UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

L’utilisation de l'insémination artificielle pour améliorer la productivité porcine dans les centres naisseurs porcins de Giheta, de Bihoro et du grand séminaire de Bujumbura

Nzeyimana, Abdoul; Sous la direction de : Directeur : Pr. Aloys Ndayisenga; Co-directeur : Msc Pierre Itangishaka

2024-08
UB, FLSH
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2095

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCES INSTITUTE (EANSI)

MASTER EN SCIENCES DES ALIMENTS ET NUTRITION

L'UTILISATION DE L'INSEMINATION ARTIFICIELLE POUR AMELIORER LA PRODUCTIVITE PORCINE DANS LES CENTRES NAISSEURS PORCINS DE GIHETA, DE BIHORO ET DU GRAND SEMINAIRE DE BUJUMBURA

Par :

NZOBONINKA Agar-Milka

Mémoire

présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences des Aliments et Nutrition

Option : Sécurité Alimentaire et Changement Climatique

Sous la direction de :

Directeur : Dr. Constantin NIMBONA (PhD)

Co-directeur : Pr. Mélance NTUNZWENIMANA

Bujumbura, Septembre 2024

MEMBRES DU JURY

Dr. NTIRANDEKURA Jean Bosco, PhD : Président

Dr. NIMBONA Constantin (PhD) : Directeur

Pr. NTUNZWENIMANA Mélance : Co-directeur

Dr. Ir MANIRAKIZA Josiane : Secrétaire

DEDICACES

A Dieu tout puissant ;

A mes chers parents ;

A mon cher mari ;

A ma petite fille chérie ;

A ma belle-famille ;

A mes frères et sœurs ;

A tous ceux qui me sont chers ;

Je dédie ce travail.

NZOBONINKA Agar-Milka

REMERCIEMENTS

A l'issue de ce modeste travail, je tiens à remercier tout d'abord le Dieu tout puissant, de m'avoir procuré patience et volonté pour l'aboutissement de ce travail et pour son aide miséricordieuse durant toutes mes années d'étude.

Également, il m'est particulièrement agréable de remercier vivement:

Mon promoteur Monsieur le Dr NIMBONA Constantin pour m'avoir encadré et dirigé ce travail d'une manière exemplaire et pour le temps qu'il m'a consacré. Il m'est agréable de pouvoir exprimer mes sincères sentiments et ma profonde gratitude à son égard, pour sa patience, ses conseils précieux, ses encouragements, son aide inoubliable, sa gentillesse, pour le temps et les efforts qu'il a consacré pour la réalisation de ce travail. Veuillez bien, monsieur, recevoir mes remerciements pour le grand honneur que vous m´ avez fait d'accepter l'encadrement de ce travail.

J'exprime aussi mes remerciements aux techniciens vétérinaires des centres naisseurs dans lesquels s'est réalisée l'étude pour leurs collaborations.

En fin, j'adresse mes profondes gratitudes à l'ensemble des enseignant (e)s qui ont contribué à notre formation de Master.

RESUME

Une étude sur l'utilisation de l'insémination artificielle dans 3 centres naisseurs a été menée pour pouvoir comparer les résultats de l'insémination artificielle avec ceux de la saillie naturelle. Dans tous les centres naisseurs sujets à l'essai d'insémination artificielle, douze truies ont été sélectionnées puis inséminées dans chaque centre. Les verrats utilisés pour la collecte de la semence ainsi que pour la saillie naturelle étaient de ces centres memes. Les résultats montrent que le taux de réussite en insémination est de 83,33% au centre naisseur du Grand Séminaire de Bujumbura, 91,67% au centre naisseur de Giheta et 75,00% au centre naisseur de Bihoro. Le taux de réussite en saillie naturelle est de 86.25% au Grand Séminaire de Bujumbura et 83.3% à Giheta et à Bihoro. La prolificité moyenne pour l'insémination artificielle est de 8,90±2,33 au centre naisseur du Grand Séminaire de Bujumbura, de 9,10±2,66 à Giheta et de 8,56±2,46 au centre naisseur de Bihoro. Pour la saillie naturelle, la prolificité moyenne était de 9,07±2,62 au centre naisseur du Grand Séminaire de Bujumbura, de 8,64±2,42 à Giheta et de 7,78±2,57 au centre naisseur de Bihoro.

Mots clés : insémination artificielle, verrat, prolificité, saillie naturelle, truie, centre naisseur

ABSTRACT

A study on the use of artificial insemination in 3 farrowing centers was carried out to compare the results of artificial insemination with those of natural mating. Twelve sows were selected and inseminated in each of the farrowing centers involved in the artificial insemination trial. The boars used for semen collection and natural mating were from the same centers. The results show that the insemination success rate was 83.33% at the Grand Séminaire de Bujumbura breeding center, 91.67% at the Giheta breeding center and 75.00% at the Bihoro breeding center. The success rate for artificial insemination was 86.25% at the Grand Séminaire de Bujumbura and 83.3% at Giheta and Bihoro. Average prolificacy for artificial insemination was 8.90±2.33 at the Grand Séminaire de Bujumbura breeding center, 9.10±2.66 at Giheta and 8.56±2.46 at the Bihoro breeding center. For natural breeding, average prolificity was 9.07±2.62 at the Grand Séminaire de Bujumbura breeding center, 8.64±2.42 at Giheta and 7.78±2.57 at the Bihoro breeding center.

Keywords*: artificial:* *insemination, boar, prolificity, natural service, sow, farrowing center*

TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY ..... **i**
DEDICACES ..... **ii**
REMERCIEMENTS ..... **iii**
RESUME ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TABLE DES MATIERES ..... **vi**
LISTE DES TABLEAUX ..... **viii**
LISTE DES FIGURES ..... **ix**
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS ..... **x**
AVANT-PROPOS ..... **xi**
0. INTRODUCTION **1**
0.1.Problématique 2
0.2. Hypothèses de travail 3
0.3. Objectifs de l'étude 3
0.3.1. Objectif global 3
0.3.2. Objectifs spécifiques 3
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE **4**
CHAPITRE I: HISTORIQUE DE L'INSEMINATION ARTIFICIELLE **5**
CHAPITRE II : L'INSEMINATION ARTIFICIELLE PORCINE **7**
II.1. Définition 7
II.2. Anatomie et physiologie de la reproduction porcine 7
II.2.1. L'appareil génital male 7
II.2.2. Appareil génital femelle 9
II.3. Production de la semence 12
II.3.1. Agrément des verrats 12
II.3.2. Collecte de la semence 13
II.4.Analyses et dilution du sperme 13
II.4.1. Analyses macroscopiques 13
II.4.2. Analyses microscopiques 13
II.4.3. Concentration du sperme en spermatozoïdes 14
II.5. Préparation de la semence 14
II.5.1. Dilution de la semence 14
II.5.2. Conditionnement et conservation de la semence 14

CHAPITRE III : TECHNIQUE D'INSEMINATION ARTIFICIELLE 16
III.1. Synchronisation des chaleurs 16
III.2. Insémination artificielle proprement dite 16
III.3. Insémination artificielle classique 17
III.3.1. Insémination artificielle profonde 17
III.4. Gestation et diagnostic de gestation 18
III.5. Les intérêts de l'insémination artificielle 19
III.5.1. La sécurité sanitaire 19
III.5.2. La conservation des stocks génétiques 19
III.5.3. L'amélioration génétique 20
III.5.4. L'intérêt dans la maîtrise de la fertilité 20
III.5.5. L'intérêt économique 20
III.6. Contraintes et limites de l'Insémination Artificielle 20
DEUXIEME PARTIE : L'UTILISATION DE L'INSEMINATION ARTIFICIELLE POUR AMELIORER LA PRODUCTIVITE PORCINE DANS LES CENTRES NAISSEURS PORCINS DE GIHETA, DU GRAND SEMINAIRE DE BUJUMBURA ET DE BIHORO... 22
CHAPITRE I : CADRE DE L'ETUDE 23
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES 24
II.1. Fabrication du mannequin artificiel 24
II.2. Entrainement du verrat et collecte de semence 26
II.3. L'insémination artificielle 28
II.4. Collecte des données 31
II.5. Traitement des données 32
CHAPITRE III : PRESENTATION DES RESULTATS ET DISCUSSION 33
III.1. Résultats de l'entrainement des verrats à la monte du mannequin artificiel 33
III.2. Résultats de l'évaluation quantitative et qualitative de du sperme 34
III.2.1. Examen macroscopique de la semence et contrôle de routine 34
III.2.2. Examen microscopique de la semence 35
III.2.3. Constitution des doses d'IA 38
III.3.Résultats de l'insémination artificielle des truies 39
III.4.1. Comparaison des résultats de l'insémination artificielle porcine avec la saillie naturelle 41
III.5. Discussions 44
III.6. Etude d'impact économique de l'insémination artificielle dans les fermes 46
CONCLUSION 49
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Echelle de Bishop pour l'évaluation de la motilité des spermatozoïdes 36
Tableau 2: Note d'évaluation de la semence dans les centres naisseurs 37
Tableau 3: Critères d'utilisation d'un éjaculat pour la fabrication de doses commerciales et seuils inférieurs 38
Tableau 4: Résultats de l'insémination artificielle des truies dans les 3 centres naisseurs..... 40
Tableau 5: Résultats comparatifs de l'Insémination Artificielle dans les 3 centres naisseurs. 41
Tableau 6: Comparaison des résultats de la saillie naturelle et de l'I.A à Giheta..... 42
Tableau 7: Comparaison des résultats de la saillie naturelle et de l'I.A au Grand Séminaire .. 43
Tableau 8 : Comparaison des résultats de la saillie naturelle et de l'I.A à Bihoro 44

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Topographie de l'appareil génital du verrat 9
Figure 2: Topographie de l'appareil génital de la truie Source Internet 10
Figure 3: Cycle œstral de la truie et régulation hormonale 11
Figure 4: Taux d'immobilisation selon la technique de détection 12
Figure 5: Mise en place de la sonde 17
Figure 6: Fécondation et développement embryonnaire de l'œuf 19
Figure 7: Schéma conceptuel de confection d'un mannequin artificiel 25
Figure 8: Mannequin artificiel avec un matelas et une housse 26
Figure 9: Schéma de la détection des chaleurs 29
Figure 10: Matériels pour l'insémination artificielle des truies 31
Figure 11: Semence de verrat récolté dans un récipient 33
Figure 12: Volume récolté sur les verrats des centres naisseurs porcins 35

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

%	: Pourcent
°C	: Degré Celsius
C.I.A	: Centre d'insémination artificielle
C.N.I.A	: Centre National d'Insémination Artificielle
CSPL	: Cadre stratégique de relance de la croissance et de lutte contre la pauvreté
DOS	: Document d'Orientation Stratégique
EDTA	: Etylène Diamine Tétracétique Acide
ENAB	: Enquête Nationale Agricole du Burundi
FSH	: Follicule Stimulating Hormone
GnRH	: Gonadotropine Releasing Hormone
I.A	: Insémination Artificielle
ISABU	: Institut des Sciences Agronomiques du Burundi
ISTEEBU	: Institut de Statistiques et d'Etudes Economiques du Burundi
LH	: Luteinizing Hormone
PIB	: Produit Intérieur Brut
PND	: Programme National de Développement

AVANT-PROPOS

Ce travail de mémoire entre dans le cadre de l'obtention d'un diplôme de Master en Sciences des Aliments et Nutrition, option : sécurité alimentaire et changement climatique. Cette étude est intitulée « **L'utilisation de l'insémination artificielle pour améliorer la productivité porcine dans les centres naisseurs porcins de Giheta, de Bihoro et du Grand Séminaire de Bujumbura**. **»**

Le choix de ce sujet a été motivé par le fait que malgré les efforts du gouvernement du Burundi pour le développement de l'élevage en général et la porciculture en particulier, le maintien et le contrôle des ressources génétiques (géniteurs) porcines et l'introduction des nouvelles races ou du nouveau sang en temps utile s'avèrent difficiles, vu les exigences liées à l'importation et la résurgence des maladies porcines dans la région surtout la Peste porcine africaine et le rouget. Aussi, la productivité porcine au Burundi est inférieure à 7 porcelets par truie ce qui montre que les performances sont de loin apte à intéresser les producteurs porcins.

L'insémination artificielle serait une méthode idéale dans la mesure où elle nous permettrait de limiter le nombre de verrats à élever, de sélectionner les plus performants génétiquement et de limiter la propagation des maladies liées à la reproduction surtout la maladie d'Aujesky et les parvoviroses qui se sont avérées prévalentes dans les exploitations porcines burundaises.

La présente étude vise à déterminer l'efficacité de l'utilisation de l'insémination artificielle dans la porciculture pour améliorer la productivité porcine et ainsi contribuer à l'éradication de l'insécurité alimentaire au Burundi.

Des difficultés n'ont pas manqué au cours de cette étude surtout liées aux moyens financiers qui étaient insuffisants pour conduire toutes les expérimentations nécessaires et surtout pour l'achat des diluants et autres matériels nécessaires.

0. INTRODUCTION

La population mondiale continue de dépendre de la viande de porc comme source importante d'alimentation et de revenus. La viande porcine représente environ 36 % (118,7 millions de tonnes) de la production mondiale de viande, qui se compose de viande bovine, porcine, avicole et ovine(Am-in et al., 2010). En effet, la viande porcine est la deuxième, après la viande de volaille, parmi les types de viande les plus consommés dans le monde (en moyenne, 12,3 kg d'équivalent poids au détail/habitant/an)(Bamundaga et al., 2018).

La demande de viande, y compris de viande porcine, devrait augmenter en raison de la croissance de la population mondiale. Les projections ont montré que la population mondiale devrait atteindre 9,1 milliards d'habitants d'ici 2050. Parallèlement, la consommation mondiale de viande porcine par habitant reste stable : de 12,3 à 12,2 kg d'équivalent poids au détail/habitant/an en moyenne de 2015 à 2017 et 2027, respectivement (Am-in et al., 2010). Il est donc nécessaire d'augmenter la production porcine afin de répondre à la demande croissante de viande porcine (Godfray et al., 2010). L'augmentation de la production porcine sera possible grâce à l'utilisation de technologies améliorées dans des domaines clés tels que la génétique, la nutrition, la gestion, la salubrité et la reproduction. Parmi ces domaines, la génétique joue un rôle primordial dans l'amélioration de la production de viande porcine et la technologie de l'insémination artificielle (IA) est l'une des meilleures alternatives pour l'améliorer (Gadea, 2003).

L'utilisation de l'insémination artificielle dans l'élevage porcin présente de grands avantages par rapport à l'accouplement naturel, comme l'amélioration de la fertilité, de l'efficacité de l'utilisation de la main-d'œuvre et de la santé du troupeau, ce qui se traduit par une augmentation de la productivité et de la rentabilité de l'exploitation. L'insémination artificielle permet d'augmenter l'intensité de la sélection des taureaux en utilisant les meilleurs taureaux disponibles dans les différentes races. En fait, l'utilisation de l'IA augmente considérablement le différentiel de sélection, le potentiel génétique des meilleurs taureaux pouvant être largement transféré à un grand nombre de porcs à l'aide de semence diluée (Ronald et al., 2013).

La technique d'insémination artificielle résout les problèmes d'infections dus au contact entre le verrat et les porcs femelles pendant l'accouplement (Ronald et al., 2013). Certaines infections causées principalement par des virus et des bactéries peuvent entraîner des problèmes liés à la

détérioration du sperme, à l'échec de la gestation, à l'avortement, à la perte d'embryons et à l'endométrite (Valdes-Socin, 2024).

Le Burundi est un pays dont plus de 90% de la population vivent de l'Agriculture. Selon les statistiques de l'ISTEEBU de 2015, la population agricole est estimée à 8.503.105 alors qu'il a recensé 1.635.085 ménages agricoles. Environ 67,5% de ces ménages possèdent des animaux.

L'élevage contribue pour 14 % du PIB national et 29 % du PIB Agricole *(source DOS-Elevage)*. C'est pourquoi l'Elevage occupe une place de choix dans les stratégies de développement du Burundi (dont le CSLPII constitue le cadre de référence)

Le Gouvernement du Burundi a mis en place le Plan National de Développent (PND) 2018-2027 qui vise une transformation structurelle de l'économie burundaise, pour une croissance forte, durable, résiliente, inclusive, créatrice d'emplois décent pour tous et induisant l'amélioration du bienêtre social. Dans ce plan, le secteur de l'agriculture et de l'élevage prend une place importante.

Au Burundi, la stratégie de production porcine n'a pas été bien établie, n'existant presque pas des données sur le développement de la filière et la connaissance des éleveurs sur la conduite du point de vue sanitaire, reproduction et alimentation laisse à désirer. Ainsi on a observé d'une part de nombreux investisseurs qui se sont lancés dans la production porcine et ont vu l'effectif atteindre des milliers, une étape considérable en produisant des centaines voire des milliers de porcelets de diffusion et d'engraissement. Cependant, presque tous ont observé des problèmes d'ordre génétique et organisationnel. En effet, la productivité porcine au Burundi est inférieure à 7 porcelets par truie ce qui montre que les performances sont de loin apte à intéresser les producteurs porcins. L'insémination artificielle est une méthode idéale dans la mesure où elle nous permettra de limiter le nombre de verrats à élever, de sélectionner les plus performants génétiquement et de limiter la propagation des maladies liées à la reproduction surtout la maladie d'Aujesky et les parvoviroses qui se sont avérées prévalentes dans les exploitations porcines burundaises.

0.1.Problématique

Actuellement, les éleveurs utilisent la saillie naturelle pour la reproduction, ce qui représente un danger majeur pour le contrôle génétique et sanitaire(Celestin et al., 2019). En effet, l'insémination porcine représente un excellent moyen de lutte contre les épizooties répandues par les déplacements d'animaux et leur contact au moment de l'accouplement(Fahem et al., 2016). Cependant la raison

principale de s'intéresser à l'insémination artificielle porcine tient aux tracas que cause la saillie d'une truie avec un verrat presque toujours éloigné et, de surcroît, souvent médiocre(Khalifa et al., 2014). En permettant une utilisation plus étendue de verrats supérieurs, l'insémination artificielle porcine au Burundi permettra d'augmenter le taux d'amélioration génétique.

0.2. Hypothèses de travail

1. L'introduction de l'insémination artificielle permet de réduire les maladies dans l'élevage porcin
2. L'insémination artificielle permet aux éleveurs de porcs d'augmenter leurs revenus

0.3. Objectifs de l'étude

0.3.1. Objectif global

Le projet a pour but d'améliorer la productivité des porcs par le relèvement du niveau génétique des élevages et de contribuer ainsi, à l'amélioration du revenu des acteurs.

0.3.2. Objectifs spécifiques

- Etudier l'insémination artificielle du porc dans les centres naisseurs de Giheta, du Grand Séminaire et de Bihoro.
- Evaluer la rentabilité économique liée à l'introduction de l'insémination artificielle dans les exploitations porcines

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I: HISTORIQUE DE L’INSEMINATION ARTIFICIELLE

L'insémination artificielle (IA) a été mentionnée pour la première fois vers 1400 dans des récits non documentés concernant un chef arabe qui inséminait ses propres juments avec le sperme d'un étalon appartenant à des groupes rivaux. Leeuwenhoek a été le premier à faire état de la présence de spermatozoïdes (Knox, 2016). Un siècle plus tard, un prêtre italien, Spallanzani, insémina une chienne qui mit bas trois petits (POLGE, 1956; Ronald et al., 2013). L'insémination chez l'homme a été tentée pour la première fois vers 1800 par Hunter, suivi par Sims en 1866. Heape a fait état d'une IA réussie dans des études sur des lapins, des chiens et des chevaux (Heape & Galton, 1997). Le professeur russe Elie Ivanov a commencé à travailler avec des spermatozoïdes à la fin du XIXe siècle (Valdes-Socin, 2024). Dans le monde entier, la recherche sur l'IA a été stimulée. Milovanov a mis en place de grands projets d'élevage de moutons et de bovins et a conçu des vagins artificiels, semblables à ceux utilisés aujourd'hui(Koketsu et al., 2017). En 1912, Ishikawa a lancé un programme similaire pour les chevaux et l'IA ainsi développée est appliquée au Japon pour les bovins, les porcs, les chèvres, les moutons et la volaille. L'IA s'est développée dans les années 1940 aux États-Unis et les procédures mises au point se sont imposées dans le monde entier (Tanavots et al., 2002).

D'autres études sur l'IA des porcs ont été menées aux États-Unis (McKenzie, 1931), au Japon (OECD & Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018)et en Europe occidentale(Pursel & Johnson, 1975). Les verrats sont facilement dressés sur des mannequins de montage(Muys, 2023). Tous les vagins artificiels développés pour la collecte de sperme prévoyaient un moyen d'appliquer une pression sur le gland (McKenzie, 1931; Pursel & Johnson, 1975)ou sur une main gantée, ce qui minimise la quantité de contamination bactérienne dans le sperme collecté(Althouse & Lu, 2005). Le développement d'une méthode permettant de conserver le sperme suffisamment longtemps pour l'expédier et l'utiliser sur le terrain a été initié aux États-Unis, où un prolongateur de sperme à base de phosphate de jaune d'œuf a été mis au point (Pursel & Johnson, 1975). Ito et al ont été les premiers à recommander une température de stockage de 15-20°C. L'IA se développant rapidement, la demande de sperme a augmenté.

La solution la plus simple consistait à diluer davantage chaque éjaculat en utilisant moins de spermatozoïdes par insemination (Abah et al., 2019).

La Beltsville Thawing Solution (BTS) a été mise au point par le laboratoire de l'USDA à Beltsville et a permis de diluer la semence et d'augmenter la durée de stockage jusqu'à 48 heures. La composition de la BTS reste la base(Ronald et al., 2013).

L'IA porcine est devenue disponible aux Pays-Bas à la fin des années 1950(Shimada et al., 2016). L'utilisation de l'IA porcine a été encouragée par le ministère néerlandais de l'agriculture, le service de santé animale et a été adoptée par les livres généalogiques régionaux(Feitsma, 2009a). La principale raison en était la prévention de la propagation des maladies contagieuses. Les premières stations d'IA porcine étaient des stations de verrats coopératives indépendantes(Maes et al., 2011). Les sociétés d'élevage travaillaient en étroite collaboration avec les sociétés d'IA afin de mettre à disposition les verrats ayant l'indice génétique le plus élevé pour l'IA et l'utilisation exclusive de ces verrats pour les éleveurs du noyau. Des taux de gestation de 60 % et des portées de six porcelets étaient courants au début de l'utilisation de l'IA porcine(Feitsma, 2009a). Depuis 1977, davantage de recherche et de développement ont été financés et dans les années 1980-1990, les résultats se sont améliorés. Les connaissances sur le cycle œstral de la truie, le moment de l'insémination, le traitement et la dilution de la semence de verrat ont été approfondies(Patra et al., 2014). Ces résultats de fertilité accrue dépendaient fortement des techniciens formés dans les centres d'IA qui collectaient et inséminaient la semence. Par la suite, la demande d'IA en libre-service a augmenté afin d'économiser de la main-d'œuvre(Milovanov, 1964). Actuellement, le taux de mise bas est de 86 %, avec un nombre total de porcelets nés de 13,9.

La pratique de l’insémination artificielle porcine au Burundi est toute nouvelle. Elle est en train d’etre introduite par l’Institut des Sciences Agronomiques du Burundi afin de pouvoir augmenter la production de porc au Burundi.

Dans l’élevage bovin néanmoins, cette pratique est aujourd’hui très répandue et le Burundi dispose aussi d’un centre national d’insémination artificielle (CNIA) qui produit des semences pour les vaches qui est situé dans la province de Bubanza. Elle a été introduite dans les stations zootechniques de l’ISABU en 1974.

CHAPITRE II : L'INSEMINATION ARTIFICIELLE PORCINE

II.1. Définition

L'insémination artificielle porcine est une technique de reproduction qui consiste à recueillir le sperme du verrat pour le déposer après examen, dilution et le conditionnement dans les voies génitales des truies en période de fécondité (Ayssiwede, 2005). Cet outil permet d'éviter la transmission des maladies sexuellement transmissibles, de multiplier la capacité de reproduction des géniteurs ayant préalablement reçu un agrément zootechnique et sanitaire, mais aussi de réduire le coût lié au transport des reproducteurs sur pied. Sa réalisation pratique passe par diverses étape(Pan et al., 2021).

II.2. Anatomie et physiologie de la reproduction porcine

Une bonne connaissance de l'anatomie et des mécanismes physiologiques de la reproduction, permet de comprendre et d'adapter les différentes interventions de la conduite d'élevage(ITP, 2000).

II.2.1. L'appareil génital male

L'appareil génital du verrat (Figure 1) est constitué des testicules, des voies spermatiques, du pénis et des glandes annexes(Matabane et al., 2018).

1. Testicules

Les testicules sont très volumineux chez le verrat. Le grand axe de l'organe mesure 12-15 cm chez l'adulte. Le poids unitaire moyen du testicule débarrassé du cordon et de l'épididyme est de 350-400g (Barone, 2001). L'activité sexuelle du mâle est sous le contrôle du testicule par ses fonctions germinale et endocrine. La fonction germinale est assurée par les cellules germinales des tubes séminifères. La spermatogenèse a lieu dans les tubes séminifères aboutissant à la formation de spermatozoïdes qui sont stockés dans l'épididyme. Elle dure 35 jours, débute à la puberté et se poursuit pendant toute la vie du verrat (Matabane et al., 2017). La quantité de spermatozoïdes produite est de 20-28 millions/jour/gonade. Les spermatozoïdes produits se mélangent au cours de l'accouplement au plasma séminal pour former le sperme qui est émis lors de l'éjaculation.

L'érection et l'éjaculation sont des mécanismes nerveux réflexes, faisant interagir des centres médullaires contrôlés par le cortex cérébral et le système limbique (Kerisit, 1984).

Le centre nerveux réflexe de l'érection, est situé entre les vertèbres sacrées 1-4 et celui de l'éjaculation entre les vertèbres thoraciques 12-14. Le testicule produit principalement des androgènes. Ce sont la testostérone et l'androstènedione à partir du cholestérol. Secondairement, il produit des œstrogènes par les cellules de Leydig situées entre les tubes séminifères d'une part, de l'inhibine et de l'Androgène binding protein par les cellules de Sertoli d'autre part. Les androgènes assurent le contrôle des caractères sexuels du mâle et de la spermatogenèse(Broekhuijse et al., 2012).

2. Voies spermatiques et pénis

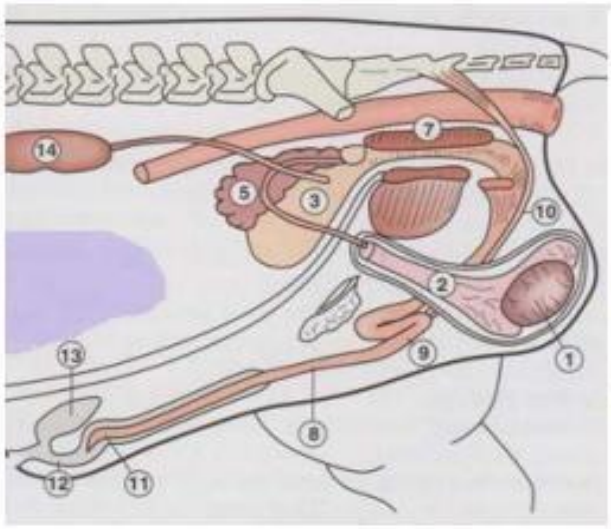
L'urètre mesure 80 cm de long dont 15 à 20 cm est situé en partie pelvienne. Le pénis du verrat est long, grêle, de type fibro-élastique et mesure environ 60 cm de long sur 2 cm d'épaisseur. Son extrémité ne porte qu'un rudiment de gland et se contourne en vrille. Cette torsion s'accentue lors de l'érection(Khalifa et al., 2014).

3. Glandes annexes

La glande bulbo-urétrale ou de Cowper est longue de 15-18 cm sur 5-6 cm d'épaisseur et pèse 80 à 100 g. Elle sécrète un liquide pré-éjaculatoire qui réduit l'acidité de l'urètre, en enveloppant les spermatozoïdes. La prostate mesure 4 à 5 cm d'un coté à l'autre, 3 à 4 cm dans le sens cranio-caudal, 1,5 cm d'épaisseur et pèse 15 à 20 g. Cette glande produit une partie du liquide séminale. La vésicule séminale mesure environ 15 cm de long, 5-8 cm de large et 4-6 cm d'épaisseur. La vésicule séminale pèse 75-400g (Barone, 2001).

Le sperme est constitué de :

- Spermatozoïdes produits dans les tubes séminifères et stockés dans l'épididyme ;
- sécrétions des vésicules séminales nécessaires au métabolisme du spermatozoïde (fructose-inositol) pour sa migration dans les voies génitales femelles ;
- sécrétions de la prostate riches en acide citrique et en mucoprotéines ;
- sécrétions des glandes de Cowper appelées «tapioca»(Feller et al., 2004).



1. Testicules et ses enveloppes
2. Epididyme
3. Canal déférent
5. Vésicule séminale
6. Prostate
7. Glandes de Cowper
8. Pénis
9. « s » pénien
10. Muscle retracteur de la verge
11. Extrémité spirallée
12. Fourreau
13. Glandes prépuciales
14. Reins

Source : (Barone, 2001)

Figure 1 : Topographie de l'appareil génital du verrat

II.2.2. Appareil génital femelle

L'appareil génital de la truie (Figure 2) est constitué des ovaires et du tractus génital qui part des oviductes à la vulve en passant par l'utérus et le vagin.

1. Ovaires

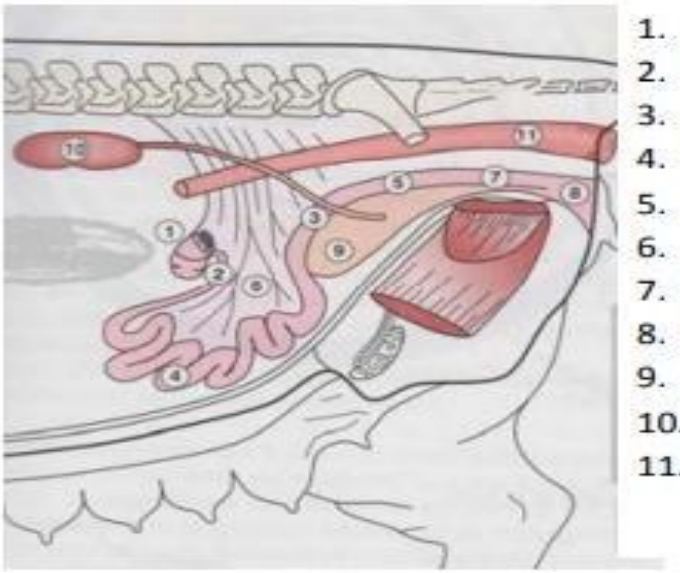
Chez la truie adulte, chaque ovaire mesure 4-5 cm de long sur 2-3cm de large et pèse environ 12 g (8-16 g). Sa forme est irrégulière et sa surface bosselée en raison de la multiplicité et du volume des follicules et des corps jaunes de chaque cycle(Tanavots et al., 2002). L'ovule a une fonction gamétogène par la production des ovules et une fonction hormonale. Elle produit l'œstrogène et la progestérone impliqués dans la régulation hormonale du cycle sexuel. L'ovulation est bilatérale chez la truie (Feller et al., 2004b).

2. Tractus génital

Il est composé de l'oviducte, de l'utérus et du vagin. Les oviductes de la truie mesurent 20-23 cm et sont très flexueux. Ils captent les ovocytes II et sont le siège de la fécondation à leur tiers ⅓ supérieur.

L'utérus est constitué des cornes, du corps et du col. Au nombre de 2, les cornes utérines sont remarquables par leur extrême longueur de 110-120 cm. L'utérus reçoit les œufs fécondés, permet leur implantation et abrite les fœtus pendant la gestation.

Le col mesure 10-23 cm de long sur 2-3 de large (Baguio & Arganosa, 1994) et sépare l'utérus du vagin qui participe avec la vulve, à l'intromission et cède le passage aux porcelets au moment de la mise bas (Knox, 2016)



Source : (Baguio & Arganosa,

Figure 2: Topographie de l'appareil génital de la truie Source Internet

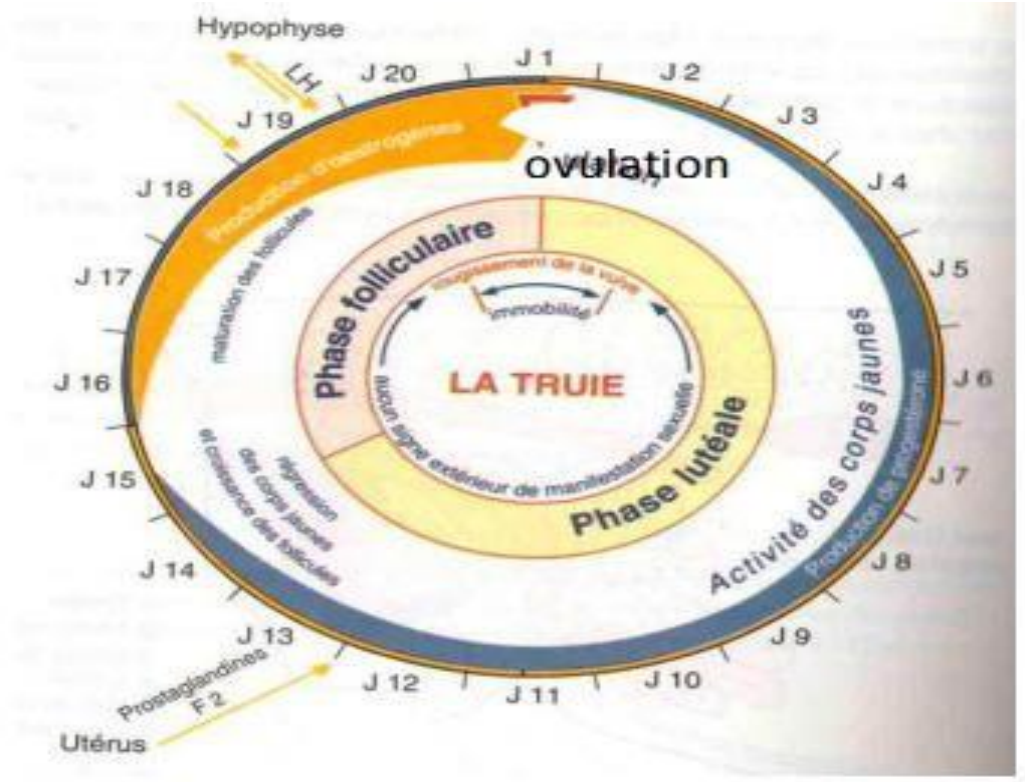
3. Cycles œstral et régulation

Le déclenchement des premières chaleurs a lieu vers 6 mois. Le cycle œstral (Figure 3) chez la truie dure en moyenne 21 jours tandis que celui des cochettes dure 17-18 jours. Il est sous la dépendance d'une régulation neuro-hormonale qui fait intervenir l'axe hypothalamo-hypophysaire, les ovaires et l'utérus. L'axe hypothalamo-hypophysaire libère la GnRH, la FSH et la LH. Les ovaires sécrètent l'œstrogène et la progestérone et l'utérus sécrète la PGF2 α (Feller et al., 2004b).

Le cycle est subdivisé en 2 phases :

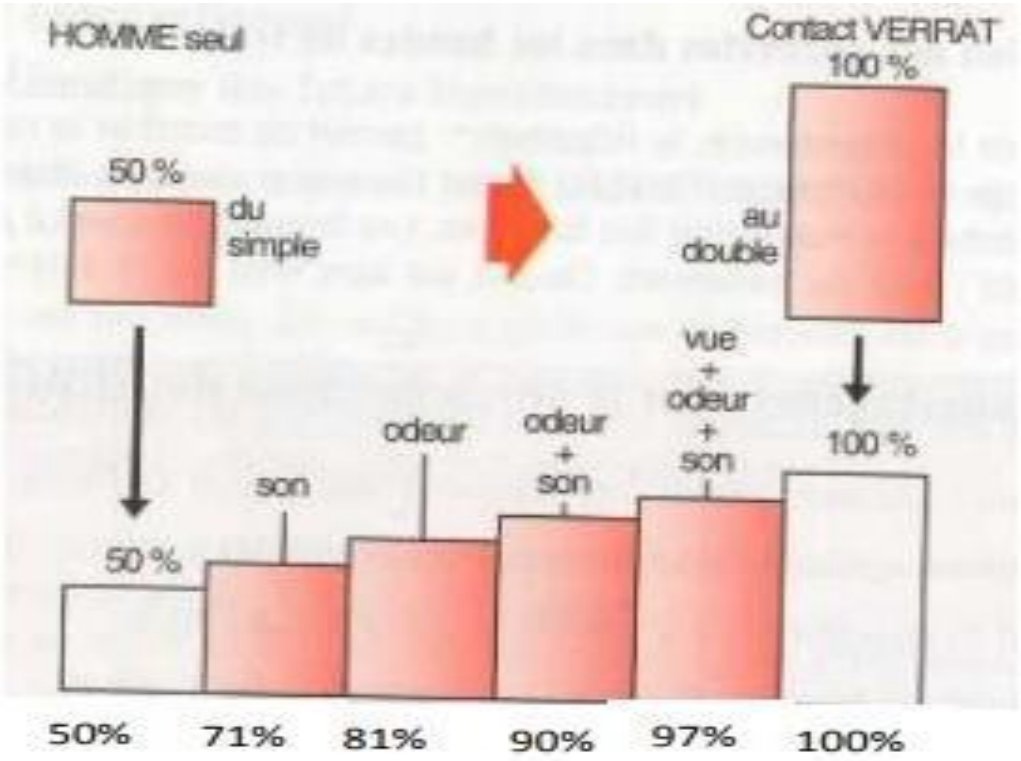
- La phase folliculaire : correspond à la croissance pré-ovulatoire des follicules et dure 5-6 jours. Elle s'achève par un œstrus suivi d'une ovulation. L'œstrus dure entre 24 et 72h chez la truie multipare et moins de 48h chez la cochette(Bamundaga et al., 2018).

Elle est la seule phase visible du cycle sexuel se traduisant par les manifestations comportementales et anatomiques parmi lesquelles l'agitation, la perte d'appétit, l'écoulement vulvaire clair et visqueux, le rougissement et la tuméfaction de la vulve qui devient rose(Feitsma, 2009b). Ces signes ne sont pas toujours présents simultanément et seul le réflexe d'immobilité constitue le point de référence de la détection des chaleurs t s'obtenir de différentes manières notamment avec le bruit, l'odeur et/ou la vue du verrat (Figure 4).



Source :(Feller et al., 2004).

Figure 3: Cycle œstral de la truie et régulation hormonale



Source :(Gerrits et al., 2005)

Figure 4: Taux d'immobilisation selon la technique de détection

- La phase lutéale débute à environ 2 jours après l'ovulation avec la formation des corps jaunes et s'achève lors de leur régression. Elle dure 13 à 15 jours en absence de gestation (Nguyen et al., 2021).

II.3. Production de la semence

II.3.1. Agrément des verrats

Les verrats doivent être maintenus dans une zone d'isolement durant au moins 28 jours avant d'être admis dans les centres de collecte de sperme. Ils doivent présenter des résultats négatifs aux épreuves de diagnostic au moins 21 jours après leur admission dans la zone d'isolement contre la brucellose porcine, la fièvre aphteuse, la maladie d'Aujeszky, l'encéphalomyélite à Teschovirus, la gastroentérite transmissible, la maladie vésiculeuse du porc, la peste porcine africaine, la peste porcine classique, le syndrome dysgénésique et respiratoire du porc (Paquignon et al., 1988).

La sélection des géniteurs sur descendance permet d'éliminer les animaux qui ont des tares

génétiques, mais aussi de les sélectionner sur la base des gènes recherchés (Valdes-Socin, 2024).

II.3.2. Collecte de la semence

Le verrat atteint sa puberté à l'âge de 5,5 mois (Martinat-Botté et al., 2009), mais atteint sa maturité sexuelle à 8-12 mois (120-150 kg) (Shimada et al., 2016). La collecte du sperme est réalisée sur un mannequin. Dès que le verrat chevauche le mannequin, le fourreau du pénis est vidé et une pression est exercée sur l'extrémité de la verge, entraînant l'érection et l'éjaculation qui dure environ 10 mn. Un récipient de récolte de 250 à 500 ml recouvert d'une gaze est utilisé pour séparer le tapioca du reste de l'éjaculat, le tout placé dans un thermos gardé à 37°C. Le sperme d'un verrat adulte peut être prélevé en moyenne 2 fois par semaine (Ayssiwede, 2005). Il est ensuite analysé pour contrôler sa fertilité et sa fécondité.

II.4.Analyses et dilution du sperme

II.4.1. Analyses macroscopiques

Le volume de sperme récolté est de 250 (150-500) ml de sperme par éjaculat. La couleur du filtrat est blanchâtre. Il ne doit pas contenir de sang, témoignant d'une couleur rose. La couleur et la viscosité du sperme sont témoins de sa concentration en spermatozoïdes (Ye et al., 2018). Le sperme peut avoir un aspect aqueux ou de lait écrémé indiquant une concentration de 50 à 200 millions de spermatozoïdes /ml ou alors un aspect visqueux indiquant 500 à 1000 millions de spermatozoïdes /ml (Gerrits et al., 2005)

II.4.2. Analyses microscopiques

L'analyse microscopique du sperme permet de déterminer :

- La motilité massale au grossissement (Gx100) ;
- La motilité individuelle (Gx400) ;
- le taux de spermatozoïdes vivants et anormaux (Gx400).

Ainsi, un sperme de qualité satisfaisante aura les caractéristiques suivantes :

- Mobilité massale (note de 0 à 5) : note de 3 au minimum ;
- Pourcentage de spermatozoïdes vivants : plus de 70%;
- Pourcentage de spermatozoïdes anormaux : 20% au maximum(Tsakmakidis et al., 2010).

II.4.3. Concentration du sperme en spermatozoïdes

L'éjaculat est préalablement dilué dans du NaCl 9 % formolé pour entrainer la mort des spermatozoïdes. Le comptage des spermatozoïdes peut se faire avec un hématimètre (une cellule de Thoma, de Burker ou de Malassez) ou à l'aide d'un photomètre. Il a pour but de faire une bonne dilution du sperme. Le sperme de verrat contient en moyenne 100 (25-300) millions de spermatozoïdes /ml (Gerrits et al., 2005; Martinat-Botté et al., 2009).

II.5. Préparation de la semence

II.5.1. Dilution de la semence

Le taux de dilution idéal du sperme est de 1/5e à 1/20e avec une concentration par dose de semence de 3,5 milliards de spermatozoïdes à l'état frais ou de 5 milliards de spermatozoïdes si la semence doit être conservée sur plusieurs jours(Rath, 2002). Un bon dilueur doit être doté d'un équilibre physico-chimique, assurer la protection des spermatozoïdes et permettre une conservation de longue durée. Il est généralement composé en de glucose, de Citrate de sodium, de bicarbonate de sodium, EDTA, de chlorure de potassium, d'acide citrique et d'eau distillée (Phillips & Lardy, 1940).

II.5.2. Conditionnement et conservation de la semence

Semence réfrigérée

Il existe plusieurs modes de conditionnement de la semence réfrigérée: le flacon, le golden tube, le blister, le sac co et le Gédis (Gerrits et al., 2005). L'insémination artificielle porcine utilise le plus souvent de la semence réfrigérée entre 16 et 18°C à l'abri de la lumière avec une concentration moyenne de 3,5 milliards de spermatozoïdes par dose. La semence peut être conservée pendant 3 à 5 jours après la collecte (BUSSIÈRE et al., 2000).

Semence congelée

La sauvegarde des races animales et le transfert de la génétique sans contrainte de temps nécessitent de conserver la semence sous forme congelée. Le conditionnement se fait le plus souvent en paillettes de 0,5 ml contenant 0,8 milliards de spermatozoïdes. Les paillettes sont congelées dans de l’azote liquide à -196°C(Ogawa et al., 2021). La décongélation se fait en plongeant les paillettes pendant 12 secondes dans l’eau d'un bain marie à 37°C.

Chaque dose est reconstituée à partir de 5 paillettes. Le pourcentage de spermatozoïdes mobiles avant congélation se situe entre 70 et 90 %. Ce taux baisse considérablement après décongélation (BUSSIÈRE et al., 2000) La semence congelée est utilisée dans moins de 1 % des inséminations artificielles porcines dans le monde(Paquignon et al., 1988).

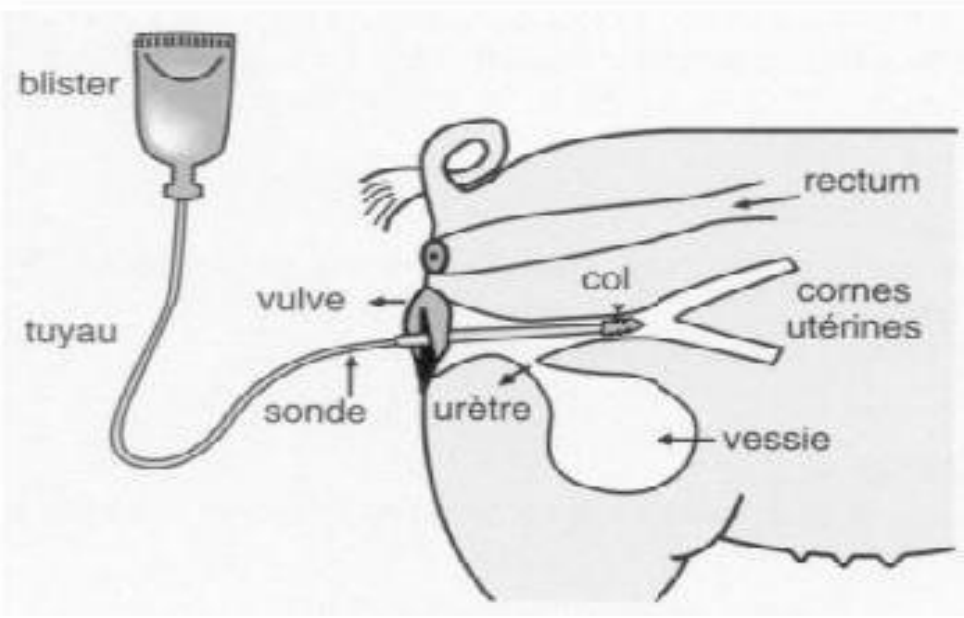
CHAPITRE III : TECHNIQUE D'INSEMINATION ARTIFICIELLE

III.1. Synchronisation des chaleurs

La synchronisation des chaleurs chez les cochettes se fait à l'aide d'un progestagène de synthèse appelé le Régumate®. Il bloque la décharge hypophysaire de FSH et LH durant toute la période de sa distribution agissant comme un corps jaune empêchant ainsi la maturation des follicules. Il s'administre à raison de 20mg/sujet/jour pendant 18 jours par la voie orale(Mapeka et al., 2012). Les femelles viennent à 95 % en chaleurs entre les 4-7ème jours après l'arrêt du traitement. Celui-ci est sans effet sur la durée ou la manifestation des chaleurs(Valdes-Socin, 2024). Néanmoins, l'utilisation du Régumate® augmente significativement le taux de mise-bas et la prolificité des truies(Koketsu et al., 2017) Il peut s'administrer à n'importe quel moment du cycle. Avant cette opération, il faut s'assurer que les cochettes soient venues au moins une fois en chaleurs. La venue en chaleurs des truies multipares a lieu à partir du 3ème jour après le sevrage des porcelets(Renaudeau et al., 2022). Le principal signe des chaleurs est l'immobilisation de la femelle au chevauchement.

III.2. Insémination artificielle proprement dite

Le moment de l'insémination artificielle conditionne la fécondité et la prolificité. Dans la pratique, une double insémination est réalisée à 12 et 24 h après la venue en chaleurs des truies (Valdes-Socin, 2024). La mise en place de la semence nécessite un maximum d'hygiène. La sonde est introduite dans le vagin puis dirigée vers le haut pour éviter le méat urinaire (Figure 5). Le Blister relié à cette sonde laisse écouler la semence dans l'utérus de la femelle. Il existe 2 types d'insémination artificielle porcine selon le type de sonde utilisé (Madej et al., 2012).



Source :(Feller et al., 2004).

Figure 5: Mise en place de la sonde

III.3. Insémination artificielle classique

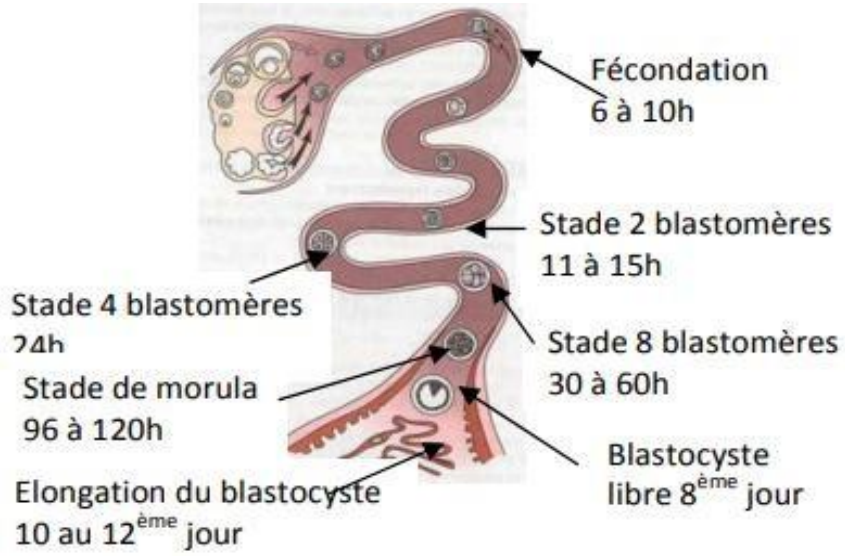
La sonde spiralée est légèrement vissée dans les tubérosités du col utérin. Quant aux sondes avec des embouts mousses ou des embouts en lamelles, elles se bloquent aussi dans les tubérosités du col, mais il n'est pas nécessaire de les visser. Aucune supériorité ne peut être attribuée à l'une ou l'autre de ces sondes, seul l'éleveur qui les utilise peut exprimer une préférence pour l'une d'elles (Heape & Galton, 1997).

III.3.1. Insémination artificielle profonde

Elle utilise la sonde intra-utérine à embout mousse ou spiralée. C'est une sonde classique, à l'intérieur de laquelle coulisse sur 15 à 20 cm un conduit qui permet de déposer la semence directement dans la cavité utérine au-delà du col. Cette technique permet de limiter les risques de refoulement et de diminuer le nombre de gamètes utiles par dose. Il est ainsi possible d'utiliser une dose de 1,5 milliards de spermatozoïdes contre 3,5 milliards dans la méthode classique (Heape & Galton, 1997).

III.4. Gestation et diagnostic de gestation

Les pontes ovulaires commencent 30-35 h après le réflexe d'immobilité de la truie. Elles durent environ 3 h avec 20 à 40 ovules prêts à être fécondés. La durée moyenne de survie de chaque ovule est de 12 h. Les spermatozoïdes mettent 30-45 minutes pour remonter jusqu'au 1/3 supérieur de l'oviducte où ils ne sont capables de féconder les ovules, qu'après une période de capacitation de 2-3h. Leur durée de vie dans les voies génitales femelles est de 40-60h. La fécondation a lieu 6-10h après l'ovulation. Le taux de fécondation est supérieur à 90% lorsque l'insémination a lieu 6-12h avant l'ovulation (Kerisit, 1984). C'est pour ces raisons que la double insémination est réalisée 12h et 24h après les chaleurs. Les œufs fécondés arrivent dans l'utérus vers le 4-5ème jour au stade morula où ils évoluent en blastocyste libre au 8ème jour (Figure 6). Ces embryons vont se repartir dans les deux cornes utérines en migrant d'une à l'autre. L'implantation des embryons dans l'endomètre commence entre le 12 et le 18ème jour de gestation. A partir de 18 jours, les embryons sont entourés de liquides amniotiques (<1 ml) et allantoïdiens (<4ml) visibles à l'aide d'un échographe (Khalifa et al., 2014)L'échographie est un moyen de détection de la gestation des truies dès 20 jours après l'insémination avec 97% d'exactitude(McKenzie, 1931). La croissance fœtale est très lente dans les premiers mois de la gestation et maximale au cours des dernières semaines précédant la naissance. Les éleveurs ne disposant pas d'échographe se basent sur les retours en chaleurs. Ainsi, en absence de signes de chaleurs 1 à 2 cycles (21 à 42 jours) après l'insémination, l'éleveur peut supposer que la truie a été fécondée (Abah et al., 2019)



Source : (Kerisit, 1984)

Figure 6: Fécondation et développement embryonnaire de l'œuf

III.5. Les intérêts de l'insémination artificielle

III.5.1. La sécurité sanitaire

La diminution du risque sanitaire par suppression du contact direct entre le mâle et la femelle a constitué, dès le début, un argument en faveur du développement de la méthode (Baguio & Arganosa, 1994). Le contrôle sanitaire rigoureux des verrats donneurs de sperme entraîne la diminution du risque d'infection des femelles par d'autres agents pathogènes spécifiques susceptibles d'être transmis par le sperme. De plus, les mesures particulières d'hygiène au moment de la collecte de la semence limitent la contamination par des germes non spécifiques (Gerrits et al., 2005).

III.5.2. La conservation des stocks génétiques

Le plus souvent, les populations réduites de cheptel enclavés dans les régions isolées, sont soumises à un phénomène de consanguinité et donc à une diminution de la variabilité génétique. Ceci peut se traduire par l'apparition des anomalies génétiques et des tares. L'insémination par l'apport de sang neuf diversifie le patrimoine génétique de ces populations et permet de réduire ce risque (Gadea, 2003).

III.5.3. L'amélioration génétique

L'insémination artificielle en est l'outil majeur ; c'est la méthode qui contribue fondamentalement à la création d'un progrès génétique, qu'il soit bien obtenu par sélection ou par croisement ; elle permet une diffusion plus large et plus rapide. L'insémination artificielle pourrait considérablement faciliter l'application d'un schéma de sélection. La production rapide d'un large descendant permet de pratiquer un testage sur la descendance des reproducteurs et d'intensifier le degré de sélection des mâles(Kouamo et al., 2009).

III.5.4. L'intérêt dans la maîtrise de la fertilité

Le concept d'insémination artificielle intégrée permet de contribuer à améliorer la fertilité du troupeau. Il repose sur l'encadrement technologique antérieur et postérieur à l'insémination artificielle, y compris des suivis vétérinaires de reproduction, surtout s'il existe un plan d'action vétérinaire intégré de reproduction(NIANG, 2011).

III.5.5. L'intérêt économique

Outre les avantages acquis par l'amélioration rapide de la productivité du cheptel, l'intérêt économique provient du fait que pour l'éleveur, l'insémination artificielle donne accès à des géniteurs améliorés sans avoir à supporter les contraintes de leur entretien. De plus, par le recours à la maîtrise de la reproduction, l'éleveur peut planifier sa production en fonction de la disponibilité alimentaire ou des variations saisonnières du coût des produits animaux. L'importation de semence de géniteurs exotiques revient bien moins chère que l'importation et l'entretien de tels géniteurs sur place(Ronald et al., 2013)

III.6. Contraintes et limites de l'Insémination Artificielle

Bien que cette technique soit, sans aucun doute, un outil puissant pour la gestion du patrimoine génétique, son efficacité est contrebalancée par deux types de contraintes venant du faible nombre de reproducteurs nécessaires à chaque génération (puisque chacun d'entre eux possède un vaste pouvoir de diffusion), ainsi qu'au changement dans l'expression de certains caractères, notamment de reproduction.

L'utilisation d'un nombre limité de reproducteurs peut conduire aux situations suivantes:

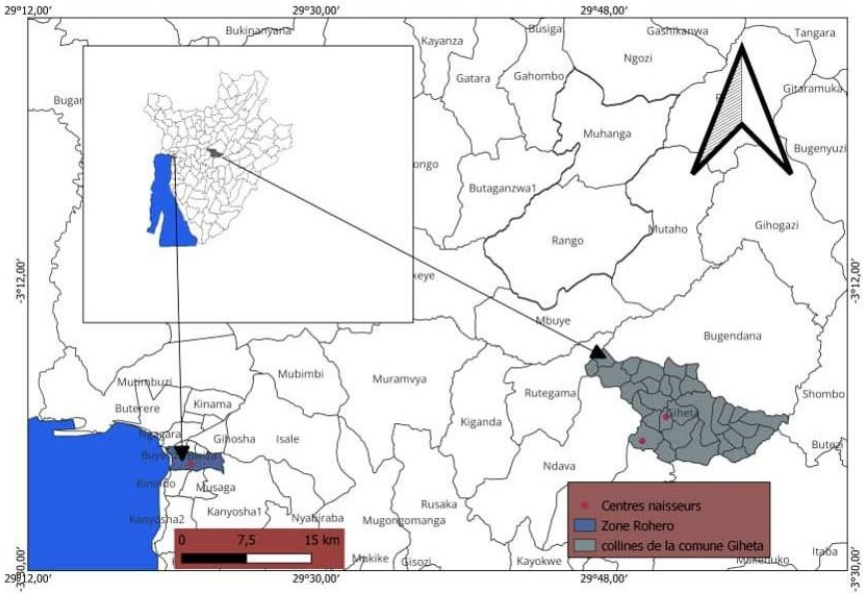
- une diminution de la variabilité génétique. Ce risque, qui est le plus fréquent, doit être gardé présent à l'esprit lorsqu'un programme de sélection est mis en route, et les reproducteurs de la première génération doivent venir d'origines les plus diverses possibles;
- une diffusion de défauts héréditaires ou d'une maladie non contrôlée (ou inconnue) est toujours possible. En effet, une anomalie chromosomique peut être rapidement et largement diffusée dans une population par I'IA;
- un accroissement du taux de consanguinité affectant les caractères maternels, qui sont particulièrement sensibles, est à redouter.

Paradoxalement, l'utilisation de la synchronisation des œstrus et de l’IA perturbe le fonctionnement des schémas de sélection sur les aptitudes de reproduction. En effet, la prolificité naturelle et induite (de femelles mettant bas après synchronisation de l'œstrus) n'est pas contrôlée par les mêmes gènes. Il est donc nécessaire de modifier les enregistrements à réaliser en ferme, pour pouvoir estimer la valeur génétique de la prolificité naturelle.

DEUXIEME PARTIE : L'UTILISATION DE L'INSEMINATION ARTIFICIELLE POUR AMELIORER LA PRODUCTIVITE PORCINE DANS LES CENTRES NAISSEURS PORCINS DE GIHETA, DU GRAND SEMINAIRE DE BUJUMBURA ET DE BIHORO

CHAPITRE I : CADRE DE L'ETUDE

L'étude a été menée dans les centres naisseurs de Giheta, de Bihoro et du Grand Séminaire de Bujumbura qui sont sous la supervision de l'Institut des Sciences Agronomiques du Burundi(ISABU).



Le centre naisseur de Giheta se trouve dans la commune de Giheta dans la province de Gitega, il a été initié en 2021 pour des fins de production des porcelets pour la diffusion dans tout le pays tout comme le centre naisseur de Bihoro et du Grand Séminaire de Bujumbura.

Le centre naisseur de Bihoro se trouve lui aussi dans la commune de Giheta à quelques 30 km du centre naisseur de Giheta.

Le centre naisseur du Grand Séminaire de Bujumbura se trouve à Bujumbura dans la commune Mukaza. Il a été construit dans les enceintes du Grand Séminaire de Bujumbura mais il est géré par l'ISABU.

Les trois centres ont été choisis parce qu'ils constituent des centres de référence dans l'amélioration de la production porcine et contribuent dans la diffusion des porcelets de races améliorés dans tout le Burundi.

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

La méthodologie consistait d'abord à sélectionner des verrats géniteurs (2 verrats pour chaque site en fonction de la situation génétique de chaque porcherie et des performances génétiques de chaque verrat). Au niveau de chaque porcherie, une sélection de 12 truies prêtes à être saillies dont 12 truies témoins (ont été saillies naturellement avec le verrat) et 12 truies expérimentales (ont été saillies par insémination artificielle).

Les verrats sélectionnés ont été formés pour la monte naturelle sur un mannequin artificiel. La récolte et évaluation de la semence ont été réalisées sur place. L'évaluation du sperme était manuelle. La couleur et la viscosité du sperme ont servis de témoins de la concentration en spermatozoïdes. Les femelles ont été groupées pour contrôler les chaleurs.

II.1. Fabrication du mannequin artificiel

Pour pouvoir collecter la semence du verrat, il a fallu imaginer la méthode idéale pour la collecte des semences. Deux options étaient possibles :

- *Utilisation d'une femelle pour la collecte* : Cette méthode n'a pas abouti suite aux risques qu'elle présente. En effet, l'utilisation d'une femelle présente des risques majeurs liés à la manipulation de la femelle. La collecte pouvant durer jusqu'à 15 minutes, la truie ne peut pas tenir aussi longtemps. L'essai de cette méthode s'est soldé par la cassure des membres postérieurs de la truie, ce qui nous a emmenés à penser une autre méthode de collecte.
- *Confection du mannequin de collecte* : nous avons d'abord dessiné la forme que le mannequin allait prendre. Le dessin a été confectionné en fonction de la taille et de la hauteur des verrats. Le mannequin dispose d'une surface d'appui de 90.5cm de longueur, 56 cm de largeurs attachés seulement aux deux extrémités, d'une hauteur de 58 cm réglables en fonction de la hauteur du verrat. A la partie postérieure est ajouté un point d'attache de 110 cm de hauteur et de 56 cm de large permettant de mouvoir de part et d'autre le mannequin. A la partie basse du train postérieur sont suspendus deux pneus facilitant le mouvement du mannequin sur un terrain lisse ou bétonné. La partie supérieure est tapissée d'une planche en bois de 6 cm de diamètre, 24 cm de largeur et 110 cm de longueur fixé par des vices de part et d'autre.

Pour permettre la fixation des pattes antérieures au cours de la monte, une barre transversale de 52

cm a été ajoutée. A sa droite, une protection du collecteur a été rajoutée pour faciliter les actions de collecte.

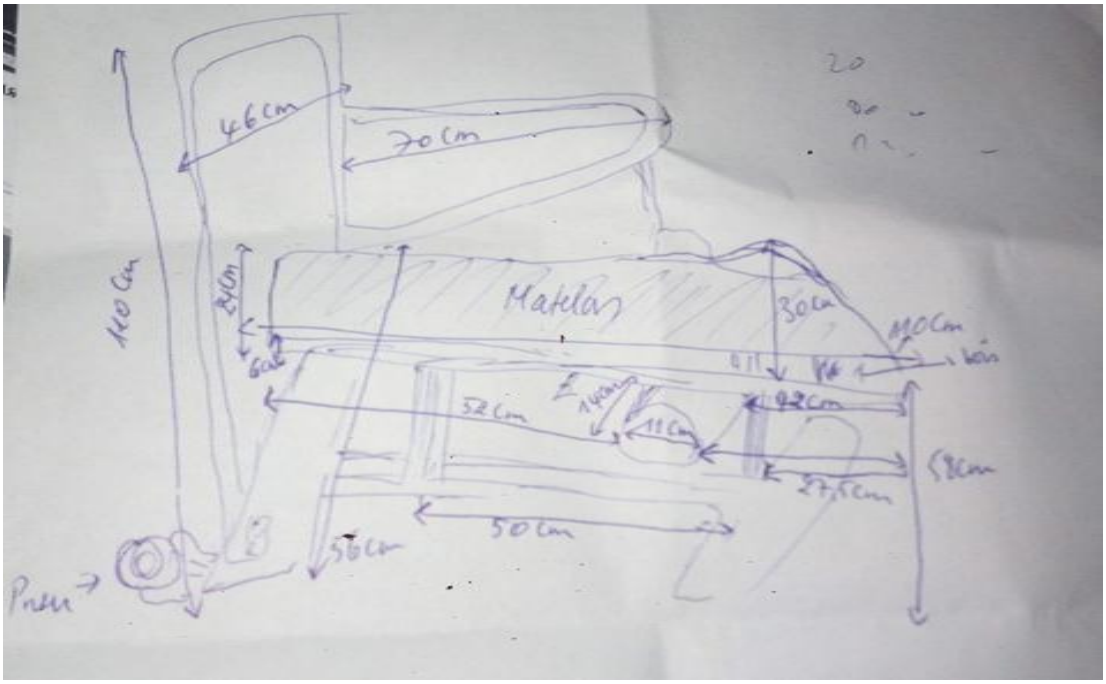


Figure 7: Schéma conceptuel de confection d’un mannequin artificiel

Pour empêcher les douleurs du verrat et les perturbations au cours de la récolte, une petite mousse sous forme de matelas a été ajoutée au-dessus de la planche en bois puis couvert par un ruban en cuir ou en semi-cuir.



Figure 8: Mannequin artificiel avec un matelas et une housse

II.2. Entrainement du verrat et collecte de semence

Chez le verrat, le chevauchement d'un simple mannequin suffit à obtenir l'érection. La technique de récolte vise à reproduire le blocage de l'extrémité en tire-bouchon du pénis dans le col utérin spiralé de la truie en exerçant manuellement une pression sur l'extrémité du pénis. Dans tous les centres naisseurs, la récolte de semence a été effectuée dans une salle de récolte, isolée des autres verrats. La collecte de semence de verrats a été réalisée sur le mannequin présenté à la figure 8 conduit dans la case avec le verrat.

Le matériel nécessaire à la collecte comprend le mannequin, une ou deux paires de gants en latex ainsi qu'un récipient de récolte unique et stérile d'une contenance de 250 mL (c'est-à-dire un pot en plastique recouvert d'une gaze fixée par un élastique), le tout préalablement réchauffé dans une étuve à 37ºC et placé dans une bouteille thermos lors de la collecte.

La récolte a été réalisée selon la méthode décrite par MARTIN RILLO, à savoir la collecte de la fraction riche de l'éjaculat, qui est décomposée en plusieurs étapes successives :

- introduction du verrat dans la salle de récolte et le laisser faire pendant 2 à 3 minutes jusqu'à ce qu'il monte le mannequin ;
- une fois le verrat sur le mannequin, la bourse préputiale a été vidangée le fourreau nettoyé avec du papier ;
- une fois la verge bien extériorisée, elle a été saisie fortement par la main au niveau de l'extrémité en tire-bouchon en évitant soigneusement que la pointe de la verge soit en contact avec le gant et serrer fortement mais sans tirer jusqu'à l'érection totale
- les poils du fourreau ont été coupés au ciseau afin d'éviter toute irritation
- les premiers jets ont été éliminés puis le récipient de récolte a été placé sous la verge, elle-même maintenue la plus haute et la plus droite possible ;
- seule la fraction riche en spermatozoïdes a été récoltée. Elle est repérable par sa couleur blanchâtre tandis que la fraction pauvre de couleur plus claire a été éliminée ainsi que le tapioca (à priori filtré par la gaze)
- l'éjaculation a été accompagnée jusqu'à son terme pendant 10-15 minutes afin de ne pas frustrer le verrat.

La récolte a été effectuée dans des conditions aseptiques possibles pour éviter l'interférence sur la qualité et surtout la qualité microbiologique de la semence.

La récolte de la semence a été effectuée selon un rythme hebdomadaire en fonction du nombre de truies à inséminer.

Trois verrats ont été sélectionnés comme reproducteurs et producteurs de sperme dans chaque porcherie. Des mouvements d'entrée et de sortie, des tours en avant du verrat, à côté, à droite et gauche étaient effectués pour stimuler les verrats à la monte du mannequin comme décrit ci-haut. Au cas où des difficultés étaient observés, une touche des liquides vaginaux d'une truie en chaleur étaient collectés et appliqués sur le mannequin afin d'attirer le verrat de par son odeur de phéromones.

Au début de l'exercice, le verrat a déchiré le mannequin au lieu de le chevaucher, ce qui nous a pris beaucoup de temps et de séances d'exercices. A la première montée et extériorisation du pénis, l'extrémité de celui-ci a été saisie et un massage doux a été effectué pour provoquer l'éjaculation.

II.3. L'insémination artificielle

La détection des chaleurs et l'insémination artificielle ont été réalisées par des techniciens vétérinaires de ces porcheries qui avaient été formés pour l'occasion. Le diagnostic de gestation s'est réalisé en observant les retours en chaleurs.

Stimulation des truies et insémination artificielle

Les chaleurs (ou œstrus) de la truie correspondent à la période d'acceptation du mâle et se manifestent par des signes caractéristiques. La détection des chaleurs se faisait par l'observation des signes notamment :

- Gonflement et rougissement de la vulve caractéristiques d'une truie qui se rapproche de l'œstrus.
- Couleur rouge ou rose de la vulve
- Consistance du mucus (collante ou filante ou visqueuse) indiquant le moment opportun pour réaliser la saillie est proche
- Les oreilles dressées et se rapprochant, donnant une expression attentive à la truie. C'est à ce moment que la truie capte et répond le mieux à la présence et au son du verrat (test de chevauchement).
- Le réflexe d'immobilité au verrat correspondant au début des chaleurs et c'est durant la période de l'immobilité à l'homme que l'ovulation se produit. Les saillies ont été donc réalisées en fonction du moment de la venue en chaleur.

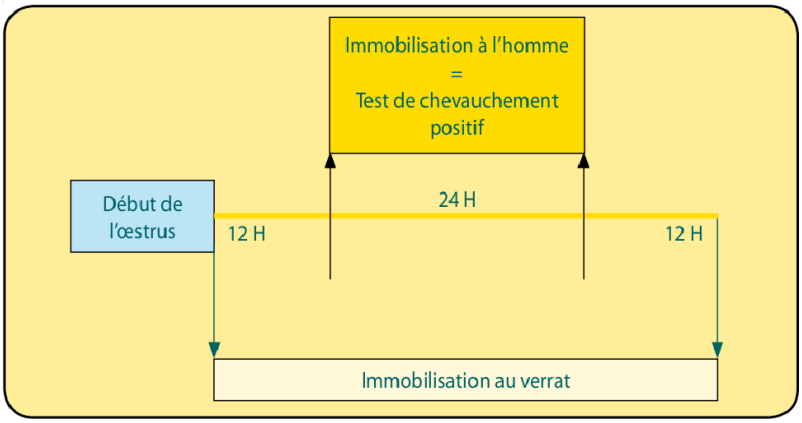


Figure 9: Schéma de la détection des chaleurs

En plus des signes visibles, le changement de comportement de la truie en chaleurs a été observé incluant notamment l'immobilisation. En effet, lors du passage du verrat détecteur, si on réalise le test d'immobilité en appuyant sur le dos de la truie, elle est «figée» et complètement attentive ; ensuite dès que le verrat s'éloigne un peu, l'attention de la truie se relâche, cette observation est fondamentale. Fixer fortement l'attention de la truie est essentiel et a un effet au niveau neuro-hormonal sur l'expression des chaleurs (Martinat-Botté et al., 2009).

Il est très important de soigner la qualité de la détection en recherchant des signes complémentaires tels que la perte de l'appétit (due à l'augmentation du niveau d'œstrogène), une agitation (flairage et tentatives de chevauchement des congénères), l'écoulement d'un mucus clair au niveau du vagin et le changement de consistance du mucus, les tremblements de la queue, les vocalises (Norrby, 2010).

En plus de ces éléments identifiant la truie en chaleur, d'autres astuces ont été développées pour maximiser les chances de réussite en insémination artificielle. En effet, les truies dont l'intervalle sevrage-œstrus (ISO) est inférieur à quatre jours (celles qui viennent tôt en œstrus après le sevrage) ont des chaleurs qui durent en moyenne 20 heures de plus que celles qui apparaissent entre le 4ème et le 5ème jour suivant le sevrage. L'œstrus des cochettes est en général de plus courte durée que celui des truies. Pour permettre un bon déroulement du début de la gestation, les truies ont été laissées dans le calme afin d'éviter de les stresser.

D'autres éléments pris en considération sont les suivants pour augmenter le taux de réussite:

- ✓ S'assurer du bon état d'embonpoint des truies au moment du sevrage (durée de la période

d'allaitement limitée ; alimentation correcte en maternité) ;

- ✓ Sevrage des truies en les déplaçant de la maternité pour les regrouper dans le local de gestation ou d'attente-saillie (le tarissement est provoqué par l'absence de stimulation de la mamelle par les porcelets : la mise à la diète des truies n'est donc pas nécessaire)
- ✓ Lors d'un sevrage pratiqué après une période d'allaitement de moins de 35jours, et dans le cas d'une alimentation *ad libitum* des truies en maternité, on a procédé au *flushing alimentaire* ; celui-ci s'avère utile lors d'une durée d'allaitement plus longue et pour des truies ayant fortement maigri en maternité ;
- ✓ Détection les chaleurs 2 fois par jour à partir du lundi matin, à 12 heures d'intervalle.

Les femelles à inséminer ont été surveillées et dans une loge une semaine avant la date de l'insémination. Une triple insémination fut réalisée à 12 et 24 h et 36h après le début des chaleurs. Les différentes étapes de l'insémination sont :

- Le nettoyage et la désinfection de la vulve puis assèchement avec un papier mouchoir jetable;
- L'introduction de la sonde préalablement lubrifiée par du gel dans le vagin en la dirigeant vers le haut pour éviter le méat urinaire, la chemise sanitaire n'étant pas totalement retirée de la sonde avant la fixation de l'extrémité de cette sonde dans les tubérosités (fleurs épanouies) du col utérin;
- Le retrait total de la chemise sanitaire et la connexion du raccord à la sonde ;
- La connexion de l'ensemble sonde-raccord au blister à partir de son extrémité cassable après une légère agitation ;
- L'aspiration de la semence faite par gravité ou une légère pression sur le blister. Elle prend en général 4 à 5 mn. Elle peut être adaptée en soulevant ou en baissant le blister. Lorsque la femelle refuse d'aspirer la semence, une légère pression est exercée sur son dos.



Figure 10: Matériels pour l’insémination artificielle des truies

II.4. Collecte des données

Une fiche de collecte des données a été élaborée pour enregistrer les données relatives aux performances zootechniques de reproduction de chaque truie. Ces paramètres sont principalement la date de la saillie fécondante, la date de la mise bas, la taille de la portée, le nombre de naissances vivantes, le nombre de porcelets au sevrage, la date du sevrage et le poids des porcelets au sevrage.

Calcul de la Prolificité moyenne

La prolificité moyenne est le nombre de porcelets nés vivants par portée. Sur la base des données figurant sur chaque fiche d'identification des truies, le nombre de porcelets mâles et femelles par portée nés vivants à la naissance et au sevrage a été enregistré dans chaque centre de naissance. Le taux de retrait, le sex-ratio à la naissance et au sevrage ont été calculés à l'aide des formules suivantes :

Taux de sevrage = (nombre de porcelets sevrés/nombre de porcelets à la naissance) x 100

Sex-ratio à la naissance = nombre de porcelets mâles à la naissance/nombre total de porcelets à la naissance

Sex-ratio au sevrage = nombre de porcelets mâles au sevrage / nombre total de porcelets sevrés..

II.5. Traitement des données

Les données ont été enregistrées dans Microsoft Excel et analysées à l'aide du logiciel SPSS version 25. La comparaison des multiples moyens a été faite en utilisant la méthode de Ducant avec l'intervalle de confiance de 95%. Les données analysées ont été enregistrées dans les tableaux sous forme de moyenne ± écart-type et la probabilité de $p<0,05$ a été considérée comme significative.

CHAPITRE III : PRESENTATION DES RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Résultats de l'entrainement des verrats à la monte du mannequin artificiel

Les verrats présentés n'ont pas tous réussi l'exercice de production de semence. La réussite de chevauchement est présentée de façon suivante :

- Au niveau du Grand séminaire, 50% c'est-à-dire deux (02) verrats ont réussi le test de chevauchement sur quatre (04) verrats qui ont été entrainés.
- Au niveau du centre naisseur de Giheta, 66.67% c'est-à-dire (02) verrats sur trois (03) verrats entrainés ont réussi le test de chevauchement.



Figure 11: Semence de verrat récolté dans un récipient

III.2. Résultats de l'évaluation quantitative et qualitative de du sperme

III.2.1. Examen macroscopique de la semence et contrôle de routine

L'examen macroscopique de la semence comprend la mesure du volume de l'éjaculat par pesée ou avec une éprouvette graduée, ainsi que l'examen de l'aspect de la semence : la couleur est normalement blanche laiteuse et l'odeur normalement assez discrète, si le prépuce a bien été vidangé avant la collecte.

Une odeur nauséabonde, une couleur jaunâtre ou rosée ou encore une séparation visible des deux phases de la semence (spermatozoïdes et plasma séminal) sont des indications d'une semence de mauvaise qualité, qu'il faut observer plus attentivement au microscope.

Le contrôle de la qualité de semence a été effectué immédiatement après la collecte, dans une chambre réservée comme le laboratoire de routine attaché au bureau du technicien de la porcherie. Ce contrôle comprend le relevé des caractéristiques quantitatives de l'éjaculat, à savoir le volume lu directement sur les tubes gradués, et la concentration spermatique, évaluée visuellement en regardant de degré de viscosité faute de la présence d'un photomètre qui évalue la concentration en spermatozoïdes en mesurant la densité optique du sperme. Le nombre total de spermatozoïdes dans l'éjaculat n'ont été calculés mais le nombre de doses à obtenir a été fixé selon le nombre de truies disponibles pouvant venir en chaleurs d'un moment à l'autre.

Cependant le volume et le nombre total de spermatozoïdes ne constituent que des critères secondaires de la qualité de semence puisqu'un verrat peut produire un éjaculat dont le volume et la concentration en spermatozoïdes sont dans les normes mais avec une telle proportion de spermatozoïdes immobiles, anormaux ou agglutinés que l'éjaculat est inutilisable pour la fabrication de doses commerciales. La figure 12 montre les quantités (en volume) de sperme récolté dans chaque centre et par collecte.

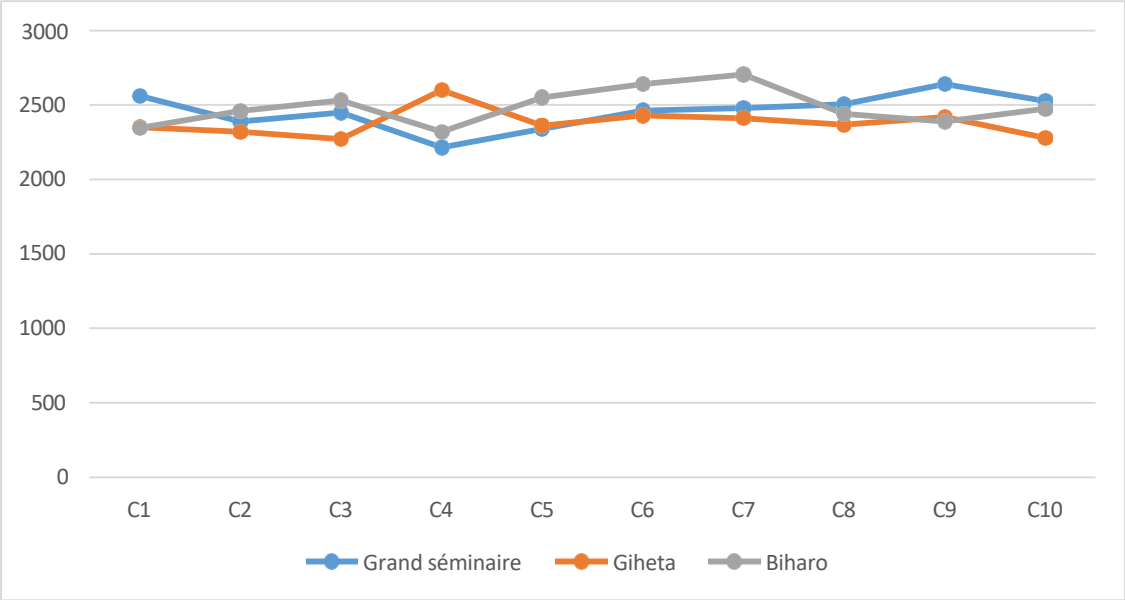


Figure 12: Volume récolté sur les verrats des centres naisseurs porcins

La figure 12 montre que les volumes d'éjaculats récoltés au sein des centres naisseurs sont compris dans l'intervalle de 2200 à 2800 ml / éjaculat et diffère d'une collecte à l'autre. Au centre naisseur du Grand séminaire de Bujumbura, le volume minimal de sperme récolté est de 2215 ml tandis que le volume maximal est de 2640ml avec une moyenne globale de 2456,8 ml par récolte sur 10 récoltes successives. Au centre naisseur de Giheta, la moyenne obtenue est de 2380,7ml par éjaculat contre 2270 et 2600ml des volumes minimal et maximal obtenus au cours des récoltes, successivement. Le volume moyen produit par le verrat utilisé pour l'insémination au centre naisseur de Bihoro est de 2485,6 ml et les volumes minimal et maximal sont de 2320 et 2705 ml, respectivement.

III.2.2. Examen microscopique de la semence

L'analyse de la semence est aussi qualitative et basée sur l'appréciation microscopique de la motilité des spermatozoïdes, elle-même basée sur l'estimation de deux critères subjectifs, le pourcentage de spermatozoïdes mobiles et le type de mouvement observé sur l'ensemble des spermatozoïdes selon l'échelle de Bishop tel que décrit dans le tableau 1.

Tableau 1: Echelle de Bishop pour l'évaluation de la motilité des spermatozoïdes

Note	**motilité individuelle**
0	pas de déplacement
1	déplacements très lents, tremblements des spermatozoïdes ou oscillations des queues
2	déplacements lents, tremblements, mouvements inorganisés, quelques spermatozoïdes se déplaçant plus rapidement
3	déplacements curvilinéaires sans tremblements dans le mouvement
4	déplacements rapides, quelques cellules avec une trajectoire rectiligne, d'autres avec une trajectoire courbe
5	déplacements rectilignes et rapides

La motilité des spermatozoïdes a été appréciée en posant une petite goutte de l'éjaculat sur une lame porte-objet, ensuite recouverte d'une lamelle, lame et lamelle étant à 37ºC, puis en l'examinant au microscope solaire au grossissement 100.

Le mouvement général a été apprécié par le pourcentage de spermatozoïdes en mouvement et par le type de mouvement observé, noté de 0 à 5 sur l'échelle de Bishop. Les résultats moyens sont de 75 à 85% pour la motilité et de 3 à 4 pour le type de mouvement. Sur cette même lame on observe aussi l'agglutination, qui est une accumulation plus ou moins importante de cellules spermatiques et qui est évaluée par une note de 0 croix à 3 croix (les cellules agglutinées ne sont évidemment pas prises en compte dans le pourcentage des cellules en mouvement). Il est très important d'effectuer l'évaluation de la motilité des spermatozoïdes avec un microscope équipé d'une platine chauffante, les spermatozoïdes exposés à des températures inférieures à 37°C ayant des mouvements plus lents et plus sinueux, ce qui peut conduire à une mésestimation de la qualité de la semence. Cette appréciation de la motilité des spermatozoïdes est la technique de référence, utilisée par tous les C.I.A. Facile et rapide à mettre en œuvre mais très subjective, elle doit être réalisée par un opérateur expérimenté et, dans la mesure du possible, par le même opérateur dans un C.I.A., afin d'assurer la valeur du suivi des données de production enregistrées.

La note d'évaluation de la semence est résumée dans le tableau suivant :

Tableau 2: Note d'évaluation de la semence dans les centres naisseurs

Paramètres	**Grand séminaire**	**Giheta**	**Bihoro**
Taux de réussite au chevauchement du mannequin; %	50	66,7	66,7
Volume d'éjaculat produit, moyenne	2456,8	2380,7	2485,6
Concentration en millions spz/ml, moyenne	350-400	350-400	350-400
Qualité attribuée au sperme	Bonne	Bonne 350-400 millions de spermatozoïdes/ ml	Bonne 350-400 millions de spermatozoïdes/ml
Note attribuée après évaluation de la motilité massale, moyenne	Sperme de bonne qualité: 4/5	Sperme de bonne qualité: 4/5	Sperme de bonne qualité: 4/5
Notre attribuée après évaluation de la motilité individuelle de la semence, moyenne	Sperme de très bonne qualité note 4	Sperme de très bonne qualité note 4	Sperme de très bonne qualité note 4

Les résultats présentés dans le tableau 2 montrent un taux de réussite au chevauchement du taureau sur le mannequin de 50% au Grand séminaire de Bujumbura, 66,7% au centre naisseur de Giheta et 66,7% au centre naisseur de Bihoro. Les verrats utilisés dans l'insémination artificielle de Bihoro ont été formés au centre naisseur de Giheta.

La concentration en spermatozoïdes obtenue variait de 350 à 400 millions /ml dans tous les centres naisseurs. Cela a été évalué soit par observation microscopique ou en se basant sur l'observation de la consistance et viscosité et après avoir attribué une note de motilité massale équivalente à 4/5 et une note de motilité individuelle attribuée égale à 4 après analyse de motilité individuelle pour chaque centre naisseur et pour chaque récolte de sperme.

III.2.3. Constitution des doses d'IA

Tous les éjaculats obtenus n'ont pas été utilisés pour fabriquer des doses d'insémination artificielle car ils doivent permettre une conservation correcte et pour cela ils doivent avoir une qualité initiale suffisante. C'est pourquoi il existe des critères d'utilisation, fixés de façon arbitraire et donc variables.

La constitution des doses s'est basée avant tout sur les critères de motilité pour juger si un éjaculat est utilisable ou non, avec, comme limites inférieures, 80% de spermatozoïdes mobiles et un type de mouvement de 3, en dessous desquelles la semence est jetée. Le phénomène d'agglutination des spermatozoïdes a été également considéré. La présence d'agglutinats n'entraînait pas un rejet systématique de la semence, mais seulement si elle concerne plus de 25% des spermatozoïdes et qu'elle s'accompagne d'une baisse de la motilité et/ou d'une forte proportion de spermatozoïdes anormaux.

Ainsi, un éjaculat destiné à la fabrication de doses d'I.A. a dû satisfaire à certaines exigences basées sur des critères essentiels pour la survie et le transport des spermatozoïdes jusqu'au gamète femelle, les seuils utilisés sont réunis dans le tableau 3.

Tableau 3: Critères d'utilisation d'un éjaculat pour la fabrication de doses commerciales et seuils inférieurs

Critères d'utilisation d'un éjaculat	**Seuils**
Pourcentage de spermatozoïdes mobiles	≥75
Type de mouvement	≥3
Pourcentage de spermatozoïdes anormaux	≤25
Pourcentage de spermatozoïdes agglutinés	≤25

Après évaluation du sperme, la dilution a été immédiate par ajout du dilueur, le mélange semence fraîche - dilueur étant ensuite fractionné en doses individuelles d'I.A. La concentration des doses d'I.A. estimé était de 2,5 à 3 milliards de spermatozoïdes par dose pour un volume de 75 à 100 mL.

Le volume de dilueur nécessaire pour obtenir le nombre de doses est obtenu à partir du nombre total de spermatozoïdes dans l'éjaculat, en se basant sur un volume de dose de 90 mL et un nombre de spermatozoïdes par dose de 3 milliards

$$\text{Volume de dilueur (en mL)} = \frac{\text{Nombre total de spermatozoides} * 90}{3\text{milliars}} - \text{volume de l'éjaculat (en mL)}$$

Effectuée immédiatement après le contrôle de la qualité de la semence pour garantir une bonne conservation de la semence diluée, la dilution a permis d'éviter une dégradation des spermatozoïdes qui peut être constatée au-delà de 2 heures. C'est pour éviter cette dégradation que le stockage de la semence a été fait sous forme de semence diluée, ainsi qu'à l'abri de la lumière et à une température ambiante comprise entre 17 et 18°C. Le dilueur a donc pour rôle d'empêcher cette dégradation par quatre moyens:

- en protégeant les spermatozoïdes de l'acidification due à l'accumulation d'acide lactique, produit de dégradation anaérobie des sucres, grâce à des substances tampons,
- en maintenant l'intégrité des membranes spermatiques grâce à une pression osmotique et un pH proche de celle de la semence pure
- en luttant contre la prolifération de micro-organismes par ajout d'antibiotiques comme la gentamycine
- en constituant une source d'énergie indispensable aux spermatozoïdes.

III.3.Résultats de l'insémination artificielle des truies

Dans tous les centres naisseurs sujets à l'essai d'insémination artificielle, douze truies ont été sélectionnées puis inséminées dans chaque centre. Une attention particulière a été portée aux truies inséminées en observant d'éventuels retours en chaleur. Les résultats du tableau 4 montrent que 10 truies sur 12 inséminées ont été diagnostiquées positives à la gestion c'est-à-dire que 2 truies sont revenues en chaleurs au centre naisseur du Grand Séminaire de Bujumbura. Au centre naisseur de Giheta, une seule truie est revenue en chaleurs c'est-à-dire que 11 truies ont été diagnostiquées positives à la gestion, le nombre de femelles observées en retour de chaleurs est de 3 à au centre naisseur de Bihoro. Le taux de réussite en insémination est de 83,33% au centre naisseur du Grand Séminaire de Bujumbura, 91,67% au centre naisseur de Giheta et 75,00% au centre naisseur de Bihoro.

Tableau 4: Résultats de l'insémination artificielle des truies dans les 3 centres naisseurs

Description	Grand séminaire	Giheta	Bihoro
Nombre de femelles inséminées	12	12	12
Nombre de retour en chaleurs	2	1	3
Taux de réussite à la 1ère IA,	83,33	91,67	75
Total de porcelets mis bas	89	100	100
Nombre de porcelets males à la naissance	44	48	40
Nombre de porcelets femelles à la naissance	45	52	37
Total de porcelets sevrés par portée	81	93	73
Total de porcelets males sevrés par portée	40	48	37
Total de porcelets femelles sevrés par portée	41	47	36

Le nombre total de porcelets obtenus à la naissance sont de 89 porcelets au centre naisseur du Grand Séminaire de Bujumbura dont 44 males, 45 femelles, 100 porcelets au centre naisseur Giheta dont 48 males et 52 femelles et 100 porcelets au centre naisseur Bihoro dont 40 males et 37 femelles.

Le nombre total de porcelets sevrés est de 81 au Grand Séminaire de Bujumbura dont 40 males et 41 femelles, 93 porcelets à Giheta dont 48 males et 47 femelles ; 73 porcelets dont 37 males et 36 femelles.

Les prolificités moyennes obtenues sont proches les unes des autres mais diffèrent légèrement d'un centre naisseur à l'autre. Au centre naisseur porcin de Giheta, la prolificité est supérieure aux autres centres naisseurs qui de l'ordre de 9,10±2,66 porcelets par truie et par portée comparativement aux autres centres naisseurs qui sont de 8,90±2,33 porcelets par truie et par portée et 8,56±2,46 porcelets par truie et par portée dans les centres naisseurs du Grand Séminaire de Bujumbura et dans le centre naisseur de Bihoro, respectivement.

Il en de même pour la moyenne des porcelets males obtenus par portée et par sexe qui sont de 4,50±0,71 porcelets par portée et truie, 4,72±1,79 porcelets par portée et truie et 4,44±1,67 porcelets par portée et truie dans les centres naisseurs du Grand Séminaire, de Giheta et de Bihoro, respectivement. La proportion des porcelets femelles produits est presque identique aux porcelets males mais avec une légère différence.

Tableau 5: Résultats comparatifs de l'Insémination Artificielle dans les 3 centres naisseurs

Description	**Grand séminaire**	**Giheta**	**Bihoro**
Taux de réussite à la 1ère IA,	83,33	91,67	75
Nombre de porcelets par portée	8,90±2,33	9,10±2,66	8,56±2,46
Nombre de porcelets males à la naissance	4,40±1,84	4,36±1,21	4,44±1,67
Nombre de porcelets femelles à la naissance	4,50±0,71	4,72±1,79	4,11±1,05
Total de porcelets sevrés par portée	8,10±1,91	8,45±2,11	8,11±2,47
Total de porcelets males sevrés par portée	4,0±1,41	4,18±1,25	4,11±1,62
Total de porcelets femelles sevrés par portée	4,10±0,99	4,27±1,27	4,00±1,12

III.4.1. Comparaison des résultats de l'insémination artificielle porcine avec la saillie naturelle

Les tableaux suivants présentent les comparaisons entre les résultats de la saillie naturelle et de l'insémination artificielle dans les trois centres naisseurs porcins. En observant les données du tableau 6 représentant les données comparatives au centre naisseur de Giheta, on remarque que le taux de gestation par insémination artificielle est plus élevé par rapport au résultat de gestation par saillie naturelle. Il y a une différence significative p=0.001.

Tableau 6: Comparaison des résultats de la saillie naturelle et de l'I.A à Giheta

Description	**Saillie**	**IA**	**P**
Taux de réussite à la 1ère IA/saillie,	83,33	91,67	0,001
Taille de la portée à la naissance	8,64±2,42	9,10±2,66	0
Nombre de males nés à la portée	4,35±1,92	4,36±1,21	0,015
Nombre de femelles nées à la portée	3,89±1,77	4,72±1,79	0,021
Nombre de mâles sevrés par portée	3,75±1,73	4,18±1,25	0,222
Nombre de femelles nées par portée	3,21±1,59	4,27±1,27	0,027
Taille de la portée au sevrage	6,96±2,45	8,45±2,11	0,359
Sex-ratio (mâles) à la naissance	0,498±0,14	0,54±0,16	0,545
Sex-ratio (mâles) au sevrage	0,553±0,17	0,49±0,13	0,624
Taux de sevrage %	81,03±6,59	91,01±7,91	0,003

Au Grand séminaire de Bujumbura, il n'existe pas de grande différence entre les résultats de l'insémination artificielle et ceux de la saillie naturelle. Le taux de réussite en IA est de 83.33% contre 86,25% et il n'y a pas de différence significative p=0.51. Il en est de même pour la taille de la portée à la naissance (9,07±2,62 v 8,90±2,33 en saillie naturelle et en IA, respectivement p=0,02), ainsi que pour les autres paramètres étudiés tels que taille de la portée à la naissance, nombre de males et de femelles nés à la portée, nombre de mâles et de femelles sevrés par portée, la taille de la portée au sevrage, le sex-ratio (mâles) à la naissance c'est-à-dire le pourcentage de males nés par portée ainsi que le taux de sevrage (Tableau suivant).

Tableau 7: Comparaison des résultats de la saillie naturelle et de l'I.A au Grand Séminaire

Description	**Saillie**	**IA**	**p**
Taux de réussite à la 1ère IA/saillie,	86,25	83,33	0,51
Taille de la portée à la naissance	9,07±2,62	8,90±2,33	0,02
Nombre de males nés à la portée	4,60±2,21	4,40±1,84	0,33
Nombre de femelles nées à la portée	4,47±2,02	4,50±0,71	0,321
Nombre de mâles sevrés par portée	4,39±1,89	4,0±1,41	0,06
Nombre de femelles nées par portée	4,29±1,93	4,10±0,99	0,09
Taille de la portée au sevrage	8,68±2,34 a	8,10±1,91	0,59
Sex-ratio (mâles) à la naissance	0,52±0,16	0,49±0,10	0,45
Sex-ratio (mâles) au sevrage	0,52±0,15	0,49±0,14	0,524
Taux de sevrage %	95,85±6,95	93,00±4,51	0,023

Les résultats d'insémination artificielle à Bihoro sont similaires aux autres résultats des centres naisseurs porcins de Giheta et du Grand séminaire de Bujumbura. Néanmoins le taux de réussite en IA diffère fortement du taux de réussite par saillie naturelle (83,33% par saillie naturelle contre 75% par insémination naturelle) et il existe une différence significative (p=0.001). A part le taux de sevrage qui affiche aussi une différente nette entres les deux paramètres qui sont de 90,02±41,85 et 94,80±4,20 pour saillie et insémination artificielle, respectivement avec une différence significative (p=0.004), les autres paramètres étudiés tels que décrits dans le tableau 12 ne montrent pas de différence.

Tableau 8 : Comparaison des résultats de la saillie naturelle et de l'I.A à Bihoro

Description	Saillie	IA	p
Taux de réussite à la 1ère IA/saillie,	83,33	75	0,001
Taille de la portée à la naissance	7,78±2,57	8,56±2,46	0,02
Nombre de males nés à la portée	4,11±1,88	4,44±1,67	0,36
Nombre de femelles nées à la portée	3,62±2,01	4,11±1,05	0,07
Nombre de mâles sevrés par portée	3,31±1,49	4,11±1,62	0,06
Nombre de femelles nées par portée	3,23±1,91	4,00±1,12	0,025
Taille de la portée au sevrage	6,55±2,12	8,11±2,47	0,34
Sex-ratio (mâles) à la naissance	0,580±0,45	0,52±0,15	0,21
Sex-ratio (mâles) au sevrage	0,521±0,20	0,51±0,09	0,81
Taux de sevrage %	90,02±41,85	94,80±4,20	0,004

III.5. Discussions

L'insémination artificielle a été effectuée dans les trois centres naisseurs porcins à savoir les centres du Grand séminaire de Bujumbura, de Giheta et de Bihoro. Les résultats d'entrainement à la monte naturelle ont montré une différence d'un centre à l'autre. Au Grand séminaire, 2 verrats sur 3 ont été capables de chevaucher convenablement et la semence a été produite tandis qu'à Giheta seulement la moitié des verrats ont été en mesure de réussir le test de chevauchement de même que les verrats utilisés dans l'insémination artificielle à Bihoro. Nous remarquons une différence du taux de réussite d'un centre à l'autre. Cela pourrait être lié à la technicité du formateur et au retard de début de formation des verrats. En effet, l'entrainement des verrats commence à bas âge de 6 mois ; période où ils commencent à chevaucher or, l'exercice a débuté au moment où les verrats étaient âgés de plus de 9 mois, ce qui explique le désintéressément des verrats sur la monte du verrat. Les résultats trouvés ont une similitude avec ceux d'Asu Singh Godara et al., (2018) qui a montré que l'âge de formation des verrats à la monte est de 180±5 jours, et que le mannequin mobile était plus adapté pour le chevauchement.

Kara S. et Kyle L. 2017 ont suggéré l'utilisation des verrats âgés de 8 à 9 mois et qu'à cette période seulement 3 à 5% échouent au test de chevauchement pendant une période de 1 à 2 semaines. Cela pourrait affecter la quantité de sperme collecté surtout durant les premières séances.

Les résultats montrent une variation de quantité de semence collectée d'un verrat à l'autre, avec des moyennes de 2456,8 ; 2380,7 et 2485,6 aux centres naisseurs du Grand séminaire de Bujumbura, de Giheta et Bihoro, respectivement mais ces variations n'ont pas de valeur significative et une comparaison avec les résultats par saillie naturelle a été présenté.

Les inséminations artificielles ont été réalisées sur les truies en chaleur naturellement dans les centres avec ou sans stimulation avec le verrat. A Giheta, le taux de réussite à la 1ère insémination artificielle est supérieure au taux de réussite par saille naturelle (91,67% vs 83,33%, pour IA et saillie naturelle, respectivement et il existe une différence significative entre les résultats d'insémination artificielle par comparaison aux résultats (p=0,001). Il en est de même pour la taille de la portée à la naissance à laquelle nous avons obtenu plus de porcelets lors de l'insémination artificielle comparativement à la saillie naturelles (9,10±2,66 vs 8,64±2,42 porcelets par portée) avec une valeur significative (p=0,000). Cette différence s'observe aussi au taux de sevrage qui reste élevé lors de l'insémination artificielle comparativement à la saillie naturelle (91,01±7,91% vs 81,03±6,59%), avec une valeur significative (p=0,003).

Au centre naisseur du Grand Séminaire de Bujumbura, le taux de réussite à la 1èreinsémination est inférieure au taux de réussite par saillie naturelle (83,33% vs 86,25% pour l'IA et la saillie naturelle, respectivement) mais cette différence n'a pas de valeur significative (p= 0,51). La différence avec une valeur significative a été observée à la taille de la portée à la naissance (9,07±2,62 vs 8,90±2,33) pour la saillie naturelle et IA, respectivement avec p=0,02).

Au centre naisseur porcin de Bihoro, le taux de réussite à la 1ère IA est inférieur au taux de réussite par saillie naturelle (75% vs 83,33% pour l'IA et la saillie naturelle, respectivement) avec une différence significative (p=0,001). Cette différence significative existe aussi au niveau de la taille de la portée à la naissance (8,56±2,46% vs 7,78±2,57%, pour saillie naturelle et IA, respectivement, et s p=0,02).

Cette différence entre l'IA et la saillie naturelle observée au niveau du centre naisseur de Giheta montre l'efficacité de l'IA porcine par rapport à la saillie naturelle. Dans des conditions similaires, les résultats ont montré que le nombre de porcelets obtenus à la naissance est supérieur à celui obtenu par insémination artificielle.

Les résultats obtenus sont similaires aux résultats de Mahak Singh et al.2022 qui ont obtenu un nombre élevé de porcelets par IA en comparant avec la saillie naturelle dans deux études distinctes (9.37 vs 6.28 porcelets par portée pour l'IA et la saillie naturelle, respectivement pour la première étude et 8,93 vs 5,45, porcelets par portée pour l'IA et la saillie naturelle, respectivement pour la 2ème étude. Cela a été le cas pour NuttheeAm-in et al.2010 qui ont obtenu 84,0 et 76,0 vs 74,0 et 70,0 pour l'IA et la saillie naturelle, respectivement.

Contrairement au centre naisseur de Giheta, le nombre de porcelets obtenus par portée en utilisant l'insémination artificielle est soit lié à la technicité des inséminateurs du centre de Bihoro et du Grand séminaire qui n'ont pas reçu une formation adéquate, ou à la mauvaise compréhension de la technique. L'IA à Giheta étant pilotée par in ingénieur zootechnicien et par des techniciens à Giheta et à Bihoro. Dans l'étude similaire, Mahak Singh et al.2022 a noté de mauvais résultats lors de l'IA par des inséminateurs inexpérimentés ou par des fermiers eux-mêmes. La méthode de transport joue aussi un rôle très important. En effet, la production de semence utilisée lors de l'IA à Bihoro provenait du centre de Giheta, ce qui laisse penser à des difficultés d'approvisionner le centre de Bihoro avec un risque élevé d'altération de la qualité de sperme. Dans la même étude, Mahak Singh et al.2022 a trouvé que, avec l'insémination réalisée à 30 km du centre de collecte du sperme, le taux de réussite est inférieur au taux d'IA réalisée sur place (66.66% vs 82.90%).

III.6. Etude d'impact économique de l'insémination artificielle dans les fermes

La situation actuelle de l'élevage porcin ne répond pas aux normes et les données relatives à la production et reproduction ne sont pas satisfaisantes. La demande en appui technique et en porcelets est élevée de façon que la satisfaire est un rêve. Le développement de l'insémination artificielle du porc apportera une solution, et le problème de consanguinité observé au niveau de l'élevage porcin dans le pays sera réduit. Dans les conditions normales, le sperme est collecté sur un verrat 2 à 3 fois par semaine sans nuire au volume ou à la concentration de sperme.

Un éjaculat typique peut être dilué de manière à fournir au moins 12 doses d'insémination(Singh et al., 2021).

En supposant que le verrat travaille 52 semaines par an et que les truies sont reproduites deux fois pendant l'œstrus, le verrat peut «entretenir» 624 femelles en une seule année (2 collectes par semaine x 12 doses de sperme par collecte x 52 semaines par an divisées par 2 doses de semence par truie en œstrus).

Le même verrat utilisé pour l'accouplement naturel ne pourrait jamais entretenir autant de femelles en un an. Avec l'accouplement manuel, un rapport truie-verrat de 16: 1 est assez typique. Ainsi, pour une unité de 300 truies, 19 verrats sont nécessaires. Avec un programme d'insémination artificielle à la ferme, le rapport truie-verrat est augmenté à 100: 1 et seuls 3 verrats sont nécessaires pour inséminer 100 truies en fermes, ce qui suppose que tous les porcelets males seront castrés et engraissés pour la boucherie(Maes et al., 2011).

Si on suppose que les coûts d'alimentation et d'entretien pour les verrats est de 4000 Fbu par verrat et par jour (2.5kg d'aliment par jour, le cout moyen d'1 kg étant de 1500 Fbu plus 250 Fbu d'entretien, les économies réalisées grâce à l'utilisation de l'insémination artificielle dans cet exemple s'élèveraient à 64 000 Fbu par jour soit 23360 000 Fbu par an dans une porcherie de 300 truies. Au cas de monte naturelle, les éleveurs pour tenter d'utiliser les verrats de faible potentiel génétique et la consanguinité est de règle dans ce cas. En effet, la charge d'un verrat augmente de plus de 25 à 30. Dans ce cas, cette méthode pourrait augmenter la fertilité des truies de 1 à 3 porcelets. On pourra, avec une seule éjaculation d'un verrat, inséminer jusqu'à 25 truies.

Cette étude des coûts montre que la maîtrise des coûts passe par :

- l'optimisation de la production de semence (ne pas altérer de la semence lors de la collecte et assurer un rythme régulier de collecte pour maintenir des caractéristiques séminales quantitatives et qualitatives maximales…),
- l'amélioration de la production des doses (produire plus de doses à partir d'un même éjaculat),
- la maîtrise de la durée de carrière des verrats (éviter les réformes anticipées et assurer la longévité des verrats).

Une perspective pour augmenter la rentabilité de la production de semence pourrait être la diminution du nombre de spermatozoïdes par dose grâce à l’amélioration du contrôle de la qualité de la semence et de la prédiction de la fertilité. Cette réduction pourrait être réalisée grâce à une intensification de l’utilisation d’insémination artificielle dans les élevages porcins. A cela s’ajoutera la recherche sur la possibilité d’utilisation de la semence congelée.

Ainsi, les avancées technologiques qui permettront d’augmenter la durée de conservation, d’améliorer le contrôle de la qualité de la semence avec des critères mieux corrélés à la fertilité, de réduire le nombre de spermatozoïdes par dose ou bien le volume des doses contribueront à la maîtrise des coûts de production de la semence en production porcine.

CONCLUSION

L'étude nous a permis de se rendre compte que l'Insémination Artificielle des porcs est d'une importance capitale dans l'amélioration de la santé des porcs car elle permet d'éviter la transmission de certaines maladies pouvant se transmettre lors de la saillie naturelle. L'Insémination artificielle des porcs dans les centres naisseurs permet aussi d'économiser sur le nombre de verrats à élever vu qu'on peut faire la récolte de semences plusieurs fois par semaine.
L'insémination artificielle est l'outil biotechnologique qui assure la diffusion rapide et sûre du matériel génétique performant, tout en facilitant l'amélioration génétique des animaux d'élevage parmi lesquels les porcins.
L'insémination artificielle peut contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire de la population non seulement consommatrice de la viande de porcs mais aussi éleveurs car si la pratique se propage non seulement les éleveurs auront plus de facilité à pratiquer l'élevage des porcs mais aussi la viande de porc abondante sur le marché et à bas prix.

Les perspectives actuelles d'amélioration de l'I.A porcine

Ces perspectives suivent trois grandes directions, la vulgarisation de l'insémination artificielle porcine, l'amélioration du contrôle de la qualité de la semence et la biosécurité et la longue conservation de la semence par la congélation.
La vulgarisation de l'insémination artificielle porcine passera par la création des centres de production des semences dans différentes régions ou Provinces du pays permettant le rapprochement de la semence aux centres d'élevage porcin, à la formation des inséminateurs et au renforcement des transports de la semence. L'amélioration du contrôle de la qualité de semence a pour but de pouvoir prédire de façon fiable la fertilité d'une semence. En effet les tests utilisés en routine (évaluation du pourcentage de spermatozoïdes mobiles et type de mouvement) montrent une faible corrélation avec la fertilité. Outre la qualité « fonctionnelle » de la semence (c'est-à-dire la capacité à atteindre et féconder l'ovule), il faut aussi envisager la qualité sanitaire, la biosécurité étant primordiale pour un C.I.A. qui doit fournir à ses clients une semence de bonne qualité microbiologique (c'est-à-dire peu contaminée) et dépourvue d'agents pathogènes.

Un C.I.A. pouvant offrir une garantie sanitaire sur la semence bénéficiera d’un avantage économique majeur, même s’il sera difficile d’augmenter la marge de production sur ce critère.

Dans ce cas, il faudra envisager la création et la certification des centres d’insémination artificielle porcine pour assurer la qualité de l’outil de production, cette démarche visant la transparence sur les méthodes de production de la semence et la mise en avant de garanties sanitaires.

La perspective majeure en I.A. porcine est la longue conservation de la semence. En effet, l’I.A. porcine est majoritairement basée sur l’utilisation de semence fraîche après dilution avec une durée de conservation maximale de 7 jours, ce qui constitue un handicap, par exemple pour les exportations de semence vers des destinations lointaines ou pour la conservation des gènes sur du très long terme (plusieurs dizaines d’années). Or la congélation permet de collecter la semence indépendamment du moment prévu pour son utilisation. Ainsi, après des années de recherches infructueuses sur la semence de verrat, des techniques prometteuses ont été décrites avec utilisation de jaune d’œuf et de glycérol comme cryoprotecteurs (dilueur THILMANT), et ont permis d’obtenir des taux de mise-bas proches de 70% (14).

La maîtrise de la congélation du sperme de verrat faciliterait le transport d’une ferme à l’autre. La cryoconservation de semence tout en assurant la biosécurité permettrait le maintien des échanges réguliers de matériel génétique dans la même structure d’élevage ; elle permettrait aussi de conserver la semence de certains verrats après leur mort et d’effectuer un retour en arrière en cas de sélection génétique trop poussée sur une race par exemple. Elle permettra aussi la préservation de races locales menacées avec la constitution de la cryobanque porcine burundaises des races locales à travers les centres de recherche.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abah, K. O., Itodo, J. I., Ubah, S. A., & Shettima, I. (2019). Reproductive performance of pigs raised by intensive management system in Abuja, Nigeria. *Veterinary World, 12*(2), 305-308. https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.305-308
2. Althouse, G. C., & Lu, K. G. (2005). Bacteriospermia in extended porcine semen. *Theriogenology*, *63*(2), 573-584. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.09.031
3. Am-in, N., Tantasuparuk, W., & Techakumphu, M. (2010). Comparison of artificial insemination with natural mating on smallholder farms in Thailand, and the effects of boar stimulation and distance of semen delivery on sow reproductive performance. *Tropical Animal Health and Production*, *42*(5), 921-924. https://doi.org/10.1007/s11250-009-9508-3
4. Ayssiwede, S. B. (2005). L'Insémination Artificielle Porcine : Une perspective pour l'amélioration de la productivité des porcs au Bénin. Mémoire de fin d'études, Diplôme d'Etudes Spécialisées en Gestion des ressources animales et végétales en milieux tropicaux, DES interuniversitaire, ULg-FMV/FUSAGx, 85p. *Bastos ADS*, 169-182.
5. Baguio, S. S., & Arganosa, A. S. (1994). Artificial insemination in pigs. *Technology (Philippines), 16*(2). https://agris.fao.org/search/en/providers/122430/records/6471fa3577fd37171a7261b2
6. Bamundaga, G. K., Natumanya, R., Kugonza, D. R., & Owiny, D. O. (2018). Reproductive performance of single and double artificial insemination protocol in swine. *Bulletin of animal health and production in Africa, 66*(1), 143-157.
7. Barone, R. (2001). *ANATOMIE COMPAREE DES MAMMIFERES DOMESTIQUES. TOME 4 : SPLANCHNOLOGIE II, 3E ED. - APPAREIL URO-GENIT*. Librairie Sauramps Médical. https://www.livres-medicaux.com/anatomie-physiologie-comportement/21553-anatomie- comparee-des-mammiferes-domestiques-tome-4-splanchnologie-ii-3e-ed-appareil-uro-genit.html?srsltid=AfmBOopzeqnJDkyf5uhJiCQr6LjBiMAliPA4UamCgPmgndMtXKi-fvAr
8. Broekhuijse, M. L. W. J., Feitsma, H., & Gadella, B. M. (2012). Artificial insemination in pigs : Predicting male fertility. *Veterinary Quarterly, 32*(3-4), 151-157. https://doi.org/10.1080/01652176.2012.735126
9. BUSSIÈRE, J.-F., Bertaud, G., & Guillouet, P. (2000). *Conservation de la semence congelée de verrat Résultats in vitro et après insémination*.

10. Celestin, M., Valentine, N., Isaac, M., Fabrice, M., Oscar, N., FranÃ, B., & Vianey, M. J. M. (2019). Factors influencing success of artificial insemination of pigs using extended fresh semen in rural smallholder pig farms of Rwanda. *International Journal of Livestock Production*, *10*(4), 101-109.
11. Fahem, Z., Hamdani, A., & Khelef, D. (2016). *Suivi des résultats de l'insémination artificielle dans certaines régions de l'est algérien* [PhD Thesis]. École Nationale Supérieure Vétérinaire.
12. Feitsma, H. (2009a). Artificial insemination in pigs, research and developments in The Netherlands, a review. *Acta scientiae veterinariae*, *37*(1), s61-s71.
13. Feitsma, H. (2009b). Artificial insemination in pigs, research and developments in The Netherlands, a review. *Acta scientiae veterinariae*, *37*(1), s61-s71.
14. Feller, D., Thilmant, P., Wavreille, J., & Boudry, C. (2004a). Le verrat, la truie : Aspects techniques de la reproduction. *FPW D/2005/8887/1*. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/16777/1/FPW_Truie
15. Feller, D., Thilmant, P., Wavreille, J., & Boudry, C. (2004b). Le verrat, la truie : Aspects techniques de la reproduction. *FPW D/2005/8887/1*. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/16777/1/FPW_Truie
16. Gadea, J. (2003). Review : Semen extenders used in the artificial insemination of swine. *Spanish Journal of Agricultural Research*.
17. Gerrits, R. J., Lunney, J. K., Johnson, L. A., Pursel, V. G., Kraeling, R. R., Rohrer, G. A., & Dobrinsky, J. R. (2005). Perspectives for artificial insemination and genomics to improve global swine populations. *Theriogenology*, *63*(2), 283-299.
18. Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M., & Toulmin, C. (2010). Food Security : The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, *327*(5967), 812-818. https://doi.org/10.1126/science.1185383
19. Heape, W., & Galton, F. (1997). The artificial insemination of mammals and subsequent possible fertilisation or impregnation of their ova. *Proceedings of the Royal Society of London*, *61*(369-377), 52-63. https://doi.org/10.1098/rspl.1897.0012
20. ITP. (2000). *14. ITP (INSTITUT TECHNIQUE DU PORC), 2000. Mémento de l'éleveur de porc.- Paris.-375p—Recherche Google*.

21. Kerisit, R. (1984). *Artificial insemination : What is its value in pigs?* https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19850192703
22. Khalifa, T., Rekkas, C., Samartzi, F., Lymberopoulos, A., Kousenidis, K., & Dovenski, T. (2014). Highlights on Artificial Insemination (AI) Technology in the Pigs. *Macedonian Veterinary Review*, *37*(1), 5-34. https://doi.org/10.14432/j.macvetrev.2013.09.001
23. Knox, R. V. (2016). Artificial insemination in pigs today. *Theriogenology*, *85*(1), 83-93. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.07.009
24. Koketsu, Y., Tani, S., & Iida, R. (2017). Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. *Porcine Health Management*, *3*(1), 1. https://doi.org/10.1186/s40813-016-0049-7
25. 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. *Revue africaine de santé et de productions animales*, *7*(3-4), 139-148.
26. Madej, M., Norrby, M., Madsen, M., Johannisson, A., Hansen, C., & Madej, A. (2012). The Effect of Boar Seminal Plasma on the Release of Prostaglandins and Interleukin-6 by Porcine Endometrial and Cervical Cells and Bovine Endometrial Cells. *Reproduction in Domestic Animals*, *47*(1), 113-124. https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2011.01809.x
27. Maes, D., Lopez Rodriguez, A., Rijsselaere, T., Vyt, P., & Van Soom, A. (2011). Artificial insemination in pigs. *Artificial insemination in farm animals*, 79-94.
28. Mapeka, M. H., Lehloenya, K. C., & Nedambale, T. I. (2012). Comparison of different extenders and storage temperature on the sperm motility characteristics of Kolbroek pig semen. *South African Journal of Animal Science*, *42*(5), 530-534.
29. Martinat-Botté, F., PLAT, A., & Guillouet, P. (2009). Biotechnologies de la reproduction porcine : Des techniques de routine aux méthodes en émergence. *INRAE Productions Animales*, *22*(2), 97-116.
30. Matabane, M. B., Nephawe, K. A., Thomas, R. S., Maqhashu, A., Ramakhithi, F. V., & Netshirova, T. R. (2018). Pre-weaning growth performance of piglets at smallholder farms in Gauteng province. *Journal of Agricultural Science*, *10*(4), 18.

31. Matabane, M. B., Thomas, R., Netshirovha, T. R., Tsatsimpe, M., Ng'ambi, J. W., Nephawe, K. A., & Nedambale, T. L. (2017). Relationship between sperm plasma membrane integrity and morphology and fertility following artificial insemination. *South African Journal of Animal Science*, *47*(1), 102. https://doi.org/10.4314/sajas.v47i1.15
32. McKenzie, F. F. (1931). A method for collection of boar semen. *J. Am. Vet. Med. Assoc*, *78*, 244-246.
33. Milovanov, V. K. (1964). Artificial insemination of livestock in the USSR (Trans. By A Birron and ZS Cole. S Monson). *Washington, DC: Jerusalem Technical Services, US Department of Commerce*.
34. Muys, D. (2023). *L'élevage des porcs dans les zones tropicales—Dick Muys, Geert Westenbrink, Johan Meinderts—Google Livres*. Nguyen, T. Q., Knap, P. W., Simm, G., Edwards, S. A., & Roehe, R. (2021). Evaluation of direct and maternal responses in reproduction traits based on different selection strategies for postnatal piglet survival in a selection experiment. *Genetics Selection Evolution*, *53*(1), 28. https://doi.org/10.1186/s12711-021-00612-7
35. NIANG, M. M. (2011). *Evaluation de l'efficacité de l'insémination Artificielle bovine dans la campagne d'insémination artificielle 2010-2011 réalisée par le PDESOC dans la Région de Kolda* [PhD Thesis, UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR]. https://beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/TD12-44.dir/TD12-44.pdf
36. Norrby, M. (2010). Hormones and sex steroid receptors in the female pig. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, *2010*, 71.
37. OECD & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027*. OECD. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-en
38. Ogawa, S., Kimata, M., Ishii, K., Uemoto, Y., & Satoh, M. (2021). Genetic analysis for sow stayability at different parities in purebred Landrace and Large White pigs. *Animal Science Journal*, *92*(1), e13599. https://doi.org/10.1111/asj.13599

39. Pan, Z., Yao, Y., Yin, H., Cai, Z., Wang, Y., Bai, L., Kern, C., Halstead, M., Chanthavixay, G., Trakooljul, N., Wimmers, K., Sahana, G., Su, G., Lund, M. S., Fredholm, M., Karlskov-Mortensen, P., Ernst, C. W., Ross, P., Tuggle, C. K., … Zhou, H. (2021). Pig genome functional annotation enhances the biological interpretation of complex traits and human disease. *Nature Communications*, *12*(1), 5848. https://doi.org/10.1038/s41467-021-26153-7
40. Paquignon, M., Bussière, J., & Bariteau, F. (1988). Efficacité des techniques de conservation de la semence de verrat. *Productions Animales*, *1*(4), 271-280.
41. Patra, M. K., Kent, Y., Soya Rungsung, S. R., Ngullie, L., Nakhro, R., & Deka, B. C. (2014). *Performance appraisal of artificial insemination technique in pig under organized farm and field condition in Nagaland.*
42. Phillips, P. H., & Lardy, H. A. (1940). A Yolk-Buffer Pabulum for the Preservation of Bull Semen. *Journal of Dairy Science*, *23*(5), 399-404. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(40)95541-2
43. Pursel, V. G., & Johnson, L. A. (1975). Freezing of boar spermatozoa : Fertilizing capacity with concentrated semen and a new thawing procedure. *Journal of Animal Science*, *40*(1), 99-102. https://doi.org/10.2527/jas1975.40199x
44. Rath, D. (2002). Low Dose Insemination in the Sow – A Review. *Reproduction in Domestic Animals*, *37*(4), 201-205. https://doi.org/10.1046/j.1439-0531.2002.00377.x
45. Renaudeau, D., Denece, B., Corre, P., Boulot, S., Badouard, B., & Dourmad, J.-Y. (2022). *Evaluation des impacts de la chaleur sur le taux de réussite à la saillie chez la truie.*
46. Ronald, B. S. M., Jawahar, T. P., Gnanaraj, P. T., & Sivakumar, T. (2013). Artificial insemination in swine in an organized farm – A pilot study. *Veterinary World*, *6*(9), 651-654. https://doi.org/10.14202/vetworld.2013.651-654
47. Shimada, M., Yamashita, Y., & Okazaki, T. (2016). Development of Artificial Insemination Technique in Pig Production Based on the Evidence of Physiology and Molecular Biology in Reproductive Organs. *Agri-Bioscience Monographs : AGBM*, *6*(2), 59-83.
48. Singh, M., Mollier, R. T., Pongener, N., & Sharma, P. R. (2021). Artificial insemination in pig for enhancing the pig productivity in North Eastern Hill region. *Indian Farming*, *71*(2). Tanavots, A., Kaart, T., & Saveli, O. (2002). Artificial insemination in pig breeding in Estonia. *Vet Zootech*, *19*, 109-111.

49. Tsakmakidis, I. A., Lymberopoulos, A. G., & Khalifa, T. A. A. (2010). Relationship between sperm quality traits and field-fertility of porcine semen. *Journal of veterinary science*, *11*(2), 151-154.

50. Valdes-Socin, H. (2024). *Ilya Ivanovitch Ivanov (1870-1932) et les expériences d’hybridation entre les singes et les humains*. *29*.

51. Ye, J., Tan, C., Hu, X., Wang, A., & Wu, Z. (2018). Genetic parameters for reproductive traits at different parities in Large White pigs. *Journal of Animal Science*, *96*(4), 1215-1220. https://doi.org/10.1093/jas/sky066