

Stratégies de régénération naturelle de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. dans la forêt classée de Nazinon (Burkina Faso)

Babou André Bationo^{a*}, Sibiri Jean Ouedraogo^a, Sita Guinko^b

^a Institut de l'Environnement et de recherches agricoles, département Productions forestières (Inera/Dpf), 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso

^b Faculté des Sciences et techniques, laboratoire de Biologie et écologie végétales, BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

babou_bationo@hotmail.com

Strategies of *Detarium microcarpum* natural regeneration in the classified forest of Nazinon (Burkina Faso).

Abstract — Introduction. *Detarium microcarpum* is one of the local fruit-bearing species most exploited in Burkina Faso. The mechanisms of its natural regeneration which should direct its exploitation remain, however, badly known. The work presented was undertaken in the classified forest of Nazinon to study the mechanisms of its population installation and development. **Materials and methods.** A diachronic follow-up of the ecophysiology of the seed *in situ* germination and of the population structure of *D. microcarpum* was carried out on three ground types which are characteristic of the area. This work was supplemented by a root morphology study of the seedlings. In addition, the influence on vegetative regeneration of tree parameters (diameters and heights) at the time of the wood felling was evaluated. **Results.** The functioning of the *D. microcarpum* populations made it possible to distinguish four development stages. The species is naturally regenerated at the same time by seed and vegetative processes. The young seedlings are geophytic in the dry season and survive thanks to a tuberous pivot. A direct drilling after the cut is not necessary because the tree produces many seeds ready to develop in the ground a 'bank of vegetative seedlings', and the butts have a high capacity of vegetative regeneration. The wood felling of low diameter stems to a high height allows the formation of more butt-suckers, but the piece of remaining stem can support the destruction of the suckers by fire. On the other hand, the wood felling of strong diameter stems to the ground level guarantees the formation of a maximum number of root-suckers and root collar suckers which escape fires easily. **Conclusion.** Wood felling at the ground level is the best method to exploit the *D. microcarpum* populations; it must thus be advised. However, certain supplementary studies remain to be made for better understanding of the species regeneration.

Burkina Faso / *Detarium microcarpum* / forest management / natural regeneration / principal felling / fire ecology / plant establishment

Stratégies de régénération naturelle de *Detarium microcarpum* dans la forêt classée de Nazinon (Burkina Faso).

Résumé — Introduction. *Detarium microcarpum* est l'une des espèces fruitières locales les plus exploitées au Burkina Faso. Les mécanismes de sa régénération naturelle qui devraient orienter sa sylviculture restent cependant mal connus. Le travail présenté a été entrepris dans la forêt classée de Nazinon pour étudier les mécanismes d'installation et de développement de sa population. **Matériel et méthodes.** Un suivi diachronique de l'écophysologie de la germination *in situ* des semences et de la structure des populations de *D. microcarpum* a été effectué sur trois types de sols caractéristiques de la région. Ce travail a été complété par une étude de la morphologie racinaire des plants. Par ailleurs, l'influence sur la régénération végétative des paramètres diamètres et hauteurs de la souche laissée au moment de la coupe a été évaluée. **Résultats.** Le fonctionnement des populations de *D. microcarpum* a permis de distinguer quatre stades de développement. L'espèce se régénère naturellement à la fois par graine et par voie végétative. Les jeunes plantules sont géophytes en saison sèche et survivent grâce à un pivot tubérisé. Un semis direct après la coupe n'est pas nécessaire parce que l'arbre produit de nombreuses graines aptes à développer une « banque de semis végétatifs » dans le sol et les souches ont une haute capacité de régénération végétative. La coupe de tiges de faible diamètre, effectuée à une hauteur élevée, permet la formation de davantage de rejets au-dessus du sol, mais le morceau de tronc restant peut favoriser la propagation du feu du tronc vers les rejets. En revanche, la coupe de tiges de fort diamètre au ras le sol garantit la formation d'un nombre maximal de drageons et de rejets issus du collet qui échappent facilement aux feux. **Conclusion.** La coupe au ras du sol est la meilleure méthode d'exploitation des populations de *D. microcarpum* ; elle doit donc être conseillée. Toutefois, certaines études complémentaires restent à faire pour mieux comprendre la régénération de l'espèce.

Burkina Faso / *Detarium microcarpum* / aménagement forestier / régénération naturelle / coupe de production / écologie du feu / établissement de la plante

* Correspondance et tirés à part

Reçu le 2 août 2000
Accepté le 7 février 2001

Fruits, 2001, vol. 56, p. 271–285
© 2001 Cirad/EDP Sciences
All rights reserved

RESUMEN ESPAÑOL, p. 285

1. Introduction

Les formations naturelles des zones tropicales sont des mosaïques de conditions microenvironnementales qui influent sur la régénération de nombreuses espèces forestières [1]. La mise en place d'une sylviculture dans les forêts naturelles nécessite cependant la prise en compte des processus de la régénération naturelle [2]. Pourtant, leur étude a souvent négligé, ou peu considéré, la multiplication végétative qui peut être, dans certains milieux et notamment dans le Sahel, la principale voie de régénération de nombreuses espèces [3]. L'étude de la régénération naturelle, pour être complète, suppose donc la connaissance des différents potentiels floristiques et de leurs conditions d'expression, ainsi que celle des stratégies d'adaptation des espèces aux principaux facteurs permanents et récurrents du milieu.

Detarium microcarpum est l'une des espèces fruitières les plus exploitées au Burkina Faso. Ses fruits sont consommés en traitement de la méningite car la pulpe sucrée aurait des vertus contre cette maladie. Cependant, ils interviennent également dans la fabrication de vins, de jus et de sirops de *D. microcarpum*. Des études approfondies sur les capacités de régénération végétative de cette espèce, dont la population régresse régulièrement, sont insuffisantes. De même, l'étude de la régénération par voie sexuée [4] n'a pas élucidé l'écophysiologie de la germination *in situ* des graines disséminées dans un noyau indéhiscent, ni l'influence des conditions d'environnement sur l'installation des plantules.

Dans ce contexte, il nous a paru nécessaire d'étudier les principaux traits écophysiologiques de la régénération naturelle sexuée et asexuée d'une part, et l'influence des facteurs édaphiques et anthropiques sur l'expression de ces deux modes de régénération d'autre part. L'objectif en était, à terme, une meilleure adaptation des techniques d'exploitation à la stratégie de régénération de *D. microcarpum* et une mise au point de méthodes sylvicoles basées sur les processus de la régénération naturelle.

2. Matériel et méthodes

2.1. Site d'étude

L'étude a été conduite dans la forêt classée de Nazinon, située au sud du Burkina Faso et à 100 km de Ouagadougou. Le climat y est de type soudanien avec une seule saison pluvieuse de mai à octobre. La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 800 mm et atteint quelquefois 1000 mm [5]. Les températures maximales oscillent entre 30 °C et 40 °C pendant les mois les plus chauds, et entre 17 °C et 25 °C pendant la période froide. La végétation est une savane arborée. Le substratum géologique est formé de migmatites et granites indifférenciés [6]. Les études pédologiques ont mis en évidence quatre classes de sols [7] dont la plus importante est celle des sols à sesquioxyde de fer et de manganèse (87 %). Ces sols reposent soit sur une cuirasse latéritique, soit sur une carapace à des profondeurs variables. Depuis 1986, la forêt classée est soumise à un plan d'aménagement dont l'objectif principal est la production de bois de chauffage pour approvisionner la ville de Ouagadougou. L'opération consiste principalement à effectuer des « feux précoces » dans les parcelles et à les ensemercer, pour exploitation, par des semis directs. *D. microcarpum* est alors l'une des principales espèces utilisées.

Les feux précoces sont des feux pratiqués volontairement en début de saison sèche (fin novembre–début décembre) sous la supervision de l'administration forestière. Ils ont pour objectif de prévenir l'action dévastatrice, sur les arbres, des feux tardifs qui surviennent en mars-avril, en pleine saison sèche, soit accidentellement, soit par le fait des populations rurales pour des raisons diverses. En début de saison sèche, la végétation herbacée encore légèrement humide « brûle mal ». Les feux précoces pratiqués à cette période sont moins violents et ils réduisent considérablement la masse de combustible (la litière herbacée) qui rendrait les feux plus dangereux et plus nocifs en pleine saison sèche.

2.2. Levée *in situ* des graines, fonctionnement des populations et système racinaire

L'étude a été conduite sur trois sites caractérisés par des conditions édaphiques différentes. Ceux-ci ont été choisis en fonction de la carte pédologique de la région [7] sur lithosol latéritique superficiel, sur sol moyennement profond sur cuirasse (*tableau I*), et sur sol profond sur carapace (*tableau II*). Sur chacun de ces sites, trois placettes permanentes de 50 m × 50 m ont été délimitées. Sur chacune de ces placettes, les populations végétales ont été cartographiées en saison pluvieuse, car tous les potentiels floristiques sont alors exprimés. Cette étape a été suivie d'un inventaire systématique des individus présents de *D. microcarpum*, de la mesure du diamètre de ces plants à la base de la tige et de la hauteur totale de chacun d'eux.

La cartographie a consisté à considérer chaque placette comme un plan orthogonal dont les axes seraient deux des côtés perpendiculaires de l'aire ainsi déterminée, et à repérer chaque individu par ses coordonnées (x, y). Plus de 1000 individus à des stades de développement différents ont ainsi été identifiés et leur fonctionnement a été alors suivi pendant trois ans.

Les observations ont été effectuées :

- deux fois par mois durant la saison pluvieuse (mai à octobre) afin d'acquérir des informations suffisantes sur la physiologie de la germination *in situ* des graines enfermées dans des noyaux et sur la morphologie fonctionnelle des premiers stades de la plantule ;
- en début de saison sèche avant la pratique des feux précoces (novembre) ;
- une fois par mois en pleine saison sèche, après passage des feux précoces.

Tableau I.

Caractéristiques pédologiques d'un sol ferrugineux moyennement profond sur cuirasse.

Horizons	Couleur à l'état humide ^a	Argile (%)	Sable (%)	Limon (%)	Eléments grossiers (%)	Résistance à la pénétration (kg × cm ⁻²)
H ₁	10YR 3/2	11,25	57,03	31,72	0,49	3,17
H ₂	10YR 5/4	11,75	62,36	25,89	< 0,1	2,06
H ₃	cuirasse latéritique	–	–	–	–	> 40

^a D'après Munsell [8] : 10YR 3/2, sol brun grisâtre très sombre ; 10YR 5/4, sol brun jaunâtre.

Tableau II.

Caractéristiques pédologiques d'un sol ferrugineux profond sur carapace.

Horizons	Couleur à l'état humide ^a	Argile (%)	Sable (%)	Limon (%)	Eléments grossiers (%)	Résistance à la pénétration (kg × cm ⁻²)
H ₁	10RY 4/3	7,75	67,25	25,00	< 0,10	2,06
H ₂	10YR 5/6	11,25	64,38	24,37	0,49	4,83
H ₃	7,5YR 5/6	35,75	40,03	24,22	< 0,10	6,31
H ₄	10YR 7/6	28,50	48,85	22,65	23,70	30,90

^a D'après Munsell [8] : 10RY 4/3, sol brun à brun sombre ; 10YR 5/6, sol brun jaunâtre ; 7,5YR 5/6, sol brun rougeâtre ou brun rouge ; 10YR 7/6, sol jaune.

Les parcelles délimitées et étudiées n'ayant jamais été ensemencées par semis direct auparavant, les populations inventoriées ont donc toutes été issues de régénération naturelle. L'étude des processus de la germination *in situ* a été complétée par des observations effectuées en pépinière à partir de fruits disséminés artificiellement sur des planches. Cette expérimentation a permis d'étudier comment la graine enfermée dans le noyau se libérait lors de la germination et quelles étaient la disposition et la nature des cotylédons.

L'architecture racinaire de quatre à dix individus représentatifs des différents stades de développement a en outre été étudiée sur chaque site par la méthode de la tranchée et du déblayage latéral. L'étude de la morphologie racinaire des individus adultes a été complétée par la mesure de la résistance du sol à la pénétration des racines en liaison avec la granulométrie des horizons. Cette mesure a été faite à l'aide d'un pénétromètre de poche et renouvelée dix fois dans chaque horizon. La granulométrie a été déterminée au laboratoire à partir d'un échantillon composite de sol.

2.3. Influence de la coupe sur la régénération végétative de l'arbre

Afin d'étudier l'influence de la hauteur et du diamètre de coupe sur la multiplication végétative de *D. microcarpum*, une coupe a été effectuée sur une bande de forêt de 500 m × 50 m. Cet essai a été mis en place lors de la période d'exploitation du bois adoptée habituellement par les bûcherons, soit 3 mois après la saison pluvieuse.

Dans la forêt classée de Nazinon, les diamètres (D) à la base du tronc susceptibles d'être exploités doivent être compris entre 10 cm et 25 cm. Cependant, pour l'espèce *D. microcarpum*, les diamètres des arbres trouvés dans cette forêt ne dépassent guère 20 cm ; la coupe expérimentale a donc porté sur deux classes de diamètres : la première définie telle que $10 \text{ cm} \leq D \leq 15 \text{ cm}$ (classe 1) et la deuxième avec $15 \text{ cm} < D \leq 20 \text{ cm}$ (classe 2). Dans chacune de ces deux classes, six hauteurs de coupe ont été retenues :



Figure 1. Déhiscence du noyau de *Detarium microcarpum* pendant la germination *in situ*.

0 cm (coupe rase), 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm et 50 cm. Afin de prendre en compte les microvariations édaphiques, les arbres ont été coupés au hasard sur toute l'étendue de la bande.

Au total 60 individus par hauteur de coupe, soit 360 arbres, ont été concernés par cet essai, à raison de 180 individus pour chacune des deux classes de diamètre de tronc. Les paramètres liés à l'étude de la multiplication végétative ont été évalués 8 mois après la coupe à partir d'observations individuelles des souches portant sur :

- l'état de la souche (morte ou vivante) ;
- le nombre de rejets et leur niveau d'insertion sur la souche (au niveau du collet ou au-dessus de la surface du sol) ;
- les hauteurs et les diamètres individuels des trois plus grands rejets ;
- le nombre de drageons dans un rayon d'un mètre autour de la souche. Du fait du fort développement du système racinaire de l'espèce, il a été pratiquement impossible d'identifier tous les drageons engendrés par un individu. Cependant, ceux développés à proximité de la souche ont pu être pris en compte par des méthodes sylvicoles appropriées, appliquées aux rejets de souches.

Les analyses statistiques ont été faites à l'aide du logiciel Statitcf en utilisant le test de Fisher pour l'analyse des variances et la méthode de Newman et Keuls au seuil de 5 % pour la comparaison des moyennes.

3. Résultats

3.1. Levée *in situ* des graines et fonctionnement des populations

L'étude diachronique de la germination *in situ* et des premiers stades de développement des plantules de *Detarium microcarpum* a montré que la germination n'était pas liée à la nature du sol. Au début de cette phase, le noyau posé à plat sur le sol se fend transversalement et non pas longitudinalement, dans le sens de l'ouverture des cotylédons (*figure 1*).

La germination *in situ* est favorisée par l'intervention de termites phytophages qui enterrent le fruit de *D. microcarpum* par leurs constructions et maintiennent ainsi, une certaine humidité autour de lui, même sur les sols squelettiques.

Les cotylédons sont charnus et légèrement soudés à leur base. Après la germination des graines, l'installation des plantules peut être influencée par la nature du sol (figure 2). Pendant cette phase, les plantules de *D. microcarpum* se comportent plus ou moins en géophytes. Leur fonctionnement spécifique en saison sèche a permis de distinguer quatre stades :

- La partie aérienne des individus au stade I est formée, à la fin de la période végétative, de petites tiges de diamètre inférieur ou égal à 0,5 cm à la base, et de 0,5 m de hauteur maximale (figure 3). Ce stade se caractérise par la chute systématique de la partie aérienne, desséchée, en début de saison sèche, avant même le passage des feux précoces. Durant toute la saison sèche, les organes souterrains sont les seuls organes pérennants. Ils se maintiennent dans le sol à des profondeurs variables, puis rejettent lorsque surviennent les premières pluies. Après cette première abscission de la partie aérienne, il se forme en général deux rejets, mais parfois quatre, insérés dans la zone du collet en deux points diamétralement opposés ; leur nombre augmente ensuite en fonction de l'âge du plant.

- Les plants au stade II sont constitués par des rejets de 0,5 à 1 m de hauteur et un diamètre basal variant entre 0,5 et 1,5 cm en fin de période végétative. Comme dans le cas des plants du stade précédent, les rejets sont caducs. Leur abscission commence en début de saison sèche et s'accroît avec les feux précoces. À ce stade, les souches ont la capacité d'émettre, après le passage des feux précoces, des rejets qui croissent en pleine saison sèche (figure 4). L'abscission cyclique des rejets dure plusieurs années.

- Au stade III, les rejets sont vigoureux ; à la fin de la période végétative, leur hauteur totale varie entre 1 et 2 m. Leur abscission, qui dépend de leur dimension, est sélective et échelonnée dans le temps. Ainsi, les tiges dont le diamètre à la base

atteint 3 cm ne sont plus caduques. Il se produit alors un balivage naturel qui, à



Figure 2.

La germination *in situ* de *Detarium microcarpum* est indifférente à la nature du substrat. Ceux-ci affectent cependant le stade d'installation des plantules.

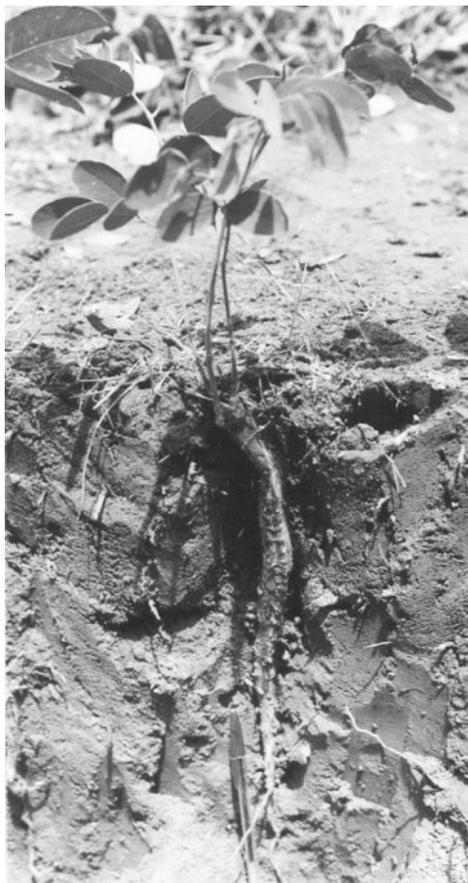


Figure 3.

Morphologie d'un individu de *Detarium microcarpum* au stade I de développement. En saison sèche, la partie aérienne meurt et la plante survit grâce à sa racine tubérisée.



Figure 4.
Au premier plan, rejets de *Detarium microcarpum* se développant après les feux précoces, en pleine saison sèche.

terme, n'épargne généralement pas plus de quatre rejets par souche.

– Au stade IV, la population de *D. microcarpum* est formée de plants subsemenciers et de semenciers. Les subsemenciers sont les rejets sur lesquels apparaissent les

premiers boutons floraux. À ce stade, la tige principale, de hauteur supérieure à 2 m et avec un diamètre basal de plus de 5 cm, devient permanente.

La structure des populations de *D. microcarpum*, composées d'individus appartenant aux quatre stades ainsi définis, varie en fonction des saisons. En saison sèche, les parties aériennes des stades de développement I et II sont totalement caduques. Quelques semaines après les feux précoces et avant le démarrage des pousses d'après-feux, la physionomie de la population n'est principalement définie que par le stade IV dont les parties aériennes sont pérennes. Puis, le développement progressif des pousses d'après-feux fait apparaître les individus du stade II. Les plants au stade I ne se voient que pendant la saison pluvieuse qui est donc la période où tous les stades de développement coexistent. L'inventaire que nous avons effectué à ce moment de l'année a donc permis d'étudier les densités et la structure réelles des populations sur les différents sites (*tableau III*).

Tableau III.

Densité des populations ligneuses de *Detarium microcarpum*, mesurée en saison pluvieuse sur trois placettes de 50 m × 50 m délimitées en forêt de Nazinon (Burkina Faso) et sur trois types de sol différents. Les individus sont classés selon leur stade de développement : stade I, individus dont la partie aérienne est formée de tiges de diamètre basal 0,5 cm et hauteur 0,5 m ; stade II, plants constitués par des rejets de [0,5 cm < diamètre basal ≤ 1,5 cm] et de [0,5 m < hauteur ≤ 1 m] ; stade III, plants constitués de rejets vigoureux de diamètre basal > 1,5 cm et hauteur > 1 m ; stade IV, subsemenciers et semenciers.

Stade de développement de <i>D. microcarpum</i>	Sol ferrugineux moyennement profond sur cuirasse			Sol ferrugineux profond sur carapace			Lithosol superficiel		
	Effectif/placette	Moyenne	Écart-type	Effectif/placette	Moyenne	Écart-type	Effectif/placette	Moyenne	Écart-type
Stade I	346	355,00	30,51	294	265,00	92,96	140	140,67	30,01
	330			161			171		
	389			340			111		
Stade II	137	86,33	51,00	110	110,00	11,00	120	105,00	13,08
	35			99			99		
	87			121			96		
Stade III	76	62,00	25,12	104	94,67	12,86	107	81,67	25,01
	33			80			81		
	77			100			57		
Stade IV	73	49,67	24,03	102	76,33	22,50	103	78,00	33,45
	25			67			40		
	51			60			91		

L'histogramme des densités moyennes des plants aux quatre différents stades de développement suit alors une courbe en « L », quel que soit le type de sol considéré (figure 5).

3.2. Système racinaire

Le développement des structures racinaires s'est révélé positivement corrélé avec le fonctionnement des parties aériennes.

Les plantules, les rejets de jeunes souches et les drageonnements de petites racines latérales (stade I) forment une sous-population dont le comportement géophyte persiste durant toute la saison sèche. À ce stade, le système racinaire des plantules est constitué d'un pivot tubérisé.

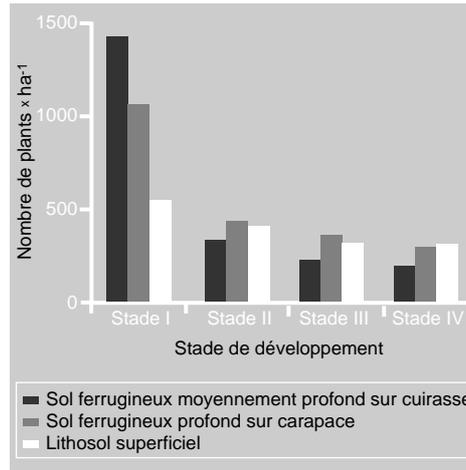


Figure 5. Densité moyenne des plants de *Detarium microcarpum* selon leur stade de développement, sur trois types de sols différents.

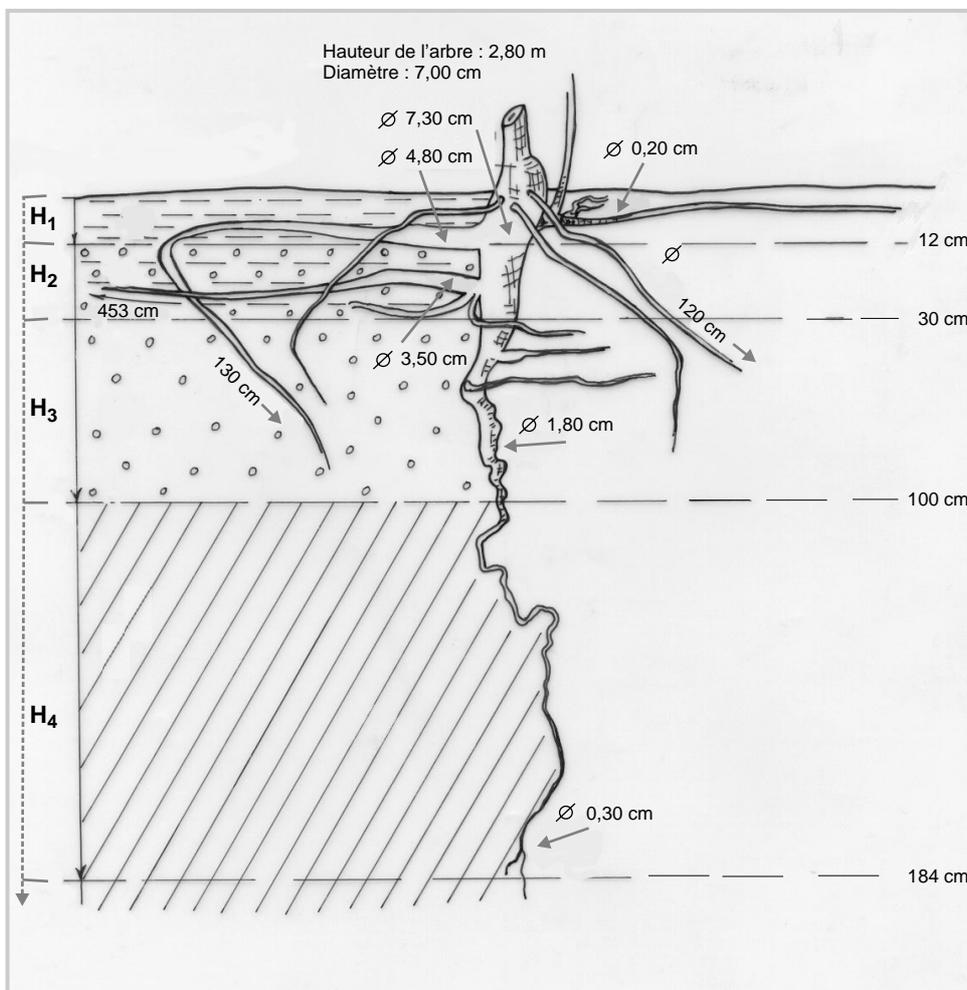


Figure 6. Morphologie racinaire de *Detarium microcarpum* sur un sol ferrugineux profond sur carapace (voir tableau II).

Les rejets d'après-feu (stade II) proviennent de racines latérales relativement grosses ou de souches adultes chez lesquelles le système racinaire latéral s'est constitué. Ces rejets sont généralement plus nombreux par souche et ont une croissance vigoureuse atteignant, en fin de saison sèche, une hauteur moyenne de l'ordre de 1 m.

Au stade adulte, le pivot a toujours une forme conique bien nette (*figure 6*). Sa croissance est orthotrope et s'estompe au contact d'horizons qui présentent une forte résistance à la pénétration, comme la cuirasse. En revanche, les racines secondaires sont très plastiques. Elles ont un développement centripète et opportuniste. Elles

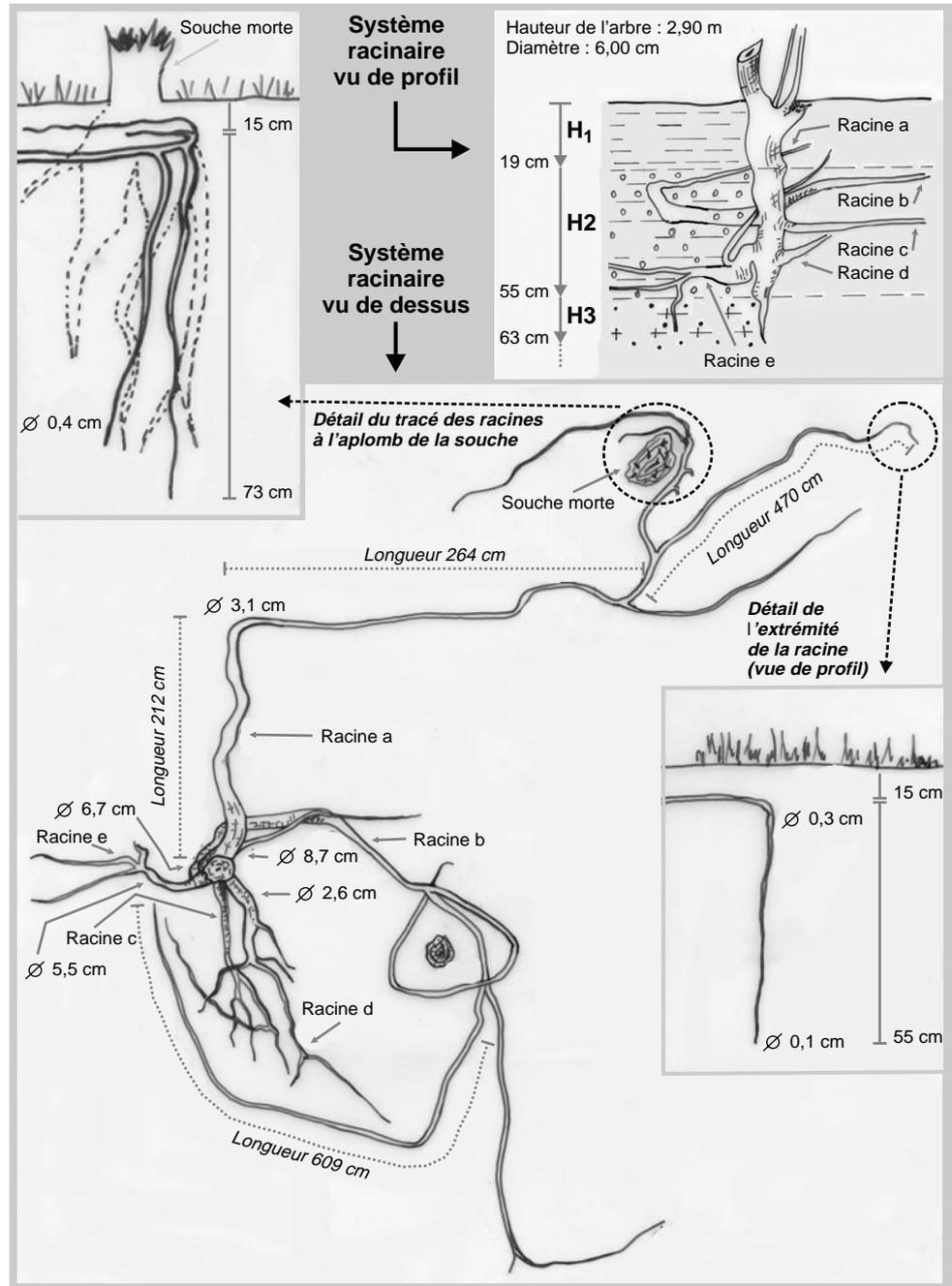


Figure 7. Morphologie et opportuniste racinaire de *Detarium microcarpum* sur un sol ferrugineux moyennement profond sur cuirasse (voir tableau I).

cheminent selon les lignes de moindre résistance (figure 7). Le système racinaire latéral de *D. microcarpum* a une forte capacité de drageonnement, surtout sur les sols superficiels (figure 8).

3.3. Influence de la coupe sur la régénération végétative de l'arbre

La coupe expérimentale qui a été effectuée pour compléter l'étude sur la régénération de l'espèce *D. microcarpum* a permis d'évaluer l'influence individuelle du diamètre de la tige (tableau IV) et de la hauteur de la souche (tableau V) lors de la coupe, ainsi que celle de la combinaison de ces deux facteurs (tableau VI) sur la multiplication végétative.

La coupe de tiges de faible diamètre ([10–15 cm]), effectuée à une hauteur élevée

(40 cm ou 50 cm) permet la formation de davantage de rejets au-dessus du sol, mais le morceau de tronc restant peut favoriser la propagation du feu du tronc vers les rejets. En revanche, la coupe de tiges de fort diamètre ([15–20 cm]) au ras du sol (coupe rase ou à 10 cm du sol) garantit la formation d'un nombre maximal de drageons et de rejets issus du collet qui échappent facilement aux feux.

Huit mois après cette coupe expérimentale, le taux de survie des souches était de 100 %. Trois années après la coupe, seules 5 souches sur les 360 traitées étaient mortes et beaucoup de rejets affranchis portaient déjà des fruits. Par ailleurs, la mort des souches n'a pas toujours affecté toutes les racines dont certaines ont pu survivre et rejeter (figure 9). Un fait important à souligner est l'observation, quelle que soit la

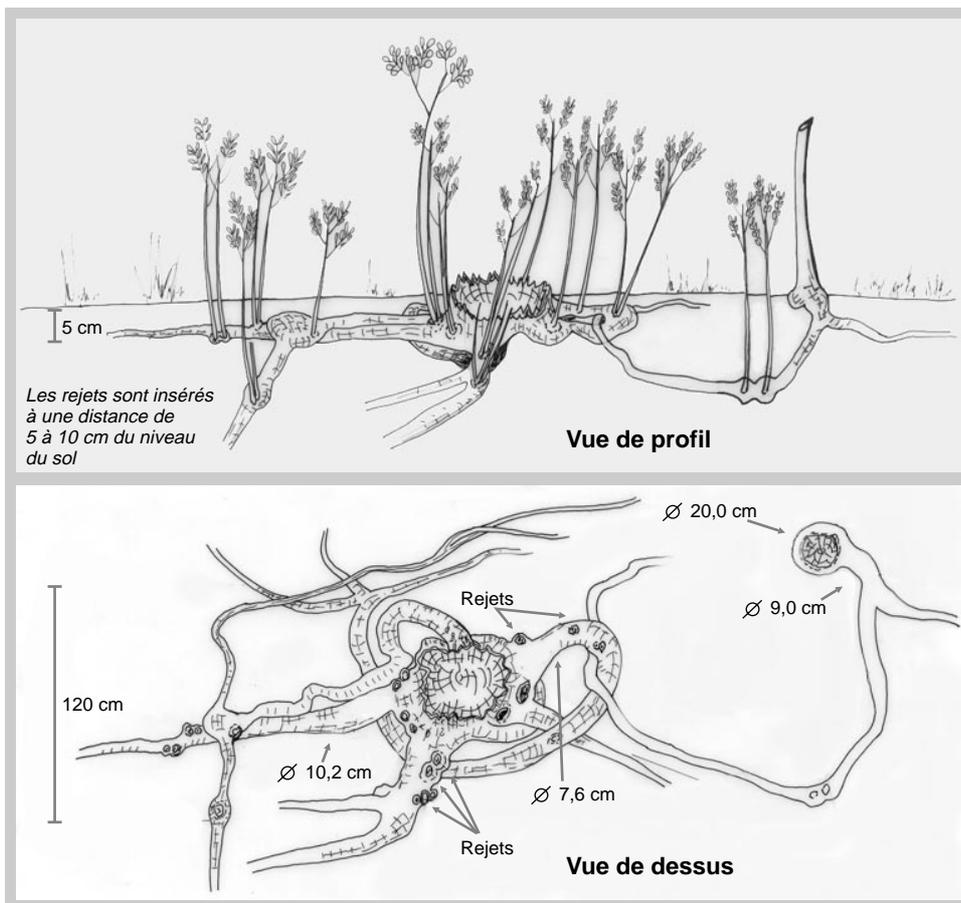


Figure 8. Morphologie racinaire et importance du drageonnement de *Detarium microcarpum* sur un lithosol de moins de 30 cm de profondeur.

Tableau IV.

Influence du diamètre de l'arbre lors de la coupe sur certaines caractéristiques végétales de *Detarium microcarpum*. La coupe expérimentale a porté sur 180 arbres par classe de diamètre considérée ($n = 360$).

Diamètre de coupe (cm)	Nombre moyen par souche de rejets à partir du collet*		Nombre moyen par souche de rejets au-dessus de la surface du sol		Hauteur moyenne des rejets par souche (m)		Diamètre moyen des rejets par souche* (cm)		Nombre moyen de drageons par souche*	
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
]10–15]	13,14	6,23	0,61	1,58	1,42	0,23	1,74	0,38	2,68	0,67
]15–20]	14,67	7,13	0,41	1,19	1,43	0,30	1,91	0,47	5,33	1,72

* Différences significatives entre les deux diamètres de coupe ($P < 5\%$).

Tableau V.

Influence de la hauteur de la souche laissée lors de la coupe, sur certaines caractéristiques végétales de *Detarium microcarpum*. La coupe expérimentale a porté sur 60 arbres par classe de hauteur considérée ($n = 360$).

Hauteur de coupe (cm)	Nombre moyen par souche de rejets à partir du collet		Nombre moyen par souche de rejets au-dessus de la surface du sol*		Hauteur moyenne des rejets par souche (m)		Diamètre moyen des rejets par souche (cm)		Nombre moyen de drageons par souche*	
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Coupe rase	12,95	6,58	–	–	1,35	0,30	1,79	0,44	4,17 a	6,46
10	15,12	6,67	0,08 b	0,38	1,44	0,28	1,18	0,42	5,52 a	7,13
20	13,68	7,13	0,12 b	0,37	1,47	0,24	1,83	0,36	4,08 a	5,54
30	14,00	6,63	0,50 b	1,27	1,45	0,31	1,89	0,54	4,27 a	7,60
40	14,40	6,73	1,12 a	2,28	1,43	0,26	1,84	0,40	3,75 a	5,31
50	13,27	6,54	1,17 a	2,10	1,41	0,24	1,84	0,41	2,27 b	1,45

* Dans une même colonne, les moyennes suivies d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de $P < 5\%$.

hauteur de coupe, de rejets insérés dans la zone du collet, située généralement à plus de 5 cm de profondeur (*figures 10, 11*). La partie de la souche au-dessus de la surface du sol, desséchée, a fréquemment été brûlée par le feu (*figure 12*).

4. Discussion

Les graines de *D. microcarpum* ont une germination cryptogée, certifiée par la soudure des cotylédons [9]. Ce type de germination

permet le développement de bourgeons cotylédonaire et leur enfouissement dans le sol avec le collet dès la germination [10]. Ces bourgeons enfouis échappent ainsi aux agressions extérieures et confèrent à *D. microcarpum* une forte capacité à former des rejets de souche et, par conséquent, une bonne résistance aux feux et à la coupe.

Le nombre initial de bourgeons cotylédonaire est variable à l'intérieur d'une même espèce [11]. Chez *D. microcarpum*, ce nombre serait de une ou deux paires correspondant au nombre de rejets qui se forment après la première abscission. Les

Tableau VI.Influence de la combinaison entre la hauteur de la souche et son diamètre lors de la coupe, sur certaines caractéristiques végétaives de *Detarium microcarpum* ($n = 360$).

Hauteur de coupe (cm)	Diamètre de coupe (cm)	Nombre moyen par souche de rejets à partir du collet		Nombre moyen par souche de rejets au-dessus de la surface du sol		Hauteur moyenne des rejets par souche (m)		Diamètre moyen des rejets par souche (cm)		Nombre moyen de drageons par souche	
		Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Coupe rase	]10–15]	11,57	6,83	0	–	1,36	0,25	1,68	0,41	3,27	3,34
	]15–20]	14,33	6,45	0	–	1,34	0,35	1,90	0,47	5,05	8,59
10	]10–15]	13,47	4,91	0,07	0,37	1,47	0,29	1,76	0,40	3,47	4,07
	]15–20]	16,77	8,31	0,10	0,40	1,40	0,27	1,79	0,44	7,57	9,32
20	]10–15]	14,43	8,26	0,17	0,46	1,47	0,23	1,81	0,37	2,77	3,37
	]15–20]	12,93	5,94	0,07	0,25	1,48	0,26	1,86	0,36	5,40	6,63
30	]10–15]	12,90	5,86	0,50	1,22	1,44	0,24	1,80	0,42	2,60	3,37
	]15–20]	15,10	7,42	0,50	1,33	1,47	0,38	1,99	0,65	5,93	10,31
40	]10–15]	13,60	6,32	1,47	2,42	1,37	0,19	1,64	0,36	1,87	3,33
	]15–20]	15,20	7,22	0,77	2,18	1,48	0,31	2,05	0,45	5,63	6,81
50	]10–15]	12,87	5,15	1,33	2,64	1,40	0,23	1,79	0,36	2,13	2,79
	]15–20]	13,67	7,78	1,00	1,41	1,41	0,25	1,88	0,46	2,40	2,20

positions diamétralement opposées de ces premiers rejets indiqueraient une localisation à l'aisselle des cotylédons. Les bourgeons cotylédonaires sont donc d'abord insérés à l'aisselle des cotylédons, puis ils se multiplient pour occuper le pourtour du collet. Un tel mode de développement des bourgeons cotylédonaires a déjà été décrit par Molinas et Verdaguer [11] chez *Quercus suber*.

Le développement de la plantule s'accompagne de l'accumulation de réserves nutritives facilement mobilisables pendant les phases de croissance. Ce phénomène se traduit par la tubérisation du pivot [12–14]. Le balisage naturel observé dans le cas de la sélection de certains rejets de souche pourrait résulter de la concurrence entre les rejets et du fonctionnement des bourgeons cotylédonaires. L'activité des bourgeons cotylédonaires dépendrait de l'intensité de la dominance apicale, c'est-à-dire de l'inhibition exercée par les bourgeons terminaux sur les bourgeons pré-adaptatifs [13]. La coupe ou l'abscission, en supprimant la

dominance apicale, réveillerait les bourgeons dormants permettant alors le développement de nombreux rejets, puis



Figure 9. Rejet d'une racine de *D. microcarpum* à 5 m de la base de la souche mère tuée par le feu.

l'intervention d'une phase de concurrence. Les deux à quatre rejets les plus vigoureux exerceraient alors une dominance apicale sur les bourgeons à la base des rejets dominés.



Figure 10.
Rejets de 2 ans d'une souche de 50 cm de hauteur de *D. microcarpum*.
Noter l'insertion basale des rejets et le dessèchement de la souche au-dessus de la surface du sol.



Figure 11.
La coupe rase n'a pas affecté les capacités de rejet de souche de *D. microcarpum*.



Figure 12.
La souche desséchée favorise le feu nocif aux rejets.

C'est ainsi que, progressivement, les rejets les plus faibles ne repousseraient plus après leur abscission.

La prédominance, sur les différents sites, d'individus caractérisant le stade I a confirmé la bonne aptitude de *D. microcarpum* à se régénérer par la voie sexuée [4].

Les causes de l'abscission précoce, en début de saison sèche, des parties aériennes des plantules aux stades juvéniles sont encore mal connues. Cela pourrait être une stratégie écophysiological de la plante lui permettant d'éviter la sécheresse et d'économiser ses réserves tant que celles-ci ne sont pas suffisantes pour satisfaire les besoins des pousses en saison sèche. Cependant, la chute systématique de certains rejets, de faible diamètre basal, sur des souches adultes dont les structures racinaires sont pourtant âgées et développées évoquerait une origine endogène de l'abscission.

Selon Alexandre (comm. pers.), l'abscission observée chez *D. microcarpum* serait un phénomène programmé. Cette hypothèse est accréditée par la disposition régulière des zones d'abscission à la base des rejets. *D. microcarpum* n'a pas la faculté de constituer un potentiel séminal édaphique [4]. Dans les conditions naturelles, la graine germe pendant l'année de sa dissémination. L'abscission annuelle de la partie aérienne apparaît comme une stratégie qui permet à l'espèce de constituer une banque de semis, appelée potentiel végétatif par Alexandre [15], par opposition au potentiel séminal édaphique. La structure des populations de *D. microcarpum* reflète ainsi leurs caractéristiques biologiques et écophysiological. La répartition en « L » des différents stades de développement traduit une régénération équilibrée [16]. Cependant, la densité des plantules sur les lithosols, peu favorables à l'installation de *D. microcarpum*, est faible par rapport à celle observée sur les deux autres sites étudiés. Toutefois, sur ces lithosols, la relative faiblesse de la régénération par graines est compensée par l'efficacité de la multiplication végétative. En effet, le drageonnement est alors particulièrement favorisé par le développement extensif et superficiel du système racinaire latéral.

La forte capacité de régénération végétative et le mode d'aménagement de la forêt de Nazinon rendent quasiment inutile l'ensemencement par semis direct des parcelles à *D. microcarpum* après leur exploitation. En effet, dans cette forêt, le temps prévu entre deux coupes successives sur une même parcelle, ou rotation, a été fixé à 15–20 ans et la coupe à blanc est proscrite, le taux de prélèvement préconisé étant de 50 %. Les semenciers rémanents pourraient ainsi assurer une dissémination continue des graines et donc une alimentation régulière de la « banque de semis végétatifs ». Toutefois, le taux de prélèvement de 50 %, difficilement respecté par les bûcherons, est par endroit supérieur à 75 %, ce qui pourrait affecter la disponibilité des semences après l'exploitation. Cette lacune est cependant compensée par la fructification précoce de certains rejets de souche ou de racines, qui commence 3 ou 4 ans après la coupe. Cette période largement inférieure à celle de la rotation permettrait de favoriser la mise en œuvre, sur les parcelles exploitées, des deux voies de régénération séminale et végétative. L'observation du développement des racines secondaires de *D. microcarpum* a révélé, outre des zones de faibles résistances à la pénétration, un sol relativement fertile. Cela pourrait expliquer la croissance centripète des racines observée dans le sol à proximité des souches et des racines préexistantes, et dans les chéneaux des racines mortes. Ces zones ont une résistance à la pénétration faible, mais sont également constamment enrichies en humus par la décomposition de la litière racinaire. La formation de rejet basaux par *D. microcarpum*, caractérisée par le dessèchement de la souche au-dessus de la surface du sol, déconseillerait la pratique de grandes hauteurs de coupe qui, tout en constituant un volume de bois perdu non négligeable, pourrait compromettre la vie des individus lors du passage du feu.

5. Conclusion

La prédominance de *Detarium microcarpum* dans la forêt classée de Nazinon apparaît donc liée à ses caractéristiques

écophysiologiques qui assurent aux stades juvéniles une bonne adaptation aux principaux facteurs traumatisants du milieu, tels que la sécheresse, les feux et la coupe répétée. La capacité de régénération à la fois par graine et par voie végétative ainsi que la plasticité racinaire permettent à la plante d'occuper différents biotopes. Le fonctionnement des populations de *D. microcarpum* ainsi mis en évidence permet de donner certaines recommandations aptes à optimiser la régénération naturelle de l'espèce.

– Semis direct : lorsque la densité de la population de *D. microcarpum* est importante, un semis direct n'est pas nécessaire après la coupe, car il existe déjà alors, sur ces parcelles, une « banque de semis végétatifs ». Par ailleurs, la régénération végétative y est favorisée par la formation de rejets de souche et de drageons. En revanche, dans les jeunes jachères où *D. microcarpum*, qui n'est pas une espèce constante du parc agroforestier, n'est pas présente, un semis direct peut être recommandé pour pallier la médiocrité de la dissémination et déclencher les processus de la régénération.

– Hauteur de coupe : le rejet de souche de *D. microcarpum* étant formé à partir des bourgeons cotylédonaire situés dans la zone du collet, la hauteur de coupe devra être la plus réduite possible afin d'éviter une perte de volume de bois et de protéger la souche et les rejets contre les feux.

– Inventaires floristiques : pour prendre en compte tous les stades du développement, les inventaires nécessaires pour étudier la structure des populations devront être effectués en saison pluvieuse. Faut de cette précaution, les individus qui ont été classés dans le stade I, géophytes en saison sèche, ne seraient pas pris en compte et l'efficacité du semis direct, alors mal évalué car biaisé, pourrait conduire à des conclusions erronées.

L'ensemble de l'étude qui a été ainsi effectuée dans la forêt de Nazinon au Burkina Faso permet finalement de proposer également des axes de recherches dont les résultats seraient aptes à améliorer la gestion de la régénération des populations de *D. microcarpum*. En particulier, dans la

perspective d'une utilisation efficace de la « banque de semis végétatifs » et des jeunes drageons, l'influence de la transplantation sur la survie des plantules sexuées et le développement des rejets devra être mieux connue. Il serait alors envisageable de régénérer facilement les parcelles où l'espèce est absente et surtout d'éviter les dépenses liées à la production des plants en pépinière. Par ailleurs, il serait intéressant de disposer de plus d'informations sur le temps nécessaire à une plantule pour s'affranchir, après germination, de l'abscission cyclique de sa partie aérienne et pour porter ses premiers fruits. Cet aspect de l'étude n'a pu être résolu à l'issue de 3 ans d'observation. Le problème devra être abordé à partir de la prise en compte des propriétés physico-chimiques et hydriques des sols.

Références

- [1] Vetaas O.R., Microsites effects of trees and shrubs in dry savannas, *J. Vég. Sci.* 3 (1992) 337–344.
- [2] Bariteau B., Régénération naturelle de la forêt tropicale humide de Guyane : étude de la répartition spatiale de *Qualea rosea* Aublet, *Eperua falcata* Aublet et *Symphonia globulifera* Linnaeus f., *Ann. Sci. For.* 49 (1992) 359–382.
- [3] Bationo B.A., Étude des potentialités agroforestières, de la multiplication et des usages de *Guiera senegalensis*, Mémoire d'ingénieur des Eaux et forêts, Univ. Ouagadougou, Burkina Faso, 1994, 67 p.
- [4] Bationo B.A., Étude de la régénération séminale des ligneux dans les jachères de Sobaka (forêt classée de Nazinon, Burkina Faso), Mémoire de DEA, Univ. Ouagadougou, Burkina Faso, 1996, 62 p.
- [5] Bationo B.A., Ouedraogo S.J., Boussim I.J., *Azelia africana* (Caesalpiniaceae) : étude de la prédation des graines dans une savane boisée du Burkina Faso, *Bois et Forêts des tropiques* 264 (2000) 55–56.
- [6] De Blic Ph., Some N.A., État structural d'horizons superficiels sableux sous culture ou jachère herbacée en Afrique de l'Ouest (Burkina Faso), *Étude et gestion des sols* 4 (1997) 17–24.
- [7] Zombre N.P., Djimadoum M., Some N.A., De Blic Ph., Études pédologiques du terroir de Sobaka : forêt classée de Nazinon, doc. interne, Irbet/Orstom, Ouagadougou, Burkina Faso, 1995, 41 p.
- [8] Anonyme, Munsell soil color charts, Macbeth, division of Kollmorgen corporation (Ed.), North Calvert Street Baltimore, Maryland, 1975.
- [9] Burrows G.E., Boag T.S., Stockey R.A., A morphological investigation of unusual cryptogeal germination strategy of bunya pine (*Arancaria bidwillii*) an Australia rainforest conifer, *Int. J. Plant Sci.* 153 (1992) 503–512.
- [10] Jackson G., Cryptogeal germination and other seedling adaptation to the burying of vegetation in savanna region in the origin of pyrophytic habit, *New Phytol.* 73 (1974) 771–780.
- [11] Molinas M.L., Verdaguer D., Lignotuber ontogeny in the cork-oak (*Quercus suber*, Fagaceae: germination and young seedling, *Am. J. Bot.* 80 (1993) 182–191.
- [12] Alexandre D.Y., Croissance et démographie des semis naturels en forêt de Taï, in: Vertébrés et forêts tropicales humides d'Afrique et d'Amérique, Mémoire, série A, Zoologie, tome 132, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France, 1982, pp. 193–200.
- [13] Margara J., Bases de la multiplication végétative : les méristèmes et l'organogenèse, Inra, Paris, France, 1984, 260 p.
- [14] Miquel M., Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestières du Gabon, *Bull. Mus. Hist. Nat.* 9 (1987) 101–121.
- [15] Alexandre D.Y., Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte-d'Ivoire, Études et thèses, Orstom, Paris, France, 1989, 102 p.
- [16] Fensham R.J., Bowman D.M.J.S., Stand structure and the influence of overwood on regeneration in tropical *Eucalyptus* forest on Melville Island, *Aust. J. Bot.* 40 (1992) 335–352.

Estrategias de regeneración natural de *Detarium microcarpum* Gill. y Pierr. En la reserva forestal de Nazinon (Burkina Faso).

Resumen — Introducción. *Detarium microcarpum* es una de las especies frutales locales más explotadas en Burkina Faso. Sin embargo, los mecanismos de su regeneración natural, que deberían orientar su silvicultura, siguen siendo mal conocidos. El presente estudio se ha realizado en la reserva forestal de Nazinon para estudiar los mecanismos de implantación y desarrollo de su población. **Material y método.** Se efectuó un seguimiento diacrónico de la ecofisiología de la germinación *in situ* de las semillas y de la estructura de las poblaciones de *D. microcarpum* en tres tipos de suelos característicos de la región. Este trabajo se completó con un estudio de la morfología radicular de las plantas. Por otra parte, se evaluó la influencia, en la regeneración vegetativa, de los parámetros de diámetro y altura del tocón en el momento de la tala. **Resultados.** El funcionamiento de las poblaciones de *D. microcarpum* ha permitido distinguir cuatro fases de desarrollo. La especie se regenera naturalmente a la vez por semilla y por vía vegetativa. Las plántulas son geófitas en la temporada seca y sobreviven gracias a una raíz primaria tuberizada. No es necesaria la siembra directa tras la tala puesto que el árbol produce numerosas semillas, capaces de desarrollar en el suelo un "banco de siembra vegetativa" y los tocones poseen una gran capacidad de regeneración vegetativa. La corta de tallos de poco diámetro, efectuada a gran altura, permite la formación de más brotes por encima del suelo, pero el trozo de tronco que queda puede favorecer la propagación del fuego hacia los brotes. Al contrario, la corta de tallos de gran diámetro a ras del suelo garantiza la formación de un número máximo de brotes de raíz y brotes del cuello que escapan fácilmente al fuego. **Conclusión.** La corta a ras del suelo es el mejor método de explotación de las poblaciones de *D. microcarpum* y debe, por tanto, recomendarse. No obstante, hay que realizar algunos estudios complementarios para comprender mejor la regeneración de la especie.

Burkina Faso / *Detarium microcarpum* / ordenación forestal / regeneración natural / corta de aprovechamiento / ecología del fuego / establecimiento de plantas