

# TROPICULTURA

2007 Vol. 25 N°4

Trimestriel (octobre- novembre- décembre)

Driemaandelijks (oktober- november- december)

Se publica po año (octubre- noviembre- diciembre)



Les services vétérinaires en milieu pastoral, Turkana, nord-ouest du Kenya. 2002.03.20 Photo: Thierry Geenen.  
Crédit: Vétérinaires Sans Frontières, Belgium.

Editeur responsable/Verantwoordelijke uitgever: J. Vercruysse  
Square du Bastion 1A Bolwerksquare  
1050 Bruxelles/ Brussel

Avec les soutiens  
de la Direction Générale de la Coopération au Développement DGCD [www.dgcd.be](http://www.dgcd.be),  
du Service public Fédéral Affaires étrangères, Commerce extérieur  
et Coopération au Développement [www.diplobel.fgov.be](http://www.diplobel.fgov.be),  
de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer ARSOM, [www.kaowarsom.be](http://www.kaowarsom.be)  
et de la Région Bruxelles Capitale

Met de steun van  
De Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking DGOS [www.dgos.be](http://www.dgos.be),  
de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel  
en Ontwikkelingssamenwerking [www.diplobel.fgov.be](http://www.diplobel.fgov.be),  
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen [www.kaowarsom.be](http://www.kaowarsom.be)  
en van het Brusselse Gewest

BUREAU DE DEPOT – AFGIFTEKANTOOR  
BRUXELLES X / BRUSSEL X



## SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO 25,4

### ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

- Insecticidal Activities of Tunisian Halophytic Plant Extracts against Larvae and Adults of *Tribolium confusum*  
Activités insecticides de quelques plantes halophiles poussant en Tunisie vis-à-vis des larves et des adultes de *Tribolium confusum*  
Insecticide activiteiten van extracten van Tunesische halofiete planten tegen de larven en de volwassenen van *Tribolium confusum*  
Actividades insecticidas de algunas plantas halófilas de Túnez contra las larvas y los adultos de *Tribolium confusum*  
**D. Saïdana, M. Ben Halima-Kamel, M.A. Mahjoub, D. Haouas, Z. Mighri & A.N. Helal** ..... 193
- Effets comparés de deux formes d'engrais sur les rendements et la nutrition minérale en zone cotonnière au Burkina Faso  
Vergelijkend effect van twee types meststof op het rendement en op de minerale voeding van de katoenplant in het katoen gebied van Burkina Faso  
Efectos comparados de dos formas de abonos sobre los rendimientos y la nutrición mineral en zona algodonera de Burkina Faso  
**O. Traoré, B. Koulibaly & D. Dakuo** ..... 200
- Persistent Soil Seed Banks for Natural Rehabilitation of Dry Tropical Forests in Northern Ethiopia  
Banques de semences persistantes pour la réhabilitation naturelle des forêts tropicales sèches du nord de l'Éthiopie  
Bestendige zaadbanken voor de natuurlijke rehabilitatie van droge bossen in noordelijk Ethiopië  
Bancos de semillas persistentes para la rehabilitación natural de los bosques tropicales secos del norte de Etiopia  
**B. Reubens, M. Heyn, Kindeya Gebrehiwot, M. Hermy & B. Muys** ..... 204
- Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical  
Diversiteit van verwoesters van eetwaren en alternatieve methodes voor hun controle in een tropisch milieu  
Diversidad de las plagas de los alimentos y métodos alternativos de control en medio tropical.  
**L.S.T. Ngamo & Th. Hance** ..... 215
- Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin  
Effect van landgebruik op de structuur en de floradiversiteit van de dun begroeide bossen en de savanne in Benin  
Efectos de la dinámica de ocupación del suelo en la estructura y la diversidad florística de las formaciones boscosas y las sabanas en el Benin  
**B. Sounon Bouko, B. Sinsin & B. Goura Soulé** ..... 221
- Multiplication et bulbaison *in vitro* du glaïeul (*Gladiolus grandiflorus* Hort.)  
*In vitro* vermeerdering en bolvorming van gladiool (*Gladiolus grandiflorus* Hort.)  
Multiplicación y crecimiento del bulbo *in vitro* del gladiolo (*Gladiolus grandiflorus* Hort.)  
**T. Bettaieb, M. Denden, Inès Hajlaoui, M. Mhamdi & M. Methlouthi**..... 228
- Pteridium aquilinum*, une ptéridophyte envahissante des cultures pérennes du sud de la Côte d'Ivoire: quelques notes ethnobotaniques  
*Pteridium aquilinum*, een overwoekerende pteridophytum van altijddurende culturen in het Zuiden van Ivoorkust: enkele ethnobotanische nota's  
*Pteridium aquilinum*, una Pteridofita invasora de los cultivos perennes del sur de la Costa de Marfil: algunas notas etno-botánicas  
**Lydie Marie-Dominique Adou & J. Ipou Ipou** ..... 232
- Influence of Bradyrhizobium Strains on Peanut Advanced Breeding Lines (*Arachis hypogaea* L.) Yield in North Cameroon  
Influence des souches de Bradyrhizobium sur le rendement des lignées avancées d'arachide (*Arachis hypogaea* L.) au nord Cameroun  
Invloed van Bradyrhizobium stammen op het rendement van geavanceerde kweeklijnen van aardnoot (*Arachis hypogaea* L.) in Noord-Kameroen  
Influencia des cepas de Bradyrhizobium en el rendimiento de linajes avanzados de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) en el norte de Camerún  
**T. Mekontchou, M. Ngueguim & F. Pobou** ..... 235
- Séchage des amandes de karité et qualité du beurre: impact du séchage traditionnel au soleil  
Het drogen van karité amandels en boterkwaliteit: impact van het traditionele zondrogen  
Secado de almendras de karité y calidad de la manteca: impacto del secado tradicional en el sol  
**H.M. Womeni, R. Ndjouenkeu, C. Kapseu, Félicité Tchouanguép Mbiapo, M. Parmentier & J. Fanni** ..... 240
- Comportement agronomique d'une collection de pois (*Pisum sativum* L.).  
Agronomisch gedrag van een collectie erwten (*Pisum sativum* L.)  
Comportamiento agronómico de una colección de arveja (*Pisum sativum* L.)  
**Ferdous Mani, C. Hannachi, S. Rezgui & M. Bouslama** ..... 248
- LES ACTIONS DE LA DGCD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGIS/LAS ACTIVIDADES DE LA DGCD ..... 253

The opinions expressed, and the form adapted are the sole responsibility of the author(s) concerned  
Les opinions émises et la forme utilisée sont sous la seule responsabilité des auteurs  
De geformuleerde stellingen en de gebruikte vorm zijn op verantwoordelijkheid van de betrokken auteur(s)  
Las opiniones emitidas y la forma utilizada conciernen unicamente la responsabilidad de los autores

## ARTICLES ORIGINAUX

## OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

## ORIGINAL ARTICLES

## ARTICULOS ORIGINALES

## Insecticidal Activities of Tunisian Halophytic Plant Extracts against Larvae and Adults of *Tribolium confusum*

D. Saïdana<sup>1</sup>, M. Ben Halima-Kamel<sup>2</sup>, M.A. Mahjoub<sup>3</sup>, D. Haouas<sup>2</sup>, Z. Mighri<sup>3</sup> & A.N. Helal<sup>1</sup>

Keywords: Halophytic plant- Insecticidal activity- *Tribolium confusum*- Insect growth inhibition- Toxicity- Antifeedant- Tunisia

### Summary

Salt marsh plants were tested for their insecticidal activities against adults and larvae of *Tribolium confusum*. Sixteen aerial part extracts of *Frankenia laevis*, *Statice echioides*, *Suaeda fruticosa* and *Tamarix boveana* were obtained using organic solvents of increasing polarity and tested for their insect growth, antifeedant and toxicity effects. Responses varied with plant material, extract type, insect stage and exposition time. Larval growth inhibition was significantly induced by chloroformic, ethyl acetate extracts of *F. laevis*, *S. echioides* and *T. boveana*, and petroleum ether extract of *F. laevis*. On the other hand, all extracts of *S. fruticosa* and the methanolic ones of the four plants tested didn't show any significant activity. In addition, ethyl acetate extracts of *F. laevis*, *S. echioides* and *T. boveana* and petroleum ether extract of *F. laevis* presented antifeedant property. *S. fruticosa* seemed to be, however, slightly attractive to the flour beetle. For all extracts, mortality was higher for larvae than adults. By using ethyl acetate extracts of *F. laevis*, *S. echioides* and *T. boveana*, and petroleum ether extract of *F. laevis*, mortality reached respectively 97, 87, 97 and 80%, when applied at a dose of 1%, mixed with the insect diet.

### Résumé

#### Activités insecticides de quelques plantes halophiles poussant en Tunisie vis-à-vis des larves et des adultes de *Tribolium confusum*

Seize extraits des parties aériennes de plantes halophiles ont été préparés avec des solvants organiques de polarité croissante. Ces extraits sont testés pour leurs activités bio-insecticides sur les larves et les adultes de *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Le pouvoir antiappétant, la toxicité et l'inhibition de la croissance de l'insecte sont suivis. Les résultats varient en fonction du matériel végétal, de la nature de l'extrait, du stade biologique du ravageur et du temps d'exposition. La croissance en longueur des larves a été significativement inhibée par les extraits au chloroforme et à l'acétate d'éthyle de *F. laevis*, *S. echioides* et *T. boveana* ainsi que par ceux à l'éther de pétrole de *F. laevis*. Néanmoins, tous les extraits de *S. fruticosa* ainsi que les extraits méthanoliques des quatre plantes testées ne montrent aucun effet significatif sur la croissance de *Tribolium*. Cependant, les extraits à l'acétate d'éthyle de *F. laevis*, *S. echioides* et *T. boveana*, et l'extrait à l'éther de pétrole de *F. laevis* manifestent une activité antiappétente. Quant aux différents extraits de *S. fruticosa*, ils semblent présenter un léger effet attractif sur *T. confusum*. Par ailleurs, les différents extraits utilisés montrent une toxicité plus importante chez les larves que chez les adultes de *Tribolium*. Les extraits à l'acétate d'éthyle de *F. laevis*, *S. echioides* et *T. boveana*, et l'extrait à l'éther de pétrole de *F. laevis* provoquent des mortalités larvaires respectives de 97, 87, 97 et 80%, à une dose de 1%, additionnée à l'alimentation de l'insecte.

### Introduction

The struggle against insect's proliferation for the man's survival is ancient. Intensive and uncontrolled utilization of synthetic insecticides polluted sometimes very dangerously our terrestrial and marine environment (18). Annual post-harvest losses resulting from insect damage, microbial deterioration, and other factors are estimated to be 10-25% of production worldwide, and the widespread use of synthetic insecticides has led to the development of pest strains resistant to pesticides (13).

As a rich source of bioactive chemicals, plants may provide potential alternatives to used insect-control agents. Plants can also be less toxic, readily biodegradable and of great economic interest both from the agronomic and preventive medicine points of view (16). Over 2000 species of plants are known to possess some insecticidal activity, by containing

either antifeedant, repellent or insecticidal compounds that enable the crude plant material or an extracted active compound to protect stored products (7, 10).

Besides, we note that 22% of Tunisian wetlands are salty area with halophytic plants (5). This incites us to try to valorise it by looking for a possible insecticidal activity against the dangerous *Tribolium confusum* Val (Coleoptera, Tenebrionidae), in larval and adult stage, which resists to several traditional synthetic insecticides (19).

In this present study, we describe for the 1<sup>st</sup> time biological and chemical studies of some extracts of the following halophytic plants: *Frankenia laevis*, *Statice echioides*, *Suaeda fruticosa* and *Tamarix boveana*. Antifeedant properties, toxicity and larval growth inhibition were considered.

<sup>1</sup>Laboratory of Protection and Valorisation of plant resource. School of Horticulture and Animal Production. Chott Mariam, 4042 Sousse. Tunisia.

<sup>2</sup>Laboratory of Entomology, School of Horticulture and Animal Production. Chott Mariam, 4042 Sousse. Tunisia.

<sup>3</sup>Laboratory of Natural Substances Chemistry and Organic Synthesis. Faculty of Sciences. 5000, Monastir. Tunisia.

Z. Mighri: Zine\_mighri2002@yahoo.fr, D. Saïdana: Dhouha\_sai@yahoo.fr, M. Ben Halima-Kamel: Kamonia\_tn@yahoo.fr

Received on 19.12.05 and accepted for publication on 27.04.06.

## Materials and methods

**Table 1**  
Plants collected and tested for eventual insecticidal activity

Plants	Abbreviation	Family	Collection date	Collection region
<i>Frankenia laevis</i>	F.l.	Frankeniaceae	23-may-2004	Sebkhet Chott Mariam
<i>Statice echioides</i>	S.e.	Plombaginaceae	2-jan-2004	Sebkhet Sidi Abdelhamid
<i>Suaeda fructicosa</i>	S.f.	Chenopodiaceae	17-may-2004	Sebkhet El Kalbia
<i>Tamarix boveana</i>	T.b.	Tamaricaceae	17-may-2004	Sebkhet El Kalbia

### 1. Plant materials

The four plant species belong to several families (Table 1). Aerial parts were collected in different regions of Tunisia, mainly when plants were at flowering stage. Voucher specimens are deposited in the herbarium of Faculty of Sciences, Monastir, Tunisia.

### 2. Preparation of the extracts

Powdered aerial parts of each plant (500 g) were extracted three times by maceration with methanol for 96 h, then by using successively three solvents of increasing polarity: petroleum ether, chloroform and ethyl acetate. The residues obtained after solvents evaporation (at reduced pressure) were indexed as follow: E<sub>1</sub> for the petroleum ether extract, E<sub>2</sub> for the chloroformic extract, E<sub>3</sub> for ethyl acetate extract and E<sub>4</sub> for the methanolic extract.

These extracts of the tested plants were dissolved in appropriate solvent at concentration of 1% and kept at 4 °C.

### 3. Insects cultures

Larvae (3 mm of length) and young adults (10-15 days old) of the pest *T. confusum* were obtained from same-age cultures. Insects were fed with white wheat flour and beer yeast (95:5) and incubated at a constant temperature of 30 °C and 70% r.h., in darkness.

Parent adults were provided by laboratory of Entomology

reserve, High School of Horticulture and Animal Production.

### 4. Bioassays

Plant extracts were tested for their antifeedant, toxic and insect growth inhibition effects. To evaluate the antifeedant property, the method described by Bloszyk *et al.* (6) was adopted, using diet discs, weighing about 20 mg and 1 cm diameter. 5 µl of extracts were mixed with discs, allowed to evaporate at 30 °C during 24 h and then weighed before being offered to larvae and young adults in three replications of ten insects of each stage inside 4-cm diameter glass Petri dishes. A control was prepared in the same way but extract application was excluded. Feeding of insects was recorded under three conditions: (1) on pure food (control: CC); (2) on food with possibility of choice (choice test: EC); (3) on food with the extracts tested (no choice test: EE). The loss in weight for each set of discs (amount consumed) after 7 and 14 days was used to calculate the antifeedant index (T).

The antifeedant index provides a measure of unpalatableness of a substance, which was reported as the antifeedant scale (6). This scale infers that (T) values from 200 to 151 as excellent, 150 to 101 as good, 100 to 51 as medium, while 50 to 1 as neutral (or at most slight) antifeedant actions. On the contrary, a negative (T) suggests

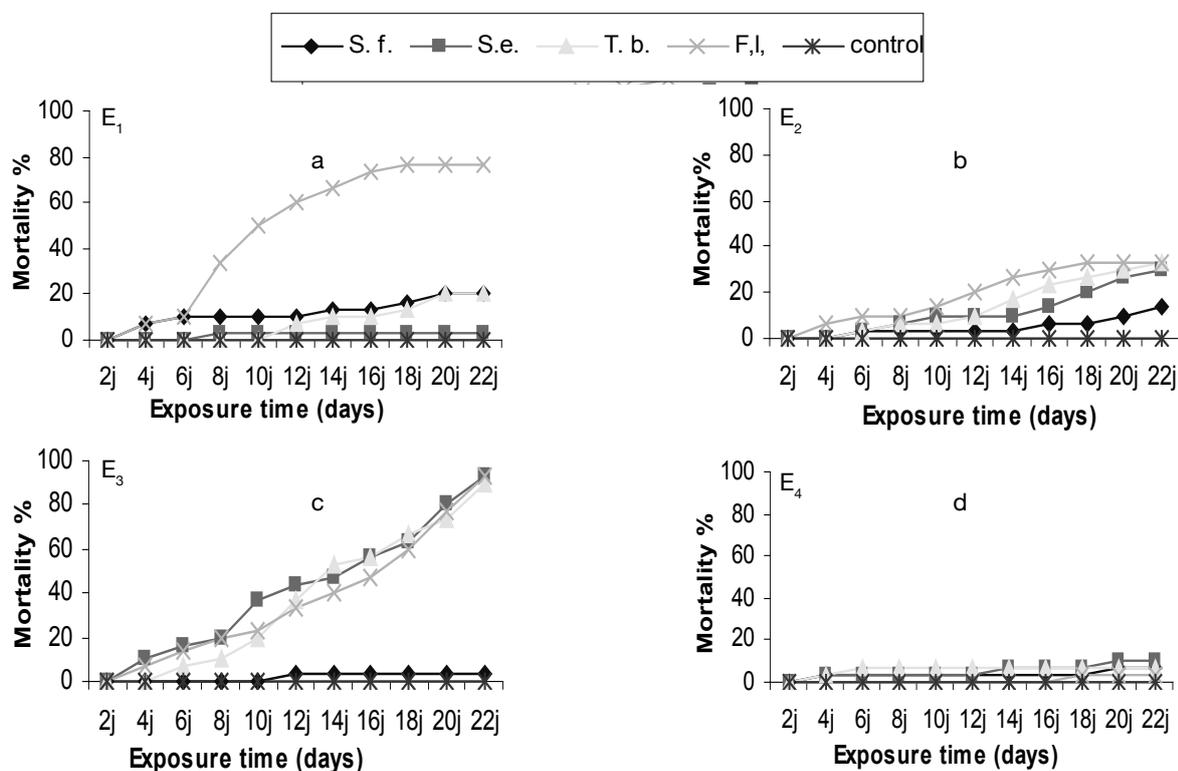


Figure 1: Mortality percentage of *T. confusum*, in larval stage, exposed with choice option to the petroleum ether extract (E<sub>1</sub>), the chloroformic extract (E<sub>2</sub>), ethyl acetate extract (E<sub>3</sub>) and methanolic extract (E<sub>4</sub>) of the four tested halophytes.

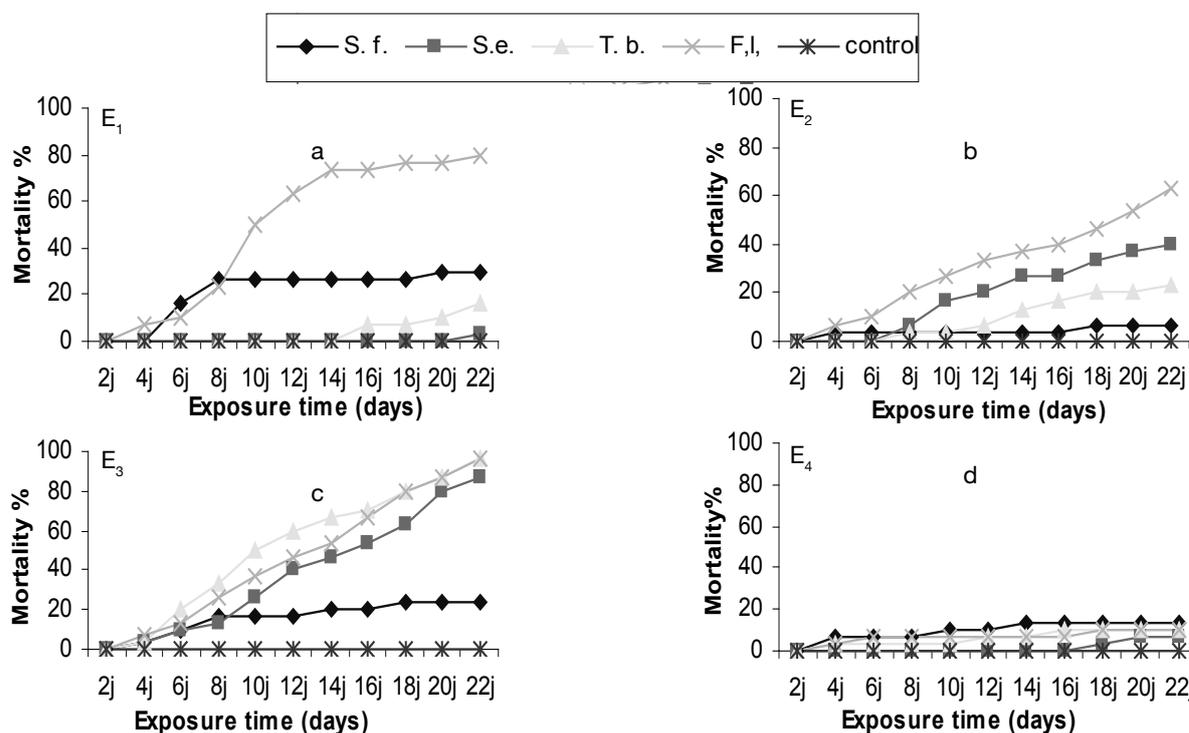


Figure 2: Mortality percentage of *T. confusum*, in larval stage, exposed without choice option to E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> and E<sub>4</sub> of the four tested halophytes.

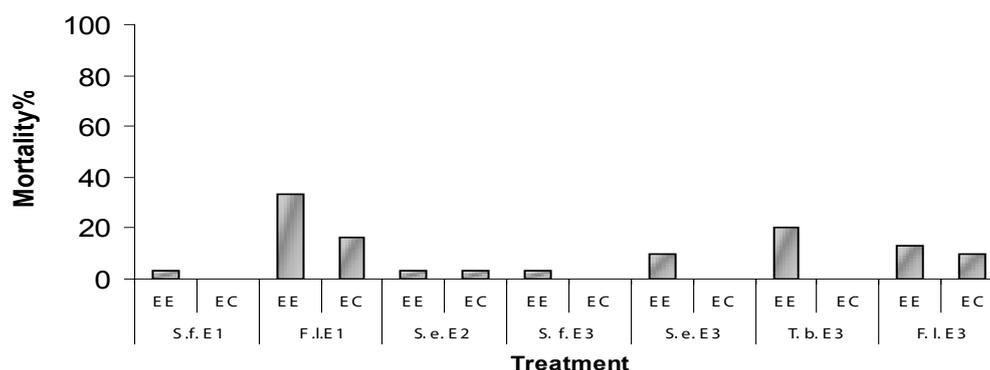


Figure 3: Mortality percentage of *T. confusum*, in adult stage exposed with and without choice option to E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> and E<sub>4</sub> of the four tested halophytes and calculated after fourteen days. The cases where both EE and EC equal zero are not figured.

that the substance is an insect attractant. This attractive effect is however at most slight when (T) is contained between 0 and -50.

$$T = (CC - EE) + (C - E)$$

In the precedent described Petri dishes, mortality was determined every two days during the essay (22 days), the percentage was calculated and compared with the control. Larval growth inhibition was obtained by measuring length growth, recorded every four days until the end of larval stage and compared with the control.

## 5. Statistical analysis

Statistical comparisons of larval growth were performed with SPSS version 10.0. Analyses of variance (one way ANOVA), were followed by means comparisons (at  $P = 0.05$  and  $P = 0.01$ ) and Tukey test.

## Results

### 1. Antifeedant activity

Antifeedant index (T), calculated after 7 and 14 days in the tested and the controlled glass Petri dishes was summarized in table 2 (larvae) and table 3 (adults).

*F. laevis* E<sub>1</sub>, E<sub>3</sub>, *S. echioides* E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> and *T. boveana* E<sub>3</sub>

showed medium antifeedant actions after fourteen days of experience, when applied at concentration of 1%, mixed with the diet. Nevertheless, only larval period was concerned.

*S. fructicosa* seems to be slightly attractive to *T. confusum*, by presenting a negative antifeedant index against both larvae and adults with E<sub>4</sub>, and only larvae with E<sub>2</sub> and E<sub>3</sub>.

### 2. Toxicity test

E<sub>3</sub> of *F. laevis*, *S. echioides* and *T. boveana* gave the best results because, comparative to control; 97, 87 and 97% of mortality in larvae was respectively produced (Figures 1c and 2c). Other significant values of larval mortality were induced by *F. laevis* E<sub>1</sub> and E<sub>2</sub> for both choice (Figures 1a and 1b) and no choice essay (Figures 2a and 2b). Presenting high percentage of mortality with several extracts, *F. laevis* appears the most toxic halophyte for the confused flour beetle *T. confusum*.

Larvae seem to be more sensitive than adults, the mortality of which didn't exceed 33% after fourteen days, when *F. laevis* E<sub>1</sub> was applied (Figure 3).

### 3. Insect growth inhibition

Lengths of larvae exposed to different extracts of halophytic plants, are given in table 4. Although 100% of mortality was



Table 3 Antifeedant index (T), calculated after 7 and 14 days for adults of *T. confusum*

			7 days			14 days			
			%	T	AC	%	T	AC	
Petroleum ether extract	E <sub>1</sub>	<i>S.f.</i>	EE	27.00	10.43	NA	43.03	15.2	NA
			EC	14.80			26.05		
			C	31.30			49.00		
		CC	20.94		35.28				
	<i>S.e.</i>	EE	15.82	3.06	NA	25.31	3.35	NA	
		EC	15.78			26.59			
		C	13.72			19.97			
		CC	20.94		35.28				
	<i>T.b.</i>	EE	17.41	9.01	NA	32.85	9.25	NA	
		EC	9.25			23.44			
		C	14.74			30.26			
		CC	20.94		35.28				
<i>F.l.</i>	EE	10.68	9.28	NA	17.48	15.3	NA		
	EC	9.75			16.62				
	C	8.77			14.10				
	CC	20.94		35.28					
Chloroformic extract	E <sub>2</sub>	<i>S.f.</i>	EE	21.66	21.94	NA	39.91	16.91	NA
			EC	11.26			29.31		
			C	14.92			31.76		
		CC	39.95		54.37				
	<i>S.e.</i>	EE	13.25	3.87	NA	22.77	9.15	NA	
		EC	36.69			43.78			
		C	13.87			21.33			
		CC	39.95		54.37				
	<i>T.b.</i>	EE	43.37	12.12	NA	54.34	16.30	NA	
		EC	43.57			48.31			
		C	59.12			64.59			
		CC	39.95		54.37				
<i>F.l.</i>	EE	11.51	35.4	NA	20.26	43.75	NA		
	EC	8.29			11.59				
	C	15.25			21.24				
	CC	39.95		54.37					
Ethyl acetate extract	E <sub>3</sub>	<i>S.f.</i>	EE	24.16	3.06	NA	48.73	5.73	NA
			EC	19.79			40.61		
			C	25.62			52.66		
		CC	21.39		42.41				
	<i>S.e.</i>	EE	8.33	15.9	NA	15.80	29.92	NA	
		EC	7.54			14.52			
		C	10.37			17.85			
		CC	21.39		42.41				
	<i>T.b.</i>	EE	9.95	10.08	NA	18.51	16.51	NA	
		EC	13.97			26.95			
		C	12.61			19.57			
		CC	21.39		42.41				
<i>F.l.</i>	EE	18.97	2.67	NA	25.77	16.4	NA		
	EC	8.08			16.36				
	C	8.33			16.12				
	CC	21.39		42.41					
Methanolic extract	E <sub>4</sub>	<i>S.f.</i>	EE	1.03	-3.3	AT	3.40	-7	AT
			EC	17.70			34.03		
			C	2.5			4.00		
		CC	12.89		26.47				
	<i>S.e.</i>	EE	23.44	3.48	NA	33.57	2.56	NA	
		EC	17.63			30.55			
		C	31.66			40.21			
		CC	12.89		26.47				
	<i>T.b.</i>	EE	13.96	0.63	NA	26.11	1.27	NA	
		EC	13.14			22.8			
		C	14.84			23.71			
		CC	12.89		26.47				
<i>F.l.</i>	EE	13.76	0.52	NA	21.63	3.4	NA		
	EC	18.09			31.60				
	C	19.48			30.16				
	CC	12.89		26.47					

AC: antifeedant coefficient, %: consumption pourcentage, AT: attractive action, MA: medium antifeedant action, NA: neutral antifeedant action. *F.l.*: *Frankenia laevis*, *S.e.*: *Statice echioides*, *S.f.*: *Suaeda fructicosa* and *T.b.*: *Tamarix boveana*. CC: control, EC: choice test, E: treated disc, C: control disc, EE: no choice test.

**Table 4**  
**Larval growth inhibition of *T. confusum* caused by active halophyte extracts at concentration of 1% in diet (mm)**

			4j	±SE	S	8j	±SE	S	12j	±SE	S	
Petroleum ether extract	E <sub>1</sub>	EE	<i>S.f.</i>	3.64	0.7	ns	3.79	0.6	ns	4.64	0.5	ns
			<i>S.e.</i>	3.43	0.5	ns	3.9	0.6	ns	4.35	0.6	ns
			<i>T.b.</i>	3.47	0.3	ns	3.83	0.4	ns	4.35	0.6	ns
			<i>Fl.</i>	2.8	0.4	***	2.9	0.4	***	1.83	0.3	***
		EC	<i>S.f.</i>	3.59	0.5	ns	3.8	0.7	ns	4.5	0.5	ns
			<i>S.e.</i>	3.47	0.4	ns	3.94	0.6	ns	4.41	0.6	ns
			<i>T.b.</i>	3.73	0.4	ns	4.16	0.6	ns	4.79	0.7	ns
			<i>Fl.</i>	2.78	0	***	2.88	0.5	***	3.33	0.3	**
	CC		3.77	0.7		4.15	0.3		4.82	0.5		
Chloroformic extract	E <sub>2</sub>	EE	<i>S.f.</i>	3.88	0.5	ns	4.43	0.5	**	5.28	0.5	**
			<i>S.e.</i>	3.03	0	***	3.38	0.6	***	3.46	0.7	***
			<i>T.b.</i>	3.22	0.5	**	3.37	0.6	**	3.36	0.6	***
			<i>Fl.</i>	2.95	0.3	***	3.17	0.3	***	3.26	0.6	***
		EC	<i>S.f.</i>	3.68	0.6	ns	4.16	0.8	ns	4.91	0.8	ns
			<i>S.e.</i>	3.25	0.5	**	3.42	0.5	**	3.41	0.5	***
			<i>T.b.</i>	3.3	0.4	*	3.5	0.5	*	3.46	0.5	***
			<i>Fl.</i>	3.15	0.3	***	3.38	0.6	**	3.27	0.4	***
	CC		3.61	0.5		3.88	0.6		4.6	0.6		
Ethyl acetate extract	E <sub>3</sub>	EE	<i>S.f.</i>	3.65	0.5	ns	3.96	0.6	**	4.68	0.6	ns
			<i>S.e.</i>	2.92	0.2	***	2.92	0.3	***	3.03	0	***
			<i>T.b.</i>	2.9	0.3	***	2.97	0.2	***	2.92	0	***
			<i>Fl.</i>	3.02	0	***	3	0.5	***	3.2	0.4	***
		EC	<i>S.f.</i>	3.67	0.5	ns	4.07	0.7	*	4.5	0.8	*
			<i>S.e.</i>	2.89	0.2	***	3.01	0.4	***	2.83	0.5	***
			<i>T.b.</i>	2.83	0.3	***	2.94	0.2	***	3.41	0.4	***
			<i>Fl.</i>	3.05	0	***	2.97	0.3	***	3	0.3	***
	CC		3.78	0.6		4.52	0.7		5.07	0.8		
Methanolic extract	E <sub>4</sub>	EE	<i>S.f.</i>	3.69	0.5	ns	4.44	0.6	ns	4.88	0.7	ns
			<i>S.e.</i>	3.5	0.5	**	4.13	0.8	ns	4.3	0.6	ns
			<i>T.b.</i>	3.57	0.5	**	4.38	0.8	ns	4.65	0.4	ns
			<i>Fl.</i>	3.57	0.6	**	4.13	0.7	ns	4.3	0.5	ns
		EC	<i>S.f.</i>	3.74	0.5	ns	4.39	0.5	ns	4.84	0.6	ns
			<i>S.e.</i>	3.62	0.5	*	4.31	0.8	ns	4.6	0.8	ns
			<i>T.b.</i>	3.64	0.5	ns	4.4	0.6	ns	4.53	0.5	ns
			<i>Fl.</i>	3.62	0.5	**	4.37	0.4	ns	4.78	0.5	ns
	CC		4.05	0.6		4.6	0.7		5.23	0.8		

S: signification of the difference between EE (or EC) and CC; ns: non significant;

\*0.01 < P < 0.05; \*\*0.001 < P < 0.01; \*\*\*P < 0.001. CC: control (pure food); EC: choice test (food with possibility of choice); EE: no choice test (food with the extracts tested).

not noted during the experimental period, a high significant reduction of larval growth was precociously observed with *F. laevis* E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> and E<sub>3</sub>, *S. echioides* E<sub>2</sub> and E<sub>3</sub> and *T. boveana* E<sub>3</sub> (after four days) and continued to the end of experience. Same results were found with or without choice option. By using *F. laevis* E<sub>4</sub>, larval lengths reached only 38% of the control after 12 days with choice option.

## Discussion

In the course of this present study, 16 halophytic plant extracts were tested for their bio-insecticidal activities against larvae and adults of *T. confusum*. Antifeedant effect, toxicity and insect growth inhibition were followed up. Responses varied with plant material, extract type, insect stage and exposition time.

*F. laevis*, *S. echioides* and *T. boveana* ethyl acetate extracts

were more powerful inhibitor of feeding than the others. They presented high toxicity and affected significantly larval growth of the confused flour beetle, when applied at a concentration of 1%. These halophytic plants apparently look promising when they could be applied at slightly higher doses as insecticides.

High insecticidal activity of petroleum ether of *F. laevis* was also noted, which led us to deduce that *F. laevis* could be used as natural agent for pest control. In this way, only 1.6% of the survival from *Diorhabda elongate* Brullé *deserticola* (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae to adults was averaged on three *Frankenia* plants (8). These plants seem to have real antifeedant activity, repulsive effect and almost complete sterilized action against *D. deserticola* (12), whereas, 55-67% of these insect larvae completed their development on *Tamarix* species (8).

*S. fructicosa* seems to be slightly attractive to *T. confusum*.

However, most *Chenopodiaceae* have been mentioned to have pesticide properties (20).

*T. confusum* can survive at application rates of substances which are lethal for other stored-grain beetle species (1, 2, 3, 9, 11) and slightly higher dose rates are needed to kill all larvae of this insect. Larvae seem to be more sensitive than adults (19).

The 1,8-cineole compound, isolated from essential oil of *Ocimum kenyense*, was highly toxic to *T. confusum* (14) while  $\alpha$ -pinene and the terpineol possessed potent toxic effects to this insect (15).

*F. laevis* E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> and E<sub>3</sub>, *S. echioides* E<sub>2</sub> and E<sub>3</sub> and *T. boveana* E<sub>3</sub> affected significantly *T. confusum* larval growth. In this regard, an arrest in the larval stage of *T. confusum* was noted after exposure to a treatment with hydroprene. This treatment

caused either important morphological deformities or wing deformities and dead of emergent adults (4). The toxic effect may be attributed to reversible competitive inhibition of acetylcholinesterase by occupation of the hydrophobic site of enzyme's active centre (17).

Halophytic plants such as *F. laevis*, *S. echioides* and *T. boveana* seem to be interesting for investigation in pest control, then chemical researches could be done to isolate and identify their active principles. That will be a part of our future research.

### Acknowledgements

We are grateful to Dr. Skhiri F. and Dr. Ommezine A. for plant identification.

### Literature

1. Aldryhim Y.N., 1990, Efficacy of the amorphous silica dust, Dryacide, against *Tribolium confusum* Duval and *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Tenebrionidae and Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 26, 207-210.
2. Arthur F.H., 2000a, Toxicity of diatomaceous earth to red flour beetles and confused flour beetles (Coleoptera: Tenebrionidae): effects of temperature and relative humidity. J. Econ. Entomol. 93, 526-532.
3. Arthur F.H., 2000b, Impact of food source on survival of red flour beetles and confused flour beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed to diatomaceous earth. J. Econ. Entomol. 93, 1347-1356.
4. Arthur F. H. & Hoernemann C.K., 2004, Impact of physical and biological factors on susceptibility of *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) to new formulations of hydroprene. J. of Stored Products Research, 40, 251-268.
5. Bel Hadj Kacem S., Karem A. & Maamouri F., 1993. Zones humides de la Tunisie. Ed. SNIPE « la Presse ». p 23.
6. Bloszyk E., Szafranski F., Drozd B. & Al-Shameri A., 1995, African plants as antifeedants against stored-product insect pests. J. of Herbs, Spices and Medicinal Plants, 3, 25-36.
7. Bouda H., Tapondjou A.L., Fontem D.A. & Gumedzoe M.Y.D., 2001, Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). J. of Stored Prod. Res. 37, 103-109.
8. De Loach C.J., Lewis P.A., Herr J.C., Carruthers R.I., Tracy James L. & Johnson J., 2003, Host specificity of the leaf beetle, *Diorhabda elongata deserticola* (Coleoptera: Chrysomelidae) from Asia, a biological control agent for saltcedars (*Tamarix*: Tamaricaceae) in the Western United States. Bio. control. Vol. 27, Issue 2, 117-147.
9. Fields P. & Korunic Z., 2000, The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. J. Stored Prod. Res. 36, 1-13.
10. Klocke J.A., 1989, Plant compounds as source and models of insect-control agents. In: Hostettmann, K. (ed), Economic and Medicinal Plant Research. Academic Press, London, pp. 103-104.
11. Kubo I., 1991, Screening techniques for plant-insect interactions. In.: Methods in Plants Biochem. vol. 6. Academic. Press, London, pp. 179-193.
12. Lewis Phil A., DeLoach C. Jack, Herr John C., Dudley Tom L. & Carruthers Raymond I., 2003, Assessment of risk to native *Frankenia* shrubs from an Asian leaf beetle, *Diorhabda elongata deserticola* (Coleoptera: Chrysomelidae), introduced for biological control of saltcedars (*Tamarix* spp.) in the western United States. Bio. Control Vol. 27, Issue 2, 148-166.
13. Mohan S. & Fields P.G., 2002, A simple technique to assess compounds that are repellents or attractive to stored product insects. Journal of Stored Products Research, 33, 289-298.
14. Obeng-Ofori D., Reichmuth C.H., Bekele J. & Hassanali A., 1997, Biological activity of 1, 8 cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) against stored product beetles. J. of App. Ento. 121, 237-243.
15. Ojmelukwe P.C. & Adler C., 1999, Potential of Zimtaldehyde, 4-allyl-anisol, linalool, terpineol and other phytochemicals for the control of confused flour beetle (*Tribolium confusum* J.D.V.) (Col; Tenebrionidae). J. of Pesticide Science, 72, 81-86.
16. Rosenthal G.A., 1986, The chemical defense of higher plants. Scientific American Jan. 94-99.
17. Ryan M.F. & Byrne O., 1988, Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. J. of Chem. Ecol. 14, 1965-1975.
18. Tapondjou A.L., Adler C., Fontem D.A, Bouda H. & Reichmuth C., 2005, Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. J. of Stored Prod. Res. 41, 91-102.
19. Vayias B.J. & Athanassiou C.G., 2004, Factors affecting the insecticidal efficacy of the diatomaceous earth formulation SilicoSec against adults and larvae of the confused flour beetle, *Tribolium confusum* DuVal (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Crop Prot. 23, 565-573.
20. Yang R.Z. & Tang C.S., 1988, Plants used for pest control in China: a literature review. Econ. Bot. 42, 3, 376-406.

D. Saïdana, Tunisian, Doctorant, Assistant in Faculty of Sciences, a member of the laboratory of Natural Substances Chemistry and Organic Synthesis and belongs to the unit of research "Protection and Valorisation of plant resource".

M. Ben Halima-Kamel, Tunisian, Professor, Professor assistant in High School of Horticulture and Animal Production. Chott Mariam, Sousse. Tunisia.

M.A. Mahjoub, Tunisian, Doctorant, Assistant in Marine Biotechnology Institute and a member of the laboratory of Natural Substances Chemistry and Organic Synthesis.

D. Haouas, Tunisian, Doctorant, Assistant in High School of Horticulture and Animal Production. Chott Mariam, Sousse. Tunisia.

Z. Mighri, Tunisian, Professor, Director of the laboratory Natural Substances Chemistry and Organic Synthesis.

A.N. Helal, Tunisian, Professor, Rector of the University of Sousse. Tunisia.

# Effets comparés de deux formes d'engrais sur les rendements et la nutrition minérale en zone cotonnière au Burkina Faso

O. Traoré<sup>1</sup>, B. Koulibaly<sup>1</sup> & D. Dakuo<sup>2</sup>

Keywords: Cotton- Fertilization- Complex formulation- Bulk formulation- Yield- Mineral Nutrition- Burkina Faso

## Résumé

*Le coût élevé des engrais minéraux constitue un des facteurs limitants en culture cotonnière. Des expérimentations ont été menées dans 4 sites de la zone cotonnière du Burkina Faso pendant deux années consécutives. La forme bulk, moins coûteuse est comparée à la forme complexe de l'engrais coton habituellement utilisé. Le dispositif expérimental utilisé est un bloc Fisher comparant les 4 traitements suivants: le témoin sans engrais, le complexe coton, le bulk blending, le bulk local. Les éléments N, P, K, S et B sont apportés respectivement aux doses constantes de 44; 44,5; 21; 9 et 1,5 kg/ha pour les parcelles fertilisées. Les résultats obtenus montrent que sur des sols acides, pauvres en matière organique et en bases échangeables, les rendements obtenus par le bulk et le complexe sont équivalents. La nutrition minérale du cotonnier est assurée aussi bien par le bulk que le complexe coton et se traduit par des indices de nutrition optimale (> 100) en phosphore, potassium et soufre. Le bulk, avec un plus faible coût, confirme par son efficacité agronomique équivalente à celle du complexe, l'intérêt de son utilisation en culture cotonnière.*

## Summary

### Compared Effects of Two Formulations of a Mineral Fertilizer on Yield and Mineral Nutrition of Cotton in Burkina Faso

*The high cost of mineral fertilizers is the main constraint in cotton production. Experimentations were led during 2 years on 4 sites of cotton production area of Burkina Faso. The bulk formulation of cotton mineral fertilizer was compared to the complex formulation commonly used in cotton production. The experimental design is a block Fisher with 4 treatments and 6 replicates. The following treatments were applied: control without fertilizer, complex formulation of the mineral fertilizer, bulk blending formulation of the mineral fertilizer, local bulk formulation of the mineral fertilizer. N, P, K, S and B were respectively applied at constant rates of 44; 44.5; 21; 9 and 1.5 kg/ha on fertilized soils. The results showed that on acidic soils, with low organic matter content, no significant difference was obtained between the complex and the bulk formulation of the mineral fertilizer, with respect to the yields. Cotton mineral nutrition was supplied as well by the bulk as the complex formulation and this explained the high nutrition indexes (>100) for N, P and S. The bulk formulation with a lower cost than the complex formulation and an agronomic efficiency equivalent to that of the complex formulation, confirms the interest of using this formulation in cotton production.*

## Introduction

L'utilisation optimale des engrais est un des moyens les plus efficaces pour accroître la production agricole en Afrique subsaharienne. Cette région du monde est pourtant confrontée à des problèmes d'approvisionnement et de distribution des engrais (6, 17). Dans les systèmes de culture à base de cotonnier, la durabilité semble reposer principalement à la fois sur la fertilisation et sur les techniques de gestion rationnelle de la fertilité (15). Les formules d'engrais coton utilisées au Burkina Faso ont évolué au cours du temps pour mieux s'adapter aux conditions du sol tout en couvrant les besoins minéraux du cotonnier (8). Cependant, le coût élevé des engrais constitue une contrainte pour la production cotonnière et explique de ce fait les dérives (sous-dosage des engrais) en matière de fertilisation (12). Ainsi, dans le but de réduire le coût de la fertilisation du cotonnier, la forme bulk de l'engrais coton, moins chère que l'engrais complexe coton, a été testée pour évaluer ses effets sur les rendements et la nutrition minérale du cotonnier

## Matériel et méthodes

### Sites d'expérimentation

Des expérimentations ont été conduites en plein champ durant deux années consécutives (1994 et 1995), sur quatre sites qui se caractérisent par une pluviométrie comprise entre 800 et 1000 mm et un climat de type sud soudanien. Ces expérimentations ont été implantées, d'une part, en milieu contrôlé sur la station de recherche agricole

de Farako-Bâ (longitude 4°20 ouest, latitude 11°06 nord) et sur la ferme semencière de la société des fibres et textiles du Burkina (SOFITEX) à Boni (longitude 3°32' ouest, latitude 11°49' nord) et, d'autre part, en milieu semi-contrôlé dans les points d'appui à la pré vulgarisation et aux expérimentations multilocales de Kourouma et Diarabakoko.

### Matériel végétal

Trois variétés de cotonnier ont été utilisées. Il s'agit de la variété STAM42 pour le site de Boni, la variété FK290 pour les sites de Farako-Bâ et Diarabakoko et la variété GL7 pour le site de Kourouma. Ces variétés ont un cycle de 150 jours et des productivités en coton-graine de 1357 kg/ha pour GL7 et 2200 kg/ha pour STAM42 et FK290. La protection phytosanitaire des cotonniers a été réalisée à partir du 30<sup>e</sup> jour après la levée par des applications d'insecticides toutes les deux semaines d'intervalle.

### Fumure minérale

La fertilisation des cotonniers a été assurée par l'engrais coton NPKSB de la firme HYDROCHEM de formule 14-23-14-6-1 sous trois formes: la forme complexe, la forme bulk blending et la forme bulk local.

La forme complexe, appelée complexe coton, est un produit homogène fabriqué par voie chimique. Le bulk blending, est obtenu par un mélange mécanique d'engrais simples et binaires à l'usine. Le bulk local résulte d'un mélange manuel

<sup>1</sup>Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), BP 208, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

<sup>2</sup>Société Burkinabé des fibres et textiles (SOFITEX), BP 147, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

Reçu le 16.12.05 et accepté pour publication le 28.04.06.

d'engrais simples et binaires selon les proportions suivantes: 50% de phosphate d'ammoniaque ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>), 25% de sulfate d'ammoniaque (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 24% de chlorure de potassium (KCl) et 1% de boracine (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> · 10H<sub>2</sub>O). L'urée (46% N) est apportée à 40 jours après le semis du cotonnier pour le complément d'azote.

## Méthodes

Le dispositif expérimental est un bloc Fisher comportant 4 traitements et 6 répétitions. Les traitements appliqués aux parcelles élémentaires et correspondants aux formes d'engrais sont les suivants: témoin sans apport d'engrais, complexe coton, bulk blending, bulk local. Les parcelles fertilisées ont reçu des doses constantes de N, P, K, S et B qui sont respectivement 44; 44,5; 21; 9 et 1,5 kg/ha. Ces doses correspondent à un apport de 150 kg/ha d'engrais NPKSB et 50 kg/ha d'urée. La parcelle élémentaire d'une superficie de 80 m<sup>2</sup> comporte 5 lignes de plantes de cotonnier de 20 m de long avec des écartements de 0,80 m entre les lignes.

## Analyses et paramètres mesurés

Des prélèvements de sol ont été effectués sur l'horizon 0-20 cm. Les sols ont été ensuite séchés à température ambiante puis tamisés à 2 mm pour analyse. Des feuilles de cotonnier ont été prélevées à 70 jours après semis (diagnostic foliaire IRCT), sur les sites de Farako-Bâ et Boni en vue de déterminer les indices de nutrition des principaux éléments minéraux. Ces indices de nutrition en azote (I<sub>N</sub>), en phosphore (I<sub>P</sub>), en potassium (I<sub>K</sub>) et en soufre (I<sub>S</sub>) sont déterminés à partir des formules suivantes (5):

$$I_N = -1,65 + 14,55 * N + 3,84/P + 1,42 * p$$

$$I_P = 82,29 - 5,87/P + 12,45 * S + 1,45 * p$$

$$I_K = 93,11 - 71,08/K + 2,25/S + 2,99 * f$$

$$I_S = 99,60 - 6,58/S + 11,3/P + 1,24 * f$$

Où N, P, K et S exprimés en %, représentent la teneur de ces éléments dans la matière sèche, p exprimé en g, est le poids sec de 30 feuilles séchées à 70 °C à l'étuve et où f, une constante, correspond au niveau de floraison des plants au 70<sup>e</sup> jour après les semis.

La nutrition est alors estimée optimale pour un élément donné si l'indice est supérieur à 100, bonne si l'indice est compris entre 90 et 100, déficiente si l'indice est compris entre 80 et 90 et carencée si l'indice est inférieur à 80 (5).

A la récolte, les rendements en coton-graine ont été mesurés.

## Traitement des données

Le traitement statistique des données a été réalisé à l'aide du logiciel STATITCF. Le test de Newman-Keuhls est choisi pour

la comparaison des moyennes lorsque l'analyse de variance révèle des différences significatives entre les traitements au seuil de probabilité 5%.

## Résultats

### Caractéristiques chimiques des sols

Les caractéristiques chimiques des sols indiquent d'importantes disparités entre les sites. Les teneurs des sols en matière organique sont inférieures à 1% avec les plus faibles teneurs à Diarabakoko. Sur l'ensemble des sites, les teneurs en phosphore assimilable sont faibles, se situant en dessous du seuil critique de 30 ppm défini par Berger *et al.* (2). Le complexe absorbant se caractérise par une pauvreté en bases échangeables surtout pour les sols de Diarabakoko. Ces sols sont fortement désaturés à Farako-Bâ et Boni avec respectivement des taux de saturation de 37 et 29%. A Kourouma et Diarabakoko par contre, les taux de saturation sont supérieurs à 80% (Tableau 1). Les pH, avec des valeurs comprises entre 5,2 et 5,75 montrent que ces sols sont acides avec un début d'apparition d'aluminium échangeable qui peut provoquer des phénomènes de toxicité sur cotonnier (4). Le P assimilable (P Olsen) demeure faible dans tous les sols avec des valeurs inférieures à 13 ppm.

### Influence des formes d'engrais sur les rendements et la nutrition minérale du cotonnier

Les rendements en coton graine varient selon les sites et sont influencés par les fumures appliquées (Tableau 2). Sur le témoin sans engrais, les rendements diminuent en moyenne de 29% en 1994 et de 19% en 1995 par rapport au complexe coton. Les rendements obtenus avec le complexe coton, le bulk blending et le bulk local sont équivalents sur tous les sites pendant les deux années d'expérimentation à l'exception du site de Boni en deuxième année. Sur les 4 sites, le rendement moyen en coton-graine obtenu sur les 2 années avec le bulk blending est amélioré de 5% par rapport à celui du complexe coton.

Le traitement sans engrais présente une nutrition azotée déficiente à Farako-Bâ comme à Boni avec des valeurs I<sub>N</sub> compris entre 80 et 90. L'apport des engrais améliore la nutrition azotée du cotonnier qui passe d'un stade de déficience à une nutrition azotée optimale (I<sub>N</sub> > 95). La forme bulk comme la forme complexe influence peu la nutrition du cotonnier en N, P, K et S (Tableau 3). Avec l'application d'engrais, les indices de nutrition pour l'azote et le potassium sont plus élevés à Farako-Bâ qu'à Boni où on obtient en revanche de meilleurs indices de nutrition phosphatée. Dans

**Tableau 1**  
Caractéristiques chimiques des sols des quatre sites sur l'horizon 0-20 cm

Caractéristiques	Farako-Bâ	Boni	Kourouma	Diarabakoko
Matière organique (%)	0,71	0,94	0,88	0,62
N total (%)	0,07	0,08	0,41	0,34
P assimilable (ppm)	6,75	12,71	4,6	12,7
P total (ppm)	34	34	134,1	57,3
Ca <sup>++</sup> (méq/100 g)	1,09	0,72	2,63	0,50
Mg <sup>++</sup> (méq/100 g)	0,34	0,24	1,39	0,11
K <sup>+</sup> (méq/100 g)	0,05	0,03	0,16	0,04
Na <sup>+</sup> (méq/100 g)	0,01	*nd	0,01	0,01
Somme des bases (S)	1,49	0,99	4,41	0,66
C.E.C (T)	4,05	3,42	4,16	0,83
S/T (%)	37,00	29	106	80
pH eau	5,49	5,56	5,70	5,6
Al <sup>3+</sup> (méq/100 g)	<0,001	<0,001	0,00	0,00
H <sup>+</sup> (méq/100 g)	0,04	0,08	0,01	0,00

\*nd: non détectable

**Tableau 2**  
**Rendements (kg/ha) de coton-graine obtenus en 1994 et 1995**

Traitements	Première année (1994)				Deuxième année (1995)			
	Site				Site			
	Farako-Bâ	Boni	Kourouma	Diarabakoko	Farako-Bâ	Boni	Kourouma	Diarabakoko
Témoin sans engrais	1237 b	997	729 b	803 b	1099	1007 b	1021	928
Complexe coton	1451 a	1103	1146 a	1340 a	1274	1067 b	1092	1238
Bulk blending	1581 a	1230	1233 a	1208 a	1347	1326 a	1112	1155
Bulk local	1487 a	932	1188 a	1326 a	1356	1067 b	1096	1159
F calculé	5,28	2,13	5,77	12,64	1,96	2,96	0,32	1,27
Signification	NS	NS	S	S	NS	S	NS	NS
CV (%)	9,3	15,4	19,8	13,2	18,5	17,8	13,5	9,4

Les chiffres suivis de la même lettre dans chaque colonne ne sont pas significativement différents au seuil de probabilité 5%.

NS: non significatif, S: significatif.

**Tableau 3**  
**Indices de nutrition du cotonnier en azote ( $I_N$ ), phosphore ( $I_P$ ), potassium ( $I_K$ ) et soufre ( $I_S$ ) à 70 jours après semis**

Traitements	Site de Farako-Bâ				Site de Boni			
	$I_N$	$I_P$	$I_K$	$I_S$	$I_N$	$I_P$	$I_K$	$I_S$
Témoin sans engrais	88,32	113,03	103,95	106,38	85,52	105,41	91,65	102,10
Complexe coton	103,86	106,06	106,19	105,72	95,48	111,34	92,09	109,20
Bulk blending	101,70	106,33	105,93	105,71	102,17	112,37	92,32	104,90
Bulk local	102,33	105,16	105,38	104,65	100,48	119,63	92,10	106,42

tous les sites, la fertilisation a permis d'obtenir des indices de nutrition en phosphore, en potassium et en soufre supérieurs à 90 traduisant ainsi une nutrition qualifiée de bonne à optimale.

L'application d'engrais sous forme bulk ou complexe n'influence pas la nutrition minérale du cotonnier.

### Discussions

Les sols des sites d'étude se caractérisent par de faibles teneurs en matière organique. Le taux de matière organique chute à 0,6% qui est le seuil de non réponse aux engrais (3). Il convient dans ces conditions de maintenir les teneurs en matière organique du sol à un niveau acceptable par des restitutions organiques (11, 18). Les sols sont peu pourvus en azote total (< 1%) qui, selon Soltner (16) ne donne pas une indication précise de l'absorption par la plante de l'azote apporté par la fumure. Les teneurs en phosphore assimilable demeurent inférieures au seuil critique de 30 ppm défini par Berger *et al.* (2). Ceci confirme la pauvreté quasi générale des sols du Burkina en phosphore comme l'ont souligné Sédogo (14) et Lompo *et al.* (13).

Les sites d'étude, comme la plupart des sols de la zone cotonnière, se caractérisent aussi par un complexe absorbant pauvre en bases échangeables et par une acidité avec des valeurs faibles de pH.

La faible fertilité de ces sols est selon Deckers (9) et Bado *et al.* (1), une des contraintes qui limite la production agricole et qui justifie l'efficacité des engrais minéraux; ainsi, l'amélioration des rendements par les fumures minérales testées confirme l'effet positif des engrais.

La comparaison des rendements obtenus sur le sol fertilisé et le sol non fertilisé montre une baisse continue de la réponse des sols aux engrais. Ainsi, l'accroissement des rendements, suite à l'apport de l'engrais coton qui était en 1991 de 40% dans la zone cotonnière (7) n'est plus que de 29% quatre années plus tard.

Selon Berger *et al.* (3), la faible réponse des sols aux engrais minéraux est liée à la baisse des teneurs en matière organique alors que Bado *et al.* (1), l'attribuent au phénomène d'acidification de ces sols. La nutrition optimale en soufre pour le témoin sans engrais indique selon Braud (5), l'absence de problème de soufre sur ces sols cultivés.

La nutrition minérale du cotonnier est peu influencée par les formes d'engrais, ce qui est confirmé par les valeurs optimales des indices de nutrition pour l'azote, le phosphore, le potassium et le soufre avec le bulk et le complexe coton.

### Conclusion

L'étude permet de retenir que pour les rendements en coton-graine et pour la nutrition minérale du cotonnier, les effets du bulk sont équivalents à ceux du complexe coton. La diversification des formes d'engrais par l'utilisation du bulk sur cotonnier se justifie, d'une part, par son efficacité agronomique et, d'autre part, par son coût de revient qui est, selon Gernier et Harris (10), 10% moins cher que le complexe coton. L'efficacité agronomique, la réduction sensible du coût de la forme bulk par rapport à la forme complexe justifie l'intérêt pour cet engrais en culture cotonnière.

## Références bibliographiques

1. Bado B.V., Sédogo P.M., Cescas M.P., Lompo F. & Bationo A., 1997, Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. Cahiers Agric. Vol. 6, 571-575.
  2. Berger M., Dakouo D. & Hien V., 1985, Recherche d'accompagnement, projet motorisation intermédiaire. Rapport de synthèse, I.N.E.R.A./ Programme coton, Multigr. 67 p.
  3. Berger M., Belem P.C., Dakouo D. & Hien V., 1987, Le maintien de la fertilité dans l'ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage. Cot. Fib. Trop., Vol. XLII, fasc. 3, 201-210.
  4. Boyer J., 1978, Le calcium et le magnésium dans les sols des régions tropicales humides et sub-humides. Agr. Trop. 6, 7-11.
  5. Braud M., 1987, La fertilisation d'un système de culture dans les zones cotonnières soudano-sahéliennes. Supplément à Cot. Fib. Trop., série Doc., Etudes et synthèse, n° 8, 35 p.
  6. Coulibaly M., Kaboré G., Nikiéma A., Hien F. & Sawadogo D., 1983, Rapport du colloque national sur l'utilisation du Voltaphosphate. Ministère du développement rural, 58 p.
  7. Dakouo D., 1991, Maintien de la fertilité dans les systèmes de culture en motorisation intermédiaire: cas de la zone cotonnière ouest du Burkina Faso. Rapport de synthèse, INERA/Programme coton, 49 p.
  8. Dakouo D., 1994, Les carences en potassium sur cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) dans les systèmes de culture: cas de la zone cotonnière ouest du Burkina. Thèse doct. Option sci. agronomiques. Univ. Nat. de Côte d'Ivoire, Abidjan, 141 p.
  9. Deckers J., 1993, La fertilité du sol et problème d'environnement dans différentes zones écologiques des pays en développement de l'Afrique sub-saharienne. Pp. 41-58, In: Van Reuler H. & W.H. Prins (ed): Rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures vivrières en Afrique Sub-saharienne, ISBN: 90-801673-2-0, Leidschendam, Pays-Bas, Ponen & Looijen, Wageningen, 259 p.
  10. Gernier H. & Harris G., 1993, Utilisation et approvisionnement des engrais en Afrique Sub-Saharienne. Pp. 185-198, In: Van Reuler H. & W. H Prins (ed): Rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures vivrières en Afrique Sub-saharienne, ISBN: 90-801673-2-0, Leidschendam, Pays-Bas, Ponen & Looijen, Wageningen, 259 p.
  11. Hien V., Sédogo P.M. & Lompo F., 1994, Gestion de la fertilité des sols au Burkina Faso. Séminaire international FAO, CIRAD, CTA. Bilan et perspectives pour la promotion de systèmes agricoles durables dans la zone soudano-sahélienne. Pp. 47-59. 10-24 janvier 1994 Dakar, Sénégal.
  12. Lendres P., 1992, Pratiques paysannes et utilisation des intrants en culture cotonnière au Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur en Agronomie Tropicale (C.N.A.R.C.), 80 p.
  13. Lompo F., Sédogo M.P. & Hien V., 1995, Agronomic impact of Burkina phosphate and dolomite limestone. Pp. 54-66, In: H. Gerner & A.U. Mokwunye (ed). Use of phosphate rock for sustainable agriculture in West Africa. Miscellaneous Fertilizers studies N° 11. Muscle Schools, USA, IFDC Africa.
  14. Sédogo P.M., 1993, Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture: incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse Docteur ès-science. FAST/Univ. d'Abidjan, 343 p.
  15. Sement G., 1983, La fertilité des systèmes culturaux à base de cotonnier en Côte d'Ivoire. Neuf années d'expérimentation et d'observations multilocales (1973-1982). Supplément à Cot. Fib. Trop., Série Doc., Etudes et synthèses, n° 4, 40 p.
  16. Soltner D., 1996, Les bases de la production végétale, Tome I: le sol et son amélioration. 21<sup>e</sup> édit., Collection Science et Techniques Agricoles, ISBN: 2-907710-16-8, 464 p.
  17. Smaling E.M.A., 1993, Appauvrissement du sol en nutriments de l'Afrique sub-saharienne. Pp. 59-76. In: Van Reuler H. & W. H Prins (ed): Rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures vivrières en Afrique Sub-saharienne, ISBN: 90-801673-2-0, Leidschendam, Pays-Bas, Ponen & Looijen, Wageningen, 259 p.
  18. Van Der Pool F., 1993, Analyse et évaluation des options pour une agriculture durable, cas particulier du Mali. Pp. 77-98. In: Van Reuler H. & W. H Prins (ed): Rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures vivrières en Afrique Sub-saharienne, ISBN: 90-801673-2-0, Leidschendam, Pays-Bas, Ponen & Looijen, Wageningen, 259 p.
- 
- O. Traoré, Thèse de doctorat (PhD), Chercheur à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), BP 208, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
- B. Koulibaly, Ingénieur Agronome IDR, DEA, Ingénieur de Recherche, Chercheur du Programme coton à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Université Ouagadougou, BP 208 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
- D. Dakouo, Thèse Doctorat FAST Abidjan, Attaché de Recherche, Directeur adjoint du Développement de la Production, Société Burkinabé des fibres et textiles (SOFITEX), BP 147, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

# Persistent Soil Seed Banks for Natural Rehabilitation of Dry Tropical Forests in Northern Ethiopia

B. Reubens<sup>1</sup>, M. Heyn<sup>1</sup>, Kindeya Gebrehiwot<sup>2</sup>, M. Hermy<sup>1</sup> & B. Muys<sup>1\*</sup>

Keywords: Seed bank- Dry forests- Natural regeneration- Deforestation - Forest relic- Ethiopia

## Summary

*Dry tropical forests are threatened world-wide by conversion to grazing land, secondary forest, savannah or arable land. In Ethiopia, natural dry forest cover has been decreasing at an alarming rate over the last decennia and has reached a critical level. Efforts like the rehabilitation of dry forests to curb this ecological degradation, need a stronger scientific basis than currently available. The aim of the present research was to test the hypothesis whether soil seed banks can contribute to natural forest regeneration in the dry forest of Ethiopia. Therefore, the composition of the seed bank in relation to vegetation and abiotic environment was analysed in four forest relics and four exclosures, i.e. demarcated land areas under strict conservation management, in the highlands of Tigray, northern Ethiopia. Results show strong relationships between natural vegetation, seed bank composition, soil chemical characteristics and environmental degradation, as evidenced through characteristics such as land use impact and soil depth. Most striking is the presence of only very few woody species in the seed bank of degraded areas. This suggests that seed banks only play a minimal role in natural forest recovery in the study area. If this is true, natural recovery will primarily depend on presence of seed trees in the vicinity and successful seed dispersal mechanisms. This result underlines the importance of sustainable management of the few remaining forest relics and trees outside these relics.*

## Résumé

### Banques de semences persistantes pour la réhabilitation naturelle des forêts tropicales sèches du nord de l'Éthiopie

*Les forêts sèches tropicales sont mondialement menacées à cause de leur conversion en pâturages, forêts secondaires, savanes et terres agricoles. En Éthiopie, la surface des forêts sèches naturelles a diminué d'une façon alarmante au cours de la dernière décennie et a atteint aujourd'hui un niveau critique. Les efforts comme la réhabilitation des forêts sèches en vue de freiner cette dégradation écologique nécessitent une base scientifique plus solide. L'objectif de la présente recherche était de tester l'hypothèse selon laquelle les banques de semences peuvent contribuer à la régénération naturelle de la forêt sèche en Éthiopie. Pour ce faire, la composition de la banque de semences a été analysée dans les montagnes du Tigray, au nord de l'Éthiopie, et a été relatée à la composition de la végétation et à l'environnement abiotique. Ceci a été fait dans quatre forêts reliques et quatre zones protégées, mises en défense contre le pâturage. Les résultats démontrent de fortes relations entre la végétation naturelle, la composition des banques de semences, les caractéristiques chimiques du sol et la dégradation de l'environnement. Le constat le plus frappant est la présence limitée d'espèces ligneuses parmi les semences retrouvées dans les zones les plus dégradées, qui étaient mises en défense peu avant l'échantillonnage. Ceci indique que les banques de semences ne jouent qu'un rôle limité dans la restauration des forêts naturelles dans la zone d'étude. Par conséquent, la reconstitution naturelle va fondamentalement dépendre de la présence de semenciers dans le milieu végétal et de mécanismes de dispersion de graines des essences ligneuses forestières souhaitées. Ce résultat souligne aussi l'importance de réaliser la protection et la gestion durable du nombre limité de vestiges de forêts restants.*

## Introduction

Ethiopia is characterized by a great bio-physical diversity, dividing the country in several agro-ecological zones, each with a specific fauna and flora. It therefore is an important centre of biodiversity and endemism (5, 24). Due to fast population growth, overgrazing and deforestation for agricultural activities, fuel wood and construction material, overall natural forest cover had decreased to a level of 2.5 percent in 1999, of which only one twelfth has a dense forest structure (28). The combination of high endemism and fast habitat degradation in Ethiopia leads to a great risk of species extinction (24).

Ecological degradation, as evidenced by a declining forest area and several erosion phenomena, is most dramatic in the northern highlands of Tigray, which are suffering from high population pressure (around 40 millions people on 80.000 km<sup>2</sup>, with an annual population growth of 2.4% in 2003),

extreme rural poverty (GDP of 90 USD in 2003), recurrent drought spells, and war events in the recent decennia (17, 23). In this region, remains of the original climax forest now only occur as sparse forest patches of just a few hectares, either surrounding churches, or in inaccessible places, like cliffs and mountain ridges (21). These small remnants of forest are called forest relics and are classified as dry Afro-montane forest ecosystems, as most forests in the highlands of Ethiopia and Eritrea. Local communities, government and NGOs are tackling the problem of soil and vegetation degradation through building stone bunds on slopes, thus creating terraces, and construction of checkdams in erosion gullies (4, 11, 25). Besides these purely technical measures, biological techniques making use of artificial or spontaneous revegetation nowadays receive more and more attention. These techniques combine both soil stabilisation and

<sup>1</sup>Division Forest, Nature and Landscape, Katholieke Universiteit Leuven, Celestijnenlaan 200E, 3001 Leuven, Belgium.

<sup>2</sup>Department of Land Resources Management and Environmental Protection (LaRMEP), Mekelle University, P.O. Box 231, Mekelle, Ethiopia.

\*Corresponding author, Division Forest, Nature and Landscape, Katholieke Universiteit Leuven, Celestijnenlaan 200E, 3001 Leuven, Belgium.

Tel: +32 16329726 Fax: +32 16329760 E-mail: [bart.muys@biw.kuleuven.be](mailto:bart.muys@biw.kuleuven.be)

Received on 25.02.04 and accepted for publication on 05.05.06.

reforestation. One widely used option here is the creation of closed areas, also called exclosures, i.e. demarcated land areas under strict conservation management, often controlled by a local community (25). In these areas, cultivation, collection of fuel wood and grazing are forbidden, whereas harvesting of grass is strictly controlled in order to allow spontaneous forest regeneration.

In recent years, many scientific projects have been working on increasing the ecological understanding of the highlands of Tigray, e.g. the VIIR EI projects 'Strengthening soil and water conservation training and research', 'Forest rehabilitation through natural regeneration in Tigray, Ethiopia' and 'Fighting desertification in the Tigray Highlands, Ethiopia: lessons to be learnt from successes and failures of soil erosion control measures' (23). These projects should ultimately lead to the development and implementation of management guidelines in cooperation with local communities. One example of such management practice is the gradual replacement of the traditional restoration approach of planting exotics like *Eucalyptus* spp. by a natural rehabilitation strategy. The latter aims at creating closed areas where spontaneous establishment of native tree species may take place. Further improvement of management practices could be achieved if the different aspects of restoration ecology would be understood. One of these aspects, namely spontaneous regeneration with propagation material from persistent soil seed banks, is further considered in the present research.

Persistent soil seed banks, underground stocks of surviving plant seeds, further denoted as seed banks, have been shown to play a crucial role in natural forest rehabilitation in several ecosystems world-wide (2, 3, 26, 27, 29). The reappearance of individual trees may depend on their persistence in the seed bank (3). Many species in ecosystems all over the world make use of seed banks as part of their regeneration strategy. In general, soil seed banks are dominated by seeds of herbaceous species, although they can be highly variable in features such as species number and composition, seed longevity and viability, germination strategies and depth distribution of seeds in the soil (2, 3, 8, 26). The capacity of plant seeds to survive for a longer period of time in the soil, allows species to overcome the often poor establishment and low survival rates of seedlings during drier years typical of the Afro-montane ecosystem (17), and may hence contribute to the re-establishment of plant species lost from the original plant community. The seed bank thus acts as a reserve out of which new recruitment may occur if environmental conditions are favourable (7, 33). In this context, knowledge of seed bank characteristics such as species composition, species richness, spatial distribution of seeds in the soil and seed density [expressed as number of seeds per m<sup>2</sup>, following Warr *et al.* (37)] therefore is critical to understand its role in forest conservation and regeneration. However, even though this has been addressed in the humid tropics (13), very limited research on this topic has been performed in dry tropical forests (6, 10, 11).

Apart from the 'underground' seed bank, attention should also go to the 'aboveground' vegetation, because of its importance in determining seed bank characteristics. As access to the seed bank can be hampered by the fact that seeds are buried in the soil, knowledge of relationships between underground seed bank characteristics and aboveground vegetation could simplify future seed bank inventories in specific situations, by creating the opportunity to draw conclusions on seed bank characteristics based on aboveground information, without the need to heavily disturb the soil itself. Last but not least, as seed bank composition and seed density probably also vary according to abiotic environmental situations, variation in the latter and its influence on seed bank characteristics need to be addressed.

Thus, the objective of the present research was (I) to gain more knowledge on the role of seed banks in stimulating spontaneous vegetation regeneration leading to natural dry tropical forest restoration, by analysing their species composition and abundance; and (II) to examine the relationship between actual seed bank and vegetation. The ultimate goal would be to implement these results in guidelines for sustainable land use management, by linking them with existing artificial plantation and natural regeneration techniques.

## Materials and methods

The study area is situated in Central Tigray, in the Dogua Tembien Woreda, an administrative district lying between 1800 and 2800 meters above sea level on the rift shoulder to the West of the Danakil depression (24, 25). Average annual rainfall is about 800 mm, concentrated in the main rainy season from June till September (20). Within this district, eight sites were selected based on accessibility and variation of conditions in lithology, geomorphology, altitude, slope gradient and slope orientation (aspect), so as to generate enough variability in order to obtain a representative sample of the existing variation. Four of these sites are forest relics and four are closed areas, thus representing the major land use systems for possible forest restoration or regeneration.

In each site, four rectangular plots of 100 m<sup>2</sup> were established, from which data on abiotic environment, characteristics of aboveground vegetation and seed bank characteristics were collected. Each plot received a code format of DDD(d) XY according to the name of the location (DDD(d)) and position (XY) in an imaginary grid superimposed on the site after mapping the latter with a GPS-receiver (Trimble GeoExplorer III GIS Datalogger). Locations HARc (Haragua closed area), GAH (Gahe), KUN (Kunale) and GRA (Gratselim) are the closed areas, whereas HARm (Haragua moist forest relic), HARd (Haragua dry forest relic), WAS (Waseia) and ARB (Arbaete) represent the forest relics. An example of both types can be seen in figure 8.

Environmental variables examined include slope gradient and azimuth, geology, physical and chemical soil characteristics, and land use impact (LU). Slope gradient and aspect were measured by means of a Suunto Clinometer and a compass, respectively. Soil depth was measured by hammering a cylindrical metal probe with a diameter of 2 cm into the soil. This was repeated ten times at random per plot, out of which mean soil depth was calculated. Macrotoniness was determined in two different ways by probing fifty times respectively at random and systematically (every meter along five 10 meter lines) in the plot. The number of times the probe made contact with stony material was counted and expressed as a percentage against the total of fifty times the probe hit the ground. No significant differences were found between both methods, and systematic measurement was arbitrarily selected for use in final analysis. Geological substrate was derived from existing geological maps, which was checked with the bedrock in the field (24). Samples for soil analysis were collected using a 2.5 cm diameter Edelman auger (Eijkelkamp), by 4 random augerings per plot. Each sample was subdivided in a top- (0-10 cm) and sublayer (10-30 cm). Analysis of these samples consisted of pH determination, colorimetric determination of phosphorus content [EU reference method (39, 40)], titrimetric determination of carbonate content, determination of texture by the Soil Service of Belgium (method by feeling (39)), determination of Cation Exchange Capacity and exchangeable bases by AgTU<sup>+</sup> and atom absorption (36), and determination of total carbon and nitrogen content with the Dumas combustion method using a Solid Carbon Analyser [Vario Max C/N apparatus – Elementar Analysensysteme GmbH, Germany (38)].

Possible effect of land use on land degradation, further denoted as land use impact, was evaluated by calculation of a compound index LUI, which is a rough estimate for disturbance by people and cattle. This simple index integrates the effect of several parameters expressing disturbance. It is based on the index developed by Goris (14). The latter was adapted by adding more parameters, which were selected on the basis of broad literature research and semi-structured interviews with local farmers and key informants, the latter being officially appointed local contact persons with expert knowledge in the field of land management and degradation. Parameters included are: a measure for intensity of grazing by cattle (G) (0= no grazing; 1= limited grazing; 2= frequent grazing); a measure for the intensity of grass harvesting by people (O) (0= no grass harvesting; 1= harvesting every two or more year; 2= harvesting every year); measures for accessibility in terms of vegetation density (VD) (0= impossible to cross standing up; 1= possible but difficult; 2= easy to cross) and slope gradient (H) (0= slope more than 50%, 1= slope less than 50%); a measure for presence of *Eucalyptus* spp. plantations, being one of the most directly observable and most pronounced indications of human impact (A) (0= no plantations; 1= plantations present); and a measure for duration of conservation management (C) (0= protection started >10 years ago, 1= protection started <10 years ago, 2= no protection as long as known). Underlying rationale for VD and H is the hypothesis that disturbance will be lower when the terrain is less accessible. Information on G, O and C was obtained by semi-structured interviews with local farmers and key informants. Slope gradient for H was measured by means of an inclinometer. Information on VD and A was obtained by personal field trial and observation, respectively. The index is calculated as the sum of scores on the individual parameters:

$$\text{LUI} = \text{G} + \text{O} + \text{VD} + \text{H} + \text{A} + \text{C} \quad (1)$$

Values of LUI can range from 0 to 10. The higher the index value, the stronger the impact by people or cattle.

Although being a coarse and qualitative estimate of hypothetical nature, it is a valuable attempt to bring together some of the most important factors affecting land degradation in this area in one single index. Incorporating this in our study seemed important, as it is to be expected that land degradation has a significant influence on aboveground vegetation and seed bank characteristics, with importance and potential role of seed bank depending on specific conditions and agro-ecological zone (4, 7, 19, 34).

Species presence in the aboveground vegetation was recorded during a vegetation survey in the rainy season between August and October 2002, with the assistance of resource persons (key informants or local people recommended by the latter), who, like most people in the rural areas, have a great knowledge of plant vernacular names. Of each collected species, at least one sample, by preference a flowering specimen, was kept for identification after transplantation to a separate plant container. Based on field experience, a classification of growth forms was made, with distinction between woody species, herbs, climbers and graminoids. The same distinction was used in the seed bank analysis. Scientific names of species were obtained by linking vernacular names given by the resource persons to The Flora of Ethiopia & Eritrea (11). Crosschecking for wrong or multiple vernacular names was performed by comparing the collected sample(s) with the description and figure of the species in the flora. If identification seemed impossible or was doubtful, samples were sent for identification to the National Herbarium of Ethiopia in Addis Abeba.

Soil samples for seed bank analysis (Figure 7) were collected using a 3.2 cm diameter auger (Eijkkamp piston

sampler). Methodology followed Bakker *et al.* (2), ter Heerdt *et al.* (32) and Warr *et al.* (37). Forty-five random samples per plot were taken, each time divided in two sub-samples according to soil depth: 0-7.5 cm and 7.5-15 cm. Sample depth was determined based on general knowledge on vertical distribution of plant seeds in the seed bank (29, 30) and mean field soil depth. All sub-samples of a plot were merged into one pooled sub-sample per depth class, as a large number of small samples is preferred over a small number of large samples in order to have a more accurate representation of the seed bank as found in a specific place (34, 35). To remove the smallest soil particles, bigger stones and rough organic material, and to divide samples in a rough and a fine fraction, pooled sub-samples were sieved with water as described by ter Heerdt *et al.* (32), using three mesh sizes of respectively 5 mm, 2 mm and 0.2 mm. Fractions bigger than 5 mm and smaller than 0.2 mm were eliminated while the two remaining fractions, i.e. 5 to 2 mm and 2 to 0.2 mm, were spread out homogeneously over poly-ethylene trays filled with argex pellets and sterilized potting soil. These trays were placed on shelves constructed especially for seed bank analysis, in a laboratory in Heverlee, Belgium. Tap water was provided regularly in order to allow seed germination. An artificial day-night regime of 14 hours of daylight/10 hours of darkness was obtained by using TL-light. Temperatures fluctuated between a minimum of 13 °C and a maximum of 32 °C. Seedling emergence was checked several times a week, for a length of 17 weeks. Recorded seedlings were removed from the trays from the moment they could be distinguished as a specific species, but at least one specimen of each species in this germination experiment was transplanted and kept for future species determination. From these specimens, all flowering individuals (limited to herbs and graminoids, as no woody species or climbers flowered) were dried and compiled into a herbarium. Also, a picture database of all species in different growth stages was made. On the basis of germination on the poly-ethylene trays, data on number of seedlings and germinating species were collected and used for calculation of seed density (expressed as number of germinated seeds per m<sup>2</sup> (37), calculated from the known top surface of the volume sampled in the field) and seed bank species composition per plot, per location (consisting of four plots), per growth form (woody species, herbs, climbers and graminoids), and per land use type (forest relic or closed area).

Based on the findings of Skoglund (30) and our own experience, when focusing on natural regeneration, we suggest a classification of species in the seed bank in three main categories: (a) seeds of non-forest species which may hamper natural forest recovery through competition (mostly herbs or grasses); (b) seeds of forest pioneer species, both herbaceous and woody (e.g. *Euclea schimperi*, *Acacia abyssinica*, *Dodonea angustifolia*); these species are important in the intermediate steps of succession towards a forest climax because they can contribute to soil stability and development of a forest microclimate, and are hence considered as a nurse crop creating favourable germination conditions for the third category; and (c) seeds of climax tree species able to create a forest canopy and are thus essential for forest restoration (e.g. *Olea europaea* subsp. *cuspidata*, *Juniperus procera*, *Abutilon longicuspe*). Relative abundance and distribution of seeds over these three categories allows one to get an idea of the possible role of the seed bank in forest conservation and restoration.

Because of the lack of normality of data (checked through a Kolmogorov-Smirnov test (29)), the presence of categorical data and the lack of homoscedasticity, non-parametric statistics were applied. Correlations were calculated using Spearman rank correlation coefficient (29) whereas Kruskal-

Wallis tests were used for analysis of spatial patterns in the data (29). Principal Components Analysis (PCA) (18) was performed on the environmental data to determine the interrelation between abiotic variables and the contribution of each of the latter to total variance in the environmental dataset. Interpretation of TWINSpan classification was used to group plots of both types of areas in so-called vegetation or seed bank types, based on vegetation or seed bank characteristics, respectively. An ordination of plots based on vegetation or seed bank data only (indirect ordination) was performed with Correspondence Analysis (CA) (16). Canonical Correspondence Analysis (CCA) was used as a direct ordination technique, in which vegetation and seed bank data were explained by environmental data.

## Results

Distribution of number of species in the aboveground vegetation over the different areas and in the seed bank over the different areas and growth forms are shown in figures 3 and 4, respectively. The ordination/classification of plots showed strong links between environmental variables, vegetation type and seed bank. Land use impact and chemical soil characteristics are the environmental variables best explaining environmental degradation, vegetation composition (Table 1 and Figure 5), seed density and seed bank composition (Tables 3 and 4, Figure 6).

A total of 145 different species germinated in the seed bank samples. Some 120 species (83%) have been identified at

**Table 1**  
**List of identified species germinated in seed bank samples**

Scientific name	Family	Life form	LF Remark
<i>Ficus vasta</i> Forssk.	Moraceae	woody species	tree
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Asteraceae	herbs	
<i>Galium simense</i> Fres.	Rubiaceae	herbs	
<i>Geranium favosum</i> Hochst	Geraniaceae	herbs	
<i>Girardinia diversifolia</i> (Link) Friis	Urticaceae	herbs	
<i>Glycine wightii</i> (Wight & Arn.) Verdc.	Fabaceae	climbers	
<i>Gnaphalium pennsylvanicum</i> L.	Asteraceae	herbs	
<i>Grewia ferruginea</i> A. Rich.	Tiliaceae	woody species	shrub/tree
<i>Helichrysum</i> sp.	Asteraceae	herbs	
<i>Helinus mystacinus</i> (Ait.) E. meyer. ex Steud	Rhamnaceae	climbers	
<i>Heteropogon contortus</i> (L.) Roem. & Schult.	Poaceae	graminoids	
<i>Hibiscus macranthus</i> A. Rich.	Malvaceae	herbs	shrub
<i>Hibiscus</i> sp. 1	Malvaceae	woody species	
<i>Hibiscus</i> sp. 2	Malvaceae	woody species	
<i>Hypericum annulatus</i> Moris	Hypericaceae	herbs	
<i>Indigofera amorphoides</i> Jaub. & Spach.	Fabaceae	herbs	subshrub
<i>Juniperus procera</i> Endl.	Cupressaceae	woody species	tree
<i>Justicia ladanooides</i> Lam.	Acanthaceae	herbs	
<i>Kalanchoe</i> sp. 1	Lamiaceae	herbs	
<i>Kalanchoe</i> sp. 2	Lamiaceae	herbs	
<i>Kalanchoe</i> sp. 3	Lamiaceae	woody species	
<i>Kickxia elatine</i> (L.) Dumort.	Scrophulariaceae	climbers	
<i>Laggera</i> sp.	Asteraceae	herbs	
<i>Launaea taraxacifolia</i> (Willd.) Amin ex C. Jeffry	Asteraceae	herbs	
<i>Leucas abyssinica</i> Benth.	Lamiaceae	herbs	
<i>Lippia adoensis</i> Hochst ex Walp	Verbenaceae	herbs	subshrub
<i>Olea europaea</i> subsp. <i>Cuspidata</i> (Wall. ex DC.) Cifferri			
<i>Otostigia fruticosa</i> (Forssk.) Schweinf. ex Penzig	Lamiaceae	herbs	subshrub/shrub
<i>Oxalis anthelmintica</i> A. Rich.	Oxalidaceae	herbs	
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	herbs	
<i>Oxygonum sinuatum</i> (Meisn.) Dammer	Polygonaceae	herbs	
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Poaceae	graminoids	
<i>Parietaria debilis</i> Forssk.	Urticaceae	herbs	
<i>Persicaria nepalensis</i> (Meisn.) Miyabe	Polygonaceae	herbs	
<i>Peucedanum petitiianum</i> A. Rich	Apiaceae	herbs	
<i>Phytolacca dodecandra</i> L'Herit	Phytolaccaceae	climbers	
<i>Pilea rivularia</i> Wedd.	Urticaceae	herbs	
<i>Plantago albicans</i> L.	Plantaginaceae	herbs	monocotyledonous
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Plantaginaceae	herbs	monocotyledonous
<i>Poa leptoclada</i> Hochst. ex A. Rich.	Poaceae	graminoids	

<i>Polycarpon tetraphyllum</i> (L.) L.	Caryophyllaceae	herbs	
<i>Pulicaria petiolaris</i> Jaub. & Sp.	Asteraceae	herbs/climbers	
<i>Pupalia lappacea</i> (L.) A. Juss.	Amaranthaceae	herbs	
<i>Ranunculus distans</i> A. Rich.	Ranunculaceae	herbs	
<i>Reichardia tingitana</i> (L.) Roth.	Asteraceae	herbs	subshrub
<i>Rhynchosia elegans</i> A. Rich.	Fabaceae	climbers	
<i>Rostraria cristata</i> (L.) Tzvelev	Poaceae	graminoids	
<i>Rumex nervosus</i> Vahl	Polygonaceae	herbs	
<i>Salvia nilotica</i> Juss. ex Jacq.	Lamiaceae	herbs	
<i>Satureja punctata</i> (Benth.) Briq.	Lamiaceae	herbs	
<i>Senecio lyratus</i> Forssk.	Asteraceae	climbers	woody
<i>Silene burchellii</i> DC.	Caryophyllaceae	herbs	
<i>Solanum indicum</i> L.	Solanaceae	herbs	
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Solanaceae	herbs	
<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	herbs	
<i>Solanum villosum</i> Willd.	Solanaceae	herbs	
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	herbs	
<i>Tagetes minuta</i> L.	Asteraceae	herbs	
<i>Trifolium arvense</i> L.	Fabaceae	herbs	
<i>Trifolium campestre</i> Schreb.	Fabaceae	herbs	
<i>Trifolium rueppellianum</i> Fres.	Fabaceae	herbs	
<i>Urera hypselodendron</i> (A. Rich.) Wedd.	Urticaceae	climbers	
<i>Verbascum sinaiticum</i> Benth.	Scrophulariaceae	herbs	
<i>Verbena officinalis</i> L.	Verbenaceae	herbs	
<i>Vernonia amygdalina</i> Del.	Asteraceae	woody species	shrub/tree
<i>Vernonia</i> sp.	Asteraceae	herbs	subshrub/shrub
<i>Veronica anagalis-aquatica</i> L.	Scrophulariaceae	herbs	
<i>Veronica simense</i> Fresen	Scrophulariaceae	herbs	
<i>Vicia sativa</i> L.	Fabaceae	climbers	
<i>Vigna membranacea</i> A. Rich.	Fabaceae	climbers	
<i>Vigna schimperii</i> Bak.	Fabaceae	climbers	
<i>Vigna vexillata</i> (L.) A. Rich.	Fabaceae	climbers	
<i>Withania somnifera</i> (L.) Dunal	Solanaceae	herbs	
<i>Zehneria scabra</i> (L.f.) Sond.	Cucurbitaceae	climbers	woody

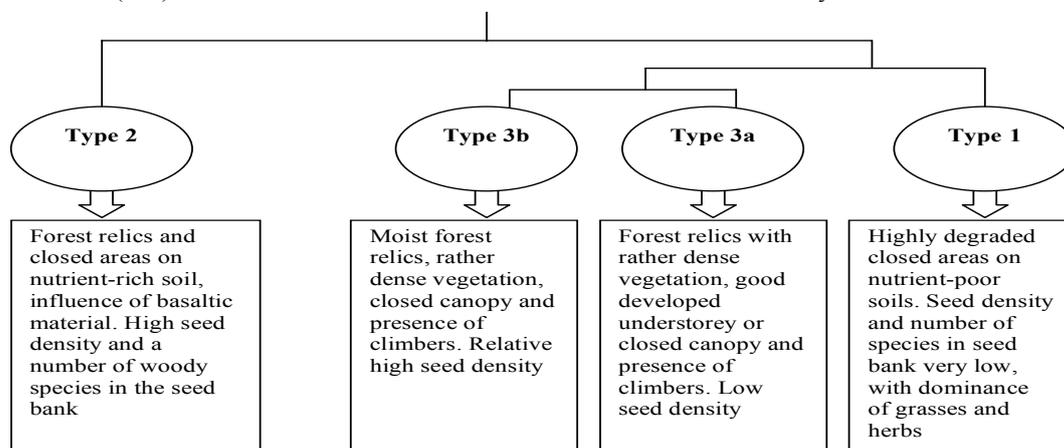


Figure 1: Dendrogram of seed bank types derived through TWINSpan analysis.

the moment of writing. Forty-eight species had only one individual germinating. All species but one with more than 10 germinations were identified. A list of all germinated species is given in table 1. Results from seed bank analysis (Tables 3 and 4, Figure 6) indicate that out of all environmental variables, differences in species composition and density are best explained by

nutrient status and land use impact. Seed bank densities are highest in nutrient-rich soils with a relatively low pH, and in areas where land use impact is lowest, as shown by the negative correlation between seed bank density and land use impact. Based on the results of the TWINSpan analysis, four seed bank types could be distinguished (Figure 1). Clusters

Abbreviation	Variable name	Unity
LUI	Land Use Impact	classes 1-10
W_A_ASIE	Weight soil sample A after sieving	g
W_B_ASIE	Weight soil sample B after sieving	g

Abbreviation	Variable name	Unity
W_P_ST	Weight percentage stones	%
Bulkdens	Bulk density	g/cm <sup>3</sup>
Claysilt	clay-silt fraction	%

Legend of physical soil variables for tables 2-4

**Table 2**  
**Spearman Rank correlation matrix of ordination scores CA vegetation with environmental variables**

Vegetation	general environmental variables				physical soil variables				Mn	Fe	CEC							
	Geology	Altitude	Slope	Aspect	Stoniness	Average soil depth	LUI	W_A_ASIE				W_B_ASIE	W_P_ST	BULKDENS	CLAYSILT			
Ax 1	.507(**)	-374(*)	-0.105	0.091	-0.172	-0.101	0.039	-0.062	.469(**)	-0.229	0.253	-0.211						
Ax 2	-0.203	-0.031	-0.187	0.171	-0.122	-0.27	0.007	.361(*)	0.058	0.03	0.293	-0.158						
Vegetation								Chemical soil variables										
pH_H2O		pH_KCL	P	Carb	totC %	orgC %	totN %	C/N	Na	Mg	K	Ca	Al	Mn	Fe	CEC		
Ax 1	0.313	0.294	0.016	0.174	-0.116	-0.197	-0.243	0.317	-0.452(**)	-0.321	-0.324	0.082	-0.193	-0.588(**)	-0.151	-0.277		
Ax 2	0.169	0.24	0.101	.423(*)	0.109	0.013	-0.09	0.045	0.095	-0.054	-0.113	0.13	-0.112	-0.311	-0.084	-0.043		

\*\* Correlation is significant at the .01 level (2-tailed). \* Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

**Table 3**  
**Spearman Rank correlation matrix of ordination scores CA seed bank with environmental variables**

Seed bank	general environmental variables				physical soil variables				Mn	Fe	CEC							
	Geology	Altitude	Slope	Aspect	Stoniness	Average soil depth	LUI	W_A_ASIE				W_B_ASIE	W_P_ST	BULKDENS	CLAYSILT			
Ax 1	.736(**)	-520(**)	0.045	-0.192	-0.128	0.108	-0.552(**)	0.251	.513(**)	-0.236	-0.233	-0.306						
Ax 2	.345(*)	-0.28	0.032	-0.327	0.008	-0.339	.516(**)	0.177	.456(**)	0.27	0.309	-.550(**)						
Seed bank								Chemical soil variables										
pH_H2O		pH_KCL	P	Carb	totC %	orgC %	totN %	C/N	Na	Mg	K	Ca	Al	Mn	Fe	CEC		
Ax 1	.501(**)	.590(**)	.625(**)	0.248	0.087	0.147	0.158	0.336	-0.445(**)	-0.161	0.167	.427(*)	-.681(**)	-.375(*)	-.766(**)	0.022		
Ax 2	.399(*)	0.296	-.404(*)	0.27	-0.131	-0.274	-0.338	0.109	-.535(**)	-.581(**)	-.542(**)	0.009	-0.211	-.670(**)	-0.055	-.476(**)		

\*\* Correlation is significant at the .01 level (2-tailed). \* Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

**Table 4**  
**Spearman Rank correlation matrix of seed bank data with environmental variable**

Seed bank	general environmental variables				physical soil variables				Mn	Fe	CEC							
	Geology	Altitude	Slope	Aspect	Stoniness	Average soil depth	LUI	W_A_ASIE				W_B_ASIE	W_P_ST	BULKDENS	CLAYSILT			
nr of species	-.457(**)	0.259	0.111	0.28	-0.13	0.007	-0.436(*)	-0.199	-0.462(**)	-0.261	-0.487(**)	.536(**)						
seed density	-0.24	0.106	0.205	0.31	-0.07	0.151	-0.423(*)	-0.063	-0.241	-0.287	-.507(**)	0.296						
Seed bank								Chemical soil variables										
pH_H2O		pH_KCL	P	Carb	totC %	orgC %	totN %	C/N	Na	Mg	K	Ca	Al	Mn	Fe	CEC		
nr of species	-.424(*)	-.358(*)	.375(*)	-0.242	0.103	0.265	0.239	-0.118	.405(*)	.440(*)	.554(**)	-0.25	0.311	.680(**)	0.295	0.224		
seed density	-0.345	-0.238	0.257	-0.12	-0.035	0.106	0.242	-0.168	.388(*)	.467(**)	0.32	-0.068	-0.047	-.461(**)	0.006	0.309		

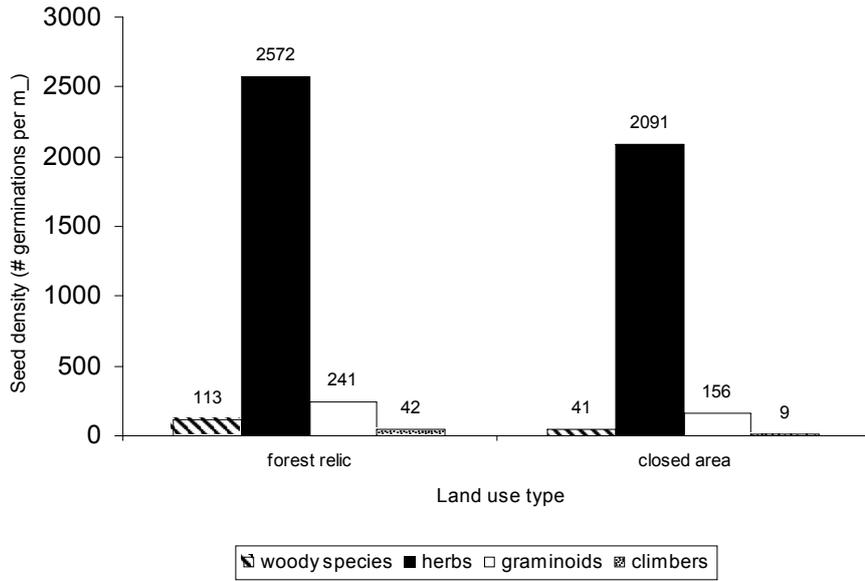


Figure 2: Distribution of seed densities over growth forms and land use types.

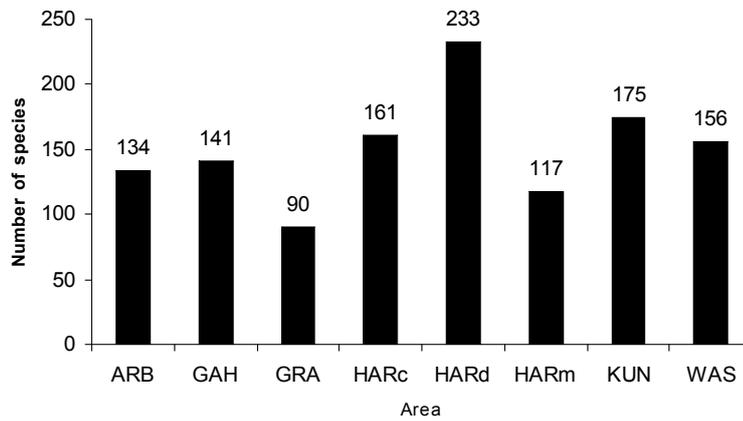


Figure 3: Distribution of number of species in vegetation over different locations, as found each time in the four 10X10 m plots.

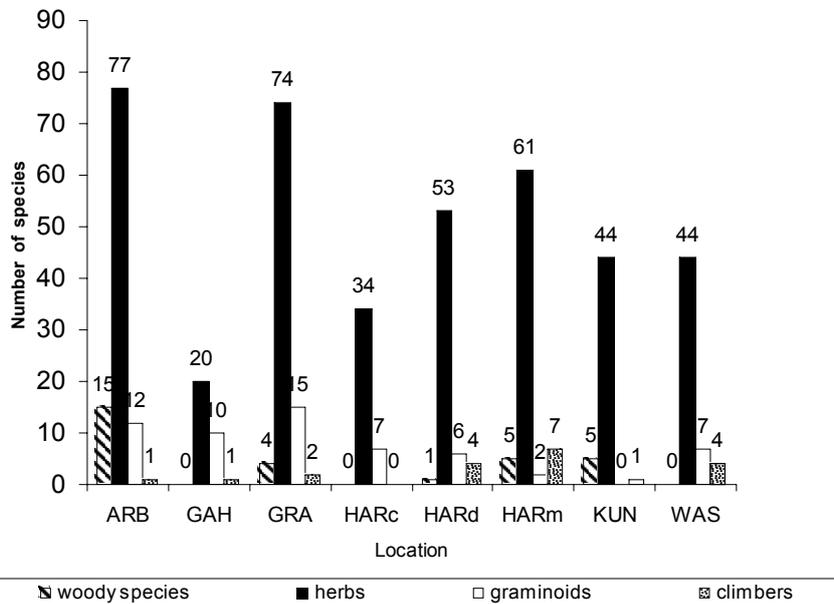


Figure 4: Distribution of number of species in seed bank over growth forms and locations.

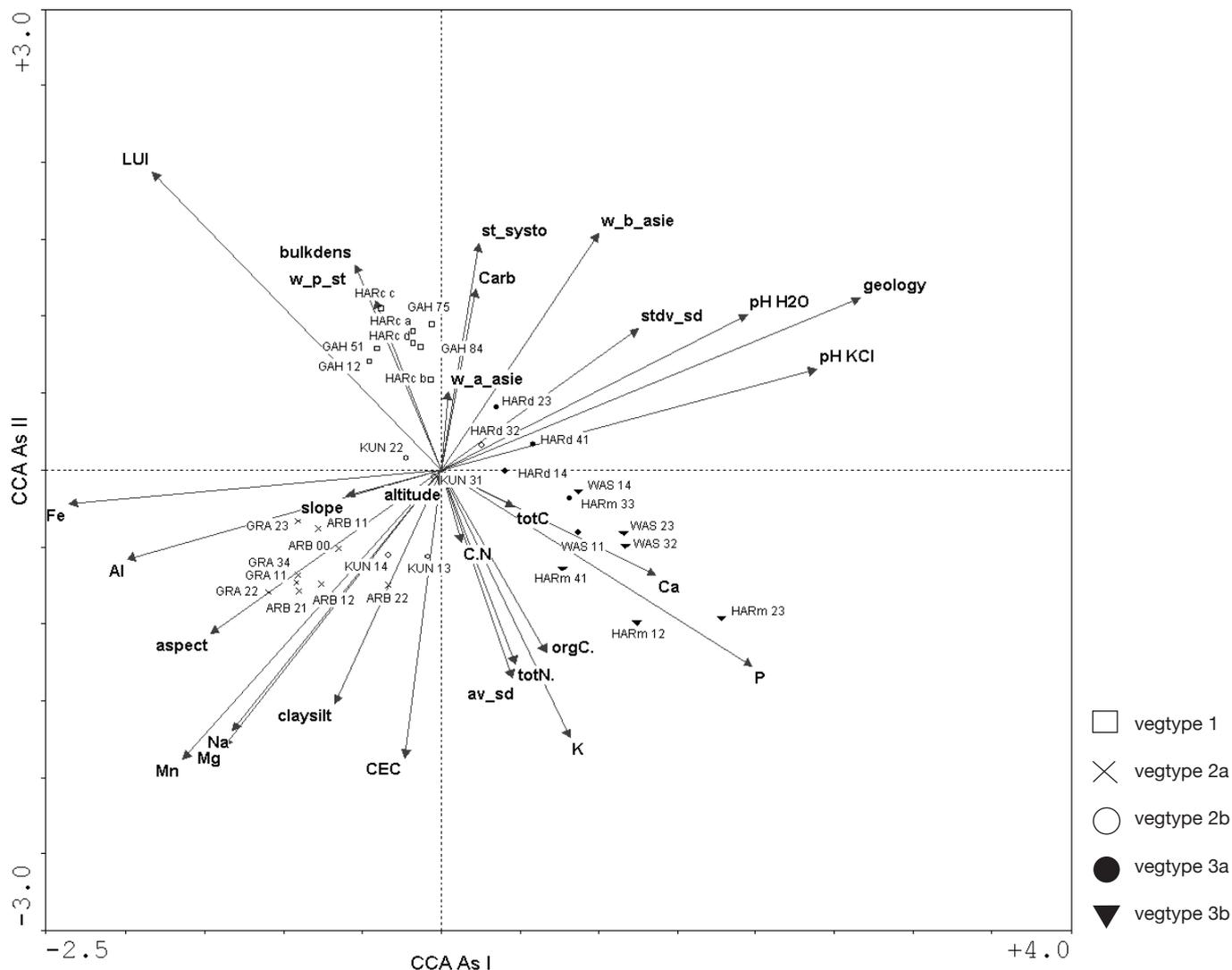


Figure 5: Direct ordination based on CCA of vegetation data.

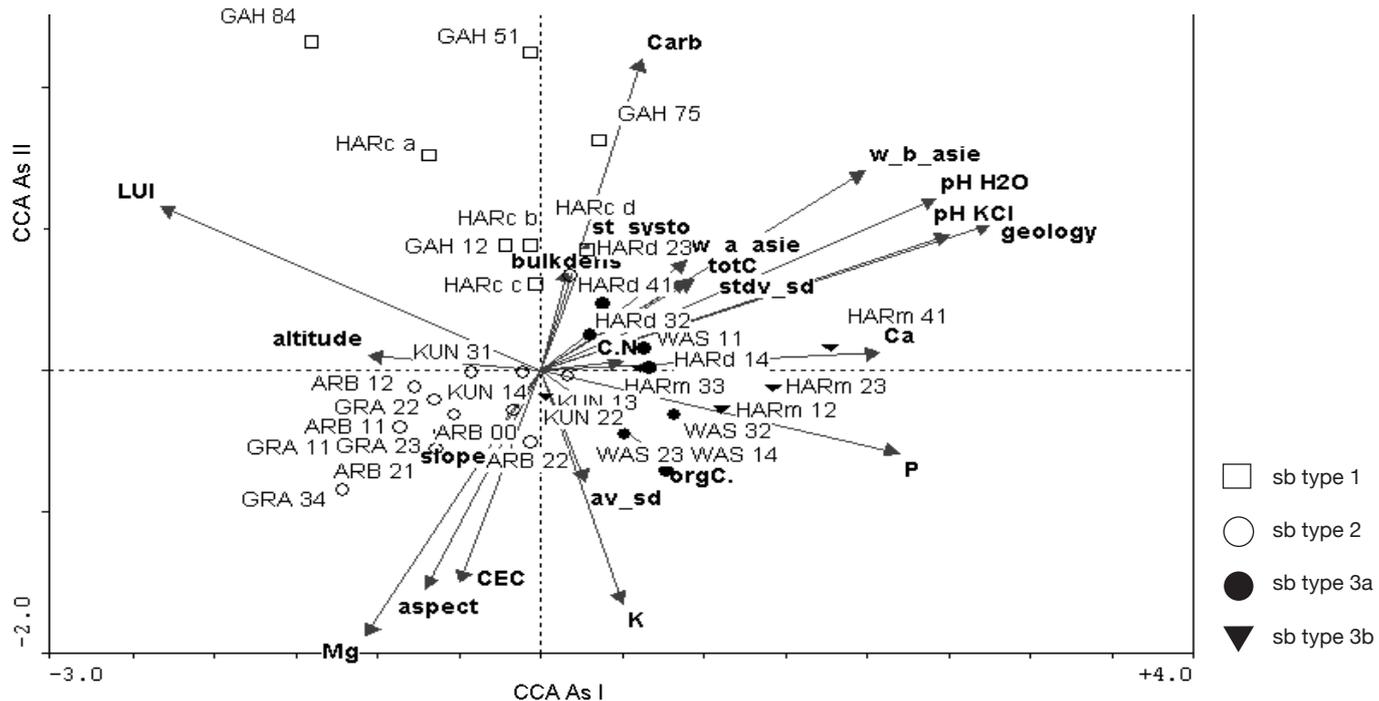


Figure 6: Direct ordination based on CCA of seed bank data.

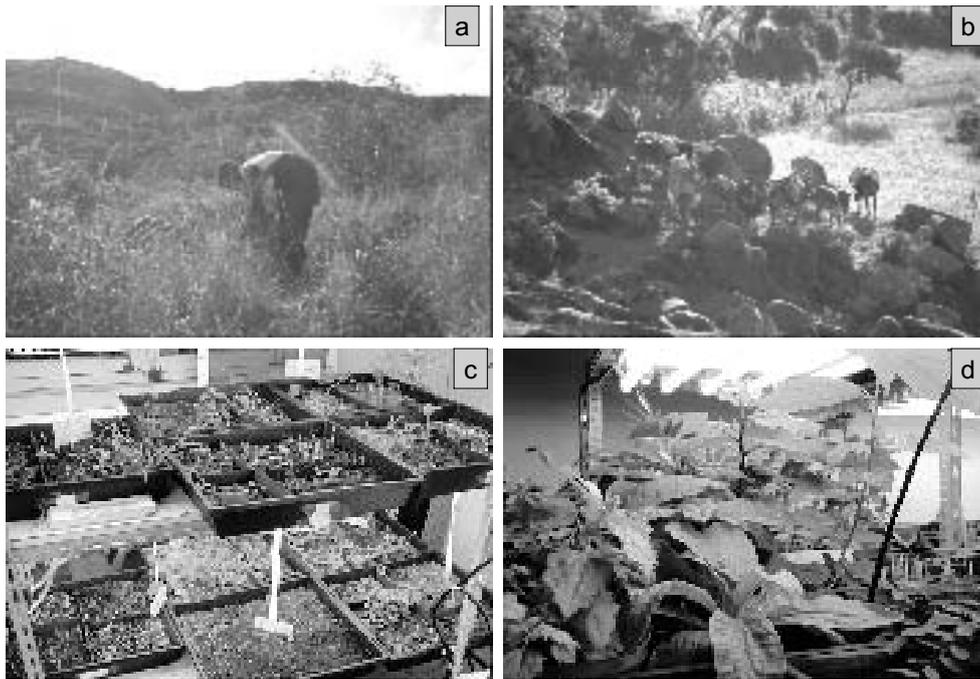


Figure 7: Overview of the different steps in seed bank analysis:  
a. collection of soil samples; b. transport; c. germination of seeds and d. species identification.



Figure 8: Example of a relatively undisturbed, moist forest relic: Haragua moist forest relic (left) and a highly disturbed, dry and nutrient-poor area: Gahe closed area (right).

seem to be explained mostly by land use (with a distinction between forest relics and closed areas), geology, land use impact and soil nutrient status. A line of continuous decreasing land use impact from seed bank type 1 over 2 to 3a and finally 3b can be followed.

Key species in seed bank type 1, representing closed areas with a poor nutrient status (locations GAH and HARM), are *Sedum* sp. and *Euclea schimperi*, the latter being one of the very few woody species occurring in this poorly developed seed bank. Seed bank type 2 occurs on nutrient-rich soil (locations ARB, GRA and KUN). Although still relatively low, presence of woody species in the seed bank is higher, with species like *Olea europaea* subsp. *cuspidata* (11 germinations in ARB) and *Acacia saligna* (1, 1 and 12 germinations in ARB, GRA and KUN, respectively). Furthermore, herbaceous species like *Anagallis* sp., *Galium simense* and *Galinsoga parviflora* occur relatively abundantly in this type, with a mean seed density of respectively 60, 322 and 25 seeds per m<sup>2</sup>. Type 3 seed banks (locations HARM, WAS and HARM) contain few woody species, except for some shrubs like *Calpurnea aurea*. Interesting, however, is the presence of different kinds of climbers, a growth form of which seeds germinated almost exclusively in this seed bank type. Here again, one of the most abundant

herbaceous species is *Galinsoga parviflora*.

TWINSpan analysis performed in the same way on the aboveground vegetation data resulted in a clustering of the different plots in remarkably similar vegetation types, explained by the same environmental variables. With decreasing land use impact, species-richness of the vegetation also decreases, whereas vegetation density (as evidenced by visual appreciation) seems to increase.

Most interesting observation in the frame of our objectives is the composition of the seed banks in terms of growth forms (Figures 2 and 4). The examined seed banks are dominated by herbs that represent 88% of all germinations in the samples. Seeds of woody species are poorly represented, with a total percentage of 3%. Moreover, they are mostly limited to forest relics where mature trees occur. Woody species thus germinated significantly more in samples taken in forest relics (4% of all germinations in forest relic samples), in contrast to those taken in closed areas (1.7% of all germinations in closed area samples). From the 17 woody species that germinated in the seed bank samples, 14 species could be identified: two *Hibiscus* spp., *Kalanchoe* sp., *Ficus sur*, *F. vasta*, *Grewia ferruginea*, *Abutilon longicuspe*, *Acacia saligna*, *Olea europaea* subsp. *cuspidata*, *Euclea schimperi*, *Cordia africana*, *Juniperus*

*procera*, *Vernonia amygdalina* and *Maesa lanceolata*. An overview of seed densities for the different growth forms and land use types is given in figure 2. In summary, highly disturbed sites seem to have a poorly developed seed bank but a species-rich vegetation, whereas the almost undisturbed forest ecosystems have a well-developed seed bank and a dense vegetation, dominated by a few, especially woody, species.

## Discussion

The landscape in the study area is strongly affected by a high pressure on the natural resources leading to soil degradation, erosion and a severe decline of natural vegetation (24). Degradation is most severe where land use impact as evidenced through the index LUI is strongest and where soils are naturally nutrient-poor.

Nutrient-poor and disturbed ecosystems are characterised by a species-rich aboveground vegetation, mainly consisting of herbs, in contrast with the undisturbed ecosystems that are dominated by a limited number of woody species. Following Gray and Megahan (15), the role of vegetation in erosion control can be attributed to (a) the umbrella or shield effect, as vegetation breaks the impact of raindrops before they hit the soil; (b) surface flow retardation; (c) regulation of soil moisture content and piezometric levels through transpiration and interception; and (d) root reinforcement through buttressing, anchorage and soil reinforcement. The first factor is mainly determined by permanence/absence of vegetation over the different seasons and by foliar cover, i.e. the area of ground covered by the vertical projection of the aerial portions of the plants. As evidenced in this study, vegetation in the highly degraded sites is species-rich, but its composition is greatly dominated by grasses, herbs and a few low shrubs. Although not quantitatively measured, it could be observed that foliar cover is low in these cases, as leaf area is limited, and raindrop impact is therefore bigger, leading to higher erosion risk. This effect is aggravated by a drastic decrease in foliar cover during the dry season, with most severe raindrop impact at the start of the rainy season as result. This is in contrast to undisturbed, water- and nutrient-rich forest relics, where a permanent canopy is present. Between these two extremes many intermediate situations occur.

Results from correlation analyses between seed bank data and environmental data (Table 4), direct ordination (Figure 6) and correlation analysis of ordination scores of indirect ordination (Table 3) indicate that seed density and seed bank composition are mostly explained by soil nutrient status and land use impact (LUI). The LUI, although a somewhat subjective oversimplification of the land degradation processes, seems to offer a valuable indicator approach, which merits further development. It will however need validation and further use and development before it will become a mainstream parameter. Where LUI is highest, vegetation density and foliar cover decrease, whereas soil compaction and soil particle detachment are expected to increase. This leads to a higher erosion risk. In erosion-prone areas, top soil - where most of the seed bank can be found - is washed away. As a consequence, a significant part of the seed bank is simply transported down slope. The remaining soil is shallow with high stoniness, leading to limited soil volume for seed bank development and recruitment. Therefore, one could have expected a negative correlation between seed density and stoniness, and a positive correlation between the former and soil depth. Although this trend is visible in table 4, we were not able to evidence it through a significant statistical relation.

Seed density in seed banks was higher under forest relics than under closed areas in the research area. This is confirmed by research in similar ecosystems (10). In

contrast to most tropical rain forests, dry lowland forests and savannas, where both the number of seeds and the number of species are relatively small, dry Afro-montane forests store large quantities of seed in the soil (9, 19). Another contrast of dry Afro-montane forest with the former is the dominance of herbs in its seed banks (9), a characteristic also typical of seed banks in temperate zones (4). Instead of developing seed bank reserves, Afro-montane tree species usually form seedling banks on the forest floor (7).

The limited germination of woody species (Figure 2) is probably related to their bigger seed size: small and compact seeds tend to persist in the soil for a longer time than big and elongated or flattened seeds. This is mainly because large seeds are less likely to be incorporated into the soil as they have less chance of finding their way passively down cracks in the soil or being buried by soil organisms (2), and because they are more prone to predation and fungal infection (2).

Referring to the classification of species in the three categories defined before, results show that most species found in the seed bank belong to the category of non-forest species and secondly also to the category of forest pioneer species. In the research area, possibilities of natural forest restoration by species germinating from the seed bank are therefore limited, because of the overall lack of forest climax species in the seed bank. The development of an understorey vegetation consisting of herbs after disturbance, however, is to be expected, and can play an important role in the regulation of water and nutrient balances, production of organic material and maybe even limitation of erosion. In that way, some important conditions for full recovery are fulfilled. On the other hand, competition for space, nutrients and water is to be expected, thus preventing the development of species important for natural regeneration. To gain more knowledge on these processes, further research on community ecology, to understand the interactions between species present within the community, is necessary. Also, the effect of environmental conditions on seed bank characteristics should be studied more thoroughly. In that context, an interesting hypothesis to test is whether controlled grazing may contribute to forest recovery, by eliminating competitive grasses and by dispersing seeds of tree species (17). However, controlled grazing is also known to have negative effects, such as increased erosion risks. More research here is clearly needed.

## Conclusion

This research demonstrates that seed banks in the study area mainly consist of herbs and grasses. Clearing of forest relics followed by intensive grazing and browsing or permanent cultivation would therefore result in a replacement of nearly all woody components by a set of herbaceous species from the soil seed bank (7). As a consequence, successful natural forest rehabilitation would primarily depend on the availability of seed trees in the vicinity and seed dispersal by birds and other vectors. This underlines the importance of sustainable managing the few remaining forest relics and relic trees (35). These islands of biodiversity in a sea of degraded landscapes are the key factor for natural forest rehabilitation (35), and the most urgent issue at this moment is their conservation (11, 17, 23). Participation by local communities is the foundation for the success of projects aiming at discouraging further environmental degradation and deforestation. The complex problems in which lack of water, wood and land have a central place, have to be dealt with in an integrated way, taking into account local knowledge and needs.

## Acknowledgements

We would like to express our gratitude to the anonymous referee for the very useful remarks and suggestions for improvement of the manuscript.

## Literature

1. Aerts R., Mitiku H., Muys B., Deckers J., Hermy M. & Moeyersons J., 2001, Forest rehabilitation and water conservation in the Tigray highlands, northern Ethiopia. *European Tropical Forestry Research Network News*, 33, 29-31.
2. Bakker J.P., Bekker R.M. & Thompson K., 2000, From a seed bank database towards a seed database. *Z. Ökologie und Naturschutz*, 9, 61-72.
3. Bakker J.P., Poschod P., Strykstra R.J., Bekker R.M. & Thompson K., 1996, Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology. *Acta Botanica Neerlandica*, 45, 461-490.
4. Bossuyt B. & Hermy M., 2001, Influence of land use history on seed banks in European temperate forest ecosystems: a review. *Ecography*, 24, 225-238.
5. Chadhokar P.A., 1992, Area closure for soil conservation in Ethiopia: potential and dangers pp. 329-333, *In: Hurni H. and Tato K. (Eds), Erosion, Conservation and small Scale Farming*, Walswirth Publ. Co., Marceline, MO, USA, 392 p.
6. Demel Teketay, 1996, Germination ecology of twelve indigenous and eight exotic multipurpose leguminous species from Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 80, 209-223.
7. Demel T., 1997, The impact of clearing and conversion of dry Afro-montane forests into arable land on the composition and density of soil seed banks. *Acta Ecologica*, 18, 557-573.
8. Demel T., 1998, Soil seed bank at an abandoned Afro-montane arable site. *Feddes Repertorium*, 109, 161-174.
9. Demel T. & Granström A., 1995, Soil seed banks in dry Afro-montane forests of Ethiopia. *Journal of vegetation Science*, 6, 777-786.
10. Demel T. & Granström A., 1997, Seed viability of Afro-montane tree species in forest soils. *Journal of tropical Ecology*, 13, 81-95.
11. Ethiopian Flora Project, 1980-2003, The flora of Ethiopia & Eritrea, Vol. 2.1, 2.2, 3, 6 & 7. The National Herbarium, Biology Department, Science Faculty, Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia and The Department of Systematic Botany, Uppsala University, Uppsala, Sweden.
12. Fiedler H.J. & Gebreheye Belay, 1988, Forests and their importance for soil conservation in Ethiopia. *Arch. Nat. Schutz Landsch. Forsch.* 28, 161-175.
13. Garwood N.C., 1989, Tropical soil seed banks: a review. *In: Leck M.A., Parker V.T. & Simpson R.L. (Eds.), Ecology of soil seed banks*, pp. 149-209. Academic Press, London.
14. Goris J., 2002, Ecologische niche van de wieroekboom (*Boswellia papyrifera* (Del.) Hochst.) in Centraal-Tigray, Ethiopië, Msc thesis, Katholieke Universiteit Leuven.
15. Gray D.H. & Megahan W.F., 1981, Forest vegetation removal and slope stability in the Idaho Banolith, United States Department of Agriculture Forest Service, Intermountain Forest and Range Experimental Station Research Paper, INT-271, 1-23.
16. Hill M.O., 1979, TWINSPLAN a fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University, Ithaca, NY.
17. Janzen D.H., 1988, Tropical dry forests: the most endangered major tropical ecosystem pp. 130-137, *In: Wilson E.O. and Peter F.M. (Editors), Biodiversity*, National Academy Press, Washington, 425 p.
18. Kent M. & Coker P., 1996, Vegetation description and analysis, a practical approach. John Wiley & Sons, Chichester.
19. Khurana E. & Singh J.S., 2001, Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Environmental Conservation*, 28, 39-52.
20. Kindeya G. & Mitiku H., 1997, Opportunities and constraints for reforestation in drylands of northern Ethiopia: a case study in Tembien, Tigray. Paper presented at the 13<sup>th</sup> International Ethiopian Studies Conference, 13-14 Dec, 1997, Kyoto, Japan.
21. Kindeya G., 1997, Area enclosures as an approach in the management of dryland biodiversity: a case study in Tigray region, Northern Ethiopia. Paper presented at the workshop on Management of dryland biodiversity, 30 July-14 August, 1997, Nairobi, Kenya.
22. Murphy P.G. & Lugo A.E., 1986, Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 67-88.
23. Muys B., Kindeya G. & Bruneel S. (Eds.), 2004, Symposium on the rehabilitation of dryland forests in Ethiopia: ecology and management. Mekelle, Ethiopia, 21-24 September 2004. Book of abstracts.
24. Nyssen J., 2001, Erosion processes and soil conservation in a tropical mountain catchment under threat of anthropogenic desertification – a case study from Northern Ethiopia. Diss. Phd. KULeuven, Leuven.
25. Nyssen J., Poesen J., Moeyersons J., Deckers J., Mitiku H. & Lang A., 2004, Human impact on the environment in the Ethiopian and Eritrean highlands – a state of the art. *Earth-Science Reviews*, 64, 157-323.
26. Pitman N.C.A. & Jorgenson P.M., 2002, Estimating the size of the world's threatened flora. *Science*, 298, 989 + suppl.
27. REST, 1994, Report on the socio-economic baseline study in Central Tigray. REST, Mekelle, Ethiopia.
28. Reusing M. & Kasberger G., 2000, Wald-monitoring in Äthiopien. *Allgemeine Forstzeitschrift/ Der Wald*, 4, 207-208.
29. Siegel S. & Castellan N.J., 1988, Non parametric statistics for the behavioral sciences. McGraw-Hill, Boston, 377 p.
30. Skoglund J., 1992, The role of seed banks in vegetation dynamics and restoration of dry tropical ecosystems. *Journal of vegetation Science*, 3, 357-360.
31. Strijkstra R.J., Bekker R.M. & Bakker J.P., 1998, Assessment of dispersule availability: its practical use in restoration management. *Acta Botanica Neerlandica*, 47, 57-70.
32. ter Heerdt G.N.J., Verweij G.L., Bekker R.M. & Bakker J.P., 1996, An improved method for seed bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. *Functional Ecology*, 10, 144-151.
33. Thompson K., 1992, The functional ecology of seed banks pp. 231-258, *In: Fenner M. (Editor), Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*, CAB international, Wallingford, 465 p.
34. Thompson K. & Grime J.P., 1979, Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in the contrasting habitats. *Journal of Ecology*, 67, 893-921.
35. Turner I.M. & Corlett R.T., 1996, The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Trends in Ecology & Evolution*, 11, 330-333.
36. Van Loon J.C., 1980, Analytical atomic absorption spectroscopy: selected methods. Academic press, New York, 337 p.
37. Warr S.J., Thompson K. & Kent M., 1993, Seed banks as a neglected area of biogeographic research: a review of literature and sampling techniques. *Progress in Physical Geography*, 17, 329-347.
38. Weigand W., 2006, Elementar Analysensysteme. <http://www.elementar.de>
39. Weil R.R., 2003, Getting to know a catena: a field exercise for introductory soil science. *Journal of natural resources and life science education*, 32, 1-4.
40. Zhang J.F., Wang X.R., Shen H., Wu J.C. & Xue Y.Q., 2004, Determination of total phosphorus in water samples by flow-injection analysis. *Chemia Analytica*, 49, 527-533

B. Reubens, Belgian, bio engineer, Ph.D. researcher at the Katholieke Universiteit Leuven, Faculty of Bioscience Engineering in Leuven, Belgium.

M. Heyn, Belgian, bio engineer, Aeolus Forest Team in Diest, Belgium.

Kindeya Gebrehiwot, Ethiopian, Ph.D. in Forestry, Research and Publication Officer of Mekelle University in Mekelle, Ethiopia.

M. Hermy, Belgian, Ph.D. in Sciences (Biology), Professor of vegetation sciences at the Katholieke Universiteit Leuven, Faculty of Bioscience Engineering in Leuven, Belgium.

B. Muys, Belgian, Ph.D. in Agricultural Sciences/Forestry, Professor of forest ecology and management at the Katholieke Universiteit Leuven, Faculty of Bioscience Engineering in Leuven, Belgium.

# Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical

L.S.T. Ngamo<sup>1</sup> & Th. Hance<sup>2</sup>

Keywords: Spices- Essential oils- Integrated control- Stored products- Cameroon

## Résumé

Les insectes ravageurs des denrées, majoritairement des Coléoptères peuvent causer la perte totale d'un stock. Le moyen le plus courant pour limiter leurs activités est l'usage des pesticides dont les effets indésirables sont malheureusement très nombreux. L'intoxication humaine en est une principale. Au cours des deux dernières décennies, de nombreux travaux ont été menés dans le but de rechercher des méthodes de protection des denrées plus douces, respectueuses de la santé humaine et de l'environnement. La recherche des méthodes alternatives de protection des denrées issues du savoir-faire des anciens puis l'usage des phytopesticides, produits de la biodiversité locale se présente aujourd'hui comme une alternative prometteuse. Les phytopesticides formulés à partir des huiles essentielles des plantes aromatiques condimentaires constituent une piste sérieuse.

## Introduction

Les zones d'insécurité alimentaire dans le monde sont pour l'essentiel concentrées à l'intérieur des Tropiques. Or, ces zones ne sont ni les plus exploitées ni les plus fertiles du globe. Malheureusement, c'est là que l'on retrouve la plus forte concentration des populations matériellement les moins nanties. Pour faire face à la demande alimentaire croissante des populations vivant dans ces régions, il existe trois possibilités: ralentir la croissance démographique; accroître la production agricole en augmentant les rendements ou les superficies cultivables; réduire les pertes avant et après récoltes (16).

Entre la récolte et la consommation, plus de 30% de la production est perdue, cette proportion est plus forte en région sahéenne du fait de la longue période de stockage. Dans ces zones sahéennes, la saison sèche est longue et rude. La période de productivité des champs est dès lors très réduite. La consommation des céréales et des légumineuses alimentaires se fait toute l'année. Le stockage rend possible la disponibilité quasi permanente de ces denrées sur les marchés et assure les semences pour les campagnes agricoles à venir. Pendant ce stockage, les insectes et principalement certains genres de Coléoptères (Bruchidae et Curculionidae) s'attaquent aux grains (10, 16, 17, 42, 52, 55, 72, 74, 79). Si aucune protection n'est faite, après sept mois de stockage, la perte des denrées peut être totale (2, 4, 9, 55, 56). Les méthodes utilisées pour limiter les pertes dans les stocks sont généralement les insecticides chimiques qui peuvent induire une intoxication chronique des consommateurs, une résistance chez les ravageurs et avoir un impact négatif sur l'environnement (6, 20, 47, 49, 61). Pour réussir une protection efficace des denrées au cours du stockage, il faut trouver une alternative qui n'engendre pas des problèmes de santé ou toute nuisance aux consommateurs et à l'environnement.

### 1. Les difficultés de stockage de denrées

Le stockage est réussi si à son terme la denrée mise en

## Summary

### Diversity of Stored Grain Pests and Alternative Methods for their Control in Tropics

The major cause of important post-harvest losses in northern Cameroon is due to the attacks of insects pests. These beetles (Insecta: Coleoptera) during their development depreciate food in storage, they are able to destroy a whole stock in a very short period of time. To protect stored products against these insects, synthetic insecticides and many other biological or physical methods are used, very important amount of work had been carried out on this subject. This review summarises the importance and the diversification of stored grain pests in Cameroon and presents current methods. Hence, the review highlights the use of the essential oils from spices as an important user and consumer friendly method to protect grain in storage.

réserve ne présente pas de déprédation ni de sa qualité ni de sa quantité. Les dépréciations observées sont en général la résultante de l'activité des ravageurs, de l'inadéquation du module de stockage ou du type de denrée qui peut être un cultivar très réceptif aux facteurs de pertes. La diversité des ravageurs des stocks de céréales et des légumineuses alimentaires n'est pas établie dans toute la région sahéenne africaine (42, 53, 54). Or une étape préliminaire importante pour réussir la protection du stock est la connaissance du ravageur. Dans les greniers paysans où plus de 80% des récoltes sont stockées (14, 54, 55, 56, 71). Une partie importante de ces stocks peut être détruite par les ravageurs. Les pertes de maïs grain dues aux charançons peuvent dépasser 25% de la récolte (62) ou même atteindre 40% en six mois de stockage (19, 25, 59, 74).

Le Grand Capucin du Grain *Prostephanus truncatus* (Coleoptera, Bostrichidae) est un important ravageur des céréales (25) et n'a pas été observé au cours des enquêtes menées au Cameroun et au sud du Tchad (54). Il a dans ces deux pays le statut d'un insecte rare. Ce ravageur a été introduit accidentellement en Afrique de l'ouest et de l'est (22). A partir de ces deux zones son expansion s'est étalée et à la fin de la décennie 1980, il a acquis le statut d'insecte ravageur en Afrique s'attaquant non seulement aux grains mais aussi aux cossettes de manioc (22, 25, 26). Le lâcher du prédateur a été fait en différents points sur le continent africain. La rareté ou l'absence de ce ravageur au Cameroun (Tableau 1) peut être la conséquence de la réussite de cette lutte. Parce que, le ravageur était présent au Nigeria voisin en 1992 et au Niger en 1996 (22, 78). Dans ces deux pays aucune inoculation de *T. nigricens* n'a été faite (22).

Dans les greniers paysans, après six mois de conservation, les pertes dues aux bruches se situent entre 70 et 80% (74). Au Cameroun, après neuf mois de conservation, la bruche *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) peut entraîner la perte totale de la récolte (9). Au Togo (81) et au Burkina Faso (57) les

<sup>1</sup>Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences, Département des Sciences Biologiques, B.P. 454, Ngaoundéré, Cameroun. Courriel: [ngamo7@swing.be](mailto:ngamo7@swing.be)

<sup>2</sup>Université Catholique de Louvain, Faculté des Sciences, Unité d'Ecologie et de Biogéographie, Centre de Recherche sur la Biodiversité, 5, Place Croix du Sud, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique.

Reçu le 05.11.03 et accepté pour publication le 11.05.06.

**Tableau 1**  
**Ravageurs des denrées au cours du stockage au nord Cameroun (55)**

N°	Nom	Ordre & Famille	Statut actuel
1	<i>Sitophilus zeamais</i> (Motschulky)	Coleop.: Curculionidae	Ravageur ++
2	<i>Sitophilus granarius</i> (L.)	Coleop.: Curculionidae	?
3	<i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	Coleop.: Curculionidae	Ravageur +
4	<i>Prostephanus truncatus</i> (Horn)	Coleop.: Bostrichidae	?
5	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	Coleop.: Tenebrionidae	Ravageur +
6	<i>Tribolium confusum</i> (Jaquelin du Val)	Coleop.: Curculionidae	Ravageur +
7	<i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say)	Coleop.: Bruchidae	Ravageur +++
8	<i>Callosobruchus maculatus</i> (Fabricius)	Coleop.: Bruchidae	Ravageur +++
9	<i>Callosobruchus subinotatus</i> (Pic)	Coleop.: Bruchidae	Ravageur +
10	<i>Callosobruchus rhodesianus</i> (Pic)	Coleop.: Curculionidae	Ravageur +
11	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.)	Coleop.: Silvanidae	?
12	<i>Oryzaephilus mercator</i> (Fauvel)	Coleop.: Silvanidae	?
13	<i>Ephestia elutella</i> (Hubner)	Lepidoptera: Pyralidae	Ravageur +
14	<i>Ephestia kuehniella</i> (Keller)	Lepidoptera: Pyralidae	Ravageur +
15	<i>Gibbium aequinoctiale</i> (Boieldieu)	Coleop.: Ptinidae	?
16	<i>Sitotroga cerealella</i> (L.)	Lepidoptera: Pyralidae	Ravageur
17	<i>Rhizopertha dominica</i> (Fabricius)	Coleop.: Bostrichidae	?
18	<i>Oligota chrysopyga</i> (Kraatz)	Coleop. Staphilinidae	?

**Tableau 2**  
**Données sur les principaux insecticides végétaux actuellement commercialisés aux Etats-Unis (34)**

Propriété	Pyrèthre	Roténone	Neem	Huiles essentielles
Origine	Kenya, Australie	Asie du Sud-Est, Venezuela	Inde	Monde entier
Matières actives	Pyéthrines	Roténoïdes (isoflavonoïdes)	Azadirachtine (limonoïdes)	Monoterpènes (phénols simples)
% de matières actives dans le produit technique	20 - 25	5 - 7	10 - 20	50 - 95
Prix moyen (\$US/kg)	45 - 60	3 - 5	125 - 200	10 - 25
Formulations	Nombreuses	Poudres, poudres mouillables	Concentrés émulsionnables	Nombreuses
% de matières actives dans la formulation typique	Concentré émulsionnable 6%	Poudre 1% Poudres mouillables 5%	Concentrés émulsionnables 1 - 4,5%	Concentrés émulsionnables 35% et aérosols 6%
Situation réglementaire	Homologué	Homologué mais pourrait être retiré de la liste	Homologué	Exempté
Utilisation en agriculture biologique	Approuvée	Approuvée	Approuvée	Approuvée
Action chez les ravageurs ciblés	Contact/knock down	Poison d'ingestion cytotoxine	Poison d'ingestion /RCI/antiappétent	Contact: knock down
Rémanence	Très limitée	Limitée	Très limitée	Très limitée
Toxicité pour les mammifères	Minimale	Modérément toxique, mais très toxique pour les poissons	Non toxique	Non toxique

RCI= Régulateur de la Croissance des Insectes.

pertes de niébé au cours du stockage dues à *C. maculatus* sont estimées à plus de 800 g/kg après sept mois de stockage. Les bruches les plus fréquentes sur le continent africain appartiennent à deux genres: *Acanthoscelides* et *Callosobruchus* (16, 17, 37, 42, 44, 55, 81). Le genre *Acanthoscelides* est représenté principalement par une seule espèce, *A. obtectus* qui est la bruche du haricot. Le genre *Callosobruchus* compte plusieurs espèces dont les

plus fréquentes sont: la bruche du niébé, *C. maculatus* et les bruches du voandzou *C. rhodesianus* et *C. subinotatus* (3, 37, 40, 41, 57, 58).

## 2. Efficacité des extraits de plantes pour la protection des denrées stockées

Les agriculteurs introduisent dans les greniers des plantes aromatiques issues de la pharmacopée locale pour protéger

les denrées des attaques des insectes (4, 10, 11, 13, 15, 24, 50, 51, 71, 73). Cependant l'efficacité de ces plantes dans les situations réelles n'a que rarement été démontrée (68). L'utilisation des substances végétales en tant que biopesticides dans la protection des grains au cours du stockage contre les insectes a fait l'objet de nombreux travaux notamment en zone tropicale (5, 45). Il s'agit d'aider les populations locales à utiliser les ressources offertes par leur propre biodiversité pour résoudre leurs problèmes de stockage des denrées.

Les plantes sont naturellement dotées de médiateurs chimiques permettant la communication entre les espèces et présentant divers effets. Beaucoup de molécules dans ces composés interviennent dans la défense du végétal contre les ravageurs. Ainsi plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides sont identifiées. C'est à partir du constat de la protection des plantes contre les déprédateurs qui importent aussi l'homme que les premiers usages phytosanitaires des végétaux se sont développés (60). La tradition orale africaine rend difficile la datation du début de cette lutte chimique, cependant, les habitudes transmises de génération en génération montrent le rôle important joué par les plantes pour la préservation des denrées stockées dans les greniers traditionnels (75).

Les phytoecdysoides constituent une famille chimique de molécules allélochimiques dont on ne connaît pas précisément leur rôle dans la physiologie des plantes (49). Bon nombre de ces composés sont actifs sur les insectes dont ils contrôlent le développement. Ils apparaissent ainsi

comme des protectants des plantes susceptibles d'être utilisés en protection des végétaux. Quatre principaux groupes de biopesticides d'origine végétale ont une utilisation approuvée en agriculture biologique aux Etats-Unis (34) (Tableau 2). Leur matière végétale provient de divers endroits du monde pour des extractions et des formulations en vue d'un usage qui optimise leur efficacité.

Les phytopesticides valorisables sous la forme des huiles essentielles présente un réel avantage du fait de leur faible rémanence, leur faible toxicité pour l'homme et de leur mode d'action sur les ravageurs. Toutes les plantes dont les huiles ou les extraits sont prometteurs pour la lutte contre les insectes ravageurs ne sont pas indiquées pour l'alimentation humaine, non seulement du fait de leur toxicité mais de leur goût ou de leur senteur. Il serait opportun d'allier les connaissances tirées du savoir-faire paysan pour indexer certaines plantes condimentaires utilisées de nos jours ou par le passé pour la protection des denrées (1, 7, 8, 12, 35, 36, 43, 53, 54, 56). Cette approche suggérerait donc d'améliorer la protection des denrées par l'usage des phytopesticides issus des épices donc qui ne sont pas potentiellement toxiques pour le consommateur ou l'utilisateur.

### 3. Les huiles essentielles des plantes condimentaires comme protectant des denrées au cours du stockage

Avant toute utilisation d'huiles essentielles extraites localement ou sur des ressources indigènes, il convient de les caractériser. Dans la mesure des données disponibles dans

Tableau 3

Quelques espèces de plantes tropicales testées par le Réseau africain de recherche sur les bruches pour leurs activités insecticides (21)

Familles	Noms	Familles	Noms
Lamiaceae	<i>Ocimum canum</i> * <i>O. gratissimum</i> * <i>O. basilicum</i> <i>O. suave</i> * <i>O. kilimandicharium</i> <i>Aeollanthus pubescens</i> <i>Hyptis suaveolens</i> * <i>H. spicigera</i> *	Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i> * <i>C. nardus</i> <i>C. schoenanthus</i> <i>Echinops giganteus</i> *
Umbelliferaeae	<i>Diplophium africanum</i>	Zingiberaceae	<i>Zingiber officinale</i> * <i>Aframomum melegueta</i> <i>Curcuma longa</i>
Rutaceae	<i>Zanthoxylum alatum</i> <i>Z. zanthoxyloides</i> <i>Citrus paradisiaca</i> <i>C. limon</i> <i>Clauseana anisata</i> * <i>Vepris heterophylla</i> *	Myrtaceae	<i>Eucalyptus citriodora</i> * <i>E. tereticomis</i> <i>E. saligna</i> * <i>Psidium guajava</i> <i>Syzygium aromaticum</i>
Verbenaceae	<i>Lippia multiflora</i> <i>L. rugosa</i> * <i>Lantana camara</i>	Annonaceae	<i>Xylopiia aethiopica</i> * <i>Monodora myristica</i> <i>Annona reticulata</i> <i>A. senegalensis</i> *
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> <i>Melia azadirach</i> <i>Azadirachta indica</i>	Asteraceae	<i>Laggera alata</i> <i>L. pterodonta</i> * <i>Tagetes erecta</i> <i>Tridax procumbens</i>
Capparidaceae	<i>Boscia senegalensis</i>	Solanaceae	<i>Capsicum frutescens</i> <i>Lycopersicon esculentum</i> <i>Nicotiana tabacum</i>
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> <i>Jatropha curcas</i>	Piperaceae	<i>Piper guineense</i> <i>P. nigrum</i> *
Liliaceae	<i>Allium sativum</i> <i>A. cepa</i>		

\*Plantes testées par l'équipe de Protection intégrée des denrées stockées de l'Université de Ngaoundéré pour leurs activités insecticides sur les ravageurs des céréales *Sitophilus zeamais* et *Tribolium castaneum* (1, 12, 35, 36, 43, 56).

**Tableau 4**  
**Activités de quelques monoterpènes des huiles essentielles sur *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) (63)**

Phase du développement inhibée	Ponte	Pénétration larvaire	Emergence/adulte
Monoterpènes actifs	Linalol	Linalol	Carvacrol
	Thymol	Thymol	Linalol
	Carvacrol	Eugénol	Eugénol
		Anéthole	Thymol
			Terpinéol

Plantes utilisées: *Thymus vulgaris*, *T. serpyllum*, *Origan vulgare*, *Eucalyptus globulosus*, *Lavandula angustifolia*, *Laurus nobilis*, *Salvia officinalis*, *Coriandrum sativum*, *Cinnamomum verum*, *Rosmarinus officinalis*, *Ocimum basilicum*, *Petroselinum sativum*.

la littérature et à l'aide des tests simples, il faut déterminer leur mode d'action (répulsion, action sur la survie, sur la fécondité, anti appétent, etc.) contre les ravageurs. L'effet des huiles essentielles sur la faune auxiliaire doit également être pris en considération. Différentes familles botaniques indigènes africaines produisent les huiles essentielles et ont des potentialités insecticides (Tableau 3). Les informations qui sont fournies par la tradition orale et les pratiques locales de phytoprotection doivent être testées. Toutes les plantes citées ne sont pas insecticides, mais de nombreuses plantes aromatiques ont des effets insecticides (21, 46).

#### Activités biologiques des constituants des huiles essentielles

Différents travaux font référence à l'utilisation d'huiles essentielles pour la protection des denrées stockées contre les insectes ravageurs. Le limonène agit contre différents ravageurs (33), alors que le même composé présente une activité d'attraction pour les prédateurs et offre donc des perspectives intéressantes en lutte biologique. Les constituants des huiles essentielles sont des sources potentielles d'insecticides botaniques. Plusieurs constituants sont insecticides (27, 28, 29, 30, 31, 69, 76, 77). Le safrôle et l'eugénol ont des fortes activités insecticides sur les ténébrions et surtout le *T. castaneum* (65, 66, 67) ainsi que sur la bruche du haricot (Tableau 4). En outre, les molécules issues du métabolisme secondaire des principaux constituants des huiles essentielles: polyphénols, terpènes, alcaloïdes ou glycosides cyanogéniques (70) sont facilement biodégradables par voie enzymatique.

Les extraits de *Ocimum basilicum* (Lamiaceae) obtenus par hydrodistillation causent jusqu'à 80% de mortalité de *C. maculatus* (39) lorsque les huiles sont utilisées en fumigation. Une utilisation des huiles en formulation poudreuse conduit à une protection des stocks durant trois mois sans diminuer le pouvoir de germination des graines; des essais similaires ont été réalisés au Kenya (7). Les monoterpènes sont des insecticides et inhibent la reproduction des insectes (23, 38, 65, 80). Les plantes comme les conifères les utilisent pour leur propre défense contre les insectes, c'est le cas de l'oléfine et des résines d'acide diterpénique. Leur effet peut aussi être anti appétent, anti reproducteur ou retardateur de la reproduction et de la longévité des insectes (30, 31,

32, 43, 64). Elles agissent au niveau des récepteurs de l'acétylcholine estérase des jonctions neuromusculaires.

#### Conclusion

La sélectivité et la spécificité permettent aux molécules allélochimiques végétales d'agir à des moments déterminés sur les espèces ciblées. Les monoterpènes sont des inhibiteurs de la reproduction chez *A. obtectus*. Cette action est très rapide et plus forte chez les femelles que chez les larves et les adultes mâles par fumigation. Les huiles essentielles insecticides sont très actives sur les insectes sans altérer le pouvoir germinatif des graines traitées (39). Les constituants majeurs des huiles essentielles ont des efficacités insecticides soit singulières ou lorsqu'elles sont mises ensemble. Il n'y a pas forcément synergie lorsque tous ces composés sont conditionnés ensemble, de même les efficacités ne sont pas les mêmes pour tous les insectes (7). Il existe une grande variation dans la sensibilité des espèces pour une même huile essentielle (17) ou même pour un même composé (65, 67). Une même molécule allélochimique n'exerce pas forcément la même activité aux différents stades du cycle biologique d'un insecte.

Le mode d'action des huiles essentielles est de mieux en mieux connu chez les insectes, les travaux récents montrent que les monoterpènes inhibent la cholinestérase; les composés soufrés agissent sur les canaux potassium de la blatte et n'ont pas d'effet cholinergique (18). En général, les huiles essentielles sont de nos jours connues comme des neurotoxines à effets aigus interférant avec les transmetteurs octopaminergiques des Arthropodes. Ces huiles sont peu toxiques pour les animaux à sang chaud, volatiles et très toxiques chez les insectes.

#### Remerciements

Cette synthèse bibliographique a été réalisée au cours de la phase de préparation de la convention 'Storeprotect', PIC 2003 Cameroun, financée par le CUD. Je remercie tous les collègues des équipes camerounaises et belges participant à ce projet qui ont relu la dernière version de cet article pour leurs commentaires et leurs encouragements. Que tous les lecteurs anonymes, dont les critiques et les suggestions lors des différentes versions en vue d'améliorer ce texte, soient remerciés.

#### Références bibliographiques

1. Adjoudji O., Ngassoum M.-B., Essia Ngang J.-J., Ngamo L.S.T. & Ndjouenkeu R., 2000, Activité insecticide des huiles essentielles des fruits de *Piper nigrum* (Piperaceae) et de *Xylopiya aethiopica* (Annonaceae) sur *Sitophilus zeamais* (Curculionidae). Biosciences Proceedings, 7, 511-517.
2. Agouké & Bell A., 1994, Les règles de l'art: protection des denrées stockées combinant le fractionnement des récoltes et l'application d'insecticides. GTZ, Eschborn, Allemagne.
3. Alzouma I., Huignard J., Lenga A., 1994, Les coléoptères Bruchidae et les autres insectes ravageurs des légumineuses alimentaires en zone tropicale. In: Post-récolte, principes et application en zone tropicale. ESTEM/AUPELF Verstraeten et al. Eds. Pp. 79-103.
4. Akou-Edi D., 1983, Effects of neem seed powder and oil on *Tribolium confusum* and *Sitophilus zeamais*. In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Neem conference, Rauscholzhausen, 445-452.
5. Arthur F.H., 1996, Grain protectants. Current status and prospects for future. Journal of Stored Products Research, 32, 293-302.
6. Attia F.I. & Frecker T., 1984, Cross resistance spectrum and synergism studies in organophosphorous-resistant strains of *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera, Cujidae) in Australia. Journal of Economic Entomology, 77, 1367-1370.
7. Bekele J. & Hasanali A., 2001, Blend effects in the toxicity of the essential oil constituents of *Ocimum Kilimands* and *Ocimum kenyense* (Labiatae) on two post-harvest insects pests. Phytochemistry, 57, 385-391.

8. Bekele J., Obeng-Ofori D. & Hassanali A., 1997, Evaluation of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) as a source of repellents, toxicants and protectants in storage against three stored product insect pests. *Journal of Applied Entomology*, 121, 169-173.
9. Bell A., 1994, Emploi des substances végétales comme produits de protection des stocks contre le grand capucin du grain (*Prostephanus truncatus*) et autres ravageurs. GTZ, Eschborn, Allemagne.
10. Bell A., Mück O. & Schneider H., 1998, La protection intégrée des denrées stockées est une affaire rentable! GTZ, Eschborn, Germany, 42 p.
11. Belmain S.R., Neal G.E., Ray D.E. & Golob P., 2001, Insecticidal and vertebrate toxicity associated with ethnobotanicals used as post-harvest protectants in Ghana. *Food and Chemical Toxicology*, 39, 287-291.
12. Buchbauer G., Jirovetz L., Ngassoum M.-B., Adjoudji O. & Ngamo Tinkeu L.S., 2000, Insecticidal activity and chemical composition of essential oils of *Ocimum gratissimum* and *Xylopiya aethiopica* from Cameroon. Presentation at the 31<sup>st</sup> International Symposium on Essential oils. Kubezcka K.-H., & König W.A. Eds. Hamburg, Germany, p. 20.
13. Chaidir Hiort J., Nugroho B.W., Bohnenstengel F.I., Wray V., Witte L., Hung P.D., Kiet L.C., Sumaryono W. & Proksch P., 1999, New insecticidal rocaglamide derivative from flowers of *Aglia duperreana* (Meliaceae). *Phytochemistry*, 52, 837-842.
14. Cruz J.F. & Troude F., 1988, Conservation des grains en régions chaudes. Collection du Ministère de la Coopération et du Développement. Techniques rurales en Afrique. CEEMAT/CIRAD, Montpellier, 548 p.
15. Delaquis P.J., Stanich K., Girard B. & Mazza G., 2002, Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, citrino, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology*, 74(1-2), 101-109.
16. Delobel A. & Tran M., 1993, Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. Faune Tropicale XXXII. ORSTOM/CTA Eds, Paris, 424 p.
17. Delobel A., 1994, Les insectes ravageurs des tubercules et racines en Afrique tropicale: biologie, mesures de protection et méthodes de lutte. In: Post-récolte, principes et application en zone tropicale. ESTEM/AUPELF, Verstraeten et al. Eds., 63-78.
18. Dugravot S., 2000, Analyse de la réponse d'insectes spécialistes et non-spécialistes à un composé soufré. Diplôme d'études approfondies, Université de Tours, 25 p.
19. Fontem D.A., 1982, Reduction of post-harvest losses in cereal and tubers. A report of practical training in the north west province delegation of agriculture. University Center of Dschang, 23 p.
20. Georghion G.P., 1990, Overview of insecticide resistance. In: Green M.B., Lebaron H.M. Moberg W.K. Eds. Managing resistance to agrochemicals: from fundamental research to practical strategies. American Chemical Society symposium, series 421. Washington DC, 18-41.
21. Gliitho A.I., 2002, Post-récolte et biopesticides en Afrique, Annexe. In: Biopesticides d'origine végétale. Regnault Roger C., Philogène B.J.R. & Vincent C. Eds. Paris, 313-321.
22. GTZ, 1999, Propagation de *Prostephanus truncatus* et de son prédateur *Teretriosoma nigriscens*. en Afrique GTZ, Eschborn, Germany, 4 p.
23. Hardwood S.H., Moldenke A.F. & Beny R.E., 1990, Toxicology of peppermint monoterpenes to the variegated cutworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 83, 1761-1767.
24. Hassanali A., Lwande W., Sitayo O., Moreaka L., Nokoe S. & Chapaya A., 1990, Weevil repellent constituents of *Ocimum kilimandscharicum* (Labiatae) as post harvest protectant against infestation of three major stored product insect pests. *Bulletin of Entomological Research*, 85, 361-367.
25. Helbig J., 1995, Écologie de *Prostephanus truncatus* au Togo examinée notamment du point de vue des interactions avec le prédateur *Teretriosoma nigriscens*. GTZ, Eschborn, Germany, 111 p.
26. Henning-Helbig S., 1995, Instructions pour la mise en œuvre de *Teretriosoma nigriscens* dans la lutte biologique contre *Prostephanus truncatus*. GTZ, Eschborn, Allemagne, 55 p.
27. Ho S.-H., Koh L., Ma Y., Huang Y., Sim K.Y., 1996, The oil of the garlic *Allium sativum* L. (Amaryllidaceae) as a potential grain protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Post harvest Biology and Technology*, 4, 179-183.
28. Huang Y., Chen S.X. & Ho S.-H., 2000, Bioactivities of methyl allyl disulfide and diallyl trisulfide from essential oil of garlic to two stored product pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, 93, 2, 537-543.
29. Huang Y., Tan J.M.W.L., Kini R.M. & Ho S.-H., 1997, Toxic and antifeedant action of nutmeg oils against *Tribolium castaneum* Herbst and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Journal of Stored Products Research*, 33, 289-298.
30. Huang Y. & Ho S.-H., 1998, Toxicity and antifeedant activities of cinamaldehyde against the grain storage insects. *International Pest Control*, 39, 50-51.
31. Huang Y., Ho S.-H. & Manjunatha K.R., 1999, Bioactivities of safrole and isosafrole on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, 92 (III), 676-683.
32. Huang Y., Ho S.-H., Lee H.-C. & Yap Y.-C., 2002, Insecticidal properties of eugenol, isoeugenol and methyleugenol and their effects on nutrition of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 38, 403-412.
33. Ibrahim M.A., Kainulainen P., Aftatuni A., Tilikkala K. & Holopainen J.K., 2001, Insecticidal, repellent antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. *Agricultural and Food Science in Finland*, 10, 3, 243-259.
34. Isman M.B., Wan A.I. & Passreiter C.M., 2001, Insecticidal activity of essential oils of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura*, *Fitoterapia*, 72, 65-68.
35. Jirovetz L., Buchbauer G. & Ngassoum M.-B., 1998, Aroma compounds of leaf and flower essential oils of the spice plant *Ocimum gratissimum* L. from Cameroon. *Nutrition/Ernährung*, 22, IX, 395-397.
36. Jirovetz L., Buchbauer G., Ngassoum M.B. & Geissler M., 2002, Aroma compound analysis of *Piper nigrum* and *Piper guineense* essential oils from Cameroon using solid-phase micro-extraction-gas chromatography, solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry and olfactometry. *Journal of Chromatography*, 976, 1-2, 265-275.
37. Johnson C.D., 1981, Relations of *Acanthoscelides* with their host-plant. In: The ecology of bruchids attacking legumes (pulses), V. Labeyrie Ed. Junk publisher, The Hague, 73-81.
38. Karr L.L., Drewes C.D. & Coats J.R., 1990, Toxic effects of d-limonene in the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 36, 175-186.
39. Kéita S.M., Vincent C., Schmit J.-P., Arnason J.T. & Bélanger A., 2001, Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Product Research*, 37, 339-349.
40. Kéita M.S., Vincent C., Schmit J.P., Ramaswamy S. & Bélanger A., 2000, Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of stored products Research*, 36, 355-364.
41. Kethar C.M., 1986, Use of tree derived non-edible oils surface protectants for stored legumes against *Callosobruchus maculatus* and *C. chinensis*. In: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Neem Conference, Nairobi, Kenya, 535-542.
42. Kouakap Nguéché A., 2002, Diversité des ravageurs des denrées au cours du stockage au Cameroun. Rapport de stage de Licence en Biologie Appliquée, Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences 42 p.
43. Kouninki H., 2001, Etude de l'activité anti-insecte de *Ocimum gratissimum* L. (Lamiaceae) et *Xylopiya aethiopica* dunal (Annonaceae) sur *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Mémoire de maîtrise en zoologie. Université de Ngaoundéré. Cameroun 33 p.
44. Kreiter S., 1989, Les prédateurs des denrées entreposées. Document de travail, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier, Chaire d'Ecologie animale et de Zoologie Agricole, Inédit. 52 p.
45. Kumar R., 1991, La lutte contre les insectes ravageurs: la situation de l'agriculture africaine. CTA/Karthala Eds. Wageningen, Paris, 310 p.
46. Lee S.E., Lee B.H., Choi W.S., Park B.S., Kim J.G. & Campbell B.C., 2001, Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil *Sitophilus oryzae* L. *Pest Management Science*, 57, 6, 548-553.
47. Marion-Poll F., Dinan L. & Laffont R., 2002, Place des phytoecdysoides dans la lutte contre les insectes phytophages. In: Biopesticide d'origine végétale. Regnault-Roger C., Philogène B.J.R. & Vincent C. Eds. Paris, 97-113.

48. Menut C., Lamaty G., Sohoulou D.K., Dangou J. & Bessi re J.M., 1995, Aromatic plants of tropical West Africa III. Chemical composition of leaf essential oil of *Lippia multiflora* Moldenke from Benin. *Journal of Essential Oil Research*, 7, 3, 331-333.
49. Metcalf R.L., 1994, Insecticides in pest management. In: Introduction to insect pest management 3<sup>rd</sup> Ed. Metcalf R.L. & Luckmann W.H., Wiley, New York, 245-314.
50. Moreas L.A.S., Facanali R., Marques M.O.M., Lin C.M. & Meireles M.A.A., 2002, Phytochemical characterization of essential oil from *Ocimum selloi*. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 74, 1, 183-186.
51. Nakatani M., Abdelgaleil S.A.M., Okamura H., Iwagawa T., Sato A. & Doe M., 2000, Khayanolides A and B, new rearranged phragmalin limonoid antifeedants from *Khaya senegalensis*. *Terahedron letters*, 41, 6473-6477.
52. Nijhout HF., 1994, Insect hormones. Princeton University Press. Princeton.
53. Ngamo L.S.T., 2000, Protection intégrée des stocks de céréales et de légumineuses alimentaires. Analyses scientifiques. Bulletin Panafricain d'Informations Phytosanitaires, N 26-27, 13-15.
54. Ngamo L.S.T., 2000, Premier rapport annuel (1999-2000). Grand programme de recherche universitaire. Développement et valorisation des ressources animales et végétales. Protection intégrée des denrées stockées. Université de Ngaoundéré. 31 p.
55. Ngamo L.S.T., 2001, Deuxième rapport annuel (2000-2001). Grand programme de recherche universitaire. Développement et valorisation des ressources animales et végétales. Protection intégrée des denrées stockées. Université de Ngaoundéré. 15 p.
56. Ngamo Tinkou L.S., Ngassoum M-B., Jirovetz L., Ousman A., Nukenine E.C. & Mukala O., 2001, Protection of stored maize against *Sitophilus zeamais* (Motsch.) by use of essential oils of spices from Cameroon. *Medlinden Facult it Landbouww Universiteit Gent*, 66/2a: 473-478.
57. Ouédraogo A.P., Sou S., Sanon A., Monge J.P., Huignart J., Tran M.D. & Credland P.F., 1996, Influence of temperature and humidity on populations of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera Bruchidae) and its parasitoids *Dinarmus basalis* (Pteromalidae) in two zones of Burkina Faso. *Bulletin of Entomological Research*, 86, 695-702.
58. Ou draogo A.P., Monge P.J. & Huignart J., 1991, Importance of temperature and seed water content on the induction of imaginal polymorphism in *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 59, 59-66.
59. Papachristos D.P. & Stamopoulos D.C., 2002, Toxicity of vapours of three oils to immature stages of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 38, 365-373.
60. Papachristos D.P. & Stamopoulos D.C., 2002, Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oils vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 38, 117-128.
61. Phillog ne B.J.R., Regnault-Roger C. & Vincent C., 2002, Produits phytosanitaires d'origine végétale: promesse d'hier et d'aujourd'hui. In: Biopesticide d'origine végétale. Regnault-Roger C., Phillog ne B.J.R. & Vincent C. Eds. Paris, 1-17.
62. Prates H.T., Santos J.P., Waqui J.M., Fabris J.D., Oliveira A., Forster J.E. & Embrapa, 1998, Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzoperhta domonica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*, 34, IV, 243-249.
63. Regnault-Roger C., Phillog ne B.J.R. & Vincent C., 2002, Biopesticides d'origines végétales. Tec & Doc Eds. Paris, 337 p.
64. Regnault-Roger C., 1999, Diversification des stratégies de protection des plantes: intérêt des monoterpenes. *Acta Bot. Gallica*, 146, 35-43.
65. Regnault-Roger C. & Hamraoui, 1993, Efficiency of plants from south of France used as traditional protectant of *Phaseolus vulgaris* L. against its bruchid *Acanthoscelides obtectus* Say. *Journal of Stored Products Research*, 29, 259-264.
66. Regnault-Roger C. & Hamraoui, 1994, Antifeedant effect of Mediterranean plant essential oils upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera) bruchid of kidney beans *Phaseolus vulgaris* L. In: Highly E., Wright E.J., Banks H.J., Champ B.R. Storage product protection (Vol. 2), CAB international, Wallingford (U.K.), 837-840.
67. Regnault-Roger C. & Hamraoui A., 1994, Reproductive inhibition of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera) bruchid of kidney beans (*P. vulgaris* L.) by some aromatic essential oils. *Crop Protection*, 13, 624-628.
68. Regnault-Roger C. & Hamraoui A., 1997, Lutte contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leur molécules allelochimiques. *Acta Bot. Gallica*, 144, 401-412.
69. Shaaya E., Kostjukovski M., Eilberg J. & Sukprakarn C., 1997, Plants oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33, 1, 7-15.
70. Sanon A., Garba M., Auger J. & Huignart J., 2002, Analysis of insecticidal activity of methulisocyanate on *Callosobruchus maculatus* and its parasitoid *Dinarmus basalis*. *Journal of Stored Products Research*, 38, 129-138.
71. Stolk C., 2002, Biological control in store: spatial and behavioural aspects of foraging by *Uscana lariophaga*, egg parasitoid of *Callosobruchus maculatus* in stored cowpea. Ph. D. Thesis, Wageningen University, 159 p.
72. Stoll G., 1988, Protection naturelle des végétaux en zones tropicales. J. Margraf Ed. Weikersheim, Allemagne, 180 p.
73. Szafranski F., 1991, Activité biologique des extraits de quelques plantes des environs de Kinsangani (Zaire). *Belgian Journal of Botany*, 124, 1, 60-70.
74. Tapondjou L.A., Adler C., Bouda H. & Fontem D.A., 2002, Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 38, 395-402.
75. Taylor T.A., 1971, Flight activity of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) and some other grain-infesting beetles in the field and a store. *Journal of Stored Products Research*, (6), 226 p.
76. Tchoumboungang F., 1997, Contribution à la détermination des teneurs, des caractéristiques chimiques et des activités antifongiques des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques, condimentaires et médicinales du Cameroun. Thèse de Doctorat 3<sup> me</sup> Cycle en Biochimie. Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I (Cameroun), 270 p.
77. Tun  I., Berger B.M., Erler F. & Dagli F., 2000, Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 36, 161-168.
78. Varma J. & Dubey N.K., 2001, Efficacy of essential oils of *Caesulia axillaris* and *Mentha arvensis* against some storage pests causing biodeterioration of food commodities. *International Journal of Food Microbiology*, 68, 207-210.
79. Weidner H. & Rack G., 1984, Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds, GTZ, Eschborn, 148 p.
80. Wright J.E. & Chandler L.D., 1996, Biopesticide composition and process for controlling insect pests. *Biotechnology advances*, 14, 3, p 285.
81. Zannou E.T., Goudegnou D.K. & Glitho A.I., 1997, Colonisation des cultures de niébé, *Vigna unguiculata* par les Coléoptères Bruchid s au sud Bénin. *J. Rech. Sci. Univ. Bénin*, 12: 1-7.

L.S.T. Ngamo, Camerounais, Docteur en Sciences de l'UCL (Belgique, 1998), Actuellement chargé de cours à la Faculté des sciences de l'Université de Ngaoundéré au Cameroun.

Th. Hance, Belge, Professeur, Président du Département de Biologie, UCL, Centre de Recherche sur la Biodiversité, Place Croix du Sud, 5 - 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique.

# Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin

B. Sounon Bouko<sup>1</sup>, B. Sinsin<sup>1</sup> & B. Goura Soulé<sup>2</sup>

Keywords: Formations- Dynamics- Human pressure- Farming systems- Benin

## Résumé

*La dynamique d'occupation de l'espace par l'agriculture extensive prend aujourd'hui des proportions croissantes dans les savanes d'Afrique de l'Ouest. C'est dans ce contexte que cette étude a été menée pour évaluer l'impact de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité des groupements végétaux dans la zone de Wari-Marou-Igbomakro au Bénin. A cet effet, 72 relevés de végétation ont été effectués dans les différentes formations végétales naturelles et anthropiques. Les données ont été traitées par les techniques d'analyse multivariée. Selon le degré de dégradation des formations végétales, la diversité spécifique est faible (forte perturbation) ou élevée (moins perturbée) ce que traduisent l'indice de diversité spécifique de Shannon et l'équitabilité de Pielou. Sur la base de la présence-absence des espèces, les facteurs stationnels ont permis de définir des gradients de perturbation allant des formations moins perturbées aux formations anthropisées. Du fait de la croissance démographique et de la pression humaine sur les terres, de la nature de certains modes d'exploitation et de l'évolution des systèmes de culture, ce dynamisme agricole s'accompagne d'une forte dégradation du milieu naturel et de la perturbation des équilibres environnementaux.*

## Summary

### Effects of Land Use on the Structure and the Diversity of Woodlands and Savannas in Benin

*The dynamics of occupation of space by the extensive agriculture takes today increasing proportions in savannas of West Africa. It is in this context that this study was undertaken to evaluate the impact of the dynamics of occupation of the ground on the structure and the diversity of the vegetable groupings in the zone of Wari-Marou-Igbomakro to the Benin one. To this end, 72 readings of vegetation were taken in the various natural and anthropic vegetable formations. The data were treated by the techniques of multivariate analysis. According to the degree of degradation of the vegetable formations, specific diversity is weak (strong disturbance) or high (less disturbed) than translate the specific index of diversity of Shannon and the equitability of Pielou. On the basis of presence-absence of the species, the factors stationnels made it possible to define gradients of disturbance going from the less disturbed formations in the anthropized formations. Because of the demographic growth and human pressure on the grounds, by the nature of certain modes of exploitation and by the evolution of the farming systems, this agricultural dynamism is accompanied by a strong degradation by the natural environment and disturbance by environmental balances.*

## Introduction

La région de Wari-Marou-Igbomakro est sur les plans structural et orographique, une pénéplaine d'une altitude moyenne de 300 mètres (6). Les conditions naturelles favorables en ont fait une région de colonisation agricole qui accueille des immigrants composés essentiellement de Yowa et de Lokpa venus des zones plus densément peuplées et où le sol est plus appauvri et érodé. En effet, depuis quelques années, la colonisation des terres «vides» est devenue un problème d'actualité. Selon Kadouza (8), le phénomène est particulièrement remarquable en Afrique subsaharienne où les fortes densités démographiques et la crise d'espace agricole des anciens bastions-refuges incitent à l'émigration et à la recherche des terres «vierges». La colonisation agricole a pour corollaire la dynamique d'occupation du sol. Pourtier (13) a remarqué aussi bien au Sénégal où la colonisation agricole des «Terres Neuves» de Dioubel, et de la zone arachidière orientale a commencé en 1927, ou au nord du Cameroun où les montagnards Mandara continuent de quitter leur «réduit» surpeuplé pour les plaines environnantes qu'il existe une remarquable dynamique de l'occupation de l'espace rural avec une notable mutation de l'espace colonisé. La même remarque a été faite par Abotchi (1) au Togo où les administrations coloniales allemande et française ont transplanté les Kabyès et les Losso vers les terres «vierges» de la grande plaine du Mono.

Au Bénin, la zone de Wari-Marou-Igbomakro qui connaît au cours de ces dernières années des migrations successives n'échappe pas à cette situation. Naguère encore sous peuplée et peu exploitée malgré ces atouts Soulé (18), cette région connaît depuis quelques années un accroissement démographique sensible et un dynamisme d'occupation

du sol remarquable. Mais ces mutations démographiques engendrent de fortes pressions sur les formations naturelles qui se dégradent profondément. L'aménagement de la route Oubérou-Bassila, la disponibilité des terres et l'arrivée massive des colons agricoles avec pour corollaire la création des villages et hameaux ont participé d'une façon spectaculaire à la dynamique d'occupation du sol dans la région. L'extension des superficies agricoles au détriment des formations naturelles explique la faible diversité floristique dans les terroirs de cette zone (19).

Cette étude analyse l'influence de la dynamique d'occupation du sol sur la structure de la végétation et sa composition floristique.

## Présentation du milieu d'étude

### Milieu physique

L'étude a été réalisée dans la région de Wari-Marou-Igbomakro au centre du Bénin et est à cheval sur les communes de Bassila et de Tchaourou.

D'une superficie d'environ 54.500 ha, la zone d'étude est limitée à l'ouest par les terres des villages de Manigri et Igbère, à l'est par les terres du village Sinahou, au nord par les terres des villages de Dabogou, Yébéssi et Kpéssou qui s'étendent jusqu'à la rivière Téro et au sud par les terres de Igbère et Wannou (Figure 1).

La zone de Wari-Marou-Igbomakro se présente comme une vaste pénéplaine d'altitude moyenne de 300 mètres s'abaissant progressivement vers le sud. Le relief est composé de multiples dômes (inselbergs) à sommet arrondi

<sup>1</sup>Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP: 526, Cotonou, Bénin.

[bsounon@yahoo.fr](mailto:bsounon@yahoo.fr), [bsinsin@bj.Refer.org](mailto:bsinsin@bj.Refer.org)

<sup>2</sup>Laboratoire d'Analyse Régionale et d'Expertise Sociale, 08 BP 0592, Cotonou, Bénin. [soule.goura@yahoo.fr](mailto:soule.goura@yahoo.fr)

Reçu le 20.12.05 et accepté pour publication le 15.05.06.

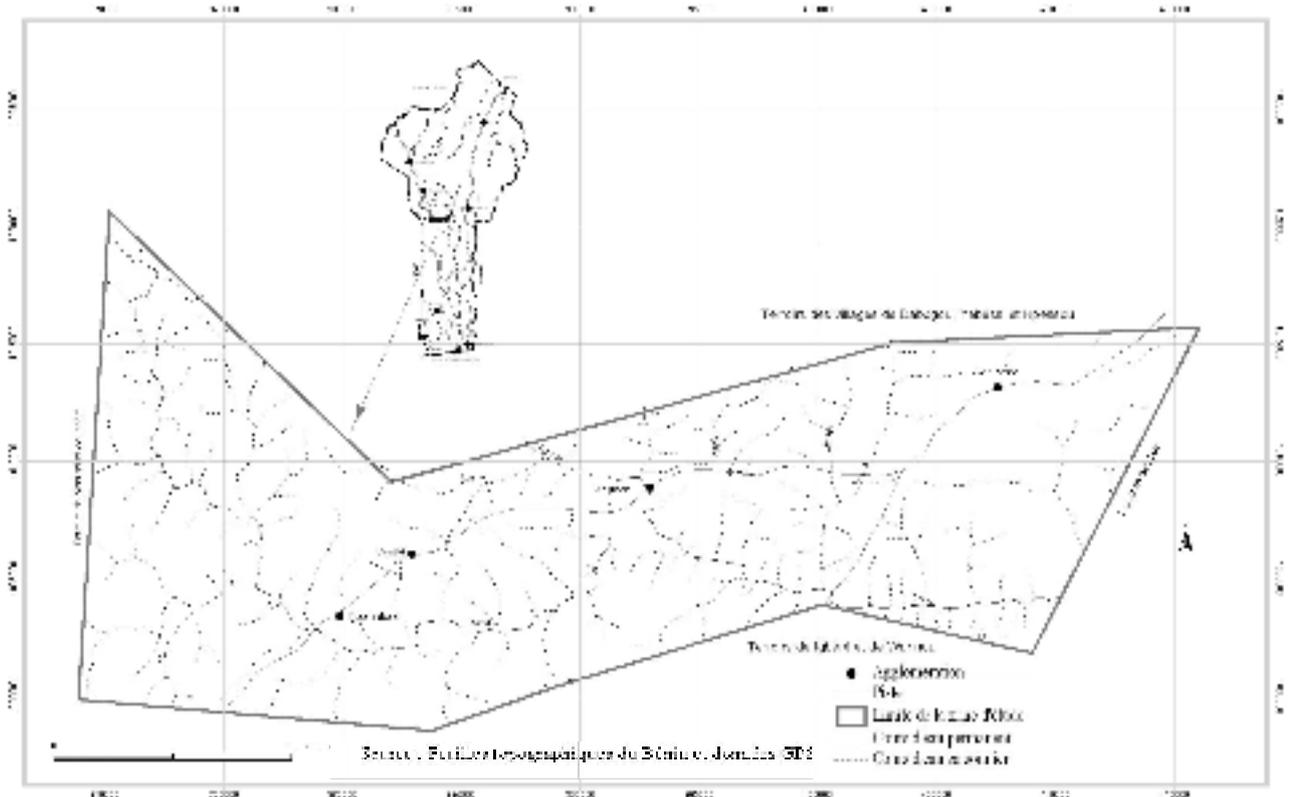


Figure 1: Localisation de la zone d'étude.

et pentes convexes de dénivelé voisin variant de 50 mètres à plus de 300 mètres (les monts Tintinou et Sobakpérou culmine à plus de 600 m d'altitude chacun).

La région est bien irriguée mais les cours d'eau ne coulent généralement que de manière saisonnière. Cependant, certains cours d'eau, comme la Térou, gardent de l'eau sous forme de chapelets de mares dans leurs lits mineurs en saison sèche.

La zone d'étude est soumise à un climat du type soudano-guinéen, caractérisé par une longue saison sèche (octobre-avril) suivie d'une période humide (mai-octobre). Les précipitations varient de 900 à 1200 mm par an, dont 60 à 80% durant les mois d'août et de septembre. Les températures connaissent quelques variations au cours de l'année; elles varient de 21 °C (décembre-janvier) à 40 °C (février-avril), la température moyenne étant 32 °C. Les valeurs de l'humidité relative sont fortes en saison des pluies et varient de 85 à 98% en juillet-août. Les minima se situent entre 10 et 40% pendant les mois de décembre, janvier et février. Dans cette région, l'harmattan (vent du nord-est) constitue le vent dominant. Il souffle du mois de décembre à février ou mars. Ce vent frais et sec est responsable de la baisse brutale de l'humidité relative en début de saison sèche. L'évapotranspiration potentielle (ETP) moyenne annuelle calculée pour la région est de 1520,9 mm. Les minima se situent en août-septembre et les maxima s'observent entre mars et mai. Le diagramme climatique (Figure 2) permet de scinder l'année en des périodes d'événements bioclimatiques successives. Ainsi, les différents découpages, correspondent aux périodes suivantes:

- A1 – C1= saison pluvieuse
- A1 – A2= pluies précoces,  $P < ETP/2$
- A2 – C2= saison humide
- A2 – B1= période pré-humide,  $ETP/2 < P < ETP$
- B1 – B2= période humide,  $P > ETP$
- B2 – C2= période post-humide,  $P < ETP/2$

L'analyse du diagramme climatique de la région révèle que les pluies s'installent dans la région entre mars et

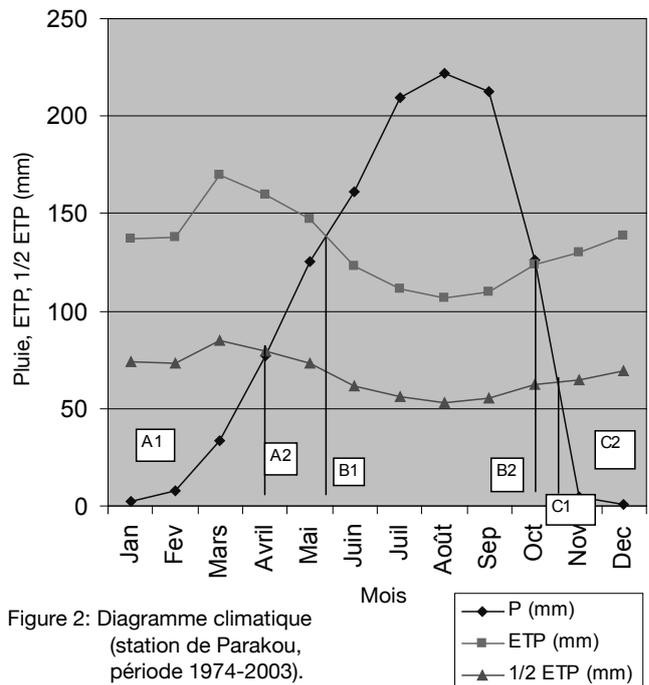


Figure 2: Diagramme climatique (station de Parakou, période 1974-2003).

octobre. Les mois de juillet, août et septembre sont les plus pluvieux.

Le couvert végétal de la zone d'étude est composé de galeries forestières, de forêts claires, de savanes boisées, arborées, arbustives et herbues ainsi que de jachères. Dans les savanes, l'emprise de l'agriculture est très forte.

Du point de vue géologique, la région s'intègre dans le substratum des formations cristallines très anciennes du dahoméen (6). La roche mère est de nature granito-gneissique.

Les sols rencontrés dans la zone d'étude sont bien connus grâce aux travaux réalisés par Faure (6). D'après ces

travaux, les sols de la zone d'étude peuvent être classés en six catégories:

- 1) les sols ferrugineux très lessivés ou appauvris issus des roches granitiques, ils sont à texture plutôt grossière, acides et chimiquement pauvres, rarement engorgés;
- 2) les sols ferrugineux très lessivés concrétionnés, issus des migmatites et de granito-gneiss. Ils sont chimiquement riches et leur drainage est limité en profondeur par la présence d'une argile d'altération constituée de montmorillonite;
- 3) les sols ferrugineux très concrétionnés ou indurés issus de migmatites et de gneiss;
- 4) les sols ferrugineux lessivés, peu concrétionnés, issus de migmatites et de granito-gneiss;
- 5) les sols ferrallitiques et ferrugineux profonds de plateau, toujours frais et chimiquement très pauvres;
- 6) les sols hydromorphes très argileux des zones basses sur migmatites basiques et gneiss.

### Milieu humain

Les populations habitant cette partie du Bénin sont essentiellement les Nagots. On rencontre aussi les Baatombus et des Peuhls, notamment autour de Wari-Marou. L'effectif de la population est passé de 2755 habitants en 1992 (RGPH, 1992) à 7042 habitants en 2003 (recensement réalisé par les auteurs en 2003) soit un accroissement cumulé de 156% en 11 ans. Ce boom est très largement tributaire de l'immigration des colons agricoles venus des départements de l'Atacora et de la Donga (situés plus au nord de la zone d'étude) à la recherche de terres agricoles fertiles dans la zone d'étude.

L'agriculture, principale activité des populations, repose sur un système de cultures itinérantes sur brûlis dominé par les plantes à racines et tubercules et par les céréales. Les principales cultures sont, par ordre d'importance, le maïs, l'igname, le sorgho et le manioc. La culture d'igname plus exigeante en sol a connu une augmentation ces dernières années et constitue une menace pour les ressources naturelles, notamment pour les sols et la végétation si la recherche de nouvelles terres qui l'accompagne ne cesse pas de s'accroître.

### Méthodologie

L'étude a été réalisée de 2002 à 2004. La phase préparatoire a consisté à recueillir à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) les coordonnées géographiques des points qui constituent les limites territoriales de la zone d'étude et qui étaient jusque-là absentes de toute représentation cartographique. A l'aide des coordonnées de ces points, une carte a été établie avec précision et quadrillée en coordonnées UTM (Universal Transverse Mercator) pour faciliter le repérage d'autres données de terrain.

### Méthodes de collecte des données floristiques

Les placeaux d'inventaire ont été sélectionnés dans les friches, les champs et les jachères. Quarante-deux placeaux de forme carrée de 30 x 30 m (friches et jachères) et 30 placeaux de 50 x 50 m (champs) ont été inventoriés, soit au total 11,28 ha.

Dans un premier temps, toutes les espèces ligneuses de dbh  $\geq 10$  cm (diameter breast height) ont fait l'objet d'un recensement systématique. Ces relevés ont été faits, selon la méthode de Braun-Blanquet (3) utilisée par de nombreux auteurs (9, 16, 17). Les espèces ont été notées en présence/absence.

Puis le diamètre de tous les ligneux de dbh  $\geq 10$  cm ont été mesurés à 1,30 m du sol.

En plus des inventaires floristiques et dendrométriques, une caractérisation des facteurs de station a été réalisée. Elle concerne:

- l'ensemble géomorphologique (plaine, montagne, plateau);
- la topographie (bas-versant, mi-versant, haut-versant, dépression, sommet d'interfluve, sommet de montagne);
- les catégories de sols selon la nomenclature locale des villageois;
- le type de formation végétale (forêt claire, savane boisée, arborée, arbustive, herbeuse);
- les paramètres relatifs aux activités humaines notamment la coupe de bois d'oeuvre.

### Analyse des données

#### Traitements des données d'inventaires floristiques

L'inventaire floristique a permis de réaliser un bilan floristique des espèces végétales (ligneuses) et de constituer une matrice de 61 espèces x 72 relevés.

La diversité floristique des placeaux situés sur différents sites a été étudiée à l'aide d'indices (4). Ces indices sont calculés à partir des fréquences des espèces recensées lors des relevés floristiques. Ces indices sont:

- la richesse floristique (S), qui représente le nombre total d'espèces;
- l'indice de Shannon;

$$H = - \sum_{i=1}^n ni/n \log_2 (ni/n) \quad (\text{qui s'exprime en bits et varie de 1 à 5}).$$

Cet indice indique quand il est élevé, un nombre important d'espèces ou des fréquences peu différentes entre les espèces rencontrées dans une végétation.

(n= effectif total des individus, ni= effectif des individus de l'espèce i);

- l'équitabilité  $E = H / \log_2 S$ , correspond au rapport entre la diversité observée et la diversité maximale possible étant donné le nombre d'espèces S. Sa valeur maximale est 1. Plus les espèces rencontrées ont des fréquences similaires, plus ce rapport se rapproche de zéro. Il s'éloigne de zéro si l'ensemble des relevés renferme des espèces dominantes ou très rares.

#### Traitements des données dendrométriques des ligneux

Les densités des ligneux par type de formation végétale ont été calculées en suivant les différents types formations végétales: forêts claires, savanes boisées, anciennes jachères, jeunes jachères et champs. Pour rendre compte de la structure démographique des peuplements ligneux, des histogrammes de distribution par classe de diamètre ont été construits. Pour ce faire, 15 classes de diamètre ont été retenues à la suite de l'analyse de la distribution générale de tous les arbres mesurés sur le terrain. Les limites de ces classes sont les suivantes: 1) 0-5 cm; 2) 5-10 cm; 3) 10-15 cm; 4) 15-20 cm; 5) 20-25 cm; 6) 25-30 cm; 7) 30-35 cm; 8) 35-40 cm; 9) 40-45 cm; 10) 45-50 cm; 11) 50-55 cm; 12) 55-60 cm; 13) 60-65 cm; 14) 65-70 cm; 15) 70-75 cm.

La surface terrière des arbres a été calculée suivant la relation  $G = \sum \pi D^2 / 4$  (G en m<sup>2</sup>/ha, D le diamètre des arbres).

Ces différents indices nous renseignent sur l'abondance et sur la distribution des individus de chaque espèce dans le groupement végétal.

Pour caractériser les groupements végétaux qui composent la végétation de la zone d'étude, l'ensemble des relevés phytosociologiques a été soumis à la technique de classification hiérarchique du logiciel STATISTICA. Ceci a permis l'individualisation des formations sur la base de la présence-absence des espèces.

#### Méthodes de collecte des données socio-économiques

Afin de pouvoir cerner l'impact de la dynamique d'occupation

du sol sur la structure des peuplements ligneux, nous avons procédé à la mesure des superficies des champs. La méthode qui a permis d'évaluer les superficies emblavées a consisté à recueillir à l'aide d'un GPS la taille des exploitations. Pour cette évaluation notre échantillon a été de 50 agriculteurs choisis au hasard.

**Résultats**

**Caractéristiques floristiques du milieu d'étude**

**Partition des relevés**

La figure 3 présente la répartition des placeaux suivant les deux principaux axes de l'analyse factorielle de correspondance (AFC).

Les deux premiers axes expliquent 52,46% de la variance totale. Cette valeur moyenne permet de discriminer les groupes de relevés. Les groupes 2 et 3 ont faiblement subi l'action de l'homme comparativement au groupe 1. Ainsi, sur l'axe 1 (facteur 1) se suivent les galeries forestières, les forêts claires, les savanes et enfin des champs et jachères. Cet axe traduit alors un gradient de perturbation allant des formations les mieux conservées (forêts galeries) vers les plus dégradées (champs).

L'axe 2 (facteur 2) met en évidence le gradient de recouvrement en opposant les formations les plus fermées (forêts galeries, forêts claires, savanes boisées) aux formations plus ouvertes (jachères, champs). Il traduit le gradient structural de la végétation.

**Densité, surface terrière et répartition par classe de diamètres des peuplements ligneux de la zone d'étude**

Le tableau 1 donne le récapitulatif des densités, des surfaces terrières et des équations des meilleurs ajustements de la courbe de répartition par classe de diamètre des différentes formations végétales.

De l'analyse du tableau 1, il ressort que la densité des individus et la surface terrière augmentent en fonction de l'âge (passage des jachères aux friches).

Le meilleur ajustement des distributions d'individus par classe de diamètre est réalisé avec une fonction polynomiale. La figure 4 montre la répartition par classe de diamètres des individus.

Les différentes distributions par classe de diamètres peuvent être regroupées en trois types de structures:

- Type 1: distribution décroissante en «L»

Dans les jachères, la distribution des arbres par classe de diamètre montre une allure en «L» indiquant que les basses classes de diamètre sont mieux représentées que les gros individus.

- Type 2: distribution en cloche

Dans les forêts claires, la distribution des arbres par classe de diamètre montre une allure en cloche, indiquant qu'il existe des classes intermédiaires mieux représentées que les extrêmes. Dans les savanes boisées, les histogrammes présentent également une allure en cloche entre 5 et 50 cm de diamètre. Au-delà de cette classe, la structure est en «J», c'est-à-dire que les gros individus sont mieux représentés que les petits.

- Type 3: distribution en «dents de scie»

La distribution en «dents de scie» ou en structure erratique notée dans les champs traduit une répartition très irrégulière dans les classes de diamètre.

**Indices de diversité**

Les forêts claires, les savanes boisées, arborées et arbustives étudiées dans les placeaux de 900 m<sup>2</sup> ou 2500 m<sup>2</sup> ont une richesse moyenne (Tableau 2).

Les jachères et champs sont relativement pauvres en espèces végétales ligneuses. Pour ces deux dernières formations très façonnées par les pratiques agricoles et

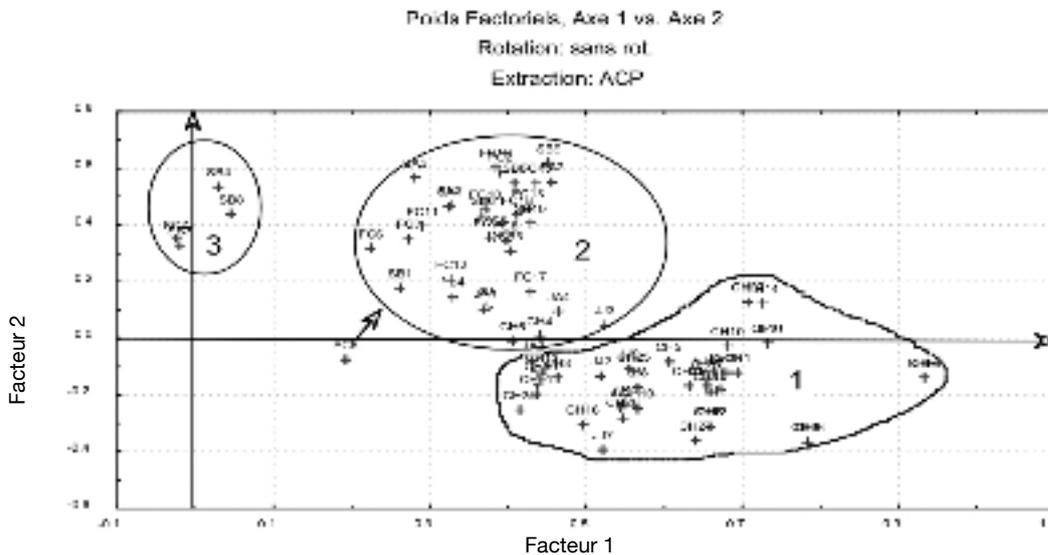


Figure 3: Représentation de la répartition des formations végétales dans le plan factoriel 1 et 2. FC= forêt claire; CH= champ; JJ= jeune jachère; JA= jachère ancienne; SB= savane boisée.

**Tableau 1**  
**Caractéristiques structurales des différentes formations végétales**

Formations	Densité (tiges/ha)	Ajustements	R <sup>2</sup>	Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)
Forêt claire	335 ± 45,1	Y= 0,1227X <sup>3</sup> - 3,2547X <sup>2</sup> + 22,375X + 13,096	0,86	21,91 ± 7,11
Savane boisée	380 ± 39,7	Y= 0,0377X <sup>3</sup> - 0,8893X <sup>2</sup> + 4,6919X + 5,852	0,45	17,04 ± 5,69
Jachères	73 ± 12	Y= 0,1129X <sup>3</sup> - 2,2112X <sup>2</sup> + 3,6924X + 71,701	0,47	06,20 ± 1,77
Champs	61 ± 6,8	Y= 0,0129X <sup>3</sup> - 0,2524X <sup>2</sup> + 0,3556X + 8,9231	0,28	05,66 ± 15,63

Source: relevés de terrain.

Y= effectif des individus de dbh ≥ 10 cm; X= centre des classes de diamètre; R<sup>2</sup>= coefficient de détermination des ajustements.

Figure 4: Diagramme de répartition des ligneux par classe de diamètres.

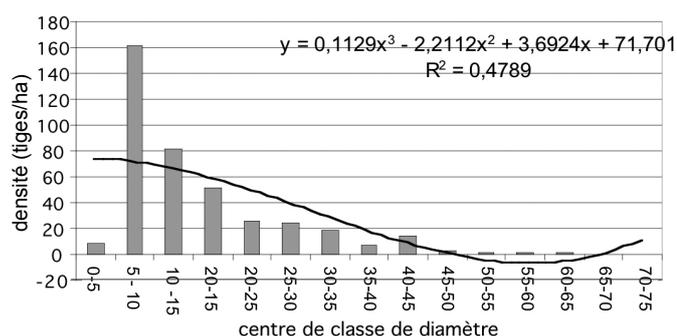


Figure 4 a: Structure diamétrique des jachères.

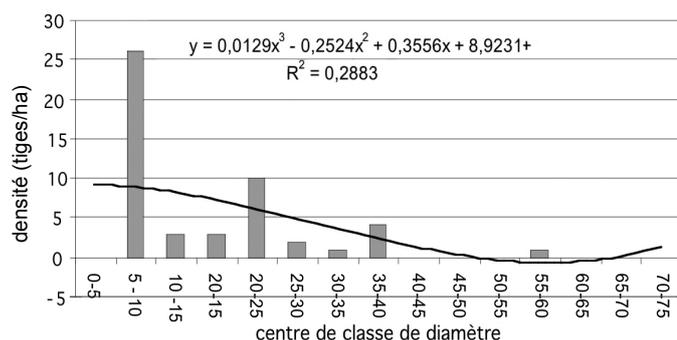


Figure 4b: Structure diamétrique des champs.

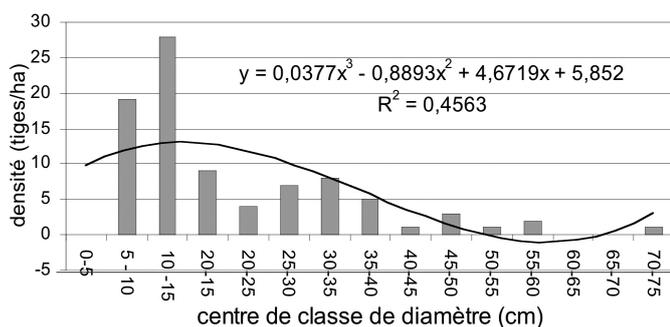


Figure 4c: Structure diamétrique des savanes boisées.

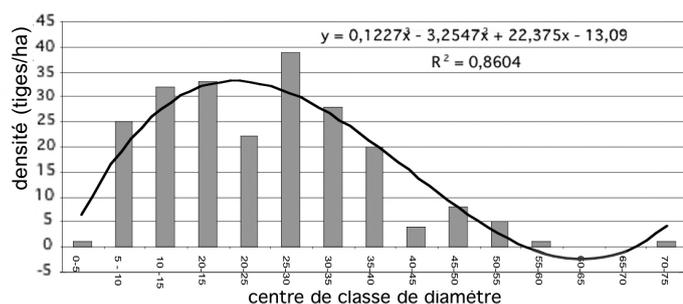


Figure 4d: Structure diamétrique des forêts claires.

qui regroupent les arbres épargnés par les agriculteurs, l'indice de Shannon et l'équitabilité sont plus faibles comparativement aux savanes et aux forêts claires moins perturbées. Les arbres épargnés sont *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica* à des fins alimentaires. Les valeurs moyennes de l'indice de diversité de Shannon et de l'équitabilité de Pielou permettent de conclure à une diversité spécifique moyenne des forêts claires et de savanes boisées.

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon et de l'équitabilité de Pielou montrent que les pratiques agricoles sont très sélectives, ce qui justifie la faible diversité observée au niveau des champs et jachères.

### Occupation du sol par les agriculteurs

La région de Wari-Marô-Igbomakro connaît ces dernières années, un dynamisme agricole qui se traduit par l'extension des superficies emblavées. Ainsi, les résultats des enquêtes faites auprès de 50 agriculteurs (Tableau 3) révèlent que de 59,01 ha en 2000, les superficies défrichées ont régulièrement augmenté pour atteindre 82,76 ha en 2003, soit un accroissement de 140,24% en quatre ans.

Cette extension des superficies cultivées est liée au besoin en friche pour certaines cultures très exigeantes en sols fertiles telles que l'igname. Pour répondre à cette exigence de la culture d'igname certains agriculteurs accroissent leurs superficies en nouvelles friches chaque année (Figure 5) pour élever le niveau de leur production.

La majorité des agriculteurs défrichent annuellement entre 0,50 et 2,5 ha et quelques gros producteurs défrichent plus de 3 ha chaque année.

### Déboisement par les activités agricoles

La culture itinérante est la première cause de déboisement. Dans la zone d'étude, la colonisation agricole a entraîné la multiplication des fermes agricoles et par conséquent, provoqué l'éparpillement des populations en quête de terres fertiles. Une fois qu'une parcelle est défrichée, les arbres et arbustes qui s'y trouvent sont détruits pour permettre aux cultures de profiter au maximum de la lumière solaire. Les gros arbres et certains arbustes de taille importante (arbres de 10 à plus de 58 cm de diamètre) sont tués par le feu et

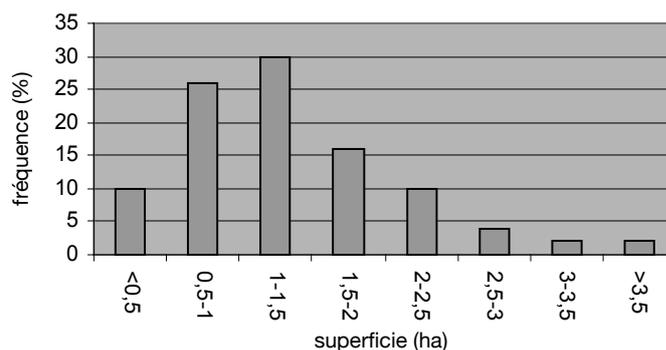


Figure 5: Fréquence de taille moyenne des parcelles cultivées en ha (n= 50).

**Tableau 2**  
Caractéristiques des espèces ligneuses au sein des placeaux de 900 m<sup>2</sup> (forêt claire, savane) ou de 2500 m<sup>2</sup> (champ et jachère) abritant des formations végétales du secteur Wari-Marô-Igbomakoro (moyenne ± écart type)

Indices	Types de formations			
	Forêt claire (900 m <sup>2</sup> )	Savane boisée (900 m <sup>2</sup> )	Jachère (2500 m <sup>2</sup> )	Champ (2500 m <sup>2</sup> )
H (bits)	3,11 ± 0,56	3,07 ± 0,42	2,37 ± 0,22	1,28 ± 0,78
É	0,84 ± 0,08	0,92 ± 0,06	0,90 ± 0,06	0,77 ± 0,19
R	12,5 ± 4,8	10,4 ± 2,8	6,3 ± 0,8	3,4 ± 2,1

Source: relevés de terrain.

R= Richesse spécifique H= indice de Shannon É= équitabilité de Pielou.

Tableau 3

**Evolution des superficies défrichées (ha/an) sur un échantillon de 50 agriculteurs dans la région de Wari-Marou-Igbomakro de 2000 à 2003**

Années	2000	2001	2002	2003
Superficie (ha)	59,01	57,67	69,94	82,76

Source: Enquête de terrain.

Tableau 4

**Nombre moyen d'arbres et d'arbustes détruits par ha de champs défrichés**

Diamètre à 1,3 m des arbres abattus (cm)	6 - 20	21 - 58	Effectif total d'arbres
Effectif d'arbres	187 ± 45,14	100 ± 39,69	287

Source: Enquête de terrain.

les arbustes de taille moindre sont généralement coupés à quelques centimètres du sol.

Les recensements effectués sur 28 parcelles nouvellement défrichées ont montré qu'en moyenne 287 arbres et arbustes de 5 à 58 cm de diamètre sont détruits par ha (Tableau 4).

## Discussion

### La diversité floristique de la végétation étudiée

La diversité floristique a été comparée à celles des autres régions où l'immigration est moins intense telles que la forêt classée de l'Ouémé supérieur (20) et la zone cynégétique de la Djona plus au nord du Bénin (15) où les indices de diversité sont supérieurs à 4 bits. La faible valeur de diversité des espèces de la zone d'étude résulte des défrichements intensifs par les colons agricoles des espaces boisés. Les principales activités qui contribuent à la dégradation des formations naturelles de la zone d'étude sont: l'agriculture itinérante, le pâturage, l'exploitation du bois d'œuvre, l'exploitation du bois-énergie et la fabrication du charbon du bois.

### Caractéristiques structurales des peuplements

La plupart des études montrent que les distributions exponentielles décroissantes sont typiques des forêts d'âges multiples (10). Pour Rollet (14), tout peuplement forestier non perturbé montre une distribution de diamètre à tendance exponentielle quel que soit le type de forêt et sa superficie. La tendance polynomiale observée pour les différentes formations pourrait donc être le fait de la forte perturbation du milieu.

La surface terrière augmente régulièrement des champs aux forêts claires. Les données de Yorou (21) obtenues dans

la même zone d'étude fournissent une valeur beaucoup plus forte pour les forêts claires à *Isoberlinia doka* dont les surfaces terrières atteignent  $32,9 \pm 0,4$  m<sup>2</sup>/ha calculées à partir d'individus de dbh  $\geq 10$  cm. Les plus fortes valeurs sont obtenues dans la forêt classée où les défrichements sont interdits. La faible valeur des surfaces terrières obtenue dans les jachères peut s'expliquer par une utilisation fréquente des terres du fait de la population croissante et par le fait que l'agriculteur n'épargne que les espèces qu'il juge utiles.

### Influence des activités agricoles sur la diversité floristique

Les populations de la zone d'étude à majorité d'agriculteurs pratiquent une culture itinérante sur brûlis dominée par la culture d'igname. Les agriculteurs en quête de terres fertiles sont obligés de se déplacer à la recherche de nouvelles terres. Dans les zones de forte pression démographique telles que le long de la route Wari-Marou-Igbomakro, l'humanisation du paysage est presque totale, avec des empiètements dans la forêt classée. Ainsi, la forêt classée de Wari-Marou, par exemple, est prise d'assaut par les colons agricoles Wama et Bètèmaribè de Samba provenant de la partie septentrionale du Bénin. Le même constat a été fait par Djodjouwin (5) qui avait noté une occupation de cette forêt classée par les agriculteurs. L'ouverture de nouveaux champs se fait au détriment des espaces forestiers et de savanes. Il en résulte donc une réduction et une dégradation des espaces végétaux naturels. La plupart des études anciennes ou récentes montrent que le défrichement en forêt africaine entraîne une réduction de la densité du couvert ligneux (2, 12, 13) en liaison avec une modification de sa composition floristique (11, 13) et conduit parfois à la savanisation (8).

### Conclusion

Cette étude a permis de se rendre compte qu'avec la croissance démographique, les superficies utilisées pour l'installation des cultures augmentent considérablement au détriment des formations végétales naturelles. La diversité floristique, la densité et la structure démographique des peuplements ligneux dans la zone d'étude sont le résultat de la sélection d'espèces utiles et du mode de gestion par l'agriculteur.

Les agriculteurs modifient ainsi la végétation par leurs pratiques culturales. Ils agissent en effet sur la répartition spatiale et sur la composition floristique. Ils diminuent de manière significative la richesse spécifique de la flore ligneuse et désorganisent la structure naturelle des peuplements.

## Références bibliographiques

- Abotchi T., 2002, Colonisation agricole et dynamique de l'espace rural au Togo: cas de la plaine septentrionale du Mono. Revue du C.A.M.E.S. Sciences Sociales et Humaines. Série B. Vol. 4, 97-108.
- Auberville A., 1947, Les brousses secondaires en Afrique équatoriale. Bois et forêts des Tropiques, 2, 24-49.
- Braun-Blanquet J., 1932, Plant sociology. The study of plant communities. Ed. Mc Gray HILL, New York, London. 439 p.
- Daget P., 1980, Le nombre de diversité de Hill, un concept unificateur dans la théorie de la diversité écologique. Acta Oecologica/Oecol. Gener., vol. 1, 1, 51-70.
- Djodjouwin L.L., 2001, Etude sur les aménagements écotouristiques et la gestion pastorale dans les terroirs et forêts classées des Monts Kouffé et de Wari-Marou. Mémoire de DESS en Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles. FSA, UAC, Abomey-Calavi, Bénin. 77 p. + annexe.
- Faure P., 1977, La carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin. Feuille de Djougou. ORSTOM. Paris, France. 49 p.
- Gayibor N.L., 1986, Ecologie et histoire des origines de la savane du Bénin. Cahiers d'Etudes Africaines, n° 101-102, 13-41.
- Kadouza P., 1996, Colonisation agricole et dynamique de l'espace rural au Togo: étude du cas de la plaine septentrionale du Mono. Mémoire de DEA. FLESH, Université de Lomé, Togo. 81 p.
- Kokou K., 1998, Les mosaïques forestières au sud du Togo: biodiversité, dynamique et activités humaines. Thèse de doctorat de l'Université de Montpellier II, France. 140 p. + annexe.
- Kokou K., 1992, Contribution à l'étude du déterminisme écologique de la répartition spatiale de l'Angélique (*Dicoryna guianensis*) en forêt dense guyanaise. Mémoire de DEA, Institut de géographie et d'Etude Régionales, Bordeaux III, France. 83 p. + annexe.
- Nault A., 1996, Impact de la fragmentation de la forêt sur le maintien de la biodiversité au Québec. In: Cantin D. et Potvin C. (éds). L'utilisation durable des forêts québécoises. Les Presses de l'Université de Laval, Canada. Pp. 82-88.
- O.R.S.T.O.M., 1978, Observation sur les premiers stades de la reconstitution de la forêt dense humide (Sud-ouest de la Côte-d' Ivoire). Cahier O.R.S.T.O.M., Série. Biol. 13, 189-267.
- Pourtier R., 1992, Migrations rurales et dynamiques de l'environnement. In: Pontié et Gaud (eds.) «Afrique contemporaine, environnement en

Afrique». Trimestre n°161 spécial. Publication Jean Jenger. Paris, pp. 167-177.

14. Rollet B., 1974, L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaines. C.T.F.T., Paris, France. 298 p.
15. Saddikou M., 1998, Diversité biologique dans la zone cynégétique de la Djona et évaluation de la gestion communautaire de la faune par les populations locales et le service forestier. Mémoire d'Ingénieur Agronome. FSA /UNB, Abomey-Calavi, Bénin. 136 p. + annexe.
16. Sinsin B., 1993, Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, production et capacité de charge des pâturages naturels du périmètre Nikki-Kalalé au nord-Bénin. Th. Doc. Univ. Lib. Bruxelles. 390 p.
17. Sokpon N., 1995, Recherches écologiques sur la forêt dense semi-décidue de Pobè au sud-est du Bénin: groupements végétaux, structure, régénération et chute de litière. Th. Doc. Univ. Lib. Bruxelles. 390 p.
18. Soulé B.G., 1986, Sous-peuplement et mise en valeur agricole dans le secteur de Bassila et de Tchaourou. Mémoire de maîtrise de géographie. FLASH, UNB, Abomey-Calavi, Bénin. 174 p.
19. Sounon Bouko B., 2001, Facteurs pédologiques, biologiques et socio-économiques de mise en jachère des terres dans le secteur de Wari-Marou-Igbomakoro. Mémoire de DEA. FLASH, UNB, Abomey-Calavi, Bénin. 91 p.
20. Yayi A.C., 1998, Contribution à l'aménagement de la forêt classée de l'Ouémé supérieur au nord-Bénin: structure et dynamique des différents groupements végétaux. Mémoire d'Ingénieur Agronome. FSA/UNB, Abomey-Calavi, Bénin. 142 p.
21. Yorou S.N., 1999, Biodiversité, écologie et production des champignons supérieurs dans diverses phytocénoses de la forêt classée de Wari-Marou au Bénin. Mémoire d'Ingénieur Agronome. FSA/UNB, Abomey-Calavi, Bénin. 122 p.

B. Sounon Bouko, Béninois, Maîtrise de Géographie, Université Nationale du Bénin (Bénin). Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A.), Université Nationale du Bénin (Bénin). Géographe environnementaliste, Assistant de recherche au Laboratoire d'Analyse Régionale et d'Expertise, 08 BP 0592, Cotonou, Rép. du Bénin. Tél: 23 30 52 40.

B. Sinsin, Béninois, Ingénieur Agronome-Forestier de la F.S.A./Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin. Docteur en Sciences Agronomiques de l'Université Libre de Bruxelles, Belgique. Professeur titulaire (C.A.M.E.S.).

B. Goura Soule, Béninois, Doctorat en Agro Economie (Echanges régionaux des marchés agricoles: le cas du Bénin et du Niger en relation avec le Nigeria), Master of Sciences, D.E.A en économie du développement agricole, Agro-économiste, Chargé de programme, Coordonnateur du Laboratoire d'Analyse Régionale et d'Expertise Sociale (LARES).

## ERRATUM

Dans l'article intitulé "**Caractérisation de la fertilité du sol en fonction des mauvaises herbes présentes**" dont les auteurs sont M. M'Biandoum, H. Guibert & J.-P. Olina, Vol. 24, 4, pp. 247-252, les figures 1 et 2 étaient identiques, veuillez lire les figures 1 et 2, reprises ci-dessous:

Nous nous excusons auprès de l'auteur, des co-auteurs et auprès de nos lecteurs

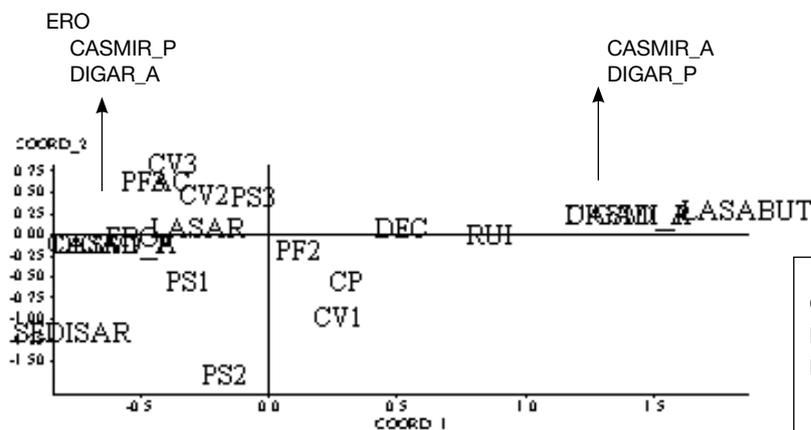


Figure 1: Distribution des variables de l'AFCM sur le 1er plan factoriel.

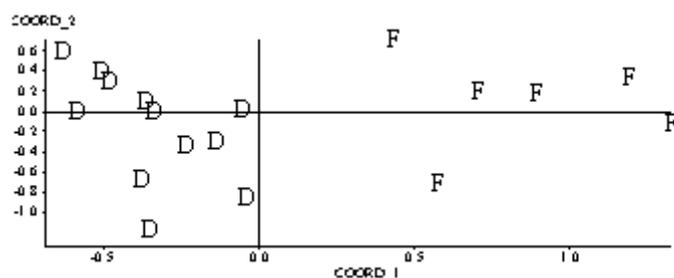


Figure 2: Distribution de la typologie paysanne des parcelles sur le premier plan factoriel.

CV= couverture végétale  
PF= profondeur de l'horizon A  
PS= biomasse  
Dec= décantation

Rui= ruissellement  
Ero= érosion  
LSSA= labour-semis-sarclage  
LSSBU=labor-semis-sarclage-buttage  
SEDIR= semis direct  
AC= association de culture  
CP= culture pure  
CASMI= *Cassia mimosoides*  
DIGAR= *Digitaria argilace*

# Multiplication et bulbaison *in vitro* du glaïeul (*Gladiolus grandiflorus* Hort.)

T. Bettaieb<sup>1</sup>, M. Denden<sup>1\*</sup>, Inès Hajlaoui<sup>1</sup>, M. Mhamdi<sup>2</sup> & M. Methlouthi<sup>1</sup>

Keywords: *Gladiolus*- *In vitro*- Micropropagation- Tunisia

## Résumé

Pour la mise au point d'une technique de micropropagation et de bulbaison de glaïeul (*Gladiolus grandiflorus* Hort.), des essais *in vitro* sont entrepris sur les deux cultivars 'Peter pears' et 'White friendship'. Les explants utilisés sont constitués par des bourgeons apicaux de 2 à 3 mm de côté prélevés à partir des cormes. L'initiation et la multiplication *in vitro* sont réalisées, pour les deux cultivars, sur un milieu de base MS additionné de 2 mg.l<sup>-1</sup> BA et 0,5 mg.l<sup>-1</sup> AIB. L'enracinement et la bulbaison *in vitro* sont obtenus après un séjour dans un premier milieu gélosé contenant, en plus du milieu de base MS; 0,5 mg.l<sup>-1</sup> d'AIB sur lequel a été ajouté, 30 jours plus tard, un même milieu mais sans agar et riche en saccharose (6%).

## Summary

### *In vitro* Multiplication and Bulb Formation of (*Gladiolus grandiflorus* Hort.)

In order to set up a new bulb formation and micropropagation of gladiolus *in vitro*, trials were undertaken using two ornamental gladiolus cultivars 'Peter pears' and 'White friend ship'. The explants used are apical buds with 2 to 3 mm length taken from the cormes. *In vitro* initiation and multiplication were done for the two cultivars on Murashige and Skoog medium to which 2 mg. l<sup>-1</sup> of BA and 0.5 mg.l<sup>-1</sup> of AIB were added. *In vitro* root development and bulb formation have been occurred in MS Agar Agar medium with 0.5 mg.l<sup>-1</sup> of AIB 30 days later than the same MS medium containing 6% of saccharose and without Agar.

## Introduction

Parmi les espèces florales les plus cultivées pour la fleur coupée, le glaïeul jouit d'une grande considération. Sa commercialisation bénéficie d'une demande importante de la part des consommateurs. Le marché européen, importateur de fleurs coupées, peut constituer pour les producteurs du glaïeul en Tunisie un marché potentiel et intéressant. Cependant, cette production est handicapée par la non disponibilité de bulbes qui sont jusqu'aujourd'hui totalement importés. En effet, la bulbiculture pourrait être à la portée des horticulteurs locaux à condition de mettre au point un itinéraire technique de production de bulbes accessible. Cet itinéraire passe nécessairement par la maîtrise de la multiplication *in vitro* de cette espèce.

Depuis 1970, la multiplication *in vitro* du glaïeul (*Gladiolus grandiflorus* Hort.) a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs (1, 6, 10, 11). Les explants, généralement utilisés, sont constitués par des bourgeons apicaux prélevés sur les cormes. La culture d'apex méristématique associée à la micropropagation est aussi utilisée chez cette espèce pour l'obtention de plantes indemnes de virus (1, 7).

L'objectif de ce travail est la mise au point d'une technique de multiplication et de bulbaison *in vitro* de glaïeul qui peut constituer, dans nos conditions, une approche servant dans l'élaboration des schémas de bulbiculture.

## Matériel et méthodes

Les explants utilisés proviennent de deux cultivars de glaïeul à savoir: 'Peter pears' et 'White friendship' reconnus pour leurs aptitudes à la floraison hivernale. Les explants sont constitués par des bourgeons apicaux de 2 à 3 mm de côté prélevés sur des cormes.

Le milieu de base utilisé est constitué de sels minéraux et de vitamines de Murashige et Skoog (8) et de saccharose à 30 g.l<sup>-1</sup>. Le pH est ajusté à 5,8. Le milieu de culture est solidifié à l'agar (6 g.l<sup>-1</sup>).

Pour l'évolution des explants, l'AIB [acide (-indole butyrique)] et la BA (benzyladénine) ont été utilisés. Cinq milieux de cultures à des concentrations variées d'hormones ont été

testés: Milieu 1 (sans hormone), Milieu 2 (1 mg.l<sup>-1</sup> AIB), Milieu 3 (1 mg.l<sup>-1</sup> BA), Milieu 4 (2 mg.l<sup>-1</sup> BA et 0,5 mg.l<sup>-1</sup> AIB), Milieu 5 (2 mg.l<sup>-1</sup> AIB et 0,5 mg.l<sup>-1</sup> BA). Les observations faites, après quatre semaines de culture, ont porté sur l'évolution de l'explant vers l'émission de racines, la formation de cals ou vers le bourgeonnement axillaire.

A la lumière de l'essai précédent et dans les subcultures de multiplication, deux milieux de cultures ont été testés pour évaluer le taux du bourgeonnement axillaire et la qualité des pousses obtenues: Milieu 3 (1 mg.l<sup>-1</sup> BA), Milieu 4 (2 mg.l<sup>-1</sup> BA et 0,5 mg.l<sup>-1</sup> AIB). Les observations faites après quatre semaines de culture ont porté sur le taux de multiplication et la présence ou l'absence de feuilles. Pour l'élongation des pousses obtenues par cette voie, les propagules ont été cultivées, pendant trois semaines, sur un milieu sans hormones.

Des essais d'enracinement ont été conduits sur différents milieux de culture contenant le milieu de base MS additionné d'AIB à 5 concentrations (0; 0,1; 0,5; 1 et 5 mg.l<sup>-1</sup>). Les sels minéraux ont été dilués de moitié et tous les milieux de culture ont été additionnés de 2 g.l<sup>-1</sup> de charbon actif et solidifiés par l'agar (6 g.l<sup>-1</sup>). Les observations ont porté sur la fréquence d'apparition, le nombre et la longueur des racines.

La formation des cormes a été évaluée après 60 jours de culture sur des milieux de culture à deux phases. Une phase solide constituée par le milieu d'enracinement et une phase liquide, aux mêmes concentrations, additionnée, 30 jours plus tard, au même milieu.

Les effets de la concentration en saccharose sur la formation de cormes de glaïeul ont été étudiés. Le saccharose a été utilisé à 5 concentrations (0; 1,5; 3; 6 et 8%) et ajouté à un milieu de culture contenant le milieu de base MS dont les sels minéraux ont été dilués de moitié et additionnés de 0,5 mg.l<sup>-1</sup> d'AIB. Ce milieu a donné dans les essais précédents de bulbaison *in vitro* et chez les deux cultivars des bulbes plus importants de poids et de calibre par rapport aux autres milieux de culture testés (Tableau 4).

<sup>1</sup>Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Élevage Chott-Mariem, 4042, Tunisie.

<sup>2</sup>Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef, Boulifa Kef, 7119, Tunisie.

\*Dr Denden M.: Maître de conférences à l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Élevage Chott-Mariem, 4042.Tunisie. Tél: 00 216 23 206 614. Email: [dendenmounir@yahoo.fr](mailto:dendenmounir@yahoo.fr)

Reçu le 20.02.06 et accepté pour publication le 12.06.06.

**Tableau 1**  
**Effets de la BA associée à l'AIB sur le développement des bourgeons apicaux prélevés à partir de cornes de glaïeul (*Gladiolus grandiflorus* Hort.), Cultivars: 'Peter pears' et 'White friendship', après 4 semaines de culture *in vitro* (n= 24)**

Numéro du milieu de culture	Nature et concentration des hormones (mg.l <sup>-1</sup> )	Cultivars	Racines (%)	Cals (%)	Bourgeons (%)
1	Sans hormone	PP	100	16	10
		WF	100	15	5
2	AIB 1	PP	100	25	8
		WF	100	30	6
3	BA 1	PP	0	0	100
		WF	0	2	100
4	AIB 0,5; BA 2	PP	0	0	100
		WF	0	0	100
5	AIB 2; BA 0,5	PP	45	14	11
		WF	36	16	4

Racines %= pourcentage d'explants ayant formé des racines. Cals %= pourcentage d'explants ayant formé des calcs. Bourgeons %= pourcentage d'explants ayant formé des bourgeons. PP: cv. 'Peter pears' WF: cv. 'White friendship'.

**Tableau 2**  
**Effets de la BA et de l'AIB sur la multiplication et la longueur des pousses axillaires produites *in vitro* à partir de bourgeons apicaux de cornes de glaïeul (*Gladiolus grandiflorus* Hort.), Cultivars: 'Peter pears' et 'White friendship' (n= 24)**

Nature et concentration des phytohormones (mg.l <sup>-1</sup> )		Cultivars	Taux de multiplication	Longueur des pousses (%)	
				> à 0,5 cm	< à 0,5 cm
Milieu 4	BA 2; AIB 0,5	Peter pears	4,6 ± 0,16 a	60	40
		White friendship	4,4 ± 0,22 a	55	45
Milieu 3	BA 1	Peter pears	4,9 ± 0,27 a	0	100
		White friendship	4,8 ± 0,19 a	0	100

Les moyennes, avec écarts-type, de la même colonne suivies de la même lettre ne diffèrent pas entre elles selon le test de PPDS au seuil de 1%.

Les cultures sont réalisées dans des tubes à essai (diamètre 16 mm, longueur 100 mm) pour la phase de multiplication. L'enracinement et la bulbaison ont été conduits dans des bocaux de 750 ml de volume. Tous les essais ont été conduits à une photopériode de 16 heures, une intensité lumineuse de 36  $\mu\text{mol.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  et à une température de 23 ± 1 °C.

Les essais ont été conduits selon des dispositifs expérimentaux en Split Plot avec trois répétitions. Le premier facteur correspond aux cultivars. Le second correspond aux différentes concentrations des différents additifs (hormones, saccharose). Chaque unité expérimentale relative à un traitement dans un bloc a comporté 24 explants. Le test à la PPDS au seuil 1% a servi pour la comparaison des moyennes.

## Résultats et discussion

### Initiation de la culture

Les résultats des effets de la BA et de l'AIB sur le développement des bourgeons apicaux des cornes des deux cultivars 'Peter pears' et 'White friendship' sont rapportés dans le tableau 1. Il montre une différence de réponse des explants aux milieux de cultures testés. L'enracinement a été général (100%) sur le milieu sans hormones et sur celui additionné de 1 mg.l<sup>-1</sup> d'AIB. Ces résultats se rapprochent de ceux qu'Hamann (5) a obtenu sur le glaïeul après repiquage de pousses individualisées sur un milieu dépourvu de régulateurs de croissance. En outre, sur les mêmes milieux et chez les deux cultivars, les explants développent peu de bourgeons. La formation de calcs a été observée sur le milieu sans hormones et sur les milieux où le rapport auxine/cytokinine est supérieur à 1. Cette évolution ne concerne pas tous les explants (14 à 30%). En effet, d'après Ziv et Lilien-Kipnis (12) le milieu le plus favorable à la callogenèse est un milieu MS avec des fortes concentrations en ANA ou en 2,4-D. Dans notre cas, la formation modérée de calcs semble provenir des auxines endogènes et de l'AIB additionné au milieu de culture. Cette

auxine n'a pas été décrite à action callogène. Sur les milieux 3 et 4 où la BA est dominante, la caulogénèse est importante, tous les explants ont donné des bourgeons. Les deux milieux 3 et 4 ont été retenus pour les essais de multiplication. Les deux cultivars (Peter pears et White friendship) présentent des réactions relativement homogènes. Ils expriment une réponse organogène, pratiquement, équivalente. Il est important de signaler que les hormones ont eu les effets prévisibles sur les pousses mises en culture. Les cytokinines entraînent essentiellement la formation de bourgeons, les auxines favorisent la formation de calcs et de racines.

### Multiplication

Au cours de la première subculture qui a duré quatre semaines, le taux de multiplication n'a pas varié significativement pour les deux cultivars testés (Tableau 2). A partir d'une pousse unique, il se forme environ 5 pousses axillaires grâce à la présence de la cytokinine dans les deux milieux de culture 3 et 4 (Figure 1A). Ce taux de prolifération n'a pas présenté de variation lors des subcultures suivantes.

Les pousses, de longueur supérieure à 0,5 cm, n'ont été observées que dans le milieu 4 contenant 2 mg.l<sup>-1</sup> BA et 0,5 mg.l<sup>-1</sup> AIB, la présence d'une auxine dans ce milieu semble nécessaire à l'allongement des pousses (Tableau 2). Les pousses de longueur inférieure à 0,5 cm produites *in vitro* ont été reprises sur un milieu de base MS sans hormone qui favorise leur élévation et facilite leur individualisation.

### Enracinement et bulbaison

Les essais d'enracinement *in vitro* ont abouti à une rhizogénèse générale des pousses mises en culture. Par contre, le nombre et la longueur des pousses ont varié significativement entre les différents traitements à l'AIB (Tableau 3). Le nombre le plus élevé de racines a été obtenu sur les milieux additionnés de 0,5 et 1 mg.l<sup>-1</sup> d'AIB. Les racines les plus longues ont été obtenues sur le milieu

Tableau 3

Effets de l'AIB sur l'enracinement des pousses axillaires produites *in vitro* à partir de bourgeons apicaux de cornes de glaïeul (*Gladiolus grandiflorus* Hort.), Cultivars: 'Peter pears' et 'White friendship' (n= 24)

AIB (mg.l <sup>-1</sup> )	Cultivars	Pousses enracinées (%)	Nombre de racines par vitroplant	Longueur moyenne des racines (cm)
0	PP	100	3,1 ± 0,12 d	1,5 ± 0,09 ab
	WF	100	2,9 ± 0,17 d	0,9 ± 0,11 c
0,1	PP	100	3,5 ± 0,24 c	0,9 ± 0,07 c
	WF	100	3,3 ± 0,18 cd	1,1 ± 0,15 bc
0,5	PP	100	5,4 ± 0,20 a	1,2 ± 0,13 bc
	WF	100	5,7 ± 0,32 a	1,4 ± 0,09 b
1	PP	100	5,6 ± 0,27 a	1,7 ± 0,12 a
	WF	100	5,4 ± 0,19 a	1,5 ± 0,08 ab
5	PP	100	3,6 ± 0,26 c	1,3 ± 0,11 b
	WF	100	4,9 ± 0,31 b	1,3 ± 0,09 b

Les moyennes, avec écarts-type, de la même colonne suivies, de la même lettre ne diffèrent pas entre elles selon le test de PPDS au seuil de 1%. PP: cv. 'Peter pears' et WF: cv. 'White friendship'.

Tableau 4

Effets de l'AIB sur la bulbaison *in vitro* des pousses produites *in vitro* à partir de bourgeons apicaux de cornes de glaïeul (*Gladiolus grandiflorus* Hort.), Cultivars: 'Peter pears' et 'White friendship' après 60 jours de culture sur un milieu double phase (n= 24)

AIB (mg.l <sup>-1</sup> )	Cultivars	Bulbaison %	Poids frais de la corne (g)	Circonférence de la corne (cm)
0	PP	100	0,24 ± 0,08 c	2,1 ± 0,13 bc
	WF	100	0,26 ± 0,07 bc	2,3 ± 0,10 b
0,1	PP	100	0,30 ± 0,10 ab	2,7 ± 0,15 ab
	WF	100	0,29 ± 0,08 ab	2,2 ± 0,16 bc
0,5	PP	100	0,36 ± 0,08 a	2,9 ± 0,12 a
	WF	100	0,34 ± 0,09 a	2,8 ± 0,14 a
1	PP	100	0,34 ± 0,06 a	3,1 ± 0,13 a
	WF	100	0,33 ± 0,05 a	2,9 ± 0,18 a
5	PP	100	0,31 ± 0,07 ab	2,9 ± 0,10 a
	WF	100	0,35 ± 0,06 a	2,7 ± 0,16 ab

Les moyennes, avec écarts-type, de la même colonne suivies, de la même lettre ne diffèrent pas entre elles selon le test de PPDS au seuil de 1%. PP: cv. 'Peter pears' et WF: cv. 'White friendship'.

additionné de 1 mg.l<sup>-1</sup>d'AIB. L'enracinement du témoin s'explique probablement par une haute teneur en auxines endogènes. L'apport exogène d'AIB semble améliorer globalement la rhizogénèse. Il y a lieu de remarquer aussi que le nombre de racines par pousse diminue lorsque la concentration d'AIB atteint 5 mg.l<sup>-1</sup>. Cette concentration devient alors nocive à la rhizogénèse.

En ce qui concerne la bulbaison *in vitro*, le tableau 4 résume les principales informations à ce propos. En effet, toutes les pousses ont donné des bulbes (Figure 1B) mais la différence d'expression se trouve aux niveaux du poids et du calibre des cornes. Le poids et le calibre les plus élevés ont été obtenus sur les milieux enrichis de 0,5; 1 ou 5 mg.l<sup>-1</sup> d'AIB. Le milieu témoin favorise la formation de bulbes mais ne semble pas stimuler leur grossissement.

Les résultats présentés dans le tableau 5 concernant les effets de la concentration en saccharose sur la bulbaison *in vitro* du glaïeul ont montré une différence significative au niveau du calibre et du poids frais des cornes entre les différents traitements. Cependant, la fréquence d'apparition des cornes n'a pas varié avec la variation du milieu de culture. Les poids frais et les calibres les plus élevés ont été obtenus avec les fortes concentrations en saccharose (6 et 8%). Une faible dose de sucre (1,5%) ou son absence n'empêche pas la bulbaison, mais elle constitue un facteur limitant du grossissement des cornes.

Chez plusieurs espèces à organes de réserves tubérisés, les concentrations relativement plus élevées que la

concentration habituellement utilisée en culture *in vitro* (2 à 3%) favorisent la formation et le grossissement des bulbes. Chez la tulipe, la bulbaison *in vitro* est favorisée en présence de 4 à 6% de saccharose (9). Pour Takayama et Misawa cité par Dantu et Bhojwani (3) chez le lys, le nombre de bulbes formés est le plus élevé lorsqu'on utilise le saccharose à une concentration de 9%. Pour Espinosa (4) et Bettaieb *et al.* (2) chez la pomme de terre, la tubérisation *in vitro* est favorisée par des teneurs de 6% en saccharose

## Conclusion

La micropropagation du glaïeul est possible à partir de bourgeons apicaux prélevés à partir de cornes. L'initiation et la multiplication *in vitro* de cette plante sont réalisées sur un milieu de base MS additionné de 2 mg.l<sup>-1</sup> BA et 0,5 mg.l<sup>-1</sup> AIB. Un milieu de culture additionné de 1 mg.l<sup>-1</sup> de BA favorise le même taux de multiplication, mais les pousses obtenues sont en grande partie (40 à 45%) de faibles longueurs (inférieures à 0,5 cm).

L'enracinement et la bulbaison *in vitro* sont obtenus après un séjour dans un premier milieu gélosé contenant, en plus du milieu de base MS, 0,5 mg.l<sup>-1</sup> d'AIB sur lequel a été ajouté, 30 jours plus tard, un même milieu mais sans agar et riche en saccharose (6%).

Cette voie de micropropagation du glaïeul, permettant une obtention massive de vitrobulbes, pourrait être exploitée dans les programmes de bulbiculture de cette espèce.

Tableau 5

Effets de la concentration en saccharose sur la bulbaison de pousses produites *in vitro* à partir de bourgeons apicaux de cornes de glaïeul (*Gladiolus grandiflorus* Hort.), Cultivars: 'Peter pears' et 'White friendship', après 60 jours de culture sur un milieu double phase (n= 24)

Concentration en saccharose (%)	Cultivars	Bulbaison (%)	Poids frais du corme (g)	Circonférence du corme (cm)
0	PP	100	0,14 ± 0,07 d	0,9 ± 0,10 d
	WF	100	0,16 ± 0,09 d	1,0 ± 0,09 d
1,5	PP	100	0,28 ± 0,06 c	2,1 ± 0,13 c
	WF	100	0,30 ± 0,07 c	2,0 ± 0,14 c
3	PP	100	0,36 ± 0,05 b	2,9 ± 0,12 b
	WF	100	0,34 ± 0,07 b	2,8 ± 0,16 b
6	PP	100	0,41 ± 0,06 a	3,2 ± 0,17 a
	WF	100	0,39 ± 0,09 ab	3,3 ± 0,15 a
8	PP	100	0,42 ± 0,08 a	3,1 ± 0,16 ab
	WF	100	0,40 ± 0,07 a	3,2 ± 0,14 a

Les moyennes, avec écarts-type, de la même colonne suivies, de la même lettre ne diffèrent pas entre elles selon le test de PPDS au seuil de 1%. PP: cv. 'Peter pears' et WF: cv. 'White friendship'.



Figure 1: Multiplication et bulbaison *in vitro* du glaïeul cv. 'Peter pears'.

A: Multiplication (Milieu MS + 2 mg.l<sup>-1</sup> de BA et 0,5 mg.l<sup>-1</sup> d'AIB). B: Enracinement et bulbaison dans un milieu double phase (Milieu MS + 0,5 mg.l<sup>-1</sup> d'AIB et 6% de saccharose).

## Références bibliographiques

- Bajaj Y.P.S., Sidhu M.M.S. & Gill A.P.S., 1992, Micropropagation of *Gladiolus*. Biotech-Agri-Berlin. Germ.: Springer-Verlag. 19, 35-143.
- Bettaieb T., Hannachi C., M'hamdi M. & Ben Kheder M., 2002, Amélioration de tubérisation *in vitro* de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) Var. Spunta. Revue de l'Institut National Agronomique de Tunisie (INAT). Vol. 17, 1, 69-79.
- Dantu P.K. & Bhowani S.S., 1995, *In vitro* corm formation and field evaluation of corm-derived plants of *Gladiolus*. Scientia Hort. 61, 115-129.
- Espinosa N.O., Estrada R., Silva-Rodriguez D., Tovar P. & R. Lizarraga., 1986, The potato: a model crop plant tissue culture. Outlook Agric. 15, 21-26.
- Hamann H., 1995. Contribution à la mise au point d'une technique de transfert de genes via *Agrobacterium tumefaciens* chez le glaïeul (*Gladiolus grandiflorus* Hort.). Maîtrise de chimie et de biologie végétale. Université de Rennes 1. France 20 p.
- Hussey G., 1977, *In vitro* propagation of *Gladiolus* by precocious axillary shoot formation. Sci. Hort. 6287-296.
- Lilien-Kipnis H. & Kochba M., 1987, Mass propagation of new gladiolus hybrids. Acta Hort. 212, 631-638.
- Murashige T. & Skoog F., 1962, A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco cultures. Physiol. plant. 15, 473-497.
- Nishiuchi Y., 1980, Studies on vegetative propagation of tulips. Regeneration of bulblets in bulb scale segments cultured *in vitro*. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 49, 235-240.
- Steinitz B., Cohen A., Goldberg Z. & Kochba M., 1991, Precocious corm formation in liquid shake cultures. Plant Cell. Tissue Organ Cult. 26, 63-70.
- Ziv M., 1979, Transplanting gladiolus plants propagated *in vitro*. Sci. Hort. 11, 257-260.
- Ziv M. & Lilien-Kipnis H., 1990, *Gladiolus*. In: P.V. Ammirato, D.R. Evans, W.R. Sharp, Y.P.S. Bajaj (eds), Handbook of plant cell culture, volume 5 ornamental species: McGraw-Hill Publishing Company, New York.

T. Bettaieb, Tunisien, Ingénieur, Titulaire d'un doctorat en sciences agronomiques de l'Institut National Agronomique de Tunisie. Maître-assistant à l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage Chott-Mariem, Tunisie.

M. Denden, Tunisien, Ingénieur, Titulaire d'un doctorat en sciences agronomiques de la Faculté des Sciences Agronomiques et Biologiques appliquées de Gand, Belgique (1996), Maître de conférences à l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage Chott-Mariem, Tunisie.

Inès Hajlaoui, Tunisienne, Doctorante à l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage Chott-Mariem, 4042, Tunisie.

M. Mhamdi, Tunisien, Ingénieur, Titulaire d'un doctorat en sciences agronomiques de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique. Maître-assistant à l'Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef, Boulfifa Kef, Tunisie.

M. Mathlouthi, Tunisien, Maître-assistant à Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage Chott-Mariem, Tunisie.

# *Pteridium aquilinum*, une ptéridophyte envahissante des cultures pérennes du sud de la Côte d'Ivoire: quelques notes ethnobotaniques

Lydie Marie- Dominique Adou<sup>1\*</sup> & J. Ipou Ipou<sup>1</sup>

Keywords: *Pteridium aquilinum*- Adventice- Ethnobotanic- Ivory Coast

## Résumé

*Pteridium aquilinum* est une plante cosmopolite qui envahit les terrains dégradés des jachères et des cultures pérennes du sud de la Côte d'Ivoire. Quoique nuisible aux cultures, elle ne doit pas être éradiquée à cause de ses nombreuses utilisations par l'homme. Elle sert en effet dans la médecine traditionnelle pour traiter des maladies comme le rhumatisme, l'aménorrhée, la fontanelle, etc. Cette plante peut être aussi utilisée dans divers autres domaines: l'alimentation humaine, la literie, etc.

## Summary

### *Pteridium aquilinum*, a Pteridophyte of the Perennial Fields of the South of the Ivory Coast: some Ethnobotanic Notes

*Pteridium aquilinum* is a cosmopolitan plant which invades the degraded grounds of the fallow and the perennial cultures of the south of the Ivory Coast. Though vermin with the cultures, it should not be suppressed because of its many uses by the men. In fact, it serves in the traditional medicine to treat sicknesses such as rheumatism, absence of menstruation, fontanel, etc. This plant can also be used in various spheres as human feeding, confectioning beds, etc.

## Introduction

Dans les milieux cultivés, les espèces de la flore originelle sont le plus souvent remplacées par d'autres plus adaptées, qualifiées «d'adventices ou mauvaises herbes». Dans cette catégorie de plante, nous pouvons ranger *Pteridium aquilinum* qui est une ptéridophyte terrestre cosmopolite à rhizome souterrain (3). C'est une plante héliophile et très envahissante (1). En Côte d'Ivoire, on la rencontre dans la région forestière sur les terrains dégradés des jachères et des cultures pérennes de palmier (Figure 1) et d'hévéa (2, 8). Sa présence dans ces milieux cultivés lui confère une importance capitale. Cette plante est très compétitive et vit en peuplement plus ou moins dense dans les espaces où elle est établie.

Solidement fixée au sol, elle mobilise annuellement d'importants moyens de luttés (mécaniques, chimiques, manuelles, etc.). Malheureusement, la plupart des méthodes de luttés adoptées pour sa maîtrise restent à présent très inefficaces eu égard à la persistance de peuplement plus ou moins abondants dans les plantations. Malgré sa forte capacité d'infestation des cultures pérennes en Côte d'Ivoire et compte tenu de l'inexistence de moyen de lutte efficace, *Pteridium aquilinum* ne pourrait-elle pas être valorisée au profit de la population? C'est pour répondre à cette question, que cette plante a été retenue avec plusieurs autres dans un programme de recherche qui vise la bonne connaissance des mauvaises herbes majeures des cultures de ce pays. Les données recueillies peuvent non seulement guider la recherche vers l'adoption de méthodes de lutte appropriées contre ces plantes mais aussi révéler leur utilité. Le présent travail qui est consacré à l'étude de l'utilisation de *Pteridium aquilinum* par les populations ivoiriennes s'inscrit dans ce cadre. Malgré sa nuisance, cette espèce peut être utile à l'homme et son environnement dans certains pays (1, 2). Nous ferons donc mention de quelques utilisations ethnobotaniques de la plante.

## Matériel et méthodes

### Matériel

*Pteridium aquilinum* est le matériel biologique étudié. *Pteridium aquilinum* (Linn.) Kühn (Dennstaedtiaceae) V.

Deck. Reis. Ost. Afr. 3 (3) Bot.: 11 (1879); Tardieu, Mém. IFAN 28 67 (1953); Alston, FWTA: 33 (1959).

Synonymes:

- *Pteris aquilina* L., Sp. Pl. 2: 1075 (1753).
- *Pteris lanuginosa* Bory ex Willd., sp. Pl. 5: 403 (1810).
- *Pteris aquilinum* sbsp. *typicum tryon*, Rhodora 43: 15 (1941).

En Côte d'Ivoire, en plus de nos récoltes, des échantillons de cette plante peuvent être observés au Centre National de Floristique (CNF) à l'Université de Cocody. Ce sont:

Forêt de La Mé, Aké Assi n° 9790, 27/11/1967; forêt du Banco, Aké Assi, n° 12032, 20/04/1973; Gouimpleu (Mont Tonkouï), Adjanohoun et Aké Assi n° 241; Adiopodoumé, Téhé Henri n° 1042; Adiopodoumé, Des Abbayes n° 209; Massif forestier Yapo-Abbé, Adou n° 105, 29/04/1999, n° 140, 18/05/1999.

*Pteridium aquilinum* est une fougère terrestre à rhizome épais, longuement rampant qui porte des racines et à fronde deltoïde (Figure 1). Elle est appelée communément fougère aigle. La jeune feuille enroulée en crosse au sommet est couverte de poils roux. Après s'être épanouie, la fronde devient deltoïde. Le pétiole, très long, peut atteindre 55 cm. La fronde est découpée en pennes qui se subdivisent en pinnules. Les pennes peuvent atteindre 70 cm de longueur et 35 cm de largeur. Quant aux pinnules, elles peuvent atteindre 30 cm de longueur sur 2 à 6 cm de largeur; ce sont elles qui portent les spores qui sont les organes reproducteurs. Ces spores sont linéaires et suivent ensuite le repli formé par le limbe.

## Méthodes

La méthode d'approche est une enquête ethnobotanique réalisée auprès des populations forestières du sud-est de la Côte d'Ivoire précisément dans les régions administratives de l'Agnéby, des Lagunes et du sud Comoé (Figure 2). Les populations autochtones de ces régions sont les Attié, les Agni, les Abouré, les Abbey, les Ebrié, les Krobou, les Apolo, les Adiokrou et les N'Zima. On trouve aussi des allogènes Baoulé, Malinké, etc. et des étrangers. Les groupes sociaux

<sup>1</sup>UFR Biosciences, Université de Cocody, 22 BP 918, Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

Téléphone: (+225) 07 67 13 09 / Fax: (+225) 22 44 03 07 E-mail: [adlydia70@yahoo.fr](mailto:adlydia70@yahoo.fr)

\*Correspondante.

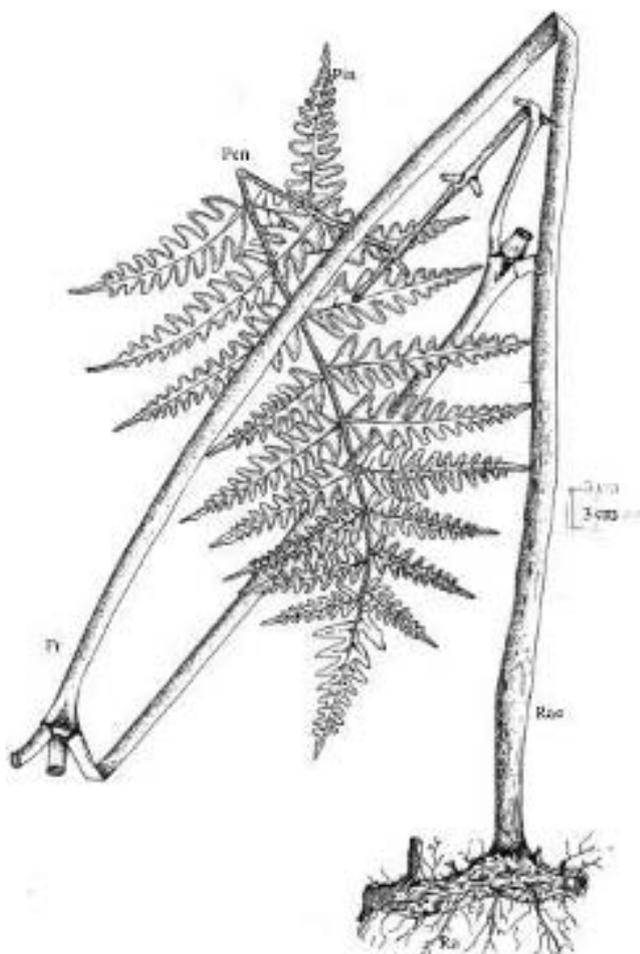


Figure 1: *Pteridium aquilinum* (Linn.) Kühn (Dessin L.M.D. Adou). Ra: Racine; Rac: Rachis; Pin: Pinnule Pen: Penne; Fr: Fronde.

ciblés sont les vendeuses de plantes médicinales, les paysans, les ménagères, les guérisseurs traditionnels, les marabouts et les féticheurs. Les marchés des grands centres urbains (c'est là que l'on trouve les marchands d'organes de plantes médicinales) et les villages riverains des plantations pérennes de palmiers et d'hévéa ont été visités. Une fiche d'enquête (Figure 3) a été conçue pour recueillir les informations obtenues.

## Résultats

Soixante-seize personnes ont été interrogées dans 27 villes et villages. Le tableau 1 fait la synthèse des résultats

**Tableau 1**  
**Résultats statistiques de l'enquête sur *Pteridium aquilinum***

Désignations	Nombre
Villes ou villages	27
Ethnies des personnes interrogées	Abouré 14 Agni et Apolo 13 Ebrié 8 Attié 11 Abey 5 Baoulé 9 Adioukrou 7 Malinké 9
Connaissance de la plante	Oui 52 Non 24
Informations sur l'utilité parmi ceux qui la connaissent	N'en savent pas l'utilité 33 L'utilisent ou en savent l'utilité 19



Figure 2 : Présentation de la zone d'enquête.

Fiche d'enquête

Utilisation de *Pteridium aquilinum* par les populations locales

Informations générales

N°:

Date:

Localité:

Nom de l'interlocuteur:

Sexe:

Profession ou activité:

Questionnaires

Connaissez vous *Pteridium aquilinum* ? Oui ..... Non .....

Cette plante vous sert-elle dans la vie quotidienne ? Oui.... Non .....

Si Oui, à quelle fin l'utilisez-vous ? .....

Quelle partie de la plante est concernée ? .....

Comment procédez-vous ? .....

Figure 3: Fiche d'enquête sur l'utilisation de *Pteridium aquilinum*

statistiques de l'enquête. Seulement 19 personnes soit 25% des personnes interrogées, utilisent la plante ou en savent l'utilité. Les noms vernaculaires sont les suivantes: Conêrê en Dioula; Sanga en Attié; Amlanwê en Abouré, Bonnagninê en Agni; Boutrêgna en Baoulé.

Cette plante est diversement utilisée par les populations cibles. Les résultats de l'enquête révèlent que sur les marchés, la vente de *Pteridium aquilinum* n'est pas très courante. Elle se fait très souvent sur commandes spéciales. Cela est le fait de son utilisation très limitée dans la médecine traditionnelle comparativement à d'autres fougères comme *Nephrolepis bisserata* à usage multiple. Certaines utilisations ont pu être cependant notées (Tableau 2). Elle permet de lutter contre le rhumatisme. Pour cela, un bain de vapeur à partir de la plante entière couplée à un onguent sur l'articulation malade, réalisé à partir des frondes fraîches écrasées. Associée à d'autres plantes, la décoction des frondes permet de guérir la fontanelle chez les jeunes enfants. Les jeunes frondes en lavement servent à soigner l'aménorrhée. En plus de son utilisation en médecine traditionnelle, *Pteridium aquilinum* serait utilisé par des marabouts et des féticheurs pour conjurer les mauvais sorts. Les ménagères utilisent cette plante très combustible lorsqu'elle est séchée pour allumer le feu de bois ou de charbon. Plusieurs autres utilisations ont été signalées par certains auteurs.

Tableau 2

Maladies traitées avec *Pteridium aquilinum* et organes concernés

Maladies traitées	Organes utilisés
Rhumatisme	Plante entière Frondes fraîches
Aménorrhée	Jeunes frondes enroulées en cross
Conjurer les mauvais sorts	Plante entière
Stérilité féminine	Extrémité des frondes enroulée en cross
Douleurs intercostales	Frondes

L'extrémité des frondes de *Pteridium aquilinum* encore enroulée en crosse est donnée en lavement (pulpe reprise par de l'eau tiède) pour combattre la stérilité des femmes due à une obturation du vagin (5); elle est aussi utilisée dans le traitement de l'aménorrhée (4). En Côte d'Ivoire pour soulager les douleurs intercostales, les Yacouba font des massages avec des feuilles ramollies au feu, froissées et trempées dans de la cendre (1).

Le bout des jeunes feuilles enroulées en crosse serviraient de nourriture à certaines tribus du Gabon (4). Coupées et séchées, ses vieilles frondes étaient utilisées comme paillasses pour les animaux d'élevage et comme rembourrage de matelas pour les humains (7).

## Discussion

*Pteridium aquilinum* est difficilement maîtrisable à cause de certains caractères morphologiques et anatomiques particuliers. L'utilisation de cette plante par l'homme nous amène à penser comme Lazauskas (6) que la lutte contre cette espèce ne doit pas signifier son éradication. Elle est en effet utilisée en Côte d'Ivoire et dans plusieurs contrées du monde surtout en médecine traditionnelle pour guérir certaines maladies. C'est une plante importante dont les vertus restent peu connues mais qui pourrait encore être valorisée à l'image de *Nephrolepis bisserata* qui est une ptéridophyte très utilisée (1). Comme dans la plupart des études ethnobotaniques en Côte d'Ivoire, la réalisation de ces travaux a été particulièrement difficile. Les guérisseurs et marabouts éprouvent quelques réticences à donner les informations. Ils redoutent souvent l'exploitation de leurs recettes par les enquêteurs. En effet, ce sont généralement des scientifiques ou des professionnels capables d'utiliser les enseignements reçus à d'autres fins. Les informations tirées de ces enquêtes sont donc très souvent incomplètes. Cependant, la comparaison de nos résultats avec ceux d'autres auteurs en Côte d'Ivoire comme ailleurs dans le monde (1, 4, 6, 8) montre des similarités qui nous réconfortent et justifient nos observations. Toutefois, des précautions doivent être prises par ceux qui l'utilisent à cause des cas d'intoxication relevés par Lukavsky (7).

## Conclusion

*Pteridium aquilinum* est une plante d'importance économique capitale. Elle reste une des adventices des cultures pérennes du sud de la Côte d'Ivoire dont la maîtrise nécessite la mobilisation d'importantes ressources (financière et humaine). Bien que les gains en devises de ses divers utilisateurs n'aient pas été évalués, sa commercialisation procure aux acteurs de la filière quelques moyens substantiels nécessaires pour s'acquitter de leurs charges quotidiennes. Elle peut permettre, si elle est mieux valorisée d'assurer, en campagne comme en ville, une baisse de la mortalité infantile dont une des causes est liée aux problèmes de fontanelle. *Pteridium aquilinum* peut permettre également d'améliorer le cadre de vie des populations en leur procurant des matelas de bonne qualité et à moindre coût. Pour prendre en compte le problème de toxicité relevé par Lukavsky (7), nous suggérons de mener des recherches biochimiques sur cette plante afin d'éradiquer ou de minimiser les risques liés à son utilisation.

## Références bibliographiques

1. Adjanohoun E. & Aké Assi L., 1979, Contribution au recensement des plantes médicinales de Côte d'Ivoire. Centre National de Floristique, Faculté des Sciences, Université d' Abidjan, T1; 357 p.
2. Adou L., 2000, Contribution à la connaissance de la flore de la Côte d'Ivoire: étude taxonomique et écologique des Ptéridophytes du massif forestier Yapo-Abbé. Mémoire de DEA, Univ. Cocody, 101 p.
3. Aké Assi L., 1984, Flore de la Côte d'Ivoire. Etude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques. Thèse de Doctorat d'état, Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan. 3 tomes et 6 volumes.
4. Bouquet A. & Debray, 1974, Les plantes médicinales de la Côte d'Ivoire. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M. n° 32, Editions O.R.S.T.O.M. Paris, 230 p.
5. Kérharo J. & Bouquet A., 1950, Plantes médicinales et toxiques de la Côte-d'Ivoire – Haute-Volta. Editions Vigot Frères; Paris, 291 p.
6. Lazauskas P., 1993, The law of crops performance as a theoretic basic of non-chemical weed control. In: Thomas J.-M.: Maîtrise des adventices par voie non chimique. Communications de la quatrième conférence internationale IFOAM, 2<sup>ème</sup> édition; pp. 59-63.
7. Lukavsky K., 1996, Les fougères. Rapport des associés de la biodiversité. n° 3 Canada, 12 p.
8. Mboma R., 2001, Inventaire des adventices et étude monographiques de quelques taxons des plantations de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) de la PALMAFRIQUE de la forêt classée de l'Anguédédou, 89 p.

Lydie Marie-Dominique Adou, Ivoirienne, DEA de Botanique, Doctorante en Botanique, UFR Biosciences, Université de Cocody, 22 BP 918, Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

J. Ipou Ipou, Ivoirien, DEA en écologie végétale, Doctorant au laboratoire de botanique, UFR Biosciences, Université de Cocody, 22 BP 918, Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

# Influence of Bradyrhizobium Strains on Peanut Advanced Breeding Lines (*Arachis hypogaea* L.) Yield in North Cameroon

T. Mekontchou<sup>1</sup>, M. Ngueguim<sup>1</sup> & F. Pobou<sup>1</sup>

Keywords: Bradyrhizobium- Environment- Nitrogen fixation- Peanut- Rhizobium- Cameroon

## Summary

Peanut yields may be reduced due to early season nitrogen deficiency. A study was conducted in 1994 and 1995 at two locations (Guiring and Guetale), the peanut belt of Cameroon, to investigate the use of Bradyrhizobium strains to improve the nitrogen use by selected peanut advanced breeding lines. Thirty treatments were arranged in a 5 x 6 factorial and grown in a randomized complete block with four replications in 1994 and three in 1995. The treatments were a factorial set of five peanuts lines tested with four introduced inoculants, one local strain and the nitrogen treatment. Results over locations and years showed significant differences among strains for plant stand and seed weight, and among peanut lines for all traits except days to flowering. Genotypes CGS-269 (1.225 t/ha) and CGS-1272 (1.032 t/ha) had the best average yields for the locations tested. The strain x host interaction was significant for plant stand, pod length and pod yield. The environment x strain x host interaction was also significant for haulm yield. Strain NC92 (-) (45.2 plants/7 m<sup>2</sup>) produced higher plant stands than nitrogen treatment (40.3 plants/7 m<sup>2</sup>) or indigenous strain (41 plants/7 m<sup>2</sup>), but was not significantly superior to other strains. Strain NC92 (+) performed poorly for seed weight. The combination of peanut line CGS-1272/NC-120 and CGS-383/NC92(+) produced the highest means for pod length (58.2 cm). Genotype CGS-269 with strain NC-120 produced the highest pod yield (1.483 t/ha). Although the strain x host interaction was not significant for haulm yield, there was a good performance of line CGS-1272 with 3G4B20 and NC92 (+) which outyielded the indigenous/CGS-1272 combination by 20.3% and 17.8%, respectively.

## Résumé

### Influence des souches de Bradyrhizobium sur le rendement des lignées avancées d'arachide (*Arachis hypogaea* L.) au Nord Cameroun

Les rendements de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) peuvent être réduits à cause des déficiences précoces en azote au début de la saison culturale. Une étude a été menée en 1994 et 1995 sur deux sites, notamment Guiring et Guétalé. Trente traitements arrangés en factoriel 5 x 6 et disposés en blocs complètement randomisés avec quatre répétitions en 1994 et trois en 1995 ont été mises en culture. Les traitements étaient constitués de cinq lignées d'arachide, quatre souches exotiques de rhizobium, une souche locale et l'azote appliqué sous forme minérale. Les résultats au travers les sites et les campagnes ont montré d'une part, des différences significatives entre les souches pour la densité et le poids en grains, d'autre part entre les lignées d'arachide pour toutes les variables sauf le nombre de jours semis-floraison. Les génotypes CGS-269 (1,225 t/ha) et CGS-1272 (1,032 t/ha) ont eu les meilleurs rendements à travers les sites. L'interaction entre les souches et les lignées a été significative pour le nombre de plants, la longueur des gousses et le rendement en gousses. La triple interaction, environnement x souche x plante hôte a été aussi significative pour le rendement en fanes. La souche NC92(-) a donné une meilleure densité de plants que l'azote et la souche indigène (45,2 et 40,3 plants/7 m<sup>2</sup>, respectivement), mais n'a pas été significativement supérieure à d'autres souches. La souche NC92(+) a eu une mauvaise performance pour le poids de grains. Les combinaisons entre la lignée CGS-1272 et la souche NC-120 d'une part, et entre la lignée CGS-383 et la souche NC92(+) d'autre part, ont eu la moyenne la plus élevée pour la longueur des gousses (58,2 cm). Par ailleurs, le génotype CGS-269 et la souche NC-120 ont eu le meilleur rendement en gousses (1,483 t/ha). Malgré la non-signification statistique de l'interaction souche x hôte pour le rendement en fane, on a constaté une bonne performance de la combinaison entre la lignée CGS-1272 et les souches 3G4B20 et NC92(+) qui a dépassé la souche indigène/CGS-1272 d'environ 20,3% et 17,8%; respectivement.

## Introduction

Observations made in North Cameroon peanut (*Arachis hypogaea* L.) fields showed nitrogen deficiency symptoms in the preflowering growth stage (6). Such deficiencies could contribute to the low yields encountered in the region. Peanuts grown in the region are generally nodulated by an indigenous but inefficient Bradyrhizobium strain population. In addition, nitrogen fertilizers are becoming more and more expensive to buy, making them less readily available to poor farmers. To circumvent this problem, a rhizobium x peanut lines trial was conducted during two growing seasons (1994, 1995) at two locations (Guiring and Guetale).

Biological nitrogen fixation is tightly controlled by the combination of two genetic systems of both the host and the

Rhizobium strain. In addition, these systems are affected by the environment and the interaction between these factors. It was reported effective combinations of peanut genotypes and Rhizobium strains under field and laboratory conditions (2, 9). It was also reported a significant increase in pod yield of one cultivar (Robut-33-1) when inoculated with strain NC92 but none when inoculated with other effective strains (3). A similar result was observed in North Cameroon when 28-206, the most popular cultivar grown in the country, yielded a significant yield increase when inoculated with strain NC92 (6, 7).

Unlike the genetic systems of the host and of the Rhizobium strain which could be controlled by artificial manipulations

<sup>1</sup>Peanut breeder, Institute of Agricultural Research for Development (IRAD) PO Box 163, Fombot, Cameroon.

Correspondance author: Email: [mekontchou\\_thomas@yahoo.com](mailto:mekontchou_thomas@yahoo.com)

Received on 02.02.06 and accepted for publication on 28.06.06

**Table 1**  
**Patterns of total rainfall during crop seasons at the experimental sites**

Environment	Year	Location	Rainfall (mm)	Means (mm)
1	1994	Guiring	670.2	
2	1994	Guetalé	751	710.6
3	1995	Guiring	964	
4	1995	Guetalé	1068	1016

Source: Meteorological service of IRAD Maroua, Cameroon, 1998.

(crossing between individuals, followed by selection to obtain better progenies), environmental factors cannot be controlled in field conditions. The environmental factors that affect biological nitrogen fixation were described: soil moisture, soil nitrogen level (4).

The objectives of this study were: (1) to examine the need for inoculation of new peanut advanced breeding lines; (2) to determine the effect of the strains on yield performance and other agronomic characteristics of North Cameroon promising lines; (3) to examine the nitrogen-fixing capacity of introduced rhizobium strains compared to that of a native strain, and (4) to examine the interaction between the rhizobium strain and peanut lines.

### Materials and methods

The study was carried out during the 1994 and 1995 growing seasons (June – early October) at two locations i.e. Guiring and Guetale giving a total of four environments. The previous crop at both sites was sorghum. Soil types at Guiring and Guetale were, respectively, fluvents (new alluvial soils) and tropepts (less developed alluvial soils, slightly weathered) according to US taxonomy. Mean total annual rainfall is approximately 750 mm and the duration of the growing period is 120-150 days with recurrent drought spells. Rainfall during the 2-year trial was irregular (Table 1).

Thirty treatments were arranged in a 5 x 6 factorial and grown in a randomized complete block design with four replications in 1994 and three replications in 1995 (1). The thirty treatments were combinations of five peanut lines, four introduced inoculants, one indigenous strain and a mineral nitrogen treatment. The peanut genotypes used were CGS-269, CGS-1272, CGS-383, CGS-384 and K3237-80, an introduction from Nigeria. The four Bradyrhizobium strains (from North Carolina State University, USA) were NC92 (+), 3G4B20, NC92 (-) and NC-120, and finally, the local strain (indigenous to the soil) and the nitrogen treatment.

Experimental plots consisted of four 7 m long rows. Seeds were spaced 20 cm within rows and 50 cm between rows. Inoculation was performed at planting time and was applied as a liquid suspension at a rate of 350 ml of mixture (1 liter of water + 1 gram of rhizobium strain) per row; only the two inner rows of each plot were inoculated. After inoculation, rows were covered with soil by six different persons using hoes. Each hoe was assigned to a specific strain to avoid cross contamination. Nitrogen was applied as urea at 80 kg /ha two weeks after planting.

The following observations were done on the two inner rows of each plot: plant stand at harvest (7 m<sup>2</sup>), number of days from planting to flowering (days), number of days from planting to maturity (days), pod and seed dry weight (about 8% moisture) (kg), 20-pod length (cm), 100-seed weight (g), plant height in cm (Guiring 1994 only), haulm weight (kg), and meat content or shelling percentage (%) calculated from pod and seed weights [(seed weight /pod weight) \*100]. Pod, seed and haulm (biomass) weights were obtained using a laboratory scale (Universal) with

precision to 0.1 g, and converted onto t/ha; haulm weight was obtained in the field using a field scale ("Peson") with precision to 0.5 kg, and converted onto t/ha. After shelling, 100 seeds were sampled and weighted using an electronic scale with precision to 0.1 g (Mettler PC 4400).

Analysis of variance by environment was first performed using PROC GLM procedure of SAS (5). Mean separation was carried out, where appropriate, using the Least Significant Difference (LSD) method (8). Since the number of replications varies among years and given that the interactions of genotypes with locations and years must be taken into account, the analysis of variance combined over years and locations was performed from genotypes-environments means (1). The environments (combination of locations-years) were considered as random effects in the linear model while genotypes were considered fixed effects.

### Results and discussion

#### Guiring

The combined analysis over years showed a significant difference at the 5% level of probability only for seed weight. The strain x host interaction was significant for plant stand while the strain x year interaction was significant for number of days from planting to flowering and pod length, indicating that plant stand for a given peanut line varies depending on the strain, and that strain performance varies from year to year. Strain NC-120 yielded the highest seed weight and was significantly different from NC92 (+) and from the indigenous strain (Table 2). Strain 3G4B20 significantly yielded higher plant height than NC-120, nitrogen treatment and the indigenous microflora. Significant strain x host interaction was observed for plant height (one year data) (Table 2).

Significant differences were found among genotypes for pod length, seed weight meat content and haulm yield. Genotype CGS-1272 significantly outyielded the others for haulm yield (Table 2).

#### Guetale

No significant difference was found among strains for any traits. The effect of years was significant for plant stand, days to flowering, days to maturity, pod length, haulm yield and meat content. The strain x year interaction was significant for plant stand and number of days from planting to flowering. The strain x year x host interaction was highly significant for haulm yield. Variation among genotypes was highly significant for pod length, seed weight, pod and seed yields. Genotypes CGS-269 and CGS-1272 had the highest means even though no significant difference existed for certain traits (Table 3). The combination of CGS-1272 / NC92 (+) and CGS-1272 / 3G4B20 strains produced the highest and significant haulm yield as compared to CGS-1272 / NC92 (-) and CGS-1272 / NC-120 strains, nitrogen and the indigenous microflora.

#### Combined analysis over environments

As stated earlier, a combination of location-year gave a total of four environments. The effect of the environment

**Tableau 2**  
**Rhizobium x host study: strains and host means at Guiring, for selected plant growth and yield parameters over two cropping seasons (1994 & 1995)**

Strains	Stand (7 m <sup>2</sup> )	Flowering (days)	Maturity (days)	Pod length (cm)	Seed weight (g)	Pod yield (t/ha)	Seed yield (t/ha)	Meat content (%)	Plant height (cm)	Haulm yield (t/ha)
NC92(+)	49.6	28.6	108.8	52.3	35.7	0.850	0.490	57.9	32.0	1.875
NC92(-)	51.7	28.7	108.7	52.6	36.7	0.871	0.500	57.9	31.6	2.200
NC-120	45.1	29.2	108.9	53.3	37.7	0.522	0.472	57.0	30.5	1.909
3G4B20	49.1	29.1	109.3	52.6	37.1	1.008	0.612	60.1	34.4	2.012
Nitrogen	45.1	29.8	109.3	51.9	36.7	0.724	0.440	57.9	30.2	1.751
Indigenous	47.0	29.3	109.3	53.0	36.3	0.798	0.464	57.7	29.9	1.796
LSD (0.05)	ns	ns	ns	ns	1.0	ns	ns	ns	3.0	0.334
<b>Genotypes</b>										
CGS-269	55.0	29.1	108.2	57.5	43.5	1.208	0.735	60.7	34.8	1.996
CGS-1272	54.8	29.8	109.6	58.1	39.2	1.031	0.553	53.3	34.2	2.30
CGS-384	44.0	29.2	110.2	51.0	33.9	0.572	0.317	56.2	27.9	1.896
CGS-383	45.5	29.0	109.0	51.2	36.0	0.750	0.469	61.8	28.8	1.775
K3237-80	41.2	28.5	108.2	45.2	30.9	0.666	0.407	60.3	31.4	1.622
Means	47.9	29.1	109.0	52.6	36.7	0.854	0.496	58.4	31.4	1.924
LSD (0.05)	ns	ns	ns	2.5	4.8	ns	ns	3.2	4.0	0.305

**Table 3**  
**Rhizobium x host study: strains and host means at Guétalé, for selected plant growth and yield parameters over two cropping seasons (1994 & 1995)**

Strains	Stand (7 m <sup>2</sup> )	Flowering (days)	Maturity (days)	Pod length (cm)	Seed weight (g)	Pod yield (t/ha)	Seed yield (t/ha)	Meat content (%)	Haulm yield (t/ha)
NC92(+)	39.1	29.4	111.1	50.8	35.8	0.688	0.404	58.4	2.239
NC92(-)	38.7	30.9	111.4	51.0	36.0	0.696	0.381	55.0	2.097
NC-120	37.8	31.1	110.6	50.6	36.1	0.786	0.425	55.0	2.245
3G4B20	37.8	29.6	111.7	50.8	36.4	0.710	0.408	65.7	2.178
Nitrogen	35.6	30.4	111.4	50.6	34.9	0.649	0.372	56.0	1.899
Indigenous	35.1	31.3	111.2	49.9	35.6	0.704	0.418	58.3	2.176
LSD (0.05)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>Genotypes</b>									
CGS-269	47.7	29.5	109.5	55.7	42.4	1.243	0.744	67.5	2.412
CGS-1272	44.0	29.7	113.4	56.4	41.0	1.032	0.547	53.4	3.340
CGS-384	32.2	30.9	113.1	49.3	34.2	0.441	0.250	56.7	1.733
CGS-383	32.4	30.6	112.3	48.5	34.2	0.484	0.285	58.6	1.628
K3237-80	30.4	31.5	108.3	43.0	27.0	0.329	0.182	55.1	1.582
Means	37.3	30.4	111.3	50.6	35.8	0.706	0.401	58.1	2.139
LSD (0.05)	ns	ns	ns	1.5	1.6	0.632	0.409	ns	ns

was highly significant for all traits but seed and pod yields, meat content and harvest index. Variation among strains was significant for plant stand and seed weight ( $p < 0.10$ ). The effect of lines was highly significant for all traits except days to flowering. The strain x host interaction was significant for plant stand, pod length and pod yield ( $p < 0.10$ ). The environment x strain was significant only for days to flowering, indicating that flowering differs among strains depending on the specific environment. The environment x strain x host interaction was significant for haulm yield.

Strain NC92 (-) had the highest plant stand compared to mineral nitrogen treatment and indigenous strain but was not significantly superior to NC92 (+) and 3G4B20. Strain NC-120, had the highest seed weight, but not different from NC92 (-) and 3G4B20. Strain NC92 (+) performed poorly for seed weight (Table 4). As far as haulm yield, pod yield and seed yield are concerned, no significant differences were observed among the strains and the uninoculated treatment performed as well as the inoculated ones.

The combination of genotype CGS-269 with strains NC92 (+) and NC92 (-) produced the highest plant stand, significantly

superior to indigenous / CGS-269 combination (LSD= 7.2,  $p < 0.05$ ). The combinations of NC-120 / CGS-1272 and NC92 (+) / CGS-383 produced the highest and significant means for pod length (58.2 cm, LSD= 1.6 cm,  $p < 0.05$ ) as compared to that of the indigenous strain (Table 5). In addition, CGS-269 with NC-120 produced the highest and significant pod yield (1.483 t/ha, LSD=0.168 t/ha,  $p < 0.10$ ). Although the strain x host interaction was not significant for haulm yield, there was good performance of CGS-1272 with 3G4B20 and NC92 (+) (3.470 t/ha and 3.581 t/ha, respectively) which

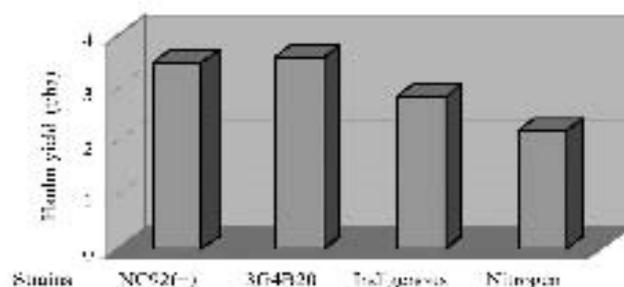


Figure 1: Interaction between line CGS-1272 with some selected rhizobia strains for haulm yield (t/ha).

**Table 4**  
**Rhizobium x host study over environment: strains and host means for selected plant growth and yield parameters**

Strains	Stand (7 m <sup>2</sup> )	Flowering (days)	Maturity (days)	Pod length (cm)	Seed weight (g)	Pod yield (t/ha)	Seed yield (t/ha)	Meat content (%)	Haulm yield (t/ha)
NC92(+)	44.4	29.0	110.0	51.5	35.8	0.769	0.447	58.1	2.130
NC92(-)	45.2	29.8	110.1	51.8	36.4	0.783	0.441	56.4	2.128
NC-120	41.8	30.1	109.9	52.0	36.9	0.804	0.448	56.0	2.145
3G4B20	43.4	29.4	110.5	51.7	36.7	0.895	0.510	62.9	2.128
Nitrogen	40.3	30.1	110.3	51.2	35.8	0.687	0.406	58.0	1.854
Indigenous	41.0	30.5	110.3	51.4	36.0	0.751	0.441	58.0	2.063
LSD (0.05)	3.45	ns	ns	ns	0.91	ns	ns	ns	ns
<b>Genotypes</b>									
CGS-269	51.3	29.3	108.8	56.6	43.0	1.225	0.740	64.1	2.287
CGS-1272	49.0	29.7	111.5	57.3	40.1	1.032	0.550	52.9	3.037
CGS-384	38.1	30.0	111.7	50.2	34.0	0.506	0.284	56.4	1.782
CGS-383	38.9	29.8	110.6	49.9	35.1	0.617	0.377	60.2	1.672
K3237-80	35.8	30.0	108.2	44.1	29.1	0.497	0.294	57.7	1.594
Means	42.6	29.8	110.2	51.6	36.3	0.775	0.449	58.2	2.074
LSD (0.05)	10.5	ns	2.2	1.0	2.4	0.303	0.197	6.0	0.818

**Table 5**  
**Rhizobium x host study: strains by host interaction means over environments for selected agronomic traits and yield parameters**

Strains	Genotypes	Stand (7 m <sup>2</sup> )	Flowering (days)	Pod length (cm)	Seed weight (g)	Pod yield (t/ha)	Seed yield (t/ha)	Meat content (%)	Haulm Yield (t/ha)
NC92(+)	CGS-269	54.7	29.4	50.0	42.9	1.192	0.718	59.4	2.196
NC92(+)	CGS-1272	50.0	29.4	50.0	40.3	0.993	0.530	53.5	3.470
NC92(+)	CGS-383	38.7	29.1	58.2	33.2	0.609	0.353	58.0	1.787
NC92(+)	CGS-384	41.9	29.3	50.2	33.2	0.640	0.390	60.2	1.383
NC92(+)	K3237-80	36.6	27.9	49.9	29.3	0.412	0.246	59.6	1.815
NC92(-)	CGS-269	54.5	30.2	44.4	42.5	1.231	0.703	57.1	2.363
NC92(-)	CGS-1272	48.1	30.0	56.5	39.7	1.018	0.519	50.8	2.96.0
NC92(-)	CGS-383	43.8	29.7	57.4	34.5	0.532	0.300	50.3	1.840
NC92(-)	CGS-384	41.2	29.6	50.8	37.0	0.629	0.385	60.3	1.800
NC92(-)	K3237-80	38.3	29.3	50.7	28.2	0.507	0.296	55.7	1.676
NC-120	CGS-269	51.9	29.2	43.7	43.8	1.483	0.802	54.0	2.446
NC-120	CGS-1272	51.4	29.7	58.2	41.5	1.030	0.594	56.0	3.135
NC-120	CGS-383	28.2	30.3	57.2	33.8	0.479	0.234	54.7	1.867
NC-120	CGS-384	41.5	30.2	50.2	35.1	0.573	0.344	59.1	1.646
NC-120	K3237-80	34.2	31.2	43.6	30.2	0.475	0.269	56.3	1.628
3G4B20	CGS-269	49.9	28.3	56.0	42.2	1.169	0.762	61.0	2.309
3G4B20	CGS-1272	50.5	29.4	58.0	40.7	1.123	0.566	49.9	3.581
3G4B20	CGS-383	37.5	30.2	49.7	35.6	0.495	0.284	54.6	1.718
3G4B20	CGS-384	39.2	29.2	50.2	35.9	0.794	0.505	62.5	1.605
3G4B20	K3237-80	40.1	29.7	44.6	29.2	0.714	0.430	58.5	1.428
Nitrogen	CGS-269	49.7	29.0	56.7	42.9	1.162	0.738	62.3	2.457
Nitrogen	CGS-1272	47.7	29.9	56.7	39.1	0.983	0.519	52.6	2.221
Nitrogen	CGS-383	41.5	30.4	49.4	33.1	0.385	0.221	57.3	1.509
Nitrogen	CGS-384	34.4	30.4	49.1	34.6	0.485	0.293	60.3	1.768
Nitrogen	K3237-80	28.3	30.7	44.2	29.5	0.419	0.256	57.5	1.236
Indigenous	CGS-269	47.3	29.9	57.1	43.4	1.115	0.715	62.8	1.951
Indigenous	CGS-1272	46.2	30.0	56.1	39.3	1.043	0.573	54.4	2.855
Indigenous	CGS-383	38.7	30.3	50.7	34.1	0.558	0.309	55.7	1.896
Indigenous	CGS-384	35.5	30.2	48.9	34.9	0.581	0.339	58.7	1.832
Indigenous	K3237-80	37.4	31.2	44.4	28.1	0.458	0.270	58.4	1.780
LSD (0.05)		7.2	ns	1.6	ns	0.168	ns	ns	ns

outyielded the indigenous /CGS-1272 combination by 20.3 and 17.8%, respectively (Table 5). This increase in haulm yield represents more than one hundred and fifty thousand francs CFA (about 250 euro) that the farmer can earn in addition to the price of grain. Furthermore, the pod yields of these combinations are acceptable.

## Conclusion

The results obtained from this study indicate that the inoculation of peanuts with Bradyrhizobium strains in Northern Cameroon can result in yield increases and improvement of agronomic characteristics of promising

lines as reported in previous studies (6, 7). The most striking result is the interesting haulm yield increase, resulting from the combination of CGS-1272 with strains NC92 (+) and 3G4B20 (Figure 1). Biomass from peanut is extensively used for animal feeding in the region.

It also appears that Bradyrhizobium strains differed in their effectiveness and were affected by the host and the environment. Nitrogen fixation might have been reduced in 1995 experiments since the rainfall (1016 mm) was much higher than the previous growing season, which recorded only 710.6 mm (Table 1); the influence of soil moisture on Nitrogen fixation was reported previously (4).

## Acknowledgement

The authors are grateful to Dr T. T. Schilling, former peanut breeder at IRA Maroua (1982-1986), who under the "North Cameroon Seed Multiplication Project", funded by USAID, initiated the hybridization program which led to the advanced

breeding lines (Cameroon groundnut selection=CGS) used in this study. The authors are also grateful to Dr G. H. Elkan, professor of microbiology (North Carolina State University, USA) for his invaluable technical help.

## Literature

1. Cochran W.G. & Cox. G.M., 1957, Experimental designs. John Wiley and Sons, New York.
2. Kucey R.M.N. & Toomsan B., 1988, Peanut cultivar responses to Bradyrhizobium inoculation in Northeast Thailand. Peanut science, 15, 63-69.
3. Nambiar P.T.C. & Dart P.J., 1980, Studies on nitrogen fixation by groundnut at ICRISAT, pp. 110-124. Proc. International workshop on groundnut. International Crops Research Institute for the semi-arid Tropics, Patancheru, India.
4. Nambiar P.T.C. & Dart P.J., 1983, Factors influencing nitrogenase activity (Acetylene Reduction) by Root nodules of groundnut, *Arachis hypogaea* L. International Crops Research Institute for the semi-arid Tropics (ICRISAT), Patancheru P.O. Andhra Pradesh 502324, India. 215 pp.
5. SAS Institute, 1989, SAS User's Guide: statistics. Version 5 ed. SAS Institute, Cary, NC.
6. Schilling T.T. & Mekontchou T., 1984, Peanut breeding program. Annual Report, Institute of Agronomic Research, Maroua, Cameroon. 67 pp.
7. Schilling T.T. & Mekontchou T., 1986, Programme arachide. Rapport annuel, campagne 1986, Institut de la Recherche Agronomique, Maroua, Cameroun. 89 pp.
- 8- Steel R.G.D. & Torrie J.H., 1980, Principles and procedures of statistics, 2<sup>nd</sup> ed., Mcgraw Hill Book co, New York.
- 9- Wynne J.C., Elkan G.H., Meisner C.M., Schneeweis T.J. & Ligon J.M., 1980, Greenhouse evaluation of strains of Rhizobium for peanut. Agron. J. 72, 645-649.

T. Mekontchou, Cameroonian, Master of Science, Breeder, Institute of Agricultural Research for Development (IRAD) PO Box 163, Foubot, Cameroon.

M. Nguenguim, Cameroonian, Master of Science, Soil Scientist, Institute of Agricultural Research for Development (IRAD) PO Box 163, Foubot, Cameroon.

F. Pobou, Cameroonian, Research Technician, Institute of Agricultural Research for Development (IRAD) PO Box 163, Foubot, Cameroon.

# Séchage des amandes de karité et qualité du beurre: impact du séchage traditionnel au soleil

H.M. Womeni<sup>1\*</sup>, R. Ndjouenkeu<sup>2</sup>, C. Kapseu<sup>2</sup>, Félicité Tchouanguép Mbiapo<sup>1</sup>, M. Parmentier<sup>3</sup> & J. Fanni<sup>3</sup>

Keywords: *Butyrospermum parkii*- Shea butter- Drying- Quality- Unsaponifiable- Cameroon

## Résumé

L'objectif de ce travail était de déterminer l'effet des conditions d'exposition directe au soleil des amandes de karité (*Butyrospermum parkii*) sur la qualité du beurre et de définir les meilleures conditions de séchage. L'influence de l'épaisseur des amandes et du temps a été déterminée, selon le plan d'expérience composite centré, par rapport au rendement d'extraction, aux indices d'acide et de peroxyde, aux propriétés de fusion et à la composition en matière insaponifiable du beurre. Le rendement d'extraction maximal est obtenu avec les amandes ayant 10 à 15% de teneur en eau résiduelle. Le tranchage des amandes facilite l'évaporation d'eau mais entraîne également l'augmentation de l'acidité et la diminution des teneurs en insaponifiables, alcools triterpéniques et stérols, consécutives à une augmentation de la surface de contact enzymes-substrats. D'un autre côté, une longue exposition est favorable à l'apparition de peroxydes qui déstabilisent les composés à point de fusion élevé et peu stables. Ainsi, une exposition au soleil, pendant 5 à 8 jours, des amandes découpées en tranches de plus de 12 mm d'épaisseur représente les meilleures conditions de séchage.

## Summary

### Drying of Shea Kernels and Butter Quality: Impact of Traditional Sun Drying

The objective of this study was to determine the effect of the conditions of direct sun exposure of the kernels from *Butyrospermum parkii* (shea) on the quality of the butter and to define the best conditions of drying. The influence of the thickness of kernels and of time was determined, according to the central composite experimental design, in comparison with the extraction yield, the acid and peroxide values, the melting properties and the composition of unsaponifiable matter of butter. The maximum butter yield is obtained with kernels content 10 to 15% of residual water. The cutting up of kernels makes easier the vaporizing of water but, also increases acidity and reduces contents of unsaponifiable, triterpenic alcohols and sterols successive in an increase of interface between enzymes and molecules. While, a long exposure is favourable to the appearance of peroxides which destabilize not stable compounds with high melting point. So, an exposure during 5 - 8 days of kernels cut up in slices with more than 12 mm of thickness represents the best conditions of drying.

## Introduction

Le beurre de karité est la graisse extraite des amandes du fruit de karité (*Butyrospermum parkii* ou *Vitellaria paradoxa*). La récolte des fruits de karité se fait généralement en saison pluvieuse, période pendant laquelle l'activité paysanne est dominée par d'autres travaux champêtres: récolte de cultures vivrières, entretien des champs. De ce fait, les graines séparées des fruits par dépulpage sont décortiquées et les amandes séchées au soleil ou dans des séchoirs traditionnels puis stockées, dans l'attente d'une extraction ultérieure du beurre. Dans certains cas, ces amandes séchées sont vendues sur les marchés (13, 21). D'un autre côté, les graines peuvent subir une cuisson à l'eau sur feu de bois avant décorticage (2). Mais, le karité est un arbre typique des savanes arborées soudanaises où le bois n'est pas la chose la mieux partagée (6). De ce fait, la pratique de la cuisson des graines est très souvent ignorée dans ces régions, et les amandes obtenues du décorticage direct sont séchées au soleil. Or, les fruits de karité arrivent à maturité en saison de pluies lorsque l'ensoleillement est irrégulier, de faible intensité (40 °C maximum) et l'humidité relative de l'atmosphère élevée (40 - 90%). Ces paramètres climatiques sont autant de facteurs limitant la qualité du séchage au soleil des amandes, et se traduisent par une prolongation de la durée d'exposition, avec des risques d'induction de réactions de dégradation du beurre. Le séjour des amandes dans des conditions prolongées d'humidité élevée, est susceptible de favoriser le développement des moisissures et l'action des lipases, conduisant ainsi à une augmentation de l'acidité grasse du beurre. C'est d'ailleurs par rapport à ce risque que le séchage au soleil a été défini comme opération critique pour l'extraction du beurre du

karité (24). Il convient donc d'envisager une amélioration du procédé de séchage au soleil de manière à en accélérer le processus et à en atténuer les risques par rapport à la qualité ultérieure du beurre. Une telle amélioration peut être envisagée dans la maîtrise de la géométrie des amandes soumises au séchage.

L'objectif de ce travail est, dès lors, d'évaluer l'impact des variables des conditions traditionnelles de séchage des amandes (géométrie des amandes et temps de séchage) sur le rendement et les caractéristiques du beurre de karité, puis d'en déduire les meilleures conditions du procédé par rapport à la qualité du produit final.

## Matériel et méthodes

Les amandes utilisées ont été obtenues des fruits récoltés dans la localité de Dang (Ngaoundéré, Cameroun). La recherche des effets des conditions de séchage au soleil sur la qualité du beurre et des conditions qui préservent cette qualité a été effectuée à l'aide du plan d'expérience composite centré à deux facteurs: l'épaisseur des amandes (1,5 à 18,5 mm) et le temps de séchage (1 à 8 jours) (4). Les tranches ont été séchées directement au soleil en monocouche sur des claies. Les amandes séchées dans ces conditions ont été utilisées pour apprécier d'une part l'évolution de la teneur en eau des amandes, d'autre part le rendement d'extraction et de la qualité des beurres qu'on en extrait. Les critères de qualité évalués ont été les indices d'acide, d'iode, de peroxyde, les paramètres de fusion et la teneur en insaponifiable du beurre. Les indices ont été déterminés conformément aux protocoles décrits dans le recueil des normes françaises (1).

<sup>1</sup>Département de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Dschang, B.P. 67 Dschang / Cameroun.

<sup>2</sup>Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI), Université de Ngaoundéré, B.P. 455 Ngaoundéré / Cameroun.

<sup>3</sup>Laboratoire de Science et Génie Alimentaires, ENSAIA - INPL, 2, avenue de la forêt de Haye, 54500, Vandoeuvre-les-Nancy cedex/ France.

\*Correspondant: Tél.: (237) 345 17 35 / (237) 997 84 49 Fax: (237) 345 12 02 E-mail: womeni@yahoo.fr

Reçu le 27.04.06 et accepté pour publication le 04.08.06.

L'analyse thermique différentielle a été réalisée avec un calorimètre différentiel Perkin-Elmer, modèle Pyris 1 (Perkin-Elmer Corp., Norwalk, USA), commandé par le logiciel Pyris 1. Le calibrage a été effectué avec l'indium ( $\Delta H = 28,43 \text{ J/g}$ ). Le balayage en température a été réalisé entre  $-20 \text{ °C}$  et  $60 \text{ °C}$  à la vitesse de  $5 \text{ °C/min}$ . Une masse d'échantillon d'environ  $10 \text{ mg}$  est refroidie de la température ambiante à  $-20 \text{ °C}$ , maintenue pendant 10 minutes à cette température, puis chauffée jusqu'à  $60 \text{ °C}$  à la vitesse de  $5 \text{ °C/min}$ . Les enthalpies de fusion ( $\Delta H$ ) ont été calculées par intégration de l'aire totale du pic de fusion.

L'insaponifiable a été extrait avec l'éther diéthylique après saponification avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium (3). La détermination de la composition des fractions insaponifiables a été réalisée par chromatographie sur couche mince couplée à la détection par ionisation de flamme (IATROSCAN™ MK-5, Iatron Laboratories, Inc. Tokyo, Japan) telle que décrite par Womeni *et al.* (25).

Les données obtenues selon les plans d'expériences composites centrés et analysés à l'aide du logiciel STATGRAPHICS Plus 3.0, génèrent des modèles de la forme de l'équation 1.

$$Y = I + ax_1 + bx_2 + cx_1x_2 + dx_1^2 + ex_2^2 \quad [1]$$

I, a, b, c, d et e sont les coefficients de l'équation avec I la constante de l'équation.

## Résultats et discussion

### Teneur en eau des amandes

La variation de la teneur en eau (TE) des tranches d'amandes au cours de leur séchage au soleil et exprimée en fonction de l'épaisseur (e, mm) des amandes et du temps de séchage (t, jours) répond à l'équation 2 dont les coefficients de régression sont donnés dans le tableau 1.

$$TE = 26,77 + 0,99e - 9,41t + 0,05e^2 - 0,22e.t + 0,98t^2 \quad [2]$$

**Tableau 1**  
Coefficients de l'équation de régression (CR), P et coefficient de détermination de l'ANOVA des modèles de la teneur en eau, du rendement d'extraction de l'acidité, de l'indice de peroxyde et de l'enthalpie de fusion du pic 2 du thermogramme des beurres extraits des amandes séchées au soleil selon le plan d'expérience composite centré

Sources	Teneur en eau		Rendement d'extraction		Acidité		Indice de peroxyde		Enthalpie de fusion du pic 2	
	CR	P	CR	P	CR	P	CR	P	CR	P
Épaisseur des amandes: $x_1$	0,9938	0,000*	-1,3081	0,001*	-0,1055	0,001*	0,4455	0,005*	-0,2072	0,230
Temps de séchage: $x_2$	-9,4085	0,000*	8,4554	0,000*	-1,4666	0,012*	0,7487	0,027*	-1,0886	0,000*
$x_1^2$	0,0498	0,236	-0,0601	0,108	-0,0285	0,197	-0,0251	0,286	0,0372	0,608
$x_1x_2$	-0,2212	0,051	0,4177	0,000*	0,0598	0,286	0,0889	0,149	-0,2094	0,270
$x_2^2$	0,9775	0,001*	-1,1120	0,000*	0,0211	0,864	-0,1138	0,398	-0,0908	0,827
Constante	26,7703		31,448		18,7795		7,5913		32,4838	
Coefficient de détermination (%)	87,918		90,091		70,752		62,173		70,167	

\* valeurs de  $p < 0,05$ ; indiquant qu'il y a effet significatif de 0 à 95% niveau de confidentialité.

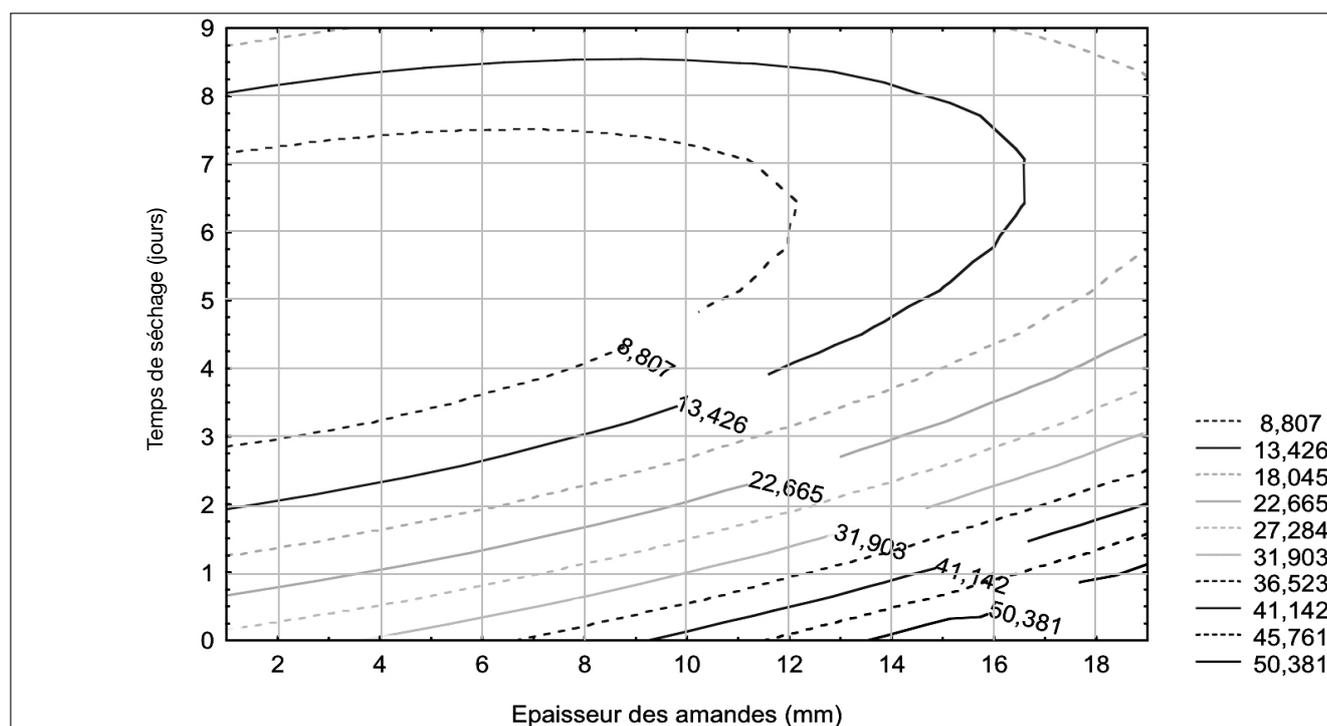


Figure 1: Courbes isoréponses montrant la variation de la teneur en eau résiduelle des amandes (% de masse humide) en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage au soleil.

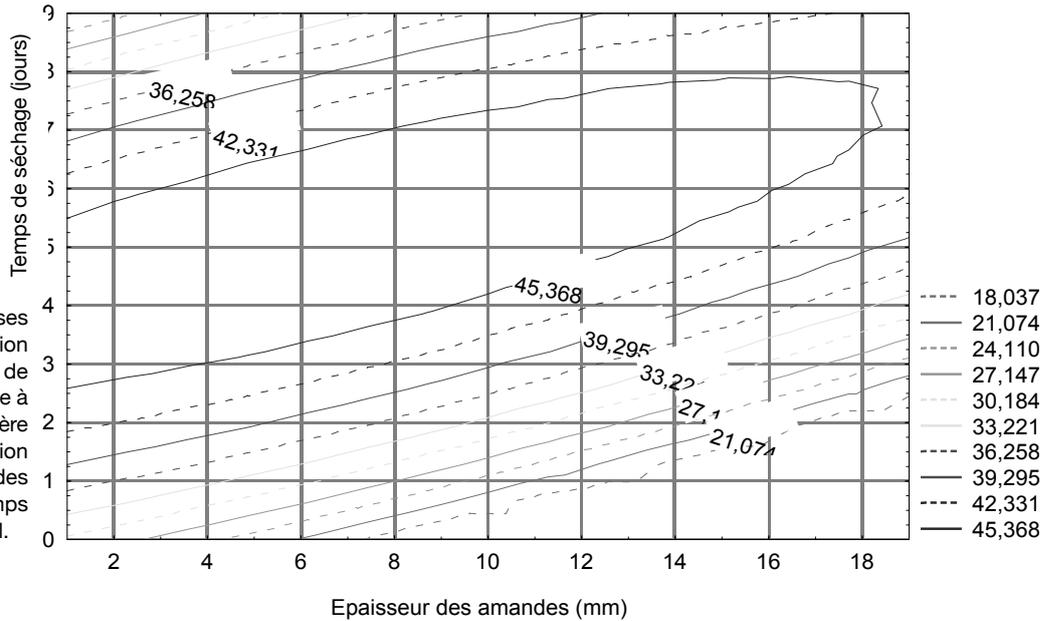


Figure 2: Courbes isoréponses montrant la variation du rendement de l'extraction du beurre à l'hexane (% de matière sèche) en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage au soleil.

L'analyse des coefficients du modèle donne un coefficient de détermination de 88%, ce qui signifie que la variation de la teneur en eau des amandes s'explique à 88% par les variations de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Les fluctuations de la température et de l'humidité relative de l'air, qui n'ont pas été prises en compte dans cette étude, peuvent contribuer à la variation et justifier les 12% restants. Les effets significatifs sont ceux de l'épaisseur des tranches ( $x_1$ ), du temps de séchage ( $x_2$ ) et de son carré ( $x_2^2$ ). La figure 1 présente les courbes isoréponses montrant la variation de la teneur en eau, en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. La teneur en eau la plus faible, de l'ordre de 9%, est obtenue avec les amandes d'épaisseur inférieure à 12 mm et séchées entre 3 et 8 jours. En séchant les tranches de 2 mm d'épaisseur on atteint cette teneur en eau limite après 3 jours de séchage puis elle reste constante lorsqu'on prolonge le temps de séchage. Pour des tranches d'épaisseur supérieure à 12 mm, la teneur en eau est d'environ 22% après 3 jours d'exposition et de 13% au bout de 8 jours. La réduction de l'épaisseur des tranches, en augmentant la surface d'échange, permet de réduire le temps de séchage (5).

**Rendement d'extraction des beurres**

L'analyse des données du rendement d'extraction du beurre a conduit à une expression du modèle de l'équation 1, donnant le rendement d'extraction du beurre en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Les coefficients de régression de cette équation, leur seuil de signification et le coefficient de détermination sont donnés dans le tableau 1. L'épaisseur des amandes et le temps de séchage ont des effets significatifs sur le rendement d'extraction ( $P > 0,05$ ). Le coefficient de détermination montre que 90% de variation du rendement dépendent de l'épaisseur des amandes et de la durée d'exposition au soleil.

Les courbes isoréponses de la figure 2 sont des illustrations de la variation du rendement. Quelle que soit l'épaisseur des amandes, on note une baisse du rendement lorsque le séchage est effectué pendant moins de 3 jours ou au-delà de 8 jours. Les rendements les plus élevés sont obtenus avec les amandes d'épaisseur inférieure ou égale à 18 mm et séchées pendant 3 à 5 jours pour moins de 12 mm d'épaisseur et 5 à 8 jours pour des tranches de 12 à 18 mm.

L'étude de la corrélation entre la teneur en eau et le rendement d'extraction montre qu'il existe une corrélation polynomiale significative entre ces deux facteurs ( $r^2 = 0,99$ ) (Equation 3).

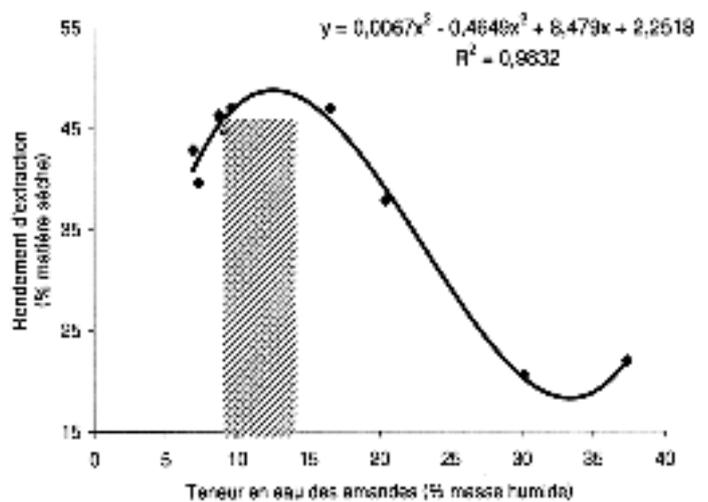


Figure 3: Corrélation entre le rendement d'extraction du beurre et la teneur en eau résiduelle des amandes séchées au soleil.

$$R = 0,007E^3 - 0,465E^2 + 8,479E + 2,252 \quad [3]$$

Où « R » est le rendement d'extraction (%) et « E » la teneur en eau résiduelle des amandes (% base humide). La courbe de l'équation polynomiale fait ressortir un optimum de rendement entre 10 et 15% d'humidité résiduelle des amandes (Figure 3). Cet intervalle est compatible avec nos résultats antérieurs qui indiquaient que le meilleur rendement d'extraction est obtenu avec les amandes ayant une teneur en eau de 10 à 15% (23).

**Acidité du beurre**

Les coefficients de l'équation exprimant l'acidité du beurre en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage sont donnés dans le tableau 1. Le modèle explique 71% de variation de l'acidité des beurres. L'effet de l'épaisseur des amandes est le plus significatif ( $P < 0,01$ ) suivi de celui du temps de séchage. La figure 4 est une illustration de la variation de l'acidité en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Dans l'ensemble, l'acidité du beurre, exprimée en pourcentage d'acide oléique, est élevée et supérieure à 0,3% d'acide oléique souhaité en cosmétique (8). La valeur de 9% qui est la borne supérieure pour les beurres destinés aux industries

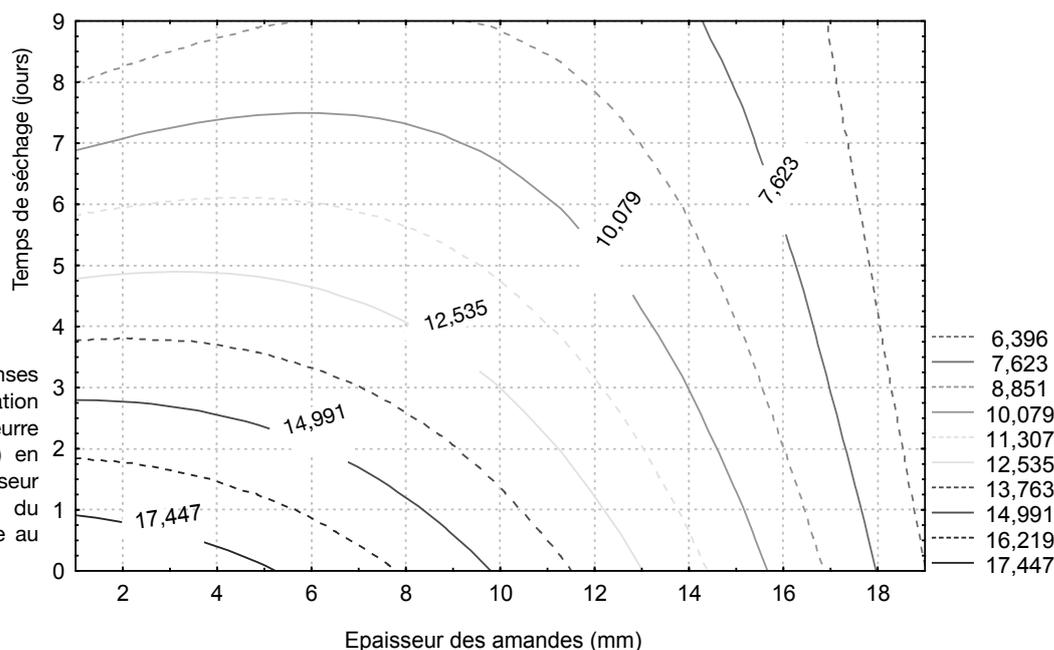


Figure 4: Courbes isoréponses montrant la variation de l'acidité du beurre (% acide oléique) en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage au soleil.

alimentaires (14) est également dépassée dans certaines conditions, notamment lors du séchage des amandes d'épaisseur inférieure à 14 mm. L'acidité la plus élevée (> 16%) est obtenue avec les amandes d'épaisseur inférieure à 6 mm et séchées pendant moins de 1 jour, alors que l'acidité inférieure à 9% est obtenue avec des tranches d'amandes d'épaisseur supérieure à 16 mm indépendamment du temps de séchage. Le découpage des amandes entraîne la déchirure des cellules avec pour conséquence la libération de la matière grasse qui entre alors en contact avec les lipases. Ces dernières hydrolysent alors les triglycérides pour produire les acides gras responsables de l'acidification du beurre. Le découpage des amandes en tranches de faible épaisseur augmente la surface de contact entre la matière grasse et les lipases, d'où l'augmentation de l'acidité. Ceci justifie le fait que, en général, l'acidité des graines oléagineuses se trouve pour sa grande part localisée dans les farines et les graines brisées ou endommagées (10).

Le séchage au soleil des amandes d'épaisseur supérieur à 16 mm limiterait l'acidification du beurre. Cependant, les amandes de cette dimension, nécessiteront un temps de séchage long (supérieur à 8 jours) pour atteindre les teneurs en eau, de l'ordre de 10 à 15%, optimales pour l'extraction du beurre. L'acidité des beurres extraits de ces amandes séchées directement au soleil reste supérieure au 0,3% souhaité en cosmétique. Pourtant, en procédant au préalable à une cuisson dans l'eau bouillante pendant 100 à 120 minutes, il a été possible d'inactiver les lipases et d'obtenir des beurres avec moins de 0,3% d'acidité (25). Du coup, le blanchiment apparaît comme un traitement indispensable, mais on se retrouve face à la contradiction entre le besoin d'inactiver les lipases sur la base des pratiques traditionnelles de cuisson et le besoin de préserver la végétation des savanes arborées soudanaises.

#### Indice d'iode des beurres

Les résultats de l'indice d'iode ont générés un modèle d'équation qui exprime l'indice d'iode en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. L'analyse de variance révèle que ce modèle n'explique que 28% de la variation de l'indice d'iode et que ni l'épaisseur des amandes, ni le temps de séchage n'affectent significativement l'indice d'iode.

#### Indice de peroxyde du beurre

Les coefficients de l'équation de régression générée par

l'analyse des résultats de l'indice de peroxyde sont donnés dans le tableau 1. Cette équation explique 62% des variations de l'indice de peroxyde par rapport à l'épaisseur des amandes et au temps de séchage. L'effet de l'épaisseur des amandes est le plus significatif ( $P < 0,01$ ) suivi de celui du temps de séchage ( $P < 0,05$ ). Dans l'ensemble, les indices de peroxyde obtenus sont élevés et varient de 7 à 18 meq/kg. Ces valeurs sont supérieures à 1 meq/kg qui est la borne supérieure d'indice de peroxyde du beurre destiné à la cosmétique (8). Les conditions de température inférieure à 45 °C et de forte circulation d'air qui ont régné lors du séchage au soleil seraient favorables aux réactions, enzymatiques ou non, responsables de la production des peroxydes. Raoult-Wack *et al.* (18) mentionnaient que l'oxydation des acides gras constitue l'un des risques du séchage convectif à l'air des produits à la fois riche en eau et en grasse.

La figure 5 montre la variation de l'indice de peroxyde au cours du séchage au soleil. On note que la forte production des peroxydes (> 15 meq/kg) est obtenue lors du séchage des tranches d'amandes de plus de 10 mm d'épaisseur pendant plus de 5 jours. La réduction de l'épaisseur à moins de 4 mm baisse l'indice de peroxyde aux valeurs inférieures à 10 meq/kg, valeur maximale préconisée par le Codex Alimentarius (7) pour les huiles de consommation. Cette borne supérieure est également respectée lorsqu'on sèche les amandes de plus de 4 mm d'épaisseur pendant moins de deux jours. L'augmentation de l'épaisseur de l'amande, augmente le trajet des molécules d'eau et retarde par conséquent leur élimination. Ceci entretient une humidité élevée pendant le séchage, favorisant dès lors l'activité peroxydasique.

#### Propriétés de fusion des beurres

Les thermogrammes des beurres issus des amandes séchées au soleil sont présentés par la figure 6. Ils font ressortir les deux principaux pics de transition du beurre de karité. Le pic 1 entre -10 et +10 °C et le pic 2 entre 25 et 45 °C. Le pic 1 est caractéristique des composés à bas point de fusion comprenant les acides gras insaturés et à courtes chaînes, constituant les triglycérides d'acides gras polyinsaturés.

Le pic 2 est caractéristique des composés à point de fusion plus élevé que sont les acides gras saturés et à longues chaînes qui composent les triglycérides mono-, di-désaturés et saturés majoritaires dans le beurre de karité. Cette répartition

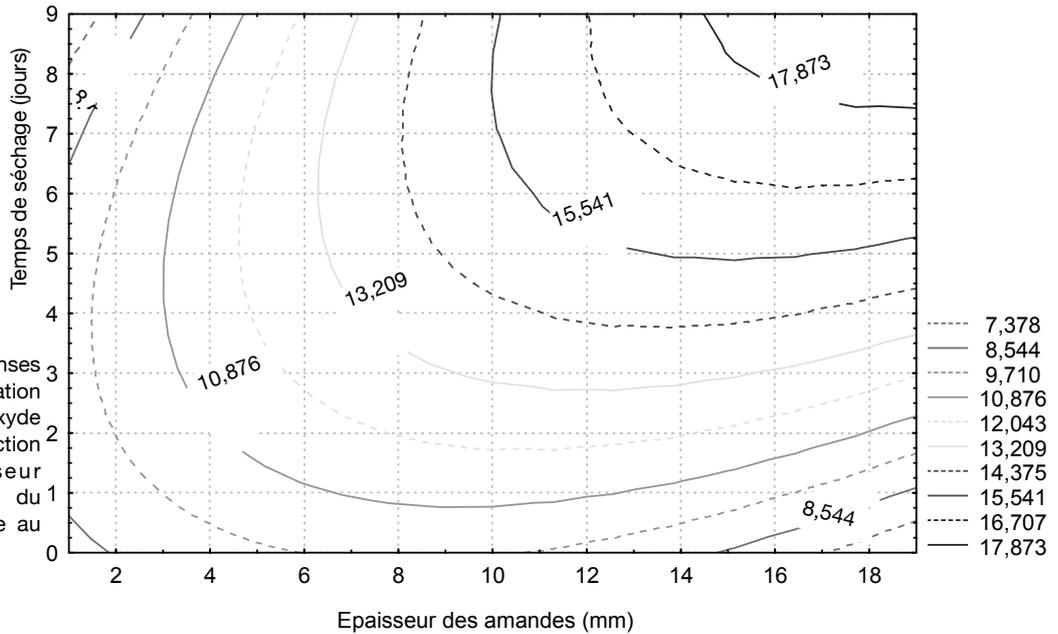


Figure 5: Courbes isoréponses montrant la variation de l'indice de peroxyde (meq/kg) en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage au soleil.

tient compte des travaux de Tan et Che Man (19). Ces auteurs mentionnent que les paramètres thermiques dépendent de la distribution des triglycérides. Généralement les triglycérides à trois acides gras saturés fondent à des températures plus élevées que les triglycérides à trois acides gras insaturés. Le point de fusion des différents acylglycérols est une résultante des points de fusion des acides gras entrant dans leur composition. Ce point de fusion dépend également de leur forme polymorphique. Les triglycérides existent couramment sous 3 formes polymorphiques: la forme  $\beta$  dans un système triclinique, la plus stable et à bas point de fusion; la forme  $\beta'$  dans un système orthorhombique, de stabilité intermédiaire et à point de fusion moyenne et la forme  $\alpha$  dans un système hexagonal, la moins stable et à haut point de fusion (9, 11). La figure 6 fait également remarquer que l'aire des pics varie d'un échantillon à l'autre. Notamment, celle du pic 2 qui diminue lorsque le temps de séchage est long (7 à 8 jours). L'enthalpie de fusion des composés caractérisant ce pic a été calculée et les valeurs obtenues ont généré un modèle exprimant l'enthalpie en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Les coefficients de régression des équations du modèle sont donnés dans le tableau 1. Ce modèle explique 70% des variations de l'enthalpie

des composés du pic 2, significativement affectée par le temps de séchage ( $P < 0,05$ ). Cette variation de l'enthalpie est illustrée par les courbes isoréponses de la figure 7. Ces courbes montrent que l'énergie de transition du pic 2, caractéristique des composés à point de fusion élevé, baisse lorsque le temps de séchage est long. Dans les paragraphes précédents, il a été noté qu'un séjour des amandes au soleil pendant plus de 5 jours entraîne une importante production d'hydroperoxydes. Or, la présence des hydroperoxydes dans les huiles déplace les points de fusion vers les basses températures (20), d'où la baisse de l'enthalpie de fusion du pic 2, consécutive à une longue exposition au soleil des amandes.

Pour limiter les modifications des formes polymorphiques des lipides liées à la présence des peroxydes, il faut réduire le temps de séjour des amandes. Or, à la réduction du temps de séchage, il s'impose une réduction de l'épaisseur des amandes pour faciliter l'élimination de l'eau. Malheureusement, la réduction de l'épaisseur des amandes augmente la production des acides gras libres.

*Composition en matière insaponifiable*

La détermination de la teneur en matières insaponifiables

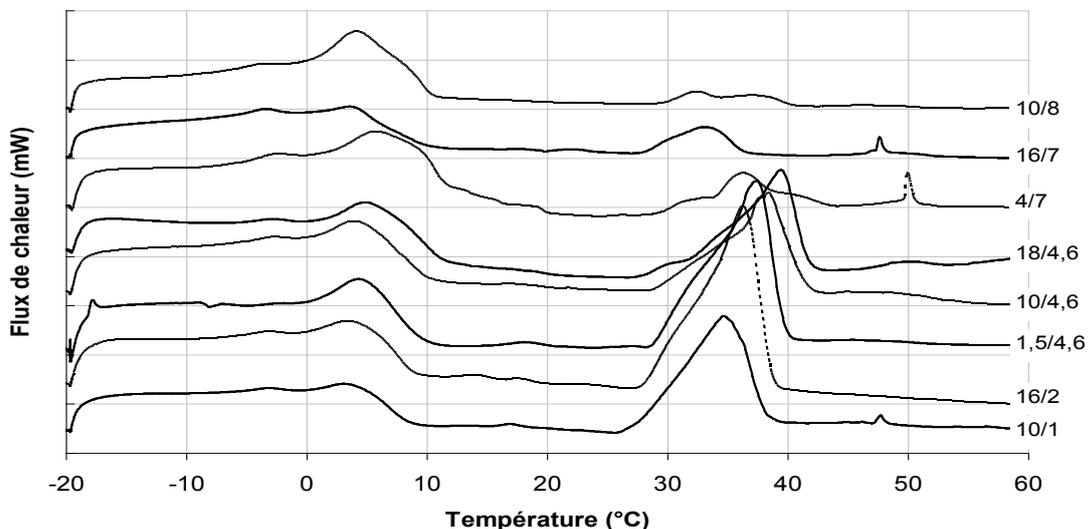


Figure 6: Thermogrammes des beurres issus des amandes séchées au soleil (10 mn à -20 °C puis chauffage de -20 à 60 °C à une vitesse de 5 °C/min). Epaisseur des amandes en mm/ temps de séchage en jours.

**Tableau 2**  
**Les coefficients de l'équation de régression (CR), la probabilité (P) et le coefficient de détermination de l'ANOVA des modèles d'expression de la teneur en matières insaponifiables, des teneurs en alcools triterpéniques et en hydrocarbures des fractions insaponifiables, des beurres extraits des amandes séchées au soleil selon le plan d'expérience composite centré**

Sources	Teneur des beurres en matières insaponifiables		Teneur des fractions insaponifiables en alcools triterpéniques		Teneur des fractions insaponifiables en hydrocarbures	
	CR	P	CR	P	CR	P
$x_1$ : épaisseur des amandes	0,3892	0,0299*	-0,5209	0,0435*	0,4562	0,1433
$x_2$ : temps de séchage	0,1167	0,2343	0,1550	0,0311*	-2,6964	0,0007*
$x_1^2$	-0,0070	0,3286	-0,0205	0,6152	0,0027	0,9089
$x_1x_2$	-0,0382	0,0513	0,2965	0,0123*	-0,1503	0,0266*
$x_2^2$	0,0144	0,7046	-0,4630	0,0644	0,5911	0,0007
Constante	2,4461		93,4006		5,1631	
Coefficient de détermination (%)	54,5212		65,174		79,6631	

\* valeurs de  $p < 0,05$ ; indiquant qu'il y a effet significatif de 0 à 95% niveau de confidentialité.

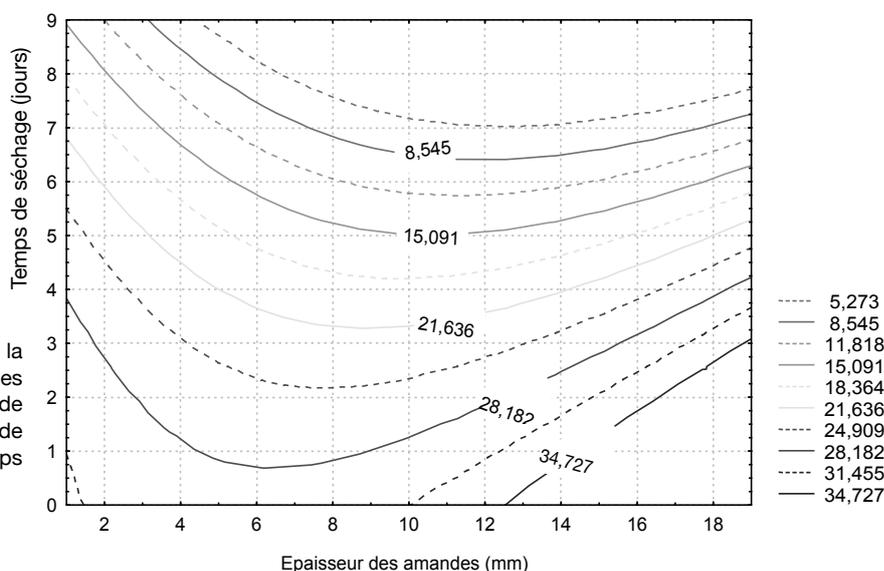


Figure 7: Courbes isoréponses montrant la variation de l'enthalpie de fusion des pics ( $\Delta H$  en J/g) à moyen point de fusion du beurre (pic 2) en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage au soleil.

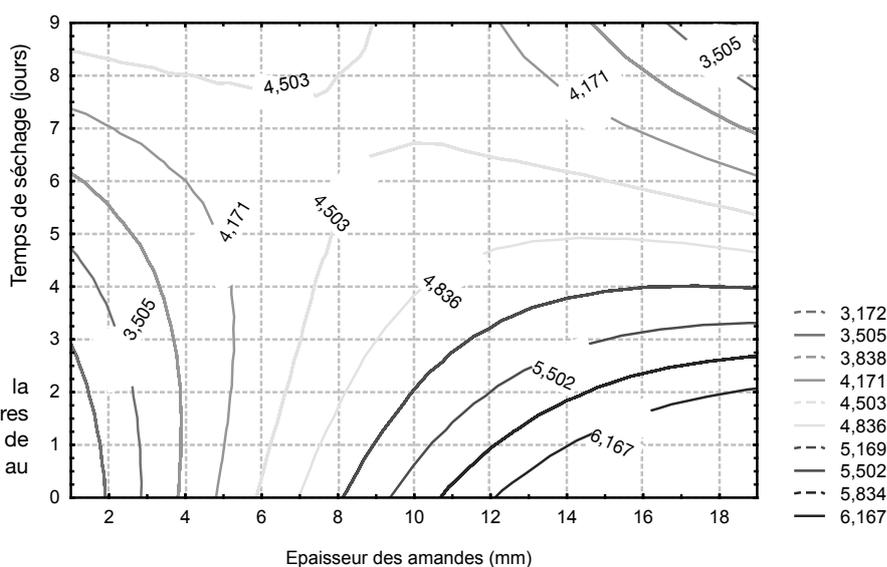


Figure 8: Courbes isoréponses montrant la variation de la teneur en matières insaponifiables en fonction de l'épaisseur et du temps de séchage au soleil des amandes.

des beurres des amandes découpées et séchées au soleil ont généré un modèle d'expression de la teneur en matières insaponifiables en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Les coefficients de régression de l'équation du modèle sont donnés dans le tableau 2.

Selon ce modèle, 55% de la variation de la teneur en insaponifiable des beurres s'expliquent par les variations de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Seule

l'épaisseur des amandes a un effet significatif sur cette teneur.

La figure 8 présente les courbes isoréponses montrant la variation de la teneur en insaponifiables des beurres en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. On note que le découpage des amandes réduit cette teneur. Les taux d'insaponifiables les plus élevés sont obtenus avec les beurres extraits des amandes de plus de 12 mm d'épaisseur.

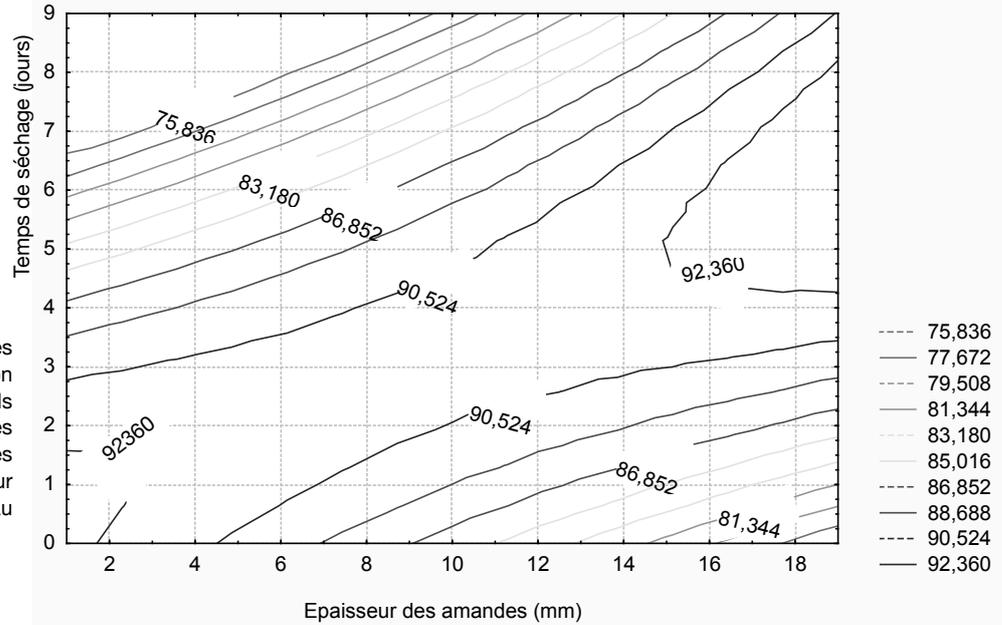


Figure 9: Courbes isoréponses montrant la variation de la teneur en alcools triterpéniques dans les fractions insaponifiables en fonction de l'épaisseur et du temps de séchage au soleil des amandes.

L'analyse des données de la composition de la fraction insaponifiable du beurre a conduit à l'équation modèle exprimant les teneurs en alcools triterpéniques et en hydrocarbures en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Les coefficients de régression de cette équation, leur seuil de signification et le coefficient de détermination sont donnés dans le tableau 2.

La teneur en alcools triterpéniques dans les fractions insaponifiables des beurres des amandes séchées au soleil varie de 75 à 92%. Cette variation s'explique à 65% par la variation de l'épaisseur des amandes et de la durée de séchage. Les valeurs élevées sont obtenues avec les insaponifiables des amandes de plus de 14 mm d'épaisseur séchées pendant 4 à 8 jours (Figure 9).

La teneur en hydrocarbures varie de 3 à 18% (Figure 10). Variation expliquée à 80% par celle de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. La variation de la teneur en stérols entre 1 et 4% est liée, à 38%, à celle de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Ce bas pourcentage tient au fait qu'aucune de ces variables de commande n'affecte significativement la teneur en stérols.

Ces résultats confirment ceux de Jacobsberg (12) et de Paganuzzi (17) qui stipulent que le beurre de karité contient très peu de stérols et un taux élevé d'alcools triterpéniques. Mais, les proportions en ces classes d'insaponifiables, dans notre cas, sont différentes des 65% d'alcools triterpéniques, 27% d'hydrocarbures et 8% de stérols mentionnés par Jacobsberg (12). Cette différence serait liée à l'origine, à la variété, au degré de maturité des fruits, à la méthode d'extraction du beurre (16), mais aussi aux conditions de séchage des amandes. C'est parmi les alcools triterpéniques qu'on retrouve les  $\alpha$  et  $\beta$ -amyrines responsables de la protection de la peau ou le parkéol contribuant à la cicatrisation ou encore le lupéol lié à la désinfection. Et, dans les stérols on trouve l' $\alpha$ -spinastérol qui stimule des cellules ou le  $\Delta^7$ -stigmastérol doué de propriété régénératrice des cellules (15). Du coup, une transformation de ces alcools et stérols se traduirait par une perte des vertus reconnues au beurre de karité. Pour limiter cette transformation néfaste, le séchage direct au soleil doit se faire avec des amandes de plus de 14 mm d'épaisseur et séchées pendant 4 à 8 jours.

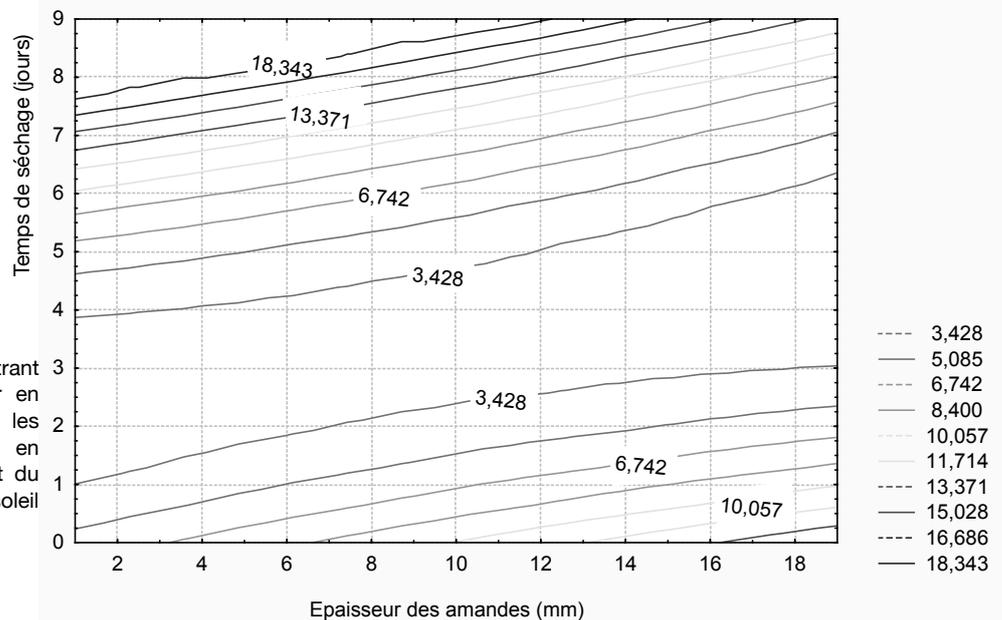


Figure 10: Courbes isoréponses montrant la variation de la teneur en hydrocarbures dans les fractions insaponifiables en fonction de l'épaisseur et du temps de séchage au soleil des amandes.

## Conclusion

Le séchage direct au soleil des amandes de karité avant extraction du beurre entraîne la variation de la qualité du beurre en fonction de la géométrie des amandes et du temps d'exposition. Ainsi, un découpage des amandes augmente la surface de contact entre enzymes et substrats, favorisant la libération des acides gras et la perte de la matière insaponifiable qui se traduisent par une augmentation de l'acidité et une diminution de la teneur en composés bioactifs de la fraction insaponifiable du beurre. L'exposition des amandes au soleil pendant longtemps est responsable de l'oxydation de la matière grasse conduisant à une importante production de peroxydes. Par conséquent, les conditions traditionnelles de séchage direct au soleil des amandes de karité ne permettent pas d'avoir des produits remplissant les critères de moins de 0,3% d'acidité et d'1 meq/kg de peroxyde souhaités en cosmétique. Néanmoins, pour extraire le maximum de beurre qui remplisse les 9% d'acidité (14) et 20 meq/kg de peroxydes (22) acceptables en alimentation, il convient de sécher les amandes de plus de 12 mm d'épaisseur

pendant 5 à 8 jours. Toutefois, un blanchiment préalable des graines ou des amandes qui inactiverait les enzymes de dégradation est indispensable. Il est susceptible de réduire le temps de séchage à 2-4 jours avec les amandes de près de 2 mm d'épaisseur et de conduire au beurre remplissant les critères appliqués en cosmétique.

## Remerciements

Ce travail a été financé par la Fondation Internationale pour la Science (IFS, Stockholm, Suède) et l'Université des Nations Unies (UNU, Tokyo, Japon) à travers l'allocation de recherche N° E/3409-1 accordée à M. H. M. Womeni. Certaines analyses ont été effectuées au Laboratoire de Science et Génie Alimentaires (LSGA) de l'Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL, Nancy, France); le transport et les séjours ont été soutenus par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD, Paris, France).

## Références bibliographiques

1. AFNOR (Association Française pour la Normalisation), 1981, Recueil des normes françaises. Corps gras graines oléagineuses, produits dérivés, 2<sup>e</sup> édition, afnor, Paris, 438 p.
2. Amti J.P.S., 1998, Recherche d'une technique améliorée d'extraction du beurre de karité, Mémoire de fin d'études de DUT, IUT de Ngaoundéré, 27 p.
3. AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1999, Official Methods of Analysis, 16<sup>th</sup> edition, Volume II, Edited by Patricia CUNIFF, AOAC International, Maryland, Chapter 41, 29-30.
4. Benoist D., Tourbier Y. & Germain-Tourbier S., 1994, Plans d'expériences, Construction et analyse. Technique et Documentation Lavoisier, Paris, 141-145.
5. Cheftel J.C., Cheftel H. & Besançon P., 1983, Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, volume 2, Technique et Documentation Lavoisier, Paris, 167-198.
6. Chevalier A., 1946, Le karité ou arbre à beurre. Oléagineux, p. 4. In: Les oléagineux dans les pays d'Afrique occidentale associés au marché commun; I. La production, le commerce et la transformation des produits. Editions Champion, Paris, 1-109.
7. Codex Alimentarius, 1992, Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, FAO, Rome (Italie).
8. Defez G., 1992, Traitement du beurre de karité. Stéarinerie DUBOIS FILS, 2 p. In: Kassamba B., 1997. Synthèse des techniques connues d'extraction et de conditionnement du beurre de karité au Burkina Faso. Rapport final. Projet filière karité du CECI IRSAT. Ouagadougou, 3-9.
9. D'Souza V., de Man J.M. & de Man L., 1990, Short spacings and polymorphic forms of natural and commercial solid fats: review. J. Am. Oil Chem. Soc. 67, 835-843.
10. Guillaumin R., 1982, Evolution des lipides - oxydation enzymatique et auto-oxydation non enzymatique. In: Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés: céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux, volume 2, coordonnateur J.L. Multon, Technique et Documentation Lavoisier, Paris, 913-936.
11. Hagemann J.W., 1988, Thermal behaviour of acylglycerides, In: Crystallization and polymorphism of fat and fatty acids (N. Garti and K. Sato, eds), Marcel Dekker, New York, 9-95.
12. Jacobsberg B., 1977, Causes de l'acidification du beurre du karité au cours de la préparation et du stockage des amandes. Oléagineux, 32, 529-533.
13. Kaboré T.H. & Gadiaga G., 1992, Le karité au Burkina Faso, Transformer ou pas, le difficile choix des productrices, TPA, N°5, 6-9.
14. Kassamba B., 1997, Synthèse des techniques connues d'extraction et de conditionnement du beurre de karité au Burkina Faso. Rapport final. Projet filière karité du CECI IRSAT. Ouagadougou, 3-9.
15. Lovett P.N., 2005, Shea butter industry expanding in West Africa, Inform, 16, 5, 273-275.
16. Mensier P.H., 1957, Dictionnaire des huiles végétales, Edition Paul Chevalier, Paris, 108-110.
17. Paganuzzi V., 1983, Riv. Ital. Sostanze Grasse 60, 489. In: Crews C., Calvet-Sarret R. & Brereton P., 1999, Identification of steroidal hydrocarbons in refined confectionery fats by gas chromatography-mass spectrometry. Journal of chromatography A, 847, 179-185.
18. Raoult-Wack A.L., Lisse I., Rouzière A., Montet D., Dumas J.C. & Noël J.M., 1997, Séchage de produits gras par friture: cas des fruits oléagineux (Coco, Avocat) et des sous-produits carnés. Récents progrès en Génie des procédés vol. 11, 59, 69-76.
19. Tan C.P. & Che Man Y.B., 2002, Differential scanning calorimeter analysis of palm oil, palm oil based products and coconut oil : effects of scanning rate variation. Food Chemistry, 76, 89-102.
20. Tan C.P., Che Man Y.B., Jinap S. & Yusoff M.S.A., 2002, Effects of microwave heating on the quality characteristics and thermal properties of RBD palm olein. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 3, 157-163.
21. von Maydell H.J., 1983, Arbres et arbustes du Sahel: leurs caractéristiques et leurs utilisations. Eschborn, 182-187.
22. Wolff J.P., 1991, Analyse et dosage des lipides. In: Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires, 4, Analyse des constituants alimentaires, Lavoisier, Tec et Doc, Paris, 221 p.
23. Womeni H.M., Kamga R., Tchegang C. & Kapseu C., 2002, Extraction du beurre de karité: influence du séchage des amandes et de la technique d'extraction. La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse, Vol. LXXIX, 33-37.
24. Womeni H.M., 2004, Identification et analyse des opérations critiques de préparation des fruits, graines et amandes de karité (*Butyrospermum parkii* (G. Don) Kotschy): étude de leur influence sur la qualité du beurre. Thèse de Doctorat/Ph.D., ENSAI, Université de Ngaoundéré, Cameroun, 248 p.
25. Womeni H.M., Ndjouenkeu R., Kapseu C., Tchouanguep Mbiapo Félicité, Parmentier M. & Fanni J., 2006, Effet de la cuisson et du séchage des noix de karité (*Butyrospermum parkii* (G. Don) Kotschy) sur la qualité du beurre. Tropicultura, 24, 3, 175-182.

H.M. Womeni, Camerounais, Doctorat/Ph.D, Chargé de cours, Faculté des Sciences, Université de Dschang, Cameroun.

R. Ndjouenkeu, Camerounais, Ph.D, Professeur, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI), Université de Ngaoundéré, Cameroun.

C. Kapseu, Camerounais, Doctorat d'état, Professeur, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI), Université de Ngaoundéré, Cameroun.

Félicité Tchouanguep Mbiapo, Camerounaise, Ph.D, Professeur, Faculté des Sciences, Université de Dschang, Cameroun.

M. Parmentier, Français, Doctorat d'état, Professeur, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires (ENSAIA), Institut National Polytechnique de la Lorraine (INPL), Nancy, France.

J. Fanni, Français, Doctorat d'état, Professeur, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires (ENSAIA), Institut National Polytechnique de la Lorraine (INPL), Nancy, France.

# Comportement agronomique d'une collection de pois *Pisum sativum* L.

Ferdaous Mani<sup>1</sup>, C. Hannachi<sup>1</sup>, S. Rezgui<sup>2</sup> & M. Bouslama<sup>1</sup>

Keywords: Yield- Pea-Resistance to Diseases- Variability- Tunisia

## Résumé

Douze génotypes de pois (Asgrow, Jumbo, Lincoln, Merveille de Kelvedon, Purser, Rajai Torpe, Snajor Kosep Korai, Wando, Rondo, génotype local, Major Kosep Korai et Surgevil) ont été étudiés pour leur résistance aux maladies (Oïdium, mildiou, anthracnose, brunissement, jaunisse apicale) et leurs performances agronomiques (matières fraîches: racines, partie aérienne, nombre de branches fructifères/plante, nombre de fleurs/plante, nombre de gousses/plante, nombre de grains/gousse et rendements en grains/plante). La culture a été faite dans un milieu contrôlé (serre plastique) sur tourbe noire durant 5,5 mois (octobre à avril). Les résultats obtenus montrent que seul le génotype Purser est résistant à toutes les maladies et que le génotype Surgevil est sensible uniquement à la jaunisse apicale. Par contre, le génotype local est sensible aux trois maladies les plus fréquentes (Oïdium, Mildiou et Anthracnose). En ce qui concerne la croissance végétative, c'est le génotype Asgrow qui a synthétisé le plus de matière fraîche, deux fois plus que la matière fraîche synthétisée par le génotype Purser. Toutefois, le rendement élevé en matière fraîche ne contribue pas à un taux de nouaison élevé. En effet, seuls les génotypes ayant donné un rendement faible en matière fraîche (Snajor Kosep Korai, Asgrow, Major Kosep Korai, Rajai Torpe et Purser) ont eu le taux de nouaison le plus élevé, supérieur à 30%. Chez ce groupe, le bon rendement le plus élevé (> 9 g/plante) résulte du nombre de gousses/plante (7,5 à 21,6) et du nombre de grains/gousse (2,8 à 4,92). De cette collection, le génotype Purser peut être retenu en raison de sa résistance à toutes les maladies et à ses bonnes performances agronomiques au profit des agriculteurs ou des programmes d'amélioration génétique.

## Summary

### Agronomical Behaviour of a Pea Collection *Pisum sativum* L.

This experience was achieved under greenhouse conditions. Twelve genotypes of pea were used (Asgrow, Jumbo, Lincoln, Merveille de Kelvedon, Purser, Rajai Torpe, Snajor Kosep, Korai, Wando, Rondo, local genotype, Major Kosep Korai and Surgevil). They were cultivated on peat during 5.5 months (from October to April). Some agronomical parameters were studied: resistance to diseases, (Powdery-mildew, mildew, top yellow virus, anthracnose, browning), fresh matter, number of branches/plant, number of flowers/plant, number of pods/plant and the yield of grains /plant. Results showed that only the genotype Purser is resistant to all diseases and Surgevil is sensitive only to the Top Yellow virus. The local genotype is sensitive to three frequent diseases (Powdery-mildew, mildew and Anthracnose). With regard to vegetative growth, the highest yield of fresh matter do not contribute towards a high fertility rate. In fact, only the genotypes having a weak yield of fresh matter (Snajor Kosep Korai, Asgrow, Major Kosep Korai, Rajai Torpe and Purser) have the most important rate of fertility (> 30%). Within this group, the most important yield (> 9 g/plant) is a result of high: number of pods/plant (7.5 to 21.6) and of grains/pod (2.8 to 4.92). Finally, genotype Purser should be retained for farmers and programs of genetic amelioration for its resistance to diseases and agronomical performances.

## Introduction

Le pois (*Pisum sativum* L.) est une légumineuse à graines originaire du Moyen Orient (9). Il est consommé à l'état frais, appertisé ou surgelé. Le pois est riche en fibres celluloseuses et en protéines (5 g et 4,4 g/100 g de matière fraîche respectivement). C'est également une source non négligeable de minéraux (notamment calcium, magnésium et fer) et de vitamines (C, PP, A) (17). Elle convient bien en tête d'assolement (8), elle augmente la fertilité des sols et lutte contre l'érosion (12). La culture est très développée en Europe principalement en France où elle s'étale sur une superficie de 750.000 ha (7, 11).

En Tunisie, les superficies consacrées à la culture du pois ne représentent que 6.000 ha avec un rendement de 9 t/ha. Les dates de semis s'étalent du 15 novembre au 15 décembre à une densité de 60 plants/m<sup>2</sup>. La variété Victor est la plus cultivée en raison de sa bonne productivité (16). Cependant, la culture est exposée à plusieurs contraintes, telles que les maladies cryptogamiques (oïdium et mildiou particulièrement), la verse, la sécheresse, l'abscission des fleurs et l'avortement des gousses (2, 10).

Ainsi, pour améliorer le rendement du pois, une collection de douze génotypes de pois a été étudiée en vue de choisir les génotypes les plus performants au niveau de la résistance aux maladies et la production. L'essai a été conduit à Chott-Mariem, Sousse (région côtière du Sahel).

## Matériel et méthodes

Le matériel végétal se compose de douze génotypes de pois d'origines diverses (Tableau 1). L'essai a été réalisé à l'Ecole Supérieure d'Horticulture de Chott-Mariem (Tunisie) sous serre. Les graines des douze génotypes ont été semées le 17 octobre dans des pots en plastique de 24 cm de diamètre sur des tablettes à une hauteur de 50 cm au-dessus du sol. La culture est irriguée une fois par semaine à raison de 0,5 l/j. L'essai a été réalisé selon un dispositif aléatoire complet formé de quatre blocs, chaque bloc comporte les douze génotypes à raison de deux pots par génotype (une plante/pot).

Les paramètres mesurés sont les matières fraîche et sèche de la partie aérienne et des racines, la longueur des racines, la longueur totale des vrilles, la hauteur de la tige principale, le nombre de branches/plante, le nombre de fleurs/plante, le nombre de gousses/plante, le nombre de grains/plante, le nombre de grains/gousse, le taux de nouaison de la plante (nombre de gousses/nombre de fleurs) et le rendement en grains /plante.

L'analyse de variance des données relatives aux paramètres précités a été effectuée par la procédure proc GLM du SAS (1997) avec l'option ls means. La comparaison des moyennes ajustées (moyennes des moindres carrés) des différents paramètres a été effectuée selon la procédure de la Plus Petite Différence Significative (PPDS). L'estimation

<sup>1</sup>Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage Chott-Mariem, Sousse, Tunisie.

<sup>2</sup>Institut National Agronomique de Tunis, Tunisie.

Reçu le 02.03.06 et accepté pour publication le 16.06.06.

**Tableau 1**  
**Les géotypes de pois utilisés et leurs origines**

Géotypes	Variétés	Origines
1	Asgrow	Etat-Unis
2	Jumbo	Allemagne
3	Lincoln	France
4	Merveille de Kelvedon	Pays-Bas
5	Purser	Pays-Bas
6	Rajai Torpe	Inconnue
7	Rondo	France
8	Snajor Kosep Korai	Inconnue
9	Wando	Grande-Bretagne
10	Géotype local	Population locale
11	Major Kosep Korai	Inconnue
12	Surgevil	France

des relations entre les paramètres a été effectuée par la matrice des coefficients de corrélation simples à la base de (12 x 20) observations par site. La procédure proc corr du SAS a été utilisée.

## Résultats

### 1. Observations

Des observations sur l'état sanitaire de la plante du pois durant la période de culture de 5,5 mois (du 17 octobre au 6 avril). Selon le tableau ci-dessous, on a noté les symptômes de trois champignons sur les plantes, l'oïdium (*Erysiphe polygoni*), le mildiou (*Peronospora pisi*) et l'anthracnose (*Ascochyta pisi*); une virose: la jaunisse apicale (*Pea leafroll Virus*). La résistance à toutes ces maladies est observée

uniquement chez un seul géotype: le géotype Purser. Toutefois, le géotype Surgevil est seulement sensible à la jaunisse apicale. Le géotype local ne montre aucune résistance aux trois champignons, fréquents chez la culture de pois en Tunisie.

### 2. Croissance végétative

#### 2.1. Matière fraîche de la plante

La matière fraîche de la plante entière est évaluée à la fin de la récolte de toutes les gousses (Figure 1). La matière fraîche de toute la plante (racines, tiges, vrilles, gousses et folioles) varie de 17,93 g (géotype Purser) à 41,23 g (géotype Asgrow). Les différences entre les douze géotypes sont hautement significatives. En effet, l'ensemble de géotypes peut être classé en deux groupes: chez le premier groupe formé par deux géotypes (Puser et Rajai Torpe) où la biomasse fraîche est inférieure à 20 g/plante, et chez le deuxième groupe formé par le reste des géotypes, la valeur de la biomasse fraîche est comprise entre 20 et 41 g/plante.

#### 2.2. Poids frais et longueur des racines par plante

Le poids frais des racines de la plante de pois a varié de 2,5 g/plante (géotype Rajai Torpe) à 22 g/plante (géotype Surgevil) (Figure 2). Entre les 12 géotypes, il y a une différence hautement significative. Quant à la longueur de la racine principale, c'est le géotype local qui a donné la plus longue racine (42 cm) et le géotype Purser a donné la plus courte racine (17 cm) (Figure 3). Les différences de poids frais et de longueur entre les différents géotypes sont hautement significatives.

#### 2.3. Longueur des vrilles par plante

La figure 4 montre que les 12 géotypes peuvent être classés en 3 groupes, les géotypes ayant les plus longues vrilles, supérieures à 400 cm: le géotype Purser et le géotype local,

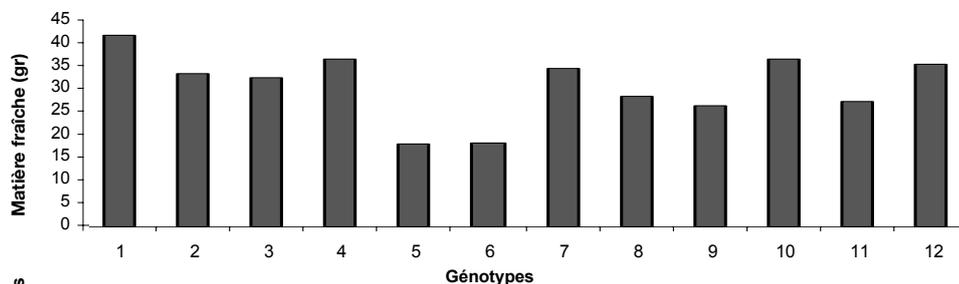


Figure 1: Matière fraîche des 12 géotypes

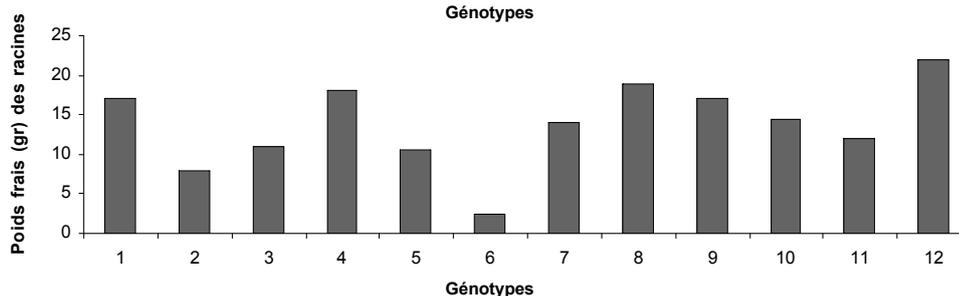


Figure 2: Poids frais des racines des 12 géotypes

**Tableau 2**  
**Sensibilité des géotypes à certaines maladies**

Géotypes	Oïdium	Mildiou	Anthracnose	Jaunisse apicale	Brunissement
Asgrow	LS	S	R	R	R
Jumbo	S	R	MS	S	R
Lincoln	S	S	R	R	R
Merveille de Kelvedon	S	S	R	R	R
Purser	P	R	R	R	R
Rajai Torpe	S	LS	MS	R	R
Rondo	LS	LS	MS	R	S
Snajor Kosep Korai	LS	LS	MS	R	R
Wando	S	LS	R	R	R
Variété locale	S	LS	LS	R	R
Major Kosep Korai	S	S	R	S	R
Surgevil	R	R	R	S	R

S= sensible, LS= légèrement sensible, MS= moyennement sensible, R= résistant.

**Tableau 3**  
**Nombre (Nb.) de gousses /plante, % de nouaison, nombre de grains/gousse, nombre de grains /plante et rendement (g /plante)**  
**chez les douze génotypes**

	Génotypes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nb.gousses/plante	15	6,5	4	14,33	21,6	7,5	4,2	11	4	2,5	11	10,2
% nouaison	37,5	40,6	14,3	55,1	90	68,2	23,3	32,3	22,2	6,6	37,9	26,8
Nb.graines/gousse	2,80	2	2,70	2,75	4,25	4,92	2,20	2,25	1,91	3,15	2,30	1,64
Nb.grains/plante	42	17	12	38,8	83,7	41	9,8	28,8	8,2	6,8	28	18,6
Rendement (g/plante)	12,60	4,20	3,60	11,64	24,00	9,80	2,94	9,64	2,46	2,04	8,40	5,58

433 cm et 586 cm respectivement; les génotypes ayant les plus courtes vrilles: inférieures à 200 cm sont les génotypes Jumbo, Rajai Torpe et Wando. Pour les génotypes du groupe intermédiaire, les longueurs des vrilles sont comprises entre 200 et 400 cm: génotypes Asgrow, Lincoln, Merveille de Kelvedon, Snajor Kosep Korai, Major Kosep Korai et Surgevil. Il est à signaler que les différences entre les génotypes sont hautement significatives.

#### 2.4. Hauteur de la tige principale

La hauteur de la tige principale, est mesurée à la fin de la récolte de toutes les gousses dont les grains ont atteint leur maturité physiologique (grain sec). La mesure est faite à partir du collet de la plante. Selon la figure 5, la hauteur de la tige principale de la majorité des génotypes est comprise entre 60 et 100 cm. En dehors de cet intervalle, le génotype Rajai Torpe est le plus court (53, 81 cm), tandis que le génotype local est le plus long (105 cm). Les analyses statistiques ont montré que les différences de hauteur entre les génotypes sont significatives.

### 3. Floraison de la plante

#### 3.1. Période semis - floraison

La période semis-floraison représente la période comprise entre la date de semis des graines et la date où 50% des fleurs sont épanouies. D'après la figure 6, la plante du pois met 58 (génotype Rajai Torpe) à 86 jours (génotype Linclon) pour produire la moitié de ses fleurs. En effet, les génotypes ayant une floraison précoce sont Rajai Torpe (58 jours), Major Kosep Korai (59 jours) et Snajor Kosep Korai (63 jours). Les génotypes ayant une floraison tardive sont Lincoln (86 jours), Purser (81 jours) et Rondo (80 jours). Le reste des génotypes de cette collection ont une floraison intermédiaire. L'analyse de la variance relative au nombre de jours entre le semis et la floraison a montré que les douze génotypes se différencient significativement entre eux.

#### 3.2. Nombre de fleurs par plante

Le nombre de fleurs produites par une même plante est de 11 à 41,39 fleurs. Selon ce critère, l'ensemble de génotypes peut être classé en trois groupes, le premier groupe comprend les génotypes les moins florifères: Jumbo, Rajai Torpe, Rondo et Wando (nombre de fleurs inférieur à 20 fleurs/plante), le deuxième groupe comprend les génotypes les plus florifères: Asgrow, Snajor Kosep Korai, génotype local et Surgevil (nombre de fleurs supérieur à 30 fleurs/plante). Le groupe intermédiaire comprend les autres génotypes: Lincoln, Merveille de Kelvedon, Purser et Major Kosep Korai (Figure 7). Dans cette collection, la différence entre les génotypes est significative. Cette variabilité a été constatée sur une autre collection de pois, le nombre de fleurs a varié de 65% en fonction des génotypes (14).

### 4. Fructification de la plante

#### 4.1. Nombre de branches fructifères

Les branches porteuses des fleurs sont comptées après récolte de toutes les gousses de la même plante. Leur nombre par plante varie significativement entre les douze génotypes. Selon la figure 8, le nombre de branches de la plante varie de 1,83 à 4,16. Les plantes les plus ramifiées (4,16 branches/plante) appartiennent au génotype Lincoln,

les plantes les moins ramifiées (nombre de branches inférieur à 2) sont les génotypes Jumbo et Rajai Torpe. Le reste des génotypes présente un nombre de branches variant de 2 à 3 branches/plante.

#### 4.2. Nombre de gousses par plante

Le nombre de gousses produites par plante varie de 4 à 22 gousses/plante (Tableau 3). Dans ce cas, les douze génotypes se différencient significativement entre eux, ils peuvent donc être classés en trois groupes: les génotypes ayant produit le plus grand nombre de gousses (> 10 gousses/plante) sont: génotypes Asgrow, Merveille de Kelvedon et Purser. Les génotypes ayant donné un nombre moyen de gousses (5 à 10 gousses/plante) sont Jumbo, Rajai Torpe, Snajor Kosep Korai, Major Kosep Korai et Surgevil. Les génotypes les moins productifs (< 5 gousses/plante) sont Lincoln, Rondo, Wando et le génotype local. L'analyse de variance a montré des différences significatives entre les 12 génotypes.

#### 4.3. Nombre de grains par gousse et nombre de grains par plante

La gousse de la plante du pois peut contenir de 1,6 à 4,9 grains. Selon le tableau 3, deux génotypes de toute la collection se distinguent par les nombres de grains par gousse les plus élevés, il s'agit des génotypes Purser et Rajai Torpe contenant plus de 4 grains par gousses. La gousse du génotype Surgevil a le plus faible nombre de grains (1,6 grains) (Tableau 3). Selon le tableau 3, le plus grand nombre de grains/plante est enregistré chez un seul génotype, le génotype Purser, soit un rendement de 83,7 grains/plante. Les rendements des génotypes Asgrow, Merveille de Kelvedon et Rajai Torpe, est presque égal à la moitié du rendement de celui du génotype Purser (38,8 à 42 grains/plant). Les rendements des génotypes Snajor Kosep Korai et Major Kosep Korai représentent environ le 1/3 de celui du génotype Purser. Quant aux autres génotypes, leur rendement en grains sont faibles, compris entre 6,8 et 18,6 grains/plante. Pour ces deux paramètres, l'analyse de variance a montré des différences significatives entre les génotypes.

#### 4.4. Rendement en grains par plante

Le rendement en grains secs par plante a varié de 2,04 à 24 g/plante. Les plantes ayant un rendement égal ou supérieur à 10 g/plante appartiennent à trois génotypes: Merveille de Kelvedon (11,64 g/plante), Asgrow (12,6 g/plante) et Purser (24 g/plante). Il est également à noter que cinq génotypes se montrent les moins productifs (rendement inférieur à 5 g/plante): Jumbo, Lincoln, Rondo, Wando et génotype local.

### Discussion

A la lumière des résultats obtenus, les 12 génotypes montrent des différences au niveau de la résistance aux quatre maladies, trois champignons (l'oïdium, mildiou, anthracnose) et deux virus (jaunisse apicale et brunissement précoce), de la croissance végétative, de la floraison et de la fructification.

En effet, l'état sanitaire des plantes dépend du génotype et de la maladie observée. En général, les génotypes sont

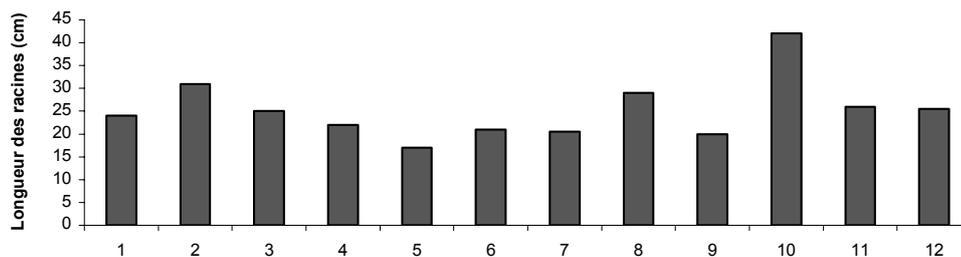


Figure 3: Longueur des racines des 12 génotypes.

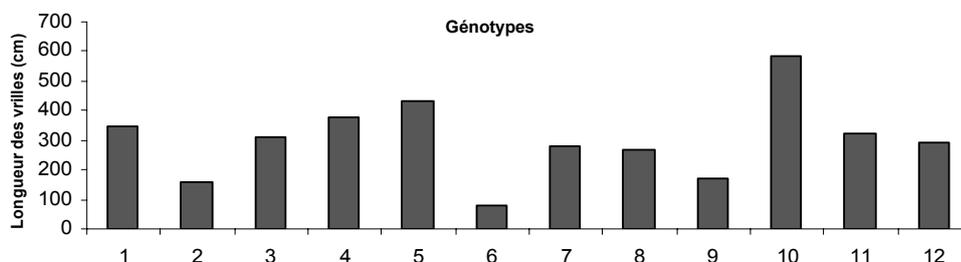


Figure 4: Longueur des vrilles des 12 génotypes.

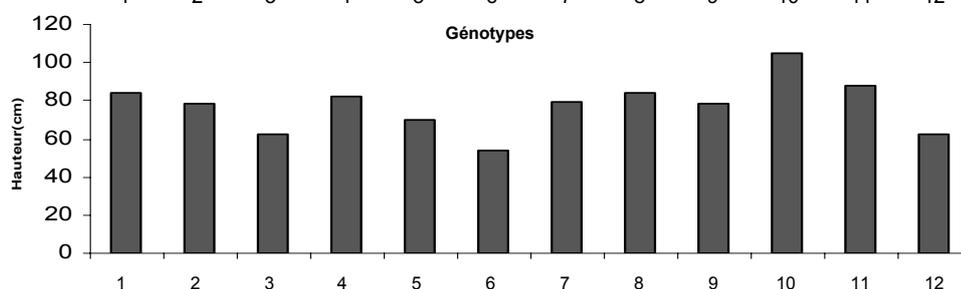


Figure 5: Hauteur de la tige principale des 12 génotypes.

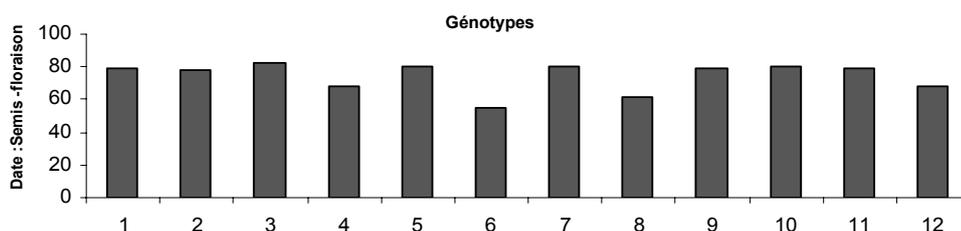


Figure 6: Période de semis-floraison des 12 génotypes.

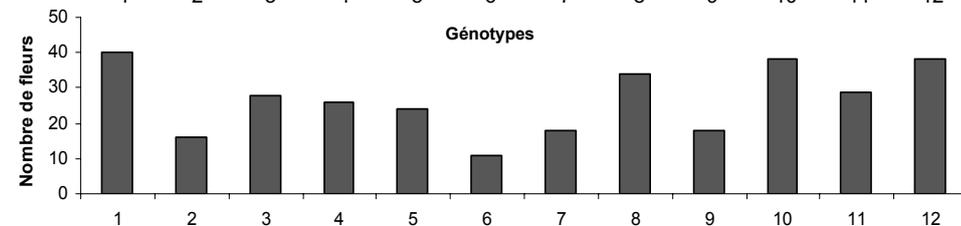


Figure 7: Nombre des fleurs des 12 génotypes.

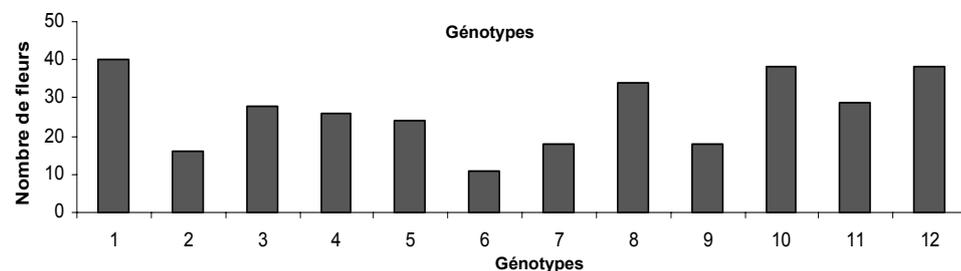


Figure 8: Nombre de branches des 12 génotypes.

résistants au brunissement précoce (excepté Rondo) et à la jaunisse apicale (excepté Jumbo, Major kosep korai et Surgevil). Par contre, ils sont sensibles à l'oïdium (excepté Purser et Surgevil) et au mildiou (excepté Jumbo, Purser et Surgevil). Quant à la résistance à l'antracnose, uniquement sept génotypes se sont montrés résistants (Asgrow, Lincoln, Merveille de Kelvedon, Purser, Wando, Major kosep korai et Surgevil). En résumé, le génotype Purser se dégage de cette collection pour sa résistance à toutes les maladies et le génotype Surgevil se place en second lieu car il est sensible à la jaunisse apicale. En revanche, le génotype

local se montre sensible. Ce faible nombre de génotypes résistants à l'oïdium (2 génotypes), fréquent dans les conditions agronomiques tunisiennes a été signalée dans une autre étude qui consiste à examiner la résistance à l'oïdium de 400 variétés de pois (6), cette étude a montré que ce caractère existe uniquement chez quelques variétés originaires de Pérou et du Mexique.

Au point de vue croissance végétative, le poids frais total de la plante entière a varié en fonction du génotype, une telle remarque a été également soulevée chez une autre collection de pois (1). En plus, le génotype Asgrow a produit

le plus grand rendement en biomasse fraîche (racines + partie aérienne), tandis que le génotype Purser a eu le plus petit rendement en matière fraîche, moins que la moitié du génotype Asgrow. Car, chez le génotype Purser, la majorité de la partie aérienne est composée de vrilles et peu de folioles, il s'agit du type semi-leafless (6). Par contre, la partie aérienne des plantes du génotype Asgrow est formée plus de folioles que de vrilles, type normal (5). Le rendement élevé des variétés du type semi-leafless a déjà été constaté (18).

Toutefois, au niveau de la nouaison des fleurs, il paraît que le rendement en matière fraîche totale n'est pas un critère fiable pour prévoir le taux de nouaison de chaque génotype (Tableau 3). Car excepté le génotype Merveille de Kelvedon (taux de nouaison= 55,1%), certains génotypes (Asgrow, Jumbo, Lincoln, Merveille de Kelvedon, Snajor kosep korai, génotype local et Surgevil) ayant donné un rendement important en matière fraîche (30 g/plante), ont un taux de nouaison inférieur à 30%. Sous l'effet du poids de la partie aérienne, la plante s'affaïsse et se trouve plus sensible aux maladies cryptogamiques ce qui accentue la chute des fleurs (4). D'où le meilleur taux de nouaison (supérieur à 30%) est observé chez les génotypes les moins productifs en matière fraîche totale, il s'agit des génotypes suivants: Snajor kosep korai (32%), Asgrow (37,5%), Major kosep korai (37,9%), Rajai Torpe (68,2%) et Purser (90%).

Nos résultats montrent également que les meilleurs rendements, sont enregistrés chez les génotypes ayant un taux de nouaison supérieur à 30%, il s'agit des génotypes Major kosep korai, Snajor kosep korai, Rajai Torpe, Asgrow, Merveille de Kelvedon et Purser, ils varient de 8,4 g/plante (Snajor kosep korai: taux de nouaison= 32%) à 24 g/plante (Purser, taux de nouaison= 90%). Ces résultats sont confirmés dans une étude (15) dans laquelle la variété Solara qui présente le taux de nouaison le plus élevé est la plus performante.

Dans ce groupe, le rendement augmente en fonction du nombre de grains/gousse et du nombre de gousses/plante (3, 13). Ainsi, chez le génotype Purser caractérisé par le meilleur rendement (24 g/plante), on compte 21,6 gousses/plante et 4,25 grains/gousse.

## Conclusion

La culture de 12 génotypes de pois sous serre durant 5,5 mois, du 17 octobre au 6 avril, a permis de dégager les meilleurs génotypes du point de vue résistance aux maladies (oïdium, mildiou et anthracnose) fréquents en automne-hiver et rendement, deux critères très recherchés par les agriculteurs.

Certains génotypes sont résistants à l'oïdium (Purser et Surgevil), au mildiou (Jumbo, Purser et Surgevil) et à l'anthracnose (Asgrow, Lincoln, Merveille de Kelvedon, Purser, Wando, Major kosep korai et Surgevil). Le génotype Purser se montre le plus performant.

Les meilleurs rendements en grains/plante sont donnés par les génotypes ayant le taux de nouaison le plus élevé, supérieur à 32% (Asgrow, Snajor kosep korai, Major kosep korai, Purser, Merveille de Kelvedon et Rajai Torpe), résultants d'un nombre élevé de gousses/plante et d'un nombre élevé de grains/gousse. Mais, dans ce cas, la matière fraîche de la partie aérienne ne contribue pas à l'augmentation du rendement car les génotypes les plus productifs ont synthétisé le plus faible taux de matière fraîche (exemple le génotype Purser).

Sur le plan agronomique, trois génotypes peuvent être retenus, Purser, Asgrow et Merveille de Kelvedon en raison de leur résistance à toutes les maladies observées (Purser) et leurs importants rendements (surtout Purser, le plus productif). Toutefois, les génotypes Asgrow et Merveille de Kelvedon doivent être préventivement protégés contre l'oïdium et le mildiou.

## Références bibliographiques

- Atta S., 1995, Etude de la variabilité génétique pour la fixation et la remobilisation de l'azote chez le pois (*Pisum sativum* L.). Incidence sur la teneur en protéines des grains. Thèse, université de Rennes I, 135 p.
- Baigorri H., Antolin M.C. & Sanchez-Diaz M., 1999, Reproductive response of two morphologically different pea cultivars to drought. *European Journal of Agronomy*. Volume 10, 2, 119-128.
- Bouslama M., Garoui M. & Harrabi M., 1990, Path analysis in chick pea (*Cicer arietinum* L.). *Revue de l'INAT*, vol. 5, N°193 -99.
- Cousin R., Burghoffer A. & Marget P., 1993, Morphological and genetic bases of resistance in pea to cold and drought. *In*: Singh K.B., Saxena M.C., Breeding for stress tolerance in cool-season food legumes, John Wiley Chichester, 311-320.
- Cousin R., Vingere A., Burghoffer A. & Schmidt J., 1995, Main diseases resistances in pea (*Pisum sativum* L.). 2<sup>nd</sup> European conference on grain legumes, Copenhagen, 9-13 July 1995. AEP, Paris, 105.
- Chaux C. & Foury C., 1994, Productions légumières tome III. Tech & doc Lavoisier, 17-74.
- Gnis, 2005, Le pois protéagineux, des ressources en protéines à découvrir. Centre de recherches sur les semences et les espèces végétales, 1-11. <http://gnis-pedagogie.org/pages/plantaprotein/pois/htm>.
- Gye S.O. & Lauver M.A., 2005, Residue cover in wheat systems following dry pea and lentil in the palouse region of Idaho. *Soil and tillage research*. Article in press.
- Hodsgon L., 2004, L'année 2004: l'année du pois. Le soleil. <http://lesoleil.cyberpresse.ca/journal/2004/02/22/horticulture/00629>.
- Kharrat M., 2004, Amélioration variétale des légumineuses alimentaires. Fiche technique de l'action de recherche. 1401401.4 p.
- Page D. & Duc G., 2005, La graine de pois, une source de protéines prometteuse. *John Libbey Eurotext*. 1 p. <http://www.John-Libbey-eurotext.fr/revues/agro-biotech/ocl/e-docs/00/03/035>.
- Pikul J.L., Ramig R.E. & Wilkins D.E., 1993, Soil properties and crop yield among four tillage systems in a wheat-pea rotation. *Soil and tillage research*. Volume 26, 2, 151-162.
- Poggio S.L., Satorre E.H., Dethiou S. & Gonzalo G.M., 2005, Pod and seed numbers as a function of photothermal quotient during the seed set period of field pea (*Pisum sativum* L.) crops. *European Journal of Agronomy*, Volume 22, 1, 55-69.
- Ridge P.E. & Pye D.L., 1985, The effects of temperature and frost at flowering on the yield of peas grown in Mediterranean environment. *Field crops research*, Volume 12, 339-346.
- Roche R., Jeuffroy M.H. & Ney B., 1998, A model to simulate the final number of reproductive nodes in pea (*Pisum sativum* L.). *Annals of botany*, Volume 81, 4, 545-555.
- Sifi B., 2004, Agronomie et techniques culturales des légumineuses alimentaires. Fiche technique du rapport final de l'action de recherche. 2000-2003, 3 p.
- Tirilly Y. & Bourgeois C.-M., 1999, Le pois de conserve (*Pisum sativum* L.). 143-185. *In*: Technologie des légumes. AUPÉLF-UREF. Editions: TEC & DOC., 558 p.
- Uzun A., Bilgili U., Sincik M., Filya I. & Acikgoz E., 2005, Yield and quality of forage type pea lines of contrasting leaf types. *European Journal of Agronomy*. Volume 22, 1, 85-94.

Ferdaous Mani, Tunisienne, Mastère en Agriculture Durable, Doctorante en Thèse à l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott-Mariem, Sousse, Tunisie.

C. Hannachi, Tunisien, Maître de Conférences à l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott-Mariem, Sousse, Tunisie.

S. Rezgui, Tunisien, Maître de Conférences à l' Institut National Agronomique de Tunis, Tunisie.

M. Bouslama, Tunisien, Professeur à l' Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott-Mariem, Sousse, Tunisie.

## LES ACTIONS DE LA DGCD

## DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS

## DGDC'S ACTIVITIES

## LAS ACTIVIDADES DEL DGCD

**Development Cooperation Prize**

The Development Cooperation Prize is annual incentive prize - financed by the Belgian Development Cooperation (DGDC) and organized by the Royal Museum for Central Africa - for students and young researchers, from Belgium or developing countries, whatever their discipline. The prize is awarded to scientific works that contribute significantly to knowledge that can be applied to development in the South. Sustainable development is to be their principal aim and poverty alleviation a priority. The prizes are attributed to Bachelor's and Master's theses, postgraduate papers, Ph.D. theses, or publications in scientific journals.

In the course of the years of the prize existence, the fields represented among the participants has remained more or less stable: the majority of files represent the exact sciences - with a very large share originating from the agricultural and applied biological sciences, followed by the human sciences and biomedical and veterinary sciences.

The prize is granted to maximum 14 students and 6 researchers and consists of an award of 1,250 € for students and 2,500 € for young researchers. Since 1998 the awards have been handed over by the Minister for Development Cooperation during a ceremony in the Royal Museum for Central Africa. The laureates from abroad are invited to Belgium especially for this occasion. Many use their stay in Belgium to establish or renew contacts with the Belgian academia in their fields of interest.

Two abstracts regarding the accomplishment of laureates from Cameroon and Belgium awarded in 2006 are presented below.

## **Phytochemical Study of Two Medicinal Plants from Cameroon: *Harungana madagascariensis* and *Bridelia micrantha*; Chemical Transformations and Biological Activities of some Isolated Elements**

Siméon Kouam Fogue\*

Mr Kouam's work is exemplary for the relativity of the concept of development relevance. Although a direct specific application in health care and in combating poverty are not immediately apparent, it does contribute significantly to the knowledge that can be utilized in development in the South.

The thesis describes the phytochemical study of the barks of *Harungana madagascariensis* and *Bridelia micrantha*, two plants belonging to the Hypericaceae and Euphorbiaceae families respectively. The use of these two plants in traditional medicine in Cameroon is critically assessed.

In scientific terms the work is of an undeniably high order. The lengthy table of contents alone reveals a multidisciplinary approach.

The following disciplines and/or techniques are dealt with: botany, extraction methods, chromatographic separation techniques, isolation and structural clarification using spectroscopic techniques, toxicology and experimental pharmacology. The molecular structure of over twenty organic materials belonging to extremely diverse chemical classes was defined. In the process six compounds were described and identified for the first time.

Tests on biological activity showed the antioxidative action of some products. Other components inhibited alpha-glucosidase, an enzyme that plays a role in many biochemical processes.

This thesis, whose content is substantial, is the result of intense work and evinces a knowledge of the material that is both wide and deep. This postdoctoral research was accomplished thanks to a fruitful cooperation with foreign scientific institutes. With this work Mr Kouam certainly contributes to what we may call 'sustainable development'.

## **Water Extraction and Land Rehabilitation by Means of Gully Water Diversion in the Tigray Highlands of Ethiopia**

Lien Terryn\*\*

Land degradation in the Ethiopian Highlands is caused by erosive rainfall, steep slopes, deforestation and fallow agricultural land, which results in the formation of gullies and increased surface runoff, which in turn further erodes the fertile soil. The depressing end result is the impoverishment of the population due to lower crop yields. Lien Terryn's thesis addresses the question of how to interrupt this vicious downward spiral.

For the last couple of years enclosure has been used as one measure against land degradation; this allows vegetation, biodiversity and infiltration capacity to recover and sediment that has been washed away to be stabilized. By means of field experiments and modelling Lien Terryn examined whether and how the infiltration and stabilization of sediment can be optimized by diverting gully water into an enclosure area. She quantified the difference in water availability in an enclosure area with and without the extra gully water. It was shown that the greater availability of water during a longer season led to a higher biomass production and sediment stabilization as well as a rise in the groundwater supply. The latter phenomenon causes the groundwater level to rise and new springs to be created which can provide water for drinking or irrigation. She thus demonstrated that gully water diversion stimulates sustainable development in the Ethiopian Highlands by the rebuilding of the fertile soil layer and the greater availability of groundwater. Enclosure areas can thus recover more quickly and become available again for agriculture and cattle breeding, and with this the downward spiral is interrupted. A very positive aspect is that these are small-scale measures taken at local level, which can be carried out by the local population with limited means and which produce visible results within a short space of time.

\*Cameroonian, Master in Organic Chemistry, 1995. Ph.D. in Organic Chemistry, 2000. Doctorat d'Etat in Organic Chemistry, 2005. Université de Yaoundé I, Cameroon; [fkouam@uycdc.uninet.cm](mailto:fkouam@uycdc.uninet.cm)

\*\*Belgian, Bio-engineer in Agriculture and Forest Management, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 2006. [terrln.lien@gmail.com](mailto:terrln.lien@gmail.com)

## PROJET PIC

### Biodiversité et Biotechnologie à Madagascar\*

La biodiversité est un terme qui comprend la diversité des animaux, des plantes, des champignons et des microorganismes vivant au sein d'un écosystème. La connaissance de cette biodiversité est fondamentale car elle permet le développement de stratégies appropriées pour la conservation de la nature, pour proposer des pratiques adaptées dans le domaine de l'agriculture et aussi pour une meilleure gestion et valorisation des ressources naturelles. Dans notre vie quotidienne, ces connaissances peuvent avoir un impact important à la fois au niveau écologique, économique, social et culturel.

#### Contexte et problématique

La biodiversité de Madagascar est unique. Madagascar s'est détachée du continent africain il y a plus de 120 millions d'années. Aujourd'hui, l'île abrite des espèces éteintes partout ailleurs et d'autres qui, contraintes de s'adapter à un nouvel habitat, ont acquis de nouvelles caractéristiques parfois assez originales. L'une des plus grandes caractéristiques de Madagascar est la richesse de ses écosystèmes (un des 12 centres de mégadiversité de la planète).

La grande île abrite plus de 12 000 espèces de plantes et environ 80% des végétaux supérieurs sont endémiques. Cependant, les écosystèmes malgaches sont fortement fragilisés par les activités humaines. Ainsi, le rythme de déforestation annuel est estimé à plus de 300 000 ha depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle. Cette déforestation est la plus alarmante du monde tropical car si ce rythme se maintenait, il conduirait inexorablement dans les prochaines décennies à une transformation ou une destruction totale des écosystèmes forestiers de Madagascar. Par conséquent, d'une année à l'autre, des espèces identifiées comme intéressantes pour leurs propriétés pharmacologiques, ne sont plus retrouvées dans leurs sites naturels. Il se pose donc le problème de la conservation et de la régénération de certaines espèces qui constituent à la fois la richesse en biodiversité mais qui peuvent également participer au développement économique de Madagascar.

#### Les plantes médicinales, un capital précieux pour Madagascar

La plus célèbre des plantes de l'île est la pervenche de Madagascar, *Catharanthus roseus* (Apocynaceae). Les médicaments qui en sont extraits font partie des schémas thérapeutiques standards de plusieurs cancers, dont la leucémie. D'autres espèces médicinales, moins connues, sont utilisées en médecine traditionnelle et font dès lors partie de la vie quotidienne des malagasy. La phytothérapie est en effet institutionnalisée à Madagascar où les médicaments importés sont rares et coûteux. Cette pratique, étant le seul recours pour la population des zones reculées, représente à Madagascar une part non négligeable des soins de santé.

#### Objectifs du projet

Initié en 2001, le projet vise à transférer une technologie adaptée à la conservation d'espèces ciblées pour l'urgence de leur sauvegarde et pour leur importance socio-économique: les plantes médicinales.

Il est bien établi que la teneur en principes actifs dans certaines plantes médicinales peut être affectée par la diversité des micro-organismes endophytes qui y sont associés. Le projet a donc deux objectifs spécifiques qui s'inscrivent dans le cadre général de la conservation du patrimoine national de Madagascar:

- Transférer une technologie permettant la conservation *ex situ* des ressources génétiques végétales par le biais de la technique de la culture *in vitro*;
- Isoler, identifier et conserver les micro-organismes endophytes associés à certaines espèces cibles.

#### Partenariat

Trois institutions collaborent pour mener à bien le projet de conservation des ressources végétales et micro-organiques à Madagascar:

- L'Institut Malgache de Recherches Appliquées (IMRA) à Madagascar;
- L'Université Catholique de Louvain (UCL) en Belgique;
- L'Université Libre de Bruxelles (ULB) en Belgique.

L'IMRA (Prof. Suzanne Ratsimamanga, Dr Christian Rabemanantsoa et Dr Kiban Cheuk) est spécialisé en plantes médicinales. Deux cents plantes en moyenne sont collectées chaque année dans les forêts primaires et les autres biotopes de l'île. Cet institut de recherche scientifique étudie les plantes utilisées dans la pharmacopée traditionnelle dans le but de les valoriser. Les préparations pharmaceutiques repartent ensuite vers la communauté malgache où elles sont vendues à un prix social. Une quarantaine d'extraits sont actuellement commercialisés par l'IMRA.

L'unité de Microbiologie de l'UCL (Prof. Anne-Marie Corbisier-Colson et Prof. Jacques Mahillon) offre son expertise dans le domaine de la conservation des micro-organismes endophytes.

Le Laboratoire de Biotechnologie Végétale de l'ULB (Prof. Mondher El Jaziri et Dr Billo Diallo) offre son expertise dans le domaine de la conservation *ex situ* des plantes médicinales et celui de l'analyse phytochimique.

#### Résultats

Les réalisations effectives à l'issue de quatre années de partenariat sont de plusieurs ordres:

- Un laboratoire opérationnel pour la culture *in vitro* à Madagascar;
- Une équipe opérationnelle composée de personnels scientifiques et techniques qui gère le laboratoire au quotidien;
- Des procédés de conservation, par le biais de la culture *in vitro*, des espèces ciblées, à l'échelle pilote;
- Une collection *ex situ* de plantes médicinales et des microorganismes associés;
- Un site Internet pour la diffusion des résultats aux communautés scientifiques nationale et internationale;
- La présentation des résultats de la recherche lors de congrès internationaux et publications scientifiques (3 en préparation);
- La réalisation, au sein de ce nouveau laboratoire, de six travaux de DEA sous la supervision des scientifiques formés à l'ULB

\*Cette étude a été publiée dans l'Echosud<sup>(10)</sup>, Bulletin trimestriel de la Commission Universitaire pour le Développement (CUD), mars 2006, projet PIC, pp. 6-7.

- et à l'UCL (Denis Randriamampionona et Éric Francisco Rakotoniriana);
- La réalisation d'une thèse de doctorat (défense prévue en mai 2006);
- Un colloque de clôture est prévu.

L'ensemble de ces résultats convergent au regard des éléments prioritaires d'une part de la politique de coopération belge et d'autre part de la politique du gouvernement malgache en terme de protection de la biodiversité et de l'environnement en général à Madagascar.

### En conclusion

Par le transfert de connaissances scientifiques et de techniques de pointe, vitales aux pays non industrialisés et par la sauvegarde des ressources végétales de l'île, principalement les plantes médicinales, le projet PIC «Biodiversité et Biotechnologie à Madagascar» s'insère bien dans la politique de développement durable de l'île.

Au-delà de la conservation d'un patrimoine national, l'impact du projet, à long terme, pourrait permettre le maintien et l'amélioration des systèmes de soins de santé traditionnels. À l'heure actuelle, une infrastructure fonctionnelle est en place à l'IMRA. Une équipe de scientifiques et de techniciens anime le laboratoire. Le personnel a été formé à l'ULB et à l'UCL. Une collection comportant plusieurs espèces végétales sous forme de *vitro*-plants ainsi qu'une collection de microorganismes endophytes sont disponibles pour le pays et la communauté scientifique internationale.

### Remerciements

Je souhaite remercier toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration du projet, particulièrement Mme Corinne Heus, alors chercheuse dans mon laboratoire, et aussi ceux qui ont contribué significativement à la gestion administrative et logistique, particulièrement Monsieur Jean Pierre Dupont.

### Mondher El Jaziri

Professeur à l'ULB  
Laboratoire de biotechnologie végétale  
jaziri@ulb.ac.be

## PROJET PIC

### Communautés andines, biodiversité, pommes de terre natives, capucines tubéreuses et autres tubercules\*\*

**La culture des tubercules andins fait partie d'un patrimoine auquel les populations locales sont fort attachées. D'un point de vue plus global, maintenir celui-ci contribue à la biodiversité de la planète. Pris dans sa composante de conservation et de mise en valeur de ces ressources naturelles, le projet PIC intitulé « Promotion de la diversité des tubercules andins et des produits transformés qui en dérivent » se situe donc dans le contexte d'un développement durable des communautés andines.**

Malgré ses richesses naturelles, la Bolivie est l'un des pays les plus pauvres au monde. Parmi ces richesses, les tubercules andins, dont la pomme de terre est le plus connu et dont la zone d'origine couvre le territoire bolivien. La zone de Candelaria a été identifiée comme un centre important de biodiversité de ces tubercules. Leur importance est encore grande actuellement pour les villageois des montagnes qui, dans ces régions difficiles, vivent essentiellement de l'agriculture et dépendent de ces cultures rustiques (résistantes aux conditions difficiles) pour se nourrir.

### Objectifs

L'objectif général du projet consistait en la promotion de l'utilisation de la biodiversité moyennant la production soutenable de tubercules, notamment de oca, un oxalis tubéreux, d'isaño, une capucine tubéreuse et de pommes de terre «natives», originaires de la région.

Il existe une extraordinaire diversité de variétés indigènes de pommes de terre couvrant d'ailleurs plusieurs espèces et présentant des grandes différences de goûts, de couleurs (de la peau, de la chair, de la fleur) et de formes. Il en est de même dans une certaine mesure pour le oca. Le projet s'est intéressé non seulement à l'utilisation traditionnelle de ces tubercules mais aussi à leur valorisation dans des circuits commerciaux sous leur forme naturelle, c'est-à-dire à l'état frais en conditionnement adéquat, emballés par petite quantité, avec notice explicative, mais aussi après transformation, notamment sous forme de farine ou de chips. Il s'agissait de promouvoir des produits particuliers, se différenciant par leurs qualités gustatives et nutritives. Quant à l'isaño, moins utilisé pour la consommation domestique, on s'est surtout focalisé sur son emploi sous forme de farine déshydratée, pour l'alimentation de porcs.

### Les actions entreprises

Pour donner une valeur ajoutée à ces produits, plusieurs domaines d'intervention ont dû être couverts. Il a tout d'abord fallu définir des pratiques de production efficaces, déterminer des rendements potentiels, et assurer la qualité de la récolte et du stockage des tubercules. Plusieurs variétés ont été sélectionnées sur base de critères de production et de transformation tout en veillant bien, à travers une politique de conservation de collections, à maintenir la diversité du matériel génétique. Plusieurs études de marché ont également été entreprises quant à la disponibilité du produit, à sa transformation, son conditionnement et à la mise sur le marché. Des alliances avec les secteurs privé et public, avec les acteurs impliqués dans tout le processus d'obtention de produits transformés (identification et détermination de leurs demandes), ainsi que des activités de recherche ou d'évaluation participative de technologie avec les producteurs locaux ont été réalisées. Dans ce contexte, plusieurs unités pilotes ont été mises au point et implantées: unités de transformation, porcheries pour l'isaño, séchoirs (solaire ou non) ou unité de conditionnement notamment

\*\*Cette étude a été publiée dans l'Echosud<sup>(1)</sup>, Bulletin trimestriel de la Commission Universitaire pour le Développement (CUD), juin 2006, projet PIC, pp. 6-7.

pour les pommes de terre natives destinées à la vente en grandes surfaces dans les villes. Enfin, le projet a permis d'assurer la formation scientifique ou technique pour la gestion des ressources génétiques, les techniques d'évaluation des valeurs nutritives, les techniques de transformation, les techniques d'étude de marché. Ces formations de courte ou longue durée concernent, selon les cas, chercheurs, techniciens, agriculteurs et étudiants boliviens et belges.

### Partenariat

Le projet PIC articule les compétences et les ressources de plusieurs partenaires belges et boliviens :

- La Fundación PROINPA, à Cochabamba, travaille dans tout le pays en relation étroite avec les producteurs paysans, (A. Guidi, coordonnateur bolivien; avec l'appui technique de Juan Almanza, Rhimer Gonzáles, Fernando Patiño, Miguel Machaca, Bruno Condori, Magaly Salazar et de Jimena Irigoyen);
- L'Unité d'Écophysiologie et d'Amélioration végétale, ECAV, UCL (Jean-François Ledent, coordonnateur belge), en charge de la caractérisation des rendements potentiels et de la modélisation de la croissance;
- L'Universidad Privada Boliviana (UPB), en charge des études de marché et de l'ingénierie de la transformation, de la conception d'usines pilotes de transformation;
- L'Universidad Mayor de San Simón (UMSS), à Cochabamba qui réalise les analyses chimiques;
- AIDAA, ONG spécialisée dans les activités de transfert de connaissances et de technologie en Bolivie;
- HCM-COLOMI: (Honorable Consejo Municipal (HCM) de Colomi);
- L'Unité de Phytotechnie des Régions intertropicales, FuSAGx (Jean-Pierre Baudoin), en charge de la caractérisation du matériel génétique et des techniques de conservation *in situ*;
- Le Prof. Yvan Larondelle, BNUT, AGRO, UCL, responsable du volet analyse de l'isaño (glucosinolates).

### Résultats

- Trois catalogues de variétés de pomme de terre, de oca et d'isaño ont été produits, reprenant la caractérisation morphologique, ethnobotanique, agronomique et culinaire des tubercules.
- Le suivi de la biodiversité auprès de 10 familles de producteurs de la zone a été réalisé, notamment l'analyse de l'effet du mode de conservation des plantes pour la production de plants *in situ* ou *ex situ*. Des étudiants mémorants de l'UCL et de la FuSAGx ont été associés à ce travail.
- Cinquante-huit variétés de pommes de terre natives, 20 variétés de oca et 10 d'isaño sont conservées dans des «jardins» (collections) de variétés gérés par les agriculteurs.
- Trois variétés de oca et une d'isaño purifiées de virus ont été réintroduites. Quatorze variétés de pommes de terre natives sélectionnées par les agriculteurs ont aussi été purifiées.
- Des études agrophysiologiques sur trois variétés de pomme de terre, deux de oca et deux d'isaño dans la zone de Candelaria et aux alentours du lac Titicaca et La Paz, ont été menées lors de deux campagnes agricoles consécutives. Des données des années antérieures ont également été utilisées. Une base de données pour l'ajustement de modèles et la détermination des rendements potentiels a été constituée. Cette information a été complétée par un travail de doctorat présenté par B. Condori en janvier 2006 à l'UCL.
- Un centre de production et de conditionnement de tubercules a été installé. Il est actuellement utilisé par les agriculteurs (hangar équipé pour la pesée, le lavage, le triage et l'emballage). Des analyses financières de l'unité ont été effectuées.
- Plusieurs stages de formation professionnelle sur la commercialisation de produits de qualité en utilisant la méthodologie des écoles de campagne ont été réalisés ainsi que plusieurs formations pour l'administration et la gestion de petites entreprises agricoles.
- La production industrielle de chips par une entreprise locale a commencé de même que la commercialisation de chips et de pommes de terre natives fraîches par six supermarchés de Santa Cruz et de Cochabamba. En outre, six stands de vente ont été tenus à l'occasion de foires. Au total, ce sont pas moins de 4,6 + 18,7 tonnes de pomme de terre fraîches et 10,2 + 9,8 tonnes pour commercialisation sous forme de chips qui ont été vendues !
- Différentes rations avec farine d'isaño obtenue dans l'unité pilote mise ont été préparées et testées dans des exploitations familiales. À cet effet, trois petites porcheries ont été installées. Un stage de formation professionnelle dans la gestion et l'élevage de porcs a été organisé pour 12 agriculteurs. Des analyses de concentrés à base d' isaño ont été faites et un mémoire de DEA a été effectué à l'UCL sur la teneur en glucosinolates de cinq variétés. Vingt-deux tonnes d'isaño ont été commercialisées.
- Des cours de courte durée ou «écoles de campagne» ont été organisés à l'intention des agriculteurs sur le contrôle de qualité de la pomme de terre emballée ou destinée à l'industrie, l'usage des séchoirs solaires et le contrôle du mildiou de la pomme de terre avec de bouillies contenant des minéraux et des extraits végétaux.
- Des formations de longue durée (DEA ou maîtrise) à l'UCL et à la FuSAGx, destinées à des universitaires boliviens ont été assurées, trois mémoires sur la conservation *in situ* de la diversité génétique (J.-P. Baudoin, FuSAGx), un sur les glucosinolates de l'isaño (Y. Larondelle et divers collègues de la FuSAGx et de l'UCL). Les cours de courte durée (2 étudiants) concernaient la modélisation (J.-Fr. Ledent, UCL) ou l'analyse des farines (FuSAGx)

### Conclusions et remerciements

Ce projet PIC était un projet complexe, impliquant de nombreux partenaires et fortement ancré dans la pratique. L'implication des agriculteurs, à la fois cible du projet mais aussi acteurs de première importance, a été essentielle. Un tel projet n'aurait d'autre part certainement pas pu être mené à bien sans nos collègues de la fondation PROINPA, dont la longue expérience sur le terrain et les liens établis à travers le pays avec les producteurs ont été vraiment précieux. La gestion particulièrement efficace de tous les acteurs boliviens mérite d'être soulignée. Je remercie particulièrement le coordonnateur bolivien A. Guidi pour sa contribution importante.

### Jean-François Ledent

Professeur à l'UCL,  
Unité d'Écologie des Prairies et grandes Cultures  
ledent@ecop.ucl.ac.be

## ORGANIZACIÓN

Naturaleza de la entidad responsable de la publicación y el asunto de la revista TROPICULTURA.

Agri-Overseas a.s.b.l. es una asociación creada con el objetivo de establecer relaciones profesionales de interés común entre todos aquellos quienes obran para el desarrollo rural en los países del Sur. Esta asociación publica la revista científica y de información "Tropicultura" dedicada a los problemas rurales en los países en desarrollo. Esta revista es publicada trimestralmente con el apoyo financiero de la Dirección General de la Cooperación al Desarrollo (DGCD), Servicio Público Federal de Asuntos exteriores, Comercio Exterior y Belgas Cooperación al Desarrollo, y aquel de la región de Bruselas - Capital; quienes reciben auspicio científico de la Academia Real de Ciencias de Ultra Mar (ARSOM).

Agri-Overseas a.s.b.l. se compone de miembros individuales y de las instituciones belgas siguientes: las cuatro Facultades en Ciencias agrónomas de Bélgica (Gembloux, Gent, Leuven y Louvain-La-Neuve), las dos Facultades en Medicina veterinaria (Gent y Liège), el Departamento de Salud animal del Instituto de Medicina tropical de Emberes (Antwerpen), la Sección *interfacultaria* de Agronomía de la Universidad Libre de Bruselas, las Facultades Universitarias de Nuestra Señora de la Paz (Namur), El Departamento de Ciencias y gestión del medio ambiente de la Universidad de Liège (Arlon), la Dirección General de la Cooperación al Desarrollo (DGCD).

### Consejo de administración

El consejo de administración de Agri-Overseas se compone del Profesor Dr Vercruyse, Presidente; del Profesor Dr Ir G. Mergeai, Administrador Delegado; del Dr E. Thys, Secretario; del Profesor Dr B. Losson, Tesorero; del Dr S. Geerts, miembro; del Profesor Honorario Dr Ir J. Hardouin, miembro.

### Comité de redacción

El comité de redacción se compone del Profesor Dr Ir G. Mergeai, Redactor en jefe, y de los siguientes redactores delegados: el Profesor Dr J. Deckers de «la Ecología, la Fertilidad de los suelos y los Sistemas de explotación», el Profesor Dr J.-P. Dehoux de «la Producción pecuaria y la Gestión de la fauna», el Dr De Lame de «la Sociología», el Profesor Honorario Dr F. Malaisse de «Ciencias forestales y la Ecología», el Profesor Emérito Dr J.-C. Michaux de «la Pesca y la Piscicultura», el Profesor Dr Ir E. Tollens de «Economía rural», el Profesor Dr Ir P. Van Damme de «Agronomía», el Profesor Dr Ir E. Van Ranst de «Ciencia del suelo», el Profesor Dr J. Vercruyse y Dr E. Thys para «la Salud animal» y Ir. F. Maes, colaborador científico. La secretaria trata directamente los otros temas en lo que posee competencia (economía, sociología,...).

### Secretaría de redacción

1A, Square du Bastion, B- 1050 Bruxelles – Bélgica  
Teléfono: ++32.(0)2.550 19 61/ 62; Fax.: ++32.(0)2.514 72 77  
Email: [ghare.tropicultura@belgacom.net](mailto:ghare.tropicultura@belgacom.net) , [mjdesmet.tropicultura@belgacom.net](mailto:mjdesmet.tropicultura@belgacom.net)  
Website: <http://www.bib.fsagx.ac.be/tropicultura/>

### Distribución

La distribución de la revista TROPICULTURA es gratuita y puede ser obtenida con un simple pedido escrito, dirigido a la secretaria de redacción.

## ALCANCE DE LA REVISTA

TROPICULTURA publica artículos originales, informes de investigación y síntesis, resúmenes de libros y tesis, así como informes de películas y soportes audiovisuales en lo que concierne a todas las áreas vinculadas al desarrollo rural: producciones vegetales y animales, ciencias veterinarias, ciencias forestales, ciencias del suelo y de la tierra, Ingeniería rural, ciencias del medio ambiente, bioindustrias, industria agro-alimentaria, sociología y economía.

## INSTRUCCIÓN A LOS AUTORES

Los temas de los artículos publicados en la revista Tropicultura conciernen todo lo es vinculado al desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente de las regiones cálidas del planeta. Se dará la prioridad a los artículos que presentan asuntos originales, abarcando un ámbito lo más amplio posible, es decir cuyo contenido concierne sobre todo aspectos metodológicos transferibles en un conjunto amplio de medios ambientes y regiones del mundo.

De igual manera, se dará una atención particular en la fiabilidad de las informaciones publicadas, es decir, cuando se trata de resultados experimentales, en el número de repeticiones de los ensayos, en el tiempo y en el espacio, que son al origen de los datos obtenidos.

Los manuscritos serán inéditos y no habrán sido sometidos a una publicación anteriormente o simultáneamente. Se pueden redactar en uno de los cuatro idiomas siguientes: inglés, español, francés y holandés. Los manuscritos están dirigidos al redactor en jefe a través del servicio postal, en tres ejemplares, en forma de documento en papel o directamente a la dirección electrónica de la secretaria de redacción, en forma de archivos adjuntos. Se redactarán en cara simple, en doble espacio (27 líneas de 60 caracteres por página en formato DIN A4), con un margen de 3,5 cm mínimo alrededor de la superficie imprimada. Ellos contendrán un máximo de diez páginas de texto (excluyendo la primera página, los resúmenes y las referencias bibliográficas).

La primera página llevará: el título, el título abreviado (máximo 55 caracteres), los apellidos y nombres completos de los autores, la dirección profesional completa de cada uno, los agradecimientos eventuales. El apellido del autor corresponsal será marcado mediante un "\*" y su dirección completada por sus números de teléfono y telecopia y de su dirección electrónica.

Las páginas siguiendo la primera página presentarán: (i) los resúmenes (max 200 palabras) en el idioma del manuscrito y en inglés, precedidos del título traducido y seguidos de un máximo de seis palabras claves dentro de cada uno de los dos idiomas; (ii) el texto principal; (iii) la bibliografía; (iv) se admitirán solamente tres cuadros numerados por medio de cifras árabes; (v) las ilustraciones identificadas sin ambigüedad por un número al verso; (vi) las leyendas de los cuadros y las ilustraciones. Todas las páginas serán numeradas en continuo. Se aceptarán tres figuras, dibujadas de manera profesional. Las fotografías serán proporcionadas no montadas, bien contrastadas sobre papel brillante.

Solamente los coautores, quienes habrán manifestado por escrito su acuerdo para que su nombre figura en un manuscrito, aparecerán en la versión final del artículo publicado en Tropicultura. Los acuerdos escritos de los coautores concerniendo este punto podrán ser transmitidos al Comité de redacción en forma de correo postal o electrónico. La aprobación del organismo de tutela de los autores es supuestamente adquirida para todo artículo que se publica en Tropicultura. Agri-Overseas declina toda responsabilidad en esa materia.

El primer depósito de un artículo a la redacción podrá hacerse en forma impresa o en forma electrónica. En la medida de lo posible, después de la aceptación del artículo para publicación, el autor dará su última versión, revisada y corregida, sobre un disquete (o en forma de archivo adjunto). El software Word es recomendado pero una versión ASCII o RTF de los archivos es aceptada.

El texto estará generalmente dividido en introducción, material y método, resultados, discusión, conclusiones. La subdivisión del texto no sobrepasará de dos niveles. Los subtítulos, muy concisos serán conformados en minúsculas y jamás no serán subrayados.

Las referencias estarán citadas dentro del texto por medio de números ubicados entre paréntesis. En caso de citación de varias referencias, sus números se sucederán por orden ascendente.

Las referencias bibliográficas serán clasificadas por orden alfabético de apellidos de autores y por orden cronológico para un autor dado. Ellas estarán numeradas en continuo, comenzando por la cifra 1.

Para los artículos de revistas, las referencias comprenderán: los apellidos de los autores seguidos de las iniciales de los nombres, el año de publicación, el título completo del artículo en el idioma de origen, el nombre de la revista, el número del volumen subrayado, los números de la primera y de la última página separadas por un guión.

Ejemplo: Poste G., 1972, Mechanisms of virus induced cell fusion. Int. Rev. Cytol. 33, 157-222.

Para las monografías, los elementos siguientes son esenciales: los apellidos de los autores seguidos de las iniciales de los nombres, el año de publicación, el título completo de la obra, el apellido del editor, el lugar de edición, la primera y la última página del capítulo citado, el número total de páginas de la obra. Los informes de conferencias se tratan como monografías, además, ellos mencionarán si es posible el lugar, la fecha de la reunión y el (los) editor(es) científico(s).

Ejemplo: Korbach M.M. & Ziger R.S., 1972, Heterozygotes detection in Tay-Sachs disease a prototype community screening program for the prevention of recessive genetic disorders pp 613-632, in: B.W. Volks & S.M. Aronson (Editors), Sphingolipids and allied disorders, Plenum, New-york, 205 p.

Una comunicación personal será mencionada en el texto por las iniciales del nombre, seguidas del apellido, comunicación personal y el año. Ejemplo (W.R. Allan, comunicación personal, 1988). Esta referencia no se volverá a tomar dentro de las referencias bibliográficas.

Las referencias anónimas serán mencionadas numéricamente en el texto y en las referencias bibliográficas. Anónimo (año). Título. Fuente (donde las informaciones pueden ser encontradas.)

El comité de redacción se reserva el derecho de rechazar todo artículo no conforme a las prescripciones mencionadas en la parte superior.

Los artículos están sometidos a uno o a varios lectores escogidos por la redacción y esos lectores se mantendrán anónimos por los autores.

En caso de aceptación del artículo, la redacción exigirá un compromiso de los diferentes autores a ceder sus derechos de publicación a TROPICULTURA.

# TROPICULTURA

2007 Vol. 25 N° 4

Four issues a year (October, November, December)

## CONTENTS

### ORIGINAL ARTICLES

- Insecticidal Activities of Tunisian Halophytic Plant Extracts against Larvae and Adults of *Tribolium confusum* (in English)  
**D. Saïdana, M. Ben Halima-Kamel, M.A. Mahjoub, D. Haouas, Z. Mighri & A.N. Helal** ..... 193
- Compared Effects of Two Formulations of a Mineral Fertilizer on Yield and Mineral Nutrition of Cotton in Burkina Faso (in French)  
**O.Traoré, B. Koulibaly & D. Dakuo** ..... 200
- Persistent Soil Seed Banks for Natural Rehabilitation of Dry Tropical Forests in Northern Ethiopia (in English)  
**B. Reubens, M. Heyn, Kindeya Gebrehiwot, M. Hermy & B. Muys** ..... 204
- Diversity of Stored Grain Pests and Alternative Methods for their Control in Tropics (in French)  
**L.S.T. Ngamo & Th. Hance** ..... 215
- Effects of Land Use on the Structure and the Diversity of Woodlands and Savannas in Benin (in French)  
**B. Sounon Bouko, B. Sinsin & B. Goura Soulé** ..... 221
- In vitro* Multiplication and Bulb Formation of (*Gladiolus grandiflorus* Hort.) (in French)  
**T. Bettaieb, M. Denden, Inès Hajlaoui, M. Mhamdi & M. Methlouthi** ..... 228
- Pteridium aquilinum*, a Pteridophyte of the Perennial Fields of the South of the Ivory Coast: some Ethnobotanic Notes (in French)  
**Lydie Marie-Dominique Adou & J. Ipou Ipou** ..... 232
- Influence of Bradyrhizobium Strains on Peanut Advanced Breeding Lines (*Arachis hypogaea* L.) Yield in North Cameroon (in English)  
**T. Mekontchou, M. Ngueguim & F. Pobou** ..... 235
- Drying of Shea Kernels and Butter Quality: Impact of Traditional Sun Drying (in French)  
**H.M. Womeni, R. Ndjouenkeu, C. Kapseu, Félicité Tchouanguép Mbiapo, M. Parmentier & J. anni**..... 240
- Agronomical Behaviour of a Pea Collection (*Pisum sativum* L.) (in French)  
**Ferdous Mani, C. Hannachi, S. Rezgui & M. Bouslama** ..... 248
- DGDC 'S ACTIVITIES..... 253

TROPICULTURA IS A PEER-REVIEWED JOURNAL INDEXED BY AGRIS, CABI, SESAME AND DOAJ

LITHO-OFFSET J.F. DE JONGHE • 696 CHSSEE DE GAND B1080 BRUSSELS • +32 (2) 465 77 17

