

CARACTÉRISATION DE LA VARIABILITÉ DES PHÉNOPHASES DE CINQ ESPÈCES VÉGÉTALES SAHÉLIENNES DANS LA ZONE NORD FERLO, SÉNÉGAL

**Mariama Dalanda DIALLO^{1*}, Minda MAHAMAT-SALEH²,
Aly DIALLO², César BASSENE¹, Ousmane NDIAYE²,
Khouidia NIANG², Aliou DIOP³ et Aliou GUISSÉ²**

¹*Section Productions Végétales et Agronomie, UFR des Sciences Agronomiques, de l'Aquaculture et des Technologies Alimentaires, Université Gaston-Berger, Saint-Louis, Sénégal*

²*Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar-Fann, Sénégal*

³*Section Mathématiques Appliquées, UFR des Sciences Appliquées et Technologie, Université Gaston-Berger, Saint-Louis, Sénégal*

* Correspondance, e-mail : mariama-dalanda.diallo@ugb.edu.sn

RÉSUMÉ

Situé dans le Nord du Sénégal, le Ferlo est une zone semi-aride fortement soumise aux changements climatiques. La rareté des pluies, combinée à des conditions atmosphériques drastiques et aux activités de l'homme, influence fortement le développement de la végétation notamment les cycles de croissance et de développement des espèces qui y vivent. L'objectif de cette étude était de caractériser la variabilité des Phénophases au cours du temps de cinq espèces ligneuses indigènes, *Acacia senegal* (L.) Willd, *Acacia tortilis* var. *raddiana* (Savi) Brenan, *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir., et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst., dans le Nord Ferlo, Sénégal. Deux ans de suivi de la phénologie, entre mars 2014 et mars 2016, par des observations qualitatives et des mesures quantitatives, ont permis de connaître les périodes de feuillaison, floraison et fructification des différentes espèces végétales. Dix arbres ont été choisis de manière aléatoire pour chaque espèce ligneuse au niveau de la station d'étude à Widou. Les résultats ont montré que la perte des feuilles pour la majorité des espèces était située entre les mois de janvier et février, et entre les mois de juin et août pour la phase de bourgeonnement et entre les mois de septembre et décembre pour la pleine feuillaison. Par contre, la phase de floraison et de fructification varient selon les espèces avec un pic en janvier. Les différents paramètres étudiés ont permis de déceler une variabilité

intraspécifique et interspécifique des Phénophases chez les différentes espèces. La durée de la feuillaison, floraison et fructification varie aussi avec l'abondance et la répartition des pluies.

Mots-clés : *espèces ligneuses, ferlo, feuillaison, phénologie, floraison, fructification, Sénégal.*

ABSTRACT

Phenophases variability characterization of five sahelian plant species in the north zone of Ferlo, Senegal

Located in the north of Senegal, Ferlo is a semi-arid zone under a strong threat of the climatic changes. The scarcity of rains combined with drastic atmospheric conditions and human activities, highly influences the development of the vegetation, especially the growth and development cycles of the existing species. This study was carried out to characterize across time, the Phenophase variability of five woody indigenous species: *Acacia senegal* (L.) Willd., *Acacia tortilis* var. *raddiana* (Savi) Brenan, *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir., and *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. in North Ferlo, Senegal. The phenology was followed for two years during, between march 2014 and march 2016, which qualitative observations and quantitative measures were made to determine the foliation, flowering and fruitification periods of the different species. Ten trees were randomly selected for each plant species at the Widou study site. The results showed that leaves of most species are lost between January and February. The budding phase falls between June and September while the full foliation is between September and December. However, the deflowering phase and fruitification varies according to species similarly, with a pic at the end of January. The different studied parameters revealed an intraspecific and interspecific variability of the phenophases of the different species. The duration of the foliation, flowering and fruitification also varies with the abundance and the repetition of rains.

Keywords : *ferlo, flowering, foliation, fructification, phenology, Senegal, woody species.*

I - INTRODUCTION

Les zones semi-arides sont caractérisées par une longue saison sèche associée à la rareté et l'irrégularité des pluies. La réintroduction d'espèces végétales adaptées dans cet écosystème particulier, constitue une bonne stratégie de

réhabilitation des terres et une valeur économique et fourragère appréciable [1]. La réussite de cette introduction est tributaire donc d'une meilleure connaissance des aptitudes de ces espèces à s'acclimater à ces conditions environnementales [2]. La phénologie végétale traite de la chronologie saisonnière des phénomènes périodiques de croissance et de développement des plantes [3]. Elle consiste à observer ce qu'on appelle les phases phénologiques, ou Phénophases, telles que la frondaison, la floraison, la maturation des fruits et la chute des feuilles [4]. L'étude du cycle biologique d'une espèce végétale contribue non seulement à mieux décrire l'espèce mais aussi à valoriser ses potentialités pastorales ainsi que ses aptitudes à supporter la contrainte hydrique [5]. En tant que marqueur du climat, la phénologie est donc un élément clé de l'écologie des plantes car elle permet de mieux appréhender leur adaptation aux conditions écologiques et climatiques locales. La simple observation d'arbres feuillés, en fleurs ou fructifiant révèle une forte variabilité au sein d'un même peuplement [6]. De plus, un déficit ou retard de la saison des pluies peut déclencher une refeuillaison, voire une reffloraison, alors suivie d'une seconde fructification [7]. Les travaux de phénologie sont peu nombreux en zone sahélo-soudanienne et ont été effectués surtout au Sénégal [8 - 10] et au Burkina Faso [11, 12]. Le présent travail a pour objectif de caractériser la chronologie des stades phénologiques de cinq espèces ligneuses, *Acacia senegal* (L.) Willd, *Acacia tortilis raddiana* (Savi) Brenan, *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir., et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst., dans le Nord Ferlo du Sénégal. L'hypothèse de l'étude est que la connaissance des différentes phases phénologiques des espèces, permettrait de mieux comprendre leur productivité potentielle.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Milieu d'étude

L'étude a été réalisée à Widou au Nord du Sénégal (15°58'30''N et 15°17'90''O, altitude 43 m) entre mars 2014 et mars 2016 (**Figure 1**). Le climat est de type sahélien aride caractérisé par deux saisons bien distinctes : une saison sèche de huit à 9 mois (octobre à juin) et une saison humide avec des pluies concentrées sur une période de trois à quatre mois (juillet à septembre) (**Tableau 1**).



Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

Les données climatiques ont montré que les températures sont plus élevées et la pluviométrie est plus faible en 2014 qu'en 2015. La température la plus faible (25,8 °C) a été enregistrée en janvier 2015 et la plus élevée en juin 2014 (34,1 °C) alors que le maximum de pluie a été noté en août 2015 avec 200 mm (**Tableau 1**). L'ensoleillement est aussi plus élevé en 2014 qu'en 2015 avec des pics en mars et mai 2014. Sur le plan morphopédologique, la zone d'étude appartient au Ferlo sableux caractérisé par un relief peu accidenté avec des sols subarides tropicaux et brun clair formés de matériaux sableux pauvres en argile [13]. En ce qui concerne l'hydrologie, on distingue les nappes profondes, appelées aquifères du Maestrichtien et de l'Éocène d'une part et celles dites superficielles ou nappes du Continental terminal et du Quaternaire d'autre part [14]. La végétation est composée d'arbres épineux, d'arbustes et d'herbes annuelles [15]. Le taux de recouvrement de la végétation herbacée est de 70 % pendant la saison pluvieuse avec une hauteur moyenne de 30 à 40 cm et une espèce dominante, *Aristida mutabilis*. Le taux de couverture de la végétation ligneuse est de 15 % avec comme espèce dominante *Balanites aegyptiaca* [1].

Tableau 1: Variations des facteurs climatiques dans la zone d'étude entre 2014 et 2015

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Année 2014												
Pluviométrie (mm)	0	0	0	0	0	2	90	159	92	30	0	0
Température moyenne (°C)	25,9	26,5	29,2	33,5	32,5	34,1	32,3	29,7	31,4	33,1	29,6	26,2
Ensoleillement (heures)	288,3	242,1	316	209,6	319,2	245,4	242,2	222,8	256,9	288,8	267	185,6
Année 2015												
Pluviométrie (mm)	0	0	0	0	0	0	9	200	94	9	0	0
Température moyenne (°C)	25,8	27,7	29,2	33,2	32,9	32,7	32,3	30,1	29,6	31,7	30,6	26,4
Ensoleillement (heures)	152,9	238,5	188,7	219,8	251,7	208,8	216,8	215,7	186,5	143	155,5	101,5

II-2. Choix des plantes ligneuses

Cinq espèces ligneuses ont été choisies parmi les essences retenues pour la restauration des écosystèmes sahéliens dans le cadre du projet de reforestation panafricaine de la Grande Muraille Verte dans la zone sahélienne en général [16] et dans le nord du Sénégal en particulier [17]. Ce sont des espèces indigènes donc parfaitement adaptées au climat sahélien [1]. Elles sont très résistantes à la sécheresse et appartiennent à des familles différentes (**Tableau 2**). Leurs feuilles, fleurs et gousses, sont beaucoup utilisées pour l'alimentation des bovins, caprins et ovins [18]. Ces espèces représentent aussi une source de production de bois et contribuent à la fixation des sols [19].

Tableau 2 : Liste des plantes ligneuses choisies

Familles	Espèces ligneuses
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst
<i>Balanitaceae</i>	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.
<i>Capparaceae</i>	<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam. ex Poir
<i>Mimosaseae</i>	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd
	<i>Acacia tortilis</i> var. <i>raddiana</i> (Savi) Brenan

II-3. Echantillonnage, nature et critère des observations

II-3-1. Mesures qualitatives

Le suivi phénologique des espèces a été réalisé par des observations qualitatives en utilisant les stades repères proposés par [11] modifié. Les observations ont été réalisées tous les mois pendant deux ans, entre le mois de mars 2014 et le mois de mars 2016. Dix individus ont été choisis de manière aléatoire pour chaque espèce ligneuse au niveau de la station d'étude à Widou. Les échantillons étudiés sont issus de plantations dont les individus ont à peu près le même âge dans chacune d'elles. La distance entre les pieds d'arbres dans les parcelles est de 5 m. Les parcelles ont été mises en défens donc, non perturbées et permettent un suivi sur plusieurs années. Trois phases ont été observées : la feuillaison, la floraison et la fructification. Chacune des phases est caractérisée par quatre stades phénologiques (*Tableau 3*).

Tableau 3 : Phénophases, stades et caractéristiques correspondantes reconnues pour le suivi phénologique des espèces végétales [11]

Phénophases	Stades	Caractéristiques
Feuillaison (V)	V1	bourgeons foliaires + feuilles épanouies (plus de 10 % et moins de 50 % des rameaux de l'individu)
	V2	majorité des feuilles épanouies
	V3	feuilles vertes + feuilles sèches ou ayant changé de couleur (plus de 10 % et moins de 50 %)
	V4	défeuillaison totale (0 % de feuilles)
Floraison (f)	f1	bourgeons floraux et fleurs épanouies (plus de 10 % et moins de 50 %)
	f2	plus de 50 % des rameaux portent des fleurs épanouies
	f3	fleurs épanouies + fleurs sèches (plus de 10 % et moins de 50 %)
	f4	fin de floraison (0 % de fleurs)
Fructification (F)	F1	phase d'évolution du fruit jusqu'à sa taille normale
	F2	maturité du fruit
	F3	fruit mûr + début de dissémination (ouverture des gousses, ou chute des fruits)
	F4	fin de fructification (0 % de fruits)

II-3-2. Mesures quantitatives

L'étude du cycle phénologique peut se faire aussi par des mesures quantitatives car, tout individu peut porter plusieurs stades dont les fréquences cumulées valent 100 %. Le spectre phénologique, dans ce cas, est établi par calcul, pour chaque date d'observation des fréquences au sein de la population, des individus en phase de feuillaison (V %), de floraison (f %) et de fructification (F %) [11]. La relation est la suivante :

$$P(\%) = \frac{ni}{N} * 100 \quad (1)$$

avec, $P(\%)$: pourcentage d'individus du site présent aux diverses phases de feuillaison, de floraison ou de fructification ; ni : nombre d'individus de la même espèce présentant un stade phénologique donné ; N : nombre total d'individus (effectif de la population).

Une phase de développement est considérée comme étant atteinte pour un individu lorsqu'il présente l'un des 4 stades suivants : 1, 2, 3 et 4 (**Tableau 4**). C'est sur cette base que le spectre phénologique des cinq espèces végétales (*A. senegal*, *A. raddiana*, *B. aegyptiaca*, *B. senegalensis* et *S. birrea*) a été établi. Les paramètres examinés sont les pourcentages des individus en floraison, en feuillaison et en fructification.

Tableau 4 : Cotation des stades phénologiques correspondant aux fréquences [20]

Phénophases	Stades	Paramètres	Pourcentage
Feuillaison	1	nulle	0 %
	2	faible	1-20 %
	3	moyenne	20-60 %
	4	intense	> 60 %
Floraison	1	nulle	0 %
	2	faible	1-20 %
	3	moyenne	20-60 %
	4	intense	> 60 %
Fructification	1	nulle	0 %
	2	faible	1-20 %
	3	moyenne	20-60 %
	4	intense	> 60 %

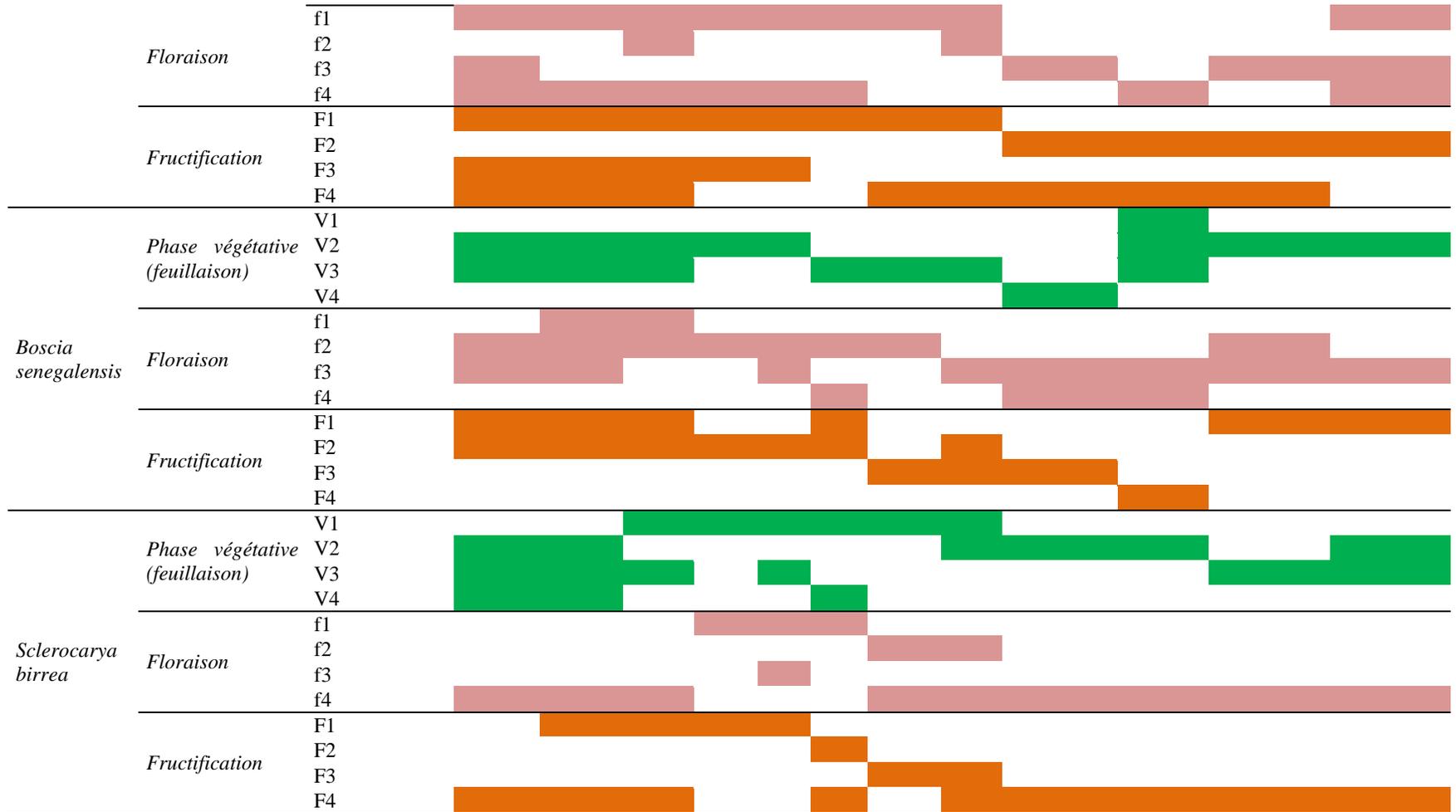
III - RÉSULTATS

III-1. Variation intraspécifique de la phénologie des espèces ligneuses

Les résultats globaux sur la variation des stades phénologiques au cours du temps, ont montré que la perte des feuilles pour la majorité des espèces est notée entre les mois de janvier et février, entre les mois de juin et d'août pour la phase de bourgeonnement et entre les mois de septembre et décembre pour la feuillaison (**Tableau 5**). Par contre, les phases de défloraison et de fructification varient selon les espèces avec un pic en janvier. L'évolution de la phase végétative d'*A. senegal* débute en juin. La pleine feuillaison est située entre les mois d'août et de novembre. Concernant la floraison, elle a lieu entre les mois d'août et de décembre et à partir du mois de janvier, l'espèce commence à perdre ses feuilles. En outre, la phase de fructification a lieu entre les mois d'octobre et de mai. Pour *A. tortilis* var. *raddiana*, la phase végétative est située entre les mois de juillet et de décembre et la phase de floraison entre les mois de juin et de novembre. Les résultats de nos observations révèlent aussi des phases de fructification variables entre les individus d'*A. tortilis* var. *raddiana*. Cela est visible par la non uniformisation de la période de floraison entre les pieds d'*A. tortilis* var. *raddiana*. La phase végétative pour *B. aegyptiaca* est située entre les mois de juin et de février. Il y aussi une grande variabilité entre individus en ce qui concerne les phases de floraison et de fructification. Par ailleurs, *B. senegalensis* maintient ses feuilles toute l'année à l'exception du mois de septembre ; il en est de même pour la phase de fructification qui est absente au mois d'octobre. Les observations ont montré aussi une grande diversité en ce qui concerne la phase de floraison. Pour *S. birrea*, la phase végétative est située entre les mois de mars et de décembre, la phase de floraison entre les mois d'avril et d'août, et la phase de fructification est située entre les mois de février et d'août.

Tableau 5 : Evolution des stades phénologiques des espèces végétales au cours du temps (n=10 individus)

Espèces	Caractéristiques	Stades phénologiques	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
<i>Acacia senegal</i>	Phase végétative (feuillaison)	V1													
		V2	■	■											
		V3					■								■
		V4	■	■	■	■	■								
	Floraison	f1									■	■			
		f2	■	■				■							
		f3	■	■	■	■	■	■	■	■			■	■	■
		f4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
	Fructification	F1											■	■	
		F2												■	■
		F3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		F4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Acacia tortilis raddiana</i>	Phase végétative (feuillaison)	V1													
		V2	■	■	■										
		V3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		V4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Floraison	f1	■												
		f2												■	■
		f3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		f4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Fructification	F1	■	■			■						■		■
		F2		■	■			■							
		F3					■	■	■	■	■	■	■	■	■
		F4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Balanites aegyptiaca</i>	Phase végétative (feuillaison)	V1													
		V2	■	■	■										
		V3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		V4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■



* Les couleurs indiquent les caractéristiques des phases : vert pour la feuillaison, marron pour la floraison et orange pour la fructification

III-2. Variations interspécifique de la phénologie des espèces ligneuses

III-2-1. Phase végétative

L'analyse de la **Figure 2** montre que la phase végétative des espèces s'étale toute l'année. Un maximum d'individus a atteint les 100 % de feuillaison entre les mois d'avril et d'août, avec un pic en novembre. Entre les mois de Février et de mars et en septembre, on note une défeuillaison totale chez certaines espèces.

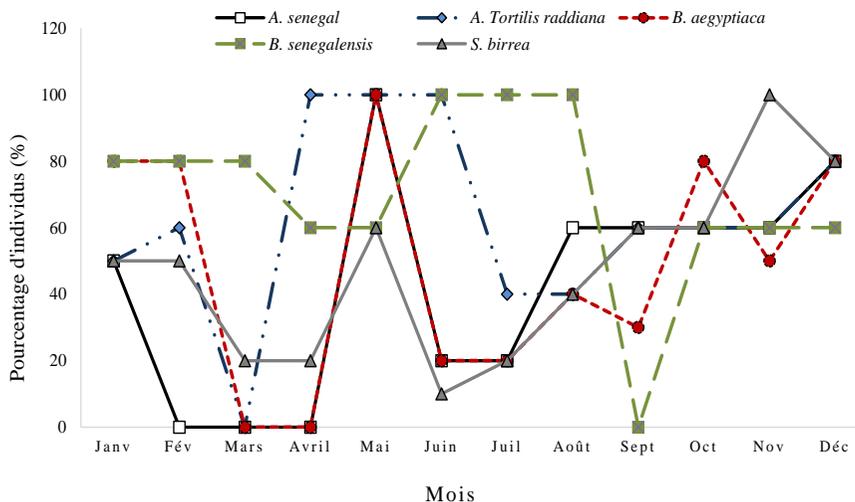


Figure 2 : Variation de la phase végétative chez les plantes ligneuses

III-2-2. Phase de floraison

La phase de floraison varie aussi selon les espèces. On observe une floraison élevée entre les mois d'avril et de juin, en août, septembre, et entre les mois d'octobre et de décembre (**Figure 3**). Entre les mois de janvier et de mars, on observe une chute des fleurs notamment chez *A. senegal*, *S. birrea* et *B. aegyptiaca*.

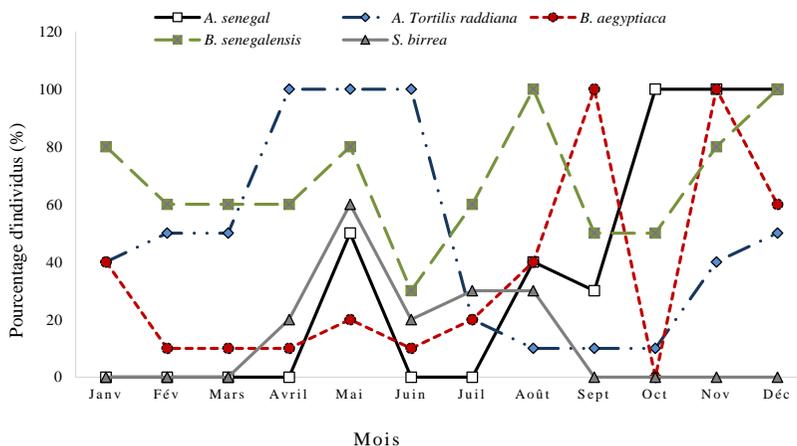


Figure 3 : Variation de la phase de floraison chez les plantes ligneuses

III-2-3. Phase de fructification

La phase de fructification varie aussi selon les espèces et s'étale sur toute l'année (**Figure 4**). L'espèce *A. senegal* est en pleine fructification en pleine saison sèche entre les mois de janvier et de mai contrairement aux autres espèces qui atteignent leur pleine fructification en saison pluvieuse entre les mois de juin et d'octobre.

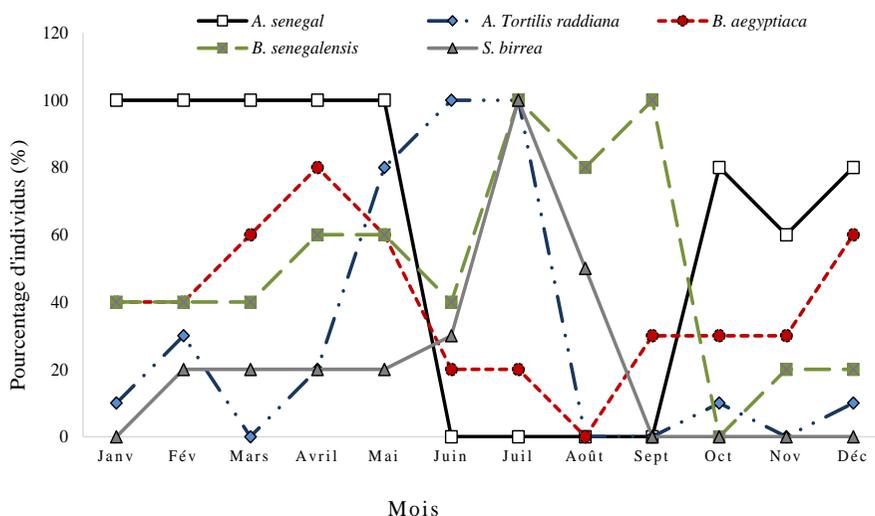
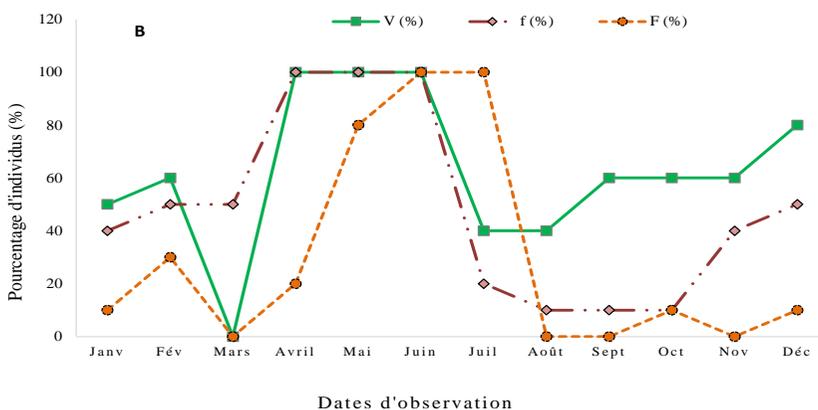
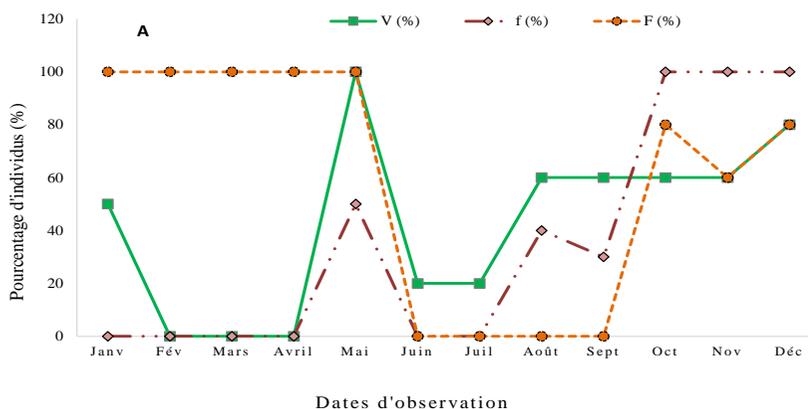


Figure 4 : Variation de la phase de fructification chez les plantes ligneuses

III-3. Quantification des stades phénologiques des espèces ligneuses

La **Figure 5A** montre que 60 % des individus d'*A. senegal* ont des feuilles entre les mois d'août et de novembre, 80 % en décembre, 100 % en mai et 0 % entre les mois de février et d'avril. Cent pour cent (100 %) des individus de cette espèce sont en pleine floraison entre les mois d'octobre et de décembre, et en pleine fructification entre les mois de janvier et d'avril. *A. tortilis* var. *raddiana* montre une évolution similaire pour les trois phases phénologiques avec un intervalle de 100 % situé entre les mois de mars et de juillet (**Figure 5B**). Par contre, *B. aegyptiaca* montre un pourcentage différent pour la chronologie des différentes phases. Les individus atteignent rarement 100 % sauf au mois de mai pour la feuillaison et en septembre et novembre pour la floraison (**Figure 5C**). Il en est de même pour *B. senegalensis* (**Figure 5D**) et *S. birrea* (**Figure 5E**) dont les Phénophases chez les différents individus évoluent de manière asynchrone au cours du temps.



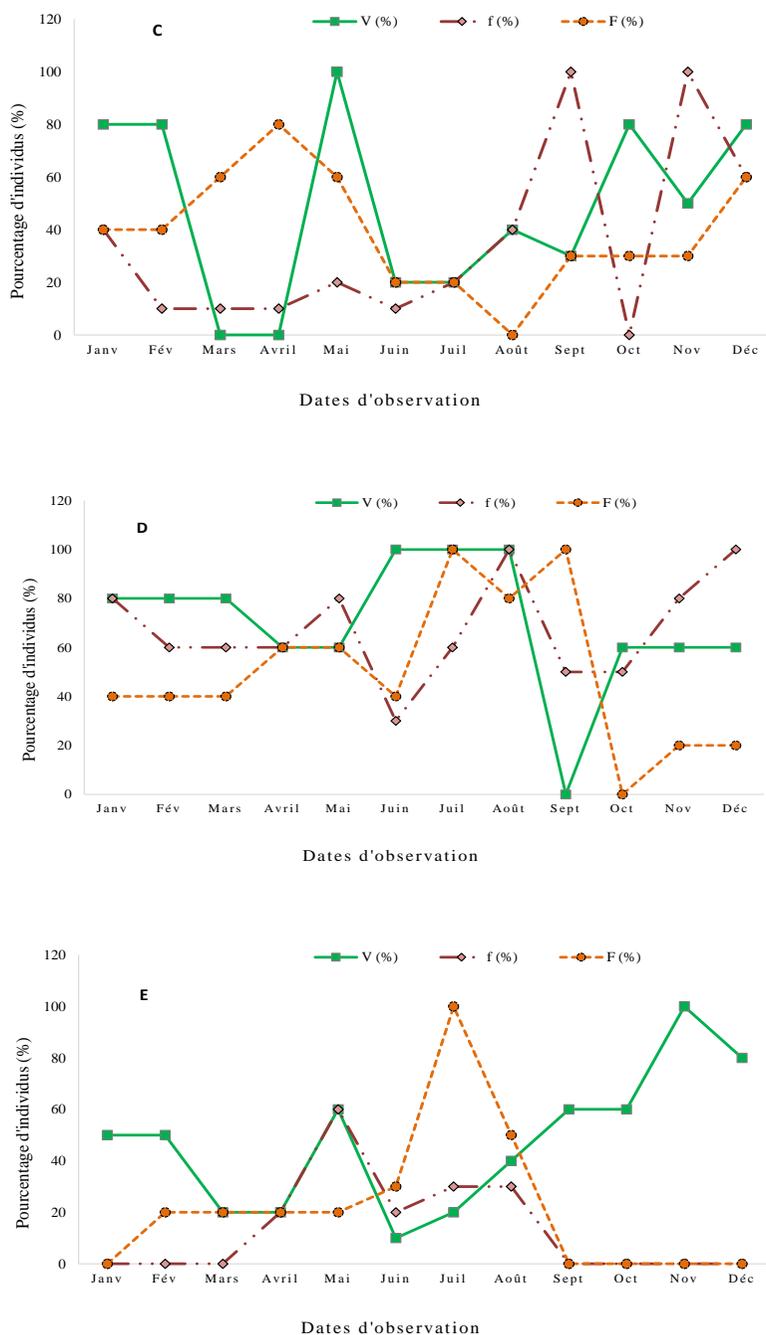


Figure 5 : Pourcentage d'individus de *Acacia senegal* (A), *Acacia tortilis* var. *raddiana* (B), *Balanites aegyptiaca* (C), *Boscia senegalensis* (D) et *Sclerocarya birrea* (E), présentant les diverses phases phénologiques au cours du temps (V : feuillaison ; f : floraison ; F : fructification), (n=10 individus)

IV - DISCUSSION

Les différents paramètres étudiés ont permis de déceler une variabilité des Phénophases chez les cinq espèces ligneuses. En effet, les résultats ont montré qu'en 2014, la saison des pluies était tardive et déficitaire, ce qui a entraîné un faible pourcentage des arbres à avoir normalement l'ensemble des trois phases phénologiques contrairement à l'année 2015 où les pluies sont tombées tôt, avec abondance. De ce fait, la durée de la feuillaison, floraison et fructification paraît également varier avec l'abondance et la répartition des pluies. Cependant, il est à noter qu'il n'y a aucune corrélation entre les Phénophases des espèces et la saison pluvieuse ou la saison sèche. Les travaux de [21] ont montré les effets visibles des conditions climatiques sur 26 plantes ligneuses dont *A. senegal* dans le Nord – ouest de l'Inde. Ces auteurs ont noté une grande différence entre les différentes phases phénologiques en fonction des saisons sèche et pluvieuse avec une action plus visible à la saison sèche liée à la photopériode. D'autres auteurs, comme [22] en Tunisie et [8] dans deux stations du Sénégal et de la Tunisie, ont caractérisé la variabilité d'amplitude et de position dans le temps des Phénophases d'*A. tortilis* var. *raddiana* en fonction des conditions édapho-climatiques. Ils ont conclu que les phases de feuillaison et de floraison dépendent de la température, de l'humidité et des heures d'insolation car l'augmentation de ces paramètres permet le déclenchement de la feuillaison et de la floraison.

L'analyse plus fine des Phénophases de nos arbres, à travers la succession des 4 stades phénologiques observées, a montré un chevauchement des stades intermédiaires au cours du temps. En effet, on observe quelque fois un chevauchement entre un début de feuillaison couplé à une chute des premières feuilles, un début de floraison couplée avec une défeuillaison totale et enfin fructification en phase d'évolution couplée à une maturation des fruits ou une fin de fructification notamment chez *B. senegalensis* et *S. birrea*. Ces différences pourraient s'expliquer par une variabilité entre individus [23]. Selon [11], cette variabilité intraspécifique peut être la réponse de l'organisme, dans les limites fixées par son génotype, aux fluctuations des facteurs du milieu (hétérogénéité spatiale du substrat par exemple), ou au contraire le résultat d'une différenciation génotypique. Les travaux de [24] au Sénégal sur la phénologie de *B. aegyptiaca* sont confirmés par nos résultats en ce qui concerne certains aspects phénologiques comme la feuillaison et la floraison. Ils ont montré que la phase de feuillaison était située entre les mois de mai et de décembre, et la phase de floraison était très hétérogène. Par ailleurs, les travaux de [8] ont mis en évidence la précocité significative des populations nord-sahariennes d'*A. tortilis* var. *raddiana* pour

les phases de floraison et de fructification. En plus des conditions climatiques, la différence entre les stades intermédiaires d'une même espèce, pourrait s'expliquer aussi par le fait que les différents individus sont issus de sujets de tailles et d'âge différents [6]. Ce même auteur a montré que chez *Faidherbia albida*, une feuillaison quasi équivalente entre classes de circonférence - et donc d'âge - quelle que soit la période. De même, les travaux de [25], ont montré que *Commiphora africana* ne commence à porter des fleurs que lorsque la circonférence du tronc atteint 28 à 30 cm, ce qui correspond à 8-9 cernes d'accroissement, et que ces limites varient avec l'élément du relief et l'année. Ils ont noté aussi que l'âge n'intervient pas uniquement sur l'acquisition de la fonction de reproduction, mais encore sur le développement végétatif tel que le débourrement. L'influence du taux d'humidité relative de l'air et des réserves hydriques du sol sur la phénologie de *F. albida*, a été démontrée par [6] sur *F. albida*, [26] et [22] sur *A. tortilis* var. *raddiana*. Pour ces derniers, la floraison est la phase la plus tributaire des facteurs environnementaux surtout l'insolation et l'évaporation.

V - CONCLUSION

Les travaux réalisés dans le cadre de cette étude nous ont permis de caractériser les différentes Phénophases de cinq espèces végétales sahéliennes dans le Nord Ferlo du Sénégal. Les résultats ont montré une différence significative intraspécifique et interspécifique. La variabilité observée s'explique en grande partie par la diversité et les fluctuations des conditions climatiques et environnementales. L'hypothèse de l'étude, selon laquelle, la connaissance des différentes phases phénologiques des espèces, permettrait de mieux comprendre leur productivité potentielle, ne pourrait pas être vérifiée à ce stade. Il faut d'autres études complémentaires pendant plusieurs années pour définir de manière certaine les phases phénologiques de ces cinq espèces ligneuses choisies.

Remerciements

Les Auteurs tiennent à remercier l'OHMi Tessékéré pour le soutien financier apporté à cette étude.

RÉFÉRENCES

- [1] - M. D. DIALLO, O. NDIAYE, A. DIALLO., M. MAHAMAT-SALEH, C. BASSÈNE., S. A. WOOD., A. DIOP, A. GUISSÉ, Influence de la litière foliaire de cinq espèces végétales tropicales sur la diversité floristique des herbacées dans la zone du Ferlo (Senegal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (2015) 803 - 814.
- [2] - T. LEBEL, A. ALI, Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime 4 (1990–2007). *Journal of Hydrology*, 375, (2009) 52 - 64.
- [3] - J. SEGHERI, A. VESCOVO, K. PADEL, R. SOUBIE, M. ARJOUNIN, N. BOULAIN, P. (DE) ROSNAY, S. GALLE, M. GOSSET, A. H. MOUCTAR, C. PEUGEOT, F. TIMOUK, Relationships between climate, soil moisture and phenology of the woody cover in two sites located along the West African latitudinal gradient. *Journal of Hydrology*, (2009) pp. 78 - 89.
- [4] - S. SCHEITER, HIGGINS S.I., Impacts of climate change on the vegetation of Africa: an adaptive dynamic vegetation modelling approach. *Global Change Biology*, 15, (2009) 2224 - 2246.
- [5] - L. ABDALLAH, M. CHAIEB, M. S. ZAÂFOURI, Phénologie et comportement in situ d'*Acacia tortilis* subsp. *raddiana*. *Revue des Régions Arides*, Tunisie, 11 (1999) 60 - 69.
- [6] - D. DEPOMMIER, Etude phénologique de *Faidherbia albida* : effet de l'émondage, du site et de la dimension de l'arbre sur les phénophases de l'espèce au Burkina Faso. In : Campa Claudine (ed.), Grignon C. (ed.), Gueye M. (ed.), Hamon Serge (ed.). *L'Acacia au Sénégal*. Paris, ORSTOM, Colloques et Séminaires, (1998) pp 159 - 179.
- [7] - K. M. DUNHAM, Phenology of *Acacia albida* trees in Zambezi riverine woodlands. *African J. Ecol*, 29 (1991) 1 18 - 1 29.
- [8] - M. DIOUF, M. S. ZAAFOURI, Phénologie comparée d'*Acacia raddiana* au nord et au sud du Sahara. In : Grouzis M., Le Floc'h E. (éds). *Un arbre au désert : Acacia raddiana*. Paris, France, Ird éditions, (2003) pp 103 - 118.
- [9] - V. C. A. GOUDIABY, Impact d'un déficit pluviométrique sur la feuillaison d'*Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) Brenan var. *raddiana* dans le Nord-Ferlo au Sénégal. Thèse de Doctorat de 3^{ème} Cycle, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 2003 60 p.
- [10] - F. DO, A. ROCHETEAU, A. L. DIAGNE, V. A. GOUDIABY, A. GRANIER, J. P. LHOMME, Stable annual pattern of water use by *Acacia tortilis* in Sahelian Africa. *Tree Physiology*, 28, (2008) 95 - 104.
- [11] - M. GROUZIS, M. SICOT, Une méthode d'étude phénologique de populations d'espèces ligneuses sahéliennes : influence de quelques facteurs écologiques. In Le Houérou H. N., éd. : *Les fourrages ligneux*

- en Afrique : état actuel des connaissances, Addis-Abeba, CIPEA, (1980) pp 231 - 237.
- [12] - M. GROUZIS, Phénologie de deux espèces ligneuses sahéliennes : aspects méthodologiques et influence des facteurs du milieu ». In Riedacker A., Dreyer E., Pafadman C, Joly H., Bory G., éd. : Physiologie des Arbres et Arbustes en zones arides et semi-arides, Paris, Groupe d'Étude de l'arbre, (1993) pp 145 - 153.
- [13] - A. DIALLO, E. A. CODJO, O. NDIAYE, A. GUISSÉ, Ecological Structure and Prediction Equations for Estimating Tree Age, and Dendometric Parameters of *Acacia senegal* in the Senegalese Semi-Arid Zone—Ferlo. *American Journal of Plant Sciences*, 4, (2013) 1046 - 1053.
- [14] - P. MICHEL, Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie : étude géomorphologique. *Thèse. Mémoire Orstom*, 3 tomes, (1973) 753 p.
- [15] - H. N. LE HOUEROU, The grazing land ecosystems of the African Sahel. Berlin, Springer-Verlag, *Ecological Studies*, 75 (1989) 282 p.
- [16] - M. MAHAMAT-SALEH, M. D. DIALLO, O. NDIAYE, K. NIANG, S. SANE, G. TOUROUMGAYE, F. MATTY, A. GUISSÉ, Influence des caractéristiques physico-chimiques des sols sur la flore et la végétation ligneuse de trois stations du tracé de la grande muraille verte du Tchad. *Journal of Applied Biosciences*, 95 (2015) 8937 - 8949.
- [17] - O. NDIAYE, A. DIALLO, S. A. WOOD., A. GUISSÉ, Structural Diversity of Woody Species in the Senegalese Semi-Arid Zone, Ferlo. *American Journal of Plant Sciences*, 5 (2014) 416 - 426.
- [18] - K. NIANG, O. NDIAYE, A. DIALLO, A. GUISSÉ, Flore et structure de la végétation ligneuse le long de la Grande Muraille Verte au Ferlo, nord Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 79 (2014), 6938 - 6946.
- [19] - N. C. DUPUY, C. DETREZ, M. NEYRA, P. LAJUDIE, B. L. DREUFUS, Les Acacias fixatrices d'azote du Sahel. *La Recherche*, 22 (1991) 803 - 804.
- [20] - A. BILLAND, B. DIALLO, Amélioration des ligneux soudano-sahéliens. Activités 1990-91, Stratégies et perspectives. IRBETICNRST, Ouagadougou, (1991) 195 p.
- [21] - R. K. YADAV, A. S. YADAV, Phenology of selected woody species in a tropical dry deciduous forest in Rajasthan, India. *Tropical Ecology*, 49 (2008) 25 - 34.
- [22] - W. JAOUADI, L. HAMROUNI, M. L. KHOUJA, Phénologie d'*Acacia tortilis* subsp. *raddiana* dans le parc national de Bou Hedma en Tunisie, effet du site sur les Phénophases de l'espèce. *Bois Et Forêts Des Tropiques*, 312 (2012) 21 - 29.
- [23] - J. PIOT, J. P. NEBOUT, R. NANOT, R. TOUTAIN, Utilisation des ligneux sahéliens par les herbivores domestiques : étude quantitative dans la zone sud de la Mare d'Oursi (Haute-Volta). Paris, France,

- Centre technique forestier tropical, Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, (1980) 304 p.
- [24] - M. NDOYE, I. DIALLO, Y. K. GASSAMA-DIA, Reproductive biology in *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., a semi-arid forest tree. *African Journal of Biotechnology*, 3 (2004) 40 - 46.
- [25] - H. POUPON, Étude de la phénologie de la strate ligneuse à Fété-Olé (Sénégal septentrional) de 1971 à 1977. *Bull. IFAN*, 41 (1979) 44 - 85.
- [26] - M. B. MARIE-ALAIN, L. ALAIN, A. AMOUGOU, H. ELVIRE, Phénologie florale dans une jeune forêt secondaire hygrophile du Cameroun. *Acta Botanica Gallica*, 152 (2005) 25 - 43.