

# Modélisation à base d'agent de la transhumance au Sahel

TRAORE Cheick Amed Diloma Gabriel

Directeur de thèse: Pr Alasane BAH

Co-directeur de thèse: Dr Etienne DELAY; Dr Djibril DIOP; Dr Camille JAHEL

Université Cheikh Anta DIOP (UCAD)

22 février 2022



# Plan de la présentation

## 1 Contexte et problématique de la thèse

## 2 Epistémologie et modélisation

## 3 Modélisation de la transhumance sahélienne

- Démographie des ruminants transhumants sahéliens en fonction de la pluviométrie
- Analyse de la répartition spatiale des troupeaux transhumants sahéliens
- Déplacements de troupeaux transhumants au Sénégal
- Analyse spatio-temporelle des facteurs de déplacement
- Où nous en sommes

## 4 Perspectives

# Sommaire

## 1 Contexte et problématique de la thèse

## 2 Epistémologie et modélisation

## 3 Modélisation de la transhumance sahélienne

- Démographie des ruminants transhumants sahéliens en fonction de la pluviométrie
- Analyse de la répartition spatiale des troupeaux transhumants sahéliens
- Déplacements de troupeaux transhumants au Sénégal
- Analyse spatio-temporelle des facteurs de déplacement
- Où nous en sommes

## 4 Perspectives

# Contexte



Figure – Contribution de l'élevage aux émissions de GES [FAO, ]

# Elevage et bilan GES

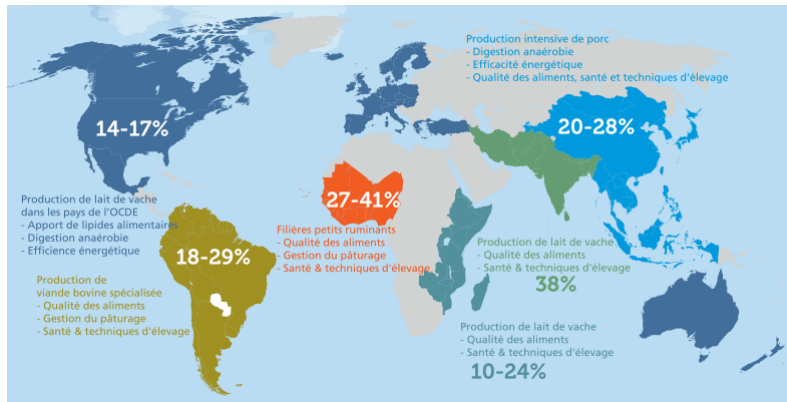
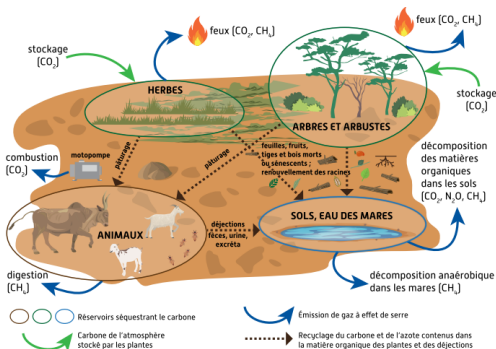


Figure – Taux de GES émis par l'élevage dans diverses régions du monde [FAO, ]

# Problématique : spécificité du Sahel

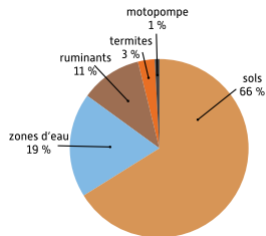


Les plantes herbacées, en tant que plantes annuelles, ne sont pas considérées comme un réservoir d'accumulation du carbone. Les feux de végétation, caractéristiques des écosystèmes pâturés au Sahel, sont une source de gaz à effet de serre. Les termites, comme les ruminants, émettent du méthane par leur digestion (« méthane entérique »).

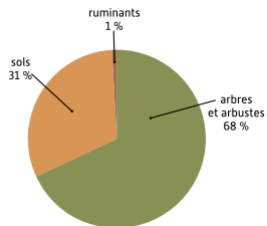
Figure – Modèle simplifié des émissions et du stockage de GES d'un territoire pastoral sahélien [Assouma, 2016]

« Le Sahel présente un bilan carbone négatif. Ce bilan est même neutre par endroit [Assouma, 2016] »

# Sahel : émission et séquestration de GES



(a) Emission annuelle de GES



(b) Séquestration annuelle de GES

Figure – Emission et séquestration de GES dans l'écosystème pastoral sahélien [Assouma, 2016]

# Elevage sahélien : la transhumance

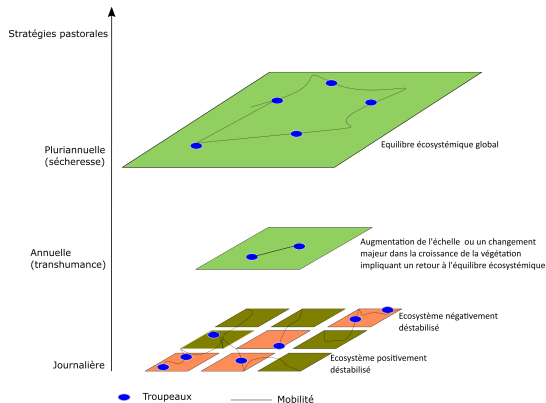


Figure – Déplacement de troupeaux transhumants



# Facteurs de déplacements des transhumants sahéliens

Mois	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Saison en poular	Duungu			Kawle		Dabbuunde			Ceedu			Ceetcelde

Figure – Calendrier pastoral des peuls sénégalais

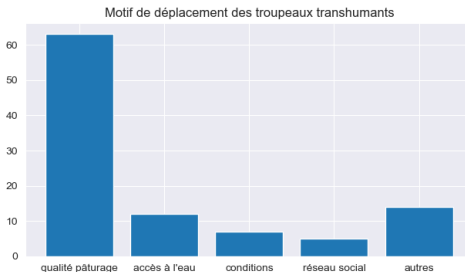


Figure – Motifs de déplacement de transhumants sénégalais (adapté de [Sy, 2015])

# Mécanisme multi-objectif et multiparamétrique du trajet de transhumance

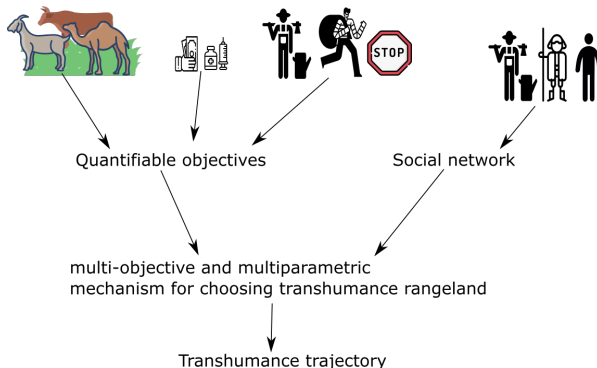


Figure – Mécanisme de choix de trajet de transhumance

# Questions de recherche

- ❶ La transhumance est-elle viable pour l'éleveur ?
- ❷ quels sont les couloirs de transhumance à une échelle fine en fonction du mode de déplacement des transhumants ?
- ❸ quels impacts les animaux transhumants ont sur la végétation ?
- ❹ à quelle échelle modéliser la transhumance ?

# Sommaire

## 1 Contexte et problématique de la thèse

## 2 Epistémologie et modélisation

## 3 Modélisation de la transhumance sahélienne

- Démographie des ruminants transhumants sahéliens en fonction de la pluviométrie
- Analyse de la répartition spatiale des troupeaux transhumants sahéliens
- Déplacements de troupeaux transhumants au Sénégal
- Analyse spatio-temporelle des facteurs de déplacement
- Où nous en sommes

## 4 Perspectives

# Formalisation et modélisation du vivant

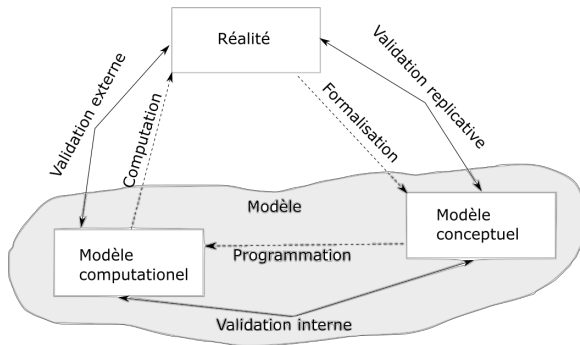


Figure – Etapes de modélisation

A qu'elle échelle macroscopique ou microscopique faut-il modéliser ?  
Quelles conséquences sur la validation ?

# Sommaire

## 1 Contexte et problématique de la thèse

## 2 Epistémologie et modélisation

## 3 Modélisation de la transhumance sahélienne

- Démographie des ruminants transhumants sahéliens en fonction de la pluviométrie
- Analyse de la répartition spatiale des troupeaux transhumants sahéliens
- Déplacements de troupeaux transhumants au Sénégal
- Analyse spatio-temporelle des facteurs de déplacement
- Où nous en sommes

## 4 Perspectives

# Etapes de résolution de la problématique

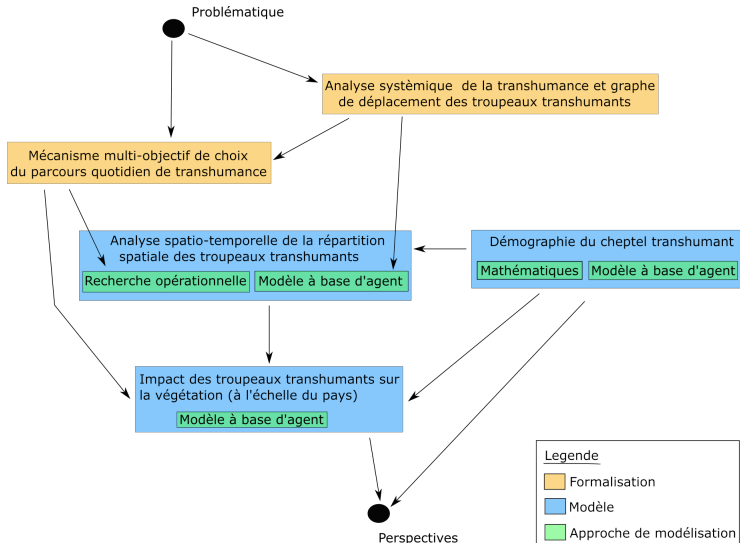


Figure – Démarche de résolution de la problématique de la thèse

# Formalisation du déplacement de troupeaux transhumants sahéliens basée sur une approche systémique et des graphes

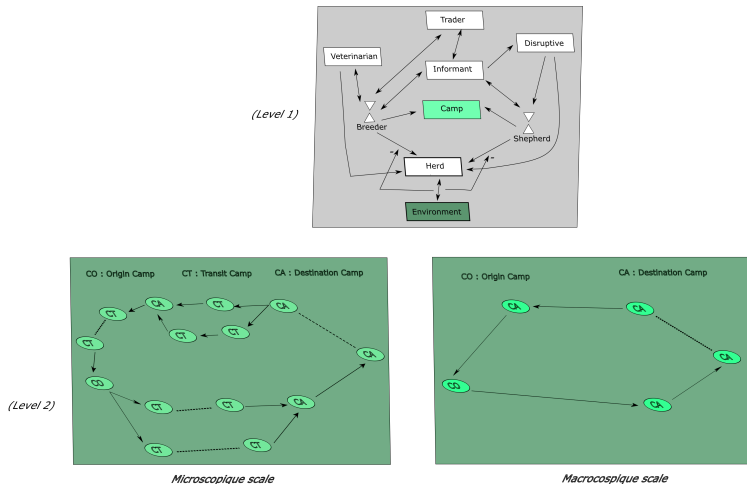


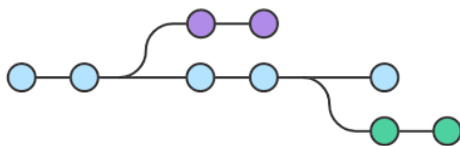
Figure – Formalisation systémique et par graphe de la transhumance



# Démographie des ruminants transhumants sahéliens en fonction de la pluviométrie

## Deux branches

- 1 Branche 1 : démographie des troupeaux transhumants construit à partir des caractéristiques de reproduction (fécondité,prolificité, etc...) de l'animal ;
- 2 Branche 2 : comparaison et discussion des résultats de la branche 1 avec d'autre modèle de démographie de troupeaux transhumants sahéliens construit à partir d'indicateur macroscopique.



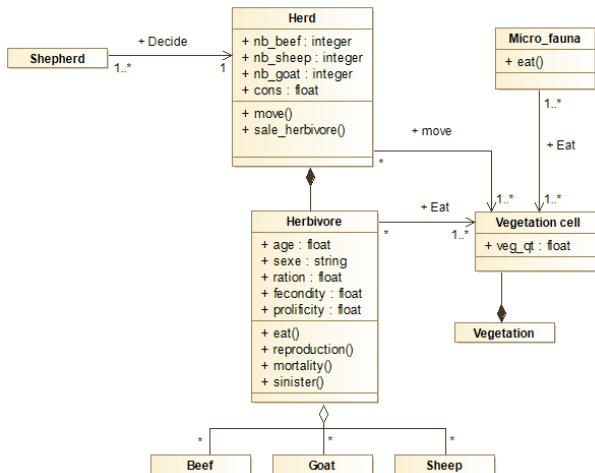


Figure – Diagramme de classe du modèle démographique de troupeaux transhumants sahéliens

# Résultats

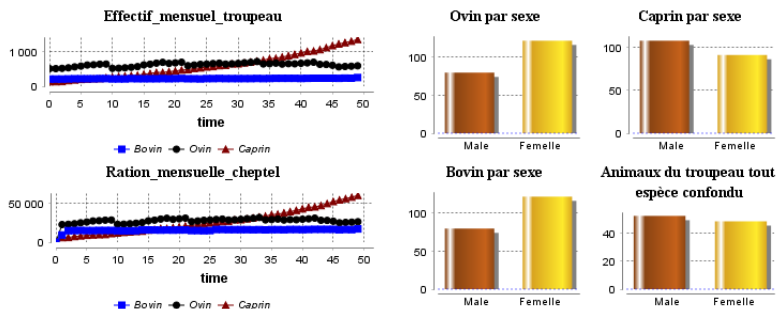


Figure – Répartition démographique des animaux transhumants par espèce et par sexe

Deuxième branche en conception

# Répartition spatio-temporelle de troupeaux transhumants et leur impact sur la végétation

## conditions initiales

- Zone d'étude (Ferlo-bassin arachidier) ;
- groupe d'éleveur (ethnie, calendrier pastoral, etc.) ;
- déplacement fonction du réseau social du transhumant.

## hypothèses de modélisation

- 1 Sur le chemin de transhumance entre les terroirs d'origine et d'accueil il ne manque pas de végétation ;
- 2 une proportion  $p_{veg}$  de la biomasse est pâturable par les troupeaux.

## Sous modèle mathématiques

- Dynamique des populations ;
- dynamique de la végétation [Boudet, 1985].

# Modèle conceptuel : diagramme de classe

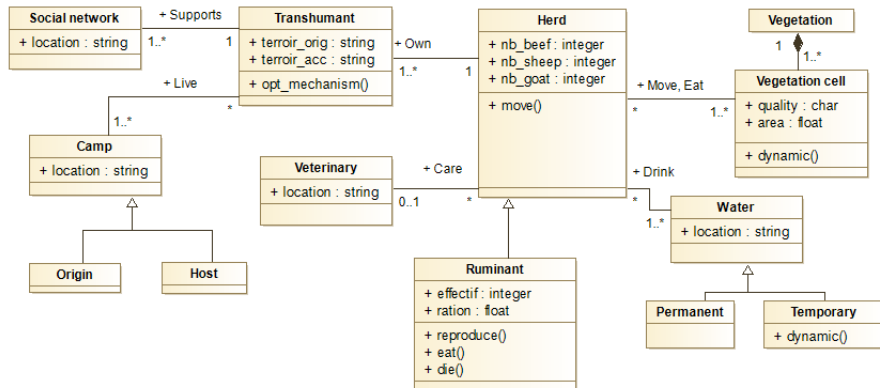
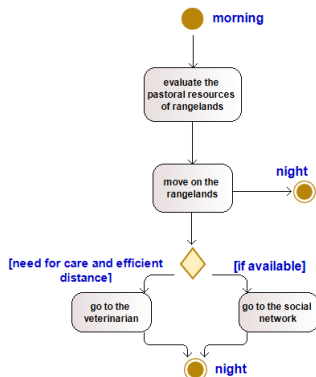
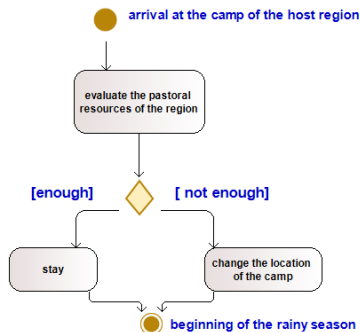


Figure – Diagramme de classe des entités du modèle

# Modèle conceptuel : diagrammes d'activité du transhumant



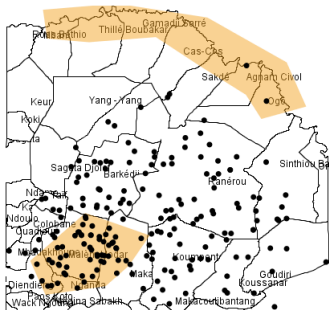
(a) Entre le terroir d'origine et d'accueil



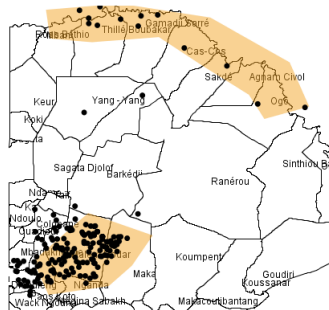
(b) En terroir d'accueil

Figure – Diagrammes d'activité quotidienne du transhumant

# Résultats : scénario de pluviométrie moyenne (375 mm)



(a) 15 november (phase alley of transhumance)



(b) 30 june (return phase of the transhumance)

Figure – Spatial and temporal distribution of transhumant herds during the alley and return phase of transhumance for  $p_{veg} = 70\%$

# Impact des troupeaux transhumants sur la végétation

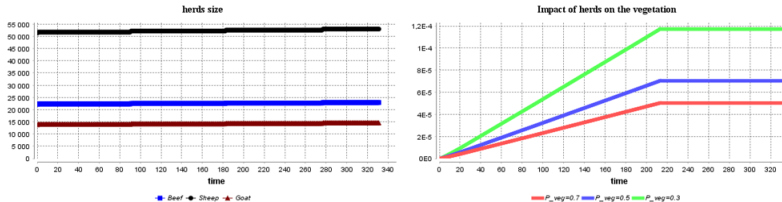


Figure – Impact of 200 herds on the vegetation for  $P = 375 \text{ mm}$

« Résultats conformes aux observations de Assouma [Assouma, 2016] »



# Analyse spatio-temporelle des facteurs de déplacement

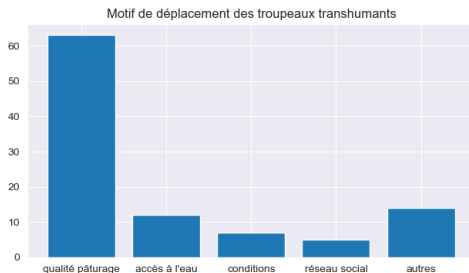


Figure – Motifs de déplacement de transhumants sénégalais (adapté de [Sy, 2015])

## Conditions initiales

- Facteur(s) d'analyse précis ;
- maillage de l'espace en grille d'environ  $10\text{ km} \times 10\text{ km}$ .
- effectif de troupeaux transhumants ;

# Analyse spatio-temporelle des facteurs de déplacement

## Sous modèle mathématiques

- Dynamique de populations ;
- dynamique de la végétation [Boudet, 1985].

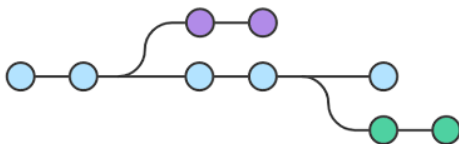
## Résultats attendus

- 1 Carte de densité de troupeaux transhumants ;
- 2 impact des troupeaux transhumants sur la végétation ;

# Branches du modèle

## Deux branches

- 1 Analyse mono-factorielle ;
- 2 analyse bi-factorielle végétation de qualité et eau



# Analyse mono-factorielle : Zone d'étude

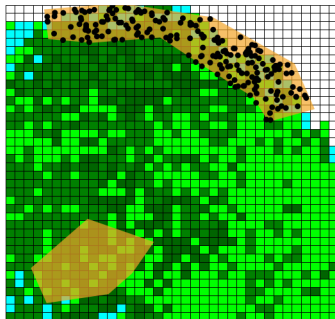


Figure – Zone d'étude maillée

Plus la cellule est verte plus le pâturage y est de bonne qualité

Les cellules bleues contiennent de la végétation pâturable uniquement en saison sèche

Les polygones en oranges représentent les terroirs d'origine (en haut) et d'accueil des troupeaux.

les troupeaux sont représentés par les points noirs

# Résultat

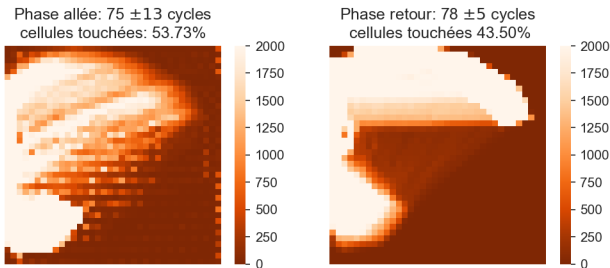


Figure – Cartes de densité de troupeau transhumant en fonction de la végétation de qualité

## Validation

Faits stylisés à partir de traces de colliers GPS.

Deuxième branche en conception

# Où nous en sommes

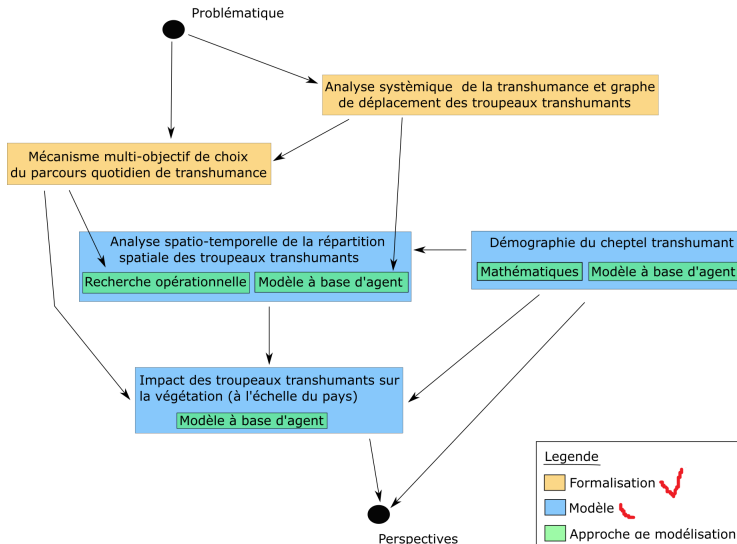


Figure – Démarche de résolution de la problématique de la thèse

# Sommaire

## 1 Contexte et problématique de la thèse

## 2 Epistémologie et modélisation

## 3 Modélisation de la transhumance sahélienne

- Démographie des ruminants transhumants sahéliens en fonction de la pluviométrie
- Analyse de la répartition spatiale des troupeaux transhumants sahéliens
- Déplacements de troupeaux transhumants au Sénégal
- Analyse spatio-temporelle des facteurs de déplacement
- Où nous en sommes

## 4 Perspectives

# Perspectives

- ① Couplage du modèle de transhumance avec des réseaux de neurones ;
- ② graphe de Voronoï.



# Graphe de Voronoï et transhumance

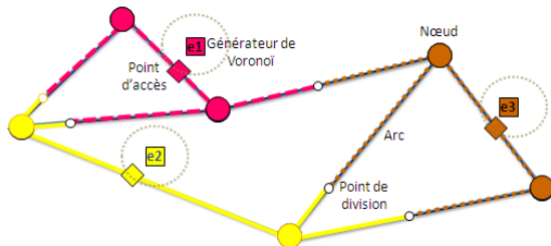


Figure – Graphe de Voronoï généré par les générateurs de Voronoï  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$  [Mabrouk et al., 2013]

FIN

Merci de votre attention !!!

# Bibliographie



Assouma, M. H. (2016).

*Approche écosystémique du bilan des gaz à effet de serre d'un territoire sylvo-pastoral sahélien : contribution de l'élevage.*

thesis, AgroParisTech.



Boudet, G. (1985).

*Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères.*

Number 4 in Manuels et précis d'élevage. Paris, 4e éd edition.



FAO.

Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM) | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.



Mabrouk, A., Boulmakoul, A., Laarabi, H., Sacile, R., and Garbolino, E. (2013).

Graphes de Voronoï Flous basés sur un nouvel opérateur de Tri des Nombres Flous Triangulaires. Tanger, Morocco.



Sy, O. (2015).

Dynamique de la transhumance et perspectives d'un développement intégré dans les régions agro-sylvo-pastorales du Ferlo (Sénégal).