

Variabilité Climatique Et Dynamiques Agro-Pastorales En Province De l'Ituri : Trajectoires Locales De Résilience Dans Les Territoires d'Aru Et De Mahagi, En République Démocratique Du Congo

Michel Bofunga Losimba¹, Faustin Lokinda Litaléma², Olivier Bosela³, Albert Okungo Lotokola⁴, Sylvain Solia Edondoto⁵, Joël Osombause Sango⁶, Jean-Jacques Ngaba Ndjango⁷

¹⁻³Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomiques. Centre de recherche de Nioka, B.P111 BUNIA, Province de l'Ituri, République Démocratique du Congo

⁴⁻⁶Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi, B.P.1232 Kisangani, Province de la Tshopo, République Démocratique du Congo

⁷Institut National pour l'Etude et Recherche Agronomiques. Centre de recherche de Nioka, B.P111 BUNIA, Province de l'Ituri, République Démocratique du Congo

Auteur Correspondant : LOKINDA LITALEMA Faustin, jflokinda@gmail.com



Résumé: Cette étude analyse les réponses locales à la variabilité climatique dans deux territoires agro-pastoraux du nord-est de la République démocratique du Congo, Aru et Mahagi (province de l'Ituri). Elle repose sur un dispositif mixte associant une enquête auprès de 160 exploitations d'éleveurs (80 par territoire), un inventaire floristique détaillé des ressources pastorales, une analyse diachronique de l'occupation du sol (2010–2020) par télédétection, et l'exploitation d'une série de températures satellitaires NASA POWER (1990–2025) permettant de confronter les perceptions paysannes à l'enregistrement climatique instrumental. Les résultats montrent que les éleveurs des deux territoires perçoivent de manière convergente une intensification de la chaleur, une irrégularité croissante des pluies et une fréquence accrue des sécheresses perception globalement corroborée par un réchauffement régional net mais irrégulier (+0,98 °C entre 1990–1994 et 2021–2025, marqué par un pic vers 2005 et une reprise depuis 2020), avec des effets écologiques nettement différenciés : Aru conserve un cortège fourrager dominé par des espèces de bonne valeur pastorale (*Panicum maximum*, *Sporobolus pyramidalis*, *Stylosanthes gracilis*), tandis que Mahagi présente une progression marquée d'espèces pionnières indicatrices de dégradation (*Eleusine indica*, *Pennisetum plectostachyon*), associée à une fragmentation plus forte du couvert végétal. Les profils socio-économiques des éleveurs, significativement différents entre les deux sites (genre, niveau d'instruction, statut socio-professionnel), influencent la nature des stratégies d'adaptation déployées : diversification fourragère et valorisation ligneuse à Aru, restauration des sols et régénération des pâturages à Mahagi. L'étude conclut à la nécessité de réponses territorialisées à la gestion durable des pâturages, articulant dynamiques sociales, écologiques et climatiques propres à chaque contexte.

Mots-clés : Changement Climatique ; Systèmes Agro-Pastoraux ; Résilience ; Gestion Des Pâturages ; Ituri ; République Démocratique Du Congo.

Abstract: This study examines local responses to climate variability in two agro-pastoral territories of north-eastern Democratic Republic of the Congo, Aru and Mahagi (Ituri province). It draws on a mixed-methods design combining a survey of 160 livestock farms (80 per territory), a detailed floristic inventory of pastoral resources, a diachronic land-cover analysis (2010–2020) based on remote sensing, and a NASA POWER satellite temperature record (1990–2025) used to confront farmers' perceptions with the instrumental climate record. Findings show that herders in both territories converge in perceiving rising temperatures, increasingly erratic rainfall and more frequent droughts — a perception broadly corroborated by a net but irregular regional warming (+0.98 °C

between 1990–1994 and 2021–2025, with a peak around 2005 and renewed warming since 2020) — but with markedly different ecological outcomes: Aru retains a forage cover dominated by high-value pastoral species (*Panicum maximum*, *Sporobolus pyramidalis*, *Stylosanthes gracilis*), whereas Mahagi shows a marked increase in pioneer species indicative of degradation (*Eleusine indica*, *Pennisetum plectostachyon*), together with stronger fragmentation of vegetation cover. Farmers' socio-economic profiles, which differ significantly between the two sites (gender, education, occupational status), shape the adaptation strategies deployed: forage diversification and woody-species use in Aru, soil restoration and pasture regeneration in Mahagi. The study concludes that sustainable rangeland management requires territorially differentiated responses that jointly address the social, ecological and climatic dynamics specific to each context.

Keywords: Climate Change; Agro-Pastoral Systems; Resilience; Rangeland Management; Ituri; Democratic Republic Of The Congo.

I. Introduction

L'adaptation des systèmes agro-pastoraux au changement climatique constitue, en Ituri et plus particulièrement dans les territoires d'Aru et de Mahagi, un enjeu majeur pour la gestion durable des ressources naturelles et la résilience des communautés locales. Combinant agriculture et élevage, ces systèmes jouent un rôle central dans la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance de plusieurs centaines de milliers de personnes dans la région. La variabilité climatique croissante sécheresses prolongées, vagues de chaleur, irrégularité accrue des précipitations perturbe cependant les équilibres écologiques et socio-économiques sur lesquels ils reposent. À l'échelle du continent, les zones de transition pastorale et agropastorale devront de plus en plus composer avec le stress thermique subi par le bétail et les changements systémiques qu'il impose (Thornton et al., 2024), en s'appuyant notamment sur les savoirs locaux d'adaptation déjà mobilisés ailleurs sur le continent (Zougmore et al., 2023).

Les stratégies d'adaptation déployées par les populations d'Aru et de Mahagi combinent innovations récentes et pratiques traditionnelles : adoption de variétés fourragères résistantes à la sécheresse, diversification des revenus, gestion adaptée de l'eau et des sols (Kiyombo et al., 2020). Elles demeurent toutefois insuffisantes face aux contraintes d'accès aux ressources financières, techniques et institutionnelles et aux conflits récurrents — d'où la nécessité d'une approche intégrée associant communautés locales, gouvernance de l'eau et renforcement des capacités, dans la ligne des projets d'adaptation que la RDC déploie désormais dans les provinces de l'Est grâce au Fonds pour les pays les moins avancés (PNUD, 2025).

En RDC, les systèmes d'élevage pastoral valorisent efficacement des territoires agro-climatiquement contraints, contribuant à l'approvisionnement alimentaire et à l'économie locale ; le changement climatique y représente une menace croissante pour les performances animales comme pour la disponibilité des ressources pastorales — une dynamique de dégradation des parcours et de perte de productivité que confirme une revue systématique récente à l'échelle de l'Afrique subsaharienne (Slayi et al., 2024). Ces effets, déjà observés en Ituri, sont particulièrement visibles à Aru et à Mahagi, où vagues de chaleur et raréfaction des précipitations perturbent les cycles de croissance des herbes ; plusieurs travaux font état d'une baisse de 20 à 30 % de la production fourragère au cours de la dernière décennie, et des modélisations combinant climat régional et distribution d'espèces confirment, à l'échelle est-africaine, un déplacement géographique marqué de plusieurs graminées fourragères clés d'ici la fin du siècle (Messmer et al., 2024).

Ces effets sont exacerbés par l'insécurité dans des territoires voisins comme Djugu et Irumu, les déplacements de population et la présence croissante d'éleveurs transhumants Mbororo. À l'échelle de la RDC, l'insécurité et l'exploitation minière artisanale dans l'Est du pays sont désormais identifiées comme des moteurs de déforestation plus importants qu'on ne le pensait, alimentant un cercle vicieux entre conflit, perte de couvert végétal et fragilisation des moyens de subsistance ruraux (Ladewig et al., 2024) ; la sécheresse, en affectant la croissance des prairies, accroît en outre le risque d'incendies en saison sèche. Les changements dans les régimes de précipitations perturbent également les calendriers de semis et de récolte, aggravant la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des populations locales.

Ces conséquences dépassent la seule agriculture : le stress thermique et les événements extrêmes affectent la santé animale et la productivité des sols, et les espèces fourragères — graminées et légumineuses — y sont particulièrement vulnérables, ce qui

réduit la diversité et la qualité des ressources disponibles (Slayi et al., 2024). Cette pression sur les terres est redoublée par une déforestation qui progresse à l'échelle du bassin du Congo — la RDC a enregistré en 2024 un niveau record de perte de forêt primaire, tiré par l'agriculture de subsistance et, dans les provinces orientales, par l'insécurité et l'exploitation minière artisanale (Global Forest Watch, 2026) ; l'agriculture itinérante sur brûlis y demeure le principal moteur de dégradation forestière, loin devant l'exploitation industrielle du bois (Besisa Nguba et al., 2025). Dans ce contexte, comprendre comment les communautés locales perçoivent ces changements, quelles stratégies elles mobilisent et comment ces dynamiques s'articulent avec les transformations des sols et des pâturages devient essentiel : l'originalité de ce travail réside dans l'analyse conjointe des dimensions sociales, écologiques et biophysiques de deux territoires géographiquement proches mais aux trajectoires contrastées.

L'objectif principal est d'identifier et d'évaluer les dynamiques locales et les stratégies de résilience au changement climatique mises en place par les éleveurs d'Aru et de Mahagi, et de déterminer dans quelle mesure elles sont influencées par les techniques culturelles dominantes, en vue de définir les bases d'une gestion résiliente des pâturages. Spécifiquement, il s'agira d'identifier les principaux défis posés par le changement climatique sur les systèmes agro-pastoraux des éleveurs d'Aru et de Mahagi ; déterminer les trajectoires locales de résilience dans les deux territoires ; et proposer des pistes d'amélioration des techniques de gestion des pâturages, résilientes sur les plans économique et social.

II. Matériel et méthode

La méthodologie combine revue de la littérature, observation directe et entretiens avec les acteurs des deux territoires, dont elle présente successivement la zone d'étude, la délimitation du champ, les techniques d'investigation, l'échantillonnage et les méthodes d'analyse.

2.1. Zone d'étude : les territoires d'Aru et de Mahagi

Deux sites ont été retenus Aru et Mahagi, province de l'Ituri, nord-est de la RDC en raison de leur diversité éco-climatique, propice à l'étude des impacts du changement climatique sur les systèmes agro-pastoraux et des stratégies locales d'adaptation. Aru se caractérise par un relief modéré de plateaux (1 000–1 500 m d'altitude), des savanes et prairies favorables à l'élevage extensif et un climat semi-aride marqué par des sécheresses prolongées, qui affectent les rendements fourragers (Kamuanga et al., 2008) et rendent les systèmes de production vulnérables aux fluctuations pluviométriques (Deressa et al., 2009). Mahagi, plus à l'est (1°54'–2°54' N ; 30°06'–31°18' E), présente un environnement plus humide, un climat de type équatorial et des zones forestières et marécageuses propices à l'agriculture comme à l'élevage extensif ; ses ressources en eau, relativement abondantes, restent exposées à la variabilité climatique et aux pressions anthropiques, déforestation, exploitation non durable des ressources (Apata et al., 2009 ; UICN, 2010).

Bien que climatiquement et écologiquement distincts, les deux territoires partagent des enjeux communs de gestion des pâturages et de résilience climatique, ce qui justifie leur étude conjointe (Ndiaye et al., 2021).

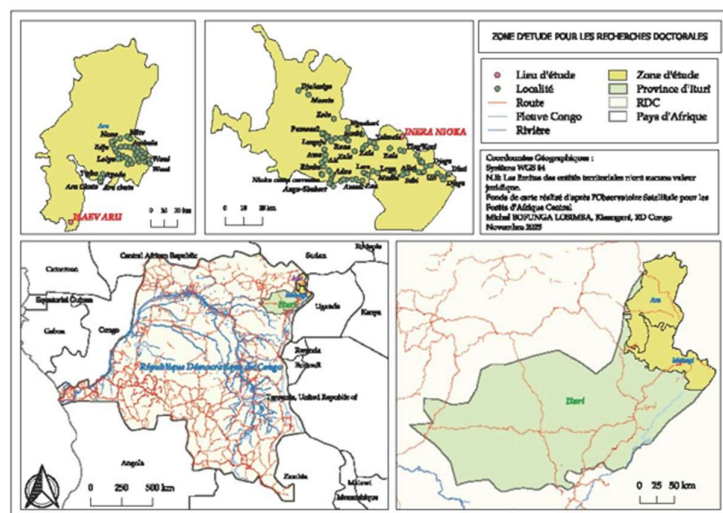


Figure 1. Localisation de la zone d'étude — territoires d'Aru et de Mahagi (province de l'Ituri, RDC)

2.2. Délimitation, climat et échantillonnage

Aru présente un climat tropical humide de type Aw (Köppen), avec une saison sèche de novembre à février et une saison des pluies de mars à octobre marquée par des pics en mai-juillet, sous l'influence des masses d'air du sud-ouest (CAID, 2023). Mahagi, de climat tropical avec une influence sensible du relief central, affiche des températures moyennes annuelles de 25 à 30 °C et une pluviométrie moyenne de 600,8 mm/an, répartie en une grande et une petite saison sèche et pluvieuse (CAID, 2023).

L'enquête, mixte (qualitative et quantitative, entretiens semi-directifs et observation directe), a porté sur quatre volets : la perception des éleveurs sur le changement climatique (saisons, températures, régime des pluies), ses causes perçues, ses impacts sur la gestion du pâturage, et les stratégies d'adaptation mobilisées. Elle a été complétée par une recherche documentaire sur les données climatiques et environnementales historiques de l'Ituri et par une cartographie des ressources naturelles par SIG. Le dépouillement a mobilisé KoBoCollect pour la collecte et le traitement initial, Microsoft Word et Excel pour la rédaction et la mise en forme des données. Au total, 160 exploitations d'éleveurs ont été enquêtées (80 par territoire), l'échantillonnage tenant compte de la disponibilité des éleveurs, de la répartition territoriale, de la taille et de la composition des troupeaux et de la structure familiale.

2.3. Analyse des données

Les analyses statistiques ont été réalisées sous Statistica 10 : tests du Khi-carré d'indépendance (avec V de Cramér pour l'ampleur de l'effet), ANOVA, tests de normalité et de comparaison multiple (LSD) pour les données d'enquête ; indices de diversité de Shannon-Wiener (H'), d'équitabilité de Pielou (J) et de Simpson (1-D), ainsi que l'indice de similarité de Sørensen, pour la composition floristique. Les analyses spatiales ont mobilisé ArcGIS, QGIS et Google Earth Pro pour les cartes d'occupation du sol ; les données qualitatives ont été traitées par analyse thématique de contenu.

2.4. Données climatiques historiques

La série de températures moyennes mensuelles à 2 m (T2M) du produit NASA POWER a été mobilisée pour 1990–2025 sur une grille de résolution $\approx 0,5^\circ \times 0,625^\circ$. Un sous-ensemble de 18 mailles couvrant la partie orientale de l'Ituri ($1,5^\circ$ – $4,0^\circ$ N ; $30,0^\circ$ – $31,25^\circ$ E) a servi à construire une série régionale annuelle, complétée par deux mailles ponctuelles proches d'Aru ($3,0^\circ$ N ; $30,625^\circ$ E) et de Mahagi ($2,5^\circ$ N ; $31,25^\circ$ E). La tendance de long terme a été estimée à la fois par régression linéaire (moindres carrés, avec intervalle de confiance à 95 %) et par le test non paramétrique de Mann-Kendall associé à l'estimateur de pente de Sen — plus robuste à la non-normalité et aux valeurs extrêmes typiques des séries climatiques — la significativité étant testée au

1295

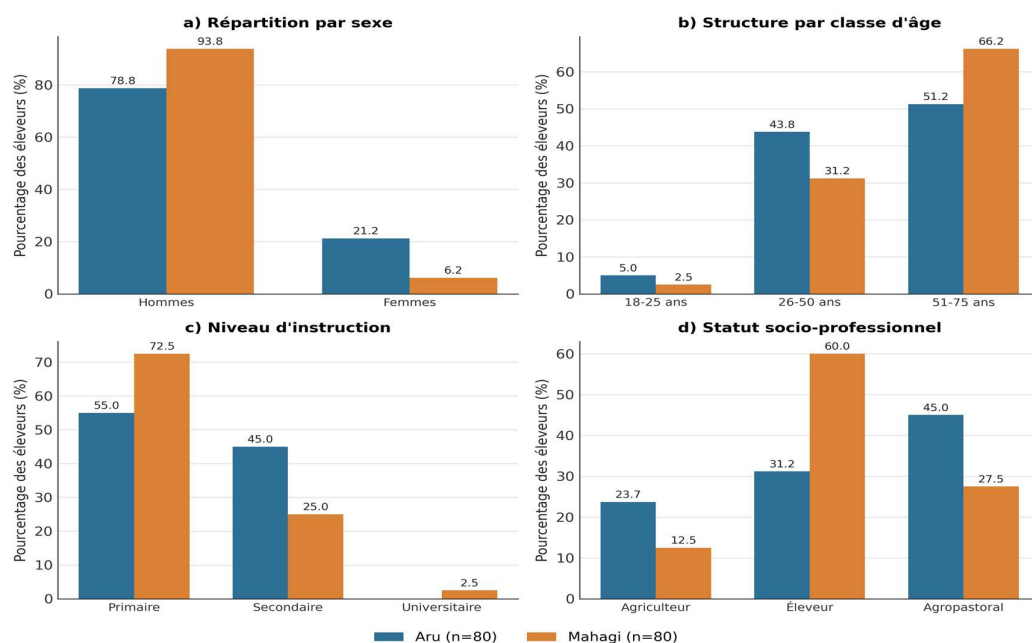
Tableau 1. Caractéristiques socio-économiques des éleveurs d'Aru et de Mahagi

N°	Variables	Catégories	Eff. Aru (n = 80)	% Aru	Eff. Mahagi (n = 80)	% Mahagi
01	Sexe	Masculin	63	78,8	75	93,8
		Féminin	17	21,2	5	6,3
02	Âge (ans)	18–25	4	5,0	2	2,5
		26–50	35	43,8	25	31,2
		51–75	41	51,2	53	66,2
03	Niveau d'éducation	Primaire	44	55,0	58	72,5
		Secondaire	36	45,0	20	25,0
		Universitaire	0	0,0	2	2,5
04	Statut socio-professionnel	Agriculteur	19	23,7	10	12,5
		Éleveur	25	31,2	48	60,0
		Agropastoral	36	45,0	22	27,5

À Mahagi, l'élevage est exercé presque exclusivement par des hommes (93,8 %), traduisant un contrôle masculin marqué sur le bétail, tandis qu'Aru présente une participation féminine plus élevée (21,2 %). Dans les deux territoires, les classes d'âge sont dominées par des éleveurs de 51 à 75 ans (66,2 % à Mahagi, 51,2 % à Aru), signe d'un secteur vieillissant au renouvellement générationnel limité. Les niveaux d'instruction diffèrent : Mahagi reste majoritairement de niveau primaire (72,5 %), tandis qu'Aru affiche davantage d'éleveurs de niveau secondaire (45,0 %). Sur le plan professionnel, Mahagi compte une majorité d'éleveurs spécialisés (60,0 %), tandis qu'Aru montre une forte intégration agropastorale (45,0 %).

Les tests statistiques confirment des contrastes structurants : différence significative pour le sexe ($\chi^2(1) = 6,38$; $p = 0,0116$; V de Cramér = 0,20) et pour le niveau d'éducation ($\chi^2(1) = 4,57$; $p = 0,0325$; $V = 0,17$), différence hautement significative pour le statut socio-professionnel ($\chi^2(2) = 13,42$; $p = 0,0012$; $V = 0,29$), tandis que l'âge ne diffère pas significativement entre les deux territoires ($\chi^2(1) = 3,12$; $p = 0,077$; $V = 0,14$). Ces résultats montrent que les deux systèmes pastoraux reposent sur des fondements sociaux distincts, appelant des approches d'accompagnement différenciées.

Figure 3. Profil socio-économique des éleveurs des territoires d'Aru et de Mahagi



3.3. Caractérisation des systèmes d'élevage

Le **tableau 2** présente la caractérisation des systèmes d'élevage pratiqués à Aru et à Mahagi.

Tableau 2. Caractérisation des systèmes d'élevage pratiqués à Aru et à Mahagi

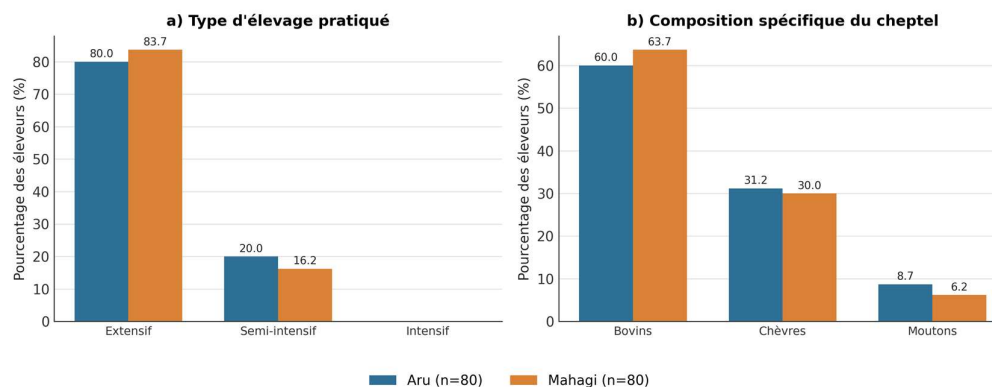
N°	Variables	Catégories	Eff. Aru (n = 80)	% Aru	Eff. Mahagi (n = 80)	% Mahagi
01	Type d'élevage	Extensif	64	80,0	67	83,7
		Semi-intensif	16	20,0	13	16,3
		Intensif	0	0,0	0	0,0
02	Composition du cheptel	Bovins	48	60,0	51	63,7
		Chèvres	25	31,2	24	30,0
		Moutons	7	8,7	5	6,3
03	Taille du troupeau*	1–20 têtes	26	32,5	20	25,0
		21–100 têtes	34	42,5	32	40,0

N°	Variables	Catégories	Eff. Aru (n = 80)	% Aru	Eff. Mahagi (n = 80)	% Mahagi
		101–200 têtes	17	21,2	22	27,5
		> 200 têtes	3	3,8	6	7,5
04	Superficie de pâturage	1–10 ha	28	35,0	28	35,0
		11–20 ha	37	46,2	37	46,2
		21–50 ha	15	18,8	15	18,8

* Classes de taille du troupeau et pourcentages recalculés à partir des effectifs bruts (Enquêtes réalisées en janvier 2025).

L'élevage demeure majoritairement extensif dans les deux territoires (80,0 % à Aru, 83,7 % à Mahagi), l'intensif étant totalement absent. Les cheptels sont dominés par les bovins (60,0 % et 63,7 %), suivis des chèvres (31,2 % et 30,0 %) puis des moutons (8,7 % et 6,3 %). Les tailles de troupeau sont un peu plus étalées vers les grandes tailles à Mahagi (27,5 % pour 101–200 têtes, 7,5 % au-delà de 200) qu'à Aru, structuré autour des classes intermédiaires. Les superficies de pâturage sont identiques dans les deux zones (35,0 % pour 1–10 ha, 46,2 % pour 11–20 ha, 18,8 % pour 21–50 ha), suggérant des contraintes foncières comparables. Le test du Khi-carré appliqué au type d'élevage ne révèle pas de différence significative ($\chi^2 = 0,17$; $p = 0,68$) : la composition des systèmes est statistiquement comparable entre les deux territoires, confirmant la prévalence de pratiques extensives peu intensifiées, typiques des systèmes pastoraux de l'Ituri.

Figure 4. Caractérisation des systèmes d'élevage à Aru et à Mahagi



3.4. Caractérisation des ressources fourragères

Graminées fourragères

Le tableau 3 présente les graminées fourragères recensées dans les territoires d'Aru et de Mahagi.

Tableau 3. Graminées fourragères recensées à Aru et à Mahagi

Espèces	Eff. Aru	% Aru*	Eff. Mahagi	% Mahagi*
<i>Brachiaria sp.</i>	19	7,5	19	5,3
<i>Setaria sp.</i>	13	5,1	17	4,8
<i>Pennisetum purpureum</i>	9	3,6	19	5,3
<i>Digitaria horizontalis</i>	38	15,0	71	19,9
<i>Sporobolus pyramidalis</i>	42	16,6	61	17,1
<i>Hyparrhenia sp.</i>	34	13,4	9	2,5
<i>Panicum maximum</i>	51	20,2	28	7,8
<i>Eleusine indica</i>	0	0,0	31	8,7
<i>Cynodon dactylon</i>	7	2,8	18	5,0
<i>Imperata cylindrica</i>	26	10,3	12	3,4
<i>Acroceras sp.</i>	1	0,4	0	0,0
<i>Centrosema pubescens</i>	0	0,0	7	2,0
<i>Eragrostis sp.</i>	1	0,4	7	2,0
<i>Paspalum sp.</i>	4	1,6	8	2,2
<i>Melinis sp.</i>	5	2,0	5	1,4
<i>Carex sp.</i>	2	0,8	0	0,0
<i>Cymbopogon afronardus</i>	1	0,4	5	1,4
<i>Cenchrus clandestinus</i>	0	0,0	10	2,8
<i>Cyperus papyrus</i>	0	0,0	3	0,8
<i>Loudetia arundinacea</i>	0	0,0	7	2,0
<i>Pennisetum plectostachyon</i>	0	0,0	14	3,9
<i>Andropogon sp.</i>	0	0,0	6	1,7

* Pourcentages calculés sur le total des citations par territoire (Aru : n = 253 ; Mahagi : n = 357). Espèces identifiées au rang générique lorsque l'épithète n'était pas renseignée sans ambiguïté.

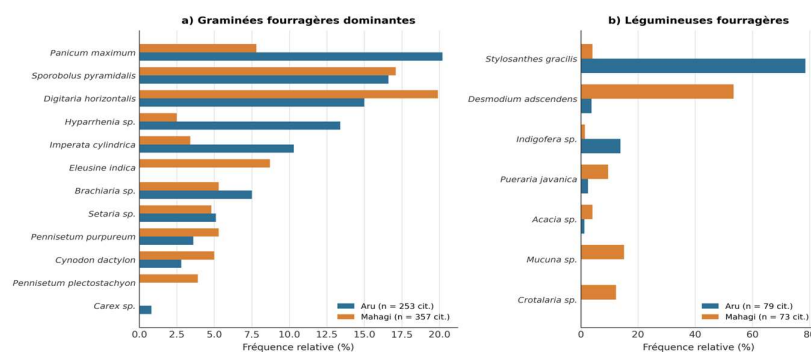
Légumineuses fourragères

Tableau 4. Légumineuses fourragères recensées à Aru et à Mahagi

Espèces	Eff. Aru	% Aru*	Eff. Mahagi	% Mahagi*
<i>Stylosanthes gracilis</i>	62	78,5	3	4,1
<i>Indigofera sp.</i>	11	13,9	1	1,4
<i>Desmodium adscendens</i>	3	3,8	39	53,4
<i>Pueraria javanica</i>	2	2,5	7	9,6
<i>Acacia sp.</i>	1	1,3	3	4,1
<i>Mucuna sp.</i>	0	0,0	11	15,1
<i>Crotalaria sp.</i>	0	0,0	9	12,3

* Pourcentages recalculés sur le total des citations effectivement recensées par territoire (Aru : n = 79 ; Mahagi : n = 73).

Figure 5. Composition du cortège fourrager à Aru et à Mahagi



A Aru, la dominance de *Panicum maximum* (20,2 %), *Sporobolus pyramidalis* (16,6 %) et *Digitaria horizontalis* (15,0 %), associée à celle de *Stylosanthes gracilis* parmi les légumineuses (78,5 %), traduit des pâturages productifs et peu perturbés ; la forte présence d'*Hyparrhenia sp.* (13,4 %) et l'absence d'*Eleusine indica* confirment un milieu moins dégradé. Au niveau de Mahagi, si *Digitaria horizontalis* (19,9 %) et *Sporobolus pyramidalis* (17,1 %) restent dominants parmi les graminées, l'assemblage se distingue par une forte proportion d'espèces pionnières (*Eleusine indica* 8,7 %, *Pennisetum plectostachyon* 3,9 %, *Cenchrus clandestinus* 2,8 %) et, chez les légumineuses, par la dominance de *Desmodium adscendens* (53,4 %, plus de la moitié des citations), *Mucuna sp.* (15,1 %) et *Crotalaria sp.* (12,3 %) des espèces associées à des milieux plus perturbés. Notons qu'*Indigofera sp.*, bien représenté à Aru (13,9 %), est quasi absent à Mahagi (1,4 %), à l'inverse de *Stylosanthes gracilis* (4,1 %) : ce contraste rejoint les projections régionales de modification de l'aire de répartition des principales graminées fourragères est-africaines sous l'effet du changement climatique (Messmer et al., 2024). Le test du Khi-carré confirme une différence hautement significative entre les cortèges floristiques des deux territoires (χ^2 très élevé, $p < 0,001$).

Diversité floristique : une lecture complémentaire aux tests d'association

Tableau 5. Indices de diversité floristique (Shannon-Wiener H', équitabilité de Pielou J, Simpson 1-D)

Compartiment	Richesse (S)	Shannon (H')	Équitabilité (J)	Simpson (1-D)
Graminées — Aru	15	2,22	0,82	0,87
Graminées — Mahagi	20	2,62	0,88	0,90
Légumineuses — Aru	5	0,74	0,46	0,36
Légumineuses — Mahagi	7	1,42	0,73	0,66
Ensemble — Aru	20	2,42	0,81	0,89
Ensemble — Mahagi	27	2,87	0,87	0,92

Contrairement à une lecture intuitive, les indices de diversité sont systématiquement plus élevés à Mahagi qu'à Aru (richesse $S = 27$ contre 20 espèces ; $H' = 2,87$ contre 2,42), avec un indice de similarité de composition (Sørensen) de 0,77 entre les deux cortèges. Ce résultat n'est pas contradictoire avec la moindre valeur pastorale du couvert de Mahagi : conformément à l'écologie classique des perturbations, la richesse et l'équitabilité y augmentent parce que la pression pastorale et la dégradation favorisent l'installation d'un plus grand nombre d'espèces pionnières et rudérales (*Eleusine indica*, *Cenchrus clandestinus*, *Mucuna* sp., *Crotalaria* sp.), qui viennent s'ajouter au fonds commun sans remplacer les espèces de haute valeur fourragère.

A Aru, à l'inverse, la plus faible diversité en particulier chez les légumineuses ($H' = 0,74$; $J = 0,46$) traduit une monodominance fonctionnelle de *Stylosanthes gracilis*, signature d'un pâturage stable et peu perturbé plutôt que d'une pauvreté écologique. La diversité brute ne doit donc pas être interprétée seule comme un indicateur de qualité pastorale, mais toujours conjointement à la valeur fourragère des espèces dominantes.

Tendances thermiques historiques (1990–2025) : une lecture instrumentale

Avant d'examiner la perception des aléas climatiques par les éleveurs, il est utile de la confronter à l'enregistrement thermique instrumental. La série régionale (moyenne de 18 mailles NASA POWER couvrant Aru et Mahagi) présente une hausse d'ensemble sur 1990–2025, mais non significative selon la régression OLS (pente = +0,13 °C/décennie ; $p = 0,23$; $R^2 = 0,04$) ni selon le test non paramétrique de Mann-Kendall, plus robuste aux séries climatiques ($Z = 1,35$; $p = 0,18$), avec une pente de Sen de +0,15 °C/décennie du même ordre de grandeur : le signal se caractérise par une forte variabilité interannuelle et décennale plutôt que par une tendance monotone.

La trajectoire se déploie en trois temps : la décennie 1990–1999, la plus fraîche (23,22 °C) ; 2000–2009, marquée par une hausse nette (24,50 °C, +1,28 °C), avec 2005 comme année la plus chaude de la série (25,24 °C) ; 2010–2019, un repli relatif (23,55 °C) ; puis 2020–2025, une reprise du réchauffement (23,84 °C en moyenne, 24,01 °C sur 2021–2025 contre 23,04 °C en 1990–1994, soit +0,98 °C entre ces deux fenêtres), 2023 à 2025 figurant parmi les années les plus chaudes depuis le pic de 2005.

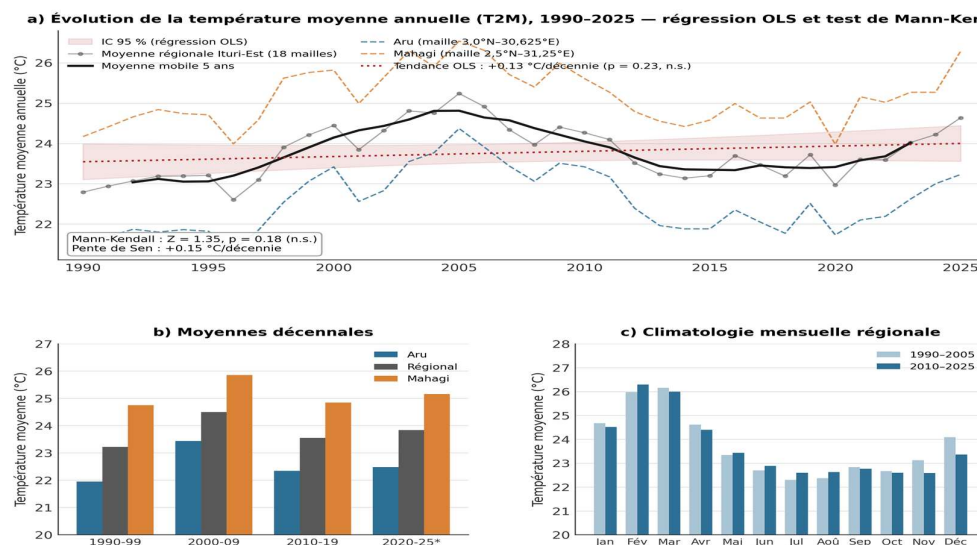


Figure 8. Tendances thermiques dans la région d'Aru et Mahagi, 1990-2025 (NASA POWER, T2M)

La maille la plus proche de Mahagi affiche des températures systématiquement supérieures de 2,7 à 2,9 °C à celle d'Aru, un contraste altitudinal qui n'apparaît pas dans les perceptions déclarées les éleveurs jugeant vraisemblablement la hausse relative à leur propre référence locale plutôt que le niveau absolu. Le réchauffement, par ailleurs, ne se répartit pas uniformément sur l'année (climatologie 1990–2005 vs 2010–2025) : il est concentré sur février et sur juin–août (+0,19 à +0,30 °C), tandis que novembre à décembre affichent un léger refroidissement relatif (–0,53 à –0,74 °C), cohérent avec la perception d'une intensification du stress thermique surtout en saison sèche.

Ces résultats invitent à une lecture nuancée : la hausse rapportée par 40 à 43 % des éleveurs trouve un appui empirique dans le réchauffement net entre les années 1990 et 2020–2025, mais celui-ci est irrégulier pic en 2005, repli dans les années 2010, reprise depuis 2020 plutôt que progressif, ce que confirment de façon convergente les deux méthodes statistiques mobilisées (OLS et Mann-Kendall/Sen).

Perception des aléas climatiques et stratégies d'adaptation

Le tableau 6 présente la perception des aléas climatiques par les éleveurs d'Aru et de Mahagi.

Tableau 6. Perception des aléas climatiques et stratégies d'adaptation des éleveurs d'Aru et de Mahagi

N°	Variables	Catégories	Eff. Aru	% Aru	Eff. Mahagi	% Mahagi
01	Changements climatiques observés (10–20 dernières années)*	Hausse des températures	32	40,0	34	42,5
		Diminution des pluies	18	22,5	16	20,0
		Sécheresses fréquentes	14	17,5	17	21,2
		Pluies irrégulières	9	11,2	8	10,0
		Inondations	7	8,7	5	6,3
02	Causes perçues du changement climatique*	Causes naturelles	29	36,2	34	42,5
		Déforestation	27	33,7	32	40,0
		Changement climatique global	13	16,2	17	21,2
		Activités humaines locales	11	13,7	8	10,0
03	Secteurs perçus comme affectés*	Production agricole	29	36,2	36	45,0
		Production fourragère	28	35,0	31	38,7
		Activités d'élevage	23	28,7	17	21,2
04	Fourrages perçus comme résistants*	<i>Panicum maximum</i>	13	16,2	23	28,7
		<i>Acacia</i> sp.	16	20,0	0	0,0
		<i>Stylosanthes gracilis</i>	15	18,7	16	20,0
		<i>Pennisetum purpureum</i>	12	15,0	17	21,2
		<i>Cynodon dactylon</i>	12	15,0	24	30,0
05	Stratégies d'adaptation*	Reboisement	21	26,2	19	23,8

N°	Variables	Catégories	Eff. Aru	% Aru	Eff. Mahagi	% Mahagi
		Mise en jachère	15	18,7	21	26,2
		Diversification des fourrages	13	16,2	16	20,0
		Migration / transhumance	11	13,7	8	10,0
		Stockage de fourrages	9	11,2	9	11,2
		Utilisation de semences améliorées	8	10,0	12	15,0
		Réduction du cheptel	3	3,8	4	5,0

* Questions à réponses multiples ($n = 80$ par territoire, total > 100 % possible). Espèces résistantes citées sans effectif quantifié (*Setaria sp.*, *Chloris gayana*, *Crotalaria sp.*, *Brachiaria sp.*, *Loudetia arundinacea*, *Hyparrhenia sp.*) regroupées en mentions qualitatives.

Dans les deux zones, les éleveurs identifient en priorité la hausse des températures (40,0 % à Aru ; 42,5 % à Mahagi) puis les sécheresses fréquentes (17,5 % et 21,2 %). La diminution et l'irrégularité des pluies sont un peu plus citées à Aru (22,5 % et 11,2 %) qu'à Mahagi (20,0 % et 10,0 %), tandis que les inondations restent secondaires partout, confirmant la prédominance des perturbations liées au déficit hydrique. Les causes perçues combinent causes naturelles (36,2 % à Aru ; 42,5 % à Mahagi) et déforestation (33,7 % ; 40,0 %), Mahagi y associant davantage la pression agricole et démographique, Aru une vision plus diversifiée (« activités humaines locales » 13,7 % ; « changement global » 16,2 %).

Les impacts perçus touchent en priorité la production agricole (36,2 % à Aru ; 45,0 % à Mahagi) puis fourragère (35,0 % ; 38,7 %), cohérents avec la dégradation floristique observée à Mahagi ; les activités d'élevage sont, elles, davantage affectées à Aru (28,7 % contre 21,2 %), en lien avec sa dépendance plus forte aux pâturages naturels. Côté fourrages résistants, Aru cite surtout *Acacia sp.* (20,0 %) et *Stylosanthes gracilis* (18,7 %), Mahagi *Cynodon dactylon* (30,0 %) et *Panicum maximum* (28,7 %) un recours accru aux espèces tolérantes à la sécheresse. Les stratégies d'adaptation partagent le reboisement comme priorité commune (26,2 % à Aru ; 23,8 % à Mahagi), mais la mise en jachère (26,2 % contre 18,7 %) et la diversification fourragère (20,0 % contre 16,2 %) sont plus mobilisées à Mahagi, tandis que la migration/transhumance reste marginale partout.

Ces résultats convergent vers une lecture différenciée : Aru perçoit davantage la variabilité pluviométrique et répond par la diversification et la valorisation des ressources ligneuses ; Mahagi, plus exposé aux effets cumulatifs de la dégradation des sols et de la pression humaine, privilégie la restauration fourragère et la régénération des terres deux trajectoires qui appellent des approches d'adaptation territorialisées.

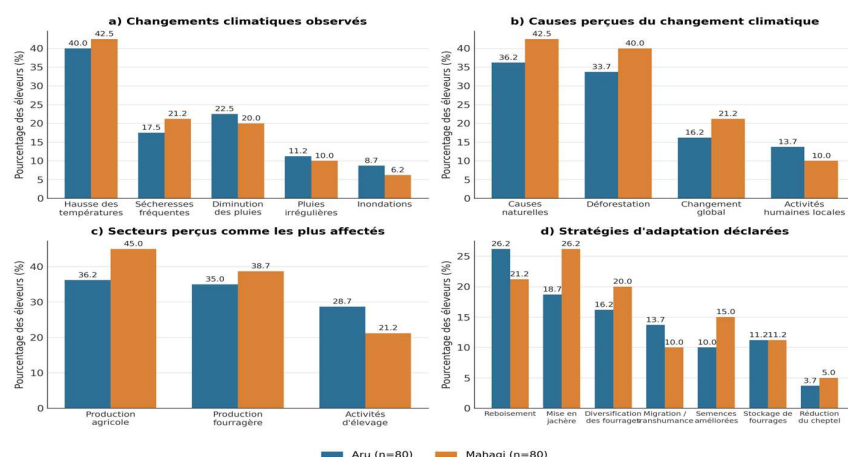


Figure 7. Perception des aléas climatiques et stratégies d'adaptation des éleveurs

IV. Discussion générale

Les analyses socio-économiques, floristiques et climatiques menées à Aru et à Mahagi s'inscrivent dans un contexte régional marqué par l'intensification des usages du sol, la variabilité climatique croissante et la transformation des systèmes d'élevage (Nori et Davies, 2007 ; Bensmira et al., 2015). Les divergences floristiques observées entre 2010 et 2020 témoignent de pressions anthropiques différenciées, tandis que les perceptions locales du changement climatique éclairent les stratégies de résilience des éleveurs, en écho à Gerber et al. (2013) et Agrawala et al. (2005).

Cette dynamique de conversion accélérée des terres et d'irrégularité des saisons (Lehoury et al., 2021) conduit à une simplification des cortèges floristiques et à une perte de fonctions écologiques, la résilience des systèmes agropastoraux d'Afrique centrale dépendant étroitement de la gestion adaptative des pâturages (Corniaux et Alary, 2023). Les différences entre Aru et Mahagi ne tiennent donc pas qu'aux pratiques actuelles, mais à une dynamique structurelle articulant climat, usage du sol et pression anthropique. La comparaison des structures sociales révèle des divergences marquées répartition hommes/femmes ($\chi^2 = 6,38$; $p = 0,0116$) cohérente avec Nori et al. (2008), niveau d'instruction ($p = 0,0325$) influençant l'adoption des stratégies d'adaptation (Agrawala et al., 2005), statuts socio-professionnels opposés ($p = 0,0012$) entre un territoire agropastoral (Aru) et un territoire plus spécialisé (Mahagi).

Les analyses floristiques confirment que les deux territoires se trouvent dans des états écologiques distincts (χ^2 très élevé, $p < 0,001$), en cohérence avec le modèle des états et transitions de Westoby et al. (1989) : à Aru, la dominance d'espèces à forte valeur fourragère indique un système encore résilient ; à Mahagi, la prédominance d'espèces pionnières révèle un environnement dégradé sous forte pression pastorale, comme le confirment Ruget et al. (2012) et Richard et Ibebeke (2023). Les indices de diversité floristique nuancent toutefois cette lecture : leur valeur plus élevée à Mahagi ne traduit pas un couvert de meilleure qualité, mais l'enrichissement en espèces pionnières et rudérales typique des pâturages perturbés une distinction essentielle entre diversité brute et valeur pastorale fonctionnelle.

La mise en regard des perceptions déclarées avec la série instrumentale NASA POWER (1990–2025, figure 8) apporte un éclairage complémentaire : un réchauffement régional net est observé entre 1990 et la période récente (+0,98 °C entre 1990–1994 et 2021–2025), confirmé de façon convergente par la régression OLS et par le test de Mann-Kendall, mais ce réchauffement n'est ni linéaire ni continu pic en 2005, repli dans les années 2010, reprise depuis 2020.

Ce profil, conjugué à une résolution spatiale qui ne capture pas les effets microclimatiques de la dégradation du couvert végétal (figure 2), suggère que la perception paysanne d'une chaleur croissante repose autant sur l'expérience récente d'épisodes chauds et sur l'érosion du couvert arboré protecteur que sur une tendance de fond strictement monotone un phénomène de mémoire

climatique récente déjà relevé en Afrique subsaharienne (Deressa et al., 2009). Ces perceptions restent cohérentes avec les projections du GIEC (IPCC, 2013) et les analyses de Gerber et al. (2013), et les stratégies observées reboisement à Aru, diversification fourragère à Mahagi confirment que les deux trajectoires divergent : Aru pourrait se stabiliser par une gestion durable associant graminées et légumineuses stabilisatrices, tandis que Mahagi nécessite des interventions de restauration plus soutenues, dans la ligne des travaux de Scoones (1994) et du CIRAD sur la co-construction des innovations avec les éleveurs (Corniaux et al., 2012).

V. Conclusion

Les résultats présentés confirment la pertinence du cadre conceptuel adopté et permettent d'atteindre, au moins partiellement, deux objectifs principaux de l'étude : identifier les causes de la dégradation des ressources naturelles et de la fragilisation des systèmes agro-pastoraux d'Aru et de Mahagi, et analyser les dynamiques locales et stratégies de résilience face au changement climatique. Les analyses socio-économiques, floristiques et spatiales révèlent des trajectoires distinctes, en cohérence avec la littérature sur les systèmes pastoraux confrontés à l'interaction du changement climatique, de la croissance démographique et de la transformation des usages du sol (Nori et Davies, 2007 ; Agrawala et al., 2005 ; Bensmira et al., 2015), les deux territoires se situant dans des états écologiques différents au sens des modèles d'états et de transitions (Westoby et al., 1989 ; Illius et O'Connor, 1999).

Au niveau de Aru, un peuplement floristique équilibré et une couverture végétale relativement stable suggèrent un système encore fonctionnel ; à Mahagi, la progression des espèces pionnières, la fragmentation des paysages et la pression pastorale élevée traduisent un état de transition écologique critique (Ruguet et al., 2012 ; Gerber et al., 2013). Ces résultats confirment que les stratégies d'adaptation des éleveurs dépendent largement de leurs capitaux socio-économiques et de leur exposition différenciée aux aléas climatiques divergences qui traduisent des formes hétérogènes de résilience, en écho à la pluralité des trajectoires d'adaptation en milieu rural africain (Corniaux et al., 2012), et qui appellent la poursuite des essais expérimentaux et du suivi agro-écologique nécessaires à des itinéraires techniques adaptés aux spécificités de chaque territoire.

References

- [1]. Agrawala, S. et al. (2005). Changement climatique et gestion des ressources naturelles : principales thématiques des études de cas. In S. Agrawala et al. (Éds.), *Climate Change and Natural Resource Management: Case Studies from Six Key Regions* (p. 45-60). UNESCO Publishing.
- [2]. Alioune, N. et al. (2021). Inégalités de revenus et stratégies d'adaptation aux chocs dans les systèmes pastoraux du Sénégal et du Tchad. Thèse de doctorat, Université Clermont Auvergne. NNT : 2021UCFAD021.
- [3]. Apata, T. G. et al. (2009). Analysis of climate change perception and adaptation among arable food crop farmers in South Western Nigeria. Contributed paper, International Association of Agricultural Economists Conference.
- [4]. Bennaert, A. (1964). *Projet de développement rural du territoire de Mahagi*. Léopoldville.
- [5]. Bensmira, Z. et al. (2015). Les incidences du changement climatique sur l'espace pastoral steppique de l'Algérie occidentale (cas de la commune de Ras El Ma). *Les Cahiers d'Outre-Mer*, (271), 285-462.
- [6]. Bensmira, Z. et al. (2021). Les stratégies d'adaptation des agro-éleveurs de la steppe algérienne face au changement climatique. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 73(282), 205-236.
- [7]. Besisa Nguba, T., Bogaert, J., Makana, J.-R., Mate Mweru, J.-P., Sambieni, K. R., Bwazani Balandi, J., Mumbere Musavandalo, C. et Bastin, J.-F. (2025). Assessing forest degradation in the Congo Basin: the need to broaden the focus from logging to small-scale agriculture (a systematic review). *Forests*, 16(6), 953. <https://doi.org/10.3390/f16060953>
- [8]. Boeckx, P., Verbeeck, H., Hubau, W. et al. (2024). Travaux du Congo Basin Forest Centre of Excellence sur la dégradation des sols et la fragmentation des paysages ruraux dans le bassin du Congo. Université de Gand.
- [9]. CAID.cd (2023). *Bulletin LOKOLE / RDC*. Centre d'analyse des indicateurs de développement.
- [10]. Corniaux, C. et al. (2012). Dynamique des filières laitières en Afrique de l'Ouest. CIRAD.
- [11]. Corniaux, C. et Alary, V. (2023). Régimes de variabilité écologique et résilience des systèmes agropastoraux en Afrique centrale. CIRAD.
- [12]. Deressa, T. et al. (2009). Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Global Environmental Change*, 19(2), 248-255.
- [13]. Dibanzilua (1995). Performances pondérales des veaux issus de trois races locales de l'Ituri.
- [14]. Dufour, A., Sempéré, T. et al. (2022). *Rapport d'activité INRAE 2022*. INRAE, Paris.
- [15]. Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B. et al. (2013). *Tackling Climate Change through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities*. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).
- [16]. Global Forest Watch (2026). Congo Basin forest loss trends : why forest loss in the Congo Basin requires immediate action. World Resources Institute. <https://www.globalforestwatch.org/blog/forest-insights/congo-basin-forest-loss-trends/>
- [17]. Guissart, R. (1987). Quelques données sur la zone d'Aru (Ituri, Zaïre). *Tropicultura*, 5(1), 19-25.
- [18]. Holechek, J. L. (1980). Livestock grazing impact on rangeland ecosystems. *Journal of Soil and Water Conservation*, 35(4), 162-164.
- [19]. Illius, A. W. et O'Connor, T. G. (1999). On the relevance of nonequilibrium concepts to arid and semiarid grazing systems. *Ecological Applications*, 9(3), 798-813.
- [20]. IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.

- [21]. Kamuanga, M. et al. (2008). Livestock and Regional Market in the Sahel and West Africa: Potential and Challenges. SWAC-OCDE / CEDEAO, 5(1).
- [22]. Kiyombo, A., Ngoyi, D. et Kamanzi, B. (2020). Adaptation des systèmes agro-pastoraux aux changements climatiques en Ituri : dynamiques locales et stratégies de résilience pour une gestion durable des ressources naturelles dans les territoires d'Aru et Mahagi. *Journal of Environmental Management*, 245, 107-115.
- [23]. Ladewig, M., Angelsen, A., Masolele, R. N. et Chervier, C. (2024). Deforestation triggered by artisanal mining in eastern Democratic Republic of the Congo. *Nature Sustainability*, 7(11), 1452-1460. <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01421-8>
- [24]. Lehoury, A. et al. (2021). Conversion accélérée des terres et irrégularité des saisons en Afrique subsaharienne : conséquences écologiques.
- [25]. Meessen, J.-M.-Th. (1951). Monographie de l'Ituri : historique, géographie, économie. Ministère des Colonies, Bruxelles.
- [26]. Messmer, M., Eckert, S., Torre-Marin Rando, A., Snethlage, M., González-Rojí, S. J., Hurni, K., Beyerle, U., Hemp, A., Kibet, S. et Stocker, T. F. (2024). Major distribution shifts are projected for key rangeland grasses under a high-emission scenario in East Africa at the end of the 21st century. *Communications Earth & Environment*, 5, 600. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01731-x>
- [27]. NASA Langley Research Center, POWER Project (2025). Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER) — Température moyenne mensuelle à 2 m (T2M), 1990–2025, région de l'Ituri. National Aeronautics and Space Administration. <https://power.larc.nasa.gov>
- [28]. Ndiaye, A., et al. (2021). Inégalités de revenus et stratégies d'adaptation aux chocs dans les systèmes pastoraux du Sénégal et du Tchad. *Journal of Rural Development*, 38(2), 211-226.
- [29]. Nori, M. et Davies, J. (2007). Climate Change, Adaptation and Pastoralism. UICN, Nairobi.
- [30]. Nori, M. et al. (2008). Browsing on Fences: Pastoral Land Rights, Livelihoods and Adaptation to Climate Change. International Land Coalition / WISP / Irish Aid, IIED Issue Paper 148, Londres.
- [31]. PNUD (2025). Climate Resilient Growth and Adaptation in the Democratic Republic of the Congo. Programme des Nations unies pour le développement, Fonds pour les pays les moins avancés (LDCF). <https://www.adaptation-undp.org/projects/climate-resilient-growth-and-adaptation-democratic-republic-congo>
- [32]. Richard, B. Y. Ibebeke (2023). Etude hydrogéochimique des eaux thermales de Kaswa/Mahagi au Nord-Est de la République démocratique du Congo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*.
- [33]. Richard, D., Alary, V., Corniaux, C., Duteurtre, G. et Lhoste, P. (2019). Dynamique des élevages pastoraux et agropastoraux en Afrique intertropicale. Éditions Quæ / CTA / Presses agronomiques de Gembloux.
- [34]. Rivière, R. (1978). Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical (2^e éd.). Ministère de la Coopération, Paris.
- [35]. Ruget, F. et al. (2012). Conséquences possibles des changements climatiques sur la production fourragère en France : estimation par modélisation et analyse critique. *Fourrages*, (2012), 87-98.
- [36]. Seo, S. N. et Mendelsohn, R. (2008). A structural Ricardian analysis of climate change impacts and adaptations in African agriculture. Policy Research Working Paper 4603, Banque mondiale.
- [37]. Scoones, I. (1994). Living with Uncertainty: New Directions in Pastoral Development in Africa. Intermediate Technology Publications, Londres.

-
- [38]. Slayi, M., Zhou, L., Dzvene, A. R. et Mpanyaro, Z. (2024). Drivers and consequences of land degradation on livestock productivity in Sub-Saharan Africa: a systematic literature review. *Land*, 13(9), 1402. <https://doi.org/10.3390/land13091402>
- [39]. Thiry, E. (1964). Initiation géographique de l'Ituri. Vieux-Kilo.
- [40]. Thornton, P., Herrero, M., Nelson, G. et al. (2024). Resilient livelihoods in Africa's pastoral–agropastoral transition zones will increasingly depend on heat stress adaptation and systemic change. *Nature Food*, 5, 976-981. <https://doi.org/10.1038/s43016-024-01079-7>
- [41]. Ucirican, A. et al. (1993). Etude morphologique et dimensionnelle des termitières épigées de la zone de Mahagi. Travail de fin de cycle, ISP/Bunia.
- [42]. UICN (2010). Rapport sur la diversité des milieux naturels et le changement climatique en Afrique centrale.
- [43]. Umvor, K. (1976/2010). Origine et évolution socio-politique des Alurs de Mahagi. Mémoire de licence (inédit), UNAZA-ISP/Bunia.
- [44]. Westoby, M., Walker, B. et Noy-Meir, I. (1989). Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management*, 42(4), 266-274.
- [45]. Zougmore, R., Segnon, A. C. et Thornton, P. (2023). Harnessing indigenous knowledge and practices for effective adaptation in the Sahel. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 65, 101389. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101389>