

N° D'ordre .....

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES  
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
Département des Sciences de l'Environnement

# ***THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES***

*Présentée par :*

*M. TALEB Mohamed Lamine*

*Spécialité : Sciences de l'environnement*

*Option : Ecologie forestière*

*Intitulé*

ETUDE DE L'INFLUENCE DE LA DENSITÉ ET DE L'ÉTAT DE  
SOCIABILITÉ DES TIGES SUR LE DÉPÉRISSEMENT DU CÈDRE DE  
L'ATLAS *CEDRUS ATLANTICA* MANETTI  
DANS LE PARC NATIONAL DE THENIET EL HAD (ALGÉRIE)

*Soutenue le 05/12/2017*

*Devant l'honorable jury composé de :*

*Président de jury* : M.BENYAHIA Mohamed ..... (Professeur, UDL/SBA)  
*Examineurs* : M.BACHIR BOUIADJRA S.E ..... (M.C.A, UDL/SBA)  
M. DELLAL Abdelkader ..... (Professeur, Univ. Tiaret)  
*Directeur de thèse* : M.MAATOUG M'Hamed ..... (Professeur, Univ. Tiaret)  
*Co-Directeur de thèse* : M.HELLAL Benchaben ..... (Professeur, Univ. Tiaret)

**Année universitaire 2016 -2017**

# Résumé :

La présente étude a pour objet de rechercher d'éventuelles causalités du dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le parc national de Theniet El Had. Il s'agit de mettre en évidence les taux de dépérissement enregistrés à travers les densités enregistrées et la répartition des tiges. L'étude est réalisée à travers quarante (40) placettes concentriques de 2, 5 et 10ares en plus de celles rectangulaires de 2 ares dans le versant nord de la cédraie. Des prélèvements pédologiques à des fins d'analyses physico-chimiques ont été effectués dans chacune des placettes d'étude. Des mesures dendrométriques y sont réalisées sur l'ensemble des tiges des placettes de 2, 5 et 10ares. Il en ressort que le dépérissement, à travers l'analyse de la variance et le test de Spearman, est lié aux caractéristiques dendrométriques indicatrices de concurrence.

L'étude de la concurrence des tiges à travers les indices de compétition de Hart-Becking, indice de chevauchement d'air et l'indice de compétition interindividuelle de Schütz montre que le dépérissement est lié à la compétition des tiges, loin qu'il soit lié à la densité du fait que 75% des placettes appartiennent à la classe des éclaircies fortes.

La répartition spatiale des tiges étant chaotique, les cimes présentent une détérioration influencée par l'enchevêtrement des houppiers. On enregistre plus de 50% des tiges dépérisées qui présentent un indice de chevauchement supérieur à 65%. L'indice de compétition interindividuelle de Schütz montre que la compétition entre les tiges de cèdre est importante. L'adaptation d'un plan de gestion engendrant à la fois la gestion du dépérissement à court et long terme ainsi que l'aménagement de la répartition spatiale des tiges et la régulation de distribution des densités sera d'une opportunité fondamentale pour la vigueur et la vitalité des cèdres.

**Mots clés : Cèdre de l'Atlas, dépérissement, densité, répartition des tiges, Theniet El Had.**

# ملخص:

هذه الدراسة تهدف إلى بحث مدى تأثير كثافة الأشجار و كيفية توزعها على موت أشجار الأرز الأطلسي في الحظيرة الوطنية لثنية الحد التي تتميز بمناخ شبه رطب ذو شتاء بارد. بعد وضع 04 وحدات نموذجية تحتوي كل واحدة منها على 3 وحدات دائرية مركزية ذات مساحات قدرها 2، 5 و 10 أرحيث قيست كل الأشجار وأخذت عينات تربة من كل وحدة لدراسة خصائصها و أخرى مستطيلة مساحتها آران لمعرفة طريقة توزع الأشجار، تبين أن موت الأرز الأطلسي متعلق بقياسات الأشجار الدالة على المنافسة (المحيطُ الحجمُ التاج و المساحة القاعدية).

من خلال دراسة المنافسة بين الأشجار عن طريق معامل تداخل التيجان تبين ان اكثر من 50% من الاشجار الميتة تعرضت الى معامل منافسة مقدرب 65%. رسم الاشجار و تيجانها بين ان التوزع العشوائي لها أدى إلى تداخل الأغصان و التغيير في طريقة توضعها.

معامل المنافسة ما بين الأشجار لSchütz أظهر وجود منافسة كبيرة بين أشجار الأرز. و لهذا، فإن تكييف مخطط إدارة الحظيرة حيث يؤخذ بعين الإعتبار التعامل مع موت الأرز على المدى القريب والبعيد وكذا توزع الأشجار و الكثافة يكون ذو فائدة أساسية للحفاظ على سلامتها.

**الكلمات المفتاحية:** الأرز الأطلسي، موت أشجار الأرز، الكثافة، توزع الأشجار، الحظيرة الوطنية لثنية الحد.

## Abstract:

This study aim to search the impact of trees density and their distribution across decline Atlas cedar « *Cedrus atlantica Manetti* » in National Park of Theniet-el-had which characterized by a bioclimatic sub-humid with cold winter. 40 concentric sample units were does each one has variable surfaces of 2, 5 and 10 acres and rectangular units of 2 acres installed. All the trees were dendrometric characteristics measurement and soil sample was takes from each concentric unit and, even, localization of trees inside the rectangular sample to scheme their distribution. Result show that the decline of Atlas cedar are correlated to the dendrometrics factors submitted to the competition. The chaotic distribution of trees where crowns was entirely modified and the vital space is affected. Overlap index studys shows 50% of declined Atlas cedar trees has overlapping index greater than 75%. Shütz index of competition show that the competition between the Atlas cedar trees is important. Therefore the adaptation of the management plan how supervising Atlas cedar decline and organize trees distribution could improve more living space for trees and, even, their subsistence.

**Key words: Atlas cedar, decline, density, trees distribution, Theniet el had.**

# Remerciements

*Avant de présenter ce modeste travail, je tiens à remercier mon Dieu le tout puissant de m'avoir accordé la volonté, la force et la patience pour terminer ce travail.*

*Qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude et toute ma reconnaissance à monsieur **MAATOUG M.** mon directeur de thèse et à Monsieur **HELLAL B.** mon co-directeur de thèse que je respect énormément, je les remercie du fond du cœur pour leurs aides et leurs précieux conseils. C'est surtout grâce à eux que je suis parvenu à réaliser ce travail.*

*Que **M.BENYAHIA M.**, trouve ici l'expression de mon profond respect pour m'avoir honoré de présider le jury.*

*Que **M. DELLAL A.** et **Bachir BOUIADJRA S.E.**, qui ont bien voulu examiner de près ce travail, trouvent ici mes plus vifs remerciements.*

*Je ne saurais oublier **ZEDEK M.**, **AZOUI B.**, **BENKHETTOU A.** et **TALIB A.** pour l'aide qui m'a été très utiles le long de ce travail.*

*Que tout le personnel du parc soit vivement remercié.*

*Que toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin soient rassurées qu'aucune d'elle n'est oubliée.*

# Sommaire

- Liste des figures
- Liste des tableaux
- Liste des abréviations

<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
------------------------------------	----------

## **PREMIÈRE PARTIE : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

### ***Chapitre 1 : Monographie du cèdre de l'atlas***

1.1. Aperçu.....	3
1.2. Systématique.....	4
1.3. Caractères botaniques .....	4
1.4. Caractères écologiques.....	6
1.4.1. Climat.....	6
1.4.2. Sol .....	6
1.4.3. Altitude .....	7
1.3. Aire de répartition .....	7

### ***Chapitre 2 : Dépérissement forestier***

2.1. Aperçu.....	9
2.2. Facteurs de dépérissement .....	10
2.3. Symptômes de dépérissement.....	12
2.4. Actions prises pour lutter contre le dépérissement .....	13
2.4.1. Actions à court terme .....	13
2.4.2. Actions à long terme .....	13
2.5. Conséquences du dépérissement des forêts .....	14
2.6. Le dépérissement du cèdre de l'Atlas en Algérie .....	14

## **DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE**

### ***Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude***

3.1. Aperçu.....	17
3.2. Situation géographique .....	17
3.3. Limites géographiques et superficie .....	18
3.4. Topographie .....	19
3.5. Géologie.....	19
3.6. Pédologie.....	19
3.7. Réseau hydrique.....	19
3.8. Climat.....	20
3.8.1. Températures.....	20
3.8.2. Précipitations.....	20
3.8.3. Vent.....	22
3.8.4. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN .....	22
3.8.5. Quotient pluviométrique d'Emberger .....	23
3.4. Biodiversité .....	24
3.4.1. Flore .....	24
3.4.2. Faune.....	24
3.5. Contraintes et délits.....	24
3.6. Régénération .....	25
3.7. Dépérissement.....	25

### ***Chapitre 4 : Matériels et méthode***

4.1. Principe et objectif.....	26
4.2. Méthodologie d'étude .....	26
4.2.1. Installation des placettes .....	26
4.2.2. Délimitation des placettes .....	29
4.2.3. Récolte des données.....	30
4.2.3.1. Récolte des données dans les placettes circulaires .....	30
4.2.3.2. Récolte des données dans les placettes rectangulaires.....	30

## **TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### ***Chapitre 5 : Structure et état sanitaire des peuplements du cèdre de l'Atlas***

5.1. Structure des peuplements .....	33
5.1.1. Etat des peuplements de cèdre échantillonnés .....	33
5.1.2. Caractéristiques dendrométriques du cèdre de l'Atlas.....	34
5.1.2.1. Hauteur dominante.....	35
5.1.2.2. Circonférence dominante .....	36
5.1.2.3. Hauteur totale moyenne .....	37
5.1.2.4. Circonférence moyenne 1.30m .....	37
5.1.2.5. Surface terrière totale.....	38
5.1.2.6. Densité totale .....	39
5.1.2.7. Longueur du houppier et du fût .....	39
5.1.1.5.8. Estimation du volume totale .....	40
5.2. Etude symptomatologique des peuplements de cèdre .....	42
5.2.1. Etat sanitaire du feuillage.....	42
5.2.2. Etat sanitaire du houppier .....	43
5.2.3. Production des cônes.....	44
5.2.4. Forme de tiges .....	45
5.2.5. Indice sanitaire .....	45

### ***Chapitre 6 : Etude du dépérissement***

6.1. Relation entre le dépérissement et les caractéristiques dendrométriques .....	48
6.1.1. Relation entre le dépérissement et la hauteur dominante .....	49
6.1.2. Relation entre le dépérissement et la circonférence dominante.....	49
6.1.3. Relation entre le dépérissement et l'indice de fertilité.....	50
6.1.4. Relation entre le dépérissement et la densité totale .....	51
6.1.5. Relation entre le dépérissement et le volume total .....	53
6.1.6. Relation entre le dépérissement et la hauteur moyenne.....	54
6.1.7. Relation entre le dépérissement et la circonférence moyenne.....	55
6.1.8. Relation entre le dépérissement et la surface terrière totale .....	56
6.1.9. Relation entre le dépérissement et la hauteur du houppier .....	57

6.1.10. Corrélation de Spearman entre les caractéristiques dendrométriques .....	58
6.2. Etude de la concurrence des arbres .....	60
6.2.1. Indice d'espacement de Hart-Becking .....	61
6.2.2. Evolution du dépérissement à travers la grandeur des superficies .....	64
6.2.3. Etat de sociabilité des tiges .....	65
6.2.4. Indice de chevauchement d'air .....	65
6.2.5. Indice de compétition interindividuelle de SCHÜTZ .....	69
6.3. Relation entre le dépérissement et les facteurs du milieu .....	72
6.3.1. Relation entre le dépérissement et les facteurs écologiques .....	72
6.3.2. Relation entre le dépérissement et les caractéristiques édaphiques .....	76
Conclusion générale.....	80
<i>Références bibliographiques</i> .....	83

*Annexe*

# Liste des figures

<b>Fig. 1.1</b> : Localisation du cèdre de l'Atlas ( <i>Cedrus atlantica</i> Manetti) en Algérie.....	08
<b>Fig. 2.1</b> : L'évolution du dépérissement d'un arbre sujet à des stress biotiques et abiotiques.....	10
<b>Fig. 2.2</b> : La spirale du dépérissement.....	11
<b>Fig. 2.3</b> : Lieu où sévit un dépérissement accru lié au climat .....	15
<b>Fig. 2.4</b> : Processus de dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le parc national de Theniet el Had ....	16
<b>Fig. 3.1</b> : Situation du Parc National de Theniet El Had.....	18
<b>Fig. 3.2</b> : Cantons du Parc National de Theniet El Had .....	18
<b>Fig. 3.3</b> : Variation des précipitations annuelles .....	21
<b>Fig. 3.4</b> : Variation des précipitations mensuelles .....	21
<b>Fig. 3.5</b> : Diagramme ombrothèrmique de Bagnouls et Gausson relatif à la zone d'étude.....	22
<b>Fig. 3.6</b> : Quotient pluviométrique d'Emberger pour la zone d'étude .....	23
<b>Fig. 4.1</b> : Répartition des 40 placettes d'étude .....	27
<b>Fig. 4.2</b> : Modèle de répartition des unités d'échantillonnage de la placette circulaire .....	28
<b>Fig. 4.3</b> : Modèle d'installation de la placette rectangulaire .....	29
<b>Fig. 4.5</b> : Modélisation de la répartition des tiges dans la placette rectangulaire.....	31
<b>Fig.4.5a</b> : Mesure des rayons du houppier <i>*vue horizontale*</i> .....	31
<b>Fig.4.5b</b> : Mesure des rayons du houppier <i>*vue latérale*</i> .....	32
<b>Fig. 5.1</b> : Hauteurs totales moyennes des espèces inventoriées .....	34
<b>Fig. 5.2</b> : Circonférences moyennes à 1.30m des espèces inventoriées .....	34
<b>Fig. 5.3</b> : Fréquences relatives des surfaces terrières totales des espèces inventoriées.....	35
<b>Fig. 5.4</b> : Fréquences relatives des surfaces terrières totales des espèces inventoriées.....	35
<b>Fig. 5.5</b> : Distribution des placettes sur les classes de Hauteur dominante.....	36
<b>Fig. 5.6</b> : Distribution des placettes sur les classes de Circonférence dominante.....	36
<b>Fig. 5.7</b> : Distribution des placettes sur les classes de Hauteur totale moyenne .....	37
<b>Fig. 5.8</b> : Distribution des placettes sur les classes de Circonférence moyenne à 1.30m .....	38

<b>Fig. 5.9 :</b> Distribution des placettes sur les classes de Surface terrière.....	38
<b>Fig.5.10 :</b> Distribution des placettes sur les classes de densité .....	39
<b>Fig.5.11 :</b> Distribution des placettes sur les classes de longueur du houppier .....	40
<b>Fig.5.12 :</b> Distribution des placettes sur les classes de longueur du fût.....	40
<b>Fig.5.13 :</b> Distribution des placettes sur les classes de volume total .....	41
<b>Fig.5.14 :</b> Distribution en fréquences relatives de l'état de santé du feuillage.....	43
<b>Fig.5.15 :</b> Distribution en fréquence relative des classes des dégâts du houppier .....	44
<b>Fig.5.16 :</b> Distribution en fréquence relative des catégories de production des cônes .....	44
<b>Fig.5.17 :</b> Distribution en fréquence relative des formes des tiges recensées.....	45
<b>Fig.5.18 :</b> Distribution en fréquence relative des niveaux de l'indice sanitaire.....	47
<b>Fig. 6.1 :</b> Taux de dépérissement à travers les classes de hauteur dominante.....	49
<b>Fig. 6.2 :</b> Taux de dépérissement à travers les classes de circonférence dominante.....	50
<b>Fig. 6.3 :</b> Taux de dépérissement à travers les classes de fertilité.....	51
<b>Fig. 6.4 :</b> Taux de dépérissement à travers les classes de la densité totale .....	52
<b>Fig. 6.5 :</b> Taux de dépérissement à travers les classes de volume.....	53
<b>Fig. 6.6 :</b> Taux de dépérissement à travers les classes de hauteur moyenne.....	54
<b>Fig. 6.7 :</b> Taux de dépérissement à travers les classes de circonférence moyenne .....	56
<b>Fig. 6.8 :</b> Taux de dépérissement à travers les classes de surface terrière .....	57
<b>Fig. 6.9 :</b> Taux de dépérissement à travers les classes des hauteurs des houppiers .....	58
<b>Fig.6.10 :</b> Expressions numériques de densité à partir du degré de fermeture des houppiers.....	60
<b>Fig.6.11 :</b> Répartition des placettes selon l'indice d'espacement de Hart-Becking.....	62
<b>Fig.6.12 :</b> Taux de dépérissement à travers les classes de l'indice de Hart-Becking.....	63
<b>Fig.6.13 :</b> Taux de dépérissement à travers les unités d'échantillonnage .....	64
<b>Fig.6.14 :</b> Sociabilité des tiges et état des houppiers.....	65
<b>Fig.6.15 :</b> Indice de chevauchement d'air .....	66
<b>Fig.6.16 :</b> Corrélation entre le diamètre du houppier et le diamètre à 1.30m .....	67
<b>Fig.6.17 :</b> Etat de recouvrement des surfaces d'influence.....	68
<b>Fig.6.18 :</b> Fréquence relative des classes de l'indice de chevauchement d'aire .....	69
<b>Fig.6.19 :</b> Indice de compétition de Schütz.....	70

<b>Fig.6.20</b> : Fréquence relative des classes du taux d'arbres voisins compétiteurs .....	71
<b>Fig.6.21</b> : Taux de dépérissement à travers les microreliefs recensés.....	73
<b>Fig.6.22</b> : Taux de dépérissement à travers l'étagement altitudinal.....	74
<b>Fig.6.23</b> : Taux de dépérissement à travers les classes de pente.....	75
<b>Fig.6.24</b> : Taux de dépérissement à travers les expositions .....	76
<b>Fig.6.25</b> : Taux de dépérissement et stratification des propriétés physico-chimiques du sol .....	78

# Liste des tableaux

<b>Tableau 5.1</b>	: Caractéristiques dendrométriques des espèces inventoriées.....	34
<b>Tableau 5.2</b>	: Récapitulatif des caractéristiques dendrométriques du cèdre de l'Atlas .....	42
<b>Tableau 5.3</b>	: Classes de notation des dégâts des houppiers.....	43
<b>Tableau 5.4</b>	: Niveaux de l'indice sanitaire .....	46
<b>Tableau 6.1</b>	: Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la hauteur dominante....	49
<b>Tableau 6.2</b>	: Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la circonférence dominante.....	50
<b>Tableau 6.3</b>	: Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et l'indice de fertilité.....	51
<b>Tableau 6.4</b>	: Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la densité totale .....	53
<b>Tableau 6.5</b>	: Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et le volume total.....	54
<b>Tableau 6.6</b>	: Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la hauteur.....	55
<b>Tableau 6.7</b>	: Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la circonférence moyenne.....	55
<b>Tableau 6.8</b>	: Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la surface terrière.....	56
<b>Tableau 6.9</b>	: Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la hauteur du houppier .....	58
<b>Tableau6.10</b>	: Matrice de corrélation de Spearman entre le dépérissement et les caractéristiques dendrométriques (Placette de 02 ares) .....	58
<b>Tableau6.11</b>	: Matrice de corrélation de Spearman entre le dépérissement et les caractéristiques dendrométriques (Placette de 05 ares) .....	59
<b>Tableau6.12</b>	: Matrice de corrélation de Spearman entre le dépérissement et les caractéristiques dendrométriques (Placette de 10 ares) .....	59
<b>Tableau6.13</b>	: Résultat de l'indice de Hart-Becking à travers les placettes échantillonnées.....	62
<b>Tableau6.14</b>	: Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et l'indice d'espacement de Hart-Becking.....	63

<b>Tableau6.15</b> : Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la grandeur des unités d'échantillonnage.....	64
<b>Tableau6.16</b> : Ratio d'arbres voisins compétiteurs d'après l'indice de <i>Schütz</i> à travers les 40 placettes recensées .....	71
<b>Tableau6.17</b> : Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et les facteurs écologiques .....	76
<b>Tableau6.18</b> : Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et les facteurs édaphiques.....	79

# Liste des abréviations

<b>%</b>	: Pourcentage
<b>°</b>	: Degré
<b>°C</b>	: Degré Celsius
<b><math>C_{1.30}</math></b>	: Circonférence à 1.30m
<b><math>C_{20}</math></b>	: Circonférence à 20cm
<b><math>C_{dom}</math></b>	: Circonférence dominante
<b><i>cm</i></b>	: Centimètre
<b><math>C_{moy}</math></b>	: Circonférence moyenne
<b><i>d</i></b>	: Diamètre à 1.30m
<b><i>D</i></b>	: Distance entre les deux voyants de la mire en terrain horizontal
<b><i>D.G.F</i></b>	: Direction Générale des Forêts
<b><i>D'</i></b>	: Distance entre les deux voyants de la mire en terrain incliné
<b><i>DEP</i></b>	: Taux de dépérissement
<b><math>d_{ho}</math></b>	: Diamètre du houppier
<b><math>D_{tot}</math></b>	: Densité totale
<b><math>E_{v,c}</math></b>	: Distance entre les extrémités de l'arbre voisin et central
<b><math>G_{tot}</math></b>	: Surface terrière totale
<b><i>ha</i></b>	: Hectare
<b><math>H_c</math></b>	: Hauteur de l'arbre central
<b><math>H_{dom}</math></b>	: Hauteur dominante
<b><i>HH</i></b>	: Hauteur du houppier
<b><math>H_{moy}</math></b>	: Hauteur moyenne
<b><math>H_t</math></b>	: Hauteur totale
<b><math>H_v</math></b>	: Hauteur de l'arbre voisin
<b><i>IC</i></b>	: Indice de chevauchement
<b><i>IF</i></b>	: Indice de fertilité
<b><i>L</i></b>	: Largeur du rectangle en terrain horizontal
<b><i>L'</i></b>	: Largeur du rectangle en terrain incliné
<b><i>M</i></b>	: Température maximale du mois le plus chaud (en degrés Kelvin)
<b><i>m</i></b>	: Température minimale du mois le plus froid (en degrés Kelvin)

<b><i>Max.</i></b>	: Maximum
<b><i>Min.</i></b>	: Minimum
<b><i>Moy.</i></b>	: Moyenne
<b><i>NT</i></b>	: Nombre de tiges
<b><i>P</i></b>	: Précipitation annuelle (mm)
<b><i>Q<sub>2</sub></i></b>	: Quotient pluviométrique d'Emberger
<b><i>r</i></b>	: Rayons du houppier
<b><i>R<sup>2</sup></i></b>	: Coefficient de détermination
<b><i>r<sub>c</sub></i></b>	: Rayon de l'arbre central
<b><i>r<sub>v</sub></i></b>	: Rayon de l'arbre voisin
<b><i>S</i></b>	: Surface du cercle à installer sur le terrain
<b><i>Si</i></b>	: Surface d'influence
<b><i>Sr<sup>2</sup></i></b>	: Variance résiduelle
<b><i>s %</i></b>	: Indice de Hart-Becking
<b><i>T</i></b>	: Température
<b><i>V<sub>p</sub></i></b>	: Volume bois prélevé
<b><i>V<sub>sp</sub></i></b>	: Volume du bois sur pied
<b><i>V<sub>tot</sub></i></b>	: Volume bois total
<b><i>α</i></b>	: Pente de terrain en degrés

# INTRODUCTION

## INTRODUCTION

Le cèdre de l'Atlas, essence noble, présente par ses qualités bioécologiques et bioéconomiques une importance non négligeable et une intention particulière. Il occupe par excellence les montagnes nord africaines soit celles de l'Algérie et du Maroc (Quezel, 1999).

En Algérie, le cèdre occupe une superficie évaluée à 1.2% de la superficie forestière totale à l'état de beaux peuplements érigés, dans l'ensemble, en parc nationaux (Nedjahi, 1993). Situation dénotant de l'importance dont il bénéficie.

Toutefois, cette attention hautement appréciée pour cette essence, n'empêche qu'elle demeure exposée à des contraintes d'une grande ampleur menaçant sa pérennité, si aucune action réfléchie n'est prise. Il s'agit, de plus des contraintes anthropiques, celles écologiques, essentiellement, le dépérissement.

Quoique plusieurs hypothèses aient été soulevées pour ce fléau, affectant la quasi-totalité des cédraies Algérienne, attaques parasitaires, pollution et changements climatiques, aucune d'elles n'est réellement confirmées.

Des études récentes sur ce fléau en Algérie ont pu le mettre en évidence avec le réchauffement climatique. Quoique cette hypothèse soit soutenue, elle n'en demeure pas loin qu'elle soit l'une des facteurs accélérant le dépérissement qui est défini comme un phénomène complexe évolutif dû à plusieurs facteurs biotiques et abiotiques (Corvol-dessert, 2002 ; Allen, 2009).

La cédraie de Theniet el Had, l'une des plus belles cédraies de l'Algérie (Boudy, 1950). Demeure, hélas, exposée à ce fléau depuis l'année 1984, où 3000 arbres morts ont été dénombrés par le service forestier, soit une année après le stress hydrique qui a connu ce massif (Sarmoum, 2008). Ce qui remet en cause la vigueur des arbres qui n'ont pas pu résister à un tel stress de courte période.

Une recherche bibliographique sur l'état rétrospective de la cédraie montre que le dépérissement a déjà affecté le cèdre durant la période 1862 et jusqu'à 1870 où l'administration forestière entama, par le biais d'une main d'œuvre militaire, des opérations de nettoyage de la forêt de bois mort sur pied sur des surfaces considérables, et le dépérissement fût alors disparaître.

Derak et *al.* (2008) soulève que le facteur prédisposant du dépérissement du cèdre à Sidi M'guild au Maroc est à l'origine d'une compétition suite à une surdensité de tiges sur pied.

L'influence de la densité sur les qualités dendrométriques et l'état sanitaire des arbres est de plus en plus une problématique soulevée par plusieurs chercheurs.

Ainsi, on s'intéresse par le biais de ce travail à mettre en évidence le dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le parc national de Theniet El Had avec la densité et l'état de sociabilité des tiges dans la mesure où aucune intervention sylvicole n'est permise dans cette cédraie qui revêt une importance particulière dans la mesure où elle fut le premier parc national créé en 1923, soit pendant la période coloniale, et reproclamé encore parc national en 1983, soit après l'indépendance.

Lors de ce travail, l'éventuelle relation entre le dépérissement du cèdre et la densité d'une part, et l'état de sociabilité des tiges, d'une autre part, est celui au quel sera soumis le protocole expérimental et les analyses inhérentes à de telle hypothèse.

Il s'agit d'identifier d'une manière objective et rationnelle l'intensité de compétitivité des tiges pour l'espace vital, et mettre en évidence cette considération avec l'ampleur du dépérissement pour cette cédraie issue naturellement.

Dès lors, l'objectif de cette étude consiste à concrétiser l'influence de la densité et l'état de sociabilité des tiges comme étant un facteur prédisposant dans le processus de dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le parc national de Theniet El Had.

Ainsi, cette étude sera ordonnée en trois parties :

De prime abord, un aperçu sur la monographie du cèdre de l'Atlas et l'identification du dépérissement forestiers et son ampleur feront l'objet du premier et deuxième chapitre.

Le troisième et le quatrième chapitre seront consacrés à la présentation identificatrice de la zone d'étude, le protocole expérimental à envisager et les données à récolter.

En définitive, les données récoltées feront l'objet d'analyse et d'interprétations exhaustives à travers le cinquième et le sixième chapitre.

Nous comptons, par ce travail, à mieux pouvoir asseoir davantage une banque de données fiables et de permettre au service forestier des approches objectives en vue de décisions pratiques appropriées.

# PREMIERE PARTIE

## SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

# CHAPITRE 1

*Monographie du*

*Cèdre de l'Atlas*

## 1. Monographie du cèdre de l'atlas :

### 1.1. Aperçu :

De part son port majestueux et de sa splendeur d'authenticité, Macquart (1852) témoigne d'un ton révélateur que « le cèdre, ce roi des végétaux, cet emblème de la puissance, se rattache à Salomon, à l'Arche d'alliance, au palais de Persépolis, d'Ephèse ; il jouit d'une célébrité à l'abri, comme son bois, de toute altération. Réunissant au plus haut degré les formes, l'élévation, l'ampleur, la longévité, il domine tout le règne végétal. ».

Vénééré depuis la plus haute antiquité, sa seule évocation conduit à un imaginaire mythique (M'hirit et Benzyane, 2006). Il est le symbole de majesté et de force en raison de sa longévité, sa vigueur, son odeur, sa durabilité naturelle et essentiellement pour son utilisation (Boudy, 1950).

A travers les siècles, le cèdre a joué un rôle important dans le développement de la culture et du commerce. Les phéniciens l'utilisèrent pour la construction de leurs flottes et les Ephésiens pour ériger le temple d'Artémis (Alfred-Maury, 1857 ; Prieur, 1989).

Le bois de cèdre constitue aussi une part importante de la superbe charpente du temple des hébreux (Chateaubriand, 1862).

Les Egyptiens antiques utilisèrent la résine du cèdre dans la momification (Pijut, 2000). Selon une légende égyptienne le bruissement des feuilles sous le vent dans les forêts de cèdre n'était autre que la plaine d'Osiris dont le corps était enfermé dans un cercueil confectionné en bois de cèdre. Ainsi, cet arbre symbolisait l'immortalité et l'incorruptibilité (Toth, 1990 *in* Beghami, 2010 ; M'hirit et Benzyane, 2006).

Les artisans du bois d'Egypte réalisaient des cercueils en bois de cèdre, dont la forte odeur résineuse avait la réputation d'adoucir le corps et de chasser les insectes (Jacques et *al.*, 1847 ; Seigue, 1985; Chaney, 1993 *in* Rahmani, 2003).

Les indiens utilisaient le bois de cèdre pour fabriquer l'encens. Ils en remplissaient leurs pipes et rejetaient la fumée odorante.

Dans certaines religions, il est considéré comme l'arbre du jardin d'Eden dont une branche aurait été **le bâton de Moïse** (Chalchat et *al.*, 1994 *in* Rahmani, 2003).

Ainsi, les arabes l'ont employé largement dans la décoration et les panneaux muraux (Seigue, 1985).

D'après Guassen *in* Derridj (1990), le genre *Cedrus* est le plus ancien après celui de *Pinus* ; Son apparition relève du *tertiaire* où il occupait une étendue allant de l'*Himalaya* à l'*Atlas marocain*. Des études paléobotaniques font ressortir des fossiles relevant du crétacé et du jurassique de Belgique, du nord de la France, du Havre et de Haute Marne dont le nom reflète celui du genre *Cedrus* essentiellement : *Cedrostrobus caneti*, *Protocedroxylon araucazioides*, *Cedrus*

*lennieri*, *Cedroxylon reticulatum*, *Cedroxylon barremianum*, *Cedrus manehuldense* et *Cedrus oblonga*. (Pontoppidan, 1997 ; M'herit et Benzyane, 2006).

### 1.2. Systématique :

La valeur taxonomique du genre *Cedrus* a été longtemps intégrée dans une seule espèce, soit celle de ***Cedrus libanotica* Link** (M'herit et Benzyane, 2006). Cependant, quatre espèces bien distinctes, de diverses répartitions biogéographiques, sont mentionnées dans la littérature (Arbez et al., 1978 ; Arbez, 1987 ; Quezel et Medail, 2003) : *Cedrus atlantica* Manetti, *Cedrus libani* Barrel, *Cedrus brevifolia* Henri et *Cedrus deodara* Loudon

Ces quatre espèces répondent à la systématique suivante :

- \*\* - Embranchement ..... **Spermatophyta**
- \*\* - Sous-Embranchement ..... **Gymnosperma**
- \*\* - Classe ..... **Coniferopsida**
- \*\* - Ordre ..... **Coniferales**
- \*\* - Famille ..... **Pinacées**
- \*\* - Genre ..... **Cedrus**

*Cedrus atlantica* Manetti est identifié communément par **Cèdre de l'Atlas** (nom vernaculaire), **Arez ou Meddad** (nom arabe) et **Begnoune ou Idguel** (nom berbère).

Selon Rameau et al. (2008), *Cedrus atlantica* est un nom d'origine gréco-latin dont la signification est la suivante :

- ✓ *Cedrus* du grec **Kedros** : veut dire **Arbre** ;
- ✓ *atlantica* du latin **atlanticus** : veut dire des **régions atlantiques (Atlas marocain)**.

### 1.3. Caractères botaniques :

Le cèdre de l'Atlas est un arbre résineux caractérisé par une croissance rapide à l'état jeune (Pijut, 2000) et une longévité dépassant les sept siècles (Boudy, 1950).

- *Les feuilles* : sont des aiguilles persistantes de 1 à 3cm de longueur et de 1 à 1,3mm de largeur. De couleur verte ou glauque, leur durée de vie est de trois ans. Elles sont rassemblées en rosettes portées sur des rameaux courts et sur d'autres rameaux de taille moyenne sur lesquels elles sont en spirales (Pontoppidan, 1997 ; Toth, 2005 ; Godet, 2007).

- *Le port* : est pyramidal au jeune âge, il est de forme tabulaire à l'âge adulte (Boudy, 1952 ; Riou-nivert, 2001 ; Losange, 2008). Le tronc est souvent monopodial orthotrope (Rameau et al., 1994, 2005, 2008 ; Sabatier et Barthelemy, 1994 ; Riou-nivert, 2001). De forme rectiligne, peut

atteindre 40m voire 60m de hauteur totale et 3m de diamètre à hauteur d'homme voire plus (Sari, 1977 ; White, 1986 ; Meddour, 1994 ; Coombes, 2001 ; Jacmon, 2001 ; Riou-nivert, 2001). Selon Hoefler (1850), le cèdre de l'Atlas peut atteindre une circonférence de douze mètres.

- *L'écorce* : est de couleur grise, composée de petites écailles lisses à l'état jeune, et elle devient crevassée à l'âge adulte (Toth, 1981 in Khanfouci, 2005 ; Coombes, 2001 ; Riou-nivert, 2001 ; Duperat et Polese, 2007).

- *L'inflorescence* : Espèce monoïque, la fructification varie en fonction des conditions stationnelles. Elle peut être précoce (15 à 20ans) dans des conditions appropriées et débute à l'âge de 25 ans dans des conditions moyennes (Macquart, 1852 ; Lapie et Maige, 1914 ; Toth, 1978 ; Lamhamedi et Chbouki, 1994 ; Coombes, 2001 ; Riou-nivert, 2001).

Les chatons mâles, jaunes et cylindriques, en forme de bourgeon arrondi recouvert d'une pellicule cireuse, apparaissent généralement lors de la fin du mois de juin (Toth, 1978 ; Becker et al., 1983 ; Ezzahiri et Belghazi, 2000 ; Jacmon, 2001).

Les chatons femelles, de forme ovoïde et de couleur vert-bleuâtre apparaissent deux mois après, soit lors de la fin du mois d'août (Toth, 1978 ; Becker et al., 1983 ; Ezzahiri et Belghazi, 2000 ; Jacmon, 2001).

- *La fructification* : Les cônes, engendrant des huiles essentielles utilisées à des fins pharmaceutiques, sont ovoïdes, dressés et de couleur verdâtre, puis marron foncé à maturité. Déprimés au sommet, ils mesurent 5 à 8cm de longueur et 4 à 5cm de largeur (Pontoppidan, 1997 ; Rameau et al., 2008 ; Barrero et al., 2005). Ils parviennent à maturité deux ans après la floraison, soit vers la mi-septembre dans des conditions favorables. La désarticulation a lieu du mois d'octobre vers la fin du mois de novembre de la deuxième année (Toth, 1978 ; Ezzahiri et Belghazi, 2000 ; Rameau et al., 2008).

- *Les graines* : Elles sont de forme irrégulièrement triangulaire d'une taille variant de 8 à 12mm. Elles sont de couleur marron roux à marron claire avec des cavités en parties résineuses comportant une aile développée (Mathieu, 1860 ; Seigue, 1985 ; Philippe et al., 2006). Elles perdent assez vite leur pouvoir germinatif (Boudy, 1950 ; Seigue, 1985). Selon Derridj (1990), les cônes de cèdre portent deux types de graines : des graines fertiles se localisant au milieu du cône et des graines stériles se localisant à la base et au sommet du cône.

- *Les racines* : Le système racinaire est pivotant puissant ce qui explique le bon comportement des cèdres sur sols calcaires superficiels fissurés, même lors des périodes de

sécheresse (Seigue, 1985 ; Ducrey, 1994 ; Ripert et Boisseau, 1994 ; Jacmon, 2001 ; M'hirit et Benzyane, 2006 ; Duperat et Polese, 2007).

- *La reproduction* : Selon Till (1985) in Salgues (2008) le cycle de reproduction peut se résumer comme suit :

- ✓ *Année 01* : Apparition des cônelet, floraison et pollinisation ;
- ✓ *Année 02* : Fécondation des ovules par les gamètes males et croissance des cônes ;
- ✓ *Année 03* : Maturation des cônes et leur désarticulation sous l'effet alternatif de la chaleur, l'humidité et le gel.

Les graines sont disséminées par le vent sur une distance de 20 à 50m (Ezzahiri et Belghazi, 2000).

#### **1.4. Caractères écologiques :**

##### **1.4.1. Climat :**

Le cèdre de l'Atlas est caractéristique des étages bioclimatiques subhumides à per-humides froids à très froids (White, 1986 ; Demarteau et al., 2007). Il connaît ainsi des précipitations allant de 500 à 2000mm par an (Benabid, 1994). Ce grand écart entre le minima et le maxima des précipitation reflète clairement son adaptation à la sécheresse où il profite des précipitations de la bonne saison favorisant la reconstitution d'une importante réserve en eau du sol pour subvenir à ses besoins pendant la saison sèche estivale (Finkelstein, 1981 ; Dahman et Khouja, 1994 ; Hocine et al., 1994). Il s'accommode aux températures minimales du mois le plus froid pouvant se situer entre -1 et -8°C. Il tolère les températures basses et élevées jusqu'à respectivement -25°C et 39°C. La température ambiante correspondant à une bonne productivité varie entre 3 et 7°C (Quezel, 1980 in Benabid, 1994 ; M'hirit et Blerot, 1999 ; Rameau et al., 2008).

##### **1.4.2. Sol :**

Indifférent à la nature lithologique et aux propriétés chimiques du sol, il préfère néanmoins les sols meubles, profonds et caillouteux (Toth, 1970 ; Benabid, 1994 ; Benmouffok, 1994 ; Ripert et Boisseau, 1994 ; Demarteau et al., 2007 ; Lecomte, 2007). Sa croissance demeure faible sur sols peu profond (Harfouche et Nedjahi, 2003). De plus, les sols argileux semblent relever des conditions défavorables (Lepoutre, 1966 ; Lecomte et Lepoutre, 1975). Dans des conditions climatiques favorables, la régénération du cèdre semble beaucoup plus facile et rapide sur des sols sableux que sur des sols argileux (Lepoutre et Pujos, 1963). Cette situation est similaire à celle du cèdre du Liban (Poiteau, 1856).

D'après Quezel (1980 in Mediouni et Yahi, 1994) et M'hirit (1994a) les cédraies sont généralement localisées sur substrats calcaires.

### **1.4.3. Altitude :**

Montagnard par excellence, ses limites inférieures et supérieures diffèrent d'une station à l'autre. Il se rencontre à travers une amplitude altitudinale comprise entre 1200 et 2800m (Benabid, 1982 *in* Benabid, 1994 ; Seigue, 1985 ; Till, 1986, 1987 ; Ducrey, 1994 ; Losange, 2008). En Algérie, il débute à partir de 900m d'altitude (Mediouni et Yahi, 1994 ; Harfouche et Nedjahi, 2003 ; Quezel et Medail 2003).

Dans les Aurès et le Rif, quoique le cèdre soit une espèce montagnarde, il ne forme en aucun point la limite supérieure du massif. Il y est remplacé par le Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*) aux altitudes supérieures à 2800m (Till, 1986).

Sur la base de la variation altitudinale, Pujos (1964) distingue trois types de cédraies :

- Les cédraies basses : Inférieures à 1900m d'altitude ;
- Les cédraies moyennes : Comprises entre 1900 et 2100m d'altitude ;
- Les cédraies hautes : au-delà de 2100m d'altitude.

### **1.5. Aire de répartition :**

D'une aire de répartition très morcelée, le cèdre de l'Atlas présente quatre blocs distincts. Un bloc au Maroc d'une superficie de 90 000 ha et trois blocs en Algérie de 22 500 ha (Letreuch-Belarouci, 1991 ; Gallais et Bannerot, 1992 ; M'hirit, 1994a ; Quezel et Medail 2003).

Au Maroc, son aire de répartition est retenue comme suit :

▪ Rif et les forêts de Tazzeka .....	10 000ha
▪ Moyen Atlas central .....	60 000ha
▪ Moyen Atlas oriental.....	10 000ha
▪ Haut Atlas oriental .....	10 000ha

En Algérie, son aire de répartition, étant morcelée, est recensée à travers les massifs des chaînes des Atlas tellien et saharien (**Fig.1.1**). Elle est répartie comme suit :

-Au niveau de l'Atlas tellien :

▪ Theniet El Had et Ain Antar .....	1 000ha
▪ Atlas blidéen .....	1 000ha
▪ Massif de Djurdjura (Tikjda et Tala Guilef) .....	2 000ha
▪ Monts Babors .....	500ha

-Au niveau de l'Atlas saharien :

▪ Monts de Hodna .....	8 000ha
▪ Monts de Belezma.....	5 000ha
▪ Massif des Aurès .....	5 000ha

D'après Boudy (1950), la superficie s'élevait à 145 000ha dont 116 000ha au Maroc et 29 000ha en Algérie. D'ailleurs, Mokrim et Chbouki (1994) et Quezel et Medail (2003) soulignent que beaucoup de ces cédraies sont actuellement en état de simple survie et condamnées à disparaître dans les prochaines décennies. Surtout celle des Aurès, là où le dépérissement affecte, chaque année, plusieurs hectares de tiges de cèdre.

Le cèdre a fait l'objet de plusieurs introductions, tantôt comme espèce de reboisement, tantôt comme arbre d'ornement. Il est introduit en France en 1862, en Italie en 1864, au Portugal en 1935, en Bulgarie en 1876, en Hongrie en 1930 et plus récemment en Bretagne. Il est de même introduit hors le circumméditerranéen en ex-U.R.S.S. et au Nord-Est des Etats-Unis (Pennsylvanie, Massachussets, New York) (Toth, 1980, 1994, 2005 ; Andrea et Roberto, 1994 ; Csaba, 1994 ; Delkov et Grozev, 1994 ; Riffaud, 1998 ; Hainry et Colombet, 2009).



- 1. Massif des Aurès, 2. Monts de Belezma, 3. Monts du Hodna, 4. Monts de Babor, 5. Massif de Djurdjura, 6. Atlas Blidéen, 7. Massif de l'Ouarsenis (Theniet el Had et Ain Antar)**

**Fig.1.1 : Localisation du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en Algérie (Roche, 2006 modifié par Demarteau, 2006)**

# CHAPITRE 2

## *Dépérissement forestier*

## **2. Dépérissement forestier :**

### **2.1. Aperçu :**

Le dépérissement forestier, autrefois qualifié de *maladie du jardinier* (Gagnon et Roy, 1994), fut déclaré sur les arbres d'ornement (Erable de sucre), puis sur les forêts de l'Est du continent nord-américain au courant de l'année 1910 (Westing, 1966 in Gagnon et Roy, 1994).

Le mot dépérissement, né au seizième siècle du verbe dépérir, a longtemps gradé un sens très général et ne s'appliquant pas spécialement aux végétaux. Le *Dictionnaire de l'Académie* dans ces éditions, le définissant en 1694 comme un « état de décadence qui vient de négligence et de faute de soin », en 1762 comme un « état de décadence » et en 1798 comme étant un « état de décadence, de dégradation et de ruine », sans fournir aucun exemple s'appliquant au monde forestier ou végétal. Il concernait plusieurs champs sémantiques. Ce n'est qu'au dix-septième siècle que les forestiers commencèrent à utiliser le mot « dépérissant » aux arbres en tant qu'individualité propres. Au dix-huitième siècle, il a pris le sens global en s'appliquant à des peuplements (Buridant, 2008).

Plusieurs, sont les définitions du dépérissement forestier :

Manion (1981 in Landmann, 1994) définit le dépérissement comme étant un phénomène causé par un ensemble de facteurs interagissant et se succédant d'une façon particulière, et qui entraînent une détérioration générale et graduelle, se terminant souvent par la mort de l'arbre.

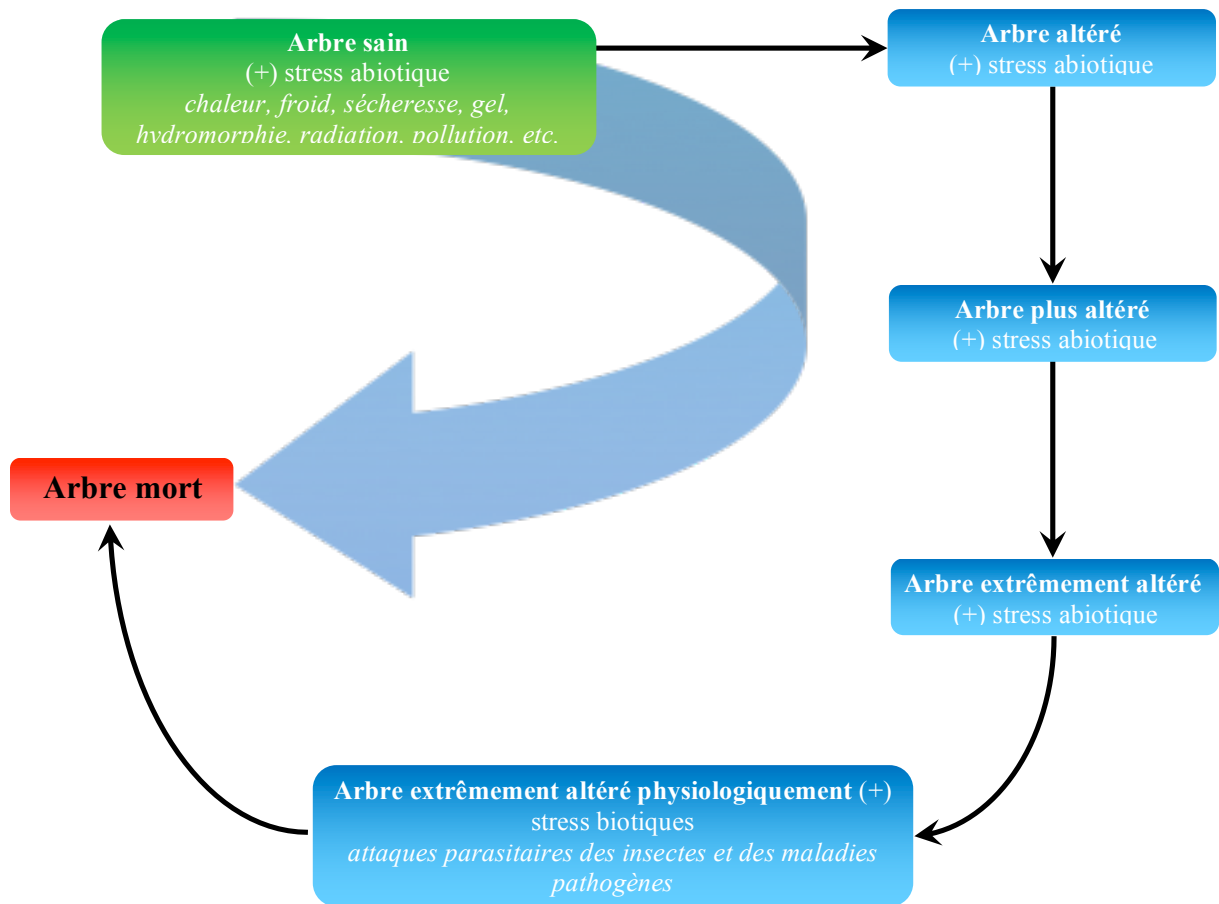
Bonneau (1994), Becker et al (1994) et Amandier (2010) le considèrent comme étant un dysfonctionnement dû rarement à une cause unique, soit souvent le résultat de l'effet de plusieurs facteurs agissant en interaction entre facteurs abiotiques et biotiques ou l'effet combiné des deux facteurs.

Riou-Nivert (2005) identifie le dépérissement comme étant un phénomène complexe évolutif résultant d'une détérioration générale et graduelle des différents types de tissus. Originnaire de l'interaction des stress biotique et abiotique à travers des facteurs prédisposant, déclenchant et aggravant.

Ainsi, le dépérissement relève être un phénomène complexe évolutif dû à : des stress abiotique (climat), l'origine génétique, la pollution, la fertilité stationnelle, l'âge, une sylviculture inappropriée et des facteurs biotiques (attaques parasitaires)

Agissants séparément ou en synergie causant une détérioration générale et graduelle aboutissant à la mort de l'arbre (Fig.2.1). (Aussenac et Guehl, 1994 ; Bonneau, 1994 ; Landmann et Bonneau, 1994 ; Levy et al., 1994 ; Piou, 1994 ; BTSA Gestion forestière, 1997 ; Guyon, 1998 ; Bréda et al.,

2000 ; Landmann, 2000 ; Lebourgeois et al., 2001 ; Landmann, 2002 ; Belrose et al, 2004 ; Allen, 2009 ; Amandier, 2010 ; Duhén, 2011 ; Vennetier, 2012)



**Fig.2.1 : L'évolution du dépérissement d'un arbre sujet à des stress biotiques et abiotiques (Abdendi, 2003)**

## **2.2. Facteurs de dépérissement :**

Comme le montre la figure 2.2, trois principaux facteurs retenus être à l'origine du dépérissement (Landmann, 1994 ; Gagnon et Roy, 1994 ; Guyon et al., 1994 ; Bonneau, 1994 ; Abdendi, 2003 ; Guillaumin et al., 2005 ; Vennetier, 2012). Il s'agit des facteurs *prédisposant*, des facteurs *déclenchant* et des facteurs *aggravants*.

Les facteurs prédisposant sont des facteurs abiotiques tels que le changement climatique, la pollution atmosphérique, la réduction de vigueur liée à l'âge, déficit d'espace vital, etc. ...). Ces facteurs étant permanents, ils agissent au cours d'une longue période à l'affaiblissement général conduisant à la réduction de la productivité sans pour autant altérer la santé de l'arbre.

Les facteurs déclenchant (ou d'incitation) agissant brusquement et de façon intense sur une relativement courte période sur l'arbre stressé (sécheresse, parasite, insectes, pollution de l'air, etc....).

Les facteurs aggravants (contribuant ou d'achèvement) accentuent la perturbation de l'arbre déjà faible et amplifient les effets précédents en contribuant à la mortalité de l'arbre. Dans l'ensemble, il s'agit de facteurs biotiques : insectes, champignons.

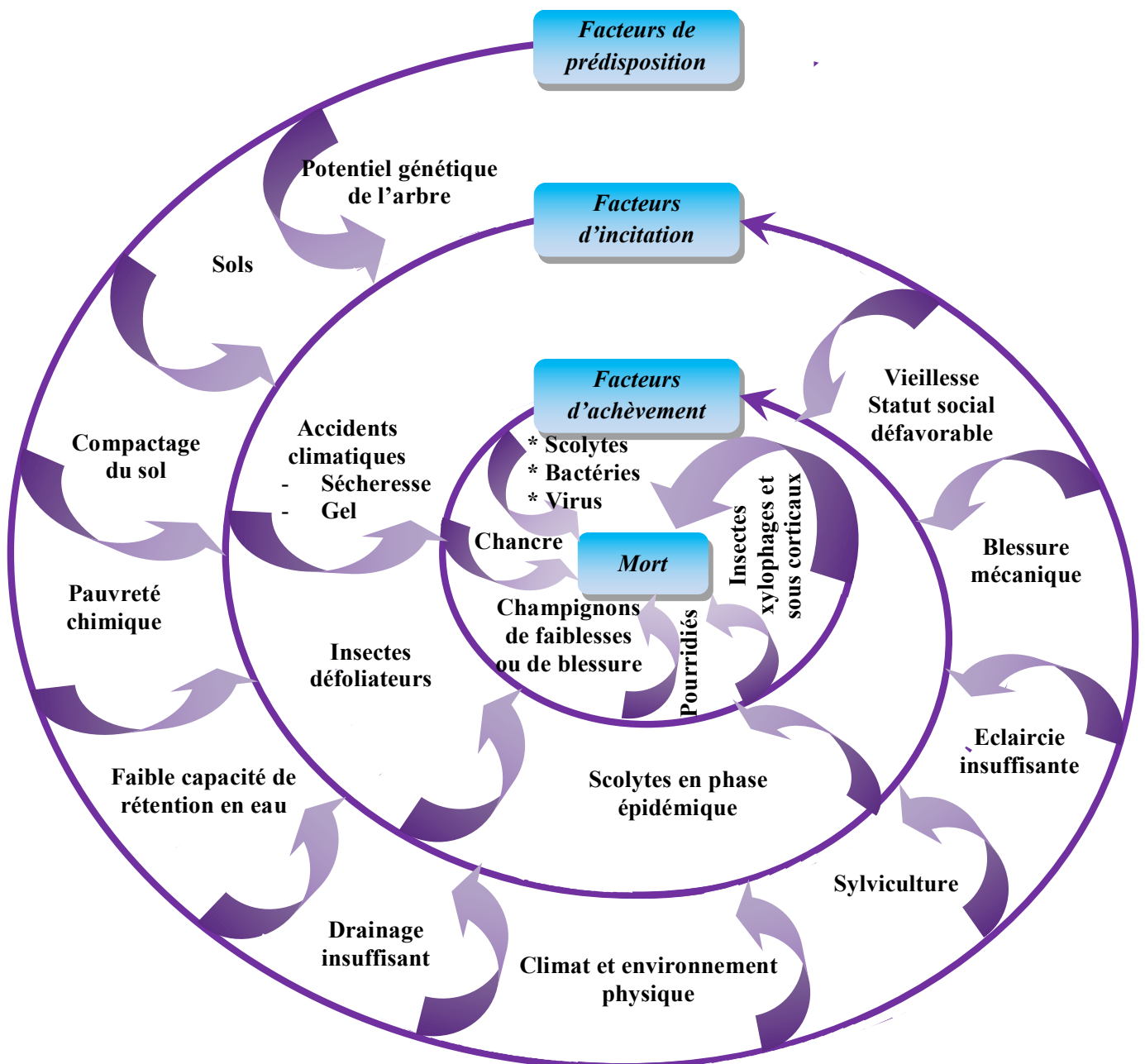


Fig.2.2 : La spirale du dépérissement (Manion, 1981 in M'hirit et Benzyane, 2006)

### **2.3. Symptômes de dépérissement :**

Les symptômes de dépérissement diffèrent d'une essence forestière à une autre. Dans l'ensemble, les principaux symptômes de dépérissement peuvent être résumé comme suit : détérioration de la cime, défoliation, perte d'écorce, perte de branches, perte de croissance, dessèchement du houppier, jaunissement des feuilles et altération racinaire (Landmann et *al.*, 1987 ; Delatour, 1990 ; Garrec, 1994 ; Levy et *al.*, 1994 ; Nageleisen, 1994 ; Piou, 1994 ; Vennetier et *al.*, 2005 ; Nageleisen et Reuter, 2007 ; Vennetier, 2012).

Par ailleurs, si l'on se réfère à Landmann (1994), quelques particularités relatives au dépérissement des arbres forestiers sont signalées au niveau racinaire et des cimes; en plus des caractéristiques spatio-temporelles et de croissance.

#### -Au niveau de la Cime :

- Modification de la structure du houppier : défaut de ramification, croissance faible des rameaux d'où, chez les feuillus, apparence de feuilles disposées en rosettes ;
- Microphyllie (feuilles ou aiguilles de petite taille) ;
- Pertes d'aiguilles anciennes chez les résineux et pertes de rameaux, surtout chez certains feuillus (d'où aggravation possible par des champignons parasites facultatifs) ;
- Mort de portions de la couronne, conférant aux cimes une allure irrégulière ;
- Jaunissements automnaux précoces ou liés à des carences minérales.

#### -Au niveau racinaire :

- Dégénérescence fréquente des racines fines et mycorhizes ;
- Baisse des réserves d'amidon.

#### -En ce qui concerne la croissance :

- Réduction de la croissance avant l'apparition des symptômes visibles.

Nageleisen (1994) rapporte que le dépérissement se traduit, en général, au niveau du houppier par le biais du dessèchement des rameaux ou des branches, de la chute de rameaux verts et de la réduction de la longueur des pousses annuelles. Ils interagissent de façon différentielle tout en donnant un aspect structural pouvant être stratifiés en cinq classes :

#### ✓ **Classe 0 :**

- Absence de symptômes ;
- Houppier opaque ;
- Ramification fine dense.

- ✓ **Classe 1 :**
  - Rameaux fins desséchés dans la périphérie du houppier ;
  - Présence de fenêtres disjointes;
  - Rameaux en fouet.
- ✓ **Classe 2 :**
  - Moins de 50% de branches desséchées dans le houppier;
  - Echancrures dans le houppier ;
- ✓ **Classe 3 :**
  - Branches mortes composant plus de 50% du houppier.
- ✓ **Classe 4 :**
  - Houppier mort ;
  - Arbre mort ou moribond.

#### **2.4. Actions prises pour lutter contre le dépérissement :**

Selon Jamey, 1994 et Mormiche, 1994, deux types d'actions sont à entreprendre pour lutte contre le dépérissement : à court et à long terme,

A court terme, elle a pour objectif d'atténuer ou de retarder le dépérissement. Celle à long terme, a pour but d'obtenir des peuplements les plus résistants possibles au dépérissement.

##### **2.4.1. Actions à court terme :**

La première mesure à entreprendre est celle de la coupe de bois atteints. L'action consiste à la récolte des arbres secs ou très dépérissant pour éviter d'une part, l'installation des ravageurs secondaires et de protéger les arbres survivants d'autre part. La deuxième mesure est celle de lutter par voie mécanique, chimique ou biologique, selon le cas, contre les facteurs biotiques. Quant à la troisième action, elle consiste à inciter la régénération, qu'elle soit naturelle ou artificielle, afin de pouvoir assurer la durabilité de la forêt

##### **2.4.2. Actions à long terme :**

De prime abord, il y a lieu d'élaborer ou de réviser le plan de gestion par la mise en œuvre d'une sylviculture appropriée et durable. L'objectif est celui d'obtenir des peuplements ayant la meilleure santé possible. Il est recommandé d'installer un système de surveillance permanent de l'état sanitaire de la forêt afin de repérer le plus précocement possible les fluctuations des peuplements (Barthod, 1994). Dans le cadre de plantation, on veille de créer des peuplements moins purs (dans le cas des forêts artificielles) dans le but d'avoir des forêts plus résistantes aux différents facteurs causant le dépérissement. Dans le cas des forêts productrices de bois, il y a lieu de réduire l'âge d'exploitabilité.

### **2.5. Conséquences du dépérissement des forêts :**

Comme le montre la carte géographique (Fig.2.3) de dépérissement des arbres forestiers, sa répartition dimensionnelle est jugée d'une ampleur accentuée (Allen, 2009). En effet, selon Derouche (2015) Le nombre de cas de dépérissement recensés dans le monde a augmenté significativement en 25 ans.

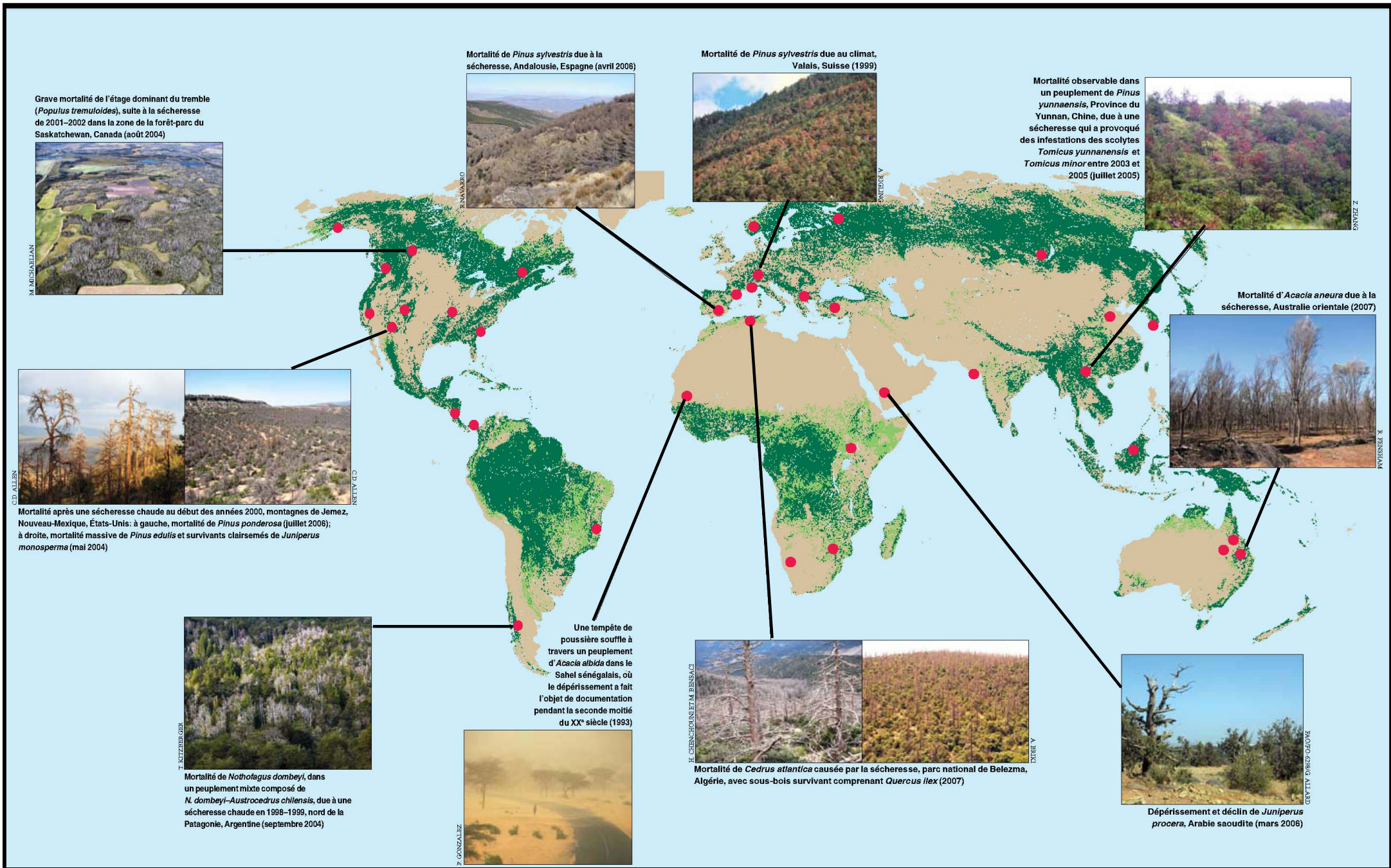
Dès lors, les conséquences de cette situation désastreuse des forêts peuvent être soulevées comme suit (Allen, 2009):

- Perturbation du fonctionnement de l'écosystème ;
- Accélération de la dégradation de l'écosystème ;
- Perte de services écosystémiques y compris le piégeage du carbone atmosphérique;
- Altération de la qualité du bois ;
- Perte de produits forestiers.

### **2.6. Le dépérissement du cèdre de l'Atlas en Algérie :**

Le dépérissement du cèdre de l'Atlas en Algérie est devenu un souci majeur du fait de la place qu'il préoccupe au niveau de la politique de préservation à laquelle il en bénéficie. C'est surtout dans les cédraies de Belezma et Chélia que le dépérissement y est d'une grande ampleur. Seigue (1985) soulève que le dépérissement fut signalé en 1894 dans la cédraie de Chélia et qu'une notice estimait le bois mort dans ce massif à 400 000m<sup>3</sup>.

Dans la cédraie de Theniet el had, le dépérissement devient de plus en plus accentué. Il débute par l'assèchement de la flèche terminale et se propage jusqu'à ce qu'il atteigne la totalité de la cime. S'ensuit alors la chute des aiguilles, des rameaux et des branches. Le bois du tronc s'altère, l'écorce se détache du liber et l'arbre demeure totalement mort sur pied (Fig.2.4).



**Fig.2.3 : Lieu où sévit un dépérissement accru lié au climat (Allen, 2009)**

# DEUXIEME PARTIE

## ETUDE EXPÉRIMENTALE

# CHAPITRE 3

*Présentation de la  
zone d'étude*



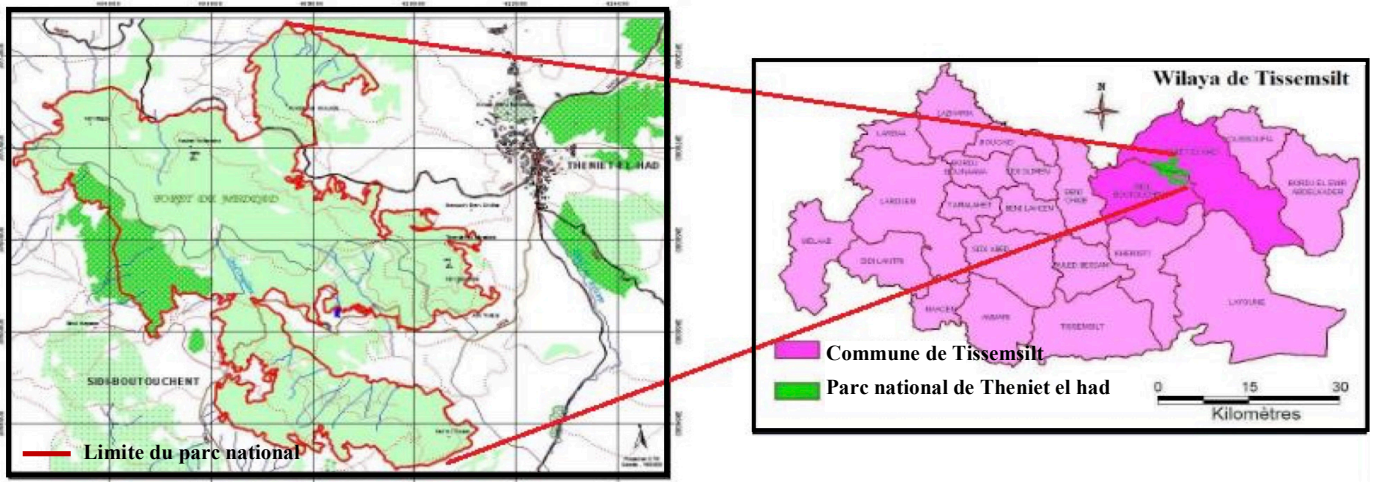


Fig.3.1 : Situation du Parc National de Theniet El Had (Mairif, 2014)

**3.3. Limites géographiques et superficie :**

Le parc national s'étend sur une superficie de 3425ha dont 2968ha couverte de peuplements forestiers. On y distingue trois versants : nord, sud et ouest (Zedek, 1993).

Le versant *Nord* est celui le plus froid et le plus humide. Le cèdre y couvre 2/3 du massif forestier. Le versant *Sud*, le plus chaud et le plus sec, est celui le plus exposé aux risques d'incendies suite à la présence de l'association pyrophyllle à *Quercus suber*. Le cèdre y est répandu sur 3/5 du massif. Le versant *Ouest*, est celui où les peuplements de cèdre sont de faible étendue.

Le parc constitue l'unique cédraie occidentale. D'une dizaine de cantons (Fig.3.2), il est délimité au nord par le chemin communal de Theniet El Had-El Hassania et par le Douar de Benihayane à l'ouest.

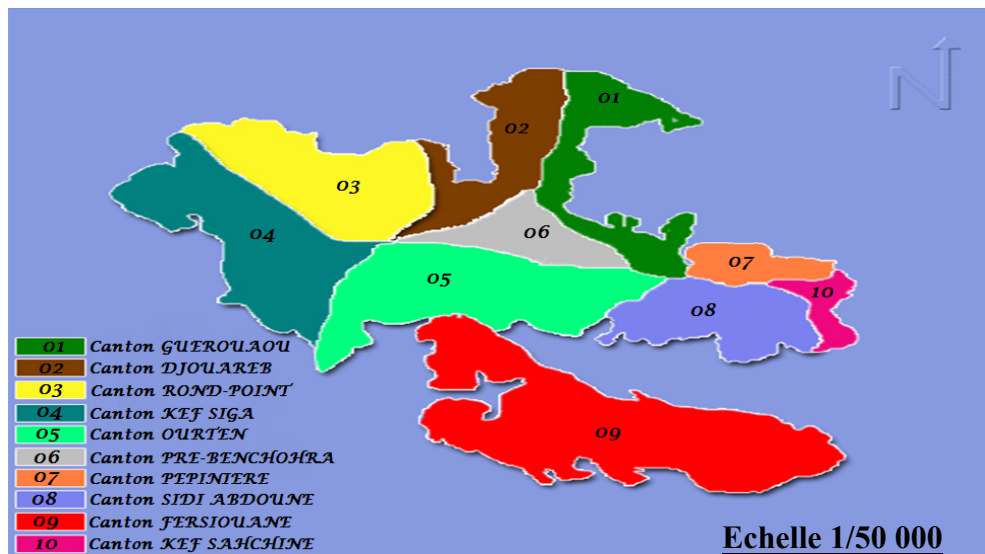


Fig.3.2 : Cantons du Parc National de Theniet El Had (P.N.T.E.H, 2002)

### **3.4. Topographie :**

D'un relief accidenté, le parc présente une pente assez variable d'un versant à un autre et pour le même versant ; elle est en moyenne de 25° pour le versant Sud et, généralement, abrupte et dépassant 40° dans le versant Nord, à l'exception du canton pépinière où elle ne dépasse guère 15° (Zedek, 1993).

L'altitude débute à environ 1277m et culmine à 1786m au lieu-dit *RAS EL BARARET* relevant du canton Rond-point.

### **3.5. Géologie :**

C'est un fragment du paléorelief remontant à l'âge Médjanien de l'éocène supérieur. Sa structure géologique est basée essentiellement sur des sédiments oligocènes développés sur grès Numidien (P.N.T.E.H, 2006). Il est caractérisé par des fissures verticales très épaisses favorisant l'infiltration des eaux superficielles qui provoque sous l'effet des températures les processus d'éboulement et de glissement (P.N.T.E.H, 2006).

### **3.6. Pédologie :**

La forêt des cèdres repose sur des sols peu évolués d'apport colluvial très pierreux et pauvres en matière organique. Peu profonds, ils sont succédés sur les crêtes sommitales par des sols minéraux bruts avec des affleurements rocheux. Les sols bruns lessivés de type ABC de profil pédologique complet riche en matière organique et en azote se rencontrent dans les terrains à faible pente et en aval du relief.

### **3.7. Réseau hydrique :**

C'est un réseau très ramifié et souvent temporaire, alimenté par les eaux de précipitations. D'un débit faible, on y recense sept sources réparties à travers les cantons comme suit :

- Ain Harhar..... Canton Rond-point
- Ain Touila ..... Canton Sidi Abdoun
- Djedj El Ma..... Canton Ourtène
- Guiguel..... Canton Kef sachine
- Chragua ..... Canton Guerouaou
- Toursout ..... Canton Pré-Benchohra
- Plate-forme..... Canton Pépinière

### **3.8. Climat :**

Faute de station climatique près du parc national, et vue l'absence de données climatiques complètes pour la zone d'étude, les données climatiques enregistrées par Seltzer (1946) dans la ville de Theniet El Had durant la période 1913-1938 ont été utilisées pour établir la synthèse climatique. Quoique ancienne, se sont les seules données complètes pouvant servir. Néanmoins, pour les précipitations, l'étude de Sarmoum (2008) s'avère être d'une utilité intéressante du fait qu'elle renferme des données récente s'étalant sur la période 1966-2004.

#### **3.8.1. Températures :**

Les températures enregistrées au niveau de la ville de Theniet El Had, sont celles ayant fait l'objet d'extrapolation. Enregistrées à 1160m d'altitude, on relève que l'altitude moyenne de la zone d'étude est retenue égale à 1440m, soit une différence altitudinale de 280m. Sur la base du gradient altitudinal établi par Seltzer (1946) à travers l'Atlas tellien, on y enregistre que :

- Le mois le plus froid est celui du mois de Janvier d'une température minimale de l'ordre de  $-1.06^{\circ}\text{C}$  ;
- Le mois le plus chaud est celui du mois d'Août d'une température maximale de l'ordre de  $30.04^{\circ}\text{C}$ .

#### **3.8.2. Précipitations :**

Les valeurs de précipitations annuelles, d'une grande variabilité, présentent une tendance régressive à travers les années (Fig.3.4). Sarmoum (2008) révèle que comparativement aux précipitations enregistrées par Seltzer (1946) au courant de la période 1913-1938, soit de 628mm/an, on n'y enregistre que 485 mm/an au courant de la période 1966-2004. Soit une diminution de précipitation évaluée à 23%.

A travers la figure 3.4, on remarque qu'au courant de la période 1966-2004, l'année 1983 est celle durant laquelle les précipitations moyennes annuelles n'ont guère dépassé 200mm.

Sarmoum (2008) a pu tracer trois courbes de précipitations mensuelles relatives à trois périodes distinctes : 1913-1938, 1966-2004 et 1980-2004. La figure3.5 permet de mieux visualiser l'allure de ces trois courbes de précipitations mensuelles.

- *Neige* : Le nombre moyen annuel de jours de neige est de l'ordre de 22 jours (P.N.T.H, 2006).
- *Gelées* : Elles sont très fréquentes dans le parc essentiellement durant la période *décembre-avril* de l'année.

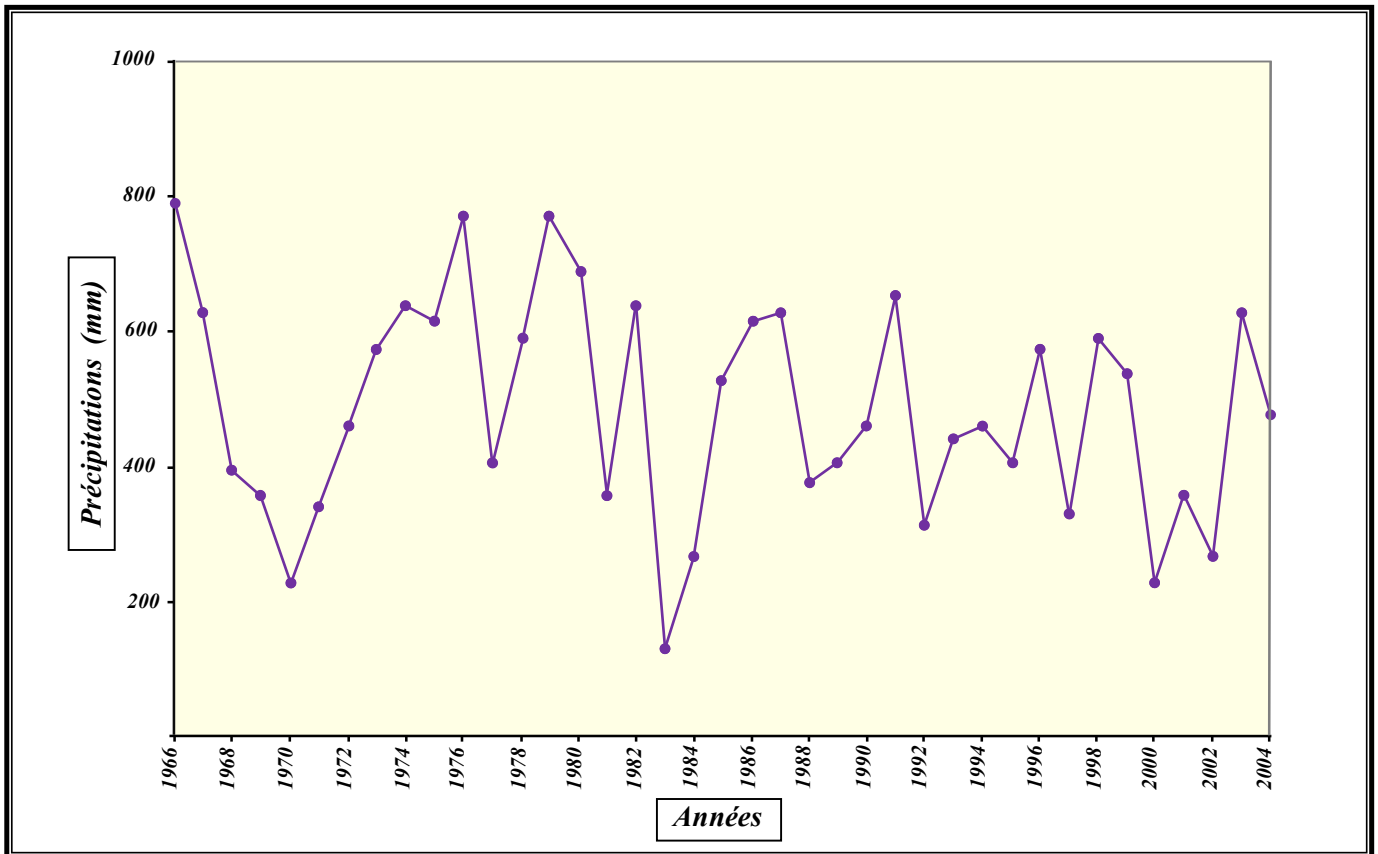


Fig.3.4 : Variation des précipitations annuelles (Sarmoum, 2008)

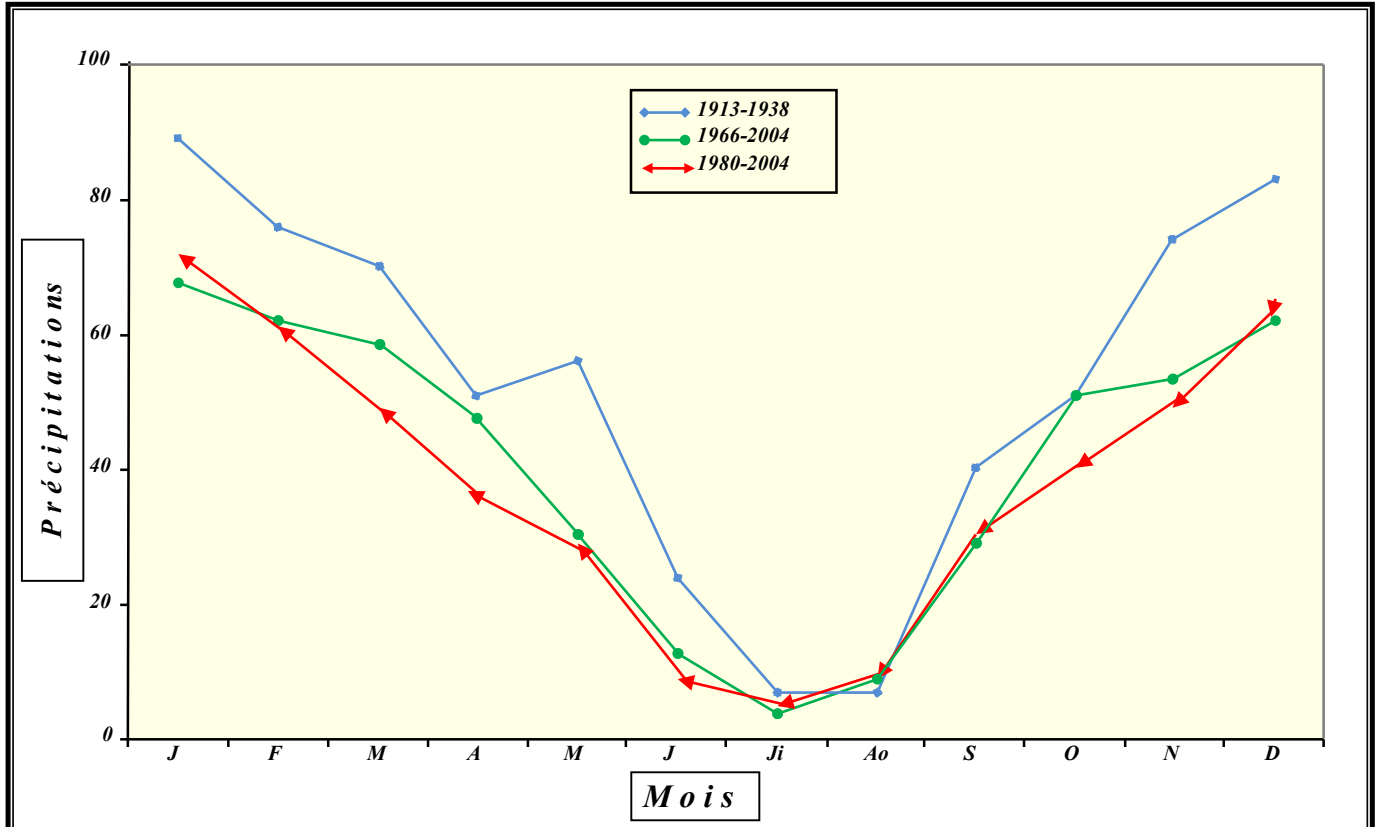


Fig.3.5 : Variation des précipitations mensuelles (Sarmoum, 2008)

### 3.8.3. Vent :

Le vent est un facteur écologique de grandeur par son rôle directe ou indirect sur la végétation. Son effet est d'autant plus accentué au fur et à mesure de l'élévation altitudinale (Elhai, 1968). D'ailleurs, la forme tabulaire observée sur les cèdres de hautes altitudes et ceux isolés n'est autre que celle due à l'effet des vents.

Les vents dominants dans la zone d'étude relèvent du *Nord* et du *Nord-Ouest* (Ounadi et al., 1990).

### 3.8.4. Diagramme ombrothémique de BAGNOULS et GAUSSEN :

La durée de la période sèche est déterminée par la surface de croisement des courbes ombrothermiques, soit lorsque  $P < 2T$  (Unesco-Fao, 1963 ; Coudé-Gausсен, 1995).

En référence à l'extrapolation des données climatiques de la période 1913-1938, la période sèche dure *quatre mois*, soit de la fin du mois de mai jusqu'au début du mois d'octobre de l'année. La figure 3.6 permet de mieux visualiser l'allure.

En effet, la période sèche comme elle correspond à la période estivale, où les pluies sont rares, celles-ci deviennent abondantes vers l'hiver et l'automne. Il s'agit de l'une des caractéristiques du climat méditerranéen (Belvaux, 2002).

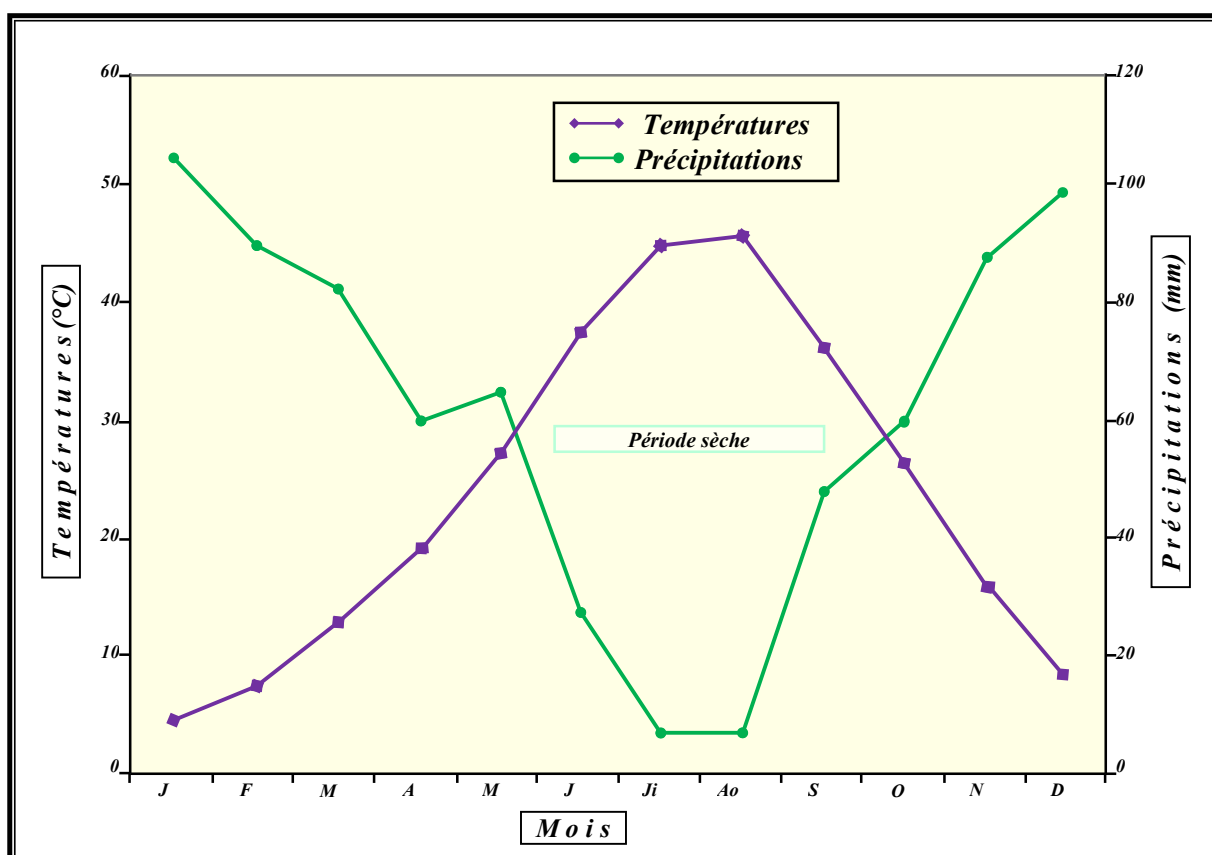


Fig.3.6 : Diagramme ombrothémique de Bagnouls et Gausсен relatif à la zone d'étude

### 3.3.5. Quotient pluviométrique d'Emberger :

Le quotient pluviométrique d'Emberger a l'intérêt de mesurer la conjonction des températures et des précipitations par le biais de la formulation suivante (Daget, 1977 *in* Hufty, 2001 ; Pérennès, 1993 ; Benali, 2006) :

$$Q_2 = \frac{1000 P}{\frac{1}{2} (M+m)(M-m)}$$

Où :

- **P** : Précipitation annuelle (mm) ;
- **M** : Température maximale du mois le plus chaud (en degrés Kelvin) ;
- **m** : Température minimale du mois le plus froid (en degrés Kelvin).

Ainsi, la zone d'étude présente un quotient pluviométrique ( $Q_2$ ) égal à 82.72. La zone d'étude est dès lors soumise à l'étage bioclimatique sub-humide à hiver froid (Fig.3.7).

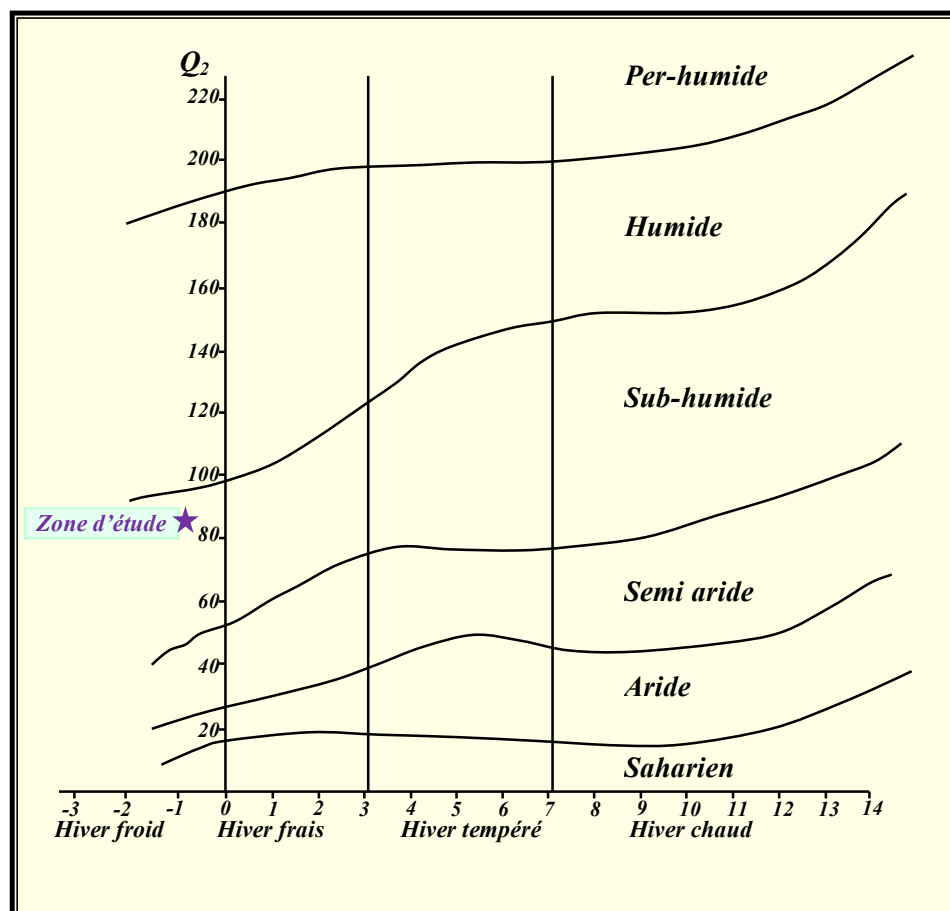


Fig.3.7 : Quotient pluviométrique d'Emberger pour la zone d'étude

### **3.4. Biodiversité :**

Le parc se caractérise par une diversité floristique et faunique exceptionnelle. En effet, les espèces recensées sont au nombre de 909 espèces dont 123 y sont protégées par la législation.

#### **3.4.1. Flore :**

Trois-quart de la superficie du parc est couvert de peuplements forestiers. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), le chêne-zeen (*Quercus faginea*), le chêne-vert (*Quercus ilex*) et le chêne-liège (*Quercus suber*) constituent les essences principales des peuplements forestiers.

La végétation du parc peut être divisée en quatre zones :

- \* Maquis de chêne vert avec dominance de formations buissonnantes et épineuses ;
- \* La subéraie occupe essentiellement le versant sud, avec comme espèces dominantes : le *Quercus suber* et des buissons de *Quercus ilex* et *Calycotome spinosa* ;
- \* La cédraie du versant nord où le recouvrement des arbres est très important ; elle est classée par Boudy, (1950), l'une des plus belles cédraies d'Algérie avec des arbres de première grandeur constituant de très hautes futaies.
- \* La cédraie du versant sud se rencontre dans les hauteurs avec dominance du chêne-zeen.

Des espèces de *mousses*, de *lichens* et de *champignons* y sont très abondantes.

#### **3.4.2. Faune :**

On y enregistre 458 espèces réparties comme suit :

- Dix-sept (17) mammifères dont dix (10) espèces protégées ;
- Quatre-vingt-quinze (95) oiseaux dont vingt-neuf (29) espèces protégées ;
- Dix-huit (18) reptiles dont trois (03) espèces protégées ;
- Trois cent vingt-trois (323) insectes dont trente (30) espèces protégées ;
- Cinq (05) amphibiens.

### **3.5. Contraintes et délits :**

La cédraie de Theniet El Had, quoique régie en parc national, fait toujours l'objet de contraintes, essentiellement anthropiques. En dépit de ce statut et des efforts déployés par le service forestier, le parc demeure toujours soumis aux coupes illicites et aux pâturages répétés.

L'administration forestière du parc a enregistré durant la période 2001-2005 un nombre de 380 tiges ayant fait l'objet de coupes illicites.

Les incendies, quoique rares, y sont recensés durant la période 1995-2004 sur une superficie d'environ 100 ha. Notons qu'ils ne sont guère signalés dans les peuplements de cèdre.

### **3.6. Régénération :**

Cette cédraie est caractérisée par une très faible régénération naturelle. Le stress hydrique et les pâturages répétés sont les principaux facteurs contraignant la régénération naturelle du cèdre.

Les troupeaux broutent les jeunes semis et les pousses tendres du cèdre et exercent une action destructrice sur le sol par piétinement et tassement des horizons superficiels (Abdelhamid, 1999).

La survie des jeunes plantules lors de la période estivale demeure insignifiante suite au faible développement du système racinaire (Lecompte et Lepoutre, 1975 ; Ezzahiri *et al.*, 1994).

### **3.7. Dépérissement :**

Signalé pour la première fois dans la cédraie de Theniet el had en 1848 par l'inspecteur des forêts *Cetto*, Chef du service forestier, l'administration procéda à l'assainissement de la forêt des cèdres dépéris en 1862, puis de 1867 à 1870 où des surfaces considérables ont été nettoyées en faisant appel à la main d'œuvre militaire (Lefebvre, 1894 *in* Zedek, 1993). Le service forestier assista à une reconstitution de la forêt par la présence d'une régénération abondante (Lefebvre, 1894, *in* Zedek, 1993). Encore une fois, lors de l'année 1984, le service forestier signala la présence de cèdres dépéris. Il dénombra au courant du mois de *Novembre 1984*, trois mille (3000) arbres morts sur pieds. Face à cette situation il procéda aux opérations d'assainissement, par des coupes de cèdres dépéris dès l'année 1990.

# CHAPITRE 4

*Matériels et méthode*

## **4. Matériel et méthode :**

### **4.1. Principe et objectif :**

L'objectif de cette étude consiste à identifier l'état de la densité et de la répartition des tiges de la cédraie de Theniet el Had et leur influence, comme étant des facteurs prédisposants dans le phénomène de dépérissement. L'hypothèse étant déjà confirmée par Derak et *al.* (2008) dans la cédraie de Sidi M'Guild au Maroc, sera d'un grand intérêt dans la réflexion du service forestier quant à la sauvegarde de cette cédraie.

Si l'on se réfère à la situation rétrospective de la cédraie de Theniet el had, il en ressort qu'elle était déjà soumise au dépérissement lors de la période coloniale, soit en date de l'année 1848. Le déclin de ce fléau fut observé après que des militaires opérèrent à des abattages de centaines de cèdre, coupes réalisées sans qu'elles ne soient raisonnées et sans avis préalable du service forestier colonial. Dès lors, la densité et la manière avec laquelle se distribuent les cèdres dépéris feront l'objet nodal de cette étude. C'est ainsi que les échantillons qui feront l'objet de récolte de données ne seront en fait que prélevés au niveau des taches de dépérissement. Le versant nord, celui où le dépérissement est le plus signalé fera l'objet de la zone d'étude.

### **4.2. Méthodologie adoptée :**

La méthodologie adoptée pour une étude fiable et objective s'est basée sur la nature du terrain de la zone d'étude qui présente :

- Une pente très variable avec des zones inaccessibles (pente abrupte) ;
- Répartition chaotique des tiges ;
- Répartition du dépérissement par taches.

#### **4.2.1. Installation des placettes :**

Pour mieux répondre à l'objectif de ce travail et afin d'asseoir une étude précise du dépérissement les placettes, au nombre de quarante (40), ont été focalisées au sein des tâches de dépérissement existantes à travers le parc (Fig.4.1).

Dans le cadre de l'objectif préalablement retenu, deux formes de placettes y sont installées : *circulaires et rectangulaires.*

- Pour mieux répondre à la problématique soulevée, les placettes circulaires, disposées de manière concentriques, sont celles retenues au vu des précisions et de la facilité de leur emploi dans l'étude de l'évolution de la densité (Lecomte et *al.*, 1994 ; Rondeux et Lecomte, 2005 ; Inventaire forestier national, 2006). A partir du centre de la première placette de 2ares, celle-ci est suivie de celles circulaires et concentriques respectivement de 5 et 10ares (Fig.4.2).

La forme circulaire des placettes est retenue dans le cadre de récolte des données dendrométriques et stationnelles. Ces placettes circulaires sont faciles à délimiter et ne présentent pas de direction privilégiée (Palm, 1977 ; Parde et Bouchon, 1988).

- Les placettes rectangulaires, d'une superficie de 2 ares, feront l'objet de récolte essentiellement de données dendrométriques dans le but de mieux pouvoir élucider la particularité spatiale des cèdres. Cette démarche méthodologique concourt à mettre en évidence le taux de dépérissement recensé en relation avec la répartition spatiale des tiges. C'est alors que, en l'absence d'opérations sylvicoles, et comme le peuplement est issu naturellement, il y a lieu de rechercher d'éventuelles relations causales de ces particularités énoncées pouvant être éventuellement à l'origine de ce dépérissement. En outre, l'espace vital demeure indispensable à la vitalité et à la vigueur des arbres (Otto, 1998). Cette évidence est d'ailleurs observée et jadis signalé pour le noyer en France (Administration des Eaux et des Forêts, 1930).

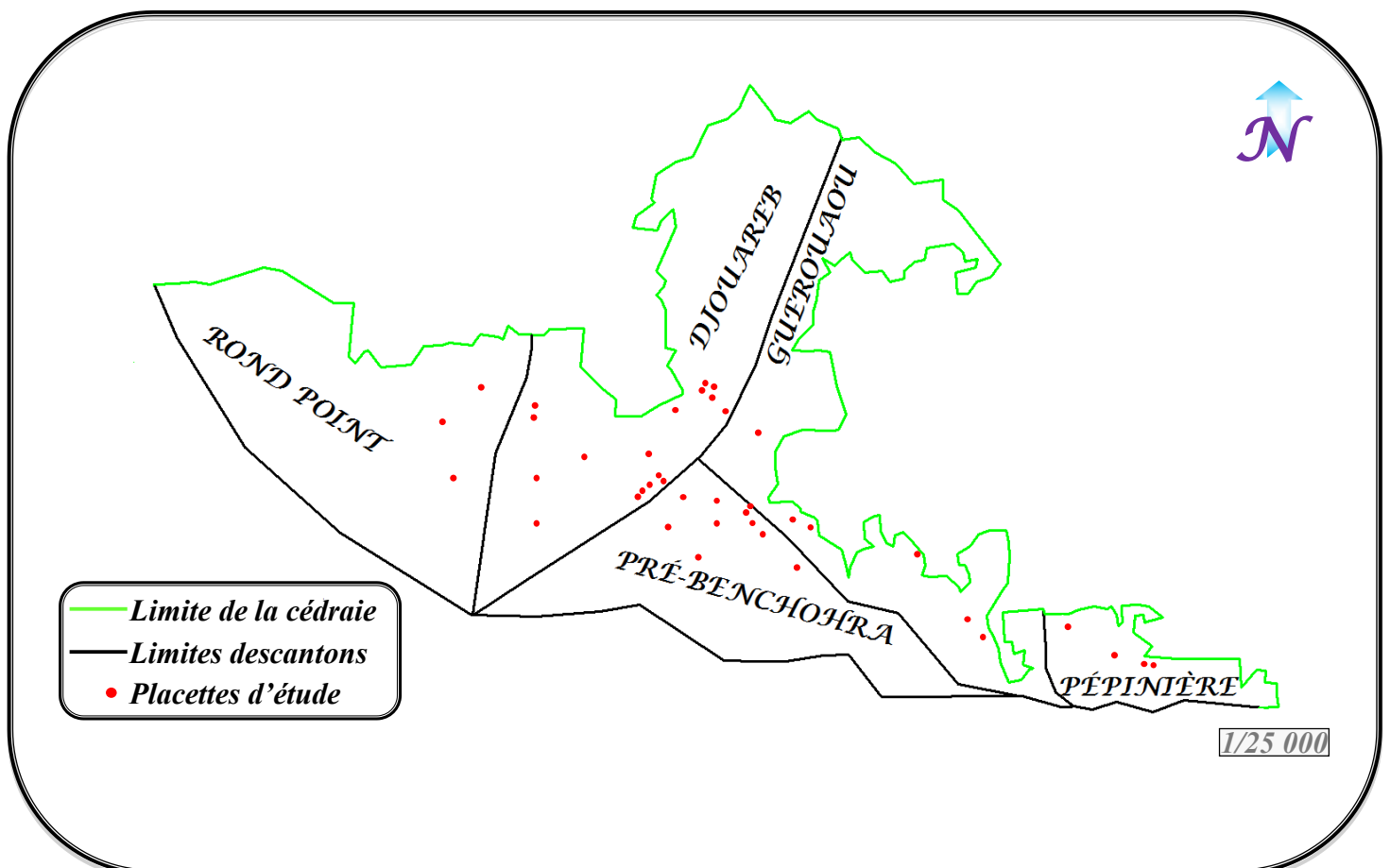
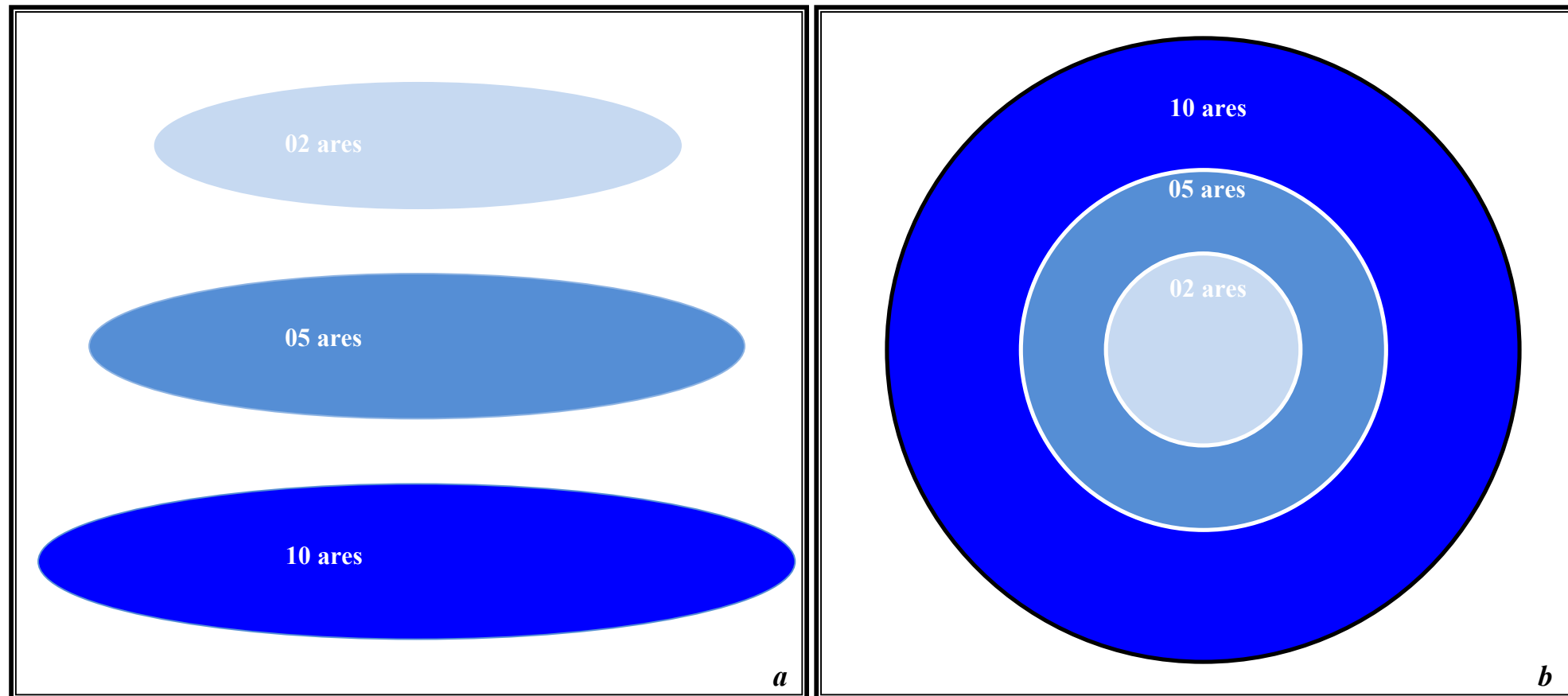


Fig.4.1 : Répartition des 40 placettes d'étude



**Fig.4.2 : Modèle de répartition des unités d'échantillonnage de la placette circulaire**  
*a.* Vue latérale ; *b.* Vue polaire

### 4.2.2. Délimitation des placettes :

Les placettes circulaires y sont délimitées à l'aide de la mire de PARDE (placée au centre des trois unités d'échantillonnage) et le viseur dioptrique du dendromètre Blume-Leiss. Cette délimitation est à l'origine de la formulation suivante (Palm, 1977) :

$$D = 3\sqrt{(S/\pi)}$$

Avec :  
 -**D** : Distance entre les deux voyants de la mire en terrain horizontal ;  
 -**S** : Surface du cercle à installer sur le terrain.

Lors d'un terrain incliné, une correction sur les distances entre les deux voyants de la mire est à recommander de telle sorte que (Palm, 1977 ; Rondeux, 1993 ; D.I.F, 2016) :

$$D' = D/\cos \alpha$$

Avec :  
 -**D'** : Distance entre les deux voyants de la mire en terrain incliné ;  
 - **$\alpha$**  : Pente de terrain en degrés.

Au même endroit que la placette circulaire, les placettes rectangulaires y sont installées par le biais du mètre ruban sur une largeur de 10 m et une longueur de 20 m, soit une superficie de 2 ares (Fig.4.3). Lors d'un terrain incliné, la distance linéaire est corrigée selon la formulation suivante (Rondeux, 1993):

$$L' = L/\cos \alpha$$

Avec :  
 -**L'** : Largeur du rectangle en terrain incliné ;  
 -**L** : Largeur du rectangle en terrain horizontal ;  
 - **$\alpha$**  : Pente de terrain en degrés.

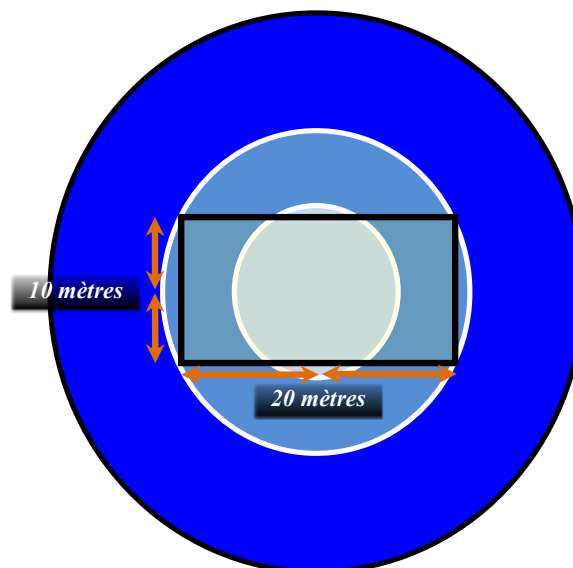


Fig.4.3 : Modèle d'installation de la placette rectangulaire

### **4.2.3. Récolte des données :**

Les données ont fait l'objet de récolte selon que les placettes étant circulaires ou rectangulaires.

#### **4.2.3.1. Placettes circulaires :**

Dans chaque placette, les tiges étant numérotées et les informations à récolter relèvent de celles des caractéristiques stationnelles et dendrométriques suivantes :

*-Caractéristiques stationnelles :* altitude, exposition, pente, microrelief et propriétés physico-chimiques du sol. Celles-ci étant déterminées sur la base de prélèvement d'échantillons par le biais de la tarière pédologique. A raison d'un relevé par placette, chaque échantillon est prélevé au niveau de l'horizon A1, soit celui qualifié d'*horizon organo-minéral* du fait qu'il renferme les éléments organiques et minéraux (Riou-nivert, 2005 ; Drénou, 2006).

*-Caractéristiques dendrométriques :* les mesures dendrométriques effectuées au niveau des tiges relèvent des variables suivantes : circonférence à 1,30 m, hauteur totale, pour toutes les espèces, en plus, hauteur du houppier, hauteur jusqu'à la base du houppier, hauteur de la cime morte et la circonférence des souches des arbres coupé pour le cèdre.

Par ailleurs, l'état de santé des tiges de cèdre, retenu d'ordre symptomatologique, est identifié par le biais des caractères suivants : maladies du feuillage, production des cônes, évaluation des dégâts du houppier et forme de la tige.

#### **4.2.3.2. Placettes rectangulaires :**

Les tiges relevant de chaque placette rectangulaire étant déjà numérotées lors de l'installation des placettes circulaires. Dès lors, en plus des données récoltées lors de celles prélevées dans les placettes circulaires, le dispositif étant comme suit :

- Mesure de la distance entre l'arbre et les deux axes du rectangle (A et B) afin de schématiser la répartition spatiale des arbres (Fig.4.4) ;
- Mesure des quatre rayons de la cime avec les expositions correspondantes (Fig.4.5 *a et b*). Ces mesures permettent d'évaluer l'état de recouvrement et la symétrie de la cime.

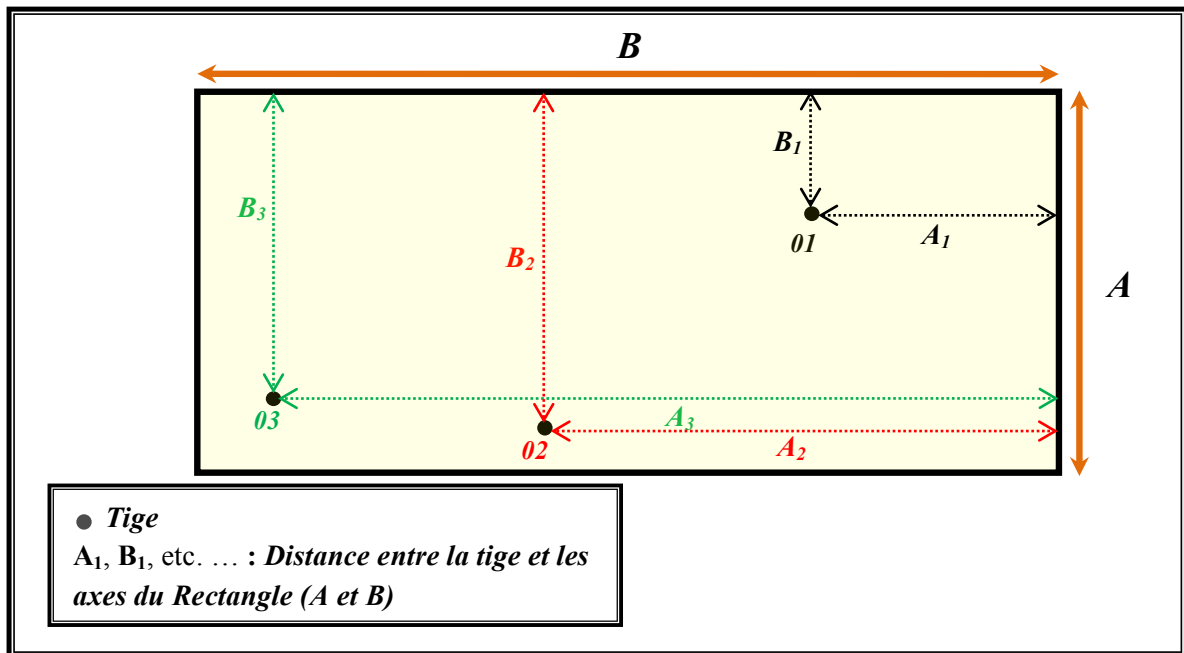


Fig.4.4 : Modélisation de la répartition des tiges dans la placette rectangulaire

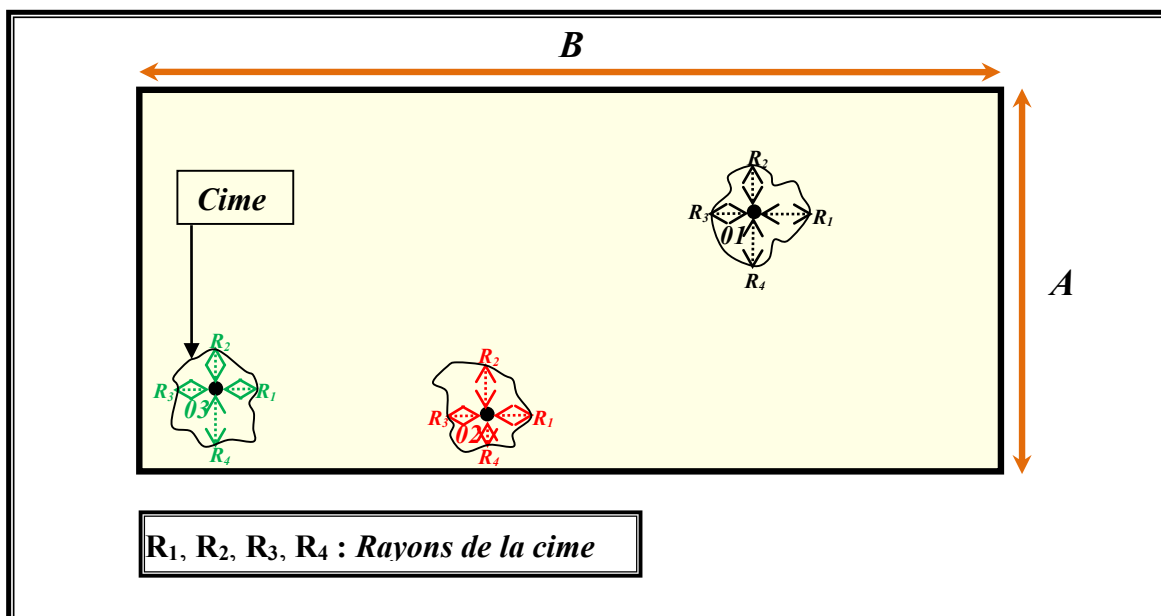


Fig.4.5a : Mesure des rayons du houppier *\*vue polaire\**

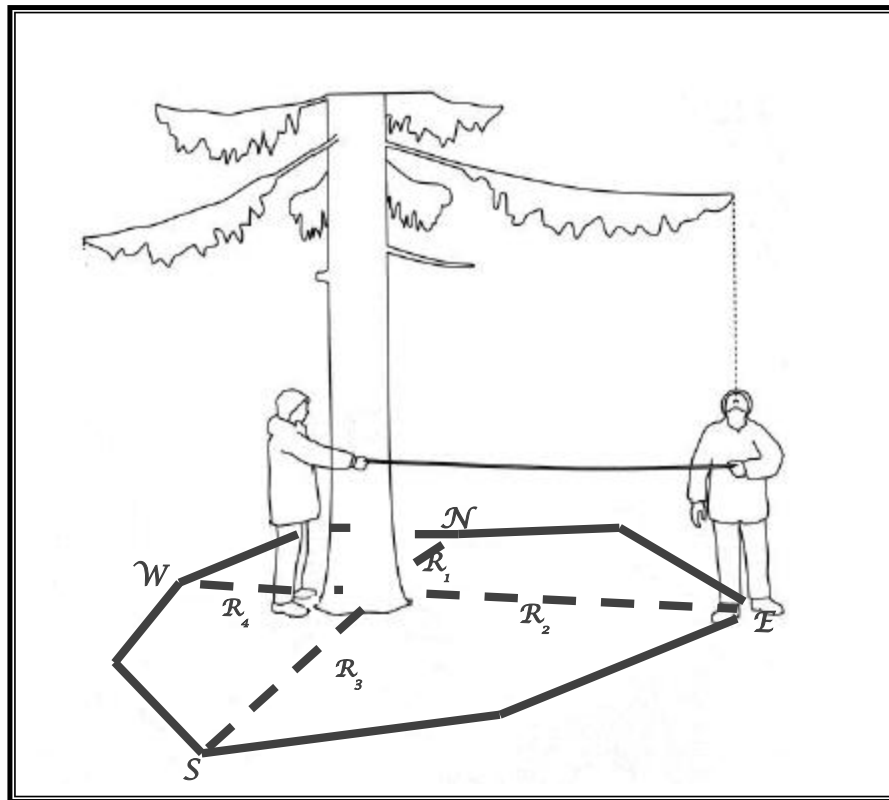


Fig.4.5b : Mesure des rayons du houppier *\*vue latérale\**

# TROISIEME PARTIE

## RÉSULTATS & DISCUSSION

# CHAPITRE 5

*Structure et état sanitaire des  
peuplements du cèdre de l'Atlas*

## **5. Structure et état sanitaire des peuplements du cèdre de l'Atlas :**

### **5.1. Structure des peuplements :**

L'étude de la structure des peuplements échantillonnés à travers les 40 unités d'échantillonnage a pour but l'identification de la variabilité dendrométrique qui sera d'un grand intérêt dans la connaissance du type des peuplements dépris sur lesquels le travail s'est effectué (Bouchon, 1979), Ainsi, qu'il servira, aussi, comme base de données sur l'état actuel des peuplements dépris.

#### **5.1.1. Etat des peuplements de cèdre échantillonnés :**

Les peuplements de cèdre de l'Atlas recensés se trouvent en mélange avec, principalement, le *chêne vert*, le *chêne zeen*, et à une présence moindre le *chêne liège* et le *genévrier oxycèdre*.

- ***Chêne vert*** : Espèce de l'étage montagnard, elle est associée au cèdre avec une proportion assez élevée par rapport aux autres espèces inventoriées. Elle est recensée à travers 32 placettes d'étude.
- ***Chêne zeen*** : Espèce recensée sur 19 placettes d'étude de faibles altitudes. avec une densité moyenne très faible et un fût d'une grandeur assez importante et bien élancé.
- ***Chêne liège*** : Trois sujets ont été inventoriés dans 2 placettes d'étude sur le canton pépinière.
- ***Genévrier oxycèdre*** : Espèce moins exigeante aux conditions du milieu, recensée sur les basses altitudes à travers un nombre de placettes d'étude de l'ordre de 5.

Lors de l'installation des placettes, toutes les espèces, en plus d'être recensée, ont fait également l'objet de mesures dendrométriques, essentiellement, de circonférence à 1.30m et de hauteur totale. Ces mesures serviront à mieux élucider de manière entière et totale la structure actuelle du massif ayant servi à l'étude du dépérissement du cèdre.

Sur la base de caractéristiques statistiques descriptives, le tableau 5.1 illustre davantage cette composition structurelle des essences forestières inventoriées.

Tableau 5.1. Caractéristiques dendrométriques des espèces inventoriées

		Chêne vert	Chêne zeen	Chêne liège	Genévrier oxycèdre
Circonférence moyenne à 1.30m (m)	Minimale :	0.25	0.45	0.68	0.23
	Maximale :	1.05	2.07	0.94	1.01
	<b>Moyenne</b> :	<b>0.43</b>	<b>1.24</b>	<b>0.81</b>	<b>0.63</b>
	<b>Ecart-type</b> :	<b>1.73</b>	<b>0.37</b>	<b>1.84</b>	<b>0.34</b>
Hauteur totale moyenne (m)	Minimale :	2.50	7,56	3.75	3.00
	Maximale :	9.50	20.33	5.63	4.55
	<b>Moyenne</b> :	<b>3.89</b>	<b>13.63</b>	<b>4.69</b>	<b>3.97</b>
	<b>Ecart-type</b> :	<b>1.06</b>	<b>3.81</b>	<b>1.33</b>	<b>0.59</b>
Surface terrière totale (m <sup>2</sup> /ha)	Minimale :	0.10	0.16	0.37	0.04
	Maximale :	9.74	13.20	1.41	6.76
	<b>Moyenne</b> :	<b>3.11</b>	<b>5.55</b>	<b>0.89</b>	<b>3.45</b>
	<b>Ecart-type</b> :	<b>3.50</b>	<b>3.91</b>	<b>0.74</b>	<b>3.13</b>
Densité totale (pieds/ha)	Minimale :	10	10	10	10
	Maximale :	460	80	20	190
	<b>Moyenne</b> :	<b>104</b>	<b>35</b>	<b>15</b>	<b>78</b>
	<b>Ecart-type</b> :	<b>113</b>	<b>19</b>	<b>07</b>	<b>77</b>

**5.1.2. Caractéristiques dendrométriques du cèdre de l'Atlas :**

Espèce faisant l'objet d'étude, présente dans l'ensemble, du moins dans les placettes d'étude, les plus grandes dimensions de hauteur totale (Fig.5.1), de circonférence à 1.30m (Fig.5.2), de surface terrière (Fig.5.3) et de densité totale moyenne (Fig.5.4).

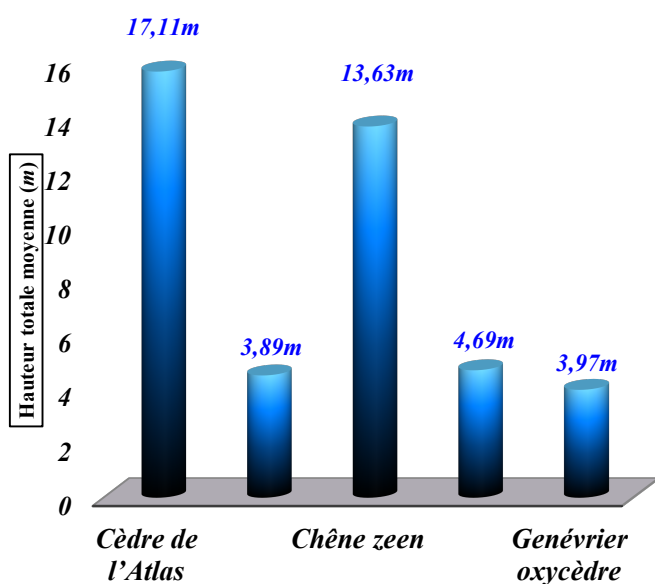


Fig.5.1 : Hauteurs totales moyennes des espèces inventoriées

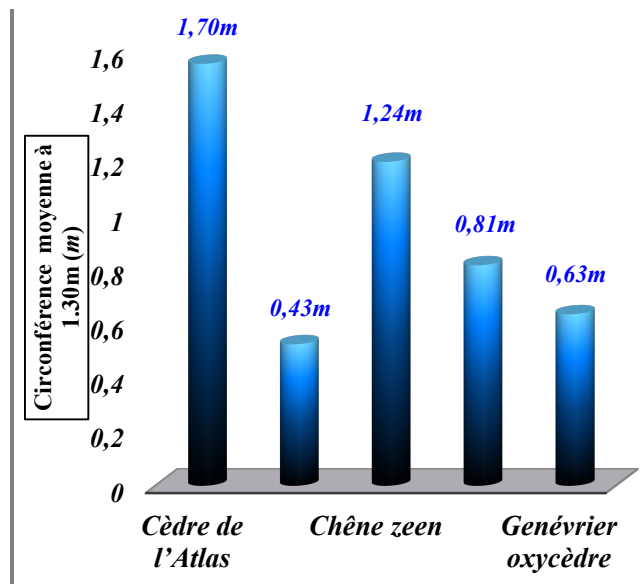


Fig.5.2 : Circonférences moyennes à 1.30m des espèces inventoriées

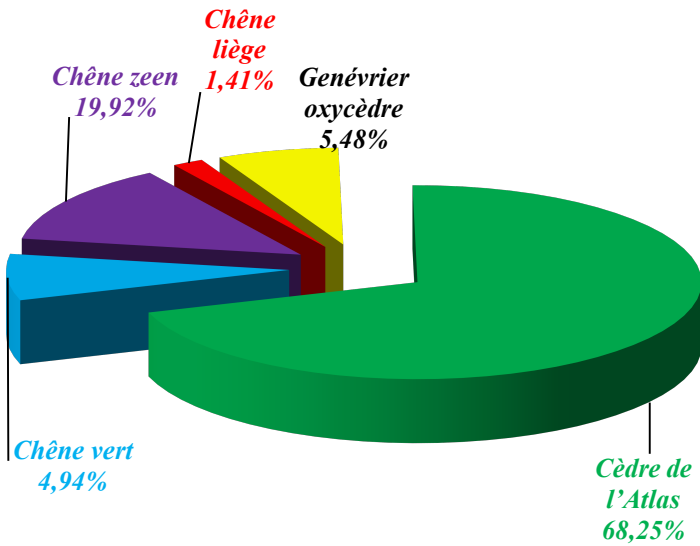


Fig.5.3 : Fréquences relatives des surfaces terrières totales des espèces inventoriées

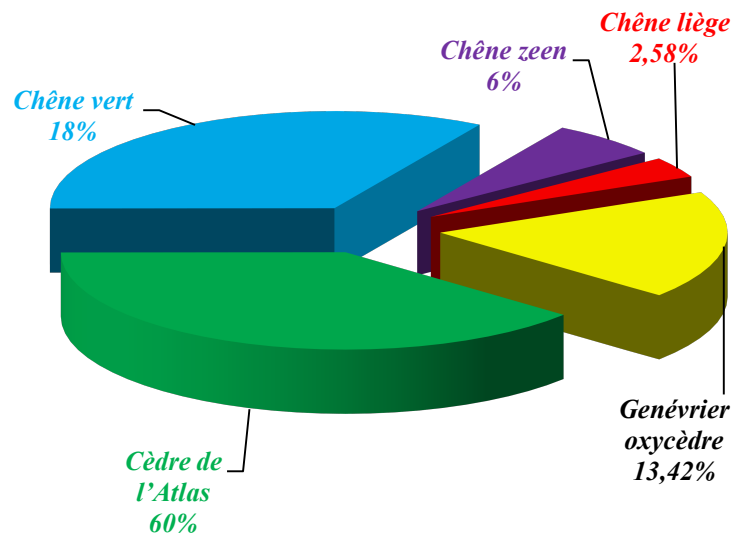


Fig.5.4 : Fréquences relatives des densités totales des espèces inventoriées

Pour une description exhaustive des caractéristiques dendrométriques du cèdre de l'Atlas à travers les placettes échantillonnées, nous allons opter à l'étude de la variabilité de la *hauteur dominante*, la *circonférence dominante*, la *hauteur moyenne*, la *circonférence moyenne à 1.30m*, la *surface terrière*, la *densité totale*, la *longueur du houppier* et du *fût* et on finira par l'estimation du *volume du bois*.

**5.1.2.1. Hauteur dominante :**

Conclue à partir de la moyenne des hauteurs totales des cent plus grands bois à l'hectare, elle est peu sensible aux traitements sylvicoles et est bien corrélée à la production totale en volume (Toth, 1973 ; Rondeux, 1993; Rondeux et al., 1995 ; Dagnelie et al., 1999). A travers la figure 5.5 on enregistre que 70% des placettes d'étude appartiennent aux classes de hauteur dominante supérieur à 17m. Dès lors, la recherche des niveaux de fertilité s'avère être plus explicite. A partir de l'ajustement de l'indice de fertilité réalisé par Zedek (1993) dans la cédraie de Theniet El Had, il en ressort que les peuplements échantillonnés relèvent des classes de productivité suivantes :

- 40% des peuplements échantillonnés relèvent de la classe de productivité 1 (Indice de productivité =18m) ;
- 52% des peuplements échantillonnés relèvent de la classe de productivité 2 (Indice de productivité =15m) ;

- 8% des peuplements échantillonnés relèvent de la classe de productivité 3 (Indice de productivité =12m).

Cette situation indique une perte économique importante du bois, du fait de la localisation des tâches de dépérissement au sein des classes d'une grande fertilité, soit une fréquence relative supérieure à 90%.

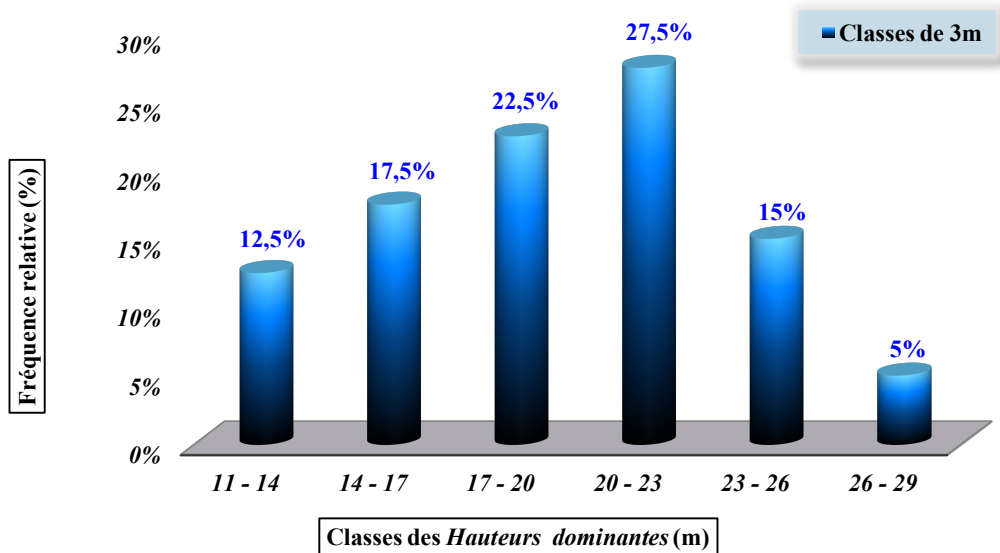


Fig.5.5 : Distribution des placettes sur les classes de Hauteur dominante du cèdre de l'Atlas

**5.1.2.2. Circonférence dominante :**

Indice de fertilité, elle correspond à la moyenne des cent plus grosses tiges à l'hectare (Rondeux, 1993). Les classes supérieures à 2m présentent plus de 60% de la variabilité totale des placettes d'étude (Fig.5.6). Une situation décrivant une fertilité stationnelle appréciable pour les peuplements inventoriés.

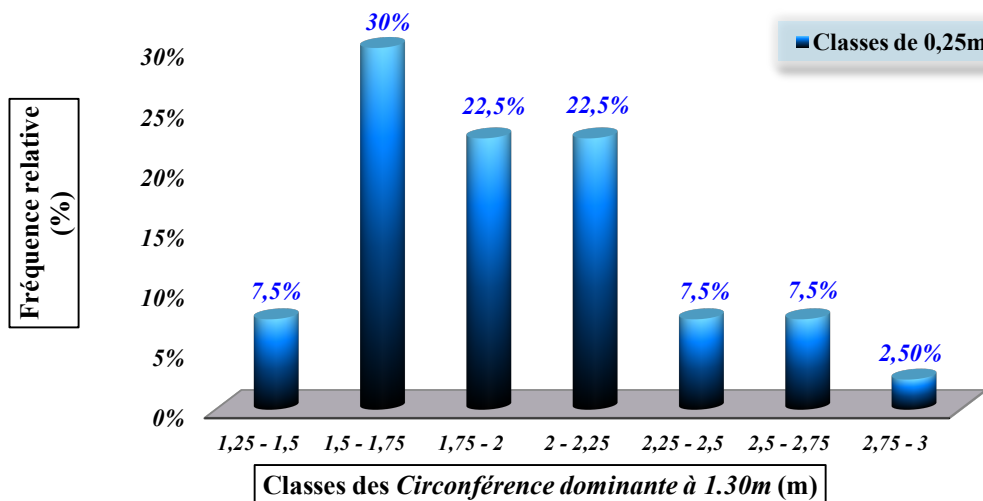
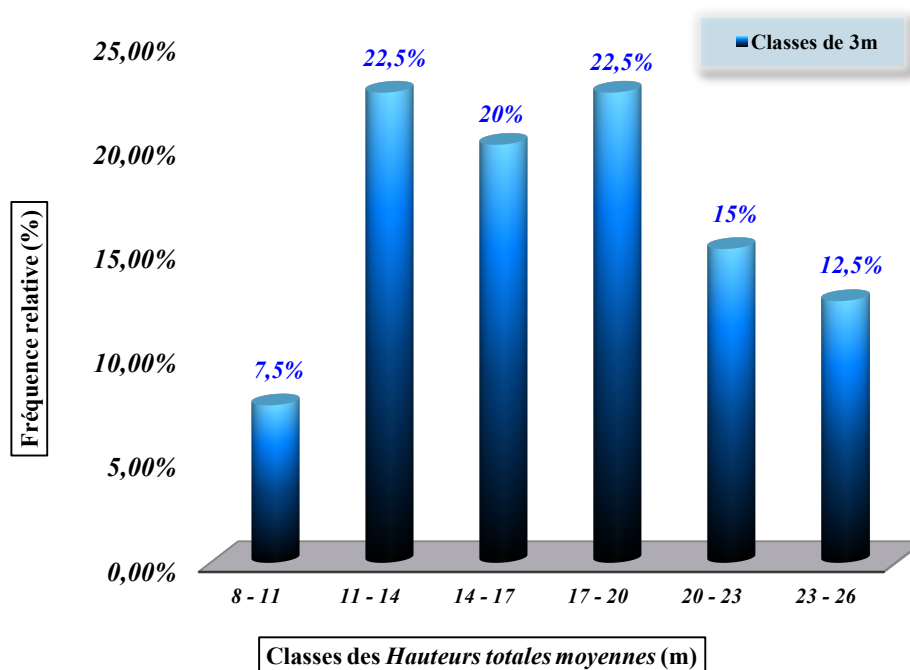


Fig.5.6 : Distribution des placettes sur les classes de Circonférence dominante du cèdre de l'Atlas

### 5.1.2.3. Hauteur totale moyenne :

C'est l'une des principales caractéristiques dans l'identification de la composition verticale d'un peuplement (Rondeux, 1993). A partir de la figure 5.7 nous constatons une prépondérance des hauteurs totales moyennes, plus ou moins importante, variant de 11m à 20m sur la majeure partie des placettes d'étude soit d'une fréquence de plus de 65% des peuplements inventoriés. C'est dire une futaie adulte d'une hauteur assez appréciable n'en demeure pas moins qu'elle soit fortement touchée par le fléau du dépérissement menaçant la pérennité de la cédraie. La classe des hauteurs inférieures à 11m présente la fréquence la plus faible à travers les placettes inventoriées se qui explique une faible présence des jeunes cèdres. Situation compromettante pour la pérennité d'une cédraie menacée déjà par le dépérissement.



**Fig.5.7 : Distribution des placettes sur les classes de Hauteur totale moyenne du cèdre de l'Atlas**

### 5.1.2.4. Circonférence moyenne 1.30m :

A partir de la figure 5.8 on remarque que la classe des circonférences inférieure à 1m est la plus faiblement enregistrées à travers les placettes, soit une fréquence de 2.5% ; ce qui reflète un potentiel danger de disparition de la cédraie par la menace du fléau du dépérissement qui réside dans les peuplements adultes d'une part, et la rareté des peuplements des stades jeunes d'autre part.

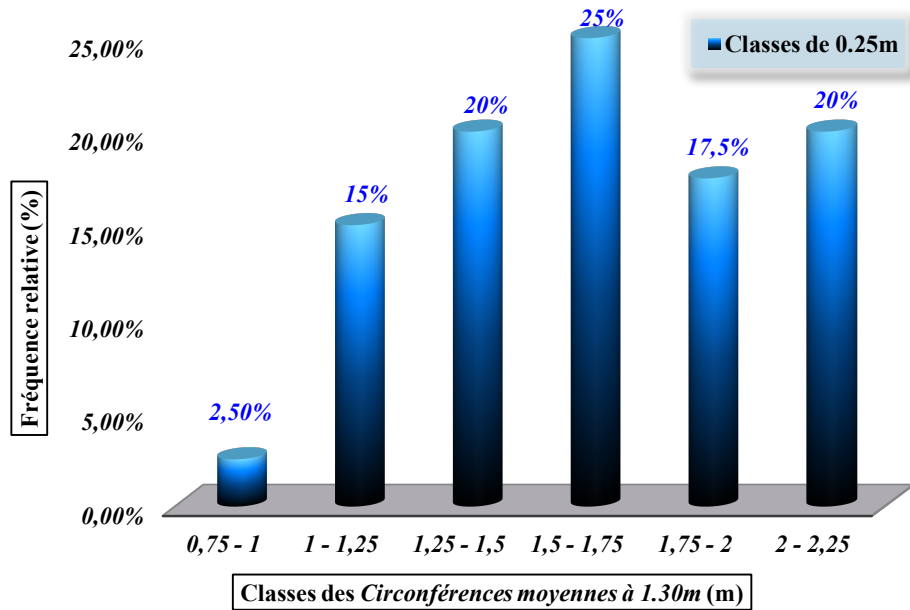


Fig.5.8 : Distribution des placettes sur les classes de Circonférence moyenne à 1.30m du cèdre de l'Atlas

**5.1.2.5. Surface terrière totale :**

C'est une notion souvent utilisée dans le jargon forestier, elle est définie comme étant la surface de la section transversale d'un arbre à une élévation de 1.30m. C'est un excellent indicateur de la densité d'un peuplement (Rondeux, 1993).

A partir des données récoltées, il en ressort que la classe la plus faible renferme plus des deux tiers des placettes d'étude. Une situation révélatrice d'une densité faible à travers les peuplements échantillonnés (Fig. 5.9).

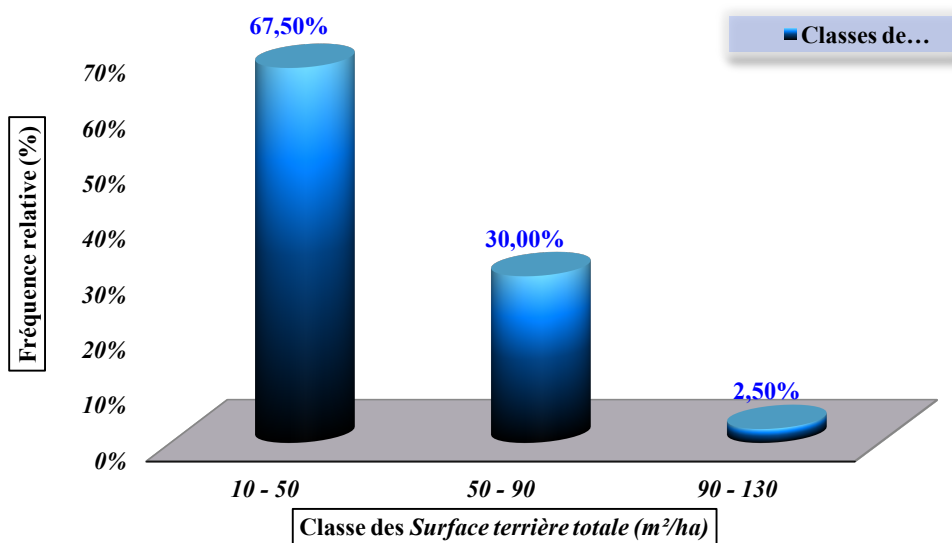


Fig.5.9 : Distribution des placettes sur les classes de Surface terrière du cèdre de l'Atlas

### 5.1.2.6. Densité totale :

La densité est une notion étroitement liée à la sylviculture. Elle est profondément liée à l'espace vitale, la concurrence entre les tiges et le taux de recouvrement dans un peuplement (Lemoine et Sartolou, 1980 ; Rondeux, 1993).

La figure 5.10 montre une densité faible (inférieure à 400 pieds/ha) pour plus de 67% des placettes d'étude. Situation compromettante pour une cédraie, quoique régie en parc national, demeure anéantie par le dépérissement, sans aucune intervention sylvicole approprié pour sa restauration.

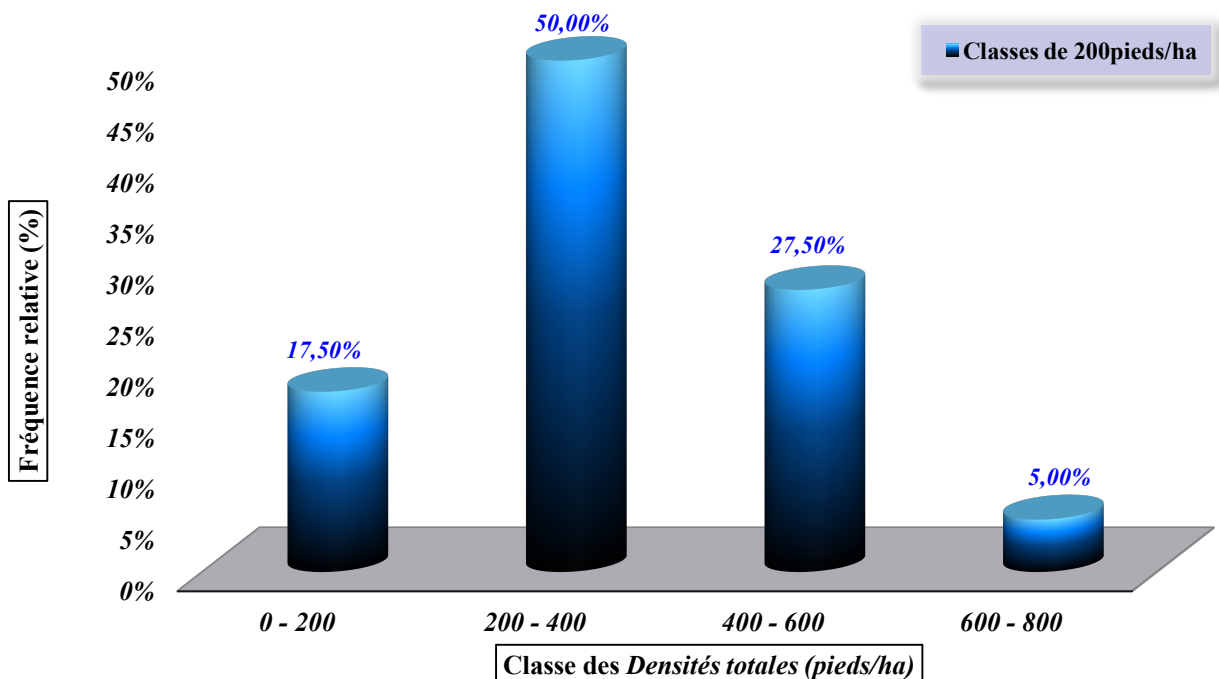


Fig.5.10 : Distribution des placettes sur les classes de densité du cèdre de l'Atlas

### 5.1.2.7. Longueur du houppier et du fût :

C'est un indicateur révélateur de la concurrence entre les arbres. Un houppier développé et symétriquement disposé est un véritable signe révélateur d'une meilleure conduite sanitaire et d'une adaptation adéquate aux conditions du milieu qui y règnent.

La longueur du fut, variable qualitative de bois, est celle prédisposant les tiges à une éventuelle production de bois d'œuvre, voire même celles pouvant relever d'un peuplement porte-graines. Toutefois, cette qualité demeure tributaire des conduites d'aménagement dans un cadre de gestion forestière appropriée. Dans la cédraie de Theniet el had, cette dimension qualitative y'est à l'origine naturelle ; les pratiques sylvicoles y demeurent non encore enregistrées.

Sur la base de ces considérations, on retient nécessaire de bien pouvoir analyser leurs variabilités à travers les peuplements de cèdre échantillonnés. Les figures 5.11 et 5.12 permettent

de mieux visualiser l'allure de fréquences relatives respectivement des classes de longueurs du houppier et de celles du fût des tiges recensées.

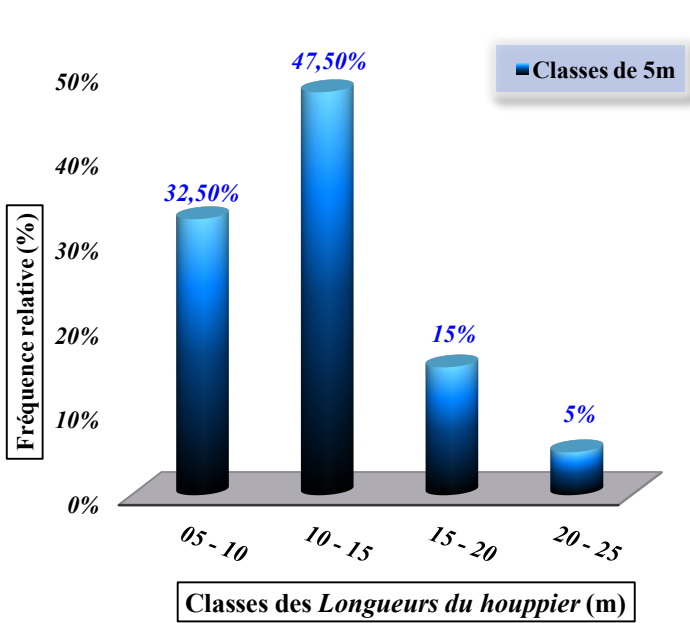


Fig.5.11 : Distribution des placettes sur les classes de longueur du houppier du cèdre de l'Atlas

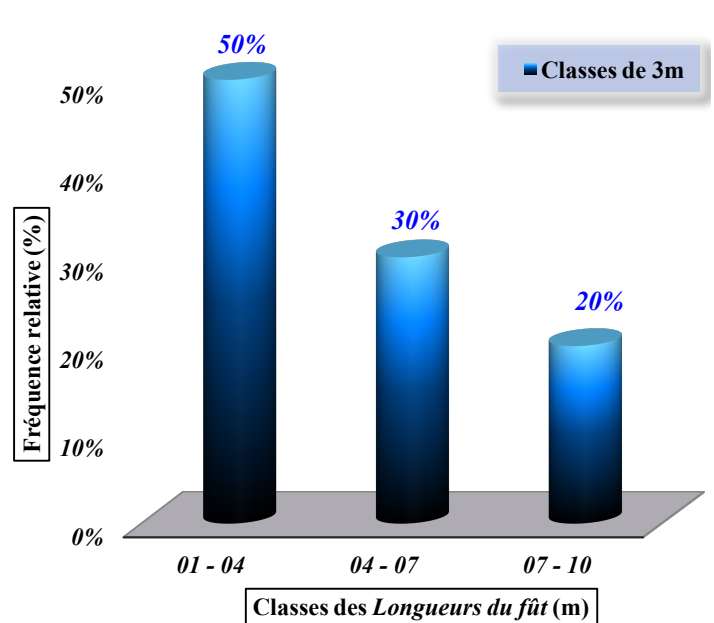


Fig.5.12 : Distribution des placettes sur les classes de longueur du fût du cèdre de l'Atlas

**5.1.1.5.8. Estimation du volume totale :**

Le volume est défini comme étant la quantité de la matière ligneuse d'un peuplement. Il peut y avoir plusieurs méthodes pour estimer le volume d'un arbre, la plus répandue et le tarif de cubage.

Le tarif de cubage est une méthode statistique fondée sur l'ajustement de régressions linaires sur la base de un ou deux variables et tenir l'ajustement le plus fiable (Courbet, 1991).

- **Estimation du volume sur pied :** Pour la cédraie, l'estimation s'est effectuée par le biais du tarif de cubage à deux entrées » élaboré par Zedek (1993) sur le versant nord du massif de Theniet El Had.

$$V_{sp} = 0.791713 - 2.12704 C_{1.30} + 1.679322 C_{1.30}^2 - 0.22467 C_{1.30}^3 + 0.024315 C_{1.30}^2 H_t$$

Avec :

- $V_{sp}$  : Volume sur pied
- $C_{1.30}$  : Circonférence à 1.30m
- $H_t$  : Hauteur totale

- **Estimation du volume bois prélevé :** Il est d'une grande importance dans notre étude du fait que celui-ci est coupé illicitement sans avis préalable du service forestier.

Ainsi, le volume du bois prélevé est déduit à partir du tarif de cubage à une entrée où la variable explicative est la circonférence à 1.30m élaboré par Zedek (1993).

Comme la variable "circonférence 1.30m" fait défaut, elle sera déduite à partir d'une relation linéaire au niveau de laquelle la circonférence à 20cm mesurée, est celle de la variable explicative (Zedek, 1993).

Au total, 287 *souches* de bois de cèdre ont fait l'objet de mesure de circonférence à 20cm à travers 36 placettes d'étude.

- La formulation du tarif de cubage à une entrée est :

$$V_p = 0.626383 - 2.34687 C_{1.30} + 2.414881 C_{1.30}^2 - 0.27071 C_{1.30}^3$$

- La formulation de l'ajustement linéaire entre la circonférence à 1.30m et à 20cm est :

$$C_{1.30} = 0.87 C_{20} - 0.06$$

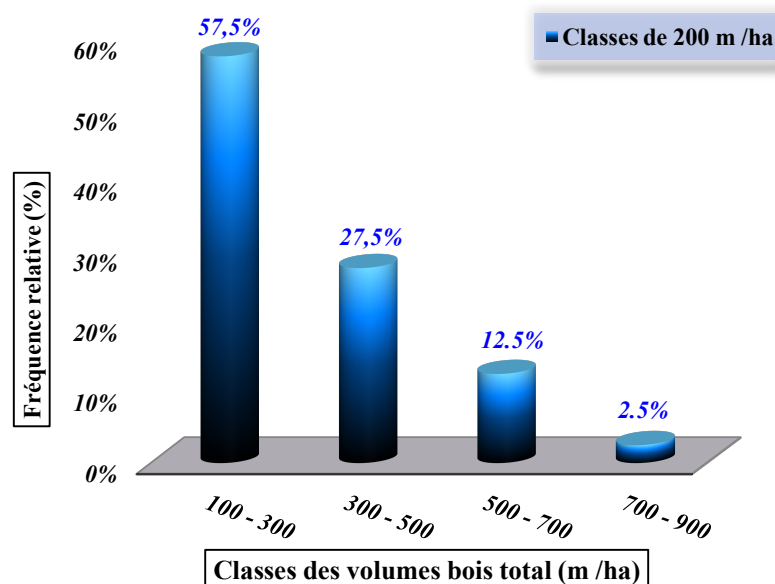
Avec :

- $V_p$  : Volume prélevé
- $C_{1.30}$  : Circonférence à 1.30m
- $C_{20}$  : Circonférence à 20cm

Et enfin, le volume total ( $V_{tot}$ ) pour chaque placette d'étude est déduit par l'additionnement des deux volumes, celui sur pied et prélevé.

$$V_{tot} = V_{sp} + V_p$$

La **figure 5.13** montre une concentration des placettes d'étude dans la classe de faible volume. Une situation inquiétante sur la concentration du dépérissement dans des faibles catégories.



**Fig.5.13 : Distribution des placettes sur les classes de volume total du cèdre de l'Atlas**

Le tableau 5.2 illustre davantage l'ensemble de la variabilité des caractéristiques dendrométriques du cèdre de l'Atlas

**Tableau 5.2. Récapitulatif des caractéristiques dendrométriques du cèdre de l'Atlas**

	Circonférence moyenne à 1.30m (m)	Hauteur totale moyenne (m)	Circonférence dominante (m)	Hauteur dominante (m)	Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)	Densité (pieds/ha)	Volume total (m <sup>3</sup> /ha)
<b>Minimale</b>	0,98	8,35	1,31	11,37	18,94	60	141,55
<b>Maximale</b>	2,73	25,38	2,86	27,80	97,04	670	820,83
<b>Moyenne</b>	<b>1,70</b>	<b>17,11</b>	<b>1,94</b>	<b>19,58</b>	<b>44,16</b>	<b>218</b>	<b>339,78</b>
<b>Ecart-type</b>	<b>0,45</b>	<b>4,74</b>	<b>0,35</b>	<b>4,23</b>	<b>17,23</b>	<b>120</b>	<b>164,24</b>

## **5.2. Etude symptomatologique des peuplements de cèdre :**

Pour mieux asseoir l'état sanitaire actuel des peuplements échantillonnés. On a opté à l'identification symptomatologique de l'ensemble des tiges de cèdres recensés. Cette conception est d'une importance non négligeable pour décrire les peuplements ayant servi à l'étude du dépérissement. Dès lors, les paramètres ayant fait l'objet de description sont : *état sanitaire du feuillage, état sanitaire du houppier, production des cônes et forme des tiges.*

### **5.2.1. Etat sanitaire du feuillage :**

Le feuillage (abondances et couleurs) reflète intégralement la vigueur d'un arbre du fait que le feuillage soit le siège de la photosynthèse. L'altération des feuilles par les maladies perturbe la croissance et en conséquence la vigueur de l'arbre se trouve compromise.

A partir des visualisations sur terrain, les critères qualitatifs du feuillage sont mis en évidence à travers la stratification suivante : *aucune maladie, chute des aiguilles, dépérissement du feuillage et dommages physiques.*

A travers la Figure 5.14, on relève que la strate relative à celle de la chute des aiguilles et dépérissement des feuilles est évaluée à 38% de l'ensemble des tiges inventoriées. Cette situation ne peut que signifier d'un souci de dépérissement d'une ampleur critique.

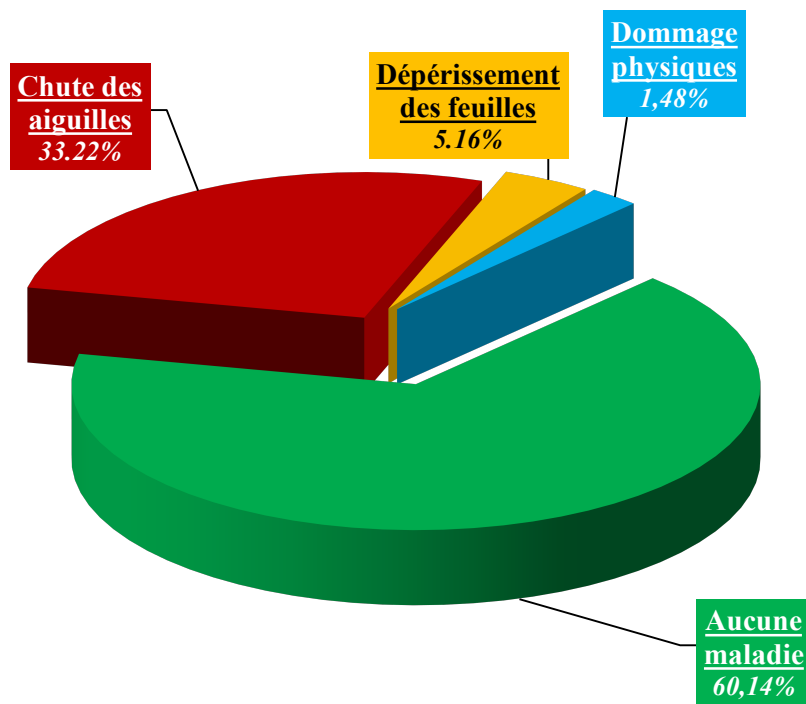


Fig.5.14 : Distribution en fréquences relatives de l'état de santé du feuillage du cèdre de l'Atlas

**5.2.2. Etat sanitaire du houppier :**

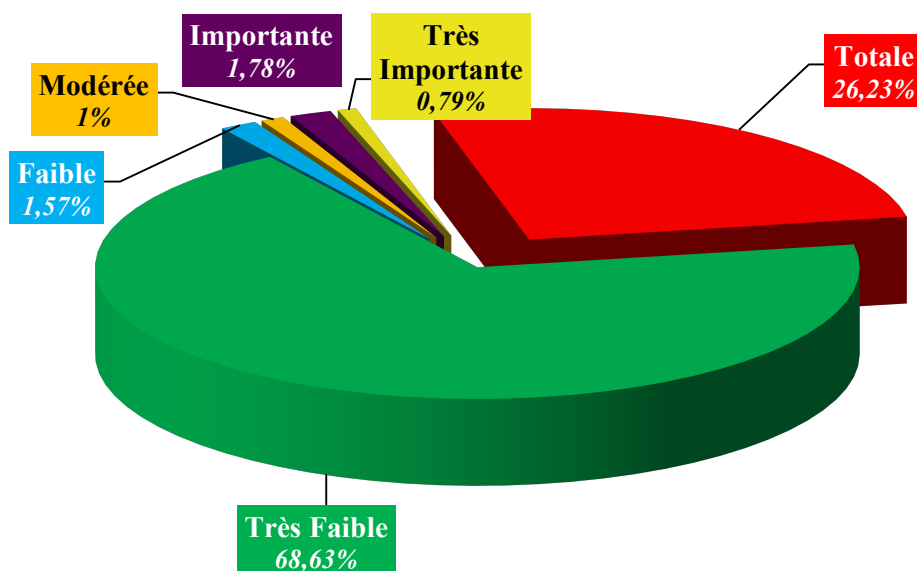
L'état sanitaire du houppier d'un arbre est fortement corrélé avec sa croissance. Un houppier endommagé n'est autre qu'un indicateur d'une mortalité évidente d'un arbre quoiqu'il soit encore sur pied.

L'appréciation du déficit foliaire s'est effectuée par l'évaluation de la fréquence de dégradation du houppier tel que le démontre le Tableau 5.3 (O.N.F, 2010) :

La Figure 5.15 révèle que plus de 30% du peuplement recensé présente des dommages sur les houppiers, et plus de 95% de cette dernière présente un indicatif de notation totale. Indication fort compromettante de perte de tiges.

Tableau.5.3 : Classes de notation des dégâts des houppiers

	0 à 5%	6 à 25%	26 à 50%	51 à 75%	76 à 95%	96 à 100%
<b>Indicatif</b> :	Très faible (TF)	Faible (F)	Modérée (M)	Importante (I)	Très importante (TI)	Totale (T)

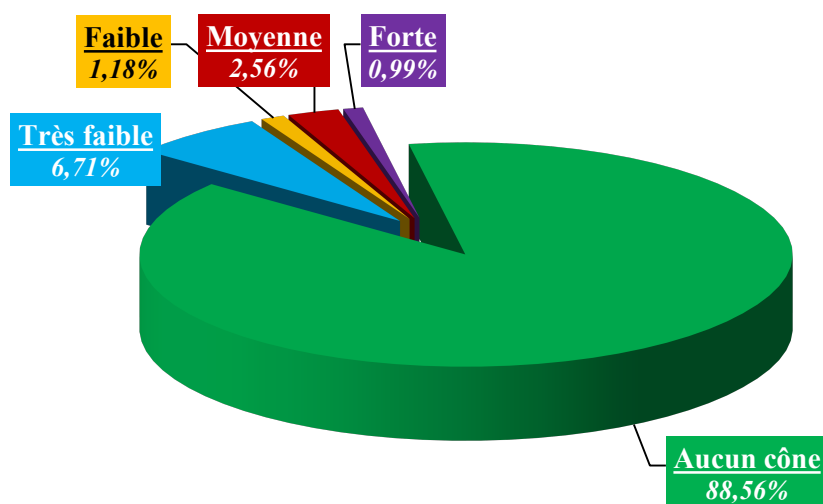


**Fig.5.15 : Distribution en fréquence relative des classes des dégâts du houppier du cèdre de l'Atlas**

**5.2.3. Production des cônes :**

La production des cônes correspond à un processus biologique garantissant la pérennité d'un peuplement.

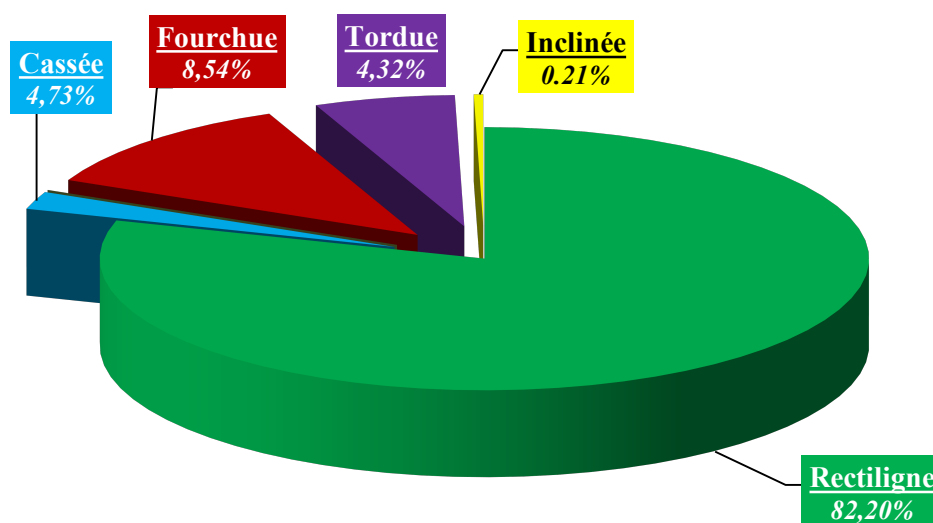
A travers les tiges recensées, la situation est alarmante du fait que la production des cônes est très faible voire quasiment nulle (Fig. 5.16). Faute d'intervention de la part du forestier, cette situation concourt à une évolution régressive d'une cédraie censée être régie en parc national, soit supposée entièrement conservée et préservée.



**Fig.5.16 : Distribution en fréquence relative des catégories de production des cônes du cèdre de l'Atlas**

#### 5.2.4. Forme de tiges :

Une forme de tige rectiligne est une qualité recherchée du fait qu'elle présente une valeur marchande appréciée (Rondeux, 1993). Ainsi, au niveau de chaque peuplement de cèdre échantillonné la description de la forme des tiges est évaluée sur la base de la stratification suivante : *rectiligne*, *cassée*, *fourchue*, *tordue* ou *inclinée*. On relève que la forme rectiligne est celle qui prédomine davantage (Fig.5.17).



**Fig.5.17 : Distribution en fréquence relative des formes des tiges recensées du cèdre de l'Atlas**

#### 5.2.5. Indice sanitaire :

L'indice sanitaire, encore appelé indice de dépérissement, est une expression mathématique basée sur l'évaluation de la défoliation foliaire visible sur les tiges, étant données que cette dernière est un signe d'affaiblissement de l'arbre (Bouvarel, 1984).

La formulation de l'indice est comme suit (Bouvarel, 1984) :

$$ID = [(n_1P_1) + (n_2P_2) + (n_3P_3) + (n_4P_4) + (n_5P_5)] / N$$

Avec : \*. **ID** : Indice sanitaire ou indice de dépérissement

\*.  **$n_1, n_2, n_3, n_4$  et  $n_5$**  : Nombre d'arbres notés dans les classes de notes, respectivement, de (1, 2, 3, 4 et 5)

\*.  **$P_1, P_2, P_3, P_4$  et  $P_5$**  : Poids des classes de notes (1, 2, 3, 4 et 5)

\*.  **$N$**  : Nombre d'arbres total

Les classes des notes 1, 2, 3, 4 et 5 sont évaluées à partir des taux d'observation de pertes des aiguilles suivants (Bouvarel, 1984) :

- \*. Perte d'aiguilles dans la cime de 0 à 9 % ; Note 1 (Poids = 0).
- \*. Perte d'aiguilles dans la cime de 10 à 19 % ; Note 2 (Poids = 1).
- \*. Perte d'aiguilles dans la cime de 20 à 59 % ; Note 3 (Poids = 3).
- \*. Perte d'aiguilles dans la cime de 60 à 99 % ; Note 4 (Poids = 4).
- \*. Perte d'aiguilles dans la cime de 100 % ; Note 5 (Poids = 5).

En conséquence, les valeurs de l'indice sanitaire obtenues peuvent être classées selon quatre niveaux (tableau 5.4) :

**Tableau.5.4 : Niveaux de l'indice sanitaire (Bouvarel, 1984)**

	Intervalle ID	Catégories
<b>Niveau 1</b> :	ID < 1	les indices de dépérissement sont douteux « peuplement sain »
<b>Niveau 2</b> :	1 < ID < 2	début de dépérissement
<b>Niveau 3</b> :	2 < ID < 3	dépérissement grave
<b>Niveau 4</b> :	ID > 3	dépérissement très grave

Les résultats obtenus pour les 40 placettes d'études montrent que seulement 8% des peuplements échantillonnés sont sains par rapport à 40% avec début de dépérissement et 50% présentant un dépérissement grave (Fig.5.18). Cette situation ne peut qu'interpréter un préjudice majeur pour la pérennité d'une cédraie de haute considération et un retard d'intervention préventive accusé par le service forestier.

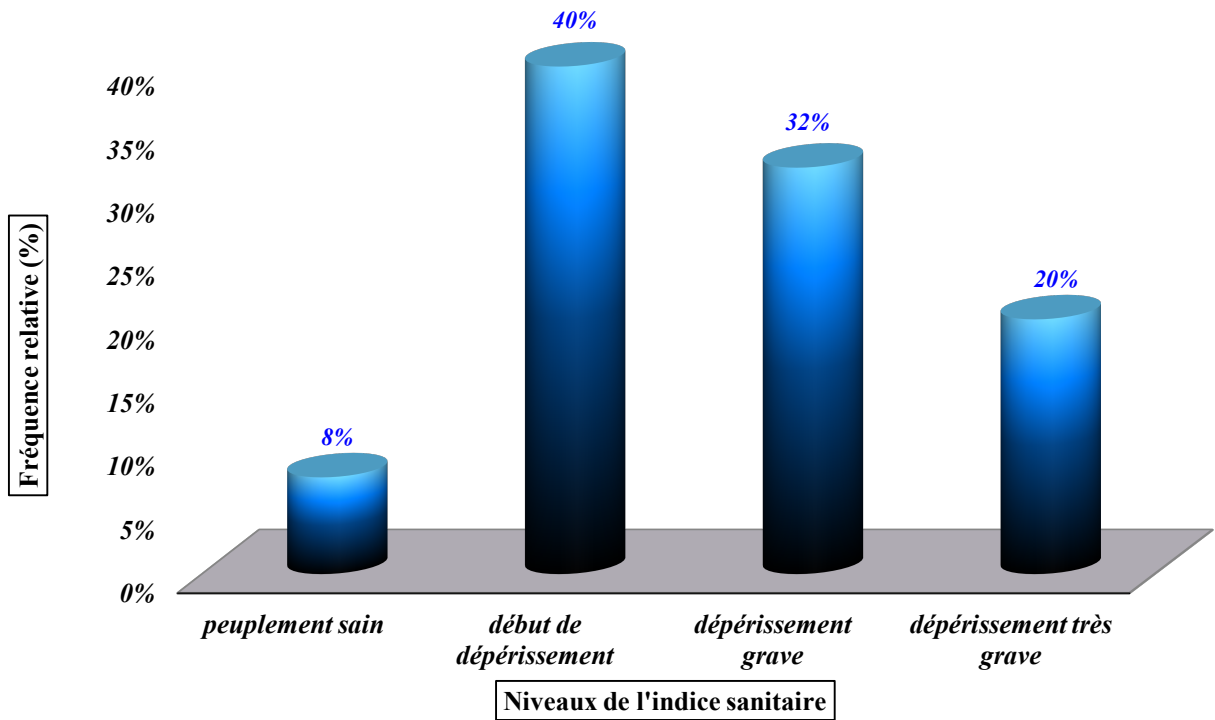


Fig.5.18 : Distribution en fréquence relative des niveaux de l'indice sanitaire

# CHAPITRE 6

*Etude du déperissement*

## **6. Etude du dépérissement :**

Le dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le parc national de Theniet El Had fera l'objet, lors de ce chapitre, d'une étude écodendrométrique objective et rationnelle. A travers les variables dendrométriques des cèdres échantillonnés et les caractéristiques stationnelles du milieu correspondantes, on conçoit de mettre en évidence l'éventuelle variabilité du taux de dépérissement enregistré au sein des unités d'échantillonnage.

Dès lors, les variables dendrométriques et particulièrement la densité totale seront les principales variables explicatives à mettre en évidence vis-à-vis des taux de dépérissement de cèdre enregistrés. De plus, facteurs topographiques et édaphiques seront, éventuellement, les caractéristiques stationnelles explicatives des différents taux de dépérissement du cèdre.

L'analyse de la variance à un facteur et le test de corrélation de Spearman, sont celles qui feront l'objet d'analyses appropriées quant aux variabilités de différences des taux de dépérissement à travers l'ensemble des strates de chacune des variables précitées. Ces analyses statistiques demeurent l'outil fiable dans de telle étude (Dagnelie, 1993, 1994).

### **6.1. Relation entre le dépérissement et les caractéristiques dendrométriques :**

Les variables dendrométriques révèlent être le signe indicateur d'identification de la structure des tiges et des peuplements forestiers.

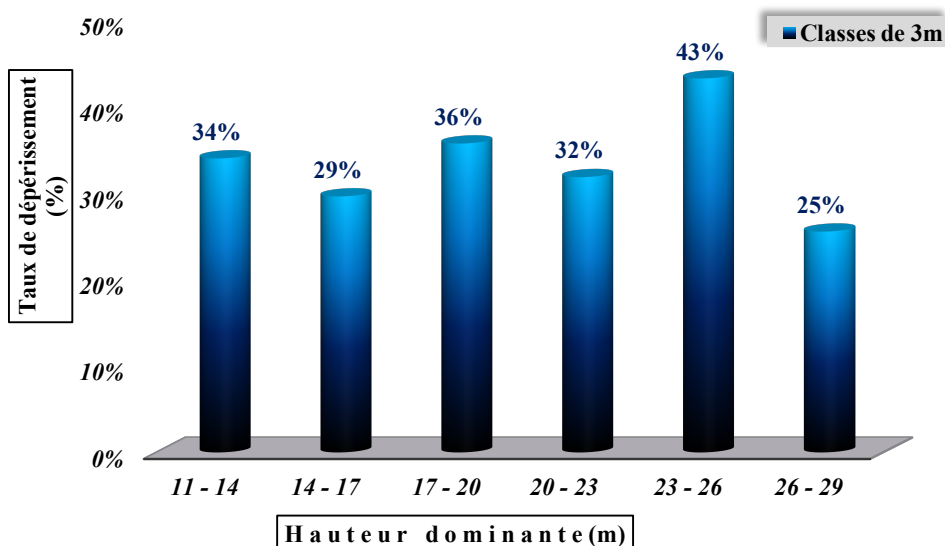
La dimension du dépérissement du cèdre dans le parc national, si l'on se réfère à sa répartition spatiale, semble être variable en rapport avec la structure des peuplements. Dès lors, pour pouvoir élucider et identifier rationnellement cette relation, il y a lieu de mettre en évidence les taux de dépérissement enregistrés en rapport avec les différentes variables dendrométriques correspondantes. Celles-ci étant révélatrices des interactions, de l'état de productivité et de production des peuplements forestiers (Rondeux, 1993 ; M'herit, 1994b ; Rondeux et *al.*, 1995).

En effet, on conçoit de mettre en évidence le taux de dépérissement avec chacune des caractéristiques dendrométriques suivantes : *hauteur dominante, circonférence dominante, indice de fertilité, densité totale, volume totale, hauteur moyenne, circonférence moyenne, surface terrière totale et la hauteur du houppier.*

**6.1.1. Relation entre le dépérissement et la hauteur dominante :**

La hauteur dominante est un critère fort considérable exprimant l'état de productivité d'un peuplement, soit en conséquence la fertilité stationnelle à laquelle il est soumis.

L'allure de répartition des taux de dépérissement à travers les classes de hauteur dominante est représentée dans la figure 6.1. Indépendamment de la variabilité des hauteurs dominantes enregistrées, l'analyse de la variance ne montre aucune différence significative (Tableau 6.1).



**Fig.6.1 : Taux de dépérissement à travers les classes de hauteur dominante**

**Tableau 6.1. Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la hauteur dominante**

	<i>Df</i>	<i>Sum Sq</i>	<i>Mean Sq</i>	<i>F value</i>	<i>Pr (&gt;F)</i>
<b>H<sub>dom</sub></b> :	5	0.0877	0.01755	0.8	0.557 <i>NS</i>
<b>Residuals</b> :	34	0.7454	0.02192		

*NS : Non significatif*

**6.1.2. Relation entre le dépérissement et la circonférence dominante :**

L'allure des taux de dépérissement à travers les classes de circonférence dominante n'enregistre qu'une faible légère évolution suivie par une chute du taux de dépérissement dans la classe des grandes circonférences (Fig.6.2). L'analyse de la variance montre une différence non significative à travers les classes de circonférence dominante (Tableau 6.2).

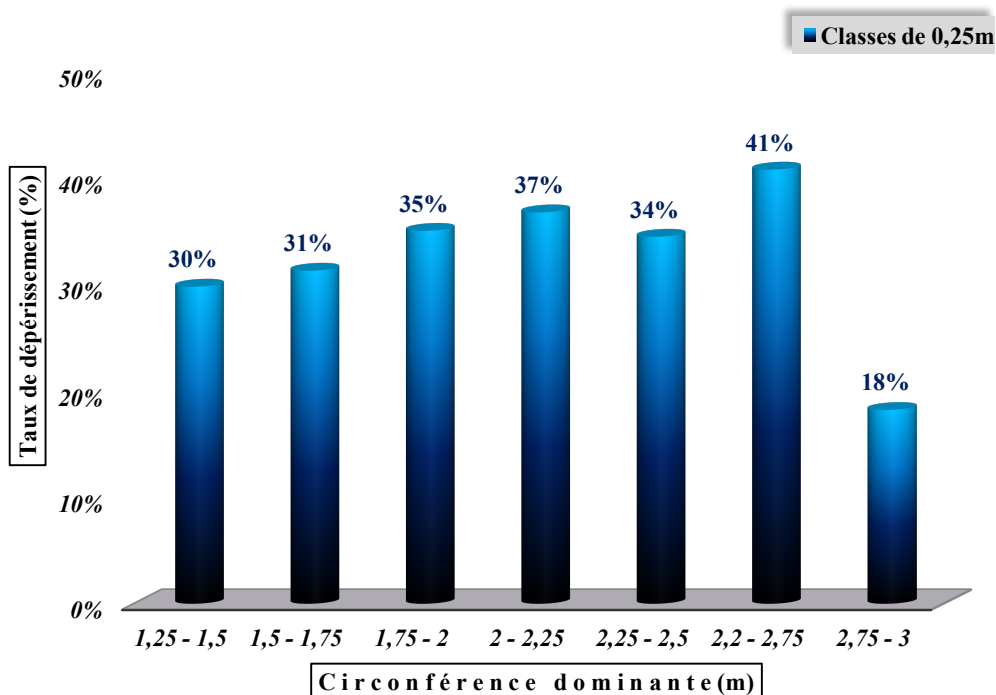


Fig.6.2 : Taux de dépérissement à travers les classes de circonférence dominante

Tableau 6.2. Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la circonférence dominante

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)
C <sub>dom</sub>	6	0.1095	0.01826	0.831	0.555 NS
Residuals	33	0.7249	0.02197		

NS : Non significatif

**6.1.3. Relation entre le dépérissement et l'indice de fertilité :**

La fertilité est la capacité de production d'un peuplement liée à l'effet des différents facteurs de production de la station (Decourt et al, 1965 ; Decourt, 1967).

La productivité est définie comme la vitesse de biomasse qui est fort dépendante de la fertilité de la station (Duvigneaud, 1980).

Decourt (1967) recommande de préférence la notion de productivité pour définir cet effet complexe et de réserver celui de fertilité pour caractériser ce qui appartient en propre à la station.

Dans la cédraie, les classes de productivités retenues, au nombre de trois, sont celles déterminées par Zedek (1993). La figure 6.3 présente les taux du dépérissement à travers les classes de fertilité des peuplements de cèdre exprimées. L'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative (Tableau 6.3). Qu'il s'agit de niveau de productivité faible, moyen ou élevé, le dépérissement demeure toujours recensé indépendamment de la fertilité stationnelle.

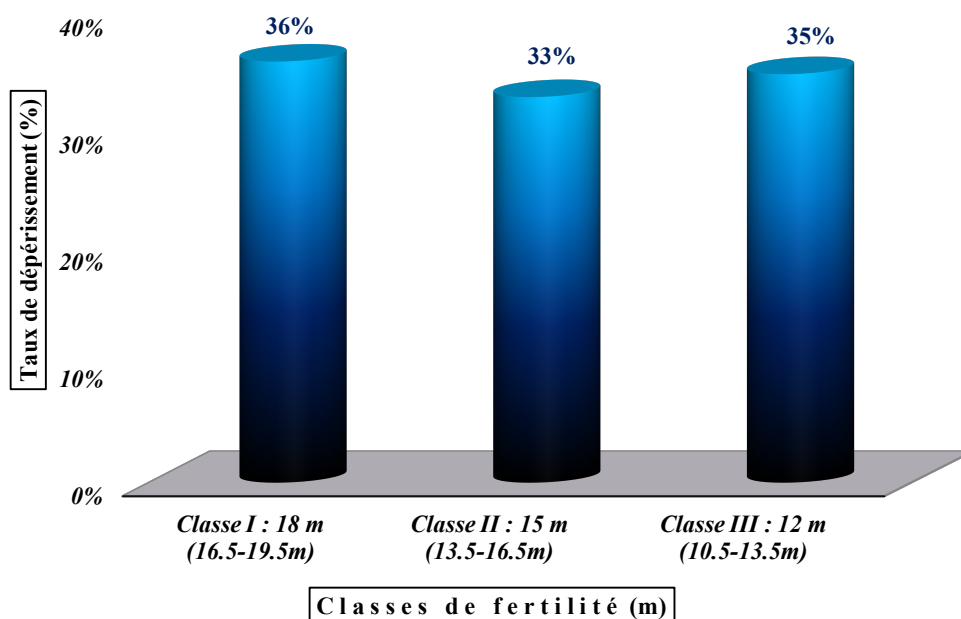


Fig.6.3 : Taux de dépérissement à travers les classes de fertilité

Tableau 6.3. Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et l'indice de fertilité

	<i>Df</i>	<i>Sum Sq</i>	<i>Mean Sq</i>	<i>F value</i>	<i>Pr (&gt;F)</i>
<b>IF</b>	2	0.0137	0.006844	0.309	0.736 <i>NS</i>
<b>Residuals</b>	37	0.8194	0.022147		

*NS* : Non significatif

La hauteur dominante, la circonférence dominante et l'indice de fertilité, reflètent la production et la fertilité stationnelle sans pour autant qu'ils soient influencés par la concurrence (Toth, 1973 ; Rondeux, 1993). De ce fait, et à partir des résultats obtenus par l'analyse de la variance, on peut déduire que le dépérissement n'a aucun rapport avec la nature de la station « qu'elle soit fertile ou non ».

Une étude de la relation entre le dépérissement et les facteurs écologiques pourrait être plus explicite des résultats obtenus.

#### **6.1.4. Relation entre le dépérissement et la densité totale :**

La densité de peuplement est une mesure quantitative du couvert forestier sur une superficie donnée. Elle s'exprime en fonction de la *biomasse*, de la *fermeture du couvert*, du *nombre d'arbres*, de la *surface terrière* ou du *volume par hectare* (Schütz, 1990 ; Alteyrac, 2005).

La densité du peuplement réfère à la notion de compétition entre les arbres, c'est-à-dire à la demande exercée par deux ou plusieurs organismes pour une ressource commune, dans un milieu où ces ressources sont réellement ou potentiellement limitées (Bachacou et Décourt, 1976).

L'étude a pour objet la mise en évidence du taux de dépérissement en rapport avec la densité totale du peuplement, soit l'ensemble des tiges des espèces recensées. L'analyse de la variance à un facteur ne révèle aucune différence significative du taux de dépérissement avec les placettes de recensées (Tableau 6.4). L'allure de la Figure 6.4 ne présente aucune concordance entre la variabilité de la densité et la variabilité du taux du dépérissement.

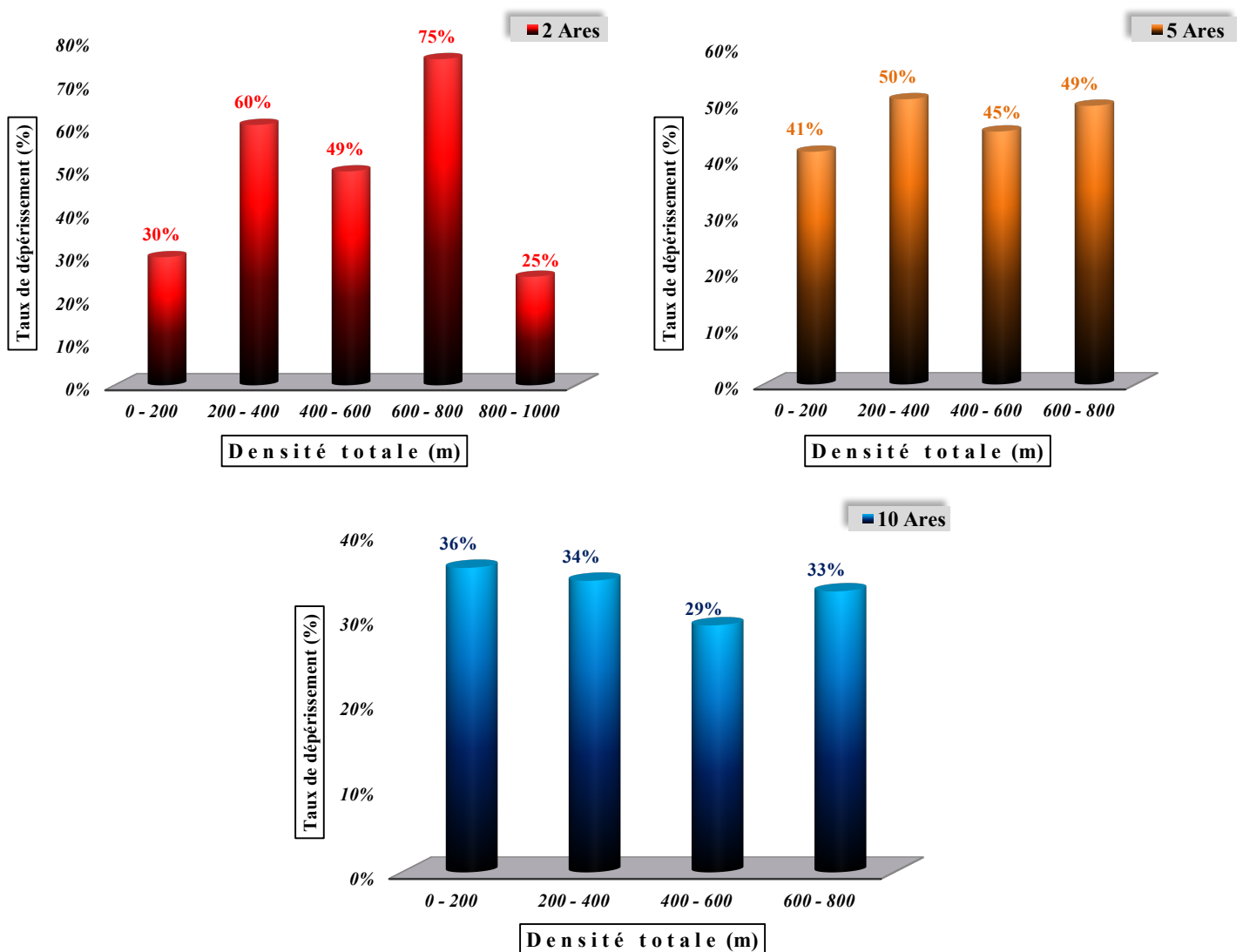


Fig.6.4 : Taux de dépérissement à travers les classes de la densité totale

Tableau 6.4. Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la densité totale

Superficie	F value	Pr (>F)
02 Ares	1.73	0.167 NS
05 Ares	0.355	0.786 NS
10 Ares	0.115	0.951 NS

NS : Non significatif

**6.1.5. Relation entre le dépérissement et le volume total :**

Le volume est une caractéristique dendrométrique fondamentale dans la quantification de la matière ligneuse produite (Rondeux, 1993). Quoiqu'un volume plus important correspond à une production ligneuse appréciable, il est nécessaire d'apercevoir son impact sur la concurrence créée entre les tiges, et par conséquent la vigueur des arbres.

L'allure de répartition des taux de dépérissement à travers les classes de volume est représentée dans la figure 6.5. Indépendamment de la variabilité des volumes enregistrés, l'analyse de la variance ne montre aucune différence significative pour les placettes de 5 et 10 ares, or que, pour les placettes de 2 ares la différence est significative (Tableau 6.5). En effet, les superficies restreintes contenant une matière ligneuse importante provoque une concurrence altérant la vitalité du cèdre.

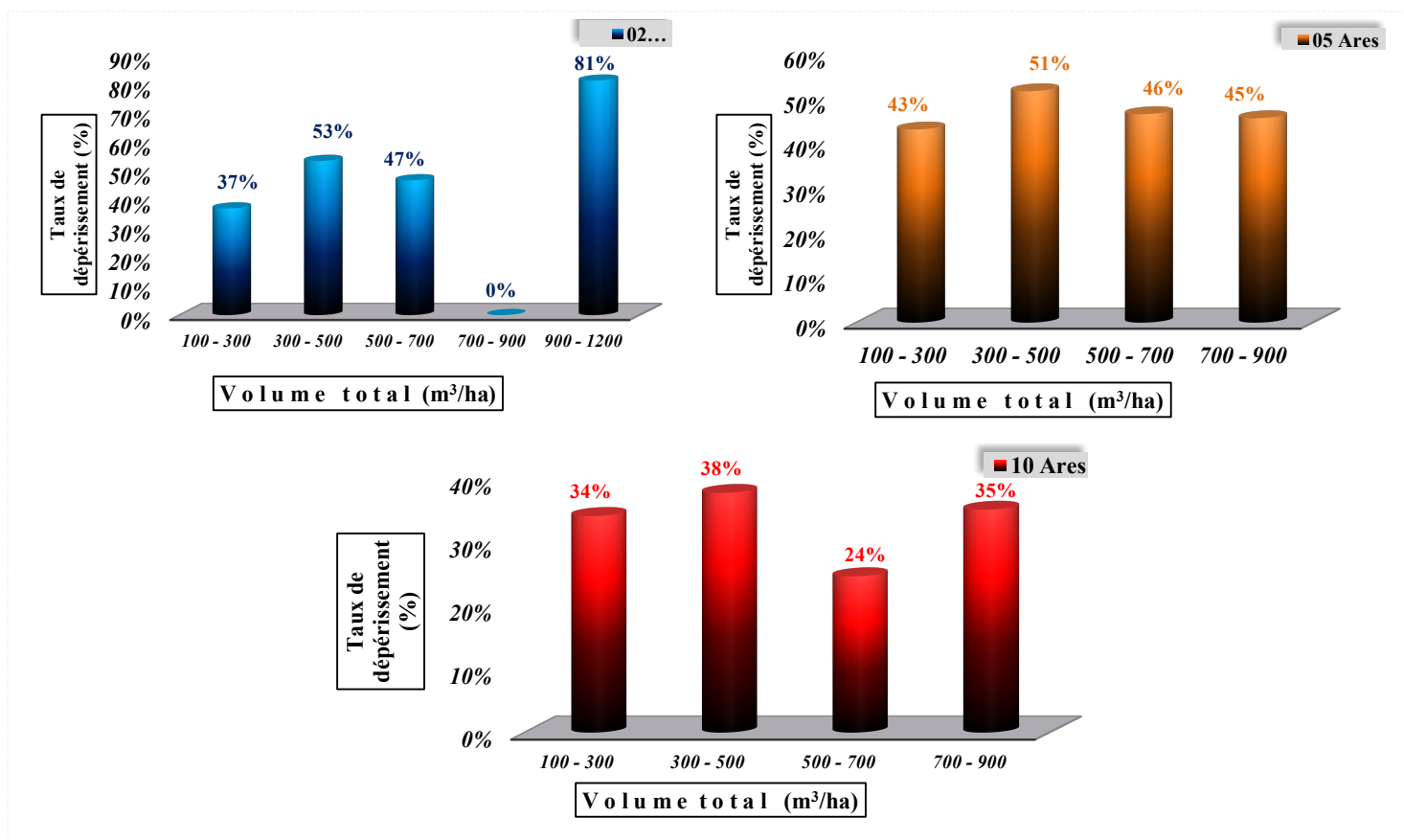


Fig.6.5 : Taux de dépérissement à travers les classes de volume

Tableau 6.5. Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et le volume total

Superficie	F value	Pr (>F)
02 Ares	3.028	0.0419 *
05 Ares	0.307	0.82 NS
10 Ares	0.942	0.431 NS

\* Seuil de signification de 0.05 / NS : Non significatif

**6.1.6. Relation entre le dépérissement et la hauteur moyenne :**

La hauteur d'un arbre est un indicateur révélateur des conditions de compétition auxquelles cet arbre a été soumis (Becker, 1992).

La figure 6.6 illustre mieux la concentration des taux de dépérissement au niveau des catégories de hauteur totale moyenne pour les unités d'échantillonnage de 02, 05 et 10 ares. L'analyse de la variance ne montre aucune différence significative (Tableau 6.6). En fait, l'allure des classes de hauteur moyenne ne présente aucune concordance entre l'évolution de la hauteur moyenne et les taux de dépérissement enregistrés.

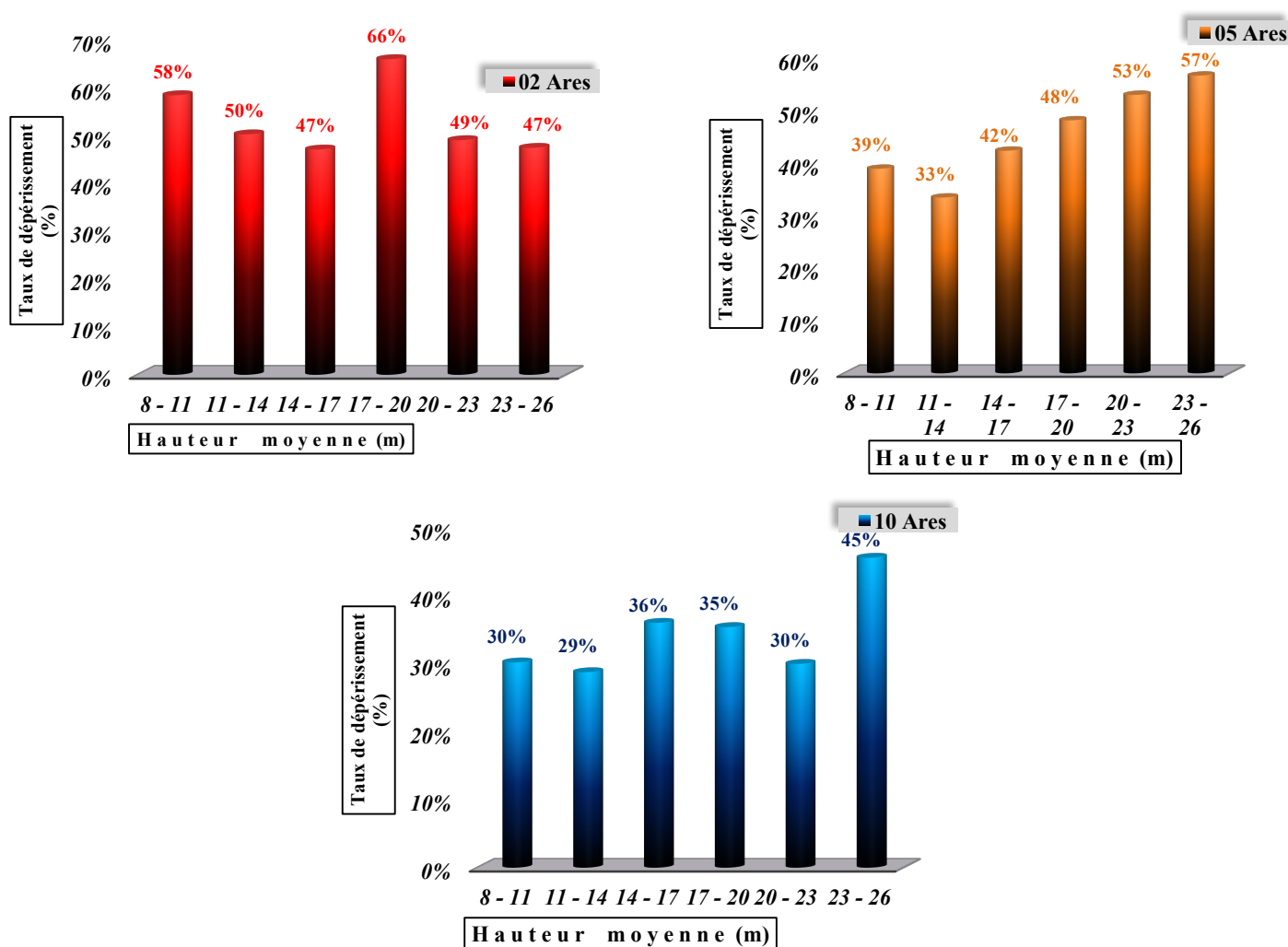


Fig.6.6 : Taux de dépérissement à travers les classes de hauteur moyenne

**Tableau 6.6. Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la hauteur moyenne**

Superficie	F value	Pr (>F)
<b>02 Ares</b> :	0.848	0.526 <i>NS</i>
<b>05 Ares</b> :	0.743	0.597 <i>NS</i>
<b>10 Ares</b> :	1.061	0.399 <i>NS</i>

*NS : Non significatif*

**6.1.7. Relation entre le dépérissement et la circonférence moyenne :**

La circonférence moyenne est une variable soumise à l'influence de la concurrence des tiges (Bellefleur et Villeneuve, 1984 ; Deleuze et *al.*, 1996).

La figure 6.7 illustre mieux la concentration des taux de dépérissement au niveau des catégories de circonférences moyennes. L'analyse de la variance montre une différence significative (Tableau 6.7) pour les unités d'échantillonnage de 02 et 05 ares et une différence non significative pour celles de 10 ares. En fait, la figure 6.7 montre une augmentation des concentrations du taux de dépérissement avec l'augmentation des grosseurs des arbres ce qui implique la présence d'une relation positive. Néanmoins, cette relation disparaît pour les placettes de 10 ares. En effet, de plus en plus que les tiges sont grosses et comme elles ne sont soumises à aucune intervention sylvicole, l'espace vital recherché demeure alors compromettant à la vitalité et la vigueur des tiges.

**Tableau 6.7. Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la circonférence moyenne**

Superficie	F value	Pr (>F)
<b>02 Ares</b> :	<b>2.704</b>	<b>0.0255 *</b>
<b>05 Ares</b> :	<b>2.784</b>	<b>0.0327 *</b>
<b>10 Ares</b> :	0.977	0.464 <i>NS</i>

\* Seuil de signification de 0.05 / *NS : Non significatif*

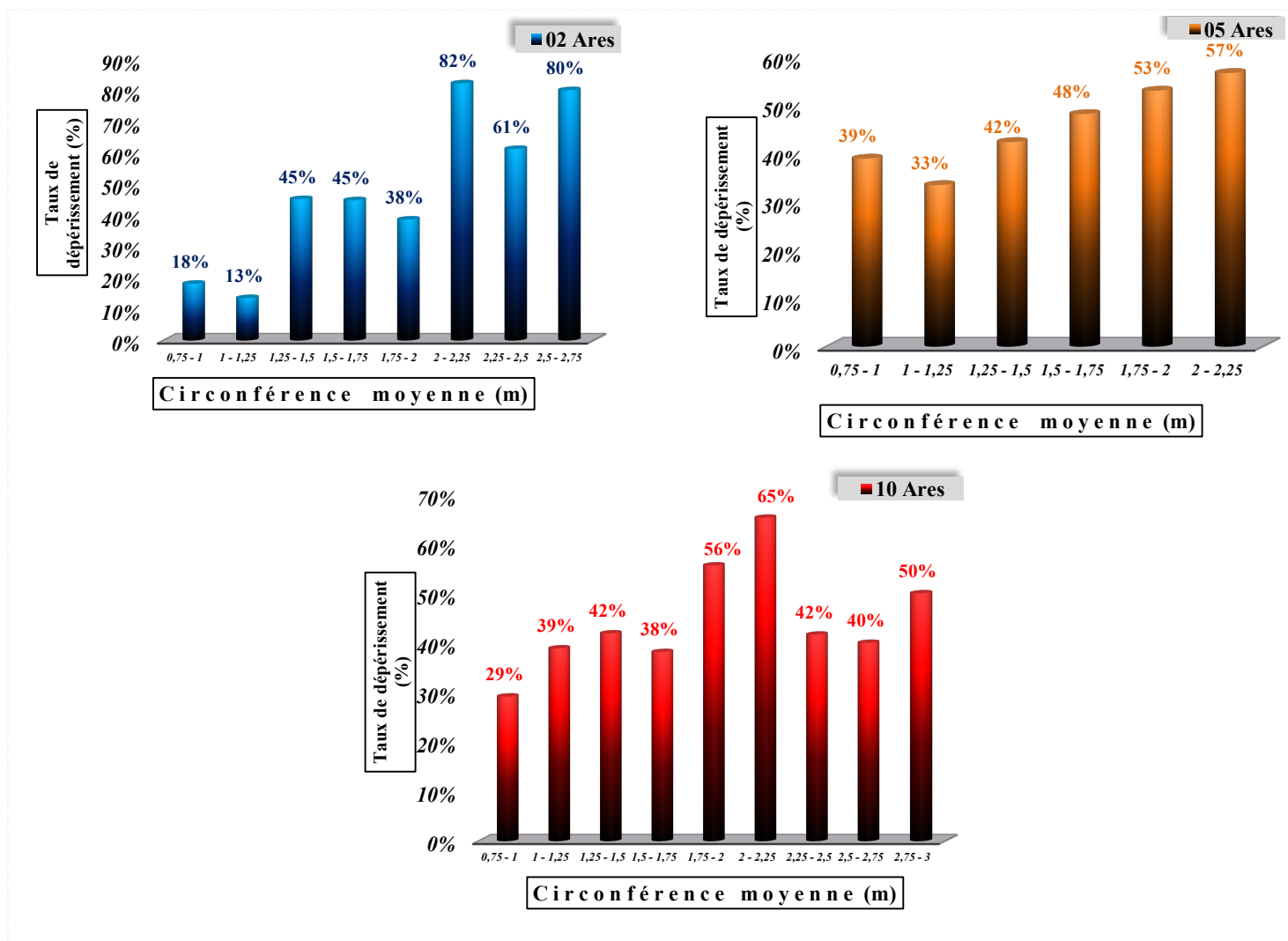


Fig.6.7 : Taux de dépérissement à travers les classes de circonférence moyenne

**6.1.8. Relation entre le dépérissement et la surface terrière totale :**

La surface terrière est un indice révélateur de la croissance et de la densité des peuplements forestiers (Rondeux, 1993).

Sur la base des données enregistrées à travers chacune des superficies de 02, 05 et 10ares, l'analyse de la variance révèle une différence significative seulement dans les peuplements échantillonnés dans les placettes de 02 ares (Tableau 6.8). Cette superficie, de grandeur réduite, s'avère être moins propice à l'espace vital des peuplements (Fig.6.8).

Tableau 6.8. Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la surface terrière

Superficie	F value	Pr (>F)
02 Ares :	4.671	0.0155 *
05 Ares :	0.681	0.513 NS
10 Ares :	0.642	0.532 NS

\* Seuil de signification de 0.05 / NS : Non significatif

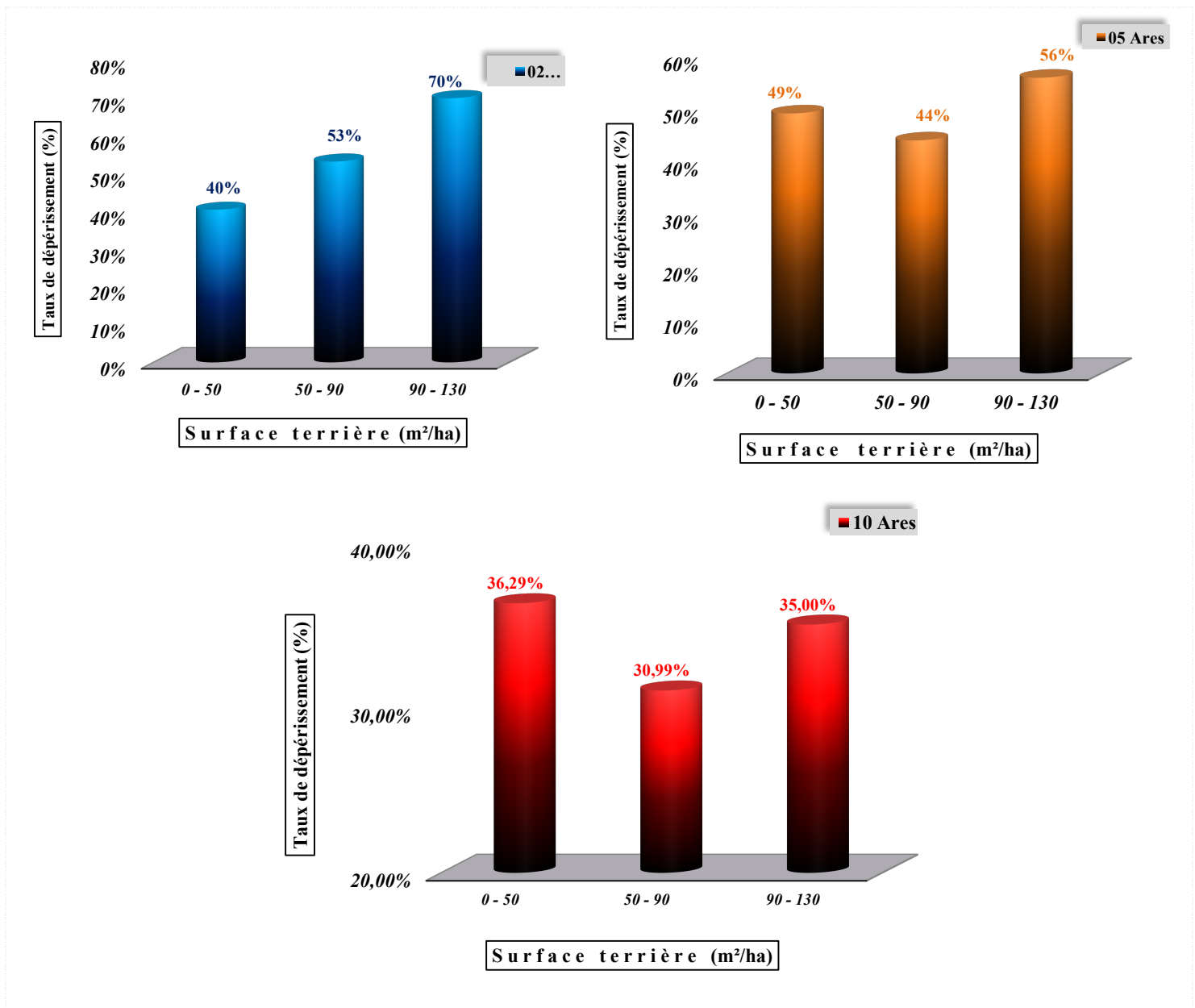


Fig.6.8 : Taux de dépérissement à travers les classes de surface terrière

**6.1.9. Relation entre le dépérissement et la hauteur du houppier :**

L'état des houppiers reflète fortement le comportement et la croissance des arbres (Becker et al, 1990).

L'analyse de la variance entre le dépérissement et la hauteur du houppier révèle une différence significative (Tableau 6.9). La Figure 6.9 illustre mieux la concentration des taux de dépérissement au niveau des catégories de hauteur du houppier. En effet, de plus que la hauteur des houppiers et grande, de plus que les concentrations du dépérissement sont importante ; cette situation ne peut s'expliquer que par l'importance de la concurrence au fur et à mesure que les houppiers sont grandioses.

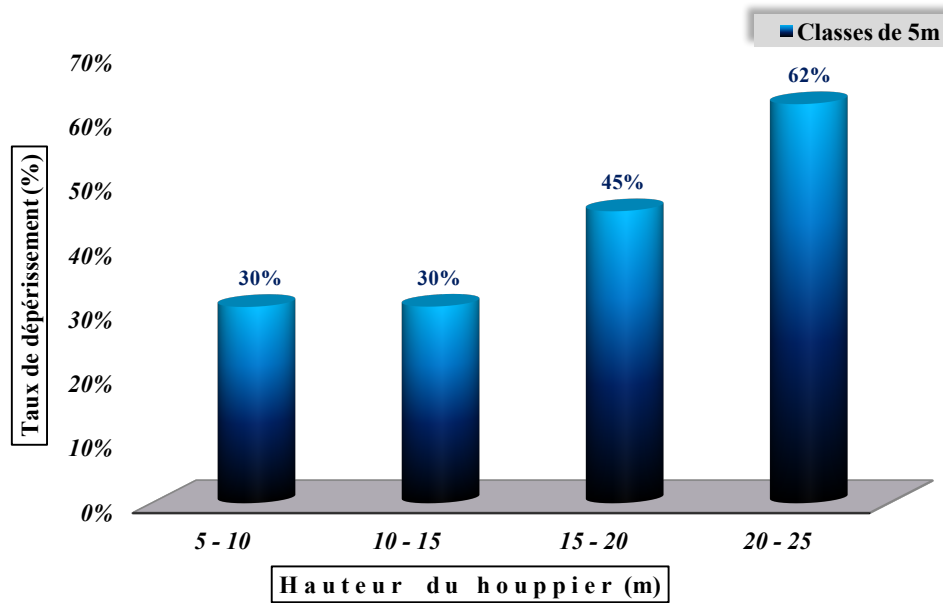


Fig.6.9 : Taux de dépérissement à travers les classes des hauteurs des houppiers

Tableau 6.9. Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la hauteur du houppier

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)
<b>HH</b>	3	0.2615	0.08716	5.477	0.00332 **
<b>Residuals</b>	36	0.5729	0.01591		

\*\* Seuil de signification de 0.01

**6.1.10. Corrélation de Spearman entre les caractéristiques dendrométriques :**

L'application du test de Spearman a pour objet d'étudier le niveau de signification de la corrélation entre le dépérissement et les caractéristiques dendrométriques pour les placettes de 2, 5 et 10 ares.

- *Placettes de 2 ares :*

Tableau 6.10. Matrice de corrélation de Spearman entre le dépérissement et les caractéristiques dendrométriques (Placette de 02 ares)

	<b>C<sub>dom</sub></b>	<b>C<sub>moy</sub></b>	<b>D<sub>tot</sub></b>	<b>G<sub>tot</sub></b>	<b>H<sub>dom</sub></b>	<b>H<sub>moy</sub></b>	<b>T.DEP</b>	<b>V<sub>tot</sub></b>
<b>C<sub>dom</sub></b>	1.0000	0.9432	-0.2045	0.6182	0.5537	0.5000	0.2713	0.6680
<b>C<sub>moy</sub></b>	0.9432	1.0000	-0.3245	0.4917	0.6083	0.6526	<b>0.6258</b> p-values= 0.027	0.5151
<b>D<sub>tot</sub></b>	-0.2045	-0.3245	1.0000	0.4125	-0.1579	-0.2812	0.3496	0.3242
<b>G<sub>tot</sub></b>	0.6182	0.4917	0.4125	1.0000	0.3973	0.2281	<b>0.5754</b> p-values= 0.017	0.8778
<b>H<sub>dom</sub></b>	0.5537	0.6083	-0.1579	0.3973	1.0000	0.9083	0.1307	0.4832
<b>H<sub>moy</sub></b>		0.6526	-0.2812	0.2281	0.9083	1.0000	0.0925	0.2970
<b>T.DEP</b>	0.2713	<b>0.6258</b>	0.3496	<b>0.5754</b>	0.1307	0.0925	1.0000	0.4678
<b>V<sub>tot</sub></b>	0.6680	0.5151	0.3242	0.8778	0.4832	0.2970	<b>0.5678</b> p-values= 0.007	1.0000

Le tableau 6.10 montre une corrélation assez appréciable entre le taux de dépérissement et la circonférence moyenne, la surface terrière totale et le volume.

- *Placettes de 5 ares :*

**Tableau 6.11. Matrice de corrélation de Spearman entre le dépérissement et les caractéristiques dendrométriques (Placette de 05 ares)**

	<b>C<sub>dom</sub></b>	<b>C<sub>moy</sub></b>	<b>D<sub>tot</sub></b>	<b>G<sub>tot</sub></b>	<b>H<sub>dom</sub></b>	<b>H<sub>moy</sub></b>	<b>DEP</b>	<b>V<sub>tot</sub></b>
<b>C<sub>dom</sub></b>	1.0000	0.8617	-0.3873	0.5894	0.6078	0.6259	0.1284	0.3828
<b>C<sub>moy</sub></b>	0.8617	1.0000	-0.5275	0.3203	0.5228	0.7157	<b>0.5170</b> <b>p-values= 0.046</b>	0.2146
<b>D<sub>tot</sub></b>	-0.3873	-0.5275	1.0000	0.1622	-0.2589	-0.3748	0.0102	0.2781
<b>G<sub>tot</sub></b>	0.5894	0.3203	0.1622	1.0000	0.5363	0.3683	-0.1692	0.7263
<b>H<sub>dom</sub></b>	0.6078	0.5228	-0.2589	0.5363	1.0000	0.8932	0.0664	0.5187
<b>H<sub>moy</sub></b>	0.6259	0.7157	-0.3748	0.3683	0.8932	1.0000	0.2351	0.3250
<b>DEP</b>	0.1284	<b>0.5170</b>	0.0102	-0.1692	0.0664	0.2351	1.0000	0.1290
<b>V<sub>tot</sub></b>	0.3828	0.2146	0.2781	0.7263	0.5187	0.3250	0.1290	1.0000

Le tableau 6.11, contrairement à celui correspondant aux placettes de 2 ares, la corrélation n'est appréciable que pour la circonférence moyenne.

- *Placettes de 10 ares :*

**Tableau 6.12. Matrice de corrélation de Spearman entre le dépérissement et les caractéristiques dendrométriques (Placette de 10 ares)**

	<b>C<sub>dom</sub></b>	<b>C<sub>moy</sub></b>	<b>D<sub>tot</sub></b>	<b>G<sub>tot</sub></b>	<b>H<sub>dom</sub></b>	<b>H<sub>moy</sub></b>	<b>HH</b>	<b>IF</b>	<b>DEP</b>	<b>V<sub>tot</sub></b>
<b>C<sub>dom</sub></b>	1.0000	0.9299	-0.6639	0.1331	0.5713	0.6636	0.1348	0.9911	0.0930	0.1852
<b>C<sub>moy</sub></b>	0.9299	1.0000	-0.7068	0.1122	0.6080	0.7880	0.0749	0.9111	0.2456	0.0815
<b>D<sub>tot</sub></b>	-0.6639	-0.7068	1.0000	-0.1220	-0.3938	-0.5251	-0.0670	-0.6486	-0.0618	0.1373
<b>G<sub>tot</sub></b>	0.1331	0.1122	-0.1220	1.0000	0.1693	0.1300	-0.0913	0.1076	-0.2284	0.2444
<b>H<sub>dom</sub></b>	0.5713	0.6080	-0.3938	0.1693	1.0000	0.9251	0.1005	0.5941	0.1319	0.5689
<b>H<sub>moy</sub></b>	0.6636	0.7880	-0.5251	0.1300	0.9251	1.0000	0.0726	0.6714	0.2632	0.3566
<b>HH</b>	0.1348	0.0749	-0.0670	-0.0913	0.1005	0.0726	1.0000	0.1558	<b>0.4737</b> <b>p-values= 0.048</b>	0.0836
<b>IF</b>	0.9911	0.9111	-0.6486	0.1076	0.5941	0.6714	0.1558	1.0000	0.1146	0.2312
<b>DEP</b>	0.0930	0.2456	-0.0618	-0.2284	0.1319	0.2632	<b>0.4737</b>	0.1146	1.0000	-0.138
<b>V<sub>tot</sub></b>	0.1852	0.0815	0.1373	0.2444	0.5689	0.3566	0.0836	0.2312	-0.1389	1.0000

Le tableau 6.12, montre une corrélation plus au moins forte entre le dépérissement et la hauteur du houppier par rapport aux autres facteurs dendrométriques.

L'analyse de la variance et le test de corrélation de Spearman divulguent une relation entre le dépérissement et les facteurs dendrométriques influencés par la concurrence soit celles : la circonférence moyenne, la surface terrière et le volume total, cette relation devient de plus en plus moins significative que la superficie de la placette augmente. Or que, la relation

dépérissement-facteurs dendrométriques indicateurs de la fertilité stationnelle (circonférence dominante, hauteur dominante et indice de fertilité) est négligeable. L'analyse de la variabilité de la hauteur du houppier par rapport à celle du dépérissement démontre une relation hautement significative qui se caractérise par l'augmentation du taux de dépérissement avec l'évolution des hauteurs du houppier.

Par ailleurs, les analyses ne révèlent aucune corrélation significative entre le taux de dépérissement et la densité au sein des unités d'échantillonnage de 2, 5 et 10 ares. Une densité, élément indicateur de l'espace vital des tiges, quoique faible pourrait dissimuler l'espace d'écartement entre ces mêmes tiges : en fait, comme le peuplement est issu naturellement, on retient de signaler que lors d'une densité faible, les tiges pourraient être soumises à un traumatisme concurrentiel suite à un espace vital restreint (Ottorini, 1978). Cette situation, et en l'absence d'opérations sylvicoles, demeure signalée à travers la cédraie. C'est ainsi que pour de plus ample identification, une étude relative à la compétition des tiges fera l'objet de discussion exhaustive.

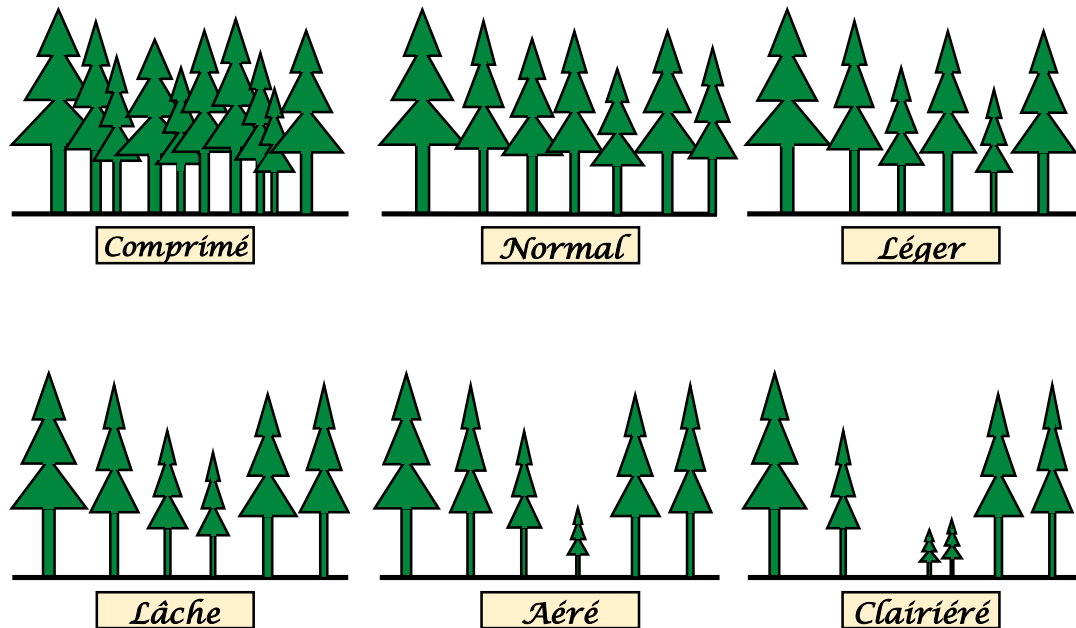
## **6.2. Etude de la compétition des arbres :**

La compétition est un processus dynamique par lequel les parties aériennes et souterraines de l'arbre interagissent sur une ou plusieurs ressources communes. Ce processus induit généralement à un effet adverse pour l'arbre (Ung *et al.*, 1997; Alteyrac, 2005).

Les interactions entre arbres voisins, étant caractérisés par leur immobilité et leur pérennité, aboutissent à des modifications plastiques importantes sur l'arbre comme sur le peuplement (Illy et Lemoine, 1970 ; Birot, 1972 ; Bachacou et Décourt, 1976 ; Alteyrac, 2005).

Conformément au degré de fermeture des houppiers, Shütz (1990) distingue six expressions numériques de la densité utilisées en sylviculture (Fig.6.10) :

- **Comprimé** : les houppiers se concurrencent latéralement à tel point que leur développement régulier normal n'est plus garanti ;
- **Normal** : la plupart des houppiers ont un développement normal, avec une longueur comprise entre  $\frac{1}{4}$  et  $\frac{1}{2}$  de la hauteur. Il n'y a pas d'interstices entre eux ;
- **Léger** : il y a entre les houppiers de petits interstices, mais encore une influence réciproque ;
- **Lâche** : il n'y a plus de contact direct entre les houppiers, mais il n'y a pas de place suffisante dans les interstices pour placer un autre arbre ;
- **Aéré** : il n'y a plus de fermeture et les houppiers ont une distribution régulière. Entre les interstices, il y a place pour d'autres arbres ;
- **Clairié** : il y a de véritables trouées dans le couvert, laissant place pour plusieurs arbres.



**Fig.6.10 : Expressions numériques de densité à partir du degré de fermeture des houppiers (Shütz, 1990)**

Dès lors, dans cette partie, l'étude portera sur l'étude de la concurrence au niveau peuplement, l'identification de la répartition spatiale des tiges et l'étude de l'intensité de concurrence au niveau arbre, pour cette cédraie qualifiée de jardinée, et demeure, hélas, non encore soumise à des interventions sylvicoles depuis les années rétrospectives.

### **6.2.1. Indice d'espacement de Hart-Becking :**

L'une des méthodes les plus utilisées pour définir la concurrence dans un peuplement, est l'utilisation des indices de compétition. L'indice d'espacement de Hart-Becking revêt être un facteur lié à la densité du peuplement et est utilisé principalement pour identifier l'intensité d'éclaircie (Oswald, 1988 ; Derrak et *al*, 2008).

Le principe est de faire ressortir, à partir de l'espacement moyen entre les tiges et la hauteur dominante, le taux d'éclaircie d'un peuplement selon la formulation suivante (Bouchon, 1966) :

$$s \% = (A/H_{\text{dom}}) \times 100$$

Avec:

- $s$  % : Indice d'espacement de Hart-Becking ;
- $A$  : La distance moyenne des tiges d'un peuplement ;
- $H_{\text{dom}}$  : La hauteur dominante.

La distance moyenne des tiges d'un peuplement peut se calculer selon la formule suivante

$$A = 10^2 \sqrt{\frac{2}{N\sqrt{3}}}$$

Avec  $N$  : Nombre de tiges par hectare.

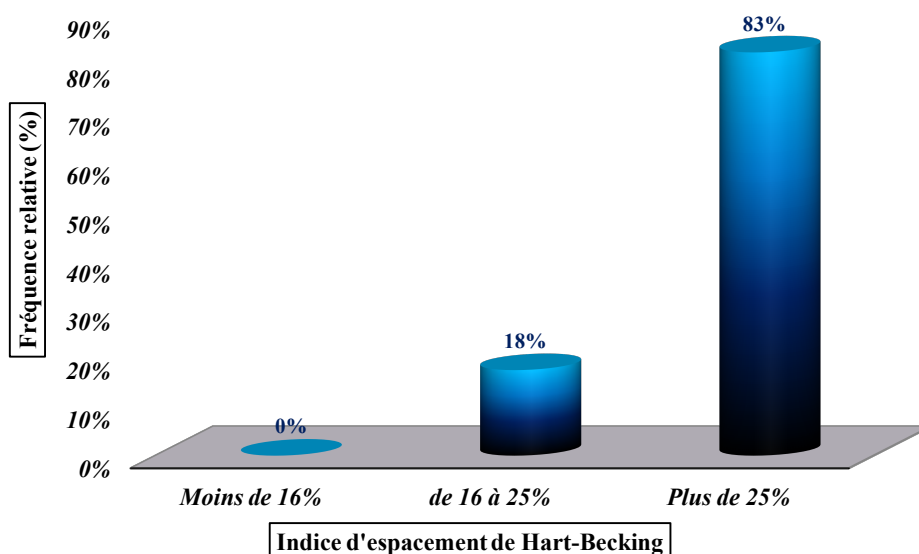
Selon Bouchon, 1966 le résultat obtenu à partir de l'indice de Hart-Becking peut se traduire comme suit :

- Un facteur d'espacement inférieur à 16% correspond à des éclaircies faibles ;
- Un facteur d'espacement oscillant entre 16 et 25% correspond à des éclaircies modérées ;
- Un facteur d'espacement supérieur à 25% correspond à des éclaircies très fortes.

A partir des résultats obtenus dans le tableau 6.13 on remarque que 75% des placettes présentent un facteur d'espacement supérieur à 25% (Fig. 6.11). C'est-à-dire qu'elles appartiennent à la classe des éclaircies fortes.

**Tableau 6.13. Résultat de l'indice de Hart-Becking à travers les placettes échantillonnées**

Placette	s %
01	34.78
02	31.04
03	35.79
04	32.72
05	46.99
06	41.33
07	51.16
08	43.27
09	41.79
10	28.34
11	42.47
12	33.05
13	42.49
14	24.18
15	27.85
16	33.95
17	28.57
18	24.75
19	32.85
20	41.75
21	39.22
22	25.67
23	35.69
24	18.01
25	26.80
26	20.66
27	44.55
28	37.48
29	22.66
30	35.68
31	35.45
32	29.35
33	19.92
34	28.55
35	25.30
36	25.61
37	22.09
38	27.62
39	33.69
40	32.45



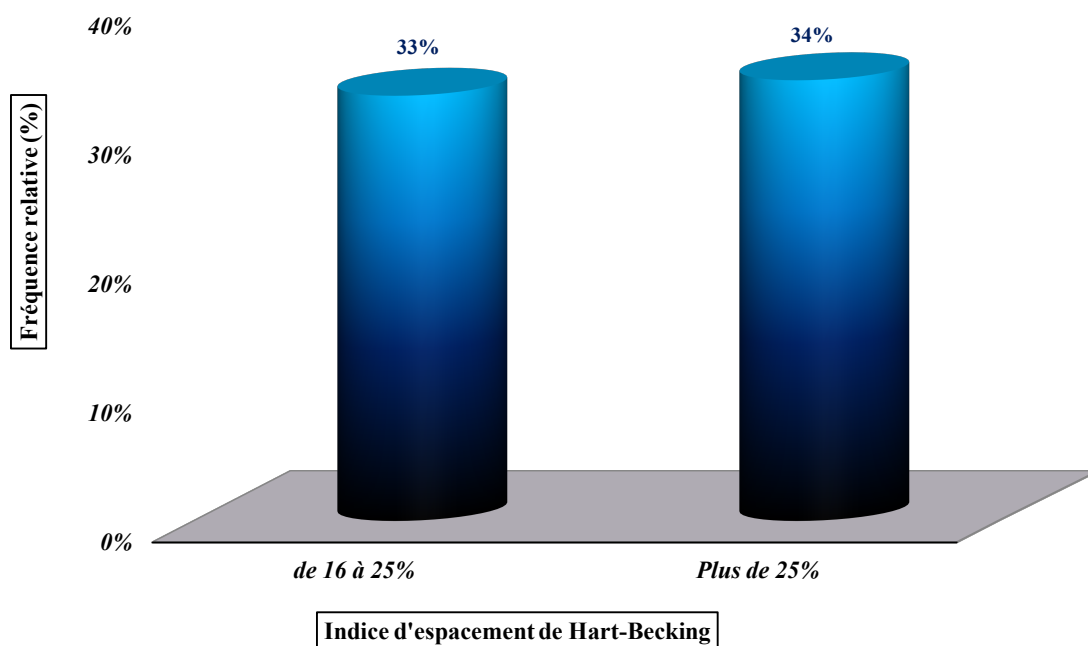
**Fig.6.11 : Répartition des placettes selon l'indice d'espacement de Hart-Becking**

L'étude de la variabilité du dépérissement à travers les différentes classes de l'indice d'espacement de Hart-Becking ne révèle aucune différence significative (Tableau 6.14). L'application du test de corrélation de Spearman ne présente aussi aucune relation remarquable ( $\rho = -0.058$  ;  $p\text{-value} = 0.642$ ). En effet l'allure des taux des dépérissements ne présente aucune différence entre les classes de l'indice d'espacement (Fig.6.12).

**Tableau 6.14. Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et l'indice d'espacement de Hart-Becking**

	<i>Df</i>	<i>Sum Sq</i>	<i>Mean Sq</i>	<i>F value</i>	<i>Pr (&gt;F)</i>
<b>s %</b>	1	0.0008	0.00084	0.038	0.846 <i>NS</i>
<b>Residuals</b>	38	0.8336	0.02193		

*NS : Non significatif*



**Fig.6.12 : Taux de dépérissement à travers les classes de l'indice de Hart-Becking**

Le résultat n'est autre que la validation de celui conclu lors de l'étude de la densité. En effet cet indice est basé sur la densité qui, avec laquelle, les calculs d'espacement ont été obtenus. Dès lors, l'étude de la concurrence doit se faire d'une façon plus précise, soit celle, au niveau arbre avec laquelle on pourra déduire la présence ou non d'une concurrence interindividuelle.

### 6.2.2. Evolution du dépérissement à travers la grandeur des superficies :

Il s'agit d'envisager l'évolution du dépérissement par le biais du taux de dépérissement enregistré à travers les superficies des unités d'échantillonnage de 2, 5 et 10ares. L'analyse de la variance montre une différence nettement significative entre la grandeur des superficies et le taux de dépérissement. L'application du test de corrélation (Tableau 6.15).

La présentation graphique de l'évolution du dépérissement par rapport à la grandeur des superficies des placettes révèle une allure régressive (Fig.6.13). A des superficies élevées, le dépérissement enregistré demeure loin d'être liée exclusivement aux superficies réduites. Il s'agit nettement de l'écart d'espacement auquel se trouve soumis l'espace vital exigé par l'arbre. Ainsi, de plus en plus que celui-ci se trouve compromettant qu'on y enregistre encore de cèdres dépéris. La nécessité d'interventions sylvicoles est d'une urgence vitale à la cédraie.

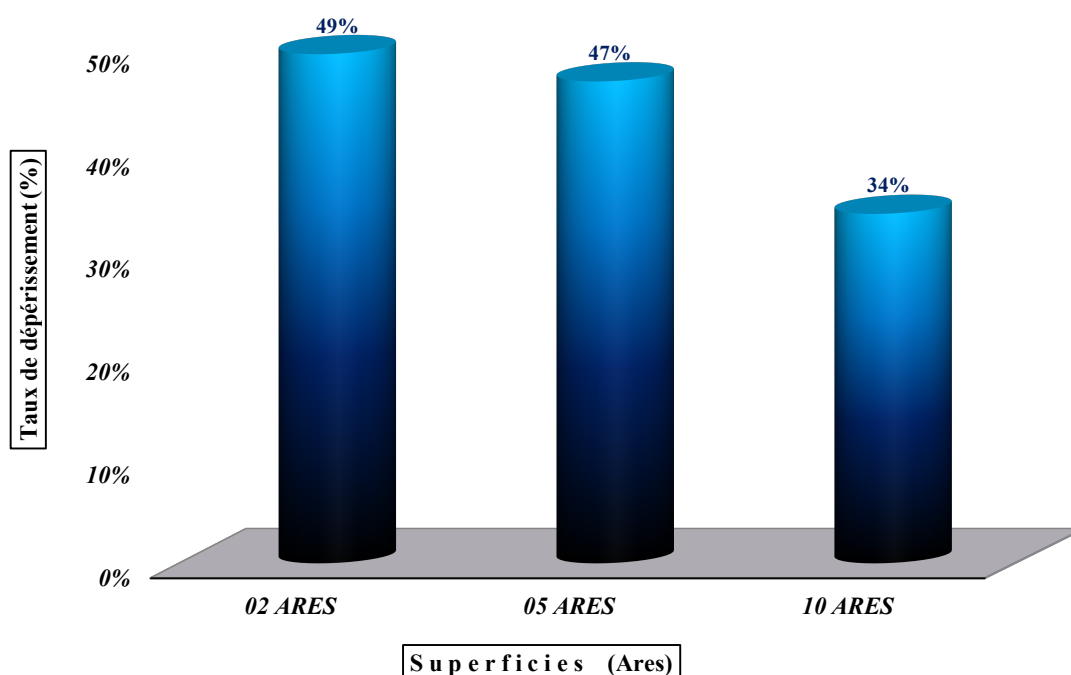


Fig.6.13 : Taux de dépérissement à travers les unités d'échantillonnage

Tableau 6.15. Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et la grandeur des unités d'échantillonnage

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)
Sup. plots	2	0.551	0.27547	4.821	0.00973 **
Residuals	117	0.5729	0.01591		

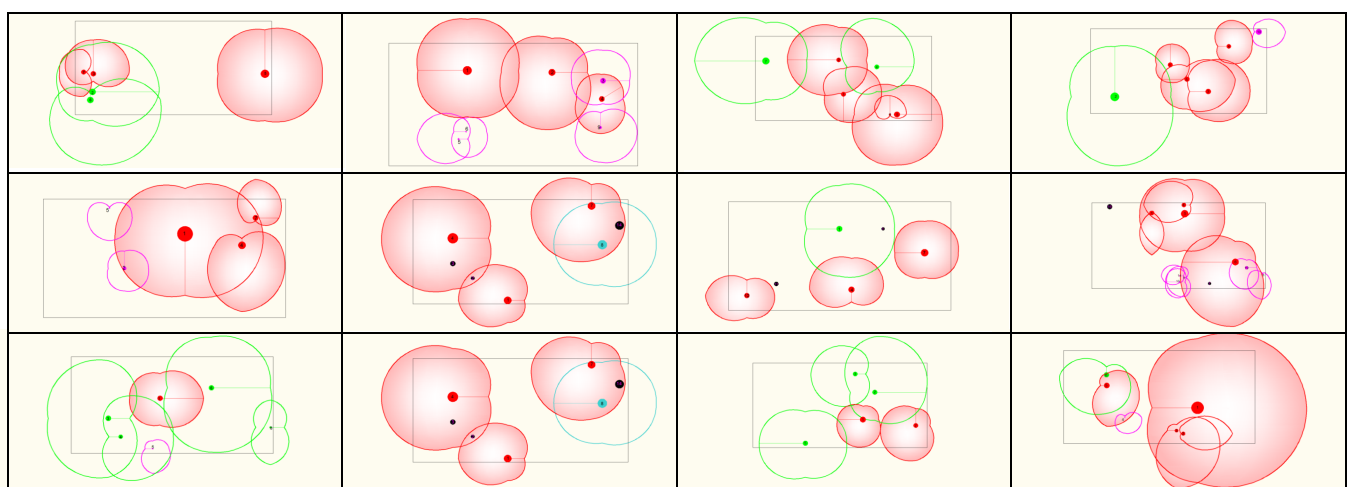
\*\* Seuil de signification de 0.01

### 6.2.3. Etat de sociabilité des tiges :

Le dépérissement du cèdre est lié aux facteurs dendrométriques soumis à la concurrence. Résultat prouvé à travers les différentes superficies des unités d'échantillonnage (Tableau 6.13), néanmoins, quoiqu'il y ait une relation, il est à signaler que le dépérissement ne révèle aucun rapport avec la densité et l'indice d'espacement de Hart-Becking (Tableau 6.4 et 6.14). Cette situation, nous impose à étudier l'état de sociabilité des tiges, tout en rappelant que la cédraie n'a subi aucune sylviculture approprié et qu'elle n'est soumise à aucun plan d'aménagement, ce qui pourrait conduire à une situation chaotique de la disposition des tiges.

Les placettes rectangulaires, étant fait l'objet de mesure de distance entre les tiges et les axes du rectangle, ont été schématisé, à l'aide du logiciel AutoCAD, pour mieux élucider l'état de répartition des tiges et la symétrie de leurs houppiers.

En effet, pour les 40 placettes rectangulaires (Fig. 6.14 et Annexe 1), on constate une disposition réellement chaotique des tiges avec une répartition des tiges en tâches et un houppier représentant une asymétrie qui traduit la forte compétition entre ces tiges ; cela explique clairement la présence de compétition interindividuelle entre les tiges de cèdre.



	Cèdre dépéris		Chêne vert
	Cèdre sein		Chêne zeen
	Cèdre coupé		Génévrier oxycèdre

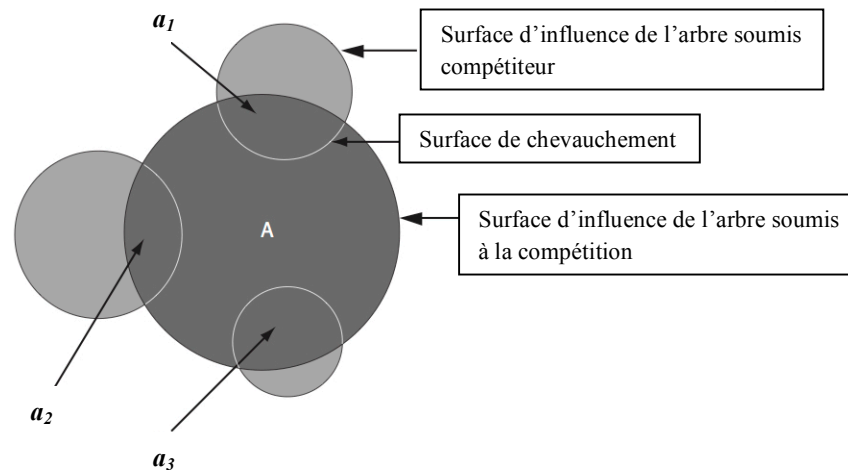
Fig.6.14 : Sociabilité des tiges et état des houppiers

### 6.2.4. Indice de chevauchement d'air :

La surface foliaire d'un arbre est l'une des mesures les plus sensibles à la concurrence. Elle est définie comme étant l'ensemble des rameaux qui entourent la partie supérieur du tronc. (Gadow, 2003 ; Bernard, 2005 ; Pascale et *al.*, 2008).

L'application de l'indice de chevauchement d'air a pour objet l'analyse de la compétition entre les tiges sans faire appel à la densité du peuplement (Bernard, 2005).

Le principe est basé sur le calcul de l'ensemble des surfaces de chevauchement foliaire entre les arbres compétiteurs et celui soumis à la compétition (Fig. 6.15).



**Fig.6.15 : Indice de chevauchement d'air (Bernard, 2005)**

La formulation de calcul de l'indice de chevauchement est comme suit (Bernard, 2005) :

$$IC = (a_1 + a_2 + a_3) / A$$

- Avec:
- $a_1, a_2$  et  $a_3$  : Surface de chevauchement ;
  - $A$  : Surface d'influence de l'arbre sujet ;
  - $IC$  : Indice de chevauchement.

La surface d'influence ( $S_i$ ) d'un arbre est étroitement liée au diamètre de l'arbre. Pour cela, Le goff et Ottorini, 1979 ; Rondeux, 1993 ; Gourlet-Fleury, 1998 ; Gadow, 2003 et Bernard, 2005 proposent une régression linéaire entre le diamètre du houppier ( $d_{ho}$ ) et le diamètre à 1.30m de l'arbre ( $d$ ) selon la formulation suivante :

$$d_{ho} = a_0 + a_1 d$$

- *Le diamètre du houppier est calculé comme suit (Rondeux, 1993 ; Gadow, 2003) :*

$$d_{ho} = 2 \sqrt{\sum_{i=1}^n r_i^2 / n}$$

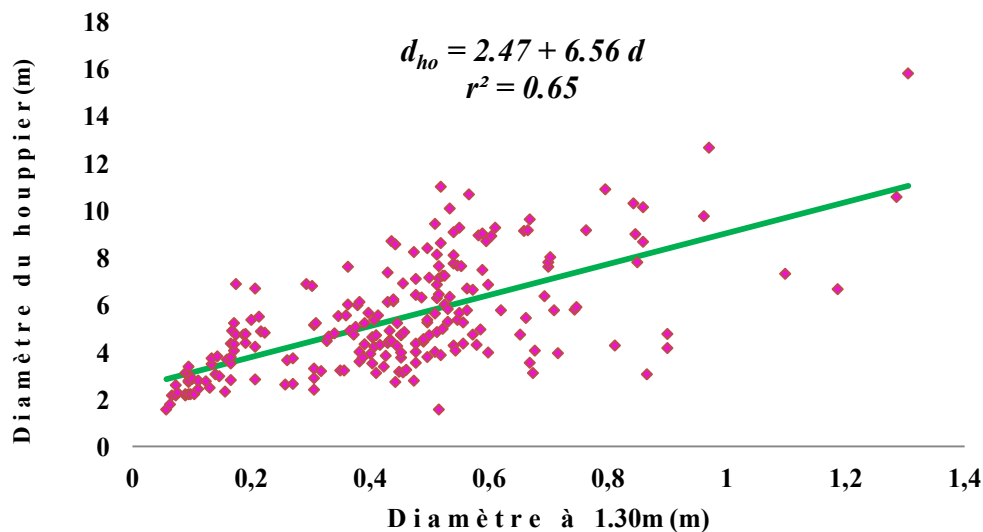
- Avec:
- $d_{ho}$  : Diamètre du houppier ;
  - $r$  : Rayon du houppier mesuré ;
  - $n$  : Nombre des rayons mesurés (=4).

L'ajustement de la régression linéaire entre le diamètre du houppier et le diamètre à 1.30m a abouti au résultat suivant :

$$d_{ho} = 2.47 + 6.56d$$

$$r^2 = 0.65$$

La figure 6.16 illustre mieux la régression linéaire retenue, jugée appréciable, suite à la valeur du coefficient de détermination.



**Fig.6.16 : Corrélation entre le diamètre du houppier et le diamètre à 1.30m**

Ainsi, la surface d'influence peut être calculée selon la formulation suivante (Rondeux, 1993 ; Gadow, 2003 ; Bernard, 2005) :

$$S_i = \pi (d_{ho})^2/4$$

La totalité des tiges inventoriées dans les placettes rectangulaires ont fait l'objet de calcul de leur surface d'influence même ceux des tiges coupés. Or, comme les circonférences à 1.30m n'ont pas pu être mesurées, leur circonférence a été déduite suivant la formulation proposée par Zedek, 1993.

$$C_{1.30} = 0.87 C_{20} - 0.06$$

Avec: -  $C_{1.30}$  : circonférence à 1.30m;  
-  $C_{20}$  : circonférence à 20cm.

Le résultat obtenu pour les surfaces d'influence a été schématisé pour l'ensemble des placettes rectangulaires (Fig. 6.17 et Annexe 2).

En effet, pour les 40 placettes rectangulaires, on constate un chevauchement très important entre les surfaces d'influence des tiges recensées il y a même une forme de superposition. Cette situation n'est autre que la déclaration d'une compétition extrêmement importante qui provoque sans aucun doute l'affaiblissement de l'arbre.

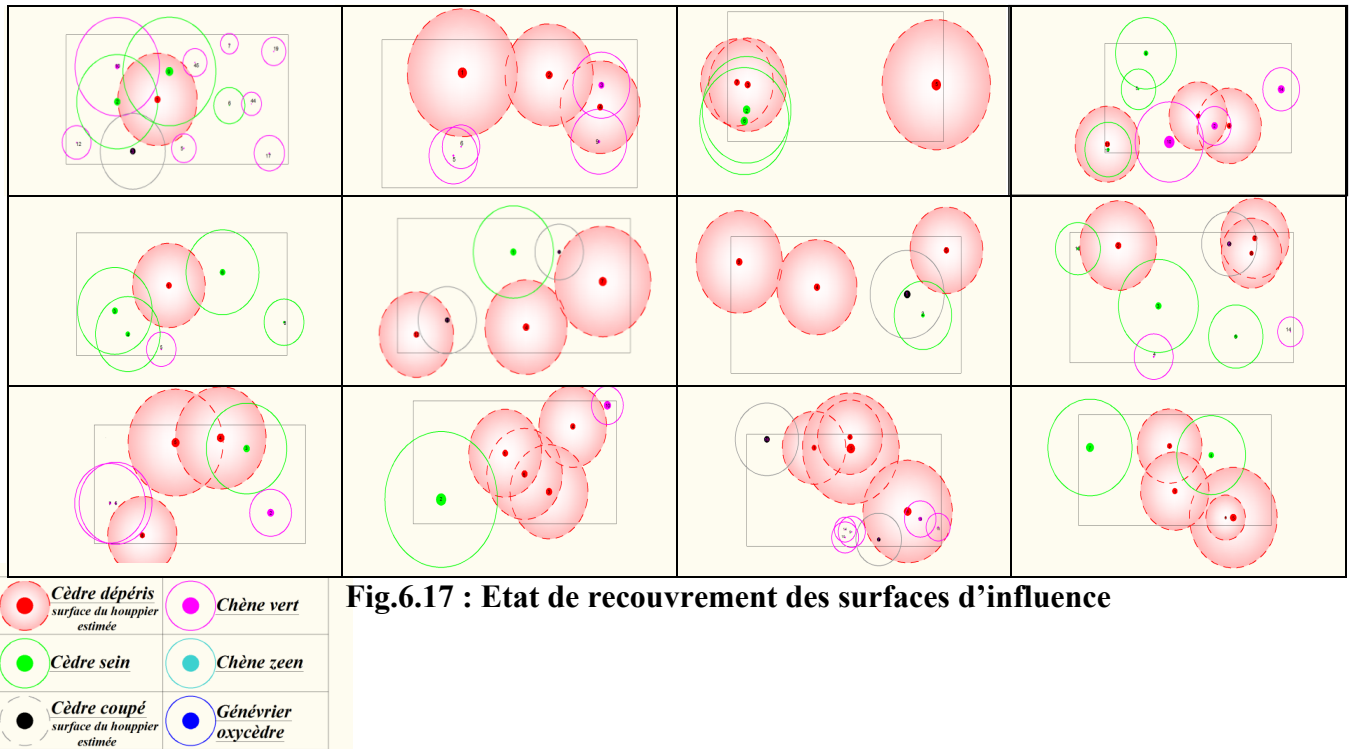


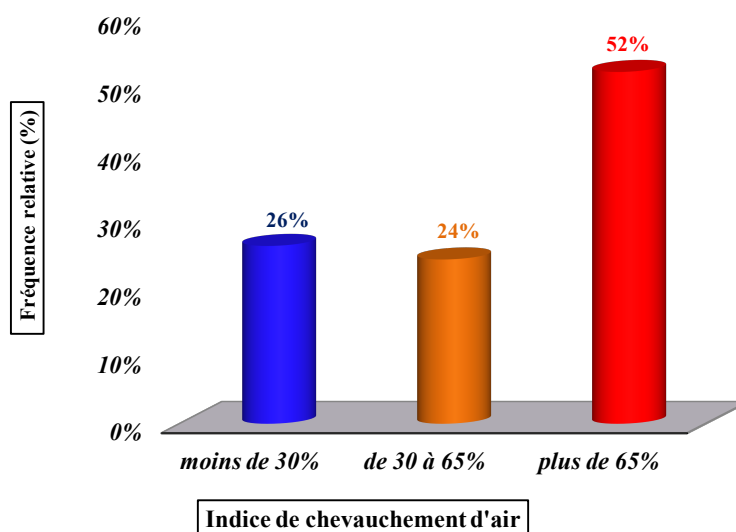
Fig.6.17 : Etat de recouvrement des surfaces d'influence

Le calcul des surfaces de chevauchement entre les surfaces d'influence des arbres compétiteurs et de l'arbre soumis à la compétition (arbre dépéris) s'est effectué à l'aide du logiciel AutoCAD. Ainsi, le résultat obtenu à partir de l'indice de chevauchement peut se traduire comme suit :

- Un indice de chevauchement inférieur à 30% correspond à une faible compétition ;
- Un indice de chevauchement oscillant entre 30 et 65% correspond à une compétition importante ;
- Un indice de chevauchement supérieur à 65% correspond à une compétition très importante.

Au total, 123 cèdres dépéris ont fait l'objet de calcul de l'indice de chevauchement d'air. Il en ressort de la figure 6.18 que plus de la moitié des tiges de cèdre dépéris subissent une forte compétition due à un indice de chevauchement supérieur à 75% et le quart de ces tiges sont exposées à une compétition qualifiée de forte. Cette disposition sociale des tiges, jugée imparfaite voire inadéquate, augure d'une situation préjudiciable à la bonne croissance du cèdre.

En l'absence d'aménagement sylvicole, cette forte imbrication des houppiers des tiges ne peut que compromettre le devenir du cèdre et anéantir davantage la vitalité et la vigueur de cette essence.



**Fig.6.18 : Fréquence relative des classes de l'indice de chevauchement d'air**

### **6.2.5. Indice de compétition interindividuelle de SCHÜTZ :**

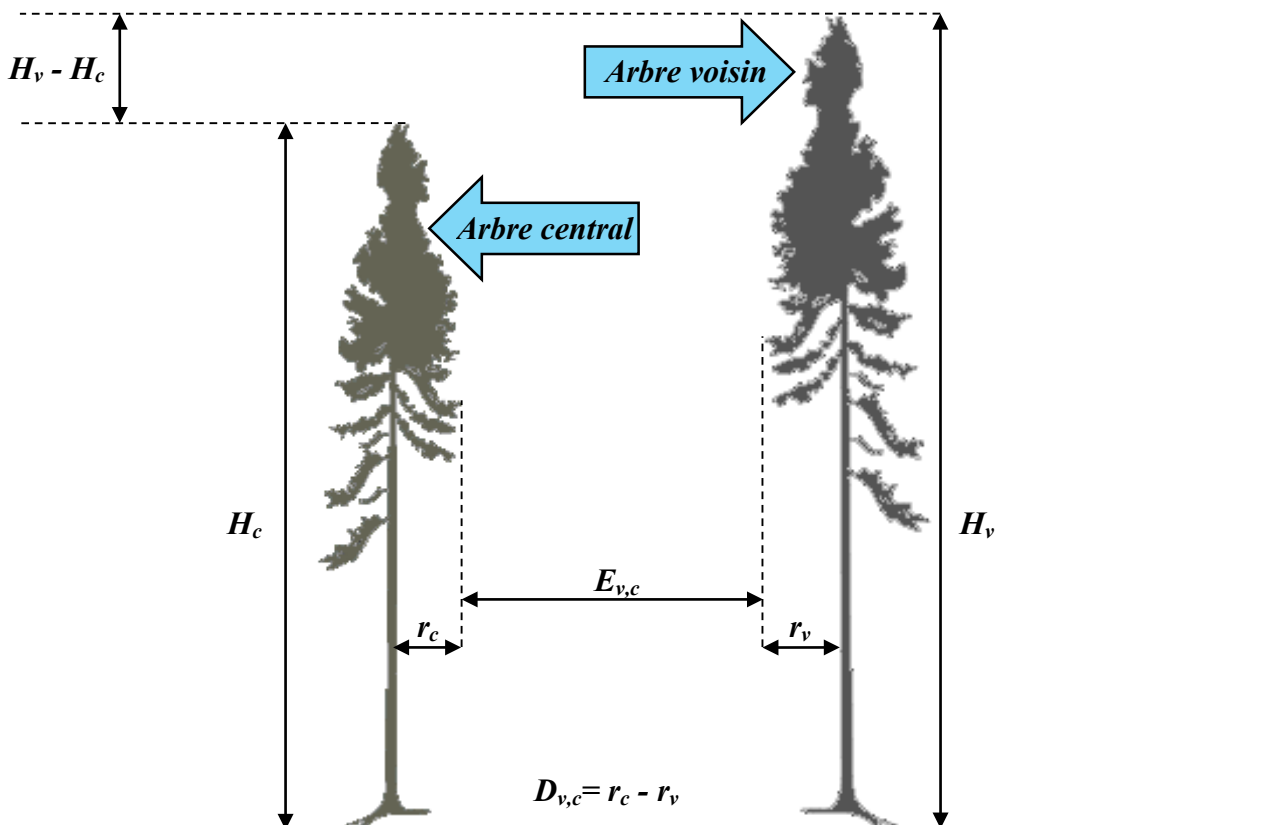
L'indice de *Schütz* est un indice fondé sur l'ombrage porté par les voisins concurrents (Schütz, 1997). Il permet de déterminer la distance entre deux arbres pour laquelle ceux-ci sont considérés comme compétitifs (Alteyrac, 2005).

Bien qu'il existe d'autres indices de compétition entre les arbres (Arney, 1973 et Monserud et Ek 1977 in Alteyrac, 2005), l'indice de *Schütz* s'avère le plus performant et présente une grande commodité d'application pour déterminer les voisins compétiteurs (Ung et al., 1997).

Comme le montre la figure 6.19, l'indice de *Schütz* intègre deux composantes : la composante horizontale, représentée par les proximités des houppiers et la composante verticale, déterminée par la différence en hauteur des arbres étudiés (Ung et al., 1997). L'étude de la compétition s'effectue sur un échantillon de cinq arbres les plus proches ou sur les voisins réels de l'arbre central (Schütz, 1997). La formulation de l'indice *Schütz* a pour expression :

$$\text{Schütz} = \sum_{v=1}^n (k \text{ Ver} + \text{Hor})$$

Avec:  $\text{Ver} = (H_v - H_c) / D_{v,c}$  ;  $\text{Hor} = 0.5 - (E_{v,c} / D_{v,c})$  et  $k = 0.65$



**Fig.6.19 : Indice de compétition de Schütz (Raulier, 1995 ; Ung et al., 1997)**

Ung et al. (1997) et Gadow (2003) relèvent que l'arbre voisin étant considéré comme compétiteur dès lors que la formulation suivante étant vérifiée :

$$0.5D_{v,c} + 0.65(H_v - H_c) \geq E_{v,c}$$

Par ailleurs, Raulier (1995) propose la formulation suivante :

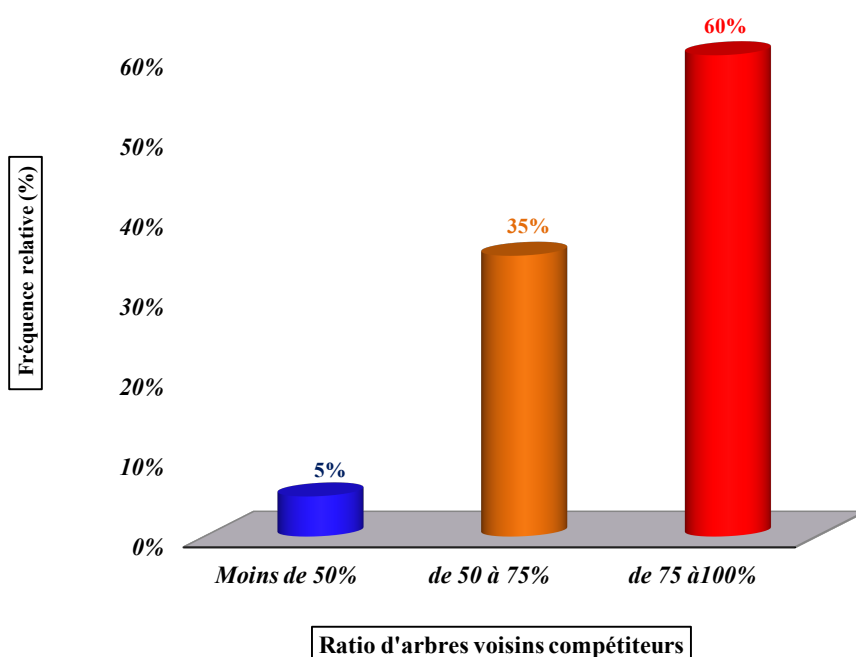
$$\text{Hor} + k \text{Ver} \geq 0$$

A travers les 40 placettes rectangulaires, les tiges de cèdre dépéris sont retenues comme étant des tiges centrales. L'étude a fait l'objet d'analyse des relations entre ces tiges centrales et celles des tiges voisines. Ainsi, on recense au total 123 cèdres dépéris (considérées comme tiges centrales) et 371 tiges comme voisines compétitrices dont les tiges de cèdre s'évaluent à 301, ce qui représente 81% des tiges soupçonnées être compétitrices. Ainsi, pour chaque placette d'étude le taux de compétition est évalué à partir du rapport nombre d'arbres compétiteurs sur le nombre total d'arbres voisins (tableau 6.16).

**Tableau 6.16. Ratio d'arbres voisins compétiteurs d'après l'indice de Schütz à travers les 40 placettes recensées**

Placettes	Ratio d'arbres voisins compétiteur
01	100%
02	75%
03	92,31%
04	75%
05	100%
06	71,43%
07	83,33%
08	33,33%
09	25%
10	66,67%
11	100%
12	100%
13	100%
14	100%
15	66,67%
16	100%
17	87,50%
18	75%
19	100%
20	54,55%
21	60%
22	60%
23	83,33%
24	65,71%
25	83,33%
26	62,50%
27	100%
28	100%
29	71,43%
30	100%
31	100%
32	60%
33	83,33%
34	70%
35	88,89%
36	87,50%
37	100%
38	100%
39	85,71%
40	80%

A travers la figure 6.20, on relève que la compétition entre les tiges de cèdre est quasi omniprésente dans l'ensemble des placettes d'étude, dans la mesure où 60% de ces placettes, montrent que plus de 75% des tiges voisines aux arbres dépéris sont compétitrices. Dès lors, les valeurs déduites de l'indice de compétition de Schütz, suite à la mauvaise répartition spatiale des cèdres, révèlent être de véritables indicateurs d'une concurrence sévère entre les tiges de cèdre. En conséquence, la détérioration des cimes des arbres engendre inéluctablement des perturbations de vigueur et de vitalité dont le dépérissement en est le véritable signe pathologique des tiges de cèdre.



**Fig.6.20 : Fréquence relative des classes du taux d'arbres voisins compétiteurs**

La compétition soulevée, suite à la répartition spatiale chaotique des tiges, est retenue comme étant une indication de mauvais augure de l'ensemble des tiges encore sur pied. Cette situation pathologique à l'origine d'une compétition s'avère être loin d'être dépendante de la densité. Dès lors, la présence de cèdres compétiteurs, un signe révélateur d'un dépérissement auquel le forestier a l'entière disposition de l'anéantir par le biais d'opérations sylvicoles appropriées.

### **6.3. Relation entre le dépérissement et les facteurs du milieu :**

#### **6.3.1. Relation entre le dépérissement et les facteurs écologiques :**

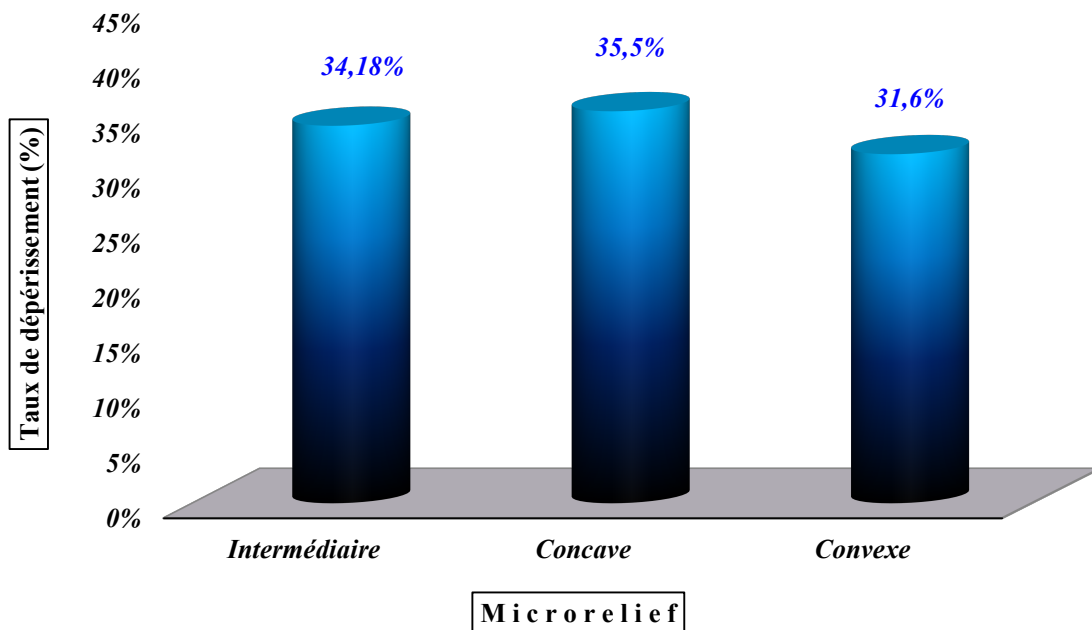
Par le biais de l'analyse de la variance, quatre facteurs écologiques ont fait l'objet d'étude : *Le microrelief, la pente, l'Altitude et l'exposition.*

Avant de procéder à l'analyse, on a jugé intéressant la détermination de l'impact de chacun de ces facteurs sur la vitalité du cèdre.

##### ***a. Le microrelief :***

Le microrelief du sol joue un rôle prépondérant dans la rétention de l'eau des précipitations, soit en faveur d'une meilleure rétention (infiltration), soit en faveur d'un ruissellement (perte) (Le goff et Levy, 1984 ; Zedek, 1993). Cette évidence est d'un intérêt primordial dans la fourniture de l'eau à l'arbre. La zone d'étude présente trois strates de microrelief : *concave, convexe* et *intermédiaire* dont chacune d'elles s'y localisent respectivement dans 35%, 30% et 35% de placettes.

Le taux de dépérissement à travers les trois strates de microrelief est quasiment stable (Fig.6.21). L'analyse de la variance ne présente aucune différence significative (tableau, 6.17).



**Fig.6.21 : Taux de dépérissement à travers les microreliefs recensés**

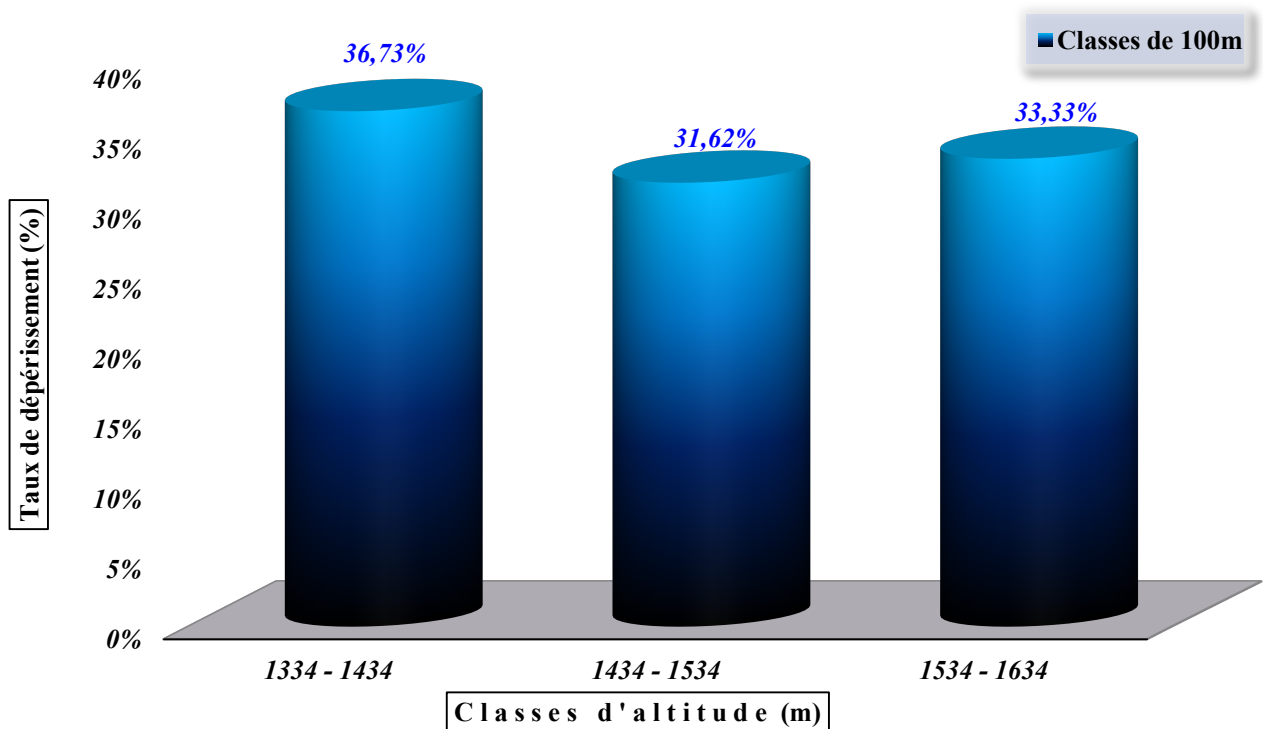
**b. L'étagement altitudinal :**

L'altitude, facteur limitant de croissance et de répartition des essences forestières, revêt un intérêt forestier particulier (Oswald, 1969 ; Chbouki, 1994). C'est par le biais de l'étagement altitudinal que les variations climatiques, particulièrement la température et la pluviométrie, révèlent être différentes du bas vers le haut versant (Seynave et *al.*, 2004).

Les relevés altitudinaux des placettes d'étude sont compris entre 1334 et 1545m. La strate altitudinale retenue égale à 100m est celle au-delà de laquelle on conçoit que l'influence des conditions écologiques est effective. Ainsi, trois strates étant retenues : 1334-1434m, 1434-1534m et 1534-1634m avec des fréquences relatives respectives de dépérissement de 47%, 50% et 3%.

Les taux de dépérissement à travers les différents étages altitudinaux se présente légèrement élevé aux basses altitudes (Figure 6.22).

L'analyse de la variance entre le dépérissement et l'étagement altitudinal ne présente aucune différence significative (tableau, 6.17).



**Fig.6.22 : Taux de dépérissement à travers l'étagement altitudinal**

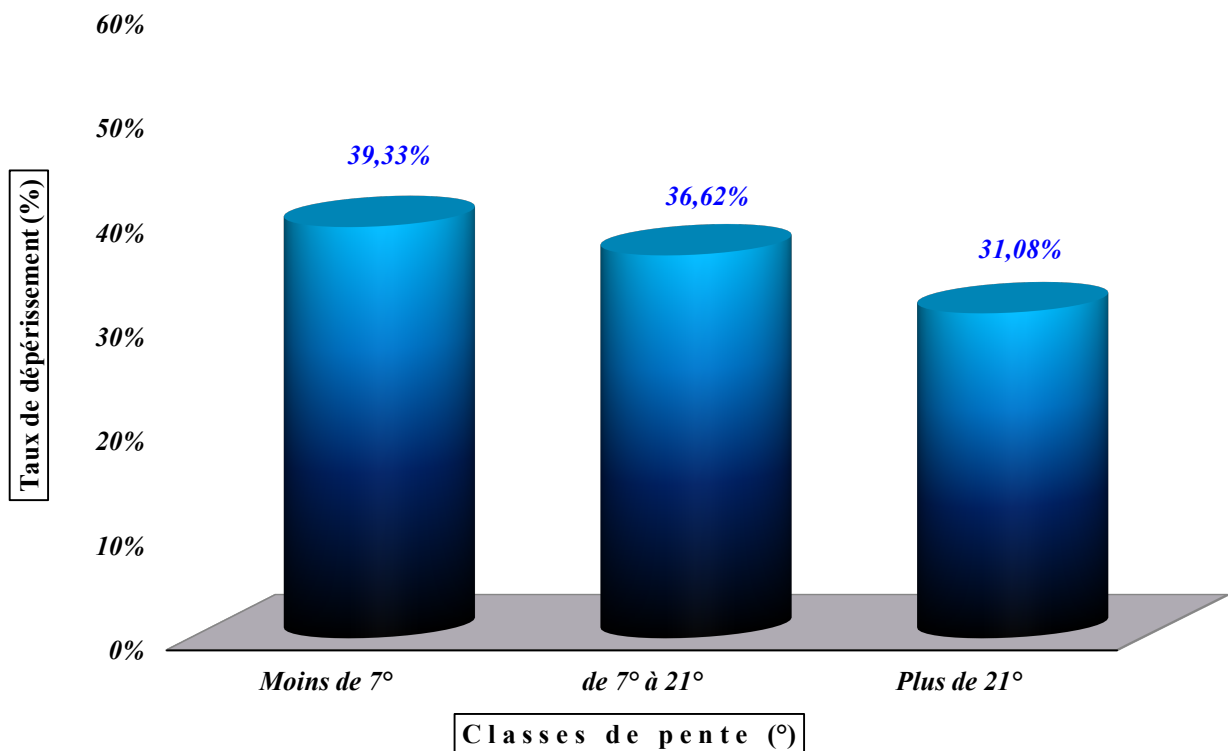
**c. La pente du terrain :**

La pente du terrain, facteur écologique descripteur, est révélatrice d'une éventuelle rétention par infiltration ou de perte d'eau par ruissellement (Guehl, 1984 ; Spittlehouse et Stathers, 1989 *in* Lamhamedi et Chbouki, 1994).

Des pentes faibles aux pentes fortes, la caractérisation stationnelle demeure, dès lors, différente quant à la description du milieu. C'est ainsi que trois classes de pentes y sont identifiées : faible (moins de 7°), forte (de 7 à 21°) et abrupte (supérieure à 21°). Ces strates sont enregistrées respectivement à travers 20, 27 et 53% de placettes échantillonnées.

L'allure des fréquences relatives des taux de dépérissement de cèdre à travers chacune des classes de pente est faiblement variable (Fig.6.23).

L'analyse de la variance ne figure aucune variabilité des taux de dépérissement à travers les différentes classes de pentes (tableau, 6.17).



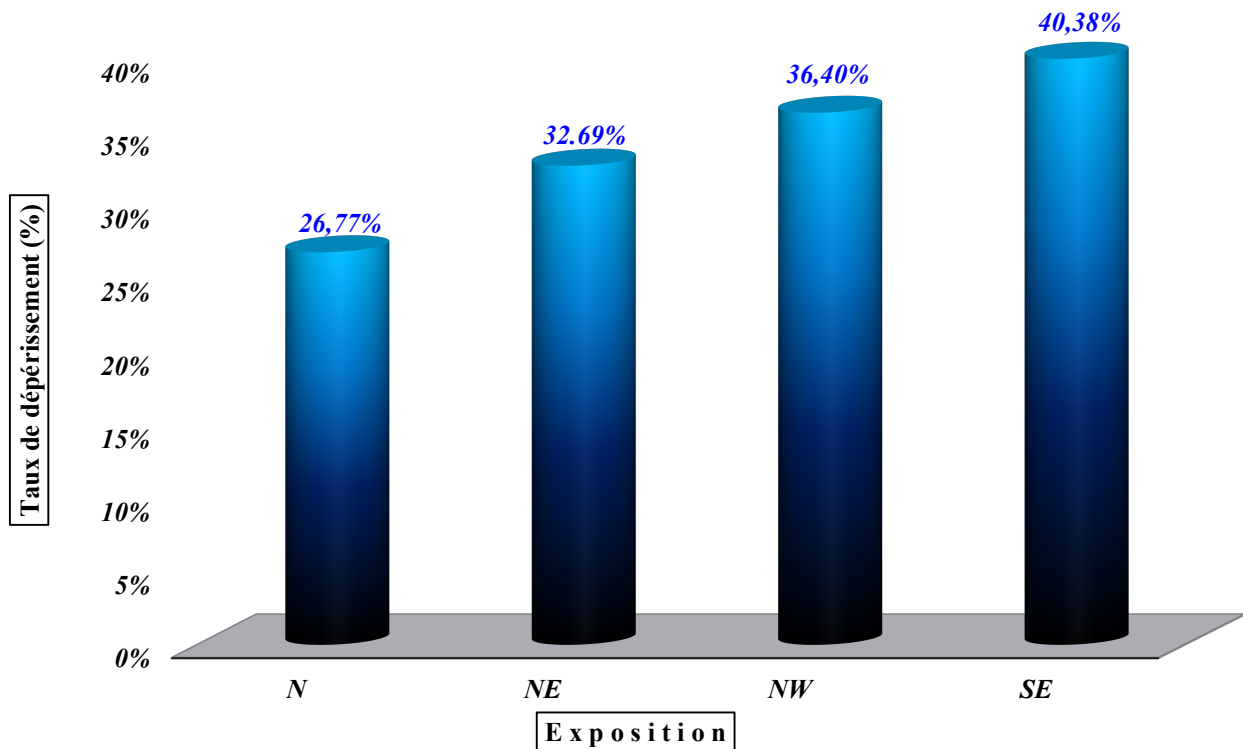
**Fig.6.23 : Taux de dépérissement à travers les classes de pente**

**d. L'exposition :**

C'est un véritable facteur écologique descripteur du climat à savoir l'humidité, la pluviométrie, la chaleur et la quantité de lumière reçue. L'exposition nord est celle la plus favorable à la végétation (Seigue, 1985 ; Spittlehouse et Stathers, 1989 in Lamhamedi et Chbouki, 1994).

Quatre strates y sont recensées : N, NE, NW et SE. Celles-ci sont recensées respectivement dans 7,5%, 62,5%, 17,5% et 12,5% de placettes d'étude.

Quoique, les taux de dépérissement enregistrés dans chacune des strates d'exposition est de plus en plus important (Fig.6.24), l'analyse de la variance n'émet aucune différence significative (tableau 6.17).



**Fig.6.24 : Taux de dépérissement à travers les expositions**

L'analyse de la variance ne présente aucun résultat significatif entre le dépérissement et les facteurs du milieu (tableau 6.17). Cela concorde fortement avec celui obtenu lors de l'étude de l'indice de fertilité, la hauteur dominante et la circonférence dominante qui sont des facteurs sensible au milieu, sans pour autant être influencé par la concurrence des tiges.

**Tableau 6.17. Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et les facteurs écologiques**

	F value	Pr (>F)
<b>Microrelief</b> :	0.219	0.804 <i>NS</i>
<b>Altitude</b> :	0.288	0.751 <i>NS</i>
<b>Pente</b> :	0.490	0.617 <i>NS</i>
<b>Exposition</b> :	0.667	0.578 <i>NS</i>

*N.S : Non significatif*

### **6.3.2. Relation entre le dépérissement et les caractéristiques édaphiques :**

Des analyses physico-chimiques du sol ont fait l'objet d'étude au niveau de chacune des placettes d'étude. Au total, quarante échantillons de sol sont prélevés à 20 cm de profondeur à l'aide de la tarière pédologique, soit à raison d'un échantillon de sol prélevé par placette. Les caractéristiques physico-chimiques du sol mises en évidence sont : le taux de calcaire, le pH, le

taux de matière organique et la texture du sol. Ces analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de pédologie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université Ibn Khaldoun de Tiaret.

Les données acquises permettront de mieux identifier la matrice édaphique au sein de laquelle sont recensés les cèdres dépéris.

Avant d'effectuer l'analyse, une identification préalable des facteurs physico-chimique est nécessaire afin d'asseoir l'intérêt de cette étude.

**a. Le taux de calcaire :**

C'est un élément favorisant la stabilité de la structure et la perméabilité des sols (Mathieu et Pieltain, 2003). Il présente une faible variabilité le long de la zone d'étude, soit de 0 à 2.09%.

**b. Le pH :**

C'est un élément d'une grande importance dans la distribution des plantes. Les valeurs de pH de sol déduites révèlent une homogénéité traduite par des valeurs variant entre 6.4 et 7.

**c. La matière organique :**

La matière organique n'est autre que la décomposition des débris végétaux et animaux. Sa teneur totale dans le sol renseigne sur sa potentialité fertilisante (Mathieu et Pieltain, 2003). Ainsi, les échantillons de sols, selon leur taux de matière organique, sont stratifiés en trois catégories : *pauvre, riche et très riche*.

**c. La texture du sol :**

La texture du sol de la zone d'étude est dans l'ensemble meuble, soit celle apprécié par le cèdre de l'Atlas (Benabid, 1994 ; Ripert et Boisseau, 1994 ; Benmouffok, 1994 ; Lecomte, 2007).

La figure 6.25 montre la répartition des taux de dépérissement à travers les propriétés physico-chimiques du sol.

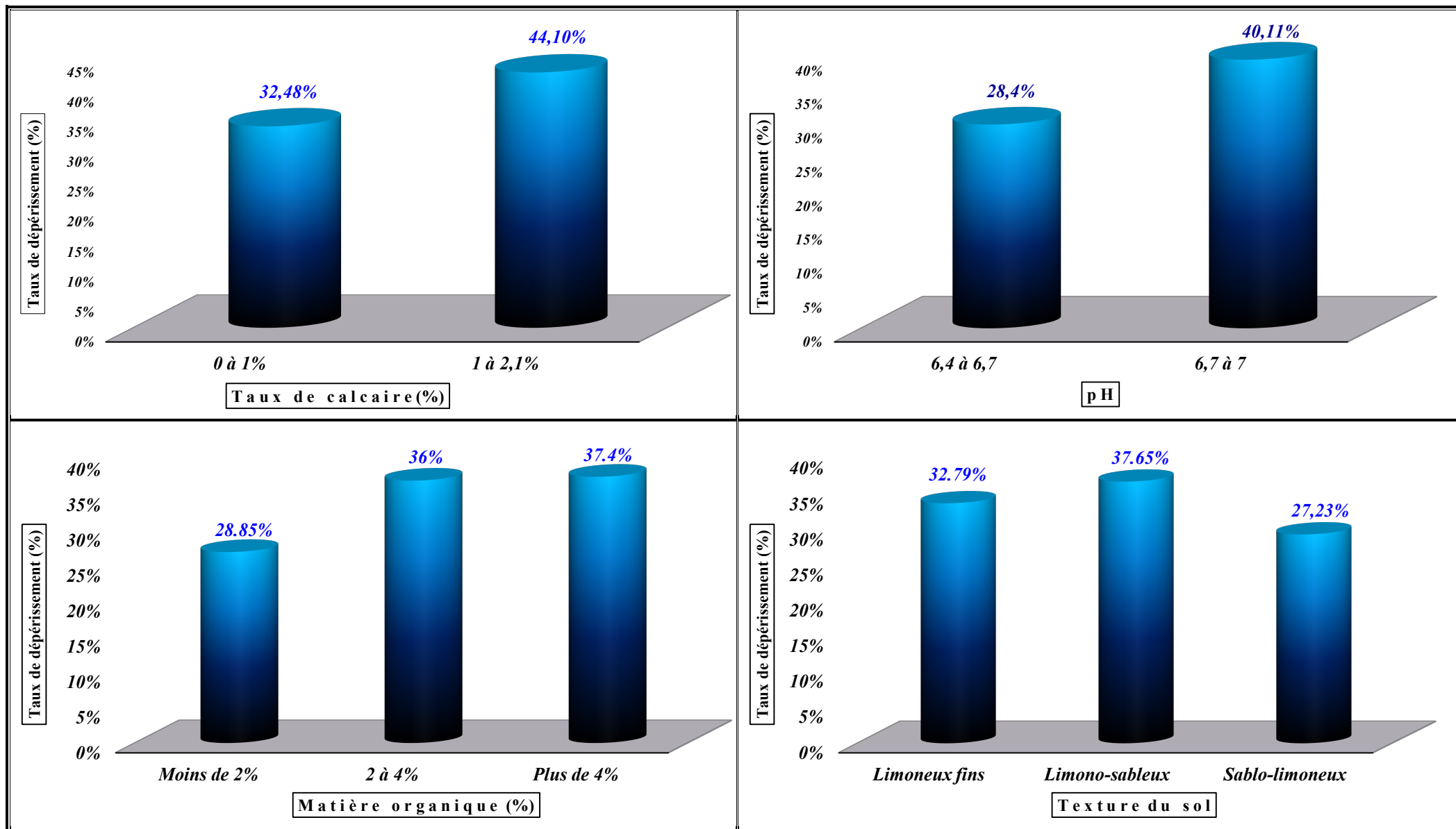


Fig.6.25 : Taux de déperissement à travers les caractéristiques édaphiques

L'analyse de la variance ne révèle aucun résultat significatif entre le dépérissement et les facteurs édaphiques (tableau 6.18). En effet, en se référant à la littérature, ces analyses physico-chimiques soulevées, quant au cèdre de l'Atlas de Theniet El Had, corroborent avec celles relevées dans d'autres cédraies par Toth (1970) et Demarteau et *al.* (2007).

**Tableau 6.18. Résultats de l'ANOVA à un facteur entre le dépérissement et les facteurs édaphiques**

	F value	Pr (>F)
<b>Taux de calcaire</b> :	0.140	0.710 <i>NS</i>
<b>pH</b> :	1.613	0.212 <i>NS</i>
<b>Matière organique</b> :	1.721	0.192 <i>NS</i>
<b>Texture du sol</b> :	1.757	0.186 <i>NS</i>

*N.S : Non significatif*

Les résultats obtenus, quant à la relation entre le dépérissement et les facteurs du milieu (écologique et édaphique) corrobore parfaitement avec ceux obtenus lors de l'étude des caractéristiques dendrométriques qualifiées être de bonnes indice reflétant la qualité de la station soit ceux de l'indice de fertilité, la hauteur dominante et la circonférence dominante.

# CONCLUSION

## CONCLUSION

La cédraie de Theniet El Had, un maillon de liaison entre l'Ouarsenis et les hautes plaines de Sersou, est l'une des plus belles cédraies de l'Algérie. D'une altitude variant entre 1277 et 1786m, elle est soumise à l'étage bioclimatique sub-humide à hiver froid. Quoique érigée en parc national, la cédraie ne fait l'objet d'aucune opération sylvicole et demeure soumise à des actions anthropiques diverses : pâturage, coupes illicites.

A travers l'installation de quarante placettes temporaires, de formes circulaires et concentriques de superficies respectives de 2, 5 et 10 ares focalisées au sein des tâches de dépérissement sur le versant nord, 632 tiges de cèdre y sont recensées dont 196 dépéris. En plus, quatre autres espèces y ont été recensées en mélange avec le cèdre : chêne vert, chêne liège, chêne zeen et genévrier oxycèdre.

Les peuplements de cèdre présentent des hauteurs totales moyennes variant entre 8.35 et 25.38m avec une moyenne arithmétique égale à *17.11m*. Les circonférences totales moyennes varient entre 0.98 et 2.73m avec une moyenne arithmétique égale à *1.70m*. La surface terrière totale, excellent indice de densité, est comprise entre 18.94 et 97.04m<sup>2</sup>/ha avec une moyenne estimée égale à *44.16m<sup>2</sup>/ha*. La densité présente une variabilité comprise entre 60 et 670pieds/ha avec une moyenne de *218pieds/ha*.

Les caractéristiques qualitatives descriptives relèvent que 50% des tiges présentent un fût d'au moins de *4m*. Les maladies symptomatologiques du feuillage sont d'un taux de *39.86%* identifiées par des chutes d'aiguilles, de dommage physique et d'aiguilles dépéris. Plus de *30%* du peuplement recensé présente des dommages sur les houppiers, soit une situation fort compromettante de la croissance des tiges de cèdre.

Pour pouvoir caractériser la variabilité du taux de dépérissement à travers les variables dendrométriques, l'analyse de la variance à un facteur et le test de corrélation de Spearman, ont fait l'objet d'étude. Il en ressort que le dépérissement ne présente aucune variabilité avec les caractéristiques dendrométriques indicatrice de la fertilité du milieu soit celles de la hauteur dominante, la circonférence dominante et l'indice de fertilité.

La hauteur totale moyenne, la densité totale des caractéristiques dendrométriques présentant des indices de l'état de recouvrement ne dévoile aucune relation avec le dépérissement à travers l'analyse de la variance et le test de Spearman.

Par contre les caractéristiques dendrométriques indicatrices de la concurrence soit celles de la circonférence moyenne, la surface terrière totale, le volume total et la hauteur du houppier ont données des résultats significative à travers l'analyse de la variance et le test de corrélation de Spearman, cette corrélation deviens de moins en moins faible que la superficie de l'unité d'échantillonnage augmente.

L'étude de la variabilité du taux de dépérissement à travers la grandeur des superficies des unités d'échantillonnage par le biais de l'analyse de la variance à un facteur émet une différence hautement significative. Un résultat menant à rechercher plus profondément l'état de sociabilité des tiges qui joue un rôle dans la vigueur des arbres par la présence de l'espace vital loin de la densité, du fait de la nature de la cédraie (issue naturellement et absence d'action sylvicole).

Dans le but de mieux pouvoir mettre en évidence l'influence de l'état de sociabilité des tiges, trois principaux indices ont fait l'objet d'étude : l'indice de Hart-Becking, l'indice de chevauchement d'air et l'indice de compétition interindividuelle de Schütz.

L'application de l'indice de Hart-Becking, fondé sur la densité, montre que les peuplements inventoriés appartiennent, en quasi-totalité, à la classe des éclaircies fortes, soit une fréquence de 75%, avec l'absence totale de la classe des éclaircies faible. L'analyse de la variance et le test de Spearman ne révèlent aucune corrélation. Cela est dû aux données dont l'indice dépend, essentiellement, la densité.

L'état de sociabilité des tiges, recensé dans les placettes rectangulaires, révèle nettement la répartition chaotique des tiges et la dissymétrie de leurs houppiers à la suite de l'intense compétition des tiges de cèdre pour les conditions d'espace vital.

L'étude de la compétition des houppiers a fait l'objet de présentation structurale schématique et l'application de l'indice de chevauchement d'air sur 121 tiges de cèdre dépéris. Il en ressort que les surfaces d'influence présentent une structure comprimée sur la quasi-totalité des placettes inventoriées, d'ailleurs plus de la moitié des tiges étudiées sont soumises à une compétition très importante et le quart de ces tiges à une compétition importante. C'est dire la situation alarmante dont la cédraie de Theniet el Had dans laquelle est.

L'application de l'indice interindividuelle de Schütz sur les peuplements inventoriés révèle une compétition quasi omniprésente dans l'ensemble des placettes d'étude, dans la mesure où dans 60% de ces peuplements 75% des tiges voisines aux arbres dépéris sont compétitrices.

A travers l'analyse de la variance entre le dépérissement et les facteurs du milieu, il en ressort que le taux de dépérissement ne présente aucune différence significative avec le potentiel de rétention d'eau exprimé par la topographie du microrelief de même que par l'inclinaison du terrain.

A travers la variabilité édaphique, l'évolution du taux de dépérissement ne présente aucune différence significative avec les caractéristiques physico-chimiques suivantes : taux de calcaire, pH du sol, matière organique et texture du sol.

Cette situation permet de souligner que la compétition des tiges dans le parc national de Theniet el Had est dans un état critique, dans la mesure où elle affaiblit la vigueur du cèdre permettant, ainsi, l'incapacité de l'espèce à résister à toutes autres sortes de perturbation.

En effet, dans le cadre de la gestion du dépérissement, des interventions sylvicoles objectives et rationnelles demeurent d'une urgence vitale à la cédraie. Un plan d'aménagement adéquat aura pour objet d'assurer un espace vital à chacune des tiges de cèdre.

Par le biais de ce modeste travail, on espère avoir répondu au souci du chercheur et à l'attente du service forestier.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

# Références bibliographiques

- **Abdelhamid D., 1999.** Etude bioécologique de l'entomofaune du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti) (1844) dans la Cédraie de Theniet El had Algérie. *Thèse. Magister. INA. Alger. 106p.*
- **Abdendi Z.-A., 2003.** Le dépérissement des forêts au Maroc : Analyse des causes et stratégie de lutte. *Science et changements planétaires Sècheresse, Vol. 14, N°4. pp 209-218.*
- **Administration des Eaux et des Forêts, 1930.** Le dépérissement du noyer- Les tares du bois de noyer. *Bulletin n°3. Rev. For. Fr. pp267-274.*
- **Alfred-Maury L.-F., 1857.** Histoire des religions de la Grèce antique depuis leur origine jusqu'à leur complète constitution. T 2. *Librairie philosophique de Ladrangé. Paris. 551p.*
- **Allen C.-D., 2009.** Le dépérissement des forêts dû au climat: un phénomène planétaire croissant?. *Unasylva 231/232, Vol. 60. pp 43-49.*
- **Alteyrac J., 2005.** Influence de la densité de peuplement et de la hauteur dans l'arbre sur les propriétés physico-mécaniques du bois d'épinette noire (*Picea mariana* (mill.)). *Thèse Doctorat. Univ. LAVAL. QUEBEC. 136p.*
- **Amandier L., 2010.** Dépérir, partir... ou s'adapter. Quel choix pour le chêne-liège? *La feuille & l'aiguille, n°80. 1p.*
- **Andrea C., Roberto M., 1994.** Growth performances of a thinned atlas cedar (*Cedrus atlantica* Man.) stand. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp 281-293.*
- **Anonyme, 1984.** Etude et projet pour la mise en valeur des terres, aménagement des forêts et des parcs nationaux dans le massif de l'Ouarsenis. Vol. 19. *Lescomplekt. Bulgarie. 169p.*
- **Arbez M., Ferrandes P., Uyar N., 1978.** Contribution à l'étude de la variabilité géographique des Cèdres. *Ann. Sci. Forest. Vol.35, n°4. pp265-284.*
- **Arbez M., 1987.** Les ressources génétiques forestières en France, Vol. 1 : Les conifères. *INRA-BRG. Paris. 236p.*
- **Aussenac G., Guehl J.-M., 1994.** Dépérissement et accidents climatiques. *Rev. For. Fr. XLVI, n°5. pp 458-470.*
- **Bachacou J., Décourt N., 1976.** Etude de la compétition dans des plantations régulières à l'aide de Variogrammes. *Ann. Sci. Forest. Vol.33, n°4. pp 177-198.*

- **Barrero A., Quilez Del Moral J-F., MarHerrador M., Arteaga J-F., Akssira M., Benharref A., Dakir M., 2005.** Abietane diterpenes from the cones of *Cedrus atlantica*. *Phytochemistry*, n°66. pp105-111
- **Barthod C., 1994.** Le système de surveillance de l'état sanitaire de la forêt en France. *Rev. For. Fr. XLVI*, n°5. pp 564-571.
- **Becker M., 1992.** Deux indices de compétition pour la comparaison de la croissance en hauteur et en diamètre d'arbres aux passés sylvicoles variés et inconnus. *Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences*, 49 (1). pp.25-37.
- **Becker M., Braker O.U., Kenk G., Schneider O., Schweingruber F. H., 1990.** Aspect des houppiers et croissance des arbres au cours des dernières décennies dans les régions frontalières d'Allemagne, de France et de Suisse. *Rev. For. Fr. XLII* (3). pp. 284-300.
- **Becker M., Picard J.-F., Timbal J., 1983.** Les arbres. *Masson. Paris. 141p.*
- **Becker M., Le Tacon F., Levy G., 1994.** Conjonction des facteurs naturels et des pratiques sylvicoles dans le dysfonctionnement des écosystèmes forestiers. *Rev. For. Fr. XLVI*, n°5. pp 572-578.
- **Beghami R., 2010.** Etude des insectes associés au dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) dans la région des Aurès : cas de la cédraie de Chelia et Ouled yagoub. *Thèse magister. Batna. 118p.*
- **Bellefleur P., Villeneuve M., 1984.** Evolution des taux de croissance juvénile d'espèces forestières sous trois régimes expérimentaux de compétition. *Ann. Sci. Forest. Vol. 41*, n°4. pp427-438.
- **Belrose V., Nageleisen L.-M., Renaud J.-P., 2004.** Les conséquences de la canicule et de la sécheresse sur la santé des forêts : bilan à la fin de l'année 2003. *Département de la santé des forêts. France. 16p.*
- **Belvaux E., 2002.** L'Hydraulique au service de la protection des forêts contre l'incendie : Rapport d'étude. *SCPId, Ceren. France. 63p.*
- **Benabid A., 1994.** Biogéographie, phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Manetti). *Ann. Rech. For. Maroc. T 27*. pp 61-76.
- **Benali A., 2006.** Aménagement étatique, gestion sociale de l'eau et dynamiques institutionnelles dans la PMH au Maroc: réflexions à partir du cas du Ghiss. *Presses univ. de Louvain. 327p.*
- **Benmouffok A., 1994.** Approche écopédologique dans les formations à *Cedrus atlantica* "Cas du massif du Djurdjura, Algérie". *Ann. Rech. For. Maroc. T 27*. pp 205-217.

- **Bernard P., 2005.** Les indices de compétition en foresterie : exemples d'utilisation, intérêts et limites. *Rev. For. Fr. LVII, n°5. pp 413-430.*
- **Birot Y., 1972.** Densité de semis, effets de compétition, et variabilité intraspécifique chez le douglas en pépinière. *Ann. Sci. Forest, Vol. 29, n°4. pp 403-426.*
- **Bonneau M., 1994.** Les dépérissements à causes multiples : caractéristiques générales. *Rev. For. Fr. XLVI, n°5. pp 472-473.*
- **Bouchon J., 1966.** Pour la détermination rapide du facteur d'espacement de Hart-Becking. *Rev. For. Fr. n°11. pp 731-732*
- **Bouchon J., 1979.** Structure des peuplements forestiers. *Ann. Sci. Forest. Vol. 36, n°3. pp 175-209.*
- **Boudiba M., 2002.** L'Ouarsenis : la guerre au pays des cèdres. *L'Harmattan. 285p.*
- **Boudy P., 1950.** Economie forestière nord-africaine. Tome 02. Monographie et traitements des essences forestières. *Larose. Paris. 878p.*
- **Boudy P., 1952.** Guide du forestier en Afrique du nord. *La maison Rustique. 505p.*
- **Bouvarel P., 1984.** Le dépérissement des forêts attribué aux dépôts atmosphériques acides. *Rev. For. Fr. XXXVI. n°3. pp 173-180*
- **Bréda N., Granier A., Aussenac G., 2000.** Évolutions possibles des contraintes climatiques et conséquences pour la croissance des arbres. *Rev. For. Fr. LII (numéro spécial). pp73-90.*
- **BTSA Gestion Forestière, 1997.** Quelques éléments d'écologie utiles au forestier. *CFPPA/CFAA de CHATEAUFARINE. 88p.*
- **Buridant J., 2008.** La question du dépérissement forestier fin XVIII<sup>e</sup> – début XIX<sup>e</sup> siècle. *Annuaire-bulletin de la société de l'histoire de France. pp109-136.*
- **Chateaubriand F.-R., 1862.** Itinéraire de Paris à Jérusalem et de Jérusalem à Paris. *Bernardin - Béchét, librairie. Paris. 425p.*
- **Chbouki N., 1994.** Une synthèse dendroclimatique du cèdre de l'Atlas. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp 33-59.*
- **Coombes A.-J., 2001.** Les arbres : 500 espèces. *Bordas. Paris. 320p.*
- **Corvol-Dessert A., 2002.** La place des forêts méditerranéennes dans nos sociétés. *Forêt méditerranéenne, hors série, n°1. pp 65-83.*
- **Coudé-Gaussen G., 1995.** Désertification et aménagement au Maghreb. *L'Harmattan. 313p.*
- **Courbet F., 1991.** Tarif de cubage à deux entrées pour le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en France. *Rev. For. Fr. XLIII, n°3. pp 215-226.*

- **Csaba M., 1994.** Results of introduction trials with *Cedrus atlantica* in Hungary. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp 219-222.*
- **D.G.F, 2005.** Les parcs nationaux d'Algérie. *Direction Générale des Forêts. 6p.*
- **D.I.F, 2016** Norme d'inventaire écoforestier, Placettes, Échantillons Temporaires. *Direction des inventaires forestiers. 172p*
- **Dagnelie P., 1993.** Principes d'expérimentation. 3<sup>ème</sup> édition. *Les Presses agronomiques de Gembloux. 182p.*
- **Dagnelie P., 1994.** Théorie et méthodes statistiques applications agronomiques : les méthodes de l'inférence statistique. 2<sup>ème</sup> édition. *Les Presses agronomiques de Gembloux. Vol. II. 463p.*
- **Dagnelie P., Palm R., Rondeux J., Thill A., 1999.** Tables de cubage des arbres et des peuplements forestiers. 2<sup>ème</sup> édition. *Les Presses agronomiques de Gembloux. 126p.*
- **Dahman M., Khouja M.-L., 1994.** Résultats des essais d'acclimatation du cèdre en Tunisie. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp129-137.*
- **De Bonneval G., 1930.** L'Algérie touristique. *Comité national métropolitain du Centenaire de l'Algérie. 62p.*
- **Décourt N., Michaux F., Tisserand A., Simon R., 1965.** Le Pin Sylvestre et le Pin Laricio de Corse en Sologne : Tables de production provisoires et méthodes utilisées pour les construire. *Ann. Sci. Forest. Vol. 22, n°2. pp 257-318.*
- **Décourt N., 1967.** Le douglas dans le nord-est du massif central : Tables de production provisoires. *Ann. Sci. Forest, Vol. 24, n°1. pp 45-84.*
- **Delatour C, 1990.** Le dépérissement des chênes en Europe : une réunion internationale. *Rev. For. Fr. XLII, n°6. pp623-624.*
- **Deleuze C., Blaudez D., Herve J.-C., 1996.** Ajustement d'un modèle hauteur-circonférence pour l'épicéa commun. Effet de la densité. *Ann. Sci. Forest. n°53. pp 93-111.*
- **Delkov A., Grozev O., 1994.** Résultats de l'introduction du *Cedrus atlantica* Manetti en Bulgarie de Sud-Ouest. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp 173-185.*
- **Demarteau M., 2006.** Réponses de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futurs. *Thèse licence. Univ. Liège. 60p.*
- **Demarteau M., Francois L., Cheddadi R., Roche E., 2007.** Réponses de *Cedrus atlantica*

- aux changements climatiques passés et futurs. *Geo-Eco-Trop. n°31. pp 105-146.*
- **Derak M., M'hirit O., Mouflih B., Et-Tobi M., 2008.** Influence de la densité et du type de peuplement sur le dépérissement du cèdre à SIDI M'GUILD (moyen atlas marocain). *Forêts méditerranéenne. T XXIX. n°01. pp 23-32.*
  - **Derridj A., 1990.** Etude des populations de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie. *Thèse doc-Ing. Univ. Paul Sabatier. Toulouse. 288p.*
  - **Drénou C., 2006.** Les racines : face cachée des arbres. *IDF. Paris. 335p.*
  - **Derouèche H., 2015** Télédétection et analyse des dépérissements des forêts Naturelles en zone semi-aride (Djelfa). *Thèse Doc.E.N.S.A.El harrach. 202p.*
  - **Ducrey M., 1994.** Adaptation du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au climat méditerranéen : aspects écophysiologicals de sa réaction à la sécheresse. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27.pp 105-127.*
  - **Duhen L.-M., 2011.** Changement climatique : les forestiers méditerranéens inquiets. *La feuille & l'aiguille n°82. 2p.*
  - **Duperat M., Polese J.-M., 2007.** Les arbres. *Borée. 78p.*
  - **Duvigneaud P., 1980.** La synthèse écologique. *Doin éditeur. 380p.*
  - **El Tayeb A.-M., Gadow K., 2006.** Forest growth. *Universitätsdrucke Göttingen. 151p.*
  - **Elhaï H., 1968.** Biogéographie. *Colin. 407p.*
  - **Ezzahiri M., Belghazi B., Bahmad M., 1994.** Bilan de la régénération naturelle de la cédraie dans les parcelles clôturée du Moyen Atlas, Maroc. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp 259-268.*
  - **Ezzahiri M., Belghazi B., 2000.** Synthèse de quelques résultats sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas au Moyen Atlas (Maroc). *Sciences et changements planétaires/sécheresse. Vol.11. n°02.pp 79-84*
  - **Finkelstein D., 1981.** Influence des conditions d'alimentation hydrique sur le débourrement et la croissance de jeunes plants de Cèdres (*Cedrus atlantica* Manetti) cultivés en serre. *Ann. Sci. Forest. Vol. 38, n°4. pp 513-530.*
  - **Gadow K., 2003.** Waldstruktur und wachstum. *Universitätsdrucke Göttingen. 241p.*
  - **Gagnon G., Roy G., 1994.** Le dépérissement de l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) au Québec. *Rev. For. Fr. XLVI, n°5. pp 512-521.*
  - **Gallais A., Bannerot H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées : Objectifs et critères de sélection. *INRA. Paris. 768p.*

- **Garrec J.-P., 1994.** Les dépérissements littoraux d'arbres forestiers. *Rev. For. Fr. XLVI, n°5. pp 454-457.*
- **Godet J.-D., 2007.** Arbres et arbustes aux quatre saisons. 2<sup>ème</sup> Edition. *Delachaux et Niestlé. Italie 2007. 215p.*
- **Gourlet-Fleury S., 1998.** Indices de compétition en forêt dense tropicale humide : étude de cas sur le dispositif sylvicole expérimental de Paracou (Guyane française). *Ann. Sci. Forest. n°55. pp623-654.*
- **Guehl J.-M., 1984.** Dynamique de l'eau dans le sol en forêt tropicale humide guyanaise. Influence de la couverture pédologique. *Ann. Sci. Forest. Vol. 41, n°2. pp 195-236.*
- **Guillaumin J.-J., Legrand P., Lung-Escarment B., Botton B., 2005.** L'armillaire et le pourridié-agaric des végétaux ligneux. *INRA. Paris. 504p.*
- **Guyon J.-P., Guyon D., Riom J., 1994.** Causes et gestion du dépérissement des peuplements de pin maritime sur le littoral nord-atlantique. *Rev. For. Fr. XLVI, n°5. pp 485-494.*
- **Guyon J.-P., 1998.** Environnement et croissance du pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.) et du pin noire d'Autriche (*Pinus nigra* Arn.). Applications en sylviculture. *Thèse Doc. Univ. Nancy 1. 41p.*
- **Hainry D., Colombet M., 2009.** Bilan des introductions et perspectives d'utilisation du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) en Bretagne. *CRPF. Bretagne. 10p.*
- **Harfouche A., Nedjahi A., 2003.** Prospections écologiques et sylvicoles dans les cédraies de Bélézma et de l'Aurès à la recherche de peuplements semenciers et d'arbres plus. *Rev. For. Fr. LV, n°2. pp 113-122.*
- **Hocine H., Belarbi H., Perrin R., Chevalier G., 1994.** Possibilités de mycorhization de *Cedrus atlantica* Manetti. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp 349-361.*
- **Hoefler F., 1850.** Dictionnaire de botanique pratique. *Librairie de Firmin didot frères. 726p.*
- **Hufty A., 2001.** Introduction à la climatologie: le rayonnement et la température, l'atmosphère, l'eau, le climat et l'activité humaine. *Presses Université Laval. 542p.*
- **Illy G., Lemoine B., 1970.** Densité de peuplement, concurrence et coopération chez le Pin maritime : I. premiers résultats d'une plantation à espacement variable. *Ann. Sci. Forest. Vol. 27, n°2. pp 127-155.*
- **Inventaire Forestier National, 2006.** Observer la forêt française : mission première de l'IFN. *L'IF, n°12. 12p.*

- **Jacmon M., 2001.** Guide de dendrologie : arbre, arbustes, arbrisseaux des forêts française. 4<sup>ème</sup> édition. *ENGREF. Nancy. 350p.*
- **Jacques A., Carriere E.-A., Duchartre P.-E.-S., Herincq F., Naudin C., 1847.** Manuel général des plantes arbres et arbustes: Comprenant leur origine, description, culture, leur application aux jardins d'agrément, à l'agriculture, aux forêts, aux usages domestiques, aux arts et à l'industrie, et classés selon la méthode de Decandolle, Volume 1. *Librairie agricole de Dusacq. Paris. 716p.*
- **Jamey P., 1994.** La gestion du dépérissement du sapin et de l'épicéa dans le département des Vosges. *Rev. For. Fr. XLVI, n°5. pp 599-601.*
- **Khanfouci M.-S., 2005.** Contribution à l'étude de la Fructification et de la régénération du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus Atlantica M*) dans le massif du Belezma. *Thèse magister. Univ. Batna. 256p.*
- **Lamhamedi M., Chbouki N., 1994.** Les principaux facteurs influençant la régénération naturelle du cèdre de l'atlas *Cedrus atlantica* (Manetti). *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp 243-257.*
- **Landmann G., Bonneau M., Adrian M., 1987.** Le dépérissement du sapin pectiné et de l'épicéa commun dans le massif vosgien est-il en relation avec l'état nutritionnel des peuplements ?. *Rev. For. Fr. XXXIX, n°1. pp 5-11.*
- **Landmann G., 1994.** Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers. *Rev. For. Fr. XLVI, n°5. pp 405-415.*
- **Landmann G., Bonneau M., 1994.** Le dépérissement du sapin pectiné et de l'épicéa commun dans les montagnes Françaises au cours des années 1980. *Rev. For. Fr. XLVI, n°5. pp 522-537.*
- **Landmann G., 2000.** La santé des forêts françaises : bilan de l'année 1998 et nouveaux acquis. *Rev. For. Fr. LII, n°1. pp 9-22.*
- **Landmann G., 2002.** La santé des forêts françaises : bilan des années 2000 et 2001 et nouveaux acquis. *Rev. For. Fr. LIV, n°4. pp 375-388.*
- **Lapie G., Maige A., 1914.** Flore forestière illustrée comprenant toutes les espèces ligneuses de l'Algérie et les espèces ligneuses les plus répandues en Tunisie, au Maroc et dans le Midi de la France. *E. ORLHAC. Paris. 357p.*
- **Le Goff N., Ottorini J.-M., 1979.** Normes de densité pour les hêtraies du Nord-Est et du Nord-Ouest de la France. *Ann. Sci. Forest. Vol. 36, n°4. pp 281-298.*

- **Le Goff N., Levy G., 1984.**
  
- **Lebourgeois F., Granier A., Bréda N., 2001.** Une analyse des changements climatiques régionaux en France entre 1956 et 1997. Réflexions en termes de conséquences pour les écosystèmes forestiers. *Ann. Sci. Forest. Vol. 58. pp 733-754.*
  
- **Lecompte M., Lepoutre B., 1975.** Bilan de l'eau et conditions d'existence de la cédraie dans le moyen atlas basaltique (Maroc) utilisation d'une « analyse d'information mutuelle » entre les espèces et les variables du milieu. *Ann. Rech. For. Maroc. T 15. pp 153-265.*
  
- **Lecomte B., 2007.** Le cèdre de l'Atlas en Languedoc-Roussillon. *Forêt-entreprise, n°174. pp 51-54.*
  
- **Lecomte H., Heber J., Rondeux J., 1994.** Comparaison de plusieurs types d'unités d'échantillonnage dans la perspective d'un inventaire forestier régional. *For. Chron. Vol. 70. pp 304-310.*
  
- **Lemoine B., Sartolou A., 1980.** Densité de peuplement, concurrence et coopération chez le pin maritime -Résultats à 5 et 10 ans d'une plantation à espacement variable-. *Ann. Sci. Forest. Vol. 37, n°3. pp 217-237.*
  
- **Lepoutre B., Pujos A., 1963.** Facteurs climatiques déterminant les conditions de germinations et d'installation des plantules de cèdre. *Ann. Rech. For. Maroc. T 7. pp 23-54.*
  
- **Lepoutre B., 1966.** Ecologie de la régénération naturelle du cèdre dans le moyen Atlas marocain. Cahiers ORSTOM. *Série Pédologie. Vol. 4, n°1. pp 63-75.*
  
- **Letreuch-Belarouci N., 1991.** Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. *OPU. Alger. Vol. 1. 294p.*
  
- **Levy G., Delatour C., Becker M., 1994.** Le dépérissement du chêne des années 1980 dans le centre de la France, point de départ d'une meilleure compréhension de l'équilibre et de la productivité de la chênaie. *Rev. For. Fr. XLVI, n°5. pp 495-503.*
  
- **Losange, 2008.** Arbres de France. *Artemis. 143p.*
  
- **Macquart M.-J., 1852.** Les arbres et arbrisseaux d'Europe et leurs insectes. *Société nationale des sciences, de l'agriculture et des arts, de Lille. pp 174-530.*

- **Mairif M., 2014** La typologie de la cédraie du parc national de Theniet el had : Un outil de description au service des gestionnaires forestiers. *Mémoire magister. Univ. Tlemcen. 124p.*
  
- **Mathieu A., 1860.** Flore forestière : description et histoire des végétaux ligneux qui croissent spontanément en France et des essences importantes de l'Algérie. Suivies d'une méthode analytique pour en déterminer les principales espèces pendant l'hiver et précédées d'un dictionnaire des mots techniques. 2<sup>ème</sup> Ed. *Ancienne maison Grimblot & cie, N. Grosjean, successeur. 448p.*
  
- **Mathieu C., Pieltain F., 2003.** Analyse chimique des sols : Méthodes choisies. *TEC & DOC. Paris. 387p.*
  
- **Meddour R., 1994.** La cédraie de l'Atlas blidéen (Algérie). valeur bioclimatique, syntaxonomique et dynamique. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp 105-127.*
  
- **Mediouni K., Yahi N., 1994.** Phytodynamique et autoécologie du *Cedrus atlantica* dans le Djurdjura. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp 77-104.*
  
- **Mokrim A., Chbouki N., 1994.** Dynamique de la croissance radiale du cèdre : apport de la dendrochronologie. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp 187-203.*
  
- **Mormiche A., 1994.** L'agression due au dépérissement du hêtre en Normandie 1961-1988. *Rev. For. Fr. XLVI, n°5. pp 586-590.*
  
- **M'hirit O., Benzyane M., 2006.** Le cèdre de l'Atlas mémoire du temps. *Mardaga. Belgique. 288p.*
  
- **M'hirit O., Blerot P., 1999.** Le grand livre de la forêt Marocaine. *Mardaga. Belgique. 80p.*
  
- **M'hirit O., 1994a.** Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*) présentation générale et état des connaissances à travers le réseau Silva Méditerranéa "le Cèdre". *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp 3-21.*
  
- **M'hirit O., 1994 b.** Croissance et productivité du cèdre : approche multi- dimensionnelle de l'étude des liaisons stations- productions. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp 295-312.*
  
- **Nageleisen L.-M., 1994.** Dépérissement actuel des chênes. *Rev. For. Fr. XLVI, n°5. pp 504-511.*
  
- **Nageleisen L.-M., Reuter J.-C., 2007.** Dépérissements de hêtre : retour sur les situations

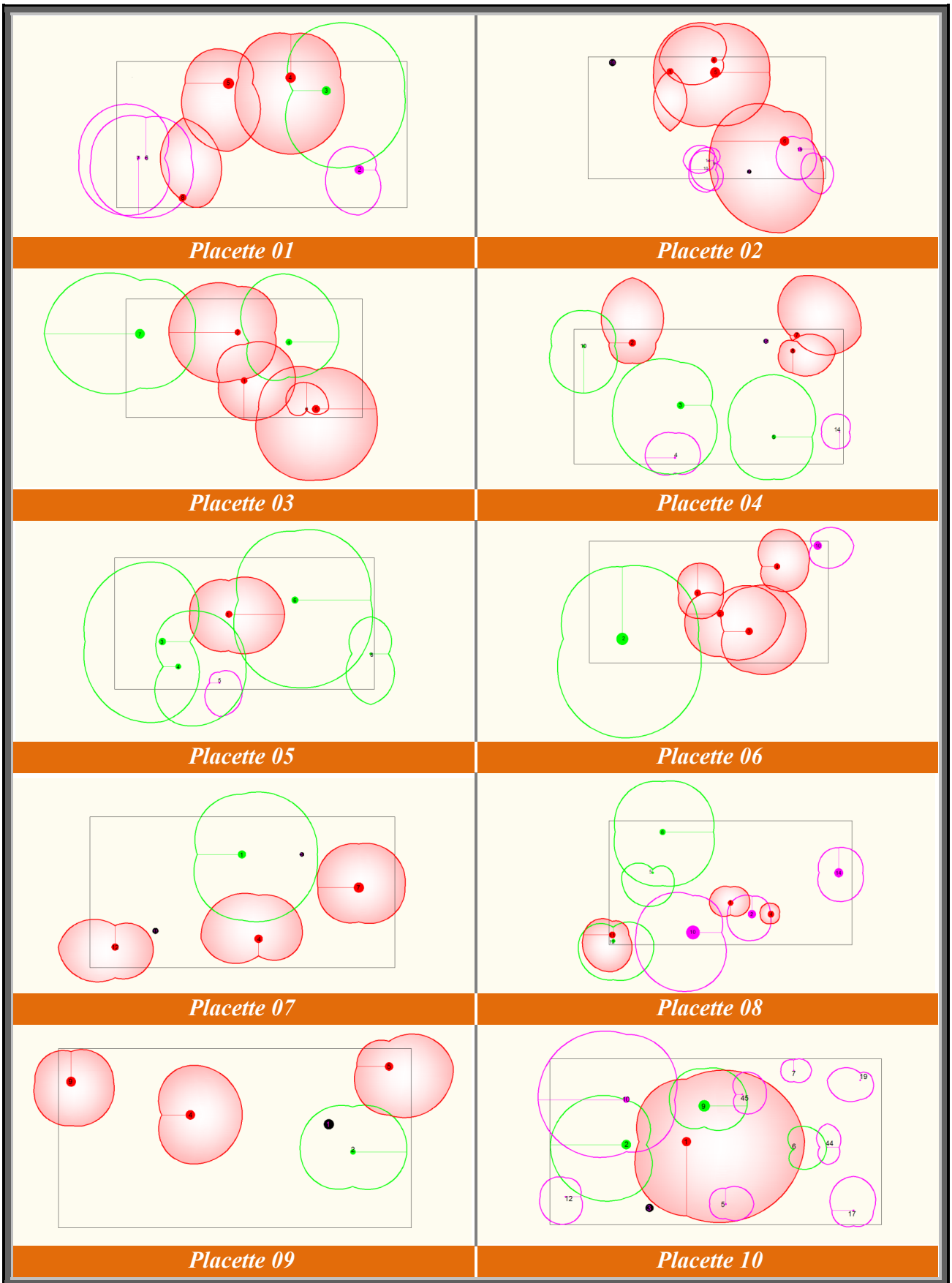
- de crise de la hêtraie au cours de la dernière décennie. *Département de la santé des forêts. France. 7p.*
- **Nedjahi A., 1993.** La régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en Algérie : cas de Chréa et des Aurès. *Annales de la recherche forestière en Algérie. pp 32-41.*
  - **Neggar O., 2010.** Etude symptomatique du dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le parc national de Theniet el had. *Thèse magister. Univ. Tlemcen. 157p.*
  - **O.N.F., 2010** Guide de gestion des forêts en crise sanitaire. *Office national des forêts. Paris. 100p*
  - **Oswald H., 1969.** Conditions forestières et potentialités de l'épicéa en haute-Ardèche. *Ann. Sci. Forest, n°2. pp 562-567.*
  - **Oswald H., 1988.** Comment apprécier la nécessité d'éclaircir ? les problèmes de stabilité. *Rev. For. Fr. XL, n°sp. pp 51-52.*
  - **Otto H.-J., 1998.** Ecologie forestière. *IDF. Paris. 397p.*
  - **Ottorini J-M., 1978** Aspects de la notion de densité et croissance des arbres en peuplement. *Ann. Sci. Forest. 35 (4). pp 299-320.*
  - **Ounadi F., Youou N., Zerrouki K., 1990.** Diagnostic écologique et aménagement sylvo-Pastoral du Djebel meddad «Parc national de Theniet el had». *Thèse Ing. USTHB. 120p.*
  - **P.N.T.E.H., 2002.** Plan de gestion 2002-2007. *Parc national de Theniet el had. 112p.*
  - **P.N.T.E.H., 2006.** Atlas des parcs nationaux Algériens. *Ed-diwan. 90p.*
  - **Palm R., 1977.** Dendrométrie. Polycopié. *INA. Alger. 112p.*
  - **Parde J., Bouchon J., 1988.** Dendrométrie. 2<sup>ème</sup> éd. *ENGREF. Nancy. 328p.*
  - **Pascale W., Harald B., Patrick F., A R., 2008.** Using a retrospective dynamic competition index to reconstruct forest succession. *Forest Ecology and Management (254). pp 96-106*
  - **Pérennès J.-J., 1993.** L'eau et les hommes au Maghreb : contribution à une politique de l'eau en Méditerranée. *Karthala. 646p.*
  - **Philippe G., Baldet P., Héois B., Ginisty C., 2006.** Reproduction sexuée des conifères et production de semences en vergers à graines. *Cemagref. Paris. 572p.*

- **Pijut P-M., 2000.** *Cedrus – The true cedars. Journal of arboriculture. Vol. 26, n°4. pp218-224.*
- **Piou D., 1994.** De nouveaux dépérissements de pin dans le nord de la France le cas particulier de la forêt d'Orléans. *Rev. For. Fr. XLVI, n°5. pp 538-546.*
- **Poiteau A., 1856.** Le bon jardinier. *Librairie agricole de la maison rustique. Paris. 1569p.*
- **Pontoppidan A., 1997.** Le cèdre. 1<sup>ère</sup> édition. *Actes sud. 85p.*
- **Prieur J., 1989.** Les symboles universels. *Fernand Lanore. Paris. 267p.*
- **Pujos A., 1964.** Les milieux de la cédraie marocaine : Etude d'une classification des cédraies du Moyen Atlas et du Rif en fonction du sol et du climat de la régénération actuelle dans les peuplements. *Ann. Rech. For. Maroc. T 8. 283p.*
- **Quezel P., Medail F., 2003.** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. *Elsevier, Paris, 571p.*
- **Quezel P., 1999.** Biodiversité végétale des forêts méditerranéennes, son évolution éventuelle d'ici à trente ans. *Forêt méditerranéenne. T XX, n°1. pp3-8.*
- **Rahmani N., 2003.** Contribution à l'étude de l'influence du dépérissement sur la qualité du bois de cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au niveau du parc national de Theniet el had. *Thèse. Ing. Tiaret. 72p.*
- **Rameau J.-C., Mansion D., Dume G., Timbal J., Lecoïnte A., Dupont P., Keller R., 1994.** Flore forestière française, guide écologique illustré, plaines et collines. Vol. 1. *IDF. Paris. 1785p.*
- **Rameau J.-C., Mansion D., Dume G., Gauberville C., Bardat J., Bruno E., Keller R., 2005.** Flore forestière française, guide écologique illustré, région méditerranéenne. Vol. 3. *IDF. Paris. 2426p.*
- **Rameau J.-C., Mansion D., Dume G., Lecoïnte A., Timbal J., Dupont P., Keller R., 2008.** Flore forestière Française, guide écologique illustré, montagne. Vol. 2. *IDF. Paris. 2421p.*
- **Raulier F., 1995.** Dynamique dendrométrique de l'érable à sucre dans la région du Bas-Saint-Laurent (Comté de Témiscouata). *Faculté de Foresterie et de Géomatique, UniversitéLaval. 32p.*
- **Riffaud J-L, 1998.** Le cèdre de l'atlas dans le ventoux : l'aménagement de la série des cèdres en forêt communale de Bédoin. *Rev. For. Fr. L, n°1. pp65-70.*
- **Riou-Nivert P., 2001.** Les résineux. Tome 01. Connaissance et reconnaissance. 2<sup>ème</sup> édition. *IDF. Paris. 256p.*

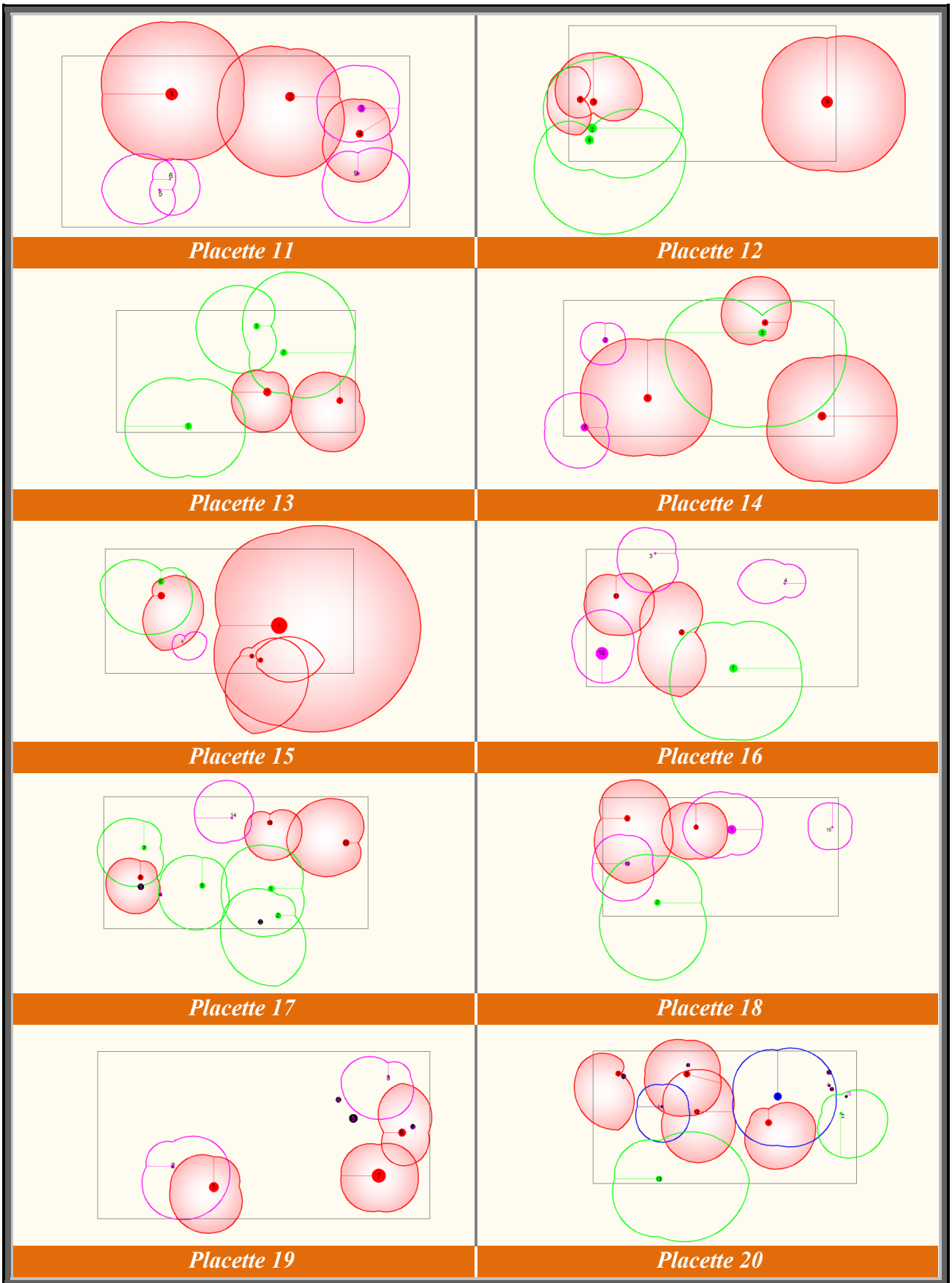
- **Riou-Nivert P., 2005.** Les résineux : Ecologie et pathologie. *Forêt Privée Française*. 447p.
- **Ripert C., Boisseau B., 1994.** Ecologie et croissance du cèdre de l'atlas en Provence. *Ann. Rech. For. Maroc. T 27. pp 155-171.*
- **Rondeux J., 1993.** La mesure des arbres et des peuplements forestiers. *Les presses agronomiques de Gembloux*. 521p.
- **Rondeux J., Thibaut A., Claessens H., 1995.** Comment estimer la productivité des peuplements d'Épicéa commun (*Picea abies*(L.) Karst.) en Ardenne ?. Fiche technique n°8, gestion et économie forestières section écologie. *Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux*. 2p.
- **Rondeux J., Lecomte H., 2005.** L'inventaire permanent des ressources forestières : observatoire et base d'un tableau de bord de la forêt Wallonne. *Wallonie, n° 83*. 13p.
- **Sabatier S., Barthelemy D., 1994.** Première observation sur l'architecture du cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (ENDL.) MANETTI EX CARRIERE (PINACEAE). *Ann. Rech. For. Maroc. Vol. 2. pp 364-379.*
- **Salgues D., 2008.** Evaluation du risque d'introduction du cèdre de l'Atlas sur les sols acides des Monts de Lacaune et de la montagne Noire. *ENGEES. France*. 71p.
- **Sari D., 1977.** L'homme et l'érosion dans l'Ouarsenis (Algérie). *SNED. Alger*. 623p.
- **Sarmoum M., 2008.** Impact du climat sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Diagnostic dendroécologique et climatique de la cédraie de Theniet El Had (Wilaya de Tissemsilt). *Thès. Magi. USTHB. Alger*. 98p.
- **Schütz J.-P., 1990.** Sylviculture 1: principes d'éducation des forêts. *Presses polytechniques et universitaires romandes*. 243p.
- **Schütz J.-P., 1997.** Sylviculture 2: La gestion des forêts irrégulières et mélangées. *Presses polytechniques et universitaires romandes*. 178p.
- **Seigue A., 1985.** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. *Maisonneuve & Larose*. 502p.
- **Seltzer P., 1946.** Le climat de l'Algérie. *Imp. Latypo. et Jules Carbone. Réunion. Alger*. 220p.
- **Seynave I., Gegout J.-C., Herve J.-C., Dhote J.-F., Drapier J., Bruno E., Dume G., 2004.** Etude des potentialités forestières pour l'épicéa commun dans l'Est de la France à partir des données de l'IFN. *Rev. For. Fr. LVI, n°6. pp 537-550.*

- **Till C., 1986.** L'influence des facteurs écologiques sur l'épaisseur des cernes du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière) au Maroc. *Ecologia Mediterranea, TXII, Fascicule 3-4. pp 33-47.*
- **Till C., 1987.** The summary response function of *Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière in Morocco. *Tree-Ring Bulletin. Vol. 47. pp 23-36.*
- **Toth J., 1970.** Plus que centenaire et plein d'avenir : le cèdre en France. *Rev. For. Fr. Vol. XXII, n° 03. pp 355-364.*
- **Toth J., 1973.** Première approche de la production potentielle du cèdre de l'Atlas dans le sud de la France. *Rev. For. Fr. XXV, n°5. pp 381-389.*
- **Toth J., 1978.** Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le sud de la France. *Thèse. Doc. Ing. Fac. St. Jérôme. Marseille- France. 136p.*
- **Toth J., 1980.** Le Cèdre dans quelques pays du pourtour méditerranéen et dans deux autres pays à grande importance forestière. *Forêt méditerranéenne, T II, n°1. pp 23-30.*
- **Toth J., 1994.** Le cèdre de l'Atlas en France : Croissance et production dans les dispositifs anciens. *Ann.Rech.For.Maroc.T27.pp 321-335.*
- **Toth J., 2005.** Le cèdre de France, étude approfondie de l'espèce. *L'Harmattan. Paris. 207p.*
- **Unesco-Fao, 1963.** Étude écologique de la zone méditerranéenne. Carte bioclimatique de la zone méditerranéenne. Notice explicative. *Imp. Firmin-Didot. 60p.*
- **Ung C.-H., Raulier F., Ouellet D., Dhote J.-F., 1997.** L'indice de compétition interindividuelle de Schütz. *Can. J. For. Res. Vol. 27.pp 521-526.*
- **Vennetier M., Vila B., Liang E.-Y., Guibal F., 2005.** Suivi de la réponse de la végétation au changement climatique : approche par transects. *Symposcience, Colloque Paris le 2 et 3 février 2005. pp 37-48.*
- **White F., 1986.** La végétation de l'Afrique: mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique Unesco/AETFAT/UNSO. *Orstom-Unesco. 384p.*
- **Yahiaoui M.-R., 2010.** La forêt des cèdres de Theniet el had - Le paradis des cèdres. *Theniet el had news. n°2. pp 1-2.*
- **Zedek M., 1993.** Contribution à l'étude de la productivité du *Cedrus atlantica* Manetti (cèdre de l'Atlas) dans le parc national de Theniet ElHad. *Thès. Magi. INA. Alger. 175p.*

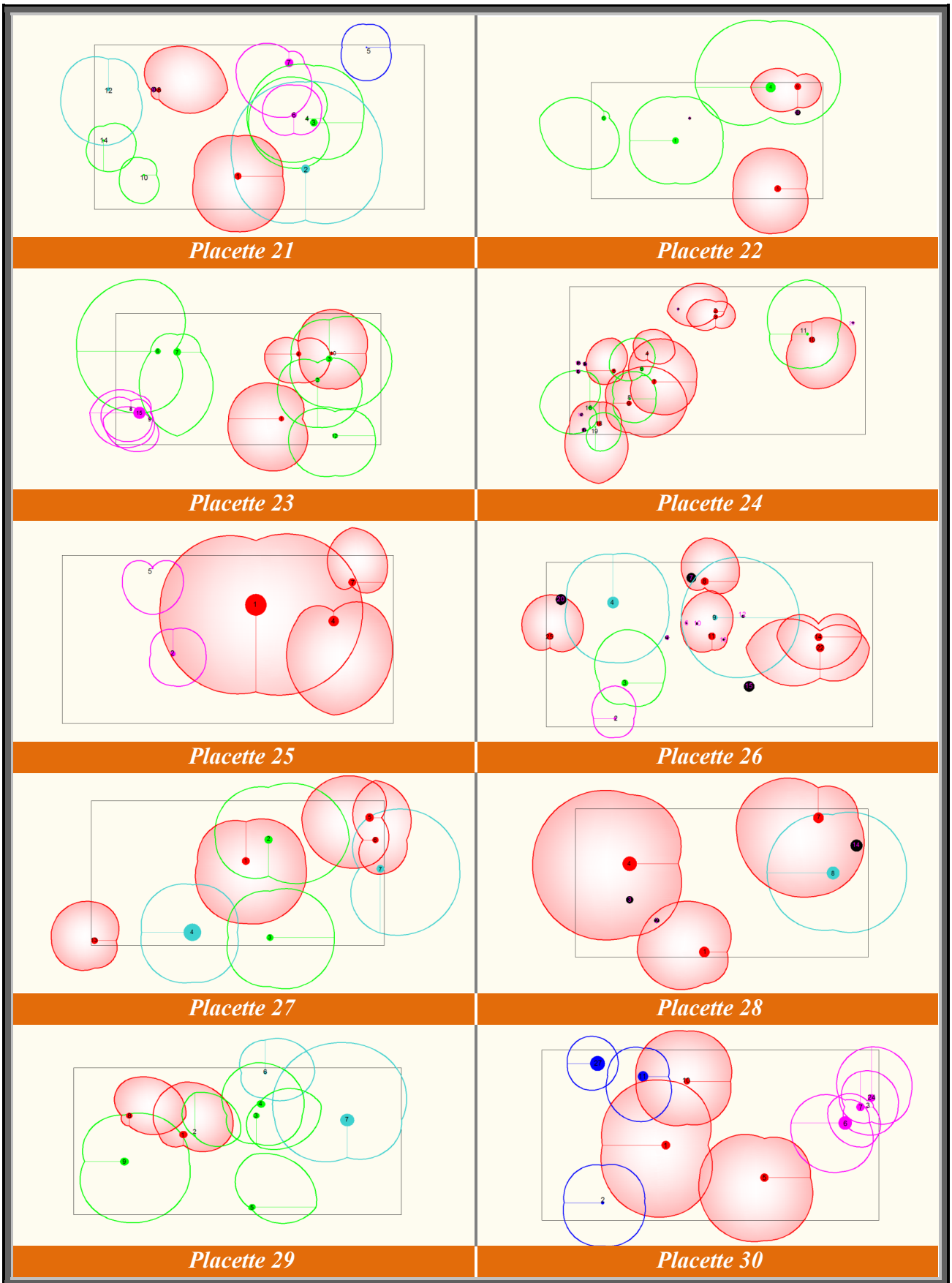
# ANNEXES



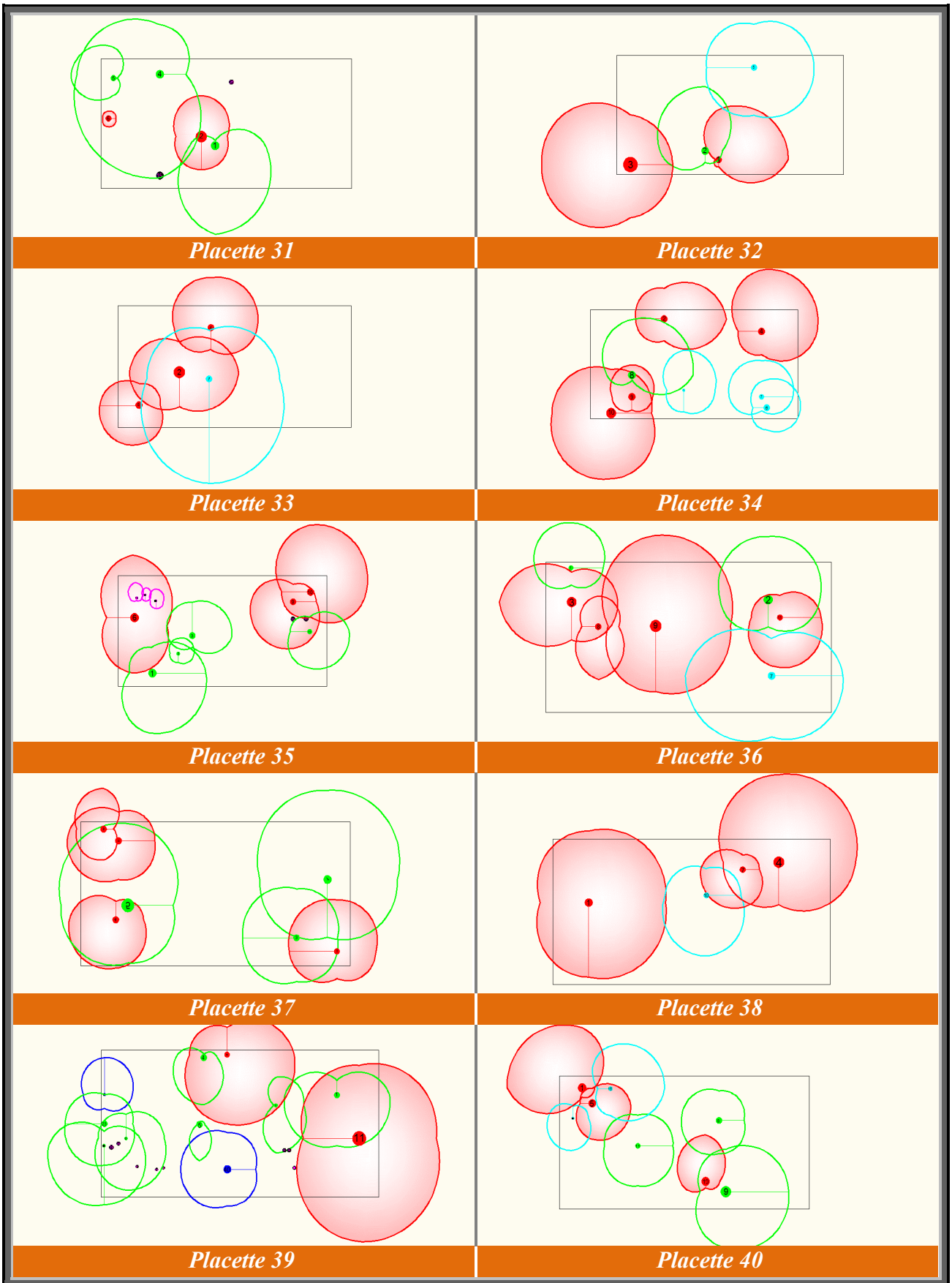
Annexe 1 : Sociabilité des tiges et état des houppiers



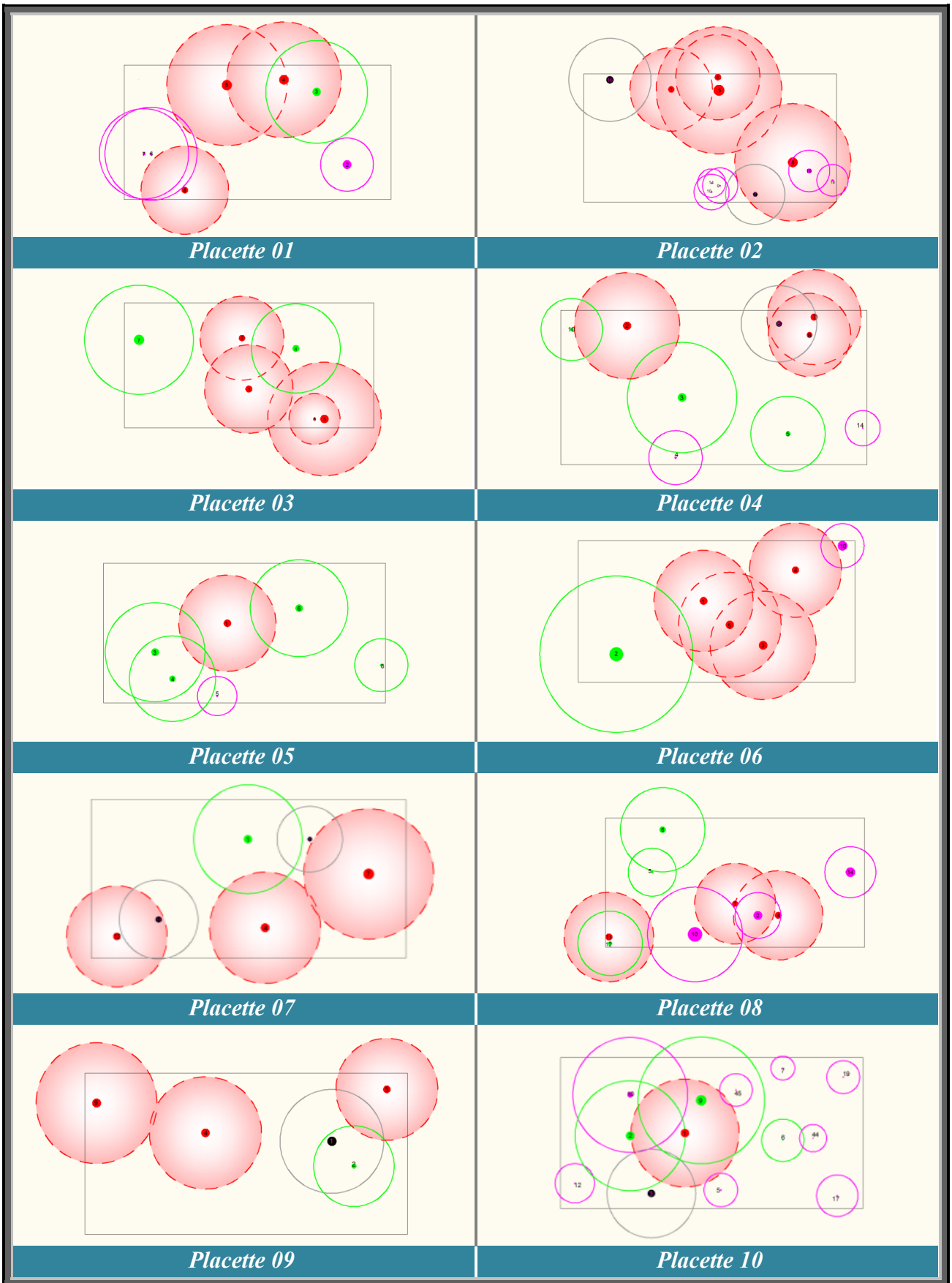
Annexe 1 : Sociabilité des tiges et état des houppiers



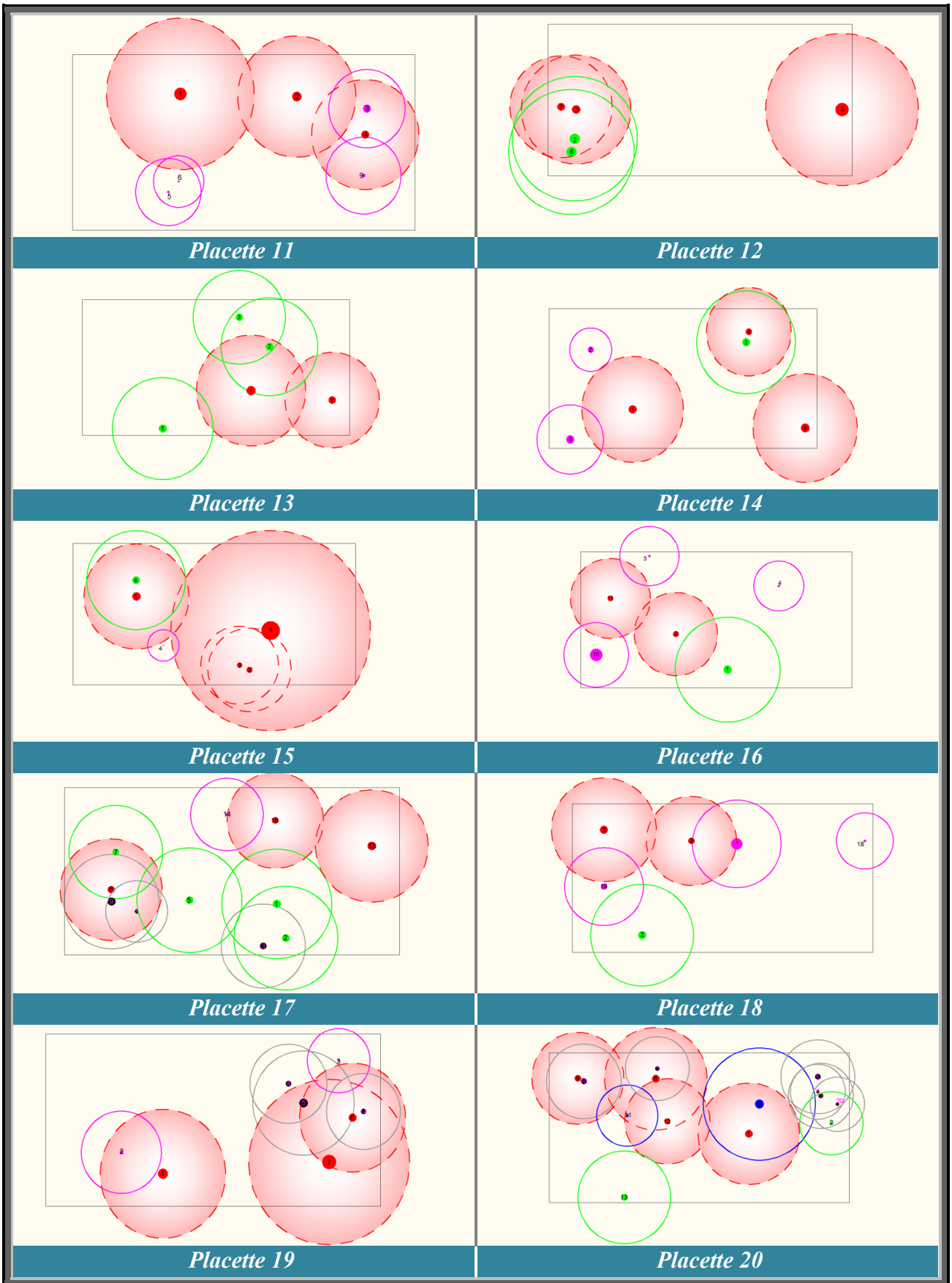
Annexe 1 : Sociabilité des tiges et état des houppiers



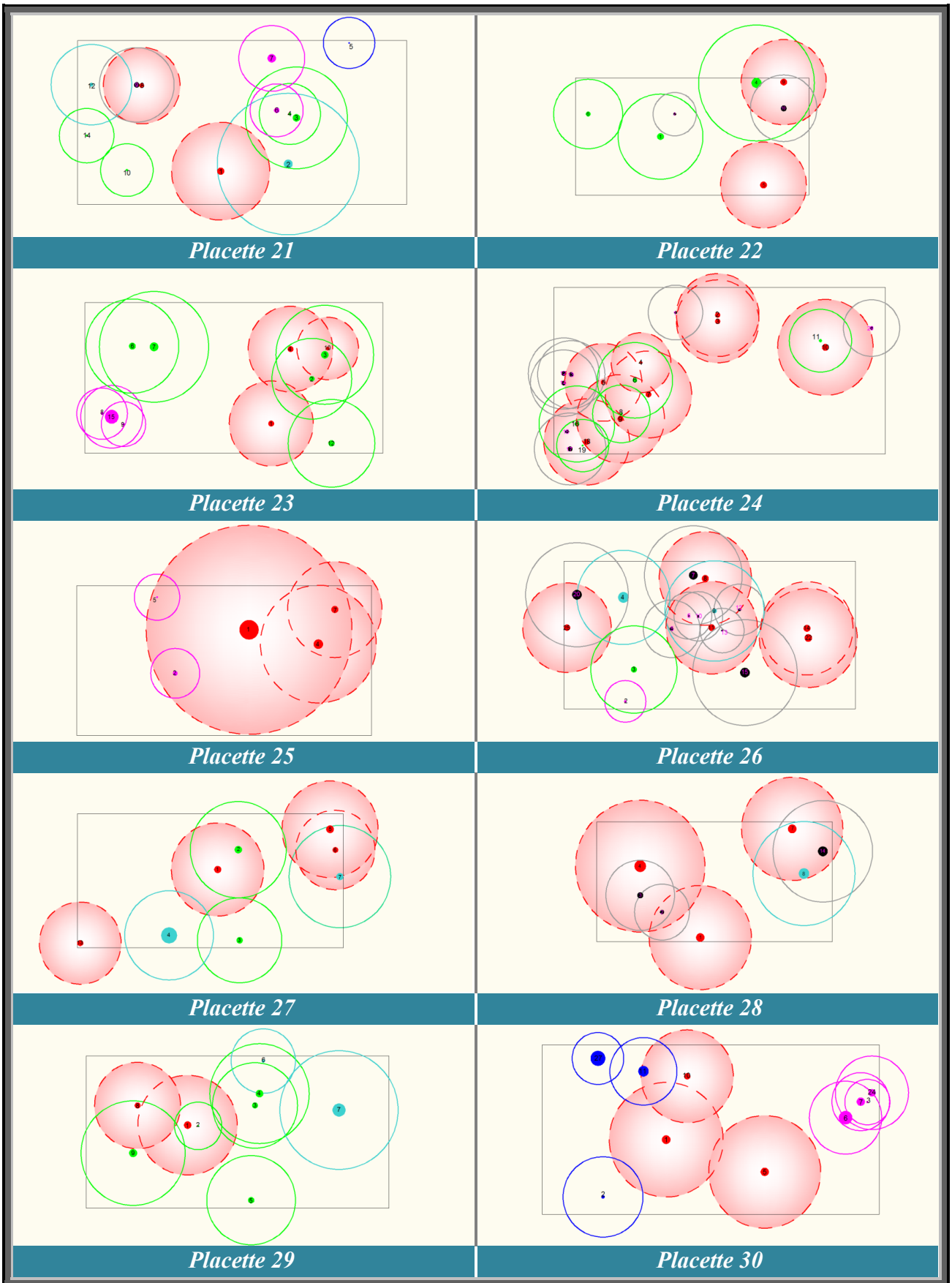
Annexe 1 : Sociabilité des tiges et état des houppiers



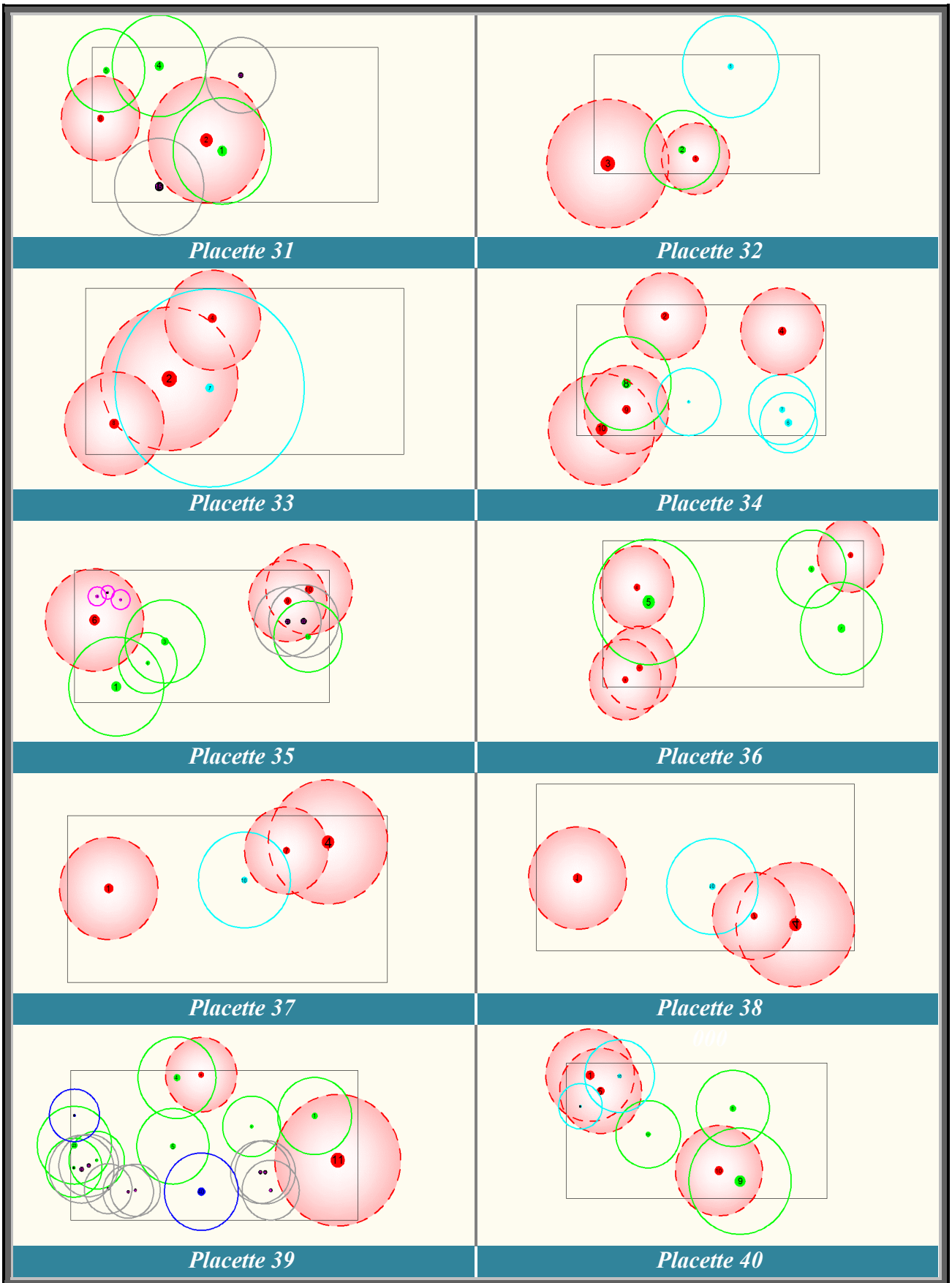
Annexe 2 : Etat de recouvrement des surfaces d'influence



Annexe 2 : Etat de recouvrement des surfaces d'influence



Annexe 2 : Etat de recouvrement des surfaces d'influence



Annexe 2 : Etat de recouvrement des surfaces d'influence

# Résumé :

La présente étude a pour objet de rechercher d'éventuelles causalités du dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le parc national de Theniet El Had. Il s'agit de mettre en évidence les taux de dépérissement enregistrés à travers les densités enregistrées et la répartition des tiges. L'étude est réalisée à travers quarante (40) placettes concentriques de 2, 5 et 10ares en plus de celles rectangulaires de 2 ares dans le versant nord de la cédraie. Des prélèvements pédologiques à des fins d'analyses physico-chimiques ont été effectués dans chacune des placettes d'étude. Des mesures dendrométriques y sont réalisées sur l'ensemble des tiges des placettes de 2, 5 et 10ares. Il en ressort que le dépérissement, à travers l'analyse de la variance et le test de Spearman, est lié aux caractéristiques dendrométriques indicatrices de concurrence.

L'étude de la concurrence des tiges à travers les indices de compétition de Hart-Becking, indice de chevauchement d'air et l'indice de compétition interindividuelle de Schütz montre que le dépérissement est lié à la compétition des tiges, loin qu'il soit lié à la densité du fait que 75% des placettes appartiennent à la classe des éclaircies fortes.

La répartition spatiale des tiges étant chaotique, les cimes présentent une détérioration influencée par l'enchevêtrement des houppiers. On enregistre plus de 50% des tiges dépéris présentant un indice de chevauchement supérieur à 65%. L'indice de compétition interindividuelle de Schütz montre que la compétition entre les tiges de cèdre est importante. L'adaptation d'un plan de gestion engendrant à la fois la gestion du dépérissement à court et long terme ainsi que l'aménagement de la répartition spatiale des tiges et la régulation de distribution des densités sera d'une opportunité fondamentale pour la vigueur et la vitalité des cèdres.

**Mots clés :** Cèdre de l'Atlas, dépérissement, densité, répartition des tiges, Theniet El Had.

## Abstract:

This study aim to search the impact of trees density and their distribution across decline Atlas cedar « *Cedrus atlantica Manetti* » in National Park of Theniet-el-had which characterized by a bioclimatic sub-humid with cold winter. 40 concentric sample units were does each one has variable surfaces of 2, 5 and 10 acres and rectangular units of 2 acres installed. All the trees were dendrometric characteristics measurement and soil sample was takes from each concentric unit and, even, localization of trees inside the rectangular sample to scheme their distribution. Result show that the decline of Atlas cedar are correlated to the dendrometrics factors submitted to the competition. The chaotic distribution of trees where crowns was entirely modified and the vital space is affected. Overlap index studys shows 50% of declined Atlas cedar trees has overlapping index greater than 75%. Shütz index of competition show that the competition between the Atlas cedar trees is important. Therefore the adaptation of the management plan how supervising Atlas cedar decline and organize trees distribution could improve more living space for trees and, even, their subsistence.

**Key words:** Atlas cedar, decline, density, trees distribution, Theniet el had.

## ملخص:

هذه الدراسة تهدف إلى بحث مدى تأثير كثافة الأشجار و كيفية توزعها على موت أشجار الأرز الأطلسي في الحظيرة الوطنية لثنية الحد التي تتميز بمناخ شبه رطب ذو شتاء بارد. بعد وضع 04 وحدات نموذجية تحتوي كل واحدة منها على 3 وحدات دائرية مركزية ذات مساحات قدرها 2، 5 و 10 أرحيث قيست كل الأشجار وأخذت عينات تربة من كل وحدة لدراسة خصائصها و أخرى مستطيلة مساحتها أران لمعرفة طريقة توزع الأشجار، تبين أن موت الأرز الأطلسي متعلق بقياسات الأشجار الدالة على المنافسة (المحيط الحجم التاج و المساحة القاعدية). من خلال دراسة المنافسة بين الأشجار عن طريق معامل تداخل التيجان تبين ان أكثر من 50% من الأشجار الميتة تعرضت الى معامل منافسة مقدر ب 65%. رسم الأشجار و تيجانها بين ان التوزع العشوائي لها أدى إلى تداخل الأغصان و التغيير في طريقة توزعها. معامل المنافسة ما بين الأشجار ل Schütz أظهر وجود منافسة كبيرة بين أشجار الأرز. و لهذا، فإن تكييف مخطط إدارة الحظيرة حيث يؤخذ بعين الإعتبار التعامل مع موت الأرز على المدى القريب والبعيد وكذا توزع الأشجار و الكثافة يكون ذو فائدة أساسية للحفاظ على سلامتها.

**الكلمات المفتاحية:** الأرز الأطلسي، موت أشجار الأرز، الكثافة، توزع الأشجار، الحظيرة الوطنية لثنية الحد.

**Article :** Etude Eco-Dendrométrique du dépérissement du Cèdre de l'Atlas dans le parc national de Theniet el Had "Algérie"

ESJ October 2016, Vol.12, No.29 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431, PP 112-123