9 et 63 h (Diop *et al.*, 1998). Chez des femelles Nelore traitées également au norgestomet 85 % des animaux ont exprimé les chaleurs dans un intervalle de 36 à 60 h après la fin du traitement (Diskin *et al.*, 2001). Au regard de ces observations, il semble que le délai entre la fin du traitement et le début des chaleurs soit plus court dans le cas de l'utilisation du norgestomet. Une étude réalisée par Zongo *et al.* (2012) a montré que les délais moyens entre le retrait du Crestar[®] et l'apparition de l'œstrus ont été de $35,9 \pm 3,9$ h et $30,4 \pm 4,8$ heures respectivement chez les zébus Azawak (n = 88) et les zébus Goudali (n = 82). Ces données suggèrent donc que l'intervalle moyen entre l'arrêt d'un traitement à base de progestagènes et le début des chaleurs est très variable chez les bovins, lié certainement aux fortes variations individuelles. Cette variabilité trouve aussi son origine dans les mécanismes d'action propre à chaque protocole et également dans les conditions d'élevage (Saumande, 2000 ; Grimard *et al.*, 2003).

b). *Expression des chaleurs.*

La détection du début de l'œstrus constitue l'élément clé du choix du moment de l'insémination (Diskin *et al.*, 2008). L'œstrus se caractérise par des signes comportementaux spécifiques dont le plus caractéristique est l'acceptation du chevauchement (monte passive) : la vache en « œstrus » reste immobile quelques secondes, malgré le poids du mâle ou d'une congénère qui s'appuie sur sa croupe. La détection de l'œstrus constitue une des activités essentielles chez un éleveur désireux d'obtenir une fertilité et fécondité normale de son troupeau avec utilisation de l'IA. Il existe plusieurs méthodes pour la détection de l'œstrus : observations visuelles, identification de la tonicité utérine et du follicule par palpation, utilisation de détecteurs de monte (dispositifs fixés sur la croupe des femelles et qui laisse des traces à l'encre rouge/bleu à la suite d'une pression soutenue de plusieurs secondes), utilisation d'animaux détecteurs (avec détecteurs de monte), dosages hormonaux. La majorité de ces méthodes sont inopérantes dans les conditions d'élevage du ranch. Une exception mériterait d'être mentionnée : elle concerne les dispositifs d'identification de l'acceptation du chevauchement à savoir les systèmes Estrotec (<http://www.estrotec.com>) ou Kamar (<http://www.kamarinc.com>).

La détection des chaleurs constitue un réel problème pour les éleveurs. La détection de l'acceptation du chevauchement bien que décrite comme le signe le plus spécifique, n'est pas assez sensible. Chez la vache laitière par exemple, il ne se rencontre que chez 18 % à 56 % des vaches en œstrus (Heerche *et al.*, 1994 ; Van-Eerdenburg, *et al.*, 1996 ; Heres *et al.*, 2000). Chez les races allaitantes, l'acceptation du chevauchement apparaît chez 90 % des femelles en œstrus mais ne représente que 2 à 5 % de l'ensemble des signes de l'œstrus. Chez ces races, les signes de chaleurs sont plus discrets. En absence du taureau, de congénères ou d'autres outils d'aide à la détection des chaleurs il n'est pas possible de confirmer une chaleur (O'Connor *et al.*, 1997). Plusieurs autres signes dits secondaires accompagnent les chaleurs et peuvent également être utilisés pour la détection des chaleurs, il s'agit : du léchage, du flairage de la zone génitale, du flehmen, de l'appui du menton sur le dos ou la croupe d'une congénère, de l'écoulement de glaire, agitation... Selon Doucet, (2004), chez les bovins viandeux en particulier, ces signes doivent être combinés dans la détection de l'œstrus.

Les femelles *Bos indicus*, ont généralement des caractéristiques de chaleurs très particulières qui rendent difficile leur détection ; elles sont souvent qualifiées de chaleurs « silencieuses » avec une propension à apparaître entre 18 h et 6h du matin (Bo *et al.*, 2003). Les caractéristiques de reproduction de la femelle N'Dama étant similaires à celles de *B. indicus*, cela concorde bien avec les observations de Ralambofiringa, (1978) lors de chaleurs naturelles et de Diop *et al.* (1998) lors de chaleurs induites. L'œstrus de la N'Dama est connu pour être de « courte » durée, de faible intensité : Dans 60 (Traoré et Bako, 1984) à 74 % (Diop *et al.*, 1998) des cas il aurait un caractère silencieux pouvant atteindre 43 % des femelles dans un troupeau (Diop *et al.*, 1998). Dans notre étude, 86,4 % des chaleurs se sont manifestées entre 6-18 h relevant plutôt un caractère diurne des chaleurs de la N'Dama. Ce caractère diurne des chaleurs induites pourrait être en rapport avec le moment du retrait du dispositif. Dans notre étude les dispositifs CIDR® ont été retirés à J₀, tôt le matin à 6 h AM. A notre avis, s'ils avaient été

retirés à J₀/6 h PM, il y aurait eu certainement un décalage, 2 à 3 jours plus tard, les chaleurs auraient été majoritairement nocturnes mais, cela reste à vérifier.

Environ une femelle sur quatre (28,4 %) n'a pas été vue en chaleurs (acceptation du chevauchement) malgré une observation permanente 24/24h. Ayant pourtant ovulé, on peut en conclure à la présence de chaleurs silencieuses dont le % est inférieur à celui de 43 % observé par Diop *et al.* (1998).

Le pourcentage de chaleurs silencieuses s'est révélé être significativement plus élevé chez les animaux non traités avec l'eCG (53,8 % vs 9,5 à 41,2 %). Les chaleurs silencieuses ne sont pas spécifiques des bovins viandeux. Dans les élevages laitiers ce sont jusqu'à 14 % des vaches qui présentent des ovulations sans signes préalables d'œstrus (Constant, 2004). L'œstradiol 17β est l'hormone responsable du comportement d'œstrus (Britt *et al.*, 1986; Diskin et Sreenan, 2000), une activité de « monte passive » étant positivement corrélée avec sa concentration (Lyimo *et al.*, 2000 ; Roelofs *et al.*, 2005), il est vraisemblable que l'injection d'eCG se soit accompagnée d'une meilleure croissance folliculaire (Bevers *et al.*, 1989 ; McNatty *et al.*, 1984), voire d'une « croissance folliculaire multiple » et donc d'amplification de la production d'œstradiol 17 β (Duffy *et al.*, 2004; Sheldon et Dobson, 2000) favorable à une meilleure expression des chaleurs. Une étude a montré que l'eCG, en favorisant l'augmentation de l'ARNm des récepteurs aux 17α-hydroxylase, 17-20 lyase et cytochrome P450 dans les cellules de la granulosa oriente le métabolisme du cholestérol dans le sens : testostérone, œstrone, 17 β œstradiol (Tortorella *et al.*, 2013).

c). *Durée des chaleurs*

Quantifiée au moyen d'un détecteur électronique d'acceptation du chevauchement, la durée de l'œstrus serait comprise entre 2,6 et 26,2 heures avec une moyenne de 14 heures chez des génisses croisées (Angus x Hereford x Brahman) traitées pendant 14 jours avec de l'acétate de mélangestrol, une injection de PGF_{2α} ayant été réalisée à la fin du traitement (Stevenson *et al.*, 1996). Chez la vache laitière, la durée moyenne de l'œstrus serait de 7,1 ± 5,4 h ; 8,6 h et 9,6 ± 6,9 h (Dransfield *et al.*, 1998 ; Walker *et al.*, 1996 ; Xu *et al.*, 1998). Selon Pinheiro *et al.* (1998), Bo *et al.* (2003), la durée de l'œstrus est plus courte chez *Bos indicus* : 10 h en moyenne avec des variations de 1 à 3 h autour de cette moyenne par rapport à *Bos taurus* où elle peut atteindre 20 h. Pour Roelofs *et al.* (2005), la durée moyenne de l'œstrus varie chez la vache laitière selon la parité, elle serait de 11, 8 ± 4,4 h chez les primipares et de 10,8 ± 3,8 h chez les multipares. On note également une influence du mode d'élevage sur ce paramètre : en stabulation, elle serait de 12 à 14 h chez les génisses mais plus courte chez les vaches en moyenne de 8,5 heures avec une variation significativement marquée en rapport avec la taille du troupeau et les surfaces disponibles pour les animaux (Saumande et Humblot, 2005 ; Diskin *et al.*, 2008). Des études relativement anciennes effectuées chez la femelle N'Dama révèlent que la durée de l'œstrus (œstrus naturels), serait de 8 à 9 h. (Ralambofiringa, 1978). Chez cette femelle, après un traitement au norgestomet, la durée des chaleurs serait en moyenne de 11,1 h (Diop *et al.*, 1998). La durée moyenne de l'œstrus observée dans notre étude était de 9,9 ± 2 h relativement proche de la

durée rapportée par Walker *et al.* (1996), Dransfield *et al.* (1998), Xu *et al.* (1998) chez la vache laitière. Ainsi, qu'il s'agisse de chaleurs naturelles ou induites par des progestagènes, la durée de l'œstrus chez la N'Dama est proche de celle rapportée par la littérature. Note étude n'a pas confirmé la réduction de la durée des chaleurs pas plus que son caractère frustré observée par d'autres auteurs sur cette même race (Ralambofiringa, 1978, Diop *et al.*, 1998). Il nous semble par ailleurs que l'utilisation de doses d'eCG supérieures à 300 UI soit de nature à améliorer l'expression des chaleurs chez les animaux.

4.1.3. Les caractéristiques de l'ovulation chez la femelle N'Dama plaident-elles en faveur de l'utilisation de l'insémination artificielle ?

a). Croissance folliculaire

En utilisant le protocole CIDR-PG-eCG, l'injection d'eCG (300 à 500 UI) s'est traduite par une augmentation significative de la vitesse de croissance du follicule dominant ($1,0 \pm 0,4$ à $1,1 \pm 0,5$ mm) par rapport aux animaux témoins ($0,9 \pm 0,4$). Dans d'autres études, cet effet a également été observé (Baruselli *et al.*, 2004b ; Lopes *et al.*, 2007). L'injection de 400 UI d'eCG à 90 génisses Nelore s'est traduite par une vitesse de croissance du follicule préovulatoire de $1,1 \pm 0,1$ mm/j, alors qu'elle était de $0,6 \pm 0,1$ mm/j chez 87 chez les animaux non traités (Sà Filho *et al.*, 2010c). De même chez la vache Nelore traitée au moyen de 400 UI d'eCG, la vitesse de croissance du follicule a été de $1,5 \pm 0,1$ mm/jr contre $0,56 \pm 0,2$ mm/jr chez les vaches non traitées (Sà Filho *et al.*, 2010a).

L'injection d'eCG (300 UI) s'est accompagnée d'une augmentation du diamètre du follicule ovulatoire ($10,1 \pm 1,4$ mm vs $9,3 \pm 1,2$). Semblables différences ont été observées après injection de 400 UI d'eCG à des vaches Nelore (*Bos indicus*) ($11,2 \pm 0,9$ mm vs $9,4 \pm 1,1$ mm) (Sà Filho *et al.*, 2010a).

Dans notre étude, le diamètre du follicule préovulatoire a varié de 5,8 à 12,2 mm, il était en moyenne $9,3 \pm 1,4$ mm. Ce diamètre était en moyenne inférieur aux diamètres observés par plusieurs auteurs après injection de 400 UI d'eCG à des vaches Nelore : $10,6 \pm 0,2$ mm, $11,2 \pm 0,9$ et $12,55 \pm 0,36$ mm : (Baruselli *et al.*, 2004b ; Sà Filho *et al.*, 2010a, 2010c) ou Sénépol ; $13,6 \pm 0,4$ mm (Alvarez *et al.*, 2000). Ces différences ne sont qu'apparentes. Elles peuvent être imputées aux spéculations et donc aux statuts physiologiques différents selon les races de *Bos taurus*.

Chez la vache laitière, l'ovulation s'observe pour un diamètre folliculaire compris entre 11 et 19 mm (Bage *et al.* 2002 ; Saumande et Humblot, 2005 ; Bloch *et al.* 2006). La vache laitière répond variablement à l'administration de l'eCG. Chez la Holstein, les diamètres des follicules ovulatoires ont été chez les animaux témoins et traités au moyen de 400 UI d'eCG injectés au retrait d'un CIDR® ; respectivement de $13,1 \pm 0,6$ mm et de $14,7 \pm 0,6$ mm. Cette différence a surtout été observée chez les animaux présentant un plus faible état corporel (Souza *et al.*, 2009). De même, l'effet de l'eCG est-il plus manifeste chez les vaches avec une production laitière plus importante (Garcia-Ispierto *et al.*, 2012) ou âgées de plus de 5 ans (Bryan *et al.*, 2010).

Les rapports entre alimentation et reproduction des animaux sont bien connus ; l'équilibre énergétique est indispensable à la reproduction et plus spécifiquement à la libération optimale de la LH.

Dans notre étude, l'augmentation de la dose d'eCG (400 à 600 UI) s'est traduite dans par une réduction de la vitesse de croissance du follicule ovulatoire et de son diamètre. Semblables effets ont également été rapportés chez la vache laitière en rapport avec le niveau de l'alimentation des animaux. Ainsi, après injection de 400 UI ou de 600 UI d'eCG la vitesse de croissance et le diamètre du follicule ovulatoire ont été respectivement de $3,9 \pm 0,6$ mm/jr et $14,5 \pm 1,1$ mm et $3,5 \pm 0,5$ mm/jr et $13,9 \pm 1,2$ mm (Ferreira *et al.*, 2013). Cependant, il ne semble pas qu'une réduction du diamètre du follicule ovulatoire constitue un facteur déterminant d'infertilité (Perry *et al.*, 2005; Sartori *et al.*, 2001) pour autant qu'une valeur minimale supérieure à 10 mm soit observée (Martinez *et al.*, 1999; Sartori *et al.*, 2001). Chez *Bos indicus*, un diamètre inférieur à 10 mm n'est pas incompatible avec une ovulation. Ainsi, chez le Sénégal (*Bos taurus*) et le Nelore (*Bos indicus*), l'ovulation de follicule de diamètre inférieur à 8,5 mm est considérée comme physiologique (Sartori et Barros, 2011). De même chez le zébu Nelore, des gestations ont été observées après ovulation de follicules de diamètre inférieur à 7,5 mm (Sá Filho *et al.*, 2010b). Cependant la réduction du diamètre du follicule ovulatoire peut s'accompagner de celle de la progestéronémie (Sartori et Barros, 2011). Il est de ce fait indispensable d'adapter la dose d'eCG à administrer en fin d'imprégnation de progestérone pour éviter l'ovulation de petits follicules : la taille du follicule qui ovule est importante à considérer, elle affecte le taux d'ovulation, le volume du corps jaune, la concentration de progestérone et par conséquent les taux de gestation (Baruselli *et al.*, 2004a ; Small *et al.*, 2009 ; Cerri *et al.*, 2009). En effet, l'augmentation de l'effet LH résultant de l'injection d'eCG (Rostami *et al.*, 2011 ; Sheldon et Dobson, 2000) serait de nature à induire l'ovulation de follicules de plus petit diamètre (Perry *et al.*, 2005). Cette possibilité expliquerait le fait que dans notre étude l'augmentation de la dose d'eCG s'est accompagnée de celle du pourcentage d'ovulations.

La vitesse moyenne de croissance journalière du follicule (exprimée en mm/j) a été déterminée par la différence entre le diamètre mesuré lors du dernier examen échographique réalisé avant l'ovulation et celui mesuré lors du retrait du CIDR®. Il est vraisemblable que ces valeurs soient influencées par la difficulté de mesurer exactement ce diamètre, le pointeur (caliper) étant positionné à l'extérieur de la surface anéchogène et non pas réellement sur la paroi folliculaire. Il en résulte une sous-estimation de cette mesure du DF exprimée en millimètres. Les écarts types des moyennes, aussi bien des DF (mm) que des VCF (mm/j), résultant d'un calcul, ces valeurs ne sont donc pas représentatives de la réalité ; elles sont de ce fait à considérer avec beaucoup de prudence.

b). *Moment de l'ovulation*

Chez les bovins, l'ovulation intervient 27 heures environ (22,0 à 34,9 h) après la fin des chaleurs (Saumandre et Hmblot, 2005) et, l'idée de se baser sur la détection des chaleurs pour la recherche d'une synchronisation parfaite entre ovulation et insémination est très importante pour le succès de l'IA, elle a d'ailleurs donnée naissance à la relation AM/PM (détection de l'œstrus à AM, insémination à PM) qui a longtemps été utilisée (Diskin et Kenny, 2016). Se basant sur l'œstrus,

l'ovulation intervient entre 21,5 et 42,8 heures après le début de l'œstrus chez les bovins avec environ 64 % des vaches qui ovulent 28 et 33 heures suivant la détection des chaleurs. Chez les génisses, l'intervalle entre le début des chaleurs et l'ovulation varierait de 16,4 à 46,4 heures ; plus court pour les génisses viandeuses, en moyenne de 27,4 heures (Lynch *et al.*, 2010), il se situe en moyenne à $38,5 \text{ h} \pm 3,0$ chez les génisses laitières (Saumande et Haumblot, 2005). Chez les vaches viandeuses, l'intervalle moyen entre le début de l'œstrus à l'ovulation semble être d'environ 31 heures (30,8) (Yelich *et al.*, 1999) et 31,1 (White *et al.*, 2002). Ces différences pourraient suggérer que le moment optimal de l'insémination peut-être plus précoce pour les vaches viandeuses comparé aux vaches laitières. Dans notre étude, l'intervalle entre le début de l'œstrus et l'ovulation a été en moyenne de $31,0 \pm 10,3 \text{ h}$ (n = 84), ce résultat concorde bien avec ceux de ces auteurs (Yelich *et al.*, 1999 ; White *et al.*, 2002).

En pratique, l'heure exacte du début des chaleurs n'est pas simple à déterminer, en particulier pour des animaux élevés en système extensif telle que la race N'Dama, il y a donc toujours une variabilité dans l'estimation du moment de l'ovulation, par conséquent il est difficile de recommander un moment précis pour l'insémination à partir du début des chaleurs. Bien que la règle AM/PM soit toujours en vigueur, la pratique de l'IA peut reposer également sur l'évaluation du moment de l'ovulation, pris à partir de la fin d'un traitement hormonal.

Un intervalle moyen de $80,4 \pm 12,4 \text{ h}$ a été observé entre le retrait du CIDR[®] et l'ovulation. Les injections d'eCG n'ont eu aucun effet sur cet intervalle. Des intervalles de $72,9 \pm 2,1 \text{ h}$ et de $70,5 \pm 2,7 \text{ h}$ ont été observés après traitement de vaches laitières au moyen de CIDR[®] et de 400 UI d'eCG (Souza *et al.*, 2009) et de vaches Nelore traitées au moyen d'un implant de norgestomet et de 400 UI d'eCG (Sà Filho *et al.*, 2010a). L'injection de 400 UI d'eCG n'a pas induit de différences significatives de cet intervalle chez des vaches Nelore traitées au moyen de progestérone ; $74,2 \pm 4,0 \text{ h}$ chez les vaches traitées contre $78,0 \pm 3,1 \text{ h}$ chez les vaches témoins (Baruselli *et al.*, 2004b). L'augmentation de la dose d'eCG (600 UI vs 400 UI) n'a pas induit de différences significatives de l'intervalle entre la fin du traitement et l'ovulation chez des vaches Holstein. Cet intervalle a été respectivement de $82,9 \pm 2,2 \text{ h}$ chez les vaches témoins de $78,5 \pm 2,3 \text{ h}$ chez les vaches traitées au moyen de 400 UI et de $70,8 \text{ h}$ chez les vaches traitées au moyen de 600 UI (Ferreira *et al.*, 2013). Dans notre étude, la majorité des ovulations observées sont apparues 72 à 96 heures après le retrait du CIDR[®]. Il est possible de penser que l'injection d'eCG soit de nature à améliorer la synchronisation des ovulations, favorisant de ce fait le recours à des inséminations systématiques (Garcia-Ispierto *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2009) ; c'est ce qui a été observé par notre étude avec des doses supérieures à 400 UI. Chez les animaux témoins, la majorité des femelles (57,9 %) ovulent dans l'intervalle 72-96 h. Respectivement 26,3 % et 15,8 % ovulent avant 72 heures et après 96 heures.

L'injection d'eCG en fin de traitement et à dose optimale (300 à 400 UI), contribue à mieux synchroniser le moment de l'ovulation (72,8 % entre 72 et 96 h) et donc à optimiser les résultats de l'insémination.

Le recours à la GnRH a été préconisé pour synchroniser davantage encore les ovulations et permettre à une insémination systématique : IA non liée à la détection des chaleurs.

c). Taux d'ovulation

Notre étude est la première du genre à renseigner les taux d'ovulation chez les femelles N'Dama dont l'œstrus a été induit. D'une manière générale, chez les bovins, les taux d'ovulation sont très variables. Dans notre étude, un taux moyen de d'ovulation de 90,1 % a été observé. Ce taux est élevé comparé à celui de 79,2 % observé par Souza *et al.* (2009) chez des génisses laitières mais faible par rapport à celui de 94,4 % observé par Sà Filho *et al.*, (2010c), chez des génisses Nelore traitées au norgestomet, une injection de 400 UI d'eCG ayant été réalisée à la fin du traitement. Du fait de sa double activité FSH et LH (Bever *et al.*, 1989; McNatty *et al.*, 1984; Stewart et Allen, 1981), l'ajout d'eCG a contribué à augmenter le pic préovulatoire de LH (Sheldon and Dobson, 2000) et donc le pourcentage d'ovulations observées (Garcia-Ispierito *et al.*, 2012; Rostami *et al.*, 2011). De même, il est vraisemblable que l'injection de PGF_{2α} réalisée deux jours avant le retrait du CIDR a contribué à améliorer ce pourcentage d'ovulations compte tenu de la régression du corps jaune éventuellement présent dont elle s'est accompagnée. Cette augmentation du taux d'ovulation a également été observée chez des génisses viandeuses traitées au moyen d'un CIDR® avec (79,4 %) ou sans (72,7 %) PGF_{2α} (Carvalho *et al.*, 2008). Les taux d'ovulation constituent des critères pour le choix de la dose optimale d'eCG à utiliser chez la N'Dama.

En favorisant l'ovulation, l'administration d'eCG et l'augmentation de la dose constituent un bon moyen de lutte contre les chaleurs non suivies d'ovulation (4,5 % dans cette étude) souvent observées chez la femelle N'Dama.

d). Nombre d'ovulation.

Une augmentation du pourcentage d'ovulations multiples a été associée à la dose d'eCG injectée, une valeur moyenne égale à 18,3 % ayant été observée, le nombre moyen d'ovulations ayant été de $1,2 \pm 0,5$. L'administration d'eCG, en fin de traitement à base d'un progestagène, à la dose de 400 UI à des vaches laitières cyclées et non cyclées (Ferreira *et al.*, 2013) et 600 UI aux vaches viandeuses non cyclées (Duffy *et al.*, 2004), se traduit par un nombre d'ovulations respectivement égal à $1,5 \pm 0,1$ et $4,0 \pm 1,1$. De même, l'injection de 400 UI d'eCG à la fin du traitement de génisses laitières au moyen d'un CIDR® et d'une PGF_{2α} en fin de traitement s'est accompagnée de 12,5 % d'ovulations multiples (Souza *et al.*, 2009). L'augmentation de la dose d'eCG (300UI à 600UI) se traduit par une augmentation du taux d'ovulation et s'accompagne également d'une augmentation des ovulations multiples. Il est dès lors indispensable de trouver un juste équilibre c'est-à-dire de déterminer une dose optimale d'eCG qui permet un taux de synchronisation le plus élevé, un taux de chaleurs anovulatoires le plus bas possible, un bon taux d'ovulation optimal tout en évitant de taux élevé d'ovulations multiples, à notre avis, une dose entre 300 et 400 UI est à recommander chez cette femelle.

4.1.4. Le choix du moment de l'insémination lors de l'œstrus induit influence-t-il le pourcentage de gestation chez la N'Dama ?

a). *Pourcentage de gestation en fonction du moment de l'insémination.*

Le taux moyen de gestation obtenu avec le protocole proposé (CIDR-PG-eCG) a été de 37,5 % (63/168). Chez les bovins de type viandeux, les pourcentages de gestation observés après induction de l'œstrus au moyen de progestagènes, de prostaglandines et d'eCG s'accompagnent d'une grande variabilité (Grimard *et al.*, 2003). Ces taux sont respectivement compris, chez les génisses et les vaches allaitantes entre 21 (Favetto *et al.*, 2010) et 60,8 % (Grimard *et al.*, 2001) et entre 26 (Lucy *et al.*, 2001) et 68,4 % (Mialot *et al.*, 1998). Nos valeurs observées chez la N'Dama ont été de 26,3 chez les génisses et de 43,2 % chez les vaches et sont donc comparables à celles rapportées pour d'autres races de *Bos taurus*. Cette variabilité entre les études relève de facteurs propres à l'animal (âge, cyclicité, stade du postpartum, allaitement) ou à son environnement (politique d'insémination, saison, alimentation) (Hanzen et Laurent, 1991 ; Grimard *et al.*, 2003). Nous n'avons pas observé de différences significatives des taux de gestation entre les génisses (28,6 vs 20,0 %) et les vaches (44,2 vs 41,2 %) cyclées ou non cyclées. Ce résultat est quelque peu surprenant. En effet, normalement les taux de réussite de l'IA sont souvent plus élevés chez les génisses par rapport à ceux observés chez les vaches. De nombreux auteurs font observer que, la capacité ou non pour l'insémineur de déposer le sperme au bon endroit dans les voies génitales femelles pourraient expliquer la variabilité des résultats de gestation (Perry *et al.*, 2012). En effet, lors de l'IA, il est impératif que la qualification des insémineurs soit telle qu'ils soient capables de guider le pistolet à travers le col pour aller déposer le sperme idéalement au niveau du corps utérin voire dans les deux cornes utérines. Par exemple, il a été rapporté une diminution de la fertilité de l'ordre 10 % entre un dépôt dans la corne utérine par rapport à un dépôt au niveau du corps de l'utérus (Perry *et al.*, 2012 ; Diskin et Kenny, 2016). Dans notre cas, du fait des dimensions relativement réduites (tractus génital étroit), lors de l'IA, il n'a pas toujours été aisé de franchir le col de l'utérus des génisses N'Dama ; le sperme a donc souvent été déposé à l'entrée du col utérin. Cette difficulté pourrait être à l'origine des résultats de gestation plus faibles obtenus chez les génisses par rapport aux vaches.

D'autres auteurs (Lucy *et al.*, 2001) ont observé des taux de gestation significativement inférieurs chez des génisses et vaches non cyclées (28 et 26 %) que cyclées (49 et 46 %). Cette différence par rapport à nos résultats trouve vraisemblablement son explication dans le fait que ces auteurs n'avaient pas injecté d'eCG au retrait du progestagène. Cette injection d'eCG semble donc indispensable pour améliorer la réponse ovulatoire (Baruselli *et al.*, 2004b) et les taux de gestation (Dias *et al.*, 2009). De même, chez les animaux cyclés, l'injection d'une prostaglandine sera nécessaire pour induire la lutéolyse du corps jaune présent. Le pourcentage de gestation des génisses (14,3 % vs 37,9 %) et des vaches (32,1 % vs 54,5 %) inséminées 48 heures après le retrait du CIDR[®] est apparu significativement inférieur à celui des animaux inséminés après 72 heures. Divers protocoles d'insémination ont été évalués : sur chaleurs observées, insémination systématique unique à 56 heures

ou double à 48 et 72 heures après le retrait du progestagène (Roche *et al.*, 1978; Anderson *et al.*, 1982). Le choix du moment d'injection de la prostaglandine ou de l'eCG comme du délai d'insémination doit également tenir compte des conditions de contention des animaux, de la qualité de la détection et du travail demandé d'autant que ces conditions peuvent constituer un facteur de stress supplémentaire pour les animaux (Grimard *et al.*, 2003). Notre protocole implique de manipuler les animaux à 4 reprises. Il serait intéressant de vérifier les effets d'une injection simultanée de l'eCG et de la prostaglandine (Lamb, 2013), méthode qui réduirait à 3 le nombre des manipulations requises.

Chez des vaches allaitantes Nelore traitées au moyen de norgestomet, l'intervalle entre l'arrêt du traitement et l'ovulation a été de : $72,0 \pm 3,1$ h chez les témoins (eCG-/GnRH-, n = 12), $70,5 \pm 2,7$ h chez les eCG (eCG+/GnRH-, n = 13), $69,6 \pm 2,4$ h chez les GnRH (eCG-/GnRH+, n = 12) et de $73,1 \pm 1,1$ h chez le eCG/GnRH (eCG+/GnRH+, n = 13) sans qu'il y ait de différence significative entre ces différents lots (Sà Filho *et al.*, 2010a). L'intervalle entre l'arrêt d'un traitement à base de progestagènes et l'ovulation serait en moyenne de $81,8 \pm 3,75$ h chez des génisses viandeuses traitées avec le protocole CIDR®/PG (Leitman *et al.*, 2008). Chez des femelles N'Dama (n = 120) traitées au moyen d'un CIDR®, 25,0 %, 57,4 % et 17,6 % des ovulations apparaissent respectivement 48 à 72 h, 73-96 h et 97-120 h après son retrait, la valeur moyenne étant de $80,4 \pm 12,4$ h. Compte tenu de la capacité de fécondance des spermatozoïdes (24 heures), de la fécondance de l'ovocyte (16 à 18 heures) et de la durée de migration des spermatozoïdes dans le tractus génital (6 à 8 heures) il est recommandé de réaliser l'insémination 0 à 16 heures avant l'ovulation (Roelofs *et al.*, 2006; Saumande et Humblot, 2005). Sans doute en cas d'insémination unique, le délai de 72 heures devrait-il être préféré à celui de 48 heures.

b). Effets de l'administration de Gonadotropin Releasing Hormon (GnRH) au moment de l'IA sur les résultats de gestation.

L'injection de GnRH au moment de l'insémination a pour effet de renforcer la sécrétion hypophysaire de FSH et de LH et de favoriser ainsi la croissance finale du follicule et l'ovulation (Martinez *et al.*, 2014). Contrairement à l'observation de Kamga-Waladjo *et al.* (2006), cette injection n'a pas, dans notre, cas augmenté significativement les taux de gestation chez les génisses et les vaches cyclées ou non cyclées. Cette observation est en conformité avec celle faite chez des vaches allaitantes *Bos indicus* de race Nelore traitées (lot expérimental) ou non (lot témoin) au moyen de GnRH après induction des chaleurs par du norgestomet accompagné (lot traité) ou non (lot témoins) d'injections d'eCG ou de GnRH (Sa Filho *et al.* 2010a). Ainsi, l'utilisation d'eCG en fin de traitement à base de progestérone ne requiert pas une injection de GnRH au moment de l'IA.

La possibilité d'une double utilisation, zootechnique et thérapeutique, font des progestagènes un traitement adapté à la femelle N'Dama. Du fait du rétrocontrôle négatif exercé par ces substances sur les sécrétions du complexe hypothalamo-hypophysaire; elles offrent la possibilité de contrôler le cycle sexuel. La progestérone (CIDR®) a été associée à la PGF2 α , hormone lutéolytique et à l'eCG,

hormone favorable la croissance folliculaire particulièrement chez les femelles non cyclées. Ce protocole offre donc de réelles potentialités chez la femelle N'Dama dans les traitements pour le contrôle de sa reproduction et donc de sa productivité au travers du recours à l'insémination artificielle.

Comparée aux autres femelles *Bos taurus* et *Bos indicus*, la femelle N'Dama ne présente pas de particularités, le délai entre la fin du traitement et le début des chaleurs est compris dans l'intervalle indiquée par l'AMM du CIDR® et, conforme aux délais rapportées par d'autres auteurs dans la littérature. Les chaleurs de la N'Dama ne sont pas très manifestes, leur extériorisation dépend de plusieurs facteurs d'où la nécessité, en absence de monte passive, de tenir compte de signes dits signes secondaires. Le caractère nocturne, les chaleurs silencieuses, la durée de l'œstrus de même que l'existence de chaleurs anovulatoires ne sont pas caractéristiques à cette race bovine. La race N'Dama étant un *Bos taurus*, certains auteurs (Ralambofiringa, 1978 ; Traoré et Bako, 1984 ; Diop *et al.* 1998) ont certainement à l'époque, comparé les données observées chez cette femelle à celles des autres *Bos taurus* d'Europe ; c'est le cas par exemple pour Diop *et al.* (1998), comparant la N'Dama à la Jersiaise. Ces auteurs ont conclu que les caractéristiques des chaleurs de la femelle N'Dama seraient spécifiques et de nature à limiter l'utilisation de l'IA dans cette race bovine. Nos données rapprochent plus les caractéristiques de reproduction de la N'Dama de celles des *Bos indicus*. Lors d'un traitement hormonal à base de progestagènes, l'administration d'eCG (300 à 400 UI) est favorable à l'extériorisation des chaleurs et à l'amélioration de l'ovulation qui intervient en moyenne 80 h après la fin du traitement. Les caractéristiques de l'ovulation de la femelle N'Dama sont également similaires à celles observées chez *Bos indicus*, remarquable par l'ovulation de follicules de petits diamètres pour lesquels, la capacité fécondable reste à vérifier.

Le mode d'élevage de la N'Dama suggère l'utilisation de protocoles d'induction de l'ovulation et des inséminations sans nécessité de détection des chaleurs. La connaissance du moment de l'ovulation, déterminante pour le choix du moment de l'IA permet à travers cette étude de recommander, chez la femelle N'Dama, une insémination unique 72 h post traitement. Des taux de gestation de l'ordre de 54,5 % obtenus en première IA augurent de bonnes perspectives pour avenir de cette technique de reproduction dans cette race qui, actuellement, fait l'objet d'attention particulière au Gabon.

En dépit de nombreuses stratégies développées au RN pour l'augmentation des effectifs bovins, le cheptel demeure stagnant, contrariant ainsi l'atteinte de l'objectif de 20 000 têtes indispensables à une production susceptible de réduire les importations de viande au Gabon. Le manque d'accroissement numérique de ce troupeau serait, à priori, imputable à trois facteurs : (1) une fécondité et une fertilité non optimale. (2) des mortalités excessives chez les veaux du fait de la pression de prédation, ces deux premiers facteurs combinés ralentiraient le renouvellement du troupeau et, (3) une surexploitation ; le nombre d'animaux abattus serait supérieur au taux de renouvellement du cheptel.

4.2. PERFORMANCES DE REPRODUCTION DE LA FEMELLE N'DAMA DU RN.

4.2.1. Paramètres de reproduction et paramètres démographiques du cheptel

Le manque de système informatisé permettant l'enregistrement systématique des données zootechniques et de reproduction au ranch de la Nyanga rend très difficile la quantification des performances de reproduction. La plupart de nos chiffres se basent sur des estimations. Les différents rapports d'activités du RN d'où sont issues certaines de nos données ne différencient pas les races (taurin N'Dama vs zébu Goudali) pour traiter des résultats de reproduction. Les femelles N'Dama représentant plus de 90 % des femelles mises à la reproduction chaque année au RN, une extrapolation peut être autorisée. L'âge au premier vêlage est de 39 mois, les autres paramètres de fécondité ne sont pas connus.

Entre 2014 et 2016, environ 1600 à 1700 femelles par an ont été mises à la reproduction. Le taux de gestation moyen a été de 65 % dans la même période, équivalant à 560 à 595 de femelles non gestantes (considérées comme non fertiles) : c'est beaucoup. En élevage extensif, les taux de gestation chez la N'Dama seraient compris entre 83 et 96 % (Youssao *et al.*, 2000 ; Sokouri *et al.*, 2010). De plus, si l'on tient compte du taux de d'exploitation du cheptel (nombre d'animaux sortis de l'exploitation pour production, rapporté au nombre total d'animaux * 100) de l'ordre de 30 %, on comprend, qu'un premier obstacle à l'augmentation du cheptel bovin du RN trouve son origine à ce niveau. L'objectif sur ce point serait d'examiner ces femelles dites infertiles, de diagnostiquer les causes de cette absence de gestation, le cas échéant d'y remédier et d'envoyer les cas d'infertilité irréversibles à l'abattoir. Tout cela pourrait se réaliser lors d'une seule saison de reproduction. Par exemple lors de la saison principale (Novembre année N-Février/Mars année N+1) correspondant à une période favorable sur le plan alimentaire. Une saison de reproduction doit correspondre à une année et au moins 95 % de naissances devront avoir eu lieu dans cette même année. Si cela s'avère nécessaire, il faudra rallonger la saison de reproduction d'un mois avec pour obligation de connaître le statut gravide vs non gravide de 95 à 100 % des femelles mises à la reproduction au plus tard 45 jours après la fin de la saison de reproduction.

Toutes les femelles du ranch sont identifiées (boucles ordinaires/boucles électroniques), c'est un atout pour un suivi individuel des femelles futures reproductrices ou déjà mises à la reproduction. Il serait vivement souhaitable que le ranch fasse l'acquisition d'un programme informatisé de gestion de données tels que le programme LASER du Cirad (<http://www.arche-net.org/index.php/fr/tools-fr/laser-fr>) ou encore un programme sudafricain <https://www.planahead.co.za/livestock/dairy-management-software/>. Des pathologies telles que l'anœstrus ou les infections utérines non diagnostiquées à temps pourraient être à l'origine de mauvaises performances dans les troupeaux. Sur le plan pratique, pour améliorer les résultats de gestation de la saison unique de reproduction, il sera indispensable effectuer un suivi des femelles lors des passages aux centres de soins pour identifier aussi précocement que possible les femelles qui ont avorté, celles en anœstrus ou celles qui présentent des écoulements

vulvaires anormaux ou encore procéder à l'évaluation de leur état corporel. La palpation manuelle, la vaginoscopie ou encore l'échographie constituent des outils propédeutiques indispensables à cette démarche. Chez les génisses par exemple, une vaginoscopie effectuée avant l'entrée en reproduction permettra de diagnostiquer les cas de persistance de la membrane hyménale pour laquelle, plusieurs cas ont déjà été observés au RN (à l'abattoir sur des génisses non gestantes issus de la première mise à la reproduction). L'idée est d'intervenir plus tôt, d'apporter des mesures correctives dans la mesure du possible, avec pour objectif d'éviter que plus de 5 % des femelles aient le statut « non gestantes-non cyclées ». Et, c'est précisément à ce niveau que le recours à des traitements hormonaux aux progestagènes à but thérapeutique trouvera tout son intérêt dans la gestion de la reproduction de la femelle N'Dama au RN.

A notre avis, l'existence de la saison de monte complémentaire ne se justifie pas. Avec deux saisons de monte les choses se déroulent comme si l'on acceptait de « subir les caprices de la nature et de la biologie des animaux ». On place les femelles au contact des taureaux- on laisse faire la nature - on attend un moment- on vérifie quelque temps après (constat de gestation) -si cela n'a pas marché pour la première fois- pas de problème- on recommence avec les femelles vides - cela devrait bien marcher la deuxième fois. Cette façon de faire n'est pas en conformité avec l'objectif de l'augmentation du cheptel du ranch par l'amélioration du nombre des naissances. Il s'agit plutôt chaque année de se fixer des objectifs à atteindre en termes de paramètres démographiques du troupeau par exemple comme proposé au Tableau XVIII.

Tableau XVIII. Paramètres démographiques du cheptel du RN (exemple d'objectifs à fixer)

Paramètres		Valeurs (%)
Taux de gestation (saillies naturelles + IA)		> 85
Taux d'avortement et de mortinatalité		< 5
Taux de vêlage		> 85
Réforme des vaches (infécondité, vieillesse ou pathologies diverses)		< 5
Taux de mortalité	Avant sevrage	≤ 10
	Sevrage à 2 ans	≤ 3
	Animaux de plus d'un an	≤ 3

La première année de suppression de la saison de monte complémentaire aura pour conséquence pour les génisses, soit de les envoyer à la reproduction plus tôt, à 2 ans (c'est notre choix), soit les mettre à la reproduction plus tard à 3 ans. Normalement, les femelles du RN sont réformées à 10 ans après avoir donné naissance à 6 veaux en moyenne. Une mise à la reproduction tardive à 3 ans, peut compromettre cet objectif. Dans le cas d'une mise à la reproduction à 2 ans, un programme spécial d'alimentation pourra être mis en place. Au Congo Brazzaville dans des conditions d'élevage similaires à celles du RN, des auteurs ont montré que bien alimentées, des génisses N'Dama peuvent atteindre un poids d'environ 200 kg à 2 ans et être mises à la reproduction (Akouango *et al.*, 2010).

En élevage traditionnel de N'Dama, le taux d'avortement susceptible de ne pas compromettre la croissance du cheptel se situerait à 3,5 % (Gbangboche et Alkoiret, 2011). Au RN, le taux moyen d'avortement a été de 2 à 5 % entre 2012 et 2013. Il est passé à 19 % en 2014 (n = 1039) puis à 11,7 % en 2016 (n = 1416). L'augmentation brutale du taux d'avortement de 5 % (2013) à 19 % (2014) a été à l'origine de la suspicion de la présence potentielle dans le cheptel bovin du RN de maladies abortives. En effet, parmi les maladies abortives souvent rencontrées dans les élevages africains : chlamydioses, la fièvre Q, la néosporose, la Diarrhée Virale Bovine (BVD) rarement la Rhinotrachéite Infectieuse Bovine (IBR), seule la brucellose fait l'objet de forte suspicion au RN depuis 2013. Il est possible que cette situation résulte de l'introduction de nouveaux animaux en provenance de RDC (ranchs Mushi et Kolo). Mais en réalité, la brucellose a une présence plutôt lointaine au RN. Elle est apparue dès la création du ranch de Moulengui-Binza (actuel RN) dans les années 80 avec l'arrivée des premiers bovins en provenance des anciens Sénégal (fédération Sénégal et Gambie) et Zaïre (RDC).

La brucellose est une maladie infectieuse virulente et inoculable causée par des bactéries du genre *Brucella* (petit coccobacille Gram-négatif) qui comprend six espèces, donc quatre sont infectieuses pour l'homme : *B. abortus bovis*, *B. suis*, *B. canis* et *B. melitensis* ; cette dernière étant la plus pathogène, la plus invasive et la plus répandue. Elle est extrêmement contagieuse pour les bovins avec des conséquences économiques souvent désastreuses. Chez l'homme, c'est surtout une maladie professionnelle qui se transmet lors de la manipulation du matériel contaminé (manipulation du fumier, lors du vêlage,...) ou par contacts directs avec des animaux contaminés (Maurin, 2005 ; Matika *et al.*, 2011). Peu de personnes vivant dans une exploitation infectée échappent à la contamination. Ainsi, la brucellose représente un risque sérieux pour les personnes travaillant avec des animaux (agriculteurs, vétérinaires, transporteurs,...). En particulier, ceux qui donnent des soins aux animaux - trayeurs, bergers - sont les plus exposés en touchant les organes malades ou simplement la toison fréquemment porteuse de *Brucella* provenant de la litière, de même, les vétérinaires paient un lourd tribut à la maladie. Les employés d'abattoirs, de l'industrie alimentaire de viande, de lait et les bouchers, sont également exposés (Matika *et al.*, 2011 ; AFSCA, 2015). Il s'agit le plus souvent d'une contamination par voie directe cutanéomuqueuse : infection à travers les excoriations de la peau des mains, au niveau de la muqueuse buccale ou nasale, par l'intermédiaire des mains souillées. La contamination interhumaine, est exceptionnelle parce que l'homme malade n'excrète que très rarement des *Brucella*. Certes, on a isolé des *Brucella* dans les urines de malades, dans les expectorations de brucelliens chroniques présentant une bronchite, dans le lait de femmes allaitant, dans les organes génitaux masculins ou féminins, mais ces cas sont exceptionnels. La durée d'incubation varie d'une semaine à plusieurs mois. La maladie se déclare par une phase de syndrome grippal banal, caractérisée par des maux de tête, de la fièvre, de la fatigue et une sensation de malaise ; la maladie va donc de pair avec des accès de fièvre et des symptômes de douleur généralisée. Egalement, des douleurs ostéo-articulaires et de l'arthrite apparaissent lors d'une seconde phase. La personne infectée peut souffrir d'anorexie entraînant une perte de poids (Godfroid *et al.*, 2010 ; Saegerman *et al.*, 2010 ; Diaz, 2013).

A notre avis, l'introduction accidentelle de la PPBC suite aux importations d'animaux sur pieds de 2009 conduit à la prudence des agents du RN au point qu'en absence de diagnostics (clinique/laboratoire) spécifique, tous hésitent à reconnaître officiellement l'existence de cette maladie sur le site. Des mesures de lutte (vaccination) sont pourtant déjà mises œuvre.

Lorsque l'on parle de brucellose, il faut envisager aussi bien l'infertilité femelle que l'infertilité mâle avec une capacité de transmission très grande. A ce jour aucun cas de brucellose clinique et/ou d'avortement brucellique n'a été formellement diagnostiqué et rapporté. Lorsqu'elle sévit dans un élevage, la brucellose ne fait pas que vider cet élevage à sa source (par les avortements qu'elle cause, cette maladie, à elle seule, pourrait ruiner les espoirs du RN), c'est aussi un véritable problème de santé publique du fait qu'elle est une zoonose majeure.

Les mortinatalités au RN sont considérées comme nulles, pour causes : les dystocies et les gestations gémellaires qui les engendrent souvent (Kpomassi, 1991) sont rares. Les femelles vèlent sur les pâtures infestées de faune sauvage (prédateurs). A leur naissance, les veaux sont la proie des pythons et de potamochères. Au RN on considère qu'une femelle gestante (marquée au fer chauffé sur la croupe après constat de gestation ; Figure 26) puis constatée par la suite « vide » sans veau au pis a avorté. Trois situations sont pourtant à envisager : (1) la femelle a réellement avorté, (2) il peut s'agir d'une mortinatalité réelle, (3) la femelle a vèlé sur pâtures et le veau né vivant a été prélevé par la faune sauvage. Les taux de mortalité au RN sont de 1 %, 2 % et de 10 % respectivement chez les taureaux, les vaches et les veaux. La mortalité des veaux constitue un des facteurs déterminants du niveau de productivité en élevage bovin allaitant. Le taux de mortalité des veaux varie selon les élevages. Dans les conditions d'élevage africain (extensif/ranching) le taux de mortalité des veaux se situe en moyenne à 10 % (Lesnoff *et al.*, 2013, Chabi Toko *et al.*, 2016).

Au RN, si la perte de veaux entre le vêlage (veaux enregistrés) et le sevrage (7-9 mois) est bien évaluée, par contre l'estimation des pertes après sevrage et avant l'entrée en reproduction n'est pas claire. Il serait bien de distinguer les phases : perte de veaux avant sevrage et perte de veaux après sevrage. Dans tous les cas, la mortalité des veaux au RN se situant à 10 %, et ce malgré la prédation, pour laquelle nous dirons quelques mots ultérieurement, n'est pas différente de celles rapportées par Lesnoff *et al.* (2013) et Chibo Toko *et al.* (2016) et, à notre avis ne saurait être responsable du manque de croissance numérique de ce cheptel.

Le contrôle de l'évolution du cheptel par le contrôle des taux démographiques : taux de gestation, taux de mortalité et taux d'exploitation des animaux est un déterminant essentiel de la production des bovins tropicaux élevés en conditions extensives. Le taux d'exploitation actuel (20 %) du cheptel bovin du RN est en deçà des 30 % objectifs visé par le ranch. La mortalité annuelle des adultes (< 3 %) et celle des veaux (10 %) ne constituent pas à notre avis des facteurs limitants de la croissance du cheptel bovin du RN. Seuls les taux de gestation et celui des avortements ont des effets négatifs sur ce

cheptel. Cela dit, les performances de reproduction dépendent de facteurs multiples au nombre desquels on peut noter (1) le climat, (2) l'alimentation et (3) l'état sanitaire.

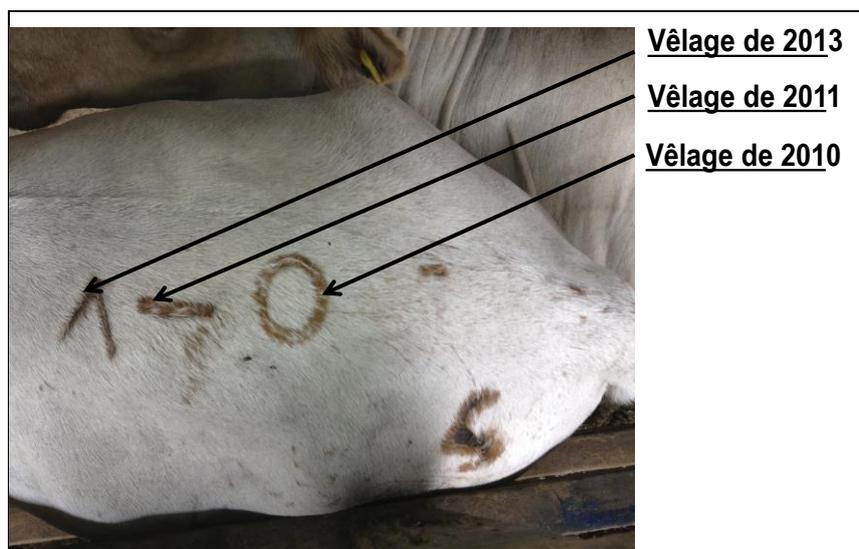


Figure 26. Marquage sur la croupe pour identification des années de vêlage (parité).

4.2.2. Facteurs d'influence des performances de reproduction chez la N'Dama

a) Climat

Le taurin N'Dama est très bien adapté au climat équatorial comme en témoigne sa présence très ancienne en Afrique Centrale. Il supporte bien les fortes températures (25-30°C) et l'humidité (80%). L'action directe du climat sur les performances de reproduction de la femelle N'Dama n'est pas facile à évaluer. A notre connaissance, la notion de zone de neutralité thermique est surtout connue chez les races laitières ; elle n'a pas fait l'objet d'études rapportées chez les bovins indigènes élevés en conditions extensives en milieux tropicaux. D'une manière générale, les bovins semblent peu sensibles à la photopériode. Dans de rares cas, l'éclairage (existence de variations saisonnières de la durée d'éclairage) réduit la période d'anœstrus postpartum, certains auteurs suggérant que chez les bovins les jours longs sont stimulateurs et les jours courts inhibiteurs de l'activité sexuelle (Chemineau *et al.*, 1993 ; Malpaux *et al.*, 1996). Sous l'équateur, la durée du jour (12 h ; 6-18 h) est sensiblement égale à celle de la nuit (12 h, 18-6 h). Les effets du couple climat/végétation sur les performances de reproduction des bovins du RN sont plutôt indirects et sont plus à rechercher aux niveaux alimentaire et sanitaire.

b). Sur le plan alimentaire

Lors des saisons pluvieuses, la production primaire des parcours augmente ainsi que la valeur alimentaire de la végétation. L'influence de la nutrition sur les capacités de reproduction des bovins est bien connue. L'optimisation des performances zootechniques et reproductives des animaux passe nécessairement par la maîtrise de l'alimentation (Monget *et al.*, 2004 ; Meschy, 2010 ; Monget et Graeme, 2015). Chez la femelle N'Dama, Gyawu (1989) a observé que des vaches sous alimentées entrent plus souvent en anœstrus prolongé et que les variations de poids des vaches après le vêlage

sont associées à la rapidité de la reprise de l'activité ovarienne. Nos travaux ont été réalisés au cours des périodes de saisons sèches connues pour être défavorables sur le plan alimentaire. Toutefois, les animaux ont reçu un complément alimentaire de son de blé, un peu de tourteau de palme et de sels minéraux. La notation de l'état corporel (NEC) est un bon indicateur du niveau d'alimentation chez les bovins viandeux. Sur une échelle de 1= maigre à 5 = gras, la moyenne pour les animaux de nos études était de 2,4, soit bonne.

D'après Ezanno *et al.* (2005) au seuil de 2,5 de NEC les femelles N'Dama expriment bien leur potentiel génétique et ont de bonnes performances de production dans leur environnement. Les pâtures au RN étant essentiellement constituées de graminées du genre *Hyparrhénia sp.*, l'on est en droit de s'interroger sur les capacités de ces graminées à satisfaire à elles seules les besoins nutritionnels afin d'assurer de bonnes performances de reproduction des femelles. Une façon de procéder peut consister à calculer les besoins théoriques des animaux, à soustraire les apports contrôlés, et à vérifier si les besoins résiduels sont compatibles avec la composition présumée du fourrage à *Hyparrhénia sp.* Pour la facilité de l'exposé, les calculs des besoins en protéines sont exprimés selon l'ancienne unité MAD car : (1), le système PDI n'a pas encore réellement été validé en Afrique (2), la matière azoté digestible (MAD) est égale à la matière azoté totale (MAT) multipliée par le coefficient de digestibilité (CD) qui lui, peut être estimé à partir de la fibre brute ou directement lu sur une table.

Hyparrhénia est une graminée naturelle pérenne originaire de l'Afrique de l'Ouest qui représente environ 60% du couvert végétal des parcours du ranch. Dans de bonnes conditions, cette graminée a une bonne productivité – 7 à 9 tonnes de MS/ha/an - et supporte bien les charges instantanées de pâtures appliquées au niveau du ranch (1 UBT/4ha). La composition chimique de l'*Hyparrhénia* (jeunes repousses de 30 jours) est la suivante: matière sèche (MS) = 19 %, énergie = 0,82 UFL MS, matière azoté digestible (MAD) = 37 % MAT, matière grasse (MG) = 2 % MS, cellulose 34 % MS, calcium (Ca) = 0,52 g/kg MS, phosphore (P) = 2,48 g/kg MS et énergie en unité fourragère lait (UFL) = 0,57 ; les teneurs en potassium et en magnésium n'ont pas été rapportées par Rivière, (1991).

La capacité d'ingestion des animaux est de 2,5 % de leur poids vif soit 6,5 kg de MS. Ils consomment 1 kg de son de blé et 1 kg de tourteau ; ils vont donc ingérer 4,5 kg d'*Hyparrhénia sp.* Les animaux ont été supplémentés avec du son de blé (0,9 kg MS/kg, 0,8UF/kg MS, 140g MAD/kg MS) et du tourteau de palmiste (0,9 kg MS/kg, 0,92 UF/kg MS, 147g MAD/kg MS) à raison de 1kg/animal/jour de chaque type. Ils ont reçu à volonté un complexe minéralo-vitaminé sous forme de blocs à lécher (Tableau XIX), dont l'ingestion par léchage peut être estimée à 20g/j. A priori, au regard du pourcentage relativement élevé d'animaux cyclés (90 %) de notre étude, l'alimentation des animaux ne semble pas avoir été un facteur limitant des performances de reproduction des animaux.

La disponibilité alimentaire, sous son aspect quantitatif, ne constitue pas un problème au RN du fait des grandes surfaces disponibles qui permettent aux animaux de sélectionner les végétaux en fonction de leur appétence. Il est donc vraisemblable que les animaux n'aient pas souffert de carences protéo-énergétiques.

Tableau XIX. Composition du CMV distribué aux bovins du RN.
(CentralysND, Yvelines Paris, France)

Eléments	Par kg de CMV
Calcium (Ca)	240g
Phosphore (P)	35g
Sodium (Na)	40
Magnésium (Mg)	50g
Cuivre	1g
Zinc	3.6g
Manganèse (Mn)	3.6g
Iode (I)	66mg
Cobalt	22mg
Sélénium	20mg
Vitamine A	400 000U.I
Vitamine D3	66 700U.I
Vitamine E	1200U.I

Il est cependant intéressant d'explorer également la couverture des besoins minéralo-vitaminiques. En effet, il existe chez les vaches indigènes des milieux tropicaux une sous-alimentation dite "relative", représentée par une mono ou poly-carence en minéraux ou vitamines avec des conséquences variables sur la reproduction. Une carence en sodium par exemple peut provoquer l'inactivité ovarienne, tandis qu'une carence en carotène peut entraîner une diminution du niveau de progestérone sanguin (Meyer, 2009, Monget *et al.*, 2004). Le phosphore est également un minéral indispensable – souvent déficitaire en milieu tropical - pour assurer un bon fonctionnement du métabolisme énergétique et donc de la reproduction.

Les besoins alimentaires de la vache varient au cours du cycle de production ; ils évoluent de façon à couvrir approximativement par priorité, les besoins d'entretien (composante utile aux fonctions vitales), les besoins de déplacements (lorsqu'ils existent), les besoins de croissance puis ceux de lactation. Ces priorisations ne sont toutefois pas rigides : dans certains cas, un animal en lactation peut perdre du poids. Mais ce n'est qu'une fois tous ces besoins couverts, que la fonction de reproduction peut être assurée de manière optimale. Le plan d'alimentation pour un tel animal est présenté dans le Tableau XX

A la lecture du Tableau XX, avec une telle ration : 4,3 kg *Hyparrhénia sp*, 1 kg tourteau et 1 kg de son il n'y a pas de déficit tant en énergie qu'en protéines car les animaux devaient ingérer un fourrage contenant 0,4 UFL/kg de MS et 2% de MAD. Dans les deux cas, ces densités sont dépassées. Pour ce qui se rapporte aux besoins en Ca et en P, ils étaient également largement couverts bien que le rapport Ca/P ait été inversé.

Cela n'a vraisemblablement pas pu avoir de conséquences négatives sur la reproduction. En effet, les besoins en oligo-éléments étaient également couverts du fait que 20g de pierre à lécher apportaient 20 mg de Cu et 72 mg/kg de MS de Zn alors que les besoins en ces oligo-éléments sont de l'ordre respectivement de 8 et 50 mg/kg de MS.

On peut alors s'interroger sur les coûts ou la capacité pour le RN à supplémenter correctement 5000 têtes voire 20 000 têtes, si tant est que le RN atteigne cet effectif, avec du son et du tourteau. Envisager dès maintenant un programme d'amélioration des pâturages au RN devrait accompagner l'objectif de l'augmentation du cheptel.

Tableau XX. Plan d'alimentation des bovins du RN

Besoins	MS (kg)	UFL	MAD (g/kg MS)	Ca (g/kg MS)	P (g/kg MS)
Besoins	6,3	3,5	355	3,7	2,2
Apports complément					
Concentré1= Son de blé 1 kg	0,9	0,72	135	1	9
Concentré2 : Tourteau (1kg)	0,9	0,83	132	2	5
CMV : à volonté	0,02	-	-	5	0,7
Apport théorique parcours					
Parcours (<i>Hyparrhénia sp</i>)	4,48	1,95	88		
Densité nutritive attendue d'Hyparrhénia		$1,95/4,48 = 0,4$	$88/4,48 = 20$ (soit 2% de MAT)		

Selon Rivière (1991), les besoins journaliers pour une femelle N'Dama de 250 kg parcourant 5 km pour se nourrir et produisant 1 litre de lait par jour sont estimés comme suit: 3,55UF, 355g MAD, 3,7g de calcium, 2,2g de phosphore et 5,1g de Na.

c). *Sur le plan sanitaire.*

C'est au cours de la saison pluvieuse que le risque de maladie est le plus grand au RN. Durant cette période, les conditions sont favorables à la pullulation des insectes et, on observe une forte présence d'arthropodes piqueurs et suceurs de sang (tabanidés, glossines, tiques...) vecteurs de maladies. Exception faite de l'épidémie de PPCB connue entre 2009 et 2011, les maladies mortelles rencontrées au RN sont les infections ombilicales, les diarrhées du nouveau-né, la pasteurellose et la trypanosomose. Les vagues de mortalité dues à la PPCB ont cessé en 2013. En fin 2015, le RN a été officiellement déclaré indemne de cette maladie. Sur le plan pratique, chaque semaine les troupeaux sont « ramassés » et conduits aux centres de soins (CS) où ils reçoivent des soins (individuels ou collectifs) et des interventions conformément au programme de prophylaxie en vigueur au RN et organisé comme suit :

- 1^{ère} arrivée du veau au CS (les femelles vèlent sur les pâtures) : désinfection du cordon ombilical, pose de l'encoche auriculaire (identification du mois de naissance), déparasitage systématique (Ivermectine) et antibiothérapie de couverture (tétracycline),
- A un mois d'âge : vermifugation (Lévamisole) et traitement anti-trypanosomose (Diminazen),
- 2 semaines avant sevrage : traitement préventif anti-trypanosomose (Diminazen) les veaux femelles sont vaccinés contre la brucellose (vaccin à base de souche B19),
- Au sevrage : traitement anti-trypanosomose (chlorure d'isométhamidium), déparasitage interne (Ivermectine/Lévamisole),

- Avant l'entrée en « service » : test de dépistage de brucellose (test au rose Bengal) pour les mâles, futurs reproducteurs et rappel de vaccination contre la brucellose pour les femelles. Traitement anti-trypanosomose pour l'ensemble des animaux.
- A l'âge adulte les animaux passent 2 fois par an dans un bain détiqueur (fluméthrine) et reçoivent également deux fois par an un traitement anti-trypanosome.

Chez les zébus du RN ayant survécu à la trypanosomose, cette maladie, pourrait être responsable d'une baisse de leur capacité à se reproduire. A ce jour, aucune étude n'a été réalisée pour renseigner sur cet aspect de la maladie au RN. Ailleurs, chez 320 femelles zébus âgées de plus de 36 mois une étude a montré une indubitable corrélation négative entre le taux annuel d'avortement et la prévalence de la trypanosomose ; ces avortements intervenant de manière prépondérante durant le dernier tiers de gestation (FAO, 1996 ; Magali, 2016). Bien que les N'Dama soient trypanotolérants, du fait de leur atteinte de l'état général, cette maladie pourrait, influencer les résultats, en termes de taux d'induction et de gestation, lors des campagnes d'IA. En effet, la trypanotolérance n'est pas un état réfractaire : dans les régions infestées à forte pression glossinaire, il est essentiel de prévoir l'utilisation de médicaments trypanocides pour optimiser la production, y compris celle des races trypanotolérantes. En effet, la productivité des animaux décroît à mesure que le risque augmente comme le montre le tableau qui suit (Trail *et al.*, 1986 ; Pangu, 2001). Le fait d'une part, que nos travaux se soient déroulés durant la saison sèche connue comme défavorable à la pullulation d'arthropodes responsables de la transmission de maladies animales et d'autre part que les animaux de nos études aient été soumis à un programme de prophylaxie sanitaire explique certainement la bonne santé des animaux et l'absence de mortalité pour la période des essais.

Les performances de reproduction des bovins du RN ne sont pas optimales, en particulier le taux de gestation est faible et les avortements élevés. Le suivi de reproduction, de la santé et l'amélioration de l'alimentation des animaux qui passe d'une part, par une amélioration des parcours et d'autre part par une supplémentation en sous-produits d'agro-industries contribueraient à améliorer les performances de reproduction. Il faut le signaler, le RN est implanté dans une zone très giboyeuse du territoire gabonais où le bétail bovin côtoie en permanence la faune sauvage. Il est de ce fait judicieux d'explorer l'impact potentiel de cette faune sauvage sur la croissance du cheptel.

4.3. ELEVAGE AU RN: RELATION BÉTAIL ET FAUNE SAUVAGE

La faune sauvage du RN, comprend des animaux sans action directe sur le bétail mais ayant néanmoins un impact non négligeable sur sa gestion et ceux qui, en s'attaquant directement au bétail, ont des effets néfastes pour l'évolution de ce cheptel. Les pythons et les potamochères s'attaquent souvent au bétail (Figure 27). Ils sont particulièrement actifs en saisons pluvieuses en période de vêlage (fréquents dans les sections de reproduction Galla et Yaba) et dans les sections qui offrent de meilleurs abris pour se dissimuler et échapper aux bouviers (galeries forestières, cours d'eau, herbes hautes...).

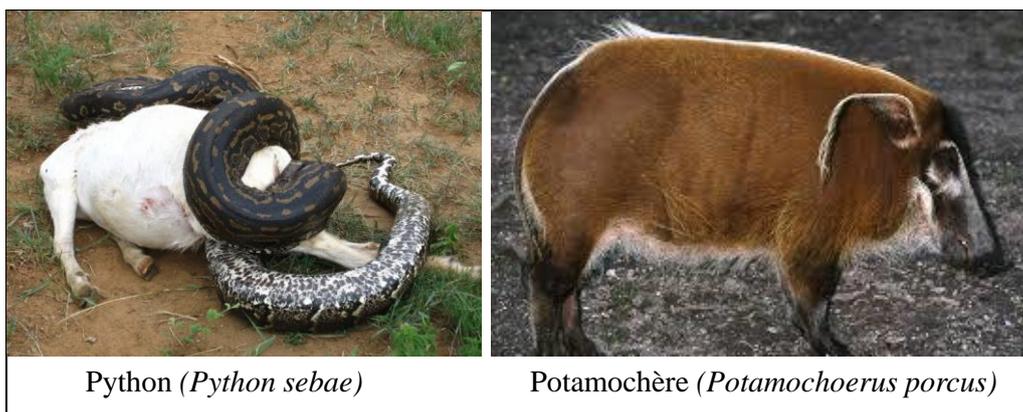


Figure 27. Faune sauvage du RN (1) : Python et potamochère.

En 2014 par exemple sur 1039 femelles constatées gestantes 841, ont vêlé (veaux enregistrés) et 764 veaux ont été sevrés, ce qui correspond à 275 veaux perdus entre le constat de gestations et le sevrage. Une étude réalisée en 2016 sur les causes de perte de veaux entre le constat de gestation (n = 1416) et le sevrage révèle que 166 cas d'avortements ont été enregistrés, 65 morts de causes bien identifiées et 122 disparus, cadavres non retrouvés, mortalité attribuée à la prédation.

La notion d'avortement étant à relativiser dans le contexte du RN, cette étude (réalisée dans le cadre d'un travail de fin d'études de formation d'ingénieur agronome, option production animale, données non publiées) montre que la prédation est la principale cause de perte de veau avant sevrage (figure 28a). Elle touche principalement les veaux 0 et 1 mois d'âge (figure 28b), dans les sections offrant de meilleurs abris aux prédateurs (figure 28c) et elle sévit plus sur les veaux des génisses (figure 28d).

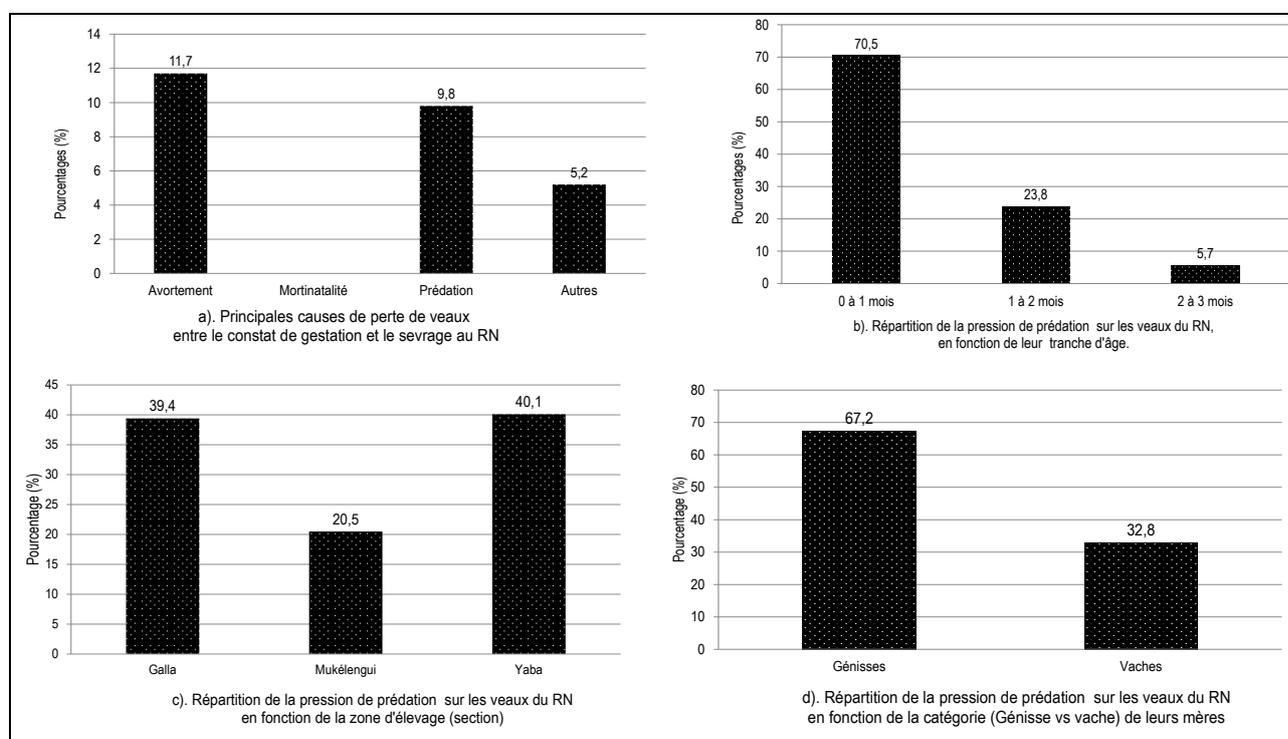


Figure 28. Principales causes de perte de veaux dans l'intervalle : constat de gestation-sevrage. (Source : Ntoutoume Ona, 2017)

En élevages villageois (élevage extensif), le taux de sevrage chez la N'Dama atteint les 98,4% (Sokouri *et al.*, 2010). Au RN, le taux de servage a été de 90,8 % (n = 841) et 88,8 % (n = 1063) respectivement pour les années 2014 et 2016. Ces taux de sevrage sont faibles, leur amélioration qui passe nécessairement par une réduction de la prédation de veaux serait plutôt favorable à la croissance du cheptel.

A notre connaissance, au RN il n'y a pas de grands fauves (lions, guépards, léopards et panthères) susceptibles de s'attaquer directement au bétail. Les éléphants (Figure 29) sont également présents au RN. Là où les éléphants s'installent, il est difficile de les en déloger. Ces pachydermes ne s'attaquent pas directement au bétail mais par le fait qu'ils détruisent les clôtures (séparant les parcs/parcelles), ils sont dangereux pour le ranch. En effet, toute la gestion technique des activités d'élevage au RN : ramassages des animaux, gestion rotative de l'alimentation, gestion de la reproduction et de la santé repose sur le cloisonnement, grâce aux clôtures de barbelés, en divisions, sections, parcs et parcelles. A chaque passage de troupeaux d'éléphants à travers le ranch, ces clôtures sont détruites. Quant aux buffles (Figure 29), en plus de la destruction des clôtures, ils sont en compétition alimentaire avec le bétail. Après les feux pour le renouvellement des pâtures, les buffles sont les premiers à arriver sur les parcelles, ils s'alimentent de jeunes pousses très nutritives privant ainsi le bétail qui souvent arrive tard du fait des programmes préétablis pour la rotation. Parfois, lors de rencontres bétail-buffles, il n'est pas rare d'observer des combats sanglants et souvent mortels pour les taureaux. Ces deux espèces animales (éléphants et buffles) sont intégralement protégées par une loi gabonaise ; les tuer conduit systématiquement à des peines de prison ferme (Annexe 4).

Aussi étonnant que cela puisse paraître, le grand ennemi du bétail au RN est représenté par un petit oiseau pesant à peine 250 à 300g : le pique-bœuf à bec rouge (*Buphagus erythrorhynchus*), que l'on peut voir ici sur le dos d'un buffle (Figure 29). Cet oiseau vivant en symbiose avec la faune sauvage (céphalophes et buffles) a fini par s'adapter au bétail. Il se nourrit principalement d'insectes (adultes et formes larvaires) et de sang. Pour se nourrir de sang, il ouvre les petites fissures se trouvant sur la peau puis, en se servant à chaque fois, il maintient la plaie ouverte (Figure 30).

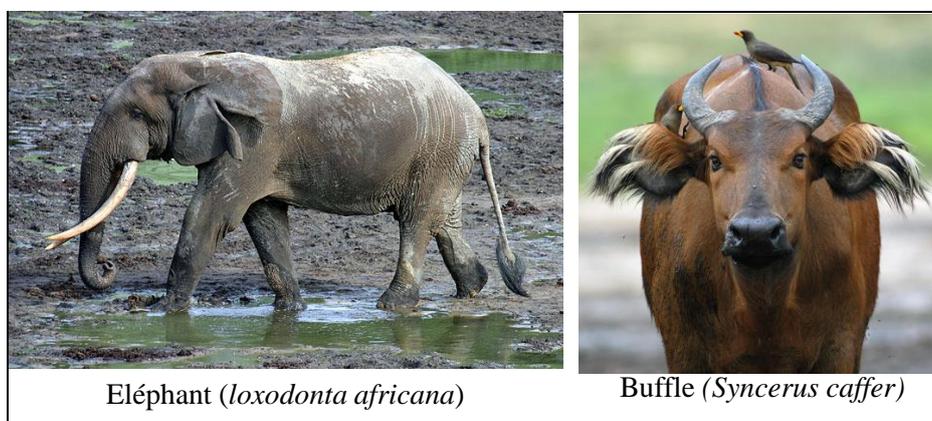


Figure 29. Faune sauvage du RN (2) Eléphant et Buffle.

Les plaies béantes s'infectent et de larves de parasites en particulier, celles de la lucilie bouchère (*Cochliomyia hominivorax*) peuvent s'y installer. Ces oiseaux provoquent des nuisances telles que pour en échapper, les animaux se réfugient souvent dans les galeries forestières (figure 31). Ils ne peuvent donc plus se nourrir voire se reproduire correctement, ils finissent par y vivre et ne se présentent plus aux centres de soins pour leur suivi sanitaire. Dans ces forêts, ils deviennent encore plus fragiles. L'impact des pique-bœufs sur le bétail n'a pas encore fait l'objet d'étude spécifique au niveau du RN. Mais on imagine bien que les nuisances dont ils sont responsables, peuvent impacter aussi bien la santé, l'alimentation que la reproduction du bétail du RN.



Figure 30. Blessures sur quelques animaux et entretenues ouvertes par les pique-bœufs à bec rouge.



Figure 31. Exemple de vaches se retrouvant en pleine forêt au RN.
(Échappant probablement aux pique-bœufs beaucoup plus présents sur les parcs).

La gestion de la faune sauvage pour préserver le bétail des méfaits de leur présence n'est pas chose aisée au RN. Le propriétaire y voit d'ailleurs à travers la présence de la diversité de la faune sauvage,

le moyen de développer de l'écotourisme. Il serait question d'associer : gestion du bétail et gestion de la faune sauvage et rendre donc obligatoire la cohabitation bétail et animaux sauvages d'autant que certains sont protégés

Bien que la prédation des veaux soit d'un impact mineur sur l'évolution du cheptel, des mesures ont néanmoins été prises pour limiter l'effet des prédateurs et réduire le manque à gagner résultant de leurs actions. C'est ainsi qu'une prime de 15 000f CFA (22,87 euros) est offerte pour l'abattage d'un python et de 25 000f CFA (38,11 euros) pour l'abattage d'un potamochère. Au regard de la pression constante de la prédation sur le bétail, on peut affirmer qu'à ce jour ces mesures ne sont pas concluantes. Chaque année, 10 à 20 pythons et entre 10 et 15 sangliers sont officiellement abattus ; c'est insignifiant lorsque l'on connaît le niveau de prolificité de ces animaux. Une prime de 500f CFA (76,22 centimes d'euros) était offerte pour l'abattage de chaque pique bœuf à bec rouge. Pour des raisons inconnues, cette prime a été supprimée.

Comme développé plus haut, l'impact de la faune sauvage n'est peut-être pas à rechercher dans le cadre des actions qu'elle exerce directement sur le bétail. Il s'agit plutôt d'explorer du côté des actions indirectes - destruction des barbelés (buffles et éléphants)- compétition alimentaire (buffles) et surtout les nuisances diverses occasionnées par les pique-bœufs.

4.4. STRATÉGIES D'AMÉLIORATION DE LA PRODUCTIVITÉ DU BÉTAIL DU RN

4.4.1. Niveau de production de viande du RN

Les importations annuelles de viande au Gabon se chiffrent à près de 34 000 tonnes. L'objectif du RN est de réduire annuellement ce volume d'importations de 5 à 10 %. Cet objectif correspond à une production annuelle située entre 1700 et 3400 tonnes de viande, l'idée étant de conduire le pays vers l'autosuffisance alimentaire en viande. La production annuelle actuelle du RN est évaluée à de 195 tonnes correspondant à l'abattage hebdomadaire de 25 bovins de poids moyen égal à 300 kg par individu avec un rendement carcasse (RC) de 50 %. Cette production équivaut à environ 5,5 à 11,7 % de l'objectif visé, le ranch est donc encore très loin du compte. Ainsi annuellement, le RN, sort environ 1300 têtes de son troupeau. Pour un effectif oscillant entre 4500 et 5300 têtes, cela représente un taux d'exploitation entre 24 et 28 %. En tenant compte en plus des mortalités annuelles, il est difficile que de tels taux d'exploitation assurent la croissance régulière du cheptel du RN.

Malgré ces obstacles potentiels, l'objectif reste le même : augmenter le taux de gestation, réduire les mortalités pour améliorer les taux de sevrage entre 90 et 95 %. Dans le contexte de l'élevage africain, l'insémination artificielle a été reconnue comme moyen incontournable pour l'amélioration de la productivité du bétail (Kouamo *et al.*, 2009). Chez la race N'Dama en Afrique de l'Ouest, cette technique de reproduction assistée a donné de bons résultats en termes d'amélioration du GQM de viande (Kamga-Wladjo *et al.*, 2005) et amélioration de la production lait (N'Goran *et al.*, 2015). Depuis 2009, l'insémination artificielle fait l'objet de nombreux essais au RN.

A ce jour, les résultats obtenus sont encore très mitigés. Malgré tout, le recours à l'IA pour l'amélioration de la productivité (numérique et pondérale) du cheptel du RN est une véritable option à envisager.

4.4.2. Insémination artificielle et amélioration de la productivité des animaux

Pour atteindre le niveau de production escompté, le ranch devra abattre environ 220 bovins/semaine, équivalent annuel de 11 440 bovins de 300 kg moyen, avec un RC de 50 %.

Cependant dans l'état actuel des choses (cheptel de 5000 têtes, un taux de gestation de 65 %, un taux d'avortement proche de 10 %, taux de mortalité de 1 %, 2 % et 10 % respectivement pour les taureaux, les vaches et les veaux et un taux d'exploitation du troupeau de l'ordre de 20 %), atteindre 20 000 têtes de bétail demandera encore un peu plus de temps, probablement au-delà de 2025. Deux options sont alors envisageables : soit revoir à la baisse les objectifs fixés au départ soit, changer de stratégie. S'il nous est difficile d'influencer la redéfinition des objectifs du RN, il nous est plus aisé de faire à travers ce document des propositions favorables à un changement de stratégie.

En effet, l'objectif visé de 20 000 têtes de bétail correspond indéniablement à un objectif de production de viande. Si l'on exploite 20 000 têtes de bétail à 30 %, la production de viande sera estimée à 46 000 tonnes - 20 000 têtes x 30% x 150 kg (poids d'une carcasse) x 52 semaines - une telle production couvrira tous les besoins en viande du pays et le placera en situation de pays autosuffisant. Si cela est facile à écrire, le réaliser est tout autre chose. A notre avis, il est plus intéressant d'opter pour une autre stratégie. Ainsi, plutôt que de raisonner en termes d'effectif à atteindre (20 000 têtes) il est possible d'aborder le problème en termes de volume de production à atteindre. Par exemple, la production annuelle de viande de 195 tonnes est obtenue en exploitant des bœufs N'Dama en race pure ce qui correspond à l'abattage d'environ 1300 têtes/an soit un taux d'exploitation de 26 %. Exploiter des animaux de même âge, avec un RC identique mais plus lourds aura l'avantage d'utiliser moins d'animaux.

Youssao *et al.* (2000), Kamga-Waladjo *et al.* (2005) ont observé chez des veaux N'Dama croisés : N'Damol (croisé N'Dama x Holstein), N'Damont (croisé N'Dama x Montbéliard), N'Dabrune (croisé N'Dama x Brune des alpes), N'Damance (croisé N'Dama x Abondance) une vitesse de croissance significativement supérieure à celle observée chez les veaux N'Dama de race pure (Figure 32) Cette vitesse de croissance des croisés est soutenue par des GQM de l'ordre 400 à 600g/jour entre 0 et 1 an d'âge significativement supérieurs à ceux observés chez les veaux de race pure qui oscillent entre 215 et 325g/jour. Selon Kamga-Waladjo *et al.* (2005), un veau mâle N'Dabrune par exemple naît avec 24,1 kg (contre 15,8 pour le N'Dama), il atteint un poids vif de 188,6 kg à un an d'âge contre 97,3 kg pour la N'Dama. Au RN, l'utilisation d'animaux plus jeunes, de plus grand format et plus lourds serait certainement plus profitable à la croissance du cheptel et par conséquent à la production de viande.

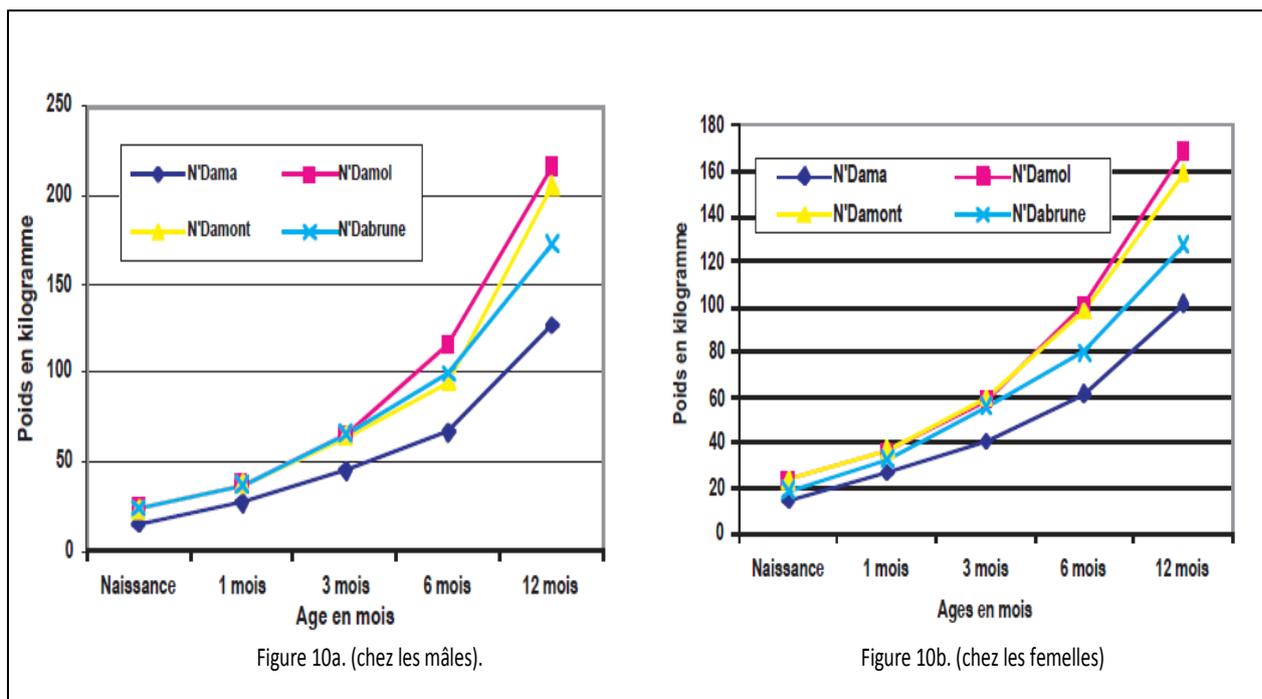


Figure 32. Courbes de croissance comparative entre N'Dama de race pure et produits issus de croisements. N'Damont (N'Dama x Montbéliarde), N'Damol (N'Dama x Holstein) et N'Dabrune (N'Dama x Brune des Alpes). *Source : Kamga-Waladjo et al. (2005).*

Afin d'estimer le poids à 4 ans des types génétiques N'Dabrune et NDamance, susceptibles d'être plus adaptés aux conditions d'élevage du Gabon, l'équation de Gompertz : $y = a \times \exp(-\beta \times \exp(-\gamma \times t))$ a été utilisée pour modéliser leur courbe de croissance entre 0 et 70 mois d'âges (Figure 33), avec Y = poids des types génétiques en kilogramme (kg), a = poids asymptotique (poids maximum du bovin) en kg, β = constante d'intégration et γ = paramètre de vitesse de croissance (facteur de maturation) en (kg/j).

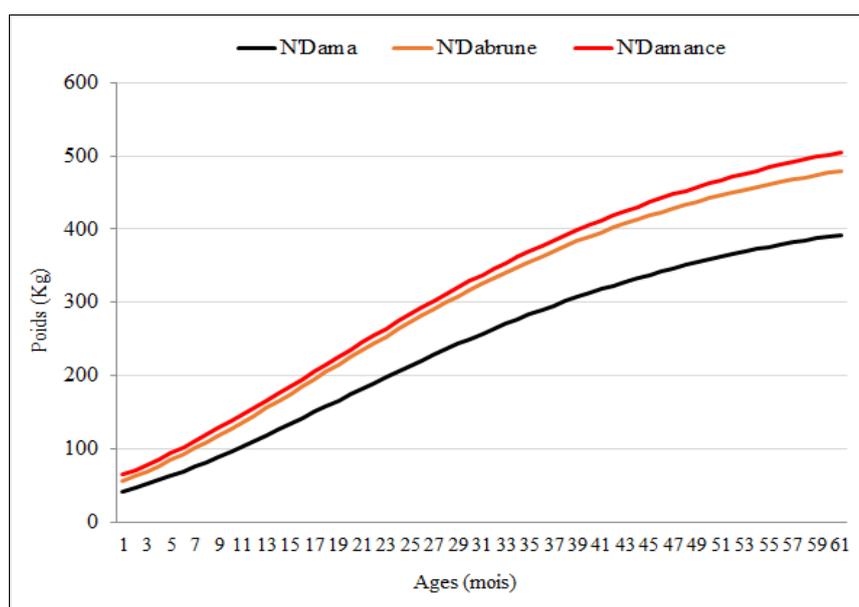


Figure 33. Courbes de croissance théorique des types génétiques : N'Dama, N'Dabrune et N'Damance entre 0 et 60 mois.

L'âge à l'inflexion (T_i) correspond à la période où la croissance est maximale et est calculé par la formule suivante : $T_i = (1/\gamma) \times \ln |\beta|$. P_i correspond au poids à l'âge T_i . Ainsi, une simulation permet d'établir que ces types génétiques N'Dabrune et NDamance, que l'on peut d'ailleurs assimiler à des N'Dapol (croisés N'Dama x Sénégal) atteindront théoriquement les 450 à 500 kg à 4 ans. En raisonnant sur cette base, au lieu d'un abattage annuel de 1300 têtes (hebdomadaire de 25 bovins) pour produire 195 tonnes de viande, il s'agira plutôt de l'abattage d'environ 940 têtes/an (abattage de 18 têtes/semaine).

Une amélioration des taux de gestation (de 65% à 80 %) et d'avortement (de 11 à moins de 5 %) au RN permettrait de prévoir qu'avec 1700 femelles, effectif moyen de femelles mises à la reproduction, environ 1200 veaux pourront être sevrés annuellement. Ce niveau de reproduction suffira pour garantir en même temps une croissance du cheptel et une bonne production de viande d'autant que 40 à 60 % de veaux sevrés soient des croisés (N'Dapol, N'Damance ou N'Dabrune).

Avoir des objectifs de production en termes de quantité de viande devrait guider les stratégies des élevages bovins africains. On constate que chez nombreux d'entre eux, atteindre un grand effectif en procure de la satisfaction et de la fierté à l'éleveur ; la taille du cheptel est souvent utilisée comme critère de comparaison entre élevages.

La projection démographique d'un troupeau est un outil utilisé par les zootechniciens qui renseigne sur l'évolution théorique d'un troupeau. Elle permet de prévoir la production et adapter les mesures de gestion technique en conséquence (Ba *et al.*, 2012). L'éleveur peut ainsi prévoir le niveau de production de son bétail et opérer les contrôles et corrections nécessaires en fonction des indicateurs et objectifs intermédiaires. Actuellement, atteindre l'objectif de 20 000 têtes de bétail au RN à l'horizon 2025 demeure une priorité (<http://www.siatgabon.com/le-ranch-nyanga/>). Dans un premier temps, l'objectif de 20 000 têtes de bétail était fixé entre 2013 ($n = 4500$ têtes) et 2017, soit un gain en bovins de 15 500 têtes sur 5 ans, cet objectif n'a pas été atteint (cf. tableau IX). Pour les responsables du RN, il s'agit de passer de 5000 têtes en 2018 à 20 000 têtes en 2025, soit un gain en bétail de 15 000 têtes sur 8ans. Nous émettons des réserves quant à la réalisation de cet objectif pour la période indiquée. En effet, dans le cadre de ce travail et ce, afin d'apprécier l'évolution théorique du cheptel du RN entre 2018 et 2025, une projection démographique, a été réalisée (Annexe 3b) en tenant compte des paramètres suivants :

- Cheptel de 5000 têtes avec 1800 reproductrices,
- Taux de gestation et taux de vêlage surestimés, respectivement de 80 % et 90 %,
- Taux de mortalité : 1, 2 et 10 % respectivement chez les taureaux, les vaches et les veaux,
- Taux d'exploitation du troupeau de l'ordre de 14 % (13,4 %),

Le tableau XXI en est le récapitulatif. Cette projection montre que, sous réserve d'être dans les mêmes conditions (mêmes paramètres), c'est plutôt entre 2029 et 2030 que l'effectif de 20 000 têtes sera atteint.

Tableau XXI. Projection démographique du troupeau bovin du RN (tableau récapitulatif):

Années	Effectif début	Naissances	Effectif total	Croît absolu (%)	Mortalité (%)	Déstockage (%)	Effectif fin	Croît Relatif (%)
2018	5070	1886	6956	37,2	5,5	11,5	5773	12,1
2019	5773	2040	7813	35,3	4,6	10,9	6603	12,5
2020	6603	2700	9303	40,9	4,9	11,8	7750	14,8
2021	7750	2612	10362	33,7	4,7	12,5	8578	9,6
2022	8578	2952	11530	34,4	4,7	13,9	9395	8,7
2023	9395	3192	12587	34,0	4,6	15,1	10119	7,1
2024	10119	3602	13721	35,6	4,7	14,6	11074	8,6
2025	11074	4008	15082	36,2	4,8	14,9	12164	8,9
2026	12164	4530	16694	37,2	4,8	15,0	13390	9,1
2027	13390	4952	18342	37,0	4,8	14,9	14759	9,3
2028	14759	5454	20213	36,9	4,8	14,4	16541	10,8
2029	16541	6004	22545	36,3	4,8	12,9	18568	10,9
2030	18568	6698	25266	36,1	4,8	12,3	20964	11,4
Moyennes				36,2	4,8	13,4		10,3

La stratégie pour l'augmentation du nombre de bêtes au RN sera donc très étalée dans le temps et le choix de l'IA pour l'amélioration de la production de viande quant à lui pose forcément la problématique du coût d'opportunité de cette technique de reproduction.

4.4.3. Plus-value de l'insémination artificielle pour le RN

Le RN réalise en moyenne 250 à 300 IA par an sur son cheptel. Les coûts principaux sont représentés par l'achat des hormones, de la semence et des consommables divers (Annexe 5a, 5b, 5c). Les hormones sont importées d'Europe, de Belgique principalement. La semence, essentiellement de race Sénépol, provient du Brésil. Chaque année, le ranch dépense environ 700 euros en azote liquide pour la conservation de la semence. L'évaluation du coût pour une IA effectuée au RN est présentée dans le tableau XXII.

Tableau XXII. Evaluation du coût* pour une IA effectuée au RN

Produits/hormones	Prix unitaire (euros)	Prix unitaire (f FCA)
Dispositif CIDR (progestérone 1,38 g)	6,3	4132,5
Estrumate (PGF2 α)/ 1 dose (2 ml)	6,3	4132,5
Folligon (eCG)/ 1 dose (1,5 ml)	10	6559,6
Receptal (GnRH)/ 1 dose (2,5ml)	10	6559,6
Semence (1 dose)	10	6559,6
Honoraire inséminateur**	20	13119,3
Coût d'une IA	62,6	41062,9

*Ces prix tiennent compte des frais de transport, assurance et douanes

**Coût de la main d'œuvre (gardiennage, ramassage, gestion et contention des animaux) indexé aux honoraires de l'inséminateur.

Au regard de ce tableau XXII, pour une campagne annuelle d'IA impliquant 300 femelles, il faut compter environ 18 780 euros soit 12 318 872,46 f CFA. Dans notre étude, les implications économiques de l'utilisation de l'IA reposent essentiellement sur la valeur des poids au sevrage et à âge type des animaux issus des croisements. En utilisant une analyse budgétaire, il est donc possible d'établir une comparaison des bénéfices potentiels entre une campagne d'IA et la saillie naturelle (Tableau XXIII).

Tableau XXIII. Comparaison des bénéfices potentiels Saillie naturelle vs campagne d'IA

Paramètres	Saillie naturelle (n = 300)		Insémination artificielle (n = 300)	
	Valeurs	effectifs/montants	Valeurs	Effectifs/Montants
Taux de gestation (%)	65	195	50	150
Vêlage (%)	90	176	90	135
Sevrage (%)	90	158	90	122
Taux de vente	95	150	95	115
Poids du bovin à la vente	300	-	450	-
Rendement de carcasse 50 %	-	150	-	225
Prix au kg de viande (f CFA/kg)	-	3500	-	3500
Valeur d'un animal (f CFA)	-	525 000	-	787 500
Valeur totale la campagne	-	78 750 000	-	90 562 500
Investissement (f CFA)	-	0	-	12 318 872
Investissement (Euros)		0		18 780
Bénéfice campagne (f CFA)	-	78 750 000	-	78 243 628
Bénéfice campagne (Euros)	-	120 053,6	-	119 281,6

D'après les données de ce tableau XXIII, l'utilisation exclusive de la saillie naturelle permet de réaliser une économie de l'ordre de 0,6 % (772 euros/120 000 euros), très négligeable au regard des divers avantages que pourraient générer l'utilisation de l'IA, parmi lesquels : (1) la suppression de la saison de monte complémentaire pour n'organiser la reproduction que sur une seule saison, meilleur évaluation des paramètres de fécondité et donc des performances de reproduction des animaux (2), le raccourcissement de la saison de vêlage avec pour conséquence, une uniformité/homogénéisation des lots de veaux, (facteur potentiel de l'amélioration de la rentabilité), une synchronisation des sevrages et une meilleur croissance des veaux après sevrage donc des veaux plus lourds à un âge type (3), la réduction du nombre de taureau, le ratio de reproduction actuel est d'un taureau pour 10 femelles, cela impose d'entretenir un grand nombre de taureaux sur le site. Après l'IA, le nombre de taureaux sera adapté au nombre de femelles vides (4), un apport génétique non négligeable avec la semence Sénégal notamment. Le Sénégal est un taurin de haut potentiel génétique très adapté aux tropiques, il est très tolérant à la chaleur, résistant à plusieurs maladies et aux parasites (Alvarez *et al.*, 2000).

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

La recherche de la sécurité alimentaire d'une part et de l'autosuffisance alimentaire d'autre part a conduit de nombreux pays africains à intensifier les productions animales. Dès lors, dans les élevages traditionnels l'amélioration génétique des troupeaux est devenue indispensable et l'utilisation des techniques de reproduction assistées telle l'IA, une nécessité. De nombreux essais d'IA ont été réalisés en Afrique et, pour des raisons diverses et variées, les résultats obtenus sont mitigés. En particulier, l'utilisation de l'IA demeure encore tributaire de la détection des chaleurs alors que paradoxalement, les modes d'élevage dans lesquels évolue le bétail rendent cette activité difficile. Plusieurs hormones utilisées seules ou en association permettent de gérer la reproduction en contrôlant le cycle sexuel, l'objectif est de choisir les dates de vêlage, ce qui permet une meilleure organisation des activités de l'élevage avec en perspective une meilleure rentabilité. Les progestagènes ont la capacité d'induire les chaleurs et l'ovulation aussi bien chez les femelles cyclées que celles en œstrus et ce, à travers de nombreux protocoles permettant des IA soit après détection des chaleurs soit à l'aveugle. Chez la femelle trypanotolérante de race N'Dama par exemple, les caractéristiques des chaleurs seraient, d'après certains auteurs, de nature à limiter la vulgarisation de l'IA et donc freiner l'amélioration de la productivité de cette race bovine. La race N'Dama fait actuellement l'objet d'un regain d'intérêt particulier pour l'amélioration de la production de viande au Gabon. Au regard des conditions d'élevages de la race N'Dama, (élevage semi-extensif/ranching), le recours à la gestion hormonale des cycles sexuels de la femelle N'Dama faciliterait l'utilisation de l'IA. Plusieurs protocoles ont déjà été testés chez cette femelle bovine. Mais, devant la nécessité de contribuer à l'amélioration de la productivité du cheptel bovin gabonais (RN) composé à 90 % de taurin de race N'Dama, 3 études ont été conduites pour mieux comprendre et maîtriser la reproduction de la femelle N'Dama. Il s'agissait plus spécifiquement de tester en milieu réel le dispositif de progestérone CIDR[®], afin d'actualiser, préciser et compléter les données relatives aux caractéristiques des chaleurs et de l'ovulation chez cette femelle bovine.

A l'issue de ces travaux, l'on peut affirmer que le dispositif intravaginal de progestérone CIDR[®] (1,38g) est bien toléré par la femelle N'Dama et peut être utilisé dans les programmes de traitement d'induction de l'œstrus et de l'ovulation. Après traitement avec le protocole CIDR-PGF-eCG, le délai d'apparition, la durée de l'œstrus et le moment de l'ovulation respectivement de $48,6 \pm 5,3$ h ; $9,9 \pm 2$ h et $80,4 \pm 12,4$ h ne sont pas influencés par l'injection d'eCG. Par contre, l'administration de cette hormone (300 à 400 UI) en fin de traitement influence significativement : l'expression des chaleurs (meilleure extériorisation), réduit les chaleurs silencieuses, réduit les chaleurs anovulatoires, améliore les taux d'ovulation et la synchronisation des ovulations dans l'intervalle 72 et 96 h post-traitement. Globalement, les caractéristiques des chaleurs et de l'ovulation de la femelle N'Dama (*Bos taurus*) sont, à notre avis, plus proches de celles du Sénégal (*B. taurus* des zones tropicales) et donc des zébus (*Bos indicus*) que de celles des *Bos taurus* des pays tempérés (européens). La connaissance du moment

de l'ovulation est de nature à favoriser une insémination unique 72 h après la fin du traitement sans besoin d'observer les chaleurs. Dans tous les cas, la détection des chaleurs ne doit pas constituer une activité utile lors de la pratique de l'IA dans cette race, il s'agit plutôt d'avoir recours à des protocoles permettant des IA à l'aveugle. Bien que n'ayant pas été testés dans notre étude, ce document propose certains traitement hormonaux favorables à l'utilisation de l'IA systématique (cf. partie 1.4). Le protocole proposé (CIDR-PGF-eCG) est, bien évidemment, susceptible de subir des modifications et évoluer vers certains des protocoles permettant des IA à temps fixe – administration d'une GnRH en début de traitement (amélioration de la synchronisation des chaleurs), modification de la durée du traitement (par la réduction du temps de séjour intravaginal du dispositif CIDR[®]), administration simultanée de PGF/eCG en fin de traitement (réduction du nombre d'intervention). De même, les conditions d'utilisation de ce protocole doivent être précisées - amélioration préalable de l'alimentation/santé des femelles à traiter et le retrait momentané des veaux pour la période du traitement. Le recours aux progestagènes pour la gestion des cycles sexuels de la femelle N'Dama peut garantir une utilisation rationnelle de l'IA chez la race N'Dama ; au regard des difficultés à inséminer les génisses, (étroitesse de leur tractus génital), l'IA serait plutôt à indiquer chez les multipares. L'utilisation de l'IA au RN apparait donc désormais comme une nécessité mais saurait-elle être pour autant, une alternative à la production de viande? A notre avis, l'amélioration de la production de viande par le biais de l'IA sera favorable à la croissance numérique du cheptel : l'objectif étant d'atteindre les 20 000 têtes de bétail à l'horizon 2025. Mais, l'IA ne saurait être, à elle seule, une solution miracle pour la résolution de tous les problèmes en rapports avec les aspects quantitatif et qualitatif de cette production de viande au RN. Pour ce faire, il est indispensable que cette technique de reproduction soit inscrite dans le cadre d'un programme dont la mise en œuvre au RN devra affecter plusieurs autres secteurs de cet élevage : reproduction, alimentation, santé et la conduite des troupeaux. Il s'agira plus spécifiquement de :

- Augmenter le cheptel reproducteur femelle :
 - assurer un bon démarrage des génisses dès le sevrage, en leur réservant les meilleures pâtures et en leur distribuant les compléments alimentaires,
 - mettre en place un suivi de leur croissance (mesures des GQM) et apporter des correctifs si nécessaires - l'objectif étant d'atteindre 60 à 65% (170-180 kg) de leur poids adulte lorsqu'elles seront âgées entre 20 et 24 mois et donc une mise à la reproduction et un âge au 1^{er} vêlage plus précoce,
 - créer une banque de données au moyen d'un logiciel adapté pour évaluer régulièrement les performances de reproduction et de production.
- Augmenter le pourcentage de gestation :
 - suppression de la saison de monte complémentaire,
 - définition des objectifs en rapport avec une évolution prévisionnelle du cheptel,

- dans la saison de reproduction identifier les « femelles à problèmes » et les traiter pour qu'en fin de période de reproduction moins de 5 % des femelles soient non gestantes et non cyclées.
- Réduire les avortements par le dépistage au moyen de méthodes appropriées des maladies abortives (connaître le statut du RN à ce propos).
- Améliorer la survie des veaux :
 - En regroupant les femelles en petites pâtures à l'approche des périodes de vêlages (assurer un meilleur suivi car sur les grandes pâtures les nouveaux nés sont plus exposés à la prédation).
- Améliorer la gestion de la période ente le vêlage et le 3^{ème} mois de vie
 - en réduisant les contacts ente les veaux et la faune sauvage par un aménagement sur les pâtures de dortoirs (lieu de distribution de compléments alimentaires et favorables aux contrôles des veaux),
 - en identifiant les couples mères-veaux (futurs reproducteurs).
- Lutter contre la faune sauvage
 - en revalorisant les primes (abattage) pythons, sangliers et pique-bœufs par des augmentations d'au moins 50 % du niveau actuel,
 - en appliquant les mesures de luttés (répulsion) contre les éléphants notamment, mesures qui sont d'ailleurs en vigueur déjà sur certaines parties du pays.
- Gérer la santé des troupeaux :
 - en réduisant la pression glossaire par des piégeages permanent dans les zones proches des parcs,
 - en favorisant l'élevage des races trypanotolérantes,
 - en maintenant les programmes de prophylaxie sanitaire en vigueur.
- Améliorer les pâturages
 - plusieurs zones du RN sont mécanisables et donc propices à certaines cultures fourragères : *Panicum sp*, *Pennisetum sp*, *Andropogon sp* les associés à des légumineuses *Stylosanthes sp*, *Leucoena sp*,
 - envisager la conservation de fourrages (voie humide et voie sèche).
- Gérer la croissance du cheptel et la production de viande :
 - En définissant les objectifs à atteindre sous la forme de tableau de prévisions (projection démographique, cf. tableau XXI),
 - associer deux stratégies : à court et moyen terme, utilisation de l'IA pour réduire le taux d'exploitation et donc permettre une bonne évolution du cheptel. A long terme, viser l'atteinte des 20 000 têtes de bétail plutôt pour l'horizon 2030.

Près de 60 ans après son indépendance, pour son approvisionnement en denrées alimentaires, le Gabon reste encore tributaire des importations, compromettant ainsi sa souveraineté alimentaire. Cette situation est préoccupante et rend ce pays relativement vulnérable : introduction potentielle de denrées impropres à la consommation, pénurie alimentaire organisée et ciblée. Le RN est un atout pour le Gabon, il peut contribuer à l'intensification de la production de viande. Mais, créé en 1981, le RN (ancien ranch de Moulengui-Binza) n'a toujours pas atteint son objectif : produire suffisamment de viande pour réduire les importations au Gabon. L'introduction de l'IA ouvre une nouvelle ère avec des ambitions bien affichées. Il paraît évident que : (1) pour servir de modèle aux autres structures d'élevage afin d'impulser une politique de vulgarisation de l'élevage bovin au Gabon, (2) pour finalement réussir à atteindre son objectif de 20 000 têtes à l'horizon 2025-2030 et induire une réduction des importations de viande au Gabon, il va falloir « faire » autrement que ce qui se fait depuis près de 40 ans.

BIBLIOGRAPHIE

- Acapovi-Yaon, G., Cissé, B., Zinba-Koumba, C.R., Mavoungou, J.F., 2016. Infections trypanosomiennes chez les bovins dans des élevages de différents départements en Côte d'Ivoire. *Rev Méd Vét*, 167 (9-10) : 289-295.
- Adams, G.P., Matteri, R.L., Ginther, O.J., 1992. Effect of progesterone on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating follicle-stimulating hormone in heifers. *J Reprod Fertil* 96 : 627-640.
- Adeyemo, O., 1987. Plasma concentration of progesterone during normal oestrus cycle and following prostaglandine PgF₂ alpha treatment *Bos indicus* and tropic adapte *Bos taurus*. *Theriogenology*, 27 : 759-768.
- AFSCA, 2015. La Brucellose. En ligne, URL : <http://www.afsca.be/santeanimale/brucellose/#mesures>. consulté le 06/03/2018.
- Akouango, F., Ngokaka, C., Ewomango, P., Kimbembe, E., 2010. Caractérisation morphométrique et reproductive des taureaux et vaches N'Dama du Congo. *Anim Genet Resour*, 46 : 41-47.
- Alvarez, P., Spicer, L.J., Chase, C.C., Jr., Payton, M.E., Hamilton, T.D., Stewart, R.E., Hammond, A.C., Olson, T.A., Wettemann, R.P., 2000. Ovarian and endocrine characteristics during an estrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment. *J Anim Sci*, 78 : 1291-1302.
- Anderson, K.J., LeFever, D.G., Brinks, J.S., Odde, K.G., 1991. The use of reproductive tract scoring in beef heifers. *Agri-Practice*, 12 : 19-26.
- Atkins, J.A., Smith, M.F., Macneil, M.D., Jinks, E.M., Abreu, F.M., Alexander, L.J., Geary, T.W., 2013. Pregnancy establishment and maintenance in cattle. *J Anim Sci*, 91 : 722-733.
- Atkins, J.A., Smith, M.F., Wells, K.J., Geary, T.W., 2010a. Factors affecting preovulatory follicle diameter and ovulation rate after gonadotropin-releasing hormone in postpartum beef cows. Part I: Cycling cows. *J Anim Sci*, 88 : 2300-2310.
- Atkins, J. A., Smith, M.F., Wells, K.J., Geary, T.W., 2010b. Factors affecting preovulatory follicle diameter and ovulation rate following gonadotropin-releasing hormone in postpartum beef cows. Part II: Anestrous cows. *J Anim Sci*, 88 : 2311–2320.
- Ayres, H., Martins, C.M., Ferreira, R.M., Mello, J.E., Dominguez, J.H., Souza, A.H., Valentin, R., Santos, I.C.C., Baruselli, P.S., 2008. Effect of timing of estradiol benzoate administration upon synchronization of ovulation in suckling Nelore cows (*Bos indicus*) treated with a progesterone-releasing intravaginal device. *Anim Reprod Sci*, 109, 77-87.
- Ayres, H., Ferreira, R.M., Torres-Jr, J.R.S., Demétrio, C.G.B., De Lima, C.G., Baruselli, P.S., 2009. Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. *Livestock Sci*, 123 : 175-179.
- Azawi, O.I., Ali, A.J., Lazim, E.H., 2008. Pathological and anatomical abnormalities affecting buffalo cows reproductive tracts in Mosul. *Iraqi J Vet Sci*, 22 : 59-67.
- Ba, A., Lesnoff, M., Doubangolo, C.D., Chapuis-Poccard, R., Moulin, C.J., 2012. Un outil simple de projection démographique pour estimer la productivité d'un cheptel : application à un cheptel bovin de la zone cotonnière au Mali-Sud. En ligne
URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00719396/document>. Consulté le 20.02.2018.
- Bage, R., Gustafson, H., Larson, B., Forsberg, M., Rodriguez-Martinez, H., 2002. Repeat breeding in dairy heifers: follicular dynamics and estrous cycle characteristics in relation to sexual hormone patterns. *Theriogenology*, 2002, 57 : 2257-2269.
- Barone, R., 2001. Anatomie Comparée des Mammifères domestiques : Tome IV Splanchnologie II, L'appareil uro-génital. Vigot Edition, Paris., 896 pp.

- Baruselli, P.S., Reis, E.L., Carvalho, N.A.T., Carvalho, J.B.P., 2004a. eCG increase ovulation rate and plasma progesterone concentration in Nelore (*Bos indicus*) heifers treated with progesterone releasing device. *In: XVI International Congress on Animal Reproduction 1*, p.117 [abstract].
- Baruselli, P.S., Reis, E.L., Marques, M.O., Nasser, L.F., Bó, G.A., 2004b. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Anim Reprod Sci*, 82-83 : 479-486.
- Beltman, M.E., Lonergan, P., Diskin, M.G., Roche, J.F., Crowe, M.A., 2009. Effect of progesterone supplementation in the first week post conception on embryo survival in beef heifers. *Theriogenology*, 71 : 1173-1179.
- Bevers, M.M., Dieleman, S.J., Van-Tol, H.T., Blankenstein, D.M., Van-den-Broek, J., 1989. Changes in pulsatile secretion patterns of LH, FSH, progesterone, androstenedione and oestradiol in cows after superovulation with PMSG. *J Reprod Fertil*, 87 : 745-754.
- Blagna, S., Tellah, M., Molélé-Mbaindingatoloum, F., Mopate-Logtene, Y., Boly, H., 2017. Insémination artificielle bovine par synchronisation des chaleurs au CrestarND en milieu éleveur dans les cascades au Burkina Faso. *J Appli Bisci* 110, 10819-10830.
- 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 *J Dairy Sci*, 98 : 2472–2487.
- Bloch, A., Folman, Y., Kaim, M., Roth, Z., Braw-Tal, R., Wolfenson, D., 2006. Endocrine Alterations Associated with Extended Time Interval Between Estrus and Ovulation in High-Yield Dairy Cows. *J Dairy Sci*, 89 : 4694–4702
- Bo, G.A., Baruselli, P.S., Martinez, M.F., 2003. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci*, 78 : 307-326.
- Bó, G.A., Baruselli, P.S., 2014. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*, 8 : 144-150.
- Bridges, G.A., Helser, L.A., Grum, D.E., Mussard, M.L., Gasser, C.L., Day, M.L., 2008. Decreasing the interval between GnRH and PGF2alpha from 7 to 5 days and lengthening proestrus increases timed-AI pregnancy rates in beef cows. *Theriogenology*, 69 : 843-851.
- Bridges, G.A., Mussard, M.L., Burke, C.R., Day, M.L., 2010. Influence of the length of proestrus on fertility and endocrine function in female cattle. *Anim Reprod Sci*, 117 : 208-215.
- Britt, J.H., Scott, R.G., Armstrong, J.D., Whitacre, M.D., 1986. Determinants of estrous behavior in lactating Holstein cows. *J Dairy Sci*, 69 : 2195-2202.
- Bryan, M.A., Bó, G.A., Heuer, C., Emslie, F.R., 2010. Use of equine chorionic gonadotrophin in synchronised AI of seasonal-breeding, pasture-based, anoestrous dairy cattle. *Reprod Fertil Dev*, 22 : 126-131.
- Busch, D.C., Wilson, D.J., Schafer, D.J., Leitman, N.R., Haden, J.K., Ellersieck, M.R., Smith, M.F., Patterson, D.J., 2007. Comparison of progestin-based estrus synchronization protocols before fixed-time artificial insemination on pregnancy rate in beef heifers. *J Anim Sci*, 85 : 1933-1939.
- Butler, S.A.A., Atkinson, P.C., Boe-Hansen, G.B., Burns, B.M., Dawson, K., Bo, G.A., McGowan, M.R., 2011. Pregnancy rates after fixed-time artificial insemination of Brahman heifers treated to synchronize ovulation with low-dose intravaginal progesterone releasing devices, with or without eCG. *Theriogenology*, 76 : 1416-1423.
- Cartmill, J.A., El-Zarkouny, S.Z., Hensley, B.A., Lamb, G.C., Stevenson, J.S., 2001. Stage of cycle, incidence, and timing of ovulation, and pregnancy rates in dairy cattle after three timed breeding protocols. *J Dairy Sci*, 84 : 1051-1059.
- Carvalho, J.B.P., 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* x *Bos taurus* and *Bos taurus* heifers. *Theriogenology*, 2008, 69 :167–75.

- Castilho, C., Garcia, J.M., Renesto, A., Nogueira, G.P., Brito, L.F., 2007. Follicular dynamics and plasma FSH and progesterone concentrations during follicular deviation in the first post-ovulatory wave in Nellore (*Bos indicus*) heifers. *Anim Reprod Sci*, 98, 189-196.
- Chabi-Toko R, Adégbidi A., Lebailly P., 2016. Démographie et performances zootechniques des élevages bovins traditionnels au Nord Bénin. *Rev Elev Med Vet Pays Trop*, 69 (1) : 33-39.
- Cerri, R. L., Rutigliano, H.M., Bruno, R.G., Santos, J.E.P., 2009. Progesterone concentration, follicular development and induction of cyclicity in dairy cows receiving intravaginal progesterone inserts. *Anim Reprod Sci*, 110 : 56-70.
- Charbonnier, G., Dieng, C., Baldé, M., Paliargues, T., Freret, S., 2006. Optimisation du taux de gestation après insémination artificielle de vaches N'Dama, en conditions villageoises sénégalaises, par l'association du sevrage et d'un traitement de maîtrise des cycles. *Ren. Rech. Ruminants*, 13 : 294.
- Chastant-Maillard, S., Balandraud, J., Jegou, L., Kessler, T., Quinton, H., Constant, F., Mialot, J.P., 2002. Actualités dans le traitement de l'infécondité chez la vache : autour du GnRH. *In* SNGTV (ed) : Conduite à tenir de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal. Journées Nationales GTV : 217-224.
- Chemineau, P., Berthelot, X., Malpaux B., Guerin, Y., Guillaume, D., Melletier, J., 1993. La Maîtrise de la reproduction par la photopériode et la mélatonine chez les mammifères d'élevage. *Cahier Agriculture*, 2 : 81-92.
- Chenault, J.R., Boucher, J.F., Dame, K.J., Meyer, J.A., Wood-Follis, S.L., 2003. Intravaginal progesterone insert to synchronize return to estrus of previously inseminated dairy cows. *J Dairy Sci*, 86 : 2039-2049.
- Cissé, A.B., 1993. Synchronisation des chaleurs chez les vaches N'Dama Zébu Maure avec la prostaglandine F2 α . *In* : Maîtrise de la reproduction et amélioration génétique des ruminants » Apport des Technologies nouvelles, Actualités Scientifiques AUPELF-UREF (ed), Dakar NEAS 21-26.
- Claro Jr, I., Sa Filho, O.G., Peres, R.F., Aono, F.H., Day, M.L., Vasconcelos, J.L., 2010. Reproductive performance of prepubertal *Bos indicus* heifers after progesterone-based treatments. *Theriogenology*, 74 : 903-911.
- Codja, V., 1981. Trypanotolérance et immunité : Recherches sur les taurins de la République Populaire du Bénin, *Th Méd Vét*, Dakar, 80pp.
- Colazo, M.G., Kastelic, J.P., Mapletoft, 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.
- Constant, F., 2004. Observations récentes sur les chaleurs de la vache laitière. *Point Vét*, 249 : 10-11.
- Coulomb, J., 1976. La race N'Dama : quelques performances zootechniques. *Rev Elev Méd Vét Pays Trop*, 29 : 367-380.
- Cupp, A.S., Garcia-Winder, M., Zamudio, A., Mariscal, V., Wehrman, M., Kojima, N., Peters, K.E., Bergfeld, E., Hernandez, P., Sanchez, T., Kittok, R., Kinder, J., 1992. Two concentrations of progesterone (P4) in circulation have a differential effect on pattern of ovarian follicular development in the cow. *Biol Reprod*, 46 : 106 [abstract].
- Cushman, R., Echternkamp, S., Allan, M., Freetly, M., 2007. Identification of indicator traits of fertility in the postpartum beef cow. *Biology of Reproduction (Spec.Iss.)* 187, (Abstr.443).
- Day, M.L., Anderson, L.H., 1998. Current concepts on the control of puberty in cattle. *J Anim Sci*, 1-15.
- Davito, C., 2005. Paramètres caractéristiques du suivi sanitaire des animaux exotiques de la ferme d'élevage de Kpinnou: cas des vaches Gir et Girolando, Mémoire de projet de fin de cycle pour l'obtention du DEAT, 100p.

- 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. *Biol Reprod*, 37 : 1054-1065.
- Dehoux, J.P., 1990. Chimio prophylaxie anti-trypanosomienne de bovines N'Dama importés de Sénégal et du Zaïre au Gabon. *Revue Elev Méd Vét Pays Trop*, 43 (3) : 337-341.
- Derivaux, J., Ectors, F., 1989. *La Reproduction chez les animaux domestiques*, Académie édition et diffusion (3ème édition). Edition France.
- Desquesnes, M., 1997. Evaluation of a simple PCR technique for the diagnosis of *Trypanosoma vivax*, in the serum of cattle in comparison to parasitological techniques and antigen-enzyme linked immunosorbent assay (Ag-ELISA). *Acta Tropica*, 65 : 139-148.
- Dias, C.C., Wechsler, F.S., Day, M.L., Vasconcelos, J.L., 2009. Progesterone concentrations, exogenous equine chorionic gonadotropin, and timing of prostaglandin F(2alpha) treatment affect fertility in postpuberal Nelore heifers. *Theriogenology*, 72 : 378-385.
- Díaz Aparicio, E., 2013. Epidemiology of brucellosis in domestic animals caused by *Brucella melitensis*, *Brucella suis* and *Brucella abortus*. *Rev Sci Tech (International Office of Epizootics)*, 32(1), pp.43–51, 53–60. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23837364> [Accessed February 19, 2016].
- Diop, P.E.H., Faye, L., Fall, R., Ly, O., Sow, A.M., Mbaye, M., Fall, A., Faye, A., Boye, C., 1998. Caractéristiques de l'oestrus chez les femelles N'Dama et jersiaises au Sénégal après maîtrise du cycle sexuel au Norgestomet. *Rev Elev Méd Vét Pays Trop*, 51 : 69-73.
- Diskin, M.G., Sreenan, J.M., 2000. Expression and detection of oestrus in cattle. *Reprod Nutr Dev*, 40, 481-491.
- Diskin, M.G., Sreenan, J.M., Roche, J.F., 2001. Controlled breeding systems for dairy cows. *In* : Diskin MG (ed), *Fertility in the high producing dairy cow*, Occasionnal publication, 26 : 175-193. British Society of Animal Science, Edinburgh.
- Diskin, M.G., 2008. HeatWatch, a telemetric system for heat detection in cattle. *Vet Q.*, 30 : 37–48.
- Djabakou, K., Grundler, G., Laré, K., Kougbena, L., 1991. Involution utérine et reprise de la cyclicité postpartum chez les femelles bovines trypanotolérantes N'Dama et Baoulé. *Rév Elev Méd Vét Pays Trop*, 44 : 319-324.
- Dobson, H., Kamonpatana, M., 1986. A review of female cattle reproduction with special reference to a comparison between buffaloes, cows and zebu. *J Reprod Fertil*, 77 : 1-36.
- Doucet, M., 2004. Techniques de détection de l'oestrus chez la vache laitière. Th Méd Vét, ENVA, Paris, France. en ligne. URL (theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=669), p88.
- Dransfield, M.B., Nebel, R.L., Pearson, R.E., Warnick, L.D., 1998. Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. *J Dairy Sci*, 81 : 1874-1882.
- Driancourt., 1991. M. Follicular dynamics in sheep and cattle. *Theriogenology*, 35 : 55-79.
- Drion, P., Beckers, J.F., Ectors, F.J., Hanzen, C., Houtain, J.Y., Lonergan, P., 1996. Régulation de la croissance folliculaire et lutéale : I. folliculogénèse et atresie. *Point Vét*, 28 : 881-891.
- Duffy, P., Crowe, M.A., Austin, E.J., Mihm, M., Boland, M.P., Roche, J.F., 2004. The effect of eCG or estradiol at or after norgestomet removal on follicular dynamics, estrus and ovulation in early postpartum beef cows nursing calves. *Theriogenology*, 61 : 725-734.
- Edwards, S.A.A., Phillips, N.J., Boe-Hansen, G.B., Bo, G.A., Burns, B.M., Dawson, K., McGowan, M.R., 2013. Follicle stimulating hormone secretion and dominant follicle growth during treatment of *Bos indicus* heifers with intra-vaginal progesterone releasing devices, oestradiol benzoate, equine chorionic gonadotropin and prostaglandin F2 α . *Anim Reprod Sci*, 137 : 129-136.

- Ezanno, P., Ickowicz, A., Lancelot, R., 2005. Relationships between N'Dama cow body condition score and production performance under an extensive range management system in Southern Senegal: Calf weight gain, milk production, probability of pregnancy, and juvenile mortality. *Livestock Prod Sci*, 92 : 291-306.
- FAO, 1980. Le Bétail trypanotolérant en Afrique occidentale et centrale. . Rapport annuel : Production et Santé Animale 1. Etude générale, 155p.
- FAO., 1996. The trypanotolerant cattle populations. *in*:"Trypanotolemi cattle and livestock development in West and Central Africa"Vol. 3-Bilan d'une décennie, pp. 5-12.
- Fathalla, M., Hailat, N., Lafi, S.Q., Abu-basha, E., Al-sahlia, A., 2000. An abattoir survey of gross reproductive abnormalities in the bovine genital tract in Northern Jordan. *Isr J Vet Med*, 55 : 83-88.
- Favetto, P.H., Hoar, B.R., Myers, D.M., Tindall, J., 2010. Progesterone inserts may help to improve breeding readiness in beef heifers. *Calif. Agric*, 64 : 106-111.
- Ferreira, R.M., Ayres, H., Sales, J.N., Souza, A.H., Rodrigues, C.A., Baruselli, P.S., 2013. Effect of different doses of equine chorionic gonadotropin on follicular and luteal dynamics and P/AI of high-producing Holstein cows. *Anim Reprod Sci*, 140 : 26-33.
- Fournier, R., Driancourt, M.A., 2007. Maîtrise de l'oestrus en troupeau allaitant dans le contexte européen. *Reproduction management bulletin* 3 : 1-9.
- Freetly, H.C., Cundiff, L.V., 1998. Reproductive performance, calf growth, and milk production of first-calf heifers sired by seven breeds and raised on different levels of nutrition. *J Anim Sci*, 76 : 1513-1522.
- Garcia-Ispuerto, I., López-Helguera, I., Martino, A., López-Gatius, F., 2012. Reproductive Performance of Anoestrous High-Producing Dairy Cows Improved by Adding Equine Chorionic Gonadotrophin to a Progesterone-Based Oestrous Synchronizing Protocol. *Reprod Domest Anim*, 47 : 752-758.
- Garverick, H.A., 1997. Ovarian Follicular Cysts in Dairy Cows. *J Dairy Sci*; 80 : 995-1004.
- Gbangboche, A.B., Alkoiret, T.I., 2011. Reproduction et production de lait des bovins de race Borgou et N'Dama au Bénin. *J Appli Bisci*, 46 : 3185-3194.
- Geary, T.W., Salverson, R.R., Whittier, J.C., 2001. Synchronization of ovulation using GnRH or hCG with the CO-Synch protocol in suckled beef cows. *J Anim Sci*, 79 : 2536-2541.
- Ginther, O.J., Kastelic, J.P., Knopf, L. 1989 Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim Reprod Sci*, 20 : 187-200.
- Ginther, O.J., Wiltbank, M.C., Fricke, P.M., Gibbons, J.R., Kot, K., 1996. Selection of the dominant follicle in cattle. *Biol Reprod*, 55 : 1187-1194.
- Godfroid, J., Nielsen, K., Saegerman, C., 2010. Diagnosis of brucellosis in livestock and wildlife. *Croatian medical journal*, 51(4), pp.296–305. En ligne, URL consulté le 13 janvier 2016. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2931434&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.
- Gonzalez-Padilla, E., Ruiz, R., LeFever, D., Denham, A., Wiltbank, J.N., 1975. Puberty in beef heifers. III. Induction of fertile estrus. *J Anim Sci*, 40 : 1110-1118.
- Grimard, B., Benoit-Valiergue, H., Ponter, A.A., Maurice, T., Humblot, P., 2001. Conduite en bandes de vaches allaitantes : bilan de 3 ans de fonctionnement en exploitation. *Elevage et Insémination*. 302 : 3-15.
- Grimard, B., Humblot, P., Ponter, A.A., Chastant, S., Constant, F., Mialot, J.P., 2003. Efficacité des traitements de synchronisation des chaleurs chez les bovins. *INRA Prod Anim*, 16 : 211-227.

- Grimard, B., Freret, S., Gipoulou, C., Delize, F., Chambon, G., Dewaele, M., Driancourt, M.A., Rosso, V., Fournier, R., Humblot, P., Ponsart, C., 2007. Fertilité à l'oestrus induit chez des génisses et vaches allaitantes traitées à l'aide du nouveau protocole Crestar^{SO}. bulletin des GTV 40- 8.
- Grings, E.E., Hall, J.B., Bellows, R.A., Short, R.E., Bellows, S.E., Staigmiller, R.B., 1998. Effect of nutritional management, trace mineral supplementation, and norgestomet implant on attainment of puberty in beef heifers. *J Anim Sci*, 76 : 2177-2181.
- Gyawu, P., Osei, S.A., Karikari, P.K., Kwarteng, F.A., Asaré, K., 1989. Use of radioimmunoassay to monitor reproductive performance of indigenous cattle in the humid forest zone of Ghana. *In* : " Second workshop on the reproduction of the trypanotolerant livestock in west and central africa". Banjul (the Gambia), FAO RAF/88/100., p32.
- Habimana S., 2008. Evaluation de la séroprévalence et impact des maladies abortives sur la réussite de l'Insémination artificielle bovine au Sénégal. *Th Méd Vét*, 36, Dakar 97pp.
- Hall, J.B., Staigmiller, R.B., Short, R.E., Bellows, R.A., MacNeil, M.D., Bellows, S.E., 1997. Effect of age and pattern of gain on induction of puberty with a progestin in beef heifers. *J Anim Sci*, 75 : 1606-1611.
- Hanzen, C., Laurent, Y., 1991. Applications des progestagènes au traitement de l'anoestrus fonctionnel dans l'espèce bovine. *Ann Méd Vét*, 135 : 547-557.
- Hanzen, C., Boudry, B., Drion, P.V., 2003. Gestion Hormonal de la reproduction : Induction et synchronisation de l'oestrus par la PGF2 α . *Point Vét*, 236 : 22-23.
- Heerche, G., Jr Nebel, R.L., 1994. Measuring efficiency and accuracy of detection of estrus. *J Dairy Sci*, 77 : 2754-2761.
- Heres, L, Dieleman, S.J., Vaneerdenburg, F.J., 2000. Validation of a new method of visual oestrus detection on the farm. *Vet Q Jan*, 22 (1) : 50-5.
- Holm, D.E., Thompson, P.N., Irons, P.C., 2009. The value of reproductive tract scoring as a predictor of fertility and production outcomes in beef heifers. *J Anim Sci*, 87 : 1934-1940.
- Hoste, C., Cloe, L., Deslandes, P., Poivey, J.P., 1983. Etude de la production laitière et de la croissance des veaux de vaches allaitantes N'dama et Baoulé en Côte d'Ivoire. II. Relation entre la production laitière et la croissance des veaux. *Rev Elev Méd Vét Pays Trop*, 36 : 207-213.
- Imwalle, D.B., Fernandez, D.L., Schillo, K.K., 2002. Melengestrol acetate blocks the preovulatory surge of luteinizing hormone, the expression of behavioral estrus, and ovulation in beef heifers. *J Anim Sci*, 80 : 1280-1284.
- Imwalle, D.B., Patterson, D.J., Schillo, K.K., 1998. Effects of melengestrol acetate on onset of puberty, follicular growth, and patterns of luteinizing hormone secretion in beef heifers. *Biol Reprod*, 58 : 1432-1436.
- Itard, J., Trypanosomes animales africaines, deuxième partie du précis de parasitologie vétérinaire tropicale, 1981, 773pp.
- Johnson, S.K., Day, M.L., 2004. Methods to reduce or eliminate detection of estrus in a melengestrol acetate-PGF2 α protocol for synchronization of estrus in beef heifers. *J Anim Sci*, 82 : 3071-3076.
- Kamga-waladjo, A.R., Thiam, O., Sultan, J., Diop, P.E.H., 2005. Evaluation des Performances des N'dama et des produits de l'insémination artificielle en République de Guinée. *RASPA*, 3 : 93-97.
- Kamga-waladjo, A.R., Mbaïndingatoloum, F.M., Lapo, R.A., Thiam, O., Sultan, J., Diop, P.E.H., 2006. Caractéristiques de reproduction des N'Dama utilisées en insémination artificielle bovine en République de Guinée. *RASPA*, 4 : 69-72.
- Kanka, K., Kassoum, K., Achi, A., Yéo, K., 1996. Performances zootechniques de la race Ndama. Rapport annuel, Ranch de la Maroué, Côte d'Ivoire 3, 45p.

- Kasimanickam, R., Hall, J.B., Currin, J.F., Whittier, W.D., 2008. Sire effect on the pregnancy outcome in beef cows synchronized with progesterone based Ovsynch and CO-Synch protocols. *Anim Reprod Sci*, 104, 1-8.
- Kastelic, J.P., Olson, W.O., Martinez, M., Cook, R.B., Mapletoft, R.J., 1999. Synchronization of estrus in beef cattle with norgestomet and estradiol valerate. *Can Vet J*, 40 : 173-178.
- Kinder, J.E., Kojima, F.N., Bergfeld, E.G., Wehrman, M.E., Fike, K.E., 1996. Progestin and estrogen regulation of pulsatile LH release and development of persistent ovarian follicles in cattle. *J Anim Sci*, 74 : 1424-1440.
- Ko, J.C., Kastelic, J.P., Del Campo, M.R., Ginther, O.J., 1991. Effects of a dominant follicle on ovarian follicular dynamics during the oestrous cycle in heifers. *J Reprod Fertil*, 91 : 511-519.
- Kouamo, J., 2006. Evaluation technico-économique des stratégies d'insémination artificielle en zone sylvo-pastorale : Cas de la région de Louga. *Th Med Vet*, 18, Dakar, 88pp.
- Kouamo, J., Sow, A., Leye, A., Sawadogo, G.J., Ouedraogo, G.A., 2009. Amélioration des performances de production et de reproduction des bovins par l'utilisation de l'insémination artificielle en Afrique Subsaharienne et au Sénégal en particulier : état des lieux et perspectives. *RASPA*, 7 : 139-148.
- Kpomassi, T., 1991. Epidémiologie des affections abortives des bovins au Togo Enquête sérologique sur la Brucellose, la Chlamydie et la Fièvre Q. *Th: Méd Vét*, 11, Dakar, 92pp.
- Lamb, G.C., 2013. Control of estrus in cows. *In : Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle*, Staunton, VA (USA), 15-16 October : 81-96.
- 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. *J Anim Sci*, 88 : E181-192.
- Lamb, G.C., Dahlen, C.R., Vonnahme, K.A., Hansen, G.R., Arseneau, J.D., Perry, G.A., Walker, R.S., Clement, J., Arthington, J.D., 2008. Influence of a CIDR prior to bull breeding on pregnancy rates and subsequent calving distribution. *Anim Reprod Sci*, 108 : 269-278.
- Lamb, G.C., Larson, J.E., Geary, T.W., Stevenson, J.S., Johnson, S.K., Day, M.L., Ansotegui, R.P., Kesler, D.J., DeJarnette, J.M., Landblom, D.G., 2006. Synchronization of estrus and artificial insemination in replacement beef heifers using gonadotropin-releasing hormone, prostaglandin F2 alpha, and progesterone. *J Anim Sci*, 84 : 3000-3009.
- Lamb, G.C., Stevenson, J.S., Kesler, D.J., Garverick, H.A., Brown, D.R., Salfen, B.E., 2001. Inclusion of an intravaginal progesterone insert plus GnRH and prostaglandin F2alpha for ovulation control in postpartum suckled beef cows. *J Anim Sci*, 79 : 2253-2259.
- Laminou, I.M., 1999. L'amélioration génétique par la biotechnologie de l'Insémination Artificielle bovine : bilan et perspectives : cas du PAPEL au Sénégal. *Th Méd Vét*, 9, Dakar, 93pp.
- Lane, E.A., Austin, E.J., Crowe, M.A., 2008. Oestrous synchronisation in cattle—Current options following the EU regulations restricting use of oestrogenic compounds in food-producing animals: A review. *Anim Reprod Sci*, 109 : 1-16.
- Lavoir, M., Fortune, J.E., 1990. Follicular dynamics in heifers after injection of PGF2alpha during the first wave of follicular development. *Theriogenology*, 33 (1) : 270-7
- Leitman, N.R., Busch, D.C., Bader, J.F., Mallory, D.A., Wilson, D.J., Lucy, M.C., Ellersieck, M.R., Smith, M.F., Patterson, D.J., 2008. Comparison of protocols to synchronize estrus and ovulation in estrous-cycling and prepubertal beef heifers. *J Anim Sci*, 86 : 1808-1818.
- Leitman, N.R., Busch, D.C., Wilson, D.J., Mallory, D.A., Ellersieck, M.R., Smith, M.F., Patterson, D.J., 2009. Comparison of controlled internal drug release insert-based protocols to synchronize estrus in prepubertal and estrous-cycling beef heifers. *J Anim Sci*, 87 : 3976-3982.

- Lesnoff M., 2013. Méthodes d'enquête pour l'estimation des taux démographiques des cheptels de ruminants domestiques tropicaux. Synthèse, limites et perspectives. *Rev Méd Vét, Trop*, 66 (2): 57-67.
- Lopes, A.S., Butler, S.T., Gilbert, R.O., Butler, W.R., 2007. Relationship of pre-ovulatory follicle size, estradiol concentrations and season to pregnancy outcome in dairy cows. *Anim Reprod Sci*, 99 : 34-43.
- Lucy, M.C., Billings, H.J., Butler, W.R., Ehnis, L.R., Fields, M.J., Kesler, D.J., Kinder, J.E., Mattos, R.C., Short, R.E., Thatcher, W.W., Wettemann, R.P., Yelich, J.V., Hafs, H.D., 2001. Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF $_{2\alpha}$ for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, periparturient beef heifers, and dairy heifers. *J. Anim. Sci.* 79, 982-995.
- Lyimo, Z.C., Nielen, M., Ouweltjes, W., Kruip, T.A., van Eerdenburg, F.J., 2000. Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology*, 53 : 1783-1795.
- Lynch, C.O., Kenny, D.A., Childs, S., Diskin, M.G., 2010. The relationship between periovulatory endocrine and follicular activity on corpus luteum size, function, and subsequent embryo survival. *Theriogenology*, 73:190-8.
- Macmillan, K.L., Peterson, A.J., 1993. A new intra-vaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for estrous synchronization increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anestrus. *Anim Reprod Sci*, 33 : 1-25.
- Magalie L., 2016. La trypanosomose bovine africaine : généralités et situation au Bénin. *Th Méd Vét*, 72, Lyon, 94p.
- Makita, K., Fèvre, M.E., Waiswa, C., Eisler, M.C., Thrusfield, M., Welburn, S.C., 2011. Herd prevalence of bovine brucellosis and analysis of risk factors in cattle in urban and peri-urban areas of the Kampala economic zone, Uganda. *BMC, Vet. Res.*, 7 : 60.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3212899/?tool=pmcentrez&report=abstract+%5BAccessed+February+18,+2016%5D>.
- Mallory, D.A., Nash, J.M., Ellersieck, M.R., Smith, M.F., Patterson, D.J., 2011. Comparison of long-term progestin-based protocols to synchronize estrus before fixed-time artificial insemination in beef heifers. *J Anim Sci*, 89 : 1358-1365.
- Malpoux, B., Vigui, C., Thiery, J.C., Chemineau, P., 1996. Contrôle photopériodique de la reproduction. *INRA Prod Anim*, 9 (1) : 9-23.
- Mann, G.E., Lamming, G.E., 1999. The influence of progesterone during early pregnancy in cattle. *Reprod Domest Anim*, 34 : 269-274.
- Martinez, M.F., Adams, G.P., Bergfelt, D.R., Kastelic, J.P., Mapletoft, R.J., 1999. Effect of LH or GnRH on the dominant follicle of the first follicular wave in beef heifers. *Anim Reprod Sci*, 57 : 23-33.
- Martinez, M.F., Adams, G.P., Kastelic, J.P., Bergfel, D.R., Mapletoft, R.J., 2000. Induction of follicular wave emergence for estrus synchronization and artificial insemination in heifers. *Theriogenology*, 54 : 757-769.
- Martínez, M.F., Kastelic, J.P., Adams, G.P., Cook, B., Olson, W.O., Mapletoft, R.J., 2002a. The use of progestins in regimens for fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Theriogenology*, 57 : 1049-1059.
- Martinez, M.F., Kastelic, J.P., Adams, G.P., Mapletoft, R.J., 2002b. 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. *J Anim Sci*, 80 : 1746-1751.
- Martinez, M.F., Tutt, D., Quirke, L.D., Tattersfield, G., Juengel, J.L., 2014. Development of a GnRH-PGF $_{2\alpha}$ -progesterone-based synchronization protocol with eCG for inducing single and double ovulations in beef cattle. *J Anim Sci*, 92 : 4935-4948.

- Maurin, M., 2005. Brucellosis at the dawn of the 21st century. *Médecine et Maladies Infectieuses*, 35 (1) : 6-16.
- Mbaye, M., Diop, P.E.H., Ndiaye, M., 1989. Analyse des caractéristiques de la reproduction chez les ruminants : Etude du cycle sexuel chez les vaches de race sénégalaise. « In : deuxième atelier de travail sur la reproduction du bétail trypanotolérants en Afrique Occidentale et Centrale ». Banjul (Gambie), FAO RAF/88/100., 52-53.
- McNatty, K.P., Heath, D.A., Henderson, K.M., Lun, S., Hurst, P.R., Ellis, L.M., Montgomery, G.W., Morrison, L., Thurley, D.C., 1984. Some aspects of thecal and granulosa cell function during follicular development in the bovine ovary. *J Reprod Fertil*, 72 : 39-53.
- Méli, C., 2009. Traitement de maîtrise des cycles à base de progesterone (CIDR®) chez la vache : IA systématique ou sur chaleurs observées. *Th Méd Vét*, 3, Toulouse, 91p.
- Meschy F., Nutrition minérale des ruminants. 2010. Quae (ed) – Collection Savoir-faire, 180p
- Meyer, C., Yesso, P., 1991. Courbe de Progestérone plasmatique du cycle oestral chez les races taurines trypanotolérantes de côtes d'Ivoire. *Rev Elev Méd Vét Pays Trop*, 44 : 193-198.
- Meyer, C., Yesso, P., 1995. Etude des chaleurs des vaches trypanotolérantes N'dama et Baoulé en Côte d'Ivoire. II. Composante Hormonale (LH). *Rev Elev Méd Vét Pays Trop*, 48 : 95-99.
- Meyer C., 2009. Influence de l'alimentation sur la reproduction des bovins domestiques Document de travail CIRAD, UR18. URL : http://agritrop.cirad.fr/549746/1/document_549746.pdf. Consulté le 24.02.2018.
- Mialot, J.P., Noel, F., Puyalto, C., Laumonier, G., Sauveroche, B., 1998. Traitement de l'anœstrus post-partum chez la vache laitière par le CIDR-E ou la prostaglandine F2 α . *Bulletin Technique des GTV 2* : 29-38.
- Mialot, J.P., Constant, F., Dezeaux, P., Grimard, B., Deletang, F., Ponter, A.A., 2003. Estrus synchronization in beef cows : comparison between GnRH + PGF2 α + GnRH and PRID +PGF2 α + eCG. *Theriogenology*, 60 : 319-330.
- Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et du Développement rural, chargés des droits de l'homme et des missions. Comité Consultatif National. Rapport National sur l'état des ressources génétiques animales du Gabon. Libreville, Mars 2003 : 59p.
- Ministère de l'Economie, du Commerce de l'Industrie et du Tourisme. 2011. Bulletin Statistique du Commerce : En ligne, URL consulté le 02.02.2018.
<http://www.stat-gabon.org/documents/PDF/Donnees%20stat/IPI/Bulletin%20final.pdf>.
- Monget, P., Froment, P., Moreau, C., Grimard, B., Dupont, J. 2004. Les interactions métabolisme-reproduction chez les bovins Influence de la balance énergétique sur la fonction ovarienne .23^{ème} congrès mondial de buiatrie, Quebec Canada, 11-16 Juillet.
- Monget, P., Graeme, B.M., 2015. Nutrition et reproduction : exemple des animaux d'élevage. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 32 : 166-172
- Monniaux, D., Caraty, A., Clément, F., Dalbiès-Tran, R., Dupont, J., Fabre, S., Gérard, N., Mermillod, P., Monget, P., Uzbekova, S., 2009. Développement folliculaire ovarien et ovulation chez les mammifères. *INRA Prod Anim* 22 : 59-76.
- Moreira, F., de la Sota, R.L., Diaz, T., Thatcher, W.W., 2000. Effect of day of the estrous cycle at the initiation of a timed artificial insemination protocol on reproductive responses in dairy heifers. *J Anim Sci*, 78 : 1568-1576.
- Murray, M., 1987. La trypanotolérance: critères et influences génétiques et environnementales, Compte rendu de réunion Production animale dans les régions d'Afrique infestées par les glossines, Nairobi, Kenya, 149-170.

- Nash, J.M., Mallory, D.A., Ellersieck, M.R., Poock, S.E., Smith, M.F., Patterson, D.J., 2013. Comparison of long-term controlled internal drug release-based protocols to synchronize estrus and ovulation in postpartum beef cows. *J Anim Sci*, 91 : 3168-3176.
- N’Goran, E.K., Sokouri, D.P., Gnaore, V.C.Y., Fantodji, A.T., 2015. Croisement de la race N’Dama avec les races Abondance et Montbéliarde en zone tropicale humide de Côte d’Ivoire : caractérisation phénotypique et analyse comparative des croisés pour leurs performances laitières en ferme. *Agronomie Africaine* 27 (1) : 156-26.
- Noakes, D.E., Parkinson, T.J., England, G.C.W., 2001. *Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics*. Saunders.
- Ntoutoume Ona, G.S.C., 2017. Identification des causes de perte de fœtus/veaux entre le constat de gestation et 60 jours post-partum chez les femelles reproductrices du Ranch Nyanga (Gabon). Mémoire de fin de cycle, d’Ingénieur Agronome, option production animale, 43p.
- O’Connor, M.L., Senger, P.L., 1997. Estrus detection. *In*: Youngquist RS, Saunders WB, eds. *Current therapy in large animal theriogenology*. Philadelphia, Pennsylvania, USA: WB Saunders : 276–85.
- Okouyi, M.W.M., 2000. Maîtrise de la reproduction chez la femelle N’Dama au Sénégal : essai du PRID. *Th Med Vét*, 15, Dakar, 127p.
- Okouyi, M.W.M., 2013. Rapport sur les activités du Ranch de la Nyanga. 5 p
- Okouyi, M.W.M., Brioux, C., 2014a. *Elevage en ranching : relation Bétail et faune sauvage*. Cours Méris, 2ème Doc, FMV, ULiège. Mars
- Okouyi, M.W.M., Kamga-waladjo, A.R., Diara, S., Hanzen, C., 2014b. Caractéristiques de reproduction de la femelle trypanotolérante de race N’Dama. *RASPA*, 12 : 3-7.
- Olaniyi, M.O., Oloye, A.A., Alaka, O.O., Ajayi, O.L., 2009. Studies on genital disorders of cow slaughtered at Zuru, Kebbi State, Nigeria. *J Agricult Sci Environ*, 9 : 64-69.
- Osei, S.A., Karikari, P.K., Tuah, A.K., Gyawu, P., Opoku, R.S., Asiamah, M., Heathcote, D.C., 1991. The reproductive performance of indigenous beef cattle breeds raised on farm Ghana ». *In* : « Third workshop on the reproduction of the trypanotolerant livestock in West and Central Africa ». Banjul (the Gambia), FAO RAF/88/100., 19-35.
- Pagot, J., 1985. *L’Elevage en pays tropicaux*, G.-P. Maisonneuve Larose et A.C.C.T. Edition Paris (France). 526 p.
- Pangui, L.J., *La trypanosomose : une contrainte majeure de l’élevage en Afrique subsaharienne, Utilisation des trypanocides en Afrique subsaharienne*, 2001, 29-33.
- Patterson, D.J., Hall, J.B., Bradley, N.W., Schillo, K.K., Woods, B.L., Kearnan, J.M., 1995. Improved synchrony, conception rate, and fecundity in postpartum suckled beef cows fed melengestrol acetate prior to prostaglandin F2 alpha. *J Anim Sci*, 73 : 954-959.
- Patterson, D.J., Kiracofe, G.H., Stevenson, J.S., Corah, L.R., 1989. Control of the bovine estrous cycle with melengestrol acetate (MGA): a review. *J Anim Sci*, 67 ; 1895-1906.
- Patterson, D.J., Mallory, D.A., Nash, J.M., Smith, M.F., 2006 Estrus synchronization protocols for heifers. *In*: *Applied Reproductive Strategies*, Nashville, TN, 5- 6 August : 76-114.
- Patterson, D.J., Thomas, J.M., Abel, J.M., Bishop, B.E., Locke, J.W.C., Decker, J.E., Smith, M.F. 2016. Control of estrus and ovulation in beef cows. *Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle – Des Moines, Iowa – 7-8 September*.
- Pence, M.D., Ensley, R., Berghaus, J., Rossi, T.W., Cannon, P.T., 2007. Improving reproductive efficiency through the use of reproductive tract scoring in a group of beef replacement heifers. *Bov. Pract*, 41 : 35-40.

- Perry, R.C., Corah, L.R., Kiracofe, G.H., Stevenson, J., Beal, W.E., 1991. Endocrine changes and ultrasonography of ovaries in suckled beef cows during resumption of postpartum estrous cycles. *J Anim Sci*, 69, 2548-2555.
- Perry, G.A., Smith, M.F., Lucy, M.C., Green, J.A., Parks, T.E., MacNeil, M.D., Roberts, A.J., Geary, T.W., 2005. Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102, 5268-5273.
- Perry, G.A., 2012a. Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility in heifers. *J Anim Sci*, 90 : 1172-1182.
- Perry, G.A., Larimore, E.L., Bridges, G.A., Cushman, R.A., 2012b. Management strategies for improving lifetime reproductive success in beef heifers. *In: Proceedings, applied reproductive strategies in beef cattle, 30th September to 1st October ; Sioux Falls, South Dakota.* p. 249–66.
- Peters, A.R. 1985. Studies of hormone patterns during the oestrous cycle of beef cows. *Repro. Nutr. Dev*, 25 (5) : 919-927.
- Pfeifer, L.F.M., Mapletoft, R.J., Kastelic, J.P., Small, J.A., Adams, G.P., Dionello, N.J., Singh, J., 2009. Effects of low versus physiologic plasma progesterone concentrations on ovarian follicular development and fertility in beef cattle. *Theriogenology*, 72 : 1237-1250.
- Picard-Hangen, N., Bergonier, D., Berthelot, X., 1996. Maitrise médicale du cycle œstral chez la vache. *Point Vét*, 28 : 933-941.
- Picard-hagen, N., 2008. PRID® ou CIDR® : à chacun ses avantages. *Point Vét*, 288, 78.
- Picard-hagen, N., Humblot, P., Berthelot, X., 2005. Le point sur les protocoles actuels de synchronisation. *Point Vét*, 36 : 32-36.
- Pineda, M.H., 2003. Female reproductive system, *In: Pineda, M.H., Dooley, M.P. (Eds.) McDonald's Vet Endocr Reprod.* Iowa State Press, Ames, pp 283-321.
- Pinheiro, O.L., Barros, C.M., Figueredo, R.A., Valle, E.R., Do, Encarnação, R.O., Padovani, C.R., 1998. Estrous behaviour and the estrus-to-ovulation interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F2_ or norgestomet and estradiol valerate, *Theriogenology* 49 : 667–681.
- Pitala, W., Zongo, M., Boly, H., Sawadogo, L., Leroy, P., Beckers, J.F., Gbeassor, M., 2012. Étude de l'oestrus et de la fertilité après un traitement de maîtrise des cycles chez les femelles zébus. *Int. J Biol Chem Sci*, 6 : 257-263.
- Planchnault, D., Tall, S.H., Traoré, M.T., 1984. Amélioration génétique des bovins N'Dama : Caractéristiques du bétail N'Dama au Ranch de Madina-Diassa. *Rév Elev Méd Vét Pays Trop*, 37: 488-495.
- Polat, B., Colak, A., Kaya, M., Ucar, O., 2009. Stimulation of delayed puberty in heifers by using a PRID® regime. *Rev Med Vet*, 160 : 149-153.
- Pulley, S.L., Wallace, L.D., Mellieon, H.I., Stevenson, J.S., 2013. Ovarian characteristics, serum concentrations of progesterone and estradiol, and fertility in lactating dairy cows in response to equine chorionic gonadotropin. *Theriogenology*, 79 : 127-134.
- Pursley, J.R., Mee, M.O., Wiltbank, M.C., 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2 α and GnRH. *Theriogenology*, 44 : 915-923.
- Pursley, J.R., Wiltbank, M.C., Stevenson, J.S., Ottobre, J.S., Gaverick, H.A., Abderson, L.L., 1997. Pregnancy rate per artificial insemination for cows and heifers inseminated at synchronized ovulation or synchronized estrus. *J Dairy Sci*, 80 : 295-300.
- Pursley, J.R., Silcox, R.W., Wiltbank, C.W., 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. *J Dairy Sci*, 81 : 2139-2144.

- Ralambofiringa, A., 1978. Note sur les manifestations du cycle oestral et sur la reproduction des femelles N'Dama. *Rev Elev Méd Vét, Pays Trop*, 31 : 91-94.
- Randolph, S.E., Rogers, D.J., 2002. Vector-borne disease control facilitated by predictive risk maps, integrated control of pathogenic trypanosomes and their vectors, 2002, 6, 26-27.
- Revah, I., Butler, W.R., 1996. Prolonged dominance of follicles and reduced viability of bovine oocytes. *J Reprod Fertil*, 106 : 39-47.
- Rhodes, F.M., Burke, C.R., Clark, B.A., Day, M.L., Macmillan, K.L., 2002. Effect of treatment with progesterone and oestradiol benzoate on ovarian follicular turnover in postpartum anoestrous cows and cows which have resumed oestrous cycles. *Anim Reprod Sci*, 69, 139-150.
- Rivière, R., 1991. Manuel d'Alimentation des Ruminants Domestiques en Milieu Tropical. La Documentation Française (ed), Paris, 529p.
- Roche, J.F., Austin, E.J., Ryan, M., O'Rourke, M., Mihm, M., Diskin, M.G., 1999. Regulation of follicle waves to maximize fertility in cattle. *J Reprod Fert Suppl*, 54 : 61-71.
- Roche, J.F., 2004. Follicular waves in cattle. *Vet Res Commun*, 28 : 107-110.
- Roelofs, J., Lopez-Gatius, F., Hunter, R.H., van Eerdenburg, F.J., Hanzen, C., 2010. When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology*, 74 : 327-344.
- Roelofs, J.B., Graat, E.A., Mullaart, E., Soede, N.M., Voskamp-Harkema, W., Kemp, B., 2006. Effects of insemination-ovulation interval on fertilization rates and embryo characteristics in dairy cattle. *Theriogenology*, 66 : 2173-2181.
- Roelofs, J.B., Van Eerdenburg, F.J.C.M., Soede, N.M., Kemp, B., 2005. Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology*, 63, 1366-1377.
- Rosenkrans, K.S., Hardin, D.K., 2003. Repeatability and accuracy of reproductive tract scoring to determine pubertal status in beef heifers. *Theriogenology*, 59 : 1087-1092.
- Rostami, B., Niasari-Naslaji, A., Vojgani, M., Nikjou, D., Amanlou, H., Gerami, A., 2011. Effect of eCG on early resumption of ovarian activity in postpartum dairy cows. *Anim Reprod Sci*, 128 : 100-106.
- Rowlands, G.J., Mulatu, W., Authie, E., D'Ieteren, G.D.M., Leak, S.G.A., Nagda, S.M., 1994. Effects of trypanosomiasis on reproduction of east african zebu cows exposed to drug-resistant trypanosomes, *Prev Vet Med*, 21 : 237-249.
- Ryan, D.P., Snijders, S., Condont, T., Grealy, M., Sreenan, J., O'Farrell, K.J., 1994. Endocrine and ovarian responses and pregnancy rates in dairy cows following the administration of a gonadotropin releasing hormone analog at the time of artificial insemination or at mid-cycle post insemination. *Anim Reprod Sci*, 34 : 179-191.
- Saegerman, C., Berkvens, D., Godfroid, J.W.K., 2010. Bovine brucellosis. *In* N. (ed.), ed. Infectious and parasitic diseases of livestock. pp. 971-1001.
- Sà Filho, M.F., Ayres, H., Ferreira, R.M., Marques, M.O., Reis, E.L., Silva, R.C., Rodrigues, C.A., Madureira, E.H., Bo, G.A., Baruselli, P.S., 2010a. Equine chorionic gonadotropin and gonadotropin-releasing hormone enhance fertility in a norgestomet-based, timed artificial insemination protocol in suckled Nelore (*Bos indicus*) cows. *Theriogenology*, 73 : 651-658.
- Sà Filho, M.F., Crespilho, A.M., Santos, J.E.P., Perry, G.A., Baruselli, P.S., 2010b. Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. *Anim Reprod Sci*, 120 : 23-30.
- Sà Filho, M.F., Torres-Junior, J.R., Penteado, L., Gimenes, L.U., Ferreira, R.M., Ayres, H., Castro, E., Paula, L.A., Sales, J.N., Baruselli, P.S., 2010c. Equine chorionic gonadotropin improves the efficacy of a progestin-based fixed-time artificial insemination protocol in Nelore (*Bos indicus*) heifers. *Anim Reprod Sci*, 118 : 182-187.

- Sà Filho, O.G., Dias, C.C., Lamb, G.C., Vasconcelos, J.L.M., 2010d. Progesterone-based estrous synchronization protocols in non-suckled and suckled primiparous *Bos indicus* beef cows. *Anim Reprod Sci*, 119 : 9-16.
- Sà Filho, O.G., Vasconcelos, J.L.M., 2011. Treatments to Optimize the Use of Artificial Insemination and Reproductive Efficiency in Beef Cattle under Tropical Environments : A review. *Vet Med Inter.*, ID 923053 : 1-10.
- Sales, J.N., Crepaldi, G.A., Giroto, R.W., Souza, A.H., Baruselli, P.S., 2011. Fixed-time AI protocols replacing eCG with a single dose of FSH were less effective in stimulating follicular growth, ovulation, and fertility in suckled-anestrus Nelore beef cows. *Anim Reprod Sci*, 124 : 12-18.
- Sartori, R., Barros, C.M., 2011. Reproductive cycles in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci*, 124 : 244-250.
- Sartori, R., Fricke, P.M., Ferreira, J.C., Ginther, O.J., Wiltbank, M.C., 2001. Follicular deviation and acquisition of ovulatory capacity in bovine follicles. *Biol Reprod*, 65 : 1403-1409.
- Saumande, J., 2000. La détection électronique des chevauchements pour la détection des vaches en chaleur : possibilités et limites. *Rev Méd Vét*, 151 (11) : 1011-1020
- Saumande, J., Humblot, P., 2005. The variability in the interval between estrus and ovulation in cattle and its determinants. *Anim Reprod Sci*, 85 : 171-182.
- Sauveroche, B., Wagner, H.G., 1993. Physiologie de la reproduction des bovins trypanotolérants : Synthèses des connaissances actuelles, FAO (Ed), FAO, Rome., 149 p.
- Savio, J.D., Boland, M.P., Roche, J.F., 1990. Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in post-partum dairy cows. *J Reprod Fertil*, 88, 581-591.
- Schafer, D.J., Bader, J.F., Meyer, J.P., Haden, J.K., Ellersieck, M.R., Lucy, M.C., Smith, M.F., Patterson, D.J., 2007. Comparison of progestin-based protocols to synchronize estrus and ovulation before fixed-time artificial insemination in postpartum beef cows. *J Anim Sci*, 85 : 1940-1945.
- Sheldon, I.M., Dobson, H., 2000. Effect of administration of eCG to postpartum cows on folliculogenesis in the ovary ipsilateral to the previously gravid uterine horn and uterine involution. *J Reprod Fertil*, 119 : 157-163.
- Signoret, J.P., 1980. Effet de la présence du mâle sur les mécanismes de reproduction chez les femelles. *Repro Nutr Dévelop*, 20 (2) : 457-468.
- Simenew, K., Bekana, M., Fikre, L., Tilahun, Z., Wondu, M., 2011. Major gross reproductive tract abnormalities in female cattle slaughtered at Sululta Slaughterhouse in Ethiopia. *Global. Vet* 6 : 506-513.
- Slama, H., Zaien, B., Chemli, J., Tainturier, D., 1996. Reprise de l'activité ovarienne en période postpartum chez la vache laitière. *Rev Med Vet*, 147 : 453-456.
- Small, J.A., Colazo, M.G., Kastelic, J.P., Mapletoft, R.J., 2009. Effects of progesterone presynchronization and eCG on pregnancy rates to GnRH-based, timed-AI in beef cattle. *Theriogenology*, 71 : 698-706.
- Sokouri, D.P., Yapi-gnaoré, C.V., N'guetta, A.S.P., Loukou, N.E., Kouao, B.J., Touré, G., Kouassi, A., Sangaré, A., 2010. Performances de reproduction des races bovines locales de Cote d'Ivoire. *J Appl Biosci*, 36 : 2353-2359.
- Souza, A.H., Viechnieski, S., Lima, F.A., Silva, F.F., Araújo, R., Bó, G.A., Wiltbank, M.C., Baruselli, P.S., 2009. Effects of equine chorionic gonadotropin and type of ovulatory stimulus in a timed-AI protocol on reproductive responses in dairy cows. *Theriogenology*, 72 : 10-21.
- Spencer, T.E., Bazer, F.W., 2002. Biology of progesterone action during pregnancy recognition and maintenance of pregnancy. *Frontiers Bioscience*, 7 : 1879-1898.

- Stevenson, J.S., Smith, M.W., Jaeger, J.R., Corah, L.R., LeFever, D.G., 1996. Detection of estrus by visual observation and radiotelemetry in peripubertal, estrus-synchronized beef heifers. *J Anim Sci*, 74 (4) : 729-735.
- 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 F2 α with or without timed insemination. *J Anim Sci*, 78 : 1747-1758.
- Stewart, F., Allen, W.R., 1981. Biological functions and receptor binding activities of equine chorionic gonadotrophins. *J Reprod Fertil*, 62 : 527-536.
- Thatcher, W.W., Patterson, D.J., Moreira, F., Pancardi, M., Jordan, E.R., Risco C.A., 2001. Current concepts for estrus synchronization and timed insemination. *In* : American Association of Bovine Practitioner, AABP (Ed), Vancouver, 95-105.
- Thibault, C., Levasseur, M.C., 1979. La fonction ovarienne chez les mammifères. *Actualités Scientifiques et Agronomiques*. INRA, Paris : Masson.
- Thibier, M., 1988. Modalités de mise en place d'études sur la reproduction du bétail trypanotolérant. *In* : Rapport du Premier atelier de travail sur la reproduction du bétail trypanotolérant en Afrique de l'Ouest et Centrale, FAO. , Addis Abeba, pp. 4-7.
- Tortorella, D.R., Ferreira, R., Tonello dos Santos, J., Silveira de Andrade, N.O., Barreta, M.H., Gonçalves, P.B., Pereira, N.J., 2013. The effect of equine chorionic gonadotropin on follicular size, luteal volume, circulating progesterone concentrations, and pregnancy rates in anestrous beef cows treated with a novel fixed-time artificial insemination protocol. *Theriogenology*, 79 : 1204–1209.
- Trail, J.C.M., Sones, K., Jibbo, J.M.C., Durkin, J., Light, D.E., Murray, M., 1996. Rapport de recherche n°9 Productivité de bovins Boran protégés par chimioprophylaxie contre la trypanosomiase, CIPEA, 78pp.
- Traoré, A., Bako, G., 1984a. Etude du cycle sexuel chez les vaches et génisses N'Dama élevées au Centre de Recherches Zootechniques de Sotuba (Mali). I. Incidence de l'utilisation d'un taureau boute-en-train sur le taux de détection des chaleurs. *Rev Elev Méd Vét Pays Trop*, 37, 482-484.
- Traoré, A., Bako, G., 1984b. Etude du cycle sexuel chez les vaches et génisses N'Dama élevées au Centre de Recherches Zootechniques de Sotuba (Mali). II. Caractéristiques du cycle oestral et de l'oestrus. *Rev Elev Méd Vét Pays Trop*, 37 : 485-487.
- Twagiramungu, H., Guilbault, L.A., Proulx, J.G., Dufour, J.J., 1994. Influence of corpus luteum and induced ovulation on ovarian follicular dynamics in postpartum cyclic cows treated with buserelin and cloprostenol. *J Anim Sci*, 72 : 1796-1805.
- Twagiramungu, H., Guilbault, L.A., Dufour, J.J., 1995. Synchronization of ovarian follicular waves with a gonadotropin-releasing hormone agonist to increase the precision of estrus in cattle: A review. *J Anim Sci*, 73 : 3141-3151.
- Vaissaire, J.P., 1977. Sexualité et reproduction des mammifères domestiques et de laboratoire. Maloine S.A.2 (ed).
- Van Eerdenburg, F.J.C.M., Loeffler, H.S.H., Van Vliet, J.H., 1996. Detection of oestrus in dairy cows : A new approach of an old problem. *Vet Quart.*, 18 : 52-54.
- Voh Jr, A.A., Larbi, A., Olorunju, S.A.S., Agyemang, K., Abiola, B.D., Williams, T.O., 2004. Fertility of N'dama and Bunaji cattle to artificial insemination following oestrus synchronization with PRID and PGF2 α in the hot humid zone of Nigeria. *Trop Anim Health Prod*, 36 : 499-511.
- Walker, W.L., Nebel, R.L., McGilliard, M.L., 1996. Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 79 : 1555-1561.
- Wheaton, J.E., Lamb, G.C., 2007. Induction of cyclicity in postpartum anestrous beef cows using progesterone, GnRH and estradiol cypionate (ECP). *Anim Reprod Sci*, 102 : 208-216.

- Watson, H., Kiddy, D.S., Hamiltonfairley, D., Scanlon, M.J., Barnard, C., Collins, W.P., Bonney, R.C, Franks, S., 1993. Hypersecretion of luteinizing hormone and ovarian stéroïds in women with recurrent early miscarriage. *Human Reprod*, 8 : 829-833.
- White, F.J., Wettemann, R.P., Looper, M.L., Prado, T.M., Morgan, G.L., 2002. Seasonal effects on estrous behavior and time of ovulation in non lactating beef cows. *J Anim Sci*, 80 : 3053-9.
- Williams A. R.; Hupp H. D.; Thompson C. E.; Grimes L. W., 1988: Breed structure of Senepol cattle. *J Hered*, 79 : 9-13.
- Wilson, K.N., Day, M.L., Whittier, W.D., Kasimanickam, R., Hall, J.B., 2007. Comparison of 5-day or 7-day CIDR-based estrous synchronization systems for fixed-time AI in beef heifers. . *J Anim Sci*, 85 (Suppl.2), 43 [abstract].
- Wood-Follis, S.L., Kojima, F.N., Lucy, M.C., Smith, M.F., Patterson, D.J., 2004. Estrus synchronization in beef heifers with progestin-based protocols. I. Differences in response based on pubertal status at the initiation of treatment. *Theriogenology*, 62 : 1518-1528.
- Wood, S.L., Lucy, M.C., Smith, M.F., Patterson, D.J., 2001. Improved synchrony of estrus and ovulation with the addition of GnRH to a melengestrol acetate-prostaglandin F2alpha synchronization treatment in beef heifers. *J Anim Sci*, 79 : 2210-2216.
- Xu, Z.Z., McKnight, D.J., Vishwanath, R., Pitt, C.J., Burton, L.J., 1998. Estrus detection using radiotelemetry or visual observation and tail painting for dairy cows on pasture. *J Dairy Sci*, 81 : 2890-2896.
- Yavas, Y., Wallon, J.S., 2000. Induction of ovulation in postpartum suckled beef cows: A review. *Theriogenology*, 54 : 1-23.
- Yesso, P., Meyer, C., Doffangui, K., 1991. Reprise post-partum et cyclicité des vaches trypanotolérantes en fonction de la variation saisonnière en région centre de Côte d'Ivoire . In : " Troisième Atelier de travail sur la reproduction du Bétail trypanotolérant en Afrique de l'Ouest et Centrale". Banjul (Gambie), FAO RAF/88/100. , 36-54.
- Yelich, J.V., Barnett, C.L., Fullenwider, J.K., Kempfer, J.R., Lemaster, J.W., Chase Jr, C.C., 1999. Effect of season on behavioral estrus, ovulation, and estrous cycle length in Angus, Brahman and Senepol cows in a subtropical environment. *J Anim Sci*, 77: 230. (Abstr).
- Youssao, A.K.I., Ahissou, A., Toure, Z., 2000. Introduction de la race bovine N'Dama à la Ferme Elevage de l'Okpara au Bénin. Quelques performances zootechniques. *AGRI*, 27 : 17-25.
- Zongo, M., Boly, B., Sawadogo, L., Pitala, W., Sousa, M.N., Beckers, J.F., Leroy, P., 2001. Insémination artificielle des vaches Zébu 'Azawak' et taurins 'Gurunsi' au Burkina Faso. *Tropicultura* 19 : 75-79.
- Zongo, M., Bayala, B., Pitala, W., Meyer, C., Boly, H., Sawadogo, L., 2012. Induction d'œstrus et insémination artificielle chez les zébus Azawak et zébus Goudali au Burkina Faso. *Tropicultura*, 32 (1) : 54-61.

Annexes

Annexe 1 :
Communications scientifiques



ARTICLE DE SYNTHÈSE

Caractéristiques de reproduction de la femelle trypanotolérante de race N'Dama

M.W.M. OKOUYI¹✉, A.R. KAMGA-WALADJO², S. DIARRA³ et Ch. HANZEN¹

¹Université de Liège, Faculté de Médecine Vétérinaire, Service de Thétiogenologie des animaux de production, B42 Sart Tilman, B 4000 Liège

²École Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar. Service de Chirurgie – Reproduction. BP : 5077 Dakar, Fann – Sénégal.

³Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche (IPR/IFRA). UER Amélioration, Reproduction Animales. BP : 224 Bamako- Mali

✉ Correspondance et tirés à part , e-mail : christian.hanzen@ulg.ac.be

Résumé

Les connaissances relatives à la reproduction de la femelle N'Dama demeurent anciennes et fort générales, les observations ayant été le plus souvent réalisées sur un nombre limité d'animaux et dans des contextes différents. Cet état des lieux confirme la nécessité de poursuivre et d'intensifier de manière aussi fédérée que possible les études visant à préciser davantage les caractéristiques et les performances de reproduction de cet important potentiel de développement de l'élevage bovin que représente la N'Dama pour l'Afrique. (RASPA, 12 (1) : 3-7).

Mots-clés : Trypanotolérance - N'Dama - Reproduction.

Abstract

Reproductive characteristics of female trypanotolerant N'Dama

Knowledge about the reproductive N'Dama remain old and very general, observations have been most often performed on a limited number of animals and in different contexts. This inventory confirms the need to continue and intensify so as federated possible studies to further clarify the characteristics and reproductive performance of this important development potential of cattle that represents the N'Dama to Africa.

Keys – Words: Trypanotolérance - N'Dama - Reproduction.

Introduction

CARACTÉRISTIQUES MORPHOMÉTRIQUES ET PRODUCTIONS

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA REPRODUCTION

MAITRISE DU CYCLE SEXUEL DE LA N'DAMA

Conclusion

Introduction

Compte tenu de sa rusticité, son aptitude bouchère et sa trypanotolérance, la race N'Dama est, avec les races Baoulé et Lagunaire, une des principales races qui peut contribuer au développement de l'élevage bovin africain [2,5]. Le bovin N'Dama appartient à l'espèce Bos Taurus et serait originaire du Moyen-Orient. Sa présence en Afrique aurait été observée 5000 à 2350 années avant Jésus-Christ [5]. Les migrations berbères du 16^{ème} siècle ; auraient favorisé la constitution d'un noyau important qui se serait fixé dans les massifs montagneux du Fouta Djallon en Guinée (Figure 1). C'est à partir de ce noyau que la race s'est répandue dans le reste de l'Afrique [19], de l'ouest (Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Ghana, Mali, Sénégal, et Togo) et du centre (Angola, Cameroun, Congo,

Gabon et République démocratique du Congo). Le N'Dama a fait l'objet de nombreux programmes d'amélioration génétique [10,20]. Croisé avec la race Red-Poll dans les Caraïbes (île de Saint Croix), il a donné naissance à la race Sénépol [28]. Malgré les divers travaux effectués, en milieu traditionnels, en ferme ou en station, les caractéristiques physiopathologiques et les performances de reproduction du N'Dama sont encore mal connues [6, 17, 18, 21, 26]. Pourtant compte tenu de ses potentialités, elle pourrait faire l'objet d'améliorations notamment au travers de l'insémination artificielle. Aussi, nous a-t-il semblé intéressant de procéder à une revue bibliographique des connaissances dans le domaine de la physiologie et de la maîtrise de la reproduction de cette race.

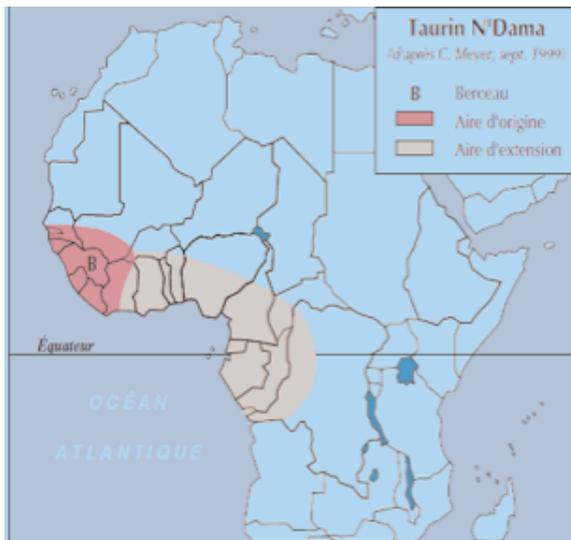


Figure 1 : Berceau et répartition géographique de la race N'Dama en Afrique (Meyer, C. 1999)

CARACTÉRISTIQUES MORPHOMÉTRIQUES ET PRODUCTIONS

Le N'Dama est un bovin rustique sans bosse, de petit format, trapu et massif, aux cornes longues portées en lyre, en coupe ou parfois absentes. C'est un bovin de taille au garrot inférieure à 120 cm et qui est respectivement de $113,6 \pm 0,8$ cm et $116,4 \pm 1,6$ cm chez la femelle et le mâle. La tête est large, le chanfrein rectiligne et le front plat. La robe est uniformément fauve avec toutes les nuances possibles du clair, chez la femelle, au foncé chez le mâle (figure 2). Le N'Dama est surtout élevé pour ses qualités bouchères. Son poids à la naissance varie entre 14 et 17,7 kg [2, 5, 12]. La croissance des mâles est plus rapide que celle des femelles [12]. Les poids des mâles sont à 1, 2 et 4 ans respectivement compris entre 120-130 kg, 200-220 kg et 270-320 kg. Le poids à l'âge adulte est de $286,7 \pm 8,3$ kg chez la femelle et de $328,6 \pm 20$ kg chez le mâle [5]. Le rendement carcasse du taurin N'Dama est compris entre 50 et 54 % [5, 12]. Sa production laitière est médiocre [5], voire négligeable. Elle est en moyenne de 1,96 kg de lait par jour [8] voire de 3 l par jour sur une lactation de 180 jours [21]. Le N'Dama présente également une bonne aptitude à la traction. Le bœuf N'Dama bien dressé peut être utilisé comme animal de trait en culture attelée ; il peut tirer une charge de 350 kg à la vitesse de 4 km/h [5]. Son cuir est fin, de bonne qualité et connu sous le nom de «vachette de Guinée» utilisée pour la fabrication de sacoches, sacs ou chaussures [19].



Figure 1 : Génisse, 3 ans, 230 kg, (gauche) et Taureau, 5 ans, 400 kg (droite) de race N'Dama (Ranch Nyanga. Photo Cossic B. 2013)

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA REPRODUCTION

Les caractéristiques anatomiques spécifiques du tractus génital de la femelle N'Dama n'ont pas fait l'objet d'une description détaillée. Le plus souvent, les auteurs font référence à celles décrites pour le genre *Bos taurus*. De même, les informations relatives à l'âge d'apparition de la puberté sont-elles fort générales, certains auteurs faisant référence aux premières manifestations de l'oestrus [2, 21], d'autres [9, 16, 18] au moment d'acquisition d'un certain poids corporel (Tableau I) et d'autres encore au moment de mise à la reproduction des génisses. Les premières chaleurs apparaîtraient vers l'âge de 15 mois [2, 21]. La puberté serait atteinte à 27 [16] voire à 28 mois [9] pour un poids moyen estimé à 175 ± 20 kg voire 176 ± 24 kg. Pour d'autres auteurs, la puberté apparaît entre 26 (781 ± 156 jours) et 31 mois (949 ± 79 jours) [18]. Une mise à la reproduction à l'âge de 27 mois (779 ± 119 jours) a été recommandée [2]. L'influence de la saison de la naissance sur l'âge à la puberté a été signalée par plusieurs auteurs. Les génisses nées durant la saison pluvieuse sont plus précocement pubères que celle nées en saison sèche [2, 9]. Les caractéristiques spécifiques du cycle sexuel de la N'Dama (dynamique folliculaire, vitesse de croissance du follicule, moment de l'ovulation) n'ont pratiquement pas été étudiées. Néanmoins, comme présenté dans le tableau II, la durée du cycle, mesurée par évaluation de l'interoestrus suite à une série d'observations directes et/ou de marqueurs obtenus grâce à l'utilisation d'une vache androgénisée ou d'un boute-en-train (taureau vasectomisé ou à pénis dévié) serait comprise entre 20,3 [2, 26] et 21,08 jours [21]. Les manifestations œstrales seraient nocturnes et frustres [6, 26]. Dans les mêmes conditions, leur durée serait comprise entre 9 et 12 heures lorsque l'apparition est naturelle [2, 21, 26], de $12 \pm 5,4$ heures [17] ou de 11,1 heures [6] après induction au moyen d'une prostaglandine F2alpha et/ou d'un progestagène (Tableau III). Quelques études ont été consacrées à l'hormonologie de la N'Dama au cours du cycle. La concentration plasmatique en œstrogènes serait comprise entre 5,1 voire 5,8 pg/ml en dioestrus et 10,9 ng/ml en oestrus [16]. Une augmentation de la progestéronémie a été constatée 8 à 9 jours après l'oestrus [14]. Au cours du dioestrus, sa concentration serait comprise entre 7 et 14 ng/ml [14] soit une valeur habituellement plus élevée que celle observée pour des races bovines habituellement élevées en Europe [23, 24]. On a observé que chez les femelles zébus et européennes élevées au Nigeria la progestéronémie ne dépasse jamais les 5 ng/ml [1]. La concentration élevée de la progestérone serait donc une caractéristique des races trypanotolérantes [22]. Le pic préovulatoire de l'hormone lutéotrope (Luteinizing Hormone) s'observerait 5,3 heures après le début des chaleurs. Une concentration de 60 ng/ml s'observerait à ce moment pendant 6 à 7 heures [17]. La durée moyenne de la gestation chez la N'dama est comprise selon les études entre $280,1 \pm 7,96$ jours et 288 ± 7 jours (Tableau IV).

La durée de la gestation serait respectivement de 255 et 265 jours lors de présence de nombre de triplés et de jumeaux [11].

Tableau I : Age et poids à la puberté chez la femelle N'Dama

Pays	Effectifs	Méthodes	Âges (jours)	Poids (kg)	Références
Ghana	8	Dosage de la P4	856 ± 171	176 ± 2,4	Gyawu et al., 1989
Ghana	18	Dosage de la P4	781 ± 158	182 ± 14	Osei et al., 1991
Côte d'Ivoire	5	Visuelle : Oestrus	353 ± 73	< 200	Ralambofiringa, 1975
Côte d'Ivoire	5	Dosage de la P4	815 ± 104	175 ± 20	Meyer et Yesso, 1991
Congo	30	Visuelle : Oestrus	461,2 ± 33	184,6 ± 21	Akouango et al., 2010

Source : Modifié d'après Sauveroche et Wagner, 1993. Légende : P4 = progestérone

Tableau II : Durée du cycle œstral chez la femelle N'Dama

Pays	Effectifs	Durée du cycle	Références
Côte d'Ivoire	12	20,4 ± 1,1	Meyer et Yesso, 1989
Côte d'Ivoire	25	21,3 ± 2,7	Meyer et Yesso, 1987
Côte d'Ivoire	96	21,1 ± 0,6	Ralambofiringa, 1978
Mali	61	21,4 ± 1,5	Traoré et Bako, 1984
Sénégal	8	19,8 ± 1,0	Mbaye et al., 1989
Kenya	5	20,3 ± 2,2	Lorenzini et al., 1987
Ghana	12	20,6 ± 1,0	Gyawu et al., 1991
Congo	30	21,6 ± 0,6	Akouango et al, 2010

Source : Modifié d'après Sauveroche et Wagner, 1993.

Tableau III : Durée de l'oestrus chez la femelle N'Dama

Pays	Effectifs	Durée œstrus	Références
Oestrus naturel			
Côte d'Ivoire	24	11 h 50 ± 1 h 30	Ralambofiringa, 1978
Mali	61	9 h 38 ± 1 h 51	Traoré et Bako, 1984
Congo	30	10 h 34 ± 1 h 15	Akouango et al, 2010
Oestrus induit aux prostaglandines			
Ghana	12	11 h 40 ± 1 h 25	Gyawu et al., 1991
Côte d'Ivoire	8	12 h 00 ± 2 h 00	Meyer et Yesso, 1990
Oestrus induit au Norgestomet			
Sénégal	89	11 h 15	Diop et al, 1998

Source : Modifié d'après Sauveroche et Wagner, 1993.

Tableau IV. Durée de gestation chez la femelle N'Dama

Pays	Effectifs	Durée	Références
Côte d'Ivoire	30	285 ± 2	Coulomb, 1976
Côte d'Ivoire	18	288 ± 7	Ralambofiringa, 1978
Ghana	6	292 ± 5	Gyawu et al., 1989
Guinée	29	280,1 ± 7,9	Kamga-Waladjo et al., 2006

Source : Modifié d'après Sauveroche et Wagner, 1993.

L'involution utérine est terminée 30 jours en moyenne après le vêlage [7, 15]. La durée serait plus courte chez les femelles âgées de moins de 5 ans [29]. Une reprise de l'activité ovarienne déterminée par des suivis de la concentration plasmatique en progestérone s'observerait à partir du 30ème jour après le vêlage, des valeurs comprises entre 34 et 223 jours ayant été rapportés en fonction du système d'élevage et de la méthode de l'étude (Tableau V). Les conditions d'élevage seraient de nature à influencer la durée de l'anœstrus ainsi évalué [9]. L'âge de la mère ou le numéro de vêlage seraient sans influence [7, 9,18]. Les vaches qui n'allaitent pas leur veau témoigneraient d'une reprise plus précoce de l'activité ovarienne [22]. Les apports alimentaires et donc indirectement la saison de vêlage constituent les principaux facteurs d'influence de la durée de l'anœstrus du postpartum [22]. Les vaches qui accouchent durant la saison pluvieuse ont une reprise plus précoce de leur activité ovarienne [9].

Tableau V : Reprise post-partum du cycle sexuel chez la femelle N'Dama

Pays	Effectifs	Méthodes	Délais (jours)	Références
Gambie	203		141	
Gambie	24	Dosage de la P4	60	Gyawu, 1988
Ghana	62		77	
Guinée	42	Visuelle (1er oestrus)	113,3 ± 16,5	Kamga-Waladjo et al. 2006
Congo	-	Visuelle (1er oestrus)	165,1 ± 15	Akouango et al. 2010
Togo	35	Dosage de la P4	34	
		Visuelle (1er oestrus)	44	Djabakou et al., 1991
		Exploration des ovaires	60	
Côte d'Ivoire	96	Visuelle (1er oestrus)	72,9	Ralambofiringa, 1978
Côte-d'Ivoire	13	Dosage de la P4	88 ± 51	
		Visuelle (1er oestrus)	121 ± 81	Yesso et al., 1991
		Visuelle (2ème oestrus)	223 ± 72	

Source : Modifié d'après Sauveroche et Wagner, 1993. Légende : P4 = progestérone

MAITRISE DU CYCLE SEXUEL DE LA N'DAMA

Selon les études, l'âge au premier vêlage de la N'dama et l'intervalle entre vêlages seraient respectivement compris entre 36 et 50 mois [2, 5, 8, 13, 19, 21, 25, 30] et entre 398 ± 36 jours et $456,2 \pm 12$ jours [2, 11]. En milieu d'élevage traditionnel, l'intervalle entre le vêlage et la première insémination ou saillie (période d'attente) serait de $165,1 \pm 15$ jours [2] voire de $113,3 \pm 16,5$ jours [11] en cas d'induction hormonale des premières chaleurs. Chez les animaux cyclés, la prostaglandine F2alpha est davantage utilisée. Ce traitement induit l'apparition d'un oestrus 60 heures plus tard en moyenne [4, 17, 27]. L'implant sous-cutané de CRESTAR® (Intervet, Angers, 3mg de norgestomet) et la spirale vaginale imprégnée de progestérone PRID® (CEVA, Libourne, 1,55 g de progestérone) constituent les principaux traitements utilisés chez la N'Dama pour induire et synchroniser les chaleurs chez les animaux non cyclés voire chez les animaux cyclés. Ces traitements à base de progestagènes sont le plus souvent associés à une injection d'eCG (Equine Chorionic Gonadotropin) et/ou de prostaglandine F2alpha suivant les protocoles (Tableau VI). Les chaleurs apparaissent en moyenne chez 92,6 à 97,8 % des animaux traités, 36 et 44 heures respectivement après le retrait de l'implant sous cutané et la spirale vaginale [6, 27]. Toutefois, [6] révèlent un taux de chaleurs anovulatoires de 43% observé sur des femelles N'Dama élevées en milieu traditionnel où le pâturage est de qualité insuffisante. L'association du sevrage au traitement

contribuerait à améliorer la fertilité [3]. Les taux de gestation obtenus après traitement au moyen de progestagènes (63 %) ou de prostaglandines F2α (77,4 %), ne seraient chez la N'Dama, significativement pas différents [27]. La gonadolibérine (GnRH) utilisée le jour de l'insémination effectuée 56 h après le traitement associant un Progestagène, une PGF2a et l'eCG, a amélioré la fertilité de 4,8 % dans un troupeau de 42 femelles N'Dama [11]. L'objectif de la gestion hormonale des cycles est de permettre une meilleure planification des activités d'élevage mais également la mise en place d'une véritable politique africaine de l'utilisation rationnelle de l'insémination artificielle dans des programmes d'amélioration du potentiel génétique de la race N'Dama.

Conclusion

La présente synthèse s'est voulue aussi exhaustive que possible. Force est de constater que les connaissances relatives à la reproduction de la N'dama revêtent une connotation fort générale. Cependant, divers travaux plus récemment publiés confirment l'intérêt croissant de la communauté scientifique africaine pour la race N'Dama. Il nous semble important de poursuivre les études visant à mieux préciser les caractéristiques de reproduction et de production de la femelle mais également du mâle N'Dama. L'élaboration fédérée entre chercheurs d'une base de données commune rassemblant les diverses observations physiologiques ou pathologiques de reproduction ou zootechnique pourrait permettre de mieux quantifier les performances de reproduction

Tableau VI. Délai d'apparition des chaleurs, taux d'induction et taux de gestation après traitements aux prostaglandines F2alpha et/ou progestagènes chez la femelle N'Dama.

	Traitements effectués	Nombre d'animaux	Délai d'apparition des chaleurs (h)	Taux d'induction (%)	Taux de Gestation (%)
Traitements aux prostaglandines					
Cissé AB, 1993	2PG à 11 j, 2IA 72 et 96 h	20	72	90	45
	Après la 2ème injection 2PG à 11 j, IA sur chaleurs observées	20	72	90	60
Meyer et Yesso, 1995	1 PG entre les 10-15 ^{ème} jours du cycle	7	59,9 ± 9,2	100	ND
Voh et al., 2004	2 PG à 13j, IA 12 h après chaleurs observées.	31	ND	96,8	77,4
Traitements au Norgestomet					
Diop et al., 1998	Implant 9 j + PGF2α.	91	9-63	97,8	ND
Traitements au PRIDND					
Voh et al., 2004	PRID® 12 j, IA 12h après chaleurs observées	35	ND	92,6	63
Kamga-waladjo et al., 2006	PRID®+PGF2α+PMSG+GnRH IA 56 h après le retrait du PRID ND	42	ND	ND	68,96
Charbonnier et al., 2006	GnRH + Pridolestrol® 12 j, IA 56 h après le retrait,	46	ND	ND	54,3

Légende : 2 PG à 11 j = 2 injections de prostaglandine à 11 jours d'intervalle. Implant 9 j = l'implant sous cutané de Norgestomet est resté en place pendant 9 jours. PRIDND 12 j = la spirale vaginale de progestérone est restée en place pendant 12 jours. IA = insémination artificielle. ND = non déterminé.

parce que réalisées sur un nombre bien plus important d'animaux mais également de mieux comprendre leurs facteurs d'influence en fonction des divers contextes d'élevage. De manière plus spécifique, devrait s'intensifier le recours à l'échographie pour mieux préciser et par exemple la dynamique folliculaire et lutéale au cours des différentes phases du cycle, du postpartum voire de la gestation. Ces études seraient également de nature à mieux préciser les protocoles utilisables pour induire et synchroniser les chaleurs et par conséquent d'améliorer les possibilités offertes par l'insémination artificielle pour cet important potentiel d'élevage que représente la N'Dama en Afrique de l'ouest et du centre.

Bibliographie

- 1 - ADEYEMO O., 1987. Plasma concentration of progesterone during normal oestrus cycle and following prostaglandine PGF2 α treatment *Bos indicus* and tropic adapted *Bos taurus*. *Theriogenology*, 27 : 759-768.
- 2 - AKOUANGO F. ; NGOKAKA C. ; EWOMANGO P. et KIMBEMBE E., 2010. Caractérisation morphométrique et reproductive des taureaux et vaches N'Dama du Congo. *Anim. Genet. Resour.*, 46 : 41-47.
- 3 - CHARBONNIER G. ; DIENG C. ; BALDÉ M. ; PALIARGUES T. et FRERET S., 2006. Optimisation du taux de gestation après insémination artificielle de vaches N'Dama, en conditions villageoises sénégalaises, par l'association du sevrage et d'un traitement de maîtrise des cycles. *Ren. Rech. Ruminants*, 13: 294.
- 4 - CISSÉ A.B., 1993. Synchronisation des chaleurs chez les vaches N'Dama Zébu Maure avec la prostaglandine F2 α . In : *Maîtrise de la reproduction et amélioration génétique des ruminants » Apport des Technologies nouvelles, Actualités Scientifiques AUPELF-UREF, Dakar NEAS 21-26.*
- 5 - COULOMB J., 1976. La race N'Dama : quelques performances zootechniques. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 29 (4) : 367-380.
- 6 - DIOP P. E. H. ; FAYE L. ; FALL R. ; LY O. ; SOW A.M. ; MBAYE M. ; FALL A. ; FAYE A. et BOYE C., 1998. Caractéristiques de l'oestrus chez les femelles N'Dama et jersiaises au Sénégal après maîtrise du cycle sexuel au Norgestomet. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 51(1) : 69-73.
- 7 - DJABAKOU K. ; GRUNDLER G. ; LARÉ K. et KOUGBENA L., 1991. Involution utérine et reprise de la cyclicité postpartum chez les femelles bovines trypanotolérantes N'dama et Baoulé. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, 44(3): 319-324.
- 8 - GBANGBOCHE A. B. et ALKOIRET T.I., 2011. Reproduction et production de lait des bovins de race Borgou et N'dama au Bénin. *J. Appli. Biosci.*, 46 : 3185-3194.
- 9 - GYAWU P. ; OSEI S.A. ; KARIKARI P.K. ; KWARTENG F.A. et ASARÉ K., 1989. Use of radioimmunoassay to monitor reproductive performance of indigenous cattle in the humid forest zone of Ghana. In : " Second workshop on the reproduction of the trypanotolerant livestock in west and central africa". Banjul (the Gambia), FAO RAF/88/100, p32.
- 10 - HOSTÉ C. ; CLOE L. ; DESLANDES P. et POIVEY J.P., 1983. Etude de la production laitière et de la croissance des veaux de vaches allaitantes N'dama et Baoulé en Côte d'Ivoire. II. Relation entre la production laitière et la croissance des veaux. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, 36 (2): 207-213.
- 11 - KAMGA-WALADJO A.R. ; MBAÏNDINGATOLOUM F.M. ; LAPO R.A. ; THIAM O. ; SULTAN J. et DIOP P.E.H., 2006. Caractéristiques de reproduction des N'Dama utilisées en insémination artificielle bovine en République de Guinée. *RASPA*, 4(1-2) : 69-72.
- 12 - KAMGA-WALADJO A.R. ; THIAM O. ; SULTAN J. et DIOP P.E.H., 2005. Evaluation des Performances des N'dama et des produits de l'insémination artificielle en République de Guinée. *RASPA*, 3 (2) : 93-97.
- 13 - KOUAMO J. ; SOW A., LEYE A. ; SAWADOGO G.J. et OUEDRAOGO G.A., 2009. Amélioration des performances de production et de reproduction des bovins par l'utilisation de l'insémination artificielle en Afrique Subsaharienne et au Sénégal en particulier : état des lieux et perspectives. *RASPA*, 7 (3-4): 139-148.
- 14 - MBAYE M. ; DIOP P. E. H. et NDIAYE M., 1989; Analyse des caractéristiques de la reproduction chez les ruminants : Etude du cycle sexuel chez les vaches de race sénégalaise. In : "deuxième atelier de travail sur la reproduction du bétail trypanotolérants en Afrique Occidentale et Centrale". Banjul (Gambie), FAO RAF/88/100, 52-53.
- 15 - MEYER C. et YESSO P., 1989. Etablissement des courbes de progesterone au cours du cycle oestral en races bovines (trypanotolérantes) N'dama et Baoulé. Ileme séminaire FAO-IAEA Harare (Zimbabwe).
- 16 - MEYER C. et YESSO P., 1991. Courbe de Progesterone plasmatique du cycle oestral chez les races taurines trypanotolérantes de côtes d'Ivoire. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 44(2) 193-198.
- 17 - MEYER C. et YESSO P., 1995. Etude des chaleurs des vaches trypanotolérantes N'dama et Baoulé en Côte d'Ivoire. II. Composante Hormonale (LH). *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 48 (1) : 95-99.
- 18 - OSEI S. A. ; KARIKARI P.K. ; TUAH A.K. ; GYAWU P. ; OPOKU R.S. ; ASIAMA M. et HEATHCOTE D.C., 1991. The reproductive performance of indigenous beef cattle breeds raised on farm Ghana. In : "Third workshop on the reproduction of the trypanotolerant livestock in West and Central Africa". Banjul (the Gambia), FAO RAF/88/100, 19-35.
- 19 - PAGOT J., 1985. L'Elevage en Pays Tropicaux. G.-P. Maisonneuve Larose et A.C.C.T. ed., Paris (France), 526p.
- 20 - PLANCHNAULT D.; TALL S. H. ET TRAORÉ M.T., 1984. Amélioration génétique des bovins N'dama : Caractéristiques du bétail N'dama au Ranch de Madina-Diassa. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 37 (4) : 488-495.
- 21 - RALAMBOFIRINGA A., 1978. Note sur les manifestations du cycle oestral et sur la reproduction des femelles N'Dama. *Rev. d'Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 31(1): 91-94.
- 22 - SAUVEROCHE B. et WAGNER H.G., 1993. Physiologie de la reproduction des bovins trypanotolérants : Synthèses des connaissances actuelles. FAO. ed., Rome, 149p.
- 23 - SAVIO J.D. ; BOLAND M. P. et ROCHE J.F., 1990. Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in post-partum dairy cows. *J. Reprod. Fertil.*, 88 581-591.
- 24 - SLAMA H. ; ZAIEN B.; CHEMLI J. et TAINURIER D., 1996. Reprise de l'activité ovarienne en période postpartum chez la vache laitière. *Rev. Med. Vet.*, 147 453-456.
- 25 - SOKOURI D.P.; YAPI-GNAORÉ C.V.; N'GUETTA A.S.P.; LOUKOU N.E.; KOUAO B.J.; TOURÉ G.; KOUASSI A. et SANGARÉ A., 2010. Performances de reproduction des races bovines locales de Côte d'Ivoire. *J.Appl. Biosci.*, 36 : 2353-2359.
- 26 - TRAORÉ A. et BAKO G., 1984. Etude du cycle sexuel chez les vaches et génisses N'Dama élevées au Centre de Recherches Zootechniques de Sotuba (Mali). II. Caractéristiques du cycle oestral et de l'oestrus. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 37 (4) 485-487.
- 27 - VOH JR A.A.; LARBI A.; OLORUNJU S.A.S.; AGYEMANG K.; ABIOLA B.D. et WILLIAMS T.O., 2004. Fertility of N'dama and Bunaji cattle to artificial insemination following oestrus synchronization with PRID and PGF2 α in the hot humid zone of Nigeria. *Trop. Anim. Health Prod.*, 36(5): 499-511.
- 28 - WILLIAMS A. R. ; HUPP H. D. ; THOMPSON C. E. et GRIMES L. W., 1988. Breed structure of Senepol cattle. *J. Hered.*, 79 (1) : 9-13.
- 29 - YESSO P.; MEYER C. et DOFFANGUI K., 1991. Reprise post-partum et cyclicité des vaches trypanotolérantes en fonction de la variation saisonnière en région centre de Côte d'Ivoire . In : " Troisième Atelier de travail sur la reproduction du Bétail trypanotolérant en Afrique de l'Ouest et Centrale". Banjul (Gambie), FAO RAF/88/100, 36-54.
- 30 - YOUSSEAO A. K. I. ; AHISSOU A. et TOURE Z., 2000. Introduction de la race bovine N'Dama à la Ferme Elevage de l'Okpara au Bénin. Quelques performances zootechniques. *AGRI.*, 27 : 17-25.



Effects of equine chorionic gonadotropin (eCG) on the sexual behaviour and ovulatory characteristics of female african N'Dama cattle

MWM. OKOUYI^{1,2}, C. HANZEN^{1*}

¹University of Liège, Faculty of Veterinary Medicine, Theriogenology of Production Animals Department, B42 Sart Tilman, B4000 Liège

²Nyanga Ranch, Department of Research into Animal Development and Production, BP 3928 Libreville.

*Corresponding author. christian.hanzen@ulg.ac.be.

ABSTRACT

This paper evaluated the effects of eCG on oestrus and ovulation in N'Dama heifers and cows synchronised by vaginal administration of progesterone (CIDR : Controlled Internal Drug Releasing Device) for seven days and a PGF_{2α} injection two days after the end of treatment. The animals were randomly split into a non-treated control group (n=26) and four groups with increasing doses of eCG: 300 IU (n=25), 400 IU (n=24), 500 IU (n=23) and 600 IU (n=23), which were injected on the day of CIDR withdrawal. The animals were then followed (24 hours a day) for six days. Oestrus was defined by the time from first to last observed standing oestrus. Seven to ten days after the CIDR was withdrawn, the animals were slaughtered, and their ovaries were examined to identify and count the number of follicular and/or luteal structures. The onset of heat was 48.6 ± 5.3 hours after eCG injection, and the average length of oestrus was 9.9 ± 2 hours. The eCG dosage had no significant effect on these two parameters. In contrast, the observed rate of oestrus was significantly ($p < 0.05$) higher in animals that had been treated (70.8 to 84.0%) in comparison with animals that had not been treated (50%). Similarly, the ovulation rate was significantly ($p < 0.05$) higher in treated animals (88.0 to 100%) than in untreated animals (73.1%). The percentage of animals that presented multiple ovulations increased significantly ($p < 0.001$) with the dosage of eCG administered (4.5% to 36.4%).

Keywords: N'Dama, equine Chorionic Gonadotropin, oestrus, ovulation

RESUME

Effets de la gonadotrophine chorionique équine (HCG) sur le comportement sexuel et ovulatoire des vaches de race N'Dama

Cet article a évalué les effets de eCG sur l'oestrus et de l'ovulation de génisses et vaches N'Dama synchronisés par l'administration vaginale de progestérone (CIDR: Controlled Drug interne périphérique Releasing) pendant sept jours et une injection de PGF_{2α} deux jours après la fin du traitement. Les animaux étaient répartis en un groupe témoin non traité (n = 26) et quatre groupes avec des doses croissantes d'eCG: 300 UI (n = 25), 400 UI (n = 24), 500 UI (n = 23) et 600 UI (n = 23) injectée le jour du retrait du CIDR. Les animaux ont été suivis (24 heures par jour) pendant six jours. La durée de l'oestrus était définie par le temps de la première à la dernière observation d'oestrus debout. Sept à dix jours après le retrait du CIDR, les animaux ont été abattus et leurs ovaires ont été examinés afin d'identifier et de compter le nombre de follicules et corps jaunes. L'apparition de la chaleur a été observée $48,6 \pm 5,3$ heures après l'injection d'eCG, et la durée moyenne de l'oestrus était de $9,9 \pm 2$ heures. La dose d'eCG administrée n'a pas eu d'effet significatif sur ces deux paramètres. En revanche, le taux observé d'oestrus a été significativement plus élevé ($p < 0,05$) chez les animaux qui avaient été traités (70,8 à 84,0%) en comparaison avec les animaux non traités (50%). De même, le taux d'ovulation était significativement plus fort ($p < 0,05$) chez les animaux traités (de 88,0 à 100%) que chez les non traités (73,1%). Le pourcentage d'animaux qui présentaient des ovulations multiples a augmenté de manière significative ($p < 0,001$) avec la dose administrée d'eCG (4,5% à 36,4%).

Mots-clés: N'Drama, gonadotrophine chorionique équine, synchronisation, oestrus, ovulation

Introduction

Given its rustic nature, its butchery quality and its trypanotolerance, the N'Dama breed represents a significant potential for developing African cattle breeding [6]. To date, its zootechnical performance and reproductive characteristics have been the subject of relatively little work. The use of selection programmes and artificial insemination are highly significant challenges for developing and improving this breed. Given the conditions under which these cattle are bred and hence the difficulty of inseminating animals when heat is observed, synchronised hormonal protocols have to be applied to allow systematic inseminations. Many different timed artificial insemination (TAI) hormonal protocols have been used in dairy and beef cattle under tropical conditions [2]. Some are based on the use of PGF associated or not to GnRH. The others involve the administration of progestagens for five to nine days, followed by an injection

of PGF_{2α} and equine chorionic gonadotropin (eCG). Such protocols have been shown to allow systematic insemination [17, 20]. Exogenous progesterone suppresses LH release, and induces the appearance of a new wave of follicular growth four to five days later [12]. PGF_{2α} is injected one or two days before the progesterone-based treatment is stopped or when it is stopped. This treatment aims to induce luteolysis in any corpora lutea (CL) present in cycled females. Administering eCG (equine Chorionic Gonadotropin) when the PRID is removed improves follicular growth and the ovulatory response. Stimulating the follicular growth and estrogens synthesis, eCG can improve the ovulatory response to a synchronization protocol without adverse effect following subsequent treatment [2]. The dosage of eCG should, nevertheless, be adjusted to the cycled or anoestrus status of the animal, so as not to induce superovulation, which is likely to lead to multiple pregnancies. The dosage and effects of eCG in female N'Dama have been the subject of relatively

little study. The authors have used doses of between 400 and 600 IU and have done so in animals with larger builds than N'Dama [14]. This study compares the effects of different doses of eCG within synchronisation protocols in N'Dama females on oestrus and ovulation. The onset, duration and manifestation of oestrus together with the ovulation rate and number of ovulations were evaluated.

Material and methods

The study was conducted in Gabon (latitude: 2°15 North, 4° South; longitude: 8°30 West, 14°30 East) at the Nyanga Ranch between March and August 2013. The climate is equatorial, with annual average temperatures, relative hygrometry, and pluviometry of 24°C, 80% and 2,000 mm, respectively.

N'Dama heifers (n=64, 4.5 ± 0.7 years, 225.4 ± 18.6 kg and BCS = 2.5 ± 0.5) and primiparous females (n=57, 4.2 ± 0.5 years, 216.5 ± 20.7kg, and BCS= 2.4 ± 0.4) had already been treated three months before against trypanosomes by dipping in diminazene (Veriben[®], 2,36g, Ceva Santé animale, Libourne, France) and isometamidium (Verigium[®] 125mg, Ceva santé animale, Libourne, France), against internal parasitoses through IM administration of levamisole (Quadrosol[®], 10%, Solartechnik-Schwabing, Munich, Germany) or ivermectine (IVOMEC D[®] 1%, Merial, Lyon, France), and against external parasitoses using flumethrin pour-on (Bayticol[®], 1%, Bayer Animal Health, Loos, New Zealand). They were also vaccinated (Peri vaccine T1/SR) against Contagious Bovine Pleuropneumonia (CBPP). The animals grazed (one cow /4ha) on wild shrub land largely consisting of grasses, such as *Hyparrhenia Diplandra*. The animals received a bran supplement (3-5 kg/animal) and had unrestricted access to water and mineral salts.

The animals were weighed, and their body condition scores (BCS) were noted, taking into account the level of sub-cutaneous fatty deposits at the base of the tail on a scale from 1-5; 1=thin and 5=fat [1]. Genital tract and ovaries were examined through transrectal palpation and vaginoscopy at the insertion of intravaginal progesterone device (CIDR[®], 1.38 g progesterone, Zoetis, Louvain-la-Neuve, Belgium). The presence or absence of a corpus luteum (CL) was determined at this point by transrectal ultrasonography (KX 5200 V ultrasound machine, Xuzhou Kaixin Electronic Instrument Company Ltd, 6.5 MHz linear probe). CIDR[®] was inserted for seven days [15] and PGF_{2α} (Estrumate[®] 500 µg cloprostenol, Intervet, Brussels Belgium) was administered intramuscularly into each animal two days before removing the CIDR[®].

Upon removal of the CIDR[®] day zero (D₀), the animals were split into five experimental groups randomly when the animals passed through the cattle chute. In Group 0, 1 ml of physiological saline (Sodium chloride 0.9%: FRESINIUS KABI, Sevres, France) was injected intramuscularly (control group, n=26). eCG (Folligon[®] Intervet) was administered IM

to the animals in groups 1 (300 IU, n=25), 2 (400 IU, n=24), 3 (500 IU, n=23) and 4 (600 IU, n=23). A vaginoscopy was conducted on the day that the CIDR was removed to identify the animal's degree of tolerance. The mucus was examined and noted on a scale of 1 to 5 (1=absence of mucus, 5=abundant brown to red mucus). A value of less than 3 indicated a good tolerance of CIDR[®] [5].

After D₀, the animals were permanently (ou continuously) observed (24 hours a day) for seven days to identify the onset and duration of oestrus. Onset of heat was defined as the period of time between the end of treatment and the start of oestrus. 'Female on oestrus' referred to all females that presented passive mount behaviour. Duration of oestrus' was defined as the time between the first and last acceptance of a passive mount.

All of the animals were slaughtered between D₇ and D₁₀, and their ovaries were collected to identify the number and nature of structures present. Ovulation was confirmed on the basis of identifying a corpus luteum (CL) in the ovaries after the animal had been slaughtered. 'Anovulatory oestrus' referred to oestrus that was detected but was not followed by ovulation (no CL). 'Silent oestrus' referred to oestrus that was not detected but was followed by ovulation (at least one CL was present). The number of ovulations was determined by the number of CL in the ovaries.

The results are given as averages plus or minus the standard deviation (M ± SD). Data were processed using a general linear model and logistic regression. The fixed effects of the independent variables (whether eCG was injected, parity, cyclical status of the animal) and covariables, dose administered (linear and quadratic effect), age, weight, and BCS of the animals upon the onset and duration of heat, were studied using two analyses of variance (ANOVA). The use of four logistic regressions enabled the effects of these same variables (treatment, number of lactations, cyclicity) and covariables (dose, age, weight, BC) to be analysed in terms of their effects on the rate of inducing normal heat, silent heat, ovulation and multiple ovulation. All calculations were carried out using the SAS software (version 9.1).

Results

The average age, weight and BCS of the animals were 4.4 ± 0.6 years, 221.2 ± 20 kg and 2.4 ± 0.4, respectively. No significant differences were observed among groups at inclusion (table I). The retention rate of the CIDR[®] device was 100%. Tolerance to the CIDR[®] was 77.7%, without any significant difference among the different groups.

In 86.4% of cases, the beginning of oestrus appeared between 6am and 6pm. The average percentage of cows observed in oestrus was 72.7%. This percentage was significantly ($p < 0.05$) higher in animals treated using eCG. Moreover, this percentage correlated positively with the dose of eCG used (Table II).

After CIDR removal, the onset of oestrus occurred over a period of 41.5 hours and 73.9 hours, with an average of 48.6 ± 5.3 hours. The delay between removal and oestrus onset was slightly higher in the absence of an eCG injection. This difference was, however, not significant (Table II).

The average length of oestrus was 9.9 ± 2 hours, with values ranging from 5.5 hours to 13.5 hours. No significant difference was observed between animals in the control group and animals treated with eCG (Table II). The percentage of silent oestrus was, on average, 28.4%. This was significantly higher in the control animals. Similarly, a significant difference was observed among the experimental groups ($p < 0.05$) (Table II). The average percentage of anovulatory oestrus was 4.5%. No significant differences were observed among the different groups of animals. Moreover, anovulatory heat was only observed in primiparous cows.

The total average percentage of cows that had ovulated was 90.1%. This was significantly higher ($p < 0.05$) in heifers (95.3%) than in primiparous cows (84.2%). Moreover, this percentage appeared to be significantly higher in animals

that had been treated with eCG (88 to 100%) compared to control animals (73.1%) ($p < 0.05$). In addition, this percentage increased significantly with the dose of eCG injected ($p < 0.05$).

The average number of ovulations reported in cows that had ovulated ($n=109$) was 1.3 ± 1.0 . The numbers respectively were 1.0 ± 0 ; 1.0 ± 0.2 ; 1.1 ± 0.3 ; 1.4 ± 0.7 and 1.3 ± 0.5 , for the control group and the groups treated with 300 IU, 400 IU, 500 IU and 600 IU. The average percentage of animals presenting several ovulations was 18.3%, and this was only observed in animals treated using eCG. In addition, we observed a highly significant increase ($p < 0.001$) in this percentage for the doses of eCG between 300 and 500 IU, and no significant difference was observed between the doses of 500 and 600 IU.

Discussion

The total average ovulation rate was 90.1%. Injection of eCG led to a significant increase in the ovulation rate. This percentage is comparable to that observed after treating dairy

Traits	Controls	300 IU	400 IU	500 IU	600 IU	RMSE	P-value
Numbers	26	25	24	23	23	NA	0.990
Age (years)	4.6	4.4	4.5	4.4	4.2	0,6	0.160
Weight (kg)	224.8	225	217.9	220.8	211.2	19,5	0.364
BCS	2.4	2.5	2.3	2.5	2.4	NA	0.730
- % heifers	65.4	52.0	45.9	60.9	39.1	NA	0.272
-% cycled animals	80.8	92.0	91.6	91.3	95.7	NA	0.187

IU = International Unit of equine chorionic gonadotropin. RMSE= Root Mean Square Error. BCS = Body Condition Score. NA = No Applicable.

TABLE I: Comparison of the characteristics of the different experimental groups. N'Dama females were treated with different doses of equine Chorionic Gonadotropin (eCG) after oestrus induction treatment.

Traits	Controls	300 IU	400 UI	500 UI	600 UI	RMSE	P-value
Numbers	26	25	24	23	23	NA	0.990
Onset of oestrus (h after CIDR removal)	52.0	47.3	48.4	48.7	47.8	5.2	0.241
Length of oestrus (h)	10.7	10.1	10.4	9.5	9.2	1.9	0.2821
Oestrus rate ¹	50.0 ^a	84.0 ^b	70.8 ^c	78.3 ^d	82.6 ^e	NA	0.0267
Silent oestrus rate ²	53.8 ^a	9.5 ^b	41.2 ^c	27.8 ^d	21.0 ^e	NA	0.0137
Anovulatory oestrus rate ³	7.7	4.8	5.9	5.6	0.0	NA	0.8586
Ovulation rate ⁴	73.1 ^a	88.0 ^b	95.8 ^d	95.6 ^d	100.0 ^e	NA	0.0229
Multiple ovulations rate ⁵	0.0 ^a	4.5 ^b	13.0 ^c	36.4 ^d	34.8 ^d	NA	0.0022

^{abcde} (in each column) = significantly different numbers ($P < 0.05$). RMSE = Root Mean Square Error. NA = Not applicable. *** = very significantly different numbers ($P < 0.001$).

¹Ratio between number of animals seen in oestrus and the number of treated animals. ²Ratio between number of ovulating animals but not seen in oestrus and the number of animals seen in oestrus. ³Ratio between number of not ovulating animals but seen in oestrus and the number of animals seen in oestrus ⁴Ratio between number of ovulating animals and the number of animals of the group. ⁵Ratio between animals with more than 2 ovulations and number of animals with at least one ovulation.

TABLE II: Effects of various doses of eCG on oestrus and ovulation characteristics in N'Dama females ($n = 121$).

cows using a CIDR* (79.2%) [26] or Nelore heifers treated using norgestomet (94.4%), [24] with an injection of 400 IU of eCG administered at the end of treatment. Because of its double FSH and LH activity, [3] eCG increases the pre-ovulatory peak of LH [25] and hence the percentage of ovulation observed [13,23].

The average number of ovulations was 1.2 ± 0.5 . In 18,3% of case we have observed more than one ovulation, this percentage increasing with the dose of eCG. Similar results have been observed after use of 400 IU in dairy heifers (1.5 ± 0.1) [11] or 600 IU in beef heifers (4.0 ± 1.1) [10]. Similarly, in dairy heifers, a CIDR treatment followed by the injection of 400 IU of eCG and PGF_{2 α} at the end of the treatment was accompanied by 12.5% multiple ovulations [26].

The average time between CIDR* removal and oestrus was 48.6 hours. This value is comparable to that reported norgestomet intraauricular treatment of N'Dama females, which resulted in oestrus within 9 and 63 hours (36 hours on average), [7] after CIDR treatment in cows and beef heifers, this delay ranged from 47.0 ± 5.0 hours to 49.3 ± 7.0 hours [18]. In terms of the animals treated, 71.9 % were observed to come into heat within 72 hours of the end of treatment [18]. This rate was lower than that observed after treating N'Dama cows (females observed in heat reported against the total number of females treated) using a vaginal coil (80%) [28] or norgestomet (97.8%) [7]. It was also lower than that of heifers and dairy cows treated using a CIDR* (80%) [15].

The average length of oestrus observed in this study was 9.9 ± 2 hours. It was not influenced by eCG, regardless of the dose used. This duration was 11.8 ± 4.4 hours for primiparous and 10.8 ± 3.8 hours for multiparous Holstein cows [21]. In female N'Dama treated using norgestomet, the duration of heat was 11.1 hours [7]. Observation of heat using a teaser bull confirmed that oestrus lasted between 8 and 9 hours [19]. Quantified using an electronic mount detector, the duration of oestrus was between 2.6 and 26.2 hours (average 14 hours) in cross-bred heifers (Angus x Hereford x Brahman) treated for 14 days using melengestrol acetate [27]. In dairy cows, the average length of oestrus was 7.1 ± 5.4 hours; 8.6 hours and 9.6 ± 6.9 hours, respectively [9, 29, 30].

One female out of four (28.4%) was not observed to come into heat, despite the continuous observation methods used. This percentage was significantly higher in animals that were not treated with eCG (53.8% vs. 9.5 to 41.2%). N'Dama oestrus is known to be misleading [7, 19]. The injection of eCG was accompanied by an increase in the percentage of oestrus detected. Oestradiol 17 β is the hormone responsible for oestrus behaviours [4, 8], with passive mounting activity being positively correlated with increased concentrations [16, 21, 22]. It appears that the injection of eCG is accompanied by greater follicular growth, and hence an increase in the production of oestradiol 17 β [10,25,], encouraging better expression of heat.

Conclusion

Attending the very high retention rate (100 %) , the use of a CIDR associated with eCG and PGF_{2 α} can be recommended to synchronize oestrus in N'Dama cattle. Such treatment induces a good oestrus rate (71,6%) and a very high ovulation rate (90,1%). Due to this difference, a timed artificial insemination would be recommended.

Acknowledgements

The authors thank the Programme for Institutional Support and Human Resources Development (PAI-DRH) in Gabon for funding the work, the Société d'Investissement pour l'Agriculture Tropicale (Siat-Gabon) for the framework and the University of Liège (ULg).

References

1. - AYRES H., FERREIRA R.M., TORRES-JÚNIOR J.R.S., DEMÉTRIO C.G.B., DE LIMA C.G., BARUSELLI P.S. : Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. *Livest. Sci.*, 2009, **123**, 175-179.
2. - BARUSELLI P.S., SALES J.N.S., SALA R.V., VIEIRA L.M., SA FILHO M.F. History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. *Anim. Reprod.*, 2012, **9**, 139-152.
3. - BEVERS M. M., DIELEMAN S. J., VAN TOL H.T., BLANKENSTEIN D.M., VAN DEN BROEK J. : Changes in pulsatile secretion patterns of LH, FSH, progesterone, androstenedione and oestradiol in cows after superovulation with PMSG. *J. Reprod. Fert.*, 1989, **87**, 745-754.
4. - BRITT J.H., SCOTT R.G., ARMSTRONG J.D., WHITACRE M.D.: Determinants of estrous behavior in lactating Holstein cows. *J. Dairy. Sci.*, 1986, **69**, 2195-2202.
5. - CHENAULT J.R., BOUCHER J.F., DAME K.J., MEYER J. A., WOOD-FOLLIS S.L.: Intravaginal progesterone insert to synchronize return to oestrus of previously inseminated dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 2003, **86**, 2039-2049.
6. - COULOMB J. : La race N'Dama : quelques performances zootechniques. *Rév. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 1976, **29**, 367-380.
7. - DIOP P.E.H., FAYE L., FALL R., LY O., SOW A.M., MBAYE M., FALL A., FAYE A., BOYE C. : Caractéristiques de l'oestrus chez les femelles N'Dama et jersiaises au Sénégal après maîtrise du cycle sexuel au Norgestomet. *Rév. Elev. Méd. Vét. Trop.*, 1998, **5**, 69-73.
8. - DISKIN, M.G. AND J.M. SREENAN, J.M.: Expression and detection of oestrus in cattle. *Reprod. Nutr. Development.*, 2000, **40**, 481-491.
9. - DRANSFIELD M.B., NEBEL R.L., PEARSON R. E., WARNICK L.D.: Timing of insemination for dairy cows identified in oestrus by a radiotelemetric oestrus detection system. *J. Dairy. Sci.*, 1998, **81**, 1874-1882.

10. - DUFFY P., CROWE M.A., AUSTIN E. J., MIHM M., BOLAND M. P., ROCHE J. F. (2004) The effect of eCG or estradiol at or after norgestomet removal on follicular dynamics, oestrus and ovulation in early post-partum beef cows nursing calves. *Theriogenology*, 2004, **6**, 725-734.
11. - FERREIRA R.M., AYRES H., SALES J.N., SOUZA A.H., RODRIGUES C.A., BARUSELLI P.S.: (2013) Effect of different doses of equine chorionic gonadotropin on follicular and luteal dynamics and P/AI of high-producing Holstein cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 2013, **140**, 26-33.
12. - FLORES R., LOOPER M. L., KREIDER D. L., POST N. M., ROSENKRANS Jr C. F. : Estrous behavior and initiation of estrous cycles in postpartum Brahman-influenced cows after treatment with progesterone and prostaglandin F2 α . *J. Anim. Sci.*, 2006, **84**, 1916-1925.
13. - GARCIA-ISPIERTO I., LÓPEZ-HELGUERA I., MARTINO A., LÓPEZ-GATIUS F. : Reproductive Performance of Anoestrous High-Producing Dairy Cows Improved by Adding Equine Chorionic Gonadotrophin to a Progesterone-Based Oestrous Synchronizing Protocol. *Reprod. Domest. Anim.*, 2012, **47**, 752-758.
14. - KAMGA-WALADJO A.R., THIAM O., SULTAN J., DIOP P.E.H.: Evaluation des Performances des N'Dama et des produits de l'insémination artificielle en République de Guinée. *RASPA.*, 2005, **3**, 93-97.
15. - LUCY M.C., BILLINGS H.J., BUTLER W.R., EHNIS L.R., FIELDS M. J., KESLER, D.J., KINDER J.E., MATTOS R.C., SHORT R., E., THATCHER W.W., WETTEMANN R.P., YELICH J. V., HAFS H. D. : Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF2 α for synchronizing oestrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, peripubertal beef heifers, and dairy heifers. *J. Anim. Sci.*, 2001, **79**, 982-995.
16. - LYIMO Z. C., NIELEN M., OUWELTJES W., KRUIP T.A., VAN EERDENBURG F. J. : Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology*, 2000, **53**, 1783-1795.
17. - MARTINEZ M.F., ADAMS G. P., KASTELIC J.P., BERGFEL D.R., MAPLETOFT R. J. : Induction of follicular wave emergence for oestrus synchronization and artificial insemination in heifers. *Theriogenology*, 2000, **54**, 757-769.
18. - NASH J. M., MALLORY D. A., ELLERSIECK M. R., POOCK S. E., SMITH M. F., PATTERSON D. J.: Comparison of long-term controlled internal drug release-based protocols to synchronize oestrus and ovulation in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.*, 2013, **9**, 3168-3176.
19. - RALAMBOFIRINGA A. : Note sur les manifestations du cycle oestral et sur la reproduction des femelles N'Dama. *Rév. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 1978, **31**, 91-94.
20. - RHODES F.M., BURKE C. R., CLARK B. A., DAY M.L., MACMILLAN K.L.: Effect of treatment with progesterone and oestradiol benzoate on ovarian follicular turnover in postpartum anoestrous cows and cows which have resumed oestrous cycles. *Anim. Reprod. Sci.*, 2002, **69**, 139-150.
21. - ROELOFS J. B., VAN EERDENBURG F. J. C. M., SOEDE N. M., KEMP B.: Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology*, 2005, **63**, 1366-1377.
22. - ROELOFS J., LOPEZ-GATIUS F., HUNTER R.H., VAN EERDENBURG F.J., HANZEN CH. : When is a cow in oestrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology*, 2010, **74**, 327-44.
23. - ROSTAMI B., NIASARI-NASLAJI A., VOJGANI M., NIKJOU D., AMANLOU H. GERAMI A. : Effect of eCG on early resumption of ovarian activity in postpartum dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 2011, **128**, 100-106.
24. - SÀ FILHO M.F., TORRES-JUNIOR J.R., PENTEADO L., GIMENES L. U., FERREIRA R.M., AYRES H., CASTRO E., PAULA L.A., SALES J.N., BARUSELLI P. S.: Equine chorionic gonadotropin improves the efficacy of a progestin-based fixed-time artificial insemination protocol in Nelore (*Bos indicus*) heifers. *Anim. Reprod. Sci.*, 2010, **118**, 182-187.
25. - SHELDON I.M., DOBSON H. : Effect of administration of eCG to postpartum cows on folliculogenesis in the ovary ipsilateral to the previously gravid uterine horn and uterine involution. *J. Reprod. Fert.*, 2000, **119**, 157-163.
26. - SOUZA A.H., VIECHNIESKI S., LIMA F.A., SILVA F.F., ARAÚJO R., BÓ G.A., WILTBANK M.C., BARUSELLI P. S.: Effects of equine chorionic gonadotropin and type of ovulatory stimulus in a timed-AI protocol on reproductive responses in dairy cows. *Theriogenology*, 2009, **72**, 10-21.
27. - STEVENSON J.S., SMITH M. W., JAEGER J.R., CORAH L. R., LEFEVER, D.G. : Detection of oestrus by visual observation and radiotelemetry in peripubertal, oestrus-synchronized beef heifers. *J. Anim. Sci.*, 1996, **74**, 729-735.
28. - VOH JR A. A., LARBI A., OLORUNJU S. A. S., AGYEMANG K., ABIOLA B.D. WILLIAMS T.O. Fertility of N'dama and Bunaji cattle to artificial insemination following oestrus synchronization with PRID and PGF2 α in the hot humid zone of Nigeria. *Trop. Anim. Health. Prod.*, 2004, **36**, 499-511.
29. - WALKER W.L., NEBEL R.L. MC GILLIARD M.L.: Time of Ovulation Relative to Mounting Activity in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.*, 1996, **79**, 1555-1561.
30. - XU Z.Z., MCKNIGHT D.J., VISHWANATH R., PITT C.J., BURTON, L.J. : Oestrus detection using radiotelemetry or visual observation and tail painting for dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.*, 1998, **81**, 2890-2896.

Preovulatory follicle diameter, growth rate and time of ovulation during induced oestrus using a CIDR® in trypanotolerant female *Bos taurus* N'Dama cattle

M'foumou W'otari Marcel Okouyi¹ · Pierre-Vincent Drion² · Christian Hanzen¹

Received: 17 March 2015 / Accepted: 29 June 2015 / Published online: 1 August 2015
© Springer Science+Business Media Dordrecht 2015

Abstract The aim of this study was to assess the dose (300 to 600 IU) effects of equine chorionic gonadotropin (eCG) on the preovulatory follicle diameter, growth rate and time of ovulation characterized by echography. The eCG was injected at the end (D_0) of the 7-day treatment with a controlled internal device release (CIDR®) and a PGF_{2α} being injected 2 days before the removal of the CIDR® (d_{-2}). The 120 N'Dama female were distributed into five experimental groups. The control group ($n=26$) was treated with physiological saline at the removal of the CIDR®, while the animals in the four treated groups received, respectively, 300 IU ($n=25$), 400 IU ($n=24$), 500 IU ($n=22$) and 600 IU ($n=23$) of eCG. The diameter of the preovulatory follicle was significantly higher ($P<0.05$) in the animals treated with 300 IU (10.1 ± 1.4 mm) than in untreated animals (9.3 ± 1.2 mm). Follicle growth rate was significantly ($P<0.05$) higher in treated animals (1.0 ± 0.4 mm/day) than in the control group (0.9 ± 0.4 mm/day). The average interval between the time of eCG injection and ovulation was similar in the non-treated (83.7 ± 14.4 h) and treated animals (79.7 ± 11.9). Treated animals showed a significant increase in the percentage of ovulation (94.7 % compared to 73.1 %) ($P<0.01$). Use of eCG contributed towards synchronising the time of ovulation between 72 to 96 h, which would facilitate the use of systematic insemination.

Keywords N'Dama cow · Follicular growth · Ovulation · CIDR · eCG

Introduction

Several studies showed that the diameter of the dominant follicle is one indicator of its ability to ovulate. In cattle, the dominant follicle ovulates when its diameter reaches between 15 and 20 mm (Lussier et al. 1987) or between 10 and 20 mm (Monniaux et al. 2009). The dominant follicle is capable of ovulating when its diameter is close to 10 mm (Ginther et al. 1996; Sartori et al. 2001). In heifers and beef cattle, the success of artificial insemination depends on gestation rates, which are themselves significantly influenced by the size of the follicle which has ovulated (Perry et al. 2005, 2007; Meneghetti et al. 2009). Maximising the size of the preovulatory follicle and the integrity of the ovocyte is therefore an important objective of reproductive hormonal management programmes which use systematic insemination (Wiltbank and Pursley 2014). In Senepol cattle (*Bos taurus*) living in tropical regions, which are closely related to the N'Dama (Williams et al. 1988), the diameter of the preovulatory follicle is 13.6 ± 0.4 mm (Alvarez et al. 2000). To our knowledge, no study has been conducted to assess the size of the preovulatory follicle in N'Dama cattle. Moreover, the characteristics of oestrus in this breed make the rational use of artificial insemination difficult (Diop et al. 1998). Administering 300 IU of equine chorionic gonadotropin (eCG) and increasing the dose to between 400 and 600 IU, at the end of treatment with a CIDR®, increase the expression of oestrus and ovulation rates in females of this breed (Okouyi et al. 2014). In addition, hormone treatment protocols facilitating the use of systematic insemination remove the constraints of having to detect heat (Hanzen and Boudry 2003). To optimise the results of

✉ Christian Hanzen
christian.hanzen@ulg.ac.be

¹ Faculty of Veterinary Medicine, Theriogenology of Animal Production Department, University of Liège, Avenue de Cureghem, 7d, 4000 Liège, Belgium

² Faculty of Medicine, University of Liège, CHU—Tour de Pathologie—B 23 Sart Tilman, 4000 Liège, Belgium

fertilisation and to improve gestation rates among N'Dama cattle, it is important to consider identifying the best time for systematic insemination in relation to ovulation. Ovulation takes place 26.7 ± 5.4 h after the start of heat in dairy breeds (Walker et al. 1996). The interval between stopping progesterone-based treatment and ovulation varies between 69.6 ± 2.4 h to 73.1 ± 1 h in the Zebu Nelore (Sà Filho et al. 2010a) and from 65.4 ± 2.2 to 66.0 ± 3.3 h in other dairy breeds (Uslenghi et al. 2014). Few data are available in the literature on this interval in N'Dama cattle. This study was conducted to assess the diameter of the preovulatory follicle, the time of ovulation and the effects of 300 IU of eCG (and of increasing this to between 400 and 600 IU) after treatment with a controlled internal device release (CIDR[®]) on these parameters in female N'Dama cattle.

Materials and methods

The experiments were conducted in Gabon in the Nyanga ranch (Latitude: 2°15 North, 4° South; longitude: 8°30 West, 14°30 East) during the months of March to August 2013. The area in which the study took place has an equatorial climate which is hot (25–30 °C) and humid (80–85 % humidity) with high rainfall (1800–2000 mm). Vegetation consists of savannah shrub lands, interspersed with a few gallery forests which play host to the tsetse fly, the biological host and vector of trypanosomes, the agents responsible for African animal trypanosomiasis. Cattle feed on natural pastures consisting largely of *Hyparrhenia* sp. grasses. The load capacity is one tropical livestock unit for four hectares (1 TLU/4 ha). In addition, the animals regularly receive wheat bran (3–5 kg/animal/day). They have free access to water and mineral salts. They are regularly treated for parasites (levamisole/ivermectin) and are given preventative treatment against trypanosomiasis (isometamidium chloride hydrochloride). They are vaccinated against pasteurellosis and contagious bovine pleuropneumonia (CBPP). The experimental group consisted of 63 heifers and 57 cows from the N'Dama breed. Each of them underwent a manual transrectal examination and ultrasound scan (KAIXIN[®] KX 5200V scan, Xuzhou Kaixin Electronic Instrument Company Ltd. using a linear sensor with a frequency of 6.5 MHz). They were weighed and their condition assessed on a scale of 1 to 5 (1=thin; 5=obese) using the (Ayres et al. 2009) method adapted to the N'Dama by assessing subcutaneous fatty deposits at the base of the tail.

After disinfecting the vulva region using a 5 % Ecutan[®] solution (chlorhexidine digluconate 50 mg/ml), a CIDR[®] (1.38 g of progesterone, Zoetis Belgium) was inserted for 7 days (Lucy et al. 2001) PGF_{2α} (2 ml of Estrumate[®], 250 µg/ml of cloprostenol, Intervet Belgium) was administered IM to each animal 2 days before removing the CIDR[®]. After CIDR[®] removal (day 0), animals were split into five

experimental groups. Animals of control group received an IM injection of 1 ml of physiological saline (sodium chloride 0.9 %: FRESINIUS KABI France) (control group, group 0: $n=26$). IM administration of 300, 400, 500 and 600 IU of eCG (Folligon[®], 1000 IU/5 ml, Intervet Belgium) was respectively done to the animals in groups 1 ($n=25$), 2 ($n=24$), 3 ($n=22$) and 4 ($n=23$). These injections were done randomly as and when the animals passed through the pen. Each ovary was scanned to measure the diameter of follicles present on the day CIDR[®] withdrawal (day 0) and 2, 3, 4 and 5 days later (Fig. 1).

Ovulation was indirectly identified by the disappearance or sudden reduction between two consecutive measurements of the diameter of the dominant follicle (Alvarez et al. 2000; Castilho et al. 2007). The rate of growth of this dominant follicle (mm/day) was defined in relation to the difference between the follicle diameter observed prior to ovulation (day_{ov}) and that observed after removal of the CIDR[®] (day 0), divided by the number of days between removal and ovulation (Sà Filho et al. 2010b).

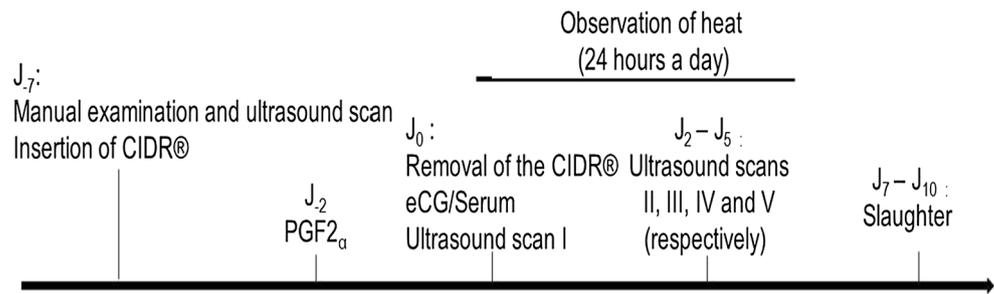
Time of ovulation

The animals were constantly observed (24 h a day) between the day of CIDR[®] withdrawal and their slaughter, to detect oestrus whose duration was determined by the time between the first and last standing heat.

All the animals were slaughtered (programed slaughter) 7 to 10 days after removal of the CIDR[®]. Ovulation was confirmed by identifying the corpus luteum on the ovary containing the identified dominant follicle.

Statistical analyses

The results were expressed as an average plus or minus standard deviation ($M \pm SD$). The homogeneity of the groups for the following parameters: number, lactation number (heifer vs. cow), age, weight, body condition score (BCS), cyclicity (cycling vs. anoestrus females), as well as the study of the distribution of frequency of ovulation by time period (48–72 h, 72–96 h, 96–120 h) were tested using a chi-square test. The fixed effects of the variables eCG (administration or not), category (heifer or cow) and state of cyclicity when the CIDR[®] was inserted (cycled or anoestrus) and covariables dose administration, age, weight and body condition, on the rate of growth and diameter of the follicle, were studied using a generalised linear model (GLM). The use of logistical regression allowed the effects of these same variables (treatment, lactation number, cyclicity) and covariables (dose, age, weight, body condition) on the time of ovulation to be analysed. All calculations were carried out using SAS software (version 9.1).

Fig. 1 Experimental protocol

Results

The characteristics of the animals in the study are presented in Table 1. No significant difference was observed between the groups for each parameter analysed ($P>0.05$).

Oestrus and follicle characteristics

Animals treated using 300 or 600 IU of eCG showed a significant increase in the percentages of observed oestrus ($P<0.02$) and ovulation ($P<0.01$). In the control group and treated animals, percentages of oestrus and ovulation were, respectively, 50 vs 79.8 % and 73.1 vs 94.7 % (Table 2).

Follicle growth rate was noted to be significantly ($P<0.05$) higher in animals treated with eCG (1.0 ± 0.4 mm/day) than in the control group (0.9 ± 0.4 mm/day). It appeared lower after administration of 600 IU of eCG when compared to injection of doses between 300 and 500 IU (Table 2).

The diameter of the preovulatory follicle varied from 5.8 to 12.2 mm. This diameter was significantly larger ($P<0.05$) in animals treated with 300 IU (10.1 ± 1.4 mm) than in untreated animals (9.3 ± 1.2 mm). Administration of eCG doses higher than 300 IU did not demonstrate significantly different rates of follicle growth or preovulatory follicle diameter ($P>0.05$) between the treated animals and the control group. However, a tendency to reduce the rate of follicle growth ($P=0.07$) as the dose of eCG increased was observed (Table 2).

Time of ovulation

The average intervals between the eCG injection, the start of oestrus, the end of oestrus and ovulation were, respectively, 83.7 ± 14.4 h, 33.6 ± 11.1 h and 23.0 ± 11.8 h in the control group and 79.7 ± 11.9 h, 30.1 ± 10.1 h and 21.5 ± 10.7 h in animals treated with eCG. No significant difference ($P>0.05$) was observed between the control group and the animals treated with eCG. However, lower values were noted in animals treated with 600 IU of eCG (Table 3).

All observed ovulation took place within 48 to 120 h after removal of the CIDR®. Both in the control group and the treated animals, the percentage of ovulation observed between 72 and 96 h after removal of the CIDR® was significantly ($P<0.05$) higher than 48 to 72 h or 97 to 120 h after removal. The percentage of ovulation observed in the animals treated with 600 IU of eCG was higher 48 to 72 h after removal than 73 to 96 h or 96 to 120 h (Table 4).

There was no significant ($P>0.05$) difference in average ovulation percentages observed at 48 to 72 h, 73 to 96 h and 97 to 120 h after CIDR® removal between the treated animals and the control group.

The induction rate corresponds to the percentage of females presenting standing heat behaviour in comparison with the total number of animals. Growth rate was determined between day 0 and ovulation.

Difference threshold includes the following: no difference, $P>0.05$; tendency towards difference, $P=0.05$; significant difference, $P<0.05$; and very significant difference, $P<0.01$.

Table 1 Characteristics of the animals in the study ($n=120$)

Traits	Controls	300 IU	400 IU	500 IU	600 IU	RMSE	<i>P</i> value
Numbers	26	25	24	22	23	NA	0.990
Age (years)	4.6	4.4	4.5	4.4	4.2	0,6	0.160
Weight (kg)	224.8	225.4	217.9	220.8	211.2	19,5	0.364
BCS	2.4	2.5	2.3	2.5	2.4	NA	0.730
Parity and physiological status							
% heifers	65.4	52.0	45.9	60.9	39.1	NA	0.272
% of cycled females	80.8	92.0	91.6	91.3	95.7	NA	0.187

Means of traits per equine chorionic gonadotropin (eCG) dosage in trypanotolerant N'Dama cows treated with controlled internal drug releasing device

NA not applicable, IU International Unit (of eCG), BCS body condition score, RMSE root-mean-square error.

Table 2 Compared effects of eCG dose (0 to 600 IU) on oestral, follicle and ovulatory characteristics in female N'Dama

Traits	Groups					P value
	Controls	300 IU	400 IU	500 IU	600 IU	
Numbers	26	25	24	22	23	0.99
% of oestrus	50.0	84.0	70.8	81.8	82.6	0.02
% ovulation	73.1 ^a	88.0 ^b	91.7 ^c	95.4 ^d	100 ^e	0.01
FGR (day 0–ovulation)	0.9±0.4 ^a	1.1±0.5 ^b	1.0±0.4 ^c	1.1±0.4 ^d	0.8±0.4 ^e	0.02
OF diameter (mm)	9.3±1.2 ^a	10.1±1.4 ^b	9.3±1.5 ^a	9.1±1.2 ^a	8.6±1.2 ^a	0.04

IU International Unit (of eCG), FGR follicle growth rate (mm), OF ovulating follicle
Means in the same line with different letters differ significantly ($P < 0.05$)

The numbers followed by letters (in each ligne) indicate a significant difference.

Discussion

The number of animals ($n=120$) in our trial was significantly higher than that of other studies (Ralambofiringa 1978, Meyer and Yesso 1995). The average age of the animals was relatively low (4.4 ± 0.6 years) because the average age between birth and first calving is between 3.5 and 4 years (Coulomb 1976). Average weight (221.2 ± 20.0 kg) was also lower than that known for females in this breed (286.7 ± 8.3 kg) (Coulomb 1976). Their body condition score (2.4 ± 0.4) corresponded to that usually seen in females of reproductive age (Ezanno et al. 2005).

Injection of eCG (300 to 500 IU) induced a significant increase in follicle growth rate (1.0 ± 0.4 to 1.1 ± 0.5 mm) in comparison with the control group (0.9 ± 0.4). This effect has been observed by other authors (Baruselli et al. 2004; Lopes et al. 2007). Injection of 400 IU of eCG in 90 Nelore heifers presented a preovulatory follicle growth rate of 1.1 ± 0.1 mm/day, while this was 0.6 ± 0.1 mm/day in the 87 animals in the control group (Sà Filho et al. 2010b). The same is true of Nelore cows treated with 400 IU of eCG: follicle growth rate was 1.5 ± 0.1 mm/day compared to 0.56 ± 0.2 mm/day in untreated cows (Sà Filho et al. 2010a). Animals injected with eCG (300 IU) present a greater ovulating follicle diameter (10.1 ± 1.4 mm) than the control group (9.3 ± 1.2 mm). Similar differences were observed after injection of 400 IU of eCG in Nelore cows (*Bos indicus*) (11.2 ± 0.9 mm vs. 9.4 ± 1.1 mm) (Sà Filho et al. 2010a) This is lower than the diameters observed by several authors after injecting 400 IU of eCG in Nelore cattle: 10.6 ± 0.2 mm, 11.2 ± 0.9 and 12.55 ± 0.36 mm (Baruselli et al. 2004; Sà Filho et al. 2010a, c), or Senepol cattle: 13.6 ± 0.4 mm (Alvarez et al. 2000). These differences could be attributed to speculation and therefore the different physiological statuses of the *B. taurus* breeds. In this breed, ovulation can be observed when the diameter of the follicle is close to 10 mm (Ginther et al. 1996; Sartori et al. 2001).

Table 3 Effect of eCG dose on the time of ovulation in female N'Dama

	Number of cows	Interval between eCG injection and ovulation (hours)	Interval between the start of oestrus and ovulation (hours)	Interval between the end of oestrus and ovulation (hours)
Controls	26	83.7±14.4 (n=19)	33.6±11.1 (n=12)	23.0±11.8 (n=12)
300 IU	25	80.4±11.2 (n=22)	33.5±11.2 (n=20)	23.5±11.5 (n=20)
400 IU	24	78.7±11.1 (n=23)	29.8±9.2 (n=16)	20.5±10.8 (n=16)
500 IU	22	81.8±11.9 (n=21)	31.4±10.0 (n=17)	21.7±10.8 (n=17)
600 IU	23	78.0±13.5 (n=23)	28.7±9.9 (n=19)	19.9±10.4 (n=19)
Average of treated animals		79.7±11.9 (n=89)	30.1±10.1 (n=72)	21.5±10.7 (n=72)
General average		80.4±12.4 (n=108)	31.0±10.3 (n=84)	21.3±10.5 (n=84)

No significant difference ($P > 0.05$)

Table 4 Effect of eCG dose on distribution of intervals between treatment and ovulation in female N'Dama

Groups	% of females who ovulated within		
	48–72 h	73–96 h	97–120 h
Controls	26.3 ^a	57.9 ^b	15.8 ^a
300 IU	13.6 ^a	72.8 ^b	13.6 ^a
400 IU	21.7 ^a	56.6 ^b	21.7 ^a
500 IU	14.3 ^a	66.7 ^b	19.0 ^a
600 IU	56.5 ^c	34.8 ^d	8.7 ^c
eCG average	27.0 ^a	57.3 ^b	15.7 ^a
General Average	25.0 ^a	57.4 ^b	17.6 ^a

The numbers followed by letters are significantly different to the threshold $P > 0.05$

Dairy cattle respond in different ways to eCG administration. In the Holstein breed, the diameter of the ovulatory follicle in the control group and the group treated with an average of 400 IU of eCG injected upon removal of the CIDR[®] were, respectively, 13.1±0.6 mm and 14.7±0.6 mm. This difference was primarily observed in animals presenting a weaker body condition (Souza et al. 2009). Similarly, the effect of eCG is more obvious in cattle with higher milk production (Garcia-Ispierto et al. 2012) and those over the age of five (Bryan et al. 2010). Increasing the eCG dose (from 400 to 600 IU) results, in this case, in a reduction in the ovulatory follicle growth rate and follicle diameter. Similar effects were also reported in dairy cattle. Thus, after injection of 400 or 600 IU of eCG, the growth rate and diameter of the ovulatory follicle were, respectively, 3.9±0.6 mm/day and 14.5±1.1 mm, and 3.5±0.5 mm/day and 13.9±1.2 mm (Ferreira et al. 2013). It does not appear that a reduction in the diameter of the ovulatory follicle is a determining factor for infertility (Sartori et al. 2001; Perry et al. 2005) as long as a minimal value close to 10 mm is observed (Martinez et al. 1999; Sartori et al. 2001). Thus, in Senepol cattle (*B. taurus*) and Nelore cattle (*B. indicus*), ovulation of the follicle with a diameter less than 8.5 mm is considered as physiological (Sartori and Barros 2011). Similarly, in the Zebu Nelore, gestations have been observed after ovulation of follicles with a diameter less than 7.5 mm (Sá Filho et al. 2010c). However, reduction in the diameter of the ovulating follicle may be accompanied by progesteronaemia (Sartori and Barros 2011). An increase in the LH effect resulting from the injection of eCG (Sheldon and Dobson 2000; Rostami et al. 2011) induces the ovulation of follicles with a smaller diameter (Perry et al. 2005). This possibility explains the fact that, in our study, the increase in eCG dose is accompanied by an increase in the percentage of ovulations.

An average interval of 80.4±12.4 h was observed between removal of the CIDR[®] and ovulation. Injections of eCG had no effect on this interval. Intervals of 72.9±2.1 h and 70.5±2.7 h were observed after dairy cattle were treated with a CIDR[®] and 400 IU of eCG (Souza et al. 2009) and Nelore cattle treated using a norgestomet implant and 400 IU of eCG (Sá Filho et al. 2010a). Injection of 400 IU of eCG did not lead to significant differences in this interval in Nelore cows treated using progesterone, 74.2±4.0 h in treated cattle compared to 78.0±3.1 h in cows in the control group (Baruselli et al. 2004). Increasing the dose of eCG (from 400 to 600 IU) did not lead to significant differences in the interval between treatment and ovulation in Holstein cattle. This interval was, respectively, 82.9±2.2 h in cows in the control group and 78.5±2.3 h in cows treated with 400 IU and 70.8 h in cows treated with 600 IU (Ferreira et al. 2013). The majority of ovulations observed took place within 72 to 96 h after removal of the CIDR[®]. It is possible that injecting eCG increases synchronisation of ovulation, favouring the use of systematic inseminations (Souza et al. 2009; Garcia-Ispierto et al. 2012).

Conclusion

Our study has clarified the follicular and ovulatory characteristics of female N'Dama cattle treated for 7 days with progesterone (CIDR[®]) combined, at the end of treatment, with an injection of eCG and PGF_{2α}. Injection of eCG contributes towards increasing the percentages of oestrus and ovulations observed. It has no effect on the intervals between treatment and ovulation. It nevertheless contributes towards greater synchronicity of the time of ovulation 72 to 96 h after the end of treatment, which is likely to favour the use of systematic single insemination 72 h or double insemination 66 and 84 h after removal of the CIDR[®].

Acknowledgments The authors thank the Programme d'Appui Institutionnel et Développement des Ressources Humaines (PAI-DRH) in Gabon for funding this study, the Société d'Investissement pour l'Agriculture Tropical (Siat-Gabon) for the workspace and the Clinical Department for Animal Production at the Faculty of Veterinary Medicine at the University of Liège (ULg).

Conflict of interest The authors declare that they have no competing interests.

References

- Alvarez, P., Spicer, L.J., Chase, C.C., Jr Payton, M.E., Hamilton, T.D., Stewart, R.E., Hammond, A.C., Olson, T.A. and Wettemann, R.P., 2000. Ovarian and endocrine characteristics during an estrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment. *Journal of Animal Science*, 78, 1291–1302.
- Ayres, H., Ferreira, R.M., Torres-Júnior, J.R.S., Demétrio, C.G.B., De Lima, C.G. and Baruselli, P.S., 2009. Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. *Livestock Sci*, 123, 175–179.
- Baruselli, P.S., Reis, E.L., Marques, M.O., Nasser, L.F. and 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.
- Bryan, M.A., Bó, G.A., Heuer, C., Emslie, F.R., 2010. Use of equine chorionic gonadotrophin in synchronised AI of seasonal-breeding, pasture-based, anoestrous dairy cattle. *Reproduction Fertility and Development*, 22, 126–131.
- Castilho, C., Garcia, J.M., Renesto, A., Nogueira, G.P., Brito, L.F., 2007. Follicular dynamics and plasma FSH and progesterone concentrations during follicular deviation in the first post-ovulatory wave in Nelore (*Bos indicus*) heifers. *Animal Reproduction Science*, 98, 189–196.
- Coulomb, J., 1976. La race N'Dama : quelques performances zootechniques. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 2, 367–380.
- Diop, P.E.H., Faye, L., Fall, R., Ly, O., Sow, A.M., Mbaye, M., Fall, A., Faye, A. and Boye C., 1998. Caractéristiques de l'oestrus chez les femelles N'Dama et jersiaises au Sénégal après maîtrise du cycle sexuel au Norgestomet. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 51, 69–73.
- Ezanno, P., Ickowicz, A. and Lancelot, R., 2005. Relationships between N'Dama cow body condition score and production performance under an extensive range management system in Southern Senegal:

- Calf weight gain, milk production, probability of pregnancy, and juvenile mortality. *Livestock Production Science*, 92, 291–306.
- Ferreira, R.M., Ayres, H., Sales, J.N., Souza, A.H., Rodrigues, C.A. and Baruselli, P.S., 2013. Effect of different doses of equine chorionic gonadotropin on follicular and luteal dynamics and P/AI of high-producing Holstein cows. *Animal Reproduction Science*, 140, 26–33.
- García-Ispuerto, I., López-Helguera, I., Martino, A. and López-Gatius, F., 2012. Reproductive Performance of Anoestrous High-Producing Dairy Cows Improved by Adding Equine Chorionic Gonadotrophin to a Progesterone-Based Oestrous Synchronizing Protocol. *Reproduction in Domestic Animals*, 47, 752–758.
- Ginther, O. J., Wiltbank, M.C., Fricke, P.M., Gibbons, J.R. and Kot, K., 1996. Selection of the dominant follicle in cattle. *Biology of Reproduction*, 55, 1187–1194.
- Hanzen, C. and Boudry, B., 2003. Gestion Hormonale de la reproduction: Optimisation des résultats du protocole GPG. *Point Vétérinaire*, 240, 44–46.
- Lopes, A. S., Butler, S.T., Gilbert, R.O. and Butler, W.R., 2007. Relationship of pre-ovulatory follicle size, estradiol concentrations and season to pregnancy outcome in dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 99, 34–43.
- Lucy, M.C., Billings, H.J., Butler, W.R., Ehnis, L.R., Fields, M.J., Kesler, D.J., Kinder, J.E., Mattos, R.C., Short, R.E., Thatcher, W.W., Wettemann, R. P., Yelich, J.V. and Hafs, H.D., 2001. Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF₂alpha for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, peripubertal beef heifers, and dairy heifers. *Journal of Animal Science*, 79, 982–995.
- Lussier, J.G., Matton, P. and Dufour, J. J., 1987. Growth rates of follicles in the ovary of the cow. *Journal of Reproduction and Fertility*, 81, 301–307.
- Martinez, M. F., Adams, G.P., Bergfelt, D.R., Kastelic, J.P. and Mapletoft, R.J., 1999. Effect of LH or GnRH on the dominant follicle of the first follicular wave in beef heifers. *Animal Reproduction Science*, 57, 23–33.
- Meneghetti, M., Sa Filho, O. G., Peres, R.F., Lamb, G.C. and Vasconcelos, J.L., 2009. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for Bos indicus cows I: basis for development of protocols. *Theriogenology*, 72, 179–189.
- Meyer, C. and Yesso, P., 1995. Etude des chaleurs des vaches trypanotolérantes N'Dama et Baoulé en Côte d'Ivoire. II. Composante hormonale (LH). *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 48, 95–99.
- Monniaux, D., Caraty, A., Clément, F., Dalbiès-Tran, R., Dupont, J., Fabre, S., Gérard, N., Mermillod, P., Monget, P. and Uzbekova, S., 2009. Développement folliculaire ovarien et ovulation chez les mammifères. *INRA- Production Animal*, 22, 59–76.
- Okouyi, M.W.M., Nguyen, K.C. and Hanzen, C., 2014. Effects of the equine Chorionic Gonadotropin (eCG) on estrus and follicular growth parameters in African bovine breed N'Dama. "Proceedings of the ninth International Ruminant Reproduction". Juengel, J.L., Miyamoto, A., Price, C., Reynolds, L.P., Smith MF and Webb R (Eds), Hokkaido, Japan. Auguste 2014, p.608.
- Perry, G. A., Smith, M.F., Lucy, M.C., Green, J. A., Parks, T.E., MacNeil, M.D., Roberts, A.J. and Geary, T.W., 2005. Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 5268–5273.
- Perry, G.A., Smith, M.F., Roberts, A.J., MacNeil, M.D. and Geary, T.W., 2007. Relationship between size of the ovulatory follicle and pregnancy success in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 85, 684–689.
- Ralambofiringa, A., 1978. Note sur les manifestations du cycle oestral et sur la reproduction des femelles N'Dama (Côte d'Ivoire). *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 31, 91–94.
- Rostami, B., Niasari-Naslaji, A., Vojgani, M., Nikjou, D., Amanlou, H. and Gerami, A., 2011. Effect of eCG on early resumption of ovarian activity in postpartum dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 128, 100–106.
- Sà Filho, M. F., Ayres, H., Ferreira, R.M., Marques, M.O., Reis, E.L., Silva, R.C., Rodrigues, C. A., Madureira, E.H., Bo, G.A. and Baruselli, P. S., 2010a. Equine chorionic gonadotropin and gonadotropin-releasing hormone enhance fertility in a norgestomet-based, timed artificial insemination protocol in suckled Nelore (Bos indicus) cows. *Theriogenology*, 73, 651–658.
- Sà Filho M. F., Crespilho, A.M., Santos, J.E.P., Perry, G.A. and Baruselli, P.S., 2010b: Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled Bos indicus cows. *Animal Reproduction Science*, 120, 23–30
- Sà Filho, M. F., Torres-Junior, J.R., Penteado, L., Gimenes, L.U., Ferreira, R.M., Ayres, H., Castro, E.A.P.L., Sales, J.N. and Baruselli, P.S., 2010c. Equine chorionic gonadotropin improves the efficacy of a progestin-based fixed-time artificial insemination protocol in Nelore (Bos indicus) heifers. *Animal Reproduction Science*, 118, 182–187.
- Sartori, R. and Barros, C. M., 2011. Reproductive cycles in Bos indicus cattle. *Animal Reproduction Science*, 124, 244–250.
- Sartori, R., Fricke, P.M., Ferreira, J.C., Ginther, O.J. and Wiltbank, M.C., 2001. Follicular deviation and acquisition of ovulatory capacity in bovine follicles. *Biology of Reproduction*, 65, 1403–1409.
- Sheldon, I.M. and Dobson, H., 2000. Effect of administration of eCG to postpartum cows on folliculogenesis in the ovary ipsilateral to the previously gravid uterine horn and uterine involution. *Journal of Reproduction and Fertility*, 119, 157–163.
- Souza, A.H., Viechnieski, S., Lima, F.A., Silva, F.F., Araújo, R., Bó, G.A., Wiltbank, M.C. and Baruselli, P.S., 2009. Effects of equine chorionic gonadotropin and type of ovulatory stimulus in a timed-AI protocol on reproductive responses in dairy cows. *Theriogenology*, 72, 10–21.
- Uslenghi, G., Chaves, S.G., Cabodevila, J. and Callejas S., 2014. Effect of estradiol cypionate and amount of progesterone in the intravaginal device on synchronization of estrus, ovulation and on pregnancy rate in beef cows treated with FTAI based protocols. *Animal Reproduction Science*, 145, 1–7.
- Walker, W.L., Nebel R.L. and McGilliard M.L., 1996. Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 79, 1555–1561.
- Williams, A.R., Hupp, H.D., Thompson, C.E. and Grimes, L.W., 1988. Breed structure of Senepol cattle. *Journal of Heredity*, 79, 9–13.
- Wiltbank, M.C., Pursley J.R., 2014. The cow as an induced ovulator: Timed AI after synchronization of ovulation. *Theriogenology*, 81, 170–185.

Effects of insemination timing and GnRH treatment on pregnancy rates of N'Dama cattle after estrus induction with progestin

Marcel Okouyi M'foumou W'otari^{1,2} Christian Hanzen^{1*}

Keywords

Bos taurus, induced ovulation, progestogen, artificial insemination, fertility, Gabon

Submitted: 21 April 2016
Accepted: 12 October 2016
Published: 26 October 2016

Summary

The aim of this clinical trial was to quantify the results of pregnancy after treating trypanotolerant N'Dama female cattle ($n = 168$) with a progesterone-releasing intravaginal device (CIDR; 1.38 g of progesterone) inserted for seven days. An intramuscular (IM) prostaglandin injection (500 μg of cloprostenol) was administered two days before removal of the device. Subsequently, an IM injection of 400 IU of eCG was administered when the device was removed. The animals were inseminated 48 (Group 1) and 72 hours (Group 2) after removal of CIDR. In both groups, half the animals were treated with 4.2 μg of busserlin acetate and the other half with 1 ml of physiological saline. Four protocols were thus tested: CIDR-PG-eCG/IA48h, CIDR-PG-eCG/IA48h/GnRH+, CIDR-PG-eCG/IA72h, and CIDR-PG-eCG/IA72h/GnRH+. A pregnancy diagnosis was performed by echography 45 to 60 days after insemination. The average pregnancy rate was 37.5%. That of the adult cows (43.2%, $n = 111$) was significantly ($p < 0.03$) higher than that of the heifers (26.3%, $n = 57$). The pregnancy rate observed in animals in Group 2 (48.8%) was significantly higher ($p < 0.002$) than that observed in animals in Group 1 (26.2%). The physiological condition and injection of GnRH at the time of insemination had no significant impact on the pregnancy rate. The hormonal protocol using CIDR-PG-eCG (400 IU) and a timed artificial insemination 72 hours later improved the pregnancy rates in N'Dama females.

■ How to cite this article: Okouyi M.W.M., Hanzen C., 2016. Effects of insemination timing and GnRH treatment on pregnancy rates of N'Dama cattle after estrus induction with progestin. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **69** (2): 73-78

■ INTRODUCTION

Given its hardy nature, its butchery quality and its trypanotolerance, the N'Dama breed represents a significant potential for developing African cattle breeding (Akouango et al., 2010). It therefore constitutes an important source of protein for the African population. His genetic improvement involves the use of artificial insemination. However, factors such as nutrition, management and estrus detection efficiency affect the use of this biotechnology in most African cattle operations.

The most useful alternative to use artificial insemination is to apply a hormonal protocol that allows artificial insemination without the need of estrus detection, a protocol usually referred to as fixed-time artificial insemination (FTAI). According to the legal availability of the hormones, two types of FTAI protocols currently used in cattle are gonadotropin-releasing hormone (GnRH) or estradiol-based protocols, in both cases combined with progestin devices (Progesterone-Releasing Intravaginal Device or PRID; Controlled Internal Drug-Releasing Device or CIDR) (Bo and Baruselli 2014). In cycling animals, GnRH-based protocols have been recommended in dairy (Pursley et al., 1995) and beef cattle (Geary et al., 2001; Baruselli et al., 2004; Bo and Baruselli, 2014). In brief, the first injection of GnRH induces LH release and ovulation of the dominant follicle (if any) with the emergence of a new follicular wave one to two days later. Prostaglandin F₂alpha is given six to seven days later to induce luteal regression and a second GnRH is given 56 hours after prostaglandin-F (PGF) (Ovsynch protocol) or at the same time as FTAI (Cosynch protocol). To increase the probability of an ovulation at

1. University of Liège, Faculty of Veterinary Medicine, boulevard de Colonster, 20-Bat. B42-4000, Sart-Tilman, Liège, Belgium.

2. Masuku University of Science and Technology, Gabon.

* Corresponding author

Email: christian.hanzen@ulg.ac.be



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

the second injection of GnRH or to use such protocol in non-cycling animals, a progestin-releasing device can be given between the first injection of GnRH and PGF. Such progestin addition improves the pregnancy rate in heifers (Martinez et al., 2002a; Martinez et al., 2002b) and beef cows (Lamb et al., 2001). Attending the high prevalence of postpartum anestrus cows in beef herds, authors recommend to use the protocol based on progestin administered during 7, 8 or 9 days (Bo et al., 2007; Martinez et al., 2002a).

The application of equine chorionic gonadotropin (eCG) at the time of removal of a progestin has been recommended in *Bos taurus* with a high prevalence of postpartum anestrus (Bo et al., 2007). eCG stimulates the growth of the dominant follicle, its ovulation (Sa Filho et al., 2010a) and the synthesis of progesterone by the subsequent corpus luteum (Sa Filho et al., 2010b). Moreover, the application of eCG at the time of removal of a progestin influences the follicle size at ovulation and increases the pregnancy rate (Sa Filho et al., 2010c).

At our best knowledge, very few studies have been devoted to the effects of hormonal protocols on pregnancy rates in the N'Dama breed. They are generally accompanied by a great variability in observed estrus and pregnancy rates (Okouyi et al., 2014). An injection of GnRH at insemination seems to improve the pregnancy rates (Voh et al., 2004; Kamga-waladjo et al., 2006). In a previous study we also showed that the injection of high levels of eCG at the time of CIDR removal increased the intensity and the frequency of estrus signs, the follicular growth rate and the ovulation rate, but also the percentage of animals who present multiple ovulations (Okouyi et al., 2015; Okouyi and Hanzen 2016). Our study aimed to compare the pregnancy rates of a hormonal protocol combining progestin, PGF and eCG with GnRH given at two different times of insemination.

■ MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted on Nyanga Ranch in Gabon (0° 23' 24" N; 9° 24' 7" E) between June and September 2014, a period corresponding to the main dry season, which is marked in terms of nutrition by a qualitative and quantitative reduction in grazing resources. Heifers (n = 57) and suckler cows (n = 111) from the N'Dama breed were maintained on natural pastures and given free access to water. All the cows had calved four to six months ago. All animals had been vaccinated against contagious bovine pleuropneumonia (Peri T1/SR vaccine, Laboratoire national vétérinaire, Bamako, Mali), treated against parasites (diminazen, Veriben 2,36 g; isometamidium, Verigium 125 mg; Ceva Santé animale, Libourne, France) and weighed. Their body condition score (BCS) was identified by measuring fatty deposits at the base of the tail using a scale from 1 to 5: 1 = thin and 5 = fat (Ayres et al., 2009).

The cycling (presence of corpus luteum) or non-cycling (absence of corpus luteum) status was determined by performing at a two-week interval an ultrasound ovarian examination (KX 5200V scan, 6,5 MHz linear probe, Xuzhou Kaixin Electronic Instrument, Hamburg, Germany).

All the animals (n = 168; 5.4 ± 1.0 years; 236.1 ± 23.7 kg; BCS = 2.7 ± 0.4) were treated for seven days with a progestin administered vaginally (CIDR·1.38 g of progesterone, Zoetis Louvain-la-Neuve, Belgium) (Figure 1). An intramuscular (IM) injection of PGF_{2α} (2 ml of Estrumate 250 µg/ml of cloprostenol; Intervet, Brussels, Belgium) was administered 48 hours before removal of CIDR (D₀). An IM injection of 400 IU of eCG (2 ml of Folligon 1000 IU/5 ml; Intervet Belgium) was administered on the day CIDR was removed. A vaginoscopy was conducted on the day CIDR was removed to identify the degree of the animals' tolerance. The mucus was examined and noted on a scale of 1 to 5 (1 = absence of mucus; 5 = abundant brown to red mucus). A value lower than 3 indicated a good tolerance of CIDR (Chenault et al., 2003).

The animals were split into two groups, G1 and G2 (n = 84 in each group), and were inseminated 48 and 72 hours, respectively, after CIDR removal using a single dose of semen from the Senepol breed (Alta Genetics Do Brazil, Uberaba-MG, Brazil). During insemination, half the animals (GnRH+) were given an IM injection of 4.2 µg of busserelin acetate (2.5 ml of Receptal; Intervet, Brussels, Belgium). Each group was subdivided into two batches (GnRH+ and GnRH-). The other half was not treated and constituted the control group (GnRH-), receiving 1 ml of saline solution (sodium chloride 0.9%; FRESSENIUS KABI, Sevres, France). Pregnancy was confirmed by ultrasonography between 45 and 60 days after insemination.

Statistical analysis was carried out using SAS software (version 9.1). The differences of our treatment protocols were tested on the fertility of female N'Dama. The effectiveness of each treatment was assessed based on significant differences between pregnancy rates (%). Conditional and non-conditional logistical regression models were used to assess the interaction between pregnancy rates and risk factors (factors likely to vary them); age, weight, body condition, cyclicity (cycled vs non-cycled), parity (heifer vs cow), time of insemination (48 hours vs 72 hours), and the addition of GnRH (GnRH+ vs GnRH-). A first, non-conditional logistical regression model was used to assess the interactions between the pregnancy rate and each risk factor considered in isolation. Based on this analysis, only risk factors with a value of p < 0.025 were considered in the conditional logistical regression. The most appropriate model was chosen using the stepwise procedure.

■ RESULTS

No significant statistical difference between age, weight, body condition or reproductive parameters (% of cycling animals) was observed between the four experimental groups (Table I). Retention and tolerance rates (no abnormal vaginal discharge at CIDR withdrawal) were 100 and 98%, respectively. The pregnancy rates obtained after insemination are presented in Table II.

The average pregnancy rate of female N'Dama (n = 168) was 37.5%. That of cows (43.2%) was significantly higher (p < 0.03) than that of heifers (26.3%). Inseminations carried out 72 hours (Group 2) after removal of CIDR led to pregnancy rates (48.8%) which were significantly higher (p < 0.002) than those observed after inseminations carried out 48 hours (Group 1) after withdrawal (26.2%). Similar differences were observed among cows (54.5 vs 32.1%; p < 0.01) and among heifers (37.9 vs 14.3%; p < 0.03).

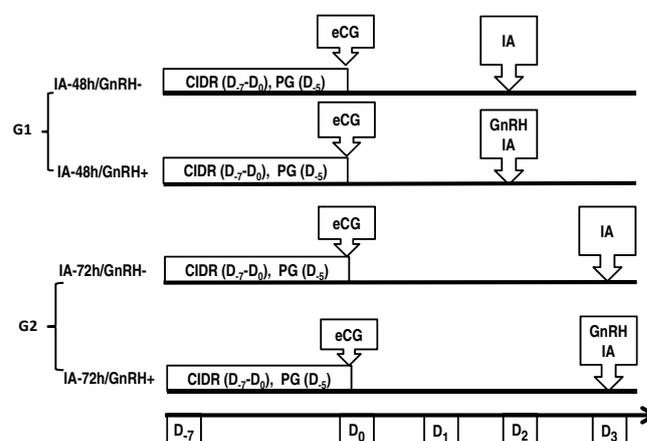


Figure 1: Hormonal protocol for synchronising oestrus and insemination of female N'Dama in a ranch in Gabon.

Table I
Distribution and characteristics of female N'Dama in a ranch in Gabon

	Group 1		Group 2		RMSE	P
	GnRH-	GnRH+	GnRH-	GnRH+		
Cows + heifers (n = 168)						
Number (batch)	42	42	42	42	NA	–
Age (years)	5.5	5.6	5.4	5.0	0.98	0.07
Weight (kg)	233.4	239.2	237.3	234.4	23.8	0.66
Body condition score*	2.6	2.7	2.8	2.7	0.35	0.34
Females cycled (%)	71.4	73.8	66.7	71.4	NA	0.62
Cows (n = 111)						
Number (batch)	28	28	27	28	NA	–
Age (years)	6.1	6.2	6.1	5.5	0.4	0.77
Weight (kg)	241.5	242.1	244.4	242.0	22.5	0.12
Body condition score	2.6	2.6	2.7	2.6	0.3	0.31
Cows cycled (%)	71.4	71.4	66.7	69.9	NA	0.14
Heifers (n = 57)						
Number	14	14	15	14	NA	–
Age (years)	4.2	4.3	4.0	4.2	0.4	0.11
Weight (kg)	217.1	233.2	224.5	219.3	20.3	0.07
Body condition score	2.8	3.0	3.0	2.9	0.3	0.71
Heifers cycled (%)	71.4	78.6	66.7	78.6	NA	0.09

GnRH: gonadotropin releasing hormone; RMSE = root mean square error; NA = not applicable; * On a scale of 1 to 5, 1 = thin and 5 = fat

Table II
Pregnancy rates of N'Dama heifers and cows in a ranch in Gabon according to the time of insemination and injection of GnRH (n = 168)

	Group 1 (48 hours) (%)		Group 2 (72 hours) (%)		P
	GnRH-	GnRH+	GnRH-	GnRH+	
Num. of cows + heifers	42	42	42	42	
Pregnancy by batch (%)	21.4 ^a	31.0 ^a	52.4 ^b	45.2 ^b	0.01
Pregnancy by group (%)	26.2 ^c (n = 84)		48.8 ^d (n = 84)		0.002
Average pregnancy (%)	37.5 (n = 168)				
Num. of cows	28	28	27	28	
Pregnancy by batch (%)	25.0	39.3	59.3	50	0.06
Pregnancy by group (%)	32.1 ^e (n = 56)		54.5 ^f (n = 55)		0.01
Average pregnancy (%)	43.2 (n = 111)				
Num. of heifers	14	14	15	14	
Pregnancy by batch (%)	14.3	14.3	40.0	35.7	0.24
Pregnancy by group (%)	14.3 ^g (n = 28)		37.9 ^h (n = 29)		0.03
Average pregnancy (%)	26.3 (n = 57)				

GnRH: gonadotropin releasing hormone

Numbers followed by different letters on a same line indicate a significant difference (p < 0.05).

The physiological status of female cattle had no significant effect on the pregnancy percentages [38.7% in cycling animals (n = 119) vs 34.7% in non-cycling animals (n = 49)]. This lack of significant differences was observed in cows (44.2 vs 41.2%) and heifers (28.6 vs

20.0%). No significant effect of the physiological status (cycling vs non-cycling) was observed within the groups of animals inseminated after 48 hours (Group 1) (26.2 vs 26.1%) or after 72 hours (Group 2) (51.7 vs 42.3%).

For all cows and heifers, the injection of GnRH at insemination did not significantly increase pregnancy rates in animals inseminated 48 hours (31.0 vs 21.4%; $p > 0.05$) or 72 hours (45.2 vs 52.4%; $p > 0.05$) after removal of CIDR. Furthermore, no significant difference was observed within Groups 1 and 2 both in cows (Group 1: 39.3 vs 25.0%; Group 2: 50.0 vs 59.3%) and in heifers (Group 1: 14.3 vs 14.3%; Group 2: 35.7 vs 40.0%).

■ DISCUSSION

The average pregnancy rate was 37.5% (63/168). It was significantly ($p < 0.05$) higher in cows (43.2%; 48/111) than in heifers (26.3%; 15/57). These results agree with the pregnancy rate observed after synchronization of beef heifers and cows in temperate countries, i.e. between 21 (Favetto et al., 2010) and 60.8% (Grimard et al., 2001), and between 26 (Lucy et al., 2001) and 68.4% (Mialot et al., 1998), respectively.

A study performed in 1387 herds and involving 266,978 artificial inseminations has reported an average pregnancy rate of 49.5% (10 to 82%) (Bo and Baruselli 2014). Different factors can influence the pregnancy rates in beef cattle. The average body weight (236.1 \pm 23.7 kg) and body condition score (2.7 \pm 0.4) of the animals in the present study carried out during the long dry season were comparable to the minimum value required to enable female N'Dama to reproduce (Ezanno et al., 2005). The body condition score is one of the most important factors affecting the pregnancy rate of beef females (Bo and Baruselli, 2014). Animals treated with progestins must have a BCS higher than 2.5 and ideally higher than 3 to achieve pregnancy rates of 50% or higher (Bo et al., 2007).

We did not observe any significant differences in pregnancy rates between heifers (28.6 vs 20.0%) and cows (44.2 vs 41.2%), regardless of their cyclicity. This observation disagrees with that of Lucy et al. (2001) who reported a better pregnancy rate in cycling (49%; 57/116) than in non-cycling (28%; 29/105). The same difference has been reported for cows with 46% (64/140) vs 26% (36/141) (Lucy et al., 2001). Contrary to Lucy et al. (2001) we have used systematic insemination and not insemination on observed estrus. Moreover we have systematically injected eCG at time of CIDR removal. So, an injection of eCG appears indispensable to improve the ovulatory response (Baruselli et al., 2004) and pregnancy rates (Dias et al., 2009).

The pregnancy rates of heifers (14.3 vs 37.9%) and cows (31.2 vs 54.5%) inseminated 48 hours after withdrawal of CIDR appear to be significantly lower than that of animals inseminated after 72 hours. In beef cattle, various insemination protocols were assessed: upon observed heat, systematic single insemination at 56 hours, and double insemination at 48 and 72 hours after removal of the progestogen (Roche et al., 1978; Anderson et al., 1982). The choice of time to inject the prostaglandin or eCG as well as the time of insemination must also take into account the conditions in which the animals were restrained, the quality of detection and the work required, because these conditions may constitute an additional stress factor for the animals (Grimard et al., 2003). Our protocol involved handling the animals four times. It would be interesting to assess the effects of simultaneously injecting eCG and prostaglandin (Lamb, 2013), a method which would reduce the number of times the animals need to be handled to three.

In Nelore suckling cows treated with norgestomet, the interval between implant removal and ovulation was 72.0 \pm 3.1 hours in the control animals (eCG-/GnRH-; $n = 12$), 70.5 \pm 2.7 hours in the eCG animals (eCG+/GnRH-; $n = 13$), 69.6 \pm 2.4 hours in the GnRH animals (eCG-/GnRH+; $n = 12$) and 73.1 \pm 1.1 hours in the eCG/GnRH (eCG+/GnRH+; $n = 13$) animals. No significant differences were observed between these various batches (Sà Filho et al., 2010a). The

gap between the end of the progestogen-based treatment and ovulation was on average 81.8 \pm 3.75 hours in beef heifers treated using the CIDR/PG protocol (Leitman et al., 2008). In female N'Dama ($n = 120$) treated using a CIDR, 25.0, 57.4 and 17.6% of ovulations appeared respectively 48–72 hours, 73–96 hours and 97–120 hours after removal. The average value was 80.4 \pm 12.4 hours (Okouyi et al., 2015). Given the fertilization capacity of spermatozoa (24 hours), the fecundity of the oocyte (16 to 18 hours) and the duration of migration of the spermatozoa in the genital tract (6 to 8 hours), it is recommended to conduct insemination 0 to 16 hours prior to ovulation (Saumande and Humblot, 2005; Roelofs et al., 2006). Without a doubt, in case of a single insemination, a 72-hour timescale is preferable to that of 48 hours.

Injecting GnRH at the same time as insemination has the effect of increasing pituitary secretion of the follicle-stimulating hormone (FSH) and luteinizing hormone (LH), and thus of encouraging final growth of the follicle and ovulation (Martinez et al., 2014). In the present case, this injection did not significantly increase the pregnancy rate in cycling and non-cycling heifers and cows. Our observations are similar to those obtained in suckling *Bos indicus* cattle from the Nelore breed which were either treated with GnRH or untreated after heat was induced using norgestomet, combined (or not) with injections of eCG or GnRH (Sà Filho et al., 2010a).

■ CONCLUSION

In female cycling or non-cycling N'Dama with optimal weight and body condition, the use of the hormonal protocol CIDR-PG-eCG (400 IU), followed by a timed artificial insemination 72 hours following the removal of CIDR, increased the pregnancy rates in N'Dama females. Such protocol alleviates the constraints of estrus detection. It would be interesting to verify the effects of injecting PG when removing CIDR or at the weaning time.

Acknowledgments

The authors thank the Programme d'appui institutionnel et Développement des ressources humaines (PAI-DRH) in Gabon for funding this study, the Société d'investissement pour l'agriculture tropicale (SIAT-Gabon) for the workspace, and the Clinical Department for Animal Production at the Faculty of Veterinary Medicine at the University of Liège (ULg, Belgium).

REFERENCES

- Akouango F., Ngokaka C., Ewomango P., Kimbembe E., 2010. Morphometric and reproductive characterization of N'Dama cows and bulls in Congo [in French]. *Anim. Genet. Resour.*, **46**: 41-47, doi: 10.1017/S2078633610000688
- Anderson G.W., Babonis G.D., Riesen J.W., Woody C.O., 1982. Control of estrus and pregnancy in dairy heifers treated with synchro-mate-B. *Theriogenology*, **17**: 623-633
- Ayres H., Ferreira R.M., Torres-Júnior J.R.S., Demétrio C.G.B., De Lima C.G., Baruselli P.S., 2009. Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. *Livest. Sci.*, **123**: 175-179
- 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. *Anim. Reprod. Sci.*, **82-83**: 479-486, doi: 10.1016/j.anireprosci.2004.04.025
- Bó G.A., Baruselli P.S., 2014. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*, **8** (s1): 144-150, doi: 10.1017/S1751731114000822
- Bo G.A., Cutaia L., Peres L.C., Pincinato D., Baruselli Marana P.S., 2007. Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on reproductive performance of *Bos indicus* cattle. *Soc. Reprod. Fert.*, **64**: 223-236

- Chenault J.R., Boucher J.F., Dame K.J., Meyer J.A., Wood-Follis S.L., 2003. Intravaginal progesterone insert to synchronize return to oestrus of previously inseminated dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **86** (6): 2039-2049, doi: 10.3168/jds.S0022-0302 (03) 73793-X
- Dias C.C., Wechsler F.S., Day M.L., Vasconcelos J.L., 2009. Progesterone concentrations, exogenous equine chorionic gonadotropin, and timing of prostaglandin F₂α treatment affect fertility in postpubertal Nelore heifers. *Theriogenology*, **72** (3): 378-385, doi: 10.1016/j.theriogenology.2009.03.006
- Ezanno P., Ickowicz A., Lancelot R., 2005. Relationships between N'Dama cow body condition score and production performance under an extensive range management system in Southern Senegal: Calf weight gain, milk production, probability of pregnancy, and juvenile mortality. *Livest. Prod. Sci.*, **92** (3): 291-306, doi: 10.1016/j.livprodsci.2004.09.001
- Favetto P.H., Hoar B.R., Myers D.M., Tindall J., 2010. Progesterone inserts may help to improve breeding readiness in beef heifers. *Calif. Agric.*, **64** (2): 106-111
- Geary T.W., Salverson R.R., Whittier J.C., 2001. Synchronization of ovulation using GnRH or hCG with the CO-Synch protocol in suckled beef cows. *J. Anim. Sci.*, **79** (10): 2536-2541
- Grimard B., Benoit-Valiègue H., Ponter A.A., Maurice T., Humblot P., 2001. Synchronisation of beef cows: results of three years of use in farms [in French]. *Elev. Insémin.*, **302**: 3-15
- Grimard B., Humblot P., Ponter A.A., Chastant S., Constant F., Mialot J.P., 2003. Effectiveness of oestrus synchronization treatment in cattle [in French]. *Prod. Anim.*, **16**: 211-227
- Kamga-Waladjo A.R., Mbaïndigatoloum F.M., Lapo R.A., Thiam O., Sultan J., Diop P.E.H., 2006. N'Dama reproduction characteristics used in bovine artificial insemination in Republic of Guinea [in French]. *Rev. Afr. Santé Prod. Anim.*, **4** (1-2): 69-72
- Lamb G.C., 2013. Control of estrus in cows. In: Proc. Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle, Staunton, VA, USA, 15-16 Oct. 2013, 81-96
- Lamb G.C., Stevenson J.S., Kesler D.J., Garverick H.A., Brown D.R., Salfen B.E., 2001. Inclusion of an intravaginal progesterone insert plus GnRH and prostaglandin F₂α for ovulation control in postpartum suckled beef cows. *J. Anim. Sci.*, **79** (9): 2253-2259
- Leitman N.R., Busch D.C., Bader J.F., Mallory D.A., Wilson D.J., Lucy M.C., Eilersieck M.R., Smith M.F., Patterson D.J., 2008. Comparison of protocols to synchronize estrus and ovulation in estrous-cycling and prepubertal beef heifers. *J. Anim. Sci.*, **86** (8): 1808-1818, doi: 10.2527/jas.2008-0970
- Lucy M.C., Billings H.J., Butler W.R., Ehnis L.R., Fields M.J., Kesler D.J., Kinder J.E., Mattos R.C., Short R.E., Thatcher W.W., Wettemann R.P., Yelich J.V., Hafis H.D., 2001. Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF₂α for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, peripubertal beef heifers, and dairy heifers. *J. Anim. Sci.*, **79** (4): 982-995
- Martínez M.F., Kastelic J.P., Adams G.P., Cook B., Olson W.O., Mapletoft R.J., 2002a. The use of progestins in regimens for fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Theriogenology*, **57** (3): 1049-1059
- Martínez M.F., Kastelic J.P., Adams G.P., Mapletoft R.J., 2002b. 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. *J. Anim. Sci.*, **80** (7): 1746-1751
- Martínez M.F., Tutt D., Quirke L.D., Tattersfield G., Juengel J.L., 2014. Development of a GnRH-PGF₂α-progesterone-based synchronization protocol with eCG for inducing single and double ovulations in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, **92** (11): 4935-4948, doi: 10.2527/jas.2013-7512
- Mialot J.P., Noel F., Puyalto C., Laumonier G., Sauveroché B., 1998. Treatment of postpartum anoestrus in dairy cows with CIDR-E or prostaglandin F₂α [in French]. *Bull. Group. Tech. Vet.*, **2**: 29-38
- Okuyi M.W.M., Drion P.V., Hanzen C., 2015. Preovulatory follicle diameter, growth rate and time of ovulation during induced oestrus using a CIDR in trypanotolerant female *Bos taurus* N'Dama cattle. *Trop. Anim. Health Prod.*, **47** (8): 1443-1448, doi: 10.1007/s11250-015-0881-9
- Okuyi M.W.M., Hanzen C., 2016. Effects of equine chorionic gonadotropin (eCG) on the sexual behaviour and ovulatory characteristics of female African N'Dama cattle. *Rev. Med. Vet.*, **167** (7-8): 211-215
- Okuyi M.W.M., Kamga-Waladjo A.R., Diara S., Hanzen C., 2014. Reproduction characteristics of the trypanotolerant female N'Dama [in French]. *Rev. Afr. Santé Prod. Anim.*, **12** (1): 3-7
- Pursley J.R., Mee M.O., Wiltbank M.C., 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF₂α and GnRH. *Theriogenology*, **44** (7): 915-923
- Roche J.F., Prendiville D.J., Gosling J., 1978. Synchronization of oestrus and pregnancy diagnosis in heifers bred in autumn and winter. *Vet. Rec.*, **102**: 12-14
- Roelofs J.B., Graat E.A., Mullaart E., Soede N., Voskamp-Harkema W., Kemp B., 2006. Effects of insemination-ovulation interval on fertilization rates and embryo characteristics in dairy cattle. *Theriogenology*, **66** (9): 2173-2181, doi: 10.1016/j.theriogenology.2006.07.005
- Sá Filho M.F., Ayres H., Ferreira R.M., Marques M.O., Reis E.L., Silva R.C., Rodrigues C.A., Madureira E.H., Bo G.A., Baruselli P.S., 2010a. Equine chorionic gonadotropin and gonadotropin-releasing hormone enhance fertility in a norgestomet-based, timed artificial insemination protocol in suckled Nelore (*Bos indicus*) cows. *Theriogenology*, **73** (5): 651-658, doi: 10.1016/j.theriogenology.2009.11.004
- Sá Filho M.F., Crespilho A.M., Santos J.E.P., Perry G.A., Baruselli P.S., 2010b. Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. *Anim. Reprod. Sci.*, **120** (1-4): 23-30, doi: 10.1016/j.anireprosci.2010.03.007
- Sá Filho M.F., Torres-Junior J.R., Penteado L., Gimenes L.U., Ferreira R.M., Ayres H., Castro E., Paula L.A., Sales J.N., Baruselli P.S., 2010c. Equine chorionic gonadotropin improves the efficacy of a progestin-based fixed-time artificial insemination protocol in Nelore (*Bos indicus*) heifers. *Anim. Reprod. Sci.*, **118** (2-4): 182-187, doi: 10.1016/j.anireprosci.2009.10.004
- Saumande J., Humblot P., 2005. The variability in the interval between estrus and ovulation in cattle and its determinants. *Anim. Reprod. Sci.*, **85** (3-4): 171-182, doi: 10.1016/j.anireprosci.2003.09.009
- Voh Jr A.A., Larbi A., Olorunju S.A.S., Agyemang K., Abiola B.D., Williams T.O., 2004. Fertility of N'dama and Bunaji cattle to artificial insemination following oestrus synchronization with PRID and PGF₂α in the hot humid zone of Nigeria. *Trop. Anim. Health Prod.*, **36** (5): 499-511, doi: 10.1023/B:TROP.0000035007.19522.62

Résumé

Okouyi M.W.M., Hanzen C. Effets de la synchronisation de l'insémination et du traitement GnRH sur le taux de gestation des bovins N'Dama après induction de l'œstrus avec de la progestérone

Le but de cet essai clinique a été de quantifier les pourcentages de gestation de bovins N'Dama (n = 168) trypanotolérants après traitement avec un dispositif intravaginal libérant de la progestérone (CIDR ; 1,38 g de progestérone) inséré pendant sept jours. Une injection intramusculaire (IM) de prostaglandine (500 µg de cloprostenol) a été administrée deux jours avant le retrait du dispositif. Par la suite, une injection IM de 400 UI de gonadotrophine chorionique équine (eCG) a été administrée lorsque le dispositif a été retiré. Les animaux ont été inséminés 48 (groupe 1) et 72 heures (groupe 2) après le retrait du CIDR. Dans les deux groupes, la moitié des animaux ont été traités avec 4,2 µg d'acétate de busérelina et l'autre moitié avec 1 ml de sérum physiologique. Quatre protocoles ont ainsi été testés : CIDR-PG-eCG/IA48h, CIDR-PG-eCG/IA48h/GnRH+, CIDR-PG-eCG/IA72h et CIDR-PG-eCG/IA72h/GnRH+. Un diagnostic de gestation a été réalisé par échographie 45 à 60 jours après l'insémination. Le pourcentage de gestation moyen a été de 37,5 %. Celui des vaches adultes (43,2 %, n = 111) a été significativement (p < 0,03) plus élevé que celui des génisses (26,3 %, n = 57). Le pourcentage de gestation a été significativement plus élevé (p < 0,002) chez les animaux du groupe 2 (48,8 %) que chez ceux du groupe 1 (26,2 %). L'état physiologique et l'injection de GnRH au moment de l'insémination n'ont pas eu d'impact significatif sur le pourcentage de gestation. Le protocole hormonal utilisant CIDR-PG-eCG (400 UI) et une insémination systématique 72 heures après ont amélioré les pourcentages de gestation chez la femme N'Dama.

Mots-clés : *Bos taurus*, ovulation induite, progestagène, insémination artificielle, fertilité, Gabon

Resumen

Okouyi M.W.M., Hanzen C. Efectos del momento de inseminación y tratamiento con GnRH sobre las tasas de preñez de las hembras N'Dama después de la inducción de estro con progestina

El objetivo de este estudio clínico fue el de cuantificar los resultados de preñez después de tratar ganado hembra N'Dama trypanotolerante (n = 168) con un dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (CIDR; 1,38 g de progesterona) implantado durante siete días. Se administró una inyección intramuscular (IM) de prostaglandina (500 µg de cloprostenol) dos días antes de remover el dispositivo. Subsecuentemente, se administró una inyección IM de 400 UI de eCG cuando se removió el dispositivo. Los animales fueron inseminados 48 (grupo 1) y 72 horas (grupo 2) después de remover el CIDR. En ambos grupos, la mitad de los animales fueron tratados con 4,2 µg de acetato de buserelina y la otra mitad con 1 ml de salina fisiológica. Se probaron luego cuatro protocolos: CIDR-PG-eCG/IA48h, CIDR-PG-eCG/IA48h/GnRH+, CIDR-PG-eCG/IA72h y CIDR-PG-eCG/IA72h/GnRH+. Se realizó un diagnóstico de preñez mediante ecografía 45 y 60 días post inseminación. La tasa promedio de preñez fue de 37,5%. Aquella de las vacas adultas (43,2%, n = 111) fue significativamente (p < 0,03) más alta que la de las novillas (26,3%, n = 57). La tasa de preñez observada en animales en el grupo 2 (48,8%) fue significativamente más elevada (p < 0,002) que la observada en animales en el grupo 1 (26,2%). La condición fisiológica y la inyección de GnRH en el momento de la inseminación no tuvieron un impacto significativo en la tasa de preñez. El protocolo hormonal usando CIDR-PG-eCG (400 UI) y una inseminación artificial cronológicamente controlada 72 horas después mejoró las tasas de preñez en las hembras N'Dama.

Palabras clave: *Bos taurus*, ovulación inducida, progestageno, inseminación artificial, fertilidad, Gabón

Annexe 2 :

Cartographie du Ranch Nyanga
(Échelle 1/5000 : 1 cm = 5000 m)

Annexe 3 :
Projections démographiques du cheptel
du Ranch Nyanga

Annexe 3a. Projection démographique du cheptel du RN en rapport avec l'objectif de passer de 4500 têtes en 2012 à 20 000 têtes de bétail 2017.

Nous sommes en septembre 2012, l'épisode de PPCB tire vers sa fin, le cheptel bovin du RN est estimé à 4500 têtes de bétail, les responsables se fixent pour objectif d'atteindre un effectif de 20 000 têtes à l'horizon 2017. Il s'agissait pour nous à l'époque d'étudier le réalisme de cet objectif. Après enquêtes on se fixe des paramètres démographiques de ce troupeau et quelques recommandations en plus (tableau ci-dessous).

Paramètres (objectifs)		Pourcentage (%)	Recommandations
Taux de gestation		80	Ratio de reproduction : un taureau pour 10 femelles Importation annuelle sur 7 ans (2013-2020) de 500 génisses Dès 2016 augmenter le nombre de taureaux reproducteurs de 200 à 500
Taux de vêlage		90	
Taux de mortalité			
	Animaux de moins d'un an	5	Production de viande Vente annuelle de 120 tonnes de viande sur 5 ans (abattage de 800 têtes/an) entre 2013-2018
	Animaux de plus d'un an	3	
Réforme pour infertilité		3	Dès 2018 passer d'une production annuelle de 120 tonnes à 150 tonnes (abattage de 1000 têtes)
Sexe ration		50	Abattage systématique (production de viande) de tous les animaux en zone de PPCB
Taux d'exploitation		variable	Abattage de tous les mâles d'âge \geq 3ans

Les tableaux qui suivent présentent les résumés des calculs relatifs à cette projection démographique.

Année 2013

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	432	22	0	410
	♀	-	432	22	0	410
Taurillons, bouvillons et bœufs		800	-	24	0	770
Animaux atteints de PPCB		2200	-	220	764	1216
1-2ans femelles		100	-	3	0	97
Génisses à la reproduction		0	-	0	0	500
Taureaux		200	-	6	0	200
Vaches		1200	-	36	36	1128
Total		4500	864	332	800	4732

Année 2014

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	586	29	0	557
	♀	-	586	29	0	557
Taurillons, bouvillons et bœufs		1180	-	35	0	1139
Animaux atteints de PPCB		1216	-	122	751	343
1-2ans femelles		410	-	12	0	398
Génisses à la reproduction		97	-	3	0	597
Taureaux		200	-	6	0	200
Vaches		1628	-	49	49	1530
Total		4732	1172	286	800	5321

Année 2015

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	766	38	0	728
	♀	-	766	38	0	728
Taurillons, bouvillons et bœufs		1696	-	51	427	1212
Animaux atteints de PPCB		343	-	34	309	0
1-2ans femelles		557	-	17	0	540
Génisses à la reproduction		398	-	12	0	898
Taureaux		200	-	6	0	200
Vaches		2127	-	64	64	2000
Total		5321	1532	260	800	6305

Année 2016

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	1043	52	0	991
	♀	-	1043	52	0	991
Taurillons, bouvillons et bœufs		1939	-	58	713	862
Animaux atteints de PPCB		0	-	0	0	0
1-2ans femelles		728	-	22	0	706
Génisses à la reproduction		540	-	16	0	1040
Taureaux		200	-	6	0	500
Vaches		2898	-	87	87	2724
Total		6305	2086	293	800	7814

Année 2017

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	1355	68	0	1287
	♀	-	1355	68	0	1287
Taurillons, bouvillons et bœufs		1853	-	56	687	1095
1-2ans femelles		991	-	30	0	961
Génisses à la reproduction		706	-	21	0	1206
Taureaux		500	-	15	0	500
Vaches		3764	-	113	113	3538
Total		7814	2710	370	800	9875

Année 2018

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	1708	85	0	1622
	♀	-	1708	85	0	1622
Taurillons, bouvillons et bœufs		2383	-	71	858	1438
1-2ans femelles		1287	-	39	0	1249
Génisses à la reproduction		961	-	29	0	1461
Taureaux		500	-	15	0	500
Vaches		4744	-	142	142	4459
Total		9875	3416	467	1000	12352

Année 2019

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	2131	107	0	2025
	♀	-	2131	107	0	2025
Taurillons, bouvillons et bœufs		3061	-	92	822	2132
1-2ans femelles		1622	-	49	0	1574
Génisses à la reproduction		1249	-	37	0	1749
Taureaux		500	-	15	0	500
Vaches		5921	-	178	178	5565
Total		12352	4263	584	1000	15569

Année 2020

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	2633	132	0	2501
	♀	-	2633	132	0	2501
Taurillons, bouvillons et bœufs		4156	-	125	781	3236
1-2ans femelles		2025	-	61	0	1964
Génisses à la reproduction		1574	-	47	0	2074
Taureaux		500	-	15	0	500
Vaches		7314	-	219	219	6875
Total		15569	5266	730	1000	19652

Année 2021

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	3222	161	0	3061
	♀	-	3222	161	0	3061
Taurillons, bouvillons et bœufs		5738	-	172	732	4819
1-2ans femelles		2501	-	75	0	2426
Génisses à la reproduction		1964	-	59	0	1964
Taureaux		500	-	15	0	500
Vaches		8949	-	268	268	8412
Total		19652	6443	912	1000	24242

Annexe 3b. Projection démographique du cheptel bovin du RN en rapport avec le nouvel objectif : atteindre 20 000 têtes de bétail en 2025.

Il s'agit pour nous d'estimer dans combien de temps (années) un troupeau de 5000 têtes de bovins en début 2018 atteindra un effectif de 20 000 têtes s'il est soumis aux conditions suivantes (tableau....).

Paramètres (objectifs)		Valeurs	Observations
Taux de gestation (%)		80	Normalement de 65 % au RN, nous l'avons augmenté volontairement
Taux de vêlage (%)		90	Réellement entre 80 et 85 %, également augmenté pour être dans de bonnes conditions
Taux de mortalité (%)			Sexe ratio = 50 % et ration de reproduction 1/10 (1 taureau pour 10 femelles)
	Veaux	10	Phases : vêlage-sevrage
	Sevrage-Reproduction	5	Phase sevrage-mise à la reproduction (taurillons et génisses)
	Animaux de production et femelles > 2ans	2	Taurillons, bouvillons, bœufs, génisses à taureaux et vaches
	Taureaux	1	
Taux d'exploitation (%)		18-20	Le RN compte exploiter 30 % de son cheptel

Les tableaux suivants résument les calculs effectués

Année 2018

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	943	94	-	849
	♀	-	943	94	-	849
Sevrage à 2 ans mâles (bouvillons/taurillons)		620	-	60	-	560
Sevrage à 2 ans femelles		500	-	33	-	467
Génisses à taureaux		520	-	10	100	410
Vaches		2100	-	42	100	1958
Taurillons et bœufs		780	-	8	500	272
Taureaux		550	-	42	100	408
Total		5070	1886	383	800	5773

Année 2019

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	1020	102	0	918
	♀	-	1020	102	0	918
Sevrage à 2 ans mâles (bouvillons/taurillons)		849	-	42	0	807
Sevrage à 2 ans femelles		849	-	42	0	807
Génisses à taureaux		467	-	10	50	407
Vaches		2368	-	48	200	2120
Taurillons et bœufs		832	-	9	600	223
Taureaux		408	-	5	0	403
Total		5773	2040	360	850	6603

Année 2020

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	1350	135	0	1215
	♀	-	1350	135	0	1215
Sevrage à 2 ans mâles (bouvillons/taurillons)		918	-	46	0	872
Sevrage à 2 ans femelles		918	-	46	0	872
Génisses à taureaux		807	-	25	200	582
Vaches		2527	-	51	300	2176
Taurillons et bœufs		933	-	10	600	323
Taureaux		500	-	5	0	495
Total		6603	2700	453	1100	7750

Année 2021

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	1306	131	0	1175
	♀	-	1306	131	0	1175
Sevrage à 2 ans mâles (bouvillons/taurillons)		1215	-	61	0	1154
Sevrage à 2 ans femelles		1215	-	61	0	1154
Génisses à taureaux		872	-	27	300	545
Vaches		2758	-	56	300	2402
Taurillons et bœufs		1190	-	12	700	478
Taureaux		500	-	5	0	495
Total		7750	2612	484	1300	8578

Année 2022

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	1476	148	0	1328
	♀	-	1476	148	0	1328
Sevrage à 2 ans mâles (bouvillons/taurillons)		1175	-	59	0	1116
Sevrage à 2 ans femelles		1175	-	59	0	1116
Génisses à taureaux		1154	-	24	300	830
Vaches		2947	-	59	400	2488
Taurillons et bœufs		1627	-	33	900	694
Taureaux		500	-	5	0	495
Total		8578	2952	535	1600	9395

Année 2023

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	1596	160	0	1436
	♀	-	1596	160	0	1436
Sevrage à 2 ans mâles (bouvillons/taurillons)		1328	-	67	0	1261
Sevrage à 2 ans femelles		1328	-	67	0	1261
Génisses à taureaux		1116	-	23	200	893
Vaches		3318	-	67	400	2851
Taurillons et bœufs		1805	-	19	1300	486
Taureaux		500	-	5	0	495
Total		9395	3192	568	1900	10119

Année 2024

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	1801	181	0	1620
	♀	-	1801	181	0	1620
Sevrage à 2 ans mâles (bouvillons/taurillons)		1436	-	72	0	1364
Sevrage à 2 ans femelles		1436	-	72	0	1364
Génisses à taureaux		1261	-	26	300	935
Vaches		3744	-	75	400	3269
Taurillons et bœufs		1742	-	35	1300	407
Taureaux		500	-	5	0	495
Total		10119	3602	647	2000	11074

Année 2025

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	2004	201	0	1803
	♀	-	2004	201	0	1803
Sevrage à 2 ans mâles (bouvillons/taurillons)		1620	-	81	0	1539
Sevrage à 2 ans femelles		1620	-	81	0	1539
Génisses à taureaux		1364	-	28	300	1036
Vaches		4204	-	85	400	3719
Taurillons et bœufs		1766	-	36	1300	430
Taureaux		500	-	5	200	295
Total		11074	4008	718	2200	12164

Année 2026

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	2265	227	0	2038
	♀	-	2265	227	0	2038
Sevrage à 2 ans mâles (bouvillons/taurillons)		1803	-	91	0	1712
Sevrage à 2 ans femelles		1803	-	91	0	1712
Génisses à taureaux		1539	-	31	400	1108
Vaches		4755	-	96	600	4059
Taurillons et bœufs		1764	-	36	1500	228
Taureaux		500	-	5	0	495
Total		12164	4530	804	2500	13390

Année 2027

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	2476	248	0	2228
	♀	-	2476	248	0	2228
Sevrage à 2 ans mâles (bouvillons/taurillons)		2038	-	102	0	1936
Sevrage à 2 ans femelles		2038	-	102	0	1936
Génisses à taureaux		1712	-	35	400	1277
Vaches		5167	-	104	700	4363
Taurillons et bœufs		1935	-	39	1600	296
Taureaux		500	-	5	0	495
Total		13390	4952	883	2700	14759

Année 2028

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	2727	273	0	2454
	♀	-	2727	273	0	2454
Sevrage à 2 ans mâles (bouvillons/taurillons)		2228	-	112	0	2116
Sevrage à 2 ans femelles		2228	-	112	0	2116
Génisses à taureaux		1936	-	39	500	1397
Vaches		5640	-	113	700	4827
Taurillons et bœufs		2227	-	45	1500	682
Taureaux		500	-	5	0	495
Total		14759	5454	972	2700	16541

Année 2029

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	3002	301	0	2701
	♀	-	3002	301	0	2701
Sevrage à 2 ans mâles (bouvillons/taurillons)		2454	-	123	0	2331
Sevrage à 2 ans femelles		2454	-	123	0	2331
Génisses à taureaux		2116	-	43	600	1473
Vaches		6224	-	125	600	5499
Taurillons et bœufs		2793	-	56	1700	1037
Taureaux		500	-	5	0	495
Total		16541	6004	1077	2900	18568

Année 2030

Catégories		Effectifs en début d'année	Naissances	Mortalité	Déstockage	Effectifs en fin d'année
Veaux	♂	-	3349	335	0	3014
	♀	-	3349	335	0	3014
Sevrage à 2 ans mâles (bouvillons/taurillons)		2701	-	136	0	2565
Sevrage à 2 ans femelles		2701	-	136	0	2565
Génisses à taureaux		2331	-	47	700	1584
Vaches		6972	-	140	700	6132
Taurillons et bœufs		3363	-	68	1700	1595
Taureaux		500	-	5	0	495
Total		18568	6698	1202	3100	20964

Annexe 4

Loi sur la faune sauvage du Gabon



ESPÈCES INTÉGRALEMENT PROTÉGÉES AU GABON



Leur chasse, leur capture, leur détention, leur commercialisation et leur transport sont interdits Article 3, décret n° 164/PR/MEF

Chimpanzé
Pan troglodytes

Gorille
Gorilla gorilla

Mandrill
Mandrillus sphinx

Pottos
Lorisidae

Cercopithèque à queue de soleil
Cercopithecus solatus

Galagos
Galagonidae

Eléphant
Loxodonta africana

Daman des arbres
Dendrohyrax dorsalis

Céphalophe à pattes blanches
Cephalophus ogilbyi

Buffle
Syncerus caffer nanus

Panthère
Panthera pardus

Chevrotain aquatique
Hyemoschus aquaticus

Picatharte à cou gris
Picathartes oreas

Bongo
Tragelaphus euryceros

Cobe des roseaux
Redunca arundinum

Hippopotame
Hippopotamus amphibius

Hylochère
Hylochoerus meinertzhageni

Oryctérope
Orycteropus afer

Cobe onctueux
Kobus ellipsiprymnus

Pangolin géant
Manis gigantea

Crocodile du Nil
Crocodylus niloticus

Céphalophe de Grimm
Sylvicapra grimmia

Crocodile nain
Osteolaemus tetraspis

Tortues marines
Tortue Luth, Olivâtre, Verte, Imbriquée

Faux gavia
Mecistops cataphractus

Baleine à bosse
Megaptera novaeangliae

Lamantin
Trichechus senegalensis

Conformément à l'article 275 du code forestier, les auteurs des infractions vis-à-vis des espèces intégralement protégées sont punis d'un emprisonnement de trois à six mois et d'une amende de 100 000 à 10 000 000 de francs CFA ou de l'une de ces deux peines seulement.

Illustrations issues de deux livres de référence :
 1. © Sinclair I. & Ryan P. 2003. Birds of Africa South of the Sahara. Struik.
 2. © Kingdon J. 1997. The Kingdon Field Guide to African Mammals. Academic press



Annexe 5

Documents pour l'évaluation financière de l'insémination
artificielle au Gabon

Agence et usine de Libreville

Z.I. D'Owendo / B.P. 545 - Libreville
Tel : +241 05 40 67 00 / 05 40 67 01 : Fax : +241 05 40 67 39

Agence et usine de Port-Gentil

Avenue André Gallais / B.P. 111 - Port-Gentil
Tel : +241 01 55 30 81 / 05 01 26 26 : Fax : +241 01 55 01 41

Agence de Glass : Tel : +241 05 40 67

Date pièce 17/10/14

CLIENT COMPTANT OWENDO (ESPECE)

M. MARCEL OKOUYI

Code Dépôt : OW
Code Client 411300

Réf. commande :

Commentaire Représentant :

Code Article	Désignation article	Quantité	Uni	Px unitaire	%Rem1 %Rem2	Px unit. net	Montant HT	T P
124100030	AZOTE LIQUIDE BIDON 30L 1,0000 * 30,0000	30,00	L	1.811		1.811	54.330	1
901035007	PRESTATION COND. MISE EN FROID	30,00		3.225		3.225	96.750	1
<i>Montant total corps</i>						151080,00		
<i>Espèces Clts Cptants Owendo</i>						00/00/00	178274,00	



T	Base TVA	Taux	Montant TVA
1	151.080	18,00	27.194

Montant HT	151.080
Montant TVA	27.194
Montant TTC	178.274
Net à payer	178.274

Arrêté la présente facture à la somme de :

Cent soixante-dix-huit mille deux cent soixante-quatorze F.CFA



Bruxelles, 04-07-2014

SIAT GABON
Boulevard de l'Indépendance, Bord de mer,
Rue du camp de police
Libreville BP 3928
GABON

Licence No. :

FACTURE INV140454

Ref. GNH1402NYAE6138,GNH1404NYAE6199,
 Pour achat et la livraison des équipements suivants

Détail

N°	Référence du fabricant	Description	Quantité	Prix unitaire	Total
BC : GNH1402NYAE6138 Type : ITEM Sujet : Hormones Campagne IA Avril 2014					
Investment Project : 47CAIA01					
1		ESTRUMATE CLOPROSTENOL FLACON DE 20 ML	65.00	62.6290	4,070.89
2		FOLLIGON FSH GONADOTROPINE FLACON DE 1000 UI	66.00	25.0585	1,653.86
3		RECEPTAL BUSERELINE ACETATE FLACON DE 10 ML	110.00	37.5705	4,132.76
4		CIDR PROGESTERONE SACHET DE 10	200.00	6.2629	1,252.58
Sous total en EUR					11,110.09
BC : GNH1404NYAE6199 Type : ITEM Sujet : Commande de produits payée par la Faculté de Médecine Vétérinaire de Liège pour le projet de recherche du Docteur Okouyi					
Investment Project : 47CAFG01					
5		RECEPTAL BUSERELINE ACETATE FLACON DE 10 ML	10.00	39.204	392.04
6		ESTRUMATE CLOPROSTENOL FLACON DE 20 ML	15.00	65.352	980.28
7		CIDR PROGESTERONE SACHET DE 10	20.00	65.352	1,307.04
8		FOLLIGON FSH GONADOTROPINE FLACON DE 1000 UI	50.00	26.148	1,307.40
Sous total en EUR					3,986.76
TOTAL (EUR)					15,096.85

Frais de Transport Aérien 500.00
Total des frais : 500.00

TOTAL DDU LIBREVILLE, GABON 15,596.85

EUR QUINZE MILLE CINQ CENT QUATRE-VINGT SEIZE ET QUATRE-VINGT CINQ CENTS

Condition de paiement : Cash Payment

N° de liste de colisage : PL140451

Societe d'Investissement pour l'Agriculture Tropicale

Romboutsstraat, 6-8, 1932 SINT-STEVENS-WOLLUWE Tel : +32 (0) 2 718 38 88 . Fax: +32 (0) 2 718 38 89 . RCB 547.253. TVA BE 444.559.314
 ING 233-631079661-91 | IBAN: BE 48 7330 3445 4127 | www.siat-group.com. siatlogistics@siat-group.com



FACTURE INV140454

Pays d'origine : Burkina Faso
Pays de provenance : Burkina Faso
Mode de transport : DHL Express
Condition de livraison : DDU

ETD : 01/07/2014
ETA : 03/07/2014
Air Way Bill : 5697053460

Remarks :

Payable à Compte "Siat SA - Siat Gabon Achats"
IBAN: BE 17 73304454 1521
COMPTE N° 733 0445415 21
Marchandises destine à l'exportation, exemptées de TVA

Pour Siat



Societe d'Investissement pour l'Agriculture Tropicale

Romboutsstraat, 6-8, 1932 SINT-STEVENS-WOLUWE Tel : +32 (0) 2 718 38 88 . Fax: +32 (0) 2 718 38 89 . RCB 547.253. TVA BE 444.559.314
ING 233-631079661-91 | IBAN: BE 48 7330 3445 4127 | www.siat-group.com. siatlogistics@siat-group.com

sa Siat nv



Invoice Number : INV140454

Packing List : PL140451

Date : 4/07/2014

SIAT GABON

**Boulevard de l'Indépendance, Bord de m
Rue du camp de police
Libreville BP 3928**

**ETD : 01/07/2014
ETA : 03/07/2014
Air Way Bill : 5697053460**

Parcel No	Parcel Type	Weight Kg.	Length	Width	Height
04071411221	01 Boite	16.00	100.00	50.00	40.00

Item No	Part No	Item	Unit	HS Code	Qty in Packet
GNH1402NYAE6138					
1		CIDR PROGESTERONE SACHET DE 10	Unité		200
2		ESTRUMATE CLOPROSTENOL FLACON DE 20 ML	Unité		65
3		FOLLIGON FSH GONADOTROPINE FLACON DE 1000 UI	Unité		66
4		RECEPTAL BUSERELINE ACETATE FLACON DE 10 ML	Unité		110
GNH1404NYAE6199					
5		ESTRUMATE CLOPROSTENOL FLACON DE 20 ML	Unité		15
6		CIDR PROGESTERONE SACHET DE 10	Unité		20
7		RECEPTAL BUSERELINE ACETATE FLACON DE 10 ML	Unité		10
8		FOLLIGON FSH GONADOTROPINE FLACON DE 1000 UI	Unité		50

Transporter : DHL Express

Country of Origin : Burkina Faso

Country of Supply : Burkina Faso



For siat

Societe d'Investissement pour l'Agriculture Tropicale

Romboutsstraat, 6-8, 1932 SINT-STEVENS-WOLUWE Tel : +32 (0) 2 718 38 88 . Fax: +32 (0) 2 718 38 89 . RCB 547.253. TVA BE 444.559.314
ING 233-631079661-91 | IBAN: BE 48 7330 3445 4127 | www.siat-group.com. siatlogistics@siat-group.com



Alta Genetics do Brasil Ltda.
BR 050, Km 164 - Uberaba-MG - Cep: 38020-970
Tel: (34) 3318-7777 Fax: (34) 3318-7702

COMMERCIAL INVOICE

Sold to: SIAT nv
Address: Dreve Pittoresque 81
Phone: 3227183851
City/Country: 1180 Brussels, Belgium

Invoice: 91007
Date: 03/06/2014
Payment: Prepayment

Consignee: Brieuc Cossic
Ref: GNH1404NYAE6200

Doses	Code	Bull	Register	Price (US\$)	Total (US\$)
200	11SE1392	TORA DE SOLEDADE	RO1144	4,67	934,00
200	Subtotal				934,00
1	Tank MVE XC/20-H			765,90	765,90
1	Insurance			120,00	120,00
1	International freight			830,83	830,83
1	Documents and cost			950,40	950,40
				Total	3.601,13

Shipping instructions:

CIP \Libreville - Gabon
Incoterms 2000

Informations:

Shipping by air
NCM Code: 0511.10.00
Net Weight: 0,200kg
Gross Weight: 30 kg
Origin: Brasil
The insurance have to be engaged by export company

Giovanni Gonçalves Araújo

Payment is to be made by bank wire transfer to Banco Brasil Uberaba. Agency 15-9. Account # 7519-1. Swift Code BRASBRRJBHE. Beneficiary: Alta Genetics do Brasil Ltda.

Supplément

COMMENTAIRES REFLEXIFS DE MA FORMATION

Une thèse, quels intérêts pour mon pays et pour mon développement personnel ?

Aussi longtemps que je me souviens dans mon jeune âge, j'ai toujours rêvé d'avoir un jour un ranch, un verger, un potager... J'ai toujours souhaité travailler dans le secteur agricole. Je me suis découvert le plaisir de transmettre des connaissances en 1994. Nous étions en terminale et nous effectuions souvent avec des collègues, des exercices en groupe pour la préparation à notre examen de baccalauréat du second degré. A chaque séance, nous passions à tour de rôle au tableau pour présenter nos résultats et expliquer aux autres ce que nous avions compris du sujet. A plusieurs reprises, des collègues m'ont fait remarquer qu'ils comprenaient mieux quand j'expliquais ; *le déclic*.

Le choix d'une profession

Après mon baccalauréat D, j'ai choisi de suivre des études de vétérinaire. En 1999, alors que je terminais ma formation en médecine vétérinaire, j'ai été choisi par la Direction de l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecines Vétérinaire (EISMV) de Dakar, pour être moniteur au Service d'Anatomie, Histologie et Embryologie. J'assurais l'encadrement des étudiants lors des séances de travaux pratiques (TP) et travaux dirigés (TD). Parfois, il m'était confié des tâches bien plus importantes ; je me retrouvais, donnant véritablement cours d'anatomie au cycle Préparatoire aux études vétérinaires (CPEV). Il faut dire qu'à l'époque et pour des raisons diverses ; charisme, générosité, humour, compétences etc, les étudiants de l'EISMV avaient de l'admiration pour le Professeur d'Anatomie monsieur Charles Kondi AGBA à tel point que certains d'entre eux, tel que moi, rêvions presque de devenir comme lui. *C'est en tant que moniteur d'anatomie à l'EISMV de Dakar que je me suis découvert une passion pour l'enseignement.*

Ma vie d'enseignant

A la fin de ma formation de vétérinaire, j'ai sollicité et obtenu en Février 2001, un poste d'enseignant à l'Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB) de l'Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM) de mon pays (Gabon). A l'INSAB, je dispense le cours de reproduction animale aux techniciens supérieurs (Bac+3). Avec l'évolution du niveau de formation à l'INSAB, j'ai pris conscience des limites de mes connaissances dans le domaine de la reproduction animale. Par ailleurs, plein d'ambition pour le développement de l'élevage au Gabon, certaines questions ont commencé à tarauder mon esprit. Comment sortir le Gabon de la dépendance alimentaire dans laquelle il se trouve sans l'intensification des productions animales locales ? Le développement des élevages bovins, en particulier, me paraissait judicieux pour atteindre cet objectif. Mais, comment envisager l'intensification des productions bovines locales sans maîtrise de la reproduction des animaux ? C'est certainement cela qui a justifié le choix de mon sujet de thèse pour le doctorat en médecine vétérinaire : *« Maitrise de la reproduction chez la femelle bovine N'Dama au Sénégal : essai du PRID »*

C'est dans l'espoir de conduire un jour de manière autonome (individuelle/équipe) des recherches sur la maîtrise de la reproduction bovine et particulièrement la reproduction du taurin N'Dama que j'ai opté pour poursuivre mes études et tenter de parfaire mes connaissances.

Le chemin vers l'amélioration de mes connaissances

En Mars 2006, je suis rentré en contact avec le professeur Bénédicte Grimard, ce qui m'a permis d'effectuer un stage de perfectionnement à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Maisons-Alfort (ENVA) en France. Au cours de ce stage j'ai suivi sous l'encadrement du professeur Sylvie Chastant, le programme ReproDev de l'ENVA. *Fort de cette expérience, j'ai voulu aller plus loin.*

En 2009, sous l'encadrement du professeur Andrew Ponter (ENVA), j'ai suivi avec succès le programme de Master II Sciences et application mention : Biologie Cellulaire, Physiologie et Pathologie, Spécialité Reproduction et Développement (ReproDev) organisé conjointement par l'Université Paris VII Diderot et l'ENVA de Paris.

En septembre 2011, j'ai sollicité et obtenu une inscription pour un Doctorat en Sciences Vétérinaires (DSV) à la Faculté de Médecine Vétérinaire (FMV) de l'université de Liège (ULiège)/Belgique.

A la recherche de la perfection : des formations complémentaires

Sur le chemin du doctorat, orienté et encouragé par mon promoteur, le Professeur Christian Hanzen, j'ai participé aux formations susceptibles de renforcer mes connaissances et mes capacités d'enseignant-chercheur. Ainsi, en 2012, j'ai suivi avec succès le programme de Master Complémentaire en Gestion des Ressources Animales et Végétales en Milieux Tropicaux (GRAVMT) de l'Institut Vétérinaire Tropical (IVT) de la FMV de l'ULiège.

En 2015, j'ai suivi avec succès également, le programme de Master Complémentaire en pédagogie universitaire et de l'enseignement supérieur à la Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Education de l'ULiège. Durant cette période, l'obtention de mon doctorat en sciences vétérinaires est toujours restée l'objectif de ma présence en Belgique.

Les perspectives après thèse

Cette thèse en sciences appliquées est pour moi la garantie de l'acquisition d'une compétence.

a. Intérêts pour mon pays, pour l'INSA et pour le RN

Une thèse en sciences appliquées revêt toujours un intérêt pour les pays en développement ; elle assure tout au moins les possibilités d'un transfert de technologies. Du fait de la compétence acquise, elle participe au renforcement des capacités de l'INSA et met à la disposition du Ranch Nyanga un expert dans le domaine de la reproduction bovine. Surtout, elle met à la disposition du pays un « puissant outil » pouvant contribuer à l'intensification des productions animales par l'utilisation des biotechnologies.

Le diplôme constitue souvent une preuve de connaissance mais pas toujours une garantie de compétence

L'INSAB est l'institut de formation agronomique le plus important (effectifs/niveaux de formation) du Gabon. A l'INSAB, l'enseignant responsable du cours de reproduction animale est le vétérinaire (Bac+6, EISMV-Dakar/2000) que j'étais. Avant mon doctorat, dépourvu d'expérience de terrain (développement de compétence), les connaissances théoriques que j'avais dans mon domaine d'activité étaient relativement limitées. S'il m'était aisé de suivre des techniciens supérieurs (Bac+3), les choses étaient différentes avec des ingénieurs (Bac+5).

Lors de ma formation en sciences vétérinaires sous l'encadrement du professeur Hanzen, j'ai eu des connaissances complémentaires dans le domaine de l'anatomie, de la physiologie et de la gestion hormonale des cycles chez les bovins. J'ai également acquis de bonnes aptitudes dans le domaine de la propédeutique de l'appareil génital femelle, de l'utilisation de certains matériels (cathéter, vaginoscope, échographe etc) mieux, j'ai perfectionné ma technique de l'insémination artificielle. Aujourd'hui, je suis capable, et avec beaucoup plus d'aisance, d'établir l'état physiologique d'une femelle, de réaliser des échographies et surtout, d'inséminer entre 50 et 80 femelles N'Dama/jour. Lorsque je donne mon cours sur l'insémination artificielle, je sais mieux de quoi je parle.

Les missions effectuées au RN dans le cadre de cette formation m'ont mis en contact avec le monde réel de l'élevage bovin au Gabon et m'ont permis de développer d'autres attitudes.

Sur le plan professionnel,

Cette formation est favorable à l'évolution de ma carrière. En Afrique, seuls les détenteurs d'un doctorat de 3^{ème} cycle peuvent prétendre à enseigner à l'université et d'obtenir des grades académiques au sein du Conseil Africain et Malgache pour l'Enseignement Supérieur (CAMES). J'ai longtemps (2001 à aujourd'hui) enseigné avec le doctorat en médecine vétérinaire. A court terme, cette formation me donne les outils pour présenter ma candidature au grade de maître-assistant au sein du CAMES. Plus tard et en fonction de mes productions scientifiques, je pourrais postuler pour d'autres grades (maître de conférence, professeur etc...). L'expérience vécue avec la formation de master en pédagogie (Formasup Uliège) m'a fait prendre conscience qu'il est toujours possible d'enseigner autrement, de créer des conditions et adapter mon cours de manière à favoriser l'apprentissage en profondeur et la réussite de mes étudiants. Dans le domaine de la pédagogie à l'INSAB, je souhaite être instigateur et pionnier du passage d'une pédagogie de type passive, caractérisée par la transmission des contenus, à une pédagogie plus active favorable au développement des compétences.

Sur un plan personnel

Ce travail est pour moi un « sacre », une satisfaction personnelle. J'arrive à la fin d'un parcours emprunté depuis mars 2006. Ce parcours a été jalonné d'embûches et d'obstacles de natures diverses. Par moment, j'ai fléchi mais, grâce à Dieu, je n'ai jamais rompu, j'ai maintenu ma détermination et ma capacité à vouloir toujours le meilleur de moi-même.

Le doctorat en sciences vétérinaires ne nous soustrait point du joug de l'apprentissage, mieux, il nous transforme. Plutôt que de demeurer éternel consommateur, il nous propulse au rang de véritable acteur de productions scientifiques qui pourraient contribuer au développement de notre pays.

Supplément

COMMENTAIRES REFLEXIFS DE MA FORMATION

Une thèse, quels intérêts pour mon pays et pour mon développement personnel ?

Aussi longtemps que je me souviens dans mon jeune âge, j'ai toujours rêvé d'avoir un jour un ranch, un verger, un potager... J'ai toujours souhaité travailler dans le secteur agricole. Je me suis découvert le plaisir de transmettre des connaissances en 1994. Nous étions en terminale et nous effectuions souvent avec des collègues, des exercices en groupe pour la préparation à notre examen de baccalauréat du second degré. A chaque séance, nous passions à tour de rôle au tableau pour présenter nos résultats et expliquer aux autres ce que nous avions compris du sujet. A plusieurs reprises, des collègues m'ont fait remarquer qu'ils comprenaient mieux quand j'expliquais ; *le déclic*.

Le choix d'une profession

Après mon baccalauréat D, j'ai choisi de suivre des études de vétérinaire. En 1999, alors que je terminais ma formation en médecine vétérinaire, j'ai été choisi par la Direction de l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecines Vétérinaire (EISMV) de Dakar, pour être moniteur au Service d'Anatomie, Histologie et Embryologie. J'assurais l'encadrement des étudiants lors des séances de travaux pratiques (TP) et travaux dirigés (TD). Parfois, il m'était confié des tâches bien plus importantes ; je me retrouvais, donnant véritablement cours d'anatomie au cycle Préparatoire aux études vétérinaires (CPEV). Il faut dire qu'à l'époque et pour des raisons diverses ; charisme, générosité, humour, compétences etc, les étudiants de l'EISMV avaient de l'admiration pour le Professeur d'Anatomie monsieur Charles Kondi AGBA à tel point que certains d'entre eux, tel que moi, rêvions presque de devenir comme lui. *C'est en tant que moniteur d'anatomie à l'EISMV de Dakar que je me suis découvert une passion pour l'enseignement.*

Ma vie d'enseignant

A la fin de ma formation de vétérinaire, j'ai sollicité et obtenu en Février 2001, un poste d'enseignant à l'Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB) de l'Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM) de mon pays (Gabon). A l'INSAB, je dispense le cours de reproduction animale aux techniciens supérieurs (Bac+3). Avec l'évolution du niveau de formation à l'INSAB, j'ai pris conscience des limites de mes connaissances dans le domaine de la reproduction animale. Par ailleurs, plein d'ambition pour le développement de l'élevage au Gabon, certaines questions ont commencé à tarauder mon esprit. Comment sortir le Gabon de la dépendance alimentaire dans laquelle il se trouve sans l'intensification des productions animales locales ? Le développement des élevages bovins, en particulier, me paraissait judicieux pour atteindre cet objectif. Mais, comment envisager l'intensification des productions bovines locales sans maîtrise de la reproduction des animaux ? C'est certainement cela qui a justifié le choix de mon sujet de thèse pour le doctorat en médecine vétérinaire : *« Maîtrise de la reproduction chez la femelle bovine N'Dama au Sénégal : essai du PRID »*

C'est dans l'espoir de conduire un jour de manière autonome (individuelle/équipe) des recherches sur la maîtrise de la reproduction bovine et particulièrement la reproduction du taurin N'Dama que j'ai opté pour poursuivre mes études et tenter de parfaire mes connaissances.

Le chemin vers l'amélioration de mes connaissances

En Mars 2006, je suis rentré en contact avec le professeur Bénédicte Grimard, ce qui m'a permis d'effectuer un stage de perfectionnement à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Maisons-Alfort (ENVA) en France. Au cours de ce stage j'ai suivi sous l'encadrement du professeur Sylvie Chastant, le programme ReproDev de l'ENVA. *Fort de cette expérience, j'ai voulu aller plus loin.*

En 2009, sous l'encadrement du professeur Andrew Ponter (ENVA), j'ai suivi avec succès le programme de Master II Sciences et application mention : Biologie Cellulaire, Physiologie et Pathologie, Spécialité Reproduction et Développement (ReproDev) organisé conjointement par l'Université Paris VII Diderot et l'ENVA de Paris.

En septembre 2011, j'ai sollicité et obtenu une inscription pour un Doctorat en Sciences Vétérinaires (DSV) à la Faculté de Médecine Vétérinaire (FMV) de l'université de Liège (ULiège)/Belgique.

A la recherche de la perfection : des formations complémentaires

Sur le chemin du doctorat, orienté et encouragé par mon promoteur, le Professeur Christian Hanzen, j'ai participé aux formations susceptibles de renforcer mes connaissances et mes capacités d'enseignant-chercheur. Ainsi, en 2012, j'ai suivi avec succès le programme de Master Complémentaire en Gestion des Ressources Animales et Végétales en Milieux Tropicaux (GRAVMT) de l'Institut Vétérinaire Tropical (IVT) de la FMV de l'ULiège.

En 2015, j'ai suivi avec succès également, le programme de Master Complémentaire en pédagogie universitaire et de l'enseignement supérieur à la Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Education de l'ULiège. Durant cette période, l'obtention de mon doctorat en sciences vétérinaires est toujours restée l'objectif de ma présence en Belgique.

Les perspectives après thèse

Cette thèse en sciences appliquées est pour moi la garantie de l'acquisition d'une compétence.

a. Intérêts pour mon pays, pour l'INSA et pour le RN

Une thèse en sciences appliquées revêt toujours un intérêt pour les pays en développement ; elle assure tout au moins les possibilités d'un transfert de technologies. Du fait de la compétence acquise, elle participe au renforcement des capacités de l'INSAB et met à la disposition du Ranch Nyanga un expert dans le domaine de la reproduction bovine. Surtout, elle met à la disposition du pays un « puissant outil » pouvant contribuer à l'intensification des productions animales par l'utilisation des biotechnologies.

Le diplôme constitue souvent une preuve de connaissance mais pas toujours une garantie de compétence

L'INSAB est l'institut de formation agronomique le plus important (effectifs/niveaux de formation) du Gabon. A l'INSAB, l'enseignant responsable du cours de reproduction animale est le vétérinaire (Bac+6, EISMV-Dakar/2000) que j'étais. Avant mon doctorat, dépourvu d'expérience de terrain (développement de compétence), les connaissances théoriques que j'avais dans mon domaine d'activité étaient relativement limitées. S'il m'était aisé de suivre des techniciens supérieurs (Bac+3), les choses étaient différentes avec des ingénieurs (Bac+5).

Lors de ma formation en sciences vétérinaires sous l'encadrement du professeur Hanzen, j'ai eu des connaissances complémentaires dans le domaine de l'anatomie, de la physiologie et de la gestion hormonale des cycles chez les bovins. J'ai également acquis de bonnes aptitudes dans le domaine de la propédeutique de l'appareil génital femelle, de l'utilisation de certains matériels (cathéter, vaginoscope, échographe etc) mieux, j'ai perfectionné ma technique de l'insémination artificielle. Aujourd'hui, je suis capable, et avec beaucoup plus d'aisance, d'établir l'état physiologique d'une femelle, de réaliser des échographies et surtout, d'inséminer entre 50 et 80 femelles N'Dama/jour. Lorsque je donne mon cours sur l'insémination artificielle, je sais mieux de quoi je parle.

Les missions effectuées au RN dans le cadre de cette formation m'ont mis en contact avec le monde réel de l'élevage bovin au Gabon et m'ont permis de développer d'autres attitudes.

Sur le plan professionnel,

Cette formation est favorable à l'évolution de ma carrière. En Afrique, seuls les détenteurs d'un doctorat de 3^{ème} cycle peuvent prétendre à enseigner à l'université et d'obtenir des grades académiques au sein du Conseil Africain et Malgache pour l'Enseignement Supérieur (CAMES). J'ai longtemps (2001 à aujourd'hui) enseigné avec le doctorat en médecine vétérinaire. A court terme, cette formation me donne les outils pour présenter ma candidature au grade de maître-assistant au sein du CAMES. Plus tard et en fonction de mes productions scientifiques, je pourrais postuler pour d'autres grades (maître de conférence, professeur etc...). L'expérience vécue avec la formation de master en pédagogie (Formasup Uliège) m'a fait prendre conscience qu'il est toujours possible d'enseigner autrement, de créer des conditions et adapter mon cours de manière à favoriser l'apprentissage en profondeur et la réussite de mes étudiants. Dans le domaine de la pédagogie à l'INSAB, je souhaite être instigateur et pionnier du passage d'une pédagogie de type passive, caractérisée par la transmission des contenus, à une pédagogie plus active favorable au développement des compétences.

Sur un plan personnel

Ce travail est pour moi un « sacre », une satisfaction personnelle. J'arrive à la fin d'un parcours emprunté depuis mars 2006. Ce parcours a été jalonné d'embûches et d'obstacles de natures diverses. Par moment, j'ai fléchi mais, grâce à Dieu, je n'ai jamais rompu, j'ai maintenu ma détermination et ma capacité à vouloir toujours le meilleur de moi-même.

Le doctorat en sciences vétérinaires ne nous soustrait point du joug de l'apprentissage, mieux, il nous transforme. Plutôt que de demeurer éternel consommateur, il nous propulse au rang de véritable acteur de productions scientifiques qui pourraient contribuer au développement de notre pays.