



LES CAHIERS DE L'ECONOMIE RURALE

Institut d'Economie Rurale - Revue Semestrielle - n°11 Juillet - Décembre 2010 - ISSN 1987 - 0000

n°11

Reproduction profiles of the Tigerfish *Hydrocynus brevis* (Teleostei, Alestidae) inhabiting different riverine communities

1

Contribution à la connaissance des poissons de la boucle du Baoulé dans le bassin du fleuve Sénégal au Mali

11

Influence de la remise en culture des jachères améliorées sur le comportement du cotonnier en zone Nord Guinéenne

22

Étude de la disponibilité et des caractères morphologiques du tamarinier au Mali

34

Caractéristiques écologiques des populations de quatre ligneux fruitiers des parcs agroforestiers de la zone déclassée de la Réserve Totale de Faune de Tamou (Niger)

47

Adaptabilité du bananier plantain (*Musa Spp*) aux conditions pédoclimatiques de Katibougou au Mali

60



La Recherche Agricole au Service du Développement Rural



LES CAHIERS DE L'ÉCONOMIE RURALE

N° 11 – Juillet-Décembre 2010

Revue scientifique de l'Institut d'Économie Rurale (IER)
Fax : (223) 20 23 37 75 – Tél. : (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05
B.P. 258 – Rue Mohamed V – Bamako, Mali



LES CAHIERS DE L'ÉCONOMIE RURALE

Revue scientifique de l'Institut d'Économie Rurale (IER)

Fax : (223) 20 23 37 75 – Tél. : (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05

B.P. 258 – Rue Mohamed V – Bamako, Mali

Directeur de publication : Dr Aly Kouriba
Éditeur Scientifique : Dr Samba Soumaré
Secrétaire de rédaction : Dr Lassine Diarra

Comité de rédaction

Pr Daniel Dansonko, IPR/IFRA Katibougou
Dr Tiéma Niaré, Université de Marseille
Dr Pierre Hiernaux, CESBIO, Toulouse
Dr Kalifa Sanogo, PNUD, Bamako
Dr Mamadou D. Coulibaly, DNPIA, Bamako
Dr Mike Bertelsen, Virginia Tech
Dr Peter White, Washington State University
Dr Oumar Niangado, Fondation Syngenta
Pr Siaka Sidibé, Hôpital du Point G, Bamako
Pr N'Golo Diarra, INSFRA, Bamako
Pr Alhousseini Bretaudeau, CILSS, Ouagadougou
Pr Aly Yéro Maïga, CNRST, Bamako
Dr Niamoye Yaro, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Abdou Yéya Maïga, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Abdoul Karim Traoré, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Abdoulaye Hamadoun, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Amadou Kodio, Institut d'Économie Rurale, Bamako

Comité scientifique

Dr Aly Kouriba, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Lassine Diarra, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Modibo Sidibé, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Bara Ouologuem, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Ibrahima N'Diaye, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Gaoussou Traoré, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Zana Sanogo, Ministère de l'Agriculture, Bamako

INFORMATIONS ET INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Créée en 2003 au sein de l'Institut d'Économie Rurale, la revue « LES CAHIERS DE L'ECONOMIE RURALE » est une revue scientifique qui publie deux fois par an, en français et en anglais, les résultats de travaux originaux de recherche effectués par les chercheurs de l'IER ou en collaboration avec divers partenaires. Les propositions doivent relever des domaines suivants : productions végétales, productions animales, productions forestières, productions halieutiques, systèmes de production et économie des filières, etc. Les articles proposés par d'autres chercheurs sont également admis lorsque leur qualité scientifique est reconnue. Le Comité éditorial, en collaboration avec un réseau de lecteurs, assure la sélection des articles.

I. Généralités

1. Manuscrit

Le manuscrit est saisi sur ordinateurs (en interligne 1.5) et imprimé sur papier de format 21 cm x 29.7 cm avec une marge de 4 cm à droite comme à gauche, sans rature ni surcharge. Sa longueur ne doit pas dépasser 15 pages, y compris les illustrations et les tableaux.

Le manuscrit soumis en trois exemplaires, ainsi que la version électronique, doivent être envoyés à l'adresse suivante : Dr Lassine Diarra, Éditeur scientifique, BDIP IER, B.P. 258, Bamako, Mali. Email : lassine.diarra@ier.ml

2. Style

Le style doit être simple et concis, avec des phrases courtes, du type : sujet, verbe, complément. Les noms scientifiques de genres et d'espèces, doivent être écrits en italique et seront suivis du nom du descripteur, à la première apparition dans le texte. Par la suite, le nom du descripteur sera occulté.

Lorsque dans une citation, la référence des auteurs comporte plus de deux noms, seul le nom du premier auteur est mentionné et il est suivi de « et al. » écrit en italique.

3. Notes en bas de page

Excepté les adresses des auteurs à la première page, les notes en bas de pages ne sont pas admises.

4. Pagination

Les numéros de pages, en chiffres arabes, seront portés en haut et au centre de la page.

5. Unités de mesure

Elles seront du système international et devront être cohérentes dans le texte.

6. Procédure d'évaluation des manuscrits

Les manuscrits seront évalués, dans le cadre d'un réseau de lecteurs, par au moins trois lecteurs. En cas de litige, l'avis d'un quatrième lecteur sera sollicité.

Au besoin, les auteurs reçoivent les commentaires écrits des référés, donc le texte à corriger. Le document corrigé doit être retourné à l'Éditeur scientifique dans un délai d'un mois, à partir de la date d'expédition par l'expéditeur.

Les manuscrits refusés seront retournés à leurs auteurs et la raison sera signifiée par écrit.

7. Corrections des mises en page

Les premières mises en page faites par l'éditeur vous seront envoyées et vous devrez consulter cette réalisation avec beaucoup de soins, de façon à relever toutes les corrections et rectifications à y apporter. Il n'est pas question de modifier le document. Le manuscrit devra ensuite être retourné, dans les meilleurs délais au Secrétariat de rédaction de la revue.

8. Tirés à part

Un seul tiré à part sera transmis gracieusement à chaque auteur ou coauteur. D'autres tirés à part pourront être obtenus contre paiement d'un montant qui sera fixé lors de l'expédition de l'exemplaire gratuit.

II. Organisation du manuscrit

1. Première page

La première page doit comporter le titre en français et en anglais de l'article, le nom et le prénom du ou des auteurs, les adresses complètes de leurs institutions d'affiliation. En bas de page, on précisera les adresses postale et électronique si possible, les numéros de téléphone et le fax de l'auteur à qui doivent être envoyées les correspondances.

Cette page contiendra également un résumé en français et un résumé en anglais plus substantiel dans le cas d'un manuscrit en français et inversement. Chaque résumé ne devra pas dépasser 200 mots et sera suivi de 3 à 6 mots clés ; il permettra de comprendre la justification, la méthodologie, les résultats et les conclusions. Dans le corps du texte, la numérotation des titres et sous titres se fera selon la norme internationale (1., 1.1., 1.1.1, etc.).

2. Introduction

Elle doit situer le contexte de l'étude par rapport aux travaux antérieurs effectués dans le domaine.

3. Matériel et méthodes

Seul le matériel original sera décrit. Évitez les longues listes de matériels communément utilisés tels que sécateur, bottes, etc.

Si les méthodes habituellement utilisées doivent être succinctement décrites, les méthodes nouvelles, par contre, doivent être détaillées.

4. Résultats

Ils seront rendus sous forme de texte, de tableaux et/ou de figures. Le même résultat ne doit pas être présenté de façon répétitive, par exemple sous forme de tableau et de figure.

5. Discussion

Elle doit être une analyse des résultats expérimentaux par rapport à d'autres travaux similaires, et non une reprise de la description des résultats.

6. Conclusion

La conclusion devra faire ressortir l'importance des résultats acquis pour les recherches futures. Elle doit être différente du résumé, de la description des résultats et de la discussion.

7. Remerciement

S'ils s'imposent, ils devront être concis et ne pas dépasser cinq lignes.

8. Références

Les références concernent uniquement les auteurs cités dans le texte. Elles sont classées par ordre alphabétique des noms d'auteurs et par ordre d'ancienneté pour un même auteur.

- Articles

Noms et initiales de prénoms du ou des auteurs, année de publication, titre complet de l'article, nom complet du périodique, numéro et volume, les numéros de la première et de la dernière page.

Exemple : TRAORE D., 1981 – La formation du grain de pollen chez les Cypéracées de la tribu des Cypérées, étudiées en Côte d'Ivoire. *Candollea* 36 (2) : 431-444.

- Livres

Noms et initiales de prénoms du ou des auteurs, année de publication, titre complet du livre, éditeur, maison et lieu de publication, nombre de pages.

Exemple : BERHAUT J., 1988 – Flore illustrée du Sénégal, Tome IX. Edition Clairafrique, Dakar, Sénégal, 523 pages

- Thèses

Noms et initiales de prénoms de l'auteur, année de publication, titre complet de la thèse, spécialité, Université, ville et pays, nombre de pages.

Exemple : TRAORE N'G., 1998. Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore du Baoulé. Thèse de Doctorat du 3^{ème} cycle. Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 150 pages.

- Communications

Noms et initiales de prénoms du ou des auteurs, année de publication, titre complet de la communication, éditeurs, titre du forum scientifique (congrès, séminaire, symposium) date et lieu, les numéros

de la première et de la dernière page. Exemple : CISSE M., 1982. Évaluation du potentiel fourrage de la zone d'étude du projet CIPEA. In Actes du Colloque sur les ligneux fourragers. Addis-Abeba, Éthiopie. 154–169.

9. Liste des taxons végétaux cités

À la fin de chaque article, une liste des taxons végétaux cités sera donnée, en suivant l'ordre alphabétique des noms actualisés des espèces. Le nom du descripteur sera obligatoirement mentionné. La famille de chaque espèce doit être précisée.

10. Illustrations

Elles seront toutes appelées dans le texte. Les figures (dessin, courbes, histogrammes, cartes, photographies) seront numérotées en chiffres arabes (1, 2, 3,) en suivant l'ordre d'appel dans le texte. Toutes les illustrations doivent être sur disquette.

11. Tableaux

Ils seront tous appelés dans le texte et numérotés en chiffre romains (I, II, III, etc.) selon l'ordre d'appel dans le texte. Ils doivent être présentés, chacun sur une feuille séparée. Les légendes des tableaux, des figures, des photos et en général de toutes les illustrations seront rassemblées sur une même feuille et placées en fin de manuscrit.

Reproduction profiles of the Tigerfish *Hydrocynus brevis* (Teleostei, Alestidae) inhabiting different riverine communities

Profils de reproduction du poisson-tigre *Hydrocynus brevis* (Teleostei, Alestidae) vivant dans différentes communautés fluviales

Tiéma Niaré¹ and Vincent Bénéch²

¹Institut d'Économie Rurale, Programme Ressources Halieutiques, CRRA de Sotuba, B.P. 262, Bamako, Mali

²Institut de Recherche pour le Développement, B.P. 2528, Bamako, Mali

Abstract

Hydrocynus brevis (Günther, 1864) is a very important characid in fish catches in the Inner Delta of the Niger River. Some biological parameters of this species were studied from data collected in 1995-96 in various deltaic areas, reflecting the diversity of biotopes of this river system.

The size at first reproduction showed geographical variation, the mature females caught downstream were larger than those caught upstream, where "small" spawners were observed within the sampled population. The very high relative fecundity of *H. brevis* (average 250 000 eggs kg⁻¹ of body weight), exhibited a moderately positive allometric relationship with weight and standard length. As a parameter of reproductive effort, fecundity showed great variation in the wetland. This phenotypic plasticity could correspond to an optimal heterogeneity of biotopes, conferring to this piscivorous species a greater capacity of resilience and probably an adaptation to the unstable environment of the Inner Delta of the Niger floodplain.

Key words: *Hydrocynus brevis*, reproduction profiles, phenotypic plasticity, floodplain.

Résumé

Hydrocynus brevis (Gunther, 1864) est un poisson relativement abondant dans les statistiques de pêche du Delta Intérieur du fleuve Niger. Ses paramètres de reproduction ont été étudiés à partir des données rassemblées en 1995-96 dans divers secteurs deltaïques, indices de la diversité des biotopes dans ce réseau fluvial.

La taille à la première reproduction a montré une variabilité géographique, les femelles mûres pêchées en aval étaient plus grandes que celles de l'amont, où dans la population exploitée on a noté des reproductrices de petite taille. La fécondité relative, très élevée de *H. brevis* (moyenne 250 000 œufs.kg⁻¹ de poids corporel), présente une allométrie positive modérée avec le poids et la longueur standard. Cet effort reproductif montre une grande variabilité dans cette zone humide. L'apparente plasticité phénotypique pourrait correspondre à une utilisation optimale de l'hétérogénéité des biotopes, conférant à cette espèce piscivore une plus grande résilience et probablement une adaptation à l'environnement instable de la zone inondable du fleuve Niger.

Mots clés : *Hydrocynus brevis*, profils de reproduction, plasticité phénotypique, zone inondable.

I. Introduction

The Inner Delta of the Niger River is a large (300 km long and 100 km wide) alluvial plain situated in the Sahelian zone (Figure 1). When flooded by the Niger River, the plain forms a maze of major channels, braids, chains of pools and large lakes. At the end of the low water period, the plain becomes a wide desiccated

area except for river channels, some large pools and permanent lakes. Flooded areas during periods of high and low water levels are about 5:1 but there is a considerable difference in yearly in flood duration and intensity (Figure 2). This flooding cycle causes fisheries to move from upstream to downstream reaches, then from the river channel into the floodplain.

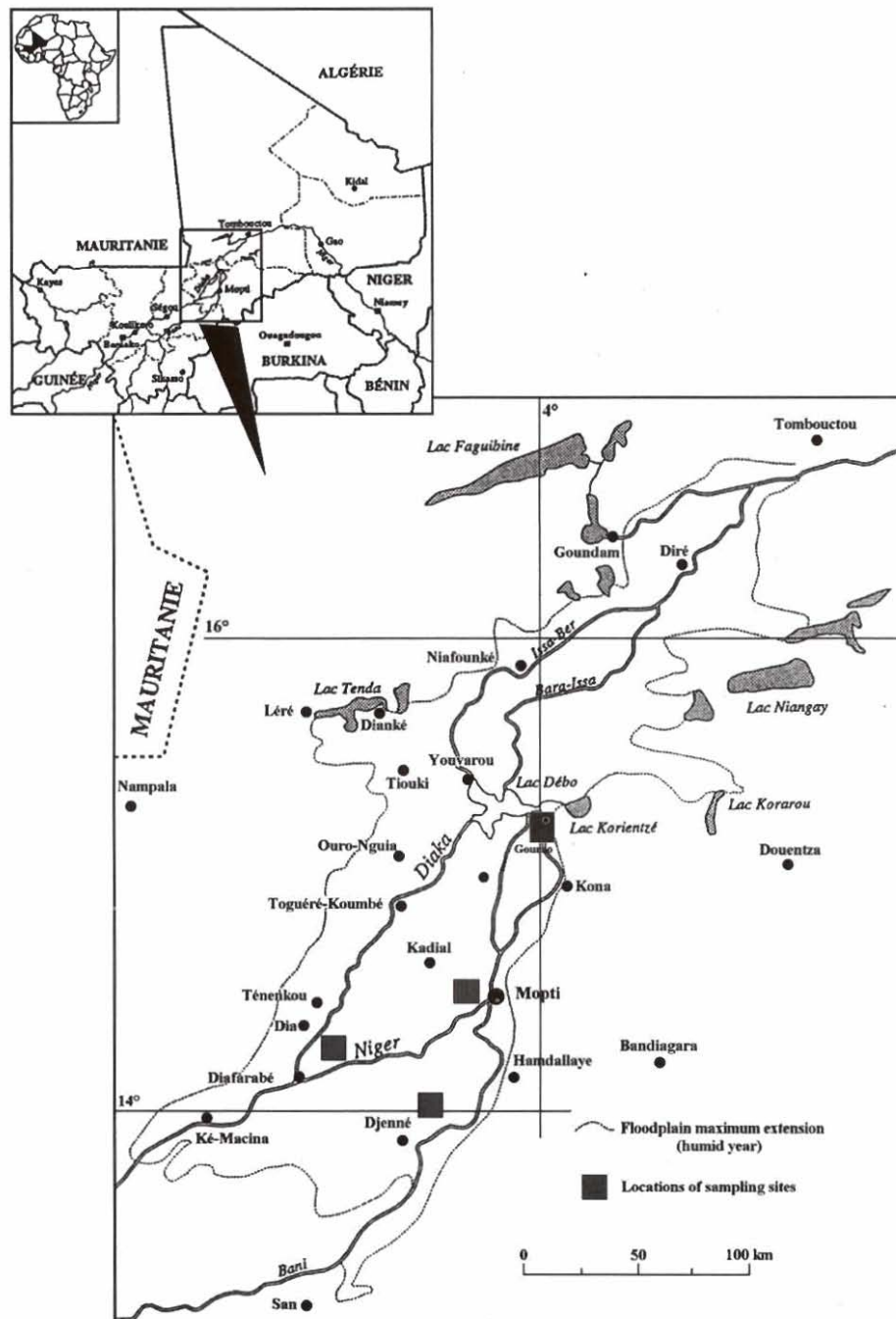


Figure 1. Map of the Inner Delta of the Niger River floodplain and locations of sampling sites.

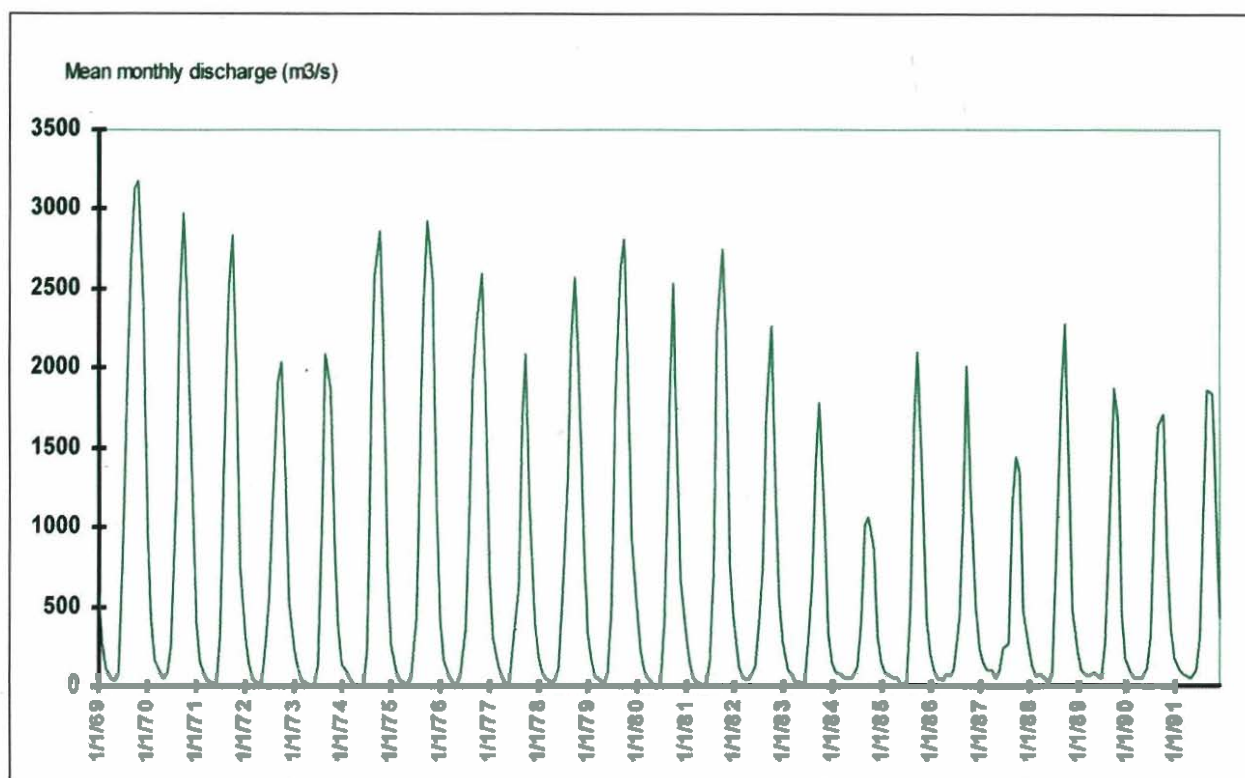


Figure 2. Seasonal and interannual variations in water discharge of the Niger River at Mopti from 1969 to 1991.

The characid *Hydrocynus brevis* is highly appreciated as dried fish in Mali. It is one of the sixteen major fish species caught in the Inner Delta of the Niger River and represents nearly 7% of the annual catches by inland fisheries, which amounted to about 50 000 tons in 1991 (Laë *et al.*, 1994).

There have not been many studies on the genus *Hydrocynus* (Cuvier, 1817). Blache *et al.* (1964) gave some information on the biology and ecology of the genus *Hydrocynus* in the Lake Chad system. Balon (1971) studied age and growth of *Hydrocynus vittatus* in Lake Kariba, and Kenmuir (1972 and 1975) studied the diet of fingerlings of this species in the same area. Recently, Winemiller and Kelso-Winemiller (1994) analyzed the demographic structure and feeding habits of *Hydrocynus forskalii* in the Zambezi River floodplain. The diet of *H. brevis* was studied extensively by Lewis (1974) and Lauzanne (1976). In the Inner Delta of the Niger River floodplain, after Daget's works on systematics and general

review of fish biology in Niger River (Daget, 1954), studies on *H. brevis*, concerned age and growth (Dansoko *et al.*, 1976) and they were carried out at the beginning of the 1970's, just after the major drought that affected the Sahelian Region. To our knowledge, the reproductive biology of this species has not been investigated although such knowledge is fundamental to fishing management and conservation policies. In fact, fish demonstrate: more variation in life-history traits such as size, age at maturity, growth rate, fecundity and longevity with changes in environmental conditions than any other comparable taxonomic group. The adaptative value of these changes is to maximize offspring growth and survival, and consequently population increase (Winemiller, 1995; Wootton, 1990). Moreover, adaptation of a species to environmental variation will determine its resilience (Bénech and Quensièrre, 1989). The present study aimed: (i) to determine the current reproduction profiles of the species and (ii) to specify its geographical variation.

II. Materials and methods

2.1. Environmental conditions

Water temperature was measured at 07:00 h. from June to September 1997. Sampling sites from February to July 1997 during the low water period and at the beginning of the annual flood were described. In each sampling site, observations were focused on various strata (flora composition, rate of vegetation covering, presence or absence of grazing indice) and open water area.

The water of the Niger River at Diafarabé was slightly warmer (28.8 to 28.9 °C) than at Gourao (27.6 to 27.8 °C) near Lake Débo. The minimum water temperatures were similar between Diafarabé and Djenné (28.2 to 28.9 °C) in June and July.

The transect carried out in the Diafarabé floodplain revealed the existence of several channels that fill up during flooding. These environments, containing small shrubs of acacia and graminaceous silage (*Andropogon gayanus*), are grassland used by cattle during periods of low water as indicated by the presence of sheep and cow dung. During this period of the year, this area and its tributary, the Diaka River, are heavily exploited by inland fisheries. As stated by Winemiller and Jepsen (1998), during extended wet periods, organic nutrients in sediments are mineralized and leached into flood waters which increase primary production in floodplain.

At Gourao, near the entrance of Lake Débo, grassland was less frequent and restricted to the surroundings of villages or banks drained during low water period. The river was rich in aquatic vegetation like "bourgou" *Echinochloa stagnina*.

Bani River near Djenné had few secondary channels and ephemeral pools. At low water level, the main river channel was associated with short reduced vegetation and little used as grassland. Scattered *Acacia* were found on rarely flooded banks.

2.2. Reproduction

Sampling carried out in 1995 and 1996 aimed at studying the reproductive strategy of *Hydrocynus brevis*. A total of 1108 tigerfish were sampled during the spawning season (March to September) in three zones of the Delta: (1) Djenné near the Bani River, 140 km upstream of Mopti, (2) Diafarabé situated 120 km upstream of Mopti at the confluence with Diaka River, a tributary of the Niger River, and (3) Gourao at the entrance of the large Lake Débo area (Figure 1). Fish were caught in these areas with a gill-net gang and castnet of medium or great mesh size (see Laë et al., 1994 for further descriptions). For each individual date of catch, sex, standard length measured to the nearest mm (LS), total weight (Wt) and eviscerated body weight to the nearest 0.01 g, gonadal stage of maturity were recorded. Gonads were weighed (Wg) to the nearest 0.01 g and given a score, using the maturity scale of Durand and Loubens (1970). Stage 1 is distinctive of immature females, stage 2 females beginning maturation and stage 3 mature females. Stage 4 is characteristic of females which are going to reproduce, stage 5 ripe females and stage 6 post-spawning females. Samples of fully mature gonads were collected from ripe females and were preserved in 4% formalin solution for a subsequent determination of fecundity and ovocyte diameters.

The size at first sexual maturity (Ls50) is defined as the size at which 50% of the individuals are sexually mature. In practice, this is the size at which 50% of females have reached the stage 3 of the maturation scale. For each female tigerfish from which gonad samples had been preserved in formalin, ovocyte diameters was measured to the nearest 0.01 mm, and fecundity was calculated. Shrinkage of eggs during preservation in formalin appeared to be minimal due to the short time of conservation, so no correction for shrinkage was made. Fecundity (absolute and relative) was calculated for specimens from each sampling site. The relationship between

fecundity and size or total body weight was defined for females sampled at Diafarabé. Reproductive effort within populations of *H. brevis* was estimated using a Gonado-Somatic Index (Ig):

$$I_g = 100 W_g / (W_t - W_g)$$

Where W_g =Gonads weight (g), W_t =Total weight (g)

Geographical variations of these parameters (fecundity and I_g) were examined by a one-way analysis of variance (ANOVA).

III. Results

3.1. Size at first reproduction

Except for Diafarabé, the number of large breeds in the samples was low (Table I). At Diafarabé, the size at first reproduction ($L_{s_{50}}$) of females was 40 cm. However, the proportion of mature females decreased beyond this size until it exceeded 50% again at 55 cm high. $L_{s_{50}}$ at Djenné (45 cm for females), was slightly higher than at Diafarabé. At Gourao, the few observed females all matured at a size equal to or greater than 50 cm L_s .

The size at first reproduction of males at Diafarabé and Gourao was similar ($L_s=35$ cm) and much greater than at Djenné where males were found to mature at 25-30 cm L_s .

Table I. Standard lengths at first reproduction of males and females of *Hydrocynus brevis* at three sampling sites in the Inner Delta of the Niger River (% m+ and % f+: % of mature males and females in the sample n).

L_s *	Diafarabé				Djenné				Gourao			
	Females		Males		Females		Males		Females		Males	
	%f+	n	%m+	n	%f+	n	%m+	n	%f+	n	%m+	n
20									0	10	0	3
25	0	6	22	9	0	4	50	6	0	20	0	19
30	0	8	35	17	0	35	44	16	0	48	38	55
35	15	26	51	41	19	79	83	87	0	90	66	61
40	62	29	89	54	0	5	67	3	0	14	20	15
45	3	63	75	24	70	10	100	2			100	15
50	35	66	92	24	25	8			86	7	100	1
55	54	80	92	24					100	7	100	2
60												
65			100	2								

* Center for size class of 5 cm (i.e. size class 20 cm includes sizes ranging from 18 to 22 cm)

3.2. Fecundity and ovocytes diameters

Absolute fecundity was positively correlated with fish size or body weight (Table II). The allometric relationship was indicated by the higher R^2 of the variables.

The absolute fecundity of females varied significantly between sampling sites ($F_{2,52} = 28.11$; $p < 0.01$). Ripe females sampled around Djenné, produced $235\ 600 \pm 8\ 080$

eggs, and this is 2 to 3 times as low as in Diafarabé and Gourao respectively (Table III). Using the body weight of females as covariate in an ANCOVA, these differences remained highly significant.

Mean diameters of ovocytes were comparable among the sampling sites. However, at Diafarabé, individual variability was higher (21%) than at the two other sites (Table III).

Table II. Statistical parameters of linear regression ($Y = a + bX$) between absolute fecundity (Fabs) and fish standard length (Ls ; mm) and body weight (Wt ; g).

	Linear			Log-Log		
	a . 10 ³	b . 10 ³	R	a	b	R
Fabs / L _s	- 63.3	1.2	0.41 *	3.80	0.18	0.53 *
Fabs / Wt	289.5	0.1	0.35 *	2.36	0.39	0.50 *

* $p < 0.05$

Table III. Reproduction profiles of *Hydrocynus brevis* in three sampling sites of the Inner Delta of the Niger River.

	Niger upstream (Diafarabé)	Bani (Djenné)	Niger downstream (Gourao)
L ₅₀ female (cm)	40	45	50
L ₅₀ male (cm)		35	
F abs. (x 1000)	504.49±32.68 ^a	235.60±8.08 ^b	775.54±28.18 ^a
F rel. eggs.kg ⁻¹ (x 1000)	282.82±20.34 ^a	211.33±5.54 ^b	281.14±16.66 ^a
Ovocyte diameter (mm)			
Mean	1.43	1.37	1.41
CV (%)	21	16	16
Minimum	1.00	1.05	1.10
Maximum	1.90	1.65	1.75
Female I _g %	10.96±1.25 ^a	6.47±0.55 ^b	11.14±0.57 ^a
Male I _g %	2.07±0.13	2.46±0.29	2.19±0.22
Ovarian weight (g)	169.98±10.76 ^a	84.2±2.89 ^b	279.18±8.41 ^c

Parameters with different letters are statistically different

3.3. Reproductive Effort, I_g

As fecundity varied substantially between sampling sites, and ovocytes diameters remained almost constant, the gonadosomatic index (I_g) of ripe females also varied significantly between sampling sites ($F_{2,74} = 7.54$; $p < 0.01$) (Table III). Using female body weight as a covariate in an ANCOVA of ovarian weight (Wg), differences among sampling sites were highly significant ($F_{2,51} = 10.92$; $p < 0.01$).

In males, there is no significant difference between mean I_g estimated for sampling sites ($F_{2,178} = 0.998$; $p > 0.05$) (Table III).

Despite some gaps between monthly samples, the spawning season at Diafarabé (June-August) and Djenné (May-July) is more protracted than near the Lake Débo sampling site where no mature females were found in August (Figure 3).

IV. Discussion

As in most other African or South American tropical seasonal strategies (Albaret, 1982; Bénech and Dansoko, 1994; Loubens and Panfili, 1995; Munro, 1990), *H. brevis* reproduces during the rainy season. This period of reproduction was found to be rather protracted (about 3 months) in the upstream reaches, whereas it reduced downstream in June. This protracted spawning season in the upstream reaches reflects slightly offset spawning by different spawners living there at different times, and not batch spawning by the same fishes with regard to the great variation of ovocyte diameters.

In all three sampling stations, the size at maturity corresponded to fish aged at least 2 years, but there were substantial variations in the size at first sexual maturity and fecundity between stations, which might be attributed to adaptations to environmental conditions. Such differences have been

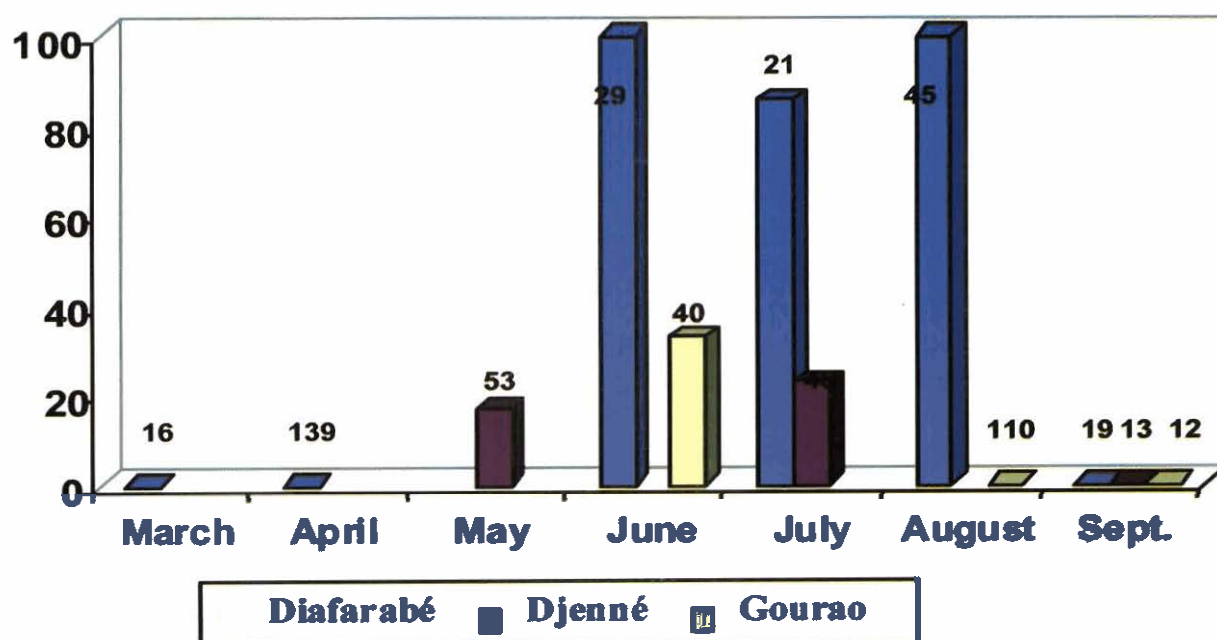


Figure 3. Monthly percentage of ripe females *H. brevis* at sampling sites. Number of individuals sampled are indicated (blank i.e. no sampling)

reported in several fish species from tropical and temperate regions. It is the case of *Brycinus leuciscus* in Mali (Bénech and Niaré, 1994), *Oreochromis niloticus* in Côte d'Ivoire (Duponchelle and Panfili, 1998), *H. forskalii* in Chad (Bénech and Quensiére, 1989), and of species in other areas such as anadromous species in Hawaiian Islands, *Lentipes concolor* (Way *et al.*, 1998). However, in the case of these anadromous species, the stamp of environment at hatching was discriminant in the choice of their spawning grounds. In some cases, they include a genotypic component as stated by Stearns (1992) on the mosquito fish and in other cases, their nature is obviously phenotypic (Mann *et al.*, 1984). At present, there is no evidence either for the genotypic or phenotypic nature of the variations in life-history traits as illustrated here. However, if it is assumed these changes might have resulted from the drought periods in the Sahel during the seventies, this seems a very short time scale for fixing genotypic traits, specially for a species with a single annual spawning and relatively long life. Hence, it is strongly suggested that these traits reflect a phenotypic plasticity, but this needs to be examined in more detailed studies on the migration and genetics of tigerfish.

Whatever the exact nature of the variation in life-history traits, these might be interpreted in the light of environmental differences among the sampling stations. Highly variable environments as those currently encountered in the Inner Delta of the Niger River can be unpredictable conditions, which have been found to favour precocious sexual maturation of fish species (Winemiller, 1995; Lévêque, 1997). Generally, upper reaches are normally more susceptible to drought than downstream reaches. This should normally result in a lower availability of suitable habitats and a lower abundance of food per capita, which should result in earlier maturation. This seemingly applies to the Djenné sampling station, which is sited on a tributary of the Niger River. By contrast, a protracted drought period is likely to cause many fish species, which

are normally found throughout the Niger River, to refuge in permanent lacustrine areas, thereby increasing their availability to predators foraging in these areas, and thus directly or indirectly to the benefit of tigerfish, which sits at the top of this trophic chain. Such conditions normally favour fast growth, and their stability might promote late sexual maturity. But it is uncertain whether tigerfishes near Lake Débo grow faster than those in upstream reaches.

Tigerfish is heavily fished in Mali, and this might also have contributed to promoting a shift in the life-history strategy, depending on whether predators are or not more heavily fished than their prey. Fishing pressure was increased by a factor of 7 to 10 during the last forty years (Quensiére, 1994). Predators are strongly exploited as well as preyed. Catch consists of about 70% of individuals of less than one year old. In the absence of previous data, it is difficult to evoke a variation of reproduction profiles due to an overexploitation of stocks. Conversely, the Sélingué dam modified considerably the hydrological flood of Niger river during the last twenty years: the discharge is lessened during the flood season and is sustained at higher levels during lower water period. The low water discharge by the dam could protect the stock of spawners from fishing effort (Laë, 1992). The natural conservation of spawners stock could ensure population increase. Besides, the recruitment in this fish species predator, more sensitive to the drought, varies yearly in relation to the hydrology of Niger River (Niaré and Bénech, 1998).

However, a decrease in the number of predators while food supply remains high favours their growth, and this might also result in variable age or size at first sexual maturity. Intensification of fishing pressure was used to explain the variations of L₅₀ of tilapias in the East African Great Lakes. Overfishing lead to a decrease in the L₅₀ over a period sufficiently long to implicate phenotypic plasticity. In general, the effect of fishing pressure results in a modification

of growth rate of individuals, whose speed determines the trajectory size-age at maturity according to Stearns and Crandall (1984). In analogy with the "individual-based model" developed by LePage and Cury (1997), this characid develops opportunistic "tactics" which maintain the diversity of the choice of the sites of reproduction and make it possible for the species to explore the environmental variability. These observations support the idea that fish may express full potential of their genotype to a greater or lesser extent depending on the nature of environment. As a result of phenotypic plasticity, many major biological functions may differ markedly in different environments (Lévêque, 1997). This could be considered as an ecological advantage in a widely fluctuating tropical hydrosystem like Inner Delta of Niger River.

References

- Albaret J.J., 1982. Reproduction et fécondité des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 15 : 347-371.
- Balon E.K., 1971. Age and growth of *Hydrocynus vittatus* Castelnau, 1861 in lake Kariba, Sinazongwe area. *Fisheries Research Bulletin*, Zambia, 5 : 89-118.
- Bénech V. and Dansoko F.D., 1994. La reproduction des espèces d'intérêt halieutique. In : Quensièrre J. (ed.) : *La pêche dans le Delta Central du Niger : Approche pluridisciplinaire d'un système de production halieutique*. Paris, ORSTOM-IER, Karthala, 213-228 p.
- Bénech V. and Niaré T., 1994. Modification du milieu et expressions de la stratégie adaptative de *Brycinus leuciscus* (Characidae) dans le bassin du Niger. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 27(2) : 173-185.
- Bénech V. and Quensièrre J., 1989. *Dynamique des peuplements ichtyologiques de la région du lac Tchad (1966-1978) : influence de la sécheresse*. Travaux et Documents microédités, N°. 51, ORSTOM, Paris.
- Blache J., Miton F., Stauch A., Iltis A. and Loubens G., 1964. *Les poissons du bassin du Tchad et du bassin adjacent du Mayo Kebbi. Etude systématique et biologique*. Paris, ORSTOM, Mémoire, 4, vol. II, 486 p.
- Daget J., 1954. *Les poissons du Niger supérieur*. Dakar, Mém. IFAN, 36, 391 p.
- Dansoko, F.D., Breman H. and Daget J., 1976. Influence de la sécheresse sur les populations d'*Hydrocynus* dans le Delta du Niger. *Cahiers ORSTOM, série Hydrobiologie*, 10 : 71-76.
- Duponchelle F. and Panfili J., 1998. Variations in age and size at maturity of female Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, populations from man-made Lakes of Côte d'Ivoire. *Environmental Biology of fishes*, 52 : 453-465.
- Durand J.R. and Loubens G., 1970. Observations sur la sexualité et la reproduction des *Alestes baremoze* du bas Chari et du lac Tchad. *Cahiers ORSTOM, série Hydrobiologie*, 4 : 61-81.
- Kenmuir D.H.S., 1972. Report on a study of the ecology of tigerfish *Hydrocynus vittatus* Castelnau in lake Kariba Fisheries Research Institute. *Project Report*, 6(1) : 1-99.
- Kenmuir D.H.S., 1975. The diet of fingerling tigerfish, *Hydrocynus vittatus* Castelnau in lake Kariba, Rhodesia. *Arnoldia, Rhodesia*, 9 : 1-18.
- Laë R., 1992. Impact des barrages sur les pêcheries artisanales du Delta central du Niger. *Cahiers Agricultures*, 1 : 256-263.
- Laë R., Maïga M., Raffray J. and Troubat J.J., 1994. Evolution de la pêche. In : Quensièrre J. (ed.) : *La pêche dans le Delta Central du Niger : Approche pluridisciplinaire d'un système de production halieutique*. Paris, ORSTOM-IER, Karthala, 143-164 p.
- Lauzanne L., 1976. Régimes alimentaires et relations trophiques des poissons du lac Tchad. *Cahiers ORSTOM, série Hydrobiologie*, 10 : 267-310.
- LePage C. and Cury P., 1997. Population viability and spatial fish reproductive strategies in constant and changing environments: an individual-based modelling approach. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54 : 2235-2246.
- Lévêque C., 1997. *Biodiversity dynamics and conservation: the freshwater fish of tropical Africa*. Cambridge University Press, 438 p.
- Lewis D.S.C., 1974. The food and feeding habits of *Hydrocynus forskalii* Cuvier and *Hydrocynus brevis* Günther in lake Kainji, Nigeria. *Journal of Fish Biology*, 6 : 349-363.
- Loubens G. and Panfili J., 1995. Biologie de *Prochilodus nigricans* (Teleostei :

- Prochilodontidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 6(1) :17-32.
- Mann R.H.K., Mills C.A. and Crisp D.T., 1984. Geographical variation in the life-history tactics of some species of freshwater fish. In Potts G.W. and Wootton R.J. (eds), *Fish Reproduction*, pp.: 171-186. Academic Press, London.
- Munro A.D., 1990. Tropical freshwater fish. In Munro A.D., Scoott A.P. & Lam T.J. (eds), *Reproductive seasonality in Teleosts: environmental influences*. pp.: 145-239. CRC Press, Boca Raton, Florida. 254 p.
- Niaré T. and Bénech V., 1998. Between-year variation of lateral fish migrations in the Inner Delta of the Niger River (Mali, West Africa). *Italian Journal of Zoology*, 65 suppl.: 313-319.
- Quensiére J. (eds) 1994. *La pêche dans le Delta Central du Niger : Approche pluridisciplinaire d'un système de production halieutique*. Paris : IER/ORSTOM/KARTHALA, 495 p.
- Stearns S.C., 1992. The Evolutionary significance of phenotypic plasticity. *Bioscience*, 39(7) : 436-445.
- Stearns S.C. and Crandall R.E., 1984. Plasticity for age and size at sexual maturity a life-history response to unavoidable stress. In Potts G.W. and Wootton R.J. (eds), *Fish Reproduction*, pp.:13-33. Academic Press, London.
- Way C.M., Burky A.J., Harding J.M., Hau S. and Puleloa W.K.L.C., 1998. Reproductive biology of the endemic goby, *Lentipes concolor*, from Makamaka'ole stream, Maui and Waikolu stream, Moloka'i. *Environmental Biology of Fishes*, 51 : 53-65.
- Winemiller K.O., 1995. Fish ecology. *Encyclopedia of Environmental Biology*, vol. 2, 49-65.
- Winemiller K.O. and D.B. Jepsen, 1998. Effect of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *J. Fish Biol.*, 53(supplement A):267-296.
- Winemiller K.O. and Kelso-Winemiller L.C., 1994. Comparative ecology of the African pike, *Hepsetus odoe*, and tigerfish, *Hydrocynus forskahlii*, in the Zambezi river floodplain. *Journal of Fish Biology*, 45 : 211-225.
- Wootton R.J., 1990. Life-history strategies. In: Wootton R.J. (eds): *The ecology of teleost fishes*. p.:283-307, Chapman and Hall, London.

Contribution à la connaissance des poissons de la boucle du Baoulé dans le bassin du fleuve Sénégal au Mali

Contribution the knowledge of the Boucle du Baoulé fish in the Senegal River basin in Mali

Sanogo Youssouf^{1,2}, Samaké Fassé², Traoré Diakaridia^{1,2}, Da Costa Kouassi Sébastino³, Konaté Kalilou¹, Maïga Mohamed Sidida², Dansoko Daniel Famoussaba⁴ et Pandaré Dieudonné⁵

1. Laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée (LBMA), Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université de Bamako, BP. E 3206 Bamako, Mali, yfsanogo@yahoo.fr
2. Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université de Bamako, BP. E 3206 Bamako, Mali.
3. Centre National de Recherche Agronomique, Direction Régionale, BP. 33 Abidjan 08, Côte d'Ivoire.
4. Institut Polytechnique Rural/Institut de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA), BP. E 2986 Bamako, Mali.
5. Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, BP. 5005 Dakar-Fann, Sénégal.

Résumé

Les principaux objectifs visés dans le présent travail d'inventaire sont, d'une part, la composition du peuplement de la faune ichthyenne de la petite boucle de la rivière Baoulé, et, d'autre part, l'abondance relative des espèces dans les différents habitats. Quarante espèces de poissons ont été récoltées dans un milieu où la richesse spécifique est plus importante dans les milieux vaseux (32 espèces) et rocheux (29 espèces). Huit (8) espèces, mises en évidence à travers notre étude, viennent enrichir la faune ichthyologique de la rivière Baoulé. Les espèces à abondance relative, importantes dans le milieu rocheux, avec par endroits, des bancs de sable et du couvert végétal, sont *Synodontis schall*, *Leptocypris niloticus* et *Alestes dentex* ; celles dans les sites vaseux sont *Schilbe intermedius*, *Synodontis schall* et *Chrysichthys (Chrysichthys) auratus*. Dans le milieu sableux, *Leptocypris niloticus*, *Tilapia dageti* et *Sarotherodon galilaeus galilaeus* sont les plus abondants.

Mots clés : Poissons, Petite Boucle, Rivière Baoulé, Mali.

Abstract

The ichthyofauna of the Baoulé River and the relative abundance of species in their environments are presented. Forty species of fish were investigated in this study with species' richness higher in muddy (32 species) and rocky (29 species) environments. Eight species enrich the ichthyofauna of the Baoulé River. The species with important relative abundance are *Synodontis Schall*, *Leptocypris niloticus* and *Alestes dentex* found in the rock environment with sand and vegetation cover, *Schilbe intermedius*, *Synodontis Schall* and *Chrysichthys (Chrysichthys) auratus* in the muddy environment and *Leptocypris niloticus*, *Tilapia Dageti* and *Sarotherodon galilaeus galilaeus* in the sandy environment.

Keywords: Fish, Baoulé River, Mali.

I. Introduction

Le Mali est arrosé par le fleuve Niger et le fleuve Sénégal. Son réseau hydrographique s'étend sur 4 500 km avec une superficie de 36 000 km². Les données sur la richesse spécifique ichthyenne sont très anciennes. Par ailleurs, peu de cours d'eau ont fait l'objet d'inventaire systématique.

Les bassins du Mali, dont les faunes ichtyologiques ont fait l'objet d'inventaire, sont ceux du haut Niger (Daget, 1954 et 1959), les rivières Baoulé (Daget, 1961) et Bakoye et la haute vallée du fleuve Sénégal (Reizer, 1974). Les données bibliographiques indiquent que 130 à 137 espèces de poissons ont été répertoriées par ces auteurs.

Ces données restent, pour l'heure, les seules utilisées pour les politiques d'aménagements desdits cours d'eau, alors que celles-ci ne tiennent pas compte des différentes révisions systématiques des poissons d'eau douce et saumâtre de l'Afrique de l'Ouest (Lévêque et al., 1990 et 1992 ; Paugy et al., 2003 a et b). A titre d'exemples, le genre *Tilapia* Smith, 1940, a été divisé en trois genres (Trewavas, 1983) : *Tilapia* Smith, 1940 ; *Oreochromis* Günther, 1889 et *Sarotherodon* Rüppell, 1840. Le genre *Alestes* Müller et Troschel, 1844 a été aussi scindé en *Alestes* Müller et Troschel, 1844 et *Brycinus* Valenciennes, 1849 (Paugy, 1990). Des espèces ont été subdivisées en sous-espèces (Lévêque et al. 1990 et 1992 ; Paugy et al. 2003 a et b). Certaines familles ont été subdivisées ; par exemple : les Bagridae en Claroteidae et en Bagridae ; les Cyprinodontidae en Poeciliidae et en Aplocheilidae (Wildekamp et Van der Zee, 2003).

Eu égard à ces considérations systématiques et à la non exploration systématique de nombreux cours d'eau, il apparaît nécessaire d'accentuer l'exploration des cours d'eau, non seulement, pour mettre à jour la liste des poissons, mais aussi pour toucher des parties de cours d'eau dont la faune ichtyologique n'a pas été encore inventoriée. C'est dans cette optique que le présent inventaire de

poissons a été réalisé dans la boucle du Baoulé, le long de la rivière du même nom.

II. Matériel et Méthode

2.1. Sites d'étude

Les investigations ont été réalisées sur le cours principal de la rivière Baoulé (Figure 1), dans la petite boucle. Les stations prospectées ont été choisies pour leur accessibilité et en raison de la présence de pêcheurs en activité. Trois types de milieux ont été cependant considérés (Photos 1, 2 et 3). Il s'agit, d'une part, des milieux rocheux (Milieu 1), milieux à fond vaseux (Milieu 2) et des milieux sableux (Milieu 3). Le milieu 1 est caractérisé par des affleurements rocheux avec, par endroits, des bancs de sable et un couvert végétal constitué de cypéracées, notamment dans les stations de Djinifing (08°34'1''W ; 13°51'2''N) et Faradoun (08°34'13,3''W ; 13°54'26,9''N). Le second milieu se distingue du précédent par des fonds vaseux pourvus de dépôts argileux et limoneux, avec au rivage, une végétation arborée constituée essentiellement de *Combretum* sp. Il s'agit des stations de Yirikourou (08°29'08,1''W ; 13°47'15,4''N) et Dialla (08°29'39,1''W ; 13°44'41,1''N). Le troisième milieu étudié est de type sableux avec un couvert végétal constitué de Cypéracées : ce sont les stations de Banankoro (08°27'50,1''W ; 13°48'39,3''N) et de Tomikorodaga (08°30'23,5''W ; 13°44'41,1''N).

2.2. Echantillonnage des poissons

Un effectif de 1370 poissons composés de spécimens issus des pêches expérimentales et des captures de la pêche artisanale (pêche de subsistance), ont été échantillonnés en 2007, le long de la rivière Baoulé dans la petite boucle. Trois prospections ont eu lieu aux mêmes endroits (station) pendant la saison sèche froide (janvier), la saison sèche chaude (avril) et la saison des pluies (août).

Milieu sableux (Station de Tomikorodaga)



Milieu à fond vaseux (Station de Dialla)



Milieu rocheux (Station de Faradoun)



Les engins de la pêche artisanale sont constitués de filets maillants. Ces filets sont, en général, posés dans l'après midi entre 15 et 18 h et visités le matin entre 9 et 10 h.

Quatre types d'engins de capture ont été utilisés lors des pêches expérimentales pour pallier la sélectivité des filets maillants. Il s'agit, d'une part, d'une petite senne de plage et d'une épuisette en toile moustiquaire pour la capture d'alevins, de juvéniles et d'espèces de poissons de petite taille et, d'autre part, d'une senne de plage de maille 10 mm x 10 mm et d'un filet épervier à grosses mailles (20 x 20 mm) pour les gros spécimens de poissons.

A chaque station, tous les engins ont été utilisés et la durée de pêche a varié de 1h30 mn à 2h30 mn.

L'identification des poissons a été faite sur le terrain à l'aide des clés d'identification de Lévêque et al., (1990 et 1992) et de Paugy et al. (2003 a et b). L'étude comparative des abondances relatives des différentes espèces dans les différents habitats a porté sur l'ensemble des poissons échantillonnés.

III. Résultats

Les résultats de l'inventaire et de l'étude de la distribution des poissons, dans les milieux prospectés le long de la rivière Baoulé dans la petite boucle, sont présentés dans le tableau I.

Un total de 40 espèces de poissons, réparties en 27 genres et 12 familles, a été recensé. Au regard des résultats obtenus (Figure 2), il ressort que 8 espèces sont communes à l'ensemble des milieux échantillonnés : *Brycinus nurse* (Rüppell, 1832), *Sarotherodon galilaeus galilaeus* (Linnaeus, 1758), *Tilapia dageti* (Thys van den Audenaerde, 1971), *Chrysichthys (Chrysichthys) auratus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1808), *Labeo senegalensis* (Valenciennes, 1842), *Raiamas senegalensis* (Steindachner, 1870), *Poropanchax*

normani (Ahl, 1928) et *Synodontis schall* (Bloch et Schneider, 1801) tandis que 7 espèces sont propres au milieu 1 (Figure 3) : *Rhabdalestes septentrionalis* (Boulenger, 1911), *Barbus macrops* (Boulenger, 1911), *Barbus leonensis* (Boulenger, 1915), *Labeo parvus* (Boulenger, 1902), *Synodontis ocellifer* (Boulenger, 1900), *Hyperopisus bebe* (Lacépède, 1803) et *Hydrocynus brevis* (Günther, 1864) et 9 espèces au milieu 2 : *Bagrus docmak* (Forsk., 1775) ; *Lepidarchus adonis* (Roberts, 1966), *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1862), *Tilapia zillii* (Gervais, 1848), *Auchenoglanis occidentalis* (Valenciennes, 1840), *Barbus niokoloensis* (Daget, 1959), *Malapterurus electricus* (Gmelin, 1789), *Synodontis courteti* (Pellegrin, 1906) et *Petrocephalus bovei* (Valenciennes, 1846). Aucune espèce n'est spécifique au milieu 3 (Figure 2).

Les milieux 1 et 2 ont en commun 13 espèces (Figures 3 et 4). Il s'agit de : *Lates niloticus* (Linnaeus, 1762), *Alestes dentex* (Linnaeus, 1758), *Brycinus nurse* (Rüppell, 1832), *Brycinus leuciscus* (Günther, 1867), *Brycinus macrolepidotus* (Valenciennes, 1849), *Hydrocynus forskali* (Cuvier, 1819), *Barbus pobeguini* (Pellegrin, 1911), *Garra waterloti* (Pellegrin, 1935), *Schilbe intermedius* (Rüppell, 1832), *Labeo coubie* (Rüppell, 1832), *Synodontis clarias* (Linnaeus, 1758), *Synodontis violaceus* (Pellegrin, 1919) et *Marcusenius senegalensis* (Steindachner, 1870). Les milieux 2 et 3 ont en commun 2 espèces : *Mormyrops anguilloides* (Linnaeus, 1758) et *Clarias anguillaris* (Linnaeus, 1758). Les milieux 1 et 3 n'ont qu'une seule espèce en commun : *Leptocypris niloticus* (Joannis, 1835).

Les résultats de l'étude comparative des abondances relatives des différentes espèces dans les habitats étudiés sont présentés dans les figures 3, 4 et 5. Ces données montrent des proportions importantes de *S. schall* (23,45 %), de *L. niloticus* (12,40 %) et de *A. dentex* (10,78 %) dans le milieu rocheux. Dans le milieu vaseux, c'est plutôt *S. intermedius* qui constitue la proportion

Tableau I. Les espèces de poissons capturées de janvier à août 2007 dans la petite boucle de la rivière Baoulé (Mali, Afrique de l'Ouest)

Familles	Genres	Espèces	Milieu 1	Milieu 2	Milieu 3
Alestidae	<i>Alestes</i>	<i>dentex</i>	+	+	
	<i>Brycinus</i>	<i>leuciscus</i>	+	+	
	<i>Brycinus</i>	<i>macrolepidotus</i>	+	+	
	<i>Brycinus</i>	<i>nurse</i>	+	+	+
	<i>Hydrocynus</i>	<i>brevis</i>	+		
	<i>Hydrocynus</i>	<i>forskalii</i>	+	+	
	<i>Lepidarchus</i>	<i>adonis</i>		+	
Bagridae	<i>Bagrus</i>	<i>docmak</i>		+	
Centropomidae	<i>Lates</i>	<i>niloticus</i>	+	+	
	<i>Rhabdalestes</i>	<i>septentrionalis</i>	+		
Cichlidae	<i>Hemichromis</i>	<i>bimaculatus</i>		+	
	<i>Sarotherodon</i>	<i>galilaeus</i>	+	+	+
	<i>Tilapia</i>	<i>dageti</i>	+	+	+
	<i>Tilapia</i>	<i>zillii</i>		+	
Clariidae	<i>Clarias</i>	<i>anguillaris</i>		+	+
Claroteidae	<i>Auchenoglanis</i>	<i>occidentalis</i>		+	
	<i>Chrysichthys</i>	<i>auratus</i>	+	+	+
Cyprinidae	<i>Barbus</i>	<i>macrops</i>	+		
	<i>Barbus</i>	<i>niokoloensis</i>		+	
	<i>Barbus</i>	<i>pobeguini</i>	+	+	
	<i>Barbus</i>	<i>leonensis</i>	+		
	<i>Garra</i>	<i>waterloti</i>	+	+	
	<i>Labeo</i>	<i>coubie</i>	+	+	
	<i>Labeo</i>	<i>parvus</i>	+		
	<i>Labeo</i>	<i>senegalensis</i>	+	+	+
	<i>Leptocypris</i>	<i>niloticus</i>	+		+
	<i>Raiamas</i>	<i>senegalensis</i>	+	+	+
Poeciliidae	<i>Poropanchax</i>	<i>normani</i>	+	+	+
Malapteruridae	<i>Malapterurus</i>	<i>electricus</i>		+	
Mochokidae	<i>Synodontis</i>	<i>clarias</i>	+	+	
	<i>Synodontis</i>	<i>courteti</i>		+	
	<i>Synodontis</i>	<i>ocellifer</i>	+		
	<i>Synodontis</i>	<i>violaceus</i>	+	+	
	<i>Synodontis</i>	<i>schall</i>	+	+	+
Mormyridae	<i>Hyperopisus</i>	<i>bebe</i>	+		
	<i>Marcusenius</i>	<i>senegalensis</i>	+	+	
	<i>Mormyrops</i>	<i>anguilloides</i>		+	+
	<i>Mormyrus</i>	<i>rume</i>	+	+	
	<i>Petrocephalus</i>	<i>bovei</i>		+	
Schilbeidae	<i>Schilbe</i>	<i>intermedius</i>	+	+	
12	27	40	29	32	11

Milieu 1 : milieu rocheux ; Milieu 2 : milieu à fond vaseux ; Milieu 3 : milieu sableux ; + : présence

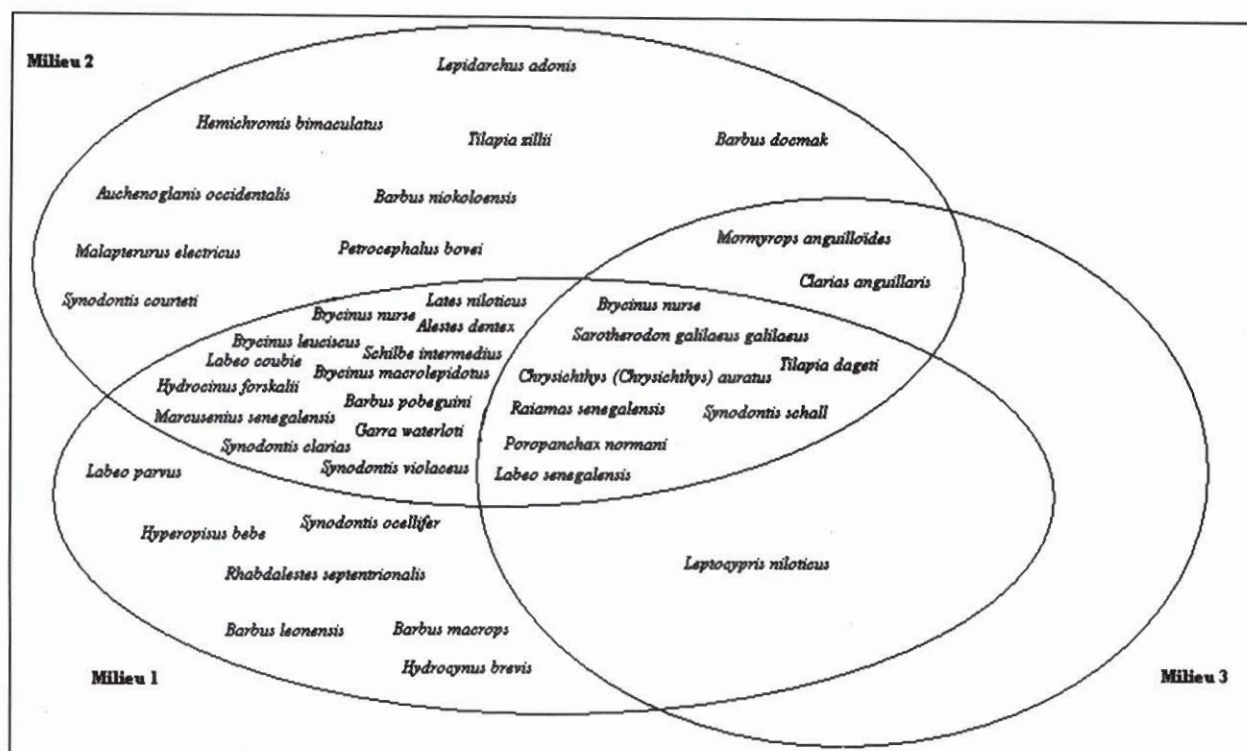


Figure 2. Diagramme de Venn présentant la distribution des espèces de poissons en fonction des différents milieux écologiques dans la petite boucle de la rivière Baoulé (Mali, Afrique de l'Ouest).
Milieu 1 : milieu rocheux ; Milieu 2 : milieu à fond vaseux ; Milieu 3 : milieu sableux.

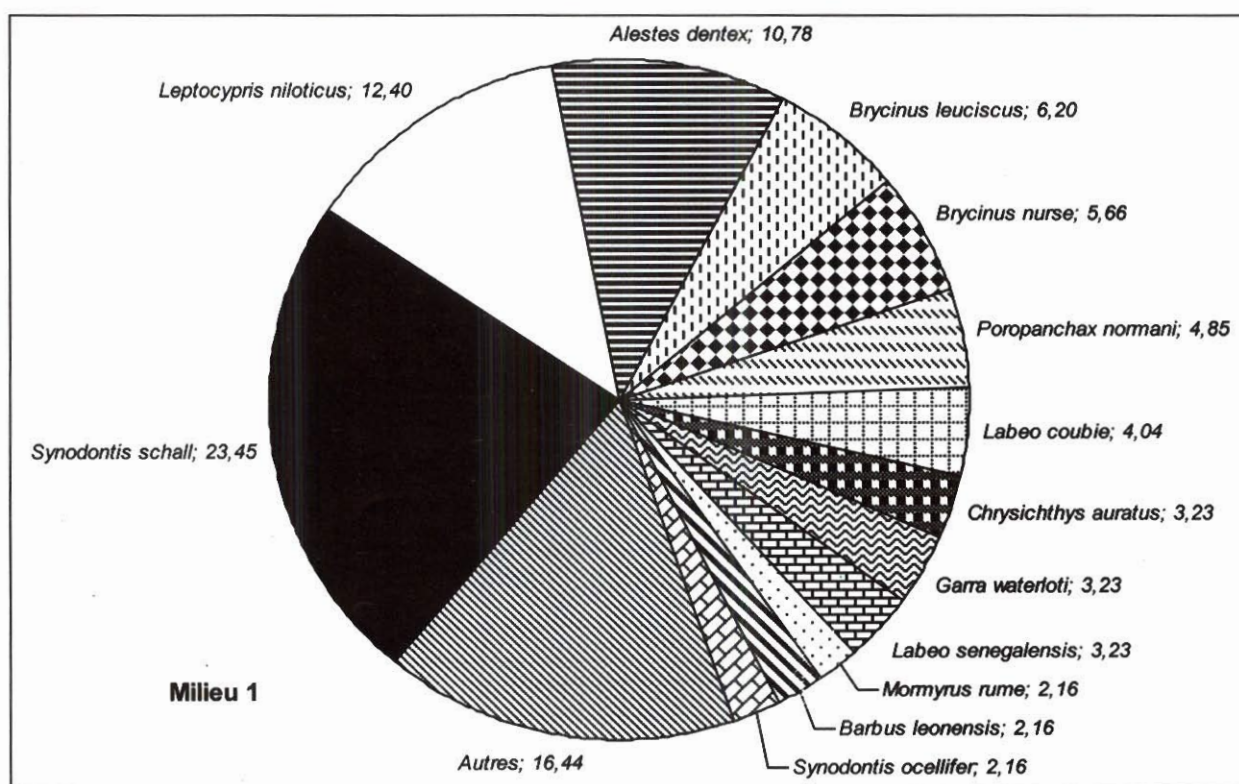


Figure 3. Proportions numériques relatives (%) des espèces de poissons capturées des habitats rocheux (Milieu 1) dans la petite boucle de la rivière Baoulé (Mali, Afrique de l'Ouest).

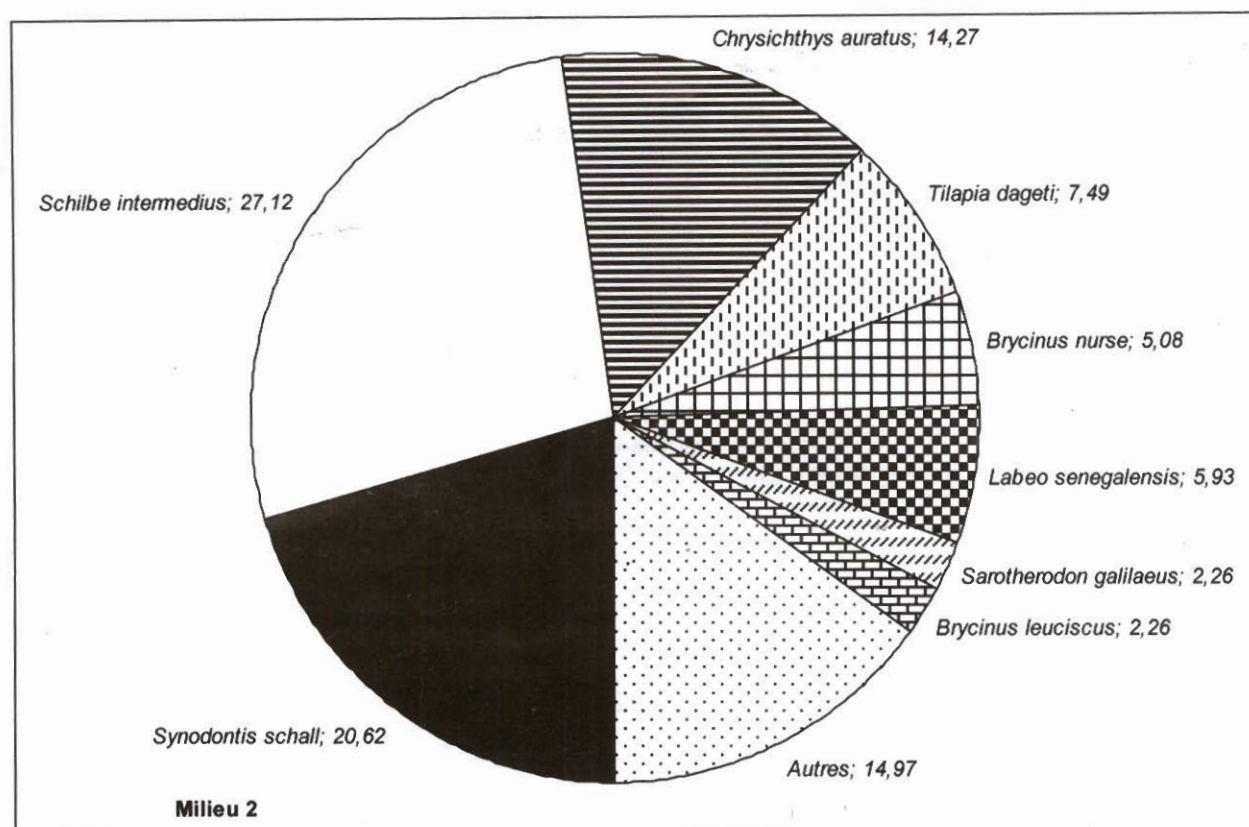


Figure 4. Proportions numériques relatives (%) des espèces de poissons capturées des habitats vaseux (Milieu 2) dans la petite boucle de la rivière Baoulé (Mali, Afrique de l'Ouest).

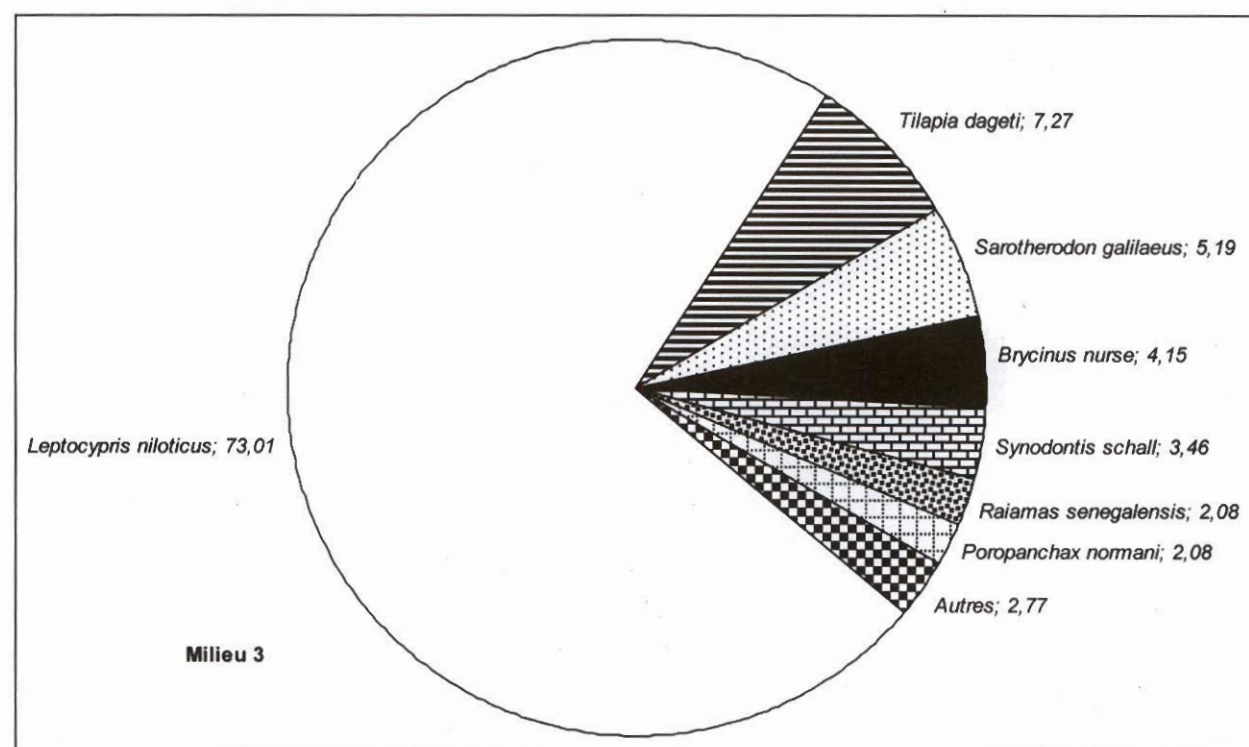


Figure 5. Proportions numériques relatives (%) des espèces de poissons capturées des habitats sableux (Milieu 3) dans la petite boucle de la rivière Baoulé (Mali, Afrique de l'Ouest);

la plus importante (27,12 %) suivie de *S. schall* (20,62 %) et de *C. (Chrysichthys) auratus* (14,27 %). Dans le milieu sableux, *L. niloticus* représente 73,01 % des poissons capturés, suivie de *T. dageti* (7,27 %) et de *S. galilaeus galilaeus* (5,19 %). Les deux dernières espèces sont représentées par des spécimens juvéniles et sub-adultes et les autres par de gros spécimens.

IV. Discussion

Les résultats montrent que les espèces de poissons capturées dans la petite boucle de la rivière Baoulé sont communes à la faune de l'ensemble du bassin de la rivière Baoulé et des bassins des fleuves Sénégal et Niger au Mali, exceptée *Lepidarchus adonis* (Roberts, 1966) signalée pour la première fois au Mali. Cette espèce était, jusque-là, connue seulement au sud du Ghana et de la Côte d'Ivoire (Paugy, 1990). Les autres espèces sont de la zone soudanienne et/ou de la zone guinéenne. Les espèces à affinité guinéenne sont *G. waterloti*, *L. parvus*, *B. pobeguini*, *B. niokoloensis*. La présence de celles-ci tend à montrer que la zone prospectée serait une zone de transition entre la zone guinéenne et la zone soudanienne. Ces espèces sont aussi signalées dans le Bafing (Reizer, 1974) en zone guinéenne.

Le nombre d'espèces (40) capturées dans la petite boucle est assez important au regard de l'inventaire de Daget (1961) qui a recensé 48 espèces pour l'ensemble de la rivière Baoulé et ses affluents (le Dlabá, le Dlá, le Kénié) et le lac Wénia. Cependant, 18 espèces signalées par Daget (1961) sont absentes dans la zone prospectée : *Gymnarchus niloticus* (Cuvier, 1829), *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829), *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840), *Tetraodon lineatus* (Linnaeus, 1758), *Alestes baremoze* (Joannis, 1835), *Distichodus engycephalus* (Günther, 1864), *Nannocharax ansorgii* (Boulenger, 1911), *Nannocharax fasciatus* (Günther, 1867), *Barbus bynni occidentalis* (Boulenger, 1911), *Barbus ablakes* (Bleeker, 1863), *Barbus macinensis* (Daget, 1954), *Barbus*

sublineatus (Daget, 1954), *Schilbe mystus* (Linnaeus, 1758), *Epiplatys bifasciatus* (Steindachner, 1881), *Chiloglanis niloticus* (Boulenger, 1900), *Micropogonias pfaffi* (Daget, 1954), *Hemichromis fasciatus* (Peters, 1852) et *Ctenopoma kingsleyae* (Günther, 1896). En revanche, 8 espèces récoltées lors de la présente campagne de prospection ne sont pas sur la liste de poissons signalés par Daget (1961). Il s'agit de *B. leuciscus*, *H. brevis*, *S. intermedius*, *M. rume*, *S. courteti*, *S. violaceus*, *S. clarias* et *T. dageti*.

La présence ou l'absence d'une espèce donnée dans les captures dépend des facteurs environnementaux, de la sélectivité des engins de pêche (Sanogo, 1999 ; Koné et al., 2003), de son abondance et de la méthode d'échantillonnage qui reste, selon Lévêque et Paugy (1999), la pierre angulaire de l'étude des peuplements de poissons. Dans le cas de la présente étude, il faudra prendre en compte la série de sécheresse des dernières décennies qui ont profondément modifié le cycle hydrologique de nombreux cours d'eau. Par ailleurs, les milieux prospectés pourraient être défavorables aux espèces absentes. L'absence d'espèces rhéophiles dans nos captures, cependant signalées par Daget (1961) dans la même zone, comme les Amphiliidae, les Mochokidae (*Chiloglanis niloticus* Boulenger, 1900) et les Distichodontidae (*Nannocharax ansorgii* Boulenger 1911 ; *Nannocharax fasciatus* Günther, 1867 et *Distichodus engycephalus* Günther, 1864) témoignerait de la détérioration des conditions favorables à leur existence et à leur survie.

En termes de richesse spécifique, le milieu vaseux présente la richesse spécifique la plus importante (n=32), suivi du milieu rocheux (n=29) et du milieu sableux (n=11). La variation de la richesse spécifique, dans les trois faciès étudiés, refléterait la nature différente des conditions du milieu. D'après Lévêque (1999), la plupart des espèces développent un type de stratégie démographique qui correspond à un type

d'habitat qui leur est, en principe, favorable puisqu'elles y vivent et s'y sont adaptées.

Dans le cas de la présente étude, les conditions seraient plus favorables à *S. schall*, *L. niloticus* et *A. dentex* dans le milieu rocheux ; à *S. intermedius*, *S. schall* et *C. (Chrysichthys) auratus* dans le milieu vaseux et à *L. niloticus* dans le milieu sableux.

Dans le milieu 1, il existe plusieurs sous-habitats, à savoir : la zone rocheuse pour les espèces rhéophiles (*G. waterloti*, *L. coubie*, *L. parvus* ; la zone sableuse constituée par les bancs de sable pour les espèces comme *L. niloticus* et *A. dentex* et la zone à couvert végétal où les eaux sont calmes, conditions que *P. normani* et les petits *Barbus* affectionnent. Ces observations corroborent celles de Daget (1954) et Roman (1975) quant à la répartition des espèces de poissons en fonction des types d'habitats.

Dans le milieu vaseux, la grande diversité des espèces pourrait être liée à une base alimentaire diversifiée. Lors de la crue, les surfaces immergées, y compris celles de la végétation environnante submergée, augmentent. Cela favorise la mise à disposition, dans le milieu, d'une quantité importante de nutriments qui entraîne l'accroissement de la base alimentaire disponible pour les poissons. L'abondance relative de *S. schall* dans le milieu rocheux et le milieu vaseux s'expliquerait par son caractère omnivore (Ofori-Danson, 1992).

V. Conclusion

La faune ichtyologique de la zone prospectée sur la rivière Baoulé est riche de 40 espèces de poissons comprenant des formes soudaniennes et guinéennes. Huit (8) espèces de poissons s'ajoutent à la liste des 48 espèces de poissons déjà répertoriées. Toutefois, certaines espèces déjà signalées n'ont pas été rencontrées dans les zones échantillonnées. La présence de *Lepidarchus adonis* Roberts, 1966 doit être confirmée

par des études taxinomiques plus poussées. Enfin, l'étude réalisée montre, au niveau du secteur de la rivière Baoulé, que les milieux rocheux et vaseux abritent plus d'espèces que le milieu sableux.

La prospection à l'échelle du bassin devrait permettre d'établir une liste exhaustive de la faune ichtyologique du bassin de la rivière Baoulé.

Remerciements : Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme « Projets de l'Université de Bamako » et financé par le Rectorat de l'Université de Bamako. Les auteurs tiennent à remercier les personnes qui ont participé à la collecte des données de terrain et les anonymes qui ont contribué, par la lecture, à l'amélioration de la présentation du présent travail.

Références bibliographiques

- Bissan Y., 1985. Bio - écologie de *Simulium damnosum* s.l. (Diptera-Simuliidae) en zone de savane soudano-sahélienne région de la Boucle du Baoulé (Missira - cercle de Kolokani). Incidence sur la transmission de l'onchocercose. Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle en Biologie animale - écologie, option entomologie médicale, Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliqué, Bamako - Mali, 112 p.
- Daget J., 1954. Les poissons du haut Niger supérieur. Mém. IFAN, Dakar, 36, 391 p.
- Daget J., 1959. Les poissons du haut Niger supérieur (1^{re} note complémentaire). Bull. IFAN, Dakar, Tome XXI, série A, n°2, pp 664-688.
- Daget J., 1961. Contribution à la connaissance de la faune du fleuve Sénégal. Poissons du Baoulé et du Bagoy. Bull. MNHN, 2^{ème} série, Tom. 32, n°6, pp 506-512.
- Daget J., Gosse J. P. Teugels G. G. et Thys Van den Audenaerde D. F. E., 1984. Catalogue des poissons d'eau douce d'Afrique. Cloffa 1 et 2. ISBN/MRAC/ORSTOM, Paris, pagination multiple.
- Daget J., Gosse J. P., Teugels G. G. et Thys Van den Audenaerde D. F. E., 1991. Catalogue

- des poissons d'eau douce d'Afrique. Cloffa 4. ISNB/MRAC/ORSTOM, Paris, 720 p.
- Koné T., Teugels G.G., N'Douba V., Gooré Bi. et Kouamélan E.P., 2003. Premières données sur l'inventaire et la distribution de l'ichtyofaune d'un petit bassin côtier Ouest africain : rivière Gô (Côte d'Ivoire). *Cybum*, 2 (2) : 101-106.
- Lévêque C., Paugy D. et Teugels G. G., 1990. Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. *Faun. Afr. Trop.*, Tom.1, ORSTOM/MRAC, Paris, 364p.
- Lévêque C., Paugy D. et Teugels G. G., 1992. Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. *Faun. Afr. Trop.*, Tom.2, ORSTOM/MRAC, Paris, 355- 902.
- Lévêque C., 1999. Croissance et ontogénie. In : C. Lévêque et D. Paugy (Eds). *Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie et utilisation par l'homme*. Editions de l'IRD, Paris, 521 p.
- Lévêque C. et Paugy D., 1999. *Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie et utilisation par l'homme*. Editions de l'IRD, Paris, 521 p.
- Ofori-Danson P. K., 1992. Ecology of some species of catfish *Synodontis* (Pisces: Mochocidae) in the Kpong Headpond in Ghana. *Env. Biol. Fish.* 35 : 49-61.
- Paugy D., 1990. Characidae. In : C. Lévêque, D. Paugy et G. G. Teugels. *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Faun. Afr. Trop.*, Tom.1, ORSTOM/MRAC, Paris, 364 p.
- Paugy D., Lévêque C. et Teugels G. G., 2003. *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Collection Faune et Flore Tropicale (40), IRD/MNHN/MRAC, Tom. 1, Paris, 815 p.*
- Paugy D., Lévêque C. et Teugels G. G., 2003. *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Collection Faune et Flore Tropicale (40), IRD/MNHN/MRAC, Tom. 2, Paris, 815 p.*
- Reizer C., 1974. Définition d'une politique d'aménagement des ressources halieutiques d'un écosystème aquatique complexe pour l'étude de son environnement abiotique, biotique et anthropique. Thèse doctorale d'université, Arlon ful. 6 vol., 525 p.
- Roman B., 1975. Poissons de la Volta et de la haute Comoé. Notes sur l'écologie des formes naines. *Not. doc.*, 8, 65-70.
- Sanogo Y. 1999. L'ichtyofaune du Parc National des Oiseaux du Djoudj et de sa périphérie : Biologie de la reproduction et croissance de *Tilapia guineensis* (Bleeker in Günther, 1862). Thèse de Doctorat de Troisième Cycle de Biologie Animale, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, n° 48, 87 p.
- Trewavas E., 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. *British Museum Natural History, London*, 583 p.
- Wildekamp R. H. et Van der Zee J. R., 2003. Cyprinodontiformes. In: D. Paugy, C. Lévêque et G. G. Teugels (Eds). *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Coll. Faun et Flor. Trop. (40), Tom. 2, IRD/MNHN/MRAC, Paris, 815 p.*

2.3. Conduite de l'essai

Le semis du coton a été effectué en juin 2008. L'itinéraire technique recommandé a été appliqué : semis aux écartements 0,80 m x 0,30 m, démariage à 2 plants/poquet, trois sarclages, un buttage, cinq applications d'insecticides avec les biopesticides (extrait de neem). Les apports de fertilisants organiques ont été effectués avant le labour pour permettre leur enfouissement.

Le facteur étudié est la fertilisation avec le Phosphate Naturel de Tilemsi, la fumure organique, le Compost de Bougouni et la fiente de volaille. Il comportait 6 niveaux (traitements) qui sont :

T1 : jachère améliorée à *Stylosanthes hamata* et *Gliricidia sepium* enfouie au labour ;

T2 : T1 plus 300 kg/ha de PNT ;

T3 : T2 plus 2,5 t/ha de fumure organique ;

T4 : T2 plus 5 t/ha de fumure organique ;

T5 : T2 plus 1 t/ha de fiente de volaille au buttage ;

T6 : T2 plus 5 t/ha de compost de Bougouni.

Il y avait 24 parcelles expérimentales (6 traitements x 4 répétitions) qui couvraient une superficie totale de 1152 m² (0,11 ha).

2.4. Prélèvements d'échantillons de sol

Les échantillons de sol ont été prélevés, avant le labour, sur les deux diagonales dans les parcelles de jachère améliorée à *Stylosanthes hamata* et *Gliricidia sepium*. Sur chaque diagonale, 8 points de prélèvements aux profondeurs 0-20 cm et 20-40 cm ont été réalisés. Un échantillon moyen par profondeur a été constitué par parcelle. Les échantillons de sol ont été envoyés au laboratoire des sols du CIRAD à Montpellier (France) en vue de la détermination de la composition chimique (pH, teneurs en matière organique, N, P, K, Mg).

2.5. Composition chimique des fumures utilisées

Des échantillons de Compost de Bougouni, de fumure organique obtenue auprès des producteurs collaborateurs et de fiente de volaille, ont été prélevés et analysés au laboratoire des sols du CIRAD à Montpellier (France). Leur composition chimique figure dans le tableau I.

2.5.1. Acidité de la fumure organique (pH)

Le plus faible pH a été obtenu avec la fiente de volaille qui est le plus proche du pH neutre (Tableau II). Le pH obtenu avec la

Tableau I. Composition chimique des différentes fumures organiques

Propriétés	Compost de Bougouni	Fumure organique (producteur)	Fiente de volaille
pH eau	8,01	8,56	7,28
Matière organique %	6,66	6,25	57,90
Carbone organique %	3,86	3,62	30,56
Azote total ‰	3,18	2,51	26,57
C/N	12,16	14,43	11,50
Calcium %	1,63	1,69	0,49
Magnésium %	0,24	0,24	0,49
Potassium %	0,51	0,42	1,88
Phosphore %	0,19	0,16	2,97

fumure organique des producteurs est le plus élevé.

2.5.2. Carbone organique, azote total et rapport C/N

La teneur de la fiente de volaille en carbone organique et en azote total est très élevée ; son rapport C/N est proche de 12 (tableau II).

La fumure organique obtenue auprès des producteurs et le Compost de Bougouni ont approximativement les mêmes teneurs.

2.5.3. Cations échangeables

La fiente de volaille est plus riche en magnésium, en potassium et en phosphore que les autres types de fumure organique (Tableau II).

2.6. Données collectées

Les variables mesurées sont :

2.6.1. Le suivi phénologique du cotonnier

Date de levée : c'est la date à laquelle 50 % des poquets théoriques ont levé. Le comptage de la levée a été effectué tous les jours par parcelle élémentaire après l'apparition de la première plantule. Le comptage a été réalisé sur les 20 poquets successifs des 2 lignes centrales.

Densité de peuplement au démarrage et à la récolte : c'est le nombre de plants et de poquets sur les 2 lignes centrales de chaque parcelle élémentaire et sur toute la longueur de la ligne (10 m).

Hauteur et nombre de nœuds aux 30^{ème}, 60^{ème} et 90^{ème} Jour après la levée (JAL) : la hauteur a été notée en cm à partir du nœud cotylédonaire. Le nombre de nœuds a été compté à partir du nœud cotylédonaire, qui porte le numéro 0. Le dernier nœud correspondait à la dernière feuille d'un diamètre de 2 cm. Le comptage a été réalisé sur les 20 plants de chaque parcelle.

2.6.2. La récolte

Le coton a été récolté sur les 2 lignes centrales de chaque parcelle élémentaire, en laissant de chaque côté deux lignes de bordure. Les trois premiers poquets, de part et d'autre des 2 lignes centrales, n'ont pas été récoltés.

2.6.3. L'analyse des données

Les données ont été analysées en utilisant le logiciel Statbox Pro Agri® de la société Grimmer Soft et le test de Newman Keuls à 5 % a été choisi pour la comparaison des moyennes.

Les données relatives aux propriétés physico-chimiques du sol ont été interprétées selon les normes établies par Veldkamp *et al.*, (1991).

III. Résultats et discussion

3.1. Caractérisation chimique des sols d'une jachère améliorée à *Stylosanthes hamata* et *Gliricidia sepium*

La composition chimique des sols des parcelles expérimentales est consignée dans le tableau II.

3.1.1. Acidité du sol (pH eau)

A Yanfolila et à Sibirila, dans les parcelles d'expérimentations, le niveau du pH_{eau} est sub-optimal avec des risques d'acidification. Pour la production de coton, les niveaux de pH_{eau} sont acceptables, mais un besoin d'entretien de la fertilité de ces sols est indispensable. Avec un pH_{eau} en surface de 5,83, la disponibilité en éléments fertilisants varie entre 75 et 100 % pour l'azote, entre 30 et 100 % pour le phosphore, entre 75 et 100 % pour le potassium et entre 50 et 100 % pour le magnésium (Veldkamp *et al.*, 1991). Les conditions sont suffisantes pour une bonne valorisation des fertilisants. A la profondeur de 20-40 cm, les pH sont un peu

Tableau II. Teneur des sols en éléments fertilisants à différentes profondeurs à Sibirila et à Yanfolila

	Sibirila		Yanfolila	
	Profondeur		Profondeur	
	0-20	20-40	0-20	20-40
pH eau	6,24	5,52	5,83	5,68
Matière organique %	1,35	0,82	0,71	0,48
Carbone organique %	0,78	0,48	0,41	0,28
Azote total ‰	0,57	0,32	0,29	0,21
C/N	13,88	14,88	14,19	13,24
Phosphore assimilable (mg/kg)	7,70	4,13	5,33	2,83
Ca éch (meq/100g)	1,91	0,97	0,84	0,93
Mg éch (meq/100g)	1,06	0,81	0,35	0,47
K éch (meq/100g)	0,24	0,19	0,08	0,06
Na éch (meq/100g)	0,03	0,06	0,01	0,02
Al éch (meq/100g)	0,00	0,27	0,02	0,03
Mn éch (meq/100g)	0,05	0,03	0,03	0,02
CEC (meq/100g)	3,63	2,95	1,61	1,91
TS %	88,44	68,88	78,70	76,69
pH Co	5,97	4,57	5,18	4,93

plus acides dans l'ensemble des parcelles. Le pH est meilleur à Sibirila, en surface, il est de 6,24.

3.1.2. Matière organique

La matière organique est un indicateur très important de la fertilité des sols. A Sibirila, le taux de matière organique est supérieur à 1 %. Par contre, à Yanfolila, où il est de 0,71 %, les parcelles sont plus pauvres. Les taux de matière organique dans les deux parcelles sont acceptables pour la culture du coton. Le seuil critique est fixé à 0,5 % au dessous duquel les risques de dégradation physique et de faiblesse de rendements sont importants (Pieri, 1989). Nous constatons que le taux de matière organique diminue avec la profondeur. Le pourcentage de carbone organique varie entre 0,41 et 0,78 % dans les 20 premiers centimètres du sol.

3.1.3. Rapport C/N

La qualité de la matière organique est moyenne dans les horizons de surface ; le rapport C/N est inférieur à 15. En profondeur, le rapport C/N reste supérieur à 15 dans toutes les parcelles.

Un rapport correct C/N, compris entre 9 et 12, indique un sol sain où la vie microbienne est active ; la matière organique est bien décomposée, c'est à dire que l'humus du sol est stable (Jouet, 2009). La norme d'interprétation du rapport C/N est ainsi définie :

- $C/N < 15$: production d'azote, la vitesse de décomposition s'accroît ; elle est à son maximum pour un rapport $C/N = 10$;
- $15 < C/N < 30$: besoin en azote pour permettre une bonne décomposition de la matière carbonée ;
- $C/N > 30$: pas assez d'azote pour permettre la décomposition du carbone (phénomène de « faim d'azote »). L'azote est alors prélevé dans les réserves du sol.

La minéralisation est lente et ne restitue au sol qu'une faible quantité d'azote minéral.

3.1.4. Azote total

L'azote total renseigne sur la disponibilité de la réserve en azote du sol. Il est progressivement mis à la disposition des plantes par le biais de la minéralisation. L'azote minéral, dit échangeable, constitue généralement moins de 1% de l'azote total du sol, mais il peut atteindre jusqu'à 2% immédiatement après une fertilisation.

Le taux d'azote des parcelles d'expérimentation varie de 0,029% à 0,057% dans l'horizon 0-20 cm du sol. Généralement, la teneur en azote des sols au Mali est faible (0,01 % à 0,02 %). La teneur en azote des sols de ces champs a subi une augmentation en raison de l'enfouissement de la biomasse de *Stylosanthes hamata* et *Gliricidia sepium*. Des augmentations de teneur en azote de 0,05 % et 0,06 % ont été obtenues dans le terroir de Gouani, en Zone Office de la Haute Vallée du Niger, trois ans après des jachères améliorées de *Sylosanthes hamata* (Traoré, 2003; Yossi *et al.*, 2002).

3.1.5. Phosphore assimilable

Une partie importante du phosphore se trouve dans la matière organique, c'est pour cette raison que les teneurs sont beaucoup plus élevées dans l'horizon de surface (0-20 cm). Le meilleur taux de phosphore assimilable est observé à Sibirila. Les taux de phosphore assimilable sont moyens à Yanfolila. Les niveaux de phosphore sont moyens, pour une exploitation pérenne de ces sols, il faut nécessairement les fertiliser en y apportant des fertilisants riches en phosphore.

3.1.6. Potassium

La teneur en potassium dans l'horizon de surface à Sibirila est le double, voire le triple, de ce qu'on observe à Yanfolila. Cependant, pour des CEC inférieures à 5, le taux de

potassium de ces sols est moyen. L'apport du potassium augmente la résistance de la plante à la sécheresse et aux attaques d'insectes. Il permet également un meilleur remplissage des capsules. Dans une rotation coton/céréales avec une exportation totale des résidus de récolte, le potassium devient à la longue un élément très important à gérer dans la fertilisation. Ces dernières années, dans la zone cotonnière, des carences très visibles ont été observées dans toutes les zones de production (Rapports commission scientifique, IER 2005, 2006 et 2007). Sans apport adéquat de potassium, les rendements peuvent baisser de 5 à 15% (Cretenet *et al.*, 1994). Pour les systèmes de production à faibles rendements, on peut imaginer que l'alimentation en potassium pourrait venir de la réserve du sol dans le court terme.

Avec ces sols, on ne parle pas de déficience pour le moment ; toutefois, le taux est à la limite de déficience modérée. Donc, il semble important de tenir compte de cet élément dans les systèmes de fertilisation.

3.1.7. Magnésium

Le taux de magnésium est plus élevé à Sibirila ; il est relativement bas à Yanfolila. Compte tenu du faible CEC obtenue, inférieure à 5, on peut s'attendre à des déficiences en magnésium sur le long terme. Cela est d'autant plus probable quand les résidus de récolte dans les systèmes de culture sont exportés des parcelles. Avec des teneurs faibles en magnésium et dans des sols acides, on assiste à une faible mise à disposition des plantes du magnésium pendant les périodes très humides de l'hivernage, c'est-à-dire pendant la capsulaison et le remplissage des capsules.

Le ratio K/Mg renseigne sur le déséquilibre qui peut exister entre ces deux éléments. Dans le cas des résultats disponibles, on peut confirmer qu'il n'y a pas de déséquilibre entre les deux éléments.

3.1.8. Aluminium

Le taux d'aluminium enregistré est nul à Sibirila et très faible à Yanfolila. Il n'y a pas de toxicité liée à cet élément. L'aluminium n'est pas un élément nutritif pour le cotonnier, toutefois, trop d'aluminium empêche l'assimilation des autres éléments nutritifs par la plante. Il occupe beaucoup de place sur le complexe absorbant. Le taux aluminique en profondeur (horizon 20-40 cm) est utilisé pour exprimer la saturation du complexe absorbant par l'aluminium (Al/S (Ca, Mg, K, Na)) : c'est dans cet horizon qu'on retrouve le maximum de saturation. Il est très faible dans les sols analysés.

3.1.9. Sodium

Les teneurs en sodium sont faibles dans toutes les parcelles. Comme l'aluminium, il n'est pas un élément nutritif pour le cotonnier, mais son accumulation dans le sol peut provoquer un déséquilibre entre les éléments nutritifs. Avec les résultats obtenus, cet élément ne représente pas de danger pour le cotonnier.

3.1.10. Capacité d'échange cationique (CEC)

La capacité d'échange cationique (CEC) représente la capacité maximale de cations échangeables qu'un sol peut retenir à un pH donné, ce qui correspond à la somme des sites d'échange occupés par des cations (Ca, Mg, K, Na, H et Al). Elle exprime également la capacité tampon du sol, soit sa résistance au changement de pH. Elle est fortement reliée aux teneurs en argile et en matière organique.

Les CEC obtenues sont faibles dans toutes les parcelles : elles sont systématiquement inférieures à 5 meq/100 g de sol.

Les résultats obtenus montrent que la jachère améliorée à *Stylosanthes hamata* et

Gliricidia sepium de 3 ans a eu un impact très positif sur la fertilité du sol. Le taux de matière organique y est qualifié de moyen. Il en est de même pour la teneur du sol en azote qui a subi une augmentation par rapport à la teneur obtenue dans la majorité des sols du Mali.

3.2. Effet de la fertilisation d'une jachère améliorée sur le comportement du cotonnier

3.2.1. Pourcentage de poquets levés

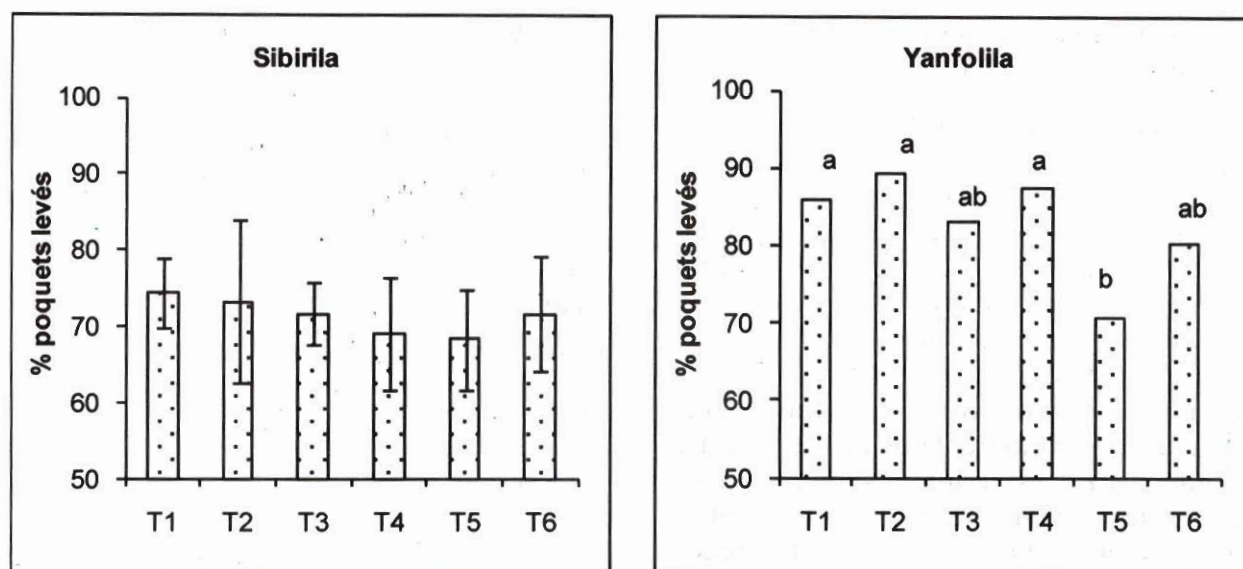
Le pourcentage moyen de poquets levés est supérieur à 70 % dans les deux localités. A Sibiriba, nous n'avons pas de différence significative. Cependant, à Yanfolila des différences significatives sont observées : le traitement (T5) a donné le plus faible taux de levée ; il est statistiquement inférieur aux traitements T1, T2 et T4 (Figure 1).

3.2.2. Hauteur des cotonniers et nombre de nœuds au 30^{ème}, 60^{ème} et 90^{ème} jour après levée (JAL)

A Sibirila, une différence significative est observée entre la hauteur des cotonniers au 90^{ème} JAL. Les plus grands plants sont observés dans le traitement T6. Il n'y a pas de différence significative entre les traitements pour le nombre de nœuds (Tableau III).

A Yanfolila, il n'a pas été observé de différence significative pour la hauteur et le nombre de nœuds entre les différents traitements (Tableau III). Les cotonniers sont de tailles très petites, cela peut être dû à la nature du sol qui est resté temporairement inondé.

La variabilité de la hauteur du cotonnier en fonction des conditions de cultures a été décrite par James *et al.*, (2010). Les résultats obtenus sont confirmés par les travaux de Sissoko et Traoré (2008, 2009).



Légende : T1 : jachère améliorée à *Stylosanthes hamata* et *Gliricidia sepium* enfouies au labour ; T2 : T1 plus 300 kg/ha de PNT ; T3 : T2 plus 2,5 t/ha de fumure organique ; T4 : T2 plus 5 t/ha de fumure organique ; T5 : T2 plus 1 t/ha de fiente de volaille au buttage ; T6 : T2 plus 5 t/ha de compost de Bougouni.

Figure 1. Pourcentage de poquets levés dans les différents traitements à Sibirila et à Yanfolila

Tableau III. Hauteur des cotonniers et nombre de nœuds aux 30^{ème}, 60^{ème} et 90^{ème} JAL à Sibirila et à Yanfolila.

Traitements	Sibirila						Yanfolila					
	Hauteur			Nœuds			Hauteur			Nœuds		
	30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90
T1	7,5	24,2	56,3 b	5,0	11,1	17,3	5,3	13,1	34,9	4,3	8,8	14,7
T2	8,9	27,0	55,2 b	5,5	11,3	17,0	5,9	15,0	36,4	4,8	9,2	14,1
T3	8,2	27,7	59,9ab	5,2	11,4	17,5	6,1	14,6	37,9	4,8	9,8	15,0
T4	8,3	27,5	65,0ab	5,4	11,4	17,5	6,2	14,1	34,2	4,7	9,5	14,2
T5	8,6	28,8	67,0ab	5,5	11,8	18,9	7,6	18,0	41,8	5,1	9,8	15,7
T6	9,4	30,5	77,1 a	5,6	11,6	19,3	7,2	14,0	46,2	4,9	9,8	16,1
Moyenne	8,5	27,6	63,4	5,4	11,4	17,9	6,4	14,8	38,5	4,8	9,3	14,9
CV %	18,3	19,0	13,9	12,6	7,8	7,8	23,8	28,8	21,6	13,0	13,1	8,4
Probabilité	0,64	0,68	0,03	0,85	0,93	0,18	0,32	0,67	0,34	0,65	0,72	0,19

3.2.3. Nombre de poquets et nombre de plants à la récolte

Sauf pour le traitement T2, le nombre de poquets par hectare est toujours plus élevé à Yanfolila (Figure 2 a). Les écarts types sont très élevés dans les parcelles de Yanfolila. Le pourcentage de poquets levés varie entre 50 et 60 % à Bougouni contre 48 et 56 % à Yanfolila par rapport à la densité théorique. L'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre les traitements par rapport au nombre de plants par hectare (Figure 2 b). Ces résultats sont confirmés par les travaux de Rapidel *et al.*, (2006) qui ont montré qu'il y a pas de différence significative entre les traitements quand les densités varient entre 31 000 et 60 000 plants par hectare. Sissoko (2009) a également montré, dans ses travaux, qu'il n'y avait pas de différence significative entre les densités des différents traitements pour la production du coton.

3.3. Rendement

Les rendements obtenus en coton graine sont consignés dans le tableau IV. Globalement, les rendements obtenus à Yanfolila sont supérieurs à ceux obtenus à Sibirila, et cela, malgré la meilleure qualité (fertilité chimique) des parcelles de Sibirila. Les analyses statistiques ont permis de mettre en évidence des différences significatives entre les différents traitements dans chacune des localités. Cette différence de rendement s'explique par la chute de capsules observée à Sibirila. Les meilleurs rendements en coton graine ont été obtenus avec la jachère améliorée à *Stylosanthes hamata* et *Gliricidia sepium* plus 300 kg/ha de PNT au labour et 5 t/ha de Compost de Bougouni (T6) avec un rendement de 781 kg/ha à Yanfolila et 254 kg/ha à Sibirila. Ce traitement est suivi par le T4 (jachère améliorée à *Stylosanthes hamata* et *Gliricidia sepium* plus 300 kg/ha de PNT au labour plus 5 t/ha de fumure organique avec un rendement de 645 kg/ha à Yanfolila et 234 kg/ha à Sibirila).

Les plus faibles rendements ont été obtenus avec le traitement T1 (jachère améliorée à *Stylosanthes hamata* et *Gliricidia sepium* enfouie au labour) dans les deux localités.

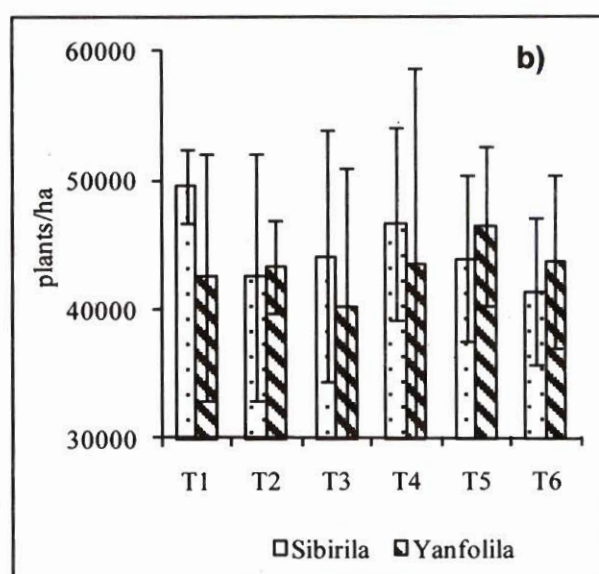
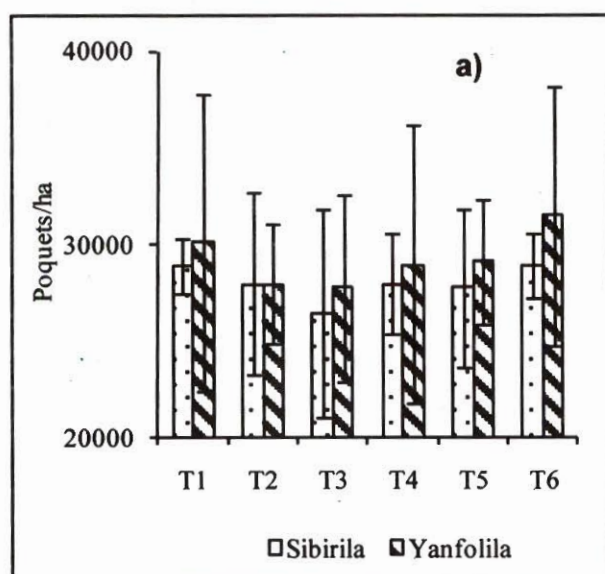


Figure 2. nombre de poquets et de plants par hectare dans les différents traitements à Sibirila et à Yanfolila au cours de la campagne 2008 : a) poquets à la récolte ; b) plants à la récolte

Tableau IV. Comparaison de l'effet de différents traitements sur les rendements en coton graine à Sibirila et à Yanfolila, au cours de la campagne 2008

TRAITEMENTS	Rendement coton graine (kg/ha)	
	Yanfolila	Sibirila
T1	371 c	156 c
T2	469 bc	156 c
T3	547 bc	195 bc
T4	645 ab	234 ab
T5	430 c	186 c
T6	781 a	254 a
Moyenne	540	197
CV %	17,77	13,51
Probabilité	0,0003	0,0004

Légende : T1 : jachère améliorée à *Stylosanthes hamata* et *Gliricidia sepium* enfouie au labour ; T2 : T1 plus 300 kg/ha de PNT ; T3 : T2 plus 2,5 t/ha de fumure organique ; T4 : T2 plus 5 t/ha de fumure organique ; T5 : T2 plus 1 t/ha de fiente de volaille au buttage ; T6 : T2 plus 5 t/ha de compost de Bougouni.

IV. Conclusion

Les analyses de sol ont montré que le pH des parcelles d'expérimentations est légèrement acide en surface et en profondeur. Des précautions méritent d'être prises pour éviter une évolution vers une acidité difficile à corriger.

La jachère de 3 ans améliorée à *Stylosanthes hamata* et *Gliricidia sepium* a eu un impact très positif sur la fertilité du sol à Sibirila. L'utilisation de la fumure organique est nécessaire pour le maintien du potentiel productif de ces sols. Les rapports C/N sont supérieurs à 12 dans toutes les parcelles, les CEC sont faibles, inférieurs à 5. Par rapport à la fiente de volaille, les taux de matière organique sont plus faibles dans le Compost

de Bougouni et dans la fumure organique produite par les producteurs.

Les plus hauts rendements ont été obtenus avec les traitements T4 (jachère améliorée à *Stylosanthes hamata* et *Gliricidia sepium* plus 300 kg/ha de PNT au labour plus 5 t/ha de fumure organique) et le traitement T6 (jachère améliorée à *Stylosanthes hamata* et *Gliricidia sepium* plus 300 kg/ha de PNT au labour plus 5 t/ha de compost de Bougouni). Les plus faibles rendements sont obtenus avec la jachère améliorée enfouie sans autres amendements.

On peut retenir que l'utilisation de la jachère améliorée plus 300 kg/ha de PNT associée à 5 tonnes/ha de Compost ou associée à 5 t/ha de fumure organique donne les meilleurs rendements.

Sur la base des résultats obtenus, les auteurs recommandent les traitements suivants pour la fertilisation du cotonnier biologique :

- l'utilisation de la jachère améliorée de *Stylosanthes hamata* et *Gliricidia sepium* de 3 ans plus 300 kg/ha de PNT associés à 5 tonnes/ha de Compost ou de fumure organique.

V. Références

- César, J. et Coulibaly, Z., 1991. Le rôle de la jachère et des cultures fourragères dans le maintien de la fertilité des terres. Dans : Savanes d'Afrique, terres fertiles ? Rencontres internationales CIRAD/Coopération Française, Montpellier, pp 271-290.
- CILSS/FAO, 1980. Petit manuel de vulgarisation des plantes fourragères et améliorantes en zone soudano-sahélienne. Troisième édition, Projet GCPIRDF 098/SWI, Ouagadougou, Burkina Faso. pp 80.
- Coulibaly, D., 1995. Recherche d'un modèle d'exploitation de *Stylosanthes hamata* en banque fourragère et en pâturage amélioré. Thèse de Doctorat, ISFRA, Bamako, 131 pages.
- Cretenet, M., Dureau, D., Traore, A. et Ballo, D., 1994. Fertilité et fertilisation dans la région sud du Mali : du diagnostic au pronostic. Agriculture et développement, 3 (août) : 4-12.
- Diarra, I., 1992. Place de la jachère dans l'alimentation du système d'élevage dans le terroir de Missira (Boucle du Baoulé). Rapport de fin de cycle, IPR de Katibougou, 24 pages.
- Fomba, B. et Bosma, R.H., 1994. Introduction des soles fourragères dans les exploitations agricoles du Sud du Mali. Dans : *Stylosanthes* as a forage and fallow crop. Proceedings of Regional Workshop on the use of *Stylosanthes* in West Africa held in Kaduna, P. N. De Leeuw, M. A. Mohamed Saleem and A. M. Nyama (eds.), Kaduna (Nigeria), 26-31/10/1992: 261-269., ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 336 p.
- Hien, V. et Sedogo, M.P., 1993. Etude des effets des jachères de courte durée sur la production et l'évolution du sol dans différents systèmes de culture du Burkina Faso. La jachère en Afrique de l'Ouest (Dans C; Floret et G., Sepentié (Ed). Collection Colloques et Séminaires. ORSTOM, Paris): 221-232.
- James, M.S., Dirrick, M.O., James, J.H. and Jackson, R.M., 2010. Physiology of Cotton. Springer Science+Business Media B.V. 2010. p 563.
- Jouet, T., 2009. Interprétation analyse des sols. <http://thierry.jouet.free.fr/cours/interpretationanalyse.htm>.
- Kaya, B., 2004. Projet Collaboratif IER/ICRAF, Rapport d'étape 1995-2003. 10^{ème} session du Comité de Programme de l'IER, ICRAF Samanko, 51 pages.
- Pieri, C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT, Paris, 443 pp.
- PIRT, 1986. Zonage agro-écologique du Mali. Tome 1. INRZFH/DRFH-Sotuba, Bamako, 80 pages.
- Rapidel, B., Defeche, C., Traore, B., Lançon, J. and Wery, J., 2006. In-field development of a conceptual crop functioning and management model: A case study on cotton in southern Mali. European Journal of Agronomy, 24: 304-315.
- Sanogo, M., 1998. Utilisation de l'association ligneux herbacées pour l'amélioration de la production fourragère et le rendement du maïs après remise en culture. Mémoire de fin d'étude, IPR/IFRA, Katibougou, Mali, 40 p.
- Segda, Z., V., H., Lompo, F., Bayala, J. et Becker, M., 1996. Gestion améliorée de la jachère par utilisation de légumineuses de couverture. Dans C. Floret (Ed), La jachère, lieu de production, 133-139, CNRST/ORSTOM/CORAF/UE.
- Sissoko, F., 2009. Analyse des flux d'eau dans les systèmes de culture sous couverture végétale en zone soudano sahélienne : cas du coton semé après une culture de sorgho/brachiaria au Sud du Mali Doctorat Thesis, Thèse de Doctorat unique. Université de Montpellier, France, 169 pages pp.
- Sissoko, F. et Traore, B.S., 2008. Etude de l'évolution et stratégies de gestion de la fertilité des sols sous systèmes de culture à base de cotonnier. Rapport de recherche de la campagne, 15^{ème} Session du Comité de Programme de l'Institut d'Economie Rurale. p26.
- Sissoko, F. et Traoré, B.S., 2009. Evaluation du potentiel productif des variétés en cours de vulgarisation et des variétés nouvellement

- créées par le volet sélection du programme coton. Rapport de campagne, IER. p. 36.
- Traoré, K., 2003. Le parc à karité : sa contribution à la durabilité de l'agrosystème. Cas d'une toposéquence à Konobougou (Mali-Sud). Doctorat en Sciences du sol Thèse, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.
- Traoré, M., 1995. Utilisation des éléments nutritifs par une graminée pérenne *Andropogon gayanus*. Thèse de doctorat, ISFRA, Bamako. Mali. 157 p.
- Van Der Pol, F. and Traoré, B., 1993. Soil Nutrient depletion by agricultural production in Southern Mali. *Fertilizer Research*, 36: 79-90
- Veldkamp, W.J. et al., 1991. Fertilité des sols du Mali. Mali-Sud/Office du Niger. Interprétation des données analytiques des sols et des plantes, Institut d'Economie Rurale, Laboratoire Sol-Eau-Plante, Bamako, Mali.
- Yossi, H., Coulibaly, K., Senou, O. et Karembé, M., 2005. Mise au point et validation des technologies agroforestières en milieu paysan. Rapport final, 11^{ème} session du comité de Programme de l'IER, IER/CRRA Sikasso/Programme Ressources Forestières, Sikasso, 100 p.
- Yossi, H., Dembélé, F. et Traoré, H., 2002. Projet Mise au point de technologies agroforestières appropriées. Rapport final. 8^{ème} Session du Comité de Programme de l'IER, IER/CRRA/PRF Sikasso, 172 pages.

Étude de la disponibilité et des caractères morphologiques du tamarinier au Mali

Availability and morphological characters study of tamarind in Mali

Amadou Malé Kouyaté¹, Fanta Guindo³, Kadiatou Diallo³, Abdou Yéhiya Maïga³,
Ismaïla Diarra¹, Hamidou Diawara¹, Ibrahima N'Diaye³ et Patrick Van Damme²

¹Institut d'Économie Rurale, BP. 16, Sikasso, Mali ; amadoumkouyate@yahoo.fr

²Laboratoire d'Agriculture Tropicale et Subtropicale et d'Ethnobotanique, Université de Gand, Belgique

³Institut d'Économie Rurale, BP. 258, Bamako, Mali

Résumé

Le tamarinier (*Tamarindus indica* L.) est un arbre caractéristique du paysage agricole en Afrique au sud du Sahara. Il est utilisé quotidiennement par la population locale pour satisfaire des besoins alimentaire, médicinal, artisanal et environnemental. Le présent article détermine les descripteurs morphologiques les plus discriminants des provenances et livre les connaissances obtenues sur le potentiel du tamarinier au Mali. L'évaluation a concerné neuf provenances réparties sur trois zones agro-climatiques. Elle a porté sur les caractères morphologiques des feuilles et des fruits, le dénombrement et la mesure de la superficie des peuplements. Les résultats montrent que le Mali recèle 6,5 millions d'arbres de tamarinier sur une superficie de 24,5 millions d'hectares. La classification hiérarchique ascendante a permis d'identifier quatre groupes de provenances de tamarinier. L'échantillonnage des arbres a permis d'identifier des descripteurs morphologiques des fruits et des feuilles, intéressants pour de futurs programmes de sélection et de domestication. Le présent travail peut servir d'outil d'aide à la décision pour l'élaboration des plans de développement du tamarinier au Mali.

Mots-clés : Tamarinier, Morphologie, Distribution, Écologie, Potentiel, Mali

Abstract

Tamarind (*Tamarindus indica* L.) is a typical agricultural landscape tree in semi-arid areas of Africa. It is a tree used daily by local population to satisfy food, medicinal, and environmental needs. This article determines the most discriminant morphological descriptors of the origins and delivers knowledge acquired on the potential of tamarind in Mali. The evaluation involved nine sources across three agro-climatic zones. It focused on the morphological characteristics of leaves and fruit, counting and measuring the area of the stands. The results show that Mali holds 6.5 million tamarind trees over an area of 24.5 million hectares. The hierarchical cluster analysis identified four groups of provenances of tamarind. Sampling of trees identified interesting morphological descriptors for the characterization of fruit and leaves of tamarind for future breeding programs and domestication. This work can serve as a guide for decision-making in support of the preparation of tamarind development plans in Mali.

Key words: Tamarind, Morphology, Distribution, Ecology, Potential, Mali.

1. Introduction

Dans les écosystèmes agroforestiers, les arbres contribuent à la conservation de la biodiversité, à l'amélioration des revenus des communautés rurales, à la satisfaction des besoins de santé et d'alimentation (Andel, 2006; Dawson *et al.*, 2008 ; CCMP, 2009). Les arbres jouent également un grand rôle dans le maintien de la fertilité des sols. En dépit de leurs potentialités, la malnutrition et la carence en micronutriments (iode, fer et vitamine A) de la majorité des populations africaines constituent des problèmes de santé. L'UNICEF (2010) estime que plus de 859 000 enfants de moins de cinq ans dans les pays du Sahel ont besoin de traitement contre la malnutrition sévère. Au Mali, la malnutrition sévère a atteint une prévalence de 15,2 %, ce qui est au-dessus du seuil d'urgence de 10 % (UNICEF, 2008).

L'Afrique recèle environ 3000 espèces d'arbres fruitiers locaux qui représentent une ressource naturelle immensément importante, en grande partie non exploitée et sous-utilisée (Pye-Smith, 2010). Cependant, la majorité de ces espèces sont menacées de disparition à cause de leur exploitation peu durable qui accompagne la croissance de la population humaine (Gebauer *et al.*, 2002). La superficie forestière du Mali a diminué de 0,72 % par an entre 1990 et 2000 à cause du déboisement, contre 0,78 % en Afrique et 0,24 % au niveau mondial (FAO, 2002a). Au regard de cette situation, les paysans des zones semi-arides de l'Afrique de l'Ouest éprouvent un besoin croissant en matériel végétal performant avec des propriétés adaptées aux systèmes agroforestiers.

Au Mali, les fruitiers locaux comme le karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. f.), le baobab (*Adansonia digitata* L.), le tamarinier (*Tamarindus indica* L.), entre autres, constituent une base génétique

importante permettant de développer de nouvelles caractéristiques par le biais des croisements.

Le tamarinier est une espèce de la famille des Fabaceae qui renferme environ 639 genres et, au moins, 16 000 espèces (Mabberley, 1981; Gaussen *et al.*, 1982 ; Van Damme, 1993). Il appartient à la sous-famille des Caesalpinioideae qui est présente exclusivement dans les régions tropicales (Spichiger *et al.*, 2002). Le tamarinier est une espèce de haute valeur adaptée à divers systèmes d'exploitation agricole multifonctionnels (El-Siddig *et al.*, 2006). Au Mali, la vente des produits du tamarinier contribue pour 4 % dans la génération de revenus des paysans les plus pauvres contre 5 % chez les paysans riches (De Caluwé, 2011). Les feuilles et la pulpe des fruits du tamarinier sont riches respectivement en Béta carotène et en vitamines B1, B2 et B3 (CUC, 2010). Malgré les multiples usages du tamarinier (alimentaire, médicinal, fourrager, artisanal et environnemental) qui atteignent 250 au Bénin, au Sénégal et au Mali (Van der Stege *et al.*, 2010) et l'existence d'une littérature assez fournie sur sa botanique, les informations sur sa diversité morphologique, sa diversité génétique, son potentiel et la délimitation de son aire de distribution au Mali sont presque inexistantes.

L'hypothèse qui a sous-tendu le travail de recherche est que le milieu influe sur la variabilité phénotypique de toute espèce.

L'objectif du travail mené a été de déterminer les descripteurs morphologiques des fruits et des feuilles les plus discriminants selon les provenances et de connaître le potentiel numérique du Mali en tamariniers.

II. Matériel et méthodes

2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué d'arbres, de feuilles, de fruits et de graines de tamarinier.

2.2. Méthodes

2.2.1. Caractérisation morphologique du tamarinier

La caractérisation morphologique du tamarinier a été réalisée à partir d'un échantillon d'arbres de neuf provenances, soit trois provenances par zone agro-climatique (Tableau I). Les zones agro-climatiques définies par le PIRT (1986) sont au nombre de trois : sahélienne, soudanaïenne nord et soudanaïenne sud. Selon la même source, les zones agro-climatiques sont des entités homogènes définies sur la base des régimes de l'humidité, de la température du sol et sur la longueur de la saison agricole. Ces zones agro-climatiques sont comprises dans les zones agro-écologiques sahélienne et soudanaïenne définies par White (1983).

Dans chaque zone agro-climatique, la caractérisation morphologique de chaque provenance a été réalisée sur un échantillon de 40 arbres portant des fruits et distants d'au moins 100 m afin de ne pas récolter du matériel sur des individus proches physiquement et génétiquement (Graudal, 1998). Ces arbres ont été numérotés de 1 à 40, repérés par de petites plaques métalliques et géo-référencés à l'aide d'un GPS (*Global Positioning System*) de type Garmin. Trente fruits par arbre ont été récoltés en avril 2008 sur les branches les plus accessibles des 40 arbres. Trois feuilles par arbre ont été récoltées en juillet 2008 à l'aide d'un sécateur télescopique.

Les données collectées ont porté sur :

- la longueur du fruit, mesurée du point d'attache à la branche jusqu'à l'extrémité du fruit à l'aide d'un décimètre ;

- la largeur du fruit, évaluée au milieu de la longueur du fruit à l'aide d'un pied à coulisse de type CONRAD ;
- le poids frais des fruits, déterminé par pesée à l'aide d'une balance (balance Mettler, type PE 160, max = 160 g, min = 0,5 g $\pm$ 0,1 g) ;
- la longueur du pédoncule des fruits, mesurée à l'aide d'un décimètre ;
- la largeur des feuilles de tamarinier, mesurée à la moitié de la longueur de la feuille à l'aide d'un décimètre ;
- la longueur du pétiole des feuilles de tamarinier, mesurée entre la base et le sommet du pétiole à l'aide d'un décimètre ;
- le nombre de folioles de tamarinier, déterminé par un simple comptage.

Pour chaque fruit observé, le rapport moyen longueur du fruit/largeur du fruit a été calculé pour définir sa forme en se basant sur les formes géométriques proposées par SADT (1962).

Les données morphologiques ont été traitées statistiquement par analyse de variance à l'aide de SYSTAT et par la classification hiérarchique ascendante de Ward (distances euclidiennes sur les moyennes des caractères étudiés) à l'aide du logiciel R. La comparaison des moyennes a été faite à l'aide du test de Bonferroni.

2.1.2. Délimitation de l'aire de répartition et estimation de la densité des peuplements du tamarinier

La délimitation de l'aire de répartition et l'estimation de la densité des peuplements du tamarinier ont été réalisées en deux étapes. La première étape a consisté à choisir les sites d'étude à partir des cartes topographiques et des cartes réalisées par le PIRL (1992). Au total, un échantillon d'au plus sept sites a été choisi par zone d'étude correspondant à une région administrative du Mali (tableau II). Ceci nous a permis d'avoir une couverture nationale en termes

Tableau I. Caractéristiques agro-climatiques des provenances de tamarinier étudiées au Mali.

Zone agro-climatique	Provenance	Unité géomorphologique	Type de sols	Latitude N	Longitude W	Altitude (m)
Sahélienne	Bendjely	Bas-glacis et plateau gréseux	Sols ferrugineux tropicaux appauvris	14°28'37,2"	003°35'21,0"	357
	Mandoli	Bas-glacis	Sols ferrugineux tropicaux lessivés modaux	14°03'46,0"	003°48'31,4"	426
	Tondaka	Bas-glacis	Sols ferrugineux tropicaux lessivés modaux	13°43'22,7"	004°11'32,7"	287
Soudanienne nord	Zamlara	Bas-glacis	Sols hydromorphes peu humifères à pseudogley	12°39'50,1"	004°53'03,9"	302
	Wakoro	Bas-glacis, relief plat et uniforme	Sols hydromorphes peu humifères à gley oxydé	12°35'38,6"	006°41'21,6"	290
	Sorobougou	Bas-glacis	Sols ferrugineux tropicaux appauvris	13°18'25,9"	005°53'46,4"	283
Soudanienne sud	Kulubasanankoro	Bas-glacis	Sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions	11°58'24,0"	006°42'13,2"	355
	Koléna	Bas-glacis	Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés	12°54'10,3"	009°27'37,8"	300
	Bakaribugu	Bas-glacis et plateaux cuirassés	Sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions	11°01'53,5"	005°44'45,2"	515

Tableau II. Répartition des sites par zone d'étude.

Zone d'étude	Site
Kayes	Bafoulabé, Diéma, Kayes, Kéniéba, Kita, Nioro, Yélimané
Koulikoro	Kangaba, Koulikoro, Banamba, Kati, Kolokani, Nara, Dioila
Ségou	Barouéli, Bla, Ké-Macina, Niono, San, Ségou
Sikasso	Bougouni, Koutiala, Sikasso, Yanfolila
Mopti	Bankass, Douentza, Koro, Mopti, Téninkou

de dispersion. La seconde étape a consisté à caractériser les peuplements sur le terrain au moyen de transect linéaire suivant le gradient Nord-Sud. La méthode de transect linéaire a été choisie afin de visiter le maximum d'habitats. La densité à l'hectare a été déterminée en faisant le rapport entre le nombre d'arbres rencontrés et la superficie, ce qui nous a permis de constituer les classes de densité. La carte de distribution de l'espèce a été faite à partir des observations effectuées sur le terrain.

Les données collectées ont porté sur le nombre d'arbres et les coordonnées géographiques du site (longitude, latitude, altitude).

III. Résultats

3.1. Caractérisation morphologique

3.1.1. Fruits

Pour toutes les provenances confondues, la longueur moyenne d'un fruit a été de $8,79 \pm 1,12$ cm (Tableau III). La longueur a varié entre 7,42 cm à Wakoro (zone soudanienne nord) et 10,77 cm à Bakaribugu (zone soudanienne sud). Les résultats montrent des différences hautement significatives en fonction des provenances au seuil de 5 %.

Pour toutes les provenances confondues, la largeur moyenne d'un fruit a atteint $1,26 \pm 0,06$ cm (tableau III). Cette largeur a varié entre 1,17 cm à Koléna (zone soudanienne sud) et 1,36 cm à Wakoro (zone soudanienne

nord). Pour ce caractère, les différences n'ont pas été significatives entre les provenances au seuil de 5 %.

Le poids moyen d'un fruit a été de $7,58 \pm 1,66$ g (Tableau III). Il a varié entre 5,52 g à Wakoro (zone soudanienne nord) et 10,23 g à Bakaribugu (zone soudanienne sud). Pour ce caractère, les différences ont été significatives entre les provenances au seuil de 5 %.

La longueur moyenne du pédoncule d'un fruit a été de $1,29 \pm 0,84$ cm (Tableau III). Elle a varié entre 0,94 cm à Bakaribugu (zone soudanienne sud) et 3,53 cm à Mandoli (zone sahélienne). Pour ce caractère, les différences n'ont pas été significatives entre les provenances au seuil de 5 %.

Le rapport moyen longueur d'un fruit/largeur d'un fruit qui rend compte de la forme du fruit a été de $6,97 \pm 0,94$ (tableau III). Il a varié entre 5,46 à Wakoro en zone soudanienne nord et 8,22 à Mandoli en zone sahélienne. Il s'est dégagé trois formes de fruits qui sont les suivantes : courbée (Figure 1), rectiligne (Figure 2) et curviligne (Figure 3). Pour ce caractère, les différences ont été significatives entre les provenances au seuil de 5 %.

Les résultats de l'analyse de variance montrent que les descripteurs morphologiques des fruits qui discriminent le mieux les provenances sont la largeur des fruits et la longueur du pédoncule.

Tableau III. Dimensions et caractéristiques biométriques des fruits et des feuilles récoltés dans les peuplements de tamarinier.

Provenance	Longueur du fruit (cm)	Largeur du fruit (cm)	Rapport Longueur fruit/largeur fruit	Poids du fruit (g)	Longueur du pédoncule (cm)	Largeur des feuilles (cm)	Longueur du pétiole des feuilles (cm)	Nombre de feuilles
<i>Bakaribugu</i>	10,77	1,32	8,16	10,23	0,94	7,79	0,57	23
<i>Bendjely</i>	8,34	1,2	6,95	7,05	1	8,36	0,58	22
<i>Kolena</i>	8,55	1,17	7,31	6,45	1,01	8,04	0,5	23
<i>Kulubasanankoro</i>	7,55	1,27	5,94	5,61	1	8,89	0,71	23
<i>Mandoli</i>	10,2	1,24	8,22	9,85	3,53	9,05	0,7	23
<i>Sorobugu</i>	8,97	1,21	7,41	7,76	1,05	7,93	0,59	30
<i>Tondaka</i>	9,12	1,31	6,96	8,05	1,05	8,82	0,7	23
<i>Wakoro</i>	7,42	1,36	5,46	5,52	1	8,65	0,72	23
<i>Zamblara</i>	8,23	1,3	6,33	7,69	1	8,23	0,64	22
Moyenne	8,79	1,26	6,97	7,58	1,29	8,42	0,63	24
Ecart-type	1,12	0,06	0,94	1,66	0,84	0,45	0,08	2,45
Probabilité	>0,01	<0,05	>0,01	>0,01	<0,05	<0,01	<0,01	<0,05



Figure 1. Fruit de tamarinier de forme courbée.

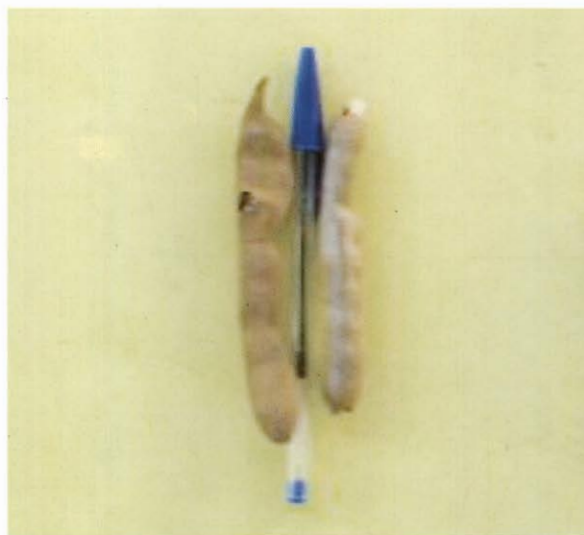


Figure 2. Fruit de tamarinier de forme rectiligne.



Figure 3. Fruit de tamarinier de forme curviligne.

3.1.2 Feuilles

La largeur moyenne des feuilles ($8,42 \pm 0,45$ cm) et la longueur moyenne du pétiole des feuilles ($0,63 \pm 0,08$ cm) ont différé très significativement entre les provenances (Tableau III). Les feuilles les plus larges ont été rencontrées à Mandoli (zone sahélienne), alors que les pétioles les plus longs ont été rencontrés à Wakoro (zone soudanienne nord), Kulubasanankoro (zone soudanienne sud), Mandoli (zone sahélienne) et Tondaka (zone sahélienne).

Les folioles sont, en moyenne, au nombre de 24, soit 12 paires, pour toutes les provenances

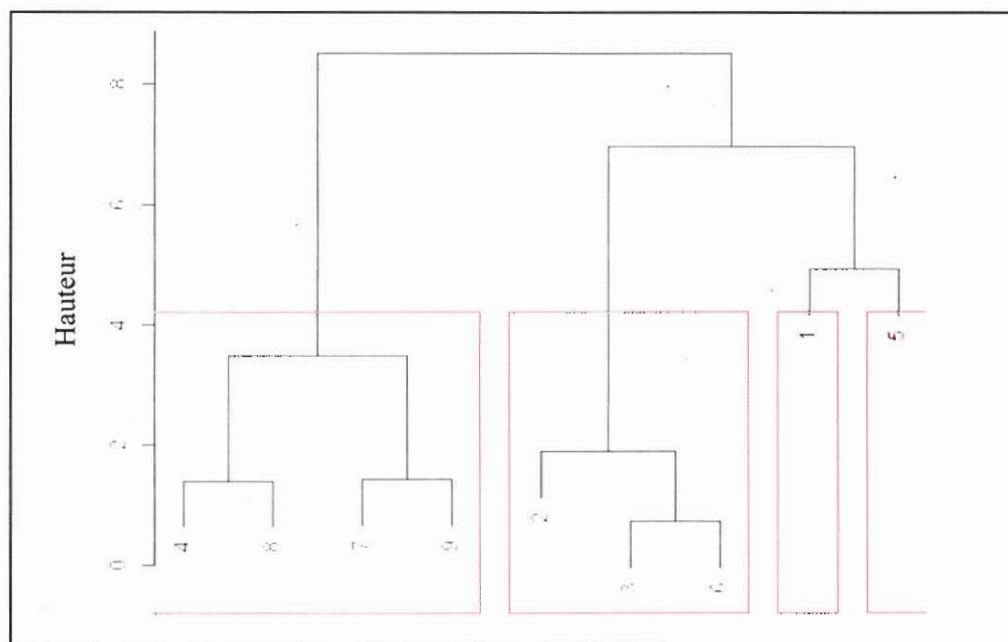
confondues. Au total, 22 folioles ont été enregistrées à Bendjely en zone sahélienne et Zamblara en zone soudanienne nord contre 30 folioles à Sorobugu en zone soudanienne nord. Un nombre impair de folioles, soit 23, ont été enregistrées au niveau des provenances Bakaribugu (zone soudanienne sud), Kolena (zone soudanienne sud), Kulubasanankoro (zone soudanienne sud), Mandoli (zone sahélienne), Tondaka (zone sahélienne) et Wakoro (zone soudanienne nord). Pour ce caractère, les différences ont été significatives entre les provenances au seuil de 5 % (Tableau III).

Les résultats de l'analyse de variance montrent que les descripteurs morphologiques des feuilles qui discriminent le mieux les provenances sont la largeur des feuilles et la longueur de leur pétiole, ainsi que le nombre de folioles.

3.2. Classification des provenances suivant les caractéristiques étudiées

Le dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante, faite à partir des caractéristiques de fruits et feuilles de tamariniers observés dans neuf provenances différentes, a mis en évidence quatre groupes (Figure 4). Un premier groupe a été constitué des provenances Kulubasanankoro (zone soudanienne sud), Tondaka (zone sahélienne), Wakoro (zone soudanienne nord), Zamblara (zone soudanienne nord). Ce groupe, d'appartenance agro-climatique différente, se caractérise par des fruits de petite taille (8,08 m de longueur) qui sont plutôt très larges (1,31 cm), très légers (6,72 g) avec de courts pédoncules (1,01 cm). Les feuilles collectées dans ces lieux sont

moyennement longues (8,65 cm) avec de longs pétioles (0,69 cm). Un deuxième groupe est représenté par les provenances Bendjely (zone sahélienne), Kolena (zone soudanienne sud) et Sorobougou en zone soudanienne nord (Figure 4). Les fruits produits sont caractérisés par une longueur de 8,62 cm, une largeur de 1,19 cm, un poids de 7,09 g, un pédoncule long de 1,02 cm, des feuilles larges de 18,11 cm, des pétioles longs de 0,56 cm, et des folioles paripennées et imparipennées. Un troisième groupe est constitué uniquement par les tamariniers observés à Bakaribugu. Ces arbres sont caractérisés par des fruits longs de 10,77 cm, larges de 1,32 cm, lourds (10,23 g), des pédoncules courts (0,94 cm), des feuilles moins larges (7,79 cm), des pétioles longs (0,57 cm) et des folioles imparipennées. Un quatrième groupe inclut les arbres échantillonnés à Mandoli. Les fruits collectés dans ce lieu sont longs (10,2 cm), larges de 1,24 cm, lourds (9,85 g) avec des pédoncules très longs (3,53 cm). Les feuilles de ce lieu sont très larges (9,05 cm) avec de longs pétioles (0,7 cm) et des folioles imparipennées.



Légende : 1 : Bakaribugu ; 2 : Bendjely ; 3 : Kolena ; 4 : Kulubasanankoro ; 5 : Mandoli ; 6 : Sorobugu ; 7 : Tondaka ; 8 : Wakoro ; 9 : Zamblara.

Figure 4. Dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante des provenances de tamarinier.

tion de l'aire de ion et estimation de té des populations du tamarinier

Les résultats de l'étude montrent que les peuplements de tamarinier ne sont pas denses au Mali. La densité du tamarinier a varié de moins d'un arbre par hectare à 10 arbres par hectare (Tableau IV). La superficie totale estimée à 24 506 408 ha (Tableau V) est

occupée par 6,5 millions d'arbres de tamarinier (Tableau IV). La classe de densité de moins de 1 arbre/ha est la plus étendue en superficie couvrant 20 625 250 ha, soit 84,16 % de la superficie totale occupée par le tamarinier (Tableau V). La plus forte densité, soit 10 arbres par hectare, a été rencontrée dans la région de Mopti (Tableau IV). Par contre, la région de Koulikoro recèle le nombre d'arbres de tamarinier le plus élevé suivi de Kayes et Ségou (Tableau IV).

Tableau IV. Nombre d'arbres de tamarinier par classe de densité et par zone d'étude.

Classe de densité par hectare	Nombre d'arbres par zone d'étude					Nombre total d'arbres par classe de densité
	Kayes	Koulikoro	Ségou	Sikasso	Mopti	
<1	840 312	490 114	223 881	267 453	240 765	2 062 525
1	1 063 727	889 363	1260 056	240 058	110 961	3 564 165
2		577 988				577 988
4					2396	2396
10					274 000	274 000
Total	1 904 039	1 957 465	1 483 937	507 511	628 122	6 481 074

Tableau V: Superficie des peuplements de tamarinier par classe de densité.

Classe de densité à l'hectare	Superficie (ha)
<1	20 625 250
1	3 564 165
2	288 994
4	599
10	27 400
Total	24 506 408

IV. Discussion

Une grande diversité morphologique est observée au niveau des dimensions des fruits et des feuilles. A titre d'exemple, Bakaribugu et Kulubasanankoro partagent la même zone agro-climatique y compris le même type de sol. Cependant, les fruits récoltés dans ces deux provenances n'ont pas la même longueur. Cette diversité répond aux exigences du milieu qui conditionnent le changement de taille chez les végétaux, selon Ksontini (1996). Les fruits échantillonnés au Mali mesurent 7,42 à 10,77 cm de longueur. Ces valeurs sont supérieures à celles rapportées par Cuny *et al.* (1997) mais comprises dans l'intervalle de 5 à 16 cm rapporté par El-Siddig *et al.* (2006). Les valeurs relatives à la largeur des fruits échantillonnés au Mali ont varié de 1,17 cm à 1,36 cm. Celles-ci sont inférieures aux 2 cm de largeur rapporté par El-Siddig *et al.* (2006). Les folioles sont en moyenne au nombre de 24, soit 12 paires. Ceci est confirmé par El-Siddig *et al.* (2006) qui indiquent que le nombre de folioles varie de 6 à moins de 20 paires. La présence de folioles paires et impaires indique que le Mali regorge de tamarinier à folioles paripennées et imparipennées, et que leur distribution n'est pas imputable à la zone agro-climatique. El-Siddig *et al.* (2006) indiquent que la longueur du pétiole peut atteindre 1,5 cm : ceci confirme les résultats de la présente étude (longueur comprise entre 0,5 et 0,72 cm).

La diversité de formes des fruits échantillonnés au Mali (formes courbée, rectiligne et curviligne) est confirmée par les Peulh de Mopti au travers des travaux de Buchmann *et al.* (2009). Elle ne s'éloigne pas non plus de la forme courbée ou raide signalée par El-Siddig *et al.* (1999, 2006) et ICRAF (2007b).

La plus forte densité, soit 10 arbres par hectare, a été localisée exclusivement au nord-est du Mali correspondant à la région de Mopti. Cette forte densité a été rencontrée dans le Plateau de Bandiagara et le Seno (région de Mopti) où les familles paysannes ont des pratiques séculaires de

conservation des espèces dans les parcs agroforestiers. En ce qui concerne la classe de densité de moins d'un arbre par hectare, il faut noter que seulement 10 % de la superficie couverte contient 1 arbre par ha. Cela ne signifie nullement que sur chaque hectare on trouve un pied de tamarinier mais plutôt qu'en ramenant le nombre total de tamarinier à la superficie, on a une densité moyenne d'un arbre par hectare. Fandohan *et al.* (2010) ont trouvé que le nombre de tamarinier à l'hectare au Bénin varie entre 2 dans les parcs agroforestiers et 5 dans les savanes arbustives/arborées, ce qui confirme la faible densité des peuplements de tamarinier au Mali (densité variant entre moins d'un arbre à 10 arbres par hectare).

La diminution du nombre total d'arbres, d'ouest au sud du Mali, indique que le tamarinier a une distribution plutôt sahélo-soudanienne, ce qui indique une préférence de l'espèce pour les périodes sèches très marquées et des conditions de température élevée (Bowe and Haq, 2010). Boffa (1999) et Petit (2003) rapportent que le tamarinier est une espèce typique des parcs des zones soudanienne nord et sahélienne. La très bonne adaptation du tamarinier aux zones arides et semi-arides a été également rapportée par plusieurs auteurs (White, 1983 ; Purseglove 1987 ; Coronel 1991). Fandohan *et al.* (2010) ont abouti au même résultat en précisant que les peuplements de tamarinier au Bénin (un pays côtier ouest-africain) sont surtout confinés dans les zones soudanienne et soudano-guinéenne. Cependant, la plasticité de l'espèce dans les tropiques a été reconnue selon Salim *et al.* (1998). C'est pourquoi, quelques spécimens sont rencontrés au sud du Mali. Il importe de noter que l'absence d'une espèce dans une zone donnée peut être due à la sélection faite par les paysans en fonction de leur priorité.

La carte de distribution du tamarinier (Figure 5), ainsi établie pour la toute première fois au Mali, vient combler un vide scientifique car, selon Thiombiano *et al.* (2006), les aires de distribution des espèces locales ont été très peu étudiées en Afrique de l'Ouest.

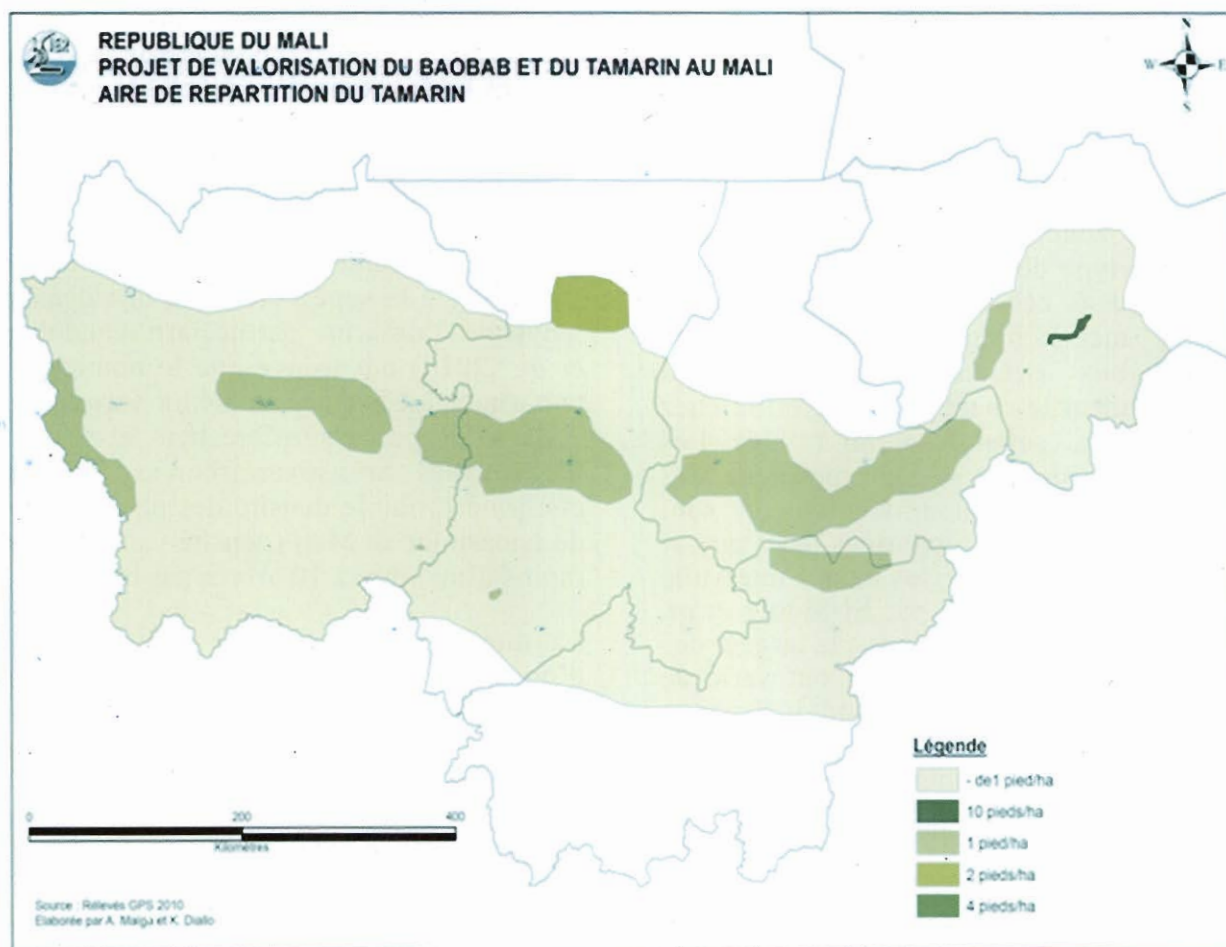


Figure 5. Aire de répartition du tamarinier au Mali (Source : Maïga *et al.*, 2010).

V. Conclusion

Les travaux de caractérisation morphologique, de délimitation de l'aire de répartition, d'estimation de la densité et de la superficie du tamarinier, présentés ici, ont été menés pour la toute première fois au Mali. Ils s'inscrivent dans le cadre de la diversification des cultures, de l'amélioration de la production et de la productivité des parcs agroforestiers qui sont entre autres des éléments clés de la Loi d'Orientation Agricole du Mali.

La caractérisation morphologique du tamarinier, réalisée au cours du présent travail, contribue à améliorer la connaissance de sa morphologie et à favoriser le développement du matériel végétal. Les descripteurs morphologiques du tamarinier

qui discriminent le mieux les provenances sont la largeur des fruits, la longueur du pédoncule, la largeur des feuilles, la longueur du pétiole et le nombre de folioles.

Chaque groupe de provenances de tamarinier, mis en évidence à travers les mesures effectuées sur les fruits et les feuilles, peut être considéré comme présentant des génotypes voisins pour les caractéristiques étudiées. Un tel travail de caractérisation du tamarinier constitue un maillon essentiel dans la sélection variétale afin d'identifier des individus répondant aux préoccupations des communautés paysannes et à la domestication. Les résultats obtenus permettront d'améliorer la diversité spécifique dans les systèmes de production à base de tamariniers à travers l'enrichissement artificiel des peuplements

afin de rehausser le potentiel numérique qui est faible. La conservation durable du tamarinier s'impose pour que les populations maliennes puissent continuer à y accéder et à profiter de ses valeurs alimentaire, médicinale, socioculturelle, socioéconomique et environnementale. La disponibilité d'une carte de distribution constitue un important outil d'aide à la décision pour mieux asseoir des stratégies de transformation des produits du tamarinier.

VI. Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'Union Européenne pour son appui financier à la réalisation du projet de recherche sur la domestication et le développement du baobab et du tamarinier (DADOBAT N° 032217). Ils tiennent à remercier également les habitants des différents villages parcourus, pour leur apport très précieux.

VII. Références

- Andel T.V., 2006 - Les produits forestiers autres que le bois d'œuvre. La valeur des plantes sauvages. Agrodok 39. Wageningen. 78 pages.
- Boffa, J. M. (2000). Les parcs agroforestiers en Afrique subsaharienne. Cahier FAO. Conservation 34. 42-190.
- Bowe C., Haq N., 2010 - Quantifying the global environmental niche of an underutilised tropical fruit tree (*Tamarindus indica*) using herbarium records. Agric.Ecosyst.Environ. 139 (1-2): 51-58.
- Buchmann C., Hartl A., Havinga R., Prehler S., Vogl C.R., 2009 - Ethnobotanical information on baobab and tamarind is documented by different ethnic groups occurring in the African countries (Benin, Mali, Senegal) and confronted with known ethnobotanical information from literature_ Indigenous knowledge regarding the traditional processing of different organs. DADOBAT. Deliverables 5.1 and 5.4. 138 pages.
- CMP, 2009 - Chiffres concernant la forêt. CIFOR. (www.climatemediapartnership.org, consulté en 2011).
- Coronel R.E., 1991 - *Tamarindus indica* L. In Plant Resources of South East Asia. Wageningen, Pudoc. No2. Edible fruits and nuts. (Eds.) Verheij E.W.M., Coronel R.E., PROSEA Foundation, Indonesia: 298-301.
- CUC., 2010 - Tamarinier. *Tamarindus indica*. Manuel pratique pour des médiateurs et paysans. University of Southampton, Southampton, UK. 39 pages.
- Cuny P., Sanogo S. et Sommer N., 1997 - Arbres du domaine soudanien. Leurs usages et leur multiplication. IER/Programme Ressources Forestières. IC Suisse. Mali: 91-94.
- Dawson I.K., Lengkeek K., Weber J.C. et Jamnadass R., 2008 - Managing genetic variation in tropical trees: linking knowledge with action in agroforestry ecosystems for improved conservation and enhanced livelihoods. Biodivers conserv. 18 pages.
- De Caluwé E., 2011 - Market chain analysis of baobab (*Adansonia digitata* L.) and tamarind (*Tamarindus indica* L.) products in Mali and Benin. Ph.D. Thesis. Faculty of Bioscience Engineering. Ghent University. Belgium. 270 p.
- El-Siddig K., Ebert G. et Ldders P., 1999 - Tamarind. (*Tamarindus indica* L.). A review on a multipurpose tree with promising future in the Sudan. Journal of Applied Botany. A gewandte Botanik. 73: 202-205.
- El-Siddig K., Gunasena H.P.M., Prasad B.A., Pushpakumara D.K.N.G., Ramana K.V.R., Vijayanand P. et Williams J.T., 2006 - Tamarind. *Tamarindus indica*. Centre for Underutilised Crops. Southampton, UK. 188 pages.
- Fandohan B., Assogbadjo A.E., Sinsin B., 2008 - Structure des populations et importance socioculturelle du tamarinier (*Tamarindus indica* L.) dans la Commune de Karimama (Bénin). Mémoire de DEA. Notes du Laboratoire d'Ecologie Appliquée. 3 (1).
- Fandohan B., Assogbadjo A.E., Glèlè Kakaï R.L. et Sinsin B., 2010 - Effectiveness of a protected areas network in the conservation of *Tamarindus indica* (Leguminosae-Caesalpinioideae) in Benin. Afr.J.Ecol. 49 (1): 40-50.

- FAO, 2002 - Agriculture, alimentation et nutrition en Afrique : un ouvrage de référence à l'usage des professeurs d'agriculture, 442 pages.
- FAO, 2002a. Profil des pays. Résumé sur le Mali. (<http://www.FAO.org/forestry/site/18307/fr>, consulté en 2005).
- Gausсен H., Leroy, J.F. et Ozenda P., 1982 - Précis de botanique. Végétaux supérieurs. 2^e édition. Masson. 579 pages.
- Gebauer J., El-Siddig K. et Ebert G., 2002 - Baobab (*Adansonia digitata* L.). A review on a multipurpose tree with promising future in the Sudan, *Gartenbauwissenschaft* (4) : 155-160.
- Graudal L., 1998 - Elaboration d'une stratégie nationale et d'un plan d'action pour la conservation des ressources génétiques forestières. Communication à l'atelier régional de formation sur la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques forestières. Ouagadougou, Burkina Faso. 16-27.
- Mabberley D.J., 1981 - The plant-book. Cambridge university press: 321-322.
- Petit S., 2003 - Parklands with fodder trees. A Fulbe response to environmental and social changes. *Applied Geography*. 23: 205-225.
- PIP, 2000 - La population et l'environnement. Population reports. Vol.28. N°3.
- PIRL, 1992 - Les formations végétales. Rapport de synthèse. Synthèse, première phase, Projet Inventaire des Ressources Ligneuses, DNEF, Bamako SCET-AGRI-CTFT (CIRAD). 142 pages.
- PIRT, 1986 - Zonage agro-écologique du Mali. Commission consultative nationale d'évaluation et de suivi de la mise en œuvre de la stratégie alimentaire. Groupe zonage écologique et adéquation des projets. CCE/USAID. 151 pages.
- Purseglove J.W., 1987 - Tropical Crops. Dicotyledons. Longman Science and Technology: 204-206.
- SADT, 1962 - Terminology of simple symmetrical plane shapes. Chart 1a. Reprinted from taxon 11(5). 145-156.
- Salim A., Simons A., Waruhin A. and Orwa C., 1998 - Agroforestry database. A tree species reference and selection guide and tree seed supplier's directory, International Council for Research in Agroforestry, Nairobi, Kenya.
- Spichiger R.E., Savolainen V.V., Figeat M. et Jeanmonod D., 2002 - Botanique systématique des plantes à fleurs. Une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales. Presses polytechniques et universitaires romandes. 413 pages.
- Thiombiano A., Schmidt M., Kreft H. et Guinko S., 2006 - Influence du gradient climatique sur la distribution des espèces de Combretaceae au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). *Candollea*. 61 (1) : 180-213.
- UNICEF, 2008 - La survie des enfants au Mali. Quels progrès accomplis. Bulletin annuel. N° 1. 29 pages.
- UNICEF, 2010 - Malnutrition des enfants au Sahel (Afrique). 9 pages (www.unicef.org/wcaro/UNICEF_WCARO, consulté en 2011).
- VanDamme P., 1993 - Plantenssystematiek. Cursus. Universiteit Gent. Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen. 250 pages.
- Van der Stege C., Prehsler S., Hartl A. et Vogl C.R., 2010 - Tamarind (*Tamarindus indica* L.) in the traditional West African diet: not just a famine food. *Fruits*. 66: 171-185.
- White F., 1983 - The vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. *Natural Resour. Res.*: 1-356.

Caractéristiques écologiques des populations de quatre ligneux fruitiers des parcs agroforestiers de la zone déclassée de la Réserve Totale de Faune de Tamou (Niger)

Ecological Characteristics of Populations of Four Parkland Fruit-Bearing Woody Perennials in the Degazetted Area of the Integral Faunal Reserve of Tamou (Niger)

Douma Soumana¹, Rabi Chaibou¹, Ali Mahamane¹, Koini Mahamadou¹, Charles Konan Kouakou², Saadou Mahamane¹

¹Laboratoire de biologie Garba Mounkeila, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Abdou Moumouni, BP : 10662, Niamey, Niger

²Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Km17, Rte Dabou 01 BP 1740 Abidjan, Côte d'Ivoire

Résumé

La caractérisation écologique de quatre ligneux fruitiers économiquement importantes (*Adansonia digitata* L., *Vitellaria paradoxa* Gaertn f. *Tamarindus indica* L. *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don) a été effectuée dans la périphérie de la réserve totale de faune de Tamou au Niger. Elle a été conduite dans un contexte des transformations socio-économiques et écologiques fortement liées aux mouvements migratoires. Le sondage systématique a été utilisé pour caractériser les différentes populations de ces espèces. Suivant un gradient Nord-Sud 8 transects, de 2 km chacun, ont été disposés de façon radiaire autour de trois villages. Au total, 72 relevés de 2500 m² chacun ont été échantillonnés. La hauteur totale, le diamètre à 1,30 m, le nombre de tiges par souche, le diamètre de la couronne sont les paramètres dendrométriques mesurés. L'analyse des données de la végétation a montré que la flore de cette zone est riche de 34 espèces réparties en 28 genres et 19 familles. Les familles les plus représentées sont les Combretaceae et les Mimosaceae avec respectivement 23,52 % et 14,70 %.

L'espèce la plus dominante est *Guiera senegalensis* (79,14 %). Les populations d'*Adansonia digitata*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica* et *Vitellaria paradoxa* sont en nette régression dans le système d'exploitation agricole. L'analyse de la structure démographique a montré que le nombre des populations est plus élevé dans les plus grandes classes de diamètre. Le taux de régénération a été très faible pour *Vitellaria paradoxa*, *Adansonia digitata*, *Tamarindus indica* et quasi absent pour *Parkia biglobosa*.

Mots clés : dégradation, immigration, Tamou, Réserve, essences forestières, Niger.

Abstract

The ecological characterization of four economically important fruit-bearing woody perennials (*Adansonia digitata* L., *Vitellaria paradoxa* Gaertn F., *Tamarindus indica* L., *Parkia biglobosa* (Jacq)) was made in the periphery of the Integral Faunal Reserve of Tamou in Niger. It took place in the context of the socioeconomic and ecological transformations closely related to migratory movements. Systematic sampling

was used for the characterization of the various populations of these species. Using a North-South gradient, 8 transects of 2 km each were arranged in a radial way around three villages.

A total of 72 statements covering 2,500 m² each were sampled. The total height, the diameter at 1.30 m, the number of stalks per stock and the diameter of the crown were the parameters measured. The data analysis of the vegetation showed that the flora of this zone is comprised of 34 species belonging to 28 genera and 19 families. The most represented families were the Combretaceae (23.52%) and Mimosaceae (14.70%). *Guiera senegalensis* was the predominant species (79.14%). The populations of *Adansonia digitata*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica* and *Vitellaria paradoxa* were clearly decreasing in the farming system. The demographic pattern analysis showed higher populations in the large diameter categories. The rejuvenation rate was very low for *Vitellaria paradoxa*, *Adansonia digitata*, *Tamarindus indica* and almost nonexistent for *Parkia biglobosa*.

Key words: degradation, immigration, Tamou, reserve, forest species, Niger.

I. Introduction

Dans la zone sahélienne, l'activité anthropique et l'action du climat engendrent des processus dynamiques qui favorisent la dégradation du milieu. Les effets de cette dégradation sont exacerbés par le manque d'informations sur le milieu et son exploitation par l'homme (Diouf et al., 2000).

Le Parc national du W du Niger est une partie intégrale d'un des plus grands systèmes protégés de la savane africaine. Il s'étend sur le territoire de trois pays de l'Afrique de l'Ouest (Bénin, Burkina Faso et Niger) sur une superficie totale de 10 302 km² (Ambouta, 2002). La partie nigérienne abrite plus de 80 % de la biodiversité du Niger (Saadou, 1998), et comporte une

aire centrale, une zone tampon et des zones périphériques. Depuis la création de ce parc, il constitue une zone d'attraction pour les éleveurs en quête de pâturages pour la survie de leur bétail en saison sèche. Après la grande sécheresse des années 1972/73 qui a frappé le pays, on a assisté à une vague de migrations des populations du Nord. En 1976, le gouvernement nigérien a décidé de déclasser 70 000 ha de sa périphérie, notamment du côté de la réserve totale de faune de Tamou, pour installer les populations déplacées. Cette migration a continué jusqu'à la sécheresse de 1983/84 où l'on a connu une autre vague de migration qui se poursuit encore. Aujourd'hui, ce mouvement migratoire des populations est de plus en plus considéré comme une menace pour l'avenir de cette zone de haute biodiversité. En effet, l'augmentation de la densité de population humaine incite les paysans à défricher de larges espaces et en conséquence, les surfaces disponibles pour les pâturages se rétrécissent. Les conséquences de cette forte pression foncière se manifestent visiblement sur le terrain par le recul de nombreuses espèces. La plupart des espèces emblématiques de ces formations sont menacées de disparition, car leur densité diminue de façon accélérée et leurs populations sont vieillissantes faute de recrutement de régénération naturelle assistée de jeunes sujets.

Cependant, les données précises sur la réduction de ces espèces et sur l'appauvrissement de la flore font encore défaut. Ainsi, cette étude vise à analyser l'impact de la sédentarisation des immigrés agricoles et pastoraux de cette périphérie déclassée sur quelques espèces ligneuses alimentaires spontanées clés. Le choix s'est porté sur *Adansonia digitata*, *Vitellaria paradoxa*, *Tamarindus indica* et *Parkia biglobosa*. Ces espèces sont très appréciées à raison de leurs multiples usages (agricole, médicinal, alimentaire, industriel, environnemental, spirituel, culturel et écologique). Elles possèdent également une valeur économique stratégique pour la survie des populations.

II. Matériel et méthodes

2.1. Site d'étude

Le site de l'étude est localisé dans la Commune Rurale de Tamou qui est située dans la partie Sud-Ouest du pays notamment dans le Département de Say et dans la région de Tillabéri (Figure 1). Il est compris entre 11° 54' et 12° 35' de latitude Nord et 02° 04' et 02° 50' de longitude Est (Djibo, 2004). Le site est caractérisé par une pression de plus en plus forte. Sous l'effet des sécheresses et de l'action anthropique, le couvert végétal tend à se transformer en des bosquets en certains endroits, à se concentrer dans des petites dépressions ou dans des lits de rivières. Le climat est du type sahélo-soudanien avec deux saisons. Une saison de pluies dominée par la mousson qui s'installe à partir de mi-mai à début juin pour se terminer en fin septembre début octobre (soit 4 à 5 mois). Une saison sèche, dominée par l'harmattan,

qui dure le reste de l'année. La moyenne pluviométrique annuelle calculée sur 28 années d'observation (1981-2008) est de 632 mm avec un coefficient de variation de 25,39%. Le maximum de températures moyennes mensuelles se situe en avril avec 42°C et le minimum en décembre et février avec 20°C. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 36,7°C.

2.2. Échantillonnage

2.2.1. Choix des villages échantillonnés

Pour choisir les villages, nous avons au préalable effectué une mission de prospection. Ce qui nous a permis de mieux cerner notre champ d'étude, de bien choisir le dispositif d'échantillonnage afin de mieux capter le maximum de variabilité au sein des parcs agroforestiers localisés autour des villages. Un échantillonnage stratifié à deux niveaux a été réalisé sur toute la zone

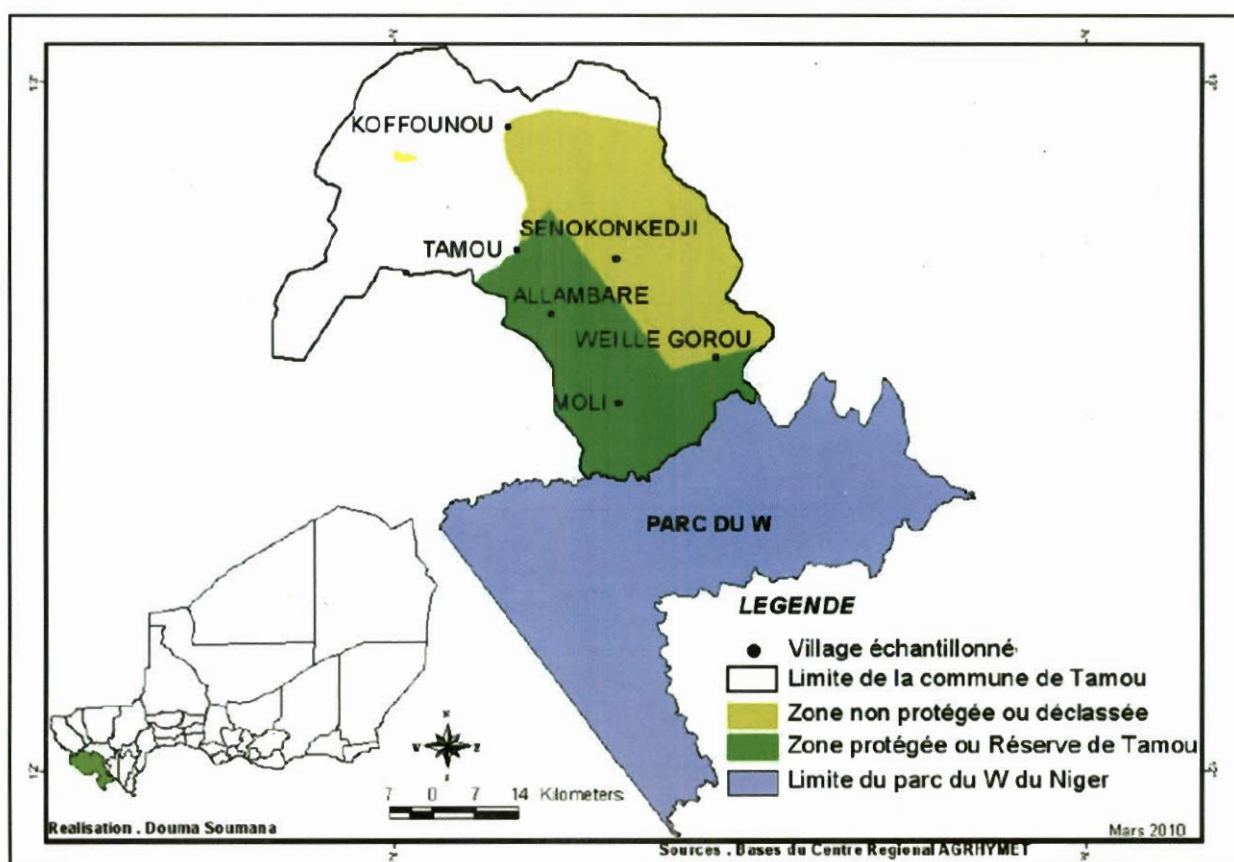


Figure 1. Carte de localisation du site d'étude

d'étude. Le premier niveau de stratification correspond à la taille de la population du village (nombre d'habitants) tandis que le second niveau correspond au statut du village (autochtone et allochtone). L'étude a été réalisée au niveau de trois villages : un village proche du Parc national du W à statut autochtone (Weilgorou), d'ethnie Gourmantché, un village situé au centre de la zone d'étude à statut allochtone, implanté en 1984 à la suite d'une sécheresse, d'ethnie Zarma (Senokonkogé) et un village à statut allochtone implanté aussi en 1984 situé au nord de la zone d'étude mais accessible aux exploitants de bois ravitaillant la ville de Niamey et Say (Koffounou). Ces trois villages ont été choisis en tenant compte des relations des populations vis-à-vis de l'exploitation des ressources forestières. Aussi de façon à avoir une répartition spatiale homogène des villages échantillonnés puisqu'il y a plusieurs villages répondant au critère ci-dessus, nous avons effectué un choix tel qu'il y ait une bonne couverture de la zone d'étude (Figure 1).

2.2.2. Dispositif de sondage

Dans la zone étudiée, les ressources ligneuses des parcs agroforestiers comme *Adansonia digitata*, *Vitellaria paradoxa*, *Tamarindus*

indica, *Parkia biglobosa* et bien d'autres espèces à maîtrise exclusive ou prioritaire sont situées à quelques kilomètres (1 à 2 km) des villages (Douma, 2009). Pour réaliser les inventaires des peuplements ligneux et apprécier la distribution de la végétation par rapport au village, la technique la plus appropriée est l'échantillonnage par transects radiaires. Ainsi, huit transects de 2 km chacun ont été matérialisés sur le terrain autour des villages. Sur chacun d'entre eux furent délimités trois placeaux carrés d'inventaire de la végétation, d'une superficie de 2 500 m² soit 50 m x 50 m à partir du centre du village à 1000 m, 1500 m et 2000 m suivant la direction des points cardinaux (Figure 2). Les placeaux sont espacés de 500 m. Soixante-douze (72) placeaux au total ont été inventoriés pour l'ensemble de la zone.

2.2.3. Inventaire et mesures

L'inventaire est fait sur les placeaux de 50 m x 50 m (2500 m²) placés sur les transects radiaires autour des villages. A l'intérieur de chaque placeau, la technique d'inventaire a consisté à faire un recensement systématique de toutes les espèces ligneuses. Ensuite, pour chaque ligneux, le paramètre dendrométrique mesuré et utilisé dans

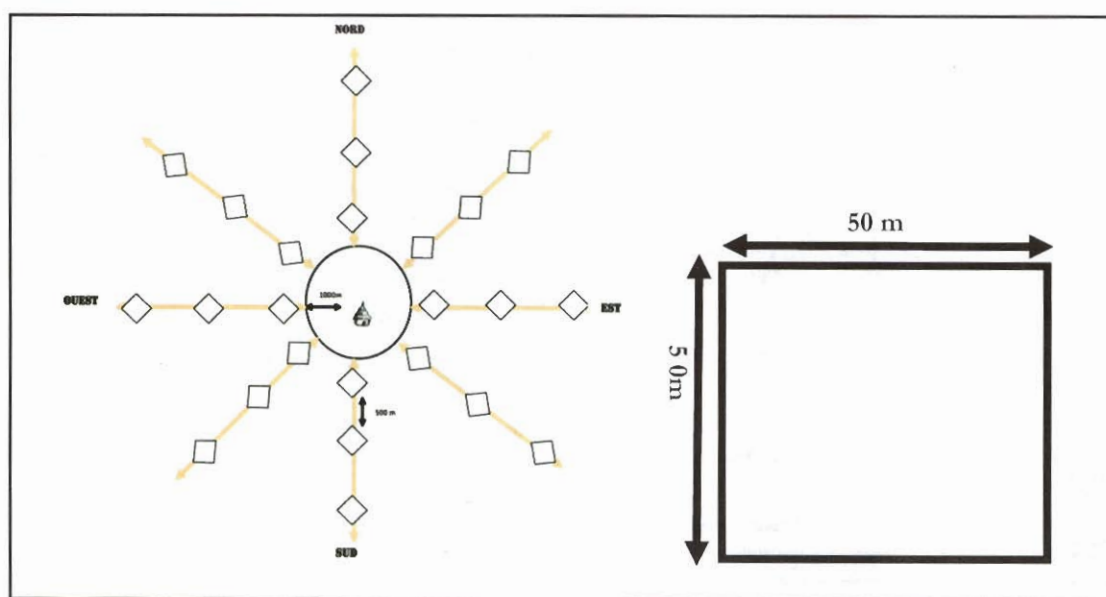


Figure 2. Esquisse de l'organisation de l'échantillonnage par transects radiaires autour des villages

cette étude est : le diamètre du tronc (à une hauteur de 1,3 m au-dessus du sol pour les individus monocaules à la base et à 30 cm du sol pour les individus, dont les premières ramifications se situent au dessous de 1,30 m). Le diamètre du tronc a été mesuré à l'aide du compas forestier pour les grosses tiges et à l'aide du pied à coulisse pour les petites tiges.

2.2.4. Paramètres

Nous avons décrit la structure des différentes populations au travers des paramètres descriptifs. Ces paramètres ont porté plus particulièrement sur :

- **la richesse floristique** (effectif des familles, des genres et des espèces),
- **l'abondance des espèces** (rapport du nombre d'individus d'une espèce ou d'une famille au nombre total des individus de ces taxons dans l'échantillonnage),
- **la densité des espèces** exprime le nombre d'individus, par unités de surface
- **la structure démographique des espèces** est un indicateur du niveau d'équilibre des classes d'âge et il est considéré comme témoin des phases vécues par les populations ligneuses en termes de perturbation ou de régénération (Onana et Devineau, 2002). Elle est déterminée par l'histogramme de la répartition spatiale des individus selon les classes de diamètre. Pour chaque population, l'histogramme a été établi avec en abscisses les classes de diamètres et en ordonnées la proportion d'individus. Les classes de diamètre choisies sont : [0-10 [cm, [10-20 [cm, [20-30[cm, [30-40[cm, [40-50[cm, et >50 cm. Aussi, si l'histogramme de distribution est uniforme avec une allure en L, la régénération est bonne; dans le cas contraire, la régénération présente une perturbation. Quand il est en forme de cloche ou en J, la population est âgée. Une espèce présente une bonne régénération si des individus sont présents dans toutes les classes de diamètre.

- **le taux de régénération** est le rapport entre l'effectif total des jeunes plants ($\varnothing < 4$ cm pour les arbustes, ou à 10 cm pour les arbres) et celui de tous les individus du peuplement (Poupon, 1980). Les valeurs caractéristiques de ce taux sont :

- un taux = 50% traduit un peuplement en équilibre où il y a autant de jeunes plants que d'adultes ;
- un taux < 50% montre un peuplement vieillissant dont la densité de jeunes plants est inférieure à celle des adultes ;
- un taux > 50% correspond à un peuplement en pleine expansion par suite d'une forte régénération; les jeunes individus sont plus importants que les adultes.

La liste floristique a été établie sur la base de la Flore du Sénégal (Berhaut, 1967) et des Arbres et arbustes du Sahel (Maydell, 1983).

III. Résultats

3.1. État actuel du peuplement ligneux

3.1.1. Richesse floristique

La richesse floristique est donnée dans le tableau I.

La composition spécifique des ligneux a été établie à partir des 72 placeaux d'inventaire. Trente quatre (34) espèces ligneuses, réparties dans 28 genres et 19 familles, ont été recensées. Comme l'indique le tableau I, les familles les plus représentées sont les Combretaceae (23,52%), Mimosaceae (14,70%), Anacardiaceae (8,82%), Bombacaceae et Caesalpiniaceae (5,88%) chacune. Les familles des Rubiaceae, Zygophyllaceae, Sapotaceae, Rhamnaceae, Tiliaceae, Storculiaceae, Papilionaceae, Meliaceae, Ebenaceae, Annonaceae, Moringaceae, Arecaceae, Asclepiadaceae et Myrtaceae ne sont représentées que par une espèce.

Tableau I. Répartition en familles et genre des espèces

Noms scientifiques des espèces	Familles	Genre
<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.	COMBRETACEAE	Combretum
<i>Combretum micranthum</i> G.Don	COMBRETACEAE	Combretum
<i>Combretum glutinosum</i> Perr.	COMBRETACEAE	Combretum
<i>Combretum collinum</i> Fresen.	COMBRETACEAE	Combretum
<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. & Perr.	COMBRETACEAE	Anogeissus
<i>Guiera senegalensis</i> J.F.Gmel.	COMBRETACEAE	Guiera
<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr.	COMBRETACEAE	Terminalia
<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	COMBRETACEAE	Combretum
<i>Adansonia digitata</i> L.	BOMBACACEAE	Adansonia
<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet	BOMBACACEAE	Bombax
<i>Sclerocarya birrea</i> (A.Rich.) Hochst.	ANACARDIACEAE	Sclerocarya
<i>Lannea microcarpa</i> Engl. & K.Krause	ANACARDIACEAE	Lannea
<i>Anacardium occidentale</i> L.	ANACARDIACEAE	Anacardium
<i>Tamarindus indica</i> L.	CAESALPINIACEAE	Tamarindus
<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	CAESALPINIACEAE	Piliostigma
<i>Crossopteryx febrifuga</i> (G.Don) Benth. ~	RUBIACEAE	Crossopteryx
<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	MIMOSACEAE	Prosopis
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R.Br. ex G.Don	MIMOSACEAE	Parkia
<i>Acacia macrostachya</i> Rchb. ex DC.	MIMOSACEAE	Acacia
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.	MIMOSACEAE	Acacia
<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	MIMOSACEAE	Acacia
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Delile	BALANITACEAE	Balanites
<i>Vitellaria paradoxa</i> C.F.Gaertn.	SAPOTACEAE	Vitellaria
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	RHAMNACEAE	Ziziphus
<i>Grewia flavescens</i> Juss.	TILIACEAE	Grewia
<i>Cola laurifolia</i> Mast.	STERCULIACEAE	Cola
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	FABACEAE	Pterocarpus
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	MELIACEAE	Azadirachta
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A.DC.	EBENACEAE	Diospyros
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	ANNONACEAE	Annona
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	MORINGACEAE	Moringa
<i>Hyphaene thebaica</i> (L.) Mart.	ARECACEAE	Hyphaene
<i>Calotropis procera</i> (Aiton) R.Br.	ASCLEPIADACEAE	Calotropis
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	MYRTACEAE	Eucalyptus
34	19	28

3.1.2. Abondance des espèces

La fréquence, la densité et le taux de régénération des espèces sont présentés dans le tableau II.

La densité moyenne des espèces a été de 400 individus par hectare, dont 79,14 % pour l'espèce *Guiera senegalensis* et 9,4 % pour *Piliostigma reticulatum*, soit 88,54 % du peuplement.

Tableau II. Effectif, densité et taux de régénération des espèces

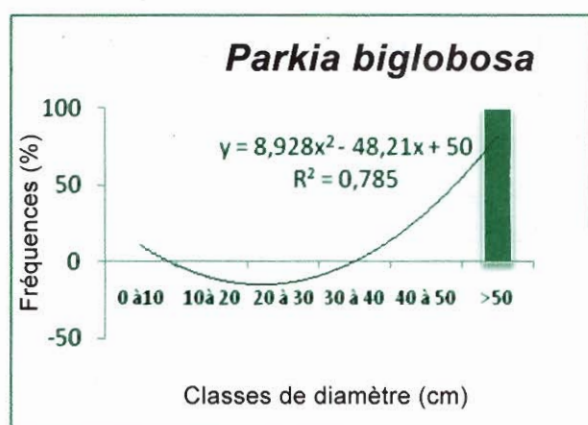
Espèces	Effectifs	Abondance relative (%)	Densité pied/ha	Effectif des jeunes plants	Taux de régénération (%)
<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.	114	1,58	6,33	95	1,32
<i>Combretum micranthum</i> G. Don	58	0,8	3,22	38	0,53
<i>Combretum glutinosum</i> Perr.	219	3,03	12,16	171	2,37
<i>Combretum collinum</i> Fresen.	8	0,11	0,44	7	0,10
<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. & Perr.	13	0,18	0,72	0	0,00
<i>Guiera senegalensis</i> J.F.Gmel.	5709	79,14	317,16	5648	78,30
<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr.	46	0,63	2,55	0	0,00
<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	56	0,77	3,11	41	0,57
<i>Adansonia digitata</i> L.	5	0,06	0,27	2	0,03
<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet	17	0,23	0,94	12	0,17
<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.	27	0,37	1,50	15	0,21
<i>Lannea microcarpa</i> Engl. & K. Krause	16	0,22	0,88	2	0,03
<i>Anacardium occidentale</i> L.	1	0,01	0,05	1	0,01
<i>Tamarindus indica</i> L.	8	0,11	0,44	1	0,01
<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	680	9,42	37,77	625	8,66
<i>Crossopteryx febrifuga</i> (G. Don) Benth.	4	0,05	0,22	0	0,00
<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	3	0,04	0,16	1	0,01
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R.Br. ex G.Don	1	0,01	0,05	0	0,00
<i>Acacia macrostachya</i> Rchb. ex DC.	11	0,15	0,61	10	0,14
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.	1	0,01	0,05	1	0,01
<i>Acacia ataxacantha</i> DC.	1	0,01	0,05	1	0,01
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Delile	69	0,95	3,83	52	0,72
<i>Vitellaria paradoxa</i> C.F.Gaertn.	9	0,12	0,50	1	0,01
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	6	0,08	0,33	0	0,00
<i>Grewia flavescens</i> Juss.	11	0,15	0,61	11	0,15
<i>Cola laurifolia</i> Mast.	3	0,04	0,16	0	0,00
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	2	0,02	0,11	0	0,00
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	1	0,01	0,05	0	0,00
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A.DC.	1	0,01	0,05	1	0,01
<i>Annona senegalensis</i> Pers.	2	0,02	0,11	0	0,00
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	16	0,22	0,88	15	0,21
<i>Hyphaene thebaica</i> (L.) Mart.	89	1,23	4,94	47	0,65
<i>Calotropis procera</i> (Aiton) R. Br.	5	0,06	0,27	5	0,07
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	1	0,01	0,05	1	0,01
Total	7213	100	400	68 04	94,33

3.2. État actuel de quatre espèces dans le peuplement

3.2.1. Structure démographique

La répartition des individus par classe de diamètre des quatre espèces susmentionnées a permis d'apprécier la structure démographique des différentes populations (Figure 3).

L'examen de la figure 3 permet de retenir que : chez *Parkia biglobosa*, il n'y a pas de recrutement des individus dans la classe de diamètres comprise entre 0 et 50 cm. Cependant, une densité est observée dans la classe des individus supérieurs à 50 cm. Cette distribution s'ajuste à une fonction polynomiale de degré 2 dont l'équation est : $y = 8,928x^2 - 48,21x + 50$ avec $R^2 = 0,785$.



L'espèce, *Tamarindus indica*, présente une distribution érratique (en dents de scie) qui traduit une distribution irrégulière des individus, avec des taux élevés de 50% dans la classe de 10 à 20 cm et moyennement élevés de 25% dans la classe supérieure à 50 cm. Cette distribution s'ajuste mieux à une fonction polynomiale de degré 4, dont l'équation est :

$$y = -1,822x^4 + 28,87x^3 - 155,3x^2 + 319,3x - 177,0 \text{ avec } R^2 = 0,663.$$

Vitellaria paradoxa présente une distribution en cloche des individus avec un taux élevé de (55,5%) dans la classe de 40 à 50, et un taux relativement faible (22,22%) dans celle de 10 à 20. Par contre, on constate une absence des individus dans la classe de 0 à 10 cm. La courbe de tendance qui exprime

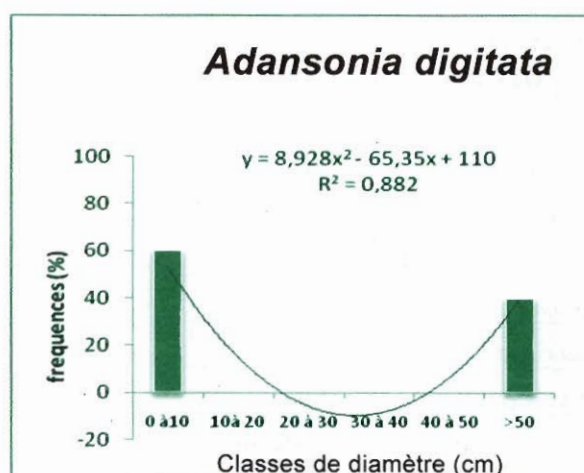
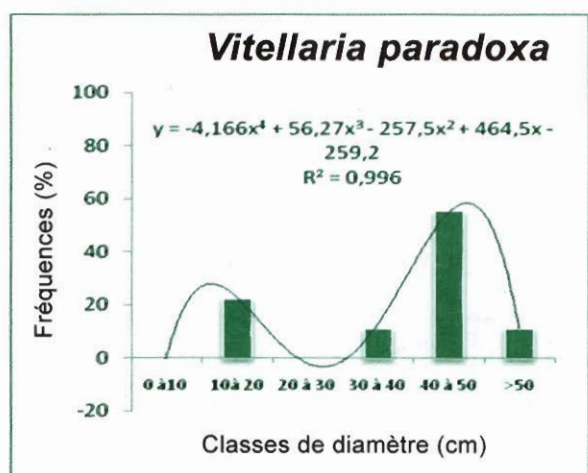
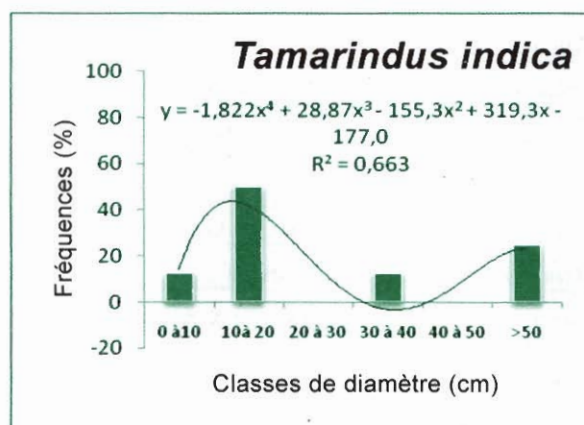


Figure 3. Structure démographique des espèces dans le peuplement : Répartition des individus par classe de diamètres.

mieux cette distribution est une fonction polygonale de degré 4 dont l'équation est :

$$y = -4,166x^4 + 56,27x^3 - 257,5x^2 + 464,5x - 259,2 \text{ avec } R^2 = 0,996.$$

Quant à *Adansonia digitata*, elle présente une structure en "U" caractérisée par une abondance des individus de gros diamètres et de petits diamètres. On note aussi une absence de recrutement des individus dans la classe intermédiaire. La distribution s'exprime par une fonction polygonale de degré 2 dont l'équation est : $y = 8,928x^2 - 65,35x + 110$ avec $R^2 = 0,882$.

Aucune population ne présente de distribution décroissante en L qui caractérise

une repartition décroissante des individus de petites classes de diamètre vers les grandes classes.

3.2.2. Potentiel de régénération

En ce qui concerne le taux de régénération (Tableau II) on note qu'au niveau des 72 placeaux, 6804 de jeunes plants ont été recensés, soit 378 plantules par hectare. Le taux de renouvellement du peuplement est de 94,33%. *Guiera senegalensis* est en très forte expansion avec un taux de régénération de 78,30% suivi de *Piliostigma reticulatum* avec un taux de 8,66% (Photo 1). *Adansonia digitata*, *Tamarindus indica*, *Parkia biglobosa* et *Vitellaria paradoxa* présentent un faible taux de régénération.



Photo 1. Chute de Baobab à Tamou (Photo : Douma Soumana)

IV. Discussion

4.1. État actuel du peuplement :

Résultat des interactions entre migration et environnement

La flore de la végétation de la cette zone d'étude est riche de 34 espèces réparties dans 28 genres et 19 familles. En considérant l'abondance des espèces, le peuplement est dominé par *Guiera senegalensis* qui représente, à elle seule, 79,14%. Parallèlement, les populations de quatre espèces socioéconomiques importantes, notamment *Adansonia digitata*, *Tamarindus indica*, *Parkia biglobosa* et *Vitellaria paradoxa* sont en nette régression dans le système d'exploitation agricole. L'action humaine, avec l'exploitation anarchique de ces espèces par les immigrés agricoles et l'introduction des animaux par les transhumants, semblent expliquer cette régression. En effet, du fait de l'immigration, la densité de la population a augmenté, et un désordre dans l'exploitation des produits forestiers s'est installé. Selon McIntyre et Lavorel (1994), les perturbations anthropiques fortes et chroniques, réduisent la richesse floristique et induisent les remplacements des ligneux par des herbacées annuels et pérennes dont la composition floristique reste fortement liée à l'effet de cette perturbation.

4.2. Niveau de menace des espèces emblématiques

4.2.1. Effets combinés des variabilités climatiques, baisse des rendements, pauvreté et pression sur les ressources forestières

Sur le plan structural, la densité des arbres de l'ensemble du peuplement est de 400 pieds/ha. Cependant, la densité des quatre espèces clés : *Vitellaria paradoxa*, *Tamarindus indica*, *Parkia biglobosa* et *Adansonia digitata* est très faible. Les faibles valeurs trouvées ici s'expliquent par la forte pression humaine qui s'y exerce. Les jeunes plants

sont broutés, piétinés par le flux d'animaux en transhumance qui sillonnent la zone après les récoltes. Aussi, comme les récoltes ne couvrent plus les besoins alimentaires des ménages durant l'année, des prélèvements intenses s'opèrent sur les produits forestiers (fruits, amandes et feuilles, écorces...) pour la satisfaction des besoins des populations. Il en résulte un déficit en graine dans les champs pouvant assurer la régénération (Douma, 2009). Ceci constitue un autre effet des variabilités climatiques souvent omis lors des évaluations des impacts du changement climatique. Il y a lieu de se demander si les variabilités climatiques des dernières décennies n'ont pas eu des effets directs et indirects sur ces espèces clés ?

4.2.2. Effet de l'évolution des parcs arborés dans le système agricole

De façon générale, tous les histogrammes de structures des populations ont présenté des effectifs dans les plus grandes classes de diamètre. En fonction des distributions par classe de diamètre, trois types de distributions se distinguent.

Type 1. La distribution unimodale en «U» observée chez *Adansonia digitata* communément appelé le baobab, dénote une installation récente de la population et un vieillissement de celle-ci. Cette observation a été également relevée par Volle en 1985 dans un milieu plus ou moins pâturé où les densités de population assez faibles correspondaient à une installation récente ou à un vieillissement. En effet, le baobab est caractéristique de jardins de case et est un indicateur de l'existence antérieure d'une habitation dans la zone d'étude.

Type 2. La distribution en cloche rencontrée chez *Vitellaria paradoxa*, communément appelé le karité, est caractérisée par de plus grands effectifs dans les classes moyennes de diamètre par rapport aux petites et grandes classes de diamètre. La régénération ponctuelle est faible. La récolte systématique des fruits de karité réduit fortement le potentiel séminal édaphique, ce

qui explique la réduction de la végétation. Ces observations ont été faites aussi par Kpérkouma (2005) dans la préfecture de Doufelgou au Togo.

Type 3. La distribution erratique a été observée chez *Tamarindus indica* et chez *Parkia biglobosa*.

Chez *Tamarindus indica*, la distribution en « dent de scie » rencontrée traduit une répartition diamétrale très irrégulière des individus.

Chez *Parkia biglobosa*, la structure montre une prédominance des sujets dans la classe de diamètre supérieure à 50 cm. Ceci témoigne d'une élimination importante des jeunes pousses des arbres lors des travaux champêtres. En effet, pendant la préparation des champs, le paysan coupe la plupart des jeunes rejets qui se développent dans son champ (Kessler & Boni, 1991). L'absence de recrutement montre aussi que les rares pieds épargnés n'échappent pas à la dent des animaux en divagation ou à la hache lors de la préparation des champs pour la prochaine campagne.

4.2.3. Effet des pratiques de prélèvement des organes sur la régénération naturelle des espèces

Le taux de régénération est très faible pour les quatre espèces. Cette absence de la faible régénération est due aux méthodes de prélèvement non appropriées et excessives et aux aléas climatiques ainsi qu'au manque d'alternative pour les ménages à combler le déficit alimentaire durant la période de soudure (Barmo, 2008). Les populations se trouvent dans l'obligation d'exercer une pression de plus en plus forte sur les ressources naturelles insuffisantes pour satisfaire leurs besoins (Douma, 2009).

La structure démographique de ces quatre essences présente une forte proportion d'individus âgés (avec ou pas du tout d'individus) dans les classes moyennes. Ces populations sont vieillissantes. C'est le ramassage ou le prélèvement des fruits et des fleurs qui présente des conséquences les plus directes sur la production ou les rendements de ces plantes. Car, selon Barmo (2008), cela remet en cause la disponibilité en semences. Cette situation a été observée aussi au niveau des espèces *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Adansonia digitata* et *Vitellaria paradoxa* par Mahamane (1997), qui a montré que leur germination était peu présente à cause du ramassage excessif des fruits. Selon le même auteur, la récolte des feuilles par la coupe des branches feuillées déforme la structure des houppiers des arbres (Photo 2). Et lorsque l'ébranchage est intensif, il peut entraîner la baisse de la production fruitière de l'arbre, ce qui se répercute sur la disponibilité des semences. La structure démographique montre un vieillissement du peuplement constitué par des gros arbres. Les arbres ont été épargnés lors des défrichements pour la mise en culture. Les systèmes agroforestiers de la zone sont donc de types résiduels (Pelissier, 1979). Après la mise en place des parcs, il semble qu'il n'y ait pas eu des pratiques de maintenances de la régénération des espèces désirées dans les champs. La gestion des parcs s'est limitée donc à la sauvegarde des pieds adultes. Cette gestion, qualifiée de « gestion passive » est, selon beaucoup d'auteurs, un des facteurs de dégradation des systèmes agroforestiers (Bonkougou, 1993 ; Sene, 1994).

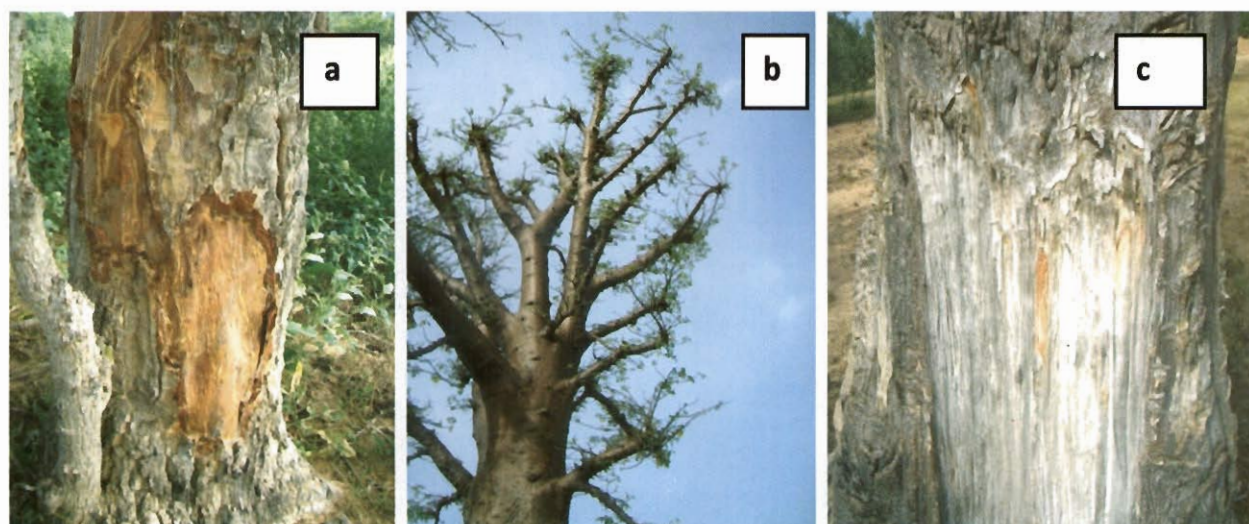


Photo 2. Prélèvement d'écorce de Karité à Weillgorou (Photo : Douma Soumana)

(a) : Baobab émondé à Weillgorou

(b) : Prélèvement d'écorce de Baobab à Weillgorou

V. Conclusion

Cette étude qui a porté sur la caractérisation écologique de quatre ligneux fruitiers (*Adansonia digitata*, *Tamarindus indica*, *Parkia biglobosa* et *Vitellaria paradoxa*) des parcs agroforestiers de la zone délassée de la réserve totale de faune de Tamou a permis de mettre en évidence les faits suivants :

- la densité moyenne du peuplement ligneux est importante, mais avec une prédominance des Combretaceae ;
- les espèces ligneuses fruitières spontanées clés *Adansonia digitata*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica* et *Vitellaria paradoxa* sont caractérisées par leur très faible densité dans le peuplement, une prédominance des individus de très gros diamètre donc un vieillissement des populations et une quasi absence de recrutement des jeunes plants durement confrontés à la pression anthropique ;

- les espèces *Guiera senegalensis* et *Piliostigma reticulatum* à forte capacité de multiplication végétative sont en forte expansion ;
- la reconversion du peuplement ligneux constater dans cette zone se poursuivra si les agressions régulières continuent ;
- la menace de disparition de ces quatre espèces clés est bien réelle. Les principaux facteurs incriminés sont entre autre les prélèvements intensifs humains et l'absence de gestion durables des espèces ligneuses alimentaires répondant aux besoins immédiats des populations immigrés sédentarisées.

Avec ces résultats, notre travail pourrait contribuer à l'orientation de recherches plus appliquées, visant à la durabilité du système agroforestier dans la zone et à la préservation des espèces emblématiques notamment les fruitières. Comme perspective, nous envisageons étendre l'étude sur les autres périphéries du Parc « W » afin de mesurer le degré de menace sur ces espèces dans la zone.

VI. Remerciements

Nous remercions le Projet Sustainable Use of Natural vegetation in West Africa (SUN) pour avoir financé ce travail. Nous remercions également le Laboratoire de Biologie Appliquée de la Faculté des Sciences et le programme CMARB de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (UAM), pour toutes les aides qu'ils nous ont apportées.

VII. Références

- AMBOUTA, K., 2002 - Rapport sur le bilan des activités scientifiques dans la réserve de Biosphère du W du Niger et proposition d'un programme de recherche. Niamey, 2002 ; 59 pages.
- BARMO S., 2008 - Analyse socio-économique de l'exploitation des ressources végétales de la réserve totale de faune de Tamou (Niger). Mémoire de DEA. Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger. 88 pages.
- BERHAUT, J., 1967 - Flore du Sénégal. Clair Afrique éd., Sénégal, Dakar : 485 pages.
- BONKOUNGOU E. G., 1994 - Les parcs agroforestiers des zones arides et semi-arides d'Afrique de l'ouest. Conclusion et recommandations du symposium international de Ouagadougou. Coordination du réseau SALWA.
- DIOUF M., NONGUIERMA A., AMANI A., ANTOINE R., SOME B., 2000 - Lutte contre la sécheresse au Sahel : résultats, acquis et perspectives au Centre régional AGRHYMET, Science et changements planétaires / Sécheresse. 11(4) 257- 66.
- DJIBO M., 2004 - Intégration des populations riveraines dans la gestion du Parc National du W du Niger (Niger). Mémoire DESS, Filière : Gestion de la faune. Université de Liège, Belgique, 66 pages.
- DOUMA S., 2009 - Ecologie de quatre espèces ligneuses de la réserve totale de Faune de Tamou (Niger) : Indicateurs de gestion durable des ressources forestières. Mémoire de DEA. Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger. 88pages
- KESSELER, J.J., 1992 - The influence of karité (*Vitellaria paradoxa*) and Néré (*Parkia biglobosa*) trees on sorghum production in Burkina Faso, Agro forestry systems, vol 17, no 2, p. 97-118.
- MAHAMANE A., 1997 - Structure, fonctionnement et dynamique des parcs agroforestiers dans l'Ouest du Niger. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle. Université de Ouagadougou, Burkina faso, 215 pages.
- MAYDELL (von) H. J., 1983 - Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. GTZ; 530 pages
- MCLNTYRE S, LAVOREL S., 1994 - Predicting richness of native rare and disturbance variables across a variegated landscape. Conserv boil ; 8: 512- 31.
- ONANA. J.ET DEVINEAU J.L., 2002 - *Azelia africana* Smith ex Persoon dans le Nord-Cameroun. Etat actuel des peuplements et utilisation pastorale. Elev.med.vet.pays trop.55 (1) :39 -45.
- PELISSIER P., 1980 - L'arbre dans les paysages agraires de l'Afrique noire. Cah Orstom SerS c Hum ; 17 : 127-30.
- POUPON H., 1980 - Structure et dynamique de la strate ligneuse des steppes sahéniennes au Nord du Sénégal. Orstom éd. (Etudes α Thèses), Paris, 307 pages.
- SAADOU M., 1998 - Évaluation de la biodiversité biologique au Niger : éléments constitutifs de la biodiversité végétale. Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable SE/CNEDD. Projet NER/97/G 31/A/1 G/99 «Stratégie Nationale et plan d'action - Diversité Biologique», 138 pages.
- SENE E., 1994 - Agroforesterie : Possibilité et limites en tant qu'option de développement rural. In « promotion des agraires durables dans les pays d'Afrique Soudano-sahélienne » : Séminaire régional, FAO-CIRAD, Janvier 1994, Dakar (Sénégal) : 27-29.
- VOLLE P., 1985 - Analyse des données. Paris, France, Economica, 323 pages.
- KEPERKOUMA W., 2005 - Typologie et structure des parcs agroforestiers dans la préfecture du Doufegou (Togo). Sécheresse ; 16 (3) 209-16.

Adaptabilité du bananier plantain (*Musa Spp*) aux conditions pédoclimatiques de Katibougou au Mali

Adaptability of the plantain (*Musa spp*) to the pedoclimatic conditions of Katibougou, Mali

Sidibé Abdoulaye¹, Ontsougou Faustin², Traoré Bakary Mamourou¹,
Koné Nangazana³

¹Enseignant-chercheur à l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou, Mali – abdoulayesidibe@yahoo.fr ;

²Chercheur à la Direction Générale de l'Agriculture, de l'Élevage et du Développement Rural (DG/MAEDR), Franceville, Gabon

³Chercheur à l'Institut d'Économie Rurale (IER), Sikasso, Mali.

Résumé

La culture du bananier plantain est très peu répandue au Mali. En 2004, la production annuelle de banane dessert s'élevait à 60 000 tonnes alors que celle de la banane plantain était seulement de 10 000 tonnes (APCAM, 2004). Une rencontre entre les producteurs de banane au Mali a eu lieu les 6, 7 et 8 décembre 2004 à Sélingué, pour débattre des problèmes de la production. Parmi les difficultés évoquées on notait, entre autres, le manque de variétés à haut rendement (Coulibaly, 2005).

Cette étude conduite en 2004-2005 avait pour objectifs :

1. d'évaluer le comportement des différentes variétés de bananes plantains dans les conditions agro climatiques de Katibougou et ;
2. d'identifier la meilleure variété du point de vue agronomique.

Le matériel végétal utilisé pour l'étude expérimentale était constitué de trois variétés de bananes plantains importées du Gabon : Ebang rouge, Ebang vert et French clair. Les variables suivantes, après avoir été observées et mesurées, ont fait l'objet d'une analyse de variance qui a pris en compte : le nombre de feuilles fonctionnelles, la taille

du plant, la circonférence à 1 mètre du sol (cm), le nombre de jours de la plantation à la floraison, le nombre de jours de la plantation à la récolte, le poids moyen du régime, le nombre moyen de mains par régime, le poids moyen d'une main, le nombre moyen de doigts par main, le poids moyen d'un doigt. Il ressort des résultats de l'analyse de variance que la variété French clair s'adapte le mieux et assure une production moyenne de 21,400 tonnes à l'hectare, Ebang vert vient en deuxième position avec une production moyenne de 13,700 tonnes à l'hectare. Ebang rouge a été la moins productive, comparativement aux deux premières, avec une production moyenne de 11,05 tonnes à l'hectare.

Abstract

Plantain is classified among the least cultivated fruits crops in Mali. Annual production of dessert banana in Mali amounted to 60 000 tons in 2004, whereas that of plantain was only 10 000 tons. The banana producers of Mali met on 6, 7, 8 December 2004 at Sélingué in Mali, to debate on production constraints. It was acknowledged that the lack of high yielding varieties was one of the major constraints hindering banana and plantain production in Mali (Coulibaly, 2005).

The study conducted in 2004-2005 had two objectives which are:

1. to evaluate the behaviour of the different plantain varieties in the agro-climatic conditions of Katibougou,
2. to identify the best variety on the agronomic viewpoint.

The planting material used for the experiment was composed of the following three varieties imported from Gabon: red Ebang, green Ebang and French Clair. The following variables were observed, measured and were object of a variance analysis: number of functional leaves, size of the plant; circumference as from 1 meter from the soil (cm), the number of days from plantation to flowering, the number of days from plantation to harvesting, the average bunch weight, the average number of hands per bunch the average hand weight, the average number of fingers per hand, the average finger weight. The results obtained show that the variety French Clair improved better with an average yield of 21,400 tons per hectare, green Ebang came second with an average yield of 13,700 tons per hectare and red Ebang was the least productive compared to the others, with an average yield of 11,050 tons per hectare.

I. Introduction

Le secteur agro-pastoral occupe une place importante dans l'économie malienne. Non seulement il participe à hauteur de 48 % du Produit intérieur brut (PIB), mais il contribue aussi pour près de 75 % aux exportations et il assure le revenu à près de 80 % de la population (Dembélé, 2001). Au cours des dix dernières années, le secteur rural au Mali a été profondément restructuré, l'objectif visé étant de libéraliser, de redresser certaines filières (coton et riz) et d'en promouvoir de nouvelles : fruits et légumes (www.izf.net). Depuis quelques années, l'autosuffisance

alimentaire est devenue, pour les pays africains en général et pour le Mali en particulier, un objectif primordial dans sa politique de développement. Les céréales (sorgho, mil, riz, maïs, etc.) constituent la base de l'alimentation des populations. L'accroissement des disponibilités alimentaires implique, non seulement une augmentation de la productivité des exploitations, mais aussi une diversification des produits agricoles telle que la banane plantain (Gowen, 1995).

- En 2004, la production malienne de banane dessert était estimée à quelques 60 000 tonnes, en revanche, la production de la banane plantain était évaluée à seulement 10 000 tonnes (Dembélé, 2001 ; www.izf.net). Au Mali la consommation de bananes devrait passer de 2,46 à 3,14 kg/habitant/an, ce qui engendrerait une augmentation de la demande de 16 000 tonnes (IER, 1992). Les quantités importées de banane douce et de plantain pendant la période de mars à juin 2007 étaient de 7 800 tonnes. Actuellement, la culture du bananier est pratiquée dans presque toutes les zones agro climatiques au Mali essentiellement autour des cases et sur de petites superficies, par quelques paysans. Les parcelles cultivées donnent généralement un rendement très faible à l'hectare : 18 tonnes/ha (PCDA, 2007). Introduite pendant la période coloniale, la culture de la banane a pris un essor, il y a une vingtaine d'années au Mali. Elle est produite dans des zones que l'on classe en trois bassins selon l'importance du nombre d'exploitants rencontrés dans ces zones (PCDA, 2010).

- Les bassins de grande production regroupent les cercles de Yanfolila, Kati et Kangaba.
- Les bassins de moyenne production couvrent les cercles de Sikasso, Kayes, Kita et Niono.
- Les bassins de petite production couvrent les cercles de Ségou, Bougouni, Kolondiéba, Dioïla, Koutiala, Koulikoro (dont fait partie le district de Bamako).

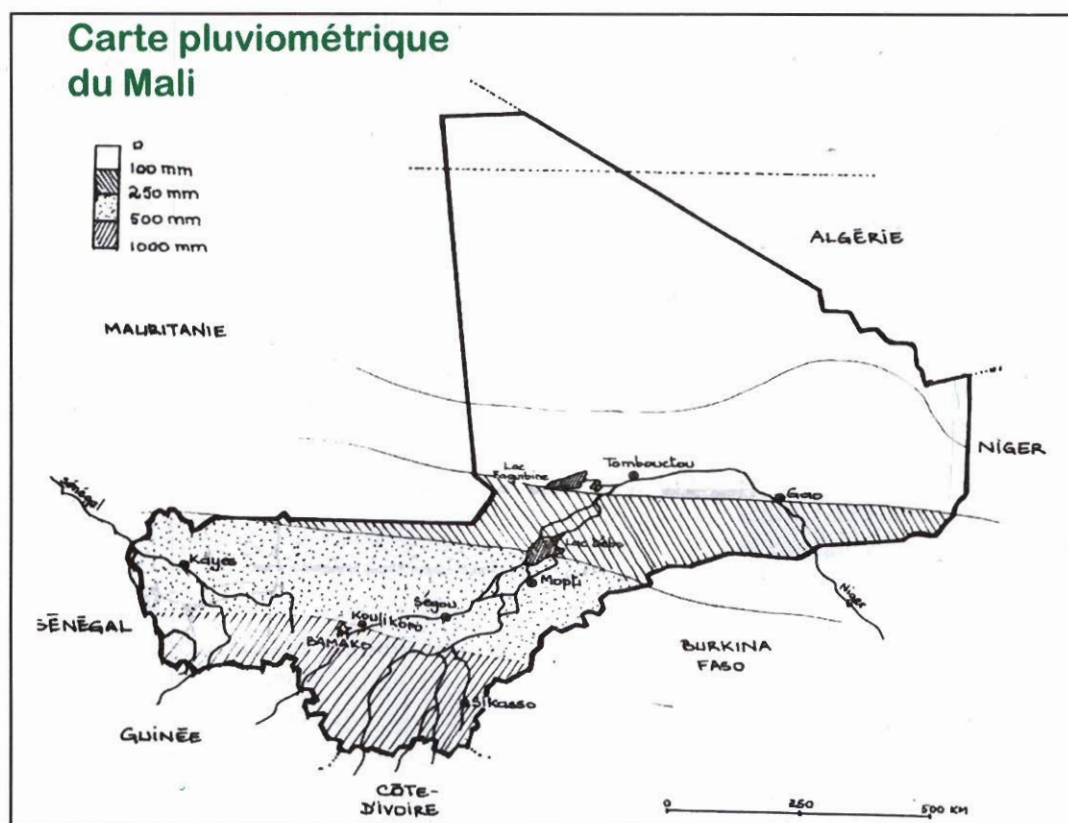
Au vu de ce qui précède, et en plus de l'importance de la banane dans l'alimentation quotidienne tenant compte de ses apports énergétiques et nutritionnels (banane dessert ou banane plantain), dans le gain de devises, le besoin s'impose d'entreprendre des actions pour assurer le développement de la culture des bananiers et bananiers plantains au Mali. Ceci nécessite fort logiquement l'introduction de variétés à haut rendement et adaptées aux conditions agro climatiques locales. Ainsi, une évaluation systématique de leur croissance, de leur développement et de leur rendement s'impose à la recherche scientifique car, l'absence de ce type de données limite leur potentiel d'utilisation comme alternative dans les plantations paysannes.

L'objectif du travail présenté ici était d'évaluer le comportement agronomique des cultivars de bananiers plantains Ebang rouge, French clair et Ebang vert dans les conditions pédoclimatiques de Katibougou afin de déterminer la variété présentant le meilleur potentiel de production.

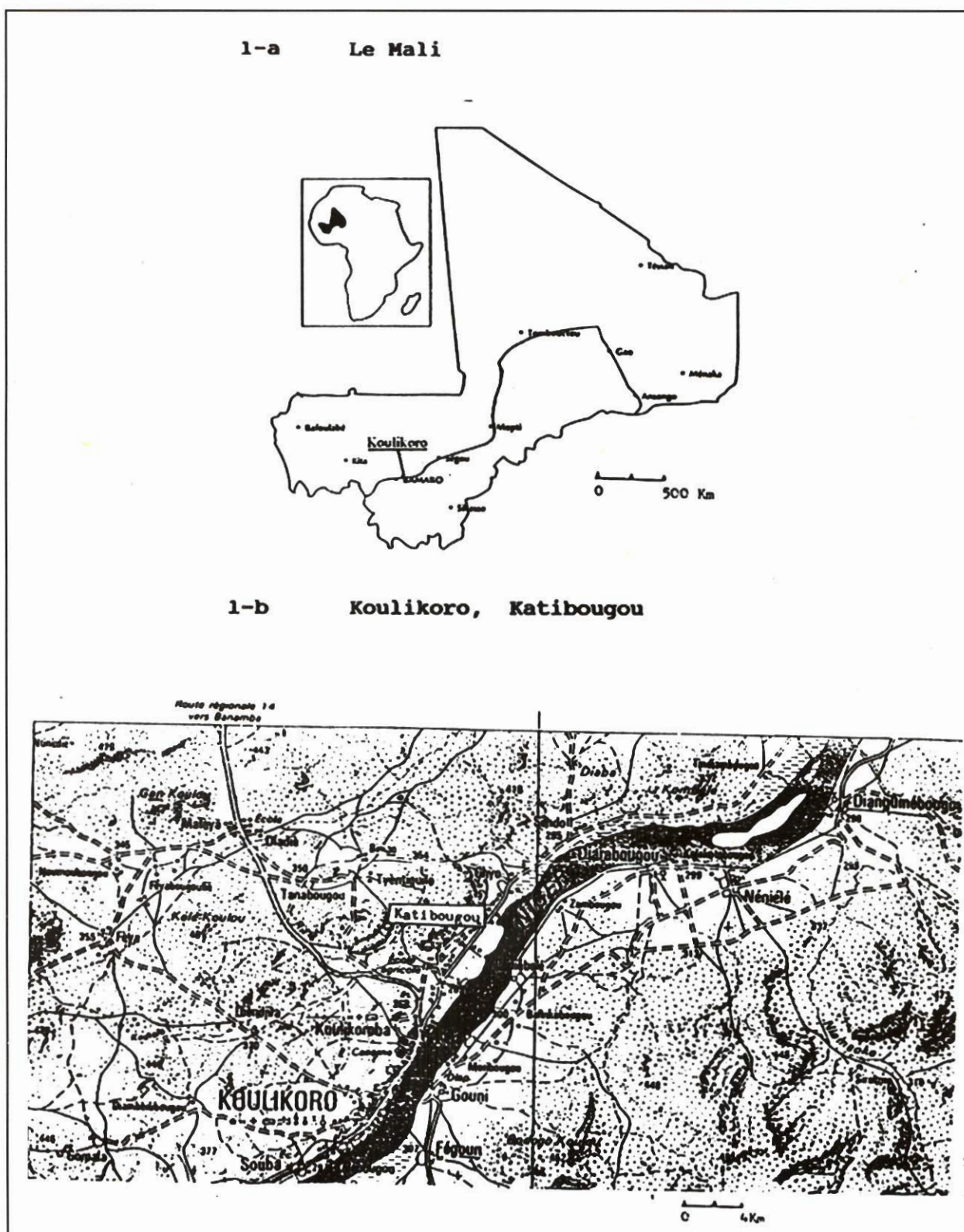
1.1. Situation géographique et aspects physiques de la zone d'étude

1.1.1. Situation géographique

L'expérimentation a été réalisée sur le site du laboratoire d'Agro-physio-génétique et de Biotechnologie végétale de l'IPR/IFRA, situé à environ 70 km au Nord-Est de Bamako et à 3,5 km de la ville de Koulikoro, chef lieu de la deuxième région administrative du Mali. L'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou couvre une superficie d'environ 380 ha, dont plus de 160 ha de zone fertile de la vallée, sur la rive gauche du fleuve Niger (voir cartes 1 et 2). Ses coordonnées géographiques sont : 12°56' de la latitude nord, 7°32' de la longitude ouest. Le site est à 326 m d'altitude et il se trouve sur l'isohyète 900 mm.



Carte 1. Carte pluviométrique du Mali – Source : Cissouma *et al.*, 2000



Carte 2. Emplacement de la ville de Koulikoro et de Katibougou
Source : Direction Nationale de l'Enseignement Supérieur (1995)

1.1.2. Climat

Il est de type soudano-sahélien et se caractérise par une saison sèche longue de 7 à 8 mois, allant d'octobre à fin mai et une saison pluvieuse de 4 à 5 mois, allant de juin à début octobre. Située dans une zone où les précipitations moyennes annuelles atteignent 900 mm, la pluviométrie, faible en début d'année, atteint son maximum en août, avec un cumul annuel oscillant entre 700 et 900 mm (voir carte 1).

L'hygrométrie idéale pour la bonne croissance du bananier est de 125 à 150 mm de précipitations mensuelles (www.hubrural.org/fr/index.php).

La saison sèche se subdivise en deux périodes :

1. une période chaude qui va de mars à mai, et dont les températures moyennes varient entre 30 et 39°C ;
2. une période fraîche, qui s'étend de novembre à février, avec une température

moyenne de 21°C courant décembre, alors que la maximale est atteinte en février avec 26°C.

Les températures idéales pour la bonne croissance du bananier doivent être comprises entre 15 et 35°C avec un optimum à 28°C et un minimum absolu supérieur à 12°C (Šamla, 2009). En 2004 et 2005, les températures ont oscillé entre 24 et 34°C, ce qui probablement n'a pas eu d'influence négative sur la croissance et le développement des variétés mises en expérimentation.

1.1.3. Le sol

Le sol du site d'expérimentation est un sol tropical lessivé de type ferrugineux montrant une grande dominance de kaolinites dont la capacité d'échange est très faible (Dembélé, 1993), et qui n'a pas ou très peu, la propriété de changer de volume en fonction de l'humidité. Ce sont des colloïdes dits à faible activité (Soltner, 2003).



Photo 1. Vue d'ensemble de la parcelle (Photo : A. Sidibé)

II. Matériels et méthodes

2.1. Caractéristiques des variétés retenues

Bananes hybrides								
Groupe	Sous-groupes	Variété	Origine	Poids du régime (kg)	Durée du cycle (mois)	R d t . (t/ha)	Comportement vis-à-vis de la cercosporiose	Fruit cru dessert
AAAB	A cuire	French clair	CRBP	17	15	40	Sensible	0
		Ebang rouge	Gabon	12	12	30	Tolérant	x
		Ebang vert	Gabon	12	12	30	Tolérant	x

Rdt. = Rendement.

kg.= kilogramme

t.= tonne

CRBP : Centre de Recherche sur le Bananier Plantain, non daté

L'expérimentation a été mise en place le 07 juillet 2004 sur le site du laboratoire d'Agrophysio-génétique et de Biotechnologie végétale de l'IPR/IFRA, et l'analyse des résultats a eu lieu en novembre 2005.

La trouaison a été effectuée après délimitation et nettoyage de la parcelle. Les trous, de 60 cm x 60 cm x 60 cm, ont été rebouchés, une semaine avant la plantation, avec de la terre de surface mélangée au fumier de bovins (8-12 kg) et 100 g d'engrais composé (10-10-20) par pied. La terre de surface a d'abord été mise au fond du trou qui a, ensuite, été complètement comblé avec de la terre de profondeur.

Des rejets baïonnettes des trois variétés de bananiers plantains Ebang rouge, Ebang vert (sous groupe Faux Cornes) et French Clair (sous-groupe French), obtenus du Centre d'introduction, d'adaptation et de multiplication de matériel vivrier et fruitier du Gabon (CIAM) ont complété le dispositif expérimental.

Ces rejets ont été plantés en prenant soin de maintenir le collet légèrement au dessous du niveau du sol (10 cm maximum) à 2,5 m x 2,5 m en rectangle, soit une densité de 1600 pieds/ha.

Chaque plant a reçu :

- 320 g d'urée en 4 apports de 80 g chacun, espacés de 2 mois,
- 400 g de NPK (10-10-20) en 4 apports de 100 g chacun tous les deux mois
- et 600 g de sulfate de potassium en trois apports de 200 g chacun tous les trois mois.

L'irrigation a été assurée à raison de 25 et 30 litres par plant tous les deux jours respectivement de janvier à fin février et de mars à juin. Les fournitures en eau ont été également assurées par les pluies pendant les mois de juin à octobre avec un arrosage d'appoint de 25 litres par jour sans pluie supérieure ou égale à 20 mm.

En 2004, les mois les plus arrosés ont été de juin à septembre, dépassant largement chacun les 125 mm, par contre, les mois d'octobre et de novembre ont été déficitaires (-118mm et -122 mm). D'autre part, le taux de précipitations durant la période de décembre à mai était de zéro (0). En 2005, les mois les plus arrosés ont été juillet et août. Par contre, les mois de juin, septembre et octobre ont présenté des déficits (-20,2 mm, -22,1 mm et -99,2 mm), ce qui a nécessité des apports complémentaires en eau, soient 15 à 25 litres par plant tous les deux jours.

Les mauvaises herbes ont été enlevées régulièrement, et aucun traitement phytosanitaire n'a été effectué. Le tuteurage a été réalisé en fonction de la taille du plant et aussi selon qu'il portait un régime.

2.2. Facteur étudié

Un seul facteur fait l'objet de l'étude : le facteur variétal, c'est-à-dire le potentiel génétique de production, à trois niveaux de variation (essai simple).

Quoique l'objectif de l'étude ne soit pas économique, une grossière estimation des divers coûts de production (eau et désherbage, trouaison, entre autres) peut nous convaincre de la pertinence économique de ce projet.

2.3. Traitements

Chaque variété représente un traitement ainsi nous avons :

T1 = V1 = Ebang rouge,

T2 = V2 = French Clair,

T3 = V3 = Ebang vert.

2.4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est en blocs de Fisher à 7 répétitions. L'ensemble du dispositif couvre une superficie de 218,75 m² (15 m x 14,5 m) et compte 35 plants espacés de 2,5 m x 2,5 m disposés en rectangle, soit

une densité de 1 600 pieds/ha. La parcelle évaluée compte 15 plants situés au milieu du dispositif, soient 5 plants de chaque variété.

Les résultats de toutes les observations ont fait l'objet d'une analyse de variance, à l'aide du logiciel STATITCF, avec l'application du Test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5 % pour la comparaison des moyennes des paramètres.

III. Résultats

3.1. Nombre de feuilles fonctionnelles, de 3 mois à la récolte

Le nombre de feuilles fonctionnelles au cours du temps est fonction des taux d'émission et d'abscission foliaires, lesquels, à leur tour, déterminent le nombre de feuilles que la plante peut garder au moment de la floraison (Aristizabal *et al.* 1998) dès lors qu'elle n'a pas souffert de sécheresse, de maladies ou de dénutrition.

L'analyse de variance montre une faible évolution de l'émission des feuilles pour les trois variétés pendant les 3 premiers mois de la phase végétative. Cependant, nous avons observé des différences statistiquement significatives entre les traitements pour ce qui est du nombre de feuilles fonctionnelles émises à 6 mois. La variété French clair a donné le plus grand nombre de feuilles fonctionnelles avec une moyenne de 14,03 feuilles. Elle est suivie d'Ebang vert dont la moyenne est de 13,48 feuilles. Le plus petit nombre de feuilles fonctionnelles a été observé chez Ebang rouge. Cette tendance s'est maintenue jusqu'à la floraison, où il a été observé des moyennes de 16,2 feuilles fonctionnelles pour la French Clair, 14 feuilles fonctionnelles pour Ebang vert et 13,04 feuilles fonctionnelles pour Ebang rouge. A la récolte, le French clair a conservé le plus grand nombre de feuilles fonctionnelles, suivi d'Ebang vert et d'Ebang rouge. Leurs

moyennes respectives sont 12,4 ; 11,04 et 10,32 feuilles fonctionnelles.

L'analyse de la croissance en taille indique qu'il n'y a aucune différence statistiquement significative entre les trois variétés de 3 mois à 6 mois. Des différences sont observées à partir de 9 mois où les pseudo-troncs de French clair sont les plus hauts, suivis de ceux d'Ebang vert et d'Ebang rouge, avec des moyennes respectives de 2,94m, 2,65m et 2,52m. Ces différences sont pratiquement restées constantes jusqu'à la floraison et à la récolte, moment où les plants de la variété French clair ont été plus hauts que ceux de Ebang vert. Les plants d'Ebang rouge ont présenté les ports les plus bas, ce qui constitue un avantage non négligeable sur des terrains en pente ou les zones de vents forts.

3.2. Circonférence du plant à 1 m du sol

L'analyse de variance ne montre aucune différence statistiquement significative entre les traitements de 3 à 9 mois. Cependant des différences hautement significatives ont été observées à la floraison. French clair et Ebang vert sont statistiquement égaux et présentent les plus grandes circonférences, dont les moyennes sont respectivement 48,30 cm et 47,40 cm. Ebang rouge a présenté les circonférences les plus petites (38,10 cm). Cette tendance s'est confirmée à la récolte où les moyennes ont été respectivement de 47,50 cm pour French Clair, 46,90 cm pour Ebang vert et 38,10 cm pour Ebang rouge.

3.3. Nombre de jours de la plantation à la floraison

Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements en ce qui concerne le nombre de jours de la plantation à la floraison. La moyenne générale a été de 284 jours pour chaque cultivar.

3.4. Nombre de jours de la plantation à la récolte

Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements par rapport au nombre de jours de la plantation à la récolte. La moyenne générale est de 374,83 jours pour chaque cultivar. Selon Daba (1992), la durée du cycle végétatif du bananier est étroitement liée au climat (principalement à la température, très dépendante de l'altitude sous les tropiques), ce qui occasionne des variations de cycle importantes, allant de 7 à 22 mois. Cette durée est aussi influencée par des pratiques culturales telles que l'irrigation, le matériel végétal utilisé, la période et les densités de plantation. La présente expérimentation confirme cette théorie.

3.5. Poids moyen d'un régime

Des différences statistiquement significatives ont été observées pour le poids des régimes. French Clair (Photo 2) a donné le poids le plus élevé aux régimes avec une moyenne de 13,38kg, suivi d'Ebang vert (Photo 3) et Ebang rouge qui sont statistiquement égaux, et dont les moyennes respectives sont de 8,57 kg et 6,9 kg. La synergie des paramètres de croissance observés a probablement influencé de façon positive la croissance et le développement des régimes avec des fruits mieux remplis chez French Clair, ce qui lui a permis un gain en poids des régimes par rapport à Ebang vert et Ebang rouge. Il existe, en effet, une corrélation positive entre ces paramètres et le poids du régime (Alvarez 1997). Il faut un minimum de huit feuilles fonctionnelles au moment de la floraison pour atteindre des rendements élevés. La hauteur de la plante et le poids du régime sont positivement corrélés (Jeff *et al.*, 2001).

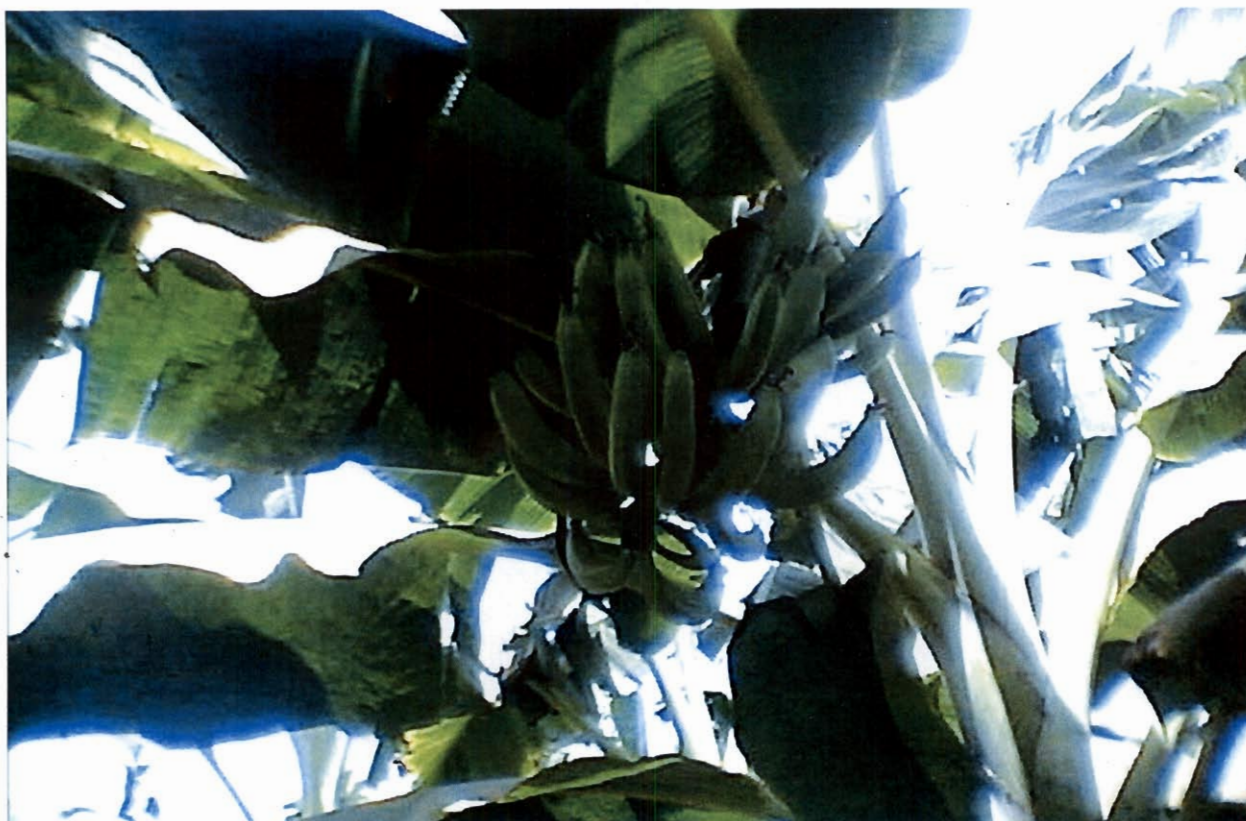


Photo 2. Un régime sur la variété 'French clair' (Photo : A. Sidibé)



Photo 3. Un régime sur la variété 'Ebang vert' (Photo : A. Sidibé)

3.6. Nombre moyen de mains par régime

Aucune différence entre les traitements n'a été observée en ce qui concerne le nombre de mains par régime : 6 mains pour Ebang rouge, 7 mains pour French Clair et Ebang vert.

3.7. Poids moyen d'une main

L'analyse de variance indique des différences statistiquement significatives entre les variétés pour ce qui est du poids moyen d'une main. Le poids moyen d'une main de French, qui est de 1,79 kg, est statistiquement plus élevé. En seconde position vient Ebang vert dont le poids moyen d'une main est de 1,48 kg. Ebang rouge vient en troisième position avec une moyenne de 1,19 kg.

3.8. Nombre moyen de doigts par main

Aucune différence n'a été relevée entre les variétés pour ce qui est du nombre de doigts par main. Les moyennes générales pour l'ensemble des traitements sont de 4,3 doigts par main pour Ebang rouge, 7,0 doigts pour French Clair et 6,2 doigts par main pour Ebang vert.

3.9. Poids moyen d'un doigt

Des différences statistiquement significatives ont été observées entre les variétés pour ce qui est du poids moyen des doigts. French clair a donné le poids le plus élevé au doigt, avec une moyenne de 0,34 kg, suivi d'Ebang vert dont la moyenne est de 0,25 kg. Ebang rouge vient en troisième position avec une moyenne de 0,22 kg.

3.10. Rendement moyen

L'analyse de variance a permis de déceler une différence significative entre le rendement moyen des variétés. Le rendement moyen le plus élevé (21,40 tonnes/ha), a été obtenu par French clair a été obtenu. Elle a été suivie

par Ebang vert dont le rendement moyen a été de 13,700 tonnes/ha.

Ebang rouge occupe la dernière place avec un rendement moyen de 11,050 tonnes/ha.

IV. Conclusion et suggestions

Les résultats de cette évaluation préliminaire font ressortir la bonne productivité de la variété French clair au cours du premier cycle à Katibougou. Ceci peut s'expliquer probablement par une bonne réaction aux pratiques culturales ainsi qu'à l'environnement. Ainsi donc, bien que French clair se soit montrée plus tardive, elle se détache des deux autres variétés avec des valeurs significativement plus élevées pour la majorité des variables de rendement. Son rendement moyen de 21,40 tonnes par hectare est également supérieur à celui de Ebang vert (13,700 tonnes/ha), qui à son tour possède un rendement supérieur à celui de Ebang rouge (11,05 tonnes/ha). Nos résultats sont similaires à ceux obtenus avec French clair et deux autres plantains du même type (AAB) en milieu paysan en Guinée Conakry par Lama M. *et al.*, 2005. Les valeurs des rendements et des paramètres de rendement obtenues dans nos conditions expérimentales sont plus faibles que celles signalées par Noupadja P. *et al.*, (2005) dans les zones sud et sud-ouest du Cameroun.

En tenant compte de ce qui précède, nous pouvons conclure que ces matériels offrent un bon potentiel de production dans les conditions environnementales et agronomiques de Katibougou. Bien évidemment, les conclusions ci-dessus formulées ne sont que partielles, car basées uniquement sur les résultats du premier cycle, ceux d'une seule année d'expérimentation. Nous suggérons alors d'étudier les performances de ces variétés avec différents niveaux d'intrants et méthodes de gestion pendant au moins quelques cycles supplémentaires, eu égard à l'intérêt géographique, économique, alimentaire et social du plantain.

Remerciements

Nous remercions la Direction du CIAM au Gabon et l'ensemble de son personnel, particulièrement Messieurs Edgard Boulembou et René Ndzamba, pour les variétés de bananier plantain qu'ils nous ont fournies.

Références bibliographiques

- Alvarez J. 1997. Introduction, étude, multiplication et dissémination d'hybrides FHIA à Cuba. *InfoMusa* 6 (2): 10-14
- Aristizabal L. M., Rodriguez L. R., Taborda J. G.. 1998. Análisis del crecimiento y producción el platano *Musa* AAB CV.(Dominico) en función del clima. P. 38.
- Cissouma M. L., Kanté C. B., Sangaré A. K. 2000. Français 4^e, Nouv. éd., Ministère de l'Education, Centre National de l'Education, Mali. p. 41.
- Coulibaly S., 2005. Etat de l'arboriculture Fruitière au Mali, in : Rapport d'activités de la campagne agricole. 2004-2005. APCAM (Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture du Mali), pp. 70
- Daba E., 1992. Influence de quelques facteurs sur le rendement du bananier à Bila (Congo), pp 55 – 71 in. Rev. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride 4
- Dembélé D., 2001. La diversification et le développement du secteur horticole en Afrique : Productions horticoles et perspectives de développement au Mali, p10
- Dembélé I., 1993. Cours de pédologie. Unité des sciences du sol. Département d'Etudes et de Recherches des Sciences et Techniques Agricoles; IPR /IFRA, Katibougou, in Notes de cours destinées aux étudiants Bac + 5ans; Tome 1, p.43.
- Gowen S., 1995. Bananas nutrition, pp. 258-316 in Bananas and Plantains.
- IER, 1992. Plan stratégique de la recherche Agronomique du Mali. Programme Cultures horticoles, p. 113.
- Jeff D., Jerry C., Karamura D. et Kodjo T., 2001. *Musalogue: Diversity in the genus Musa*, pp. 1-102, in. *Musalogue Catalogue of Musa germplasm*.
- Lama M., Sidibé N. et Barry M. L., 2005. Etude de comportement de deux variétés de bananier plantain en milieu paysan en Guinée Conakry, *MusAfrica*, vol. 2, N°1, PP 11 - 12
- Noupadja P., Kodjo T., et Djithe B., 2005. Evaluation d'hybrides de bananiers plantains (*Musa spp*) résistants à la maladie des raies noires créés au CARBAP, *MusAfrica*, vol. 2, N°1, PP 9 - 10 .
- PCDA, 2008. Plan de compétitivité de la filière bananes, 15 pages. Acte de l'atelier sur la production des bananes au Mali, Sélingué.
- Union Nationale des Producteurs de Bananes, 2010. Situations actuelles de la production de bananes au Mali. Acte de l'atelier d'élaboration d'un plan d'action pour la filière bananes au Mali. 72 pages.
- Šamla J., 1994. Subtropiques, pp. 38-44.
- Šamla J., 2009. *Musa spp.*- Bananier, pp. 74 – 83, in Subtropy- B – 2^{ème} partie de la Pratique culturelle : Conseils pour la culture des fruitiers sous les tropiques et sous les subtropiques.
- Soltner D., 2003. Les bases de la production végétale Tome I : Le sol et son amélioration, 23^{ème} édit. Collection des Sciences et Techniques Agricoles, p. 468.
- www.hubrural.org/fr/index.php : La plate-forme pour le développement rural et la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest et du Centre.
- www.izf.net : L'aide internationale au Mali : Agriculture.

Chers Auteurs,

**Envoyez vos articles aux Cahiers de l'Économie
Rurale pour la survie de votre revue**



Institut d'Économie Rurale (IER)

Tél. : (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05

Fax : (223) 20 23 37 75

B.P. 258

Rue Mohamed V

Bamako, Mali