

## Réaction physiologique du chêne-liège (*Quercus suber* L.) à la pluviométrie: Cas des suberaies oranaises

BOUHRAOUA Rachid Tarik<sup>1</sup> et VILLEMANT Claire<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Département de Foresterie, Faculté des Sciences, RP 119, Tlemcen, rtbouhraoua@yahoo.fr -

<sup>2</sup> MNHN/UMR 5202 CNRS, Département Systématique & Evolution, CP 50 Entomologie, 45 rue Buffon, F-75005, Paris, France, villemant@mnhn.fr

### ملخص

التصرف الفيزيولوجي للأشجار بلوط الفلين للأمطار درست في 8 محطات نصبت في أربع غابات في الغرب الجزائري. كل سنة ما بين 1999 و 2004 قدرنا الحالة الصحية 8421 شجرة. خرج من الأحصائيات الستة أن الحالة الصحية غير مستقرة بل تتغير من سنة إلى أخرى حسب الأوضاع البيئية و الحراجية. هذه الوضعية لها علاقة متبادلة مع الأمطار السنوية و خاصة الربيعية التي تتزامن مع الأسنافاف النباتي. هذا يعني أن موجة الضياع الورقي للأشجار و التي سجلت في بعض السنوات تزامنت مع الجفاف الربيعي. تفاعل الشجار و الغابات للجفاف تتغير حسب الشدة و مدة الجفاف و كذلك المناخ و الحالة الصحية. يتمثل هذا الرد بظاهرة إعادة التقويم الشجار يمكنها من مقاومة الظروف الغير الملائمة حتى تتمكن من حد من الرشح عن طريق ضياع بعض الأغصان و غياب التقطيني.

كلمات مفتاحية: بلوط الفلين - غرب الجزائري - الأمطار - حالة صحية - رد فع

### Résumé

Le comportement physiologique des arbres du chêne-liège aux pluies a été étudié dans 8 stations installées dans 4 suberaies de l'ouest algérien. Chaque année, entre 1999 et 2004, nous avons apprécié l'état sanitaire des arbres et des peuplements de ces stations. Il ressort des 6 inventaires de notation que l'état physiologique n'est pas stable mais varie d'une année à l'autre selon les conditions écologiques et forestières. Cet état de santé est globalement bien corrélé avec la pluie annuelle mais surtout avec la pluie printanière qui coïncide souvent avec la reprise végétative. Cela signifie que les vagues de forts déficits foliaires des arbres (Id élevés) observées dans certaines années ont été synchronisées avec des printemps déficitaires (de 15 à 35%). Le comportement des arbres à ce stress hydrique varie selon l'intensité et la durée de la sécheresse mais aussi l'ambiance bioclimatique que la forêt jouisse et son état de vigueur. Il consiste à un phénomène dit de " décurtation " qui correspond à un " réajustement " des arbres qui leur permet de mieux résister à ces conditions en limitant leur évapotranspiration. Il s'agit de perte des rameaux et l'absence de débourrement. Les peuplements adaptés au climat semi-aride supportent plus les déficiences pluviométriques que ceux adaptés au climat favorable sub-humide.

Ainsi les arbres dépérissants et les peuplements incendiés ou embroussaillés sont les plus affectés dont beaucoup perdent irréversiblement leur vigueur malgré les améliorations pluviométriques.

**Mots-clés :** Chêne-liège - Ouest algérien - Pluviométrie - Santé - Adaptation - Réaction

## INTRODUCTION

Le chêne-liège constitue historiquement une des importantes richesses forestières de l'Algérie. Ses forêts tiennent une place primordiale dans l'économie forestière du pays par le liège qu'elles produisent. Traditionnellement, ce dernier occupait le premier rang des produits forestiers et son exploitation représentait les  $\frac{3}{4}$  de la recette forestière totale (MARC, 1916; PEYERIMHOFF, 1941). Les superficies recouvertes par cette essence étaient à l'origine de l'ordre de 480000ha (ANONYME, 1927; BOUDY, 1950), un peu plus de la moitié est actuellement productive (soit 230000ha) et le reste s'est transformé en maquis.

La production en liège a connu également des fluctuations quantitatives parfois notables et la moyenne annuelle (1964-2000) est estimée à 15000 tonnes. Plusieurs facteurs sont à l'origine de cette situation et sont d'ordre anthropique (pâturage, mauvaise exploitation du liège, manque de sylviculture, incendies, etc.), biotique (pullulations de ravageurs dont les xylophages et maladies) et écologique (sol et climat). Ce dernier intervenant par son paramètre pluviométrique est le plus impliqué dans tout dysfonctionnement des

écosystèmes forestiers et par conséquent dans l'apparition des phénomènes de déclin (ABDENDI, 2003). Les problèmes de dégradation de la santé des peuplements forestiers (feuillus et conifères) sont très anciens et remontent à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle et surtout au début du siècle dernier dans de nombreux pays, notamment d'Europe mais aussi d'Amérique du Nord. L'apparition de phénomènes de déclin plus spectaculaires n'a pris un caractère vraiment inquiétant dans ces forêts qu'au début des années 1980 (DELATOUR, 1983; BONNEAU et LANDMANN, 1988).

A l'ouest algérien, le chêne-liège forme généralement des peuplements reliques et dispersés dans de nombreuses localités réparties entre le littoral et l'Atlas Tellien. Sa superficie ne dépasse pas 12000 ha, ce qui représente 4% environ de la superficie globale avec une production moyenne annuelle du liège de l'ordre de 500 Qx/an.

Le réseau permanent que nous avons implanté dans ce secteur, se fixe plusieurs objectifs dont l'étude de l'incidence des pluies sur les arbres et les peuplements. Le comportement physiologique de ces derniers vis-à-vis de toute sécheresse ou déficit pluviométrique est évalué grâce à :

- un suivi régulier et à long terme des grandes évolutions inter-annuelles de l'état sanitaire,
- une description de la réaction des arbres, de son mécanisme et son évolution dans le temps,
- une analyse rétrospective du couple pluie
- Etat de santé.

Ce présent travail traite la réponse des arbres au déficit pluviométrique qui intervient au cours de leurs saisons de végétation et son incidence sur leur état de santé. En effet, la dégradation sanitaire des arbres suite à un stress hydrique les expose aux agents biotiques aggravants conduisant le plus souvent à leur mortalité expliquée par la virulence des champignons pathogènes (LUQUE *et al.*, 2000) et les attaques de xylophages (SOUSA et ATAY KADIRI, 2005).

## 1-MATERIEL ET METHODE

### 1.1-Choix des forêts et des stations

Le comportement physiologique du chêne-liège aux pluies a été étudié à partir d'un

réseau permanent de surveillance de l'état sanitaire des arbres composé de 8 stations représentatives implantées dans 4 forêts à savoir M'Sila (Oran), Hafir et Zariéffet (Tlemcen) et Nesmoth (Mascara) (Fig.1). Le choix de ces forêts repose sur deux critères tels que l'ambiance bioclimatique et le relief. Chacune des stations est constituée d'un nombre variable d'arbres matérialisés à la peinture blanche en hiver 1999.

### 1.2- Caractéristiques des stations d'observation

Pour caractériser au mieux les peuplements de nos stations, nous avons effectué plusieurs relevés repartis globalement en deux grands types, l'un caractérisant les

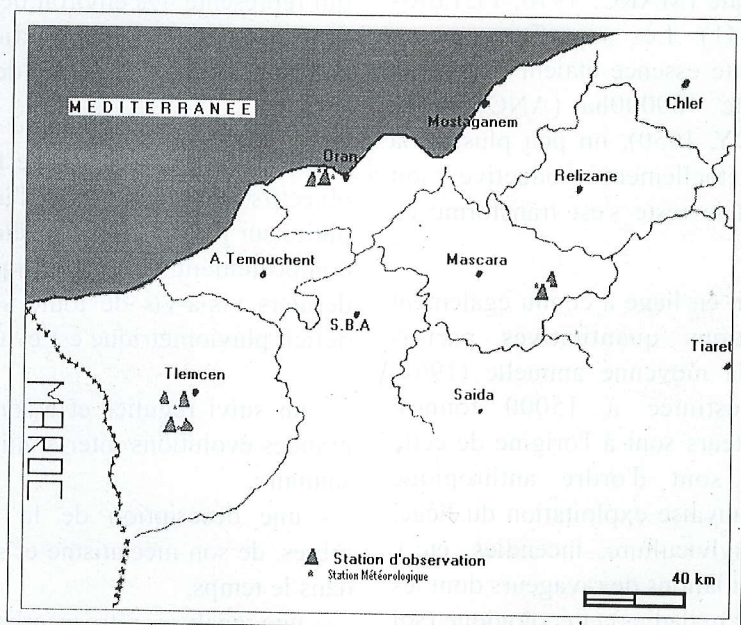


Figure 1 : Carte de répartition des 8 stations d'observation du réseau régional de surveillance et de suivi de l'état de santé du chêne-liège et des stations météorologiques.

stations (relevés topographique, pédologique, floristique et sylvicole) et l'autre les arbres-échantillons (données dendrométriques et d'exploitation).

### 1.3-Evaluation sanitaire des arbres et des peuplements

La méthode que nous avons adoptée pour évaluer l'état sanitaire des arbres repose essentiellement sur l'examen de leur cime. C'est un critère le plus souvent pris en compte (D.S.F, 1991), voire parfois le seul (BECKER, 1987), dans les appréciations visuelles de la vitalité des arbres de nombreuses essences forestières. Elle consiste alors à apprécier à vue la capacité des arbres à reconstituer leur

feuillage et par conséquent la part éventuelle du feuillage absent sur les rameaux physiologiquement fonctionnels. Cet indicateur est appelé " perte foliaire " ou " déficit foliaire ". Il est noté chaque année entre 1999 et 2004, en été (juillet), soit bien après la fin de la feuillaison et l'élongation des feuilles. La démarche consiste souvent à découper la cime de l'arbre en zones homogènes; à estimer les pertes par zone et définir ensuite la note (ULRICH, 1992) et (NAGELEISEN *et al.*, 2000) (Fig.2)

Les différentes notes ainsi obtenues sont regroupées en 4 grandes classes correspondant à 4 catégories sanitaires consignées dans le tableau 1

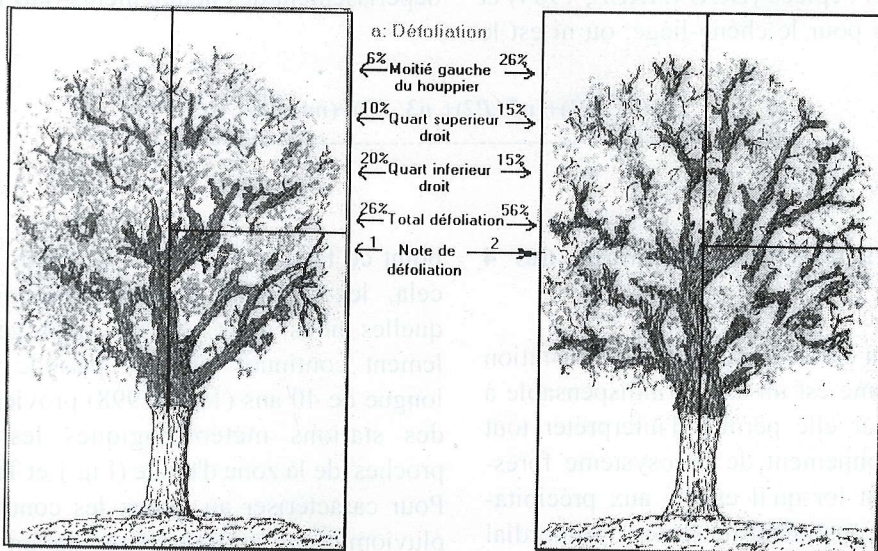


Figure 2 : Technique d'appréciation et de notation de la perte foliaire du chêne-liège et la classe de défoliation correspondante

Tableau 1: Classes de déficit foliaire, Indices de dépérissement et les principales catégories sanitaires des arbres et des peuplements.

| Statut sanitaire des arbres |                        |                       | Statut sanitaire des peuplements |                         |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Classes de déficit foliaire | (%) de feuillage perdu | Catégories sanitaires | Indices de dépérissement         | Niveau de dépérissement |
| 1                           | < 25                   | Sain                  | $Id < 1,5$                       | Non dépérissant ou Sain |
| 2                           | 30-60                  | Affaibli              | $1,6 < Id < 2,0$                 | Affaibli                |
| 3                           | 65-95                  | Dépérissant           | $2,1 < Id < 2,5$                 | Dép. assez grave        |
| 4                           | 100                    | Mort ou Sec           | $Id > 2,6$                       | Dépérissement grave     |

L'état général de la station a été apprécié par contre par un indice de dépérissement " Id " qui prend en compte la note de perte foliaire de tous les arbres observés. Il est calculé à partir de la formule proposée pour le sapin et l'épicéa (BOUVAREL, 1984) et modi-fiée pour le chêne-liège, où ni est le

nombre d'arbres de la classe  $i$  de déficit foliaire,  $P_i$  le Poids de la classe  $i$  (1 si  $i=1$ , 2 si  $i=2$  etc.) et N est l'effectif total d'arbres observés dans la station. Selon les valeurs de l'indice, on distingue 3 niveaux de dépérissement des peuplements (tab.1).

$$Id = \frac{(n1. P1)+(n2. P2)+ n3. P3)+(n4. P4)+ (n5. P5)}{N}$$

#### 1.4- Caractérisation climatique des 4 forêts

L'étude du climat local et de son évolution à long terme est un aspect indispensable à aborder car elle permet d'interpréter tout dysfonctionnement de l'écosystème forestier surtout lorsqu'il est lié aux précipitations qui constituent un facteur primordial dans la vie de l'arbre.

Pour analyser pertinemment les variations sanitaires que pourrait subir le chêne-liège, il est donc nécessaire de montrer à quel

point ce facteur varie dans le temps. Pour cela, les données pluviométriques auxquelles nous nous référons sont généralement continues sur une période assez longue de 40 ans (1961-1998) proviennent des stations météorologiques les plus proches de la zone d'étude (Fig.1 et Tab.2). Pour caractériser au mieux les conditions pluviométriques qui ont régné durant notre période d'observation, nous avons pris en considération les données mensuelles des années hydrologiques de 1998/99 à 2003/2004.

Tableau 2 : Caractéristiques des principales stations météorologiques

| Forêt     | Station Météo | Longitude | Latitude | Altitude (m) | Distance à la mer | Distance à la forêt | Période observation |
|-----------|---------------|-----------|----------|--------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| M'Sila    | El Ançor      | 0°52'W    | 35°41'N  | 90           | 2 km              | 12km                | 1961-1996           |
|           | Misserghine   | 0° 46'W   | 25°37'N  | 100          | 10km              | 10km                | 1998-2004           |
| Hafir     | Radar         | *         | *        | 1418         | 60km              | <1km                | 1975-1995           |
|           | Mefrouche     | 1°16'W    | 34°51'N  | 1100         | 62km              | 5km                 | 1996-2004           |
| Zarieffet | Mefrouche     | °16'W     | 34°51'N  | 1100         | 62km              | <2km                | 1971-2004           |
|           | Tlemcen       | 1°19'W    | 34°53'N  | 810          | 60km              | 3km                 | 1961-1971           |
| Nesmoth   | Nesmoth       | 0°23'E    | 35°15'N  | 928          | 90km              | <1km                | 1986-2004           |

## 2- RESULTATS

### 2.1-Caractéristiques descriptives des stations d'observation

Les principales caractéristiques stationnelles des peuplements étudiés sont consignées dans le tableau 3 suivant.

Il ressort de ce tableau que la majorité des peuplements sont naturels, excepté ceux de St3 (Hafir), et St7 et St8 (à Nesmoth), où les sujets proviennent des reboisements effectués respectivement dans les années 1920 et 1950. Ce sont des vieilles futaies d'aspect jardiné, mais aussi de taillis sous futaie issue des souches ayant rejeté après les coupes d'assainissement effectuées en 1984 (St5). Les peuplements sont purs ou parfois mélangés avec le pin d'Alep (St2) où il prédomine l'étage supérieur, le chêne vert par endroit (St5) ou le chêne zeen (St6). Le sous-bois, est abondant en St6 et parfois impénétrable en St2. Ailleurs, il est réduit ou absent. La fréquentation humaine

est très forte à M'Sila (St1) comme à Nesmoth (St7et St8), car ces stations sont proches des agglomérations. Cette fréquentation se traduit souvent par un parcours intense, un tassement du sol, un émondage et un écimage des arbres.

Toutes ces forêts ne sont pas aménagées et les travaux sylvicoles sont rarement exécutés. La majorité des stations reposent sur un sol, plus souvent, profond (>60cm) mais aussi superficiel (<20cm) par endroits. Les affleurements de la roche mère ou des pierres sont observés dans quelques zones en montagne (St4 St5). Ces sols sont recouverts de formations siliceuses, à texture grossière assez homogène d'une station et d'un horizon à l'autre. Elle est franchement sablo-limoneuse en littoral et limono-sableuse à argilo-sableuse en montagne. Ils sont faiblement chargés en éléments grossiers (<4%) et en matière organique (<1%), acido-neutres à légèrement basiques (6,5-7,5) et non calcaires. D'une manière générale, ces sols sont

Tableau3: Principales caractéristiques descriptives des 8 peuplements de chêne-liège

| Forêt                    | M'Sila            |                | Haïr               |                | Zariefet           |             | Nesmoth          |              |
|--------------------------|-------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|-------------|------------------|--------------|
| Département              | Oran              |                | Tlemcen            |                | Tlemcen            |             | Mascara          |              |
| Zone naturelle           | Littoral          |                | Montagne           |                | Montagne           |             | Montagne         |              |
| Bioclimat                | Semi-aride        |                | Sub-humide         |                | Sub-humide         |             | Sub-humide       |              |
| Superficie (ha)          | 1068              |                | 9872               |                | 989                |             | 7416             |              |
| Superficie liège         | 600               |                | 4783               |                | 452                |             | 342              |              |
| Station                  | 1                 | 2              | 3                  | 4              | 5                  | 6           | 7                | 8            |
| Topographie              | Plateau           |                | Haut Versant       |                | Haut Versant       |             | Haut Versant     |              |
| Altitude (m)             | 325               |                | 1220               |                | 940                |             | 990              |              |
| Exposition               | -                 |                | E                  |                | N                  |             | O                |              |
| Pente (%)                | 0                 |                | 6                  |                | 30                 |             | 6                |              |
| Arbres observés          | 182               |                | 110                |                | 65                 |             | 119              |              |
| Travaux sylvicoles       | Néant             |                | Néant              |                | Néant              |             | Néant            |              |
| Aménagement              | Néant             |                | Néant              |                | Néant              |             | Néant            |              |
| Dernier incendie         | Néant             |                | Néant              |                | 1994               |             | Néant            |              |
| Sous-bois (note : 1-4)   | 0                 |                | 1                  |                | 1                  |             | 1                |              |
| Anthropisation (1-4)     | 4                 |                | 1                  |                | 2                  |             | 4                |              |
| Nature du substrat       | Sables plicocènes |                | Grès séquanien     |                | Grès séquanien     |             | Dolomie calcaire |              |
| Texture du sol           | Sablo-limoneux    |                | Limono-sableux     |                | Limono-sableux     |             | Argilo-sableux   |              |
| Profondeur du sol        | >200cm            |                | >150               |                | 40->100            |             | >60cm            |              |
| Eléments grossiers       | Faible            |                | Faible             |                | Faible             |             | Faible           |              |
| Affleurement rocheux     | Absence           |                | Absence            |                | Faible             |             | Faible           |              |
| CaCO <sub>3</sub> du sol | Non calcaire      |                | Non calcaire       |                | Non calcaire       |             | Peu calcaire     |              |
| pH du sol                | Neutre            |                | Neutre à peu acide |                | Neutre à peu acide |             | Basique          |              |
| Chênes-lièges            | 1                 | 2              | 3                  | 4              | 5                  | 6           | 7                | 8            |
| Nature peuplement        | Pur               | Mélangé        | Pur                | Pur            | Naturel            | Mélangé     | Pur              | Pur          |
| Origine peuplement       | Naturel           | Naturel        | Artificiel         | Naturel        | Naturel            | Naturel     | Artificiel       | Artificiel   |
| Régime et traitement     | Vieille Futaie    | Vieille Futaie | Artificiel         | Vieille Futaie | V Futaie           | taillis s/F | Jeune Futaie     | Jeune Futaie |
| Age (ans)                | 60 à >100         | 60 à >100      | 120                | 60-80          | >80                | 20-80       | 40-50            | 40-50        |
| Circonf. Moyen (cm)      | 102               | 123            | 120                | 86             | 136                | 60          | 93               | 83           |
| Hauteur des arbres (m)   | 9                 | 10             | 13                 | 8              | 11                 | 6           | 8                | 6            |
| Arbres démaillés (%)     | 98                | 98             | 100                | 94             | 78                 | 69          | 94               | 99           |
| Dernière levée du liège  | 1998              | 1998           | 1995               | 1995           | 1996               | 1996        | 1989             | 1989         |
| Coef. Ecorç.moy.         | 2.27              | 2.13           | 2.18               | 2.38           | 2.09               | 3.19        | 1.47             | 1.64         |

suffisamment favorables à un enracinement pivotant du chêne-liège. Mais c'est la texture de leurs horizons, qui présente une assez grande hétérogénéité pédogénétique, qui détermine leur régime hydrique.

## 2.1-Caractéristiques climatiques des 4 forêts

L'originalité du climat du Tell oranais réside essentiellement dans la répartition irrégulière de ses précipitations dans le temps et même dans l'espace (QUEZEL, 2000).

Le tableau 4 montre que le littoral reçoit une tranche pluviométrique assez faible de l'ordre de 400 mm en moyenne. Vers le sud, les pluies de nature orographique deviennent plus abondantes sur la façade nord des monts de Tlemcen (> 600mm)

mais se raréfient vers l'est dans ses faciès méridionaux.

Durant la période d'étude, nous remarquons un léger déficit pluviométrique annuel de l'ordre de 8 à 12 % dans les forêts de Tlemcen.

Les pluies enregistrées pendant la saison de végétation sont cependant plus déficitaires dépassant le tiers (37%). Dans les autres forêts, la situation pluviométrique annuelle est globalement correcte sauf à M'Sila où nous constatons une réduction relativement notable des précipitations en printemps de l'ordre de 16%. Par ailleurs, les pluies de fin de saison ont marqué un bilan relativement déficitaire variant de 7 à 37% selon les forêts. Il est plus marquant en 1998 à Oran (0mm) et Tlemcen (20 mm) et 2001 à Mascara (3mm).

Tableau 4 : Caractéristiques pluviométriques des 4 forêts pendant 2 périodes de référence

| Période<br>d'observation /Forêts |                    | M'Sila | Hafir | Zarieffet | Nesmoth |
|----------------------------------|--------------------|--------|-------|-----------|---------|
| 1961/1962-                       | Pa <sup>(1)</sup>  | 402    | 677   | 634       | 395     |
| 1997/1998                        | Psv <sup>(2)</sup> | 122    | 292   | 274       | 143     |
|                                  | Pfs <sup>(3)</sup> | 47     | 75    | 70        | 56      |
| 1998/1999-                       | Pa                 | 431    | 620   | 560       | 391     |
| 2003/2004                        | Psv                | 103    | 184   | 172       | 140     |
|                                  | Pfs                | 42     | 70    | 64        | 35      |
| différence                       | Pa                 | +7     | -8    | -12       | -1      |
| entre les deux                   | Psv                | -16    | -37   | -37       | -2      |
| périodes (%)                     | Pfs                | -11    | -7    | -8        | -37     |

<sup>(1)</sup> pluie annuelle, <sup>(2)</sup> pluie de la saison de végétation (mars-avril-mai-juin), <sup>(3)</sup> pluie de fin de saison de végétation (septembre-octobre)

## 2.2-Evaluation de l'état sanitaire des stations d'observation

### 2.3.1-Déficit foliaire

Les résultats des 6 inventaires de notation de 842 arbres présentés dans la figure 3 montrent des variations interannuelles. En effet, l'année 2000 est considérée comme catastrophique pour la majorité des peuplements car le bilan met en évidence une proportion importante d'arbres ayant perdu une part significative (>25%) de leur feuillage de l'ordre de 80% à Zarieffet à 93% à Nesmoth.

Au delà de cette année, on constate une amélioration progressive de l'état des cimes des arbres où les arbres atteints en 2004 ne représentent que des taux assez faibles allant de 38% (Zarieffet) à 50% (M'Sila). Cette amélioration globale s'explique surtout par le passage des arbres de la classe 2 à la classe 1 et avec un degré moindre de la classe 3 à la classe 2. Par ailleurs, la dégradation de la cime ne concerne qu'une fraction très faible des

arbres de l'ordre de 10%. Le taux de mortalité reste très faible à Hafir (1%) et Zarieffet (4%) voire moyen à M'Sila (7%) et fort à Nesmoth (13%). C'est au cours des années 2000-2002 que ces mortalités (40 cas) ont été enregistrées.

### 2.3.2- Indice de dépérissement

Les indices de dépérissement calculés en 1999 et 2004 sont présentés dans la figure 4.

Il ressort de cette figure que l'état général des peuplements varie d'une station à l'autre, au sein même de la forêt, et d'une année à l'autre. Cet état est considéré globalement sain à Hafir (St3 et 4), en début de dépérissement à M'Sila (St1) et Zarieffet (St5 et 6) et en dépérissement assez grave dans le reste des stations (St2, 7 et 8). Néanmoins, une légère progression de cet indice a été observée en 2000 mais aussi en 2001 dans la majorité des stations, ce qui a traduit une dégradation plus marquée mais non persistante de l'état de vigueur de ces peuplements.

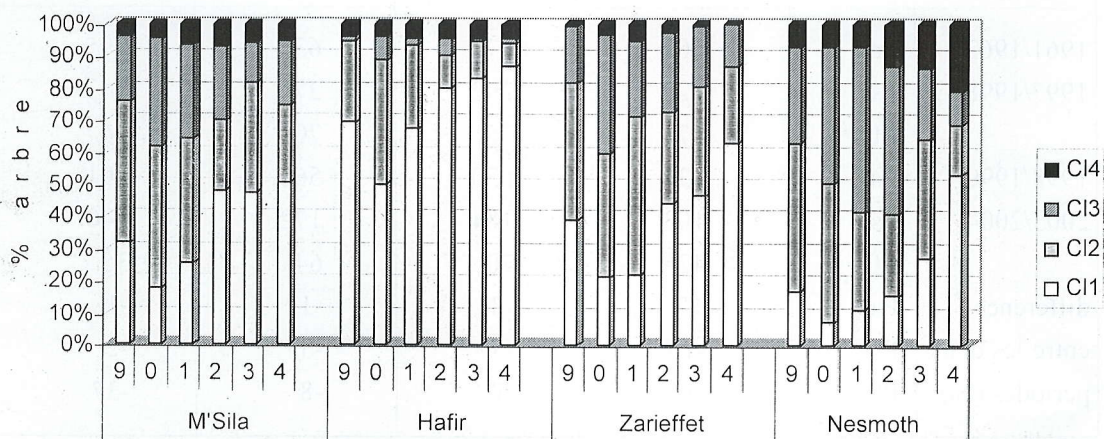


Figure 3: Evolution annuelle du déficit foliaire des arbres des 4 forêts entre 1999 et 2004.

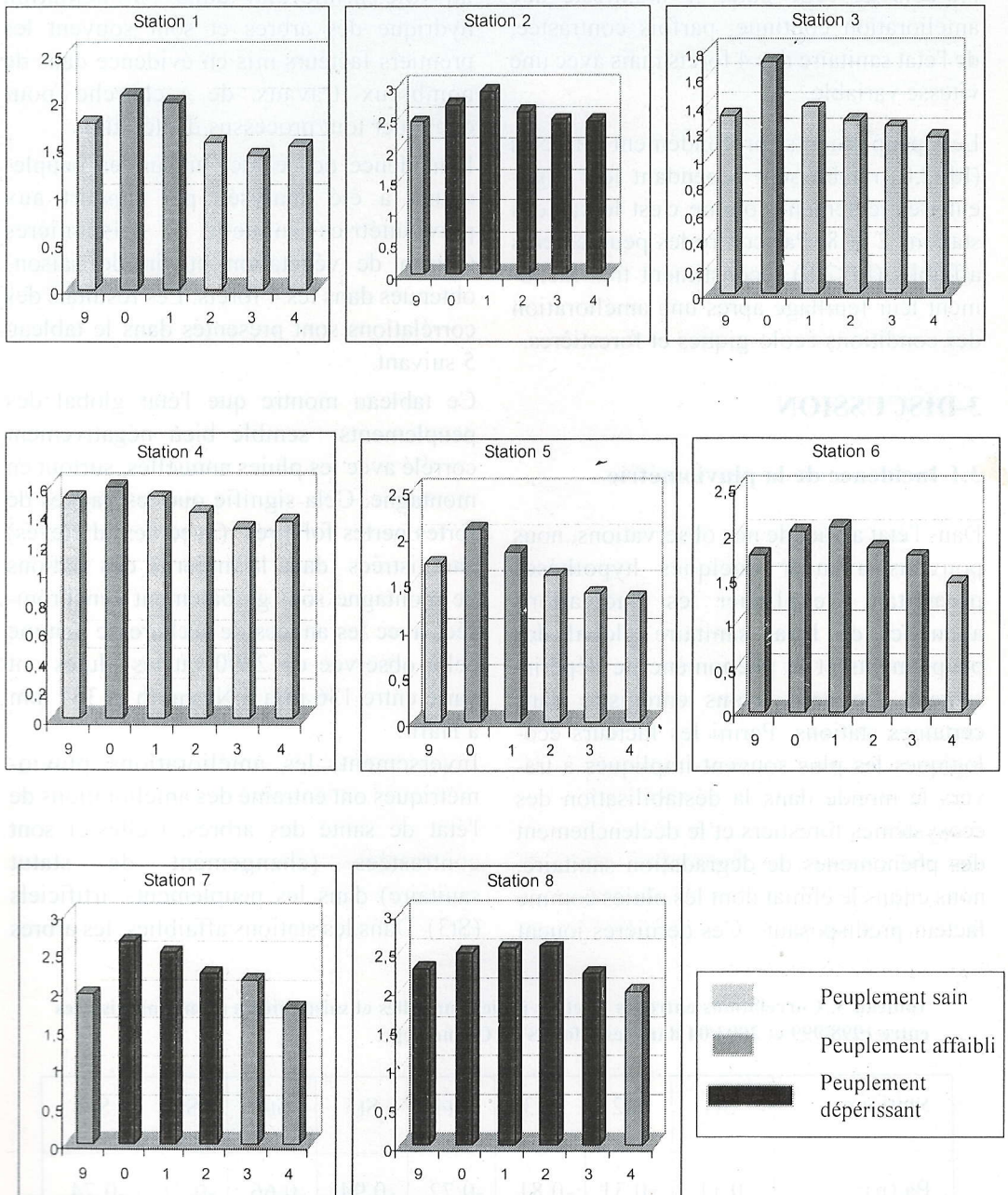


Figure 4: Evolution annuelle de l'Indice de dépérissement des peuplements de chêne-liège des 8 stations entre 1999 et 2004.

Au-delà de cette date, se manifeste une amélioration continue, parfois contrastée, de l'état sanitaire des 4 forêts mais avec une vitesse variable.

Les peuplements profondément affectés ( $Id > 2,0$ ) rétablissent cependant leur vigueur très lentement comme c'est le cas des stations 2 et 8. Par contre les peuplements affaiblis ( $Id < 2,0$ ) reconstituent très facilement leur feuillage après une amélioration des conditions écolo-giques et forestières.

### 3-DISCUSSION

#### 3.1-Incidence de la pluviométrie

Dans l'état actuel de nos observations, nous pouvons avancer quelques hypothèses permettant d'expliquer les fluctuations annuelles de l'état sanitaire global des peuplements et le phénomène de dépérissement que nous avons enregistré dans certaines stations. Parmi les facteurs écolo-giques les plus souvent impliqués à travers le monde dans la déstabilisation des écosystèmes forestiers et le déclenchement des phénomènes de dégradation sanitaire, nous citons le climat dont les pluies comme facteur prédisposant. Ces dernières jouent

un rôle primordial dans l'alimentation hydrique des arbres et sont souvent les premiers facteurs mis en évidence dans de nombreux travaux de recherche pour expliquer tout processus d'altération.

L'incidence de ce facteur sur les peuplements a été analysée par rapport aux pluviométries annuelle et saisonnières (saison de végétation et fin de saison) obtenues dans les 4 forêts. Les résultats des corrélations sont présentés dans le tableau 5 suivant.

Ce tableau montre que l'état global des peuplements semble bien négativement corrélé avec les pluies annuelles, surtout en montagne. Cela signifie que les vagues de fortes pertes foliaires (avec des  $Id$  élevés) enregistrées dans la majorité des stations de montagne sont globalement synchronisées avec les années de sécheresse comme celle observée en 2000 où les pluies ont varié entre 136 mm à Nesmoth et 357 mm à Hafir.

Inversement, les améliorations pluviométriques ont entraîné des améliorations de l'état de santé des arbres. Celles-ci sont contrastées (changement de statut sanitaire) dans les peuplements artificiels (St3). Dans les stations affaiblies, les arbres

Tableau 5: Corrélations entre les  $Id$  et les pluies annuelles et saisonnières (mm) enregistrées entre 1998/999 et 2003/04 dans les 4 forêts de Chêne-liège.

| Stations | St1   | St2   | St3   | St4   | St5   | St6   | St7   | St8   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pa (n)   | -0.11 | +0.31 | -0.81 | -0.72 | -0.94 | -0.66 | -0.71 | -0.74 |
| Psv      | -0.56 | -0.09 | -0.64 | -0.45 | -0.62 | -0.77 | -0.73 | -0.53 |
| Pfs      | +0.37 | +0.76 | +0.10 | +0.21 | +0.25 | +0.49 | -0.50 | -0.50 |
| Pa (n-1) | -0,48 | -0.27 | -0.53 | -0.62 | -0,23 | -0.93 | -0.79 | -0.86 |

redeviennent en bonne santé ( $Id < 1.5$ ) plus rapidement (entre 2 années " St5 " et 4 années " St6 "), par contre dans les stations dépérissantes ( $Id > 2.5$ ), cette amélioration est beaucoup plus lente. En littoral, la pluie semble n'avoir aucun effet révélateur physiologique des arbres malgré les améliorations pluviométriques.

Certains auteurs considèrent que le déficit pluviométrique n'a d'incidence significative sur la croissance et l'état de vigueur des arbres que lorsqu'il survient au cours de leur saison de végétation (DELATOUR, 1983) et (BECKER et LEVY, 1983). La période pendant laquelle le chêne-liège peut être sensible à ce déficit est comprise entre les mois de mars et mai voire juin qui coïncident avec le débourrement, la feuillaison, l'élongation des feuilles et la floraison.

Le tableau montre aussi que l'état des cimes est corrélé ( $-0.76 < r < -0.46$ ) à la quantité de pluies tombée durant la saison végétative mettant clairement en évidence la relation entre l'accroissement de la perte foliaire des arbres et les déficits pluviométriques printaniers notés durant les années 1999 et 2000 en littoral et 2000 et 2001 en montagne. Cette relation est plus évidente en peuplements préalablement affaiblis (St1, 5 et 6). A l'inverse, ces crises n'ont qu'un effet très faible sur les arbres sains (St3 et 4) ou dépérissants (St2, 7 et 8).

Ainsi, les conditions pluviométriques de fin de saison de végétation caractérisée par le ralentissement des activités physiologiques (septembre-octobre) n'ont aucun effet sur l'état sanitaire des arbres apprécié au cours de la saison suivante. En fin, le stress enregistré l'année précédente (n-1)

s'exprime rarement l'année suivante par l'apparition des symptômes plus marqués de déficit foliaire. Ceci est mis en évidence en un seul événement dans les peuplements affaiblis (St1, 5 et 6) et en dépérissement assez grave (St2, 7 et 8). Les fortes corrélations notées dans les stations 6 à 8, s'expliquent par la différence entre le stress aigu et statut sain des arbres.

### 3.2- Principaux facteurs de dépérissement

Nombreux facteurs sont responsables de l'altération actuelle de la vigueur du chêne-liège de la région ouest algérien (BOUHRAOUA et VILLEMANT, 2005). Parmi les facteurs déclenchants, nous distinguons les plus importants:

- l'embroussaillage et l'enrésinement (St2) qui ont un effet négatif sur la vigueur car il entre en concurrence avec les arbres pour l'eau, la lumière et les éléments minéraux (MIRAULT et REGAD, 1992), surtout lorsque ces derniers reposent sur un sol à faible réserve en eau (texture profonde sablonneuse).

- la texture superficielle fine limono-sableuse accentuée par le tassement entraîne la perte d'eau par ruissellement résultant la réduction des réserves hydriques dans le sol (St7 et 8).

- les séquences de sécheresse prolongées (St1, 2, 7 et 8) où les pluies avoisinant les 400 mm correspondent à la limite de tolérance minimale de l'arbre (NATIVIDADE, 1956). Mais en littoral, ce déficit est toujours compensé partiellement par l'hygrométrie de l'air surtout pendant la saison sèche estivale ( $HR > 60\%$  en moyenne).

### 3.3- Comportement physiologique des arbres

A travers ce suivi régulier de l'état de vigueur, nous pouvons dire que les arbres réagissent aux variations annuelles avec un degré moindre saisonnières des pluies.

Les fluctuations interannuelles se traduisant pour la plupart des arbres (classe 1 et 2 rarement 3) par une succession d'améliorations et de détériorations dues vraisemblablement pour une bonne part au phénomène de " décurtation ". C'est un mécanisme de " réajustement " ou de " régulation " qui permet à l'arbre de mieux résister aux déficits pluviométriques en limitant son évapotranspiration potentielle par une perte de rameaux dont la proportion varie avec l'intensité de la sécheresse (BONNEAU et LANDMANN, 1988), (ROLLEY et BOUHOT-DELDUC, 1991). Ceci se traduit souvent par :

- une absence de débourrement chez certains arbres qui restent couverts d'ancien feuillage jusqu'à l'amélioration pluviométrique. Ce phénomène est mis en évidence surtout à Nesmoth déjà soumis aux conditions de stress accentué.

- une elongation très faible des pousses, qui donnent généralement des ramules de l'année à feuilles chétives, mais réparties de façon homogène dans la frondaison. Ce phénomène est observé surtout en littoral

- un dessèchement physiologique des rameaux et branchettes qui se dénudent l'année suivante, conduisant à une réduction des ramifications fines et même des ramifications secondaires. Ces rameaux physiologiquement sains donnent l'année suivante, après une amélioration des pluies, naissance aux feuilles en quantité parfois importante selon les arbres.

Par ailleurs, les arbres stressés depuis longtemps (classe 3) présentent souvent une cime claire de type " irréversible ", en perdant toute capacité de reconstituer leurs feuillage malgré les améliorations pluviométriques.

### CONCLUSION

Nous pouvons déduire à travers cette étude que le déficit foliaire est un indicateur acceptable pour évaluer l'état de santé d'un arbre forestier dont le chêne-liège. Les pluviométries annuelles et même saisonnières peuvent avoir un effet positif ou négatif sur la physiologie de l'arbre selon leur quantité. Ainsi, les fluctuations enregistrées traduisent-elles une réaction cohérente avec les conditions climatiques. Celle-ci est plus mise en évidence si nous retenons un autre indicateur plus pertinent à savoir les accroissements annuels et même saisonniers du bois et du liège (COSTA *et al.*, 2002).

Les arbres d'essences méditerranéennes manifestent des bonnes capacités de résistance aux déficits pluviométriques même de longues durées. Ces déficits ne doivent pas être seulement aggravés par d'autres facteurs comme le sous-bois, concurrent potentiel des arbres. Notons cependant que, si les variations de l'état des cimes des arbres peu affectés semblent réversibles lorsque les conditions climatiques redeviennent favorable, des mortalités ont été enregistrée au cours des deux années suivant le déficit pluviométrique le plus grave (52% des cas, soit 25 arbres sur 842 arbres, ce qui représente un taux de mortalité annuel de 1,5%).

Ceci peut expliquer pourquoi le chêne-liège tient jusqu'à présent une place dans la

forêt malgré le rôle négatif qu'exercent depuis longtemps certains facteurs comme la sécheresse et l'absence de soins sylvicoles.

Donc, on peut dire que le chêne-liège est un arbre qui possède une tolérance élevée au déficit pluviométrique. L'homme en qualité de sylviculteur, exploitant et même éleveur doit prendre soin de cette ressource en lui évitant tous les facteurs qui nuis à sa santé et par conséquent à sa capacité de défense contre les agents extérieurs. Une bonne préservation de cette espèce entraîne sa pérennité.

### Summary

The physiological behavior trees of cork oak rain have been studied in 8 stands in 4 cork oak forests in western Algeria. Each year, between 1999 and 2004, we assessed the health status of 842 trees and stands of these forests. It appears from 6 inventories notation that the physiological state is not stable, but varies from year to year depending on environmental conditions and forest. This phytosanitary condition is generally well correlated with the annual rainfall but more importantly with the spring rain, which often coincides with the resumption vegetative. This means that the strong waves foliar deficits of trees (Id high) observed in some years have been synchronized with the spring deficit (15 to 35%). The behaviour of trees to water stress varies depending on the intensity and duration of the drought but also the atmosphere bioclimatic that the forest and enjoy his state of force. It is a phenomenon called "decurtation" which corresponds to a "readjustment" of trees that allows them to better withstand these conditions restri-

cting their evapotranspiration. This is perdition stems and the absence of bud. Stands adapted to the semi-arid climate bear more rainfall deficiencies than those adapted to the climate sub-humid. This decline trees and stands burned or droughts are most affected many irreversibly lose their force despite the improvements rainfall.

**Key words :** cork oak, western Algeria, rainfall, health status, behaviour, adaptation

### BIBLIOGRAPHIE

ANONYME, 1927- Rapport phytopathologique pour les années 1926-1927. *Ann. Epiphyties, Inst. Rech. Agro.*, 383-454

ABDENDI Z.E.A, 2003- Le dépérissement des forêts au Maroc : Analyse des causes et stratégie de lutte. Science et Changements Planétaires /Sécheresse, vol.14, n°4, 209-18.

BECKER M., 1987- Bilan de santé actuel et rétrospectif du Sapin (*Abies alba* Mill.) dans les Vosges: Etude écologique et dendrochronologiques, *Ann. Sci. for.* 44 (4) 379-402.

BECKER M. et LEVY G., 1983- Le dépérissement du chêne, les causes écologiques: Exemple de la Forêt du Tronçais et premières conclusions. *Rev. For. Fr.*, 35(5), 341-356.

BONNEAU M., et LANDMANN G., 1988- Le dépérissement des forêts en Europe, *La Recherche*, 205 (19) ,1542-1556.

BOUDY P., 1950 - Economie forestière nord africaine. Tome 2 (1) : Monographie et traitements des essences forestières. Larose, Paris, 525 p.

BOUHRAOUA R.T. et VILLEMANT C., 2005- Mécanismes généraux de l'altération sanitaire des peuplements du chêne-liège de l'Algérie nord occidental. *Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bull.* 28(8), 2005, pp.1-8.

BOUVAREL P., 1984- Le dépérissement des forêts attribué aux dépôts atmosphériques acides, *R.F.F.* 34 (3), 173-180.

COATA A., PEREIRA H. et OLIVEIRA A., 2002- Influence of climate on the seasonality of radial growth of cork oak during a cork production cycle. *Ann. For. Sci.*, 59 (2002), 429-437.

DELATOUR C., 1983- Les dépérissements de chênes en Europe. *R.F.F.*, 35(4), 255-281.

D.S.F., 1991- Réseaux de surveillance de l'état sanitaire des forêts (réseau CEE et réseau Bleu) : Protocole pour les observations, D.E.R.F, Min. Agri. For., 27p.

LUQUE J., PARLADE J. et PERA J., 2000- Pathogenicity of fungi isolated from *Quercus suber* in Catalonia (NE Spain). *Forest Pathology*, 30(5), 247-263.

MARC M., 1916- Notes sur les forêts de L'Algérie, Typographie, Adolphe Jourdan, Alger, 331p.

MIRAULT J. et REGAD J., 1992- Chêne-liège et pin d'Alep: Une amélioration, *La*

*Santé des Forêts* [France] en 1992, DERF, Paris, 17.

NAGELEISEN L. M., BOUHOT-DELDUC L., PIERRAT J.C., 2000- Suivi des écosystèmes forestiers et évaluation des contraint environnementales, *Les Cahiers de DSF*, 1-2000 (La Santé des Forêts), [France] en 1999, Min. Agri. Pêche (DERF), 50-64.

NATIVIDADE J.V., 1956 - *Subericulture*. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Nancy, 302 p

PEYERIMHOFF De P., 1941- Carte forestière de l'Algérie et de la Tunisie, Imp. Baconnier Frères, Alger, 70p.

QUEZEL P., 2000- Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen, Ibis Press, Paris, 117p.

ROLLEY F. et BOUHOT-DELDUC L., 1991- Dépérissement des forêts et pollution atmosphérique: Le réseau européen d'observation des dommages. *La Santé des Forêts* [France] en 1991, DERF, Paris, (1991) 37-42.

SOUSA E. et AGTAY KADIRI Z., 2005- Le déclenchement des perturbations physiologiques des peuplements de chêne-liège: une synthèse des relations agent/hôte. *Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bull.* 28(8), 2005, pp.9-16.

ULRICH E., 1992- Le réseau national des écosystèmes forestiers (réseau RENE-COFOR), La Santé des Forêts [France] en 1992, Min. Agri. Pêche (DERF), 61.