

N° d'ordre : 05/2016-D/S.B

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES (FSB)



THESE

Présentée pour l'obtention du grade de DOCTEUR EN SCIENCES

En : SCIENCES BIOLOGIQUES

Spécialité : ECOLOGIE & ENVIRONNEMENT

Par : ADDAR Abdelkader

Thème

**« MISE EN EVIDENCE DES PROCESSUS DIACHRONIQUES DE
LA REGENERATION NATURELLE DU CEDRE DE L'ATLAS AU
NIVEAU DES MASSIFS DU DJURDJURA ET DE CHREA »**

Soutenue publiquement, le 19 /12/ 2016, devant le jury composé de :

Mme YAHY N.	Professeur à l'USTHB	Présidente
Mme DAHMANI M.	Professeur à l'USTHB	Directrice de thèse
Mme BELHADJ S.	Professeur à l'UZA, Djelfa	Examinatrice
M DERRIDJ A.	Professeur à l'UMMTO	Examineur
M HANIFI N.	Professeur à l'USTHB	Examineur
M MEDDOUR R.	Professeur à l'UMMTO	Examineur
M MESSAOUDENE M.	Directeur de recherche, INRF	Examineur

Résumé

L'objectif de cette étude est d'analyser le comportement in situ de semis naturels de cèdre dans les premières phases de la régénération, connues comme étant les plus vulnérables et tenter de définir la niche de régénération du cèdre dans un contexte actuel contraignant. L'étude est menée au niveau de trois stations représentatives de l'hétérogénéité structurale de la cédraie dont deux à Chréa (Atlas Blidéen) et une à Tala Rana (Djurdjura). Le suivi des régénérations a concerné plusieurs cycles (2014 à 2016 à Tala Rana et 2013 à 2016 à Chréa). Les observations ont consisté, en une évaluation qualitative et quantitative des graines ainsi qu'un suivi de l'effectif des plantules et des semis d'un an, deux ans et plus et de leur croissance annuelle.

Une analyse statistique comparative de différents niveaux d'observation a permis de mettre en évidence le potentiel différentiel de production grainière et de semis. Par ailleurs, elle montre l'impact important du climat, l'effet de versant et l'altitude, sur la germination, la croissance et le potentiel de survie des semis, mais également celui, aggravant, de l'action anthropozoogène, par comparaison à une situation témoin (mise en défens). Sont également soulignés au niveau local, le rôle déterminant de la structure du peuplement qui influencerait par son degré d'ouverture, l'effet facilitateur du sous-étage arbustif ou compétitif de la strate herbacée, ainsi que la réceptivité de la surface du sol.

Mots clés : *Cedrus atlantica*, régénération, production grainière, semis, taux de survie, croissance, facteurs biotiques, abiotiques.

REMERCIEMENTS

Cette thèse de doctorat n'aurait pu aboutir sans la riche collaboration que j'ai pu avoir avec de nombreuses personnes ainsi que sans l'aide précieuse et le soutien infaillible qu'elles ont pu me procurer. Je désire leur témoigner ma gratitude via ces quelques lignes.

Je remercie ma directrice de thèse, le professeur Dahmani-Megrerouche M. pour avoir accepté de m'encadrer après le départ de feu MEDIOUNI. Je la remercie également pour avoir accompagné, avec rigueur et abnégation, ce travail dans toutes ses étapes de puis le terrain à la rédaction. J'ai pu au cours de ces années de travail avec elle, bénéficier de ses analyses et conseils de valeurs inestimables.

Je remercie Madame Yahi-Guenafdi N. d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse malgré ses nombreuses responsabilités.

Mes remerciements vont au professeur Derridj A. pour avoir accepté d'examiner ce travail malgré ses nombreuses responsabilités pédagogiques et administratives.

Je remercie également les professeurs Meddour R. et Belhadj S. pour avoir répondu oui à notre demande d'examination malgré l'éloignement et les nombreuses responsabilités. Je remercie le professeur Hanifi N. pour avoir accepté sans hésitation de faire partie de ce jury de thèse et d'apporter sa précieuse collaboration.

Je suis honoré de leur présence tous.

Mes sincères remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont aidé d'une manière ou d'une autre à la construction de ce travail.

Cette thèse n'aurait pu aboutir sans l'aide indéfectible, dans la partie statistique, de Madame Khedache Z., qui m'a accompagné durant toutes les phases de calcul, estimation et représentations graphiques.

J'exprime aussi ma reconnaissance à Melle Khoudir S. et Monsieur Nacef L. pour leur aide précieuse dans les moments difficiles de réalisation de cette thèse.

Je dédie à titre posthume ce modeste travail à feu Mediouni K., qui m'a accueilli dans le laboratoire d'écologie végétale et fait découvrir et aimer l'écologie. Ses conseils, ses discussions fructueuses et enrichissantes, son sens de responsabilité, sa rigueur scientifique et sa grande disponibilité, témoignent de la grandeur de cet homme et des ses compétences avérées. Nous lui témoignons notre respectueuse et éternelle reconnaissance.

Mes sincères remerciements s'adressent à toutes les personnes qui m'ont aidé à la réalisation de ce travail, par leurs aides matérielles comme l'emplacement du protocole expérimental sur terrain, qui ne pouvait se concrétiser sans leur apport combien précieux : les étudiants des différentes promotions (2013-2016) : Righi H., Boukhelf A., Dabou A. et Habbaz B., mes frères et cousins : Farouk K., Hamza K., Massinissa K., Nacim K., Belkacem, H'cen...

Mes remerciements vont également à mes enseignants : Djebaili S., Mediouni K., Sadki N., Dahmani Megrérrouche M., Aidoud A., Djellouli Y., Bouzenoune A., Kadik L., Salamani M., Brakchi L., Melzi S. et Kadi-Hanifi H, Nedjraoui D., qui ont satisfait ma curiosité d'étudiant et répondu à mes interrogations.

Je remercie également mesdames : Blandine Dethoor, Françoise Duhamel et Marielle Godet pour m'avoir accueilli au Conservatoire Botanique National de Bailleul (Lille, France), mis à ma disposition la documentation nécessaire à l'avancement de mon travail et pour avoir facilité mes séjours de stage.

Je remercie aussi la direction du parc du Djurdjura ainsi que le personnel du secteur de Tala Rana pour m'avoir facilité l'accès au Parc.

Que toutes les personnes qui m'ont aidé au laboratoire ou sur terrain par leurs éclairages, soient remerciées.

Enfin, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma famille qui n'a ménagé aucun effort pour me permettre d'arriver au bout de cette thèse et plus particulièrement ma femme et mes adorables filles Sara, Meriem, Léa et Anaïs pour leur compréhension et surtout leur patience et auxquelles je dédie ce travail.

Aussi, je dédie ce modeste travail à ma grand-mère maternelle « Yaya » qui m'a toujours soutenu dans les moments difficiles, orienté et guidé. Je lui souhaite longue et paisible vie.

Je ne pourrais clore ces remerciements sans avoir une pieuse pensée à mes parents qui m'ont tout donné de leur vivant, à ma grand-mère paternelle, j'aurais tant souhaité qu'ils soient parmi nous pour partager ces moments.

HOMMAGE

C'est avec une profonde émotion que je m'incline

à la mémoire de notre cher et regretté

MOHAND MESSAOUDENE

Directeur de recherche à l'INRF

Je garderai toujours en mémoire le souvenir

d'un grand Homme

qui a tant donné à la science et à la forêt algérienne.

Je lui dédie ce travail qui aurait tant gagné

à bénéficier de son appréciation

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE CEDRE DE L'ATLAS

1-SYSTEMATIQUE	5
2-CARACTERES BOTANQUES	5
3-BIOLOGIE DU CEDRE.....	8
3.1-CYCLE DE REPRODUCTION	8
3.2-CYCLE D'ENSEMENCEMENT	11
4- AIRE DE REPARTITION	13
5- ECOLOGIE	14
5.1- IMPORTANCE ECOLOGIQUE ET SOCIOECONOMIQUE	14
5.2-ALTITUDE	14
5.3-EXPOSITION.....	15
5.4-SUBSTRAT	16
5.5-CLIMAT	17
5.5.1-Températures	19
5.5.2-Précipitations.....	19
5.5.3-Autres facteurs climatiques.....	20
5.5.3.1-Vent	20
5.5.3.2-Neige	21
5.5.3.3-Gelée	21
5.6-HYDROGRAPHIE	21
6-ECOPHYSIOLOGIE DU CEDRE	22
7-VEGETATION	24
8-FACTEURS BIOTIQUES	26
9-VARIABILITE GENETIQUE.....	28

CHAPITRE II : SUIVI DE LA REGENERATION

SOUS CHAPITRE I : SUIVI DE LA REGENERATION AU NIVEAU DU MASSIF DU DJURDJURA

1- INTRODUCTION	32
2- MATERIELS ET METHODES	35
2.1- ESPECE ETUDIEE	35

2.2-SUIVI DE LA REGENERATION	35
2.2.1-Mise en place du protocole expérimental	35
2.2.2-Méthodologie	37
2.3-TRAITEMENTS STATISTIQUES	40
3- RESULTATS	41
3.1-ANALYSE DU POTENTIEL EN GRAINES ET EN SEMIS AU NIVEAU DES MICROSITES	41
3.1.1- Analyse du potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 1	41
3.1.2- Analyse du potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 2	42
3.1.3- Analyse du potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 3	43
3.1.4- Analyse du potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 4	44
3.1.5- Analyse du potentiel moyen en graines et en semis au niveau des microsites	45
3.2-POTENTIALITES AUX PLANS PRODUCTION DE GRAINES ET GERMINATION DE SEMIS DANS LES PARCELLES	47
3.2.1-Suivi de la régénération au cours du cycle 2016.....	47
3.2.1.1-Analyse dynamique des stocks de graines et de semis au cours des différentes phases d'observation dans la parcelle 1	47
3.2.1.2-Analyse dynamique des stocks de graines et de semis au cours des différentes phases d'observation dans la parcelle 2	49
3.2.1.3-Analyse dynamique des stocks de graines et de semis au cours des différentes phases d'observation dans la parcelle 3	49
3.2.1.4-Analyse dynamique des stocks de graines et de semis au cours des différentes phases d'observation dans la parcelle 4	50
3.2.2-Variation de la production moyenne en graines et en semis au cours des phases du cycle 2016	52
3.2.3-Comparaison des quatre parcelles (Anova/Tukey)	53
3.3-ANALYSE COMPARATIVE DES TROIS CYCLES DE SUIVI DE LA REGENERATION	56
4-DISCUSSION	57
5- CONCLUSION.....	72

SOUS CHAPITRE II : SUIVI DE LA REGENERATION AU NIVEAU DU MASSIF DE CHREA

1- INTRODUCTION	74
2- MATERIELS ET METHODES	74

2.1-ESPECE ETUDIEE	74
2.2-SUIVI DE LA REGENERATION	75
2.3-TRAITEMENTS STATISTIQUES.....	79
3-RESULTATS	79
3.1-SUIVI DES EFFECTIFS DES SEMIS	79
3.1.1-Taux de survie dans les quadrats	80
3.1.2-Taux de survie dans les parcelles.....	80
3.1.3-Taux de survie dans les stations.....	82
3.2-ANALYSE DEMOGRAPHIQUE DES SEMIS DE CEDRE	83
3.3-POTENTIALITES DES PARCELLES EN GRAINES ET EN SEMIS	85
3.4-ETUDE DE LA CROISSANCE DES SEMIS DE CEDRE	86
3.5-RELATIONS REGENERATION - PARAMETRES CLIMATIQUES.....	87
3.5.1-Effectifs-climat	87
3.5.2-Croissance-climat.....	90
4-DISCUSSION	91
5-CONCLUSION.....	95

CHAPITRE III : ETUDE COMPARATIVE DE LA REGENERATION AU NIVEAU DES MASSIFS DU DJURDJURA ET DE CHREA

1-COMPARAISON DES STRUCTURES DE VEGETATION DES PARCELLES DES DEUX MASSIFS	100
2-COMPARAISON DU POTENTIEL EN GRAINES DANS LES DEUX MASSIFS	107
3-COMPARAISON DU POTENTIEL EN SEMIS DANS LES DEUX MASSIFS	109
4-DISCUSSION	110
5-CONCLUSION.....	116
CONCLUSION GENERALE	117
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	122

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Pages
Tableau I : Potentiels moyens en graines et en semis dans les microsites des quatre parcelles.	46
Tableau II : Variation des paramètres de moyenne et de coefficient de variation des graines dans les parcelles de Tala Rana.....	52
Tableau III : Variation des paramètres de moyenne et de coefficient de variation des semis dans les parcelles de Tala Rana.....	53
Tableau IV : Analyse de la variance de la variable graine dans la station de Tala Rana.....	54
Tableau V : Analyse comparative des parcelles (Intervalle de confiance = 95%).....	54
Tableau VI : Regroupement des parcelles.....	54
Tableau VII : Analyse de la variance de la variable semis dans la station de Tala Rana	55
Tableau VIII : Analyse comparative des parcelles (Intervalle de confiance à 95%)	55
Tableau IX : Regroupement des parcelles.....	55
Tableau X : Comparaison de la régénération au cours des trois cycles de suivi.....	56
Tableau XI : Effectifs des quadrats suivis dans la station Kerrache (2013 et 2014).....	77
Tableau XII : Effectifs des quadrats suivis dans la station de la Forêt Noire (2013 et 2014)... ..	78
Tableau XIII : Recouvrement des éléments à la surface du sol dans les quadrats	80
Tableau XIV : Taux de survie moyens dans les parcelles d'étude.....	81
Tableau XV : Estimation des taux de survie moyens des stations à cèdre.....	82
Tableau XVI : Test de Kruskal-Wallis de la variable graine	85
Tableau XVII Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Conover-Iman.....	85
Tableau XVIII : Test de Kruskal-Wallis de la variable semis	85
Tableau XIX : Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Conover-Iman.....	86
Tableau XX : Analyse de la variance des élongations moyennes des parties aériennes et souterraines des individus	86
Tableau XXI : Résultats de la régénération dans les deux massifs	107

LISTE DES FIGURES

Figures	Pages
Figure 1 : Port pyramidal (a), forme tabulaire (b), écorce à écailles (c), écorce lisse (d), racines fasciculées (e), rameaux (f), aiguilles de couleur vert clair (g) ou glauque jusqu'au bleu (h), chatons (i), inflorescences (j), rameaux portant les 2 organes(k), cônes (l et m), résine (n), cône désarticulé (o).	6
Figure 2 : Cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas (Derridj, 1990).	10
Figure 3 : Graines intactes (a), graines germées (b et c), plantules (d et e), jeune semis (f), différents stades de développement des semis (g), semis de 1an (h), semis de 2 ans (i), semis de plus de 3 ans (j).....	12
Figure 4 : Aire de répartition schématique du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord et indications des témoignages holocènes en Tunisie (Quézel & Médail, 2003)	13
Figure 5 : Aire bioclimatique du cèdre en Algérie (Yahi, 2007)	18
Figure 6 : Aire bioclimatique du cèdre de l'Atlas Quézel (1980) ; Derridj (1990).....	18
Figure 7 : Carte du réseau hydrographique et des principales sources du massif de Lalla Khedidja (Addar & Oudineche, 1994)	22
Figure 8 : Répartition schématique des unités de végétation à cèdre dans le cadre phytogéographique établi pour l'Algérie (Yahi & Djellouli, 2010)	24
Figure 9 : Carte de la situation géographique de la station de Tala Rana	34
Figure 10 : Plan de situation des quadrats de (5m ²) et élémentaires de 1m x 1m (1m ²).....	37
Figure 11 : Plan de situation des quatre parcelles de la station de Tala Rana.....	38
Figure 12 : Potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 1 de la station de Tala Rana (cycle 2016)	42
Figure 13 : Potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 2 de la station de Tala Rana (cycle 2016)	43
Figure 14 : Potentiel en graines (PG) et en semis (PS) dans les microsites de la parcelle 3 de la station de Tala Rana (cycle 2016)	43
Figure 15 : Potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 4 de la station de Tala Rana (cycle 2016)	44
Figure 16. Dynamique de la germination des graines au cours des phases d'observation successives dans la parcelle 1 (cycle 2016)	48
Figure 17 : Dynamique de la régénération des plantules et des semis au cours des phases successives d'observation dans la parcelle 1 (cycle 2016)	48

Figure 18 : Dynamique de la germination des graines au cours des phases d'observation successives dans la parcelle 2 (cycle 2016)	49
Figure 19 : Dynamique de la germination des graines au cours des phases d'observation successives dans la parcelle 3 (cycle 2016)	49
Figure 20 : Dynamique de la régénération des plantules et des semis au cours des phases successives d'observation dans la parcelle 3 (cycle 2016)	50
Figure 21 : Dynamique de la germination des graines au cours des phases successives d'observation dans la parcelle 4 (cycle 2016)	51
Figure 22 : Dynamique de la régénération des plantules et des semis au cours des phases successives d'observation dans la parcelle 4 (cycle 2016)	51
Figure 23 : Carte de la situation géographique des stations d'étude dans le massif de Chréa.	75
Figure 24 : Plan de situation des parcelles dans les stations de Kerrache et Forêt Noire	76
Figure 25a : Quadrat élémentaire de 1m ²	77
Figure 25b : Semis de 2 ans.	77
Figure 26 : Distribution des circonférences dans chaque parcelle hors mise en défens	81
Figure 27a : Courbes de survie en fonction du temps des parcelles P1 et P2 de la station Kerrache	83
Figure 27b : Courbes de survie en fonction du temps des parcelles P1 et P2 de la station Forêt Noire.....	84
Figure 27c : Courbes de survie en fonction du temps de la parcelle mise en défens.	84
Figure 28a : Relation effectifs - paramètres climatiques (2013) dans la station Kerrache	88
Figure 28b : Relation effectifs-paramètres climatiques (2013) dans la station Forêt Noire	88
Figure 28c : Relation effectifs - paramètres climatiques (2014) dans la station Kerrache	89
Figure 28d : Relation effectifs - paramètres climatiques (2014) dans la station Forêt Noire ..	89
Figure 29a : Elongation de la hauteur des semis de 2ans dans la station Kerrache	90
Figure 29b : Elongation de la hauteur des semis de 2 ans dans la station Forêt Noire	90
Figure 29c : Elongation de la hauteur des semis de 2 ans dans la parcelle mise en défens	91
Figure 30 : Situation de la cédraie de Tala Rana dans le massif du Djurdjura (PND, 2005)...	98
Figure 31 : Situation de la cédraie de Tala Rana dans le massif de Chréa (PNC, 2014)	99
Figure 32 : Distribution des circonférences dans la parcelle P1 de la station Tala Rana (Djurdjura)	101

Figure 33 : Distribution des circonférences dans la parcelle P3 de la station Tala Rana (Djurdjura).....	101
Figure 34 : Distribution des circonférences dans la parcelle P4 de la station Tala Rana (Djurdjura).....	102
Figure 35 : Distribution des circonférences dans la parcelle P1 Kerrache (Chr��a)	103
Figure 36 : Distribution des circonférences dans la parcelle P2 Kerrache (Chr��a)	104
Figure 37 : Distribution des circonférences dans la parcelle P1 Forêt Noire (Chr��a).....	104
Figure 38 : Distribution des circonférences dans la parcelle P2 Forêt Noire (Chr��a).....	105
Figure 39 : Distribution des circonférences dans la station de Tala Rana (Djurdjura)	106
Figure 40 : Distribution des circonférences dans les stations de (Chr��a)	106
Figure 41 : Variation du potentiel en graines dans le massif du Djurdjura au cours du suivi (2014-2016).....	108
Figure 42 : Variation du potentiel en graines dans le massif de Chr��a au cours du suivi (2014-2016).....	108
Figure 43 : Variation du potentiel en semis dans le massif de Djurdjura au cours du suivi (2014 -2016).....	109
Figure 44 : Variation du potentiel en semis dans le massif de Chr��a au cours du suivi (2013-2016).....	110

LISTE DES ACRONYMES

FN : Forêt Noire

H1 : Elongation 2013

H2 : Elongation 2014

K : Kerrache

M1....M14 : Microsites

P : Parcelle

PDG : Potentiel Djurdjura en Graines

PDS : Potentiel Djurdjura en Semis

PG : Potentiel en Graines

PMD : Parcelle Mise en Défens

PMG : Potentiel Moyen en Graines

PMS : Potentiel Moyen en Semis

PNC : Parc National de Chréa

PND : Parc National de Djurdjura

PS : Potentiel en Semis

Q : Quadrat

S : Station

s1 : Semis d'un an

s2 : Semis de deux ans

T1...T10 : Phases d'observation

TSM : Taux de Survie Moyen

« L'utilisation de quadrats permanents a été recommandée par de nombreux écologistes mais peu d'entre eux suivent cet excellent conseil. Chaque fois qu'il est possible qu'une parcelle de terrain fasse l'objet d'examens ultérieurs, on devrait en marquer les limites de façon permanente car l'étude systématique, pendant un certain nombre d'années, d'un même quadrat donne des résultats extrêmement intéressants. En fait, ces résultats n'ont souvent pas de commune mesure avec les quelques efforts déployés, particulièrement lorsqu'on les compare à ceux de l'étude initiale. »

Traduction libre d'une citation tirée de :

H. J. Oosting *The Study of Plant Communities* (1956).

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'ensemble du Maghreb méditerranéen, par sa richesse taxonomique avérée, le fort endémisme végétal et les menaces anthropiques croissantes, est au cœur des préoccupations mondiales en matière de biologie de la conservation (Véla & Benhouhou, 2007).

Endémique nord africaine, le cèdre de l'Atlas, forme de très beaux écosystèmes forestiers. Au Maroc où il occupe une plus grande superficie, ce résineux façonne l'architecture paysagère des habitats montagnards, sièges d'une grande valeur patrimoniale. Il caractérise les forêts des montagnes, au Maroc, avec 16 000 ha dans le Rif, 116 000 ha dans le moyen et haut Atlas et en Algérie quelques 30 000 ha dans les Atlas tellien et saharien.

L'aire actuelle du cèdre de l'Atlas est très morcelée ; ceci s'explique par les grands changements climatiques survenus durant le Quaternaire récent. Il s'ensuit la régression de la cédraie et l'apparition d'espèces concurrentes mieux adaptées au climat actuel (Benabid, 2000a). La conformation de cette aire, caractérisée par une grande diversité écologique et un isolement des populations, a induit une différenciation perceptible de l'espèce. L'existence de divers écotypes par rapport aux facteurs climatiques et édaphiques ainsi que de morphotypes divers (formes *glauca*, *viridis*, etc...) sont des témoins identifiables d'une différenciation géographique et individuelle d'origine probablement génétique (Harfouche & Nadjahi, 2003).

Des recherches ont révélé une grande variabilité géographique pour des caractères du pollen (Derridj, 1990), des graines (Harfouche, 1992) ou des stomates (Arbez *et al.*, 1978 ; Berka, 1997) ainsi que pour divers caractères d'adaptation, de croissance et de forme (Arbez *et al.*, 1978 ; Pradal, 1979 ; Ferrandès, 1986 ; Bariteau & Ferrandès, 1992). Cette diversité intra-spécifique constitue une opportunité pour les projets de reboisement du cèdre aussi bien pour la reconstitution des peuplements que pour le reboisement à l'intérieur de son aire potentielle élargie.

En Algérie, l'aire potentielle de l'espèce pourrait s'étendre à tout l'Atlas frais et froid, là où les précipitations et les brouillards printaniers ne sont pas rares (Maire, 1926). Cependant le cèdre de l'Atlas, est actuellement très vulnérable en Algérie voire menacé de disparition, en raison de son habitat très morcelé (Ezzahiri & *al* ; 1994, Quézel, 1998 ; Bentouati, 2008) et de son aire de répartition en nette régression. D'après Mediouni (2001), l'aire potentielle du cèdre serait de 300.000 ha alors que l'aire actuelle ne représente que 16.000 ha, soit 5.33% de la surface totale de la série du cèdre. Cette régression de l'aire sériale est encore plus

perceptible en expositions chaudes (versants sud et est) où la pluviométrie est moindre, la luminosité plus intense et les siroccos (vents secs et asséchants) très fréquents. À ce propos, Quézel (2000), note que le changement climatique global conduira dans les prochaines années à la disparition des cédraies continentales du Maroc et de l'Algérie.

Ce phénomène est aggravé par le problème de la régénération, qui domine selon Boudy (1950), toute la question du traitement du cèdre en Afrique du Nord et qui tend à s'aggraver avec la tendance actuelle au changement climatique (Quézel & Médail, 2003) et à l'augmentation de la pression anthropique. La période de sécheresse prolongée vers cette fin du 20^{ème} siècle (Messaoudène & *al*, 2013) compromet la régénération (Lamhamedi & Chbouki, 1994) surtout dans le cas des germinations tardives souvent condamnées à disparaître.

Les premiers travaux traitant de la régénération naturelle de la cédraie d'Afrique du Nord ont permis de souligner les difficultés de maintien des semis, notamment, au cours des premières années de développement, et de mettre en évidence quelques facteurs déterminants. C'est ainsi que la précocité de germination du jeune semis apparaît comme un atout augmentant ses chances de résistance à la sécheresse estivale et donc sa survie. Ce paramètre serait modulé par l'altitude, l'effet de versant, le bilan hydrique, le couvert végétal, la végétation herbacée, la litière et le sol (Marion, 1955 ; Lepoutre, 1961 ; Lepoutre & Pujos, 1964 ; Zine El Abidine *et al.*, 2013). Il est toutefois admis que c'est l'interaction entre les différents facteurs qui contrôle le niveau de régénération d'une espèce. Ceux qui agissent en premier seraient déterminants d'où l'intérêt d'étudier les processus qui se déroulent pendant les premières phases de la régénération (Tan & Bruckert, 1992), les filtres de mortalité biotiques étant surtout actifs dans les stades précoces (graines et plantules) de la régénération (Flores, 2005). Ces difficultés de régénération semblent exacerbées au cours de ces dernières décennies, en relation avec les modifications climatiques que connaît la région méditerranéenne (Ezzahiri *et al.*, 1994 ; Bentouati & Bariteau, 2006 ; Bentouati, 2008) et l'intensification de l'action anthropique (M'hirit *et al.*, 2006). En Algérie, le problème de régénération est plus marqué au niveau des cédraies de basse altitude et en expositions chaudes, déficitaires en eau.

La régénération naturelle des essences forestières a fait l'objet de nombreuses études, où diverses corrélations sont établies entre l'aptitude à la régénération et les facteurs climatiques (stress environnementaux, pluviométrie insuffisante,...), édaphiques et biotiques (attaques des ravageurs des feuilles et des cônes, les champignons,...), mais aussi ceux liés au peuplement (houppier, diamètre, hauteur, densité, âge, état sanitaire,...), à l'année de fructification, à

l'homme (traitements sylvicoles inadéquats, incendies, coupes,...) et à la station (qualité du site, composition du peuplement, dynamique de la litière,...). Les interactions de ces facteurs sur la régénération restent difficiles à mettre en évidence et les auteurs ont déjà signalé la complexité de ce problème pour cette espèce par rapport aux autres conifères.

Les recherches relatives à l'identification des paramètres qui conditionnent la pérennité de l'espèce dans son premier stade de développement, sont moins importantes par rapport aux travaux synécologiques effectués sur le cèdre. Ainsi, plusieurs chercheurs et équipes pluridisciplinaires se sont intéressés à cette problématique de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas et dont les travaux sont plus importants au Maroc. En Algérie, les travaux sont plus rares : Malki (1992), Meddour (1992), Derridj (1990, 1994), Illoul *et al.*, (2001), Zaidi (2003) ; Krouchi *et al.*, (2004), Khedache (2005) ; Khanfouci (2005), Aidrous-Larbi (2007), Brahimi (2007), Nezar Kebaili (2009), Krouchi (1995, 2010, 2011) ; Madjour (2015), Hachi-Illoul (2016),...

Mais ces études ont porté généralement soit sur des aspects particuliers (débourrement, croissance, pollinisation, production, fructification, dissémination, organisation reproductive, germination, variabilité génétique, conservation, éctomycorhizes,...) soit sur des organes pris isolément (fleurs, cônes, écailles, aiguilles, graines,...) ou menés au laboratoire avec des paramètres contrôlés loin des conditions naturelles.

Certains auteurs (Toth (1971, 1973a, 1975, 1978a, 1980b, 1980c, 1984), Barriteau (1986), Muller *et al* (1984), Muller (1986), Roque (1983), Derridj (1990), Malki (1992), M'hirit (1983), Lahmadi *et al.*, (1993, 2002)) ont mis en évidence d'étroites relations entre la production qualitative et quantitative des graines, la germination et l'installation des plantules de cèdre.

L'ensemble des travaux relatifs aux aspects régénérations, réalisé auparavant au niveau des cédraies, l'a été à des échelles sectorielles, ou régionales, et rarement à l'échelle stationnelle. Cette approche synchronique ne permet pas d'appréhender l'ensemble des facteurs biotiques et abiotiques régissant la régénération du cèdre, à l'échelle stationnelle. De même la dimension temporelle n'a pas toujours été prise en compte. Les travaux, sont souvent ponctuels et le suivi n'a concerné qu'une phase du cycle.

Pour une meilleure compréhension des phénomènes régissant le processus de la régénération du cèdre de l'Atlas, un suivi de la régénération sur plusieurs années est nécessaire pour intégrer d'une part, les variabilités inter annuelles du climat et de la production grainière de l'espèce, et d'autre part, les réactions des plantules à ces variations.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude, qui s'articule autour des problématiques suivantes :

- Quels sont les facteurs limitant la régénération et le développement du cèdre de l'Atlas dans les premiers stades de son développement ?
- Quelles sont les situations favorables ou non aux régénérations efficaces et durables du cèdre ? Sont-elles d'ordre biotique et/ou abiotique ?

Notre travail consiste en la mise en place, à l'échelle stationnelle, d'un protocole expérimental de suivi des paramètres biotiques et abiotiques régissant la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) à travers des placettes d'observations permanentes dans les massifs de Lalla Khedidja (Djurdjura) et de Chréa (Atlas blidéen), et ce depuis la dissémination de la graine jusqu'à sa germination. Cette contribution consiste d'une part, à caractériser les placettes pilotes aux plans floristico-écologiques et structurelles, et d'autre part, à comptabiliser les graines au sol, les plantules et les semis ainsi que les situations favorables ou non à leurs installations.

Le premier chapitre de cette thèse traite des généralités sur le cèdre de l'Atlas en termes de systématique, botanique, biologie, écologie, aire de répartition et végétation associée.

Le deuxième chapitre, organisé en deux sous chapitres vise à présenter le suivi de la régénération, dans chacun des deux massifs du Djurdjura (2014-2015-2016) et de Chréa (2013-2014-2015-2016). Il porte principalement sur la description des cédraies et des stations d'étude ; l'approche adoptée pour réaliser ce suivi de la régénération, depuis la mise en place du protocole expérimental, les mesures effectuées, les traitements statistiques utilisés, à l'analyse des résultats obtenus à différents échelles d'observations (quadrats, microsites, parcelles, cycles et stations), leur discussion et conclusion.

Le troisième chapitre est consacrée à l'étude comparative, à travers la synthèse des résultats obtenus au niveau des massifs du Djurdjura et de Chréa, en matière de structures de végétation des parcelles et des stations (distribution des circonférences à 1m 30), de potentiel de production grainière qualitative et quantitative, de potentiel d'émergence et d'installation des plantules et des semis.

Enfin, nous récapitulons dans la conclusion générale les principaux résultats de ce travail et nous abordons les perspectives de ce projet de recherche.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LE CEDRE DE L'ATLAS

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LE CEDRE DE L'ATLAS

1-SYSTEMATIQUE

Le cèdre de l'Atlas, représente l'une des quatre espèces du genre *Cedrus*, à aire de répartition méditerranéenne occidentale, spontanée en Afrique du nord et introduite notamment en France méridionale. C'est une endémique algéro-marocaine qui a pour noms vernaculaires, Ilguel ou Inguel en berbère, El arz ou El Meddad, en arabe. Au plan taxonomique, sa place dans la classification actuelle, APG III (Angiosperm Phynology Group, 2009-2016) est la suivante (in.Tela Botanica)

Rang	Nom Scientifique
Cladus	Plantae
Cladus	Plasmodesmophytes
Cladus	Embryophytes
Cladus	Stomatophytes
Cladus	Hemitracheophytes
Cladus	Trachéophytes
Cladus	Euphyllophytes
Cladus	Spermatophytes
Cladus	Gymnospermes
Cladus	Pinophytes
Ordre	Pinales
Famille	Pinaceae
Genre	<i>Cedrus</i>
Espèce	<i>Cedrus atlantica</i>

Le nom retenu (Dobignard *et al.*, 2013) est *Cedrus atlantica* (Manetti ex Endl.) Carrière. Les synonymes étant: *Cedrus libanotica* subsp. *atlantica* (Manetti ex Endl.) Jahand. & Maire ; *Pinus atlantica* Manetti ex Endl. et *Pinus effusa* Salisb. (in.Tela Botanica).

2-CARACTERES BOTANIKES

Le cèdre est une espèce résineuse montagnarde à bois sans canaux résinifères (Toth, 2005) avec une croissance en hauteur monocyclique (M'hirit & Benzyane, 2006).

Le port : Le cèdre de l'Atlas est une espèce arborée, d'une hauteur moyenne de 40m, pouvant dépasser 50 m avec un diamètre exceptionnel de 2 m ; sa longévité est exceptionnelle pouvant dépasser les milles ans. Son port pyramidal à l'état juvénile (Fig.1a), avec une cime régulière et pointure à flèche courbée, prend une forme tabulaire (Fig.1b) à l'âge adulte (Boudy, 1952 ; Maire, 1952 ; Toth, 1970).



Figures 1 : Port pyramidal (a), forme tabulaire (b), écorce à écailles (c), écorce lisse (d), racines fasciculées (e), rameaux (f), aiguilles de couleur vert clair (g) ou glauque jusqu'au bleu (h), chatons (i), inflorescences (j), rameaux portant les 2 organes(k), cônes (l et m), résine (n), cône désarticulé (o).

Le tronc : Le cèdre est un végétal ligneux à tige rigide formée de bois, à croissance monopodiale orthotrope (tronc unique et droit). Ses formes et dimensions varient selon les conditions écologiques de la station, l'âge et l'état du peuplement. Ses branches sont disposées en verticilles, dont le dénombrement permet de connaître l'âge de l'arbre (Toth, 2005). Dans la station de Tala Rana, des cèdres âgés ont des circonférences (à 1m30) supérieures à 6 mètres.

Ecorce : Elle présente des petites écailles grises foncées et des crevasses sinueuses à l'état adulte (Fig.1c), donnant un rhytidome brun noir, épais, d'aspect fissuré et écailleux (Maire, 1952). L'écorce est lisse (Fig.1d) et de couleur brun clair au stade jeune.

Racine : Le cèdre de l'Atlas possède un système racinaire développé, rarement pivotant (Fig. 1e) permettant la stabilité de l'arbre (Toth, 1970 ; Boudy, 1952).

Rameaux : Le cèdre se distingue des autres pinacées par la présence de deux sortes de rameaux (Fig.1f), les uns courts (mésoblastes), portant des aiguilles persistantes rassemblées en rosettes, portés par d'autres rameaux de longueur normale (auxiblastes) garnis d'aiguilles disposées en spirales (Toth, 2005). De couleur marron clair, ils sont densément pubescents à l'état jeune et présentent une faible pubescence à l'état adulte (Aidrous-Larbi, 2007).

Aiguilles : Les aiguilles sont aigues, assez rigides, de couleur allant du vert clair (Fig.1g) foncé ou glauque jusqu'au bleu (Fig.1h) selon les individus (Boudy, 1950 ; Debazac, 1964). Les deux types de coloration pouvant se retrouver chez le même sujet sont dus à l'apparition de la pruine sur les aiguilles (Krouchi, 2010). Elles sont persistantes 3-4 ans (Maire, 1952), installées sur des rameaux longs (isolés et soudés à l'écorce) ou sur rameaux courts par rosettes (Boudy, 1952 ; Toth, 1990). Cependant chaque année 1/3 des aiguilles tombent et sont renouvelées (Toth, 2005). La longueur est généralement de 15 à 20 mm et peut atteindre 25 mm avec un apex aigu et longuement corné (Gaussen, 1964 ; Debazac, 1964 ; Seigue, 1985 ; Toth, 2005). Elle est en moyenne de 17 mm à 19 mm pour la cédraie de Tala-guilef, Djurdjura (Krouchi, 2010). La longueur, le nombre d'aiguilles par rosette et l'extension de la partie cornée de l'apex peuvent s'avérer discriminants pour caractériser les espèces de cèdres (Arbez *et al*, 1978) et discriminer les ensembles géographiques (De Lillo & Fusaro ,1990 ; Aidrous-Larbi, 2007).

Organes reproducteurs : Le cèdre est une espèce monoïque, les fleurs mâles et fleurs femelles sont portées par le même arbre. Cependant une dioïcité apparente est souvent observée au niveau des cédraies étudiées, où les fleurs mâles (chatons) (Fig.1i) et les

inflorescences femelles (cônes) (Fig.1j) sont portés par des arbres ou des rameux distincts. Des cas rares de rameux, portant les deux (Fig.1k) sont observés à Tala Rana. Cette dioïcité fonctionnelle est également soulignée par Krouchi (2010). La floraison a lieu en automne ; les fleurs mâles sont des chatons cylindriques dressés, jaunes verdâtres, les fleurs femelles sont des chatons ovoïdes dressés, verts bleuâtres (Jacamon, 1987).

Fruit : Le cône se forme après la floraison ; de couleur vert jaunâtre (Fig.1l) au début, il devient brun violacé (Fig.1m), avec des longueurs et diamètres respectifs de ((6,28-5,17cm) (Derridj, 1990) ; (5 à 8-3 à 5cm) (Toth, 2005)). Il est de forme cylindrique à sommet déprimé (Quézel & Santa, 1962 ; Gaussen, 1964 ; Debazac, 1977 ; Seigue, 1985) avec présence de résine (Fig.1n). Ses écailles sont lisses et serrées (Maire, 1952). Sa maturité dure deux ans, se désarticule (Fig.1o), avec l'alternance d'humidité-chaueur gel-dégel et s'ouvre du haut. Le poids moyen d'un cône est de 56g (Derridj, 1990) et de 60-75g selon (Toth, 2005).

Graine : Elle est de forme sub-triangulaire, grosse, allongée, pointue, de couleur marron roux, enveloppée dans une pellicule protectrice. La graine est résineuse et tendre (Toth, 1978) et porte une poche résinifère sur chaque côté. Etant donné sa fragilité, son pouvoir germinatif se détériore rapidement en milieu naturel (Toth, 2005 ; Krouchi, 2010). Son poids est de 65 à 85 mg et sa longueur de 8 à 12 mm, avec une aile très développée, plus longue que la graine (Toth, 1978 ; 2005). Les moyennes respectives de la longueur et de la largeur des graines de cèdre de l'Atlas de l'Algérie (Derridj, 1990 ; Krouchi, 2010) et du Maroc (Aidrous-Larbi, 2007) sont de 12 mm et 5 mm. Le nombre de graines par cône est de 120 à 140 (Toth, 2005).

Les graines de cèdre font partie de la catégorie biologique des graines méso-biotiques dont la durée de vie varie de 3 à 15 ans (Ewart, 1908), orthodoxes (*Pinea - Abies - Cedrus*), sans tégument dur (Roberts, 1973 ; Delahaie, 2013), dont la teneur en eau est de l'ordre de 5 à 10% et supportant des températures très basses comprises entre -5 ° et -15 °C (Muller, 1986).

Longévité : Elle est remarquable et dépasse 700 ans, voire 1000 ans et plus (Chbouki, 1994). Le cèdre donne des graines fertiles jusqu'à un âge avancé (Boudy, 1952). Au Djurdjura des cèdres millénaires (Krouchi, 2010) et dans la station de Tala Rana, des cèdres de 6m de circonférence continuent à fleurir et à fructifier.

3-BIOLOGIE DU CEDRE

3.1-CYCLE DE REPRODUCTION

Le cycle de la reproduction (Fig.2), de la floraison à la désarticulation des cônes en passant par la fécondation et la dissémination des graines (Toth, 1978 et 1983 ; Derridj, 1990) dure

deux années. Il est de 26 mois au minimum entre la pollinisation et la dissémination des graines mures, mais peut s'échelonner sur trois années en tenant compte de la floraison automnale et sur quatre dans le cas de désarticulation tardive (Toth, 2005). Selon Khanfouci (2005), Il s'étalerait sur 32 mois.

Le cycle de reproduction se résume comme suit :

Année N, le cycle de reproduction est amorcé par l'apparition de bourgeons floraux après une période juvénile qui dure en moyenne 30 ans et qui peut aller jusqu'à 45 ans (Derridj, 1990). Les inflorescences apparaissent sur des rameaux courts et d'âges variés (Toth, 2005), les inflorescences mâles sont portées sur des pousses frêles et souvent pendantes, les cônes femelles naissent isolément sur des branches vigoureuses et en position dressée (Aidrous-Larbi, 2007).

La fleur mâle ou chaton mâle apparaît à la fin juin de l'année N (Derridj, 1990 ; Toth, 2005 ; Krouchi, 2010), mais dans des conditions écologiques différentes (exposition, altitude, éclaircissement) la floraison entre les individus peut être différée de quelques jours. Elle apparaît sous l'aspect d'un bourgeon enveloppé, arrondi, vert tendre, de quelques mm, au centre d'une rosette d'aiguilles. Elle atteint sa taille maximale (4-5 cm de longueur et 1 cm de diamètre) avec une couleur jaune verdâtre au début septembre. Elle arrive à maturité à la mi-septembre ; à ce stade, elle libère ses grains de pollen, dispersés alors par le vent ; c'est la pollinisation anémophile. La fleur sèche et finit par tomber à l'automne ou à l'hiver.

L'inflorescence femelle fait son apparition à la fin août de l'année N, Elle est très semblable à la fleur mâle, mais amorce rapidement son développement en cette fin du mois. Après une croissance rapide, elle atteint une taille (1,5 cm de longueur et 0,5 cm de diamètre) inférieure à celle des fleurs mâles. De couleur toujours verte, elle est constituée d'un axe autour duquel sont disposées, en spirale, des écailles ovulifères, portant à leur base, chacune deux ovules. Chaque écaille est une « fleur » composée de deux carpelles soudés, et l'ensemble des écailles forme le cônelet femelle (Toth, 1978). Les écailles ouvertes, attendent l'arrivée des grains de pollen. En octobre, après pollinisation, ses écailles se referment dès la **troisième semaine** de septembre et peut se poursuivre courant octobre. L'inflorescence devient un cônelet avec la même dimension et la même couleur et entre en dormance en passant ainsi l'hiver.

Année N+1, il y a débourrement des organes végétatifs, deux mois après (de fin mars à fin mai) ; les cônelets et les ovules doublent leur taille, sans l'intervention du pollen, dont certains

avortent. La fécondation n'a lieu qu'après la dormance hivernale car l'activité réduite de l'organisme végétal à ce moment de l'année, se limite à assurer sa survie et ne lui permet pas l'accomplissement sexuel à l'intérieur de l'inflorescence femelle (Toth, 1984). C'est une conséquence de la floraison automnale selon Gaussen (1964).

La fécondation a lieu à la **fin mai** ; la transformation des cônelets en cônes s'accompagne d'une augmentation de leurs poids tout en gardant leur couleur verte jusqu'à **septembre** où ils atteignent leur taille définitive (3-5 cm de diamètre et 5-8 cm de longueur). Après un développement remarquable durant cette année N+1, la maturité morphologique est acquise en **octobre**, leur couleur vire au violet puis au marron roux et leur poids diminue. A la fin de cette année, les graines formées contiennent embryon, endosperme et tégument.

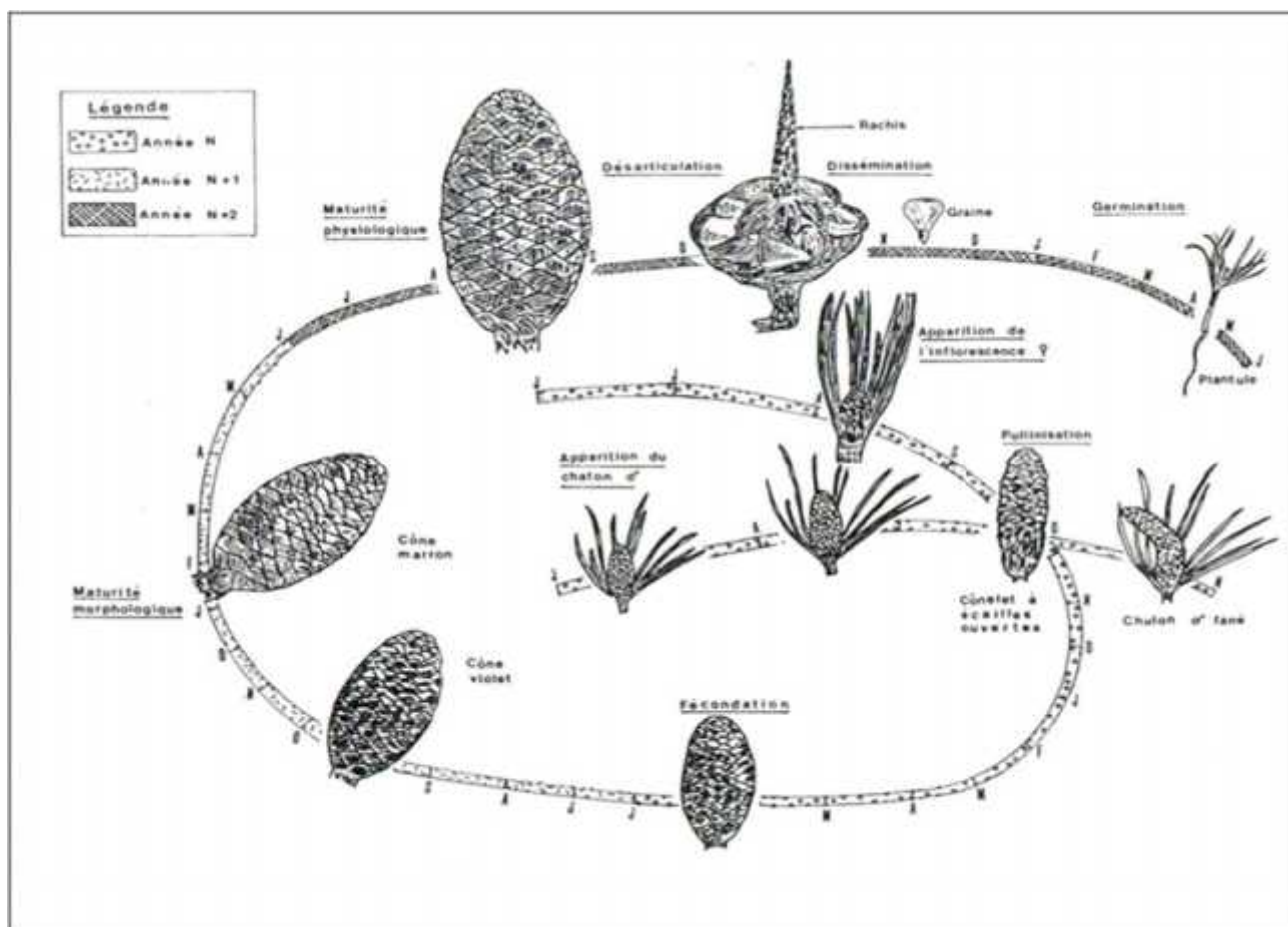


Figure 2 : Cycle de reproduction du cèdre de l'Atlas (Derridj, 1990)

Année N+2, les cônes se déshydratent jusqu'au mois d'août et durcissent avec les écailles fermées. Elles commencent à s'ouvrir mois de septembre (Toth, 2005) ou aux alentours d'octobre et de novembre (Aidrous-Larbi, 2007) de la même année. La désarticulation des cônes (favorisée par les pluies) et la dissémination naturelle des graines, qui achèvent le cycle

de reproduction, commencent au plus tôt à la mi-novembre et peuvent empiéter de plusieurs mois sur l'année N+3. Elles peuvent durer jusqu'en avril pendant les années à hiver doux (Toth, 2005). Cette désarticulation des cônes est tributaire d'une imbibition suivie d'un gel tissulaire puis élévation de température.

3.2-Cycle d'ensemencement :

Le cycle d'ensemencement du cèdre comprend trois étapes :

- **La dissémination des graines** : elle s'effectue en fin de novembre après la désarticulation naturelle des cônes (Fig.3a). Les graines dispersées en automne séjournent au sol durant l'hiver et peuvent être recouvertes d'une couche de neige leur assurant une stratification au froid humide et les préparant à la germination au printemps (Krouchi, 2010). Le maximum de graines tombe sous l'arbre dans les 2 à 3 semaines qui suivent le déclenchement, sur un rayon variable selon l'envergure du semencier (15-20 m). Selon Ezzahiri (2000) les graines sont disséminées par le vent sur une distance de 20 à 50 m, et réparties d'une façon homogène dans toutes les directions spatiales, et peuvent même dépasser 100 m (Toth, 2005).
- **La germination des graines** : elle nécessite de l'oxygène, une humidité modérée et certaines conditions thermiques. La graine s'hydrate en quelques heures facilement, grâce à son tégument membraneux et perméable. Les degrés de dormance de la graine de cèdre varient selon les conditions climatiques et sa germination est liée à la maturité et à l'état de dormance. Les graines germent (Fig.3b, 3c) lentement à 4°C et il n'y a plus de germination en dessous de 2°C car elle semble être inhibée par le froid (Ezzahiri, 2000). La capacité germinative des graines de cèdre en conditions expérimentales varie selon le poids de la graine, la date de récolte, la provenance, le séjour au froid sec (dans le cône), le froid humide et le traitement hormonal, AIA et GA₃ (Derridj, 1990 ; Derridj & Krouchi, 2002).
- **L'installation des semis** : Ils s'installent rapidement et abondamment jusqu'à 30 m du semencier à l'encontre du vent, dans leurs premières années et sur un sol réceptif (Debazac, 1964). Le problème du maintien des semis du cèdre se pose surtout au stade plantule (Fig.3d, 3e) où cette jeune plante doit passer l'été sans aucun autre réservoir en eau que celui stocké dans le sol à la fin de la saison hivernale et le début de la saison printanière (Lepoutre, 1966).



Figures 3 : Graines intactes (a), graines germées (b et c), plantules (d et e), jeune semis (f), différents stades de développement des semis (g), semis de 1an (h), semis de 2 ans (i), semis de plus de 3 ans (j).

Les mycorhizes jouent un rôle important dans la résistance des semis (Fig.3f, 3h, 3i, 3j) à la sécheresse et dans la stimulation de leur croissance racinaire. Les différents stades de germination de la graine, du développement des plantules et des semis sont représentés par la figure 3g.

4- AIRE DE REPARTITION

Le cèdre de l'Atlas est rencontré depuis longtemps en Afrique du nord. Il a été identifié par le pollen dans le Hoggar (Pons & Quézel, 1958 in Abdessemed, 1982) en Algérie, au sud et au nord-ouest de la Tunisie, dans le Rif, le Moyen Atlas et le Haut Atlas oriental au Maroc, montrant ainsi la vaste distribution des lointains ancêtres des cèdres (Fig.4). Le Maroc détient à lui seul la plus grande surface (localisée sur les montagnes) dans le moyen Atlas et le grand Atlas oriental avec 116.000 ha, et dans le Rif occidental et central avec 16.000 ha (M'hirit, 1982). En Algérie, les cédraies sont plus réduites et plus dispersées (Emberger, 1938 ; M'hirit, 1982). Elles occupent une surface de 30.000 ha répartie sur deux ensembles naturels d'écologie sensiblement différente (Gaussen, 1967) :

Montagnes sublittorales : cédraies humides avec 1300 ha aux Babors, 2000 ha au massif du Djurdjura, 1000 ha à l'Atlas Blidéen et 1853 ha à l'Ouarsenis (BNEDER, 2009 in Sarmoum, 2016).

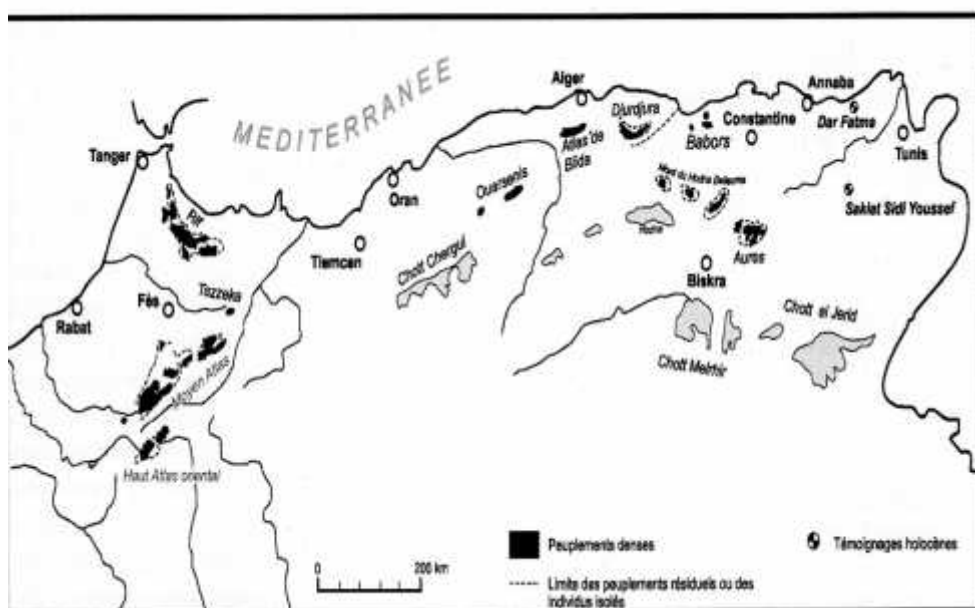


Figure 4 : Aire de répartition schématisique du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord et indications des témoignages holocènes en Tunisie (Quézel & Médail, 2003)

Montagnes méridionales continentales de l'Atlas saharien : cédraies sèches avec 17.000 ha environ aux Aurès et Bélézma, 8000 ha au niveau du massif de Maâdid, Boutaleb et Hodna. Les surfaces actuelles de ces cédraies devraient être plus réduites au niveau de ces massifs, suite aux actions anthropozoogènes fréquentes. Les incendies répétés, les ouvertures des pistes et les pâturages permanents ont fait disparaître des étendues variables de cédraies à Tikjda, Tala Rana et M'Zarir (observations personnelles).

5-ECOLOGIE

5.1-IMPORTANCE ECOLOGIQUE ET SOCIOECONOMIQUE

Depuis des centaines d'années, le cèdre de l'Atlas servait à la construction des charpentes, planchers, charpentes (Benhalima, 2004), voies ferroviaires (Boudy, 1950), sans compter les nombreux produits qui sont tirés de son bois: goudron, diverses essences employées en pharmacie, en parfumerie,... (Boudy, 1952). Les riverains vivent directement des ressources offertes par les cédraies (bois de feu, bois de construction, parcours etc.). D'après M'hirit (2006), la production du bois d'œuvre pour l'ensemble des forêts marocaines est principalement le fait de la cédraie, à raison de 78 % à 82 %.

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) est une essence forestière et productrice de bois de haute qualité. Ses valeurs biologiques, écologiques et socioéconomiques lui confèrent une importance internationale (Lepoutre, 1963 ; Derak *et al.*, 2008). Essence noble, elle est appréciée pour ses utilisations diverses (Bhar & Balouk, 2011 ; Bachiri *et al.*, 2015). Sa plasticité écologique fait que l'arbre présente des paysages multiples et imbriqués en fonction des conditions climatiques, édaphiques et des conditions topo-climatiques (Pujos, 1966 ; Lecompte & Lepoutre, 1975 ; Lecompte, 1969 et 1986 ; M'hirit, 1984 et 1993 ; Ezzahiri, 1989 ; Labhar, 1998). Il s'adapte aux froids hivernaux qui constituent des facteurs limitant pour la forêt méditerranéenne. Sa valeur biogéographique, est liée au fait qu'il représente un genre ancien dont l'apparition remonte au Crétacé inférieur (Laaribya & Belghazi, 2016).

5.2-ALTITUDE

Dans son aire naturelle, au Maroc et en Algérie, le cèdre pousse entre 1400 à 2200 m (Boudy, 1950). Il occupe l'étage montagnard méditerranéen (Quézel, 1976, 1980 ; M'hirit, 1982). Ses limites inférieures sont en étroite dépendance de l'humidité (Emberger, 1938). Au Maroc, sa limite inférieure est de 1500 à 1600m et sa limite supérieure oscille entre 2600 et 2800 m, au-delà, il est dominé par le genévrier thurifère (Boudy, 1950 ; M'hirit, 1982 ; Benabid, 1982).

En Algérie, ses limites altitudinales, sont de 800 à 2300 m (Mediouni, 2000). En versant nord de l'Atlas tellien, il apparaît à 1300-1400m d'altitude (Emberger, 1938 ; Boudy, 1950 ; Zeraria, 1986), vers 1400 m dans l'Aurès (Abdessemed, 1981), et Theniet El Had (Boudy, 1950). Sa limite supérieure peut aller jusqu'à 2200 m au Chélia (Abdessemed, 1981). Il peut descendre jusqu'à 950 m d'altitude dans les ravins humides (Maire, 1926). Sur le versant sud, le cèdre se développe à partir de 1400-1500 m d'altitude et peut atteindre les 2200 m (Emberger, 1938). Aux Babors, le cèdre existe à 1300 m en versant nord et à 1500 m en versant sud (Zenasni, 1982). Au Djurdjura, il est à 1400 m en versant nord et à 1600 m en versant sud (Lapie & Maige, 1914). Dans notre cas à Tala Rana, des cèdres sont observés à 750 m dans les ravins à Ighzer, et des individus isolés culminent à 2000 m d'altitude sur versant sud du massif de Lalla Khedidja. Dans l'Atlas Blidéen (massif de Chréa), le cèdre commence à apparaître à partir de 900 m en peuplement clair (Quézel, 1998), entre 1000-1100m au Nord et à partir de 1400m au sud (Meddour, 1994 et 2003). Des cèdres isolés font leur apparition sur le versant nord à partir de 550 m d'altitude (observations personnelles).

5.3-EXPOSITION

Elle joue un rôle considérable dans la germination des graines de cèdre, dans les fluctuations de la température, de l'humidité et la répartition des pluies et la durée d'ensoleillement, et affecte la distribution de la végétation. L'exposition varie selon l'orientation des chaînes de montagnes qui influent sur l'efficacité des vents et la distribution des pluies. En Algérie, les versants nord et nord-ouest ont une pluviométrie supérieure à celle des versants sud qui sont moins arrosés et exposés aux vents secs (sirocco), ils sont caractérisés par les meilleurs états de la cédraie. L'exposition joue un rôle dans la répartition des essences forestières ; les différences entre les températures et les précipitations sont très souvent significatives (Ozenda, 1989 ; Guyot, 1999 in Meddour, 2010).

Au Djurdjura, la décroissance des pluies en passant du versant nord à celui du sud est édifiante, elle passe de 1800mm/an niveau des sommets, à 400mm/an en versant sud (M'chedallah). Ceci est dû à la barrière orographique du pic Tamgout de Lalla Khedidja (2308m), associée aux hautes pressions sahariennes arrivant du sud à travers la porte ouverte à la cuvette désertique du Hodna (Meddour, 2010).

Au Maroc, les vastes cédraies sont toutes exposées à des vents d'Ouest (Atlantique), chargées d'humidité (Guinier, 1943).

5.4- SUBSTRAT

Le cèdre est une essence frugale, indifférente à la nature chimique des sols (M'hirit, 1999) à l'exception des marnes et des argiles compactes (Pujos, 1966). Il se rencontre sur des substrats et des sols variés : sur des basaltes, de la dolérite, des marno-calcaires, des marno-schistes, des dolomies, des calcaires dolomitiques, des schistes et des grès au Maroc ; sur des grès, des dolomies, des calcaires francs, des calcaires dolomitiques et des marnes en Algérie. (M'hirit, 1994 ; Benabid, 2000b ; Benabid, 1994)

Les types de sols rencontrés dans les cédraies sont de type fersiallitiques sur calcaires, rendzine magnésienne sur dolomie, andosolique sur basalte, ocre podzolique sur grès avec une richesse en matière organique et en fer (Faurel, 1947; Lepoutre, 1961 ; M'hirit, 1999).

Les cédraies circum-méditerranéennes sont essentiellement localisées sur des substrats calcaires (Quézel, 1980). En Algérie, les cédraies se localisent essentiellement sur des formations siliceuses et plus rarement sur les calcaires du crétacé (Boudy, 1950). Elles sont sur des sols bruns ou des rendzines dans les Aurès et sur les schistes calcaires ou gréseux et grès (Abdessemed, 2009).

Au Djurdjura, elles sont globalement sur du calcaire du Lias (Flandrin, 1952) mais les mieux conservées sont sur grès et poudings (Lapie, 1909). Selon Peillon (1978) in Meddour (2010), les sols les plus répandus sont les sols insaturés, gris ou bruns, peu épais, de type rendzines. Ils sont localement humifères sur le bas des versants. Les sols calcaires apparaissent vers l'ouest du massif, et en versant sud. Les sols podzoliques sont circonscrits dans les secteurs bien arrosés de cette partie orientale. Les sols bruns forestiers à profil de type ABC ou brun lessivé, se rencontrent sous les forêts de chênes (Durand, 1951 ; Quézel, 1956 in Meddour, 2010).

Sur l'atlas Blidéen, les cédraies sont localisées sur des schistes argileux et sols bruns lessivés (Faurel, 1947; Killian & Martin, 1957 ; Meddour, 1994). A Ait Ouabane (Djurdjura), elles sont sur calcaires et localement sur grès à ciment calcaire ou sur conglomérats (Yahi, 1988 ; Benmouffok, 1994)

Bien qu'il pousse sur tous types de sol, le cèdre a une préférence pour les sols profonds, meubles et caillouteux, dolomitique, basaltique, gréseux et schisteux. Les sols mal drainés, asphyxiants, hydromorphes (Gaussen, 1967) ainsi que les textures argileuses lui sont défavorables (Schoenberger, 1970 ; Toth, 1971 et 1981). Sous les cédraies, l'humus est abondant et de bonne qualité (Lapie, 1909 ; Putod, 1979), et les sols sont profonds et

humifères (Quézel, 1976). D'une façon générale c'est l'aspect physique du substrat qui joue le rôle le plus important dans le comportement écologique plutôt que l'aspect chimique. En effet, sa texture et sa structure conditionnent les réserves d'eau dans les sols (capacité au champ, drainage et point de flétrissement).

Les sols meubles perméables facilitent la pénétration des radicelles et leur développement rapide afin de passer le cap de la saison estivale. Lepoutre (1964), met en évidence le rôle important joué par la roche-mère en combinaison avec les facteurs du climat, dans la survie des semis naturels du cèdre pendant la période sèche des premières années. Leur croissance est sensiblement meilleure lorsque les fissures de la roche-mère sont abondantes et profondes (Putod, 1979).

5.5- CLIMAT

Le cèdre de l'Atlas est une essence qui s'accommode à divers étages bioclimatiques, semi-aride à hiver froid, subhumide à hiver froid, humide à hiver froid et frais (Aussenac, 1984). Son optimum est dans le bioclimat humide froid (Boudy, 1952 ; Quézel, 1976). Il s'étend, de l'étage méditerranéen supérieur froid dans le Moyen-Atlas, le Rif et les Aurès à l'étage oroméditerranéen extrêmement froid dans le Haut-Atlas (M'hirit, 1999), mais son optimum correspond à l'étage montagnard-méditerranéen entre 1600 m et 2000 m (Achhal *et al.*, 1980) et à l'étage méditerranéen supérieur (M'hirit, 1982).

Les figures 5 et 6 donnent un aperçu de l'aire bioclimatique du cèdre de l'Atlas.

Il occupe les étages bioclimatiques, subhumide froid et très froid au niveau des cédraies du Hodna et des Aurès, voire semi aride froid dans le Belezma. Les cédraies de l'Atlas tellien (Ouarsenis, Chréa, Djurdjura, Babors) se trouvent notamment, sous bioclimats humide et per humide frais, froid et très froid (Le Houerou *et al.*, 1977 ; Abdessemed, 1984; Meddour, 1994 ; Gharzouli, 1989 ; Derridj, 1990 ; Yahi, 2007).

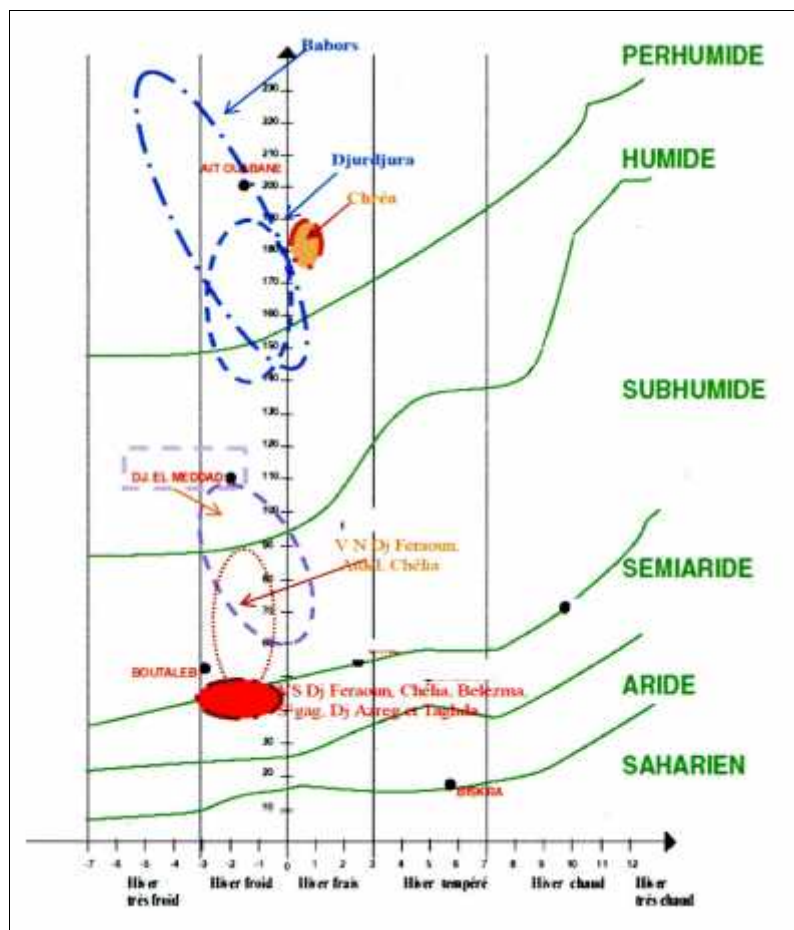


Figure 5 : Aire bioclimatique du cèdre en Algérie (Yahi, 2007)

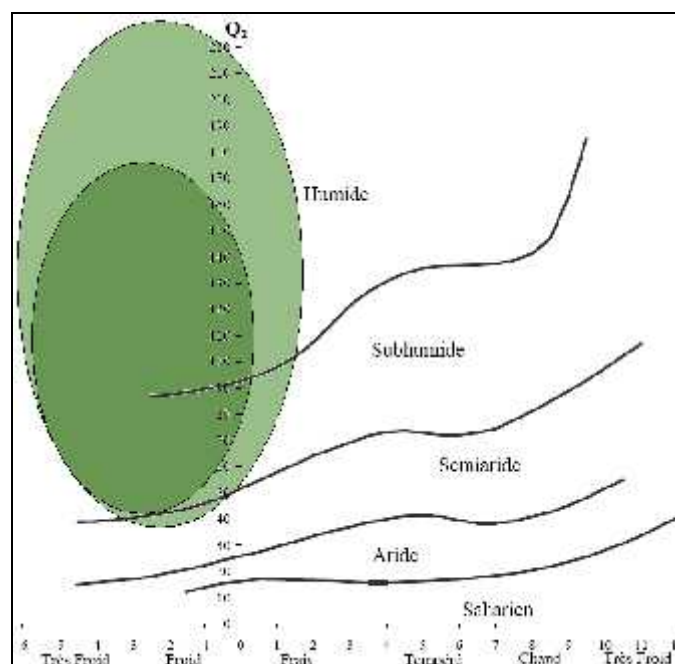


Figure 6 : Aire bioclimatique du cèdre de l'Atlas ■ Quézel (1980) ; ■ Derridj (1990)

5.5.1-Températures

Les températures trop hautes peuvent avoir une influence sur le cèdre et compromettre sa régénération, les températures trop basses peuvent tuer des peuplements entiers (Lapie, 1909).

Le cèdre croît entre des températures moyennes annuelles comprises entre 8 et 14°C (Boudy, 1950 ; Pujos, 1964 ; Toth, 1980) et peut résister à des températures de -25°C en atmosphère sèche (Gaussen, 1967). Les températures extrêmes supportées dans son aire d'origine sont de -20°C et +39°C (Boudy, 1950) et de -25°C et + 35°C (Putod, 1979). Les données recueillies au Maroc, situent son aire entre 8 et 14°C de température moyenne annuelle, les extrêmes thermiques sont de -25 et 35°C. Sous les cédraies marocaines « m » varie entre -0,2° C et - 8,3° C et « M » de 23,7°C à 30,9°C (M'hirit, 1994).

En Algérie, il croît entre 8,5°C et 11°C de température moyenne annuelle. Il a été noté par Le Houerou (1957) que pour les cédraies de l'Aurès, Belezma et Hodna, les valeurs de températures minimales du mois le plus froid «m» sont de -2°C et -5°C ; elles caractérisent respectivement, la limite inférieure et la limite supérieure. Aux Babors, «m» atteint -4°C sur les crêtes du versant Nord (Gharzouli, 1989). Les températures moyennes maximales du mois le plus chaud « M » oscillent entre 25°C et 39°C (Djellouli, 1991).

Pour Chréa les travaux effectués montrent que les cédraies supportent des valeurs minimales du mois le plus froid« m » allant de 0,4°C à 2,72°C et des valeurs maximales du mois le plus chaud « M » oscillant entre de 26,3°C et 30,36°C pour des altitudes respectives de 1550 m et 970 m (Halimi, 1980 ; Meddour, 1994 ; Zaidi, 2003). La valeur de « m » oscille entre 0,4°C (massif de Chréa) et -0,4°C (massif des Babors) (Yahi, 2007).

5.5.2-Précipitations

La pluviométrie est le paramètre climatique dominant dans tout le Maghreb, vu son insuffisance et sa variabilité comparativement à la température (Meddour, 2010). Pour la croissance du cèdre, 440 à 1400 mm (Boudy, 1955) et 800 à 1600 mm (Sauvage, 1961) de pluviosité sont nécessaires. Le cèdre de l'Atlas reçoit une pluviométrie variant entre 500 et 1500 mm/an (Putod, 1979 ; Ducrey, 1994). Elle est de 600 à 1500 mm au moyen Atlas au Rif. Les cédraies les moins arrosées au Maroc, reçoivent plus de 500 mm/an et les plus arrosées reçoivent jusqu'à 1700 mm/an (M'hirit, 1994). Le nombre moyen de mois secs selon Gaussen (1964) est de 2 à 4 au Maroc.

En Algérie, le Djurdjura méridional, l'Ouarsenis, Chréa et Meurdja, reçoivent entre 1100 et 1400 mm/an ; les Babors et Djurdjura septentrional, 1600 à 2100 mm/an les Aurès et le Hodna

720 à 770 mm/an (Derridj, 1990). A Sgag, se contente de 485mm et à l'Ouest à Boutaleb de 440 mm (Abdessemed, 1981). Djellouli (1990), signale plus de 1200 mm/an dans le Djurdjura et les Babors. Dans l'Atlas Blidéen, la cédraie se développe sous une pluviométrie variant de 1200mm (950m) mm à 1400mm (1550m) (Meddour, 1994).

D'après le même auteur en 2010, les stations du versant méridional du Djurdjura accusent un déficit pluviométrique de 200 à 300mm (-20 à -31%) voir même 460 à 580 mm (-53 à -59%) en cas extrêmes, par rapport à celles en versant nord de même altitude. Le même constat est fait sur l'Atlas Blidéen (Meddour, 1994, 2002). Ce déficit est de - 20 à - 40% (Le Houérou *et al.*, 1979 in Meddour, 2010). Selon cet auteur, la pluviosité estivale représente 5 à 6% du total annuel.

Le type de précipitations a aussi toute son importance ; les violentes averses provoquent des transports de matière qui touchent non seulement les sols (Gaiffe et Bruckert, 1985 ; Gaiffe, 1990) mais également les matériaux peu ou non fixés au substrat, en particulier les graines germées, les semis rampants et même les semis implantés (Tan, 1987 ; Tan & Bruckert, 1992)

En France, le cèdre nécessite une pluviosité moyenne annuelle de 600 mm, mais c'est surtout la pluviosité durant la saison sèche (mai à aout) qui est importante pour sa survie et sa croissance. 100 mm d'eau en été serait un minimum, il est de 50 à 120 mm au Maroc de juin à septembre (Vanlerberghe, 2007).

5.5.3-Autres facteurs climatiques

5.5.3.1-Vent

Boudy (1955) considère le vent comme étant le facteur le plus néfaste dans la régénération du cèdre de l'Atlas car il provoque la mortalité des jeunes plantules. Il a une importance dans la biologie de l'espèce en intervenant sur les différentes étapes du cycle de reproduction (pollinisation, dissémination des graines). Les vents les plus importants sont ceux du nord et nord-ouest. Dans la région de Chréa, les siroccos (vents secs et chauds) provenant du sud, soufflent 3 jours/an (site officiel du Parc National de Chréa) et autant au Djurdjura. Leur effet desséchant contribue à diminuer les réserves en eau du sol, déjà rares en été, et peut ainsi compromettre la survie des semis.

5.5.3.2-Neige

Elle est considérée comme une réserve hydrique importante, car elle contribue à la désarticulation des cônes, la levée de dormance des graines, la protection des semis contre les basses températures et l'alimentation en eau des semis (Khanfouci, 2005). Le temps favorable et nécessaire à la germination des graines et au développement des semis est écourté lorsqu'il y'a une durée prolongée d'enneigement suivie d'une fonte rapide et d'une augmentation de température (Pujos, 1964).

5.5.3.3-Gelée

Le gel désigne un abaissement de la température de l'air d'une valeur supérieure à une valeur inférieure à 0°C. Il a été enregistré entre 40,6 et 52,6 jours de gel/an dans les stations sud de Djurdjura (Seltzer, 1946). Le critère thermique « m » exprime le « degré et la durée de la période critique des gelées », plus il est bas, plus celles-ci sont sévères (Daget, 1977a ; Cote, 1987 ; Le Houerou, 1995 et 2004). Le gel a des effets néfastes sur la production et le développement des végétaux, et peut provoquer un soulèvement des jeunes plants dont l'enracinement n'adhèrent plus bien au sol ; ce phénomène est accentué par les vents secs. Les gelées printanières sont plus nuisibles est peuvent détruire facilement les jeunes pousses. Il contribue aussi à la désarticulation des cônes, donc à la dissémination des graines de cèdre.

5.6- HYDROGRAPHIE

La zone est caractérisée par un chevelu hydrographique très dense tel qu'indiqué dans la carte (Fig.7). Il est formé par une multitude de cours d'eau allant du simple ruisseau aux grands oueds qui coulent dans toutes directions. Ces derniers créent une hétérogénéité du relief et hébergent des ripisylves qui longent les ravins et les lits d'oueds.

Ces formations engendrent des diversités physionomiques et ripicoles humides composées de *Alnus glutinosa*, *Salix pedicellata*, *Ulmus campestris* et *Fraxinus exelsior*. Les coulées instables sont occupées par les érables (*Acer obtusatum*) et *Sambucus nigra*. Les cours d'eau creusent des lits bordés de berges abruptes ; en hiver ils se transforment en torrents. Deux oueds permanents délimitent la zone d'étude Oued El Berdi à l'ouest et Ighzer Ouakour à l'est (Addar & Oudinèche, 1994).

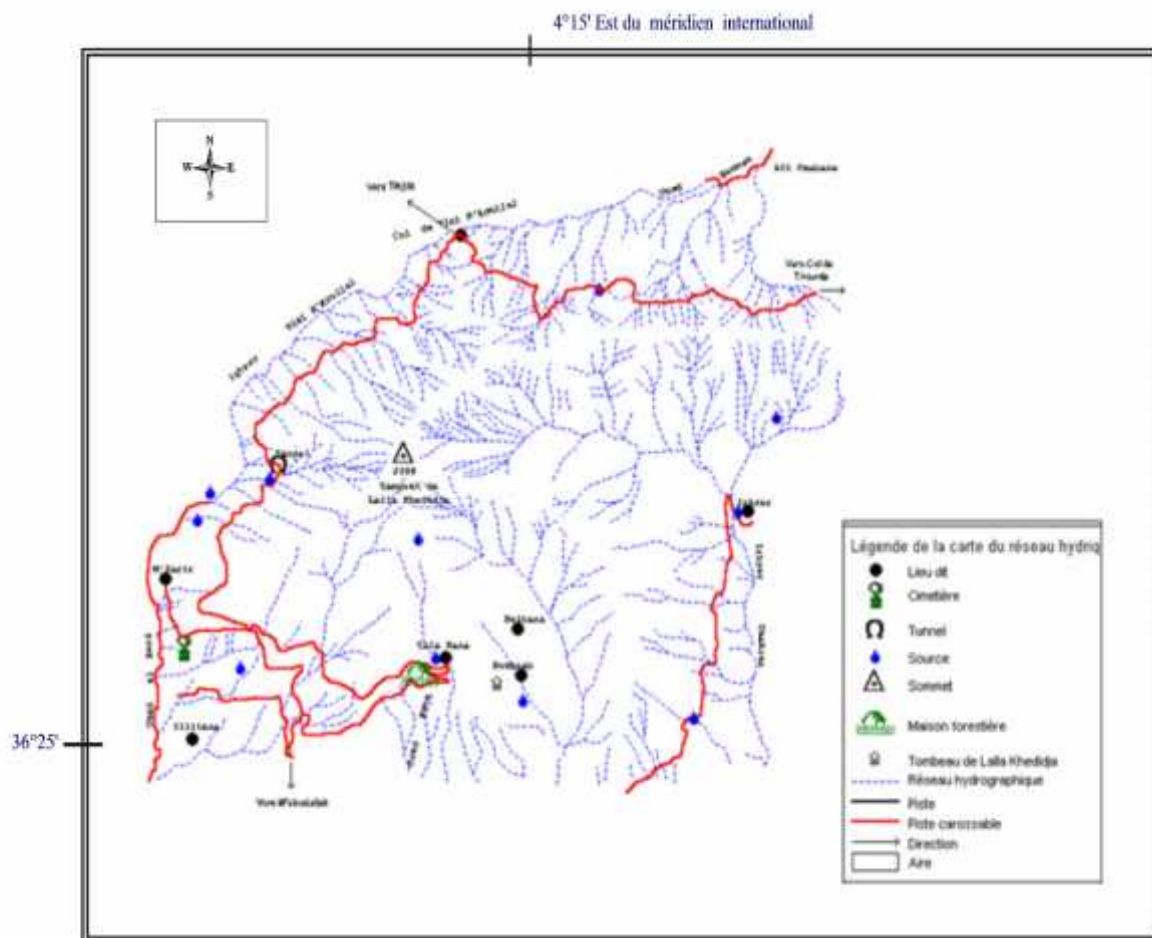


Figure 7 : Carte du réseau hydrographique et des principales sources du massif de Lalla Khedidja (Addar & Oudineche, 1994)

Les principales sources sont : Anser Aberkane, Anser N'guidawen, Tala Rana, Ighzer Ouakour, Anser Bouabdou, Tala Roumrouzene, Ain Taliouine, Anser Leklat. Les trois premières sources sont en partie captées pour les besoins des populations. Anser Aberkane par son important débit fait fonctionner à lui seul l'usine électrique d'Illitene.

6- ECOPHYSIOLOGIE DU CEDRE

En réponse aux changements environnementaux, les plantes contrôlent et ajustent leurs systèmes métaboliques en fonction de la nature et l'intensité du stress mis en cause mais aussi de l'historique des espèces. Chacune étant adaptée à des conditions spécifiques par l'évolution et la sélection naturelle (Grime, 1989). Les espèces d'arbres forestiers présentent des réponses contrastées aux aléas climatiques, en fonction de leur sensibilité au déficit en eau ou à la sévérité des températures (Bréda *et al.*, 1999). Les facteurs prépondérants qui régissent la distribution des plantes sont le stress hydrique (sécheresse) et le stress thermique hivernal

(froid ou gel) (Mitrakos, 1980, 1982 in Meddour, 2010). D'après Quézel & Médail (2003), ce stress hydrique se manifeste même si les températures estivales sont modérées voire faibles. En montagne, les températures minimales du mois le plus froid « m » sont à l'origine de ce stress qui conditionne divers aspects de la biologie et écophysiologie des espèces. D'après Oukarroum (2007), la contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et le taux d'augmentation ou de diminution de la température.

L'assimilation photosynthétique du CO₂ chez les plantes supérieures s'annule généralement lorsque la température atteint 45-50°C. Une élévation de température augmente la transpiration (Heller *et al.*, 1989) et aboutit ainsi à la fanaison ou le flétrissement temporaire de la plante (Diehel, 1974).

La plante peut adapter une stratégie d'évitement de la surchauffe (réduction de la taille des organes, adaptations morphologiques), d'adaptation ou d'acclimatation.

Le cèdre, résineux essentiellement montagnard est exposé à ce stress. D'après Aussenac & Valet (1982), le cèdre, à l'inverse des pins, est capable de maintenir une activité transpiratoire et photosynthétique jusqu'à un niveau important de dessèchement du sol de leur rhizosphère. Malgré des fonctionnements très différents entre feuillus et résineux, les comportements hydriques sont voisins.

Les résultats d'Aussenac & Finkelstein (1983) font apparaître des différences très nettes dans les niveaux de sécheresse correspondant à l'arrêt de la croissance et de la photosynthèse. Pour des plants de *Cedrus atlantica* Manetti âgés de 5 ans, la croissance en hauteur commence à être freinée lorsque le potentiel de base atteint -13 bars et elle est bloquée à -21 bars, ce qui correspond respectivement à des potentiels du sol de - 4,6 bars et de - 8,7 bars. Ce potentiel de base peut atteindre des valeurs de - 21 bars durant une période de plus de 2 mois pour des cèdres âgés de 17 à 25 ans (Aussenac & Valette, 1982). Cependant une année sèche suivie d'une année humide, stimule la croissance du cèdre (Finkelstein, 1981). De même la photosynthèse se poursuit à des niveaux de sécheresse plus importants que la croissance en hauteur. L'arrêt de la croissance intervient à (-21 bars), alors que la photosynthèse cesse entre - 50 et - 60 bars (Aussenac & Finkelstein, 1983).

L'étude du comportement des semis du cèdre de l'Atlas en conditions de stress thermique (Abdessemed, 2009), conclut que le cèdre de l'Atlas montre un caractère adaptatif face aux

- L'*Asperulo odorati-Abietum numidicae* Quézel, 1956 em. Yahi *et al.*, 1999 ; Gharzouli, 1981, 2007, forêt alticole des sommets des Babors (1 860 et 2 004 m), à *Abies numidica*, *Cedrus atlantica*, *Quercus canariensis* et *Acer obtusatum*

- Le *Senecio perralderiani-Cedretum atlanticae* Quézel et Barbéro, 1989, forêt dense, mixte à *Cedrus atlantica*, *Quercus canariensis*, *Acer obtusatum* et *Acer campestre*, décrite dans le massif du Djurdjura et des Babors, entre 1 300 et 1 560 m.

- Le *Senecio galerandiani-Cedretum atlanticae* Yahi *et al.*, 1999. forêt dense à cèdre dominant, en mélange avec le chêne-zeen et le chêne vert décrite à Djebel El Meddad (Ouarsenis) entre 1350 et 1600 m d'altitude.

- Le *Cedro atlanticae-Aceretum monspessulanae* Azira-Atroune 2001, correspond à une forêt claire à érable et cèdre, localisée sur les versants Nord de l'Ouarsenis et du massif d'Aït Ouabane (Djurdjura), entre 1400 et 1600m.

- *Bunio alpinae-Cedretum atlanticae* Meddour 1994: cédraie pure à *Cedrus atlantica*, *Ilex aquifolium* et *Taxus baccata*, décrite à Chréa (Atlas blidéen) entre 1280 et 1600 m.

- Le *Satureja baborensi-Cedretum atlanticae* Gharzouli, 2007, forêt claire à Cèdre, chêne zeen, if, observée sur le massif des Babors, à partir de 1400m en exposition nord et à partir de 1800m en exposition sud.

Le *Lonicero kabylicae-Juniperion hemisphaericae* Quézel & Barbéro 1989, qui réunit les ensembles de manteau préforestier. La cédraie y est représentée par :

- Le *Cynosuro balansae-Juniperetum hemisphaericae* Quézel et Barbero, 1989 où le cèdre est localement mélangé au pin noir, au niveau de Tala Guilef (Djurdjura).

- Le *Sorbo ariae-Cedretum atlanticae* Gharzouli 2007, forêt trouée à cèdre et sorbier, décrite sur versant nord du djebel Tababort entre 1600 et 1900m. Au delà de 1800m, il est en mélange avec *Abies numidica*.

Le *Lamio numidicae-Cedrion atlanticae* Abdessemed 1981, réunit les cédraies continentales les plus xériques, localisées aux massifs des Aures, Belezma et Hodna :

- Le *Violo munbyanae-Juniperetum communis* Abdessemed, 1981, forêt assez dense à *Cedrus*, *Taxus* et *Acer* décrite aux djebels Chelia, Feraoun et Aidel entre 1700 et 2100m

- Le *Ranunculo spicati-Cedretum atlanticae* Abdessemed 1981, est une cédraie pure, alticole, localisée essentiellement sur versant sud du Chelia, au djebel Feraoun, entre 1950 et 2200m et au Belezma, à Kef Chellala, entre 1800 et 1900m. Elle prend l'aspect d'une cédraie-

chênaie (*quercetosum*) entre 1700 et 1800m au niveau des djebels Touggour et Tichao (Belezma) et entre 1500 et 1700m au niveau des monts du Hodna.

- Le *Lonicero etruscae-Ilicetum aquifolii* Abdessemed, 1981, cédraie dense, pure à *Ilex* et *Acer* ou en mélange avec le chêne vert, décrite sur les versants nord du Belezma, entre 1550 et 1980m.

- L'*Acero monspessulanae-Smyrnetum olusatrae* Abdessemed, 1981, forêt très dense à *Cedrus*, *Acer*, *Prunus* développée notamment au djebel Feraoun, entre 1400 et 1800m.

- Le *Cedro atlanticae-Berberisetum hispanicae* Abdessemed, 1981, forêt claire à *Cedrus*, *Acer*, *Fraxinus*, *Berberis* et parfois *Quercus* et *Juniperus*, spécifique au massif du S'gag, entre 1600 et 1700m

- Le *Cedro atlanticae-Quercetum rotundifoliae* Abdessemed (1981), forêt assez dense à *Cedrus*, *Quercus ilex* et *Fraxinus dimorpha*, localisée essentiellement au Belezma entre 1650 et 2040m. En situation moins alticole, entre 1450m et 1550m, elle se présente sous l'aspect d'une chênaie verte dominante envahie par le cèdre.

Les groupements relevant de la classe des *Quercetea ilicis* s'inscrivent dans l'ordre des *Quercetalia ilicis* et l'alliance *Balansaeo glaberrimae-Quercion rotundifoliae*. C'est le cas du *Cerastio atlanticae-Cedretum atlanticae*- Yahi et al., (1999), qui correspond à une forêt claires mixte de cèdre-chêne vert, décrite sur djebel El Meddad (Theniet El Had), entre 1350 et 1600m.

8- FACTEURS BIOTIQUES

Les facteurs biotiques représentés par les ravageurs aux régimes alimentaires variés (défoliateurs, xylophages, séminiphages, etc.) et les maladies cryptogamiques (fongiques, bactériennes ou virales) sont parmi les agents qui interviennent dans l'altération physiologique des arbres forestiers (Rahmani-Talbi, 2010)

Le cèdre de l'Atlas subit des attaques d'insectes Lépidoptères (*Thaumetopoea bonjeani* ; *Acleris undulana*) et de chenilles (*Epinotia cedricica*) qui causent des défoliations périodiques. *Evertria Bualina schiff*, tordeuse des pousses du cèdre, élimine la partie non ligneuse des pousses terminales. Le puceron (*Cedrobium laportei*) gênerait l'assimilation chlorophyllienne en produisant du miellat qui colle aux feuilles (Farbet & Rabase, 1985). *Cinara cedri* Mimeur, infeste spontanément les quatre espèces de cèdre (Fabre, 1994). Ses graines peuvent être parasitées par des insectes, hyménoptère (*Megastigmus suspectus*) qui en détruit l'embryon, *Megastigmus pinsapinis* qui attaque les graines avec une perte de 13%

(Bariteau *et al*, 1994). *Dioryctria peyerimhoffi* Dejonnis : insecte signalé sur les fleurs mâles du cèdre au Maroc et en Algérie.

Par ailleurs, son bois est attaqué par des champignons (*Trametes pini* et *Polyporus officinalis*) (Toth, 1971 ; Bariteau *et al.*, 1992). Un champignon du genre *Armellaria*, un pourridié racinaire, est souvent associé au dépérissement (Guillaumin *et al.*, 1983 ; Lanier, 1986 ; Benssaci, 2007). Ces facteurs biotiques agissent souvent comme facteurs déclenchant ou aggravant le dépérissement du cèdre. Des insectes xylophages, Coléoptères (*Cerambycidés* et *Buprestidés*) interviendraient en dernière phase de dépérissement (Fabre *et al.*, 1999). Parmi les insectes lignivores (xylophages et sous-corticaux), les Bostryches, les *Xyloterus lineatus* et *Xyloborus xylographus* ayant dégradé d'importantes cédraies (Boudy, 1955 ; Abdessemed, 1981). Les espèces du genre *Scolytus* et les Cerambycidae, *Cerambyx cerdo* et *Ergates faber* (Abdelhamid & Chakali, 2008) et *Cryphalus piceae* (Guerroudj, 2008)

Aux Aurès, les symptômes de dépérissement apparus en 1982 sont causés soit par un lépidoptère défoliateur, la processionnaire du cèdre (*Thaumetopoea bonjeani*) (Bentouati & Bariteau, 2006 ; Bentouati, 2008) soit à un couple de parasites, (champignon lignivore du genre *Armillaria* - insecte xylophage non identifié de la famille des Buprestidae). Ce Champignon qui attaque surtout les racines et le tronc. *Polyporis officinalis*, cause des altérations très graves au bois.

Plusieurs champignons, lichens et mousses apprécient aussi l'ambiance humide des cédraies. Certaines sont exclusives du cèdre. Ces champignons peuvent être fort utiles à l'arbre. Certains ectomycorhiziens protègent ses racines par différentes voies (barrière mécanique, production de substances antibiotiques,...) (Toth, 2005).

Parmi les Mammifères, le singe Magot de berbérie, *Macaca sylvanus*, dans les régions (Michlifén et d'Ain Kahla), provoque des dégâts parfois spectaculaires aux arbres en les écorçant intensivement (Dubé, 2007). Le sanglier (*Sus scrofa*): retourne le sol continuellement à la recherche de tubercules et de racines. Son action de labourage du sol, bénéfique en automne et en hiver, en préparant le sol et en le rendant réceptif aux germinations, devient néfaste pour ces dernières après l'installation des semis. Ils sont déterrés et étalés sur le sol.

Toutefois, les pressions anthropozoogènes actuelles causent plus de dommages en réduisant la superficie des cédraies et en compromettant leur régénération. L'homme agit négativement sur le cèdre par le prélèvement de bois, coupes illicites, élagages exagérés, traitements sylvicoles inappropriés, sur fréquentation des lieux, surpâturage, pollution et les incendies. Le

facteur humain reste, sans conteste, l'élément déterminant de la régression du tapis végétal dans les Aurès (Abdessemed, 1981) et de la régénération à Chréa (Addar *et al.*, 2016).

Le cheptel composé essentiellement de bovins et de caprins occasionne des dégâts non négligeables par le piétinement et la compaction du sol, le broutage des parties terminales des jeunes cèdres et le prélèvement de l'herbe en mélange avec les plantules et les semis.

9-VARIABILITE GENETIQUE

La variabilité génétique chez les arbres forestiers est définie comme la variation, d'origine génétique, entre espèces, entre provenances, entre familles ou entre individus (Bariteau *et al.*, 1999). La grande amplitude de la variabilité génétique (AIL, H) avait déjà été notée par Panetsos *et al.*, (1992), en accord avec Yeh & El -Kassaby (1980). Généralement les conifères sont caractérisés par un fort niveau de variabilité génétique (Hamrick, 1979). D'après Toth (2005), la diversité génétique est une assurance face aux agressions du monde moderne, elle permet de tempérer les conséquences des catastrophes naturelles (sécheresse, froid, insectes). Les critères de sélection sont le débourrement tardif (résistance aux gelées de printemps), la résistance à la sécheresse, au calcaire, et à la vigueur (croissance en hauteur pour les cèdres âgés entre 0 à et 20 ans).

L'ensemble des résultats, acquis en plantations comparatives, confirme les hypothèses de bio-systématiciens sur l'existence de deux écotypes, "meridionalis " et "tellica ", chez *Cedrus atlantica* (Bariteau *et al.*, 1999).

Les résultats relatifs à la sélection et à l'amélioration génétique (M'hirit, 1999), montrent la grande variabilité de la croissance entre les provenances de l'aire naturelle (Maroc et Algérie), la meilleure vigueur étant observée sur substrat siliceux.

D'après Boudagher & Savouré (2001), les 4 espèces de cèdre possèdent des tailles de génome égales évaluées à 32,5 pg/2C et des compositions en bases nucléiques identiques 40,7% de GC. Elles présentent également des caryotypes semblables et une forte différenciation génétique entre les populations.

La régénération, étape clé du cycle des peuplements forestiers, conditionne la structure démographique et les caractéristiques génétiques de populations pérennes. La qualité génétique des graines, a été mise en relation avec la structure du peuplement reproducteur et les variations temporelles de fertilité (Pichot *et al.*, 2006). L'élimination massive des individus au cours des phases juvéniles, relève à la fois d'un processus aléatoire et de l'effet de la sélection où l'évolution démographique est associée à une évolution sensible des

caractéristiques génétiques des cohortes. Chez le cèdre, la production du pollen dépend fortement de l'année mais aussi de l'arbre, ce qui suggère un contrôle génétique. Ainsi, une forte dépression de consanguinité est observée sur le taux des graines pleines, et la croissance des plantules de cèdre. Les semis les plus homozygotes (autofécondation), sont éliminés par purge génétique avec un taux de mortalité de 20%.

Les résultats de Krouchi (2010), indiquent une diversification des stratégies reproductives au niveau des arbres, où certains favorisent la fonction de reproduction femelle et d'autres celle de reproduction mâle et ce malgré la monoïcie de l'espèce ; un évitement de l'autogamie par une séparation des branches mâles et femelles et un décalage intra-arbre entre la période de réceptivité femelle et de disponibilité du pollen. Cette étude révèle aussi, l'existence d'une multitude de variations inter-arbres au sein des stations pour le paramètre morphologie de la graine, et un niveau élevé de diversité génétique intra-population à l'intérieur d'un transect de 160x50m.

CHAPITRE II

SUIVI DE LA REGENERATION

CHAPITRE II

SUIVI DE LA REGENERATION

Les massifs choisis, le Djurdjura et Chr  a correspondent à deux peuplements d'âges distincts, le premier correspond à une vieille futaie naturelle à cèdres âgés et mutilés (traces de coupes, pacage,   branchages, incendies...) ; les arbres présentant plusieurs axes principaux (tronc polypodial). Le second est une cédraie relativement jeune (tronc monopodial, orthotrope)    l'état naturelle, dans la station de « Kerrache » (K) et issu d'un reboisement, semé à la volée dans la station de la « Forêt Noire » (FN) ; les cèdres sont plus ou moins conservés. Les sites sont choisis en expositions chaudes représentées par les versants, sud pour le premier massif, et sud et est pour le second.

Le protocole expérimental du suivi de la régénération est initié et mis en place au niveau du massif du Djurdjura (2012-2013). Les observations au niveau des placettes permanentes (quadrats) sont entamées plus tôt (2013)    Chr  a qu'au Djurdjura (2014).

La proximité du massif de Chr  a d'Alger (30 km), la mitoyenn  t   de ses stations (Kerrache et Forêt Noire) de la route, le relief moins accident   et la relative homogénéité de ses parcelles conférant un faible maillage (15 quadrats), ont permis un suivi précoce (cycle 2013). Chaque station est composée de deux parcelles contenant chacune deux quadrats, excepté les parcelles, P1FN avec huit et la mise en défens avec un seul. Elles reçoivent une pluviosité moyenne annuelle de 1300 mm.

Le massif du Djurdjura, distant de 170 km d'Alger, est caractérisé par, l'éloignement de sa station « Tala Rana » de la route carrossable. Son relief accident   et hétérogène, imposant un maillage dense (200 quadrats) ; nécessite plus de temps pour leurs repérage et la matérialisation du protocole expérimental. La station « Tala Rana » très hétérogène, est caractérisée par une érosion plus accentuée (taux d'affleurements et d'éléments grossiers > 40%), une fréquence élevée de sirocco et une pluviosité moyenne annuelle de 1113,50 mm ; elle compte quatre parcelles réparties entre la lisière (P1), la clairière (P2 et P3) et la forêt (P4). Ces parcelles diff  rent par, leurs structures (recouvrement végétal global, densité des arbres), et par leurs intensités de dégradation (parcours, coupes, incendies, érosion). Leurs quadrats respectifs diff  rent par les taux des éléments à la surface du sol (litière, sol nu, éléments grossiers, strate herbacée), les microtopographies et l'éclairément. Ce qui a nécessité, pour une meilleure représentativité des parcelles échantillonnées, un maillage

intense avec un total de 200 quadrats dont 60 quadrats échantillonnés, en moyenne, à l'exception de P2 avec huit quadrats seulement (Annexe 1).

Ainsi, l'étude des mécanismes influençant la régénération du cèdre de l'Atlas a été menée sur deux massifs distincts (Djurdjura et Chréa), à situation géographique sub-littorale mais à origine, âge et état des peuplements, différents.

Notre choix de la cédraie du Djurdjura, est motivé par une forte mortalité des arbres, une dominance de cèdres âgés et une régénération qui se fait rare. En effet, cette station est soumise à plusieurs stress, liés notamment à sa situation en versant sud qui l'expose davantage aux siroccos très fréquents et desséchants et son accessibilité aux actions anthropozoogènes.

SOUS CHAPITRE I

**SUIVI DE
LA REGENERATION
AU NIVEAU DU MASSIF
DU
DJURDJURA**

SOUS CHAPITRE I

SUIVI DE LA REGENERATION AU NIVEAU DU MASSIF DU DJURDJURA

1- INTRODUCTION

Les phénomènes insulaires au Djurdjura aux plans bioclimatique et biogéographique, ont toujours attiré grand nombre de chercheurs. Les premières explorations des naturalistes, botanistes et phytogéographes remontent à 1854 et aboutissent à des travaux de base (Letourneux, 1870 ; Debeaux, 1894 ; Maire & Lapie, 1909 ; Dubuis & Faurel, 1949 ; Quézel, 1956) qui ont donné un aperçu très intéressant sur sa phytogéographie, la taxonomie de sa flore et la classification de sa végétation. Ces travaux se sont poursuivis par différents types de recherches, faunistiques, floristiques, éco-pédologiques et dynamiques qui ont abouti à plusieurs thèses et mémoires d'ingénieurs.

Les résultats de ces travaux, toujours descriptifs n'ont pas permis de comprendre les mécanismes de transformations de la végétation ni sa cartographie à grande échelle. Des études phytodynamiques ont abouti à la détermination, au niveau de la cédraie, de plusieurs phylums évolutifs (Zaidi, 1987 ; Azira, 1988 ; Yahi, 1988 ; Addar & Oudineche, 1994 ; Addar, 2003), dominés (60%) par les successions pyro-nitrophiles (Mediouni *et al.*, 1998 ; Addar & Dahmani, 2013), ce qui dénote de la prédominance des actions des incendies et des actions pastorales.

Le Djurdjura, est connu pour sa biodiversité remarquable, floristique, faunistique et paysagère qui lui a valu son classement en tant que Parc National (1983) et réserve de biosphère (2004) et son appartenance au hot spot méditerranéen (Médail & Quézel, 1997 ; Vêla & Benhouhou, 2007). Ce patrimoine biologique revêt un intérêt socio-économique ; il contribue au développement local par la satisfaction des besoins de la population locale, notamment en bois de feu, en ressources fourragères pour l'alimentation du bétail, et assure des revenus substantiels pour les riverains, issus de l'exploitation du bois et produits dérivés avec un intérêt touristique unanimement reconnu. Malheureusement, ce patrimoine paye un lourd tribut face aux facteurs anthropiques (Quézel & Médail, 2003) ; ceci a été notamment observé au niveau de la cédraie du Djurdjura. D'après ces auteurs, beaucoup de cédraies sont actuellement en état de simple survie et condamnés à disparaître les prochaines décennies, faute de régénération.

En effet, la cédraie qui est un milieu multifonctionnel (économique, écologique et social) connaît actuellement une régression continue. L'absence de semis et l'apparition de clairières et de vides dans certains endroits sont les indicateurs de cette régression (Ezahirri & Belghazi, 2000). Au Djurdjura, l'aire occupée par le cèdre de l'Atlas est disjointe, elle se cantonne au niveau des massifs de Tikjda et de Lalla Khedidja (essentiellement à Ait Ouabane) ; ailleurs, elle se présente en petits îlots dispersés qui risquent de disparaître avec l'intensification des activités humaines (pastoralisme et incendie) et de la sécheresse. À ce propos, Quézel (2000), note que le changement climatique global conduira dans les prochaines années à la disparition des cédraies continentales du Maroc et de l'Algérie.

Les conditions écologiques défavorables et l'anthropisation, les rendent vulnérables et plus sensibles aux attaques d'insectes ravageurs et de champignons pathogènes intervenant le plus souvent dans le processus de dépérissement.

Les perturbations causées par le déficit pluviométrique, et la sécheresse estivale, compromettent de plus en plus la régénération comme signalée par plusieurs auteurs, Lepoutre & Pujos (1963), M'hirit (1994), Lamhamedi & Chbouki (1994), Quézel & Médail (2003). Ce phénomène a entraîné la perturbation de plusieurs mécanismes d'ordre physiologiques et plus particulièrement ceux qui assurent la régénération naturelle (Ezzahiri *et al.*, 1994).

Les reliefs élevés et accidentés, les facteurs physiques et humains de dégradation font de la station de Tala Rana (Fig. 9), une région à forte érosion. La déclivité dépassant 50%, associée aux éboulements fréquents, surtout en hiver, rendent l'accès difficile ; la réduction du couvert végétal accentue les effets mécaniques des facteurs physiques. Les précipitations sous forme de violentes averses en hiver, accentuent l'extrême érosion par arrachement de matériaux dans les zones peu ou pas boisées. Il y a migration de particules meubles, les sols des lithosols restent jeunes. Le recouvrement de la roche mère est de 0 à 50%, les éléments grossiers de 0 à 30%. Les neiges fréquentes (28,4 j/an), les gelées (17,2 j/an) et les brouillards (70 j/an), en plus des apports d'hydriques qu'ils constituent, jouent des rôles importants dans le cycle biologique du cèdre. La force du vent combinée au poids de la neige et les pentes fortes est à l'origine des chablis. Les sujets de cèdre en drapeau ou nains observés à 2200m d'altitude témoignent de l'intensité du vent et de sa direction. Le sirocco, vent sec et chaud, est fréquent (58,8 j/an), en été sur le versant sud, du mois de mars jusqu'à septembre. Il augmente considérablement l'évapotranspiration et la dessiccation qu'il produit, accroît les intensités des feux et augmente le taux des pyrophytes.

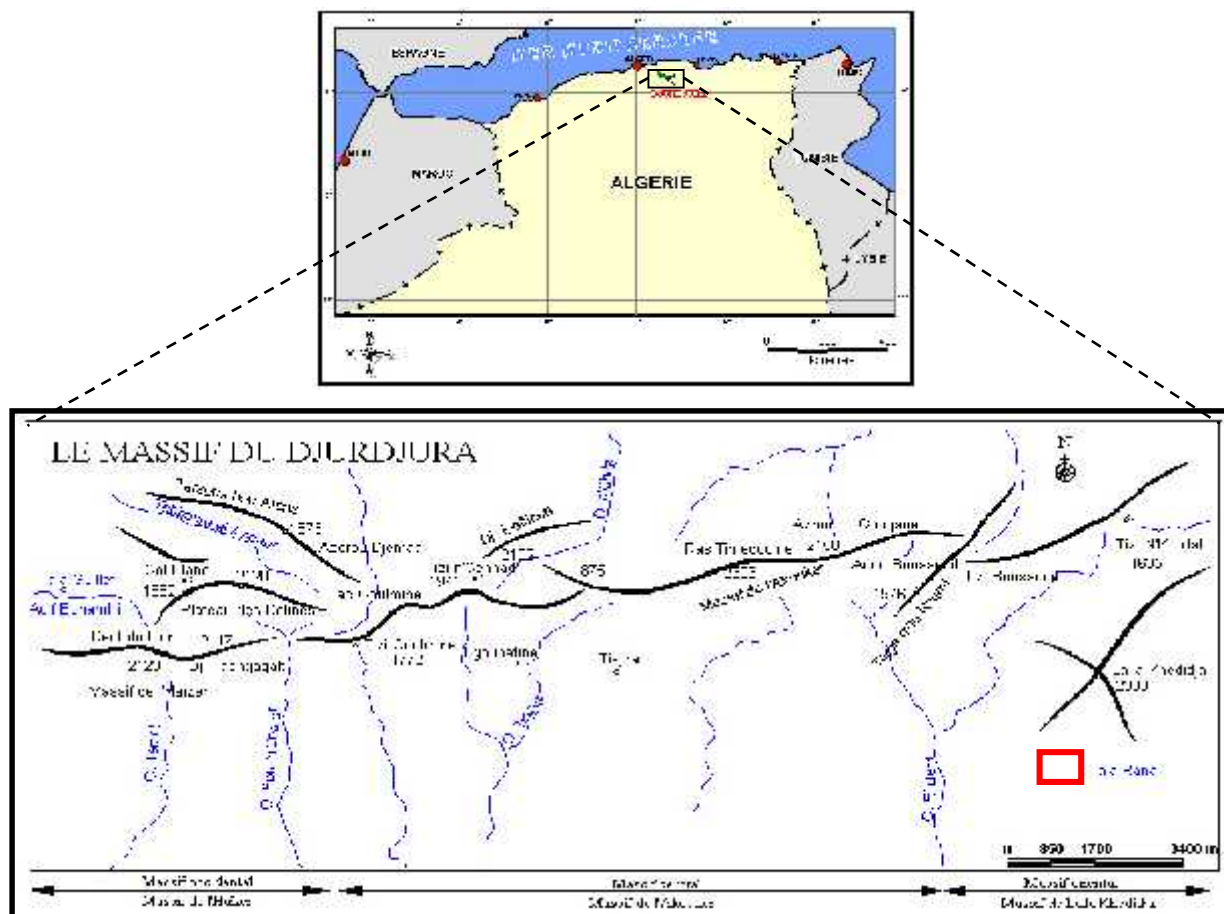


Figure 9: Carte de la situation géographique de la station de Tala Rana

La cédraie de Tala Rana, objet de notre étude, est actuellement très fragmentée dans l'espace. Elle est interrompue par des clairières assez étendues dont l'origine est soit édaphique (Lecompte *et al.*, 1984) soit climatique (Pujos, 1966). Ces vides et clairières voués à l'activité pastorale, interrompent la continuité de ces massifs forestiers et expliquent en partie leur morcellement et la discontinuité actuelle des peuplements. Dans cette cédraie, tous les cèdres âgés présentent une multitude de traces d'incendies, d'écorçage, d'écoulements de résine et de coupes répétées des branches latérales à différents niveaux d'insertions, pour les besoins de construction. En réaction à ces coupes, les dernières branches latérales prennent le relais en formant plusieurs cimes vertes, donnant l'apparence d'une jeune cédraie. L'intensification des coupes conduit à la longue à la mort des cèdres. La régénération effective est absente depuis de nombreuses années, bien que des semis de l'année soient présents faiblement.

Ainsi, la préservation de ce patrimoine forestier remarquable passe inéluctablement par la réussite du processus naturel de la régénération.

Pour une meilleure connaissance de ces processus et des paramètres déterminants, un suivi de leur évolution spatio-temporelle, à différentes échelles (quadrats, parcelles et stations) et différents états de la cédraie, est nécessaire.

2- MATERIELS ET METHODES

2.1- ESPECE ETUDIEE

Dans le massif forestier de Tala Rana à 1550 m, la majorité des cèdres sont âgés, à tronc polypodial suite aux coupes répétées. Ceux à tronc monopodial, concernent les rares individus plus jeunes et localisés en lisière.

Le cèdre apparaît ordinairement sur le versant nord de l'Atlas tellien vers 1300m et à 1400 m sur le versant Sud (Lapie, 1909 ; Boudy, 1950). Le cèdre peut descendre jusqu'à 900 m (Quézel, 1976). Sur le versant nord de Lalla Khedidja (Ait Ouabane), le cèdre s'installe massivement à partir de 1000 m et descend jusqu'à 800 m d'altitude ; en versant sud, il se développe à partir de 1200 m avec un optimum à 1400 m. Des cèdres isolés dans des conditions de ravinement sont observés à une altitude de 700 m à Ighzer. Le cèdre s'installe sur des sols, bruns forestiers sous forêts de feuillus et de résineux (grés et schistes); peu évolués calcimagnésiques, sous forêts de résineux à pin d'Alep et à cèdre dégradés (calcaire) (Mestar, 1995 ; Cherkelaine, 1997 ; DGF, 2006).

Le cèdre reçoit dans la station de Tala Rana une pluviosité moyenne annuelle de 1113,50 mm avec des valeurs thermiques de -1,04 °C pour « m » et 29,04 °C pour « M ». Il est situé dans le bioclimat humide variante à hiver froid. Selon Quézel (1976), l'optimum bioclimatique du cèdre est indiscutablement situé dans la variante froide de l'étage humide. Au plan dynamique, cette station est dominée par les successions pyronitrophiles. Sa végétation très mosaïquée est liée à une action hétérogène de la fréquence et de l'intensité du feu.

2.2-SUIVI DE LA REGENERATION

2.2.1-Mise en place du protocole expérimental

Le protocole présenté vise le suivi des régénérations. Il permet de documenter la dynamique de la régénération du cèdre et la capacité de reproduction (la quantité de graines produites, la viabilité des graines, la date de germination, la densité des jeunes plants, etc.). Il repose sur l'utilisation de parcelles de terrains carrées et permanentes de différentes dimensions. Les cibles sont dans notre cas les types de graines (intactes ou viables, stériles ou vides sans albumen et les trouées ou percées par les insectes), les plantules et les semis par classes d'âge (un an, deux ans et plus), mais également les herbacées et les éléments à la surface du sol (litière, sol nu, éléments grossiers, affleurements...).

Le suivi au niveau de la strate herbacée est motivé par le fait que les plantules et les jeunes semis, commencent à se développer dans le tapis végétal et passent la partie la plus vulnérable de leur vie dans cette strate. Leur suivi durant les premières phases, les observations de la forme (vigoureuse) des semis, de leur état (bon, rabougri), de leur croissance (hauteur de la tige, profondeur de la racine) et de leurs effectifs peuvent aussi contribuer à documenter les facteurs climatiques caractérisant chaque cycle. C'est aussi dans cette strate que les phénomènes de compétitions (herbacées) et de prédation (entomofaune, rongeurs, oiseaux...) peuvent être le plus facilement détectés.

Les parcelles de 400m² (20m x 20m), taille habituellement retenue en milieu forestier, permettent de contenir toutes les hétérogénéités observées au sein des stations. Elles sont subdivisées (maillage) en 400 quadrats élémentaires de 1m² (1m x 1m) précédé chacun d'un numéro variant de 1 à 400.

La sélection des quadrats nécessaires pour un suivi efficace et efficient ainsi que leur localisation dépendra des caractéristiques propres à chaque parcelle et des paramètres de suivi qui ont été définis. Les parcelles choisies dans ces peuplements font partie intégrale des parcs nationaux (Djurdjura et Chréa), leur matérialisation sur le terrain est aussi discrète que possible pour minimiser les possibilités de vandalisme vu la sur fréquentation et l'accès du public. Les piquets les délimitant sont suffisamment enfoncés dans le sol pour être discrets.

Le nombre de parcelles est fonction de l'état du peuplement, celui des quadrats dépend aussi d'autres facteurs tels que, la distribution spatiale des semenciers. La localisation et le numéro de chaque quadrat (1- 400) facilite la description.

Chaque parcelle est repérée à l'aide des coordonnées géographiques (GPS). Les parcelles sont matérialisées et repérées par quatre piquets métalliques permanents peints à leur extrémité.

L'emplacement préétabli de la parcelle et son positionnement sont faits à l'aide d'un plan de situation (Fig.10). Chaque parcelle est aménagée (perpendiculaire) par rapport à la déclivité du terrain. On procède aux mesures de la distance entre la première borne (A) et les coins adjacents (B, C et D); Chaque parcelle, est affectée d'un numéro (P1...P4)

Les piquets (bornes) des quadrats de 25m² sont peints en bleu et ceux des quadrats élémentaires de 1m² sélectionnés, en jaune. Ceux qui délimitent les deux types de quadrats à la fois, sont peints en bleu dans leur partie supérieure et en jaune dans leur partie inférieure. L'utilisation d'un cadre en bois de 1m x 1m rend la délimitation d'un quadrat beaucoup plus rapide que l'utilisation de la ficelle et facilite la récolte de données.

affleurements, la litière, la profondeur du sol, l'effet du couvert, la topographie et le microclimat local (éclairage, humidité et températures). L'influence de la lumière est appréciée indirectement à travers l'analyse de la structure de la cédraie. Celle-ci est décrite à partir des paramètres dendrométriques (densité des arbres et circonférence en mètre, à 1m30) et des recouvrements de la végétation, global et par strate. Dans la parcelle P3, bien que les individus de cèdres soient généralement jeunes, ils ont été pris en considération, dans le but de faire ressortir les potentialités de régénération de celle-ci ; leur circonférence a été mesurée à la base. Chaque parcelle est également caractérisée sur le plan des variables stationnelles : physiologique, floristique, et recouvrement des éléments de la surface du sol (graines, semis, litière, éléments grossiers, affleurements et sol nu). Les indices de perturbations anthropozoogènes (traces d'animaux, piétinement, labourage, coupes, écorçage) sont également notés.

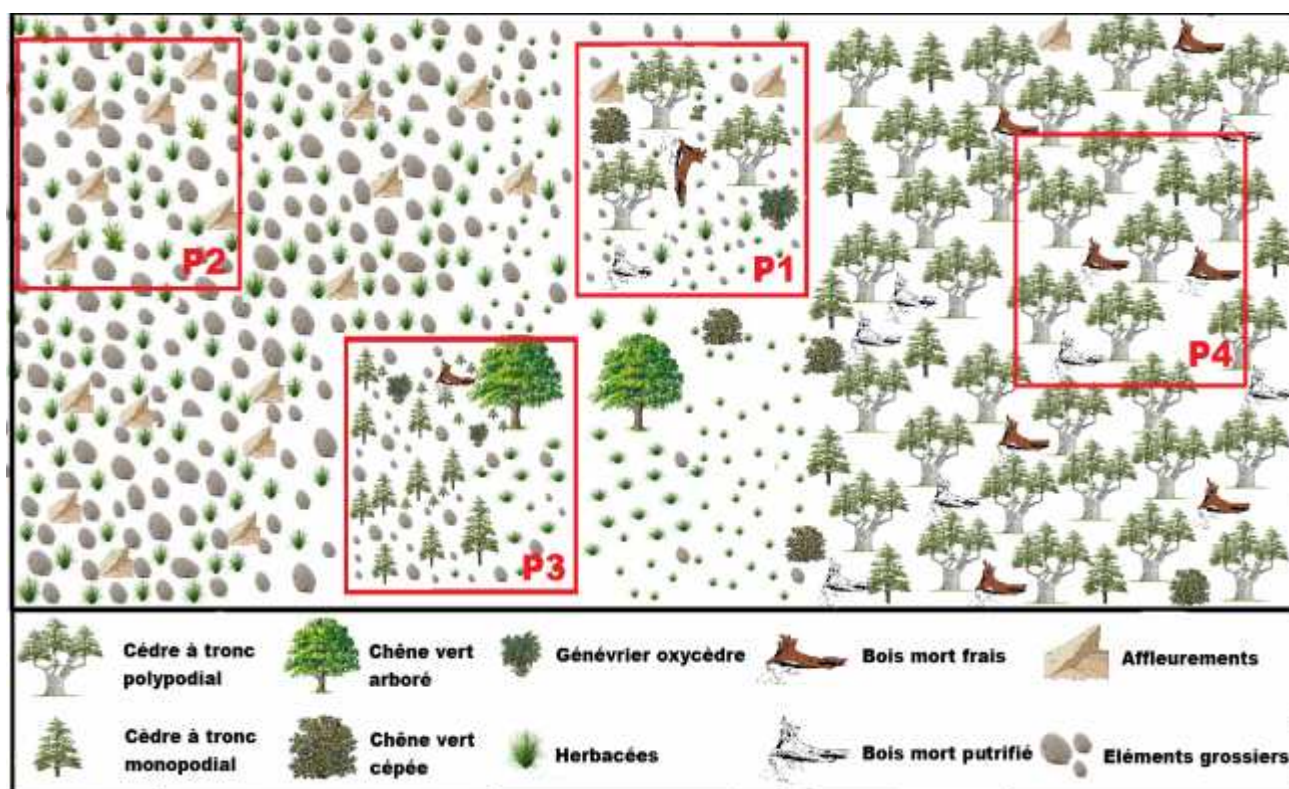


Figure 11 : Plan de situation des quatre parcelles de la station de Tala Rana

La première parcelle (P1), située en haut de versant, en lisière de la forêt, est caractérisée par la présence de trois cèdres semenciers âgés, partiellement mutilés (coupes, écorçages et incendies) lui assurant un certain potentiel reproducteur. Ils couvrent le tiers de la parcelle, ce qui lui confère un couvert moyen. Les sols sont peu profonds et peu humifères sous les cèdres et érodés et plus pauvres en périphérie.

La deuxième parcelle (P2) est une clairière asylvatique (haut de versant) située à au même niveau topographique que P1 et distante de 60m de la forêt. Elle présente des sols squelettiques, des pentes abruptes avec de forts taux d'affleurements et d'éléments grossiers (> 40%), associés à une forte luminosité. Ce qui induit de fortes pertes des réserves hydriques. La troisième parcelle (P3) est située au dessous de P1 (mi-versant) à 30 m du massif forestier. Elle comporte un chêne vert arboré et des cèdres jeunes, appartenant à différentes classes d'âges, dont les plus âgés ne produisent pas encore de cônes. Leurs ports élancés (fut droit et pyramidal) confèrent à cette parcelle un faible couvert et un éclaircissement relativement important. Les sols sont globalement caillouteux et localement (sous le chêne vert) conservés. Malgré l'absence et l'éloignement des semenciers, le recrutement des cèdres dans cette parcelle est meilleur (26) que celui de la parcelle P1. La quatrième parcelle (P4) forestière, située en plein massif forestier, est discriminée par une forte densité (17) d'arbres âgés, où des cèdres présentant des traces de coupes sont associés à quelques individus de chênes verts arborés. Ce qui lui confère un bon couvert végétal et un faible éclaircissement au sol. Les sols avec une présence d'éléments grossiers moins marquée, sont généralement humifères mais perturbés par les mouvements incessants du piétinement des bovins et du labourage des sangliers. Des relevés floristiques ont été effectués au niveau des différentes parcelles pour les caractériser.

Au niveau de chacune de ces parcelles, sont pris en considération les quadrats caractéristiques des variations micro topographiques et des éléments biotiques et abiotiques de la surface du sol. Ainsi 200 quadrats élémentaires de 1m^2 ((P1: 60), (P2 : 8), (P3 : 69), (P4 : 63)), représentatifs de l'hétérogénéité structurale de la cédraie, des microsites d'accueil potentiel des graines de cèdre et des variations de leurs caractères à la surface du sol, ont été suivis pendant trois années (2014, 2015 et 2016). Les différents microsites (M1...M14) identifiés dans chacune des quatre parcelles sont matérialisés par un nombre variable (1-20) de quadrats. Le suivi s'est fait à partir des mois de mars (2014, 2015 et 2016), correspondant à la période de germination des graines, jusqu'au mois de juin, et ce à raison de deux à trois observations par mois.

Les observations ont consisté, en un suivi de l'effectif des plantules (semis se nourrissant des réserves des cotylédons) et des semis (plants menant une vie autonome) d'un an, de deux ans et plus dans les différentes conditions échantillonnées. Nous avons également comptabilisé le nombre de graines en les triant par types: les graines intactes ou fertiles (graines lourdes contenant un embryon et un endosperme complets, capables de germer et de produire un

semis), les graines stériles (vides et légères), les graines germées (émission de la radicule) et les graines trouées ou percées (présentent une perforation de l'enveloppe de la graine).

La rareté des semis de l'année et de deux ans, ne nous a pas permis d'effectuer les mesures des longueurs respectives des parties souterraines et aériennes ainsi que les croissances annuelles.

2.3-TRAITEMENTS STATISTIQUES

Les premiers cycles d'observations (2014 et 2015) sont caractérisés par de faibles taux de productions de graines et surtout les semis. Ainsi l'analyse des premiers niveaux d'observations quadrats (I) et parcelles (II), n'a concerné que le cycle de suivi 2016 caractérisé par une bonne production grainière et de meilleures germinations. Le troisième niveau d'analyse, interannuel (III), a consisté en la comparaison des trois cycles d'observations successifs (2014, 2015 et 2016).

La structure des populations de cèdre échantillonnées est appréhendée par des histogrammes représentant le paramètre circonférence (en mètres) au niveau de chaque parcelle.

Analyse inter-quadrats : Pour chaque microsite (ensemble de quadrats) caractérisant une situation particulière, nous avons calculé les potentiels en graines et en semis, basés chacun sur les effectifs maximums obtenus au cours du cycle de suivi 2016, dans chacune des parcelles. Le potentiel en semis (PS) est obtenu par la somme des effectifs des plantules et des semis ; celui en graines (PG) est calculé par le total des graines indépendamment de leurs types. Les différents microsites échantillonnés (M1...M14) dans chacune des parcelles, sont comparés dans une première étape, sur la base de leurs effectifs totaux (total des graines et des semis), calculés pour chaque microsite et représentés par des histogrammes. Dans une seconde étape, les microsites des quatre parcelles sont comparés sur la base des paramètres statistiques, de somme, de moyenne et de coefficient de variation, synthétisés dans le tableau récapitulatif (Tab. I).

Analyse inter-parcelles : Cette d'analyse est abordée à deux niveaux :

Dans une première étape, le suivi de la régénération au cours des phases d'échantillonnage (cycle 2016), est analysé, pour chaque phase de chaque parcelle, par le calcul d'un potentiel ; en graines représenté par les effectifs totaux par types de graines et l'effectif total de l'ensemble des graines ; en plantules (somme des plantules) et en semis de l'année (somme des semis) ainsi que leur effectif global (somme des plantules et des semis). Ces deux potentiels sont représentés par des histogrammes distincts.

Dans une seconde étape, pour chaque parcelle, est réalisée, une analyse statistique des différentes phases de la régénération, par leurs comparaisons au moyen des paramètres, de moyennes et de coefficients de variation pour les potentiels de graines et des semis et représentés chacun par un tableau comparatif (Tab. II et III). Le potentiel de la parcelle est apprécié par la prise en compte de l'effectif maximal des graines et des semis au cours de chaque phase. Enfin, pour mettre en évidence les potentialités écologiques et biologiques des parcelles, les potentiels maximums (nombre maximal au cours des différentes phases) des graines et des semis ont fait l'objet chacun, d'une analyse de la variance, suivie d'un test de comparaisons multiples des moyennes (Tukey), (Annexe 4).

Analyse inter-cycles :

L'analyse des cycles de suivi de la régénération en 2014, 2015 et 2016, relatifs aux graines et aux semis de l'année, est basée sur la comparaison des paramètres statistiques de moyenne, variance, écart type et coefficient de variation ainsi que des effectifs totaux par parcelle et par station.

3- RESULTATS

3.1- ANALYSE DU POTENTIEL EN GRAINES ET EN SEMIS AU NIVEAU DES MICROSITES

Les microsites correspondent à une combinaison de facteurs biotiques, représentés par les structures végétales (espèces) et de facteurs abiotiques représentés par les éléments à la surface du sol (éléments grossiers, affleurements, bois morts, litière, strate herbacée...), les microtopographies (concave, convexe, replats, coulée...) et la position (distance) par rapport aux semenciers. Ces microsites d'accueil potentiel des graines et des semis, sont matérialisés par un nombre variable de quadrats. Leurs tailles dépendent de la surface édifiée par l'élément biotique représenté par la végétation et la microtopographie correspondante.

L'objectif de cette partie vise à faire ressortir les potentialités de chaque microsite en termes de réceptivité des graines (potentiel de production grainière) et des semis (potentiel de germination). La nature des microsites (M1...M14) diffère d'une parcelle à l'autre. Leur signification respective est donnée en Annexe 2.

3.1.1- Analyse du potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 1

La parcelle 1 (P1) située en lisière de forêt, représente un échantillon de forêt claire et âgée composée de trois vieux cèdres, incendiés partiellement et dont les branches sont coupées à différents niveaux. Elle représente un milieu très perturbé par, l'activité pastorale, l'érosion et

les éboulis, comme attestent les taux importants en éléments grossiers. Elle compte 60 quadrats (Q) échantillonnés, représentant 12 microsites (M1...M12).

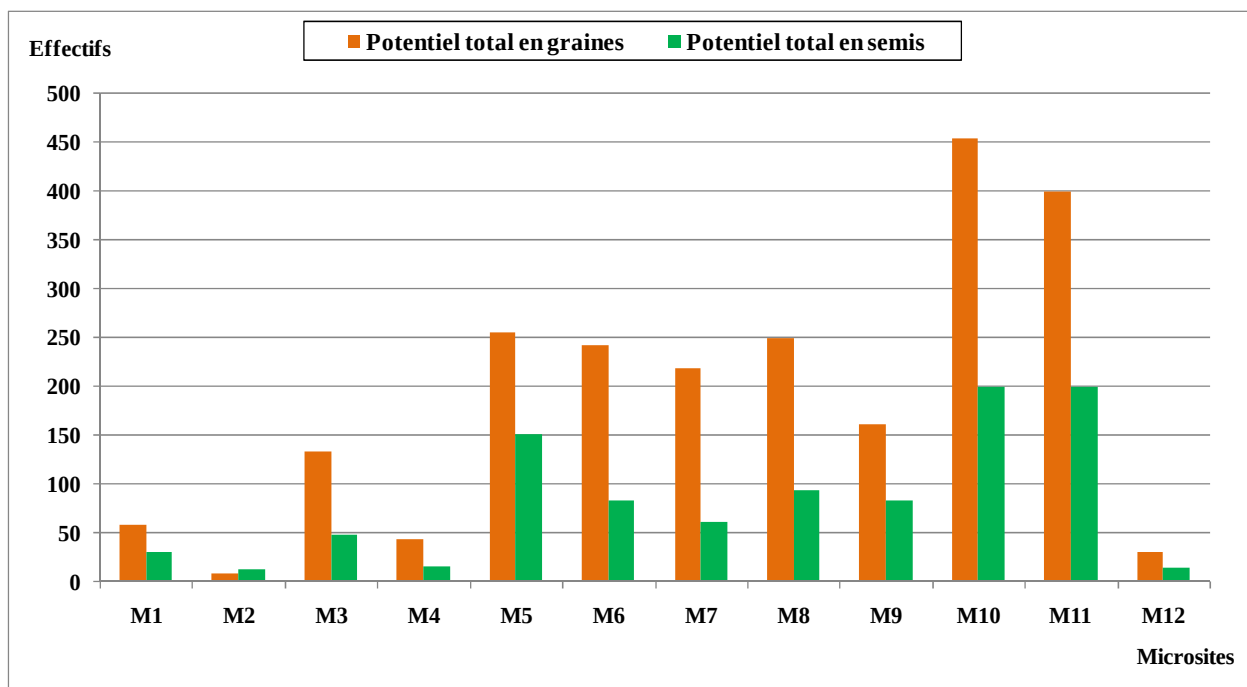


Figure 12 : Potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 1 de la station de Tala Rana (cycle 2016)

La figure 12 montre que les potentiels en graines les plus faibles sont enregistrés dans les microsites M2, M12, M4 et M1. Les potentiels les plus intéressants sont enregistrés entre les microsites M5 et M11, notamment dans ceux des M10 et M11. Le potentiel en semis présente globalement la même variation que celui en graines. Il est comme pour les graines, particulièrement faible pour les microsites M2, M12, M4 et M1. Ce potentiel est important au niveau des microsites M10, M11 et M5. Ces derniers microsites sont les plus réceptifs aussi bien pour les graines que pour les semis. Ils correspondent respectivement à, une coulée sous cèdre avec bois mort, buisson de genévrier oxycèdre sous cèdre et à une jeune cépée à chêne vert sous cèdre.

3.1.2- Analyse du potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 2

La parcelle 2 (P2) distante de 60 m de la forêt, correspond à une clairière asylvatique. Elle représente un milieu en pente, très éclairé, caractérisé par, l'affleurement de la roche mère, des éléments grossiers et un sol de faible épaisseur. Cette parcelle, relativement homogène, compte 8 quadrats (Q) échantillonnés et organisés en 3 microsites (M1, M2 et M3).

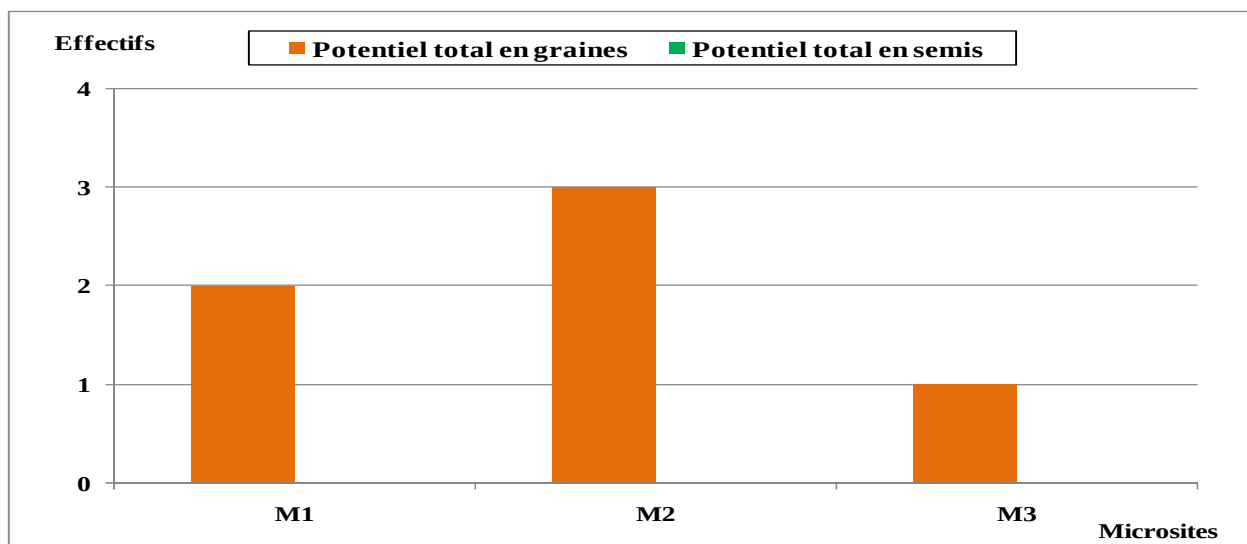


Figure 13 : Potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 2 de la station de Tala Rana (cycle 2016)

Le potentiel en graines (PG) est en général très faible (≤ 3 graines) pour l'ensemble des microsites (Fig.13). (M1 : à *Astragalus armatus ssp numidicus* + *Thymus* ; M2 : à *Thapsia garganica* et M3 à *Ampelodesma mauretanica*). Les semis sont quasi absents.

3.1.3- Analyse du potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 3

La parcelle 3 (P3) représentée par un matorral moyen clair à cèdres, est distante de 30 mètres de la forêt. Elle intègre un chêne vert arboré à sa périphérie, et 26 cèdres avec les différentes classes d'âges, depuis le stade semis jusqu'à l'individu adulte, en âge de reproduction.

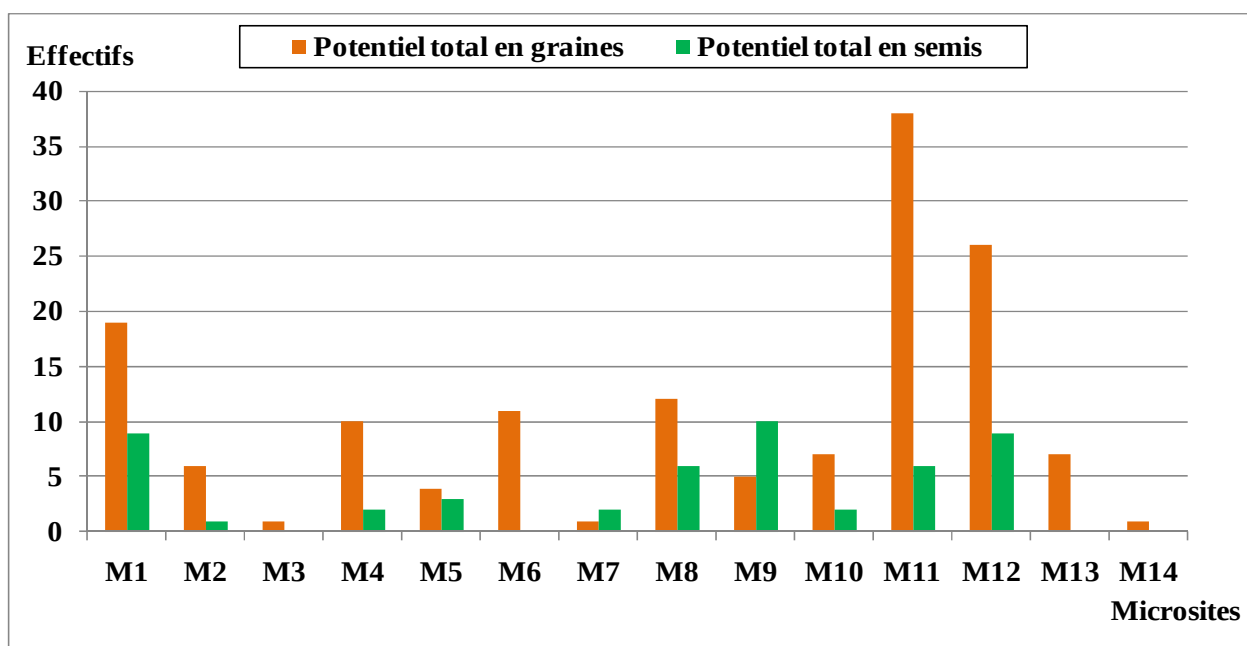


Figure 14: Potentiel en graines (PG) et en semis (PS) dans les microsites de la parcelle 3 de la station de Tala Rana (cycle 2016)

L'hétérogénéité de cette parcelle est exprimée à travers 69 quadrats échantillonnés et répartis sur 14 microsites (M1, ...M14).

L'analyse de la figure 14 montre que le potentiel en graines (PG) est variable d'un microsite à l'autre, les forts (PG) caractérisent les microsites M1, M12 et M11 avec un maximum au niveau de ce dernier. Les plus faibles sont consignés au niveau des microsites M3, M7 et M14, ils ne dépassent pas la valeur d'une graine.

Le potentiel en semis (PS) présente des effectifs faibles à nuls, les forts (PS) caractérisant les microsites M9, M11 et M12 ne dépassent pas l'effectif de 10 semis. Les plus faibles (PS) sont enregistrés au niveau des microsites M2, M4, M7 et M10. Les semis sont absents dans les microsites M3, M13 et M14.

3.1.4- Analyse du potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 4

La parcelle 4 (P4) située à l'intérieur du massif forestier de Tala Rana, correspond à une cédraie âgée et très perturbée par, le piétinement et le broutage des bovins, le labourage du sol par les sangliers et par les coupes répétées à différentes hauteurs des cèdres. Dans cette parcelle forestière, 63 quadrats réunissant 10 microsites (M1...M10), sont échantillonnés (Fig. 15). Le sol est profond et perturbé en surface, l'éclairement est moyen, les éléments grossiers et les affleurements sont peu nombreux.

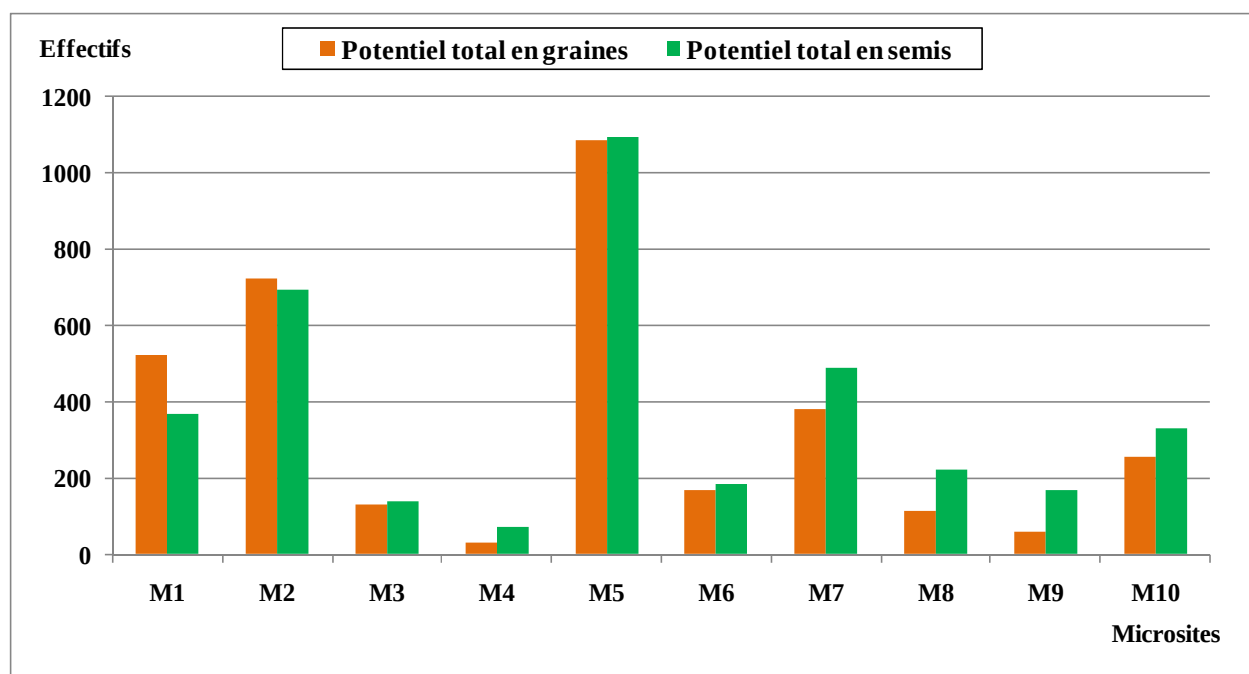


Figure 15 : Potentiel en graines et en semis dans les microsites de la parcelle 4 de la station de Tala Rana (cycle 2016)

L'analyse de la figure ci-dessous relative aux potentiels en graines et en semis, montre des valeurs importantes, dépassant pour leur majorité des effectifs de 100. Les microsites M5, M2, M1 et M7 présentent les meilleurs effectifs pour les deux potentiels dont 1089 graines et 1095 semis pour M5 ; ce microsite correspond à un sol enherbé (fétuques) sous couvert de cèdre. Les plus faibles potentiels concernent les microsites M4 et M3, avec 30 graines et 69 semis pour M4 représenté par un replat avec affleurement en clairière.

3.1.5- Analyse du potentiel moyen en graines et en semis au niveau des microsites

Les moyennes et les coefficients qui en découlent, ne concernent que les microsites comptabilisant plus d'un quadrat. Les autres, sont seulement caractérisés par leurs effectifs maximums en graines et en semis.

L'analyse du tableau I, montre pour la première parcelle (P1), des moyennes variables pour le potentiel en graines (PG), oscillant entre 15 (M12) et 62,25 (M8). Les meilleures moyennes sont obtenues au niveau des microsites M8, M6, M7 et M10 avec respectivement 62,25 ; 60,25 ; 54,25 et 50,33. Les plus faibles, sont enregistrées au niveau des microsites M12 (15,00) et M11(19,55). Les coefficients de variation (CV) correspondant sont variables, Ils sont notamment importants au niveau des microsites M11 et M5, avec respectivement 67% et 42%, et des moyennes respectives de 19,95 et 42,33.

Pour les moyennes des potentiels en semis (PS), elles sont inférieures à celles des graines et présentent de faibles fluctuations allant de 6,50 (M12) à 23,25 (M8). Les coefficients de variation correspondant sont aussi variables et oscillent entre 11 et 104 ; les plus forts caractérisent les microsites M11 (104%) M3 (49%) et les plus faibles, M12 (11%) et M6 (12%).

La parcelle (P2) avec seulement 3 microsites présente de faibles moyennes des potentiels en graines (PG) ne dépassant pas la valeur de 1,00 avec une moyenne minimale de 0,33 en M3. Les coefficients de variation varient de 0% (M1) à 170% (M3). Les moyennes des potentiels en semis (PS) sont nulles.

La parcelle (P3) représentée par 14 microsites, présente des moyennes faibles de (PG) qui varient de 0,25 (M3 et M14) à 11,00 (M6). Leurs coefficients de variation oscillent entre 28% (M9) et 200% (M3 et M14). Concernant, les potentiels en semis (PS), les moyennes sont encore plus faibles et sont comprises entre 0,00 et 5,00 ; leurs coefficients de variation fluctuent entre 57% (M9) et 245% (M4).

Tableau I : Potentiels moyens en graines et en semis dans les microsites des quatre parcelles

POTENTIEL DE REGENERATION	Parcelles	Paramètres statistiques	MICROSITES													
			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
POTENTIEL MOYEN EN GRAINES	P1	Somme	58	8	133	43	254	241	217	249	160	453	399	30	/	/
		Moyenne	29,00	/	44,33	/	42,33	60,25	54,25	62,25	40,00	50,33	19,95	15,00	/	/
		CV %	15	/	3	/	42	28	10	25	26	25	67	19	/	/
	P2	Somme	2,00	3,00	1,00	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Moyenne	1,00	1,00	0,33	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		CV %	0	100	173	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	P3	Somme	19	6	1	10	4	11	1	12	5	7	38	26	7	1
		Moyenne	2,38	3,00	0,25	1,67	4,00	11,00	1,00	1,50	2,50	1,75	5,43	4,33	0,47	0,25
		CV %	55	47	200	140	/	/	/	62	28	118	55	56	137	200
	P4	Somme	522	724	128	30	1089	169	380	112	58	253	/	/	/	/
		Moyenne	87,00	48,27	32,00	/	68,06	42,25	63,33	37,33	29,00	42,17	/	/	/	/
		CV %	27	60	12	/	56	27	19	38	5	24	/	/	/	/
POTENTIEL MOYEN EN SEMIS	P1	Somme	30	12	47	15	150	82	61	93	82	199	198	13	/	/
		Moyenne	15,00	/	15,67	/	25	20,50	15,25	23,25	20,50	22,11	9,90	6,50	/	/
		CV %	47	/	49	/	45	12	32	40	28	36	104	11	/	/
	P2	Somme	0,00	0,00	0,00	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Moyenne	0,00	0,00	0,00	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		CV %	0	0	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	P3	Somme	9	1	0	2	3	0	2	6	10	2	6	9	0	0
		Moyenne	1,13	0,50	0,00	0,33	3,00	0,00	2,00	0,75	5,00	0,50	0,86	1,50	0,00	0,00
		CV %	88	141	/	245	/	/	/	118	57	115	184	125	/	/
	P4	Somme	368	692	139	69	1095	186	488	223	169	332	/	/	/	/
		Moyenne	61,33	46,13	34,75	/	68,44	46,50	81,33	74,33	84,50	55,33	/	/	/	/
		CV %	24	25	31	/	40	22	37	45	11	12	/	/	/	/

/ : désigne les microsites à un seul quadrat ou absence de valeurs.

La parcelle (P4) forestière avec 10 microsites, montre les moyennes les plus élevées des (PG) dans la station, dont les plus fortes, sont enregistrées au niveau des microsites M1(87,00), M5 (68,06) et M7(63,33), et les plus faibles dans les microsites M3 (32,00) et M9 (29,00). Les coefficients de variation qui en découlent, montrent de faibles variations, oscillant entre 5% (M9) et 60% (M2). Pour les (PS), les moyennes sont globalement plus élevées que celles des (PG) ; les plus fortes intéressent les microsites M9 (84,50), M7(81,33) et M8 (74,33) ; et les plus faibles, le microsite M3(34,75). Leurs coefficients de variation, présentent de moindres variations que ceux des (PG), ils varient de 11% (M9) à 45% (M8).

3.2-POTENTIALITES AUX PLANS PRODUCTION DE GRAINES ET GERMINATION DE SEMIS AU NIVEAU DES PARCELLES

L'analyse comparative des différentes parcelles est basée sur la structure de végétation caractérisant chacune d'elles. Celle-ci est fonction de la densité des arbres cèdres dont dépend directement la production grainière. L'approvisionnement des microsites en graines est tributaire de leurs qualités et de leurs distances des semenciers affectant la dissémination des graines. L'objectif est de faire ressortir les potentialités des parcelles aux plans production de graines et germinations de semis.

3.2.1- Suivi de la régénération au cours du cycle 2016

L'analyse dynamique de la régénération au cours des différentes phases d'échantillonnage a pour objectif de mettre en évidence, les meilleures phases aux plans production qualitative et quantitative des graines et des semis, les dates de levée de dormance des graines et les périodes critiques de leurs pertes et celles du dessèchement des semis.

3.2.1.1-Analyse dynamique des stocks de graines et de semis au cours des différentes phases d'observation dans la parcelle 1

La première phase correspond à une production importante de graines intactes (Fig.16). Les meilleurs taux de germination sont observées pendant les phases T2, T3, et T4 (Annexe 3). Notons la présence de graines stériles dans toutes les phases d'observation et un nombre faible de graines trouées de temps à autre.

L'analyse de la figure 16 montre que la production grainière est globalement appréciable notamment en premières phases avec 1792 (T1), 693 (T2) et 466 (T3). Les potentiels en graines fertiles (1424) et en graines stériles (359) sont plus importants en phase 1 (T1). Les graines germées (300) et celles percées (48) apparaissent en phase 2 (T2).

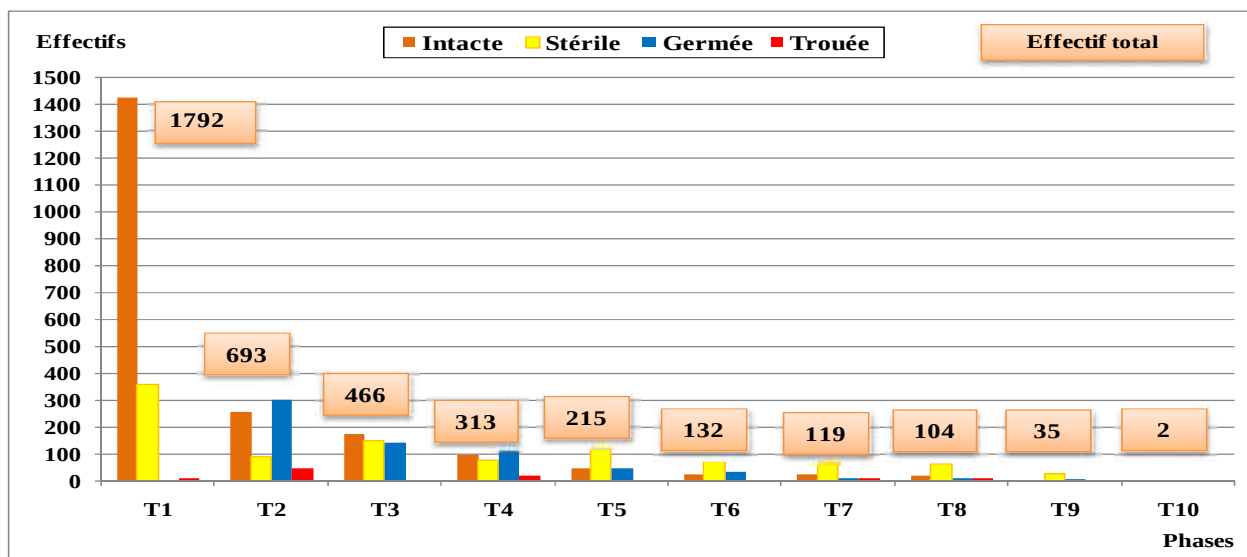


Figure 16 : Dynamique de la germination des graines au cours des phases d'observation successives dans la parcelle 1 (cycle 2016)

Ce potentiel en graines par types décroît progressivement au cours des phases successives d'observation pour s'annuler en T10. L'effectif total des graines, maximal en T1 avec 1792 graines, se réduit de 2/3 en T2 avec 693 graines et s'annule en T10.

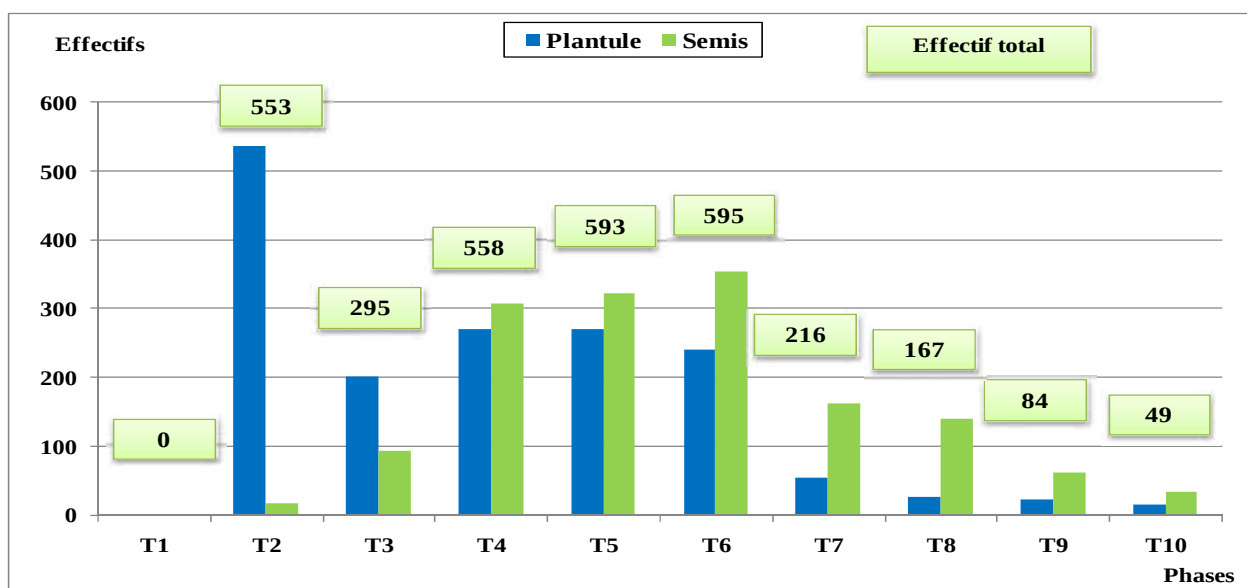


Figure 17: Dynamique de la régénération des plantules et des semis au cours des phases successives d'observation dans la parcelle 1 (cycle 2016)

Les plantules et les semis apparaissent en T2 avec un maximum pour les premiers (533) ; les semis atteignent leur optimum (595) en T6. Les meilleures résultats (effectif total) sont enregistrés entre les phases T2 et T6 (Fig.17). Les dernières phases sont caractérisées par de faibles effectifs, particulièrement pour les plantules.

3.2.1.2-Analyse dynamique des stocks de graines et de semis au cours des différentes phases d'observation dans la parcelle 2

La parcelle 2 (P2) est caractérisée par de très faibles effectifs, voire l'absence des graines. Les seules retrouvées dans les premières phases T1, T2 et T3, sont stériles, et ne dépassent pas l'effectif total de 4 graines en T1(Fig.18). En conséquence aucune plantule ni semis n'est observé.

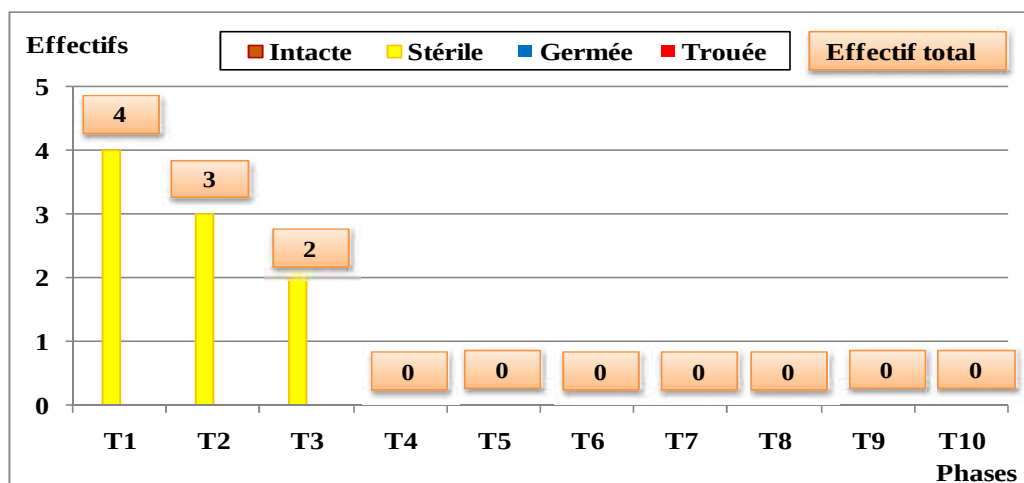


Figure 18: Dynamique de la germination des graines au cours des phases d'observation successives dans la parcelle 2 (cycle 2016)

3.2.1.3-Analyse dynamique des stocks de graines et de semis au cours des différentes phases d'observation dans la parcelle 3

La parcelle 3 est caractérisée par un faible potentiel grainier ne dépassant pas le total de 55 graines par phase.

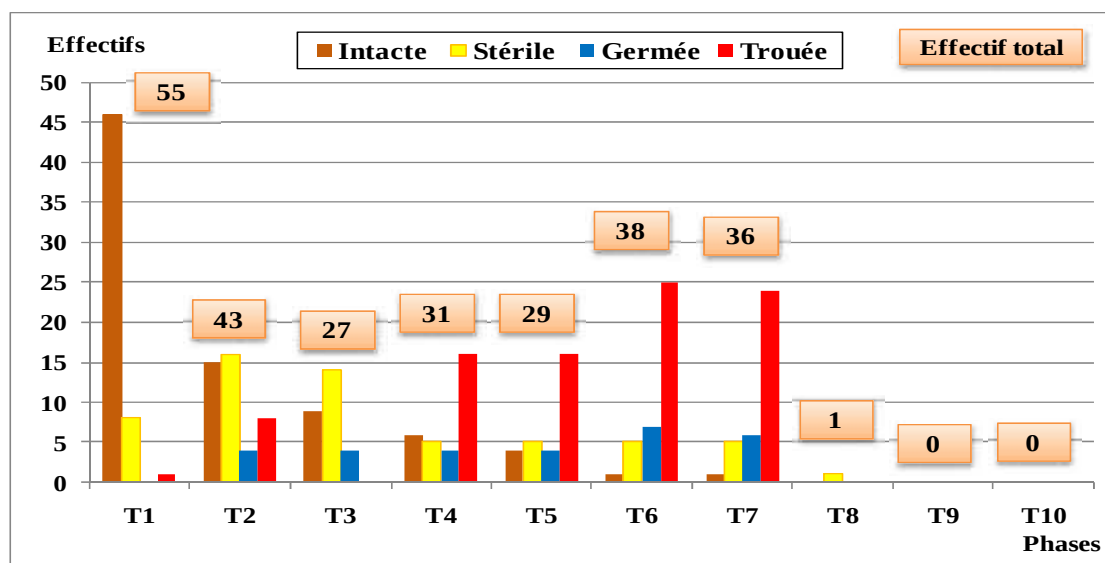


Figure 19: Dynamique de la germination des graines au cours des phases d'observation successives dans la parcelle 3 (cycle 2016)

Les phases T1, T2, T6 et T7 présentent les meilleurs effectifs totaux (Fig.19) avec respectivement 55 ; 43 ; 38 et 36. Aux dernières phases les graines sont absentes. Les effectifs des graines germées restent faibles, atteignant rarement l'effectif de 7 en T6. Les graines trouées dominent entre les phases T4 (16) et T7 (24) avec un maximum de 25 en T6. Les graines intactes dominent (46) en phase T1, les stériles en T2 (16) et T3 (14).

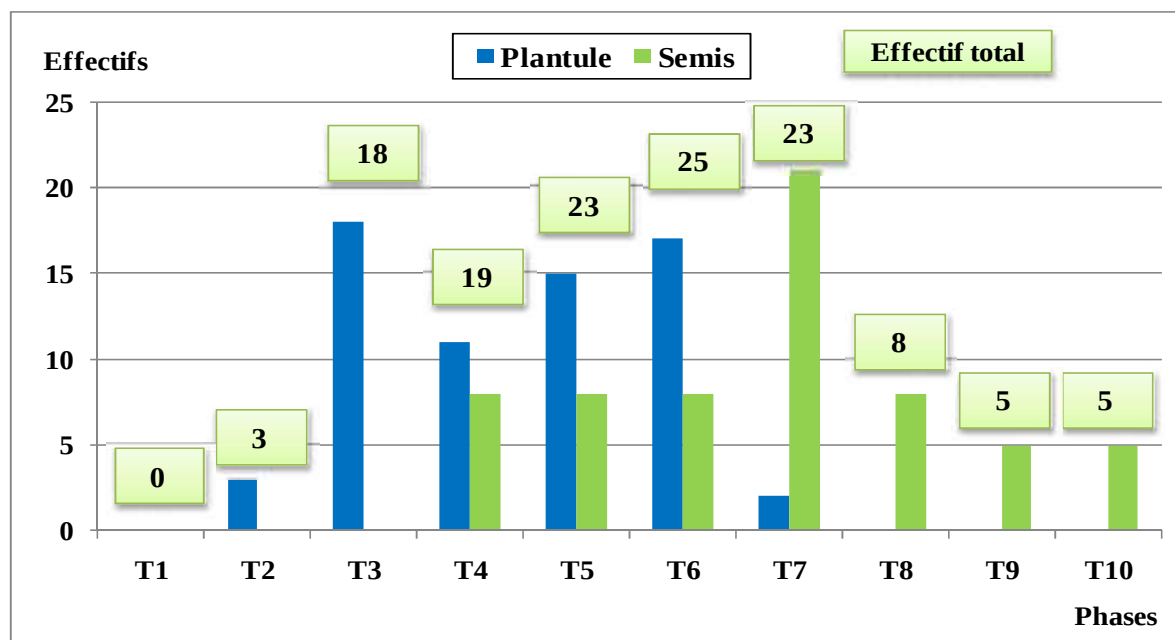


Figure 20: Dynamique de la régénération des plantules et des semis au cours des phases successives d'observation dans la parcelle 3 (cycle 2016)

Comme pour les graines, les effectifs des plantules et des semis restent faibles ; les plantules apparaissent en T2 avec de meilleurs effectifs en phases T3 (18), T6 (17), T5 (15) et T4 (11) ; et disparaissent à partir de T8. Les semis émergent en phase T4 avec un maximum de 21 en T7 et se maintiennent jusqu'à la phase T10. Les phases T5 (23), T6 (25) et T7 (23) montrent les meilleurs effectifs totaux (Fig.20).

3.2.1.4-Analyse dynamique des stocks de graines et de semis au cours des différentes phases d'observation dans la parcelle 4

La parcelle 4 est caractérisée par un fort potentiel grainier dépassant le total de 600 graines durant les cinq premières phases. Les plus forts taux sont enregistrés en phases T1 et T2 avec respectivement 2243 et 1489 graines. Les graines intactes et les graines stériles dominent en première phase avec des effectifs respectifs les plus élevés de (1390) et (823). Les graines germées émergent en phase T2 avec le plus fort effectif (795) ; celles trouées, omniprésentes au cours des phases successives, enregistrent l'effectif le plus élevé (87) en phase T3 (Fig.21).

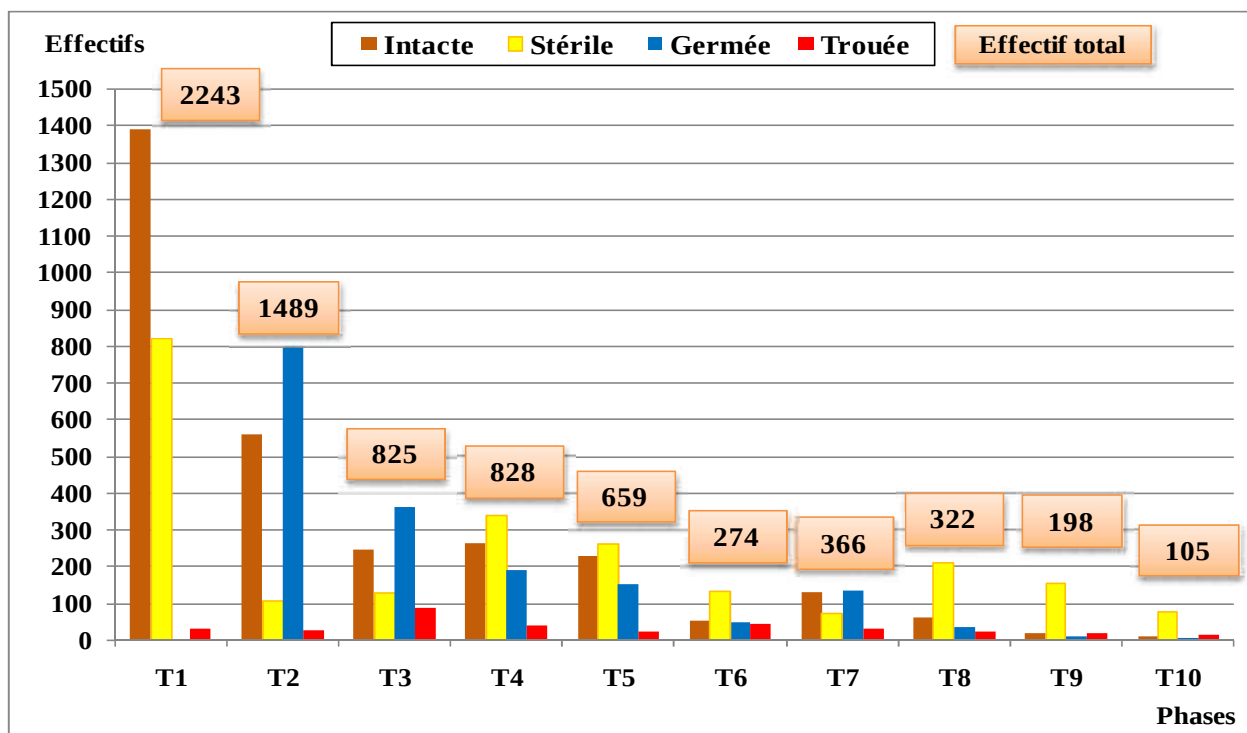


Figure 21: Dynamique de la germination des graines au cours des phases successives d'observation dans la parcelle 4 (cycle 2016)

Les plantules émergent en phase T2 et les semis en T3, et persistent durant toutes les phases d'observation. Les meilleurs effectifs des plantules caractérisent les phases T2 à T5 avec un maximum de 2000 en T3; ceux des semis, entre les phases T4 à T10 avec un meilleur effectif total de 1444 en T7 (Fig.22).

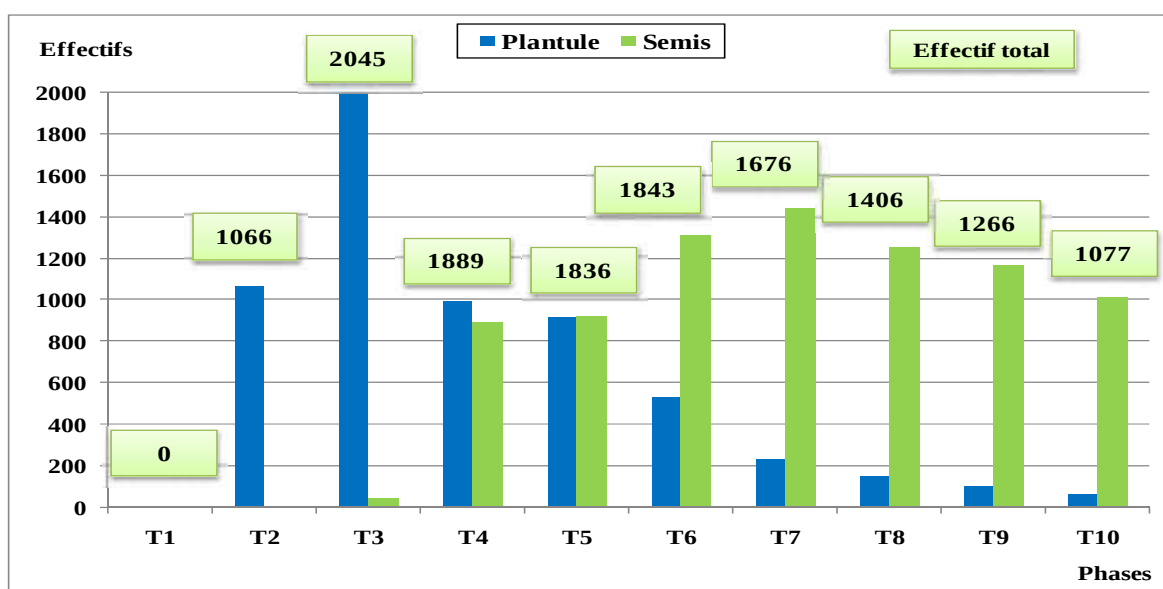


Figure 22: Dynamique de la régénération des plantules et des semis au cours des phases successives d'observation dans la parcelle 4 (cycle 2016)

Notons qu'à l'exception de la phase T1, les effectifs totaux (pantules et semis) restent appréciables (>1000 semis) même aux dernières phases. Les phases comprises entre T3 et T7 caractérisent les meilleurs effectifs totaux (>1600) avec un maximum de 2045 en T3.

3.2.2- Variation de la production moyenne en graines et en semis au cours des phases du cycle 2016

L'analyse comparative des stocks ou effectifs de graines au niveau des différentes phases d'échantillonnage des 4 parcelles de la station de Tala Rana, montre des variations importantes des paramètres statistiques, de moyenne et de coefficient de variation (Tab. II). Les moyennes importantes sont enregistrées au niveau des premières phases des parcelles P4 (T1: 35,6 ; T2 : 23,63) et P1 (T1: 29,87 ; T2 : 11,55), elles diminuent progressivement au cours des phases pour devenir respectivement faibles (1,67) à nulles (0,0) en T10. Les coefficients de variation sont supérieurs à 40% ; ils sont plus importants dans la parcelle P1 où 6/10 des phases ont un CV > 100. Notons tout de même que le taux de 775% enregistré en T10 (P1) est non significatif, dans la mesure où seul un quadrat sur 60 présente des graines. Les parcelles P2 et P3 sont caractérisées par de moyennes faibles (< 1) à nulles ; elles sont enregistrées uniquement au cours des trois premières phases pour la parcelle P2. Les coefficients de variation plus importants dans ces parcelles (≥ 138), progressent au cours des phases pour atteindre un maximal de 236% en T5 (P3). Le taux élevé de 831% enregistré en T8 au niveau de cette parcelle P3 est non significatif, vu le faible nombre de quadrats comptabilisant des graines.

Tableau II : Variation des paramètres de moyenne et de coefficient de variation des graines dans les parcelles de Tala Rana

PHASES		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Parcelles	Paramètres	GRAINES									
P1	Moyenne	29,87	11,55	7,77	5,22	3,58	2,20	1,98	1,73	0,58	0,03
	CV %	58	95	68	118	82	103	126	146	188	775
P2	Moyenne	0,50	0,38	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	CV %	151	138	185	0	0	0	0	0	0	0
P3	Moyenne	0,80	0,62	0,39	0,45	0,42	0,55	0,52	0,01	0,00	0,00
	CV %	186	225	197	231	236	191	199	831	0	0
P4	Moyenne	35,60	23,63	13,10	13,14	10,46	4,35	5,81	5,11	3,14	1,67
	CV %	89	48	44	74	83	102	62	74	95	100

CV : Coefficient de variation

L'analyse du tableau III relatif à la dynamique des semis au cours des différentes phases d'observation au niveau des parcelles de Tala Rana, montre des variations moins importantes des paramètres de moyenne et de coefficient de variation. Comme pour les graines, les moyennes importantes des semis sont enregistrées au niveau des parcelles P4 (16,92 - 32,46) et P1 (0,80 - 9,90). Les coefficients de variation sont plus importants en P1 avec globalement une progression continue au cours des phases (81 - 157). Ils sont relativement faibles et plus stables (52 - 71) en P4. La parcelle P2 est caractérisée par l'absence quasi-totale des semis. La parcelle P3 présente des moyennes faibles (< 0) avec une valeur maximale de 0,36 atteinte en T6. Ses coefficients de variation élevés (183-252) présentent des fluctuations importantes. Les maximums enregistrés en T2 (615%), T8 (378%) et T9, T10 (431%) sont expliqués par le faible nombre de quadrats comportant des graines.

Tableau III : Variation des paramètres de moyenne et de coefficient de variation des semis dans les parcelles de Tala Rana

PHASES		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Parcelles	Paramètres	SEMIS									
P1	Moyenne	0,00	9,22	4,92	9,63	9,88	9,92	3,60	2,78	1,40	0,82
	CV %	0	81	88	73	76	67	116	157	99	109
P2	Moyenne	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	CV %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3	Moyenne	0,00	0,04	0,26	0,28	0,33	0,36	0,33	0,12	0,07	0,07
	CV %	0	615	252	186	183	195	190	378	431	431
P4	Moyenne	0,00	16,92	32,46	29,98	29,14	29,25	26,60	22,32	20,10	17,10
	CV %	0	68	53	57	57	52	61	69	71	70

CV : Coefficient de variation.

Notons que quelque soient les parcelles, leurs premières phases (T1) se distinguent par des effectifs de semis nuls. Leurs apparitions en T2 coïncident avec la levée de la germination. Les moyennes importantes de semis caractérisent les phases intermédiaires (T2 à T7) et les faibles, les dernières phases du cycle des différentes parcelles.

3.2.3-Comparaison des quatre parcelles (Anova/Tukey)

L'Anova a été effectuée sur les effectifs maximums des graines et des semis, obtenus au niveau de chacune des parcelles. Cette analyse vise à faire ressortir les meilleures potentialités en graines et en semis pour chaque parcelle.

- **Comparaison du nombre maximal de graines dans les parcelles**

Le tableau suivant concerne la comparaison du nombre de graines dans les parcelles.

Tableau IV: Analyse de la variance de la variable graine dans la station de Tala Rana

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	102987,51	34329,17	84,81	< 0,0001
Erreur	195	78928,80	404,76		
Total corrigé	198	181916,30			

L'Anova relative au potentiel de production en graines au niveau des quadrats des quatre parcelles montre des différences significatives ($Pr = 0,0001 < \alpha = 0.05$) au seuil de sécurité considéré (95%), (Tab.IV). Le test de comparaison des moyennes prises deux à deux montre des différences significatives pour l'ensemble des parcelles exceptées pour les parcelles PDG3 et PDG2 (Tab.V et Tab.VI).

Tableau V : Analyse comparative des parcelles (Intervalle de confiance = 95%)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
PDG4 - PDG2	54,2500	7,1843	2,5914	< 0,0001	Oui
PDG4 - PDG3	52,8551	15,0763	2,5914	< 0,0001	Oui
PDG4 - PDG1	17,4915	4,7989	2,5914	< 0,0001	Oui
PDG1 - PDG2	36,7585	4,8494	2,5914	< 0,0001	Oui
PDG1 - PDG3	35,3635	9,9129	2,5914	< 0,0001	Oui
PDG3 - PDG2	1,3949	0,1856	2,5914	0,9977	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,6648 ; PDG : Potentiel Djurdjura Graines

Tableau VI : Regroupement des parcelles

Modalités	Moyenne estimée	Groupes		
PDG4	55,00	A		
PDG1	37,51		B	
PDG3	2,14			C
PDG2	0,75			C

PDG : Potentiel Djurdjura Graines

L'anova montre une différence significative entre le nombre de graines au niveau des parcelles (Tableau V : $p=0.0001 < 0.05$). Le test de Tukey individualise trois groupes, la

parcelle 4 (groupe A) compte l'effectif maximal de graines le plus élevé, suivie par la parcelle 1 (groupe B). Néanmoins les parcelles 2 et 3 enregistrent des effectifs faibles et proches (groupe C).

- **Comparaison du nombre maximal de semis dans les parcelles**

L'Anova relative aux potentiels en germination des semis, au niveau des quatre parcelles, montre également des différences significatives ($Pr = 0,0001 < \alpha = 0.05$) au seuil de sécurité considéré ((95%), Tab. VII).

Tableau VII: Analyse de la variance de la variable semis dans la station de Tala Rana

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	125769,78	41923,26	207,51	< 0,0001
Erreur	196	39596,97	202,03		
Total corrigé	199	165366,75			

Le test de comparaison des moyennes prises deux à deux montre des différences non significatives pour les parcelles PDG3 (P3) et PDG2 (P2) (Tab. VII et Tab. VIII).

Tableau VIII : Analyse comparative des parcelles (Intervalle de confiance à 95%)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
PDS4- PDS2	59,69	11,19	2,59	< 0,0001	Oui
PDS4 - PDS3	58,97	23,81	2,59	< 0,0001	Oui
PDS4 - PDS1	43,33	16,90	2,59	< 0,0001	Oui
PDS1- PDS2	16,37	3,06	2,59	0,0134	Oui
PDS1- PDS3	15,64	6,23	2,59	< 0,0001	Oui
PDS3- PDS2	0,72	0,14	2,59	0,9991	Non

Valeur critique du d de Tukey : 3,6646 ; PDS : Potentiel Djurdjura Semis

Tableau IX : Regroupement des parcelles

Modalités	Moyenne estimée	Groupes		
PDS4	59,69	A		
PDS1	16,37		B	
PDS3	0,72			C
PDS2	0,00			C

PDS : Potentiel Djurdjura Semis

L'Anova relative au nombre maximal de semis montre également une différence significative (Tableau : $p = 0.0001 < 0.05$). Le test de Tukey individualise aussi, trois groupes ; la parcelle

4 (groupe A) compte l'effectif maximal le plus élevé, suivie de la parcelle 1 (groupe B). Les parcelles 2 et 3 enregistrent des effectifs faibles et proches (groupe C), la différence n'est pas significative entre ces parcelles (Tab. IX).

3.3-ANALYSE COMPARATIVE DES TROIS CYCLES DE SUIVI DE LA REGENERATION

L'analyse comparative des trois cycles de suivi de la régénération (graine et semis) est basée sur la caractérisation qualitative et quantitative de chaque cycle de suivi par les paramètres statistiques de somme (total), moyenne, variance, écart type et coefficient de variation.

Tableau X : Comparaison de la régénération au cours des trois cycles de suivi

SUIVI DE LA REGENERATION NATURELLE DU CEDRE DE L'ATLAS DANS LA STATION DE TALA RANA (2014-2015-2016)													
SUIVIS		SUIVI 2014				SUIVI 2015				SUIVI 2016			
PARCELLES		P1 (60q)	P2 (9q)	P3 (69q)	P4 (63q)	P1 (60q)	P2 (9q)	P3 (69q)	P4 (63q)	P1 (60q)	P2 (9q)	P3 (69q)	P4 (63q)
GRAINES	Fertile	60	0	54	169	505	0	5	973	1433	0	65	1534
	Stérile	63	0	57	163	283	0	9	654	412	6	33	962
	Percée	98	0	103	327	127	0	3	203	74	0	35	150
	Germée	0	0	0	0	107	0	1	110	326	0	15	819
	Total Parcelle	221	0	214	659	1022	0	18	1940	2245	6	148	3465
	Total Station	1094 (11%)				2980 (30%)				5864 (59%)			
	Moy/ Q	3,68	0	3,1	10,46	18,50	0	0,26	30,31	37,42	0,75	2,14	55
	Variance	3,75	0	2,39	20,25	218,55	0	0,46	443,77	405,23	0,5	6,13	881,13
	Ecart type	1,94	0	1,54	4,50	14,78	0	0,68	21,07	20,13	0,71	2,48	29,68
	CV%	53	0	50	43	80	0	260	69	54	94	115	54
	Semis	4	0	0	10	5	0	0	1	982	0	50	3761
	Total Parcelle	4	0	0	10	5	0	0	1	982	0	50	3761
SEMIS	Total Station	14 (0,3%)				6 (0,1%)				4793 (99,6%)			
	Moy/ Q	0,07	0	0	0,16	0,10	0	0	0,02	16,37	0	0,72	59,70
	Variance	0,06	0	0	0,14	0,08	0	0	0,02	100,10	0	1,76	541,47
	Ecart type	0,25	0	0	0,37	0,29	0	0	0,13	10,01	0	1,33	23,27
	CV%	3,74	0	0	232	322	0	0	800	61	0	183	39

P : parcelle ; q : quadrat ; Moy : moyenne ; CV : coefficient de variation.

L'analyse comparative des trois cycles de suivi de la régénération au niveau de la station de Tala Rana, montre que celui de 2016 domine largement les cycles qui les précèdent (2014 et 2015), qualitativement et quantitativement (Tab.X). Le potentiel de régénération est plus important durant ce cycle 2016 par rapport à la production totale des trois cycles, avec 5864 graines (59%) et 4793 semis (99,6%), suivi par les cycles, 2015 avec 2993 graines (30%) et 6 semis (0,1%), puis 2014 avec 1094 graines (11%) et 14 semis (0,3%). Au plan qualitatif, la

parcelle forestière (P4, 2014), montre un taux élevé de graines percées (50%) avec un taux de germination nul. La parcelle P4 (2016), montre le taux le plus élevé (24%) de graines germées. Les coefficients de variation pour les graines, sont plus importants (69%) en 2015 où le nombre varie de 0 à 94. Concernant les semis, le même cycle enregistre un coefficient de variation de 800% où un seul quadrat sur les 63, enregistre une présence de graines, suivi par le cycle 2014 avec un coefficient de 232% où dix quadrats seulement sur les 63 présentent des semis.

4-DISCUSSION

La régénération naturelle se réalise, dans le cas du cèdre de l'Atlas, exclusivement par voie sexuée. Elle dépend étroitement du stock de graines dans le sol (Quézel & Médail, 2003), de la qualité et la distribution des microsites favorables au recrutement et des facteurs impliqués dans la croissance et la mortalité des semences et des stades juvéniles (Addar *et al.*, 2016), notamment climatiques et édaphiques. Ces derniers peuvent exercer un effet conjugué ou seul sur l'installation et le maintien des semis ainsi que sur leur croissance.

L'importance de l'effet de chacun de ces facteurs est variable (Madjour, 2015). D'après Gaudio (2010), le succès de la régénération naturelle, en peuplement irrégulier, est conditionnée par la compréhension et la quantification des interactions – via les ressources du milieu (lumière, eau et nutriments) et la modification des conditions microclimatiques. Le facteur lumière est primordial au fonctionnement de toute espèce végétale ; étant une essence forestière de demi-ombre, le cèdre est héliophile à l'état adulte, mais nécessite un abri aux stades juvéniles, procuré en général par le couvert végétal. En effet, l'influence des arbres adultes sur le microclimat a des répercussions sur les jeunes semis qui émergent en sous-bois, en modulant les variations microclimatiques pour le maintien des ambiances forestières propices au développement de plantules plutôt sciaphiles ou héliophiles, tolérant ou non un stress hydrique ou des températures extrêmes Gaudio (2010). Ce sous bois, filtre et diminue les niveaux de radiations (Gaudio *et al.*, 2011 ; Celle *et al.*, 2014) en empêchant les radiations nocives d'atteindre le sol (Lamhamedi & Chbouki, 1994). Dans notre étude, nous avons mis en exergue les interactions pour la lumière, indirectement en nous basant sur l'importance relative des paramètres dendrométriques (densité, recouvrement de la strate arborée et circonférence à 1m30) qui constitueraient de bons indicateurs des conditions écologiques de croissance (Zhang & Chauret, 2001 ; Adili, 2012).

Le déficit du recrutement au niveau des essences forestières dépend de deux paramètres (Clark *et al.*, 1999). Le premier est dû aux taux faibles et aléatoires de production de graines

ou d'établissement des plantules. Le second, est lié aux facteurs stationnels d'ordre biotique et/ou abiotique (Herrera *et al.*, 1994 ; Meiners *et al.*, 2002 ; Quézel & Médail, 2003). En effet, les forts potentiels en production de graines (PG) et de semis (PS) sont enregistrés dans de bonnes conditions trophiques et hydriques ((M10, M11, M5, M8) P1 : (254-453) et (M5, M2, M1, M7) P4 : (380-1089) pour les graines ; et (M10, M11, M5, M8) P1 : (93-199) et (M5, M2, M7, M1, M10) P4 : (332-1095) pour les semis. Ils sont associés à l'existence de microsites favorables (faible compétition herbacée, sol profond, microtopographie favorable (situation concave, humidité et rugosité), éclaircissement modéré...) bénéficiant d'une protection ligneuse. Le microclimat dans le sous-bois, appelé aussi « ambiance forestière » dépend de la qualité de l'éclaircissement mais aussi des caractéristiques de la canopée adulte – identité et âge des arbres, structure spatiale, etc. (Aussenac, 2000 ; Balandier & Pauwels, 2002 ; Barbier *et al.*, 2008). Cela confirme le rôle joué par la structure de la cédraie dans l'approvisionnement en graines et l'aboutissement des semis. En effet, seuls les microsites des parcelles P1 et P4 comportent des potentiels semenciers à cèdres. D'après Gaudio (2010), une régénération naturelle continue dans le temps et dans l'espace, ne peut être assurée que par le biais du maintien permanent d'une source de graines sur pied (maintien d'un couvert arboré adulte).

Les meilleures régénérations à cèdres sont obtenues (sous un couvert végétal moyen) sous des éclaircissements moyens dans la parcelle P4, cas des microsites ; M5(1089), M2(724), M1(522) et M7(380) pour les graines, et M5 (1095), M2 (692), M7 (488) et M1(368) pour les semis. Aussi, les meilleurs potentiels en graines (PG) et en semis (PS) sont obtenus dans des conditions similaires, soit sous le couvert arboré du cèdre, cas des microsites de la parcelle P1 : M10, M11, M5, M8 avec des potentiels (PG) et (PS) respectifs de (453-199), (399-198), (254-150), (249-93) ; ou sous le couvert arboré du chêne vert, cas des microsites de la parcelle P3 : M11, M12, M1, M8 avec des potentiels respectifs en graines et en semis de (6-38), (9-26), (9-19), (6-12).

Ces microsites potentiels d'accueil des graines et des semis, dépendent en premier lieu, de la microtopographie (replats, concave, coulée...), des obstacles (bois mort, blocs, affleurements), de leur rugosité et leurs distances des semenciers, qui leur permettent une meilleure réceptivité des graines. Dans un deuxième temps, ils dépendent des conditions microclimatiques qui règnent à leurs niveaux, et qui sont propices à la germination des graines, l'émergence des plantules et le développement des semis. La satisfaction de ces deux conditions, permettent de meilleurs potentiels en (PG) et en (PS), cas des microsites (M10, M11, M5, M8, M6) P1 et (M11, M12, M1) P3. Dans ces cas, les bois morts, les pierres, les

concavités, les coulées... retiennent les graines et les couverts arborés, à cèdres et chênes verts, associées aux sous bois de *Quercus ilex* en cépée, genévrier oxycèdre, graminées en touffes, offrent des microclimats favorables pour l'installation des plantules et leur développement. C'est aussi le cas du microsite à *Ampelodesma mauritanicum* sous le chêne vert arboré (M9), où le diss en tant qu'obstacle, retient les graines et le chêne vert crée un microclimat favorable pour leurs germinations.

A l'inverse, de meilleurs potentiels en graines n'assurent pas forcément une bonne régénération si les conditions microclimatiques ne sont pas suffisantes, tels le cas des microsites : (M3, M12, M7) P1 et (M11, M12, M6) P3 avec des potentiels (PG) et (PS) respectifs de (133-47 ; 30-12 ; 217-61) P1 et (38-6 ; 26-9 ; 11-0) P3. En effet, ces microsites à : *Bupleurum spinosum* en périphérie (M1), *Astragalus armatus ssp numidicus* (M12), racines apparentes à cèdres avec affleurements (M7), dans la parcelle P1 ; ou : sous grand cèdre en périphérie du (M11), à *Astragalus armatus ssp numidicus* et *Thymus* (M12), à bois mort en clairière (M6), dans la parcelle P3, même s'ils constituent d'excellentes structures d'accueil pour les graines, en revanche, ils n'offrent pas les conditions requises pour l'établissement des semis.

L'effet positif de la lumière sur les résineux a été largement démontré, notamment en ce qui concerne le stade semis (Mason *et al.*, 2004). L'éclairement arrivant en sous-bois doit être suffisant pour assurer l'établissement et la croissance des semis, sans permettre une colonisation massive par une végétation de sous-bois compétitrice pour les ressources du milieu (Lieffers *et al.*, 1999). Ainsi, un couvert modéré suffirait à réduire l'évapotranspiration et à protéger les jeunes semis (Ezzahiri & Belghazi, 2000 ; Gomez-Aparicio *et al.*, 2004). De Chantal *et al.*, (2003), montrent qu'en réponse à une augmentation d'éclairement dans des peuplements d'épicéas, la biomasse aérienne d'un semis de pin peut passer de 0.01 à 0.7 g et la surface foliaire projetée de 0.1 à 40 cm², pour des éclaircissements respectifs de 100 et 1200 MJ/m². Von Lüpke (1998), enregistre une réduction de la croissance en hauteur des chênes sessiles pour des éclaircissements inférieurs à 40% ainsi qu'une forte mortalité apparaissant pour des éclaircissements inférieurs à 10%. Von Lüpke (1998), ont aussi montré que le diamètre des semis de hêtre dans les peuplements éclaircis (39%) est deux fois supérieur à celui des semis poussant sous les peuplements fermés (10%).

A l'inverse, un éclaircissement excessif dû à la diminution de la couverture arborée, entraîne des modifications de la composition spectrale en sous-bois (Balandier *et al.*, 2006a,b ; Seiwa *et al.*, 2009, Sonohat *et al.*, 2004) ou encore une modification des températures et de la

répartition des précipitations (Barbier *et al.*, 2009). Cet excès de lumière est néfaste aux régénérations par les radiations nuisibles (ratio rouge clair/rouge sombre) qui aboutissent au niveau du sol et altèrent la croissance des semis (Lamhamedi & Chbouki, 1994 ; Gómez-Aparicio *et al.*, 2006). C'est le cas des microsites à faible PS tels que M2 (à fétuques et herbacées) : 12 semis, M12 (à *Astragalus armatus ssp numidicus*) : 13 semis (parcelle P1) ; M3, M13 et M14 (à cèdres jeunes et clairs, parcelle P3 sans aucun semis.

Il est également connu que la qualité de la lumière peut avoir un impact sur la germination des graines de certains conifères. Une plus grande ouverture du peuplement permet d'obtenir un taux plus élevé de germination des graines Lamhamedi & Chbouki (1994). Ainsi, malgré l'effet bénéfique, avéré de la lumière dans les apparitions précoces des germinations, il reste tout de même néfaste pour leur développement à l'approche de la saison estivale (Lepoutre, 1964). Les graines de cèdres sont capables de germer indifféremment, à la lumière où à l'obscurité ; elles font partie de la catégorie « non photosensibles » Toth (2005).

L'effet microsite est sous le contrôle de deux principaux paramètres : les caractéristiques structurales et nutritionnelles du substrat, et les conditions microclimatiques conditionnant directement le succès de germination et de croissance des plantules (Quézel & Médail, 2003).

La présence de litière, induit des effets positifs (évapotranspiration et températures tamponnées), mais elle peut altérer les conditions micro-environnementales des horizons supérieurs du sol en interceptant la lumière et les pluies incidentes, et en modifiant la structure et la surface du sol (Facelli & Pickett, 1991). Dans notre cas, la litière est abondante globalement dans les microsites de la parcelle P4 : M8, M9 (sous chêne vert et cèdre) et M7 (sous genévrier) ; et les microsites M5, M9, M10 et M11 de la parcelle P1. Au niveau de ces derniers la litière accumulée est importante soit par, les obstacles abiotiques qui la retiennent, ou par le sous bois dense de chêne vert ou de genévrier qui la concentre à leurs niveaux. En effet, la végétation du sous bois interfère alors avec le développement de la régénération, et plus particulièrement avec celui des semis, via l'utilisation des ressources du milieu mais aussi par le biais de processus chimiques (allélopathie) (Ballester *et al.*, 1982 ; Gallet & Pellissier, 2002 ; Mallik, 2003 ; Timbal *et al.*, 1990) ou physiques (Ghorbani *et al.*, 2006, Janecek & Leps, 2005). L'accumulation de cette litière constitue des obstacles mécaniques empêchant les radicelles des semis d'atteindre rapidement les horizons du sol (Addar & Oudineche, 1994 ; Ezzahiri *et al.*, 1994 ; Addar, 2003).

Dans les microsites M5P4 et M2P1, enherbés par les fétuques, la strate herbacée peut jouer un rôle d'écran vis-à-vis des fortes températures printanières, par contre en été, ces graminées

entrent en compétition avec les semis pour la moindre ressource hydrique. En effet, les racines de graminées sont prépondérantes dans les premiers horizons du sol (Coll *et al.*, 2003) et entament leur croissance un mois avant celles des dicotylédones et de manière plus rapide, ce qui entraîne rapidement une baisse des ressources et de la teneur en eau du sol. Cette compétition entraîne aussi une forte diminution de la biomasse des semis (Coll *et al.*, 2004), une réduction de circonférence (Wagner *et al.*, 2006) et un abaissement de 85% de la biomasse totale (Picon-Cochard *et al.*, 2006). Cependant, l'effet négatif de la compétition sur les semis ne se ressent donc que pour de fortes intensités lumineuses (Pardos *et al.*, 2007).

Dans le reste des microsites, elle ne constitue pas un obstacle vu qu'elle est continuellement perturbée par le piétinement récurrent des bovins et le labourage du sol par les sangliers. Les graines atteignent le sol et les plantules y émergent.

Une interaction positive peut avoir lieu par le biais de processus mécaniques où le maintien des semis dépendra de la présence d'un sous étage arbustif. Ce sous bois assure aux semis une protection mécanique contre, les animaux (broutage et piétinement par les bovins, et labourage du sol par les sangliers), les écarts thermiques (gel et dégel), les pluies torrentielles, et la neige. Il offre ainsi, un microclimat favorable par la disponibilité de l'eau et des éléments minéraux dans le sol (Gomez-Aparicio *et al.*, 2004 ; Guedira *et al.*, 2008 ; Gaudio, 2010 et 2011). Cette interaction positive a été notamment observée dans les microsites : M5 (cépée à chêne vert), M9 (à genévrier oxycèdre) avec des PS respectifs de 150 et 82 dans la parcelle P1; M9 (à diss) avec le meilleur PS : 10, dans P3 ; M7 (à *Juniperus oxycedrus*) et M9 (à cèdre et chêne vert) avec des PS respectifs de 488 et 169 dans la parcelle P4. En effet, l'effet nursing du chêne vert en procurant un microclimat favorable aux semis de cèdres a été rapporté par plusieurs auteurs (Marion, 1954 ; Lepoutre, 1960, 1961 ; Pujos, 1963 ; Addar & Oudineche, 1994 ; Ezzahiri *et al.*, 1994 ...)

Par ailleurs, les obstacles abiotiques (affleurements, blocs, bois morts...) et biotiques (branches latérales d'arbres, racines apparentes, coussinets épineux..) constituent de bons réceptacles pour les graines, d'une part en les piégeant sur place et d'autre part, en protégeant les semis issus de ces dernières, du broutage et du piétinement par les animaux, tel le cas des microsites de la parcelle P1 : M3 (à bois morts) ; M6 (à affleurements et thymus) et M7 (à racines apparentes de cèdres) avec respectivement des PG de (133 ; 241 ; 217) et des PS de (47 ; 82 ; 61). Malgré les faibles PG et PS dans la parcelle P3, les meilleurs résultats sont obtenus au niveau des microsites : M6 (à bois mort) avec un PG de 11 et M9 (à touffes d'*Ampelodesma mauretanicum*) avec un PS de 5. Pour la parcelle P4, les microsites M1 (à tronc

d'arbre en pente), M5 (avec affleurements), M7 (à buisson épineux à genévrier oxycède) et M10 (à surface rocailleuse avec bois mort) présentent des résultats appréciables avec des PG > 253, et des PS > 332.

Le microsite M5 enregistre les meilleurs potentiels en PG : 1089 et en PS : 1095, suivi par M2, M1, M7 et M10, avec des potentiels respectifs en PG de (724 ; 522 ; 380 ; 253) et en PS de (692 ; 368 ; 488 ; 332). Les PG et les PS de ces microsites, dépendent étroitement de leurs distances et de leurs positions par rapport aux semenciers potentiels, tels le cas des microsites de la parcelle P4 situés en plein forêt et à un degré moindre ceux de la parcelle P1, située en lisière et comportant 3 semenciers âgés.

La variation des potentiels moyens en graines (PMG) et en semis (PMS), exprimée par les coefficients de variation (CV) enregistrés au niveau de ces microsites (Tab. I), dépendent de l'effectif de leurs quadrats respectifs et du mode de distribution des graines et des semis à leurs niveaux. En effet, plus la distribution de ces derniers, présente de grandes disparités entre les quadrats, plus le CV est grand. C'est le cas des microsites : (M5, M11) P1, M3 (P2), (M3, M14) P3, (M2, M5) P4 pour les PMG et (M3, M11) P1, (M4, M11) P3, (M5, M8) P4 pour les PMS.

Ces potentiels moyens en graines et en semis au niveau des microsites varient différemment au niveau des parcelles avec respectivement : P1 (15,00-62,25) (6,50-23,25) ; P2 (0,33-1,00), P3 (0,25-11,00) (0,33-5,00) ; P4 (29,00-87,00) (34,75-84,50). Les coefficients de variation correspondants sont variables, dans la parcelle P1, ils sont de 67% (PMG) et 104% (PMS) pour M11, ce microsite, formé de 20 quadrats, présente une grande disparité variant de 3 à 45 pour les graines et de 0 à 30 pour les semis.

Dans la parcelle 1 P1, les PMG les PMS présentent des variations respectives de 3-67 et de 11-104. Le microsite M3 composé de trois quadrats (3Q) montre le CV du PMG le plus faible (3%) de cette parcelle, il est associé à des effectifs de graines proches (45- 45 et 43). Le CV de son PMS est de 49%, les effectifs de ses quadrats respectifs sont de 24-9 et 14 semis. Dans le microsite M5 (6Q), les effectifs des graines et des semis à travers les six quadrats sont proches, les CV correspondants sont peu variables, ils sont de 42% et 45%.

La parcelle P2 faiblement représentée en microsites (3), montre des CV nuls pour M1, vu les effectifs similaires de ses quadrats, et élevés pour M2 (100%) et M3 (170%). Ces microsites présentent au niveau de leurs quadrats de grandes variations des effectifs des graines.

La parcelle P3 est représentée par le plus grand nombre (14) de microsites. Hormis le microsite M6 (PMG : 11), tous les autres microsites présentent des moyennes de graines et de semis inférieures à 6. Le faible apport des graines limite automatiquement le recrutement des semis. Les PMS sont globalement faibles (< 5) à nuls.

Les CV du PMG, les plus élevés (200%), sont enregistrés au niveau des microsites M3 et M14. Dans ces derniers, représenté chacun par 4 quadrats, un seul comptabilise la présence d'une graine. Pour le PMS, les microsites M4 (6Q) et M11 (7Q), marquent des CV élevés, respectifs de 245% et 184%. Leurs quadrats respectifs, montrent de grandes disparités en termes d'effectifs des semis, où un seul quadrat en M4, et deux seulement en M11, marquent la présence des semis. Les plus faibles CV sont à l'actif du microsite M9 avec (28%) pour le PMG et 57% pour le PMS. Ce microsite avec deux quadrats seulement, présente des effectifs assez proches (2 et 3) pour les graines et plus espacés (3 et 7) pour les semis.

La parcelle P4 est représentée par un nombre de 10 microsites, les forts PMG caractérisent M1(87), M5(68) et M7(67,33). Les forts CV sont enregistrés, au niveau des microsites M2 (15Q : 60%), M5 (16Q : 56%) et M8 (3Q : 38%) avec des variations d'effectifs respectives de 20 à 119 ; 28 à 170 et 25 à 53. Le plus faible CV est au niveau du microsite M9 avec 5%, ses deux quadrats présentent des effectifs voisins de 30 et 28 graines.

Pour les PMS, les fortes moyennes concernent M1(61,33), M5(68,44), M7(81,33), M8 (74,33) et M9 (84,50). Les plus forts (CV) sont enregistrés au niveau des microsites M8 (45%) et M5 (40%), leurs quadrats respectifs (3Q) et (16Q) présentent des variations moyennes oscillant entre 49 et 112 pour le premier, et entre 36 et 129 pour le second. Le microsite M3 situé en amont des cèdres et représenté par la coulée en pente, est caractérisé par de faibles moyennes pour les graines (32) et pour les semis (34,75). Les plus faibles (CV) sont consignés au niveau des microsites M9 (2Q : 11%) et M10 (6Q : 12%). Les effectifs des graines de leurs quadrats respectifs au nombre de (2Q) et (6Q), présentent de faibles variations fluctuant entre 78 et 91 pour le premier microsite, et entre 49 et 58 pour le second.

Les recherches ont montré que la régénération naturelle des essences forestières est le résultat d'un enchaînement de phénomènes (climatiques, édaphiques, biotiques et humains) qui agissent sur le cycle de production des graines, le cycle d'ensemencement et la survie des semis. Elle est étroitement liée au modèle de la structure spatiale des peuplements forestiers (Ngo Bieng, 2007) et à la dynamique du sous-bois (Pérot, 2009).

Le cèdre contrairement aux autres conifères, fleurit en automne ; la pollinisation est anémophile (Arbez *et al.*, 1978). D'après Toth (1978), les premières fructifications sont obtenues en moyenne vers l'âge de 25 ans, et la régénération naturelle ne peut avoir lieu qu'après 30 ans. Pour Lamhamedi & Chbouki (1994) et Toth (2005), sur des stations fertiles, les cônes peuvent apparaître sur les arbres dès 15 à 20 ans mais la fructification ne devient suffisante pour une régénération qu'à partir de 40 ans. Dans le cas des parcelles P4 et P1, les sujets de cèdres sont âgés (globalement, le DBH est supérieur à 2 mètres) et caractérisés par un bon potentiel reproducteur. Ce qui leurs confèrent les meilleurs effectifs totaux de graines, supérieurs à 215 dans la parcelle P1, et dépassant les 600 dans la parcelle P4, durant les cinq premières phases, avec des maximums respectifs de 1792 et 2243 graines en phases T1. La fructification de cèdre est le facteur déclencheur de la régénération. L'obtention d'une bonne fructification a lieu lorsque les arbres sont âgés, bien individualisés (densité : 501 arbres/ha) avec des cimes étalées et une bonne biomasse foliaire, (Lamhamedi & Chbouki, 1994 ; Dubé, 2007), tels le cas des parcelles P1 et P4.

Contrairement, dans la parcelle P3, le plus grand cèdre (M11, DBH : 1,03 m), ne produit pas encore de cônes (la production est limitée aux chatons) et les seuls apports ne peuvent provenir que de la parcelle P1, située en amont du massif forestier qui est distant d'environ 30m. Ses effectifs totaux de graines, sont faibles et compris entre 27 (T3) et 55 (T5). Ainsi, le recrutement de cèdres relativement plus important (présence de toutes les classes d'âge) dans la parcelle P3 comparativement à la parcelle P1, malgré le faible apport en graines, s'expliquerait par, sa situation topographique mi-versant induisant une meilleure rétention en eau, par la coulée qui la traverse et l'alimente en eau de pluie et de fonte des neiges, par sa protection vis-à-vis des fortes insolation au levé du jour par les deux chênes verts arborés situés à l'est de la parcelle et par ses sols caillouteux qui la caractérisent. En effet, malgré sa rusticité et son indifférence à la nature lithologique du sol (M'hirit, 1999), le cèdre de l'Atlas a une préférence pour les sols profonds, meubles et caillouteux, (Schönenberger, 1970 ; Toth, 1971 et 1981). Il réussit sur les sols caillouteux même calcaire si la profondeur prospectable par les racines est suffisante (Putod, 1974 ; Toth, 1980 et 2005).

La parcelle P2 asylvatique, compte le plus faible effectif de graines, enregistré uniquement durant les trois premières phases avec un maximum de 4 en phase T1 (25/12/2015). La seule présence des graines stériles en P2 s'explique par leurs légèretés, vu l'éloignement de la parcelle des semenciers potentiels de 60 mètres ; cette distance constitue la limite de dissémination des graines de cèdre. Toth (1973) a établi que la majeure partie des graines

tombent dans un rayon de 10 m, mais beaucoup peuvent se trouver encore à 20 m ; au-delà de cette distance, leur nombre diminue. Les graines sont disséminées par le vent sur une distance de 20 à 50 m (Ezzahiri, 2000).

Les moyennes élevées de graines intactes et de graines stériles, caractérisent les premières phases d'échantillonnage, correspondant à la période de désarticulation des cônes (apport appréciable en graines). C'est le cas notamment des parcelles P4, P1 et à un degré moindre P3 ; même pour la parcelle P2, sans semenciers, les seules présences de graines, caractérisent ces mêmes phases d'échantillonnage.

En effet, la désarticulation des cônes a lieu en automne aux alentours d'octobre ou de novembre de l'année N+2 et peut même empiéter de plusieurs mois sur l'année N+3 durant les années à hiver doux (Toth, 1980 et 2005 ; Aidrous-Larbi, 2007). Dans notre cas, une désarticulation abondante des cônes est observée au courant du mois de décembre ; elle est certainement survenue après une alternance de périodes de gel et de dégel précédées d'une humidité suffisante (Toth, 2005).

Les graines germées, apparaissant en phase T2 (première décade du mois de mars) ; elles correspondent à des germinations précoces (Lepoutre, 1961). A l'exception des parcelles de clairière (P2 et P3), elles continuent à germer jusqu'aux dernières phases (T10), les conditions de germination étant toujours satisfaisantes. En effet, la désarticulation des cônes et la dissémination naturelle des graines ne commencent pas avant la mi-novembre, au plus tôt, avec un maximum dans les 2 à 3 semaines qui suivent et peuvent s'échelonner, en décroissement progressif, jusqu'en avril de l'année N+3, si l'hiver est doux (Toth, 2005). Les graines trouées faiblement représentées au cours des phases d'observation, dominant dans les milieux ouverts (P3) à fort éclaircissement (les fortes chaleurs favorisent la prolifération d'insectes, observés surtout en 2014 et 2015 entre les phases T4 et T7).

La régénération naturelle des peuplements forestiers est aussi soumise aux contraintes de la prédation par les insectes, oiseaux granivores, mammifères... En effet, les graines peuvent subir des prédateurs post-dispersion, importantes avant même d'être enfouies ; les prédateurs des graines (rongeurs, granivores...) peuvent influencer la persistance des graines dans le sol en les consommant. Ainsi, après leur dispersion, 61 à 96% des graines sont consommées par les divers oiseaux et rongeurs indépendamment du type de microhabitat (Castro *et al.*, 1999). Sur un total de graines intactes de 60 à 67%, ils ne subsistent qu'entre 0,2 à 0,6 % de graines aptes à germer sur le sol, après les différents épisodes de prédation. D'après Castro *et al.*,

(1999) ; Gutter & Laberch (1974), seulement 16% des plantules atteignent l'âge de quatre ans et demi.

Les premières phases (T1) de l'ensemble des parcelles présentent des effectifs nuls de plantules, les conditions de germination n'étant pas encore réunies. Acquisées, en phase T2, les plantules et les semis émergent ; ces derniers dominent durant cette phase avec un total (plantules et semis) de 553, dont un maximum de 595 en T6 (P1). Dans cette parcelle, les effectifs totaux dépassent les 500 entre T2 et T6 sauf en T3 où elle enregistre un faible effectif de 295 semis. A la même phase (T3), la parcelle P4 enregistre le meilleur effectif total avec 2045 semis ; entre les phases T4 et T6, les effectifs sont voisins de 2000. La phase T3 (03/04/2016) correspond à une période enneigée avec de faibles températures, plus marquées dans la parcelle P1, représentée par une lisière (milieu ouvert), comparativement à la parcelle P4 forestière, milieu fermé réduisant les écarts thermiques. En effet, les basses températures constituent un obstacle à l'émergence des germinations, comme rapportée par plusieurs auteurs (Marion, 1955 ; Lepoutre, 1960 et 1961 ; Lepoutre & Pujos, 1964 ; Pujos, 1964...). Aux dernières phases (T8, T9 et T10), ces effectifs totaux, diminuent sensiblement, malgré le maintien d'un effectif considérable de (1077) semis en T10 (P4). Dans cette parcelle le taux de survie est de 53% (1077/2045), alors qu'il n'est que de 8% (49/595) dans la parcelle P1. Ceci pourrait être dû à la baisse sensible des réserves hydriques (évaporation importante) dans les milieux très éclairés, à l'approche de la saison estivale. D'après Quézel & Médail (2003), la phase la plus critique est le passage du stade plantule au stade juvénile avec un taux de survie de 9,3% de plantules chez l'olivier ; le stress hydrique est responsable de la mortalité de 70% des germinations. Les facteurs abiotiques constitueraient donc les déterminants majeurs des fluctuations de recrutement. Dans notre cas, le meilleur taux de survie enregistré est de 50% dans la parcelle forestière, et seulement à la première décade du mois de juin. En effet, le taux de mortalité des plantules est significativement plus fort sur les pentes sèches que sur les replats humides (Quézel & Médail, 2003).

Dans la parcelle P2, asylvatique et située en haut de versant, les semis sont absents vu l'apport nul en graines fertiles. La parcelle P3, positionnée en mi-versant, présente son meilleur effectif (25) en phase T6 ; son taux de survie est de 20% (5/25). Malgré son faible effectif de semis (5) en phase T10, et comparativement à la parcelle P1 qui compte 49 semis à la même phase, la parcelle P3 est la seule à comporter des cèdres de différentes classes d'âge. La topographie détermine la circulation latérale de l'eau en surface ou dans les horizons superficiels ; en effet, la disposition des cèdres dans cette parcelle, suit les griffes d'érosion

engendrées par le ruissèlement de l'eau en surface. Les terrains convexes ou situés en haut de pente ont donc généralement un bilan hydrique défavorable (cas des parcelles P1 et P2) par rapport aux situations concaves ou basses où l'eau peut se concentrer. Par ailleurs, l'épaisseur des sols est souvent corrélée à la forme du terrain, et dépend de la répartition des matériaux engendrés par le biais de l'érosion superficielle. Les liens entre topographie locale et bilan hydrique sont établis : les sols profonds et bien alimentés en eau se trouvent préférentiellement dans les situations de bas de pente (vallon, plaine) et les sols défavorables dans les zones de départ en haut de pente (sommet, croupe). Le milieu de pente est une situation intermédiaire, de transit, dont les potentialités forestières peuvent être très diverses, tel le cas de la parcelle P3 très hétérogène et à recrutement appréciable en cèdres. Aussi, le cèdre étant très sensible à l'aération du sol, il valorise, mieux que d'autres essences, les sols caillouteux ou même riches en blocs; ce type de sol caractérise cette parcelle.

Les moyennes importantes, relatives au potentiel de production de graines (Tab. II), sont enregistrées au niveau des premières phases (T1) de l'ensemble des parcelles, dont les plus importantes sont dans les parcelles P4 et P1 avec respectivement 35,6 et 29,87. Celles des clairières sont faibles avec 0,50 (P2) et 0,80 (P3). Ces premières phases d'échantillonnage correspondent à la désarticulation des cônes qui permettent un apport appréciable en graines. La dissémination des graines s'effectue en fin de novembre après la désarticulation naturelle des cônes, (Ezzahiri, 2000). Ces moyennes diminuent progressivement au cours des phases successives pour devenir faibles, cas des parcelles P1 et P4, ou s'annuler cas des parcelles P2 et P3.

Les coefficients de variation (CV) varient au cours des phases d'une même parcelle, ils sont globalement moyens avec des variations (CVP1: 58-126% ; CVP3:186-199% durant les premières phases (T1...T7) caractérisées par un bon apport de graines, induisant globalement une distribution relativement homogène. Aux dernières phases, les graines se raréfient et leurs distributions à travers les quadrats deviennent hétérogènes. Le CV devient très important : 775% en T10 (P1) et 831% en T8 (P3).

Le CV dans la parcelle P2 avec trois phases seulement, varie peu (151-185) ; dans la parcelle forestière (P4), alimentée progressivement en graines, le coefficient de variation est dans l'ensemble stable (excepté en T2 et T3) ; il oscille entre 62 (T7) et 100 (T10). La distribution des graines est relativement homogène vu l'abondance des semenciers et l'apport continu en semences. La dispersion des graines ne montre pas une grande disparité.

L'analyse du tableau II montre que la variabilité du nombre de graines au sein des quadrats composant le microsite, est tributaire des conditions biotiques et abiotiques. Elle reste néanmoins dépendante dans une première étape, de l'apport initial en graines, de la distance des semenciers les plus proches et de la déclivité.

Concernant le potentiel moyen en semis (Tab.III), exceptées les phases T1 et T2, il est globalement plus important que celui des graines, malgré la grande déperdition de ces dernières (par la stérilité, prédation, dissémination...). Les moyennes les plus élevées des potentiels en semis sont enregistrées au niveau des parcelles P1 et P4 avec respectivement 9,92 (T6) et 32,46 (T3). Contrairement à la parcelle P4, présentant des moyennes ≥ 17 durant toutes les phases d'échantillonnage, dans la parcelle P1, seules les premières phases (T2-T6), montrent globalement des moyennes proches de 9. Dans le reste des parcelles, ces moyennes sont très faibles (< 1 en P3) à nulles (P2). L'amplitude de variation n'est pas très importante (67-116) en P1 ; le CV de 157, enregistré pendant la phase T8, est probablement dû à la réduction de l'effectif des semis dans certains quadrats créant une disparité plus importante du nombre de semis. Pour la parcelle P3, le CV en phase T2, est le plus élevé (615), il correspond au plus faible potentiel moyen en semis (0,04), représenté par 3 semis seulement au niveau des 63 quadrats échantillonnés. Cette dispersion est relativement moindre (183-252%) entre les phases T3 et T7 et toujours importante (378-431%) aux dernières phases (T8, T9, T10), caractérisées par la diminution du nombre de semis. Dans la parcelle P4, approvisionnée continuellement en graines, le CV varie peu (53-71%) au cours des phases d'observation; il n'y a pas de grandes disparités dans la distribution des semis au niveau de ses quadrats respectifs.

Les tests de Tukey relatifs aux nombres maximaux des graines et des semis, individualisent trois ensembles distincts A, B et C correspondant respectivement aux parcelles (P4), (P1) et (P3 et P2). Les parcelles, P4 (A) forestière et P1 (B) préforestière, comportent en leur sein et aux alentours, des cèdres semenciers qui les approvisionnent progressivement en graines. La parcelle P4 avec 17 semenciers, enregistre les meilleurs potentiels de production de graines et de semis, suivie de la parcelle P1, avec 3 semenciers seulement. Les parcelles P2 et P3 sans cèdres semenciers, et distantes respectivement de 60 et 30 mètres de la forêt (limite de dissémination des graines), sont caractérisées par de faibles potentiels en graines et surtout de semis. Toth (1985) a établi que la majeure partie des graines tombent dans un rayon de 10 m, mais beaucoup peuvent se trouver à 20 m. Au-delà de cette distance, leur nombre diminue. Toth (2005) et Demarteau (2006), notent que les graines se libèrent du cône dans les 2

semaines qui suivent la désarticulation et tombent dans leur majorité aux abords immédiats de l'arbre. Toutefois, certaines graines peuvent être projetées à 50 et même à 100 m. En raison de leur poids, la dissémination des graines par le vent est difficile : le poids de 1000 graines varie de 60 à 100 grammes (Debazac ,1964).

La production grainière des résineux est irrégulière ; pour le cèdre de l'Atlas ; seule une année sur trois ou sur quatre correspond à une bonne " grainée ", Toth (1980) a rapporté qu'au cours d'une telle année, un seul arbre peut produire 50 mille à un million de graines ; mais elle ne concerne qu'une part variable des arbres. L'analyse comparative des trois cycles de suivi de la régénération dans la station de Tala Rana, montre l'importance du cycle 2016 par rapport aux autres cycles 2014 et 2015. Pour une production totale des 3 cycles de 9938 graines et 4813 semis, le cycle 2016 domine avec 5864 graines (59%) et 4793 semis (99,6%), suivi par celui de 2015 avec 2993 graines (30%) et 6 semis (0,1%) et de 2014 avec 1094 graines (11%) et 14 semis (0,3%).

En région méditerranéenne, le recrutement fluctue fortement d'une année à l'autre et selon les peuplements considérés (Quézel & Médail, 2003). L'ensemble des auteurs (Toth, 1980, 2005 ; M'hirit & Benzyane, 2006) s'accordent à dire qu'après une bonne production grainière, l'arbre s'affaiblit complètement, et l'année d'après la production sera nulle ; en effet, l'arbre investit toute son énergie durant la période de fructification. L'année qui suit, l'arbre reprend ses forces progressivement pour se maintenir en évitant la reproduction (grande allocation d'énergie). Ceci est confirmé par la progression des résultats obtenus au cours des cycles (2014, 2015 et 2016).

La nature du substrat, l'altitude et la succession d'années climatiques favorables influencent la capacité de fructification des arbres semenciers (Pujos, 1967 ; Lamhamedi & Chbouki, 1994). Pichot *et al.*, (2006), rapportent que pour toutes les espèces, les intensités de floraison et de fructification sont très variables entre arbres et entre années.

En, effet, une forte production des graines se répète tous les trois ans, alors que la bonne installation des semis revient tous les 3 à 5 ans (Toth, 2005), ce qui semble le cas des cycles 2015 et 2014 avec des productions grainières, appréciable (30%) pour le premier et acceptable (11%) pour le second, mais avec des taux de régénération respectifs faibles, de l'ordre de 0,1% et 0,3%. Une bonne année de fructification n'induit pas forcément une forte densité de semis naturels. La régénération, doit correspondre à de bonnes conditions climatiques pour la germination et le développement des semis. Cette coïncidence est aléatoire, car une bonne grainée pourrait être suivi de circonstances climatiques défavorables (humidité insuffisante,

période prolongée de sécheresse), provoquant un arrêt prolongé de la régénération (Toth, 1980 et 2005) tel qu'observé au cours des cycles 2014 et 2015 à productions grainières acceptables associés à des régénérations nulles.

D'après les observations partielles réalisées durant le cycle 2013, qui a coïncidé avec la mise en place du protocole expérimental, dans la station de Tala Rana (Djurdjura), les quelques comptages effectués sur quelques microsites de la parcelle P1, classent ce cycle comme étant le meilleur. En effet, les microsites M6, M9 et M11, ont enregistré en 2013, dans leurs quadrats respectifs en phase T8 et à la même date (18/05/2013) de meilleurs résultats en termes de semis, avec respectivement 31, 49 et 83 semis, contre 6, 10 et 13 semis durant l'année 2016. Ces effectifs correspondraient certainement à une meilleure production grainière et à de bonnes conditions climatiques. Par ailleurs, les résultats du suivi de la régénération dans le massif de Chréa, durant le cycle 2013, confirment la précellence du cycle de suivi 2013, par rapport aux cycles 2014, 2015 et 2016.

Malgré, les résultats probants obtenus durant le cycle 2016, correspondant à une bonne production grainière associée à de bonnes conditions de germinations (humidité et température) ; ils restent toutefois insuffisants pour passer le cap de la saison estivale, comme en témoigne les observations réalisées en début d'automne (30/09/2016), où la majorité des semis ont dépéri (morts sur pied) par suite d'assèchement généralisé. Les seuls et rares semis rescapés, embusqués à l'ombre des arbres ou de bois morts, sont rabougris et étiolés. La sécheresse de la saison estivale constitue une épreuve sélective, où ne pourront subsister que les semis ayant développé un enracinement assez profond pour profiter de l'humidité des couches profondes du sol (Toth, 2005).

A Chréa, après une année exceptionnelle de régénération, atteignant plus de 600 semis au mètre carré, la majorité des semis ont dépéri au cycle suivant.

En forêt méditerranéenne, la capacité hydrique du sol représente un élément clé (Di Castré, 1981 ; Zavala *et al.*, 2000). La présence d'une régénération est positivement associée à la présence d'un couvert arboré adulte partiel et à une teneur en eau du sol relativement élevée en été (Barbeito *et al.*, 2009). La disparition des jeunes plantules qui peut atteindre 100 %, est surtout attribuée aux difficultés de pénétration de la racine principale (Toth, 1978a et 1982 ; Derridj, 1990 ; Addar *et al.*, 2016). Le cèdre est réputé difficile d'installation, car son système racinaire relativement fragile, doit, durant l'été pénétrer assez rapidement en profondeur pour bénéficier de l'humidité retenue par les couches profondes : 100 mm d'eau en été serait un minimum (Lepoutre, 1961 ; Pujos, 1963).

L'obtention d'une régénération abondante nécessite donc une longue période de climat favorable et non une seule année pluvieuse, ce qui explique les observations rapportées au Maroc concernant la lenteur de l'installation de la régénération et les mortalités progressives printanières et estivales des semis de cèdre durant les premières années de leur installation (Marion, 1955 ; Pujos, 1967 ; Lamhamedi & Chbouki, 1994). Ainsi, seule une séquence favorable et persistante (plus de 5 ans) permettra l'installation et la survie des semis. Dans notre cas, les faibles résultats des semis obtenus 0,3 % (2014) et 0,1 % (2015) malgré la disponibilité des graines 11% (2014) et 30% (2015), pourraient s'expliquer par les mauvaises conditions climatiques et principalement le déficit hydrique et l'augmentation des températures, comme attestée par les taux appréciables (48% en 2014 et 11% en 2015) des graines percées. La perte de graines liée à l'entomofaune peut être importante puisqu'elle est de 13% en moyenne et peut atteindre 34% de la production d'une année dans les peuplements de sapin et, de 9% jusqu'à 39% dans les peuplements de cèdre (Candau *et al.*, 2009). Les taux de graines germées (émission de radicule) sont nuls à faibles : 0% (2014) et 7% (2015). Les taux de germinations (plantules et semis) qui en découlent sont nuls, ils sont de l'ordre de 0,3% (2014) et 0,1 % (2015). Un cycle humide est indispensable pour la régénération naturelle du cèdre (Boudy, 1952), surtout pour le maintien et le développement des plantules pendant leurs deux premières années de vie et en particulier durant la période estivale (Toth, 1980).

Le poids moyen de bonnes graines influe sur la germination des graines, Derridj (1990) note que chez le cèdre de l'Atlas, les graines lourdes ayant une quantité de réserves nutritives importante, présentent de fortes capacités de germination. Le même résultat a été mis en évidence chez le Pin noir par Aidrous & Adjaoud (1992) et Abdelli (2002) et chez le Sapin (Hachi-Iloul, 2016). Pour cet auteur l'hétérogénéité entre les arbres s'exprime par des différences non seulement des caractéristiques morphologiques des graines et des cônes mais aussi par la capacité des graines à germer et à assurer la régénération et le recrutement de nouveaux individus.

La réussite de cette phase de germination est déterminante pour le maintien et la pérennité des peuplements régénérés naturellement. Cette germination est ainsi modulée par les caractéristiques génotypiques et les conditions environnementales et en particulier la disponibilité de l'eau dans le sol (Kouakou *et al.*, 2008).

Le succès de la régénération du cèdre est certes soumis à de nombreux aléas climatiques, mais il reste fortement influencé par les facteurs anthropozoogènes (Addar *et al.*, 2016),

principalement par l'homme (coupes des branches, écorçages..) et les animaux (broutage des semis, piétinement et tassement du sol ; labourage par les sangliers et prédation des graines).

5- CONCLUSION

L'étude de la régénération naturelle du cèdre dans la station de Tala Rana, à travers le protocole expérimental mis en place, a permis d'appréhender cette dernière à différentes échelles, quadrats, microsites et parcelles, et a mis en évidence la dépendance de la régénération de certains paramètres liés à la station et au peuplement : profondeur du sol, microtopographie, éléments à la surface du sol, éclaircissement, structure de la végétation et âge du peuplement.

L'analyse des potentiels maximums de production de graines et de semis au sein des quadrats échantillonnés, a mis en exergue la qualité des microsites en termes de microtopographie, de rugosité, de présence d'obstacles biotiques ou abiotiques et d'apport de graines, d'une part pour la réceptivité des graines, et d'autre part, en termes de profondeur du sol, de disponibilité des ressources hydriques et d'éclaircissement adéquat, pour l'installation et l'établissement des germinations.

L'analyse comparative des potentiels maximums moyens de graines et des semis, montre des coefficients de variation variables, faibles pour les graines durant les premières phases caractérisées par des apports conséquents, et importants aux dernières phases avec leurs raréfactions. Ces coefficients varient inversement pour les semis. Ils dépendent du mode de distribution des graines et des semis au niveau des microsites ; plus la disparité est importante et plus le coefficient de variation est élevé.

A l'échelle de la parcelle, l'analyse fait ressortir d'une part, l'importance de la structure arborée et l'âge des arbres, potentiels semenciers, assurant un approvisionnement progressif de ces espaces en semences, et maintenant un microclimat favorable par la diminution de l'évaporation ; la régulation des températures basses en période froide et des températures élevées en saison chaude (estivale) et d'autre part, le type de topographie induisant un apport important de précipitations et qui améliore le bilan hydrique et atténue l'effet de versant.

Concernant, le suivi de la régénération, les premières phases (T1) coïncidant avec la désarticulation des cônes, caractérisent les meilleurs potentiels en production de graines et les phases intermédiaires (T6) dans les clairières (milieux ouverts), et initiales (T3) dans les milieux forestiers (fermés), présentent les meilleurs potentiels de semis.

Bien que la régénération naturelle soit abondante dans certains microsites, il faut signaler tout de même que la structure actuelle du peuplement ne permet pas, dans la plupart des cas, au cèdre de se régénérer. La dégradation liée au surpâturage, l'érosion du sol, l'effet de versant, diminuent considérablement les potentialités de la station et l'équilibre de l'écosystème (strates arborescente, arbustive et herbacée) qui devrait être en place a été rompu. Il faut signaler aussi que l'état actuel des cèdres (mutilations diverses, vieux individus dépérissants, clairières...) dans la majorité du massif forestier, ne permet pas une régénération efficiente.

L'évolution de cette cédraie et sa dynamique sont en partie sous l'influence de la pression anthropozoogène, mais dépendent également des contraintes naturelles (sécheresse pluviométrique récente) et leurs effets négatifs sur la régénération de ces peuplements. La plupart des germinations de l'année ont déperé suite d'assèchement généralisé (sortie automnale).

Par ailleurs, trois années de mesure (2014-2016) ne sont pas suffisantes pour confirmer que la fructification du cèdre montre d'importantes variations interannuelles avec une année de forte production suivie de deux années de faible production comme il a été montré lors d'un suivi de huit ans au Mont Ventoux (Toth, 2005). De plus, l'absence de données climatiques quotidiennes, ne permet pas d'appréhender l'effet du climat sur le cycle de la régénération du cèdre.

Une large investigation couvrant plusieurs stations en versants sud et est, en comparaison avec ceux du nord et de l'ouest, permettrait de mieux cerner les difficultés de la régénération au Djurdjura.

SOUS CHAPITRE II

**SUIVI DE
LA REGENERATION
AU NIVEAU DU MASSIF
DE
CHREA**

SOUS CHAPITRE II

SUIVI DE LA REGENERATION AU NIVEAU DU MASSIF DE CHREA

1- INTRODUCTION

Compte tenu de la plus grande vulnérabilité des cédraies de basse altitude et en expositions chaudes, le suivi de la régénération du cèdre au niveau de l'Atlas Blidéen a porté plus particulièrement sur la cédraie de versants sud et est. L'objectif est de rechercher les conditions stationnelles et micro-stationnelles qui augmenteraient les chances de survie des jeunes plants, autrement dit de définir la niche de régénération du cèdre (Ponge *et al.*, 1994) dans les conditions locales de notre étude.

2- MATERIELS ET METHODES

2.1-ESPECE ETUDIEE

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti), occupe une surface d'environ 1000 ha dans l'Atlas Blidéen (Lapie & Maige, 1914 ; Boudy, 1952 ; Quézel, 1998 ; M'hirit, 1994 et 1999). L'Atlas forme un véritable écran aux précipitations venant du Nord-Ouest et créant ainsi un déséquilibre entre le versant Nord qui est bien arrosé et le versant Sud qui l'est moins (Halimi, 1980). La déclivité est importante (50% à 70%), sur les versants septentrionaux et moindre (10%) sur les méridionaux (Zaidi, 2003).

Les cédraies de Chréa, correspondent à des formations naturelles dans la station de Kerrache (K) et à des reboisements récents (1968-1970) dans la station de la Forêt Noire (FN) ; qui reposent sur de puissants dépôts de schistes plus ou moins argileux du crétacé inférieur. Les fortes pentes, associées à la nature de la roche mère (schisteuse) ont pour corollaire l'installation d'un réseau hydrographique profond et dense.

Le cèdre apparait en populations ou en communautés diverses entre 1000 m et 1600 m d'altitude (Halimi, 1980 ; Meddour, 1994) et en individus isolés à partir de 600 m (Zaidi, 2003) et 550 m (observation personnelle). A Kerrache, en versant sud, pour des altitudes supérieures à 1400m, le cèdre est en peuplements purs ; pour des altitudes inférieures, et en versant est (Forêt Noire), le cèdre est en mélange avec le chêne vert. Il se développe sous une pluviométrie variant de 1242 mm (Kerrache) à 1154 mm (Forêt Noire) et des températures respectives de 0,8 et 1,01 °C pour « m » et 27 et 27,5°C pour « M » ; ces deux stations se caractérisent par un bioclimat humide, variante à hiver frais et appartiennent à l'étage méso-méditerranéen, variante fraîche (Quézel, 1976 ; Derridj, 1990 ; Bouaoune, 1996). Elles sont

localisées essentiellement sur des schistes du crétacé inférieur, plus ou moins argileux par endroits (Faurel, 1947 ; Meddour, 1994), donnant naissance sous les cédraies à des sols bruns lessivés (Killian & Martin, 1957).

2.2-SUIVI DE LA REGENERATION

L'étude a porté sur deux stations forestières, Kerrache (S1) et Forêt Noire (S2), appartenant à l'étage bioclimatique humide, variante à hiver frais et situées respectivement à 1450m et 1380m d'altitude en versants sud et est de l'atlas Blidéen (Fig.23). La première correspond à une forêt naturelle plus ou moins dense et âgée ; la seconde, à une cédraie claire et moins âgée. Cette dernière, issue d'un reboisement semé à la volée (1968-1970), et caractérisée par une grande hétérogénéité structurale de la végétation, se régénère naturellement.

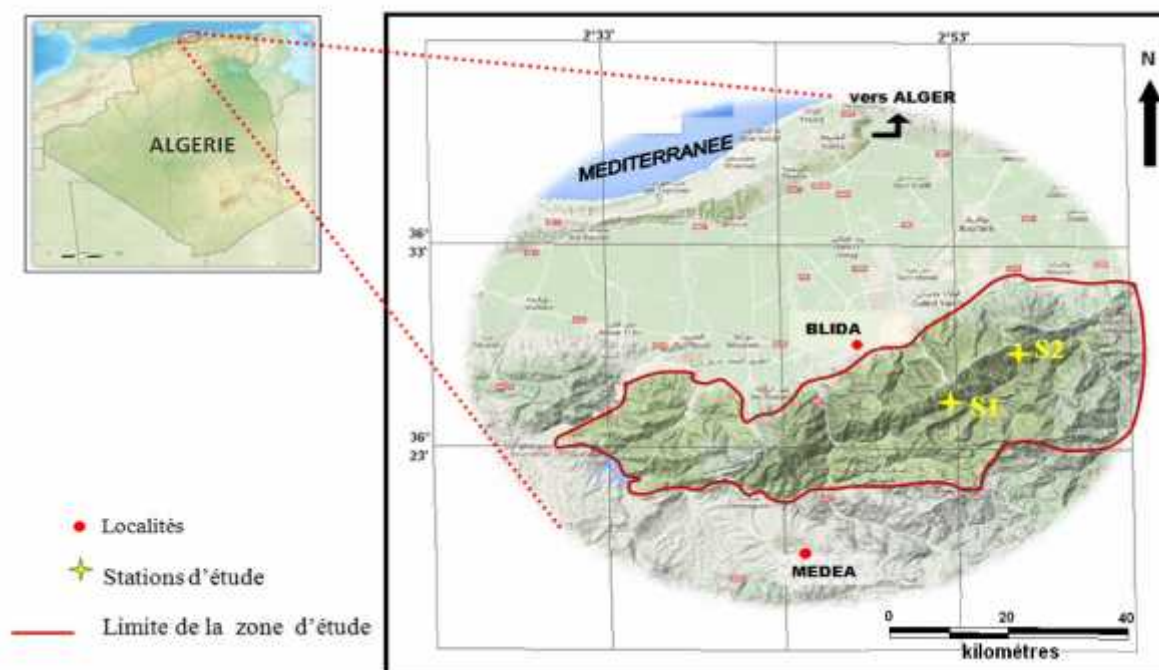


Figure 23: Carte de la situation géographique des stations d'étude dans le massif de Chréa

Les stations et parcelles sont choisies de façon à intégrer l'ensemble des facteurs qui pourraient intervenir dans le déterminisme du recrutement du cèdre en expositions sud et est. Le relatif dénivelé entre ces deux stations, la topographie et l'effet exposition permettraient d'appréhender l'influence de l'altitude et du climat local (précipitations et températures). Deux parcelles de 400m² par station ont été retenues en fonction de l'hétérogénéité structurale de la cédraie ainsi que de l'hétérogénéité du milieu local. L'influence de la lumière est ainsi appréciée à travers l'analyse de la structure de la cédraie dans les différentes parcelles échantillonnées. Celle-ci est décrite à partir des paramètres dendrométriques (densité des arbres et circonférence en mètre à 1m30) et des recouvrements de la végétation globale et par

strate. Chaque parcelle est également caractérisée sur le plan des variables écologiques stationnelles, physionomique, floristique, et recouvrement des éléments de la surface du sol (semis, strate herbacée et divers regroupant litière, éléments grossiers et sol nu). Les indices de perturbations anthropozoogènes (traces d'animaux, piétinement, labourage, coupes, élagage) sont également notés.

Les parcelles d'une même station sont discriminées pour Kerrache (K) par une forte densité d'arbres âgés pour KP1 et PMD (parcelle mise en défens) et par conséquent peu d'éclairement au sol ainsi qu'une humidité plus élevée et des sols humifères. Pour KP2, les arbres moins âgés présentent un port plus élancé qui favorise un éclaircissement plus important et une strate herbacée plus développée ; les sols y sont moins humifères.

Pour la Forêt Noire (FN), les parcelles diffèrent par la structure spatiale des arbres. Leur disposition plus ou moins linéaire au niveau de FNP1 se traduit par un couvert moindre et un éclaircissement relativement important. La surface du sol se caractérise par une présence d'éléments grossiers plus marquée. La tendance plus agrégative (en bouquets) des arbres de la parcelle FNP2 confère peu d'éclairement et plus d'humidité ; le sol est généralement plus profond. Au sein de ces stations, cinq parcelles de 400m² ont été retenues (Fig.24).

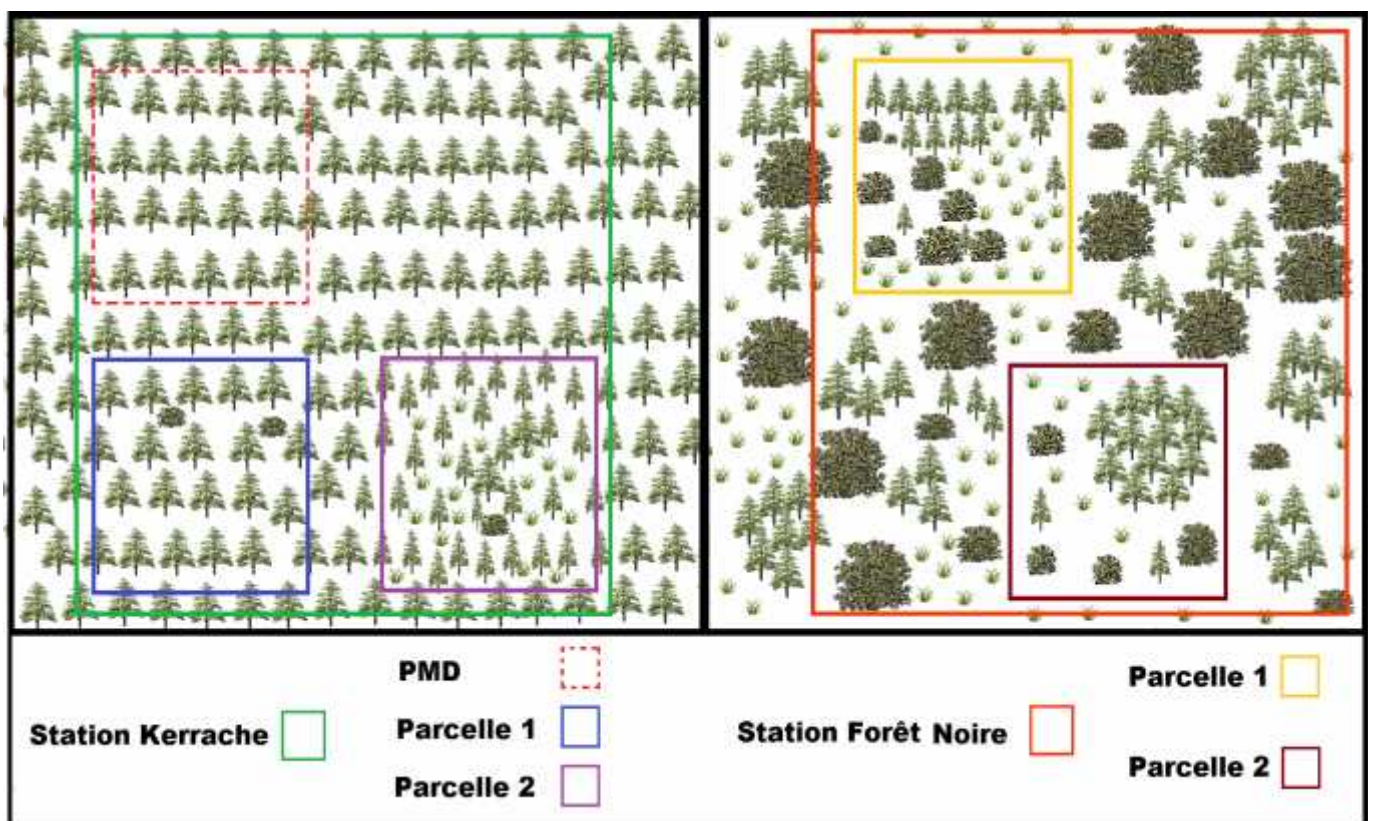


Figure 24 : Plan de situation des parcelles dans les stations de Kerrache et Forêt Noire

14 quadrats élémentaires de 1m² (Fig.25a) chacun (5 pour Kerrache (Tab.XI) et 9 pour la Forêt Noire (Tab.XII)), représentatifs de l'hétérogénéité structurale de la cédraie, des microsites d'accueil potentiel des graines de cèdre et des variations de leurs caractères à la surface du sol, ont été suivis pendant deux années (2013, 2014).



Figure 25a : Quadrat élémentaire de 1m².



Figure 25b : Semis de 2 ans.

Tableau XI : Effectifs des quadrats suivis dans la station Kerrache (2013 et 2014)

Stations	Kerrache (K) 2013			Kerrache (K) 2014					
Etats	Hors mise en défens		Mise en défens	Hors mise en défens				Mise en défens	
Parcelles (P)	Parcelle 1	Parcelle 2	PMD	Parcelle 1 s1		Parcelle 2 s1		PMD	
Quadrats (Q)	Q1	Q2	Q1	Q1	Q2	Q1	Q2	Q1 s1	Q1 s2
Effectif initial	375	108	245	17	18	15	19	41	95
Effectif final	5	7	133	7	1	1	0	31	79
Taux de survie (%)	1	6	54	41	6	7	0	76	83

s1 : semis d'un an ; s2 : semis de deux ans.

Ce suivi s'est fait à partir des mois d'avril (2013) et de mars (2014), correspondant à la période de germination des graines, jusqu'au mois de juillet, et ce à raison de deux à trois observations par mois. Pour apprécier la part de l'action anthropique, une parcelle mise en défens (PMD) située dans la station de Kerrache à 1450m d'altitude, a été retenue comme témoin, en 2013. Les observations ont consisté notamment, en un suivi de l'effectif des semis dans les différentes conditions échantillonnées. Nous avons également mesuré en 2013, les longueurs respectives des parties souterraines et aériennes de 256 semis de l'année, avec un nombre moyen de 64 individus par parcelle.

Tableau XII : Effectifs des quadrats suivis dans la station de la Forêt Noire (2013 et 2014)

STATIONS	Forêt Noire (FN) 2013		Forêt Noire (FN) 2014								
Etats	Hors mise en défens										
Parcelles (P)	1	2	1								2
Quadrats (Q)	Q1	Q2	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q1
Effectif initial	125	683	3	1	5	5	1	5	0	0	1
Effectif final	17	222	2	0	0	2	1	5	1	0	0
Taux de survie (%)	14	33	67	0	0	33	100	100	0	0	0

Compte tenu du faible effectif des semis de 2 ans, les mesures de la croissance annuelle (Fig. 25b), réalisée en 2014, ont été faites indépendamment du suivi des effectifs, dans des quadrats pris aléatoirement dans chacune des deux stations (145 individus dont 111 dans la station de Kerrache). La croissance annuelle a été estimée par la mesure des élongations H1 de la première année (du collet au niveau d'insertion de la 1^{ère} rosette d'aiguilles) et H, longueur totale atteinte au cours de la deuxième année (du collet à la 2^{ème} rosette d'aiguilles). La différence des deux élongations (H-H1) nous donne l'accroissement de la deuxième année (H2).

Précisons que les semis de cèdre sont mesurés durant le printemps du premier cycle 2013. Le prélèvement est effectué en déterrants des colonnes de terre suffisamment profondes pour ne pas abimer d'éventuelles racines. L'intégrité de la racine est indiquée par le maintien de la coiffe. Les semis sont soigneusement étalés sur un support comportant une règle graduée permettant la mesure, à partir du collet, des parties aériennes et souterraines. Nous avons également suivi au cours des cycles 2014, 2015 et 2016, les effectifs des graines par types (fertiles, stériles, germées et percées) avec le rajout d'un quadrat en 2016, soit un total de 15.

Pour évaluer l'impact de la compétition de la strate herbacée, des relevés floristiques ont été effectués au niveau des différents quadrats, avec appréciation de l'abondance-dominance des espèces. Pour mettre en évidence l'impact des paramètres climatiques (« P » : précipitations journalières ; « Tmin » température minimale journalière, « Tmax » température maximale journalière) sur la survie des semis, nous avons calculé leurs valeurs par décade et procédé à leurs estimations stationnelles par extrapolation à partir de la station météorologique de Médéa, située à 1036 m d'altitude.

2.3-TRAITEMENTS STATISTIQUES.

Au niveau de chaque parcelle, la structure des populations de cèdre échantillonnées est appréhendée par des histogrammes représentant le paramètre circonférence (en mètres) à 1m30. Le suivi des semis de cèdre pendant les deux cycles d'observation a permis de calculer le taux de survie au niveau des quadrats, parcelles et stations. Ces taux sont obtenus à partir des rapports des effectifs finaux aux effectifs optimaux, et ce pour les différents temps d'observation (T1, T2...T7), rapportés à cent.

Afin de mettre en exergue d'une part, l'effet du facteur exposition discriminant les deux stations Kerrache et Forêt Noire et d'autre part, l'impact du facteur anthropozoogène différenciant la parcelle mise en défens des deux autres, nous avons procédé à l'estimation des proportions de survie des populations de semis (P) par intervalle de confiance, au sein des ces stations à l'aide du test de conformité de deux proportions. Pour mieux apprécier l'évolution des effectifs des semis de cèdre, pour chacune des parcelles, durant les premiers stades de développement, des courbes de survie sont établies. Vu le cycle réduit d'observations, celles-ci n'ont pas pour objectif la caractérisation de l'espèce, mais l'obtention du potentiel de survie de ces populations, à travers une analyse comparative inter-parcelles faisant ressortir les situations favorables à la survie des semis de cèdre de Chréa. Pour mettre en évidence les potentialités écologiques et biologiques des parcelles, les croissances moyennes des parties aériennes et souterraines des semis ont fait l'objet d'une analyse de la variance, suivie d'un test de comparaisons multiples des moyennes (Tukey). Par ailleurs, pour estimer les potentialités de régénération en termes de production de graines et de semis au niveau des différentes parcelles, nous avons appliqué le test de « Kruskal-Wallis » au seuil de sécurité de 95%, vu le faible nombre de quadrats échantillonnés. Ce dernier est suivi par le test de comparaisons multiples par paires, suivant la procédure de Conover-Iman, pour les nombres moyens de graines et de semis par parcelle (Annexe 4).

3-RESULTATS

3.1-SUIVI DES EFFECTIFS DES SEMIS

La régénération naturelle conditionne la structure démographique des populations pérennes qui intervient lors de cette régénération, depuis la graine jusqu'au semis dit « recruté » (Pichot *et al.*, 2006). Le suivi de ce dernier est apprécié à plusieurs échelles depuis les quadrats, parcelles jusqu'aux stations.

3.1.1-Taux de survie dans les quadrats

L'objectif de cette analyse a pour but de faire ressortir les potentialités des microsites ou les micro-variations à l'échelle locale pouvant favoriser le développement des semis. Ainsi, les résultats relatifs à cette partie (Tab.XI et Tab.XII) sont interprétés à partir des données obtenues par quantification des éléments à la surface du sol (strate herbacée et divers du Tab. XIII), type de sol, sous-étage et action anthropique.

Tableau XIII : Recouvrement des éléments à la surface du sol dans les quadrats

Recouvrement des éléments	Parcelles et Quadrats 2013			
	KQ1PMD	KQ1P1	KQ2P2	FNQ2P2
Cèdre : effectif des semis	245	375	108	683
Herbacées (%)	4	7	61	1
Divers (%)	87	78	35	77

Les taux moyens de survie des semis de cèdre (2013-2014) présentent des fluctuations différentes d'une station à l'autre. Les quadrats mis en défens enregistrent pour les deux cycles d'observation des taux de survie optimaux avec respectivement 54%, 76% et 83% (Tab.X I). Ceux hors mise en défens n'excèdent pas 33% en 2013 ; ils sont plus élevés dans la Forêt Noire (14 et 33%) que dans Kerrache (1 et 6%).

3.1.2-Taux de survie dans les parcelles

Les parcelles retenues individualisent des structures de végétation différentes induisant des potentialités écologiques et biologiques distinctes qui peuvent influencer le devenir des régénérations et orienter l'évolution du peuplement forestier. Ainsi, les taux de survie des parcelles sont mis en relation avec la distribution des circonférences (Fig.26) et les différentes actions anthropiques pouvant l'affecter. Ils sont calculés en tenant compte des effectifs des semis de première année (s1) pour chacun des cycles. Les taux de survie moyens (TSM) de la parcelle mise en défens (PMD) et de chacune des stations Kerrache (K) et Forêt Noire (FN) sont regroupés dans le tableau XIV.

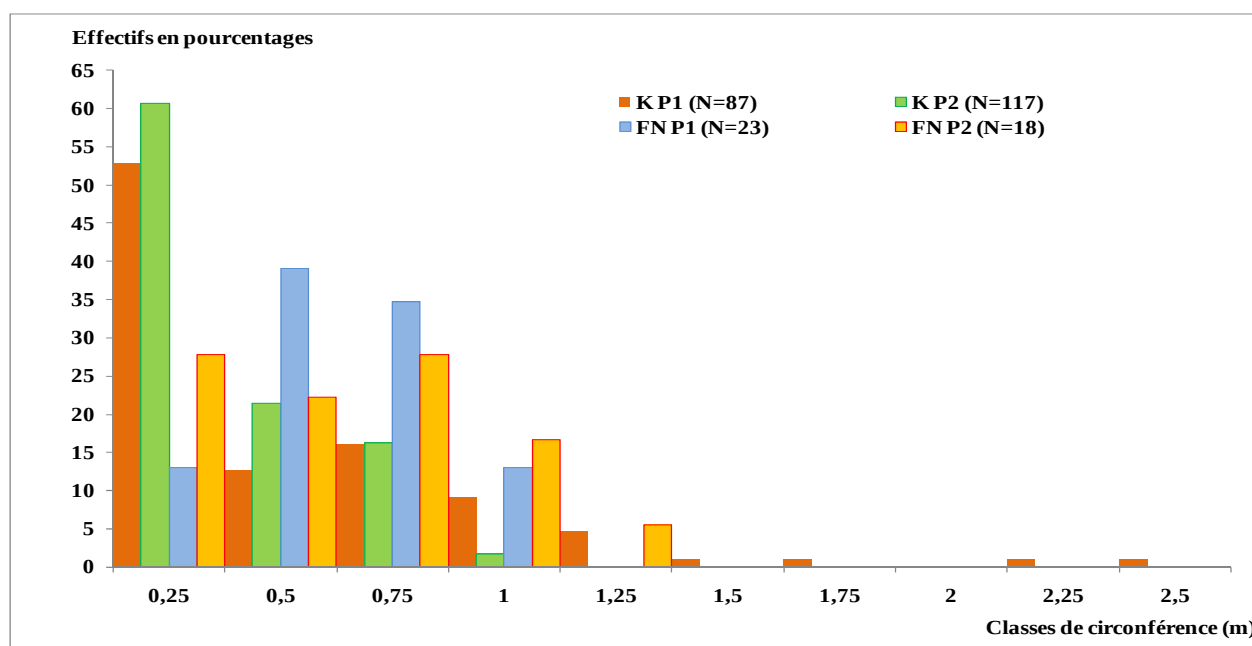


Figure 26: Distribution des circonférences dans chaque parcelle hors mise en défens

Malgré l'importance de la densité de la strate arborescente dans les parcelles de Kerrache (KP1 et KP2), les taux de survie enregistrés pendant le premier cycle sont faibles (1 et 6%). KP1 est caractérisée par une structure composée de toutes les classes, avec la présence exclusive des diamètres supérieurs à 1,25 m, ce qui lui confère une structure plus âgée, fermée lui assurant un important potentiel reproductif (375). Le faible taux est lié dans ce cas à l'action anthropique (coupes) survenue pendant ce cycle. Dans KP2, un fort éclaircissement conjugué au facteur compétition, dû pour le premier à une structure plus ouverte, composée essentiellement d'individus de circonférence inférieure à 0,25 m (60%) et à un taux important de la strate herbacée (61%) pour le second (Tab.XIII), ont joué tous les deux un rôle néfaste compromettant la survie des semis.

Tableau XIV : Taux de survie moyens dans les parcelles d'étude

Stations	PMD		Kerrache (K)		Forêt Noire (FN)	
Années	2013	2014	2013	2014	2013	2014
TSM P1(%)			1	23	14	38
TSM P2(%)			6	3	33	0
TSM Station (%)	54	76	4	13	23	19

PMD : Parcelle mise en défens ; TSM : Taux de survie moyen

Les taux les plus élevés sont enregistrés dans la Forêt Noire avec 14 % et 33%. Les parcelles de cette station, bien que caractérisées par une densité arborée moins importante que celle de Kerrache, sont à dominance d'individus adultes, en âge de reproduction et espacés, avec un

taux de 87% pour la première et de 72% pour la seconde, avec une disposition en bouquet pour celle-ci. Elle permet ainsi d'avoir un regroupement de semenciers important et expliquerait le potentiel germinatif le plus élevé (683). Notons que les individus de la parcelle FNP1 ont fait l'objet d'élagage sur leurs 2/3 inférieurs, la rendant plus exposée à l'action anthropozoogène. Ce facteur est tellement déterminant que la parcelle FNP2, ayant subi un élagage important au cours du second cycle, est passée du taux de survie le plus élevé (33%) en 2013 à un taux nul (0%) en 2014. En l'absence de ce facteur, les taux sont plus importants dans KP1 (23%) et FNP1 (38%) alors que la parcelle KP2 (6% et 3%) montre des taux presque constants entre les deux cycles.

3.1.3-Taux de survie dans les stations

L'objectif de cette partie est de mettre en relation les taux de survie des semis des stations hors mises en défens (Kerrache et Forêt Noire) avec l'effet versant et topographie et de les comparer avec ceux de la mise en défens. Les taux de survie moyens sont estimés et regroupés dans le tableau XV.

La comparaison des intervalles de confiance des deux stations avec la parcelle mise en défens ne montre aucun chevauchement entre les intervalles pris deux à deux, montrant ainsi qu'il existe des différences significatives entre les taux enregistrés pour la parcelle mise en défens et les stations hors mises en défens, au seuil de sécurité considéré (95%). En effet, le taux le plus important (65%) a été enregistré dans la parcelle mise en défens et les plus faibles dans les stations de Kerrache (9%) et de la Forêt Noire (21%). Cet écart pourrait s'expliquer par la différence d'exposition. En effet, les semis de Kerrache, en exposition sud, subissent un ensoleillement plus important ainsi que l'action des vents secs et chauds (Siroco) se traduisant par un dessèchement des premiers horizons du sol. La Forêt Noire, située en haut de versant, bénéficie d'apports d'humidité plus importants que Kerrache, située à mi-versant et à l'abri des influences du nord.

Tableau XV : Estimation des taux de survie moyens des stations à cèdre

Stations	PMD	Kerrache	Forêt Noire
Années	2013-2014		
TSM (%)	65	9	21
Borne supérieure (%)	70	11	21,15
Borne inférieure (%)	59	6	20,65

PMD : Parcelle mise en défens, TSM : Taux de survie moyen.

3.2-ANALYSE DEMOGRAPHIQUE DES SEMIS DE CEDRE

Le taux de survie est défini comme le pourcentage de semis vivants au cours des deux cycles d'observation rapporté à leur émergence (=100% des semis vivants). L'objectif est d'identifier les stades critiques, marqués par des mortalités importantes (hiver rigoureux, sécheresse intense, etc.), au cours des premiers stades de développement.

Les figures 27a et 27b montrent un faible taux de mortalité pendant les premières décades d'observation qui vont de mai à juin de la première année. A partir de cette date, des taux de mortalité importants mais variables d'une parcelle à l'autre sont enregistrés. Les courbes des parcelles hors mises en défens montrent globalement les mêmes patrons avec des plateaux correspondant aux périodes printanières des deux cycles et des chutes à l'approche des périodes estivales. Celles de la parcelle mise en défens (Fig. 27c) montrent, durant les décades de la phase printanière, de faibles taux de mortalité pour les deux classes d'âge (s1 et s2). Néanmoins, une légère chute est enregistrée pendant la période estivale de juin 02 à août 01.

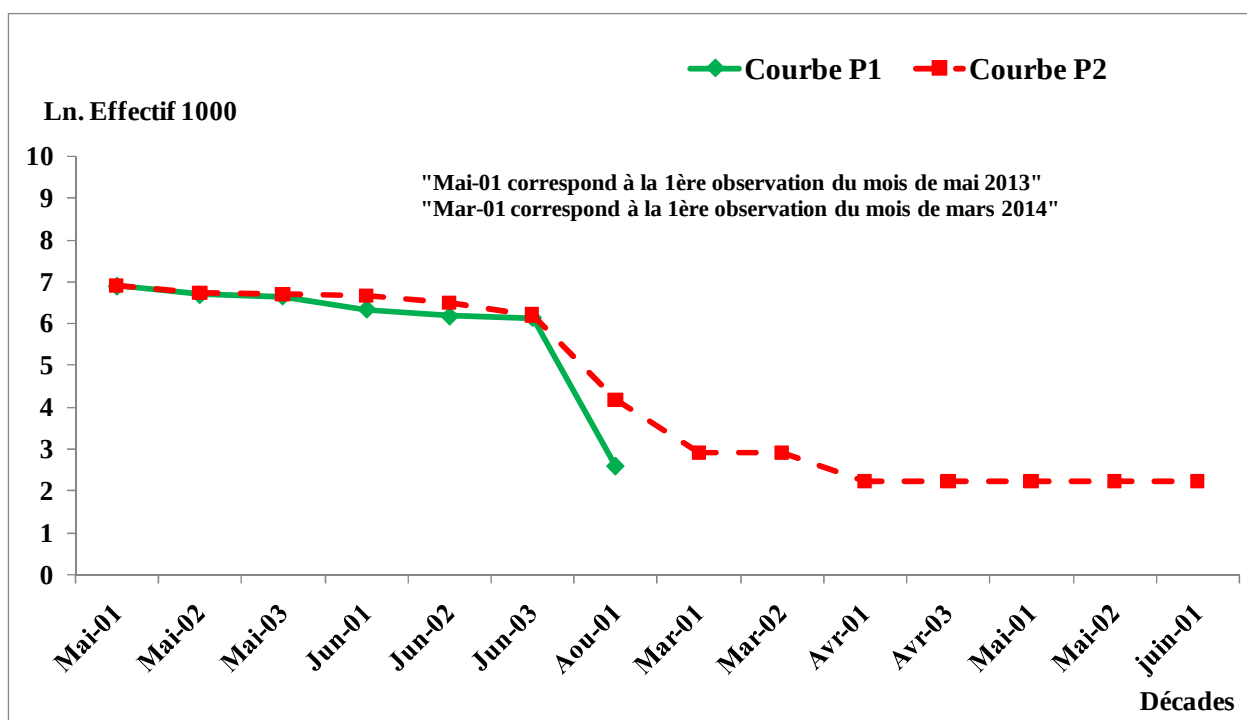


Figure 27a : Courbes de survie en fonction du temps des parcelles P1 et P2 de la station Kerrache.

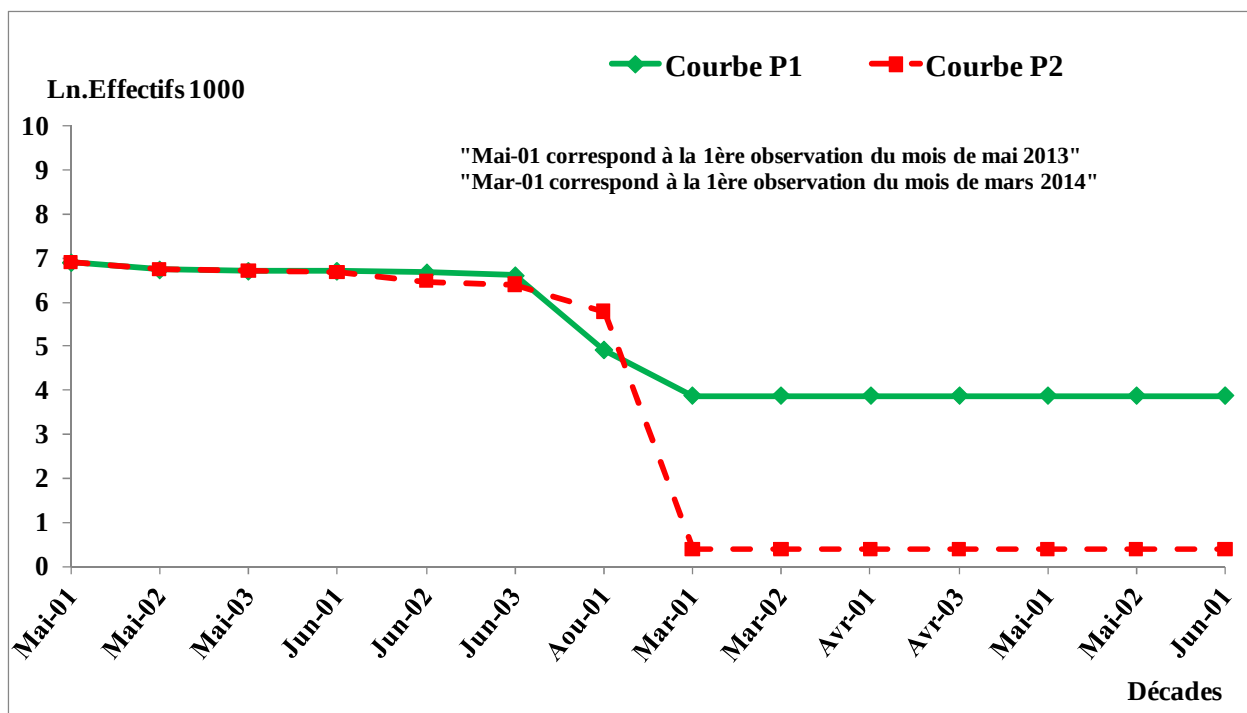


Figure 27b : Courbes de survie en fonction du temps des parcelles P1 et P2 de la station Forêt Noire.

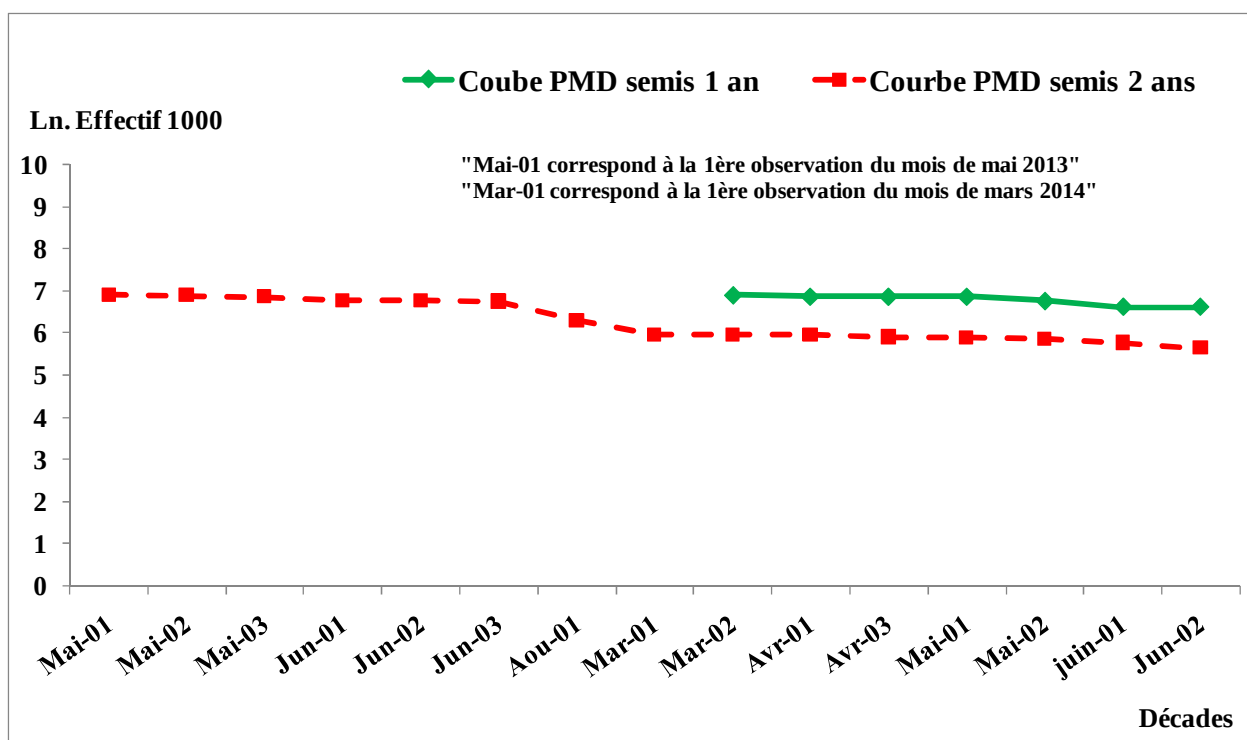


Figure 27c : Courbes de survie en fonction du temps de la parcelle mise en défens.

3.3- POTENTIALITES DES PARCELLES EN GRAINES ET EN SEMIS

Cette analyse vise à faire ressortir les potentialités des parcelles en termes de graines et de semis au cours des observations réalisées durant les 4 cycles de suivi (2013-2014-2015-2016). Le cycle 2013 n'a concerné que le suivi des semis, vu l'enneigement prolongé cette année.

Analyse des graines : Le résultat du test de « Kruskal-Wallis », montre des différences significatives entre le nombre de graines moyen ($p\text{-value} = 0,01 < \alpha = 0,05$), (Tab. XVI). Le test de comparaisons multiples par paires suivant la procédure de « Conover-Iman » montre également des différences significatives pour les graines (Tab. XVII), au niveau des mêmes parcelles (P1K et P1FN) et (P1FN et P2FN).

Tableau XVI : Test de Kruskal-Wallis de la variable graine

Nombre moyen de graines par parcelle	K (Valeur observée)	10,65
66,33	K (Valeur critique)	7,81
45,50	DDL	3
24,00	p-value (bilatérale)	0,01
102,00	alpha	0,05

Tableau XVII : Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Conover-Iman

PARCELLES	P1K	P2K	P1FN	P2FN
P1K	Non	Non	Oui	Non
P2K	Non	Non	Non	Non
P1FN	Oui	Non	Non	Oui
P2FN	Non	Non	Oui	Non

K : Kerrache ; FN : Forêt Noire

Analyse des semis : Le résultat du test montre que les différences entre le nombre moyen de semis sont significatives ($p\text{-value} = 0,0141 < \alpha = 0,05$) (Tab. XVIII). Le test de comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Conover-Iman (Tab. IXX), montre que seules les parcelles (P1K et P1FN) et (P1FN et P2FN) montrent des différences significatives. Les autres parcelles prises deux à deux montrent des différences négligeables.

Tableau XVIII : Test de Kruskal-Wallis de la variable semis

Nombre moyen de semis par parcelle	K (Valeur observée)	10,60
72,40	K (Valeur critique)	7,8147
34,00	DDL	3,00
14,00	p-value (bilatérale)	0,0141
129,50	alpha	0,05

Tableau XIX : Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Conover-Iman

PARCELLES	P1K	P2K	P1FN	P2FN
P1K	Non	Non	Oui	Non
P2K	Non	Non	Non	Non
P1FN	Oui	Non	Non	Oui
P2FN	Non	Non	Oui	Non

K : Kerrache ; FN : Forêt Noire

3.4-ETUDE DE LA CROISSANCE DES SEMIS DE CEDRE

Les mesures des élongations des parties aériennes et souterraines ont pour objectif de mettre en évidence des potentialités offertes par les quatre parcelles. L'analyse de la variance de ces deux parties (Tab. XX) montre des différences significatives entre les moyennes des parcelles, à l'exception de KP2 et FNP2 pour l'élongation souterraine.

Tableau XX : Analyse de la variance des élongations moyennes des parties aériennes et souterraines des individus

Elongations moyennes (cm)									
Paramètres	Modalités	Moyenne estimée	Erreur standard	Borne inférieure 95%	Borne supérieure 95%	Groupes			
Parties aériennes	KP2	2,1	0,08	1,95	2,25	A			
	FNP2	2,68	0,14	2,41	2,95		B		
	KP1	3,12	0,09	2,94	3,29			C	
	FNP1	6,78	0,13	6,52	7,03				D
Parties souterraines	FNP1	2,84	0,23	2,38	3,3	A			
	KP2	5,24	0,14	4,96	5,51		B		
	FNP2	5,33	0,25	4,85	5,84		B		
	KP1	6,67	0,16	6,35	6,98			C	

K : station de Kerrache ; FN : station de la Forêt Noire.

Ces différences ne sont pas dues aux fluctuations d'échantillonnage mais peuvent être liées aux potentialités des parcelles. FNP1 enregistre la moyenne de croissance aérienne la plus élevée (6,78). Cette parcelle présente une strate arborée élaguée permettant d'une part, un éclaircissement favorable pour la croissance des germinations et d'autre part, une accessibilité accrue favorisant la fréquentation par l'homme et les animaux (piétinement, broutage...). Ce deuxième élément peut être à l'origine de la faible élongation des parties souterraines (2,84), le sol devenant de plus en plus compact et donc moins perméable à la pénétration des racines. Les semis de KP1 présentent la deuxième moyenne d'élongation aérienne (3,12) représentant 50% de celle de FNP1. Cette valeur est en relation avec le couvert assez dense, engendré par une structure végétale mixte à cèdres hauts et dominants (semenciers) et un

sous-étage à cépées de chêne vert. Ce qui confère aux semis une lumière insuffisante pour atteindre des croissances aériennes élevées. L'importance de la croissance souterraine moyenne (6,67) témoignerait de la fertilité du sol et de sa perméabilité. Les individus de FNP2 enregistrent une moyenne aérienne plus faible (2,68) que la parcelle précédente. Elle montre une structure fermée et ombragée, induite par des arbres rapprochés, ne laissant passer que très peu de lumière pour les semis. Au plan édaphique, cette parcelle offre un sol forestier, profond et riche en humus, permettant ainsi aux semis d'atteindre la deuxième meilleure moyenne d'élongation (5,35) pour les parties souterraines. La parcelle KP2 enregistre la plus faible moyenne aérienne (2,10). Composée majoritairement de jeunes individus de cèdres, elle représente un milieu ouvert (forte luminosité) avec une strate herbacée importante, dominée par des graminées pouvant concurrencer les semis et limiter leur croissance en hauteur. Cette forte luminosité induit d'importantes pertes de réserves hydriques, préjudiciables à la croissance des semis déjà en compétition.

3.5-RELATIONS REGENERATION - PARAMETRES CLIMATIQUES

3.5.1-Effectifs-climat

La régénération naturelle des peuplements forestiers est soumise à diverses contraintes environnementales qui interviennent surtout dans les premiers stades de développement des semis (Candau & Chalon, 2009). Les graphes montrent globalement la même allure avec des levées importantes pendant les premières décades du mois de mai en 2013 (Fig.28a, 28b) et du mois de mars en 2014 (28c, 28d). Ces dates correspondent à des températures de germination où «Tmin » et «Tmax» enregistrent des valeurs supérieures ou égales, respectivement à 5 et 10 °C. Pour le premier cycle, malgré le maintien de ces températures, la deuxième décade du mois de mai est marquée par une chute importante, suivie d'une reprise à la troisième décade sans doute liée à un apport pluviométrique avoisinant les 100 mm.

Après cette date, les effectifs diminuent considérablement. Le deuxième cycle est caractérisé par des régénérations faibles quel que soit leur âge (s1 et s2) ; les pluviosités moyennes annuelles sont moins importantes, avec respectivement 960 et 1110 mm pour Kerrache et la Forêt Noire, contre 1378 et 1337 mm pour 2013. Les hivers sont pluvieux (400 mm) pour les deux cycles et les phases printanières beaucoup plus arrosées en 2013. Kerrache et la Forêt Noire bénéficient respectivement de 483 et 502 mm en 2013 et 73 et 273 mm en 2014. Quant aux saisons estivales, elles comptent des valeurs faibles (70 mm). A cette baisse sensible de la pluviosité est associé l'effet de l'élévation des températures à partir du mois de juin où

«Tmin » et «Tmax» avoisinent respectivement des valeurs de 20°C et de 30°C, ce qui pourrait expliquer en partie le faible taux de germination observé en 2014.

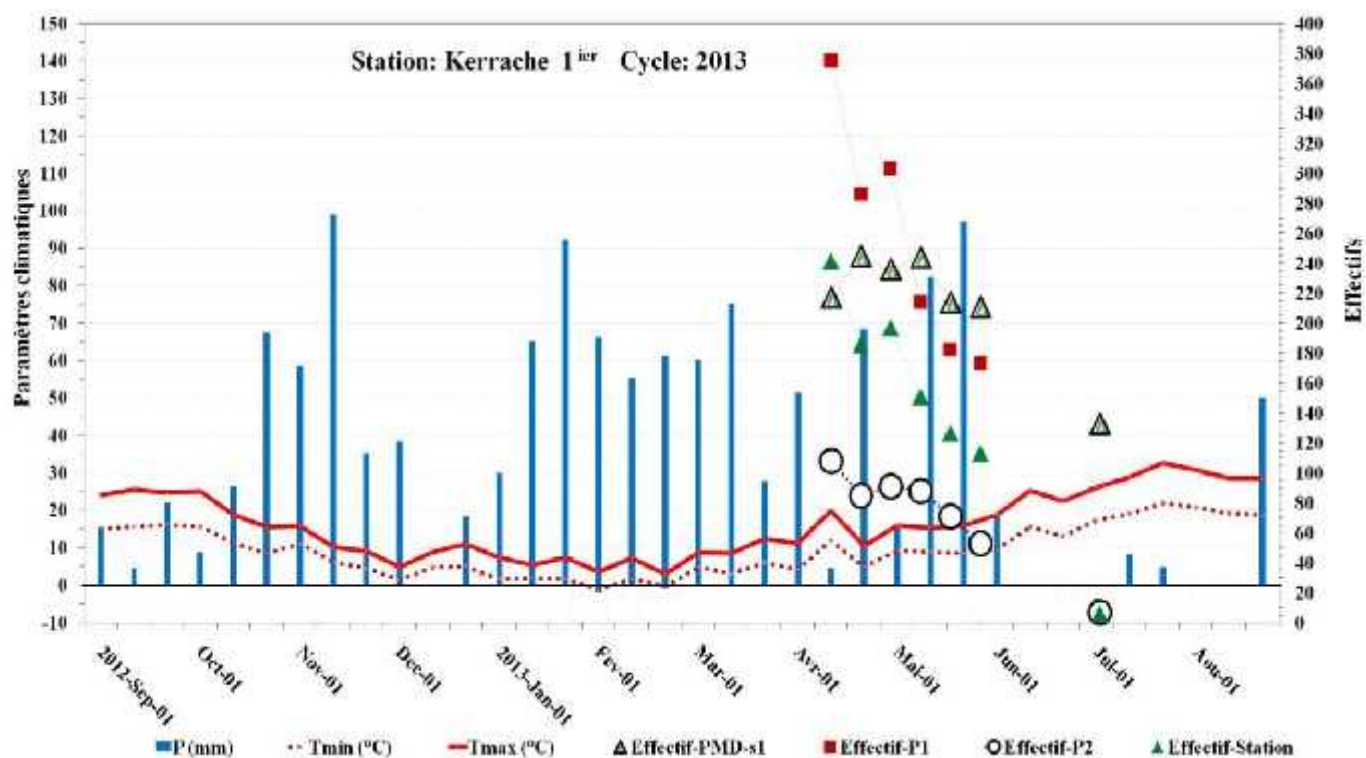


Figure 28a : Relation effectifs - paramètres climatiques (2013) dans la station Kerrache

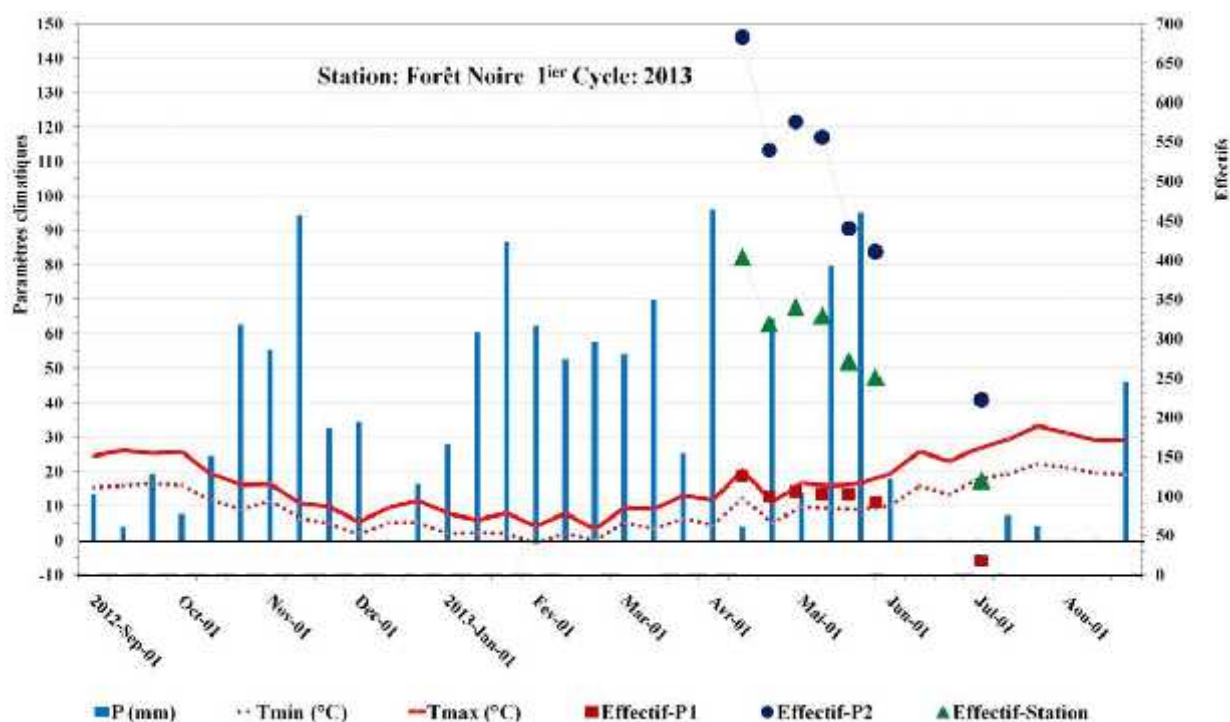


Figure 28b : Relation effectifs-paramètres climatiques (2013) dans la station Forêt Noire

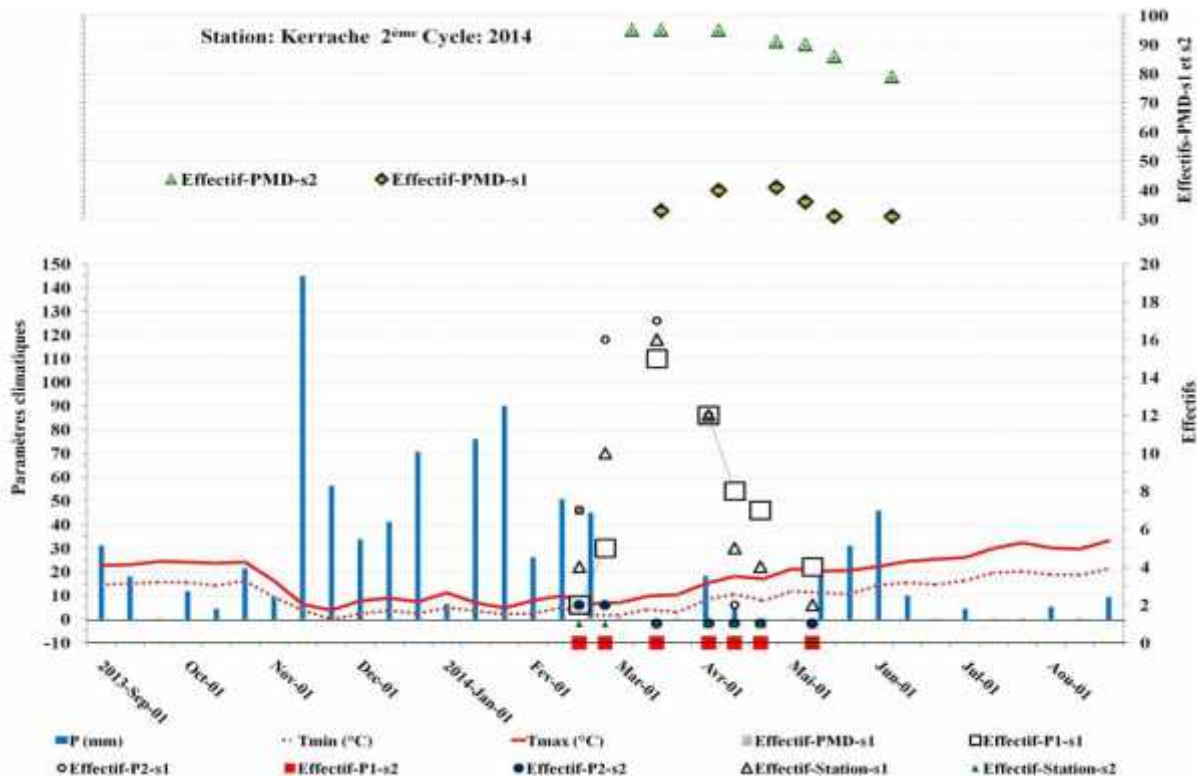


Figure 28c : Relation effectifs - paramètres climatiques (2014) dans la station Kerrache

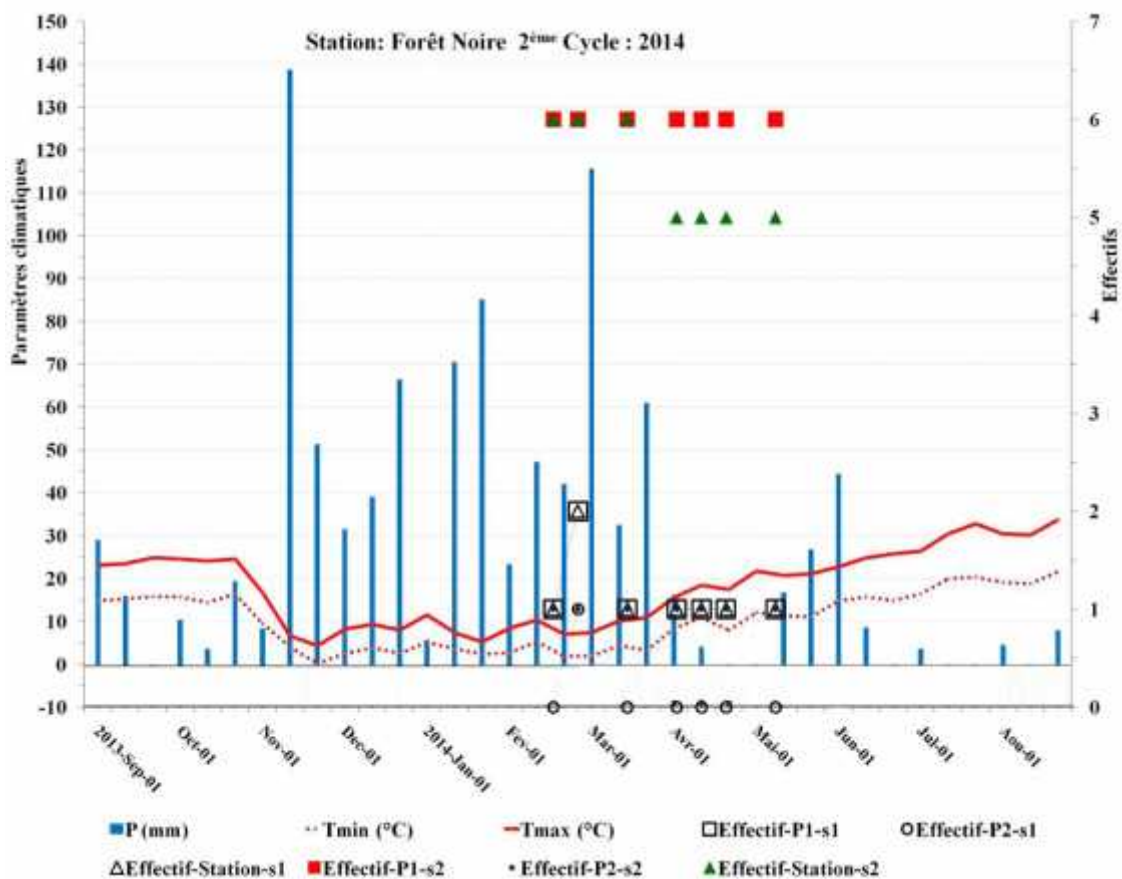


Figure 28d : Relation effectifs - paramètres climatiques (2014) dans la station Forêt Noire

3.5.2-Croissance-climat

L'objectif est de mettre en évidence l'effet des variations interannuelles du climat sur la croissance en hauteur des semis installés en 2013. Les figures (29a, 29b, 29c) montrent que la croissance en hauteur des semis de cèdre de deux ans (s2) a été plus importante durant l'année 2013. Le cycle 2014 est caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle moins importante, avec un moindre apport printanier. Bien que les individus de Kerrache et de la parcelle mise en défens (Fig.29c) subissent le même climat, les individus mis en défens montrent les meilleures elongations pour les deux cycles, ce qui permet de souligner l'effet du facteur anthropozoogène.

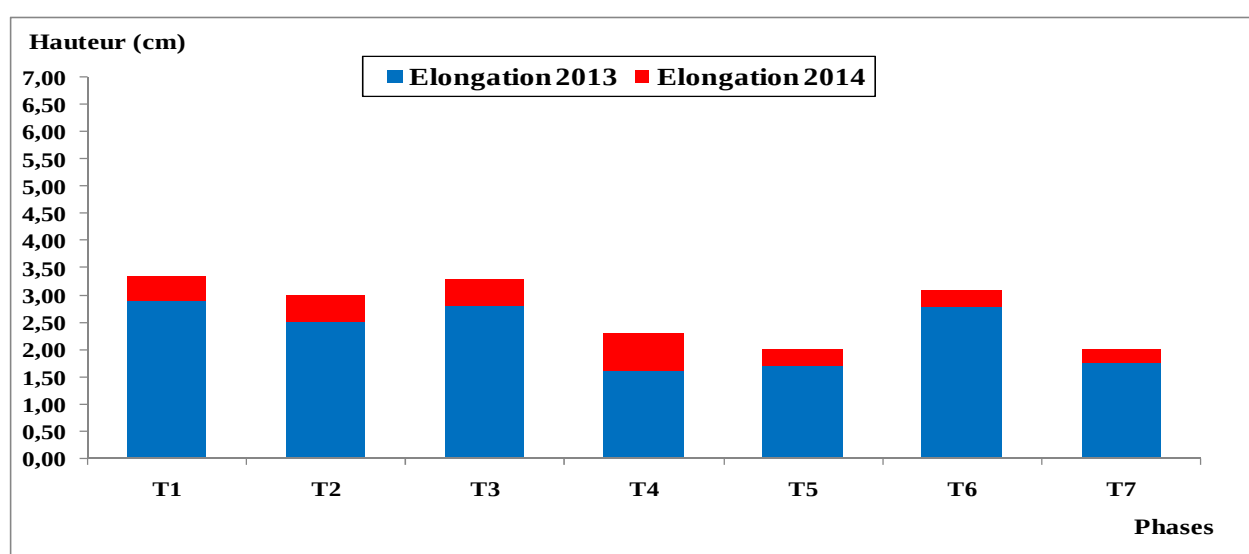


Figure 29a: Elongation de la hauteur des semis de 2ans dans la station Kerrache

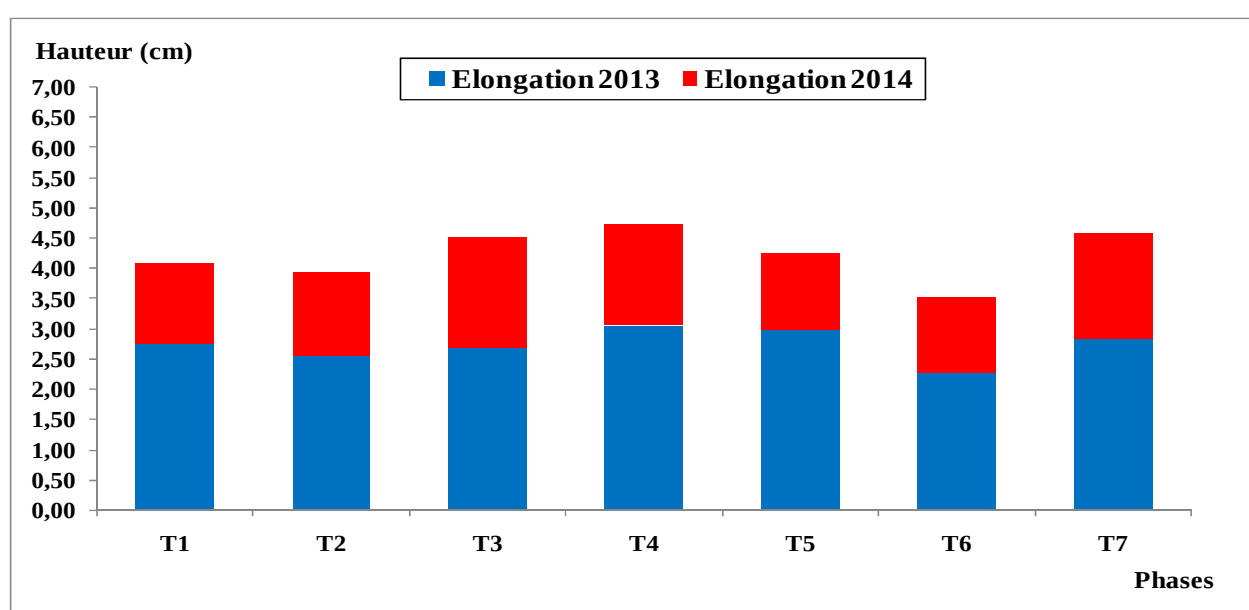


Figure 29b: Elongation de la hauteur des semis de 2 ans dans la station Forêt Noire

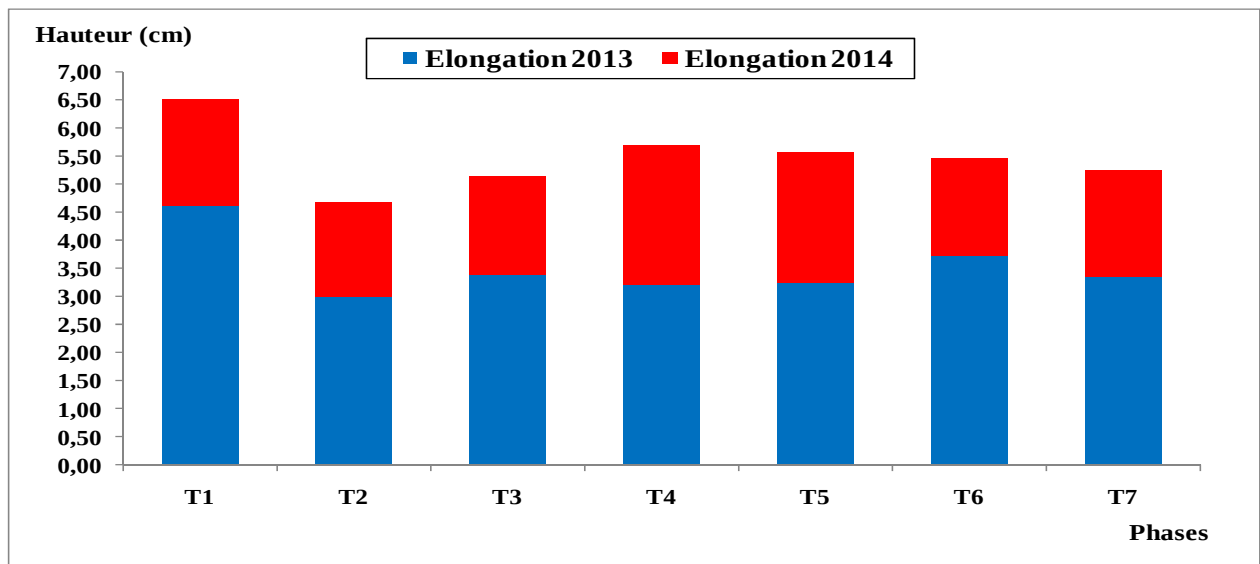


Figure 29c: Elongation de la hauteur des semis de 2 ans dans la parcelle mise en défens

4-DISCUSSION

La variation de l'abondance et de la croissance des semis est liée aux effets combinés de la compétition racinaire et des conditions de lumière (Karschon, 1973) qui déterminent l'installation et le développement de la régénération naturelle sous couvert (Baraloto, 2003 ; La Mela Veca *et al.*, 2013). L'effet améliorant du couvert arboré serait lié à son rôle sur la filtration et la disponibilité de la lumière (Gaudio *et al.*, 2011 ; Celle *et al.*, 2014), le couvert, en abaissant les niveaux de radiations, maintiendrait des conditions microclimatiques de température, d'humidité de l'air et d'équilibre hydrique du sol favorables à la germination et à l'établissement des semis (Lookingbill & Zavala, 2000). Dans notre cas, l'impact de la lumière a été indirectement apprécié par les relations établies entre l'importance relative des paramètres dendrométriques (densité, recouvrement de la strate arborée et circonférence à 1m30) qui constitueraient de bons indicateurs des conditions écologiques de croissance (Zhang & Chauret, 2001 ; Adili, 2012).

Malgré le fort recrutement enregistré en 2013, les taux de survie de la parcelle FNP2 (hors mise en défens) passent de 33% à 0% en 2014. Les taux de survie optimaux (54%, 76% et 83%) obtenus dans la parcelle mise en défens souligneraient l'importance de la mise en défens pour la réussite de la régénération. En effet, les forts recrutements enregistrés (683 et 375) dans de bonnes conditions trophiques et hydriques (FNQ1P2, KQ1P1) associés à l'existence de microsites favorables (faible compétition herbacée, sol profond...) à leur installation sont corrélés, dans la majorité des cas, à des taux de survie faibles voire nuls. Ces pertes

s'expliqueraient par leur accessibilité et par des perturbations causées par des coupes d'arbres, débardages de bois, élagage et apports de matériaux... Cela confirme le rôle joué par la structure de la cédraie et par la strate herbacée dans la survie des semis, et l'importance de l'action anthropozoogène qui s'avère déterminante et masque les potentialités écologiques et biologiques des microsites.

Les meilleurs taux de régénération et de croissance en hauteur sont atteints sous des couverts végétaux moyens, cas de la parcelle FNP1. Ainsi, un couvert modéré suffirait à réduire l'évapotranspiration et à protéger les jeunes semis (Ezzahiri & Belghazi, 2000 ; Gomez-Aparicio *et al.*, 2004). Une végétation très dense, à sous-étage pauvre en lumière, réduit considérablement l'activité photosynthétique et les régénérations ne peuvent survivre plus d'une année (La Mela Veca *et al.*, 2013). A l'opposé, un couvert trop clair peut être nuisible à ces dernières par les radiations nocives (ratio rouge clair/rouge sombre) qui peuvent atteindre le sol et altérer la croissance des semis (Lamhamedi & Chbouki, 1994 ; Gómez-Aparicio *et al.*, 2006), telle la parcelle KP2 à faibles taux de survie. L'effet favorable de la lumière dans la précocité d'apparition des germinations de cèdre et leur installation est capital ; il demeure toutefois néfaste pour leur devenir à l'approche de la période estivale (Lepoutre, 1964).

Le taux de survie peut varier aussi avec l'existence d'un sous-étage arbustif. Par son effet facilitateur, il assure aux plants une protection mécanique contre les animaux (broutage, piétinement) et les protège des aléas climatiques (pluies torrentielles, froids exceptionnels). D'autre part, il fournit un microclimat améliorant la disponibilité en eau et en éléments nutritifs dans le sol (Ezzahiri *et al.*, 1999 ; Lopez Pintor *et al.*, 2000 ; Chambers, 2001 ; Gomez-Aparicio *et al.*, 2004 ; Guedira *et al.*, 2008). Cet effet bénéfique a été notamment observé dans la parcelle KP1, sous genévrier oxycèdre avec un taux de survie de 100% ou sous chêne vert (41%). Ce dernier constituerait une excellente structure d'accueil pour les semis de cèdre (Marion, 1955 ; Pujos, 1966). Toutefois, un couvert angulaire minimum de l'ordre de 3/8 serait nécessaire (Addar & Oudineche, 1994 ; Addar, 2003). L'effet facilitateur ne serait toutefois effectif qu'au cours des premiers stades d'établissement. Un effet compétitif (pour la lumière ou l'eau) négatif sur la survie des jeunes semis a été rapporté chez les conifères (Royce & Barbour, 2001 ; Adili, 2012). Le couvert végétal influencerait aussi sur la nature et l'évolution de la litière (Cochet, 1973). L'efficacité de cette dernière est étroitement liée à son taux de recouvrement qui jouerait des rôles antagonistes : facilitateur par un taux modéré, considéré dans ce cas comme lieu d'installation privilégié de plusieurs conifères (Lachaussée, 1947 ; Mac Cullough, 1948 ; Dimpleby, 1953 ; Moreau & Poly, 1968 ; Gensac,

1990 ; Cornett *et al.*, 1997 ; Mori *et al.*, 2004 ; Harvey & Brais, 2007) et inhibiteur par une épaisseur importante, constituant un obstacle empêchant les racinelles des plantules et des semis d'atteindre les premiers horizons minéraux (Addar, 2003), ce qui pourrait expliquer en partie la plus faible moyenne d'élongation racinaire (2,84cm) de FNP1. Ce rôle de barrière mécanique, limitant l'émergence des semis, a été également souligné par Jiao-Jun *et al.*, (2003) pour les pinèdes. La litière des résineux peut aussi constituer un obstacle majeur à la germination, soit par l'action inhibitrice des substances allélopathiques produites (Duchaufour & Rousseau, 1959 ; Gallet & Péliissier, 2002), soit par intoxication des semis par l'accumulation du manganèse dans les humus (Becker & Drapier, 1984 ; Fisher, 1987 ; Kill, 1992). La germination et l'émergence des semis seraient ainsi deux étapes clés, particulièrement sensibles à la présence de litière (Facelli & Pickett, 1991). Cette dernière est considérée comme le facteur le plus déterminant chez le pin pignon (Adili, 2012).

La strate herbacée peut avoir des rôles antagonistes sur le développement des semis. Dans les milieux ouverts, en période humide et au début des germinations, elle joue un rôle d'écran vis-à-vis des rayons lumineux. Mais, en période estivale, les herbacées concurrencent fortement les semis pour l'eau et la nutrition minérale (Nambiar & Sands, 1993 ; Ezzahiri *et al.*, 1994 ; Ponge *et al.*, 1994 ; Watt *et al.*, 2004 ; La Mela Veca *et al.*, 2013). L'effet de l'environnement local sur la survie des semis prend donc toute son importance.

Le niveau de régénération est d'autant plus marqué que le recouvrement végétal au sol est plus faible (Karschon, 1973) telles les parcelles KP1 et FNP2 qui montrent des effectifs élevés (375 et 683) avec des strates herbacées faibles (< 10%), par opposition à KP2 la plus enherbée (61%) qui présente les taux de régénération les plus faibles (108). Cette compétition herbacée apparaît nettement comme le facteur le plus défavorable, surtout au cours de la saison d'installation des semis (Becker & Lévy, 1983 ; Loisel, 1966).

Aussi bien pour les graines que pour les semis, les différences sont significatives, elles se situent entre les parcelles (KP1 et FNP1) et (FNP1 et FNP2). Ce qui dénote de potentialités de régénération en termes de production de graines et de semis différentes entre ces parcelles prises deux à deux.

En effet, les parcelles KP1 et FNP1 sont caractérisées par des individus plus âgés et une densité plus forte (N=87) dans la première et des cèdres plus jeunes avec une moindre densité (N=23) dans la seconde. Pour les parcelles FNP1 et FNP2 (N=18), bien qu'elles soient composées d'individus équiens, à effectifs proches, l'état des arbres et leur disposition diffèrent. Ils sont élagués et à disposition rectiligne dans la première parcelle, ce qui lui

confère plus d'accessibilité et de fréquentation engendrant plus de pertes en graines et en semis ; et à branches latérales conservées et à cèdres organisés en bouquets dans la deuxième, ce qui induit un milieu fermé et moins anthropisé, permettant la préservation d'un meilleur capital en graines et en semis. Ces paramètres confèrent un meilleur potentiel reproducteur aux parcelles KP1 et FNP2.

Le cèdre de l'Atlas donne un meilleur développement sur des sols profonds, meubles, où les semis arrivent à développer un système racinaire vigoureux et profond leur permettant d'échapper à la sécheresse estivale (Boudy, 1950 ; Schönenberger, 1970 ; Toth, 1971 ; Toth & Turrel, 1981 ; Malki, 1992). Les semis de l'ensemble des parcelles à l'exception de ceux de la FNP1 présentent des élongations racinaires moyennes assez élevées, dépassant 5 cm en moins d'un mois. La faible valeur (2,84cm) au niveau de FNP1 pourrait être aussi liée à la perturbation du sol induite par une fréquentation et une activité pastorale plus intenses. Les croissances observées au niveau de nos stations restent inférieures à celles enregistrées au Maroc pour la même espèce où elles atteignent un développement de 15 cm en trois mois (Lepoutre, 1961) ; cette différence pourrait s'expliquer par les germinations plus tardives dans nos stations.

Notons que les meilleures croissances souterraines de KP2 (5,24cm) et KP1 (6,67cm) ne correspondent pas forcément aux plus forts taux de survie avec respectivement 6 et 1%. Ces résultats pourraient provenir des dégradations anthropiques (coupes, élagage, etc.) survenues à la fin du premier cycle d'observation. L'activité anthropozoogène se manifeste sur la croissance et la survie des semis, d'une part, par leur consommation, en mélange avec la végétation herbacée (Fortuny *et al.*, 2012) et, d'autre part, de manière indirecte par la modification de la structure de la végétation et du sol. Le bétail perturbe le sol via des phénomènes de broutage et de compaction du sol (Hulme & Borelli, 1999 ; Smith *et al.*, 2006a), voire de déterrement des semis par le labourage des sangliers. L'importance de la perturbation vis-à-vis du devenir des semis l'emporte sur les potentialités des parcelles.

L'impact anthropozoogène demeurerait sans conteste dans tous les milieux un obstacle majeur aux régénérations du cèdre (Ezzahiri & Belghazi, 2000) et compromettrait leur survie (Gauquelin *et al.*, 2012). Ces perturbations se traduisent globalement au niveau des parcelles hors mise en défens, par de faibles élongations des parties aériennes et souterraines, des croissances réduites et des taux de survie presque nuls. Des observations ultérieures, en mise en défens, permettraient de vérifier ces résultats.

Le suivi de la régénération en relation avec les conditions climatiques permet de mettre en évidence l'importance des températures minimales et maximales pour le démarrage de la germination. Toutefois, les valeurs seuils requises pour les températures (« M » $\geq 10^{\circ}\text{C}$ et « m » $\geq 5^{\circ}\text{C}$) ne sont pas atteintes à la même période. C'est ainsi que pour le cycle 2013, les germinations tardives sont apparues à la première décade de mai alors qu'elles ont été plus précoces (troisième décade du mois de mars) lors du cycle 2014. Ces germinations précoces ont permis d'obtenir des taux de survie plus élevés qu'en 2013. Ces dernières ont plus de chance de passer le cap de la saison estivale par de meilleures élongations racinaires (Lepoutre, 1961 ; Gonzalez-Martinez *et al.*, 2010). Les variations interannuelles importantes observées au niveau des effectifs des semis dépendraient également de la production de graines viables, connue comme variant selon un cycle de 2 à 3 ans (Toth, 2005).

Notre étude montre par ailleurs l'importance des pluviosités printanières et surtout estivales dans le maintien et la croissance des semis. En effet, le déficit hydrique estival représente un véritable obstacle (Aussenac & Valette, 1982 ; Toth, 1987 ; Ezzahiri & Belghazi, 2000). Si la régénération naturelle dépend de la conjugaison de nombreux facteurs tels une production grainière suffisante, un sol réceptif et des conditions climatiques favorables à la germination et à la survie (Prévosto & Ripert, 2011), elle reste néanmoins tributaire de l'action anthropique.

5-CONCLUSION

L'analyse du déterminisme des facteurs biotiques et abiotiques sur la régénération a été appréhendée à différents niveaux d'observations, intra- et inter-stations.

Une analyse statistique comparative des observations a permis de mettre en exergue le rôle important du climat sur la germination et le potentiel de survie des semis en relation avec les variations journalière, saisonnière et interannuelle des paramètres climatiques (P, T_{min}, T_{max}), l'effet de versant, la topographie et l'altitude. Toutefois, la mise en évidence des facteurs régissant la dynamique des semis de cèdre reste complexe. En effet, bien que le démarrage de la germination et la croissance soient bien mis en relation avec les variations intra- et interannuelles du climat, il n'en est pas de même pour la survie. Cette dernière serait liée également à l'effet aggravant voire déterminant de l'action anthropozoogène par référence à des situations de mise en défens, ainsi qu'à des processus aléatoires et de sélection naturelle (Pichot *et al.*, 2006).

Par ailleurs, il est souligné au niveau local, le rôle déterminant de la structure du peuplement qui influe par son degré d'ouverture, l'effet « facilitation » du sous-étage arbustif ou compétitif de la strate herbacée, ainsi que la réceptivité de la surface du sol. A cela, s'ajouteraient les facteurs intrinsèques qui conditionnent le potentiel de production de graines.

Ces résultats préliminaires restent à conforter par une plus vaste investigation couvrant toute l'aire de répartition du cèdre en Algérie et un suivi sur une plus longue période de temps de façon à intégrer les variations interannuelles. L'étude serait à compléter par l'évaluation d'autres paramètres, tels que l'éclairement ou la litière, appréciés ici de manière indirecte.

L'expérimentation en conditions contrôlées aiderait aussi à discriminer la part des différents facteurs intervenant dans le contrôle de la régénération du cèdre.

CHAPITRE III

ETUDE COMPARATIVE DE LA REGENERATION AU NIVEAU DES MASSIFS DU DJURDJURA ET DE CHREA

CHAPITRE III

ETUDE COMPARATIVE DE LA REGENERATION AU NIVEAU DES MASSIFS DU DJURDJURA ET DE CHREA

L'étude de la régénération du cèdre de l'Atlas a été entreprise au niveau des stations de Tala Rana (Djurdjura) et de Chréa (Atlas blidéen), faisant partie de l'Atlas tellien, en position sublittorale. Notre étude a ciblé des situations similaires de développement de la cédraie, en termes notamment d'expositions sud, connues comme les moins favorables. L'objectif de cette analyse comparative est d'appréhender les réponses de peuplements répondant à des caractéristiques locales spécifiques.

Dans la station de Tala Rana (Fig.30), les cèdres sont âgés et plus ou moins dépérissants en raison de mutilations répétées. Le mauvais état actuel du cèdre dans cette station est dû principalement aux actions anthropiques. Il n'y a aucune régénération effective depuis trois années, bien que des semis de l'année soient présents. La principale contrainte à la régénération naturelle serait le pâturage essentiellement bovin, qui constitue une ressource vitale pour les riverains, associé à la sécheresse estivale.

La cédraie à Chréa (Fig.31) présente un état général satisfaisant et plus rassurant que celui de Tala Rana. Le potentiel de renouvellement au niveau des stations étudiées semble conservé et l'espèce y manifeste une grande aptitude à coloniser l'espace dès que les conditions de sol et de lumière sont propices. Les trouées ou clairières et les talus de piste nouvellement ouvertes, notamment, sont envahis par une régénération parfois dense surtout à proximité des semenciers.

Comparativement, les peuplements sont en meilleur équilibre que dans le massif précédent. Les cèdres échantillonnés excepté dans la parcelle P2 Kerrache (P2K), sont assez jeunes et en âge de reproduction. En dehors des bris de cime et de branches dus à la neige, le pâturage est relativement moindre et les délits se limitent aux coupes (P1K) et à l'élagage partiel (P1FN et P2FN) ainsi que la sur-fréquentation humaine pour les loisirs.

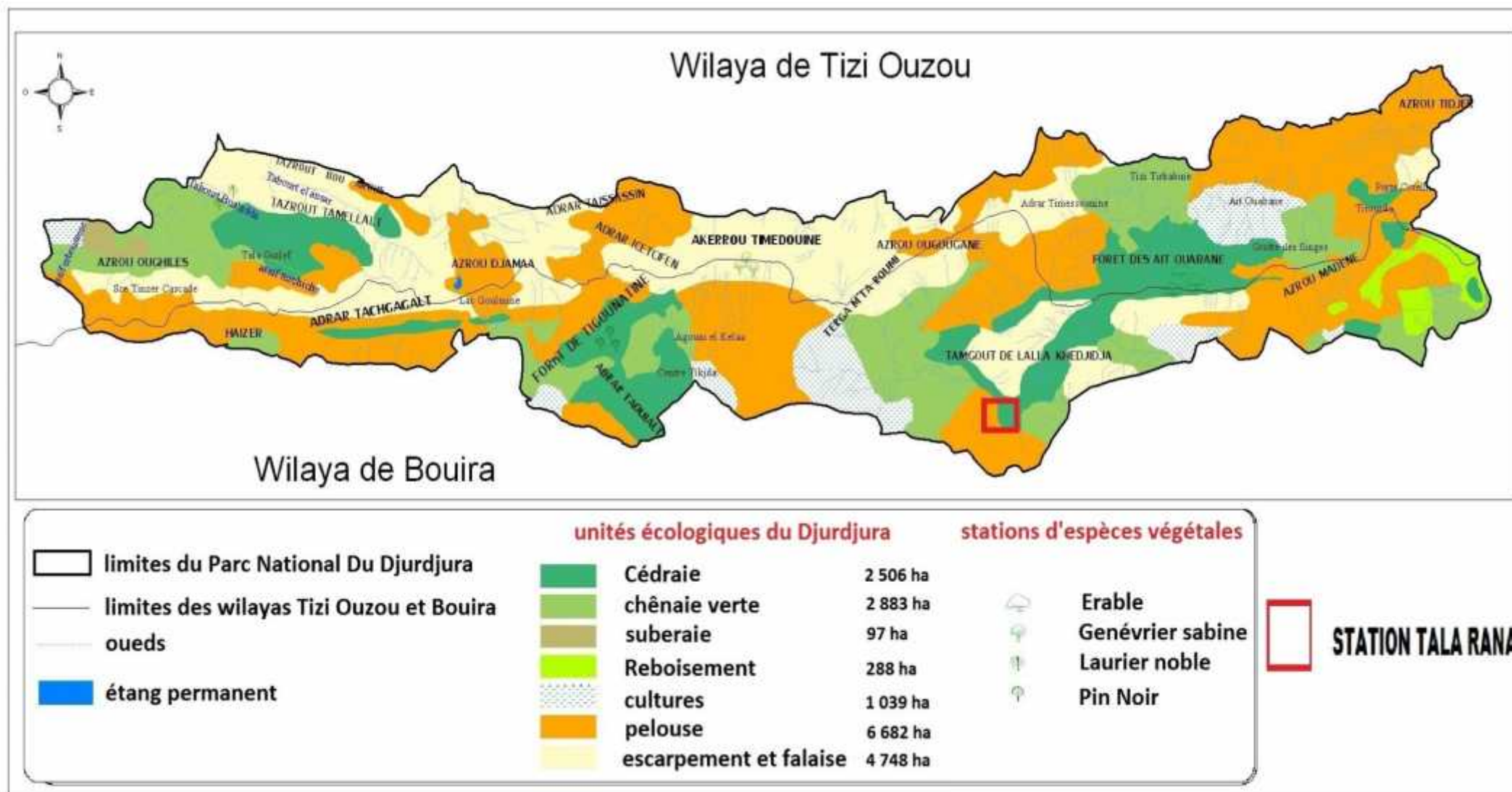


Figure 30: Situation de la cédraie de Tala Rana dans le massif du Djurdjura (PND, 2005)

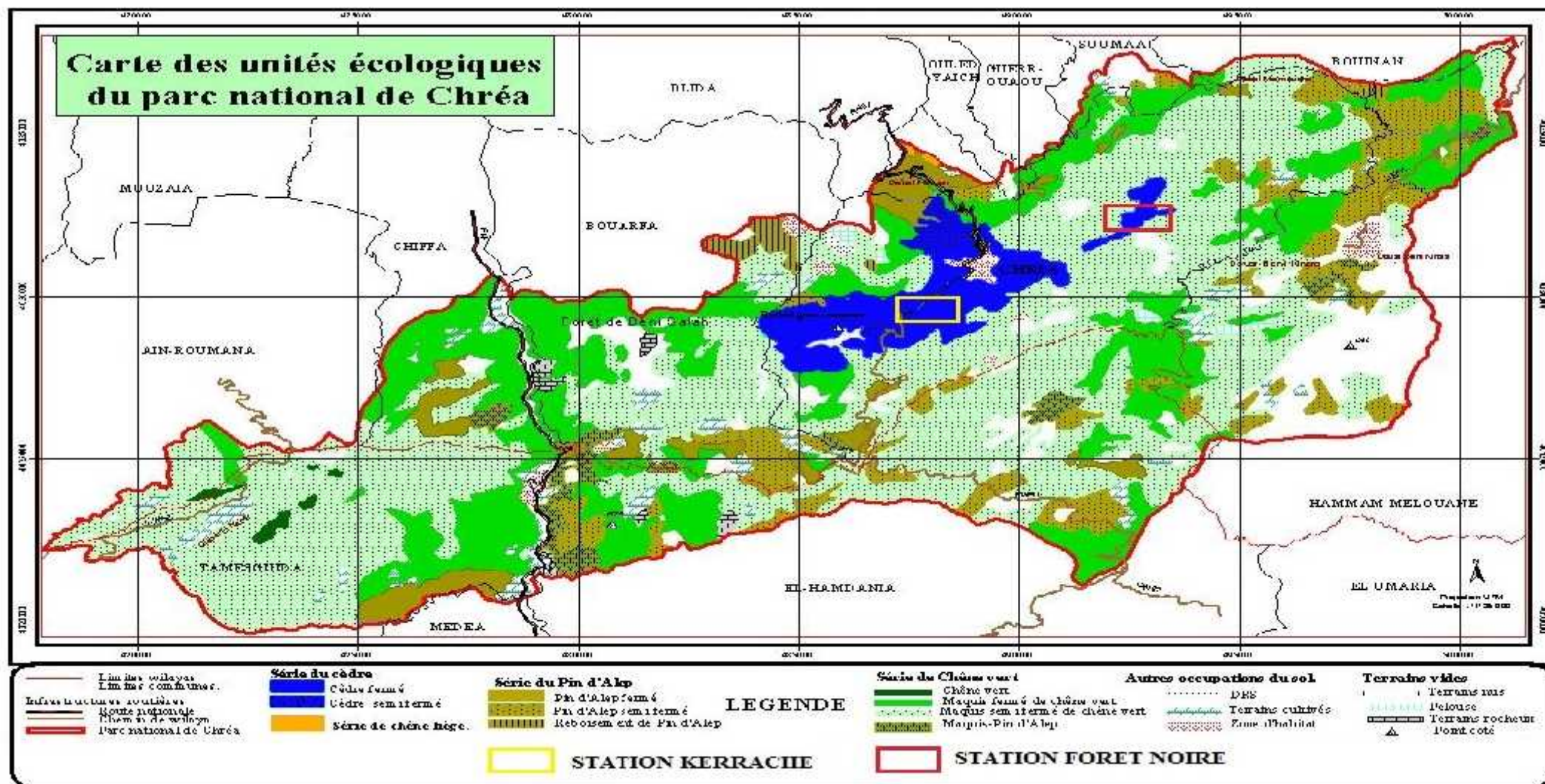


Figure 31: Situation des cédraies des stations d'étude dans le massif de Chrée (PNC, 2014)

Pour la comparaison des différents cycles de suivi des régénérations (graines et semis) dans les massifs de Chréa (2013-2014-2015-2016) et du Djurdjura (2014-2015-2016), nous avons eu recours aux box plots ou boîtes à moustaches et ce en utilisant les effectifs maximums des graines et des semis, enregistrés au cours des différentes phases d'échantillonnage pour l'ensemble des parcelles de chaque massif. Ces représentations graphiques permettent une meilleure discrimination des potentiels à l'échelle graphique considérée. Cette comparaison des potentiels, est précédée par une étude de la structure des parcelles, à travers des histogrammes de la distribution des circonférences dans chacune d'elles. Le massif de Chréa est composé essentiellement de parcelles forestières, celui de Djurdjura compte trois clairières (P1, P2 et P3) et une seule parcelle forestière (P4), cette dernière a servi de base pour la comparaison inter massifs.

1- COMPARAISON DES STRUCTURES DE VEGETATION DES PARCELLES DES DEUX MASSIFS

Le massif de Tala Rana est situé sur le versant sud de Lalla Khedidja, à 50 km à vol d'oiseau de la mer méditerranée, entre les altitudes de 1200m et 1800m. La cédraie se présente, en altitude inférieure à 1600 m ; sous la forme de peuplements mixtes, (avec le cèdre en étage principal et le chêne vert en sous-étage) et au dessus de cette altitude sous forme de peuplements purs (cèdres sur pelouse). En dehors des bas-fonds et ravines à sol généralement plus profond, caractérisés par des arbres remarquables, à fût droit (plus de 20 m de haut), la cédraie de Tala Rana se caractérise par un déséquilibre notable des classes d'âge, les classes âgées ou vieillissantes étant largement dominantes. L'absence de régénération naturelle dans les parcelles, forestière (P4) et celle en lisière de forêt (P1), et l'état de dégradation des sols dans une grande partie du massif posent le problème de cette cédraie en termes de survie. Étant donné l'âge avancé de la plupart des arbres, les problèmes d'ordre sanitaire se posent avec acuité.

Dans tout le massif forestier les régénérations rares, sont essentiellement cantonnées au niveau des vides forestiers, dus aux coupes d'arbres où à leurs chutes suite au dépérissement. La parcelle (P1) est essentiellement représentée par des individus âgés dont la circonférence (à 1m30 du sol) minimale avoisine les 4 m (3,88m), et la maximale les 7 m (6,55m). Chacune des ses trois classes, comporte un seul cèdre (Fig.32).

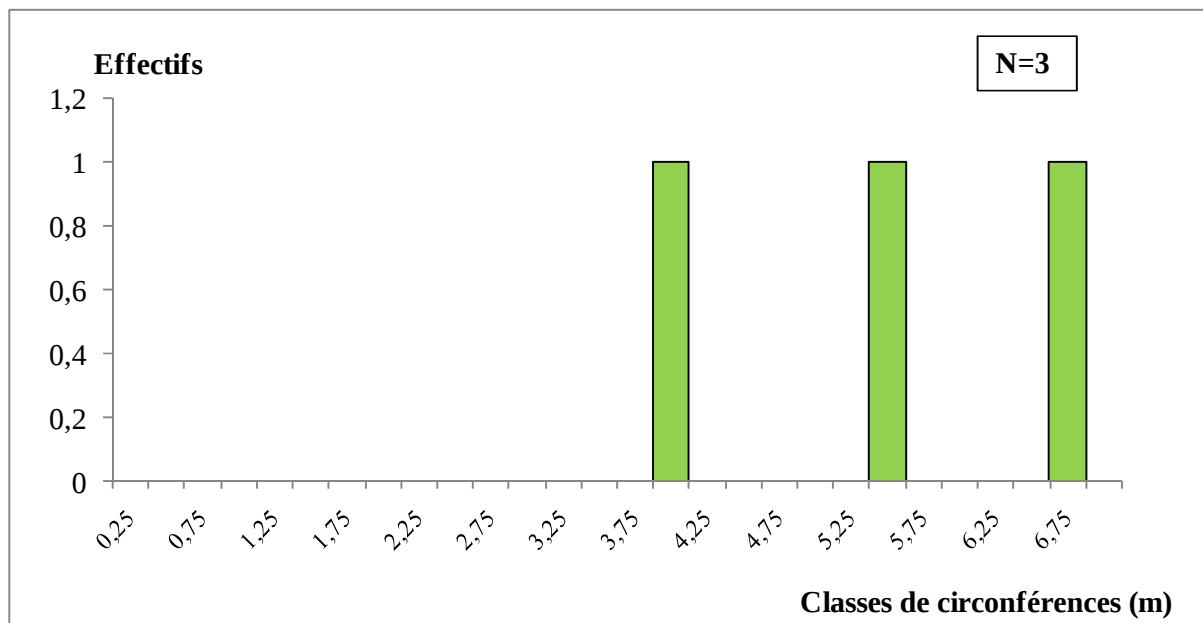


Figure 32 : Distribution des circonférences dans la parcelle P1 de la station Tala Rana (Djurdjura)

La parcelle (P3), représentée par la clairière, est caractérisée par la présence exclusive des classes jeunes dont la circonférence (quelque soit la hauteur) est inférieure à 0,50m, avec un seul individu dépassant le mètre (1,03m) de circonférence (Fig.33).

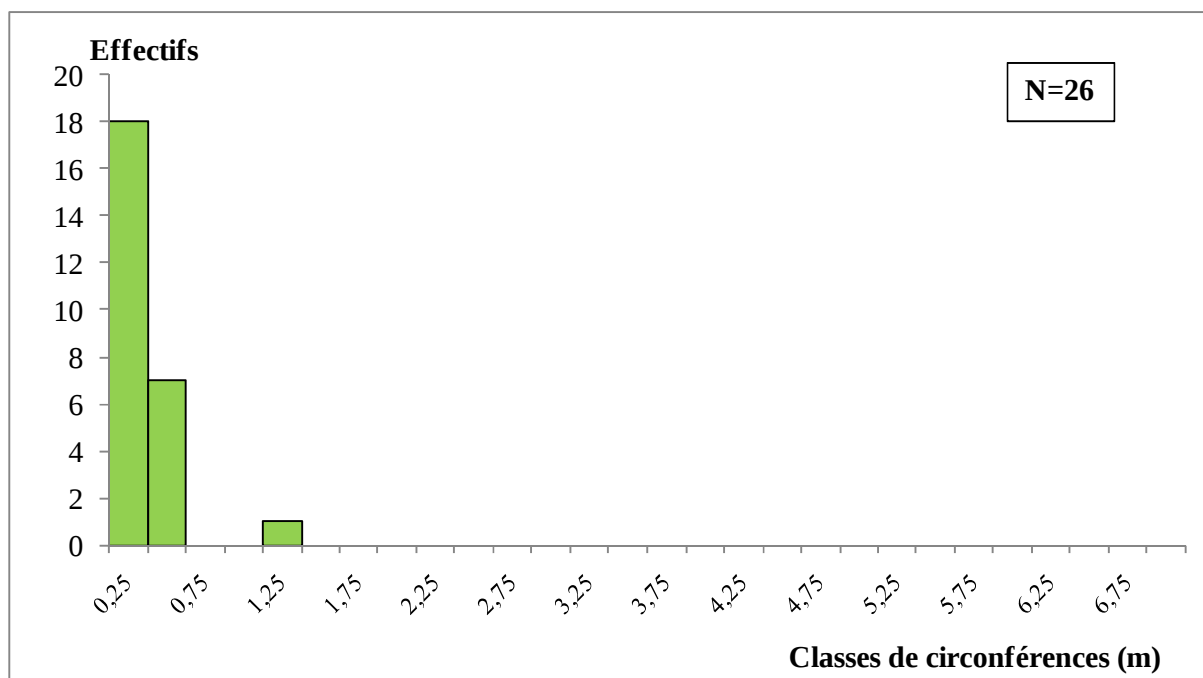


Figure 33 : Distribution des circonférences dans la parcelle P3 de la station Tala Rana (Djurdjura)

La classe [0 – 1[représente 96% (25 individus) des cèdres, dont (69%) pour la classe [0 - 0,25[avec 18 individus, et 27% pour celle à [0,25 – 0,75[avec 7 cèdres. La classe [1 -2[à un seul cèdre, montre un taux de 4%.

La parcelle P4, représentative du massif forestier de la station (Fig.34), est globalement dominée par des circonférences importantes, dépassant les deux mètres, associée à une faible présence des classes jeunes [0-1[, avec un taux de 6%. Les classes [1-2[et [3-4[montrent un taux similaire de 12%. Les classes âgées [2-3[et [4-5[comptabilisent les plus forts taux avec respectivement 47% (8 cèdres) et 23% (4 cèdres). Elles imprègnent la physionomie générale à cette forêt et constituent des reliques vivantes de la cédraie originelle, autrefois plus étendue et plus en équilibre avec son milieu.

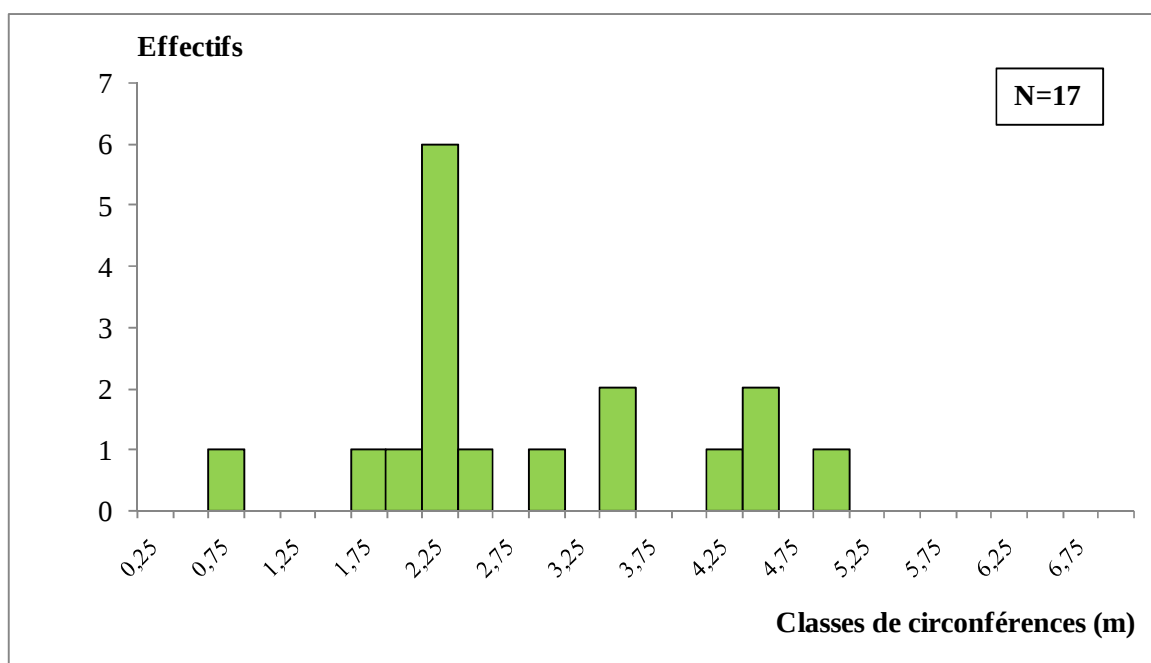


Figure 34 : Distribution des circonférences dans la parcelle P4 de la station Tala Rana (Djurdjura)

Le massif de Chréa fait partie de l'Atlas Blidéen, situé à 30 km à vol d'oiseau de la méditerranée ; la cédraie y est comprise entre les altitudes de 800m et 1600m. La zone d'étude intègre deux stations forestières, Kerrache en versant sud et la Forêt Noire à l'est, avec deux parcelles chacune. La cédraie caractéristique de ces stations est relativement jeune par rapport à celle de Tala Rana ; elle se présente en cédraie pure sur pelouse, cas de la parcelle mise en défens (PMD) ou associée au chêne vert en sous-étage, dans les autres parcelles. Les cèdres se présentent en arbres bien individualisés avec des fûts droits et bien élagués par suite de compétition.

La cédraie de Chréa se caractérise par une dominance notable des classes d'âge jeunes ou juvéniles dont la majorité ne produit pas encore de cônes et de chatons. Les sols sont généralement bien conservés avec peu d'affleurements et d'éléments grossiers. Dans tout le massif forestier, les taches de régénération sont abondantes et établies au niveau des clairières, et des vides forestiers, cas de la partie est du massif de Chréa (Forêt Noire). Les coupes d'arbres sont courantes au niveau des ouvertures des pistes (cas de la parcelle 1 Kerrache), modifiant ainsi la structure du peuplement.

Les bris de cime et de branches, dus essentiellement au poids de la neige, sont fréquents dans la station de Kerrache, proche du sommet fortement enneigé durant l'hiver. La neige affecte particulièrement les cèdres jeunes à houppier court et élevé au-dessus du sol, dont les aiguilles en balais retiennent une forte proportion de neige. Ces arbres finissent par se briser sous le poids de la neige gorgée d'eau, présentant un poids triple de celui de la neige légère (Schütz, 1989). La parcelle (P1) est essentiellement représentée par des individus jeunes dont la circonférence est inférieure à 1 m, celles supérieures à cette valeur et plus de 2 m, sont faiblement représentées, ce qui dénote de la jeunesse du peuplement (Fig.35).

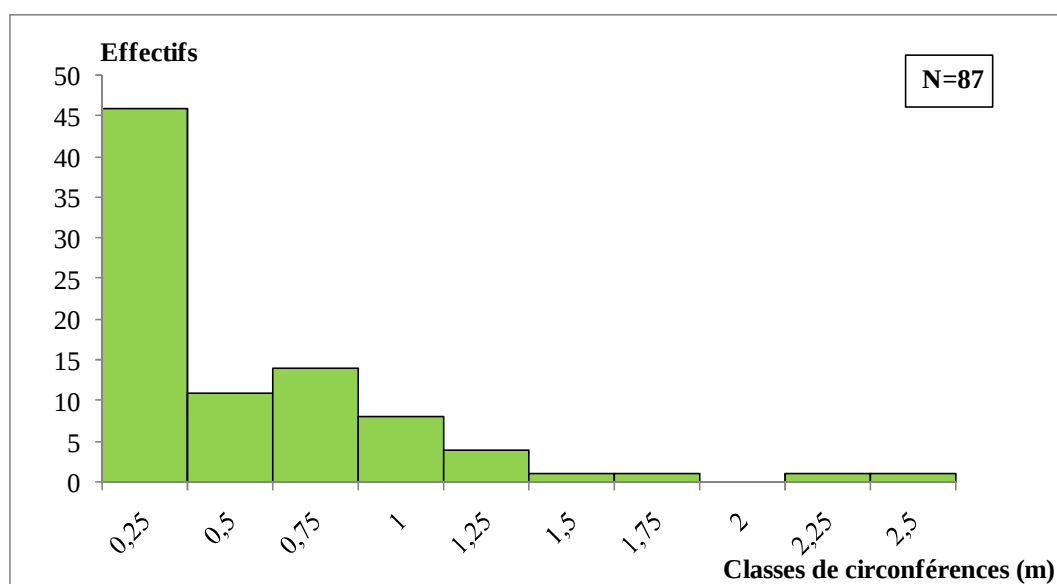


Figure 35 : Distribution des circonférences dans la parcelle P1 Kerrache (Chréa)

La parcelle P2 est caractérisée par la présence exclusive de la classe jeune à circonférence inférieure au mètre (Fig.36). C'est la parcelle qui présente les plus jeunes individus de cèdres ; la sous classe [0 - 0,25[est fortement représentée avec 61%, suivie par les sous classes [0,25 - 0,50 [(21%) et [0,5 - 0,75[(16%). La sous classe [0,75 - 1[à individus relativement âgés, montre un faible taux de 2%. La majorité des cèdres ne sont pas encore semenciers.

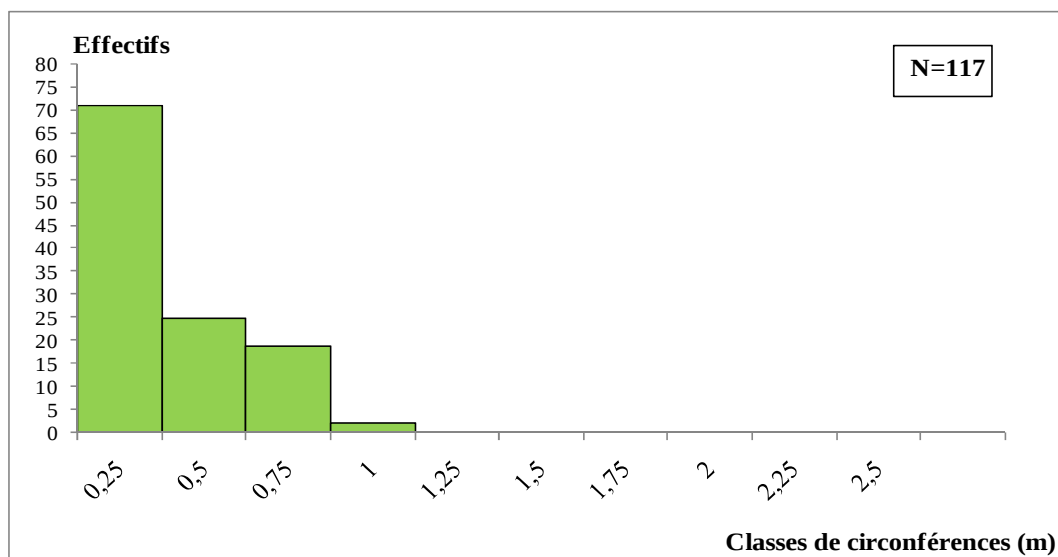


Figure 36 : Distribution des circonférences dans la parcelle P2 Kerrache (Chr  a)

La parcelle P1 Forêt Noire est aussi caractérisée par la seule classe de circonférence, inférieure au mètre (Fig.37), avec la dominance des sous classes intermédiaires représentées par [0,25 - 0,50[et [0,5 - 0,75[avec des taux respectifs de 39 % et 35 %. Les sous classes, jeune [0 - 0,25[, et plus âgée [0,75- 1[, montrent des taux similaires de 13%.

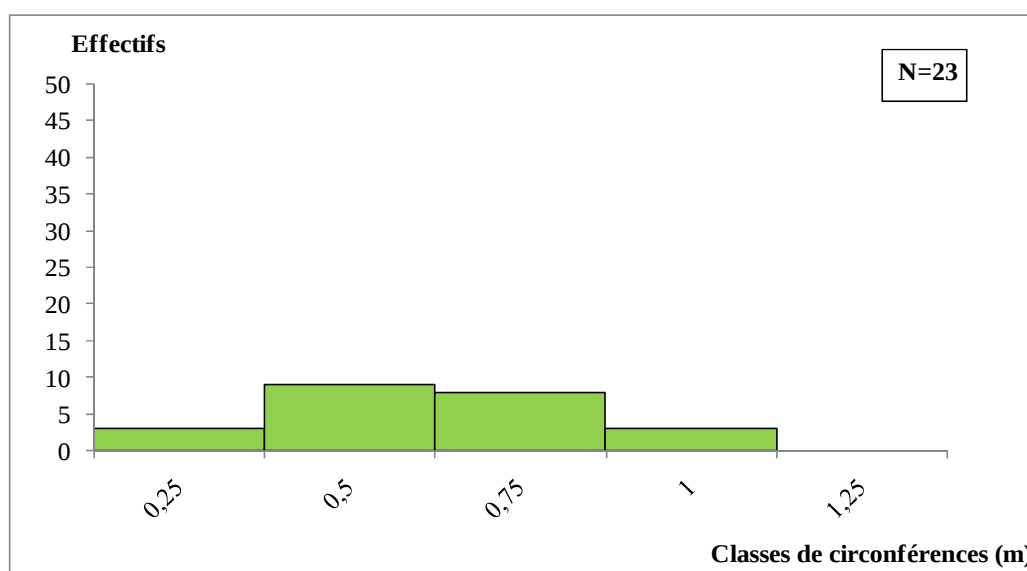


Figure 37 : Distribution des circonférences dans la parcelle P1 Forêt Noire (Chr  a)

La parcelle P2 Forêt Noire est caractérisée par la présence de deux classes avec une meilleure représentativité pour la première (Fig.38). Les sous classes [0 - 0,25[, [0,25 - 0,50[et [0,5 - 0,75[montrent globalement des taux assez proches, avec respectivement 28%, 22% et 28%.

La dernière sous classe montre un taux de 17%. La seconde classe [1 - 2[est représentée par la seule sous classe [1 - 1,25[avec 5% seulement.

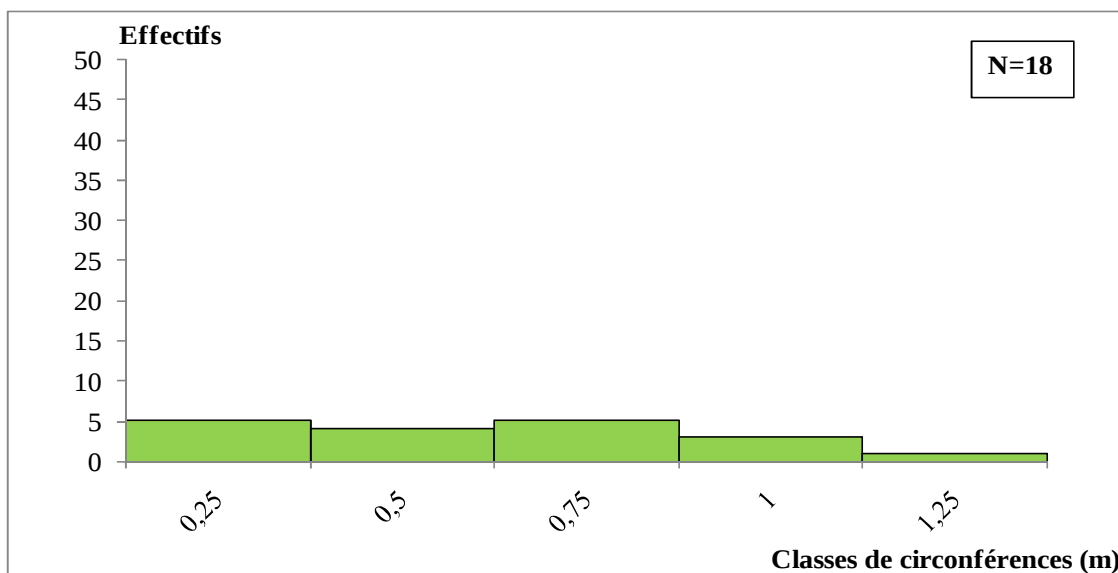


Figure 38 : Distribution des circonférences dans la parcelle P2 Forêt Noire (Chrée)

La comparaison de la structure par taille (circonférence) des deux stations (Fig. 39 et 40), montre des peuplements jeunes à Chrée et vieillissants à Tala Rana. Dans celle-ci, les effectifs sont réduits; les classes de circonférences supérieures au mètre dominant : [2 - 2,25[, [3,25 - 3,5[et [4,25- 4,5[avec respectivement 13%, 4% et 4%. Celles à circonférence supérieure à 5m, restent faibles. Les classes jeunes (essentiellement cantonnées dans la clairière (P2)) les mieux représentées sont: [0,25 – 0,50[, [0,05 – 0,10[et [$< 0,05$ avec des taux respectifs de 15%, 11%, 26%. Les classes comprises entre 0,15 et 0,25 sont absentes.

La situation de cette parcelle P2 avec 26 individus de cèdres, toutes classes d'âges confondues, n'est pas récurrente dans le massif forestier, même au niveau des milieux ouverts. Cet état de fait associé à l'âge et à l'état des arbres en place dans le massif, pose le problème de la pérennité de la cédraie.

Comparativement au Djurdjura, dans le massif de Chrée, toutes les classes juvéniles sont présentes et les effectifs des arbres, sont nettement plus importants au niveau des classes juvéniles à circonférence inférieure au mètre. Ils dépassent globalement les 20 individus.

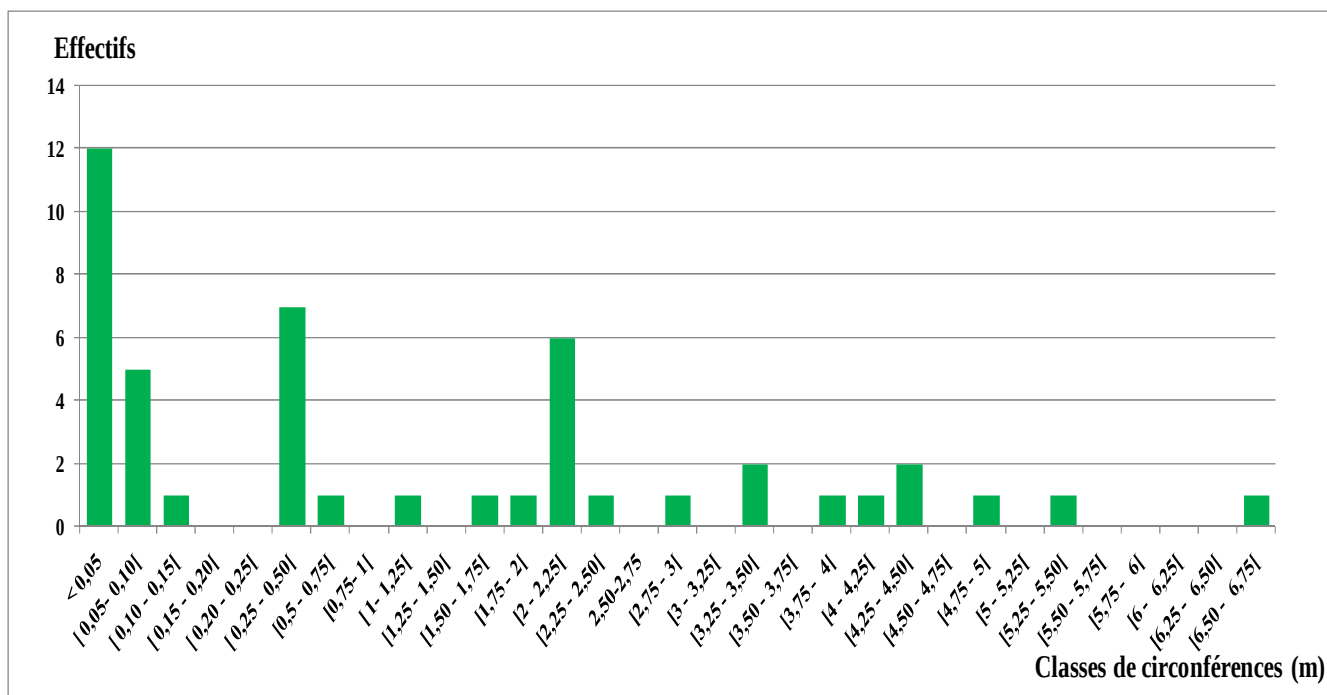


Figure 39 : Distribution des circonférences dans la station de Tala Rana (Djurdjura)

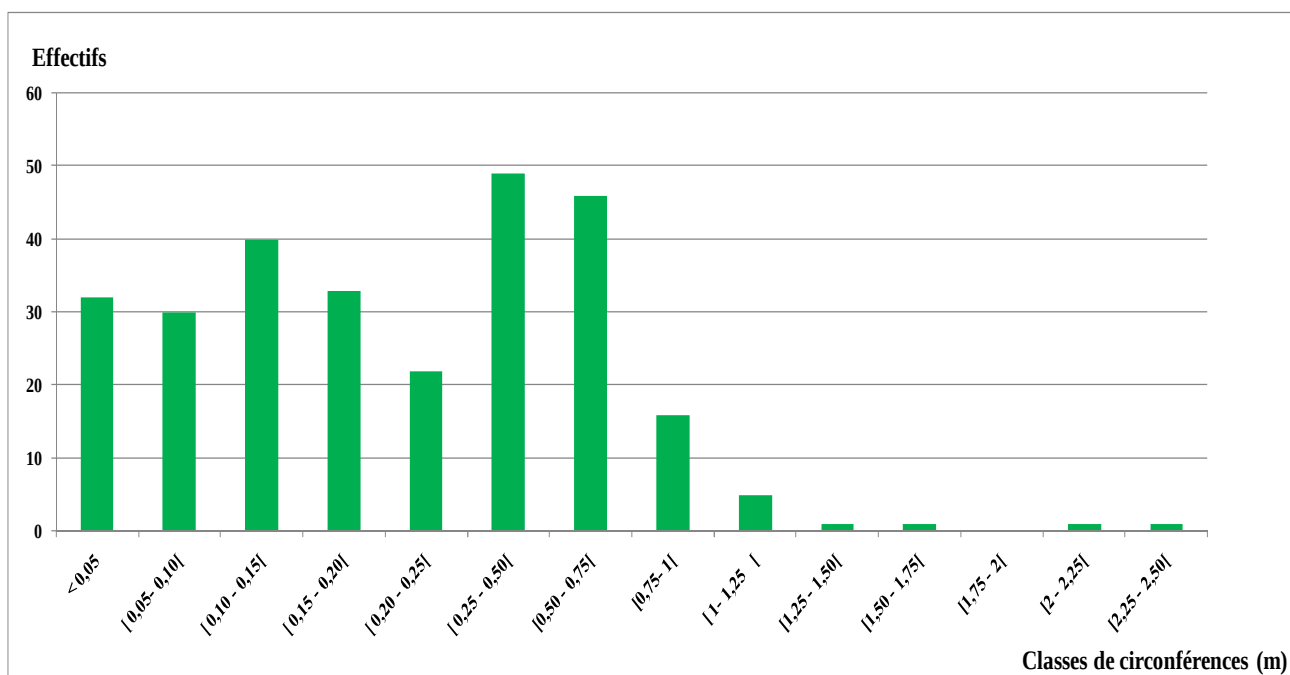


Figure 40 : Distribution des circonférences dans les stations de Chr a

Les classes $[0,25 - 0,50[$, $[0,50 - 0,75[$ dominent avec respectivement 18% et 17 %. Au niveau des sous classes juvéniles (circonférence $< 0,25$ m), celles à $[0,10 - 0,15[$, $[0,15 - 0,20[$, $< 0,05[$ dominent avec respectivement 14% et 12%.

Les classes à circonférence supérieures au mètre, présentent des taux faibles à nuls. Le plus grand individu ne dépasse pas la circonférence de 2,5 m, ce qui montre la jeunesse du peuplement de Chréa.

2-COMPARAISON DU POTENTIEL EN GRAINES DANS LES DEUX MASSIFS

Le tableau suivant résume les résultats des suivis de la régénération (2013-2014-2015-2016) dans les massifs du Djurdjura et de Chréa. Il traduit le total des graines et des semis dans les quatre parcelles échantillonnées dans chacun des massifs. Les chiffres expriment les effectifs totaux par station, et moyens par quadrats respectifs (Tab.XXI).

Tableau XXI : Résultats de la régénération dans les deux massifs

Massifs	Régénération	Effectifs	2013	2014	2015	2016
Djurdjura	Graines	Station	/	659	1940	3465
		Nb.moy/q		3,3	10	17
	Semis	Station	/	14	6	4793
		Nb.moy/q		0,07	0,03	0,03
Chréa	Graines	Station	/	1213	27	645
		Nb.moy/q		87	2	43
	Semis	Station	1536	133	8	733
		Nb.moy/q	307	10	0,6	49

Nb.moy/q : Nombre moyen par quadrat

Le potentiel en graines (effectif maximal atteint au cours des différentes phases d'échantillonnage) est en progression continue de 2014 à 2016 au niveau du massif du Djurdjura (Fig.41).

Les box plots présentent des allures générales distinctes ; le nombre moyen maximal de graines atteint diffère d'un cycle à un autre. La production grainière moyenne est plus forte en 2016 (20-170) en comparaison avec celles des cycles 2015(0-94) et 2014(4-22). Le cycle 2014 montre une allure générale particulière avec une faible variabilité des effectifs maximaux de graines par quadrats.

Selon les cycles, les boîtes à moustaches relatives au suivi des graines dans le massif de Chréa présentent des allures différentes (Fig.42). Le cycle 2014 présente un meilleur étalement du box plot qui explique une variabilité des effectifs maximums moyens variant de 3 à 397. L'effectif maximal moyen des graines, le plus élevé a été enregistré pendant ce cycle avec des valeurs extrêmes dépassant les 300 graines. Le box plot du cycle 2015 présente une allure générale réduite; il est caractérisé par des effectifs maximums oscillant entre 0 et 10 graines. Le box plot du cycle 2016 présente une amplitude moyenne caractérisant des effectifs maximums, moyens à faible oscillation (0-103).

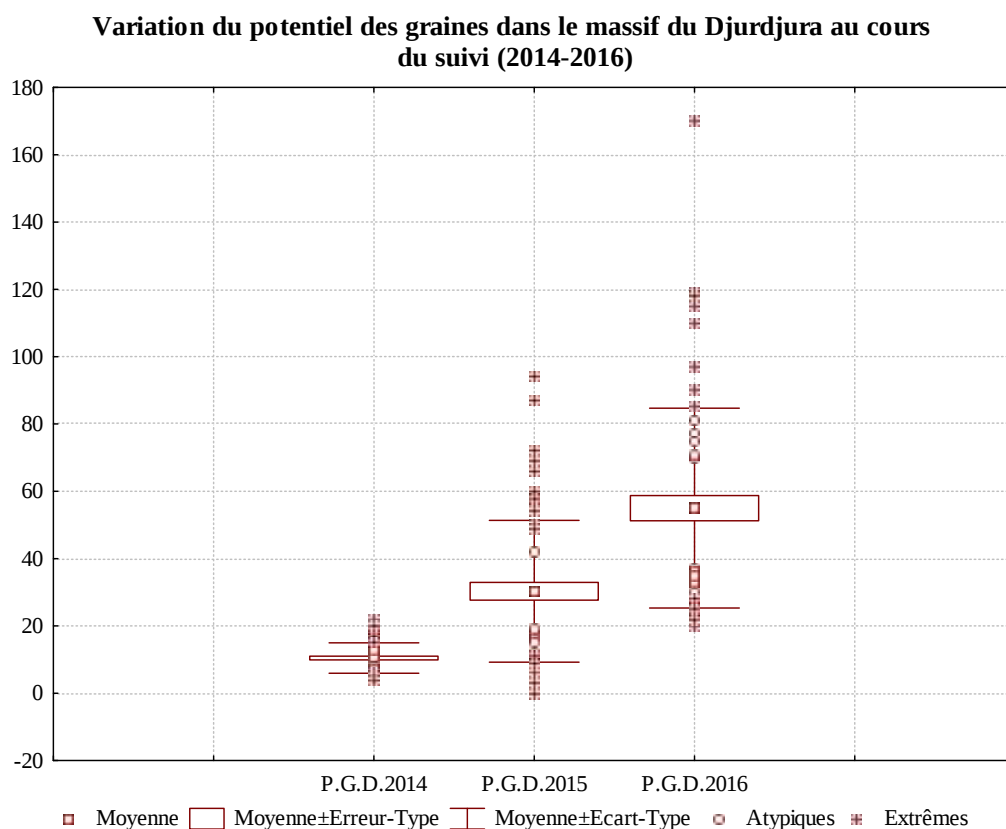


Figure 41 : Variation du potentiel en graines dans le massif du Djurdjura au cours du suivi (2014-2016)

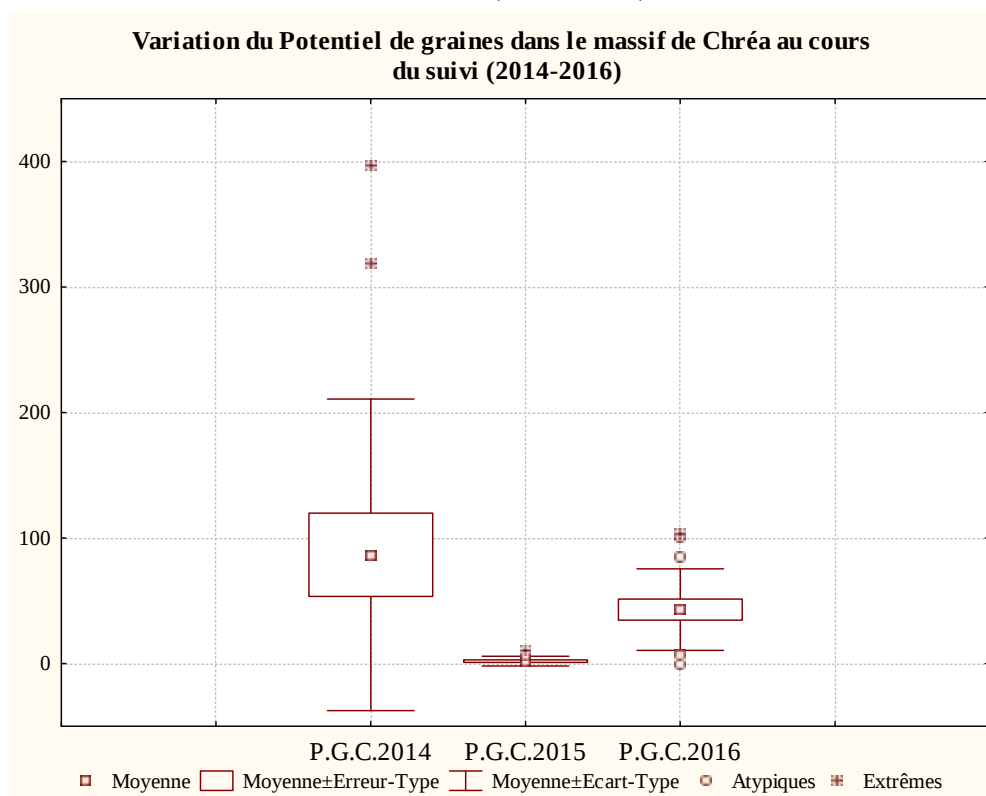


Figure 42: Variation du potentiel en graines dans le massif de Chr  a au cours du suivi (2014-2016)

3-COMPARAISON DU POTENTIEL EN SEMIS DANS LES DEUX MASSIFS

Au niveau du massif du Djurdjura, le cycle 2016 (Fig.43) montre un effectif maximal moyen des semis de l'année plus important que ceux des autres cycles (2014 et 2015).

L'allure générale de la boîte à moustache présente un étalement plus important, traduisant une forte variabilité des effectifs maximums des semis (20-129) au niveau des quadrats. Les box plots des cycles 2014 et 2015 présentent de moindres étalements (faible fluctuation) caractérisant des effectifs maximums de semis réduits et constants (0-1).

La figure relative aux potentiels en semis (Fig. 44) au niveau du massif de Chréa, est dominée par les box plots du cycle 2013 présentant une forte fluctuation des effectifs (108-683). Plus de 75% de quadrats, montrent des effectifs supérieurs à 200 semis.

Le cycle 2016 à moyenne fluctuation (3-139) présente 75% de quadrats avec des effectifs dépassant les 30 semis (Fig.44.) Les box plots des cycles 2014 et 2015 présentent des fluctuations faibles à nuls, avec des effectifs maximums moyens respectifs de (0-2) et (0-41).

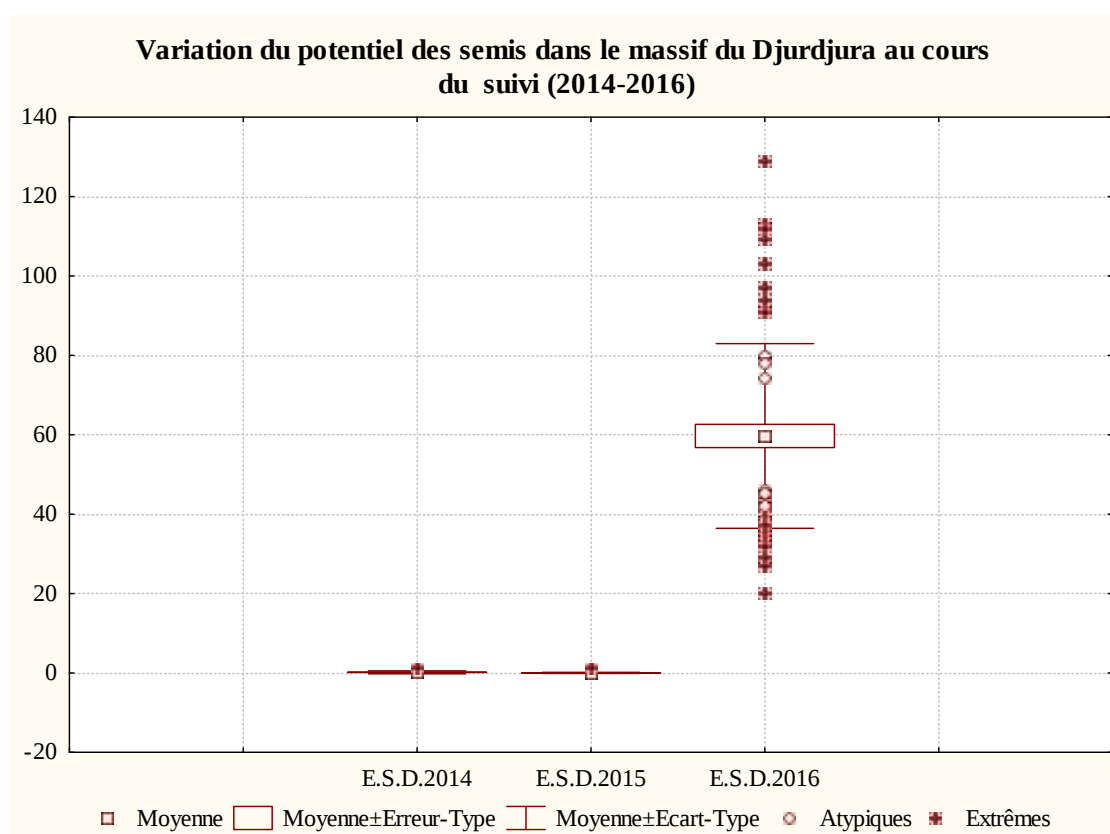


Figure 43 : Variation du potentiel en semis dans le massif de Djurdjura au cours du suivi (2014-2016)

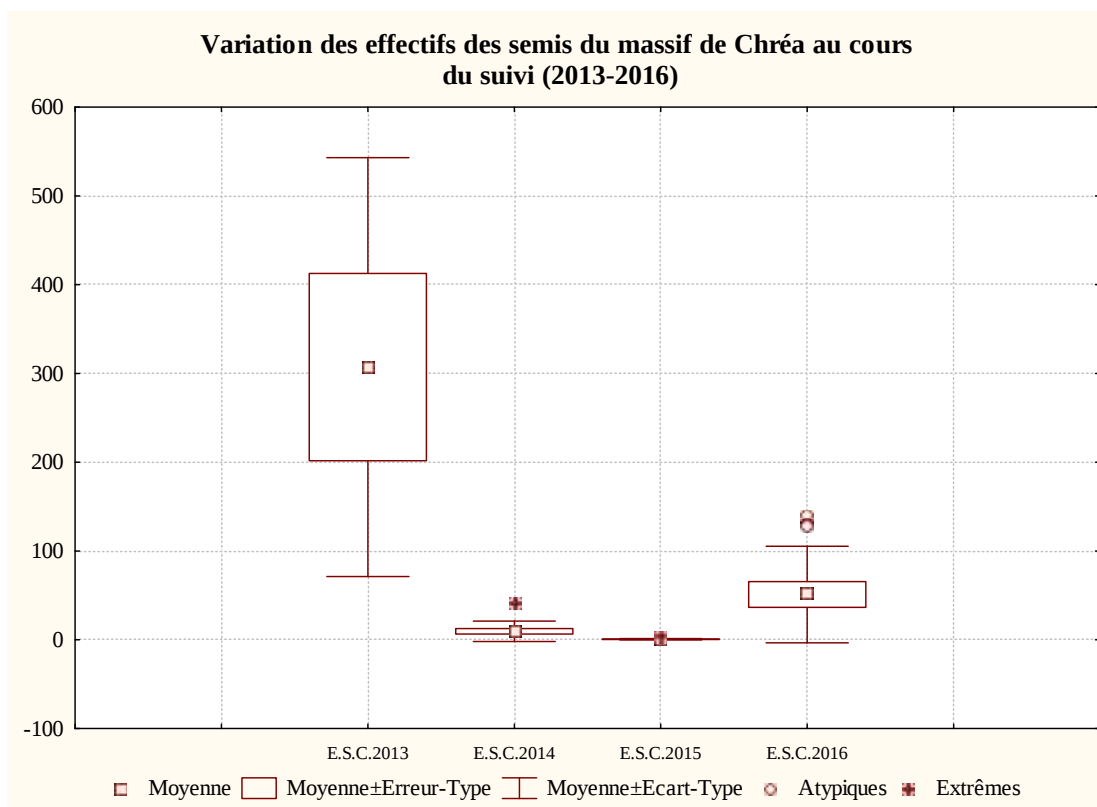


Figure 44: Variation du potentiel en semis dans le massif de Chr  a au cours du suivi (2013-2016)

4-DISCUSSION

Les structures de taille sont différentes d'une station à l'autre, suggérant un historique ou une dynamique distincte selon les sites (Fig.31 et 32). La cédraie de Tala Rana est une vieille futaie naturelle où dominent les individus âgés à circonférence supérieure au mètre avec la prédominance des classes [2 – 4]. Rappelons que celles à circonférence inférieur au mètre, caractérisent les clairières (P3) du massif forestier. Dans la station de Tala Rana, ces classes sont fragmentaires et caractérisées par de faibles effectifs, le maximum de 12 arbres (26%) caractérise la classe inférieure à 0,05. Ces classes sont par contre, toutes représentées dans la cédraie de Chr  a avec des effectifs importants dépassant globalement les 30 individus avec un maximum de 49 arbres (18%) pour la classe [0,25 – 0,50 [.

La cédraie de Chr  a, a une double origine ; le peuplement de la Forêt Noire est une jeune forêt issue d'un reboisement récent (1970), avec une dominance d'individus de taille moyenne qui se régénèrent bien. Les populations de la station de Kerrache, à l'origine futaie naturelle, ont une cohorte d'individus de plus grande taille. Comparativement à la station de Tala Rana, la

cédraie de Chréa, est composée essentiellement d'individus plus jeunes (Fig.40) avec la dominance des classes à circonférence inférieure au mètre. Celles à circonférence dépassant le mètre, sont faiblement représentées. Au plan dynamique, le peuplement de cette station peut évoluer vers une structure équilibrée où toutes les classes sont représentées.

La structure de la végétation peut influencer la régénération ; en effet, dans les parcelles P4 (Tala Rana) et P1K Chréa caractérisées par des peuplements serrés, ainsi que les parcelles P1 et P2 de la Forêt Noire, où la disposition des cèdres est agrégative, seules les branches de la canopée et celles se trouvant en périphérie du peuplement, reçoivent un rayonnement suffisant qui stimule la production des cônes. Ainsi, un certain degré d'ouverture de la canopée serait nécessaire pour favoriser la production de cônes et donc la reproduction des arbres adultes (Lamhamedi & Chbouki, 1994 ; M'hirit *et al.*, 2006).

Il est à noter que l'âge de l'arbre, détermine sa capacité de reproduction. La fructification commencerait vers l'âge de 35 à 40 ans ; à 60 ans, la production de cônes devient abondante (Boudy, 1952). C'est le cas de la cédraie de Chréa (excepté la parcelle K P2) où la majorité des cèdres avoisinant cet âge, sont caractérisés par une bonne régénération, avec un effectif de semis/quadrat de 375 (K P1) et de 683 (FNP2). D'un point de vue sylvicole, la cédraie de Tala Rana se caractérise par un déséquilibre notable des classes d'âge, celles âgées ou vieillissantes étant largement dominantes. Son âge avancé et son état dégradé sont des facteurs qui affaiblissent la production des graines et leur faculté germinative. Les cèdres semenciers dans cette station sont plus que centenaires et fortement mutilés (coupes répétées, écorçages, piétinement, labourage...). Toth (1970), a mis en évidence l'influence de l'âge de l'arbre et a noté que la faculté germinative initiale, médiocre à 40 ans (autour de 50 %) passe par un maximum (85 %) quand les arbres sont âgés de 60-70 ans, et redescend à 30 - 40 % chez les sujets dépassant 100 ans. Dans la parcelle P3 de la station de Tala Rana, les cèdres juvéniles ne donnent que des chatons mâles. Pour Pujos (1967), Lamhamedi & Chbouki (1994), l'obtention d'une bonne fructification dépend de l'âge, de la densité (densité. 501 arbres/ha) et de l'état de l'arbre (bien individualisé avec des cimes étalées et une bonne biomasse foliaire).

La fructification de cèdre est le facteur déclencheur de la régénération. L'apparition et le développement des cônes sont conditionnés par le contrôle de la capacité photosynthétique de l'arbre (Lamhamedi & Chbouki, 1994) qui est elle même influencée par la biomasse foliaire, la qualité de la station, le statut hydrique et nutritionnel de l'arbre. En effet, l'exposition directe de la majorité des aiguilles à une intensité lumineuse élevée, leur assure un bon rendement photosynthétique et par conséquent, une translocation importante des produits de

la photosynthèse vers les cônes au détriment d'autres phénomènes biologiques de l'arbre. Sur le plan physiologique, les cônes constituent des siphons irréversibles vis-à-vis des produits de la photosynthèse (Kozlowski, 1992). L'écimage pratiqué par les bergers réduit la biomasse foliaire, entraînant ainsi une diminution de la capacité photosynthétique et de la production des cônes. L'action de coupes affaiblit les arbres et peut causer leur mort, particulièrement chez le cèdre (Lamhamedi & Chbouki, 1994 ; M'hirit *et al.*, 2006 ; Laaribya & Belghazi, 2016). Ces différents cas d'anthropisation des cèdres, sont très fréquents dans le massif de Tala Rana telles les parcelles P1 et P4, où certains arbres sont morts sur pieds, suite aux coupes répétées, et d'autres très affaiblis à cause de la réduction de leurs parties photosynthétiques. Les coupes des cèdres détruisent les structures-architectures forestières et amènent ultimement le dépérissement du cèdre tout en nuisant fortement à sa régénération (Benabid, 2006 et 2008).

Le nombre de cônes et la qualité des graines pourront aussi être réduits par les perturbations physiologiques causées par la chenille processionnaire, le Mjej (*Phellinus pini* (Thore ex. Fr.).

Toth (1983) a remarqué que certains arbres ne portent jamais de cônes, mais uniquement des chatons mâles, alors que d'autres ne portent que des cônes et jamais de chatons mâles. Dans le cas des parcelles P3 (Tala Rana) et P2 (Kerrache), caractérisées par de jeunes cèdres, dont une minorité a commencé à produire quelques chatons mâles. Des cèdres de même âge ou plus jeunes, observés sur versants frais et à même altitude, sur les deux massifs, présentent de meilleures productions de cônes et de chatons, suggérant ainsi l'influence des conditions de milieu. Demarteau (2006) rapporte que dans les conditions favorables, les cônes mâles commencent à apparaître sur des arbres de 15-16 ans et ceux femelles sur des pieds de 17-18 ans. Des cas similaires (cèdres jeunes avec fructification abondante) ont été observés sur versant nord du massif de Chréa (non échantillonnés). En revanche, dans les conditions difficiles, les fruits ne sont visibles que sur des sujets de 30-32 ans, tels les cèdres des versants sud des deux massifs. Des constatations proches ont été faites par Toth (1970-1972) qui indique que dans les reboisements de Bédoin, très souvent les arbres de 20-25 ans portent déjà des fleurs mâles en petit nombre, les fleurs femelles sont rares et les cônes fertiles sont exceptionnels en conditions défavorables. Courbet *et al.*, (2007), rapportent que dans les peuplements artificiels du Mont Ventoux les cèdres peuvent commencer à fructifier dès 20 ans, mais ne se régénèrent qu'à partir de 40 ans et que l'on peut compter sur une bonne fructification tous les 3 ans en moyenne. Cette organisation reproductive pourrait s'expliquer aussi par une dioécie fonctionnelle signalée chez le cèdre par Krouchi (2010).

La fructification du cèdre, est un phénomène naturel très complexe (Lamhamedi & Chbouki, 1994 ; Malki, 2003 ; Khanfouci, 2005 et Brahimi, 2007). La production de graines est fonction de l'action des facteurs intervenant tout au long du cycle de reproduction (floraison, pollinisation, fécondation, développement et maturation physiologique des graines) (Toth, 1980, 1983, 1973a, 2000, 2005).

Pradel (1979), indique que les milieux actuels trop contraignants, ne permettent pas, notamment pour les sujets âgés, d'assurer aisément la régénération. Cette difficulté de la régénération est plus accentuée au niveau de la cédraie de Tala Rana à milieu plus contraignant (déboisement important, forte déclivité, érosion du sol, pâturage permanent, et sirocco fréquents), que celui des stations de Chréa.

La production grainière des résineux est en général irrégulière. Pour le cèdre de l'Atlas, seule une année sur trois ou sur quatre correspond à une bonne « grainée » et un seul pied peut donner de 50 mille à 1 million de graines (Toth, 1983). Dans notre cas, cette production grainière présente des variations d'un cycle à l'autre au niveau des deux massifs (Tab.XXI) ; à Tala Rana, elle présente une progression en passant de 659 graines (2014) à 1940 (2015) à 3465 (2016). A Chréa, cette production grainière, maximale (1213) en 2014, chute fortement (27) en 2015 pour se relever (645) en 2016.

Pour les régénérations, le cycle 2013 se distingue par une forte densité de semis (1536), suivi par celui de 2016 avec 733 semis. Pour les cycles 2014 et 2015, les régénérations sont faibles pour les deux massifs, mais elles sont appréciables (4793) en 2016 à Tala Rana.

Notons que ces résultats comparatifs sont à prendre avec précaution, vu que les stations sont à situations géographiques distinctes ; les parcelles sont toutes forestières à Chréa alors que le Djurdjura n'en compte qu'une seule. La densité des arbres par parcelles est plus importante à Chréa (18-117) qu'à Tala Rana (0-17) et enfin le maillage est plus dense au Djurdjura (200 Q) qu'à Chréa (15 Q).

Bien que le tableau XXI, montre de meilleures productions grainières (totales) à Tala Rana, en 2015 et en 2016 en comparaison avec celles du massif de Chréa, les productions moyennes en graines sont en réalité plus importantes au niveau de ce dernier. En effet, pour le massif de Tala Rana, les résultats obtenus concernent un échantillonnage plus fin réalisé sur deux cent quadrats, soit une surface de 200 m², par contre ceux du massif de Chréa intéressent un maillage moins dense de 15 quadrats, soit une surface de 15 m². Ces résultats ramenés à la

même unité de surface (quadrat de 1 m²), montrent une nette supériorité des effectifs de Chréa aussi bien pour les graines (excepté cycle 2015) que pour les semis. Aussi, les meilleurs résultats des effectifs de semis (683 : Q1FN et 345 : Q1K) enregistrés, sont obtenus au niveau du massif de Chréa, ceux de Tala Rana, sont de 170 semis (Q98P4).

Madjour (2015), dans son étude sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas dans la station de Tala Guilef, par placette de 100m², rapporte des effectifs plus importants (133,8 semis) en versant sud, contre 89 en versant nord. En fait, cette station est protégée par le massif de Haïzer des influences sud comparativement à celle de Tala Rana, exposée directement à ces dernières.

Nous remarquons aussi, pour les deux massifs, durant les cycles 2014 et 2015, que malgré l'apport appréciable en graines, les effectifs des semis sont faibles. Par contre, en 2016, à la forte production grainière (3465) correspond une régénération massive de 4793 semis. En effet, une bonne grainée ne correspond pas forcément à une bonne régénération. Selon Van Leberghe (2007), le climat est le facteur essentiel et déterminant de la régénération. Par ailleurs, une bonne année de fructification n'induit pas forcément une forte densité de semis naturels. Cet auteur précise que le succès du semis naturel est tributaire de la précocité de dissémination, de la germination des graines et de l'installation des semis. Si cette dissémination est tardive et suivie par une période prolongée de sécheresse, les graines ne pourront pas germer. Dans notre cas, les germinations (hormis celles de Chréa en 2013) sont précoces (mois de mars), mais les années de suivi 2014 et 2015 étaient sèches et les semis rares, les plantules émergentes se fanent avant même d'atteindre le stade semis.

Aussenac (1984), note que dans son aire naturelle, le semis du cèdre de l'Atlas peut être confronté à des froids tardifs ou précoces ou à une sécheresse précoce ou encore à une combinaison de ces deux facteurs. Dans les mêmes conditions, la graine ne peut germer que lorsque la température maximum journalière est de 9.5°C pendant 9 à 10 jours, correspondant à une température maximale moyenne mensuelle de 10 °C (Lepoutre, 1961).

La dissémination tardive des graines en raison de la non-concordance des trois facteurs nécessaires à la désarticulation des cônes (imbibition-gel-dégel) suivie d'une période prolongée de sécheresse, ne permettra pas aux graines de germer (Toth, 1980 et 2005).

Boudy (1952), rapporte qu'au Maroc et en Algérie, chaque année le sol forestier se recouvre d'un grand nombre de semis de l'année dont la plupart disparaissent en été. Cette mortalité massive est d'autant plus forte que la sécheresse peut s'étendre sur 2 à 3 ans et même

d'avantage et que le développement du système racinaire du cèdre est lent et superficiel pendant les premières années (Lamhamedi & Chbouki, 1994).

Seule une séquence de période favorable et persistante (plus de 5 ans) permettra l'installation et la survie des semis (Marion, 1955 ; Pujos, 1967 ; Lepoutre, 1961, Lamhamedi & Chbouki, 1994 ; Toth, 2005 ; M'hirit *et al.*, 2006 ; Laaribya & Belghazi, 2016). Ces auteurs indiquent aussi que la distribution des précipitations durant la phase de croissance et la variabilité intra et interannuelle a une importance capitale sur l'avenir des semis.

Dans notre cas, malgré des régénérations abondantes durant les cycles 2013 (Chrèa) et 2016 (Tala Rana), l'année qui suit, les semis de deux ans sont rarissimes voir absents. L'évolution de cette cédraie est en partie sous l'influence de la pression anthropozoogène, mais dépend également des contraintes naturelles (insuffisance pluviométrique récente).

Dans cette deuxième station, la nature du sol a une grande importance dans les réserves d'eau. L'intensité de la régénération du cèdre est tributaire de l'épaisseur du sol. La profondeur du sol influe sur l'installation de la régénération par le biais du volume de terre disponible et la quantité d'eau emmagasinée (Toth, 1978 ; Ezzahiri *et al.*, 1994 ; Van Lerberghe, 2007 ; Nezar Kebaili, 2009). La dénudation des sols favorise l'érosion et change la distribution des eaux de surfaces, diminuant leur rétention, ce qui peut avoir un grand impact sur le couvert végétal en retour (Lecompte, 1986) ; cas des parcelles P1 sans recrutement de cèdres et P2 asylvatique. La dessiccation du sol s'intensifie aussi à la fin du printemps lorsque le climat devient chaud et sec, et l'eau n'y est plus disponible en été (Lecompte, 2006). Le taux de germination diminue considérablement avec l'augmentation du stress hydrique osmotique du substrat (Dirik, 2000).

Comparativement, les sols dans le massif de Chrèa, couverts par la végétation, sont mieux conservés. Dans les régions montagneuses, le manteau de neige disparaît plus rapidement et la germination est plus précoce sur les versants sud plus ensoleillés, mais le maintien des semis se heurte aux fortes chaleurs de l'été en particulier (Pujos, 1964 ; Lepoutre & Pujos, 1964 ; Aussenac, 1984 ; Ezzahiri & Belghazi, 2000). La mortalité des jeunes semis est provoquée par les gelées précoces en hautes altitudes et la sécheresse prononcée en basses altitudes (Lepoutre, 1964).

Les propriétés intrinsèques du peuplement peuvent influencer la production grainière des arbres comme la qualité génétique des graines produites (Pichot *et al.*, 2006). L'autofécondation est favorisée par la faible densité de semenciers ; elle ne modifie pas

toujours le taux d'embryons viables mais elle induit une réduction de la croissance des plants. Arista & Talvera (1996), affirment que la viabilité des graines est faible chez les sujets isolés, ayant recours à l'autofécondation telle la parcelle P1 (Tala Rana). Dans notre cas, même les cèdres regroupés, cas de la parcelle P4, présentent un mauvais état suite à la réduction de leurs parties photosynthétiques, réduisant ainsi considérablement la production des cônes et du pollen, ce qui favoriserait fortement l'autofécondation.

La diminution du nombre de semenciers ou de leur production augmente significativement le taux de graines vides dans les cônes (Pichot *et al.*, 2006) et compromet ainsi la réussite des germinations. Ces auteurs font remarquer que chez le cèdre et le sapin, les plus forts taux d'autofécondation combinent une forte production de pollen et une faible densité de semenciers. Ces cas sont fréquents dans le massif de Tala Rana, caractérisé par des peuplements de moindre densité, composés de cèdres âgés et mutilés, et/ou de jeunes cèdres sans fructification ou limités aux chatons mâles. Hachi-Iloul (2016) travaillant sur le sapin de Numidie, montre qu'il y a alternance de production grainière pour certains arbres, pour d'autres la production est continue sur les trois années.

CONCLUSION

L'analyse comparative des potentialités de régénération au niveau des deux massifs considérés fait ressortir l'importance de la structure arborée dont l'influence se manifeste d'une part, par le degré d'éclairement au sol, déterminant dans la survie des semis et d'autre part, l'importance des surfaces photosynthétiques exposées, pouvant contrôler le niveau de fructification. Elle souligne également la relation de la capacité reproductive des arbres avec leur âge, la qualité trophique du milieu ainsi que la pression anthropique.

Toutefois, trois années d'observations (2014-2016) au Djurdjura ou quatre (2013-2016) à Chréa, restent insuffisantes pour se prononcer sur le rythme de fructification du cèdre étudié. De plus, l'absence de données climatiques quotidiennes, ne permet pas d'appréhender, au Djurdjura, l'effet du climat sur le cycle de la régénération du cèdre.

Une large investigation couvrant plusieurs stations en versants sud et est, en comparaison avec ceux du nord et de l'ouest, et sur de plus longues périodes, permettrait de mieux cerner les difficultés de la régénération au niveau des deux massifs respectifs.

CONCLUSION

GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de notre étude était de mettre en évidence les principaux facteurs qui influencent la régénération du cèdre de l'Atlas dans les premiers stades de son développement, connus comme les plus vulnérables, et apporter ainsi des éléments d'orientation devant permettre à l'aménagiste de mieux planifier ses interventions en vue de favoriser cette régénération.

L'étude de la régénération naturelle du cèdre dans les stations du Djurdjura et de Chréa, à travers le protocole expérimental mis en place, a permis d'appréhender cette dernière à différentes échelles d'observations, quadrats (215), microsites (39), parcelles (9) et stations (3), et a mis en évidence la dépendance de la régénération de certains paramètres liés à la station et au peuplement: paramètres climatiques, nature du substrat, profondeur du sol, microtopographie, les éléments à la surface du sol, l'éclairement, la structure de la végétation et l'âge du peuplement.

A l'échelle des microsites :

L'analyse des potentiels maximums moyens des graines et des semis au sein des quadrats échantillonnés, a mis en exergue la qualité des microsites en termes de microtopographie, de rugosité, de présence d'obstacles biotiques ou abiotiques, d'une part pour la réceptivité des graines, et d'autre part, en termes de profondeur du sol, de disponibilité des ressources hydriques et d'éclairement adéquat, pour l'installation et l'établissement des germinations. Les forts potentiels sont associés à l'existence de microsites favorables (faible compétition herbacée, sol profond, microtopographie favorable (situation concave, humidité et rugosité), éclairement modéré...) bénéficiant d'une protection ligneuse. Le stock grainier dépend notamment des caractéristiques de la canopée adulte (âge et état des arbres), de la structure spatiale qui joue un rôle dans l'approvisionnement en graines et l'aboutissement des semis.

Les différentes situations inventoriées au niveau de ces microsites, peuvent servir de base pour les plans d'aménagement, dans le cadre de repeuplement des cédraies.

A l'échelle des parcelles :

A l'échelle de la parcelle, l'analyse fait ressortir l'importance de :

- La structure arborée et l'âge des arbres (potentiels semenciers) assurant l'approvisionnement régulier de ces espaces en semences, le maintien d'un microclimat favorable par la diminution de l'évaporation, la régulation des

températures basses en période froide, et des températures élevées en saison chaude, estivale ;

- Le type de topographie induisant un apport important de précipitations et qui améliore le bilan hydrique et atténue l'effet de versant.

L'analyse statistique relative aux potentiels maximums moyens de graines et des semis, réalisée au niveau des microsites et des parcelles, montre des coefficients de variation variables, faibles pour les graines durant les premières phases caractérisées par des apports conséquents, et importants aux dernières phases, avec leurs raréfactions. Ces coefficients varient inversement pour les semis. Ils dépendent du mode de distribution des graines et des semis au niveau des microsites, plus la disparité est importante et plus le coefficient de variation est élevé.

Le suivi de la dynamique du cycle de régénération montre que les premières phases (T1) coïncidant avec la désarticulation des cônes, caractérisent les meilleurs potentiels en graines ; et les phases, intermédiaires (T6) dans les clairières (milieux ouverts), et initiales (T3) dans les milieux forestiers (fermés), présentent les meilleurs potentiels de semis.

Par ailleurs, une bonne fructification ne garantit pas une bonne régénération ; le taux de graines stériles et percées recensé contribue à réduire le potentiel de régénération.

L'évolution de ces cédraies est en partie sous l'influence de la pression anthropozoogène, mais dépend également des contraintes naturelles (déficit pluviométrique actuel) et de leurs effets négatifs sur la régénération. La plupart des germinations de l'année ont dépéri suite d'assèchement généralisé (observation automnale). L'analyse du déterminisme des facteurs biotiques et abiotiques sur la régénération a été appréhendée dans le massif de Chréa, à différents niveaux d'observations.

L'analyse statistique a permis de mettre en exergue le rôle important du climat sur la germination et le potentiel de survie des semis en relation avec les variations journalière, saisonnière et interannuelle des paramètres climatiques (P, T_{min}, T_{max}), l'effet de versant, la topographie et l'altitude. Toutefois, la mise en évidence des facteurs régissant la dynamique des semis de cèdre reste complexe. En effet, bien que le démarrage de la germination et la croissance soient bien mis en relation avec les variations intra- et interannuelles du climat, il n'en est pas de même pour la survie. Cette dernière serait liée également à l'effet aggravant voire déterminant de l'action anthropozoogène par référence à des situations de mise en défens, ainsi qu'à des processus aléatoires et de sélection naturelle (Pichot *et al.*, 2006).

Au Djurdjura, bien que les données climatiques manquent, des relations entre les facultés à germer des graines étudiées et le maintien des semis face aux stress hydriques du substrat et les conditions écologiques de leurs milieux naturels, sont établies.

Par ailleurs, il est souligné, le rôle déterminant de la structure du peuplement qui influe par son degré d'ouverture, l'effet « facilitation » du sous-étage arbustif ou compétitif de la strate herbacée, ainsi que la réceptivité de la surface du sol. A cela, s'ajouteraient les facteurs intrinsèques qui conditionnent le potentiel de production de graines.

A l'échelle des stations :

Bien que la régénération naturelle soit abondante dans certains microsites, il faut signaler que la structure actuelle des peuplements, notamment ceux étudiés à Tala Rana (Djurdjura) ne permet pas, dans la plupart des cas, au cèdre de se régénérer. La dégradation liée au surpâturage, l'érosion du sol, l'effet de versant diminuent considérablement les potentialités de la station. L'équilibre de l'écosystème qui devrait être en place a été rompu. Il faut aussi signaler que la faible densité des cèdres dans la station et leurs états (mutilations diverses, vieux individus dépérissants, ...) dans le massif forestier de Tala Rana, ne permet pas dans l'état actuel à cette essence de se renouveler. Des situations plus favorables ont été toutefois rapportées au niveau de Tala Guilef (Madjour, 2015).

Les observations récentes relatives aux 4 années d'observations, au niveau des cédraies du Djurdjura (Tala Rana) et de l'Atlas blidéen (Chrèa) et au vu de la structure des peuplements analysés, il en ressort que les classes juvéniles existent et que la régénération semble assurée, notamment à Chrèa, dans la parcelle mise en défens et dans certaines situations particulières (inaccessibles, protégées par le sous bois).

Au Djurdjura, bien que toutes les classes d'âges soient observées, les taux de survie restent faibles par rapport à ceux de Chrèa, comme le montrent les faibles effectifs au niveau des différentes classes. Par ailleurs, on note une différence d'âge entre les deux peuplements, indiqué par un meilleur étalement des valeurs de circonférences au Djurdjura et une concentration dans les jeunes classes à Chrèa.

Même si toutes les classes d'âges sont représentées, ce qui minimiserait le problème de régénération, les observations actuelles (2013 à 2016) montrent l'absence totale de survie malgré les effectifs initiaux importants, observés au cours du suivi. Ainsi, le problème de régénération se poserait il actuellement, surtout en termes de pressions anthropozoogènes associées aux aléas climatiques ?

PERSPECTIVES

Ces résultats préliminaires restent à conforter par une plus vaste investigation couvrant toute l'aire de répartition du cèdre en Algérie et un suivi sur une plus longue période de temps de façon à intégrer les variations spatio-temporelles. L'étude serait également à compléter par l'évaluation d'autres paramètres, tels que l'éclairement ou la litière, appréciés ici de manière indirecte. Un suivi plus fin des conditions de germination en mise en défens permettrait de conforter l'effet bénéfique de cette action de protection.

Par ailleurs, trois années de mesure (2014-2016) pour le Djurdjura et quatre années (2013-2016) pour Chréa restent insuffisantes pour établir une éventuelle corrélation entre le potentiel de graines au sol et la variation interannuelle de la fructification des semenciers. Cette dernière serait alternative, avec une année de bonne production sur trois, comme montré par Toth (2005) après un suivi de huit ans, au Mont Ventoux. Elle dépendrait également de l'organisation reproductive de l'espèce en relation avec un effet année et arbre (Krouchi (2010). De plus, l'absence de données climatiques quotidiennes, ne permet pas d'appréhender l'influence du climat sur le cycle de régénération du cèdre.

L'évaluation des besoins hydriques du cèdre de l'Atlas, sous conditions naturelles, permettrait d'approfondir les connaissances sur la physiologie de l'espèce et de mieux cerner ses limites de tolérance vis-à-vis du stress hydrique. Ainsi, le suivi de l'humidité du sol sur le réseau des 215 quadrats permettrait d'appréhender la variabilité temporelle des résultats.

Dans l'inventaire des graines, nous n'avons considéré qu'un seul type de graine vide (graines de petite taille ayant avorté très tôt), alors que des graines de taille identique aux graines viables, mais qui ne renferment ni endosperme ni embryon (Candau *et al.*, 2009), ne sont pas comptabilisées ainsi que celles lignifiées (Krouchi, 2010).

L'expérimentation en conditions contrôlées aiderait aussi à discriminer la part des différents facteurs intervenant dans le contrôle de la régénération du cèdre.

Pour mieux cerner la problématique de la régénération du cèdre et l'approfondir, il serait intéressant également de :

- Analyser la mycorhization (phénomène aléatoire en conditions naturelles) des jeunes semis pour expliquer les différences de germination. Le rôle des mycorhizes dans la survie et la croissance des semis a été mis en évidence dans les taches de régénération du cèdre.

- Quantifier et évaluer l'action du vent sur la régénération
- Déterminer les réserves organiques des semences.
- Effectuer un dosage des huiles essentielles des graines pouvant constituer un obstacle à la germination.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDELHAMID, D. & CHAKALI, G. (2008).— Diversité entomologique du cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* Manetti, dans le Parc National de Theniet El Had (Algérie). Congrès International sur la diversité biologique des Invertébrés en milieux agricoles et forestiers. INA, El-Harrach Alger, 59 p.
- ABDELLI, D. (2002).— Etude de la variabilité morphologique et anatomique de quelques provenances du Pin noir de la méditerranée occidentale (*Pinus nigra* Arn.). Mém. Magistère, Agronomie, U.M.Mammeri de Tizi-Ouzou. 155p.
- ABDESSEMED, K. (1981).— Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans les massifs de l'Aurès et du Belezma. Etude phytosociologique, problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse Doc. Ing., Univ. Aix-Marseille III. 199 p.
- ABDESSEMED, K. (1982).— Réflexion sur les cédraies algériennes. Bull. Tech. Forest. N° 6, pp : 7 – 10.
- ABDESSEMED, K. (1984).— Les relations climat-végétation dans le sud constantinois. *Bull. Soc.Bot.France*, 131, pp: 145-155.
- ABDESSEMED, S. (2009).— Comportement des semis du Cèdre de l'Atlas en conditions de stress thermique. Thèse Magistère Université Mentouri Constantine. 117p + ann.
- ACHHAL, A., AKABLI, O., BARBERO, M., BENABID, A., M'HIRIT, O., PEYRE, C., QUEZEL, P. & RIVAS-MARTINEZ, S. (1980).— A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières au Maroc. *Ecol. Med.*, 5, pp: 211-249.
- ADDAR, A. (2003).— Analyse de la dynamique de la végétation et biodiversité des massifs orientaux et occidentaux du Djurdjura. Thèse de Magister de l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB). 244 p+ann.
- ADDAR, A. & DAHMANI-MEGREROUCHE, M. (2014).— Apport de la cartographie des habitats forestiers dans l'évaluation d'indicateurs de biodiversité : cas du massif du Djurdjura. Proceedings of the international congress on 4th International Congress of the Populations & Animal Communities, "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems. "CIPCA4" Taghit (Béchar)-Algeria, 19-21 Nov2013, pp: 286-291.

- ADDAR, A., KHEDACHE, Z., RIGHI, H., & DAHMANI-MEGREROUCHE, M. (2016).— Suivi de la régénération naturelle du Cèdre de l'Atlas dans les premiers stades de développement dans quelques stations du massif forestier de Chréa (Atlas Blidéen, Algérie). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, vol.71 (4), pp : 367-384.
- ADDAR, A. & OUDINECHE, R. (1994).— Diagnostic phytodynamique et aménagement intégré du massif de Lalla Khedidja (Djurdjura). Mémoire d'Ingénieur de l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB).208p+ann.
- ADILI, B. (2012).— Croissance, fructification et régénération naturelle des peuplements artificiels de Pin pignon (*Pinus pinea* L.) au nord de la Tunisie. Thèse de Doctorat de l'Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II.
- AIDROUS-LARBI, N. (2007).—Exploration de la variabilité géographique des cèdres méditerranéens, *Cedrus atlantica*, *Cedrus libani* et *Cedrus brevifolia*. Mémoire de Magister de l'Institut National d'Agronomie d'Alger.107p.
- AIDROUS, N. & ADJAOUD, D. (1992).— Contribution à l'étude biosystématique du Pin noir du Djurdjura (*Pinus nigra* Subs Mauretanica Maire et Peyer). Mem. Ing. Ins. Agronomie, Univ. M.Mammeri, 134P.
- APG III. (2009).— An update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the orders and families flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 161, pp: 105-121. <http://www.tela-botanica.org/actu/article7390.html>.
- APG IV. (2016).— An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. Vol, 181, issue 1, May 2016, pp : 1-20. <http://www.tela-botanica.org/actu/article7390.html>.
- ARBEZ, M., FERRANDES, P., & UYAR, N. (1978).— Contribution à l'étude de la variabilité géographique des Cèdres. In *Annales des Sciences Forestières* (Vol. 35, No. 4, pp. 265-284). EDP Sciences.
- ARISTA, M. & TALAVERA, S. (1996).— Density effect on the fruit-set, seed crop viability and seedling vigour of *Abies pinsapo*. *Annals of Botany*, 77(2), 187-192.
- AUSSENAC, G. (1984).— Le Cèdre, essai d'interprétation bioclimatique et écophysologique. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*, 131(2-4), 385-398.

- AUSSENAC, G. (2000).—Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Ann. For. Sci.* 57(2000):287-301.
- AUSSENAC, G. & VALETTE, J. C. (1982).— Comportement hydrique estival de *Cedrus atlantica* Manetti, *Quercus ilex* L. et *Quercus pubescens* Willd. et de divers pins dans le Mont Ventoux. *Ann. Sci. For.*, 39 (1): 41-62.
- AUSSENAC, G. & FINKELSTEIN, D. (1983).— Influence de la sécheresse sur la croissance et la photosynthèse du cèdre. *Ann. Sci. For.*, 40 (1): 67-77.
- ATROUNE F. (2001).— Contribution à l'étude phytosociologique des groupements à érables de la région centre d'Algérie. Thèse de magister, FSB, USTHB, 216p +ann.
- AZIRA, F. (1988).— Contribution à l'étude de la dynamique des formations à *Acer* d'Ait Ouabane. (Djurdjura) Mém.D.E.S.Ecologie et Environnement. FSB, USTHB. 90p + ann.
- BACHIRI, L. DAOUDI, A. LABAZI, N. IBIJBIJEN, J. & NASSIRI, L. (2015).— Étude floristique du val d'Ifrane « Bassin versant du Oued Tizguit » *Journal of Animal & Plant Sciences*, 2015. Vol.26, Issue 1: 3977- 4006.
- BALANDIER, P., PAUWELS, D. (2002).— La lumière : outil sylvicole pour favoriser la diversité végétale ou la gestion cynégétique des peuplements de mélèze (*Larix* sp.). *Forêt Wallonne* 61: 9-13.
- BALANDIER, P., COLLET, C., MILLER, J. H., REYNOLDS, P. E., & ZEDAKER, S. M. (2006a).— Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of crop tree competition by neighbouring vegetation. *Forestry*, 79(1), 3-27.
- BALANDIER, P., SONOHAT, G., SINOQUET, H., VARLET-GRANCHER, C., DUMAS, Y. (2006b).— Characterisation, prediction and relationships between different wavebands of solar radiation transmitted in the understorey of even-aged oak (*Quercus petraea*, *Quercus-robur*) stands. *Trees* 20: 363-370.
- BALLESTER, A., VIEITEZ, A. M. & VIEITEZ, E. (1982).— Allelopathic potential of *Erica vagans*, *Calluna vulgaris*, *Daboecia cantabrica*. *Journal of Chemical Ecology* 8, 851–857.
- BARALOTO, C. (2003).— Régénération forestière naturelle: de la graine à la jeune tige. *Rev. For. Fra.*, 55: 179-187.

- BARBEITO, S., GONZÁLEZ-PINTO, A., ALBERICH, S., GUTIERREZ, M., VEGA, P., IBÁÑEZ, B. & ARANGO, C. (2009).— Cannabis and first-episode psychosis: different long-term outcomes depending on continued or discontinued use. *Schizophrenia Bulletin*, sb, p126.
- BARBIER, E.B., KOCH, E.W., SILLIMAN, B.R., HACKER, S.D., WOLANSKI, E., PRIMAVERA, J. & STOMS, D.M. (2008).— Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values. *Science*, 319(5861), 321-323.
- BARBIER, E.B., KOCH, E.W., SILLIMAN, B.R., REED, D.J., PERILLO, G.M., HACKER, S.D. & HALPERN, B.S. (2009).— Non-linearity in ecosystem services: temporal and spatial variability in coastal protection. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1), 29-37.
- BARITEAU, M. (1992).— Variabilité géographique et adaptation aux contraintes du milieu méditerranéen des pins de la section halepensis : résultats (provisoire) essai en plantations comparatives en France. *Forêt méditerranéenne*. t. XIII, n° 3, 179-182.
- BARITEAU, M., COURBET, F., DREYFUS, P.H., DUCREY, M., DUMERLE, P., FADY, B., OSWALD, H., TEISSIER DU CROS, E. (1992).— *Faut-il boiser en région méditerranéenne ?* – Forêt-Entreprise 93: 24-45.
- BARITEAU, M. & FERRANDÈS, P. (1992).— Les Cèdres. In : Amélioration des espèces végétales cultivées, chap. 8 : les espèces forestières / A. Gallais, H. Bannerot, Eds. INRA Paris. pp : 733-743.
- BARITEAU, M., ALPTEKIN, C. U. & BRAHIC, P. (1994).— [The germination faculty of *Cedrus atlantica* seeds: influence of alcohol densimetric treatments, un-winged and stratification methods]. *Annales de la recherche forestière du Maroc (Maroc)*.
- BARITEAU, M., PANETSOS, K. P., M'HIRIT, O. & SCALTSOYIANNES, A. (1999).— Variabilité génétique du cèdre de l'Atlas en comparaison avec les autres cèdres méditerranéens. *Forêt méditerranéenne*, 20(4), 175-190.
- BECKER, M. & LEVY, G. (1983).— Installation et dynamique d'une population de semis de chêne en milieu hydromorphe sous l'influence de divers facteurs (lumière, régime hydrique, compétition herbacée), *Acta Oec. (Oecologia Plantarum)*, 4 (18): 299-317.
- BECKER, M. & DRAPIER, J. (1984).— Rôle de l'allélopathie dans les difficultés de régénération du sapin (*Abies alba* Mill). I. Propriétés phytotoxiques des hydrosolubles d'aiguilles de sapin. *Act. Oec. (Oecologia Plantarum)*, 5 (4): 347- 356.

BENABID, A. (1982).— Bref aperçu sur la zonation altitudinale de la végétation climacique du Maroc. *Ecologia mediterranea*, 8(1/2), 301-315.

BENABID, A. (1994).— Biogéographie, phytosociologie et phytodynamique des cédraies de L'Atlas, *Cedrus atlantica* (Manetti). *Ann. Rech. Forest. Maroc*, 27 « spécial », Vol 1, I-XXVI : 62-76.

BENABID, A. (2000a).— Flore et écosystèmes du Maroc. Evaluation et préservation de la biodiversité. Ibis Press, Paris, 344p.

BENABID, A. (2000b).— Les Ecorégions Rifo-Médio-Atlasiques du Maroc : Evaluation et Préservation de la Biodiversité. WWF-Mediterranean Programme Office, Rabat, 48 p.

BENABID, A. (2006).— Etude de l'évaluation de la biodiversité végétale du Parc National d'Ifrane. Projet MEDA & Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la Désertification, Ifrane, 43 p.

BENABID, A. (2008).— Flore et Végétation du Parc National de Talassemtane (Catalogue et base de données numériques), Chefchaouen (Programme de l'Union Européenne MEDA : Projet de Développement Participatif des Zones Forestières et Péri-forestières de la Province de Chefchaouen). Edition Direction provinciale d'Agriculture de Chefchaouen, 159 p.

BENHALIMA, S. (2004).— Les insectes xylophages et leur rôle dans le dépérissement du Cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti (Endl.) Carrière dans le Haut et le Moyen Atlas (Maroc). Thèse Doc., Univ. Moh. V- Agdal, Rabat, 107 p.

BENMOUFFOK, A. (1994).— Approche écopédologique dans les formations à *Cedrus atlantica* "Cas du massif du Djurdjura, Algérie". In: (eds) Séminaire International sur le cèdre de l'Atlas "*Cedrus atlantica*, Manetti". 27 (spécial), Vol 1, I-XXVI. 206-217.

BENSACI, O.A. (2007).— La Mycoflore Endophyte du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti.) dans le Massif de Bélezma (Aurès) : Etude Initiale. Mémoire Mag., Dép. Agr. Batna. 82 p.

BENTOUATI, A. (2007).— La situation du cèdre de l'Atlas en Algérie, *Forêt méditerranéenne* ; journées d'études changements climatiques et forêt méditerranéenne « 9 novembre 2007 ».

BENTOUATI, A. (2008).— La situation du cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie). *For. Méd.*, 29 (2): 203-208.

BENTOUATI, A. & BARITEAU, M. (2006).— Réflexions sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas, Aurès (Algérie). *For. Méd.*, 27 (4): 317-322.

BERKA, S. (1997).— Étude de la variabilité intra-spécifique de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie par l'étude des stomates. *Annales de la Recherche forestière en Algérie*, n° 1, Nouvelle série, 1997, pp. 12-23.

BERNARD, C. & PHILIPPE, D. (1994).— Effet du dépressage dans une régénération naturelle mixte de cèdre et pin noir. *Annales de la recherche forestière du Maroc*.

BHAR, H. & BALOUK, A. (2011). — Les plantes aromatiques et médicinales ces plantes odorantes qui soulagent la douleur, L'Espace Marocain N°68/2 Trimestre, pp : 28-31.

BOUAOUNE, Dj. (1996).— Contribution à l'étude floristique des étages de végétation de l'Atlas Blidéen (phytoécologie, phytosociologie et déterminisme climatique). Thèse magister. Ecol. Univ. H. Boumediene, Alger, 177p + ann.

BOUDAGHER-KHARRAT, M., GRENIER -DE MARCH, G., BARITEAU, M., BROWN, S., SILJAK-YAKOVLEV, S. & SAVOURÉ, A. (2001).— Karyotype analysis reveals interspecific differentiation in the genus *Cedrus* despite genome size and base composition constancy. *Theor. Appl. Genet* 103, 846–854.

BOUDY, P. (1950).— Economie forestière nord-africaine. Monographie et traitement des essences résineuses, Tome II, Editions Larose, Paris, 525 p.

BOUDY. P. (1952).— Guide du forestier en Afrique du Nord. Les essences forestières Edition la maison rustique 505 p.

BRAHIMI, N. (2007).— Contribution à l'étude de la fructification du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M) dans le massif de Belezma (Dj.Tichaou). Etude des paramètres biométriques des cônes et de la production qualitative et quantitative des graines en relation avec l'altitude. Mémoire Ing. Département d'Agronomie, Université de Batna, 100 p + ann.

BREDA, N., GRANIER, A., BIRON, P. & VILLETTE, S. (1999).— A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands. *Ecological Modelling*, 116(2), 269-283.

BRÉDA, N., HUC, R., GRANIER. A. & DREYER, E. (2006).— Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Annals of Forest Science* 63 : 625-644.

- CANDAU, J.N. & CHALON, A. (2009).— L'impact des insectes parasites des graines sur les capacités de régénération naturelle des peuplements de cèdre de l'Atlas et de sapin pectiné en Languedoc-Roussillon. *For. Méd*, 30 (3): 239-244.
- CASTRO, P.G., PERLMUTTER, S., ALDERING, G., GOLDHABER, G., KNOP, R.A., NUGENT, P. & HOOK, I.M. (1999).— Measurements of Ω and Λ from 42 high-redshift supernovae. *The Astrophysical Journal*, 517(2), 565.
- CASTRO, J., ZAMORA, R., HODAR, J.A. & GOMEZ, J.M. (2002).— Use of shrubs as nurse plants: A new technique for reforestation in Mediterranean mountains. *Restoration Ecology*, 10: 297-305.
- CELLE, J., HUGONNOT, V. & BENNOIT, R. (2014).— Intérêt des bryophytes des micro-habitats pour le diagnostic fonctionnel des phytocénoses forestières : l'exemple de la forêt domaniale des Chambons (Ardèche, France). *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 69 (2): 85-100.
- CHAMBERS, J. (2001).— *Pinus monophylla* establishment in expanding *Pinus juniperus* woodland: environmental conditions, facilitation and interacting factors. *Jor.Veg. Sci.*, 12: 27-40.
- CHBOUKI, N. (1994).— Une synthèse dendroclimatique du cèdre de l'Atlas. *Ann. Rech. For. Maroc*, T (27), 33-59.
- CHERKLAINÉ, M. (1997).— Le modèle périglaciaire du Djurdjura. Thèse. Mag .Géol. USTHB, Alger.
- CLARK, J.S., BECKAGE, B., CAMILL, P., CLEVELAND, B., HELLIRISLAMBERS, J., LICHTER, J., MCLACHLAN, J., MOHAN, P., WYCKOFF, P. (1999).— Interpreting recruitment limitation in forests. *American Journal of Botany*. 86, 1-16.
- COCHET, P. (1973).— *Etude et culture de la forêt*. 3^{ème} édition. *Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts*. Centre de Nancy.
- COLL, L., BALANDIER, P., PICON-COCHARD, C., PRÉVOSTO, B. & CURT, T. (2003).— Competition for water between beech seedlings and surrounding vegetation in different light and vegetation composition conditions, *Ann. For. Sci.* 60 593–600.
- COLL, L., BALANDIER, P. & PICON-COCHARD, C. (2004).— Morphological and physiological response of beech (*Fagus sylvatica*) seedlings to grass-induced belowground competition, *Tree Physiol.* 24 45–54.

CORNETT, M.W., REICH, P.B. & PUETTMANN, K.J. (1997).— Canopy feedbacks and microtopography regulate conifer seedling distribution in two Minnesota conifer-deciduous forests. *Ecoscience*, 4 (3): 353-364.

COURBET, F., COURDIER, J.M., MARIOTTE, N. & COURDIER, F. (2007).— Croissance, production et conduite des peuplements de cèdre de l'Atlas. *Forêt Méditerranéenne*, n° 174, 40-44.

DEBAZAC, E.F. (1964).— Manuel des conifères. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Nancy. 79-82.

DEBAZAC, E.F. (1977).— Manuel des conifères. Ed. Louis Jean Cap, 2ème édition : 172 p.

DEBAZAC, E.F. & TOMASSONE, E.R. (1964).— Contribution à une étude comparée des pins méditerranéens de la section *Halepensis*. *Ann. Sci. Forest.* 22 (2) : 213-256.

DEBEAUX, O. (1894).— Flore de la Kabylie du Djurdjura, ou catalogue méthodique et raisonné de toutes les plantes vasculaires et spontanées observées jusqu'à ce jour dans cette contrée. P. Klincksieck.

DE CHANTAL, M., LEINONEN, K., KUULUVAINEN, T. & CESCATTI A. (2003).— Early response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in a boreal spruce forest. *Forest Ecology and Management* 176 : 321-336.

DELAHAIE, J. (2013).— Comparaison moléculaire des graines orthodoxes de *Medicago truncatula* et récalcitrantes de *Castanospermum australe* : une nouvelle approche pour comprendre l'acquisition de la tolérance à la dessiccation. Biologie végétale. Université d'Angers, Thèse doctorat, 227 P.

DE LILLO, M. & FUSARO, E. (1990).— Field comparison of different *Cedrus atlantica* provenances from Morocco and relative morphophysiological characteristics. In *International cedar symposium, Antalya* (pp. 22-27).

DEMARTEAU, M. (2006).— Réponse de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futurs. Licence en sciences géologiques, université de Liège., 60 p.

DEMARTEAU, M., FRANÇOIS, L., CHEDDADI, R. & ROCHE, E. (2007).— Réponses de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futurs. *Geo-Eco-Trop: Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Ecologie Tropicales*.

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). *Forêt méditerranéenne* t. XXIX, n° 1, mars 2008.

DERRIDJ, A. (1990).— Etude des populations de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie. Thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier, Toulouse, 288p.

DERRIDJ, A. (1990).— Étude de la variabilité géographique des dimensions des pollens du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en Algérie. In : Symposium international sur le Cèdre, FAO/IUFRO. Antalya, Turquie, octobre 1990. Pp: 904-932.

DERRIDJ A. (1994).— Exploration de la variabilité intraspécifique de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie par l'étude des cônes. *Ann. Rech. For.*, T (27): 435-450.

DERRIDJ, A. & KROUCHI, F. (2002).— Effects of various factors on germination of *Cedrus atlantica* M. seeds. In Proceedings of the 2002 annual meeting of IUFRO 2.09.00. Research group for seed Physiology and Technology pp. 52-57.

DI CASTRÉ, F. (1981).— Mediterranean-type shrublands of the world. In : DI CASTRI, F., GOODALL, D.W., SPECHT, R.C. (Eds.), Mediterranean -type shrublands of the world. Ecosystems of the World, 11. Elsevier, Amsterdam, pp, 1-520.

DIEHL, R. (1975).— Agriculture générale : Technique saisonnière de la production végétale. 2ème édition. pp 275-286-290.

DIMBLEBY, G.W. (1953).— Natural regeneration of pine and birch on the heather moors of north-east Yorkshire. *Forestry*, 26 (1): 41-52.

DIRECTION GENERALE DES FORETS (2006).— Atelier scientifique et technique sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas. Avec la collaboration de l'Institut National de la Recherche Forestière. Batna, 17-18 Juin 2006.

DIRIK, H. (2000).— Effet du stress hydrique osmotique sur la germination des graines chez les provenances de Cèdre du Liban (*Cedrus Libani* A. Rich.) d'origine Turque. *Annals of forest science*, 57(4), 371-367.

DJELLOULI, Y. (1991).— Flores et plantes en Algérie septentrionale. Déterminisme de la répartition des plantes. Thèse. Doct. Es-Sci. Univ. H. Boumediène, Alger, 262 p + ann.

DOBIGNARD, A. & CHATELAIN, C. (2013).— Index synonymique de la Flore d'Afrique du Nord volume 5: Dicotyledonae, Oleaceae à Zygophyllaceae. *Editions des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève*.

DUBÉ, F. (2007).— Étude sur la dynamique de succession et de régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière) et du chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) dans le parc national d'Ifrane au Maroc. Rapport de stage II. Univ. Sherbrooke, Québec (Canada), 81 p.

DUBUIS, A. & FAUREL, L. (1949).— Essai sur la flore montagnarde du Djurdjura : endémisme et affinités floristiques. *Mém.Soc.Hist.Nat.Afr..N.*, 2, 65-78. Alger.

DUCHAUFOR, Ph. & ROUSSEAU, L.Z. (1959).— Les phénomènes d'intoxication des plantules de résineux par le manganèse dans les humus forestiers. *Rev. For. Fra.*, 12: 835–847.

DUCREY, M. (1981).— Action des basses températures hivernales sur la photosynthèse du cèdre et du Douglas. *Ann. Sci. For.* 38, 317-329.

DUCREY, M. (1994).— Adaptation du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au climat méditerranéen : Aspects écophysologiques de sa réaction à la sécheresse. *Annales de la recherche forestière au Maroc*. 27 (spécial) vol.1 pp :140-153.

EMBERGER, L. (1938).— Contribution à la connaissance des cédraies et en particulier du Deodara et du cèdre de l'Atlas *Rev.Bot.Appl et Agri* N° 198 p 192.

EMBERGER, L. (1939).— Aperçu générale sur la végétation du Maroc, commentaire de la carte phytogéographique du Maroc, *Mém. H.S.Sec.Nat. Maroc* 117 P.

EWART, A.J. (1908).— *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, Melbourne, 21 (1).

EZZAHIRI, M., (1989).— Application de l'analyse numérique à l'étude phytoécologique et sylvicole de la cédraie du Moyen Atlas tabulaire : l'exemple de la cédraie de Sidi-Mguild. Thèse de Doc. Agronom., Inst. Nat. Agronom. et Vét. Hassan II, Rabat, 173 p.

EZZAHIRI, M., BELGHAZI, B. & BAHMAD, M. (1994).— Bilan de la régénération naturelle de la cédraie dans les parcelles clôturées du Moyen Atlas, Maroc. *Ann. Rech. For. Maroc*, 27 (36): 259-268.

EZZAHIRI, M., BELGHAZI, B., SABIR, M. & QARRO, M. (1996).— Atlas cedar seedling dynamics after 10 years of enclosure of natural regeneration: a case study in cedar forests at Ouiouane, Ajdir and Itzer. In *Annales de la Recherche Forestiere au Maroc* (pp. 97-107).

EZZAHIRI, M., BELGHAZI, B. & BARIS, M. (1999).— Etude de la régénération du cèdre de l'Atlas en fonction des propriétés physicochimiques du sol des parcelles clôturées de Ouiouane Ajdir et d'Itzer. *Ann. Rec. For. Maroc*, 32: 44-53.

EZZAHIRI, M. & BELGHAZI, B. (2000).— Synthèse de quelques résultats sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas au Moyen Atlas (Maroc). *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 11 (2): 79-84.

FABRE, J.P. (1994).— Etat actuel des connaissances sur les ravageurs originaires de l'aire naturelle des cèdres parvenus en France, colonisation par les insectes d'un nouvel écosystème forestier. In: Le cèdre de l'Atlas. Actes du séminaire international sur le cèdre de l'Atlas. Ifrane (Maroc), 7–11 Juin 1993. Annales de la recherche forestière au Maroc 27 (spécial). 540-551.

FABRE, J.P., MOUNA, M., DU MERLE, P. & BENHALIMA, S. (1999).— *Le point sur certains ravageurs du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord, en France et en Europe*. – Forêt médit. 20: 203-218.

FACELLI, J.M. & PICKETT, S.T.A. (1991).— Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *Bot. Rev.*, 57: 1-32.

FARBET, J.P. & RABASE, J.M. (1985).— Introduction dans le sud de la France d'un parasite: *Pauecia cerobii* (Hymenoptera ; Aphidiidae) du puceron: *Cedrobium laportei* (Hom ; Lachnidae) du cèdre de l'Atlas : *Cedrus atlantica*. *Entomopiiaga* 32(2). Springer. Pp : 127 141.

FAUREL, L. (1947).— Note sur la cédraie de l'Atlas de Blida (Algérie), ses sols et ses associations végétales. *C.R. Cong. Pédol. Médit., Montpellier-Alger*, 474-480.

FAUREL, L. & LAFFITE, L. (1949).— Facteurs de répartition des cédraies dans le massif de l'Aurès et du Belezma. *Bull. Sci. d'Hist. Nat de L'Afrique du Nord* .Tome 40.

FERRANDÈS, P. (1986).— Cèdres. *Revue forestière française*, vol. XXXVIII, n° spécial "Amélioration génétique des arbres forestiers", pp. 139-141.

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. For.*, 38 (4): 513-530.

FISHER, R.F. (1987).— Allelopathy: a potential cause of forest regeneration failure. In: *Allelochemicals: role in Agriculture and forestry/* G.R, Waller Ed. Washington D.C. *American Chemical Society*, 176-184.

FLANDRIN, J. (1952).— Carte géologique de la chaîne du Djurdjura. Ech. 1/50.000.

FLORES, O. (2005).— Déterminisme de la régénération chez quinze espèces d'arbres tropicaux en forêt guyanaise: les effets de l'environnement et de la limitation par la dispersion. Thèse de Doctorat de l'Université de Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc.

FORTUNY, X., GUARRIGUE, J., MAGDALOU, J.H., CHAUCHARD, S. & CARCAILLET, C. (2012).— Usages et biodiversité dans les forêts méditerranéennes, l'exemple du massif des Albères, Pyrénées orientales. *For. Méd.*, 33 (2): 165-172.

GAIFFE, M. (1990).— Erosion of calcimagnesian soils as aggregates in Jurassic pedological systems. *Catena*, 17 (2), 141-149.

GAIFFE, M. & BRUCKERT, S. (1985).— Analyse des transports de matières et des processus pédogénétiques impliqués dans les chaînes de sols du karst jurassien. *Catena*, numéro spécial 'Soils and Geomorphology', 6, 159-174.

GAIFFE, M. & BRUCKERT, S. (1990).— Les systèmes de subsurface sols-roches, modèles de pédogenèses. Exemples des domaines karstique et non karstique de Franche-Comté. *Univer. de Franche-Comté, Lab. de pédologie Science du sol*, 319-332.

GALLET, C. & PELISSIER, F. (2002).— Interactions allélopathiques en milieu forestier. *Rev. For.*, 6: 567-576.

GAUDIO, N. (2010). — Interactions pour la lumière entre les arbres adultes, les jeunes arbres et la végétation du sous-bois au sein d'un écosystème forestier : application à la régénération du pin sylvestre en peuplement mélange chêne sessile - pin sylvestre. Earth Sciences. Université d'Orléans. *European Journal of Forest Research*, 130 : 77-89

GAUDIO, N., BALANDIER, P., PERRET, S. & GINISTY, C. (2011).— Growth of understorey Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) saplings in response to light in mixed temperate forest. *Forestry*, 84: 187-195.

GAUQUELIN, T., CHONDROYANNIS, P., BOUKHDOUD, N., BOUYSSOU, M., BRUNEL, C., DANNEYROLLES, V., DELFORGE, Q., GUIRAUD, M., MARCHAND, C., MATHAUX, C., ORIGHONI, H., QUENT, M., SBEITI, S. & SINET, R. (2012).— Le genévrier thurifère, espèce partagée au nord et au sud de la Méditerranée. *For. Méd.*, 33: 227-240.

GAUSSEN, H. (1964).— Les gymnospermes actuelles et fossiles. Fascicule VII. *Pinus, Cedrus et Abies. Fac des sciences, Toulouse* Pp295-320.

GAUSSEN, H. (1967).— Les Gymnospermes actuelles et fossiles. Trav. du lab. Forest Toulouse, Volume I, fasc VI. PP 294-319.

GENSAC, P. (1990).— Régénération en altitude de l'épicéa (*Picea abies* (L) Karst) sur les souches dans les Alpes françaises, *Ann. Sci. For.*, 47 (2): 173-182.

GHARZOULI, R. (1989).— Contribution à l'étude de la végétation de la chaîne des Babors. Analyse phytosociologique des djebels Babors et Tababort Thèse de Magister. Inst. Natl. Ens. Sup., Sétif, 235 p.

GHARZOULI, R. (2007).— Flore et végétation de la Kabylie des Babors. Etude floristique et phytosociologique des groupements forestiers et post forestiers des Djebel Takoucht, Adrar, ou Mellal, Tababort et Babor. Doct. Es Sc. Université Ferhat Abbas. Sétif. 296p.

GHORBANI, J. LE DUC, M.G., MCALLISTER, H.A., PAKEMAN, R.J. & MARRS, R.H. (2006).— Effects of the litter layer of *Pteridium aquilinum* on seed banks under experimental restoration. *Applied Vegetation Science* 9 : 127-136.

GÓMEZ-APARICIO, L., ZAMORA, R., GÓMEZ, J.M., HÓDAR, J.A., CASTRO, J. & BARAZA, E. (2004).— Applying plant facilitation to forest restoration in Mediterranean ecosystems: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecol. Appl.*, 14: 1128 –1138.

GÓMEZ-APARICIO, L., VOLLADARES, F. & ZAMORA, R. (2006).— Differential light responses of Mediterranean tree saplings: linking ecophysiology with regeneration niche in four co-occurring species. *Tree Physiology*, 26: 947-958.

GONZALEZ-MARTINEZ, C.S., GRIVET, D. & VENDRAMIN, G.G. (2010).— Contributions de la recherche de gène candidat pour la compréhension du rôle de la diversité génétique dans la réponse adaptative des conifères méditerranéens à la sécheresse. *For. Méd.*, 31: 369-372.

GRIME, J.P. (1989).— Whole-plant responses to stress in natural and agricultural systems. Plant under stress. H.G. Jones, T.J. Flowers and M.B. Jones. New York, Cambridge university press: 31-46.

GUEDIRA, A., SATRANI, B. & DOUIRA, A. (2008).— Effet de la densité de *Cytisus grandiflorus* (Brot.) DC. sur la fertilité du sol en azote et son influence sur la croissance d'une plantation de cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti). *Acta Botanica Gallica*, 155 (3): 375-387.

GUERROUDJ, A. (2008).— Biodiversité des Scolytes des pins et du Cèdre de l'Atlas en Algérie (Résumé). Congrès International sur la diversité biologique des Invertébrés en milieux Agricoles et Forestiers, INA, El-Harrach Alger, p. 137.

GUILLAUMIN, J.J., BERNARD, Ch., DELATOUR, C. & BELGRAND, M. (1983).— Dépérissement du Chêne à Tronçais: pathologie racinaire. — Revue forestière française, vol. XXXV, n° 6, pp. 415-424.

GUINIER, P. (1943).— Arbres et forêts du Massif central (Notes botaniques et forestières). Bulletin de la Société Botanique de France, 103(sup2), 95-114.

GUITTET, J. & LABERCHE, J.C. (1974).— L'implantation naturelle du pin sylvestre sur pelouse xérophile en forêt de Fontainebleau. II. Démographie des graines et des plantules au voisinage des vieux arbres. *Oecol. plant*, 9(11), 1-130

HACHI-ILOUL, M. (2016).— Variabilité morpho-anatomique, diversité génétique, potentiel de régénération et efficacité de la production grainière du sapin de Numidie (*Abies numidica* De Lannoy) en plantation (cas de Serraidi (Annaba)). Thèse Doctorat en sciences agronomiques. UMMO.130P+ann.

HALIMI, A. (1980).— L'Atlas Blidéen. Climats et étages végétaux. Ed. OPU. Alger, 523 p.

HAMRICK, J.L., LINHART, Y.B. & MITTON, J.B. (1979).— Relationships between life history characteristics and electrophoretically detectable genetic variation in plants. *Annual review of ecology and systematics*, 10, 173-200.

HARFOUCHE, A. (1992).— Étude comparative de quelques provenances algériennes de *Cedrus atlantica* Manetti. Étude des graines. — Annales de la Recherche forestière en Algérie, pp. 61-83.

HARFOUCHE, A. & NEDJAH, A. (2003).— Prospections écologiques et sylvicoles dans les cédraies du Bélezma et de l'Aurès à la recherche de peuplements semenciers et d'arbre. Rev. For. Fr. Vol. 55, n°2, Pp: 113-122.

HARVEY, B.D. & BRAIS, S. (2007).— Partial cutting as an analogue to stem exclusion and dieback in trembling aspen (*Populus tremuloides*) dominated boreal mixed woods: implications for deadwood dynamics. *Can. Jor. For. Res.*, 37: 1525-1533.

HELLER, R., ESNAULT, R. & LANCE C. (1989).— Physiologie végétale. 2 Développement, 4e éd. Paris, France: Masson.

HERRERA, C.M., JORDANO, P., LOPEZ-SORIA L. & AMAT, J.A. (1994).— Recruitment of a mast-fruited, bird-dispersed tree: Bridging frugivore- activity and seedling establishment. *Ecological Monographs*, 64: 315.

HULME, P.E. & BORELLI, T. (1999).— Variability in post dispersal seed predation in deciduous woodland: relative importance of location, seed species, burial and density. *Plant ecology*, 145: 149-156.

ILLOUL, M., DERRIDJ, A. & MOUALEK, O. (2001).— Production grainière et germination des graines du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) de différentes provenances algériennes: 2^o Colloque International : Le Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L) et les forêts d'altitude dans les montagnes du pourtour Méditerranéen. Marrakech, Avril 2001 17-21.

JACAMON, M. (1987).— Guide de dendrologie : arbres, arbustes, arbrisseaux des forêts Françaises. Tome 1: conifères. Ecole Nationale du Génie rural, des eaux et des forêts.

JANEČEK, Š. & LEPŠ, J. (2005).— Effect of litter, leaf cover and cover of basal internodes of the dominant species *Molinia caerulea* on seedling recruitment and established vegetation. *Acta Oecologica*, 28(2), 141-147.

JIAO-JUN, Z., TAKESHI, M., FENG-QUIN, L. & YUTAKA, G. (2003).— Effect of gap size created by thinning on seedling emergency, survival and establishment in a coastal pine forest. *For. Ecol. Manage.*, 182: 339-354.

KARSCHON, R. (1973).— Natural regeneration after fire of Alep pine. *Forestry Division, Agricultural re-search organisation, La Yaaran*, 23: 36-38.

KHANFOUCI, M.S. (2005).— Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de Belezma. Mémoire de Magister, Université de Batna, 256 p.

KHEDDACHE, A. (2005).— Endurcissement des graines de *Cedrus atlantica*, Manetti en vue de sa régénération par semis en conditions de stress hydrique. Thèse de Magister, Univ. Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 85p. + ann.

KILL, B.S. (1992).— Effect of pine allelochemicals on select species in Korea. In: *Allelopathy: Basic and Applied Aspects* / S.J.H. Rizvi and V. Rizvi Eds. London: Chapman et Hall: 205-241.

KILLIAN, C. & MARTIN, M. (1957).— Erosion, humification, respiration des sols dans le massif de Chréa. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nor.*, 48 (5): 6-15.

KOUAKOU, L.K., ABO, K.J., TRAORE, F. & EHILE, E. (2008).— Effet antihypertensif de BpF2, une fraction d'extract aqueux de feuilles de *Bidens pilosa* L.(Asteraceae) chez le lapin. *Sciences & Nature*, 5(1), 29-37.

KOZLOWSKI, T.T. (1992).— Physiological ecology of natural regeneration of harvested and disturbed forest stands: implications for forest management. *For. Ecol. Manage.* 158, 195-221.

KROUCHI, F. (1995).— Contribution à l'étude de l'organisation reproductive du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) à Tal-Guileg (Djurdjura Nord Occidental). Thèse. Mag. INA. Alger. 105p. + Ann.

KROUCHI, F. (2010).— Étude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel (Tala-Guilef, Djurdjura nord-ouest, Algérie). Thèse de Doctorat de l'Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou (UMMTO).127 p. + Ann.

KROUCHI, F., DERRIDJ, A. & LEFEVRE, F. (2004).— year and tree effect on reproductive organization of *Cedrus atlantica* Manetti. in a natural forest. *Forest Ecology and Management*, 197 : 181-189

LAARIBYA, S. & BELGHAZI, B. (2016).— Dynamique et accroissement radial du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) – Cas de la forêt d'Azrou (Maroc). *Revue « Nature & Technologie ». B- Sciences Agronomiques et Biologiques*, n° 14/ Janvier, Pages 23 à 36.

LABHAR, M. & TANGHE, M. (1998).— Les milieux forestiers et pré-forestiers du Moyen Atlas central nord-occidental : approche géographique, phytoécologique et dynamique. (Unpublished doctoral dissertation). Université Libre de Bruxelles, 404 pages + cartes en couleurs en annexes. Belgique.

LACHAUSSEE, E. (1947).— La régénération de l'épicéa en haute montagne. *Rev. Eau. For.*, 85: 281-302.

LA MELA VECA, D.S., FERRARA, S. & MAETZK, F.G. (2013).— Les reboisements en cèdre de l'Atlas en Sicile. *For. Méd*, 34 (1): 13-24.

LAMHAMED, M.S. & BERNIER, P.Y. (1994).— Ecophysiology and field performance of black spruce (*Picea mariana*): a review. *Ann. Sci. For.* 51(6):529–551.doi: 10.1051/ forest:19940601.

LAMHAMED, M. & CHBOUKI, N. (1994).— Les principaux facteurs influençant la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). *Ann. Rech. For. Maroc*, 27 (2): 243-257.

LAMHAMED, M.S., CHAMBERLAND, H., BERNIER, P.Y. & TREMBLAY, F.M. (2002).— Clonal variation in morphology, growth, physiology, anatomy and ultrastructure of container-grown white spruce somatic plants. *Tree Physiol.* 20(13) : 869–880. PMID : 11303577.

LANIER, L. (1994).— Les champignons des cédraies en Algérie. *In* : Le Cèdre de l'Atlas. Actes du séminaire international sur le Cèdre de l'Atlas. Ifrane (Maroc), 7 - 11 Juin 1993. *Annales de la recherche forestière au Maroc*, 27 (spécial) : 554-563.

LAPIE, G. & MAIGE, A. (1914).— Flore forestière illustrée de l'Algérie. Ed. Orlhac : 375p.

LAPIE, G. (1909).— Etude phytogéographique de la Kabylie du Djurdjura. Thèse Doct. és. Sc. Nat., Univ. Paris, Delagrave éd., et *Revue Géogr. An.*, III, 1-156, 2 cartes h.t 156 p.

LECOMPTE, M. (1969).— La végétation du Moyen Atlas central : esquisse phytoécologique et carte des séries de végétation au 1/200000. R.G.M., pp : 3-34. Rabat.

LECOMPTE, M. (1979).— Biogéographie de la montagne marocaine : le Moyen Atlas central. Mém. Doc. Géogr., éd. C.N.R.S., 206 p

LECOMPTE, M. (1986).— Biogéographie de la montagne marocaine : le Moyen-Atlas central. Ed. CNRS, Paris (France) : 202 p.

LECOPMTE, M. & LEPOUTRE, B. (1975).— Bilan de l'eau et conditions d'existence de la cédraie dans le Moyen Atlas basaltique. *Annales de la recherche forestière au Maroc*, 15. pp : 149 – 269. Rabat.

LECOMPTE, Y., BICAL, O., HAZAN, E., FERMONT, L., KARAM, J., JARREAU, M.M. & NEVEUX, J.Y. (1984).— Anatomic correction of transposition of the great arteries associated with ventricular septal defect: midterm results in 50 patients. *Circulation*, 70(5), 891-897.

LE HOUEROU, H. N. (1995). Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique: diversité biologique, développement durable et désertisation. *Options méditerranéennes*, Série B, études et recherches, 10, 396p.

LE HOUEROU, H. N. (2004). An agro-bioclimatic classification of arid and semi-arid lands in the isoclimatic Mediterranean zones. *Arid land research and management*, 18, 301, 346.

LE HOUEROU, H.N., CLAUDIN, J. & POUGET, M. (1977).— Etude bioclimatique des steppes algériennes. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 68 (3-4), 33-74 +1 carte bioclimatique au 1/1000 000^{ème} ht.

LEPOUTRE, B. (1961).— Recherches sur les conditions édaphiques de régénération des cédraies marocaines. *Ann. Rech. For. Maroc*, 6 (2): 1-211.

LEPOUTRE, B., (1963).— Rôle des mycorhizes dans la biologie du jeune cèdre. Comptes-rendus des séances mensuelles de la société des sciences naturelles et physiques du Maroc, 29 : 101-103.

LEPOUTRE, B. (1964).— Suite d'observations sur la régénération du cèdre par taches. *Ann. Rech. For. Maroc*, 7: 1-20.

LEPOUTRE, B. (1966).— Écologie de la régénération naturelle du cèdre dans le Moyen Atlas Marocain. Résumé de la thèse Doc-Ing. Fac. Montpellier. 13p.

LEPOUTRE, B. & PUJOS, A. (1963).— Premier essai de synthèse sur le mécanisme de régénération du cèdre dans le moyen Atlas Marocain. *Ann.. Rech. Forest. Au Maroc*, 7 : 57-155.

LEPOUTRE, B. & PUJOS, A. (1964).— Facteurs climatiques déterminant les conditions de germination et d'installation des plantules de cèdre. *Ann. Rech. For. Maroc*, 7: 21-54.

LETOURNEUX, A. (1870).— Etude botanique de la Kabylie du Djurdjura. Imprimerie nationale, 90p. Paris.

LOISEL, R. (1966).— Germination du Pin d'Alep au niveau de certaines associations végétales de Basse-Provence. *Bul. Soc. Bot. France*, 113: 5-6 et 324-330.

LOOKINGBILL, T.R. & ZAVALA, M.A. (2000).— Spatial pattern of *Quercus ilex* and *Quercus pubescens* recruitment in *Pinus halepensis* dominated woodlands. *Journal of Vegetation Science*, 11: 607-612.

LOPEZ PINTOR, A., ESPIGARES, T., REY-BENYAS, J.M. & GOMEZ-SAL, A. (2000).— Effect of simulated parent-created microenvironment conditions on germination of *Retama sphaerocarpa* (L) Boiss. *Seeds. Jor. Medit. Ecol.*, 1: 219-226.

MAC CULLOUGH, H.A. (1948).—Plant succession on fallen logs in a virgin spruce-fir forest. *Ecology*, 29: 508-513.

- MADJOUR, K. (2015).— Régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au niveau du Parc National du Djurdjura (Secteur de Tala Guilef). Thèse de Magister. UMMTO. 82P + Ann.
- MAIRE, R. (1926).— Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Notice. Gouvernement Général de l'Algérie, Service cartographique, Alger, cartes couleurs au 1/1500000 h.t. 78 p.
- MAIRE, R. (1952).— Flore de l'Afrique du Nord. Pteridophyta, Gymnospermae, Monocotyledonea (Glumiflorae p.p). Encyclopédie biologique XXXIII, 2, Le chevalier Paris : 366p.
- MALKI, H. (1992).— Contribution à l'étude de l'influence du climat et des facteurs physiques sur la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans les monts du Belezma (Algérie). Thèse de doctorat à l'Université de Paris-Sorbonne.
- MALKI, H. (2003).— Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif du Belezma (Dj.M'Hasseur). Mémoire Ing. Département d'Agronomie, Université de Batna, 109 p.
- MALLIK, A. (2003).— Conifer regeneration problems in boreal and temperate forests with ericaceous understory: Role of disturbance, seedbed limitation, and keystone species change. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22 : 341-366.
- MARION, J. (1954).— La régénération naturelle dans les cédraies du rebord septentrional du Moyen Atlas occidental calcaire . *Ann. Rech. For.* au Maroc. 4(1) : 105-127.
- MARION, J. (1955).— La régénération naturelle du cèdre dans les cédraies du rebord septentrional du Moyen Atlas occidental calcaire. *Ann. Rech. For. Maroc*, 1: 31-151.
- MAZLIAK, P. (1982).— Physiologie végétale II, croissance et développement. Collection Méthodes Hermann, Paris : 465 p.
- MEDDOUR, R. (1992).— Régénération naturelle de *Cedrus atlantica* Manetti et de divers Pins après incendie dans l'arboretum de Meurdja (Algérie). *For. Med.*, 4 (10): 275-287 p.
- MEDDOUR, R. (1993).— Analyse phytosociologique de la chênaie caducifoliée mixte de Tala Kitane (Akfadou, Algérie). *Ecologia Mediterranea*, 19 (3-4), 1-9.
- MEDDOUR, R. (1994).— La cédraie de l'Atlas Blidéen (Algérie): valeurs bioclimatique, syntaxonomique et dynamique. *Ann. Rech. For. Maroc*, 27: 105-127.

- MEDDOUR, R. (2003).— Bioclimats, étages et séries de végétation de l'Atlas blidéen (Algérie). *Phytocoenologia*, 32 (1), 101-128. Berlin-Stuttgart
- MEDDOUR, R. (2010).— Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple de groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie Djuedjuréenne. Thèse. Doct. Agr. Option Foresterie. Ins. M.M.T.O. 398P.
- MÉDAIL, F. & QUÉZEL P. (1997).— *Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the mediterranean bassin*. – *Ann. Missouri Bot. Gard.* 84: 112- 127.
- MEDIOUNI, K. (2000).— Elaboration d'un bilan et d'une stratégie nationale de développement durable de la diversité biologique. *Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Algérie. Projet ALG/97/G31: Tomes I à IX.* p.
- MEDIOUNI, K., ADDAR, A. & OUDINECHE, R. (1998).— Aménagement agro-sylvo-pastoral Intégré de la zone du Djurdjura). *Ann.rech.for.Maroc*, 1998, 31, 80-91
- MEINERS, S.J., PICKETT, S.T. & CADENASSO, M.L. (2002).— Exotic plant invasions over 40 years of old field successions: community patterns and associations. *Ecography*, 25(2), 215-223.
- MESSAOUDENE, M., RABHI, KH., MEGDOUD, A., SARMOUM, M. & DAHMANI, M., (2013).— Etat des lieux et perspectives des cédraies algériennes. *Forêt méditerranéenne* 34 : 1-8.
- MESSIER, C., DOUCET, R., RUEL, J.C., CLAVEAU, Y., KELLY, C. & LECHOWICZ, M.J. (1999).— Functional ecology of advance regeneration in relation to light in boreal forests. *Can. J. For. Res.* 29, 812-823.
- MESTAR, N. (1995).— Cartographie physionomique et approche phytoécologique de la cédraie de Tala Guilef (Djurdjura occidental). Thèse de Magister, INA, Alger, 116 p.
- M'HIRIT, O. (1982).— Etude écologique et forestière des cédraies du Rif marocain. Essai sur une approche multidimensionnelle de phytoécologie et de la productivité du cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti). Thèse Doc. Univ. Marseille III, France, 436 p.
- M'HIRIT, O. (1993).— Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) présentation générale et état des connaissances a travers le réseau Silva mediterranea "Le cèdre". *Ann. Rech. For. Maroc*, T (27). Pp : 3-21

- M'HIRIT, O. (1999).— Le cèdre de l'Atlas à travers le réseau Silva Mediterranea "Cèdre". Bilan et perspectives. *For. Méd.*, 20 (3): 91-100.
- M'HIRIT, O. (2008).— Influence de la densité et du type de peuplement sur le dépérissement du cèdre à Sidi m'guilld (Moyen Atlas marocain). *Arti Scien. Forêt med.* Pp :23-32.
- M'HIRIT, O. & POSTAIRE, J.G. (1984).— Analyse de la forme des tiges pour la construction des tarifs de cubage. Application au cèdre du Maroc (*Cedrus atlantica* Manetti). In *Annales des sciences forestières* (Vol. 41, No. 3, pp. 303-322). EDP Sciences.
- M'HIRIT, O. & MAGHNOUJ, M. (1994).— Stratégie de conservation des ressources génétiques forestières au Maroc. Les ressources phytogénétiques et développement durable. *Actes Editions, Rabat, Maroc*, 123-138.
- M'HIRIT, O. & BENZYANE, M. (2006).— Le Cèdre de l'Atlas. Mémoire du temps. Éditions La croisée des chemins. 288 p.
- M'HIRIT, O., BENZYANE, M. & BLEROT, P. (2006).— *Le cèdre de l'Atlas : Mémoire du temps*. Mardaga.
- M'HIRIT, O., BENZYANE, M. & ELYOUSFI, S.M. (2006).— La régénération du cèdre. In le cèdre de l'Atlas. Mémoire du temps. Ed. MARGADA pour l'Europe et le Canada, 287 p.
- MOREAU, R. & POLY, J. (1968).— La régénération de l'Epicéa dans les forêts de haute altitude. *Bulletin trimestriel de la société forestière de Franche-Comté et des provinces de l'Est*, 2-12 et 33-47.
- MORI, A., MIZUMACHI, E., OSONO, T. & DOI, Y. (2004).— Substrate-associated seedling recruitment and establishment of major conifer species in an old-growth subalpine forest in central Japan. *For. Ecol. Manage.*, 196: 287-297.
- MULLER, C (1986).— Le point sur la conservation des semences forestières et la levée de dormance. *RFF.XXX.VIII(3)*. pp : 200-204.
- MULLER, C. & BONNET-MASINBERT, M. (1983).— Amélioration de la germination des graines de *Fagus sylvatica* par prétraitement en présence de polyéthylène glycol. *A.S.T 40(2)*, pp157-164.
- MULLER, C., LAROPPE, E. & BONNET-MASIMBERT, M. (1984).— Pour une amélioration du traitement des graines de cèdre (*Cedrus atlantica*). I.N.R.A, station d'amélioration des arbres forestiers, Champenoux : 23 p.

- NAGGAR, M. (2013).— La régénération du cèdre dans le moyen Atlas central au Maroc: Quelle issue pour la durabilité de l'écosystème écosystème de la cédraie? *Forêt méditerranéenne*, 34(1), 25-34.
- NAMBIAR, E.S. & SANDS, R. (1993).— Competition for water and nutrients in forests. *Can. Jor. For. Res.*, 23 (10): 1955-1968. *National d'Ifrane au Maroc*. Rapport de stage II. Univ. Sherbrooke, Québec (Canada), 81 p.
- NEZAR KEBAILI, M. (2009).— Influence de quelques variables du milieu sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de Belezma. Mag. Science Agronomique : Foresterie. Batna, 73.
- NGO BIENG, M.A. (2007).— Construction de modèles de structure spatiale permettant de simuler des peuplements virtuels réalistes. Application aux peuplements mélangés chêne sessile - pin sylvestre de la région Centre. *Thèse (sciences forestières)*, ENGREF, Paris (France), 213 p.
- OUKARROUM, A. (2007).— Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse doctorat. Université De Genève.
- OZENDA, P. (1975).— Sur les étages de végétation dans les montagnes du bassin méditerranéen. *Doc. Cart. Ecol.*, 16: 1-32.
- OZENDA, P. (1985).— La végétation de la chaîne Alpine dans l'espace montagnard européen. Masson, Paris. 350 p.
- OZENDA, P. (1989).— Le déplacement vertical des étages de végétation en fonction de la latitude : un modèle simple et ses limites. *Bull. Soc. Géol. France*, V(3), 535-540.
- PANETSOS, K.P., CHRISTOU, A. & SCALTSOYIANNES, A. (1992).— First analysis on allozyme variation in Cedar species (*cedrus* sp.) *Silvae Genetica*, 41 (6), 339-3420.
- PANETSOS, K.S., SCALTSOYIANNES, A. & TSAKTSIRA, M. (1994).— Genetic variation in Allozymes of *Cedrus libani* A. Rich. and *Cedrus atlantica* Mannetti.). *Ann. Rech. For.*, T (27): 419-434
- PARDOS, M., MONTES, F., ARANDA, I., CANELLAS, I. (2007).— Influence of environmental conditions on germinant survival and diversity of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in central Spain. *European Journal of Forest Research* 126 : 37-47.

PEROT, T. (2009).— Quel est le niveau de détail pertinent pour modéliser la croissance d'une forêt mélangée ? Comparaison d'une famille de modèles et application aux peuplements mélangés chêne sessile - pin sylvestre. Thèse (sciences agronomiques et forestières), Agro Paris Tech, Paris (France), 233 p.

PEROT, T., PERRET, S., MEREDIEU, C. & GINISTY, C. (2007).— Prévoir la croissance et la production du Pin sylvestre : le module Sylvestris sous Capsis 4. *Revue forestière française* 1 : 57-84.

PHILIPPE, G. (2006).— Partie1: *du méristème à la graine in Reproduction sexuée des conifères et production des semences en verger à graines*. Collection Synthèses Ed. J. Baudel. Cemagref.

PICHOT, C., BASTIEN, C., COURBET, F., DEMESURE-MUSCH, B., DREYFUS, P., FADY, B., FRASCARIA-LACOSTE, N., GERBER, S., LEFEVRE, F., MORAND-PRIEUR, M-E., ODDOU, S., TESSIER DU CROS, E. & VALADON, A. (2006).— Déterminants et conséquences de la qualité génétique des graines et semis lors de la phase initiale de régénération naturelle des peuplements forestiers. *Les actes du BRG*, 6: 277-297.

PICON-COCHARD, C., COLL, L. & BALANDIER, P. (2006).— The role of below-ground competition during early stages of secondary succession: the case of 3-year-old Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings in an abandoned grassland. *Oecol.* 148, 373-383.

PONGE, J.F., ANDRE, J., BERNIER, N. & GALLET, C. (1994).— La régénération naturelle, connaissances actuelle : le cas de l'épicéa en forêt de Macot (Savoie). *Rev. For. Fr.*, 46 (1): 25-45.

PRADAL, F. (1979).— Variabilité génétique et écophysiologique du Cèdre. — Nogent-sur-Vernisson : Mémoire ENITEF, 87 p.

PREVOSTO, B. & RIPERT, C. (2011).— Les forêts mélangées en région méditerranéenne: quels bénéfices et comment créer le mélange?. *For. Méd.*, 32: 187-196.

PUJOS, A. (1963).— Répartition de la végétation dans le moyen Atlas. Ecologie et régénération de la cédraie. *Rev. géographie du Maroc* N°3-4

PUJOS, A. (1964).— Le milieu de la cédraie marocaine. *Ann.Rech.For.Maroc*, Tome 8. p198.

PUJOS, A. (1966).— 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*, 8: 1-283.

PUTOD, R. (1979).— Le reboisement du cèdre dans le Sud-est de la France. Bull. Vulg. Forest. N°8 P : 58.

QUEZEL, P. (1956).— Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques d'Algérie. Mem. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord, I : 57 p.

QUEZEL, P. (1976).— Les forêts du pourtour méditerranéen, Notes techniques M.A.B.2 UNESCO .Paris. Pp 9-34.

QUEZEL, P. (1976).— les forêts du pourtour méditerranéen In «Forêts et maquis méditerranéens» : Ecologie, conservation et aménagement. U.N.E.S.C.O, notes techniques du MAB, 2 : 9 - 33.

QUEZEL P, (1980).— Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. In PESSON : Actualités d'écologie forestières. Paris, Bordas. 205-256.

QUEZEL, P. (1998).— Cèdres et cédraies du pourtour méditerranéen: signification bioclimatique et phytogéographique. *Forêt méditerranéenne* XIX (3), 243-260.

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

QUEZEL, P. & SANTA, S. (1962).— Nouvelle flore de l'Algérie et des régions méridionales désertiques .C.N.R.S.Paris

QUEZEL, P. & BARBERO, M. (1989).— Les formations à genévriers rampants du Djurdjura (Algérie) . Leur signification écologique, dynamique et syntaxonomique dans une approche globale des cédraies kabyles. *Lazaroa*, 11 : 85-99

QUÉZEL, P., MÉDAIL F., 2003 – *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. – Elsevier, Paris, 572p.

RAHMANI-TALBI, Y. (2010).— Contribution à l'étude des insectes associés au dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans la région de Batna, cas de la cédraie de Belezma. Université El Hadj Lakhdar. Batna. Faculté des sciences. Département d'Agronomie. 104p.

RHANEM, M. (2011).— Aridification du climat régional et remontée de la limite inférieure du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) aux confins de la plaine de Midelt (Maroc). *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, (Volume 5), 143-165.

ROBERTS, E.H. (1973).— Predicting the storage life of seeds. *Seed Sci. and Technol.* 1, 499–514.

ROQUE, C. (1983).— Impact des insectes ravageurs des cônes et graines sur les potentialités de régénération naturelle des principales essences constituant les forêts d'altitude du Briançonnais. *Régénérations des forêts d'altitude*. Université de Savoie. Office National des Forêt. pp : 17-28.

ROQUES, A. (1991).— Structure, specificity and evolution of insect guilds related to cones of conifers in western Europe. *InForest insect guilds: patterns of interactions with host trees. US For. Serv. Tech. Rep. NE-153*. H. Baranchikov YN. Mattson WI and e. FP. Payne TL (Eds.): 300-15.

ROYCE, E.B. & BARBOUR, M.G. (2001).— Mediterranean climate effects. I. Conifer water use across a Sierra Nevada ecotone. *American Journal of Botany*, 88: 911-918.

SAADI, B. (1985).— Contribution à l'étude de régénération naturelle et récente du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans la région de Khenifra (Moyen Atlas central, Maroc).

SANCHEZ-GOMEZ, D., ZAVALA, M.A. & VALLADARES, F. (2006).— Seedling survival responses to irradiance are differentially influenced by low-water availability in four tree species of the Iberian cool temperate Mediterranean ecotone. *Acta Oecol.* 30, 322-332.

SARMOUM, M. (2016).— Etude de la dynamique des systèmes forestiers dans le massif de l'Ouarsenis dans un contexte des changements globaux. Thèse de doctorat en sciences biologiques. RSB.USTHB.142P +Ann.

SATRANI, B., EL OUADIHI, N., GUEDIRA, A., FREY-KLETT, P., ARAHOU, M. & GARBAYE, J. (2009).— Effet de la bactérisation des graines sur la croissance des plants de *Cedrus atlantica* Manetti. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 13(3), 367

SAUVAGE, C. (1961).— Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines. *Inst. Sc Cherif., Trav.Sér. Bot*, 21, 1- 462. Rabat.

SCHÖNENBERGER, A. (1970).— Etude du couvert végétal de l'Aurès Oriental. *F.A.O., Projet Algérie* (15) 42p.

SCHÜTZ, JP. (1999).— Close-to-nature silviculture: is this concept compatible with species diversity? *Forestry* 72 : 359-366.

SCHÜTZ, J.P. (2001).— Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *For. Ecol. Manage.* 151, 87-94.

SEIWA, K., ANDO, M., IMAJI, A., TOMITA, M. & KANO, K. (2009).— Spatio-temporal variation of environmental signals inducing seed germination in temperate conifer plantations and natural hardwood forests in northern Japan. *Forest Ecology and Management* 257 : 361-369.

SEIGUE, A. (1985).— La forêt du bassin méditerranéen et ses problèmes. *Ed. Maisonneuve et Larose. Paris*, 502 p.

SELTZER, P. (1946).— Le climat de l'Algérie. INS, de Météo. et de Phys. du Globe, Alger. 219p + 1 carte.

SERRAR, M. (2005).— Effet de la durée de stratification sur la germination des graines de quatre provenances du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). In *Annales de la recherche forestière au Maroc* (Vol. 36, pp. 1-8). Centre national de la recherche forestière. Site officiel du Parc National de Chrèa.

SMITH, C., GUSBERTY, M. & MÜLER-SCHÄRER, H. (2006a).— Safe for saplings ; safe for seeds? *For. Ecol. Manage.*, 237: 471-477.

SONOHAT, G., BALANDIER, P. & RUCHAUD, F. (2004).— Predicting solar radiation transmittance in the understory of even-aged coniferous stands in temperate forests. *Annals of Forest Science*, 61(7), 629-641.

TAN, B.S. (1987).— Étude de l'influence de quelques facteurs écologiques sur les premiers stades de la régénération du sapin (*Abies alba*) à l'étage montagnard du Jura. *Rev. Ecol. Biol. Sol* 24 (4), 623-635.

TAN, B.S. & BRUCKERT, S. (1992).— Effet des facteurs physiques de l'environnement sur les premiers stades de la régénération naturelle du sapin pectiné (*Abies alba* Mill) dans certaines stations du Jura. *Ann. Scie. Forest, EDP Sciences*, 49 (4): 337-350.

TIMBAL, J., GELPE, J. & GARBAYE, J. (1990).— Preliminary-study of the depressive effect of *Molinia caerulea*(L) Moench on early growth and mycorrhizal status of *Quercus rubra* seedlings. *Annals of Forest Science* 47 : 643-649

TOTH, J. (1970).— Plus que centenaire et plein d'avenir : le cèdre en France. *Rev. For. France*, 22 (3): 355-364.

- TOTH, J. (1971).— Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti.) en France. *Bulletin de la vulgarisation forestière*, 4: 1-9.
- TOTH, J. (1972).— Historique du cèdre sur le Mont Ventoux. Bull. Soc. Et. Sc. Nat. Vaucluse pp51-75.
- TOTHJ, J. (1973).— La Cédraie de la Verne-Ragusse dans le massif des Maures. — Revue forestière française, vol. XXV, n° 2, pp. 115-120.
- TOTHJ, J. (1975).— Etude sur la dissémination des graines et de la régénération naturelle du cèdre au Mont Ventoux. Dispositif expérimental n° 84-7. Protocole d'installation- Avignon, pp.1-7.
- TOTH, J. (1978).— *Contribution à l'étude de la fructification de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica Manetti) dans le sud de la France*. Thèse de Doctorat Ingénieur à la Faculté de St Jérôme, Marseille.
- TOTH, J. (1980).— Le cèdre dans quelques pays du pourtour méditerranéen et dans deux autres pays à grande importance forestière. *For. Méd.*, 2 (1): 23-30.
- TOTH, J. (1981).— Le cèdre II. La graine: Dissémination, extraction, qualité, germination, conservation. La forêt privée n° 131 : 78 –84.
- TOTH, J. (1982).— Analyse de la croissance juvénile sur trois essences résineuses : cèdre, pin noir et pin de Salzmann dans le reboisement de Belvezet (Gard). *Forêt méditerranéenne* IV (2), 143-146.
- TOTH, J. (1983).— La prévision et l'estimation des récoltes de cônes de cèdre de l'Atlas. Document interne n°1 -1983, 12 p.
- TOTH, J. (1984).— Effet des facteurs de l'environnement sur l'accroissement de cèdre de l'Atlas. Bull. Société et Sci. Nat. Vaucluse, pp : 71 – 76.
- TOTH, J. (1987).— Effets des facteurs d'environnement sur l'accroissement du cèdre de l'Atlas. *Bulletin Société et Nature*, Vaucluse, 71-77.
- TOTH, J. (1990).— Le cèdre : utilisation et qualité technologique. La forêt prévue n° 194, pp : 57 – 60. Intérêt paysage : cédraies touristiques la prévue n° 195, pp : 50 – 57.
- TOTH, J. (2005).— *Le cèdre de France: étude approfondie de l'espèce*. Editions L'Harmattan. Biologie, Ecologie, Agronomie. 207 p.

TOTH, J. & TURREL, M. (1981).— Croissance radiale et longitudinale de quelques résineux en fonction de l'alimentation en eau. *Mitteilungen-Vienna, Forstliche Bundesversuchsanstalt*. 142: 177-192.

VAN LERBERGHE, Ph. (2007).— Réussir un reboisement en cèdre de l'Atlas. Forêt-entreprise n°174, 32-38.

VELA, E. & BENHOUHOU, S. (2007).— Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes rendus biologies*, 330(8), 589-605.

VON LÜPKE, B. (1998).— Silvicultural methods of oak regeneration with special respect to shade tolerant mixed species. *Forest Ecology and Management*, 106(1), 19-26.

WAGNER R.G., LITTLE K., RICHARDSON B., and, MCNABB K., 2006. The role of vegetation management for enhancing productivity of the world's forests. *Forestry* 79: 57–79.

WATT, M.S., KIMBERLY, M.O., RICHARDSON, B., WHITEHEAD, D. & MASON, E.G. (2004).— Testing a juvenile tree growth model sensitive to competition from weeds, using *Pinus radiata* at two contrasting sites in New Zealand. *Can. Jor. For. Res.*, 34 (10): 1985-1992.

YAHY, N. (1988).— Contribution à l'étude de la dynamique des formations de cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti) d'Ait Ouabane « Djurdjura ». Mém . D.E.S USTHB., Alger, 90 p + ann.

YAHY, N. (1995).— Contribution à l'étude phytosociologique des formations à cèdre « *Cedrus atlantica* Manetti » de l'Atlas tellien (Ouarsenis, Djurdjura, Babors). Thèse de Magister, Ins. des sci. de la Nature. U.S.T.H.B. Alger. 174 p.

YAHY, N. (2007).— Les cédraies d'Algérie : phytoécologie, phytosociologie, dynamique et conservation des peuplements. Thèse Doctorat ès sciences, USTHB, 2007, 265p.

YAHY, N., MEDIOUNI, K. & GÉHU, J.M. (1999).— Syntaxonomie des groupements à cèdre *Cedrus atlantica* Manetti d'Algérie. *Documents phytosociologiques*, 19, 417- 431.

YAHY, N. & DJELLOULI, Y. (2010).— Groupements forestiers et préforestiers à *Cedrus atlantica* Manetti d'Algérie : Etat des connaissances et dynamique des syntaxons. *Rev. For. Fr.* LXII-3-4 –2010

YAHY, N., VELA, E., BENHOUEH, S., DE BELAIR, G. & GHARZOULI, R. (2012).— Identifying important plants areas (key biodiversity areas for plants) in northern Algeria. *Journal of threatened taxa*, 4(8), 2753-2765.

ZAIDI, S. (1987).— Contribution à l'étude phytodynamique des formations à *Cedrus atlantica* Manetti) dans le Tigounatine « Djurdjura » Mém. D.E.S. Ecol. Envir. USTHB, Alger, 52p.

ZAIDI, S. (2003).— Régénération naturelle du cèdre "*Cedrus atlantica*, Manetti" et sa dynamique forestière dans l'Atlas Blideen. Thèse magister. Ecol. Veg. U.S.T.H.B. Alger. 186p + ann.

ZAKI, A. (1968).— Première étude sur les phénomènes de dormance de la graine de cèdre de l'Atlas et sur l'influence de différents facteurs à l'égard de sa germination. Ann. Rech. For. Maroc, t1. Edt. Tch Nord Africain pp 245-297

ZAVALA, M.A. & LOOKINGBILL, T.R. (2000).— Spatial pattern of *Quercus ilex* and *Quercus pubescens* recruitment in *Pinus halepensis* dominated woodlands. *Journal of Vegetation Science*, 11(4), 607-612.

ZENASNI, F. (1982).— La forêt du Mont Babors : Définition des types forestiers. Mémoire d'Ingénieur, INA, Alger : 65 p.

ZERAIA, L. (1986).— Etude phytosociologique des groupements forestiers du parc National de Chréa. *Ann. Rech. Forest. Alg.*, 1: 23-52.

ZHANG, S.Y. & CHAURET, G. (2001).— Impact of initial spacing on tree and wood characteristics, product quality and value recovery in black spruce (*Picea mariana*). *Canadian Forest Service Report*, Vol 35, Forintek Canada Corp, 47p.

ZINE EL ABIDINE, A.Z., LAMHAMED, M.S. & TAOUFIK, A. (2013).— Relations hydriques des arbres sains et dépérissants de *Cedrus atlantica* Manetti au Moyen Atlas Tabulaire au Maroc. *Géo. Eco. Trop.*, 37 (2): 157-176.

ANNEXES

ANNEXE 1

Plan des quadrats de la parcelle 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340
341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380
381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400

Plan des quadrats de la parcelle 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340
341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380
381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400

Plan des quadrats de la parcelle 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340
341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380
381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400

Plan des quadrats de la parcelle 4

				401	402														
				403	404														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340
341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380
381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400

ANNEXE 2

Microsites de la parcelle 1 (P1) :

- M1 : à *Bupleurum spinosum* en périphérie amont du cède: (14,34) : 2Q
- M2 : à Fétuques (Herbacées + semis) : (32) : 1Q
- M3 : Sous le bois mort (tronc d'arbre disposé à proximité de la souche + coulée) : (52, 53, 54) : 3Q
- M4 : Jeune et basse (< 0,50 m) cépée à Chêne vert : (56) : 1Q
- M5 : Jeune et moyenne (< 1,5 m) cépée à Chêne vert : (68-109) : 6Q
- M6 : à *Thymus* + Affleurements : (79-100) : 4Q
- M7 : Racine apparente de cèdre + Affleurements : (77-98) : 4Q
- M8 : Replat en aval du cèdre à coté du tronc: (113-134) : 4Q
- M9 : Présence de jeune *Juniperus oxycedrus* : (136-157) : 4Q
- M10: Coulée sous cèdre en pente (bois mort et affleurements) : (153-195) : 9Q
- M11 : Présence de buisson de *Juniperus oxycedrus* : (237-320) : 20Q
- M12 : *Astragalus armatus ssp numidicus* en périphérie aval du cède: (328-329) : 2Q

Microsites de la parcelle 2 (P2) :

- M1 : Présence de *Astragalus armatus ssp numidicus* + *Thymus* : (38,39) : 2Q
- M2 : *Thapsia garganica* : (115, 135, 155) : 3Q
- M3 : *Ampelodesma mauretanica* : (398, 399, 400) : 3Q

Microsites de la parcelle 3 (P3) :

- M1 : (13-57) : Semis de cèdre de 2^{ème} année dans le sens de la coulée: 8Q
- M2 : (25-26) : Jeunes cèdres bas: 2Q
- M3: (24-84) : Jeunes cèdres hauts en périphérie : 4Q
- M4 : (65-87) : Génévrier oxycèdre buisson en clairière : 6Q
- M5 : (91) : Jeune cèdre isolé : 1Q
- M6 : (98) : Bois mort : 1Q
- M7 : (117) : au niveau de la souche du chêne vert arbre : 1Q
- M8 : (133-194) : Genevrier oxycèdre sous le chêne vert arboré : 8Q

- M9 : (199-200) : *Ampelodesma mauretanica* : 2Q
- M10 : (169-190) : Jeune cèdre en clairière périphérie du chêne vert: 4Q
- M11 : (252-294) : Grand cèdre sous le le chêne vert arboré : 9Q
- M12 : (312-334) : *Astragalus armatus ssp numidicus* +Thymus: 6Q
- M13 : (293-247) : Cèdre en clairière : 15Q
- M14 : (329-350) : Jeune cèdre en clairière : 4Q

Microsites de la parcelle 4 (P4) :

- M1 : (401- 6) : Tronc d'arbre en pente : 6Q
- M2 : (8 - 90) : Partie amont du cèdre, replats sous cèdes, ombragés : 15Q
- M3 : (31-91) : coulée (amont des cèdres) en pente entre deux cèdres : 4Q
- M4 : (16) : replat avec affleurements en clairière : 1Q
- M5 : (37-100) : Sol moins humifère, enherbé (fétuques) à couvert de cèdre moins ombragé ; quelques affleurements : 16Q
- M6 : (109-130) : Coulée (en aval du cèdre) au milieu de la cédraie : protection du semis : 4Q
- M7 : (119-160) : Sols sous *Juniperus oxycedrus* subordonné au grand cèdre partiellement éclairé: 6Q
- M8 : (252-254) : Replat sous le chêne vert arboré et cèdre : 3Q
- M9 : (294-295) : Terrain légèrement en pente sous chêne vert arboré et cèdre + affleurements: 2Q
- M10 : (305-346) : Terrain en pente forte, avec affleurements ; mousses ; surface rocailleuse, bois mort, jeune cépée de chêne vert : 6Q

ANNEXE 3

Dates correspondant aux phases d'observation

T1 : 25/12/2015

T2 : 22-25/03/2016

T3 : 03/04/2016

T4 : 17/04/2016

T5 : 20/04/2016

T6 : 26/04/2016

T7 : 05/05/2016

T8 : 18/05/2016

T9 : 21/05/2016

T10 : 02/06/2016

ANNEXE 4

Description des analyses statistiques

La statistique inductive a permis l'estimation des paramètres caractérisant la population associée à l'échantillon traité. Des hypothèses sont formulées sur les paramètres de la population. Celles-ci sont ensuite testées sur la base d'observations faites sur un échantillon représentatif de cette population. Pour ce faire, nous avons eu recours aux tests de comparaison de deux moyennes et à l'analyse de la variance des populations (ANOVA).

Le principe cette dernière analyse est d'une part, l'appréciation de l'effet d'une variable qualitative sur une variable quantitative et d'autre part, la décomposition de la variabilité totale en variabilité inter et intra population. Elle a été suivie par le test de Tukey qui est un test de comparaisons multiples deux à deux, permettant de situer les différences.

Pour la comparaison de notre variable au sein des microsites et vu la faiblesse de l'effectif des quadrats composant les microsites à Chréa ($N_{\text{maximal}} = 4$), nous avons eu recours au test de Kruskal-Wallis, test non paramétrique, utilisé comme alternative à l'ANOVA dans le cas où l'hypothèse de normalité n'est pas acceptable. Il permet de déterminer si les échantillons proviennent d'une même population ou si au moins un échantillon provient d'une population différente des autres. Il permet également de tester si k échantillons ($k > 2$) proviennent de la même population, ou de populations ayant des caractéristiques identiques, au sens d'un paramètre de position (le paramètre de position est conceptuellement proche de la médiane, mais le test de Kruskal-Wallis prend en compte plus d'information que la position au seul sens de la médiane).

Principe du test de Kruskal-Wallis

Si on désigne par M_i le paramètre de position de l'échantillon i , les hypothèses nulle H_0 et alternative H_a du test de Kruskal-Wallis sont les suivantes :

- $H_0 : M_1 = M_2 = \dots = M_k$
- $H_a : \text{il existe au moins un couple } (i, j) \text{ tel que } M_i \neq M_j$

Le calcul de la statistique K du test de Kruskal-Wallis fait intervenir le rang des observations, une fois les k échantillons (ou groupes) mélangés. K est défini par :

$$K = 12 / (N(N+1)) \sum_{i=1..k} [R_i^2 - 3(N+1)]$$

où n_i est la taille de l'échantillon i , N la somme des n_i , et R_i la somme des rangs pour l'échantillon i parmi l'ensemble des échantillons. On fini le test par le calcul de la p-value du test.

Ce test est complété par la méthode de comparaisons multiples de Conover et Iman (1999). Il se base sur le même principe que celui de Tukey et Savage, à savoir la construction d'une fonction score répartissant la distribution des rangs de X autour de la position centrale symbolisée par leur moyenne.

كلمات مفتاحية: الأرز الاطلسي، إنبات، إنتاج البذور والشتلات، شجيرة الأرز، نسبة البقاء على الحياة، نمو، عوامل حيوية وغير حيوية.