

ALNUS GLUTINOSA (L. GAERTN), UN ARBRE PRECIEUX A SAUVEGARDER DANS LES ECOSYSTEMES HUMIDES DU NORD-EST ALGERIEN

Reçu le 29/04/2007 – Accepté le 04/10/2008

Résumé

L'aulne glutineux (*Alnus glutinosa* L. Gaertn) est l'essence forestière la plus importante dans les écosystèmes humides du Nord-Est algérien. Il y forme des peuplements naturels probablement les plus grands d'Afrique du Nord. Malheureusement ces peuplements sont fortement menacés suite aux dégradations qu'ils subissent.

Afin de valoriser la présence de l'aulne dans ces lieux, nous avons étudié ses capacités de régénérations naturelles et ses possibilités d'associations symbiotiques dans cinq stations différentes localisées dans la wilaya d'El Tarf.

Il s'est avéré qu'il rejette vigoureusement de souche, drageonne et se reproduit par semis. Il est également capable de s'associer symbiotiquement à des champignons mycorrhizogènes et à des actinomycètes fixateurs d'azote du genre *Frankia*.

Ces différentes aptitudes de l'aulne glutineux font de lui un arbre précieux pour les écosystèmes humides du Nord-est algérien. Il convient de le protéger et de le valoriser pour le sauvegarder.

Mots clés : *Alnus glutinosa*, régénérations naturelles, symbioses, Nord-Est algérien

Abstract

Black alder (*Alnus glutinosa* L. Gaertn) is the most significant forest species in the wet ecosystems of the Algerian North-East. It forms there the natural settlements probably largest of North Africa. Unfortunately these settlements are strongly threatened following anthropic degradations of order which they undergo.

In order to develop the presence of Alder in these places, we studied its capacities of natural regenerations and its possibilities of symbiotical associations in five different stations localised in the El Tarf province.

It proved that it rejects stock vigorously, suckers and reproduces by sowing. It is also able to contract symbiotical associations with mycorrhizogenous fungi and nitrogen fixing actinomycetous *Frankia*.

These various aptitudes of black alder make of it an invaluable tree for the wet ecosystems of the Algerian North-East. It is advisable to protect and develop it for safeguard it.

Keywords: *Alnus glutinosa*, natural regenerations, symbioses, Algerian North-East

A. BEDDIAR
M. MEKADEM

Département de Biologie,
Laboratoire de Biologie végétale
et Environnement, Université
Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.

ملخص

شجرة ثمينة يجب حمايتها في الأنظمة البيئية الرطبة للشمال الشرقي الجزائري *Alnus glutinosa* (L. Gaertn)

يعتبر نبات المغث الغروي (*Alnus glutinosa* L. Gaertn) النوع الغابي الأكثر أهمية في الأنظمة

البيئية الرطبة للشمال الشرقي الجزائري حيث يشكل عشائر طبيعية من المحتمل أن تكون من أكبر عشائر شمال إفريقيا. لسوء الحظ فهذه العشائر مهددة بالزوال نظرا للإتلاف الذي تخضع له.

لتقييم وجود هذه الشجرة في تلك الأماكن، درسنا مدى قدرتها على التجدد الطبيعي وإمكاناتها للتعايش السلمي في خمسة محطات مختلفة والموجودة بولاية الطارف.

لقد أثبتت الدراسة أن نبات المغث الغروي يتجدد بقوة عن طريق تكوين سلالات جديدة كما يشكر ويتكاثر بنشر البذور وله القدرة أيضا على التعايش مع الفطريات نوع *Frankia* المايكورايزية الداخلية والأكتنوميستات المثبت للنتروجين .

كل هذه الكفاءات تجعل من الـ *Alnus* شجرة ثمينة فيما يخص الأنظمة البيئية الرطبة للشمال الشرقي الجزائري، يجب حمايتها وتقييمها للمحافظة عليها.

الكلمات المفتاحية: *Alnus glutinosa* L. Gaertn التجدد الطبيعي التعايش السلمي الشمال الشرقي الجزائري.

Désigné par El Oud Lahmer ou El Hamraï en arabe vernaculaire, l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa* L. Gaertn) (photo 1) est la seule espèce, parmi les 32 de son genre, qui soit spontanée en Afrique du Nord [1]. C'est une espèce capable de s'associer symbiotiquement à des actinomycètes fixateurs d'azote N_2 [2] et à des champignons mycorrhiziens [3].

En Algérie, il existe sous forme de peuplements naturels répartis sur les bords des eaux, en allant d'El-Kala jusqu'à Tizi Ouzou, à des altitudes variant de 0 à 2000m [1].

Dans l'Est algérien, on le rencontre dans les forêts marécageuses. Il fait partie des formations des ripisylves et des dépressions interdunaires [4].

Plusieurs aulnaies dont la superficie dépasse de loin les 100 ha, s'étendent de djebel Filfila dans les plaines de Senhadja jusqu'à l'aplomb septentrional de Aïn El Assel (wilaya d'El-Tarf) [4]. Mais la plupart de ces aulnaies sont dégradées car elles subissent une action anthropique de grande envergure (surpâturage, défrichage, pompage de l'eau, exploitation anarchique du bois etc.)

En raison de ces actions dégradantes qui menacent l'avenir de l'aulne glutineux dans la région et compte tenu de l'intérêt écologique et économique qu'il revêt, il nous a semblé important de réaliser une étude sur ses capacités de régénérations et d'extension naturelles et ses possibilités d'associations symbiotiques afin de valoriser sa présence dans les écosystèmes humides du Nord Est du pays.

MATERIEL ET METHODES

Présentation de la région d'étude

La région d'étude fait partie du complexe humide du Nord-est algérien [5]. Elle est située dans la wilaya d'El Tarf sur une bande côtière comprise entre les plaines de la Mafragh à l'Ouest et le bassin du Tonga à l'Est.

Dans la région se situe un ensemble de paysages dont les étages bioclimatiques de végétation varient du sub humide à hiver chaud à l'humide à hiver frais [6].

La constitution géologique du sous-sol ne comporte que des terrains nummulitiques datant essentiellement du tertiaire et du quaternaire [7]. Les collines sont caractérisées par des grès et des argiles de Numidie, les dépressions par des alluvions et des colluvions [8].



Photo1: *Alnus glutinosa*
(au premier plan : rameau,
au second plan : l'aulnaie)

Du point de vue géomorphologie, le relief se compose d'une juxtaposition de dépressions entrecoupant un cordon dunaire qui s'étend d'Ouest en Est sur 40 km environ sur les côtes. Le fond des dépressions est occupé par des formations lacustres et palustres et de hautes collines [6].

Du point de vue hydrologie, on note l'existence d'un ensemble de chaâbas à écoulement intermittent qui se concentrent pour former des oueds qui se jettent directement dans les dépressions inter et intra dunaies pour former des marécages.

Localisation et caractéristiques des stations

Notre travail a été effectué sur cinq stations différentes, à savoir les aulnaies de Sebaa, de Berrihane, de Righia, du Tonga et celle de Bou Malek (fig. 1, tableau 1).

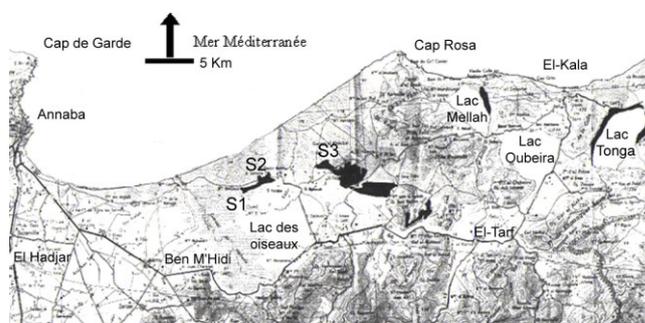


Figure 1: Localisation des différentes aulnaies étudiées (S1 : Sebaa, S2 : Berrihane, S3 : Righia, S4 : Tonga, S5 : Bou Malek) (carte d'Algérie au 1/200.000, feuille de Bône N° R-S-1-2)

Paramètres étudiés

Sur chacune des aulnaies, nous avons étudié les paramètres suivants :

- La hauteur moyenne des arbres dominants par mesure directe d'une dizaine d'individus pris au hasard dans la station.
- Comptage du nombre de rejets de souches et du nombre de régénérations par drageonnement sur un échantillon de 10 arbres pris au hasard également dans chaque station.
- Comptage du nombre de régénérations naturelles par semis sur une surface de 50 m² localisée dans chaque aulnaie et détermination de leur orientation prédominante ainsi que leur hauteur moyenne.
- Comptage du nombre moyen de samaras par cônelet
- Recherches et estimation de l'infection par les champignons mycorrhizogènes et par *Frankia* sur des fragments de racines fraîches. Les prélèvements racinaires ont été effectués en 3 points différents dans un rayon de 1m autour du tronc de l'arbre et l'opération répétée 5 fois sur des individus différents.

Tableau 1 : Localisation et caractéristiques des stations

Station ou aulnaie	Superficie et localisation	Alimentation hydrique	Type de sol	pH eau	Taux de M.O.
Sebaa 1 (S1)	3 ha, limitée au Nord par la route départementale (RD) Annaba-El-Kala, au Sud par les plaines de la Mafragh, à l'Est par le village de Berrihane,	Eau souterraine, source Ain El hamraya	Sol hydromorphe noir, tourbeux sur substrat sableux	5.40	75.4
Berrihane (S2)	5 ha, limitée au Nord par la RD Annaba-El-Kala et le cordon dunaire littoral, au Sud par les plaines de la Mafragh, à proximité du village Berrihane	Eau souterraine, petits fossés drainant l'eau du sable dunaire	Sol très humide, tourbeux sur substrat sableux alluvionnaire	5.17	77.1
Righia (S3)	500 ha, limitée au Nord par la RD Annaba-El-Kala, au Sud par l'oued El-kébir. à proximité du village Righia	Nappe dunaire de Bouteldja et oued El- Behaim	Sol hydromorphe tourbeux, compacte et très organique. Sur même substrat que S1 et S2	4.45	79.9
Tonga (S4)	57 ha, située sur les rives Nord Ouest du lac Tonga, limitée au Nord par la RN El-Kala – Tunisie, au Sud par le lac Tonga, à l'Est par l'oued Messida et à l'Ouest par El-Kala	Lac Tonga	Sol hydromorphe riche en débris organiques. Tourbe fibreuse	4.61	73.3
Bou Malek (S5)	2 ha, sur les rives du lac Mellah, au Nord du douar Bou Malek	Lac Mellah, chaabas, sources jaillissantes aux pieds des dunes	Sol plus ou moins sec, friable tourbeux sur substrat caillouteux	5.70	86.5

L'infection ectomycorhizienne a été déterminée par la recherche d'ectomycorhizes à la loupe binoculaire sur la totalité des échantillons racinaires provenant de chaque arbre.

La fréquence de l'infection par les champignons endomycorhizogènes à arbuscules a été déterminée par la méthode de Giovanetti et Mosse (1980) [9] après attaque des échantillons racinaires à la potasse (KOH à 10%) et leur coloration à la fuschine acide selon la technique de Kormanik *et al.*, (1980) [10].

Enfin, l'infection par *Frankia* est été évaluée par le poids de matières sèches nodulaires par rapport à 100g de racines sèches qui les portent.

RESULTATS ET DISCUSSION

La hauteur des arbres (Fig. 2)

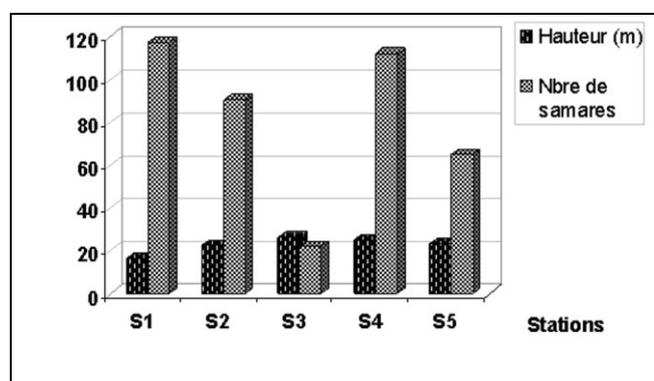


Figure2 : Hauteur moyenne des arbres et nombres moyens de samares par cônelet dans les différentes aulnais

La hauteur moyenne des arbres dominants varie de 10 à 25 m selon les stations. C'est dans l'aulnaie de Sebaa que les arbres sont les plus petits (taille inférieure à 10 m), par contre dans les aulnais de Righia et du Tonga, ils ont atteint vraisemblablement leur taille maximale (20 à 25m).

L'absence de grands arbres dans la majorité des stations peut être due à l'exploitation abusive du vieux bois qui constitue pour les localités rurales avoisinantes une source de bois d'œuvre et d'énergie aussi.

Les régénérations naturelles

Les régénérations par rejet de souche (Fig. 3)

C'est le type de régénération le plus répandu dans toutes les aulnais. Un arbre peut produire en moyenne de 80 à 140 rejets. C'est dans l'aulnaie de Righia que ce type de régénération est le plus important.

Les régénérations par drageonnement (Fig. 3)

Les régénérations par drageonnement sont remarquables dans toutes les aulnais, mais c'est dans celle du Tonga et de Righia qu'elles sont les plus importantes (5 à 6 drageons par arbre). Ce type de régénération est favorisé par l'existence d'un système racinaire superficiel qui facilite l'installation des rejets.

Les régénérations par semis et leur orientation prédominante (Fig. 3, photo 2, tableau 2)

Ce type de régénération est très variable selon les aulnais. Il est assez faible dans l'aulnaie de Righia (moins de 20 régénérations sur une surface de 50 m²). Ce nombre est doublé dans les aulnais de Berrihane, de Bou Malek et

celle du Tonga. Il atteint un niveau supérieur dans l'aulnaie de Sebaa (plus de 100 régénérations dans 50 m²).

D'une manière générale, toutes les régénérations naturelles par semis sont orientées dans la direction des vents dominants (Nord-ouest – Nord-est). Ces régénérations naturelles par semis sont parfaitement visibles particulièrement dans l'aulnaie de Berrihane (photo 2). Malheureusement la présence des habitations freine l'extension de l'espèce par divers procédés :

- Les habitations qui fragmentent les peuplements constituent un obstacle à la dissémination des semences (phénomène très visible dans l'aulnaie de Sebaa).
- La mise en culture des terres aux pieds des arbres élimine toute possibilité de développement des régénérations naturelles des arbres de la lisière des aulnaies.
- Le surpâturage constitue également un frein à l'extension de l'espèce.
- L'existence de grands arbres (comme dans le cas de l'aulnaie du Tonga qui se trouve dans un arboretum) freine les mouvements de l'air à l'intérieur du peuplement et affaiblie par conséquent les possibilités d'extension de l'espèce par semis.

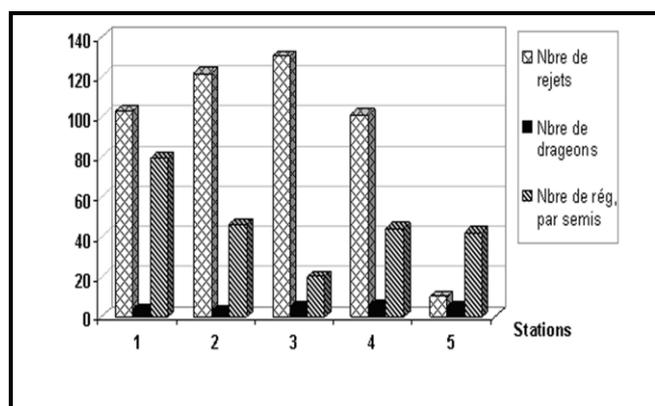


Figure 3 : Les régénérations naturelles de l'aulne dans les différentes stations

Le tableau 2 montre l'existence d'individus de différentes hauteurs. Les plantules dont la taille ne dépasse pas les 50 cm et qui correspondent aux plantules de l'année en cours sont absentes dans l'aulnaie de Righia, celles des autres classes de hauteur y sont également peu représentées. Le nombre de plantules dont la taille dépasse les 1.5m est faible dans tous les cas par rapport au nombre total de plants régénérés dans une surface de 50 m², ceci montre que très peu d'individus arrivent à l'âge adulte.

Suivi des caractères botaniques de l'arbre

Le suivi des caractères botaniques de l'arbre a permis de constater que le nombre moyen de samares (semences) par infrutescence ou « cônelet » diffère d'une aulnaie à l'autre (Fig. 2). C'est dans l'aulnaie de Righia qu'il y a la plus

faible production de graines. Selon Pizelle (1984) [3], la différence de production de graine réside dans la différence d'origine de l'espèce.



Photo 2 : Régénérations naturelles par semis dans l'aulnaie de Berrihane

Tableau 2 : Nombre de régénérations par semis par classe de hauteur dans une surface de 50 m² au niveau de chaque aulnaie

Aulnaies	Classe de hauteur				Total
	1 à 50cm	50 cm à 1m	1 à 1.5m	> 1.5m	
Sebaa (S1)	20	25	45	8	98
Berrihane (S2)	10	12	15	6	43
Righia (S3)	0	3	5	12	20
Tonga (S4)	7	12	18	7	44
Bou Malek (S5)	3	15	14	10	42

En ce qui concerne l'état sanitaire de l'arbre, il semble correct dans toutes les aulnaies sauf dans celles de Bou Malek où les cônelets présentent des anomalies morphologiques considérables (photo 3). En effet, à la base ou au milieu de chaque cônelet, les écailles ovulifères se développent anormalement sous forme de feuilles membraneuses entières ou divisées et atteignent jusqu'à 3 cm de long. Elles se multiplient anarchiquement à la base du cônelet et prennent une couleur verdâtre au-dessus et rougeâtre en dessous. Tous ces caractères permettent de conclure à une infestation des cônelets de l'aulne par un champignon appartenant à la classe des Ascomycètes et à la famille des Taphrinaées. Les Taphrinaées [11] se caractérisent essentiellement par la production des asques à la surface libre des organes attaqués aux dépens des hyphes rassemblés sous la cuticule.

Sur l'aulne glutineux, le champignon responsable est *Taphrina alni-incanae* (Kühn) Magn. Son mycélium circule dans les espaces intercellulaires, progresse dans tous les tissus au contact desquels se produisent des modifications cellulaires importantes. Il provoque les déformations caractéristiques décrites ci-dessus.



Photo3 : Anomalies causées sur les cônelets par le champignon *Taphrina alni-incanae* dans l'aulnaie de Bou Malek

Les possibilités d'associations symbiotiques de l'aulne glutineux dans les différentes stations

Les résultats sont résumés dans le tableau 3 et expriment la moyenne de cinq répétitions par aulnaie.

Tableau 3 : Les symbioses racinaires chez *Alnus glutinosa* dans les différentes aulnaies

Aulnaies	PS moyen des nodules/100g de racines (g)	Infection Endo-mycorhizienne (%)	Infection Ecto-mycorhizienne (%)
Sebaa	1,58	5,03	60
Berrihane	2.51	5.19	85
Righia	10.04	27.32	62
Tonga	4.15	12.18	66.66
Bou Malek	11.57	12.24	71.25

Il est à noter la présence d'actinorhizes dans toutes les aulnaies (photo 4). Ces résultats confirment les suggestions de Bond (1976) [12], Akkermans (1982) [2], Pizelle (1984) [3], Huss Danell et Frej (1986) [13], Fraga-Beddiar (1987) [14] selon lesquelles l'aulne est naturellement nodulé dans les milieux où il pousse spontanément.



Photo 4 : Racines d'aulne glutineux comportant des actinorhizes

Les champignons endomycorhiziens arbusculaires (MA) susceptibles de s'associer à l'aulne glutineux sont également présents dans toutes les stations. Cependant, l'infection est relativement faible en général (photo 5).



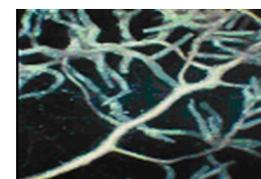
Photo5 : Racines d'aulne glutineux comportant des endomycorhizes. (a : arbuscule, m : mycélium, v : vésicule)

D'après Le Tacon (1978) [15], les champignons MA n'étant pas spécifiques, il n'existe aucun site naturel où il y a absence d'endophytes, cependant, ils diffèrent dans leurs pouvoirs infectifs et effectifs qui paraissent plus ou moins importants selon l'hôte ou selon les conditions du milieu (pH, disponibilité en azote, en phosphore...).

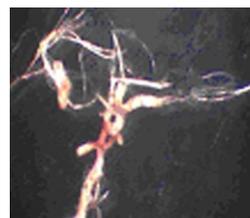
Les résultats indiquent aussi que le système racinaire de l'aulne est également envahi par des champignons ectomycorhiziens qui le colonisent jusqu'à 70 %. En nous basant sur la classification de Voiry (1981) [16], les champignons rencontrés dans nos échantillons appartiendraient aux genres *Lactarius*, *Laccaria* et *Paxillus* (Photo 6).



(1)



(2)



(3)

Photo 6 : Racines d'aulne glutineux envahies par des ectomycorhizes du genre. *Lactarius* (1), *Paxillus* (2) et *Laccaria* (3)

Les deux types de symbiotes mycorhiziens cohabitent donc chez l'aulne avec une prédominance des ectomycorhizes. Des résultats similaires ont été obtenus par Lapeyrie et Chilvers (1985) [17] et Chilvers *et al* (1987) [18] chez l'eucalyptus et par Ba *et al* (1987) [19] chez Casuarina. Il apparaît donc que la colonisation des racines par l'un des microsymbiotes n'exclue pas la présence de l'autre.

CONCLUSION

L'aulne glutineux forme dans le nord-est algérien des peuplements naturels très importants par leur étendue et par leur rôle écologique.

Les conditions actuelles de ces aulnaies résultent de l'influence tant passée que présente de non seulement les facteurs externes propres au milieu mais aussi des facteurs internes propres aux organismes.

Les exigences climatiques et écopédologiques de l'aulne glutineux semblent satisfaites puisque cet arbre trouve dans les écosystèmes humides du Nord Est algérien des milieux favorables à son développement.

En ce qui concerne ses capacités de propagation qui sont le résultat de son pouvoir de reproduction et de son pouvoir de dissémination, l'aulne semble bien se reproduire dans la majorité des stations et ses semences sont disséminées surtout par l'eau et par le vent. A ce niveau, plusieurs facteurs entrent en jeu et viennent entraver les possibilités d'extension de l'espèce, à savoir :

- La diversité génétique de ces peuplements est très faible ; il y a lieu de l'enrichir par l'introduction de semences de provenances différentes pour rendre les peuplements plus vigoureux et moins vulnérables.

- Les pratiques sylvicoles sont totalement absentes, par conséquent, les arbres croissent en se gênant perpétuellement et vieillissent très fragiles. Il y a lieu de gérer de façon rationnelle ce patrimoine en favorisant l'un ou l'autre des types de régénération en fonction des stations.

- La protection de ces peuplements est dérisoire puisque le surpâturage omniprésent dégrade fortement les aulnaies notamment celles qui ne sont pas clôturées comme c'est le cas des aulnaies de Righia ou de Berrihane.

- La mise en culture des terres de plus en plus étendues constitue également un frein à l'extension de l'espèce. Dans certaines aulnaies (ex : aulnaie de Righia, de Bou Malek), la culture de l'arachide va jusqu'au pied des arbres.

- L'exploitation du bois par les habitants en tant que source d'énergie et de matériaux pour fabrication de certains ustensiles à usage domestique a également un impact qui menace la pérennité de ces peuplements (photo 7a).

- L'installation des stations de pompage et de forages sur les sources d'alimentation hydrique occasionnent une diminution du niveau de la nappe phréatique et par conséquent engendrent des suites désastreuses sur les aulnaies (photo 7b).

Enfin, il ressort de cette étude que l'aulne glutineux est une espèce précieuse pour les écosystèmes humides de la wilaya d'El-Tarf. Il présente des possibilités de régénération satisfaisantes, en plus de ses possibilités d'associations symbiotiques qui lui confèrent un rôle écologique important. Plusieurs auteurs le qualifie d'arbre pionnier dans la recolonisation des sites perturbés [10], d'une source d'énergie [11] et de bois d'œuvre [12], d'une plante fourragère [11] et médicinale [2].

Malheureusement, c'est une espèce menacée car de sérieuses dégradations d'ordre anthropiques semblent s'opposer à sa propagation dans ces milieux. Il est urgent de la valoriser et de la protéger pour la sauvegarder car elle constitue l'essence la plus adaptée et la plus conseillée pour les écosystèmes humides de la wilaya d'El-Tarf.

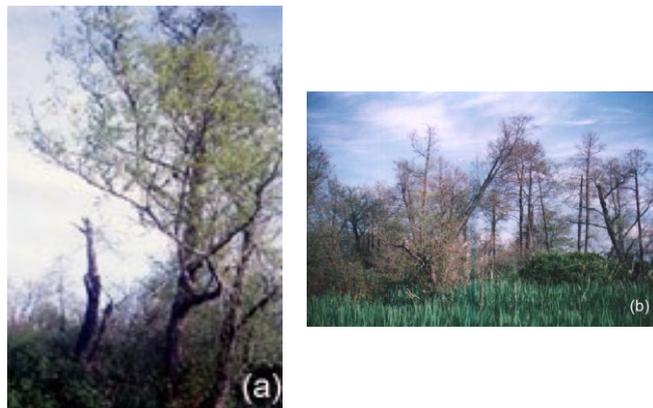


Photo 7: Physionomie des arbres et du peuplement
(a) : aulnaie de Berrihane, (b) : aulnaie de Riguia

REFERENCES

- [1]- Quezel P. et Santa S., 1962 – Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, C.N.R.S (ed), Paris, 2 tomes, 1170 p.
- [2]- Akkermans A. D. L and Houwers R., 1979 – Symbiotic nitrogen fixers available for use in temperate forests. In: "Symbiotic nitrogen fixation in the management of temperate forests" Proceedings of a work-shop held. April 2-5-1979. Gordon J.C., Wheeler C.T. and Perry D.A. (eds). Forest Res. Lab., Oregon State Univ. Corvallis, pp 23-35.
- [3]- Pizelle G., 1984 – Contribution à l'étude de la nodulation et de la nutrition azotée chez le genre *Alnus*. Thèse de doctorat es sciences. Université de Nancy I, 110 p.

- [4]- Belouahem-Abed D., 1997 - Notice technique sur l'aulne glutineux .I.N.R.F. Station d'EL-Kala.
- [5]- Samraoui B. et Belair de G. (1998). Les zones humides de la Numidie orientale. Bilan des connaissances et perspectives de gestion. Synthèse n° 4 (numéro spécial) 90 p. Université de Annaba, Algérie.
- [6]- Belair de G. (1990) – Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre complexes lacustres et marécageux (El-Kala Est algérien). Thèse de doctorat de l'Université des Sciences et Technologie du Languedoc, Montpellier 193p + annexes.
- [7]- Joleau D. L. (1936) – Etude géologique de la région de Bône et de la Calle. Bull. Serv. Carte. Géol. De l'Algérie. 2° série stratigraphique. Description régionale n° 2.
- [8]- Marre A. (1992)- Le tell oriental algérien de Collo à la frontière tunisienne. Etude géomorphologique. O.P.U. Alger, pp 413-624.
- [9]- Giovannetti M. and Mosse B. (1980) – An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 84, pp 489 – 500.
- [10]- Kormanik P. P., Bryan W. C. and Schultz R. C. (1980) – Procedures and equipment for staining large numbers of plant root samples for endomycorrhizal assay. *Can. J. Microbiol.* 26, pp 536-538
- [11]- Viennot-Bourgin G. (1949) – Les champignons parasites des plantes cultivées. Masson et Cie (eds)
- [12]- Bond G. (1976) – The results of the IBP survey of root nodule formation in non-leguminous Angiosperms. In: *Symbiotic nitrogen fixation in plants*, Nutman P.S. ed., Cambridge Univ. Press, Cambridge. Pp 443-474.
- [13]- Huss-Danell K. and Frej A. (1986) – Distribution of *Frankia* in soils from forest and afforestation. Sites in northern Sweden. *Plant and Soil* 90, pp 407-418.
- [14]- Fraga-Beddiar A. (1987) – Interactions entre les symbiotes mycorhiziens et les symbiotes fixateurs d'azote chez l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa* L. Gaertn). Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, université de Nancy I, France.
- [15]- Le Tacon F. (1978) – La mycorhization contrôlée et ses possibilités d'application. Les progrès réalisés aux Etats-Unis. *Revue Forestière Française* XXX. 5, pp 353-362.
- [16]- Voiry H. (1981) – Classification morphologique des ectomycorhizes du chêne et du hêtre dans le nord-est de la France. *Eur. J. Forest. Pathol.* 11, pp 284-299.
- [17]- Lapeyrie F. and Chilvers G. A. (1985) – An endomycorrhiza-ectomycorrhiza succession associated with enhanced growth of *Eucalyptus dumosa* seedlings planted in calcareous soil. *New Phytol.* 100, pp 93-104.
- [18]- Chilvers G. A., Lapeyrie F. and Horan D. P. (1987) – Ectomycorrhizal VA endomycorrhizal fungi within the same root system. *New Phytologist* 107, 441-448.
- [19]- Ba A. M., Sougoufara B. and Thoen D. (1987) – The triple symbiosis of *Casuarina equisetifolia* in Senegal. In: *Sylvia D.M., Hung L.L., Graham J.H. (eds). Mycorrhizae in the next decade: Practical applications and research priorities.* University of Florida, Gainesville, 121