



Impact des pratiques humaines sur la conservation
et la gestion *in situ* des ressources génétiques forestières :
cas d'*Acacia tortilis raddiana* et de *Balanites aegyptiaca*

Projet CSFD 57

Janvier 2004.

Table des matières

1	Contexte scientifique	4
2	Rappel des objectifs	4
2.1	Objectifs principaux	4
2.2	Objectifs spécifiques	4
3	Stratégie adoptée	5
4	Partenaires et sites d'étude	6
5	Matériel et méthodes	9
5.1	Enquêtes socio-économiques.....	9
5.2	Marqueurs moléculaires.....	9
5.2.1	Marqueurs nucléaires	9
5.2.2	Marqueurs chloroplastiques.....	10
6	Résultats.....	11
6.1	Relations entre les sociétés, les milieux et la ressource forestière. Analyse des pratiques, savoirs et représentations.....	11
6.1.1	Contexte humain, modes d'appropriation, mode de gestion	11
6.1.2	Usages des arbres	17
6.1.3	Les pratiques pastorales au Burkina Faso	21
6.1.4	Utilisation des ressources ligneuses par les animaux domestiques sur les parcours dunaires.....	26
6.1.5	Les pratiques agricoles	27
6.2	Diversité génétique.....	30
6.2.1	Balanites	30
6.2.2	Acacia tortilis raddiana	41
7	Discussion	47
7.1	Gestion et appropriation de l'espace	47
7.1.1	La disparition de l'autorité traditionnelle	47
7.1.2	Une gestion de l'état inadaptée aux réalités du terrain.....	48
7.1.3	Un manque de dialogue entre les différentes autorités et la population locale.....	49
7.2	Mode de vie et activités des personnes interrogées	49
7.3	La transformation des pratiques est corrélée à celle de l'environnement	50
7.4	Conséquences des pratiques humaines sur la diversité génétique.....	52

7.4.1	La coupe des arbres sur les zones de parcours	52
7.4.2	Les pratiques d'élevage	52
7.4.3	Les pratiques agricoles	55
7.4.4	Consommation du fruit par les hommes	55
7.4.5	Conclusion.....	56
7.5	Conservation de la diversité génétique au Nord et au Sud du Sahara..	57
8	Conclusions	59
9	Bibliographie	61
10	Rapports.....	62
11	Annexe.....	64

1 Contexte scientifique

La désertification est définie par la Fao (1993) comme "l'ensemble des facteurs géologiques, climatiques et humains qui conduisent à la dégradation des qualités physiques, chimiques et biologiques des terres des zones arides et semi-arides et mettent en cause la biodiversité et la survie des communautés". Les activités humaines ont joué et continuent de jouer un rôle majeur sur l'accélération et/ou l'aggravation des processus de désertification notamment sur l'appauvrissement de la biodiversité et par conséquent de la diversité génétique. De tout temps, les sociétés humaines ont exploité les forêts afin de satisfaire leurs besoins ; elles ont converti les forêts en zones agricoles, les ont fragmenté, ont domestiqué et sélectionné certaines espèces, récolté des produits forestiers. Ces pratiques agissent sur la diversité génétique intra- et inter-populations et ses processus d'évolution, à travers la sélection, la recombinaison, la dérive et la migration. Par exemple, l'exploitation d'une espèce peut réduire la densité des reproducteurs, modifier leur répartition spatiale, et conduire à une dérive génétique et la perte de certains allèles. La modification du nombre de reproducteurs ou la récolte de produits non ligneux comme les fleurs ou les fruits peuvent entraîner des changements dans la biologie de reproduction de l'espèce et le comportement des pollinisateurs ou disséminateurs de graines, et de ce fait modifier le processus de migration. Le transport des graines d'arbres par le bétail lors de la transhumance va favoriser les échanges de gènes entre populations différentes et limiter la différenciation génétique.

2 Rappel des objectifs

2.1 Objectifs principaux

- de définir avec les collectivités locales des stratégies efficaces de conservation et d'utilisation des peuplements naturels d'*Acacia tortilis raddiana* et de *Balanites aegyptiaca* par une meilleure connaissance de l'impact des pratiques humaines sur la dynamique de la diversité génétique des espèces
- d'évaluer les conséquences des pratiques humaines passées et présentes sur l'état actuel de la diversité génétique des espèces et leur devenir face aux changements climatiques et à la croissance démographique

2.2 Objectifs spécifiques

- décrire les pratiques humaines dans les terroirs: définition des différentes utilisations par les collectivités locales, des modalités d'intervention (élagage, écorçage, techniques de régénération) et des modes d'appropriation et de gestion au niveau villageois
- estimer la diversité génétique globale des peuplements naturels du Nord et du Sud du Sahara par des marqueurs moléculaires nucléaires (AFLP)
- évaluer l'impact des pratiques humaines sur cette diversité génétique.

- estimer le mode de régénération par voie végétative et/ou générative de *Balanites*.
- définir l'évolution historique des peuplements naturels du Nord et du Sud du Sahara, identifier les zones refuges à l'aide des marqueurs cytoplasmiques.

3 Stratégie adoptée

La stratégie adoptée est l'analyse simultanée des pratiques humaines et de la diversité génétique sur deux espèces qui présentent différents modes d'utilisation et de régénération. Il s'agit de mieux appréhender les relations entre les activités humaines et les processus génétiques afin d'agir sur elles avec d'avantage de pertinence et d'efficacité. Les questions de recherche qui en découlent se situent à l'interface entre les sciences de la nature et les sciences sociales. Quelles sont les interactions entre processus génétiques et processus sociaux ? Quelles sont les pratiques humaines qui interviennent sur les processus génétiques ? et inversement.

Nous avons choisi de travailler dans les régions bordant le Sahara où l'environnement s'est fortement dégradé au cours des siècles derniers (Figure 1).

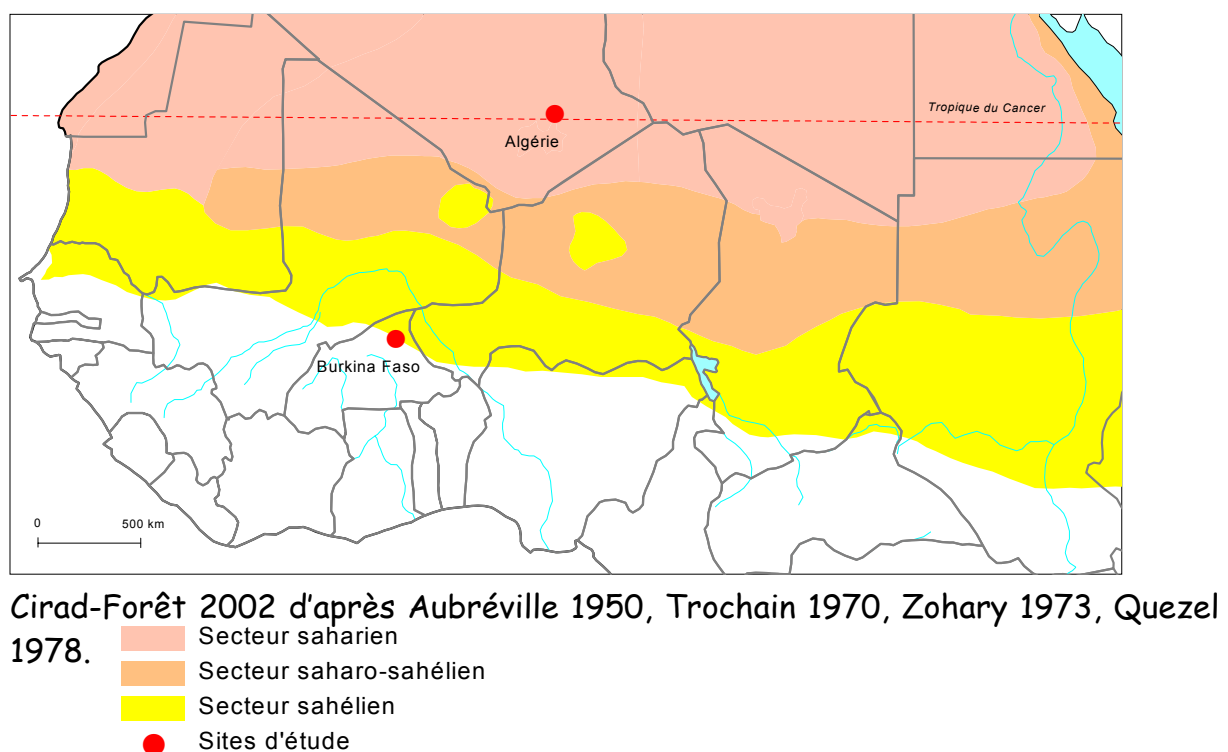


Figure 1 : Carte climatique et localisation des sites étudiés.

Cette dégradation s'est nettement aggravée ces dernières décennies conduisant à une désertification des régions situées au Nord et au Sud du Sahara;

dégradation des terres et des ressources renouvelables liée aux activités humaines (surpâturage et exploitation du bois de chauffe et de charbon) associées aux changements climatiques. Ainsi, au Sahel, la limite du désert a été déplacée de 100 km vers le Sud entre 1950 et 1975. Au Sahara, l'abondance des fossiles et de l'outillage néolithique ainsi que des peintures rupestres témoignent d'une forte activité humaine très ancienne. Il semble que le Sahara ait été une vaste forêt au IV^e et III^e millénaires avant notre ère, constituée d'espèces qui existent encore à l'heure actuelle aux limites Nord et Sud. Parmi ces espèces, *Acacia tortilis raddiana* et *Balanites aegyptiaca* pourraient représenter de bons marqueurs de vestiges d'une ou de plusieurs populations ancestrales.

4 Partenaires et sites d'étude

Le projet fait intervenir trois partenaires, l'URZA (avec comme sous contractant l'INRF) en Algérie, L'INERA-DPF au Burkina Faso et le département Forêts du Cirad en France. Les participants, les sites d'études et les activités sont décrits dans le tableau suivant :

Partenaires	Activités dans le projet	Espèces-sites d'étude
Burkina Faso INERA-DPF		
Diallo, O.B.	Coordonnateur projet au Burkina	Balanites Djibo, Petel Borti-Kokorba (Mare d'Oursi)
Sanou, J.	Génétique	Balanites
Algérie LRZA-INRF		
Bouguedoura, N.	Coordonnateur projet en Algérie	
Bensaid, S.	Génétique socio-économie	Acacia tortilis In Tounine-Toufedet-Tin Boubayda (Tamanrasset)
Sahki-Boutamine, R.	Génétique socio-économie	Balanites In Tounine-Toufedet-Tin Boubayda (Tamanrasset)
France Cirad Forêt		
Babin, D.	socio-économie	
Chevallier, M.H.	Coordonnateur principal	
Vaillant, A.	Génétique	Balanites + Acacia tortilis

Au Burkina Faso, trois sites ont été sélectionnés dans la région Nord du pays. Le premier, Petel Borti (Mare aux agneaux), est situé le long de la mare d'Oursi en pleine zone de parcours pastoral. Il est caractérisé par un peuplement de grande taille avec une distribution spatiale homogène et continue. Les éleveurs Peulh nomades y fixent leur campement et exploitent les arbres à des fins

fourragères. Le deuxième site, Kokorba (Figure 1), est situé sur les dunes de la Mare d'Oursi où l'activité principale est l'agriculture. Le paysage y est caractérisé par des sous-populations issues de la fragmentation d'une ancienne population, où sont associés arbres et cultures.



Figure 1 : Peuplement de *Balanites aegyptiaca* dans la parcelle cultivée Kokorba au Burkina Faso

Au contraire des deux autres, le troisième site, Djibo, est protégé depuis une quinzaine d'années. Cette parcelle constitue un bon témoin car exempte de toute activité de coupe d'arbres, de ramassage de fruits ou de pâture. Sa comparaison aux deux sites exploités permettra de dégager l'impact des pratiques humaines sur l'évolution de la diversité génétique.

En Algérie, trois sites ont été choisis dans trois oueds au Sud de Tamanrasset. Les arbres y sont denses. Le système de récolte des fruits et des feuilles pratiqué est le gaulage en prenant soin de ne pas casser les branches. Les feuilles de *B. aegyptiaca* sont données en fourrage aux caprins. Les fruits sont utilisés pour l'alimentation humaine, comme médicament notamment pour soigner les amygdales et les angines, et comme fourrage.

La répartition des arbres dans les parcelles est donnée en annexe.



(1)



(2)



(3)

Figure 2 : Peuplements dans l'Ahaggar *Balanites aegyptiaca* (1) Oued Tin Boubayda, (2) Oued Toufedet et *Acacia tortilis raddiana* (3) Oued Tin Boubayda

5 Matériel et méthodes

5.1 Enquêtes socio-économiques

En Algérie les enquêtes ont été menées au sein d'une quinzaine de foyers nomades et semi-sédentaires d'éleveurs et d'agriculteurs habitant la région naturelle Ouahelledjen (Ahaggar).

Au Burkina Faso, les enquêtes ont été menées sur un groupe de 29 éleveurs (24 Djelgobé, 4 Gaobé et 1 Inhaden) et un groupe de 36 agriculteurs (29 Songhai et 7 Bella) habitant la région Oudalan.

5.2 Marqueurs moléculaires

5.2.1 Marqueurs nucléaires

La diversité génétique intra- et inter-populations pour les deux espèces à l'échelle locale (populations burkinabés et algériennes) et à l'échelle régionale (aire de répartition de l'espèce) a été estimée à l'aide de marqueurs AFLP¹. Des difficultés financières n'ont pas permis d'analyser la diversité génétique régionale par AFLP de *B. aegyptiaca* à l'échelle régionale. Nous avons donc utilisé deux locus microsatellites² mis au point dans un autre projet.

Un screening de 11 couples d'amorces ont permis de sélectionner 2 couples d'amorces E-AAG/M-CAA et E-ACA/M-CTC qui ont été analysés pour tous les échantillons selon un protocole décrit par Sahki (2002) pour *B. aegyptiaca* et 3 couples d'amorces E-ACT/M-CTT, E-ACG/M-CAA et E-ACC/M-CTA pour *A. tortilis raddiana*.

Différents paramètres génétiques ont été utilisés pour quantifier la variabilité génétique au niveau intra et inter-populations:

- Le nombre d'allèles n dans la population.
- Le taux de polymorphisme P : nombre de locus polymorphes par rapport au nombre de locus étudiés.
- Taux d'hétérozygotie observé (microsatellites) : H_o
- Taux d'hétérozygotie espéré (microsatellites) : H_e
- Déficit en hétérozygotes (microsatellites) : F_{is}
- L'indice de Shannon : $S = -\sum p_i \ln p_i$ (AFLP)
- diversité génétique de Nei: $H_e = 1 - \sum p_i^2$ (p_i est la fréquence de l'allèle i au locus considéré).

¹ Les AFLP sont des marqueurs moléculaires nucléaires dominants qui mettent en évidence un polymorphisme de sites de restriction et un polymorphisme d'hybridation d'amorce arbitraire. Ils sont reproductibles et révèlent un grand nombre de locus, régulièrement répartis dans le génome et très polymorphes

² Les microsatellites sont des marqueurs nucléaires codominants constitués de répétitions en tandem de courtes séquences d'ADN non codant. Ils sont hautement polymorphes et révèlent de nombreux allèles différents pour un même locus.

- Diversité génétique totale de la population H_t
- Diversité génétique intra-population H_s
- Diversité génétique inter-populations $G_{st} = (H_t - H_s) / H_t$

Les distances génétiques de Sokal et Michener (AFLP) ont été calculées entre tous les individus pris deux à deux et des dendrogrammes ont été construits à l'aide du logiciel DARwin 3.6.

Des analyses factorielles des correspondances ont été effectuées à l'aide de la procédure Corresp (SAS) sur le tableau de présence-absence des marqueurs AFLP.

5.2.2 Marqueurs chloroplastiques

Une quinzaine d'amorces chloroplastiques universelles ont été testées.

	CC	CD	CS	DT	KK	HK	TC	Sfm	ST	TF	AS	FV	Q51	Q5 2	Q5 3	Sfm 1	Sfm 2	J1a	J1b
A	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
B	-	+	+	-	+	+	+	-	-		+		-	-	-	-		-	-

A *Acacia tortilis* / B *Balanites*
+ bonne amplification / - amplification nulle ou non spécifique

Pour toutes les amplifications positives, le polymorphisme des produits d'amplification ont été testés sur un petit nombre d'échantillons par (1) la méthode CAPS (digestion par des enzymes de restriction), (2) la méthode SSCP (polymorphisme de conformation des simples brins d'ADN) ou (3) une combinaison des deux méthodes (SSCP sur les produits d'amplification digérés). En définitive, étant donné le faible polymorphisme mis en évidence deux couples d'amorce-enzyme, CD-Hinf1 et K1K2-Hinf1 ont été analysées pour tous les échantillons de *B. aegyptiaca* et un seul couple HK-Rsa1 pour *A. tortilis raddiana*.

Une dizaine d'amorces microsatellites ont été testées sur les deux espèces. Pour *B. aegyptiaca*, la seule amorce ccmp4 polymorphe a été testée sur l'ensemble des échantillons. Pour *A. tortilis raddiana*, les amorces ccmp3 et ccmp5 ont été analysées sur l'ensemble des échantillons.

	ccmp									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acacia	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Balanites	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ bonne amplification / - amplification nulle ou non spécifique

Le nombre de cytotypes a été calculé au niveau de chaque site analysé et par région. La diversité intra- et inter-populations, et la différenciation génétique ont été calculées à l'aide du logiciel Haplodiv.

6 Résultats

6.1 Relations entre les sociétés, les milieux et la ressource forestière.

Analyse des pratiques, savoirs et représentations.

Les pratiques humaines sont multiples et variables selon les pays, les types de sociétés, les stratégies d'occupation et d'utilisation de l'espace et des ressources naturelles.

6.1.1 Contexte humain, modes d'appropriation, mode de gestion

6.1.1.1 Algérie

Le Hoggar est un ensemble montagneux constitué d'un noyau central, un fossé périphérique et d'une ceinture extérieure, les tassilis. Le système hydrique est constitué d'oueds généralement à sec, au régime très variable. Ils présentent des débits importants lors des crues. Les précipitations varient en moyenne de 20 mm de pluie par an en plaine pour 100 millimètres de pluie par an pour les stations d'altitude tel la station de l'Asseskrem avec un pic de pluviométrie pendant la saison chaude.

La population de Tamanrasset est estimée à 138.000 habitants avec une densité de 0.25 habitant au km². Cependant la croissance de la population est très forte. Elle est due (1) à une émigration interne par des personnes venues du Nord pour occuper des postes de travail créés par l'administration (2) à une immigration des populations des pays limitrophes comme le Niger et le Mali.

Le Hoggar fait partie d'un parc national dont les activités doivent concourir à la préservation des ressources naturelles mais qui ne se limitent en fait, qu'à des activités de gardiennage. De plus, les gardiens ne disposent pas du droit de dresser des procès verbaux aux contrevenants.

L'activité principale est l'élevage qui représente 14,5 % des revenus de la wilaya de Tamanrasset. Les statistiques rapportent pour fin 1998 37563 dromadaires, 51700 caprins et 55719 ovins. Actuellement le FNDA (Fond National de Développement de l'Agriculture) donne aux éleveurs une prime de 20000 Dinars algériens (300 Euros) pour chaque naissance de chamelon. Cependant bon nombre d'éleveurs n'ont pu récupérer cette prime du fait de la présence de leur troupeau au Niger. Mais l'on assiste à une hausse de la taille des troupeaux et à une augmentation du prix de la chamelle adulte ces derniers temps.

La région étudiée est principalement peuplée à l'ouest par des Aguh-n-tahlé et à l'est par des Tégehé-n-efis. 13 des 15 enquêtés appartiennent à une tribu touarègue, 9 sont Tégehé-n-efis, 1 Aguh-n-tahlé, 1 Ifogha, 1 Kel Tidélé. Les deux autres sont Chorfa (arabe noble) ou Zaoui (métisse : touareg-arabe). La société touarègue est hiérarchisée avec à la tête d'un groupe de personnes (groupe de parenté Tawsit) un chef suprême l'Amenokal dans un territoire commun dénommé Tobol. L'utilisation des parcours dans ce territoire est intimement liée

au régime juridique de la terre du fait que l'Amenokal se trouve être le seul propriétaire de la terre. Des règles orales strictes réglementent les droits et servitudes de la tribu sur ses terres. Les règles coutumières se résument à ce qui suit :

- Le passage est l'abreuvement sur les terres d'une tribu est un droit pour n'importe lequel des Touareg.
- Nul ne peut pâturer ou séjourner sur les terres d'une autre tribu sans le consentement du chef de tribu.
- Quiconque emprunte le terrain d'une tribu est responsable des dégradations occasionnées aux arbres, aux puits, aux jardins, et gibier par lui ou ses animaux.
- Un pâturage dont les plantes ne sont pas parvenues à maturité peut être interdit pendant une durée déterminée.
- l'Amenokal peut autoriser des tribus à séjourner sur les terres d'une autre tribu en cas d'abondance de pâturage sur celle-ci.

Sur le plan coutumier, et au début de la poussée des pâturages, les campements ne doivent pas séjourner longtemps au même point. Cette mesure permet aux plantes de fleurir et de produire des graines afin d'assurer la pérennité de celle-ci. Par ailleurs, lorsqu'un campement avec son pâturage est abandonné, il n'est pas possible à un autre nomade de s'installer du fait que le lieu est habité par les esprits durant une période de près de trois mois. Cette croyance permet à la végétation de se reconstituer. Ce n'est qu'au départ des esprits qui hantent les lieux qu'un autre campement pourra s'installer et pâturer.

Cependant, les rapports qu'entretiennent les Touareg avec la terre et les relations sociales traditionnelles sont actuellement en pleine mutation. La création d'une entité administrative (wilaya de Tamanrasset), le partage de ce territoire en daïra (ex sous-préfecture) et en commune, le remplacement des règles coutumières par la législation officielle sont en train d'altérer la cohésion sociale antérieure et ne sont pas sans conséquence sur l'équilibre déjà fragile entre Touareg et milieu naturel. La disparition d'une gestion traditionnelle du milieu naturel sans qu'elle soit remplacée par une législation administrative efficace et applicable conduit à une déréglementation du pâturage et à un appauvrissement de la biodiversité lié à l'arrachage des espèces fourragères et médicinales vendues à Tamanrasset ou au Mali et Niger.

En ce qui concerne *A. tortilis raddiana*, il existe une différence de comportements et de pratiques entre les Touareg et les non Touareg. Ces derniers sont plus agriculteurs qu'éleveurs et ne semblent pas obéir aux règles coutumières des Touareg qui interdisent l'exploitation des arbres dans toutes les formations quelque soit leur densité. Une des enquêtés, une Ifogha éleveur et tradipratricienne a un comportement intermédiaire entre les Touareg et les non

Touareg même si elle se rattache d'avantage au premier groupe. Son nom a une consonance arabe qui laisse supposer une origine arabe ou métisse.

Comme établi lors des enquêtes, l'impact des prélèvements traditionnels des plantes utilisées par les Touareg est assez faible, ces derniers ne prélevant que la quantité dont ils ont besoin. Sur une plante ne sont prélevés que quelques rameaux, feuilles, gousses ou tiges; nous avons d'ailleurs remarqué que sur une plante fleurie, quelques boutons floraux sont laissés. Mais actuellement les prélèvements des plantes font l'objet d'un commerce transfrontalier. Cela est particulièrement vrai pour les espèces utilisées en médecine traditionnelle ou en sorcellerie qui sont endémiques des massifs montagneux algériens. Cela est vrai également pour *A. tortilis raddiana* qui est surexploité pour approvisionner la ville de Tamanrasset. Le fagot de bois est vendu à raison de 450, 00 dinars algériens (soit 6 €), le charbon de bois est vendu à raison de 500, 00 dinars algériens (soit 7 €) le sac de 50 kilogrammes. Cette activité a toujours existé à Tamanrasset mais était exercée à petite échelle par des gens pauvres qui transportait le bois à dos de dromadaire. De nos jours, les rotations sur les sites d'exploitation sont plus fréquentes grâce à l'utilisation de voitures et camions, et touchent des peuplements d'arbres de plus en plus éloignés de la ville. Quezel notait dès 1954 la disparition des forêts d'acacia dans les environs immédiats de Tamanrasset pour la construction et les usages domestiques. Cette dégradation est amplifiée de nos jours. Une estimation sommaire donne pour la région de Tamanrasset une consommation annuelle de l'équivalent d'une forêt de 35 000 hectares (densité 50 arbres/hectare). La disparition de certaines forêts reliques d'acacia aura un impact certain sur la disparition d'espèces animales et bouleversera entièrement les écosystèmes déjà fragilisés par les sécheresses. Ceci est lié à l'absence d'une législation appropriée sur la cueillette, le transport et la vente des plantes.

6.1.1.2 *Burkina Faso*

L'Oudalan est la région du Burkina Faso la moins peuplée qui subit, comme dans l'ensemble du pays, une forte augmentation de la population: entre 1955 et 1974 l'augmentation est de 64%. En 1973, la densité est de 6,5 hab./km² et aujourd'hui elle est de 8 à 16 hab./km² (Ganaba, 1998). La densification actuelle au rythme de 2.5% par an, est en partie imputable aux groupes sédentarisés à dominante agraire des hameaux et villages d'augmentation naturelle supérieure et connaissant d'importants mouvements d'immigration.

L'Oudalan représente 1/25^e du territoire burkinabé et près de 1/10^e de son cheptel bovin. La partie centrale de cette région, où se situe la mare d'Oursi, est la plus densément peuplée en hommes et en animaux car elle correspond à la

convergence de 3 zones d'endodromie pastorale³. Cette zone offre du point de vue de l'appartenance ethnique comme du degré de mobilité et de sédentarité, une bonne représentativité de l'ensemble de la région. La prépondérance des non-sédentaires (74%) y est manifeste, de même que celle des groupes d'anciens captifs. La partie sahélienne du Burkina Faso est caractérisée par une extrême richesse socio-ethnique et linguistique.

Véritable terre promise pour les populations venues du Nord, la région d'Oursi, avec sa mare pérenne, ses pâturages diversifiés et sa potentialité en mil, a attiré des groupes ethniques variés d'agriculteurs et de nomades, et secondairement de commerçants et d'artisans.

Deux types de sociétés, venues du Nord, cohabitent au nord-ouest de la mare d'Oursi: les Kel Tamachek depuis le XVIII^e siècle et les Peul Djelgobé depuis les années 30. A eux s'ajoutent des microgroupes villageois sédentaires et nomades :

- les Songhaï dont l'origine n'est pas bien connue.
- Les anciens groupes captifs des Touareg et des Peul qui ont été libérés lors de l'occupation française en 1898. Dans ces groupes on compte les Bella, anciens agriculteurs des Kel Tamachek, ou encore les Peul Rimaïbé bergers des Peul.
- Les anciens associés aux Kel Tamachek: les bergers Gaobé, quelques familles d'artisans comme les Inhaden et des forgerons (Barral, 1977).
- Les Gaobé, plus ou moins nomades, plus ou moins bergers d'autrui, plus ou moins liés aux Kel Tamachek, ont un genre de vie proche de celui des Bella.

Les ménages rencontrent des problèmes de subsistance, d'équilibre des ressources et des dépenses. Depuis une vingtaine d'années se développent différentes stratégies économiques face à la dégradation de l'autosuffisance (substitution des céréales cultivées par les produits de cueillette, utilisation du son de mil normalement pour les animaux, alimentation lactée, multiplication des transferts gratuits de céréales entre chefs de ménage...).

Chez les Gaobé et les Djelgobé les ressources proviennent pour les 3/4 du bétail alors que cela ne représente que 1/3 pour les autres groupes. Pour ceux qui ne peuvent obtenir des recettes importantes de leur activité principale, une diversification de leurs activités est devenue nécessaire.

Les rapports tribaux dans la société Kel Tamachek, fortement hiérarchisés, liés au mode de fonctionnement guerrier, induisaient une distribution des rôles selon

³ Espace exploité selon un cycle annuel à partir d'un nombre variable de points d'eau pérennes, par différents groupes d'éleveurs, sédentaires ou nomades, utilisateurs habituels de ces points d'eau en saison sèche et ayant adopté empiriquement les mêmes aires et le même calendrier de transhumance.

laquelle chaque tribu dépendante était, de droit ou de force, et selon certains niveaux, investie d'une fonction particulière: religieuse, guerrière et politique, productive. L'affaiblissement des chefferies locales et l'effondrement des rapports sociaux pendant la colonisation ont engendré la segmentation des groupes et la formation d'unité de production restreinte au ménage. Les relations socio-économiques devenues épisodiques et la diversification des activités ont évolué dans le sens d'une intégration au marché avec sa logique de profit individuel. L'ouverture du marché d'Oursi en 1975 a favorisé les échanges commerciaux et la liaison récente Oursi-Déou par camions les a augmenté.

La région étudiée, la dune d'Oursi est peuplée par plusieurs ethnies ou clans:

- les Peul Djelgobé et Gaobé, installés à Petel Borti pendant toute la saison sèche pour bénéficier de la proximité de la mare puis déménagent vers leur résidence d'hivernage pour cultiver leurs champs. Ils sont avant tout éleveurs même si pour la plupart, ils pratiquent l'agriculture.
- Un ménage d'artisans Inhaden, installé au nord-ouest d'Oursi. Les femmes travaillent le cuir, les hommes le bois (objets divers et mobilier) et les enfants s'occupent de l'élevage. Comme les Peul ils déménagent en hivernage et font un peu d'agriculture.
- Les Songhai, habitants d'Oursi. Ils sont tous agriculteurs et une bonne partie d'entre eux pratiquent l'élevage. Leurs terres sont principalement situées au nord et sur la dune.
- Les Bella, habitants du petit village de Totori. Ils sont principalement agriculteurs et possèdent un peu de bétail. Leurs champs sont à Totori près de Kokorba. En saison sèche ils installent un campement rudimentaire sur leur parcelle où ils font circuler leurs animaux pour enfumer puis pendant les cultures retournent à Totori à 1 ou 2 km.

Les résultats ont permis d'identifier les acteurs de la gestion et de l'appropriation des terres et des ressources.

- les agents de l'état :

- le responsable administratif villageois (RAV)

Le RAV est nommé par l'état. C'est un septuagénaire né à Oursi, chef d'une famille de 22 personnes, riche propriétaire (18 ha terre et 120 animaux confiés à un berger) et commerçant. Il sert d'intermédiaire entre l'état et la population locale. Son rôle est administratif et son autorisation est obligatoire pour l'installation "d'étrangers" au village. En revanche l'installation des nomades se fait librement sous condition d'être loin des champs pendant les cultures pour éviter les conflits. Depuis le début de son mandat il y a 7 ans, il n'a pas eu à accueillir de nouveaux sédentaires et à arbitrer des conflits. Depuis les grandes sécheresses des années 70, il constate une dégradation du milieu naturel. Mais il pense que le village n'a

pas les moyens de protéger les arbres et que ce sont les enfants qui, par manque d'instruction, sont responsables des dégâts causés aux arbres.

- Les agents des Eaux et Forêts

Deux agents sont affectés à Oursi. Ils sont originaires du plateau Mossi et sont installés avec leur famille depuis 3 ans. Ils sont chargés de délivrer, lors de l'appropriation d'une terre ou la remise en cultures après jachère, un permis de coupe et des conseils techniques payants. Ils conseillent de conserver 20 grands arbres à l'hectare et 40 petits. La plantation d'arbres n'est pas incitée. La coupe de bois même mort et l'émondage sont interdits sans autorisation payante. L'effeuillage est autorisé s'il est limité. 22 espèces ligneuses sont protégées mais cette règle n'est pas appliquée. Le ramassage de bois mort est payant à partir de 1.5 stères et les charrettes transportant des produits forestiers doivent posséder un permis de circuler. Les agents constatent la réduction des terres fertiles et des zones les plus boisées ainsi que l'assèchement des petits points d'eau. Les espèces arborées les plus prisées comme *Mytragyna inermis* et *Pterocarpus lucens* sont en voie de disparition. La pression anthropique sur *B. aegyptiaca* et sur *A. tortilis raddiana* devient alors très forte. L'autorité des agents des Eaux et Forêts est contestée par les populations locales pour qui ces derniers n'exercent qu'une fonction de police et ne sont pas intégrés.

➤ Les chefs coutumiers :

- Le chef du village d'Oursi est propriétaire de quelques animaux et de nombreuses terres qu'il prête en partie à des personnes en dehors de sa famille. Jadis il distribuait les terres et des droits pour l'exploitation des arbres; maintenant il n'a plus aucun pouvoir et peut juste donner des conseils. Jadis les nomades se signalaient dès leur arrivée pour un contrôle vétérinaire et médical et obtenir un droit d'installation. Actuellement, le libre accès des terres contribue à augmenter la fréquentation des nomades attirés par la mare et participe à la dégradation des dunes et à l'ensablement de la mare.

- Le chef coutumier Peul Djelgobé s'est sédentarisé à Petel Borti depuis 11 ans. Il n'a presque plus d'animaux, ses fils en ont hérité. Avant ce chef avait de l'autorité mais actuellement il fait figure de "sage", d'arbitre en cas de conflit et de conseiller auprès des gens de son ethnie. Il donnait des conseils pour la coupe des arbres et la défriche mais aujourd'hui il n'est plus consulté. Le chef coutumier n'étant plus reconnu comme gestionnaire, il en résulte une exploitation individualiste et anarchique des ressources naturelles.

6.1.2 Usages des arbres

Une synthèse bibliographique des deux espèces a été effectuée (Lauvie a, b, c, 2001). Tous les usages et pratiques exercés sur *A. tortilis raddiana* et *B. aegyptiaca* dans les différentes zones d'intervention ont été décrits.

6.1.2.1 *Acacia tortilis raddiana*

En Algérie *A. tortilis raddiana* est situé sur les berges et dans les lits d'oued. Cette espèce est principalement utilisée comme bois de feu ou comme charbon de bois et comme arbre fourrager. Elle est très peu utilisée pour les toitures ou la fabrication de mobilier à l'exception des selles de dromadaires. *A. tortilis raddiana* est apprécié pour la fabrication des ustensiles de cuisine et quelque fois d'outils de travail. C'est une espèce également très appréciée, les éleveurs émondent et gaudent les arbres pendant la saison sèche froide mais ne les coupent jamais. Les caprins, ovins et dromadaires mangent les fruits et les feuilles, alors que les ânes apprécient également l'écorce et les tiges des arbres. La majorité des enquêtés considère que l'acacia assure une bonne alimentation à leurs animaux mais beaucoup l'utilisent par manque de fourrage herbacé. Différentes parties de l'arbre sont employées dans l'alimentation humaine ou en médecine traditionnelle humaine:

- La gomme jaune (Tainoust) est utilisée comme friandise.
- Les feuilles peuvent être mangées en cas de disette.
- Les gousses (Abezbez) sont consommées sèches, fraîches ou rôties. Les gousses sous forme de farine ou les graines pilées sont mélangées aux dattes et servent de friandises.
- La gomme noire est utilisée par voie orale contre les ulcères et en cataplasme contre les blessures et les brûlures.
- Les feuilles pilées et macérées sont administrées par voie orale ou en bain comme vermifuge et fébrifuge.

L'acacia n'a pas d'usage médical vétérinaire connu.

Environ la moitié des enquêtés conservent les acacias dans leurs jardins. Tous s'accordent à dire qu'il y a régression de l'espèce, que cette régression est assez récente (moins de 50 ans) et qu'elle est due à la sécheresse et à la surexploitation des arbres ou parfois à la volonté de Dieu. Tous les enquêtés trouvent des difficultés à ramasser du bois et se déplacent à plus de 25 km pour 60% d'entre eux et quelque fois jusqu'à 80 km. Le reboisement et la mise en défens sont les solutions proposées pour remédier à la régression de l'espèce.

6.1.2.2 *Balanites aegyptiaca*

En Algérie, *B. aegyptiaca* est situé sur les berges, dans les lits d'oueds, les affluents et quelque fois dans les châabas. Il est très peu utilisé pour le bois de chauffe, la fabrication des huttes, des piquets ou de petit mobilier. Il n'est pas

utilisé pour clôturer une maison ou un jardin mais peut servir d'enclos, à la fabrication d'ustensiles de cuisine ou de selles de dromadaire. *B. aegyptiaca* est beaucoup plus apprécié comme arbre fourrager. Les feuilles, les fruits et les bourgeons sont récoltés par cueillette, émondage et gaulage en saison sèche froide et chaude. Les feuilles, les fruits et les bourgeons sont très appréciés par les caprins, alors que les feuilles et fruits sont appréciés par les ovins, dromadaires et dans une moindre mesure par les ânes. Tous consomment le fruit à maturité ou utilisent le fruit comme friandise. *B. aegyptiaca* est également apprécié en médecine traditionnelle humaine et animale. Les fruits sont sucés pour guérir les maux de gorge ou les amygdales. Les fruits grillés et réduits en pommade sont appliqués sous forme de masque pour enlever les tâches noires. L'amande cuite dans le sable administrée en cataplasme agit contre la sinusite et les rhumatismes. Les feuilles sont utilisées contre les saignements de nez, les racines contre la colique. Trois des enquêtés grillent le fruit ou l'amande pour faire un emplâtre qui guérit la gale des dromadaires. Tous les éleveurs semi-sédentaires conservent *B. aegyptiaca* dans leurs jardins pour ses nombreuses propriétés médicinales et sa valeur fourragère. La plupart considèrent que l'espèce est en régression depuis environ 25 ans à cause de la surexploitation des arbres et de la sécheresse mais le bois se trouve à proximité des campements à moins de 4 Km. Pour tous les enquêtés, les arbres les plus importants sont *A. tortilis raddiana*, *B. aegyptiaca* et *A. nilotica*. Les enquêtés ne semblent pas percevoir l'apparementement entre les arbres. Ils ne distinguent pas les dragons des arbres issus de graines. Pour eux, tous les balanites se ressemblent ou sont tous différents.

Au Burkina Faso, les agriculteurs coupent les arbres après les jachères pour diminuer la densité des arbres et favoriser les cultures. Ils enlèvent également dans leurs champs les régénérations et les dragons. *B. aegyptiaca* est très apprécié pour ses qualités fourragères. En avril, à la fin de la période sèche, la biomasse foliaire représente 35% de la biomasse maximale chez *B. aegyptiaca*. Une étude menée au Burkina Faso a montré que cette espèce contribue pour 38% de la matière sèche ingérée par les caprins en saison sèche (Icraf, 2002). *B. aegyptiaca* est doublement intéressant pour les éleveurs: d'une part c'est une espèce bien appréciée par les caprins principalement mais aussi les ovins, les camelins et les asins, et d'autre part son feuillage vert est disponible toute l'année surtout pendant les périodes les plus difficiles. Les bergers (Touareg sahéliens) gaulent les fruits et font tomber les feuilles avec une perche crochet. Les bovins peuvent également manger des feuilles mises à disposition, leur large mâchoire ne leur permettant pas de prélever ce fourrage entre les épines.

A l'exception d'un éleveur, les agriculteurs et les éleveurs taillent les arbres pour la fabrication d'outils. Une majorité d'éleveurs utilise le bois pour les enclos à bétails alors que les agriculteurs parquent leurs animaux au village dans des

enclos en briques. 44% des agriculteurs dont tous les Bella et 39% des Peul ne fabriquent pas de clôture ou n'utilisent pas le *B. ægyptiaca* parce qu'ils n'ont pas les moyens de payer l'autorisation ou parce que ce bois ne dure pas longtemps (il est brouté par les chèvres et pourrit vite). La période de fabrication des haies mortes se fait pendant la croissance du mil, et après les vêlages en saison des pluies. La quantité prélevée est variable: les agriculteurs rénovent les clôtures d'une année sur l'autre alors que les Peul ne retrouvent pas celles de l'année précédente car elles ont été ramassées pour les feux de cuisine des sédentaires. De plus en plus d'hommes ne fabriquent plus de clôtures à cause de l'autorisation payante. Cette disparition est un gros problème pour les éleveurs qui doivent courir sans arrêt après leurs animaux et aux agriculteurs qui subissent les dégâts liés à la divagation des animaux sur leurs parcelles (surtout celles sans surveillance, éloignées du village) et abandonnent le jardinage.

67% des agriculteurs et 54% des éleveurs utilisent *B. ægyptiaca* pour la construction principalement pour la fabrication de hangars et quelque fois de cases. Les Peul ont moins besoin de bois de construction car ils transportent les tentes d'une saison à l'autre et fabriquent peu de hangars en saison sèche. *B. ægyptiaca* est choisi pour son abondance et non pas pour ses qualités de résistance aux insectes ou de durabilité. Il est préférentiellement coupé en saison des pluies car il semble plus résistant à cette période. Les durées de vie des constructions sont de 3 à 5 ans dans la plupart des cas.

Le bois de *B. ægyptiaca* est dur et lourd, pas cassant, facile à travailler et semble résister aux insectes et surtout aux termites. Il est utilisé pour les manches des outils, les cuillères, les mortiers et pilons, les pièces de selles de chameau, les planchettes coraniques, des longerons de lit, des meubles, des échelles, des ustensiles agricoles, les charpentes lourdes. Seulement trois éleveurs fabriquent du mobilier, toutes les autres personnes l'achètent à un artisan, ainsi que tous les objets en bois façonné. L'artisan vend sur commande du mobilier et des objets de toutes sortes (bol à traire, ustensiles de cuisine, manches d'outils...). Il coupe, selon les conseils des agents forestiers, l'équivalent de 4 lits par semaine (40 branches de 15 cm de diamètre et 2 mètres de long) 4 mois par an soit 54 branches par an. La fabrication d'outils est le travail du forgeron qui est fourni en bois par le client. Les outils simples tels les gourdins, les bâtons de berger sont fabriqués par les hommes eux-mêmes.

Les fruits sont consommés en grande quantité. Une personne a même affirmé que "les gens ramassent beaucoup, certains en vendent même au marché". Mais cela n'apparaît pas dans les enquêtes qui montrent que rares sont ceux qui ramassent et cueillent pour la consommation familiale. Le fruit est prélevé et mangé directement. Seulement deux personnes mangent la graine et les fleurs étaient mangées autrefois en période de disette.

Les usages médicaux et vétérinaires sont peu importants en quantité de prélèvement et sont occasionnels. Les feuilles ou les graines sont mâchées et crachées dans l'œil pour guérir les infections oculaires. Les feuilles ou les écorces sont pilées, mélangées avec de l'eau et utilisées en emplâtre sur les plaies. Les feuilles macérées dans l'eau et filtrées chassent le paludisme en provoquant la diarrhée chez le nourrisson. L'écorce administrée en fumigation combat le rhume. Les macérations d'écorce pilée, de pulpe de fruit, de bourgeons ou de racines filtrés servent de laxatif. La pâte huileuse, extraite de l'amande grillée protège le visage contre le froid. L'huile soigne la maladie du sommeil et les maux d'oreilles. Les épines et les racines sont également utilisées contre la folie. Les feuilles et écorces pilées sont appliquées en pansement sur les blessures des animaux. Les feuilles mâchées sont crachées dans l'œil infecté. L'huile de graine est également utilisée pour les infections oculaires.

Des savons gras peuvent être fabriqués à partir des racines ou des fruits pilés (les fibres du liber, les racines et le noyau contiennent de la saponine). La fabrication de savon devait être importante jadis mais est négligeable aujourd'hui car la population achète du savon industriel depuis l'existence du marché d'Oursi en 1975.

B. ægyptiaca ne bénéficie pas d'une protection pour des raisons de coutume. Comme de nombreux arbres, surtout les plus âgés, il a la réputation d'abriter des génies. Les hommes désirant exploiter l'arbre ou tout simplement s'asseoir dessous doivent accomplir un rituel. Ce sont surtout les Peul et les Bella qui connaissent cette légende, mais cela ne les empêche pas de l'utiliser.

61,8% des agriculteurs et 85,2% des Peul ne constatent pas de différences entre les arbres de *B. ægyptiaca*. Seuls certains ont une perception de la diversité génétique. Quelques uns parlent de deux variétés de fruits (gros fruits avec un goût de datte ou petit fruit amer). D'autres vont citer des différences de taille entre les épines ou les feuilles. Les arbres ont, en effet, des morphologies différentes selon qu'ils sont dans les bas-fonds ou sur la dune.

Près de 90% des personnes interrogées constatent une désertification de leur environnement qui se manifeste par une diminution du nombre d'arbres et la disparition des forêts. Certains ont observé l'apparition de vastes cimetières d'arbres morts et un avivement des dunes fixées dont les sables comblent les dépressions, notamment les mares naturelles comme la mare d'Oursi. D'autres ajoutent aussi la disparition de la faune sauvage. La moitié des éleveurs note la disparition de nombreuses espèces d'intérêt, le plus souvent au profit de *B. ægyptiaca* qui est une espèce qui résiste bien à la sécheresse et qui régénère bien. Selon eux, ce changement n'est pas gênant car *B. ægyptiaca* est un bon fourrage. Seuls 30,6% des agriculteurs déplore l'augmentation de cette espèce car elle remplace des espèces disparues de plus grand intérêt. A l'inverse, certains agriculteurs (47,2%) et quelques éleveurs (31%) constatent une

diminution des *B. aegyptiaca* principalement liée au manque de pluie et aux attaques de criquets ravageurs.

6.1.3 Les pratiques pastorales au Burkina Faso

6.1.3.1 Taille des troupeaux

La taille des troupeaux, toutes espèces confondues, est variable selon l'activité principale de la personne interrogée (Figure 3). Ainsi les Songhaï et les Bella sont 42,2 % à n'avoir qu'entre 1 et 10 animaux, 27,3% 11 et 30 animaux, l'élevage est alors une activité d'épargne. Deux seulement ont plus de 100 têtes confiées à un berger et dans ce cas l'élevage est une activité de rente. Nombreux sont ceux qui n'ont que quelques animaux pour l'usage de la famille (ânes et bœufs de trait, chèvres, brebis et vaches pour le lait et la viande). Les Peul restant avant tout des éleveurs possèdent au moins 6 animaux, 35,6% ont entre 11 et 30 animaux, 32,1% entre 51 et 80. Quelques uns ont de 80 à 300 animaux. La taille des troupeaux est dépendante de la disponibilité en main d'œuvre familiale et de l'importance donnée à l'agriculture. Dans l'ensemble la taille des troupeaux est donc plutôt modeste et la tendance n'est pas à l'épargne surtout chez les Songhaï qui rencontrent souvent des difficultés économiques qui les obligent à vendre leurs animaux.

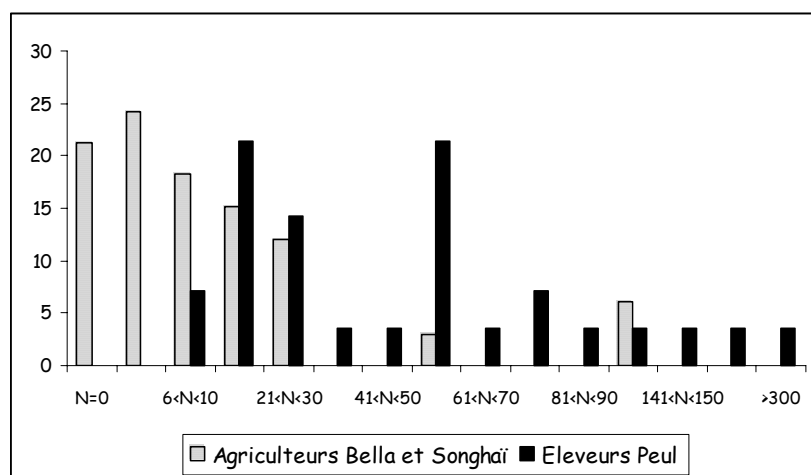


Figure 3 : Taille du cheptel des personnes interrogées.

6.1.3.2 Composition des troupeaux

68 % des agriculteurs Bella et Songhaï ont entre 0 et 5 bœufs (Figure 4). Tous les Peul ont des bœufs, 35,8% en ont entre 1 et 5 et 46,4% entre 6 et 40. Les autres animaux sont principalement des petits ruminants, seulement deux Songhaï ont un âne, 4 Bella sur sept en ont au moins un et 41,4% des Peul ont entre 1 et 6 ânes. Ces différences s'expliquent par l'utilité de l'âne dans le transport de l'eau qui n'est pas indispensable pour les Songhaï qui bénéficient d'une pompe au village. Les camelins sont rares car de nombreux éleveurs se les sont fait voler (un Peul en possède un).

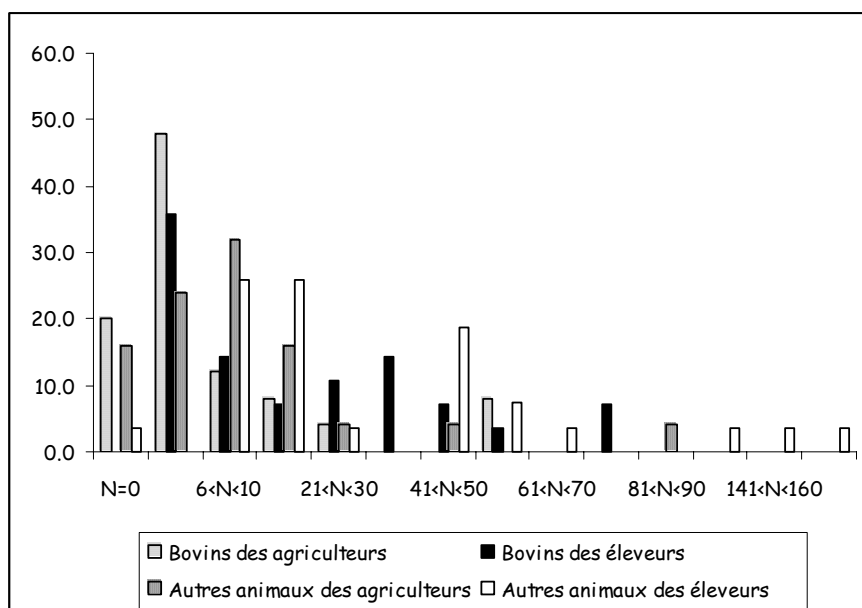


Figure 4 : Composition du cheptel des personnes interrogées

D'une manière générale, les bœufs constituent des petits troupeaux de moins de 10 têtes alors que les petits ruminants forment des troupeaux de 6 à 20 têtes, en particulier chez les éleveurs Peul. Cela peut s'expliquer par le fait que les ovins et caprins s'acquièrent et se revendent facilement et qu'ils sont moins exigeants en fourrage.

La taille des troupeaux des Peul peut paraître faible à l'échelle du ménage mais à l'échelle de la famille ils sont plus importants. En effet, 25% des Peul ont un système de production familiale⁴, tous les animaux sont confiés à plusieurs parents qui partent parfois en grande transhumance pour trouver les pâturages de saison sèche et vendre des bêtes. Cela permet aux autres membres de la famille de s'occuper des petits ruminants au bord de la mare et de cultiver les champs avant que les animaux ne rentrent en octobre. Si ce ne sont pas les animaux de la famille, quelques Peul prennent ceux d'un agriculteur en confiage. 29,6% des Songhaï délèguent la totalité ou une partie (en général les bœufs) de l'élevage à un Peul (berger du village, de la famille ou personnel). Les motifs sont variés (éloignement des animaux, pâturage...) et le facteur limitant est économique.

⁴ Le groupement résidentiel est patrilinéaire et dicté par des motifs écologiques, agricoles et pastoraux, sans base sociale homogène: ce système repose sur l'autonomie géopolitique du chef de famille qui est liée à la mobilité des chefs de ménage (en général un père et ses fils). Tous vivent sur un même grenier et un même troupeau (agglomérat de troupeaux individuels). En général l'unité de production-consommation correspond à l'unité de résidence mais il y a des exceptions. Les fondements de l'existence de cette unité ne sont pas uniquement basés sur la parenté mais aussi sur l'économie et l'écologie, car c'est à ce niveau qu'est utilisée la production et que sont prises en général les décisions qui dictent les comportements des gens vis-à-vis du milieu.

6.1.3.3 Fréquentation des aires dunaires par le bétail sur une année

Sur le terrain les seuls mouvements de préhivernage, sont ceux des Peul et de leurs animaux qui quittent Petel Borti pour installer leur résidence d'hivernage située entre 4 et 35 km de la mare (Figure 5). Les animaux profitent du nouveau fourrage puis, après les semis ils sont conduits en transhumance d'hivernage principalement au nord de la dune comme les troupeaux Songhaï. La transhumance de préhivernage est donc loin d'être générale et la plupart des éleveurs ne la pratiquent qu'en cas de conditions très sévères.

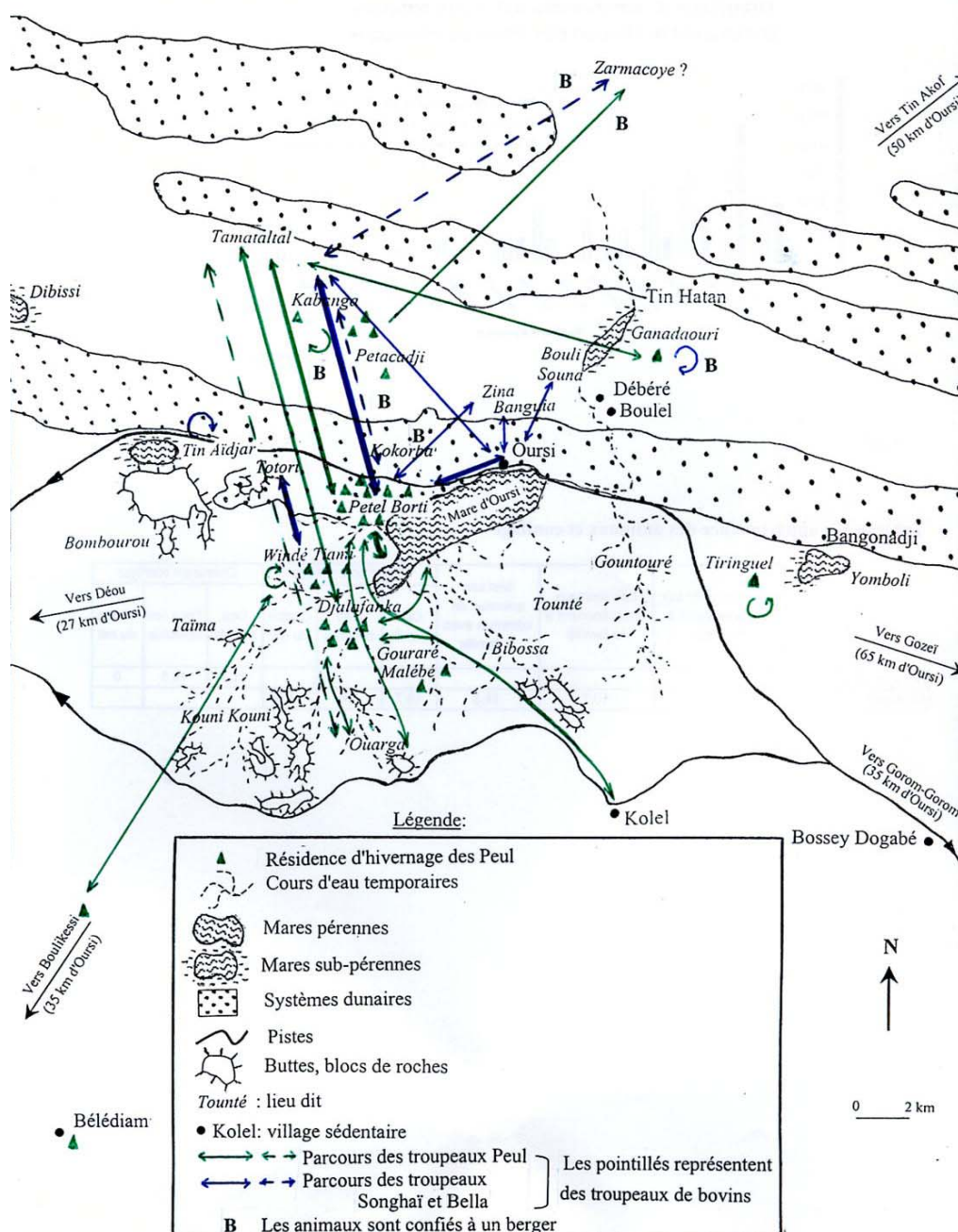


Figure 5: Carte de transhumance pendant la saison des pluies et lieux de résidence des Peul.

En saison des pluies les troupeaux sont éloignés des cultures; beaucoup fréquentent ou traversent la dune et les bords de mare mais les parcelles étudiées ne sont pas accessibles aux animaux: celle de Kokorba est cultivée et celle de Petel Borti est inondée. Seule la distance parcourue en une journée par les petits ruminants et les camelins, pour rejoindre Petel Borti en mai et en octobre, est intéressante. En effet ces animaux mangent les fruits de *B. ægyptiaca* et sont donc susceptibles de disséminer des graines.

Le mois d'octobre marque la fin des récoltes et le début de la saison sèche. A partir de cette date, et jusqu'au mois de janvier, les Peul s'installent à Petel Borti avec leurs animaux qui ont consommé les résidus de culture et les fourrages sur le site d'hivernage.

A ces troupeaux s'ajoutent ceux des Peul, restés à Petel Borti ou partis en transhumance, et ceux des Songhaï et Bella. Tous reviennent sur la dune et les bords de mare pour le vert pâturage intact, le reste des récoltes, et l'eau.

Une fois les résidus de culture et la strate herbacée consommés, les animaux partent à la recherche de nouvelles aires de parcours et de points d'abreuvement. La localisation du village d'Oursi, Totori et des campements Peul explique que les troupeaux fréquentent alternativement ou indifféremment, la mare d'Oursi et un point d'eau périphérique (mare de Ganadaouri, de Kabanga, de Tin Aïdjar et bas fonds autour de la mare) (Figure 6).

Plus la saison sèche avance plus les points d'eau disparaissent; il y a augmentation de la fréquence et réduction dans l'espace des déplacements devenus dépendants d'un unique point d'eau: la mare d'Oursi qui devient alors le centre des déplacements vers la périphérie. Certains éleveurs partent avec leur grand cheptel bovin en transhumance au Mali ou dans la vallée du Béli dès le mois d'octobre et ne reviennent qu'en saison des pluies.

Dans la majorité des cas, la dune est traversée par les parcours polarisés par la mare d'Oursi, où les animaux s'abreuvent tous les jours, et les pâturages au nord de la dune. A cette fréquentation s'ajoute celle des nombreux troupeaux de petite taille (principalement constitués de petits ruminants) qui ne transhument pas et restent sur la dune et les bords de mare. Les pâturages dunaires, constituent donc des lieux de parcours privilégiés jusqu'au retour des pluies qui marqueront le début des cultures et le départ des animaux pour les transhumances de pré-hivernage ou d'hivernage.

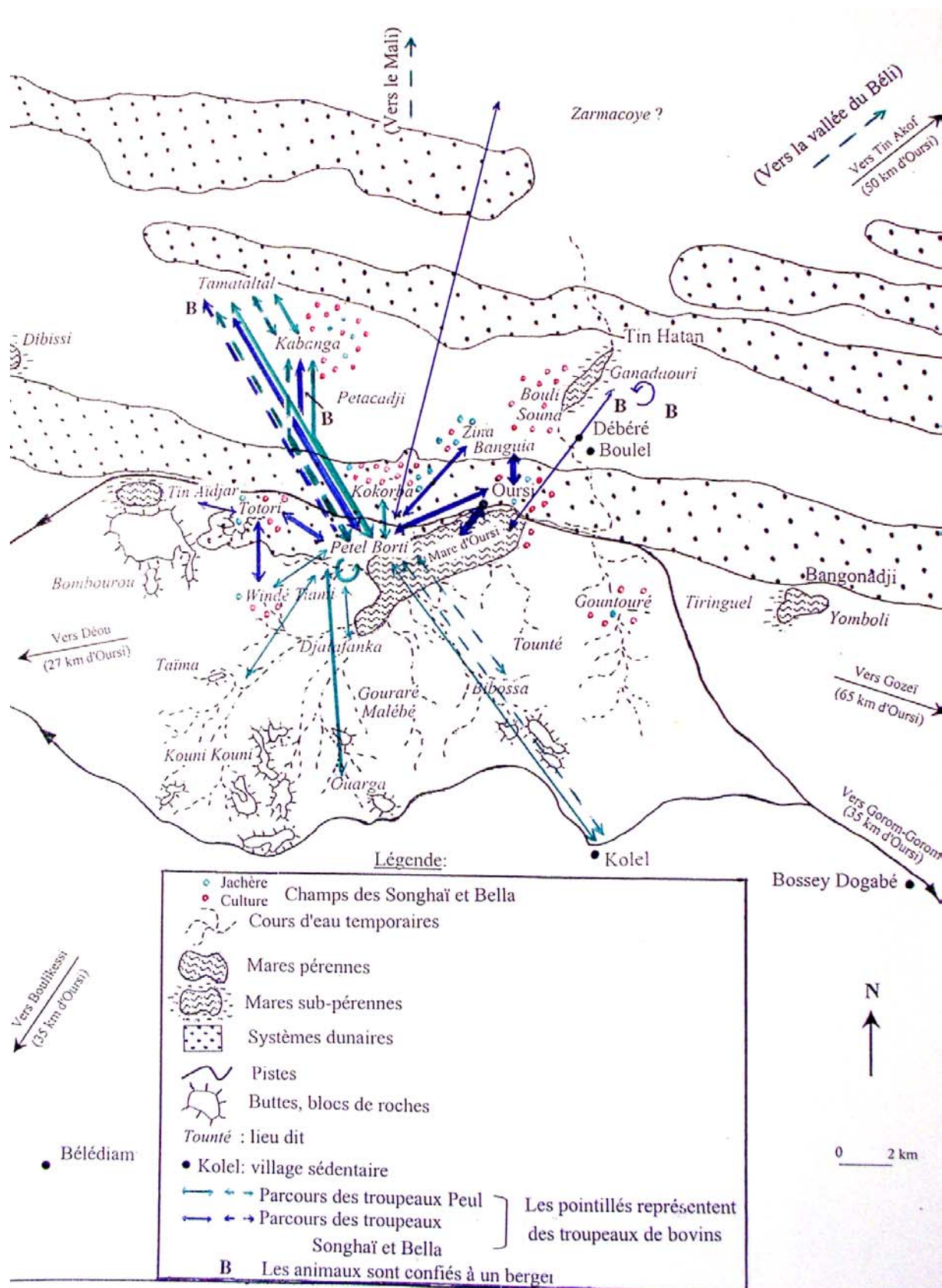


Figure 6 : Carte de transhumance pendant la saison sèche et répartition des champs cultivés Songhaï et Bella.

6.1.4 Utilisation des ressources ligneuses par les animaux domestiques sur les parcours dunaires

La saison sèche est la période critique pour les ligneux, d'une part parce que les arbres sont en situation de stress hydrique et d'autre part parce que les animaux sont concentrés sur la dune où le fourrage ligneux est abondant. Donc la charge animale aura des effets quantifiables et variables selon les mois et les déplacements des animaux. Trois périodes ont été considérées : avril-mai, mois des premières pluies, octobre-novembre, ouverture des champs, et décembre-avril, réduction des points d'eau à la mare d'Oursi.

6.1.4.1 *La concentration des animaux*

Petel Borti et Kokorba sont des zones très fréquentées pendant les deux premières périodes car elles constituent les points de convergence des animaux après les transhumances de saison sèche et d'hivernage. C'est entre le mois d'octobre et le mois de décembre que la charge animale est la plus importante aux abords de la mare d'Oursi. D'une part les champs sont fortement pâturés car les résidus de récolte attirent les animaux. D'autre part les bords de mare sont très fréquentés (accès à l'eau et installation des Peul).

La principale perturbation affligée aux ligneux, est causée par le piétinement et le tassement du sol par le passage des animaux et l'appétabilité des plantules levées pendant la saison des pluies. Ces effets sont aussi à considérer lors des premières pluies, mais dans une moindre mesure car les animaux ne sont que de passage et les graines n'ont pas encore toutes germé. Ces perturbations empêchent les populations ligneuses de se régénérer. La population de *B. ægyptiaca* est particulièrement concernée puisqu'elle représente 70% des espèces ligneuses dunaires.

6.1.4.2 *La consommation des feuilles*

La consommation du feuillage des arbres dépend de la disponibilité de ce fourrage, de l'état de la strate herbacée et du goût des animaux selon la période considérée. C'est donc en saison sèche que le prélèvement ligneux est le plus important sur la dune, quand la strate herbacée a disparue. Après l'hivernage, les animaux utiliseront les arbres pour diversifier leur alimentation mais le fourrage herbacé constitue la principale part de leur ration alimentaire.

B. ægyptiaca est l'espèce préférée des caprins qui peuvent atteindre les feuilles, les rameaux et les fruits jusqu'à 2 mètres du sol. Etant donné l'abondance de l'espèce sur la dune et son appétabilité, elle est broutée toute l'année par les caprins mais aussi par les camelins. Les ovins et asins utilisent aussi ce fourrage mais dans une moindre mesure car ils préfèrent la végétation herbacée. Quelle que soit leur préférence tous ces animaux ont une consommation accrue de feuilles de *B. ægyptiaca* en saison sèche.

6.1.4.3 La consommation des fruits

C'est en avril-mai et octobre-novembre que la germination des graines de *B. ægyptiaca* s'effectue. Les parcours des petits ruminants et des camelins en saison sèche et en hivernage sont très limités dans l'espace et sont centrés sur la mare dans un rayon de 15 Km, ce qui favorise le transport des graines dans un périmètre restreint. Un Djelgobé parcourt seulement 35 km pour rejoindre Petel Borti mais il n'arrive qu'en janvier.

6.1.4.4 La coupe des arbres pour le fourrage et le gaulage des fruits

B. ægyptiaca présente un grand intérêt pour les éleveurs car il est abondant, nourrissant, ses fruits sont comestibles et son feuillage est vert toute l'année en particulier aux moments où les animaux en ont le plus besoin. Le prélèvement de feuilles pour le fourrage est une pratique courante, surtout pour les Peul, et concerne cette fois des espèces bien appréciées par les bœufs (*Grewia bicolor*, *Pterocarpus lucens*, *Boscia senegalensis*, *Combretum aculeatum*) ou par les petits ruminants (*Acacia seyal*, *A. raddiana*, *B. ægyptiaca*, *Combretum aculeatum*). Différentes techniques sont utilisées: l'émondage, l'effeuillage et le ployage. L'effeuillage est la pratique la plus courante car il est bien toléré par les espèces ligneuses; il consiste à taper les branches avec un bâton. Le ployage rend le fourrage accessible aux animaux en cassant la branche sans la détacher de l'arbre. 41.7 % des agriculteurs qui ont des animaux et 72.4% des éleveurs pratiquent l'une de ces techniques de prélèvement des feuilles sur *B. ægyptiaca*. Ce sont principalement les petits ruminants qui en bénéficient mais une part non négligeable est donnée aux bovins.

18,2% des agriculteurs et 10% des éleveurs gaulent les fruits pour les rendre accessibles aux petits ruminants en fin de saison sèche. Cette pratique est moins courante que le prélèvement des feuilles car les fruits tombent d'eux-mêmes. Ces trois dernières années il semble que de nombreux arbres ont été ravagés par les insectes pendant la saison des pluies et beaucoup d'agro-pasteurs ont constaté aussi la diminution de la quantité de fruits.

6.1.5 Les pratiques agricoles

6.1.5.1 Effets des arbres sur les champs

Pour la plupart *B. ægyptiaca* a peu d'effet positif sur le sol : 11,4% connaissent les propriétés de cette espèce pour la fertilisation et 2,9% reconnaissent son intérêt contre l'érosion. Mais les autres espèces arborées comme *Acacia albida* et *A. senegal* sont mieux reconnues pour ces effets. La production de fruits et l'ombre qui permet aux agriculteurs de se reposer dans le champ sont les principaux intérêts de cette espèce pour les agriculteurs, En revanche, beaucoup trouvent *B. ægyptiaca* gênant pour les cultures car ces arbres attirent les

prédateurs "mange mil" ou deviennent envahissants. *B. ægyptiaca*, n'est pas apprécié dans les champs car il représente plus de contraintes que d'intérêts. Un Songhaï expliquait qu'avant l'interdiction de la coupe il ne gardait que 6 arbres pour 5 hectares.

6.1.5.2 *Pratiques agro-sylvo-pastorales sur la parcelle de Kokorba*

La parcelle de Kokorba appartient à un Songhaï, Amadou, qui l'a hérité de son grand-père par son père. Elle est mise en jachère tous les trois à quatre ans pendant quelques années, sa surface est de 2 ha et le sol est argilo-sableux autorisant la culture associée: petit mil, sorgho, niébé et oseille. Amadou la cultive en même temps qu'une autre parcelle de 1 ha avec ses 5 garçons. La main d'œuvre est suffisante pour cultiver les deux parcelles, assurer l'entretien d'un petit troupeau (2 bovins, 2 caprins et 2 ovins) et pour permettre au chef de ménage de faire une troisième activité (couturier). Les animaux pâturent pendant toute la saison des pluies au Nord de Zina Banguia où ils s'abreuvent pendant qu'Amadou cultive. Après les récoltes le bétail est parqué sur les champs et est associé aux animaux d'un éleveur. Puis il repart pour la transhumance à 15 Km au Nord de Zina Banguia où il passe toutes les nuits de la saison sèche. L'abreuvement est quotidien et se fait à la mare d'Oursi en début d'après midi. Le sol n'est pas travaillé avant les semis en mai, les arbres sont élagués et écimés pour diminuer l'ombre et l'attraction des oiseaux et insectes. Après la jachère les mêmes techniques sont adoptées. On remarque en plus sur le terrain que certains arbres sont coupés à la base du houppier ou totalement coupés (souches avec rejets et troncs coupés). Il garde les jeunes plants quand ce sont des espèces ligneuses intéressantes qui "poussent droit". La densité d'arbres conservée est de 78 pieds/ha. A cause de l'étude, Amadou n'a pas abattu d'arbre mais il comptait le faire une fois l'étude terminée car la densité est trop importante. Les branchages taillés sont utilisés en bois de feu, pour boucher les trous dans les clôtures ou donner en fourrage. Les jeunes plants de la jachère sont enlevés et deux sarclages à l'iler sont effectués pendant la culture. Amadou connaît la capacité de drageonnage de *B. ægyptiaca* et enlève systématiquement les drageons qui en sont issus ainsi que les plantules de la germination. Il plante aussi des arbres sur son champ mais pas cette espèce. Il a semé deux *Acacia senegal* dont il exploite la gomme car ces arbres lui appartiennent.

Les pratiques agronomiques d'Amadou sont assez représentatives de la population interrogée, à l'exception du système de jachères. 28,6% des personnes interrogées ne pratiquent pas la jachère (principalement les Bella, 4 sur 7) et changent de parcelle quand la productivité devient médiocre. 10,7% font les deux types de jachère: la jachère classique, de fréquence et de durée variables, et la jachère tournante qui consiste à ne pas cultiver une partie du champ pendant une ou plusieurs années. Le choix de cette dernière est

généralement lié à la taille des parcelles et au nombre de personnes disponibles. 25,7% des agriculteurs ne pratiquent que la jachère tournante et 34,3% ne font que la jachère complète. Dans les deux cas les fréquences et durées ne sont pas régulières; la mise en jachère se fait quand l'agriculteur n'a pas le temps de tout cultiver ou quand il constate une nette diminution des rendements, la durée sera alors fonction de la reconstitution du sol dont l'indicateur est la végétation naturelle, et de la disponibilité en main d'œuvre. Parfois certains remettent une portion de la parcelle en culture pour tester la fertilité. Ceux qui mettent régulièrement leurs champs en jachère sont 20% à le faire tous les dix ans et plus, et 8% tous les 3 à 5 ans pendant des durées allant de 3 à 5 ans (32%) ou de 6 à 10 ans (12%). Les temps concernant les jachères tournantes sont plus courts étant donné le caractère conjoncturel de ces jachères: 12% sont faites tous les 5 ou 6 ans (un agriculteur la fait tous les ans pour ne pas avoir à défricher) et 20% durent 2 ou 3 ans.

La plupart ne payent pas les conseils non obligatoires d'un agent des Eaux et Forêts alors que 69,2% achètent un permis de défriche après jachère. L'agent conseille l'émondage, la coupe des branches basses et une densité de 20 grands pieds et 40 petits par hectare.

6.2 Diversité génétique

6.2.1 Balanites

6.2.1.1 Diversité locale

➤ Structure diamétrique

Les populations algériennes et burkinabés ont des structures diamétriques très différentes (figure 7). Les populations burkinabés présentent un grand nombre de rejets et des arbres adultes fortement élagués avec des diamètres assez faibles. Au contraire les populations algériennes sont caractérisées par l'absence de rejets, des arbres adultes de fort diamètre et au houppier fourni.

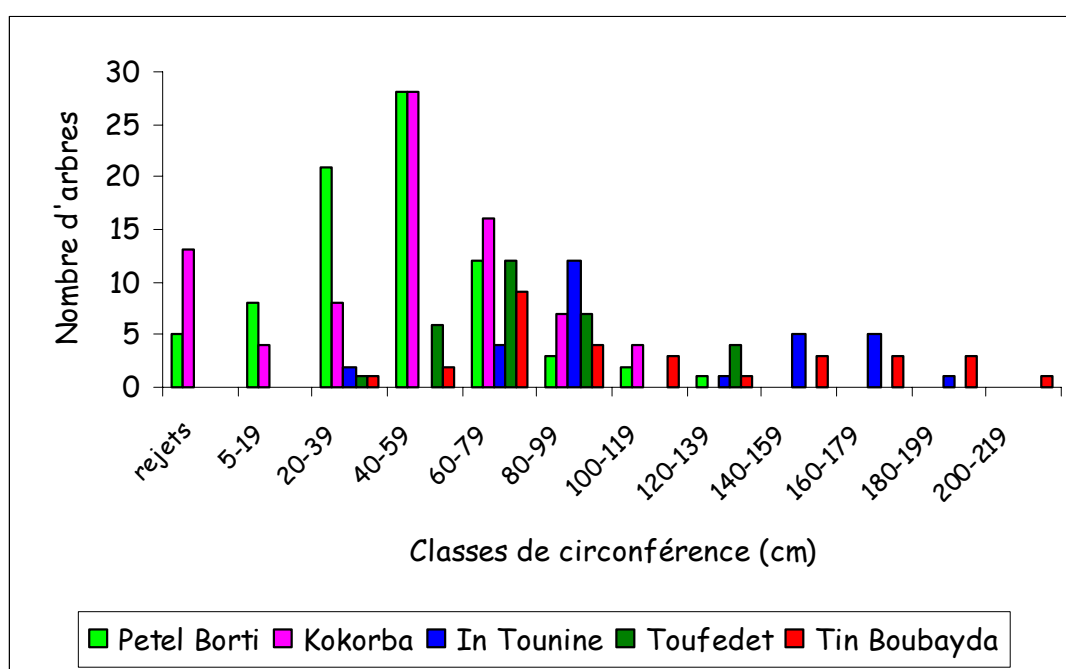


Figure 7 : Structure des populations algériennes et burkinabés de *Balanites aegyptiaca*

Il existe également une différence importante entre les deux parcelles burkinabés. Les arbres de Kokorba sont fortement taillés par élagage, émondage et écimage. Même si la coupe de la totalité du houppier n'a pas été mise en évidence lors des enquêtes, cette pratique semble importante dans la parcelle cultivée où le nombre de troncs coupés est proche de 50% (Figure 8). La densité d'arbres de *Balanites* conservée à Kokorba est de 78 pieds/ha. En revanche, les éleveurs coupent peu d'arbres à Petel Borti où la densité reste importante, environ 200 *Balanites* par hectare.

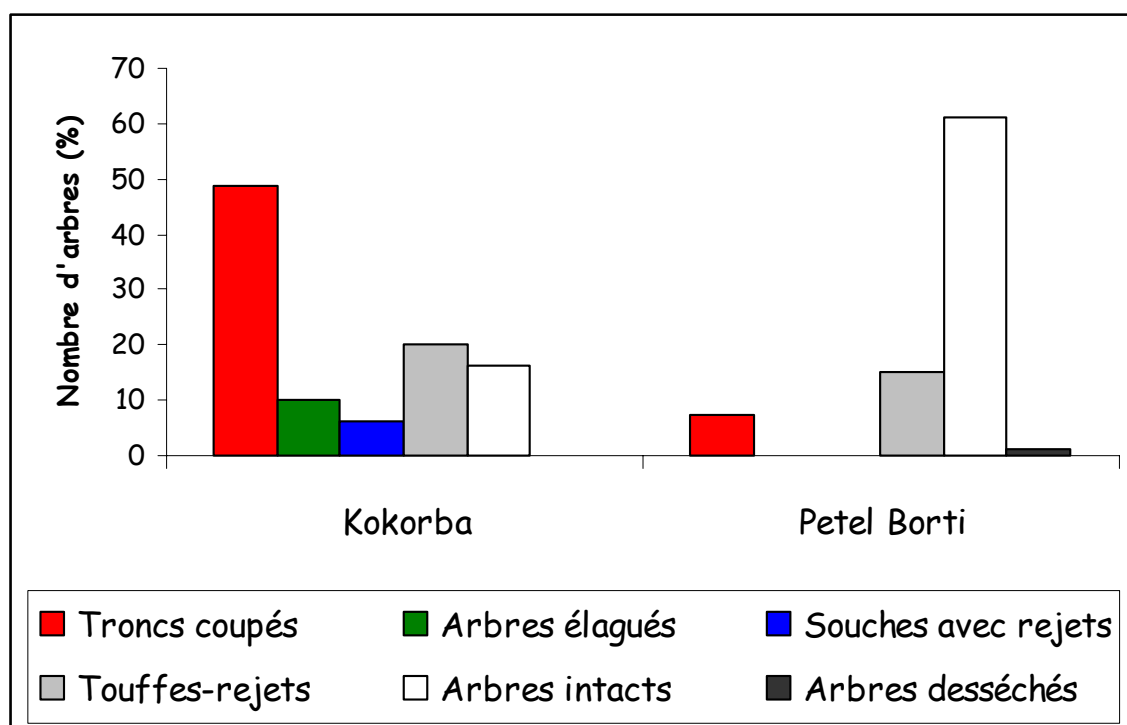


Figure 8 : Etat des arbres à Kokorba et Petel Borti

➤ Diversités nucléaire et chloroplastique

Les paramètres de diversité génétiques des populations burkinabés et algériennes sont résumés dans le tableau 1. De grandes différences apparaissent entre les origines sahéliennes et sahariennes. Les populations sahéliennes présentent des taux de polymorphisme très élevés de l'ordre de 85% en moyenne alors que les populations sahariennes ne sont polymorphes qu'à 25.5% de leurs locus. De même les populations burkinabés ont en moyenne des indices de diversité beaucoup plus forts $H=0.257$ et $I=0.393$ contre $H=0.152$ et $I=0.094$ pour les populations algériennes.

Tableau 1 : Paramètres de diversité génétique des populations burkinabés et algériennes de *B. aegyptiaca* (N : nombre d'arbres analysés ; ne : nombre d'allèles efficaces ; H : diversité génétique de Nei ; I : indice de Shannon ; PI : taux de polymorphisme)

Populations	N	ne	H	I	PI
Petel Borti	79	1.47 ± 0.35	0.280 ± 0.172	0.427 ± 0.228	89.90%
Kokorba	77	1.43 ± 0.36	0.257 ± 0.179	0.393 ± 0.246	83.15%
Djibo	57	1.40 ± 0.37	0.235 ± 0.191	0.358 ± 0.264	82.02%
moyenne		1.43	0.257	0.393	85.00%
Burkina Faso		1.49 ± 0.35	0.287 ± 0.170	0.438 ± 0.220	100.00%

Populations	N	ne	H	I	PI
In Tounine	29	1.04 ± 0.11	0.027 ± 0.078	0.049 ± 0.123	24.7%
Toufedet	30	1.02 ± 0.10	0.009 ± 0.056	0.014 ± 0.084	3.4%
Tin Boubayda	30	1.25 ± 0.36	0.144 ± 0.193	0.219 ± 0.275	48.3%
moyenne		1.10	0.060	0.094	25.5%
Algérie	90	1.27 ± 0.38	0.152 ± 0.203	0.227 ± 0.288	100.0%
Aire de répartition		1.48 ± 0.34	0.286 ± 0.169	0.437 ± 0.222	100.0%

Les populations burkinabés ne montrent pas entre elles de différences significatives du taux de polymorphisme ou des indices de diversité au contraire des populations algériennes. Il n'existe pratiquement pas de drageons dans les deux populations burkinabés, uniquement deux groupes de deux arbres dans chaque cas (Kokorba : arbres 24 et 25, arbres 56 et 57 ; Petel Borti : arbres 50 et 51, arbres 79 et 80 ; Annexes). En Algérie, Tin-Boubayda montre une assez forte variabilité nucléaire intra-population, alors que In-Tounine et Toufedet sont très homogènes et présentent une forte proportion de drageons avec un génotype majoritaire différent pour chaque population (Figure 9). Toufedet est la population la moins variable constituée uniquement de deux clones avec un génotype majoritaire à plus de 80% ; In Tounine est composée de quatre génotypes différents dont deux ne sont représentés qu'une seule fois. Tin Boubayda comprend vingt sept génotypes dont seulement trois couples de drageons. Bien que beaucoup plus polymorphe que les autres populations algériennes Tin Boubayda est pratiquement deux fois moins variable que les populations burkinabés.

Les populations algériennes sont très différenciées ($G_{ST}=0.605$) avec une diversité intra-population faible ($H_S=0.060$) alors que les populations burkinabés sont peu structurées ($G_{ST}=0.086$) avec une diversité intra-population forte ($H_S=0.256$) (Tableau 2). La structure génétique des populations algériennes est bien représentée sur les deux premiers axes de l'analyse factorielle des correspondances qui expriment plus de 50% de la variation totale (Figure 10).

Tableau 2 : Structure de la diversité génétique : diversité génétique totale H_T , intra-population H_S et inter-populations G_{ST}

Origine	H_T	H_S	G_{ST}
Burkina Faso	0.281 ± 0.030	0.256 ± 0.024	0.086
Algérie	0.152 ± 0.041	0.060 ± 0.007	0.605

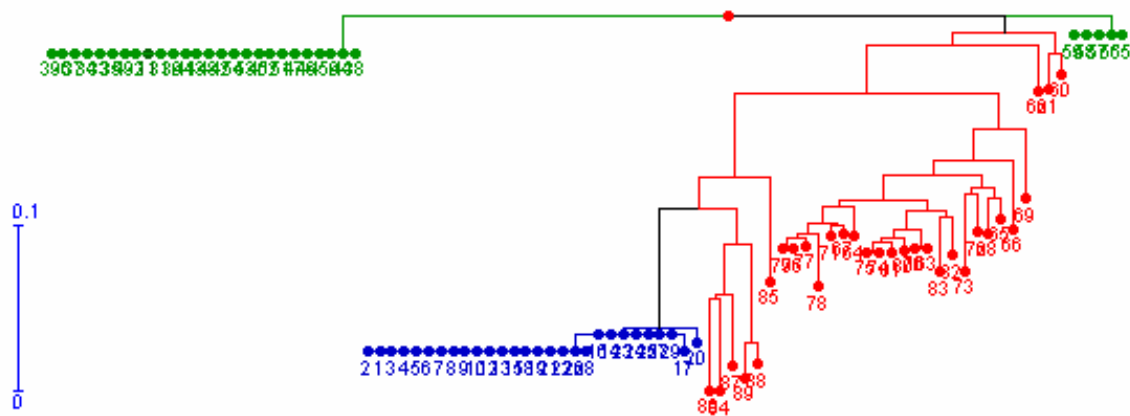


Figure 9: Dendrogramme des distances génétiques de Sokal et Michener des populations algériennes de *B. aegyptiaca* (In Tounine ; Toufedet ; Tin Boubayda).

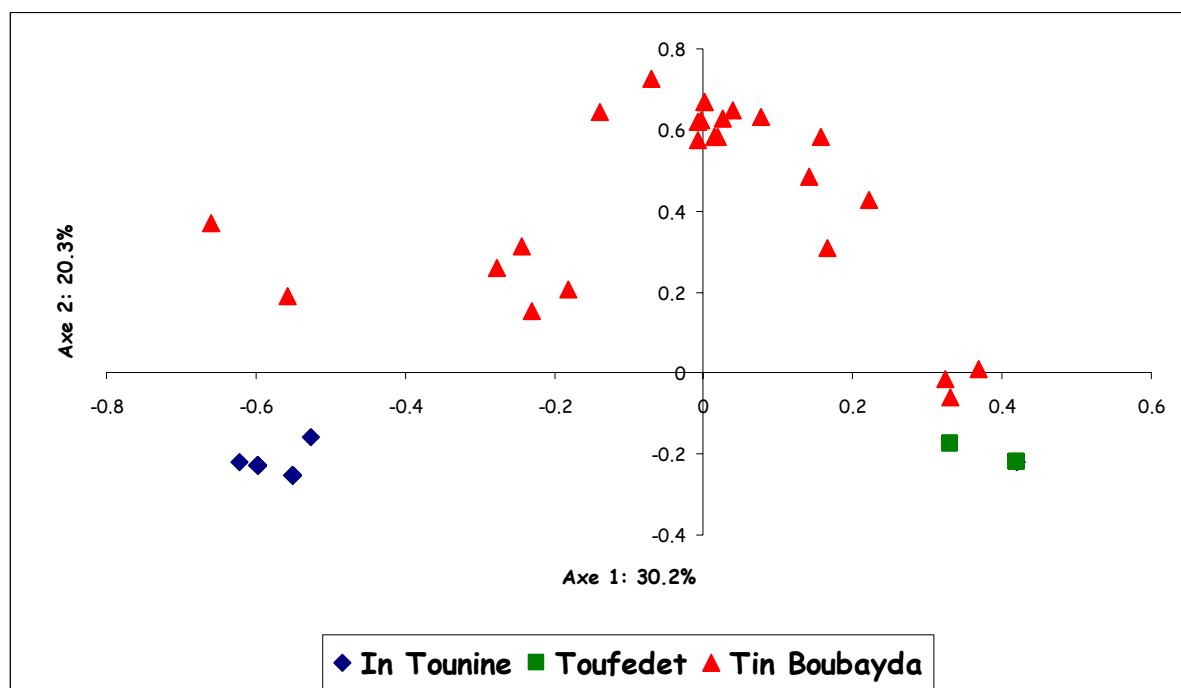


Figure 10 : Analyse factorielle des correspondances des AFLP des populations algériennes de *B. aegyptiaca* (Plan 1-2).

L'analyse moléculaire des variances génétiques (AMOVA) et l'analyse factorielle des correspondances confirment la très forte différenciation des populations algériennes et une différenciation significative entre les populations algériennes et les populations burkinabés (Tableau 3 ; Figure 11).

Tableau 3 : AMOVA des populations algériennes et burkinabés de *B. aegyptiaca* : la variance, le pourcentage de variation expliquée et la significativité sont indiqués.

Sources de variation	Variance	% Variation	Probabilité
Analyse hiérarchisée			
Variance entre pays	2.06	15.6%	P<0.0010
Variance entre populations dans un pays	3.00	22.7%	P<0.0010
Variance intra population	8.15	61.7%	P<0.0010
Analyse des populations algériennes			
Variance entre populations	6.46	72.5%	P<0.0010
Variance intra population	2.45	27.5%	

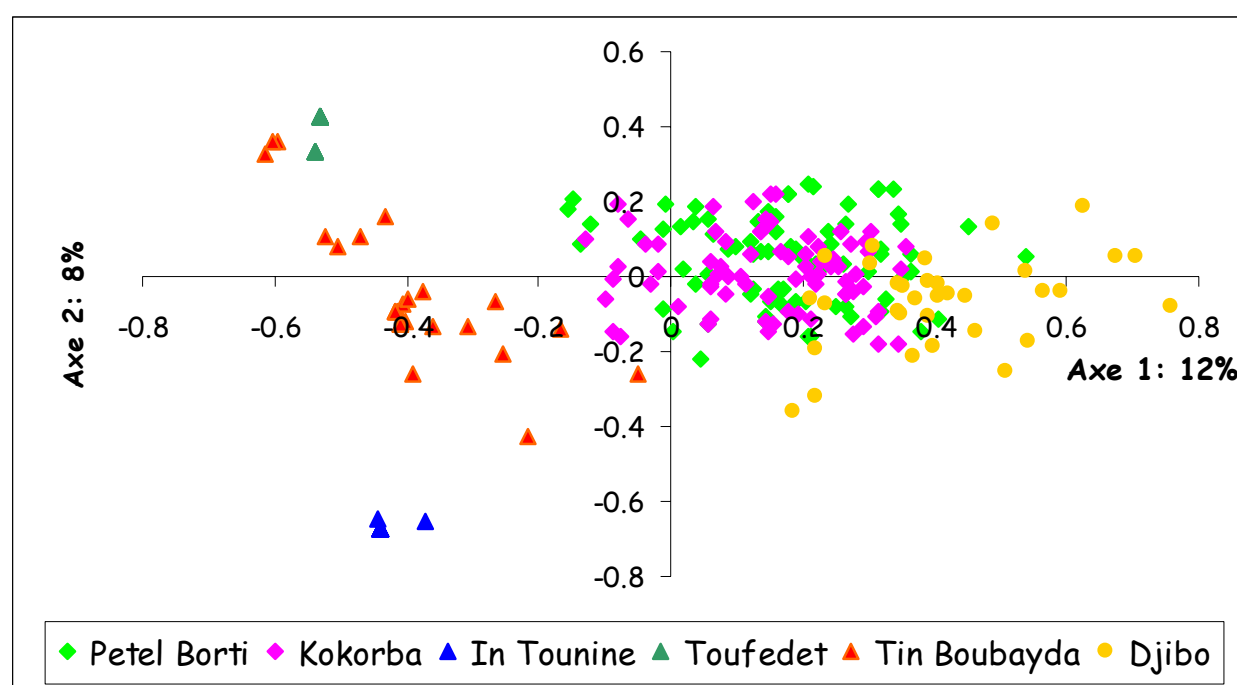


Figure 10 : Analyse factorielle des correspondances des AFLP des populations burkinabés et algériennes de *B. aegyptiaca* (Plan 1-2).

Au niveau chloroplastique, la diversité génétique des populations algériennes est très faible (Figure 11). Seulement trois cytotypes sont mis en évidence : cytotype C pour Toufedet, cytotype A pour In-Tounine, et cytotypes A et D pour Tin-Boubayda. Toufedet et In Tounine n'ont pas de cytotype en commun alors que Tin Boubayda partage avec In Tounine le cytotype A mais en faible fréquence. Par ailleurs, Tin Boubayda a le même cytotype majoritaire D que les populations burkinabés. Ces dernières partagent le cytotype E en fréquence élevée et le

cytotype M en fréquence très rare. Le cytotype L n'apparaît qu'à Petel Borti et le cytotype B qu'à Kokorba ⁵.

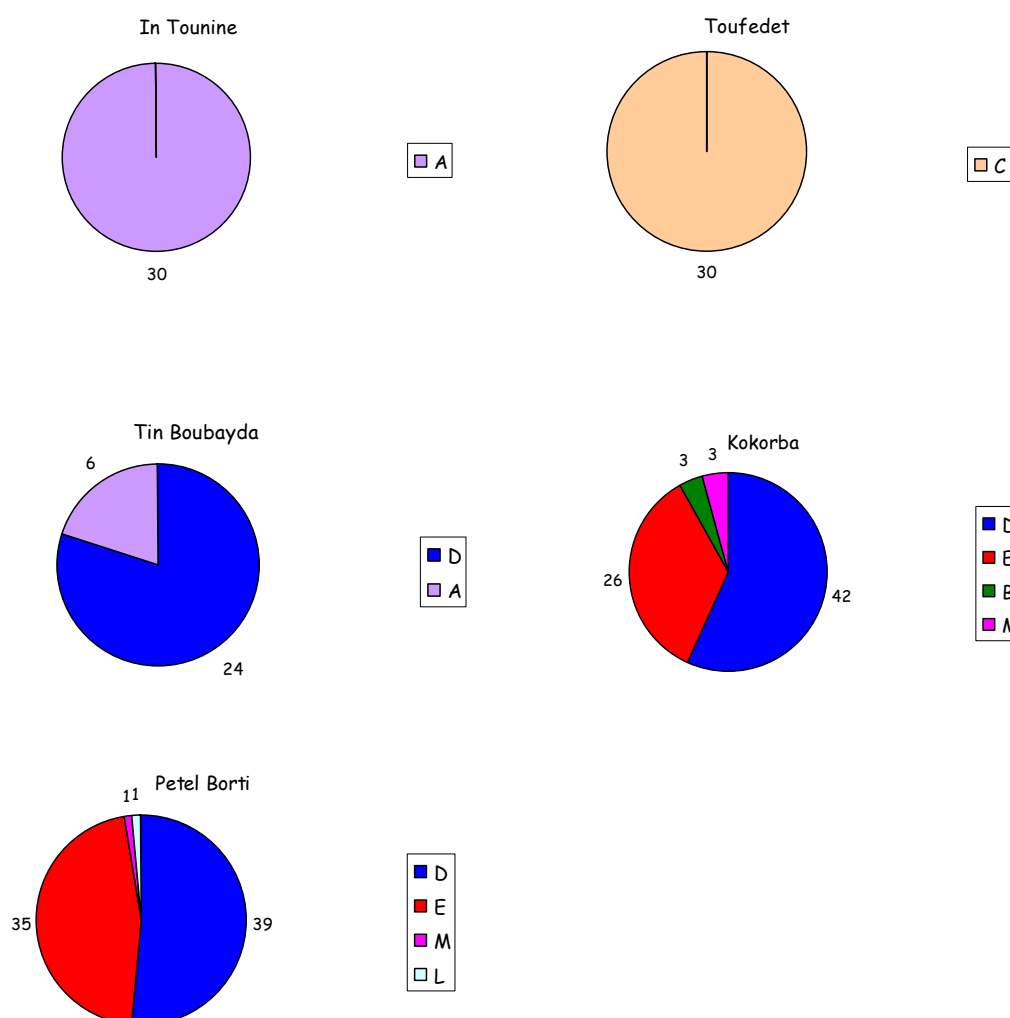


Figure 11: Répartition des cytotypes dans les populations algériennes et burkinabés de *B. aegyptiaca*.

⁵ La diversité génétique chloroplastique n'a pu être analysée sur les échantillons de Djibo

Tableau 4 : Structure génétique des cytotypes des populations algériennes et burkinabés de *B. aegyptiaca* (N : nombre de populations ; H_T : diversité génétique totale ; H_S : diversité génétique intra-population ; G_{ST} : différenciation génétique des populations).

Origine	N	H_T	H_S	G_{ST}
Algérie	3	0.659	0.110	0.832
Burkina Faso	2	0.542	0.537	0.009
Algérie - Burkina Faso	5	0.736	0.284	0.611

A l'exception de Toufedet, il n'existe pas de structure génétique spatiale au niveau intra-population, c'est-à-dire que les génotypes et les cytotypes sont distribués aléatoirement dans les parcelles étudiées (Annexes). Au contraire, à Toufedet, les individus 56, 57, 58, 59 et 60 de même génotype et cytotype se trouvent tous au Nord de la parcelle.

6.2.1.2 Diversité régionale

➤ diversité nucléaire

Les paramètres de diversité génétique des deux locus microsatellites sont indiqués dans le tableau 5 pour l'ensemble des populations analysées.

Des problèmes techniques n'ont pas permis d'analyser tous les individus et tous les locus. Cependant quelques tendances peuvent être dégagées des résultats préliminaires obtenus.

Pour l'ensemble des populations, 18 allèles ont été mis en évidence pour Ba60 et 15 pour Ba76. Ce nombre est très variable en fonction des populations analysées. Ainsi les populations algériennes In Tounine et Toufedet n'ont que 2 allèles par population pour le locus Ba60 alors que la population sénégalaise et la population Tin Boubayda présentent 8 et 6 allèles respectivement pour un échantillonnage équivalent. Les populations burkinabés et nigériennes sont très polymorphes avec respectivement 15 et 13 allèles pour Ba60. Les taux d'hétérozygotie et les déficits en hétérozygotes sont également très variables selon les populations et le locus considéré. Les arbres de Toufedet et In Tounine sont tous hétérozygotes pour Ba60 et Tin Boubayda montre un excès en hétérozygotes important ($F_{IS} = -0.301$) à l'inverse des populations burkinabés caractérisées par des déficits en hétérozygotes (F_{IS} varie de 0.072 à 0.449). Toutes populations confondues, les locus Ba60 et Ba76 présentent des déficits en hétérozygotes.

Tableau 5 : Paramètres de diversité génétique des deux locus microsatellites BA60 et Ba76 des populations de *B. aegyptiaca* de l'aire de répartition de l'espèce (N: nombre d'individus analysés; Na: nombre d'allèles; Ho: Hétérozygotie observée; He: Hétérozygotie espérée; Fis: indice de fixation de Wright; *les populations d'un pays ont été groupées en une seule population)

Populations		N	Na	Ho	He	F _{is}
Burkina Faso						
Kokorba	Ba60	74	13	0.743	0.806	0.072
	Ba76	50	12	0.420	0.770	0.449
Petel Borti	Ba60	66	13	0.636	0.763	0.160
	Ba76	40	9	0.650	0.785	0.161
Populations burkinabés*	Ba60		15	0.693	0.789	0.119
	Ba76		15	0.522	0.788	0.330
Côte d'Ivoire	Ba60	6	3	0.500	0.591	0.077
Mali						
Sokouna1	Ba60	11	1	-	-	
	Ba76	11	2	1.000	0.524	-1.000
Sokouna2	Ba60	10	7	0.900	0.842	-0.125
	Ba76	10	4	0.750	0.675	-0.185
Populations maliennes*	Ba60		7	0.429	0.620	0.292
	Ba76		4	0.895	0.679	-0.354
Niger						
Karma	Ba60	20	9	0.850	0.832	-0.048
Kokwaray	Ba60	18	10	0.556	0.802	0.288
Populations nigériennes*			13	0.711	0.825	0.127
Sénégal	Ba60	24	8	0.500	0.779	0.345
Tchad						
N'djamena	Ba60	19	6	0.632	0.639	-0.016
Zakouma	Ba60	27	7	0.593	0.667	0.094
Populations tchadiennes*	Ba60		10	0.609	0.689	0.107
Algérie						
In Tounine	Ba60	29	2	1.000	0.509	-1.000
Toufedet	Ba60	30	2	1.000	0.509	-1.000
Tin Boubayda	Ba60	30	6	0.900	0.703	-0.301
Populations algériennes*	Ba60		6	0.966	0.740	-0.314
Toutes populations	Ba60	732	18	0.728	0.817	0.108
	Ba76	218	15	0.587	0.829	0.288

Il est bien entendu impossible de conclure sur le déficit en hétérozygotes des populations à partir de seulement 2 locus microsatellites mais ces résultats préliminaires sont encourageants et devront être complétés par l'étude de nouveaux locus. Ils permettent, par ailleurs, de confirmer le niveau de diversité génétique et la structure des populations mis en évidence avec les marqueurs AFLP c'est-à-dire une forte diversité génétique associée à une faible différenciation des populations burkinabés ($F_{ST}=0.008$) au contraire des populations algériennes ($F_{ST}=0.232$).

➤ diversité chloroplastique

B. aegyptiaca présente 17 cytotypes différents sur son aire de répartition avec 2 cytotypes majoritaires D (28%) et E (30%) (Figure 12). Tous les autres cytotypes sont en fréquence faible inférieure à 10% et 4 cytotypes n'apparaissent qu'une seule fois. Sur son aire de répartition naturelle, *B. aegyptiaca* présente une diversité génétique totale ($H_T=0.815$) et une différenciation génétique ($G_{ST}=0.709$) importantes (Tableau 6). Cependant, la différenciation génétique est beaucoup plus forte entre les populations du Nord du Sahara ($G_{ST}=0.832$) comparativement à celle du Sud du Sahara ($G_{ST}=0.635$).

Tableau 6 : Structure génétique chloroplastique des populations de *B. aegyptiaca* sur son aire de répartition (H_T : diversité génétique totale ; H_S : diversité génétique intra-population ; G_{ST} : différenciation génétique des populations).

Populations	N	H_T	H_S	G_{ST}
Aire naturelle	13	0.815	0.246	0.709
Sud du Sahara	10	0.787	0.288	0.635
Nord du Sahara	3	0.659	0.110	0.832

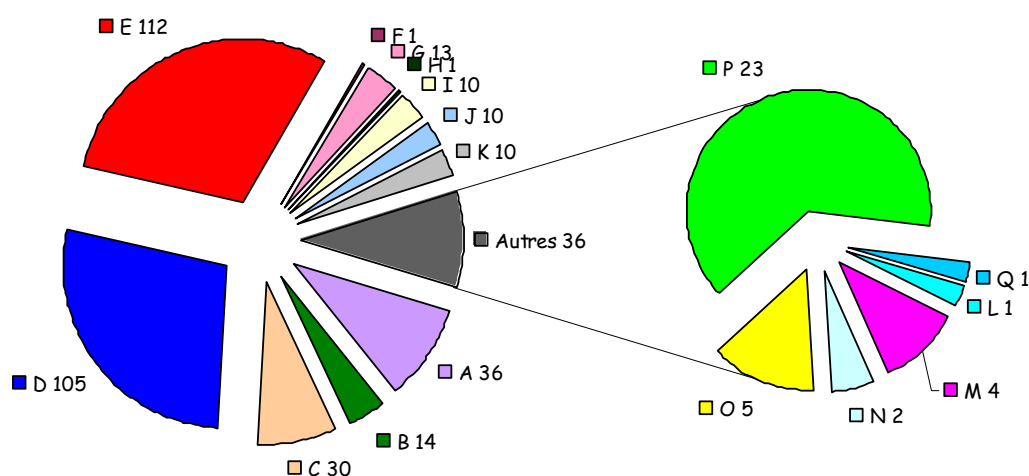
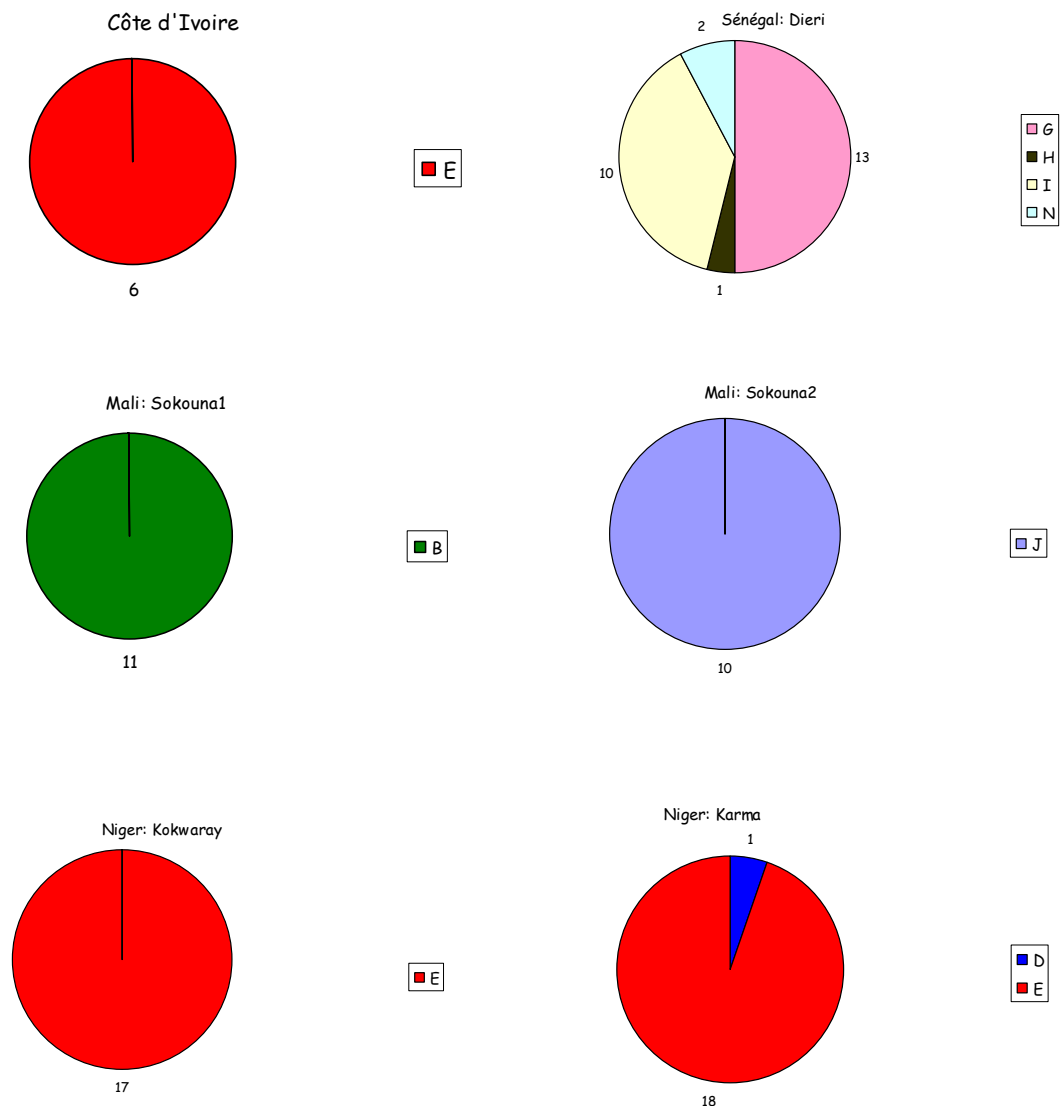


Figure 12: Diversité génétique chloroplastique des populations de l'aire de répartition de *B. aegyptiaca* (le nombre d'individus est indiqué pour chaque cytotype).

Les populations au nord et au sud du Sahara sont fortement différenciées avec les cytotypes A et C spécifiques de la région nord saharienne, respectivement d'In Tounine et de Toufedet (Figures 11 et 13). Tin Boubayda est une population intermédiaire avec 20% de cytotype C et 80% de cytotype D commun aux populations du nord et du Sahara.

La diversité génétique chloroplastique intra-population est très différente selon les origines. Alors que le Niger, le Mali, l'Algérie et la Côte d'Ivoire sont très homogènes, le Sénégal et le Tchad présentent de nombreux cytotypes (Figure 13).



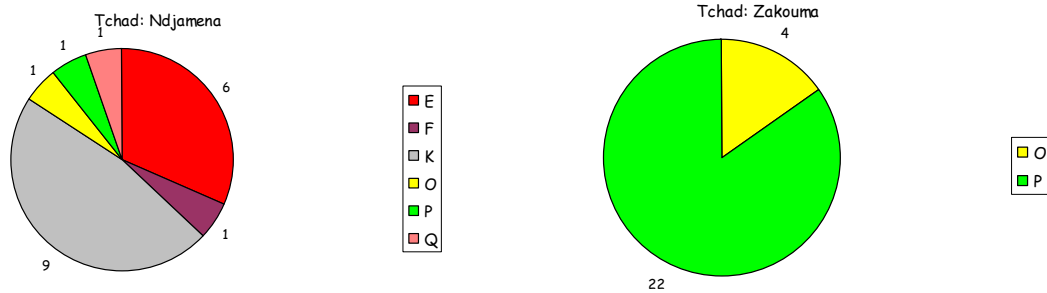


Figure 13: Répartition des cytotypes dans les populations de *B. aegyptiaca* de l'aire de répartition de l'espèce (le nombre d'individus est indiqué pour chaque cytotype).

La différenciation chloroplastique est faible au Niger et très importante au Mali et au Tchad. Les deux sous populations Sokouna du Mali n'ont aucun cytotype en commun. La sous population Sokouna1 correspondrait à la germination d'une graine jetée par un villageois donnant un arbre adulte qui se serait propagé par drageons (P. Birnbaum, communication personnelle). Au Tchad, Zakouma correspond à une population naturelle alors que les échantillons de Ndjama ont été récoltés dans des jardins de particuliers et peuvent être d'origines très variées, les propriétaires ayant planté des graines après consommation des fruits achetés sur les marchés (D. Ndikibaye, Communication personnelle). La diversité du Sénégal est un peu plus étonnante, les échantillons ayant été récoltés sur des arbres dans un rayon de moins de 100m.

6.2.2 *Acacia tortilis raddiana*

6.2.2.1 Diversité génétique

➤ Structure diamétrique

Les populations algériennes d'*A. tortilis raddiana* sont caractérisées par une faible fréquence d'arbres de petit diamètre, en particulier il n'existe pas de diamètre inférieur à 20 cm. In Tounine est la population qui présente le plus grand nombre d'arbres à petit diamètre, la moyenne des diamètres étant de 84.5 cm. A l'inverse, Tin Boubayda est caractérisée par des individus à gros diamètres avec une moyenne de 120 cm.

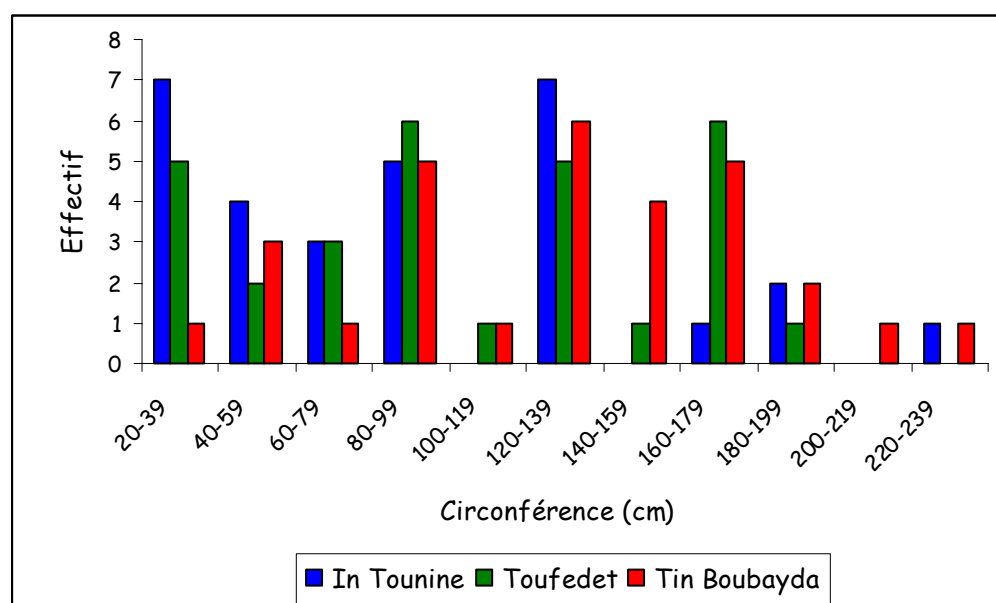


Figure 14 : Structure diamétrique des populations algériennes d'*A. tortilis raddiana*.

➤ Diversité génétique locale

Les paramètres de diversité génétique nucléaire montrent une diversité importante dans les populations algériennes d'*A. tortilis raddiana*; H varie de 0.238 pour Tin Boubayda à 0.302 pour Toufedet, et I de 0.366 à 0.455 (Tableau 7). Les populations sont, en moyenne, polymorphes à 86.8% de leurs locus avec une diversité génétique $H=0.265$. La différenciation est faible bien que significative, 17% de la variabilité est inter-populations ($P<0.0002$). Par ailleurs, les individus de Toufedet sont génétiquement plus différents que les individus d'In Tounine. Cela est particulièrement évident sur le premier plan de l'analyse factorielle des correspondances effectuée sur les AFLP d'*A. tortilis raddiana* où les individus de Toufedet sont très dispersés alors que ceux d'In Tounine restent groupés (Figure 15).

Tableau 7 : Paramètres de diversité génétique des populations algériennes d'*A. tortilis raddiana* (N : nombre d'arbres analysés ; ne : nombre d'allèles efficaces ; H : diversité génétique de Nei ; I : Indice de Shannon ; PI : taux de polymorphisme).

Populations	N	ne	H	I	PI
In Tounine	30	1.45	0.255	0.378	81.1%
Toufedet	30	1.52	0.302	0.452	92.5%
Tin Boubayda	30	1.40	0.238	0.366	86.8%
moyenne		1.47	0.265	0.399	86.8%
Algérie	90	1.51	0.299	0.451	100.0%

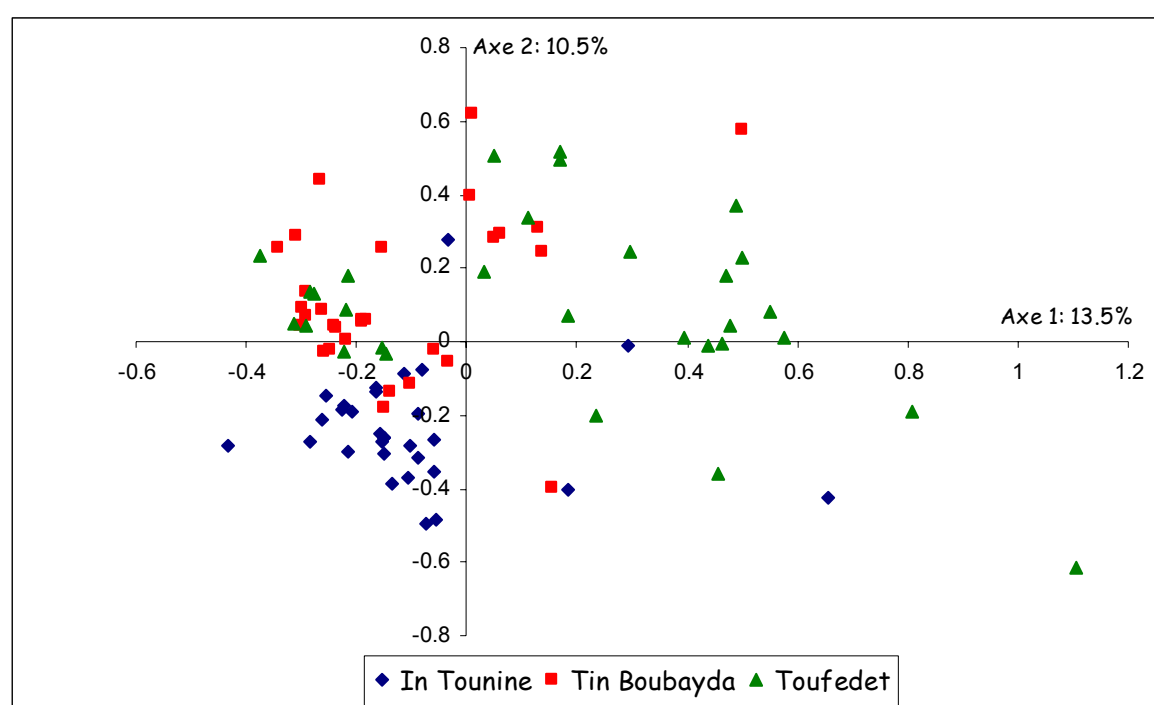


Figure 15 : Analyse factorielle des correspondances des AFLP des populations algériennes d'*A. tortilis raddiana*.

Aucune variabilité génétique chloroplastique n'a été mise en évidence dans les populations algériennes que ce soit sur les marqueurs microsatellites ou les amorces universelles quelque soit la méthode utilisée (PCR-RFLP ou PCR-SSCP). Un seul couple d'enzyme AS-MboI a montré une variation chez un seul individu d'In Tounine (individu 20).

➤ Diversité génétique régionale

La diversité génétique régionale nucléaire a été étudiée sur 10 populations de l'aire de répartition de l'espèce (Tableau 8). Les paramètres de diversité

généétique n'ont été calculés que sur les populations qui présentent un échantillonnage suffisant supérieur à 15 individus (Tableau 9). En revanche, les analyses factorielles de correspondances ont été effectuées sur l'ensemble des individus de toutes les origines.

Tableau 8 : Origine des échantillons étudiés

Origine	Populations	Nombre d'individus analysés
Botswana		1
Cameroun	Mayel Makabaye	3 issus d'un mélange de descendances
Inde	Rajastan	20 issus d'un mélange de descendances
Israël	Ein Atseva Arava	11 issus d'un mélange de descendances
Niger	Filingue	20 issus de descendances séparées
Sénégal	Dahra	29 issus de descendances séparées
Sénégal	Rao	15 issus de descendances séparées
Sénégal	Souilène	25 issus de descendances séparées
Soudan	Kartoum	8 issus d'un mélange de descendances

Tableau 9 : Paramètres de diversité génétique des populations d'*A. tortilis raddiana* sur son aire de répartition.

Populations	ne	H	I	PI
Inde	1.15	0.095	0.147	32.2%
Niger	1.30	0.178	0.273	57.6%
Dahra	1.27	0.169	0.263	62.7%
Rao	1.23	0.141	0.215	42.4%
Souilène	1.31	0.193	0.302	71.2%
Sénégal	1.32	0.209	0.327	76.3%
moyenne	1.25	0.155	0.240	45.4%
Aire de répartition	1.34	0.221	0.359	100.0%

La diversité génétique d'*A. tortilis raddiana* sur son aire de répartition est plus faible que celle des populations algériennes⁶ avec un taux de polymorphisme moyen inférieur à 50% et des indices de diversité moyens H=0.155 et I=0.240

⁶ Les résultats obtenus sur les populations algériennes ne sont pas tout à fait comparables à ceux obtenus sur les autres populations, les analyses ont bien été effectuées sur les mêmes marqueurs AFLP mais la lecture des gels a posé quelques problèmes et la correspondance entre les différentes bandes générées n'est pas terminée.

(Tableaux 7 et 9). C'est la population sénégalaise Dahra qui présente le polymorphisme le plus fort (PI=71.2%, H=0.193 et I=0.302).

La différenciation des populations est en premier lieu due à la population d'Israël sur le premier axe de l'analyse multivariée et par l'individu du Botswana sur le deuxième axe (Figure 16).

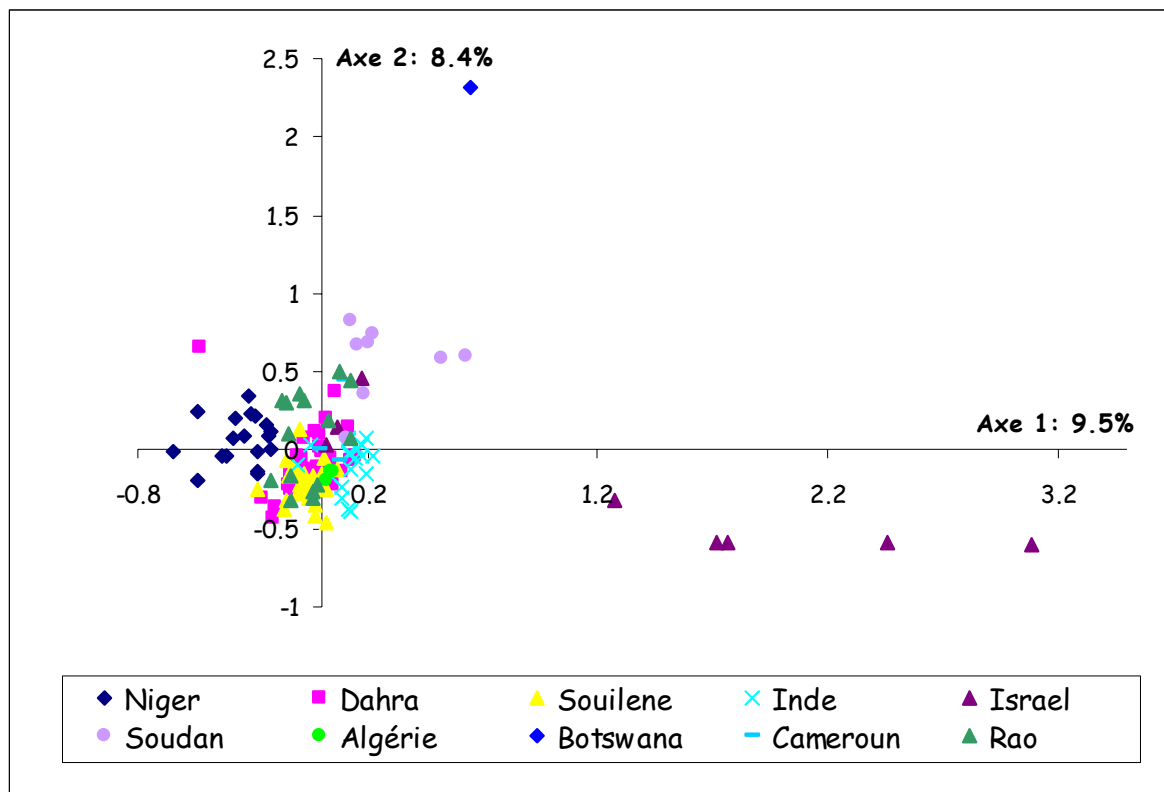


Figure 16: Analyse factorielle des correspondances des AFLP des populations d'*A. tortilis raddiana* sur son aire de répartition (Plan 1-2).

Lorsque les populations d'Israël et du Botswana sont enlevées de l'analyse, le Soudan se distingue de l'ensemble des populations alors que le Niger se différencie des autres populations de l'Afrique de l'Ouest ou centrale avec quelques individus de Rao et d'Inde intermédiaires (Figure 17).

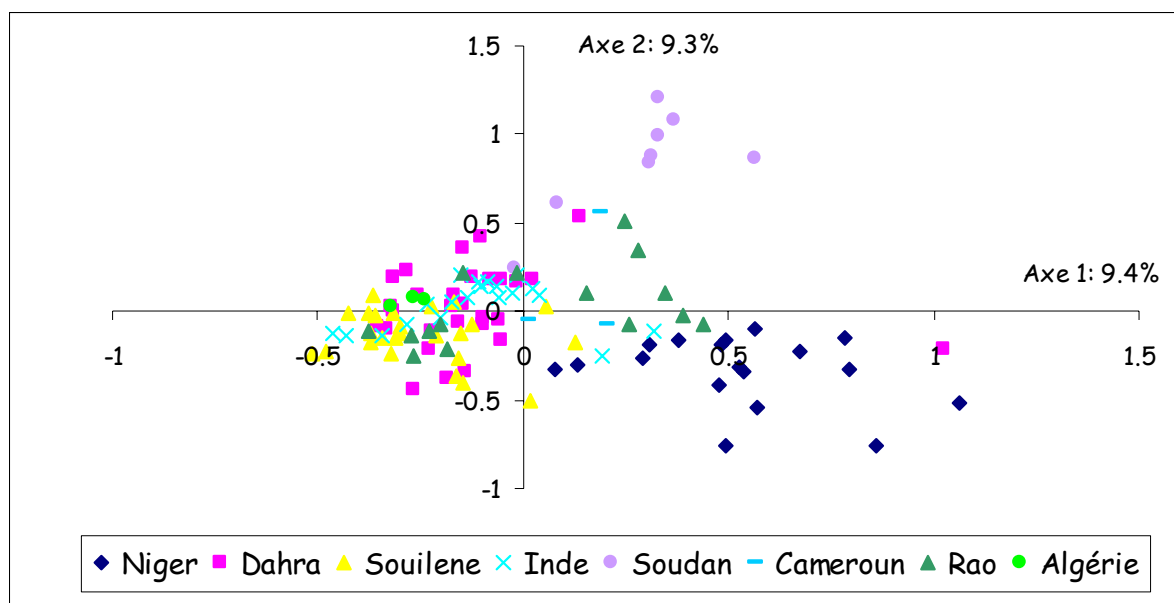


Figure 17: Analyse factorielle des correspondances des AFLP des populations d'*A. tortilis raddiana* sur son aire de répartition en enlevant les populations d'Israël et du Botswana (Plan 1-2).

L'analyse multivariée des populations sénégalaises met en évidence une structuration de la population de Souilène avec cinq individus qui se séparent nettement (Figure 18). Au Sénégal, 80% de la variabilité génétique nucléaire se trouve à l'intérieur des populations.

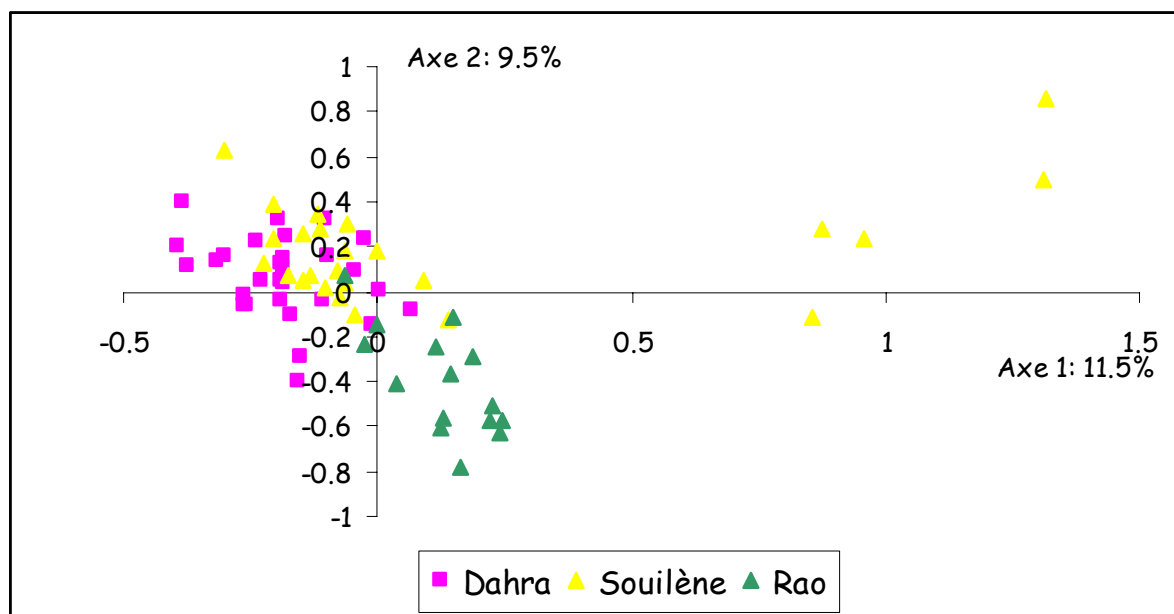


Figure 18 : Analyse factorielle des correspondances des populations sénégalaises d'*A. tortilis raddiana* (Plan 1-2)

Au niveau chloroplastique, la diversité génétique est très faible. Uniquement trois cytotypes ont été mis en évidence chez *A. tortilis raddiana* sur son aire de répartition. La diversité génétique chloroplastique totale est faible ($H_T=0.490$) dont plus de 50% se trouve à l'intérieur des populations ($G_{ST}=0.528$) (Figure 19).

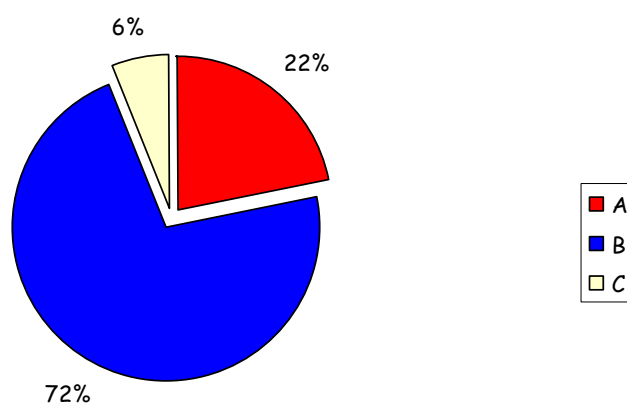


Figure 19 : Répartition des cytotypes d'*A. tortilis raddiana* sur son aire de répartition (10 populations)

Le cytotype B est le plus répandu sur l'ensemble des populations (Tableau 10). Le cytotype 3 n'apparaît que dans les populations d'Israël et du Cameroun.

Tableau 10 : Diversité génétique chloroplastique des populations d'*A. tortilis raddiana* sur son aire de répartition.

Populations	Cytotype A	Cytotype B	Cytotype C
Niger	0	1	0
Dahra	0.55	0.45	0
Rao	0.47	0.53	0
Souilène	0.04	0.96	0
Inde	0.25	0.75	0
Israël	0	0.375	0.625
Soudan	0	1	0
Algérie	0	1	0
Cameroun	0.33	0	0.67

Les populations sénégalaises ont une diversité chloroplastique intra-population importante ($H_S=0.374$) comparativement à la diversité totale ($H_T=0.463$) et une diversité inter-populations très faible ($G_{ST}=0.191$).

7 Discussion

Les types d'utilisation des espèces dépendent de l'ethnie considérée et des règles et coutumes ancestrales développées dans chaque pays. Par exemple, *B. aegyptiaca* est apprécié et très utilisé au Sahel comme bois de feu alors qu'*A. tortilis raddiana* lui est préféré au Sahara. En outre, la raréfaction des ressources en bois et la déréglementation de l'utilisation des ressources forestières qu'elles soient au Nord et au Sud du Sahara sont en train d'entraîner une transgression des interdits traditionnels et des modifications de comportement et pratiques des usagers de ces arbres. Ce phénomène semble beaucoup plus ancien au Sahel où les arbres sont fortement mutilés, élagués, écimés et quelque fois coupés. Au Sahara, les populations d'arbres que nous avons étudiés, situées à plus de 20 Km de Tamanrasset, paraissent en meilleur état. Les enquêtes effectuées au Sahel ont permis d'éclairer la situation sur l'appropriation et la gestion des terres et des ressources ligneuses. En revanche, la situation est plus complexe au Sahara, où les changements démographiques et de gestion traditionnelle ont eu moins de répercussions immédiates. Les enquêtes n'ont pas montré de bouleversements importants. Les Touareg semblent avoir conservé, encore de nos jours, des pratiques traditionnelles qui ne remettent pas en cause la pérennité de la ressource. Cependant, depuis l'indépendance, le mode de vie nomade est perturbé par le modèle de développement adopté en Algérie ce qui a poussé de nombreux nomades à venir s'installer dans les centres urbains. Mais la crise économique de ces dernières années fait revenir une partie de cette population au mode de vie pastorale en gardant une activité ou un membre de la famille en ville. La discussion portera donc principalement sur les changements de gestion de l'espace, de pratiques culturelles ou d'élevage, de mode de vie de la population et de l'impact des pratiques sur la diversité génétique du *B. aegyptiaca* au Sahel.

7.1 Gestion et appropriation de l'espace

Au Sahel, un certain nombre de constats a été mis en évidence : la disparition de l'autorité traditionnelle, une gestion inadaptée de l'état aux réalités de terrain et un manque de dialogue entre les différentes autorités et la population locale.

7.1.1 La disparition de l'autorité traditionnelle

Aujourd'hui encore le mode d'utilisation des terres repose sur un consensus coutumier ancien de séparation entre zones cultivées et pâturées (Claude *et al.*, 1991; Bertrand, 1985) mais le rôle gestionnaire du chef traditionnel est substitué par celui des représentants de l'état : les agents des Eaux et Forêts qui contrôlent l'utilisation des ressources naturelles et le Responsable Administratif Villageois (RAV) qui distribue les terres. L'appropriation et l'utilisation de l'espace ne sont pas réglementées ce qui se concrétise par le libre accès aux aires agricoles et de parcours et à la disparition de la

différenciation de ces aires. En effet, les terres défrichées augmentent au détriment des aires pastorales et elles sont pâturées en saison sèche. L'exploitation des ressources naturelles est sévèrement contrôlée ce qui limite l'exploitation mais provoque le mécontentement des utilisateurs. Ils ne conçoivent pas en effet, de devoir payer pour l'exploitation des ressources qui appartenaient jadis à tout le monde. Même si les infractions à la législation forestière ont diminué les habitants d'Oursi et de sa région ont toujours les mêmes besoins qui les poussent à exploiter les arbres illégalement.

La chefferie est cantonnée à un rôle de conseiller et d'arbitre en cas de conflit et n'est jamais consultée pour la gestion du territoire par les pouvoirs locaux. Chez les Djelgobé la crise du pouvoir est vivement ressentie. Le chef n'a plus de responsabilité dans la gestion des ressources et son autorité est contestée dans la mesure où ses attributions sont liées aux exigences de l'administration centrale ou locale (impôts) (Claude *et al.*, 1991). Cette ethnie, qui n'a jamais été soumise rejette la domination de l'état ; le chef coutumier n'étant plus reconnu comme gestionnaire, il en résulte une exploitation individuelle et anarchique des ressources naturelles.

La déstabilisation du pouvoir coutumier est le résultat des régimes politiques et des administrations locales qui se sont succédés dans l'histoire, à commencer par le droit colonial qui a enlevé toute légitimité officielle et peu à peu l'essentiel de son rôle pratique au "maître de la terre". Ce rôle a été encore amoindri par l'islamisation et la régression des croyances animistes qui justifiaient et confortaient le rôle de gestionnaire du "maître de la terre" (Bertrand, 1985).

7.1.2 Une gestion de l'état inadaptée aux réalités du terrain

Aujourd'hui, malgré une volonté de l'état de tendre vers une gestion villageoise par la réhabilitation du pouvoir coutumier et la distribution de "forêts" collectives, le processus est difficile à mettre en place. L'état délègue son rôle aux autorités locales. Libre à elles d'élaborer des plans d'aménagement du territoire en fonction des conditions socio-économiques et écologiques du milieu. A ce niveau rien ne semble exister de manière officielle et dans le sens d'une gestion participative. Seules des idées sont émises mais ne sont pas concrétisées par manque de moyens mais aussi de cohésion entre l'état et les populations locales.

Concernant l'attribution des terres, le RAV délivre une autorisation, le lieu de l'appropriation est libre. Pour l'accès des terres aux hommes et aux animaux la liberté de circulation n'est pas réglementée. La stabilité de ce système semble être assurée grâce à la personnalité du responsable villageois dont l'autorité est reconnue. En revanche l'autorité des agents des Eaux et Forêts ne l'est pas et ceci pour deux raisons: d'une part parce qu'elle exerce plus une fonction de police aux yeux de la population et d'autre part parce que les agents forestiers

ne semblent pas intégrés à la population. Non seulement les agents ne surveillent pas l'ensemble du territoire départemental d'Oursi mais en plus ils ne peuvent faire appliquer certaines règles ce qui est le résultat d'un manque de moyens matériel et humain évident.

7.1.3 Un manque de dialogue entre les différentes autorités et la population locale

La plupart des agriculteurs ne participent pas aux séances de formation technique des agents forestiers. Par ailleurs, les agents sont jeunes, récemment arrivés et étrangers à la population. Leur statut ne leur permet pas d'être en relation avec les chefs de familles du village. Les forestiers n'ont donc aucune autorité sur les agriculteurs et les éleveurs.

L'autorisation payante et le risque de verbalisation en cas de fraude ne permettent de limiter les coupes qu'en apparence : les personnes justifiant d'un droit peuvent exploiter les arbres comme ils l'entendent car il n'y a pas de contrôle. De plus, les personnes n'ayant pas les moyens de payer sont forcées de voler le bois, même s'ils ne l'avouent pas toujours. Dans ce cas l'exploitation est massive, rapide et non raisonnée. Ces incitations à la sur-consommation sont renforcées par la déresponsabilisation des paysans de la gestion de leur environnement (Bertrand, 1985).

7.2 *Mode de vie et activités des personnes interrogées*

La mare d'Oursi est un bon exemple des problèmes démographiques que rencontre le Sahel, liés aux perturbations des modes de vies sur lesquels reposaient auparavant les identités culturelles et tribales. Aujourd'hui, l'élevage et l'agriculture, n'est pas le fait des seuls groupes respectifs Peul et Bella (anciens captifs Kel Tamachek); de nombreuses ethnies émancipées comme les Bella qui étaient avant tout agriculteurs se sont tournés vers l'élevage. D'autres, comme les Peul Gaobé qui étaient surtout éleveurs, tendent à se sédentariser. De plus en plus de sociétés en présence tendent à se confondre sur le plan des activités et des systèmes de production. La tendance générale va dans le sens d'une diminution de la spécialisation et d'une complexification des systèmes de production (Claude *et al.*, 1991).

La disparition des complémentarités inter-ethnies qui étaient le fondement de la société Kel Tamachek, associée à une augmentation naturelle de la population (+64% entre 1955 et 1974) et renforcée par la sédentarisation de certains groupes, ont favorisé l'émigration des hommes vers les villes et accentué la pression anthropique sur le milieu naturel. Entre 1955 et 1974 les aires de parcours ont été multipliées par quatre et les surfaces cultivées au dépens des jachères et des bas fonds ont augmenté de 2.25% par an (Claude *et al.*, 1991).

Il semble que la diversification des activités des Songhaï ait beaucoup moins de conséquences néfastes que pour les autres groupes. En effet, peu ont eu à

défricher une terre pour la cultiver. De plus la main d'œuvre de plus en plus rare à se consacrer uniquement à l'agriculture et à l'élevage, entraîne le maintien de la jachère (en particulier tournante car certains n'ont pas le temps de cultiver tout leur champ) et de la petite taille des troupeaux qui auraient même tendance à diminuer (beaucoup vendent leurs animaux pour des raisons économiques et n'en gardent que peu ou pas).

Le comportement des Bella est très différent et semble donner autant d'importance aux deux activités. La taille de leur troupeau est plutôt moyenne et leurs pratiques culturelles consomment beaucoup d'espace, car le plus souvent quand les rendements sont mauvais ils abandonnent la parcelle définitivement et en défrichent une autre.

Le mode de vie des Djelgobé et des Gaobé est intéressant car il est considéré comme l'archétype nomade dont la mobilité est liée à celle des animaux. Milleville (1992) définit le déplacement des troupeaux de l'Oudalan par la "nomadisation" plutôt que par la transhumance⁷. Or dans notre cas deux transhumances régulières de faible amplitude sont pratiquées (moins de 20 km), ce qui correspond à la conduite de troupeaux moyens présentant peu de bovins. De plus le déplacement des Peul et le choix du site de campement ne sont plus uniquement guidés par la recherche de bons pâturages. L'agriculture, coûteuse en main d'œuvre, interfère énormément dans les pratiques pastorales et impose la résidence d'hivernage.

Nous assistons donc à une semi-sédentarisation des Peuls. Dans le cas de cette ethnie, le changement des comportements traduit certes, une adaptation sociale mais révèle aussi l'impact des conditions climatiques sur la distribution du fourrage. En effet, ces trois dernières décennies de sécheresse ont bouleversé les pratiques pastorales fragilisant ainsi les systèmes d'élevage. Les éleveurs ont donc préféré une agriculture d'autosubsistance et privilégié des troupeaux de taille moyenne.

La transformation des pratiques des Peul ajoutée à celle des Songhaï et des Bella conduit à la concentration des animaux sur la dune et à la défriche de terres jusque là préservées comme les bas fonds.

7.3 La transformation des pratiques est corrélée à celle de l'environnement

La transformation des genres de vie entraîne une sédentarisation des populations nomades et une émigration des agriculteurs; à cela s'ajoutent l'augmentation de la population, la déresponsabilisation des populations locales

⁷ Transhumance : déplacements, de plus ou moins grande ampleur, affectés d'un rythme saisonnier. Nomadisation : mouvements de nature plus conjoncturelle, quelle qu'en soit l'ampleur (Causes multiples : recherche de pâturages plus intéressants, éloignement des animaux des cultures, fréquentation d'une cure salée, conduite orientée en fonction de la cueillette du fonio...).

résultant d'une conjoncture dépendante de l'état actuel des réglementations foncières et forestières étatiques. Nous assistons alors à une dégradation des systèmes écologiques plus ou moins rapide en fonction des conditions climatiques. Face aux changements de leur milieu naturel les gens se sentent démunis; ils espèrent la pluie ou s'en remettent à la volonté de dieu. Certains disent même que c'est la fin du monde que les ancêtres avaient annoncé. Ils n'ont pas conscience que leurs activités perturbent ce milieu; seuls quelques uns vont évoquer les effets négatifs de l'augmentation des défriches ou du pâturage, mais bien souvent ils se rejettent mutuellement la faute.

Les espèces ligneuses jouent un rôle essentiel dans la vie des populations locales, non seulement comme fourrage de relais des pâturages herbacés, mais aussi comme ressource fourragère stable pendant tout le cycle annuel, moins tributaire de la répartition des pluies de l'année précédente. De plus, ces espèces apportent un complément alimentaire et sont utilisées comme bois de service, médicament...

Les arbres les plus exploités sont ceux de la brousse car les arbres des champs et du village sont traités différemment car ils ont avant tout une fonction alimentaire et d'ombre. Ayant conscience de la raréfaction des arbres, les hommes n'exploitent pas l'arbre au maximum; seule la coupe de quelques branches est opérée. Mais la législation forestière tend à inverser cette tendance car elle incite à la sur-consommation et n'est pas limitative dans le choix des espèces. Ainsi la biodiversité est menacée par le climat qui "sélectionne" les espèces les plus résistantes, par le pâturage mais aussi par les hommes qui vont surexploiter certaines espèces d'intérêt, de moins en moins nombreuses.

En effet, la mortalité de *B. ægyptiaca* et *Acacia raddiana* est faible et leur régénération importante inversement à celles de *Pterocarpus lucens*, *Grewia bicolor*, *Acacia nilotica* et *A. senegal*. De plus, des espèces ont disparu (*Dyospyros mespiliformis*, Baobab) ou se raréfient dramatiquement depuis 1980 (Ganaba et Guinko, 1998). Il n'est pas improbable de voir disparaître *G. bicolor* et *P. lucens* car ce sont les espèces les plus consommées par les animaux et les plus appréciées comme bois de service.

A défaut de ces espèces, *B. ægyptiaca* est celle qui peut le mieux les remplacer grâce à ses multiples qualités. De plus cette espèce est abondante sur l'espace dunaire, son feuillage est accessible et bien appâté par les petits ruminants. Ainsi *B. ægyptiaca* est très apprécié et devient la première ressource ligneuse sur laquelle la pression anthropique est de plus en plus forte.

La plantation ou la protection des jeunes arbres par les Songhaï ne compense pas les pertes de biodiversité car ces actions sont menées au champ et au village pour d'autres raisons que l'usage du bois ou du fourrage. Ces actions auraient

même tendance à favoriser la prolifération de certaines espèces exotiques comme *Prosopis juliflora*, planté lors d'un projet de reboisement qui a envahi le village et le bord de mare. Les espèces qui poussent spontanément sont parfois protégées et la dissémination des graines par les chèvres favorise la régénération de *B. ægyptiaca*. En effet d'anciens parcs à bétail près du village et de la mare sont aujourd'hui des parcs à *B. ægyptiaca*.

7.4 Conséquences des pratiques humaines sur la diversité génétique

La gestion forestière actuelle a tendance à diminuer la biodiversité en terme de nombre d'espèces et de nombre d'individus par espèce. Les techniques d'exploitation des arbres vont avoir un effet sur les processus d'évolution de la diversité génétique en fonction de leur fréquence et périodicité, et aussi en fonction du stade phénologique des espèces exploitées.

7.4.1 La coupe des arbres sur les zones de parcours

Les travaux sur les effets de la coupe sont rares, notamment en zone tropicale. Selon les espèces, l'ébranchage total ou la coupe à moins d'un mètre du sol peuvent causer une importante mortalité et favoriser la production de rejets qui diminue si l'exploitation se prolonge (Toutain *et al.*, 1983). Pour d'autres espèces l'émondage répété peut augmenter la production foliaire et des rejets, diminuer la production fruitière, et avoir un effet sanitaire par l'élimination des branches malades (Depommier, 1996). Les coupes (ébranchage, élagage, émondage ou étêtage) auront d'autant plus d'effet qu'elles auront lieu en fin de saison sèche à la floraison ou en début de fructification altérant la production de fleurs et de fruits et donc la dissémination du pollen et des graines.

Par exemple, la fabrication des clôtures des champs au Burkina Faso se fait principalement en saison des pluies, au début de la fructification de *B. ægyptiaca* et pendant la floraison de certains individus. Ces usages, s'ils affectent de nombreux arbres induiront des changements des flux de graines et de pollen.

La taille des arbres intervient principalement en fin de saison sèche quand la floraison touche à sa fin, que la fructification débute et que l'arbre est en pleine feuillaison. Les différentes pratiques de taille annuelles et régulières vont influencer sur la production de fleurs et de fruits. Un élagage ou émondage modéré peut favoriser la reproduction et participer au brassage génétique et au renouvellement de la population ligneuse. A l'inverse, une coupe drastique à la base du houppier empêchera la fructification des arbres, la régénération de la population et également la migration des graines entre populations.

7.4.2 Les pratiques d'élevage

L'impact des pratiques d'élevage sur les populations ligneuses est dépendant de la concentration et des comportements alimentaires des animaux et des techniques de prélèvement de fourrage ligneux par les éleveurs, le tout corrélé au stade

phénologique de l'espèce végétale. L'amplitude des déplacements a aussi son importance car les animaux qui mangent des fruits peuvent véhiculer des graines sur de longues distances. La littérature et les enquêtes ont permis d'analyser ces pratiques d'élevage au Burkina Faso. En revanche, nous n'avons pas d'éléments pour l'Algérie.

La fréquentation de Petel Borti et de Kokorba, par les animaux, est très inégale en durée et en densité en fonction de la saison. La mare d'Oursi est, selon Barral (1977), la charnière entre trois zones d'endodromie pastorale. La fréquentation est importante en particulier en fin de saison sèche. A cette période, Lhoste (1976) recensait dans la mare presque asséchée, 14 000 bovins, 37 000 petits ruminants et 2000 autres animaux (15 300 UBT soit 4 ha/UBT). A partir des points d'eau existants, les troupeaux peuvent atteindre des ressources fourragères irrégulièrement distribuées dans l'espace et affectées de fortes variations saisonnières et interannuelles. La mobilité du bétail qui en résulte et les mouvements saisonniers, modifient considérablement la répartition spatiale du cheptel (Claude *et al.*, 1991). Cette situation accentuée par le libre accès rend délicate toute appréciation et interprétation des effectifs et des charges en particulier à Petel Borti et Kokorba. Une analyse quantitative n'est donc pas possible et nécessiterait des observations sur une année au moins. Seule une tendance peut être appréciée pour les populations étudiées. La mobilité constitue une caractéristique essentielle de l'élevage en milieu sahélien. Alors que quelques uns s'adaptent encore grâce à la mobilité et à la fréquentation de vastes étendues (Figure 6), d'autres s'orientent vers un "micronomadisme" caractéristique des abords de la mare (Claude *et al.*, 1991).

En effet, le changement du contexte social se traduit par une complexification des systèmes de production et une simplification des systèmes d'élevage : réduction des cheptels et de l'amplitude des déplacements. L'importance des petits ruminants, dans la composition des troupeaux, illustre bien la transformation des pratiques d'élevage qui s'adaptent à l'agriculture. En effet, ces animaux n'ont pas besoin de transhumier en pré-hivernage car le fourrage ligneux qu'ils apprécient (épineux) est abondant. Cela permet à l'éleveur de cultiver son champ dès les premières pluies. Les parcours sont donc simplifiés et il est difficile de distinguer une transhumance de préhivernage⁸ d'une transhumance d'hivernage car ce sont toujours les mêmes aires pastorales qui sont mises à contribution (Barral, 1977).

Deux périodes critiques ont été mises en évidence dans les résultats: le début et la fin de la saison sèche :

⁸ Transhumance de préhivernage : les premières pluies, souvent précoces (mai, parfois avril), sont très localisées dans l'espace et il n'est pas rare qu'un mois, ou plus, les sépare des suivantes qui marquent alors l'installation de l'hivernage. Cette première pluie met de l'eau disponible sous forme de flaque et s'accompagne peu après de la levée des plantes herbacées. Cela permet l'accès à des pâturages inexploités en saison sèche et entraîne le déplacement des animaux.

- Le mois d'octobre marque la fin des récoltes et le début de la saison sèche. C'est la période où la fréquentation de la dune est la plus importante en durée et en nombre d'animaux. Aux troupeaux des Peul interrogés s'ajoutent ceux des Peul partis en transhumance lors de l'enquête, ceux des Songhai et des Bella, sans oublier les animaux n'appartenant pas aux populations étudiées. En effet, la mare d'Oursi accueille assez régulièrement à cette période des cheptels originaires du Liptako. Pour les éleveurs du nord de l'Oudalan cette mare peut constituer un point de repli temporaire (Claude *et al.*, 1991). Nombreux sont ceux qui viennent sur la dune et les bords de mare pour le vert pâturage intact, le reste des récoltes, et l'eau.
- Les mois d'avril à juin correspondent aussi à la convergence des troupeaux avant leur départ pour l'hivernage. En terme de charge animale la fréquentation est moins importante mais c'est une période où les animaux mangent le plus de fourrage ligneux.

En fonction de la période considérée et des organes prélevés le pâturage peut avoir plusieurs effets sur la diversité génétique :

- Les effets du piétinement du sol par le passage des animaux et la consommation des plantules ou des drageons levés pendant la saison des pluies sont les principales perturbations sur la diversité génétique entre octobre et décembre. Celle-ci est d'autant plus forte que les animaux sont en stabulation pour enfumer le champ. La concentration des animaux est donc très importante sur les champs et son effet, ajouté à celui des pratiques agricoles, conduit à une plus forte diminution de la régénération à Kokorba que sur la parcelle de Petel Borti. Ces perturbations entraînent le vieillissement de la population de *B. ægyptiaca*, une diminution démographique et une augmentation des distances entre les arbres. Ce dernier facteur peut provoquer des changements dans la dissémination du pollen par les insectes : migration du pollen limitée et croisements entre individus proches entraînant une altération des processus de dérive génétique et de migration.
- La fructification de *B. ægyptiaca* se fait en fin de saison sèche mais elle est plus importante en fin d'hivernage. Les parcours des petits ruminants et des camelins, en saison sèche, sont très limités dans l'espace (Figure 6). Ils sont centrés sur la mare dans un rayon de 15 Km. Le brassage intra-population est donc favorisé et corrélé à la faible amplitude des déplacements des petits ruminants et camelins.
- Le prélèvement des feuilles par les ovins, caprins, asins et camelins est d'autant plus important que les éleveurs mettent à disposition les feuilles en fin de saison sèche. L'effeuillage, comme le broutage, peut avoir un effet dépressif sur la production foliaire à court et long terme, sur certaines espèces en fonction de la fréquence de la pratique (Hiernaux, 1980). Un

broutage excessif a pour conséquence la perturbation du cycle végétatif et une baisse du taux de fécondité ou de la floraison des arbres.

7.4.3 Les pratiques agricoles

L'arbre sur le champ apporte plus de contraintes à l'agriculteur que de bénéfices. Ceci est particulièrement vrai pour *B. ægyptiaca*: il prolifère abondamment, son port en buisson gêne les cultures, il attire les prédateurs et les drageons gênent le travail du sol. Même si *B. ægyptiaca* est apprécié pour son fruit et son ombre, la croissance de cette espèce ne sera pas favorisée.

➤ La taille des arbres

La taille intervient principalement en fin de saison sèche quand la floraison touche à sa fin et que la fructification débute; l'arbre est aussi en pleine feuillaison avant les premières pluies. Sur la parcelle de Kokorba, comme dans l'ensemble des parcelles cultivées, la taille consiste en un prélèvement d'une partie de l'arbre par élagage, émondage ou écimage. Ces pratiques annuelles et régulières peuvent stimuler la production de fleurs et de fruits des années suivantes et ainsi participer à un bon brassage génétique et au renouvellement de la population de *B. ægyptiaca*. A l'inverse, si certains arbres sont coupés à la base du houppier aucun fruit de ces arbres n'arrivera à maturité. La population perd alors des arbres susceptibles de donner naissance aux jeunes qui assureront la régénération de la population. De plus, ces arbres taillés ne participent pas à la migration des graines entre les populations. Alors que certains types de coupes pourraient augmenter la diversité génétique, la coupe de la totalité du houppier lors de la fructification aurait tendance à la diminuer. Cette dernière pratique n'a pas été mise en évidence par les enquêtes même si elle est importante, comme cela est observé sur la parcelle de Kokorba où le nombre de troncs coupés est proche de 50% (Figure 8).

- La jachère favorise la régénération du *Balanites*. Si la jachère est trop courte, les jeunes arbres ne seront pas suffisamment développés pour inciter l'agriculteur à les conserver. Le renouvellement de l'espèce ne sera pas assuré. Là encore le processus de dérive génétique risque de conduire à l'appauvrissement de la variabilité intra-population.
- La plantation et la conservation des jeunes arbres de *B. ægyptiaca* sont rares et ne permettent pas l'importation des graines provenant d'une autre population.

7.4.4 Consommation du fruit par les hommes

La cueillette et le ramassage en grande quantité n'ont pas été révélés dans les enquêtes. Il est possible que la cueillette et la vente soient réservées aux femmes ce qui expliquerait que les hommes n'en aient pas parlé. De plus, beaucoup ont constaté une raréfaction des fruits "à cause des criquets", ce qui a

certainement diminué la consommation. Il est probable que les gens sélectionnent les fruits qu'ils mangent et préfèrent les fruits sucrés. Or seule une cueillette massive, pourrait avoir des effets sur la diversité de l'espèce.

Normalement ce fruit tient une place importante dans l'alimentation car il est abondant et commence à mûrir pendant la période de soudure en avril-mai. Au Mali, par exemple, *B. ægyptiaca* fait partie des trois arbres les plus exploités pour leurs fruits et permet un revenu d'appoint (Diarra, 1995). Jadis la cueillette devait être plus importante, principalement sur la dune à proximité du village. Cela a pu induire une sélection des individus les moins productifs, dont les fruits sont les moins bons, ce qui expliquerait l'état de la production actuelle et de la cueillette. L'absence de référence bibliographique sur le sujet dans la région rend difficile l'appréciation de l'impact de la cueillette des fruits sur la population de *B. ægyptiaca*.

7.4.5 Conclusion

La diversité génétique actuelle est le résultat des pratiques passées et de leur évolution: augmentation de l'élevage, du défrichage, des utilisateurs de bois de service.

Au Sahel, ces pratiques passées ont conduit à une forte diversité génétique nucléaire des populations de *B. ægyptiaca* ($H_{\text{moyen}}=0.287$) et une faible différenciation entre les trois populations étudiées ($G_{\text{ST}}=0.086$). Cette faible structure génétique inter-populations ($G_{\text{ST}}=0.009$) est confirmée par les marqueurs chloroplastiques. Les deux cytotypes majoritaires sont identiques à Kokorba et Petel Borti et les cytotypes "étrangers" sont très rares. Ces derniers peuvent provenir du transport des graines par les animaux venant de zones d'hivernage très distantes ou être la trace résiduelle d'une lignée maternelle en train de disparaître. L'étude de la diversité génétique chloroplastique de Djibo permettra choisir entre ces deux hypothèses. Au niveau nucléaire et chloroplastique, Petel Borti et Kokorba forment une seule et même population. Il semble donc que la différenciation ancienne des aires agricoles et pastorales par des pratiques différentes n'a pas entraîné de fragmentation de la population d'origine de l'espace dunaire. La différence dans le nombre de cytotypes "étrangers" entre les deux parcelles provient certainement du fait que Petel Borti est immergé pendant l'hivernage alors que Kokorba est enfumée par des animaux pouvant venir de zones d'hivernage très distantes.

La grande variabilité qui existe au sein de la population remet en cause nos hypothèses concernant un effet des pratiques passées de coupe des arbres et d'élevage (pâturage et piétinement) en terme de perte de la diversité génétique de *B. ægyptiaca*. Par exemple, la stimulation du drageonnage par ces pratiques n'est pas vérifiée. Quelque soit la parcelle considérée, agricole, pastorale ou témoin, le drageonnage est très faible au Sahel. Aujourd'hui, l'impact des

pratiques agricoles et pastorales se concrétise plus au niveau démographique par le vieillissement de la population de *B. aegyptiaca* dont les conséquences ne seront mesurables que dans quelques décennies. En effet, l'interdiction de coupe a pour conséquence l'arrachage des jeunes pousses susceptibles d'assurer la régénération de la population. A long terme, le vieillissement de la population provoquera des changements dans la biologie de reproduction de l'espèce, une perturbation des flux de gènes et une augmentation de la dérive génétique.

Au Sahara, *B. aegyptiaca* présente un comportement très différent : une faible variabilité génétique nucléaire ($H_{\text{moyen}}=0.060$), une forte variabilité chloroplastique ($H_T=0.659$) et une forte différenciation génétique à la fois au niveau nucléaire ($G_{ST}=0.605$) qu'au niveau chloroplastique ($G_{ST}=0.832$). La forte proportion de drageons mise en évidence dans les populations Toufedet et In Tounine explique cette structure génétique et montre la prédominance de la reproduction végétative. Celle-ci semble liée à une adaptation de l'espèce à la désertification du milieu. Au Sahara, les conditions climatiques ne permettent pas la germination des graines certaines années de sécheresse et favorisent le drageonnage. Par ailleurs, l'élevage ne semble pas entraîner de dégâts importants, les drageons ne sont pas éliminés par broutage ou piétinement des animaux comme au Sahel. En revanche, la plus forte variabilité de Tin Boubayda s'expliquerait par le fait que ce lieu est un carrefour des semi-nomades qui y laissent des graines de *B. aegyptiaca* importées de leur lieu de résidence (R. Sahki, communication personnelle). Tin Boubayda semble être un lieu de convergence des mouvements humains entre le Sahel et le Sahara mais cette population doit également présenter des caractères de sol et hydrométriques propices à la germination des graines. Des enquêtes plus précises sur les déplacements du cheptel et des caractéristiques écologiques de Tin Boubayda sont nécessaires. Les déplacements du cheptel doivent être étudiés aussi bien au Sahara que dans les pays limitrophes.

Au Sahara, *A. tortilis* ne semble pas montrer de différenciation génétique des populations mais un brassage important aussi bien au niveau nucléaire que chloroplastique avec une variabilité génétique intra-population importante liée vraisemblablement à la transhumance des animaux. Là encore, des enquêtes plus précises sur les déplacements du cheptel au Sahel et au Sahara permettrait d'expliquer la faible structure génétique de cette espèce.

7.5 Conservation de la diversité génétique au Nord et au Sud du Sahara.

L'ADN chloroplastique, de transmission en générale maternelle chez les angiospermes, est un bon marqueur de la généalogie maternelle et permet de reconstruire les voies de migration suivies par les arbres. Les deux espèces répondent à des schémas de migration différents. *B. aegyptiaca* se caractérise par une forte différenciation génétique Sahel-Sahara avec une variabilité

nucléaire et chloroplastique intra-population forte au Sahel et faible au Sahara au contraire de la variabilité inter-populations. La structure génétique observée semble être la résultante historique de l'action combinée de deux facteurs. Le premier, probablement lié aux fluctuations climatiques, aurait séparé les populations sahéliennes et sahariennes de *B. aegyptiaca* avec fixation de lignées maternelles différentes par drageonnage. Le deuxième, probablement lié à l'action humaine (caravanes empruntées par les Touareg autrefois) aurait favorisé des échanges importants entre certaines populations. Tin Boubayda où 80% des arbres étudiés ont une origine maternelle « sahélienne » et 20% une origine maternelle « saharienne » est un exemple de ce processus d'échanges. Il semble, par ailleurs, qu'il existe un axe privilégié d'échanges en Afrique noire entre le Niger, le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire. En revanche, le Sénégal et le Mali n'ont aucune lignée maternelle en commun avec ces pays et entre eux. Cette étude confirme des résultats précédemment trouvés chez la plupart des espèces d'angiospermes pour ce qui concerne la répartition de la diversité génétique intra- et inter-populations. Pour beaucoup d'espèces, en particulier celles ayant une faible dispersion de leurs graines, la diversité génétique chloroplastique intra-population est nettement plus faible que celle du génome nucléaire. La différenciation chloroplastique est quant à elle beaucoup plus forte d'autant plus que l'espèce a la faculté de se propager végétativement. Ce sont les facteurs anthropiques et climatiques et leur interaction qui expliquent la structure génétique de *B. aegyptiaca*. Les différentes phases d'aridité de cette région à l'Holocène (7500-6500 BP) et au post-Néolithique (4500 BP) ont pu conduire à une fragmentation du milieu avec au moins trois zones « refuges ». Dans la première représentée par Toufedet et In Tounine, la désertification du milieu a entraîné une perte de diversité génétique importante de l'espèce qui n'a pu survivre que grâce à la multiplication végétative. Il faut aussi imaginer que cette zone n'est pas un axe d'échanges et de transhumance du cheptel, puisqu'il n'y a aucun apport de nouveaux cytotypes et donc de graines venant de l'extérieur. Dans une deuxième zone représentée par Tin Boubayda, le Burkina Faso, le Niger et la Côte d'Ivoire, la désertification a conduit à un déplacement massif des populations humaines et de son cheptel plus au sud jusqu'au Sahel. La diversité génétique est importante et le drageonnage disparaît à la fois parce que les conditions climatiques permettent la germination des graines et à cause de l'action de l'homme (drageons enlevés volontairement dans les champs) ou du cheptel (broutage et piétinement par les animaux). La troisième zone correspondant au Sénégal ferait partie d'un autre axe d'échanges avec peut-être la Mauritanie. Des études complémentaires en particulier en Mauritanie, Mali et en Afrique de l'est permettrait d'affiner cette cartographie de la diversité génétique du *B. aegyptiaca* sur son aire de répartition.

A. tortilis raddiana présente une structure génétique très différente de *B. aegyptiaca* : pas de différenciation génétique nucléaire Sahel-Sahara mais une différenciation génétique Est-Ouest de son aire de répartition ce qui est fréquent dans le genre *Acacia* (Chevallier et Borgel, 1998). La variabilité génétique chloroplastique est très faible et il est difficile de conclure. Mais il n'existe pas d'évidence de structure Sahel-Sahara. A l'inverse de *B. aegyptiaca* la diversité chloroplastique d'*A. tortilis raddiana* se trouve principalement à l'intérieur des populations, ce qui indiquerait une dissémination à grandes distances des graines. La diversité nucléaire est également intra-population en accord avec les résultats précédents sur l'aire de répartition de l'espèce (Borgel *et al.*, 2003). Pour cette espèce, la désertification n'a pas entraîné de perte de diversité génétique. Bien au contraire, celle-ci semble même plus importante au Sahara qu'au Sahel et en tout cas nettement plus forte chez *A. tortilis raddiana* que chez *B. aegyptiaca*. La polyploidie de l'espèce est une des explications de cette supériorité. L'acquisition d'un niveau de diversité plus élevé par polyploïdisation est l'un des moyens utilisés par les espèces végétales pour se maintenir dans des conditions climatiques défavorables. L'autopolyploïdie, qui a longtemps été considérée comme un événement contraignant pour l'évolution des espèces (Levin, 1983), est de nos jours un élément positif majeur (Lewis, 1980). Le doublement chromosomique entraîne une hétérozygotie plus élevée par rapport aux formes diploïdes et un plus grand nombre d'allèles possibles. Traduites en terme de potentiel d'adaptation, ces particularités des polyploïdes pourraient leur apporter des capacités à s'adapter bien supérieures à celles des diploïdes (Soltis et Rieseberg, 1986).

En fonction de leurs caractéristiques biologiques (mode de reproduction, niveau de ploïdie ...) les espèces forestières ne vont pas réagir de la même manière à l'action des facteurs humains et climatiques. La stratégie de conservation des espèces doit s'adapter à la structure spatiale de la diversité génétique mise en évidence. Pour *B. aegyptiaca*, il est nécessaire de conserver un grand nombre de populations bien différenciées pour représenter toute la diversité génétique de l'aire de répartition de l'espèce, avec un petit nombre d'individus pour les populations majoritairement clonales. Au contraire, pour *A. tortilis raddiana*, la conservation d'un grand nombre d'arbres par population et peu de populations semble a priori suffisante.

8 Conclusions

Les populations de *B. aegyptiaca* et d'*A. tortilis raddiana* gardent les traces d'une gestion passée durable qui régulait l'exploitation des arbres, maintenait la taille de la population et conservait la biodiversité.

Aujourd'hui le pouvoir traditionnel, garant de cette gestion, a disparu sous la pression des différents régimes étatiques. La politique de gestion agraire et

forestière non participative actuelle ne tient pas compte du contexte socio-économique fortement tributaire des conditions climatiques.

Au Sahel, la disparition de l'autorité traditionnelle et une gestion de l'État inadaptée et répressive entraînent l'utilisation des terres et l'exploitation des ressources naturelles selon le régime de libre accès ainsi que la transformation des modes de vie et donc des pratiques humaines. Les modes de vie, qui reposaient sur des systèmes de production bien différenciés selon l'ethnie, ont évolué vers un modèle basé sur l'agro-pastoralisme local. A ce contexte s'ajoute l'augmentation de la population et du cheptel local. Il en résulte une augmentation des défriches et l'extension des aires de parcours.

La transformation du contexte de la région d'Oursi conduit à une augmentation des coupes anarchiques et à une perturbation des systèmes agroforestiers par la déresponsabilisation des agriculteurs. Les répercussions sur l'environnement se traduisent par une perte de la biodiversité spécifique. Dans ces conditions les populations ligneuses résistantes, se maintiennent grâce à leur diversité génétique. La gestion des zones de parcours et de culture, de moins en moins différenciées, pourrait tendre vers une homogénéisation de la diversité génétique sur l'espace dunaire liée à la transhumance des animaux qui consomment les fruits. Le broutage excessif et les coupes anarchiques (écimage élagage) n'ont des conséquences actuellement que sur l'anatomie des arbres et le vieillissement des populations mais n'aboutit pas à l'appauvrissement de la diversité génétique. Ces pratiques pastorales et agricoles limitent drastiquement la régénération de l'espèce, qui à terme va entraîner la raréfaction de l'espèce et donc un nouveau pas vers la désertification.

Ce processus semble moins avancé au Sahara. Les populations d'arbres sont en meilleur état, les arbres ne sont pas écimés et l'élagage est modéré. Toutefois, le vieillissement des populations est encore plus important qu'au Sahel et le renouvellement démographique semble compromis à cause d'une régénération faible.

Afin de comprendre de manière plus détaillée la dynamique des populations d'espèces forestières sous l'emprise des pratiques humaines, il serait nécessaire de compléter les enquêtes réalisées sur le terrain ainsi que les analyses de la population ligneuse. L'état actuel de la production fruitière et de la démographie de l'espèce est très préoccupant pour l'avenir de la population. Les causes devront alors être analysées par des enquêtes approfondies sur la gestion des arbres sur les champs, mais aussi par des études démographiques et génétiques sur des arbres de différentes classes de diamètre. L'étude pourrait être complétée par des analyses du système reproducteur de l'espèce. En effet la diminution de la production de fruits peut être le résultat d'une anomalie dans le processus de pollinisation par exemple.

Enfin les enquêtes réalisées donnent un bon aperçu de la situation mais constituent plutôt des enquêtes préliminaires. Il a été difficile d'établir un dialogue, en particulier au Sahel, avec les acteurs pour qui la coupe et la quantité d'animaux sont des sujets tabous à cause du contexte administratif (permis de coupe et impôt). De nouveaux questionnaires devraient permettre une meilleure définition des techniques et des utilisations passées et présentes des ligneux. D'autre part il serait intéressant de qualifier les pratiques en fonction des ethnies. Les Bella par exemple ont une gestion des ressources et des terres très différente des autres groupes; les Peul récemment agriculteurs, doivent aussi avoir des techniques qui leur sont propres. Il serait intéressant de prendre en compte la composante ethnologique pour établir ensuite avec les populations locales des plans d'aménagement du territoire.

Par son caractère interdisciplinaire et étendu, cette étude donne une vision d'ensemble sur l'impact des pratiques humaines sur la biodiversité au nord et au Sud du Sahara et peut donc servir de base pour des recherches génétiques et socio-économiques ciblées.

9 Bibliographie

- Barral, H. 1977.** Les populations nomades de l'Oudalan et leur espace pastoral. Travaux et documents de l'ORSTOM n°77, Paris, 120p. 8 cartes h. t.
- Bertrand, A. 1985.** Les nouvelles politiques de foresterie en milieu rural au Sahel. Réglementations foncières et forestières et gestion des ressources ligneuses naturelles dans les pays de la zone soudano-sahélienne. *Bois et Forêts des Tropiques* 222: 23-39.
- Borgel, A., Cardoso, C., Sané, D., Chevallier, M.-H. 2003.** La génétique d'*Acacia raddiana*. In Un arbre au désert *Acacia raddiana*. Ed. M. Grouzis, E. Le Floc'h. IRD éditions. Paris. 59-75.
- Chevallier, M.H. et Borgel, A. 1998.** Diversité génétique des acacias. In: *L'Acacia Au Sénégal* ORSTOM-Isra Pub Paris. 287-308.
- Claude, J., Grouzis, M. et Milleville P. 1991.** Un espace sahélien : la mare d'Oursi, Burkina Faso. Ed. ORSTOM, Paris, 241p.
- Depommier, D. 1996.** Structure, dynamique et fonctionnement des parcs à *Faidherbia albida*. Caractérisation et incidence des facteurs biophysiques et anthropiques sur l'aménagement et le devenir des parcs de Dossi et Watinoma, Burkina Faso. Thèse de biologie et écologie végétale. Paris, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.
- Diarra, A. 1995.** La cueillette: une activité de survie en zone aride au Mali. *Agriculture et développement* 6: 29-38.

- Ganaba, S. et Guinko, S. 1998.** Structure et dynamique du peuplement ligneux de la région de la mare d'Oursi (Burkina Faso). *AAU reports* 39: 193-201.
- Ganaba, S., Ouadba, J. M. et Bognougnou, O. 1998.** Les ligneux à usage de bois d'énergie en région sahélienne du Burkina Faso: préférence des groupes ethniques. *Sécheresse* 9: 261-268.
- Hiernaux, P. 1980.** L'inventaire du potentiel fourrager des arbres et arbustes d'une région du Sahel malien: méthodes et premiers résultats. Les fourrages ligneux en Afrique: état actuel des connaissances.
- Icraf, 2002.** <http://www.icraf.cgiar.org>.
- Levin, D.A. 1983.** Polyploidy and novelty in flowering plants. *American Naturalist* 122, 1-25.
- Lewis, W.H. 1980.** Polyploidy: Biological Relevance. Plenum Press, New York and London. 583p.
- Lhoste, P. 1976.** Rapport préliminaire sur l'étude zootechnique de la mare d'Oursi. IEMVT, 13p.
- Milleville, P. 1992.** Conditions sahéliennes et déplacements de troupeaux bovins (Oudalan, Burkina Faso). L'aridité: une contrainte au développement. Caractérisation, réponses biologiques, stratégies des sociétés/Le Floc'h E. (ed.), Cornet A. (ed.), Bille J. C. (ed.). ORSTOM, Paris, 539-553.
- Soltis, D.E. et Rieseberg, L.H. 1986.** Autopolyploidy in *Tolmiea-Menziesii* (Saxifragaceae) - Genetic Insights from Enzyme Electrophoresis. *American Journal of Botany* 73, 310-318.
- Toutain, B. et Bortoli L. 1983.** Espèces ligneuses et herbacées dans les écosystèmes pâturés sahéliens de Haute Volta. Synthèse des résultats du programme, GERDAT, IEMVT, CTFT: 124p.

10 Rapports

- Bensaid, S., 2002, Historique de l'exploration botanique au Sahara et contexte socio-économique du Hoggar, 20p.
- Chevallier, M.-H., 2002, Compte-rendu de la visite de Mr BOURGEOT. Evaluation du projet n°57 CSFD « Impact des pratiques humaines sur la conservation et la gestion *in situ* des ressources forestières : cas d'*Acacia tortilis raddiana* et de *Balanites aegyptiaca* », 15 mars 20002 Montpellier, 3p.
- M.-H. Chevallier, S. Bensaid, O.B. Diallo, R. Sahki, S. Ganaba, J. Sanou, N. Bouguedoura, A. Vaillant, D. Babin, 2002, Biodiversité et multidisciplinarité : méthodologie pour les zones arides, Bois et Forêts des Tropiques, 276,2,33-41.

Galby, M., 2002, Impact des pratiques humaines sur la gestion *in situ* du *Balanites aegyptiaca*: évaluation de la diversité génétique à l'aide des marqueurs microsatellites, 22p.

Lauvie, A. a (2001) Recherche bibliographique dans le cadre du projet "Impact Des pratiques humaines sur la conservation et la gestion in situ des ressources génétiques forestières: cas d'*Acacia tortilis raddiana* et de *Balanites aegyptiaca*". Rapport INAPG, 25p.

Lauvie, A. b (2001) Synthèse bibliographique sur *Acacia tortilis raddiana*. Rapport INAPG, 16p,

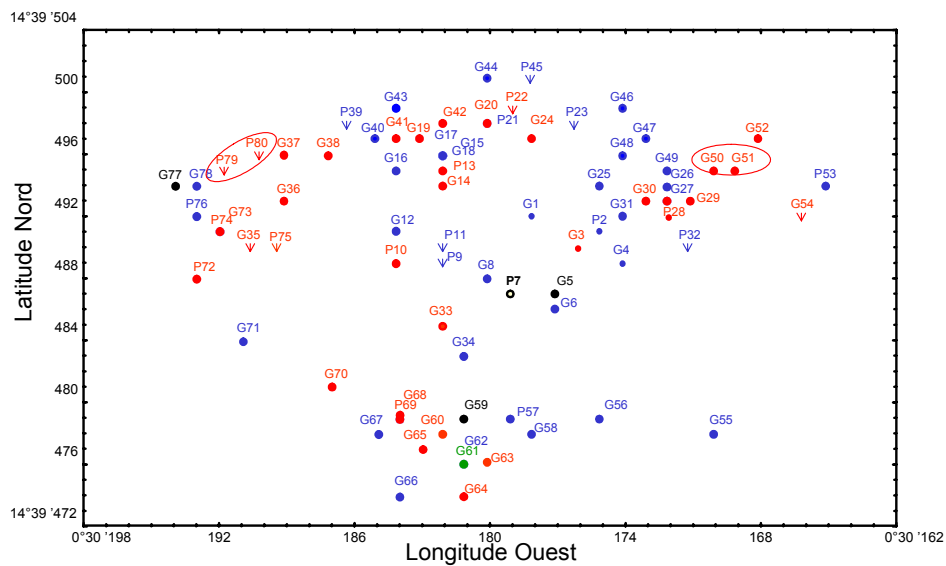
Lauvie, A. c (2001) Synthèse bibliographique sur *Balanites aegyptiaca*. Rapport INAPG, 22p.

Rousseau, M., 2002, Effets des pratiques humaines sur la biodiversité des ressources ligneuses : cas du *Balanites aegyptiaca* au Sahel, 41p.

Sahki-Boutamine, R., 2002, Rapport de stage sur l'utilisation des marqueurs moléculaires pour l'étude de la diversité génétique du *Balanites aegyptiaca* Del. Du Sahara central (Ahaggar) Algérie, 13p.

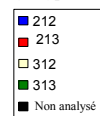
11 Annexe

Répartition spatiale des cytotypes de *Balanites aegyptiaca* Petel Borti

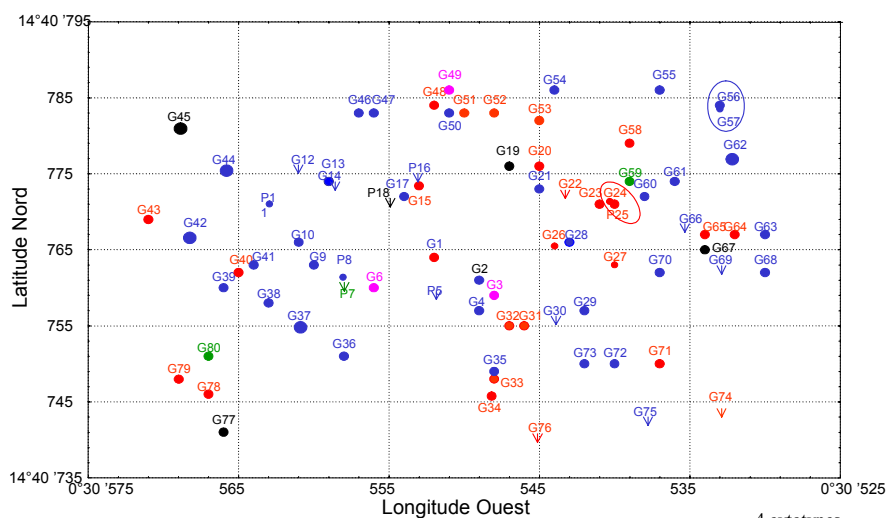


▼ rejet
P petit diamètre
Les arbres encadrés sont des clones

4 cytotypes



Répartition spatiale des cytotypes de *Balanites aegyptiaca* Kokorba

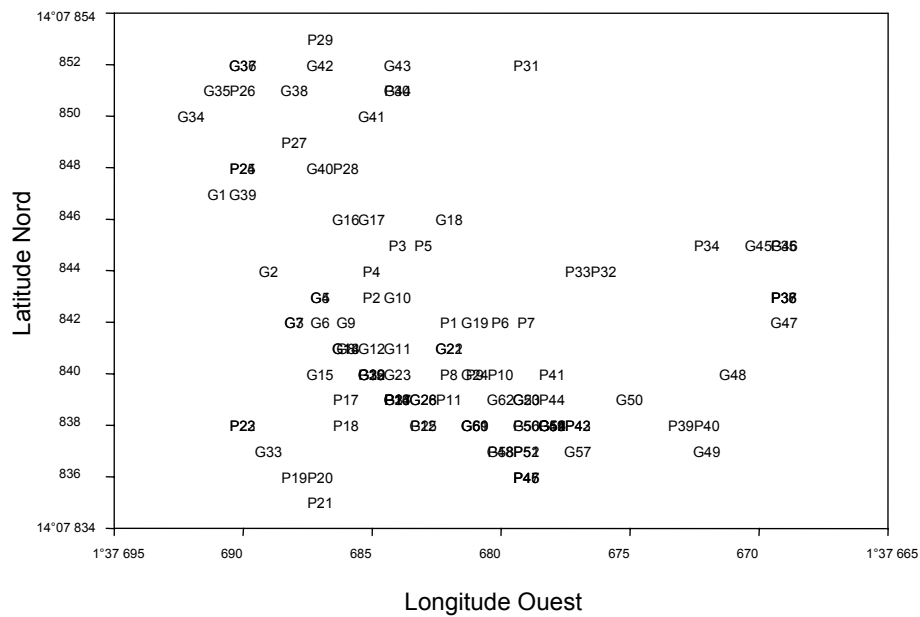


▼ rejet
P petit diamètre
Les arbres encadrés sont des clones

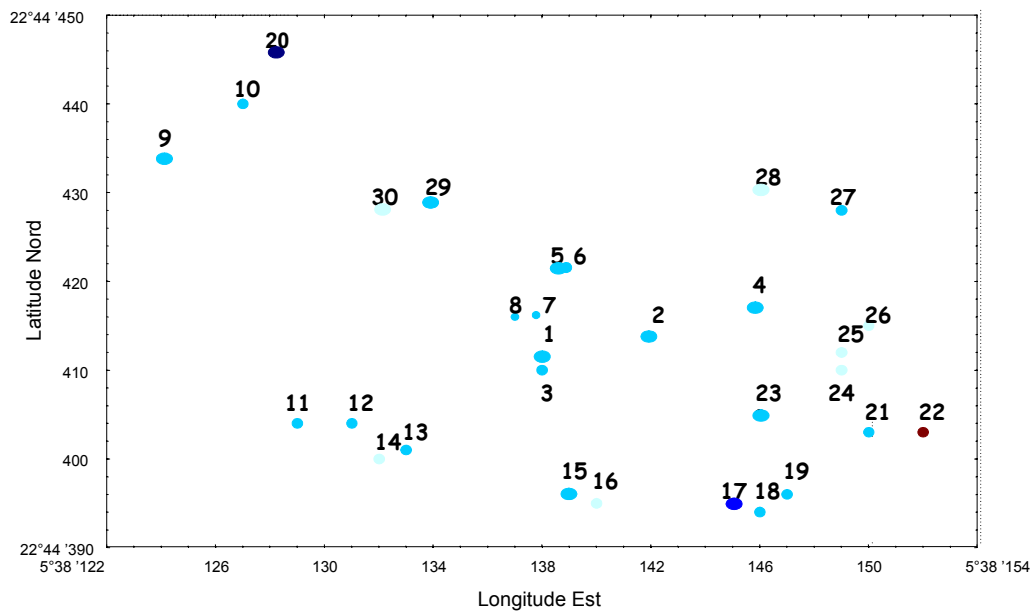
4 cytotypes



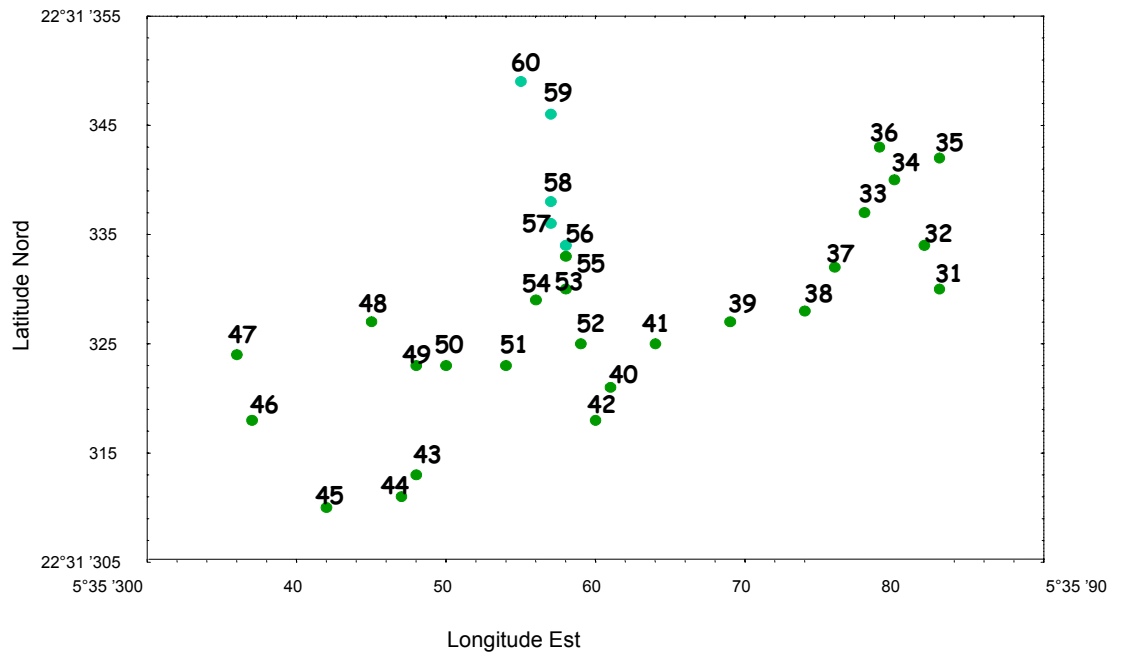
Répartition spatiale de *Balanites aegyptiaca* Djibo



Répartition spatiale *Balanites aegyptiaca* Oued In Tounine (1-30)



Répartition spatiale *Balanites aegyptiaca* Oued Toufedet (31-60)



Répartition spatiale *Balanites aegyptiaca* Oued Tin-Boubayda (61-90)

