

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAÏD TLEMCCEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
(SNV-STU)

Département des Ressources Forestières

MEMOIRE

Présenté par

BELAOUNI AMEL HALIMA

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER

En

FORESTERIE

Option : Ecologie, Gestion et Conservation de la Biodiversité

**Contribution à l'étude des causes de dépérissement des reboisements du barrage vert
au niveau de la willaya d'El Bayadh (commune d'El-Bayadh)**

Soutenu le / /2021

Devant le jury composé de :

Président	M. CHIKH Mohammed	MAA	Univ. Tlemcen
Encadreur	M. MOSTEFAI Nouredine	Professeur	Univ. Tlemcen
Co-Encadreur	M. BENDOUINA NAIMI	Ex. Conservateur des forêts	
Examineur	M. BERRICHI Mohammed	Professeur	Univ. Tlemcen

Année universitaire 2020/2021

Remerciements

Je remercie tout d'abord mon **Dieu** tout puissant qui m'en a comblé. Il m'a donné assez de santé et de force pour terminer ce travail et atteindre la fin de cette formation.

Remerciements c'est à mon encadreur Monsieur : MOSTEFAI Noureddine professeur à l'université de Tlemcen, que je dois respect et gratitude pour m'avoir guidé à mener à bien cette étude. Sa présence malgré ses nombreuses occupations et ses encouragements m'ont été d'une aide inestimable.

Je n'oublierai pas de remercier infiniment Mr BENDOUINA Naimi, Ex. Conservateur des forêts de la wilaya de Saida, qui m'a accompagné pendant les sorties sur terrain du premier jour jusqu'à la fin. Il m'a aidé à accomplir toutes les mesures nécessaires avec gentillesse et soutien. Qu'il retrouve ici ma profonde reconnaissance, il m'a suivi pas par pas depuis le départ, je n'oublierai jamais ses efforts et son soutien, tous les mots du monde ne suffiront pas pour le remercier.

Je souhaite également remercier M. CHIKH Mohammed, MAA à l'université de Tlemcen, mon enseignant et président de jury.

Je tiens également à remercier tout particulièrement M. BERRICHI Mohammed, Professeur à l'université de Tlemcen d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Grand merci aux membres de la Conservation des forêts de la willaya d'El Bayadh qui m'ont gentiment accueilli au sein de leur établissement et ont mis à ma disposition toutes les informations dont j'avais besoin.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail comme un juste de m'expresser mes gratitude à :

À mes parents, les deux êtres les plus chers au monde.

- A mon père, l'exemple par excellence, source de ma fierté.
- A ma mère, l'amour de ma vie de belle rose

Je remercie également mes sœurs et mon frère

- Hadjira
- Atika
- Fatima Zahra
- Abdel Aziz

Et toute ma famille pour leurs soutiens, ainsi que toutes les personnes qui m'y sont chères et qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Mes remerciements les plus chaleureux à mes amis A toute ma promotion de 5^{ème} année foresterie sans exception.

ملخص:

المساهمة في دراسة أسباب تدهور السد الأخضر في ولاية البيض (بلدية البيض)

في إطار مكافحة ظاهرة التصحر التي تهدد المناطق الشمالية من البلاد ومن أجل مواجهة تقدم الصحراء قامت الإدارة العامة للغابات مؤخرا بإجراء دراسة لتحديد حالة مواقع السد الأخضر على وجه الدقة وهي دراسة لم تنجز منذ انشائه. وقد أنجزت هذه الدراسة على مستوى إعادة بناء السد الأخضر ولاية البيض (بلدية البيض) من أجل المساهمة في تقييم أسباب تدهور وتتبع حالة تطوره باستخدام مؤشرات الانحلال والتصوير باستعمال صور الأقمار الصناعية. وقد ادى اخذ العينات الذاتية من خلال 33 قطعة بتشخيص 2927 شجرة من صنوبر الحلبي بتشخيص حالته الصحية يقدر معدل الانحطاط والتدهور 2.557 وهي درجة عالية من التدهور. كما ان استخدام الصور الأقمار الصناعية سمح لنا بإجراء خرائط لحالات لتدهور مختلفة عن السد الأخضر.

كلمات المفتاحية: السد الأخضر. التدهور صور. الأقمار الصناعية. الحشرات المخربة

Résumé :

Contribution à l'étude des causes de dépérissement des reboisements du barrage vert au niveau de la willaya d'El Bayadh (commune d'El-Bayadh)

Dans le cadre de la lutte contre le phénomène de la désertification qui menace les régions nord du pays, et afin de faire face à l'avancée du désert, la direction générale des forêts a lancé, dernièrement, une étude pour dresser avec précision l'état des lieux du barrage vert, ce qui n'a jamais été fait depuis sa réalisation. Le présent travail a été réalisé au niveau des reboisements du barrage vert au niveau de la willaya d'El Bayadh (commune d'El Bayadh) afin de contribuer à l'évaluation des causes de dépérissement et suivre son état d'évolution par l'utilisation des indices de dépérissement et l'imagerie satellitaire.

L'échantillonnage subjectif réalisé à travers 33 placettes nous a permis d'effectuer des mesures dendrométriques sur 2927 arbres de pin d'Alep avec diagnostic de leur état sanitaire et la présence ou non des ravageurs. Le taux de dépérissement calculé est estimé à 2.557 soit un dépérissement assez grave, d'origine généralement xylophage. Enfin, l'utilisation de l'imagerie satellitaire nous a permis la réalisation des cartes de dépérissement des différents reboisements du barrage vert.

Mots clés : barrage vert, dépérissement, imagerie satellitaire, ravageurs.

Abstract:

Contribution to the study of the causes of the decline of reforestation of the green dam at the willaya of El Bayadh (commune of El-Bayadh)

In order to combat the phenomenon of desertification threatening the northern regions of the country, and in order to cope with the advance of the desert. The Directorate General for Forestry has recently launched a study to accurately assess the state of play of the green dam, which has never been done since its completion. This work has been carried out in the area of reforestation of the green dam in the area of the El Bayadh Willaya (municipality of el bayadh). In order to contribute to the assessment of the causes of dieback and to monitor its state of evolution by using dieback indices and satellite imagery.

Subjective sampling across the 33 plots allowed us to take dendrometric measurements of 2927 Aleppo pine trees with diagnosis of their health status and the presence or absence of pests, the calculated dieback rate is estimated at 2,557, a rather serious dieback, and their cause is generally xylophagous. Finally, the use of satellite imagery has allowed us to produce maps of the dieback of different reforestation of the green dam.

Key Word : green dam, withering. Satellite imagery, pests

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 1	Rapport de passation de consignes entre ANP, Administration des Forêt et ORDF (1976)	6
Tableau 2	Synthèse des réalisations de l'ANP durant la période 1974 à 1992	7
Tableau 3	Répartition des réalisations du programme de barrage vert par commune 1976	8
Tableau 4	Actions proposées par la conservation des forêts pour réhabilitation et l'extension du barrage vert et l'adaptation du plan national de reboisement	8
Tableau 5	Taxonomie du scolyte <i>Tomicus piniperda</i>	15
Tableau 6	Superficie réalisée durant la période 1973-1991 dans la zone d'étude	18
Tableau 7	Précipitations moyennes mensuelles dans la région d'El-Bayadh	21
Tableau 8	Températures moyennes mensuelles dans la région d'El-Bayadh	22
Tableau 9	Population et superficie de la commune d'El-Bayadh	27
Tableau 10	Répartition de la population de commune d'El-Bayadh par agglomération et par sexe	28
Tableau 11	Répartition du cheptel au niveau de communes d'El-Bayadh	29
Tableau 12	Répartition des terres par occupation dans la commune d'El-Bayadh	29
Tableau 13	Fiche d'observation pour le suivi de reboisement du pin d'Alep	31
Tableau 14	Classes de notation de la défoliation et les principales catégories sanitaires des arbres	43
Tableau 15	Taux de dépérissement des parcelles de la bande verte	44
Tableau 16	Taux de dépérissement des parcelles de la ceinture verte	44
Tableau 17	Taux de dépérissement des parcelles de Draâ Lahmar	45
Tableau 18	Taux de dépérissement des parcelles de Gaâidet Ezebda	45
Tableau 19	Taux de dépérissement des parcelles de boisement de Bouderga	46
Tableau 20	Indice de dépérissement du barrage vert de la commune d'El-Bayadh	46
Tableau 21	Taux d'infestation au niveau de la zone d'étude	49
Tableau 22	Classes de l'indice NDVI et les surfaces affectées par la défoliation	53

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure 1	Limite du barrage vert et les wilayas traversées (BENDER, 2012)	4
Figure 2	Carte de délimitation du tracé du Barrage vert et les autres actions réalisées hors tracé du Barrage vert dans la willaya d'El Bayadh	5
Figure 3	Photo montrant la réalisation des travaux de plantation par les jeunes du service national en 1976	6
Figure 4	Cycle biologique de la processionnaire du pin	13
Figure 5	Situation géographique de la wilaya d'El Bayadh (C.F. El Bayadh)	17
Figure 6	Localisation de la station météorologique d'El-Bayadh (Originale, 2021)	20
Figure 7	Variation mensuelle des précipitations à El-Bayadh (2000-2020)	21
Figure 8	Variations des températures moyennes mensuelles	22
Figure 9	Variation extrême du vent de la willaya d'El Bayadh	23
Figure 10	Diagramme ombrothermique de Bagnoul et Gausse de la région d'El-Bayadh (2000-2020)	25
Figure 11	Climagramme d'Emberger de la région d'El-Bayadh (2000-2020)	26
Figure 12	Localisation de la station 1 : la bande verte (original 2021)	32
Figure 13	Localisation de la station 2 : la ceinture verte (original 2021)	32
Figure 14	Localisation de la station 3 : Drâa Lahmar (original.2021)	33
Figure 15	Localisation de la station 4 : Gaâidet Ezebda	34
Figure 16	Localisation de la station 5 : Bouderga	34
Figure 17	Localisation des placettes d'échantillonnages	35
Figure 18	Graphique des parcelles d'échantillonnages	36
Figure 19	Évolution progressive d'une descente de cime (NAGELEISEN.1993)	38
Figure 20	Protocole de traitement de l'image satellitaire	40
Figure 21	Image sentinelle 2 de la zone d'étude en vraie couleur	41
Figure 22	Image sentinelle 2 de la zone d'étude en fausse couleur	42
Figure23	Classes de la hauteur des arbres du barrage vert de la commune d'El-Bayadh	47
Figure24	Classes de circonférences des arbres observés	48
Figure25	Différents stades de développement de <i>Tomicus piniperda</i> (originale, 2021)	50
Figure26	Trous d'entrées de scolyte	50
Figure27	Stades de développement de <i>Tomicus piniperda</i> (Originale, 2021)	51
Figure28	Effectif et état sanitaire des arbres observés	52
Figure29	Carte de l'indice de végétation NDVI de la zone d'étude (Originale, 2021)	52
Figure30	Répartition des classes de dépérissement dans la bande verte et le reboisement de Bouderga (Originale, 2021)	54
Figure 31	Répartition des classes de dépérissement dans la ceinture verte (Originale, 2021)	55
Figure 32	Répartition des classes de dépérissement à Draa Lahmer (Originale, 2021)	55
Figure 33	Répartition des classes de dépérissement à Gaaidet Ezebda (Originale, 2021)	56

Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

CHAPITRE I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I Barrage vert.....	3
I.1 Présentation générale du barrage vert.....	3
I.2 Barrage vert dans la willaya d'El Bayadh.....	4
I.2.1 Historique d'exécution du programme barrage vert.....	6
I.2.2 Superficie actuelle du barrage vert.....	8
I.2.3 Réhabilitation du barrage vert.....	8
II. Problèmes rencontrés actuellement (menaces).....	9
II.1 Dépérissement.....	9
II.1.1 Facteurs favorisant le dépérissement.....	9
II.1.2 Symptômes du dépérissement.....	9
II.1.3 Types de dépérissements et leurs causes.....	10
II.1.3.1 Dépérissement des arbres.....	10
II.1.4 Conséquence des dépérissements forestiers.....	11
II.2 Ravageurs des forêts.....	12
II.2.1 Défoliateurs.....	12
II.2.1.1 Processionnaire du pin.....	12
II.2.1.2 Cycle biologique.....	12
II.2.1.3 Aspect des dégâts.....	13
II.2.1.4 Conséquences.....	14
II.2.1.5 Techniques de lutte.....	14
II.2.2 Xylophage.....	14
II.2.2.1 Hylésine des pins.....	14

II.2.2.2 Attaques.....	15
II.2.2.3 Méthodes de lutte.....	16

CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I Généralités sur la zone d'étude.....	17
I.1 Situation géographique.....	17
I.2 Milieu physique.....	18
I.2.1 Présentation du relief et pente.....	18
I.2.2 Milieu pédologique.....	18
I.2.3 Géologie.....	19
I.2.4 Végétation.....	19
I.2.5 Hydrogéologie	19
I.3 Etude climatique.....	20
I.3.1 Régime pluviométrique.....	20
I.3.2 Température.....	21
I.3.3 Vent.....	23
I.3.4 Gelée.....	23
I.3.5 Humidité.....	23
I.4 Synthèse climatique.....	24
I.5 Evolution de la population.....	27
I.6 Cheptels.....	28
I.7 Occupation du sol.....	29

CHAPITRE III. MATERIELS ET METHODES

I.1 Matériels et outils utilisés.....	30
I.2 Protocole d'analyse du dépérissement.....	30
I.3 choix des stations et échantillonnage.....	31
I.3.1 Stations.....	31
I.3.2 Echantillonnage.....	35
I.3.2.1 Echantillonnage subjectif.....	35
I.3.2.2 Forme des placettes.....	36
I.4 Caractéristiques dendrométriques.....	37

I.5 Méthodologie d'approche du dépérissement.....	37
I.5.1 Investigations préalables.....	37
I.5.2 Etude symptomatologique d'un dépérissement.....	38
I.6 Etude de l'état de dépérissement du barrage vert par l'utilisation de la télédétection.....	39
I.6.1 Méthodologie de traitement de l'image satellitaire.....	39
I.6.1.1 Acquisition de l'image satellitaire.....	40
I.6.1.2 Traitement des images.....	40
I.6.2 Réalisation de la carte de dépérissement.....	42

CHAPITRE IV. RESULTATS ET DISCUSSION

I. Résultats et discussion.....	43
I.1 Effet du dépérissement sur le peuplement du barrage vert.....	43
I.2 Evaluation sanitaire des arbres observés.....	43
I.2.1 Etat de chaque station.....	43
I.2.2 Etat du barrage vert.....	46
I.3 Relation dépérissement / paramètres dendrométriques.....	47
I.3.1 Hauteur des arbres observés.....	47
I.3.2 Circonférence des arbres observés.....	47
I.4 Effet de la processionnaire du pin sur le peuplement.....	48
I.4.1 Indice d'infestation à partir du nombre de pré nids ou nids définitifs.....	48
I.5 Analyse des données climatiques en relation avec les dommages des scolytes.....	49
I.6 Cause de dépérissement.....	51
I.7 Evaluation de l'état de dépérissement de barrage vert par la télédétection.....	52
I.7.1 Indice de végétation NDVI.....	52
I.7.2 Cartes de dépérissement.....	53
CONCLUSION.....	56

Références bibliographiques

Annexes

LISTE DES ABREVIATIONS

ANP	Armée National Populaire
C.F El-Bayadh	Conservation des Forêts d'El Bayadh
CNUED	Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement
DGF	Direction Générale Des Forêts
DSA	Direction des Services Agricoles
DPSB	Direction de la Programmation et Suivi des Budgets
Ha	Hectare
HCDS	Haut Commissariat au Développement de la Steppe
INRF	Institut National de Ressource Forestière
MHEF	Ministère de l'Hydraulique de l'Environnement et des Forêts
NDVI	Indice Différentiel Normalisé de Végétation
OMN	Office National de la Météorologie
ORDF	Office Régional du Développement Forestier
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SAT	Superficie Agricole Totale
SIG	Système d'Information Géographique
Z E	Zone Eparses

Initié par l'état Algérien dans les années 1970, le Barrage vert occupe une place importante dans la lutte contre la désertification. Son objectif est de créer un rideau de protection par les arbres pour stopper le développement du désert. Il s'étend au niveau de l'Atlas saharien depuis la frontière marocaine à l'ouest jusqu'à la frontière tunisienne à l'Est, sur une longueur de 1500 km environ et une largeur de 20 km (LETREUCH, 1991).

Les reboisements réalisés dans ce cadre ont connu un important problème de dépérissement favorisé grandement par la monoculture ce qui a conduit à l'échec de cet ambitieux projet dans beaucoup d'endroits.

Depuis des dizaines d'années déjà, le dépérissement des peuplements forestiers occupe souvent le devant de la scène en matière de protection phytosanitaire.

Face à tout dépérissement, la question qui préoccupe le forestier est celle de définir la cause, l'avenir des arbres et quel traitement sylvicole faut-il appliquer pour chaque cas.

L'indice de dépérissement est le paramètre le plus pertinent qui nous permet de déterminer la réussite ou l'échec des plantations du Barrage vert, aussi l'utilisation de la monoculture (pin d'Alep surtout) dans les régions arides et semi-arides.

Par ailleurs, la télédétection, à laquelle nous avons fait recours dans ce travail, est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes. Comme son nom l'indique, elle suppose l'acquisition d'informations à distance, sans contact direct avec l'objet détecté (BONN et ROCHON, 1992).

La stratégie actuelle des pouvoirs publics est axée sur la réhabilitation et l'extension du Barrage vert, dans le cadre de l'application de la Convention de lutte contre la désertification ratifiée par l'Algérie en 1996. A cet effet, toute intervention doit être planifiée après une évaluation de l'état actuel et les causes des échecs.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre thème d'étude dont l'objectif est d'apporter une contribution à l'identification des causes de dépérissement des reboisements de pin d'Alep réalisés dans le cadre du projet du Barrage vert au niveau de willaya d'El Bayadh.

Le manuscrit ainsi rédigé s'articule autour de quatre chapitres

- Dans le premier chapitre, nous présentons un aperçu sur le Barrage vert et la problématique de dépérissement.

- Le deuxième chapitre, est consacré à la présentation de la zone d'étude.

- Le troisième chapitre traite la méthodologie utilisée.
- En fin le quatrième chapitre comprend les résultats et leur interprétation suivi d'une conclusion et de recommandations.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

I BARRAGE VERT

I.1 Présentation générale du barrage vert

Après le lancement des travaux de reboisement en 1974 et au bout de la première décennie, les bilans commençaient à tomber avec le constat d'une multitude d'erreurs. La plus essentielle était le défaut d'une étude technique à laquelle on pouvait imbriquer la non implication des populations locales dans le choix des zones à traiter. La monoculture du pin d'Alep et d'autres imperfections techniques montrèrent, par conséquent, toutes les limites de l'œuvre (BNEDER, 2012).

En tirant les leçons du passé et en prenant en considération les besoins de développement actuels des régions arides et semi-aride, la reprise du barrage vert ne sera pas conçue comme un mur d'arbre entre le Sahara et le nord du pays, mais plutôt comme un ensemble d'actions et d'interventions multisectorielles de conservation et de protection des ressources naturelles et de lutte contre la pauvreté. Aussi, l'étude aura pour objectif d'appréhender les menaces qui pèsent sur le barrage vert, d'évaluer les impacts environnementaux et sociaux de cet investissement, d'analyser l'apport des différents programmes de lutte contre la désertification qui y ont été menés et de proposer un plan d'action opérationnel pour une reprise et extension dans le cadre d'une nouvelle stratégie de développement rural intégré (BNEDER, 2012).

Le Barrage vert « la grande muraille verte » qui devait constituer une large barrière forestière face au désert s'étend au niveau de l'Atlas Saharien depuis la frontière Marocaine à l'Ouest jusqu'à la frontière Tunisienne à l'Est, sur une longueur de 1500 Km environ et une largeur de 20 Km, soit une superficie totale de 3.000.000 d'hectares (LETREUCH, 1991).

Le champ d'invention du barrage vert (Fig.1) est constitué par la partie présaharienne comprise entre les isohyètes 300km au Nord et 200km au sud (Ministère de l'hydraulique de l'environnement et des Forêts, 1984). La limite Nord passe par Ain Safra, El Bayadh, le Sud d'Aflou, le Sud des Aurès et Bir-Ater (LETREUCH, 1991).

Les reboisements dans toutes les zones du barrage vert sont caractérisés par un recours quasi-exclusif au pin d'Alep, une essence très sensible à l'échauffement d'incendies et très combustible (LETREUCH, 1991). Les peuplements sont aisément mis à feu et l'incendie s'y propage très vigoureusement (LETREUCH, 1995).

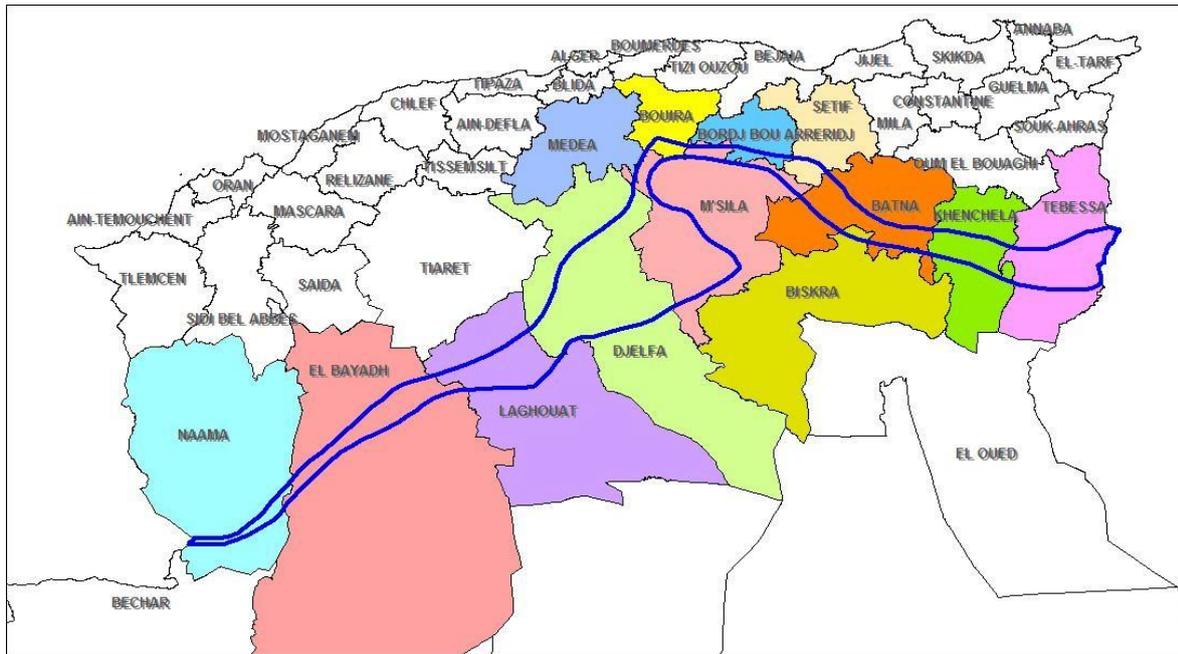


Figure 1. Limite du barrage vert et les wilayas traversées (BENDER, 2012)

1.2 Barrage vert dans la wilaya d'El Bayadh

Au niveau de la wilaya d'El-Bayadh les travaux de réalisation du programme du Barrage vert étaient lancés en 1974 par les jeunes du service national. Perçu au départ comme un vaste rideau forestier dressé face à l'avancée du désert (Fig.2), les actions du Barrage vert étaient axées principalement sur les plantations, sans aucune étude préalable, ni projet d'exécution, sur des terrains faciles à vocation agricole ou pastorale (BOUAICHI, 2017).

Ce système de délimitation arbitraire, le manque d'étude et l'ignorance du milieu socio-économique, est la cause d'un échec relativement important et les problèmes qui s'opposent actuellement face à l'intégration des superficies boisées dans le domaine national forestier (C.F El-Bayadh, 2016).

1.2.1 Historique d'exécution du programme barrage vert

1.2.1.1 Période ANP (1974-2000)

Au niveau de la wilaya d'El-Bayadh, les travaux de réalisation du programme du Barrage vert étaient lancés en 1974 (Fig.3), par les éléments du service national (époque où la région d'El-Bayadh faisait partie de la wilaya de Saïda).



Figure 3. Photo montrant la réalisation des travaux de plantation par les jeunes du service national en 1976

Il est à signaler que durant la période du grand projet Barrage vert, le secteur des forêts a réalisé des travaux de grande envergure dans le cadre des programmes de développement, les programmes spéciaux et les volontariats (Tab.1). Même si ces réalisations au niveau de la partie ouest de la wilaya d'El-Bayadh se trouvent hors tracé, tels que les ceintures vertes et les bandes forestières, il ne faut pas les négliger car ils avaient le même objectif que celui du Barrage vert (C.F El-Bayadh, 2016).

Tableau 1. Rapport de passation de consignes entre ANP, Administration des Forêt et ORDF (1976)

Intitulé des projets	Actions	Période de réalisation	Volume Prévu	Volume Réalisé
Extension du patrimoine et lutte contre la désertification	T. N. Reboisement Plantation fourragère Plantation fruitière	1974-1990	Aucune information	24067 Ha 2964.5 Ha 217 Ha
Infrastructure et équipement	Ouverture de piste Aménagement de piste Aménagement de points d'eau Correction torrentielle	1974-1990	Aucune information	390.9 Km 226.7 Km 07 U 2000 U
Barrage vert, Aménagement	T.N. Reboisement	1991 ORDF	300 Ha	300 Ha

forestier et amélioration forestière	G.R.Reboisement		210 Ha	210 Ha
	Amélioration pastorale		100 Ha	100 Ha
	Fixation de dune		100 Ha	100 Ha
	Plantation fruitière		50 Ha	50 Ha
Barrage vert et lutte contre la désertification. Aménagement et équipement forestière	T.N.Reboisement	1992 ORDF	300 Ha	300 Ha
	Brise vent		5000 MI	5000 MI
	Travaux sylvicoles		500 Ha	500 Ha
	Ouverture de piste		10 Km	10 Km
	Aménagement de pistes		15 Km	15 Km

Durant la période du nouveau découpage administratif de 1985 (création de nouvelles wilayas), on a enregistré une grande perte d'archives entre la conservation des forêts de Saida et la nouvelle conservation d'El-Bayadh dont une seule partie qui se trouvaient au niveau de l'Ex circonscription d'El-Bayadh (Tab.2) est actuellement à la portée des services techniques de la conservation des forêts d'El-Bayadh (C.F El-Bayadh, 2016).

Tableau 2. Synthèse des travaux de barrage vert réalisés par l'ANP durant la période 1974 à 1992 dans l'Ex circonscription des forêts d'El-Bayadh

Actions	Volume prévu	Volume réalisé
T. N. Reboisement	Aucune information ne peut être donnée faute d'absence de renseignements au niveau de la conservation des forêts d'El-Bayadh	24667 Ha
Plantation fourragère		2964,5 Ha
Plantation fruitière		267 Ha
Ouverture de piste		400,9 Km
Aménagement de piste		241,7 Km
Aménagement de points d'eau		7 U
Correction torrentielle		2000 U
G.R. Reboisement		210 Ha
Brise vent		5000 MI
Travaux sylvicoles		500 Ha

C'est pour cela les renseignements qui peuvent être communiqués en ce qui concerne la répartition des actions réalisées durant cette période (1974-1992) par commune à travers le territoire de la wilaya d'El-Bayadh ne touche qu'une partie des actions réalisés (Tab.3).

Tableau 3. Répartition des réalisations du programme de Barrage vert par commune (1976)

Communes	Impact	Volume	Espèces	Taux de réussite à la réception des travaux
Boualem	Touilet Makna	3320	Pin d'Alep	63%
El-Bayadh	Draa Lahmar	6214	Pin d'Alep	35%
El-Bayadh	Bouderga	2746	Pin d'Alep	53%
Ghassoul	Laguermi	5386	Pin d'Alep	22%
Sidi Amar	Ain Djedida	5061	Pin d'Alep	25%
Total		22727		15%

1.2.2 Superficie actuelle du barrage vert

Le barrage vert couvre actuellement au niveau de la wilaya d'El-Bayadh une superficie de 28300 Ha repartis en différentes plantations de reboisement de pin d'Alep, fixation des dunes, plantation pastorale, plantation fruitière et brise vent (C.F. El-Bayadh, 2016). Il couvre en partie trois circonscriptions forestières (El-Bayadh, Boualem, Brézina) et 13 communes (Chellala, M'Hara, Ain El-Orak, Bousemghoune Arbaouat, El-Bayadh, Stitten, Ghassoul, Rogassa, Sidi Amar, Boualem, Sidi Taiffour et Sidi Slimane).

1.2.3 Réhabilitation du barrage vert

Une large palette d'actions visant à réhabiliter les plantations existantes, en fonction de leur état et de leurs caractéristiques font partie du programme de la C.F d'El-Bayadh (Tab.4). D'une manière générale, ces actions visent l'inscription de la durabilité dans le temps de ces réalisations afin qu'elles persistent à jouer tout d'abord leur rôle protecteur, et fournir ensuite des biens et services pour la communauté (BNEDER, 2012).

Tableau 4. Actions proposées par la conservation des forêts pour réhabilitation et l'extension du barrage vert et l'adaptation du plan national de reboisement

Nature des actions	Unité	Volume proposé	
		A court terme 2016-2020	A long terme 2016-2030
Reboisement	Ha	1820	5475
Repeuplement	Ha	1265	3825
Boisement	Ha	480	1010
Fixation biologique des dunes	Ha	450	1250

II. Problèmes rencontrés actuellement (menaces)

Au niveau de willaya d'El-Bayadh, les reboisements du barrage vert sont soumis continuellement à une sécheresse accentuée, aux ravageurs notamment la chenille processionnaire du pin et les coupes illicites.

II.1 Dépérissement

La définition la plus couramment retenue dans la littérature pour les dépérissements est celle de (MANION, 1981). Les dépérissements sont définis comme un phénomène causé par un ensemble de facteurs interagissant et s'héritant les uns des autres de manière spécifique, et qui entraînent une détérioration générale (portant notamment sur l'aspect et la croissance) et graduelle, se terminant souvent par la mort de l'arbre.

Selon MANION (1981), un dépérissement comporte au moins un facteur dans chacun des trois groupes de facteurs (prédisposant, déclenchant et aggravants). L'ensemble des facteurs impliqués et des manifestations visibles constitue un syndrome. Lorsque les recherches montrent qu'en réalité, derrière un aspect complexe, un facteur principal est en cause, la maladie perd généralement son appellation de dépérissement pour être désignée par son agent causal (LANDMANN, 1994).

II.1.1 Facteurs favorisant le dépérissement

- Facteurs prédisposants : facteurs permanents contribuant à l'affaiblissement général de l'arbre (changements climatiques à long terme, pollution chronique, réduction de vigueur liée à l'âge, etc.).
- Facteurs déclenchants : facteurs agissant de façon intense sur une période relativement courte (exemples : sécheresse, insectes défoliateurs).
- Facteurs aggravants : facteurs accentuant la perturbation (le plus souvent, facteurs biotiques, champignons ou insectes). À noter que l'on utilise parfois l'expression de facteur aggravant dans le sens général de circonstance aggravante » sans référence à une séquence précise d'événements comme le fait le concept de Sinclair, d'où des confusions fréquentes dans certains écrits sur les dépérissements (LANDMANN, 1994).

II.1.2 Symptômes du dépérissement

Le dépérissement des arbres peut être évalué par divers symptômes. Cela peut par exemple être estimé en quantifiant l'évolution de son taux de croissance, les arbres ayant une faible croissance qui décroît dans le temps ayant généralement un fort risque de mortalité (CAILLERET et al., 2017).

Une autre méthode communément utilisée consiste à observer en détails le houppier d'un individu. Le phénomène de dépérissement peut se traduire par :

- (1) une modification de l'architecture du houppier (par exemple, descente de cime, réduction de la longueur des pousses annuelles).
- (2) une réduction de la masse foliaire (chute de feuilles, réduction de la taille et du nombre de feuilles produites).
- (3) une altération de leur couleur (brunissement, rougissement).
- (4) la présence de branches ou de rameaux morts, ou encore.
- (5) des écoulements de résine au niveau de l'écorce (NAGELEISEN, 1993).

De manière générale, le déficit foliaire et la présence de branches mortes dans le houppier fonctionnel sont des indicateurs robustes du niveau de dépérissement d'un individu (GUIT et *al.*, 2016).

II.1.3 Types de dépérissements et leurs causes

II.1.3.1 Dépérissement des arbres

Pendant les accidents climatiques estivaux ou ultérieurement, trois causes initiales de mortalité peuvent être évoquées.

- **Mort de chaud** : Pour les espèces de montagne ou d'arbustes qui s'adaptent rarement aux températures élevées et aux coups de chaleur, le premier symptôme est des brûlures de cuticules sur les feuilles ou les aiguilles. La combinaison de vagues de chaleur et de coups de chaleur intenses a fait monter la température de surface de ces organes au-dessus de 43 ° C (VENNETIER, 2012).
- **Mort de soif** : la deuxième cause relativement rapide en général est liée au manque d'eau, qu'il résulte d'un déficit de pluie ou d'un simple déséquilibre entre la ressource et la consommation de la plante en raison de la chaleur excessive. Lorsque les besoins de la plante ne sont plus assurés, la dépression dans les vaisseaux conducteurs de sève passe au-dessus d'un seuil critique (VENNETIER, 2012).
- **Mort de faim** : lorsque des stress trop intenses ou prolongés ont empêché les arbres de produire des réserves carbonées, la plante utilise ses ressources internes, dont elle dispose en quantités variables. Après une forte sécheresse ou canicule, elle essaye de reconstituer sa surface foliaire, mais ne parvient pas en général à la rétablir intégralement sur un ou deux ans, il peut subsister un déficit entre les besoins de la plante et sa production.

Ce phénomène est en général accentué par les parasites (insectes, champignons) et maladies opportunistes, qui attaquent les plantes affaiblies au niveau des racines ou des tiges (GUILLAUMIN *et al.*, 1983).

Chez les arbres sempervirents, les déficits de ramification lors des périodes de stress et le faible nombre de feuilles ou d'aiguilles produites, ainsi que la petite taille de ces dernières, peuvent prolonger le déficit foliaire durant 3 à 8 ans après l'accident (VENNETIER *et al.*, 2010).

- **Mort de froid** : les gelées qui détruisent la base de la production d'électricité et de la conduction peuvent produire des résultats similaires aux sécheresses extrêmes, car elles empêchent ou réduisent également l'écoulement de la sève.
- **Mort par agression** : les insectes xylophages sont considérés comme le principal facteur aggravant pour nettoyer les arbres fragilisés. Cependant, on sait qu'après des catastrophes telles que des tempêtes ou de grosses tempêtes de verglas, l'épidémie de scolytes est la cause de décès de peuplements sains.

Un certain nombre de caractéristiques générales communes à beaucoup de dépérissements peuvent également être citées :

A/ Des facteurs climatiques et stationnels sont presque toujours impliqués comme facteurs prédisposant ou déclenchant. Les facteurs climatiques les plus souvent invoqués sont les sécheresses, dans les zones tempérées et surtout nordiques, les dégâts liés au froid. Les facteurs stationnels les plus souvent cités sont les caractéristiques physiques (plutôt que chimiques) du sol (LANDMANN, 1994 ; LANDMANN et BONNEAU, 1994).

B/ L'importance exacte de la dynamique des peuplements, de la sylviculture qui la module, et plus généralement de l'histoire des forêts, est encore incertaine, car ces aspects ont souvent été ignorés dans l'étude des dépérissements. Cependant, dans la plupart des situations où ces aspects ont été étudiés, leur rôle est apparu déterminant (LANDMANN, 1993,1994 ; INNES, 1993).

II.1.4 Conséquence des dépérissements forestiers

L'augmentation des cas de dépérissement et de mortalité des peuplements entraîne une accumulation de biomasse sèche dans les forêts (litière et bois mort dans le houppier (RIGOLOT, 2008 ; VENNETIER, 2012).

II.2 Ravageurs des forêts

Toutes les espèces d'insectes décrites ici sont généralement des ravageurs dits secondaires, c'est-à-dire qui attaquent de préférence les pins dont le système de défense est fortement affaibli. L'affaiblissement d'arbres isolés, voire de peuplements, est principalement dû aux extrêmes climatiques, tel un manque de précipitations allié à des températures élevées persistantes, ainsi qu'à des stress ponctuels les plus divers. Cet état d'affaiblissement favorise une reproduction massive des insectes (DAGMAR et BEAT, 2000).

II.2.1 Défoliateurs

La défoliation est l'un des principaux facteurs décrivant la santé des peuplements (GUIT *et al.*, 2016), et se traduit par un manque anormal de feuilles ou d'aiguilles causée par (i) des chutes foliaires, (ii) un manque de ramification du houppier, ou (iii) par de la micro phyllie (dimension anormalement petite des feuilles ou des aiguilles réduisant de manière significative la surface foliaire) (NAGELEISEN *et al.*, 2005).

II.2.1.1 Processionnaire du pin

La processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) fait partie de l'ordre des lépidoptères, de la famille des Notodontidae et de la sous-famille des Thaumetopoeinae. Celles-ci se nourrissent des aiguilles de diverses espèces de pins mais aussi de cèdres, provoquant un affaiblissement important des arbres (Web.1).

La processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*), affecte cycliquement les peuplements de pin. Lors de ses pullulations, il peut provoquer des défoliations importantes, mais ces dégâts qui entraînent une perte de production ne menacent que très rarement la pérennité des peuplements. Les interventions de lutte sont généralement réservées aux peuplements à objectif récréatif en raison de la nuisance que peut apporter la dissémination des poils urticants de la chenille et de l'aspect peu esthétique des pins partiellement ou totalement défeuillés durant plusieurs mois (JACQUES , 1992).

II.2.1.2 Cycle biologique

Le cycle de la processionnaire du pin a généralement lieu une fois par an, mais selon les conditions environnementales, il peut durer jusqu'à cinq ans (Fig.4). Ce cycle est divisé en trois phases successives :

- la phase adulte caractérisée par les papillons ;
- la phase larvaire qui comprend cinq stades de chenilles différenciés (L1 à L5) ;

- La phase nymphale qui correspond à la transformation des chenilles en chrysalides.

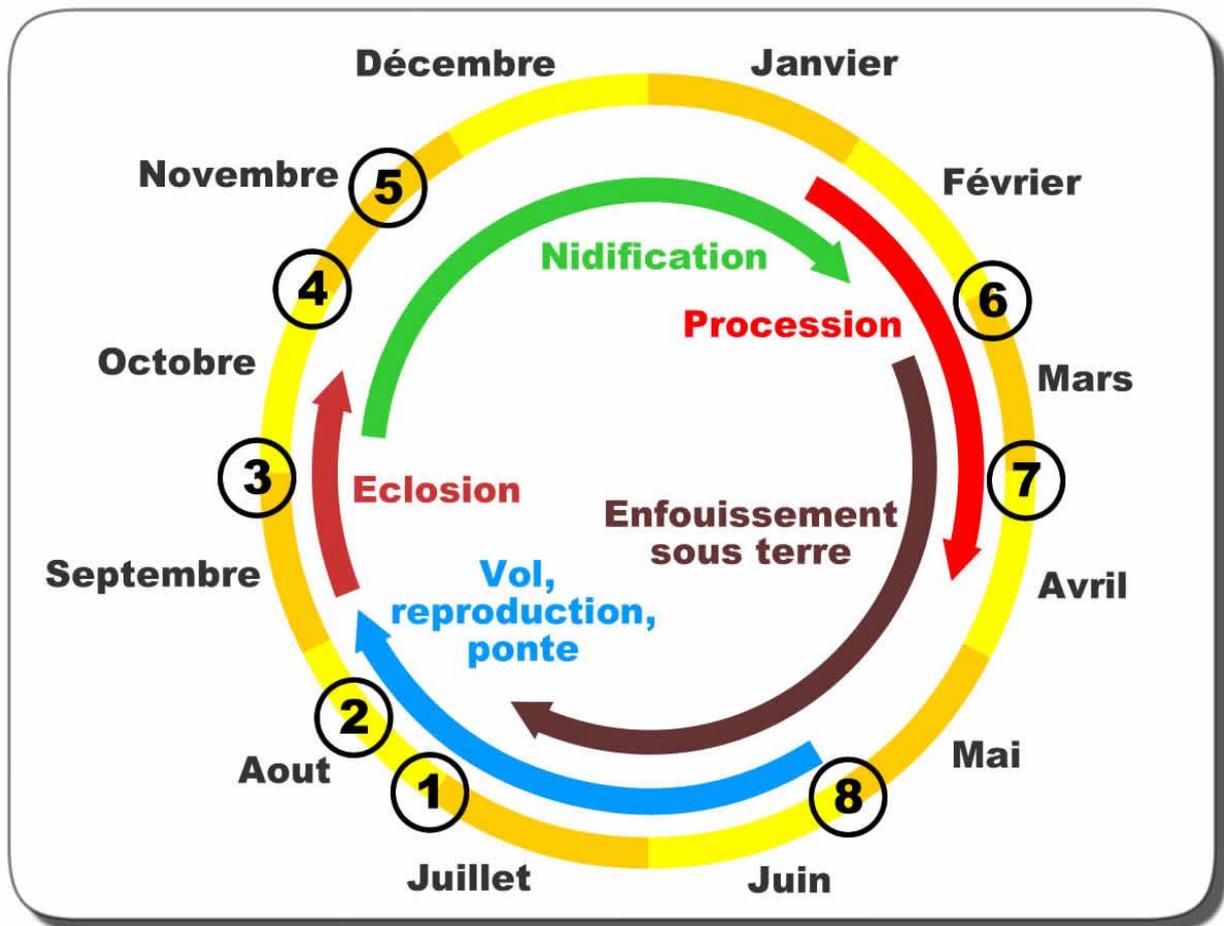


Figure 4. Cycle biologique de la processionnaire du pin (BOUHRAOUA,2020).

II.2.1.3 Aspect des dégâts

Seul le stade larvaire de ce ravageur crée des dégâts. Une fois écloses, les larves commencent à défolier les jeunes pousses de l'année. En hiver, les chenilles se regroupent dans les nids situés aux cimes des arbres. L'augmentation de la température à l'intérieur du cocon leur permet de digérer les aiguilles consommées durant la nuit. Pour que les larves puissent sortir brouter les aiguilles, certaines conditions thermiques doivent néanmoins être respectées. Les nuits doivent être supérieures à 0°C et la journée précédente, l'intérieur du nid doit atteindre 9°C. Dès le printemps, il est possible de voir apparaître un dépérissement de certaines branches dû à l'infection des aiguilles consommées par un champignon (BASTIEN, 2014).

II.2.1.4 Conséquences

L'attaque des chenilles entraîne une diminution de la croissance aérienne et radiale des jeunes arbres. Une destruction de 5 à 20% de feuillage peut entraîner une perte de croissance d'environ 20%. Dans le cas de très fortes défoliations la croissance peut chuter de 30 à 95%. Cette perte de croissance est due au fait que les larves se nourrissent préférentiellement des jeunes pousses qui chez les pins, ont une activité photosynthétique plus importante que les aiguilles issues des années précédentes (BASTIEN, 2014).

II.2.1.5 Techniques de lutte

Il n'y a aucun moyen de se débarrasser des chenilles pour toujours. Le traitement doit être répété chaque année. En effet, même si nous détruisons toutes les chenilles vivantes sur ses terres, les arbres seront à nouveau infestés. Les papillons mâles peuvent voler sur 25 kilomètres, les papillons femelles peuvent voler sur 3 kilomètres et les chenilles peuvent être enterrées dans le sol pendant quelques jours jusqu'à 5 ans. Les traitements annuels doivent donc être maintenu tant que des nids, et donc des papillons, existent dans la région (Web.2).

II.2.2 Xylophage

La famille des scolytidae est représentée par une diversité de 12 espèces réparties en 7 genres. Il est connu que les scolytes sont surtout inféodés aux résineux qui souffrent régulièrement de leur pullulation. La plupart des scolytes peuvent coloniser des portions extensives d'arbres morts ou dépérissant. Les espèces appartenant à ce groupe d'insectes se répartissent d'une manière stratégique sur l'arbre hôte en relation avec sa morphologie, particulièrement l'épaisseur de l'écorce et la dimension du tronc et des rameaux. Les espèces relativement de grande taille (5 à 8 mm) sont inféodées à la base de l'arbre tandis que celles de petite taille (2 à 3 mm) occupent les portions supérieures du fût et les plus petites sur le sommet et les branches à écorce fine (SCHOWALTER, 2006).

II.2.2.1 Hylésine des pins

L'Hylésine des pins (*Tomicus piniperda*) est un insecte vivant sous les corticaux et se multiplie sur des arbres abattus ou blessés (éclaircies, dépressages, tempêtes, incendies, coupes de bois d'emprise ...), mais il peut ensuite se porter dans des situations exceptionnelles sur des arbres apparemment sains. Malgré les conditions de sécheresse, les dégâts sur le pin d'Alep restent très localisés (JACQUES, 1992).

Les espèces appartenant au genre *Tomicus* sont classées parmi les ravageurs primaires (Tab.5), et attaquent des sujets en pleine vitalité (CHARARAS, 1962).

Tableau 5. Taxonomie du scolyte *Tomicus piniperda*

Classification	
Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insect
Ordre	Coléoptère
Famille	Curculionidae
Sous-famille	Scolytidae
Genre	<i>Tomicus</i>
Espèce	<i>Tomicus piniperda</i>

II.2.2.2 Attaques

Les attaques des scolytes dans les peuplements forestiers résineux résultent de deux facteurs complémentaires, l'existence d'arbres affaiblis sous l'effet d'un stress et un certain niveau de population de ravageurs (LIEUTIER et LEVIEUX, 1985).

A l'état naturel, les scolytes sont considérés comme des ravageurs de faiblesse. Ils ne réussissent leur installation que sur des arbres déficients, les populations de ravageurs sont alors limitées, la densité d'attaque est réduite et les scolytes ne se multiplient que sur les arbres les moins résistants. Les populations sont naturellement limitées par la quantité de nourriture disponible (LIEUTIER *et al.*, 1988).

En Algérie, *Tomicus* est responsable des dégâts aux niveaux des pousses des jeunes arbres qui constituent l'alimentation de base des imagos. Cette activité nutritionnelle des jeunes adultes cause d'importants dégâts qui commencent à s'élargir dans les plantations de pin, réalisées depuis l'année 1970 dans le cadre du barrage vert. Les attaques des pousses sont supportables car elles se résument en un retard de la croissance qui, même si elles sont importantes, ne mettent pas en danger la vie de l'arbre (LIEUTIER et PIOU, 1988).

Le deuxième type de dommage résulte des adultes femelles par la pratique des galeries maternelles élaborées entre l'écorce et le liber sur des arbres plus âgés. L'effet de groupe chez les populations de *Tomicus* entraîne le dépérissement des sujets attaqués. L'ampleur des pertes sylvicoles dépend essentiellement de l'état physiologique de peuplements soumis aux

populations du ravageur. Il existe pour chaque arbre un seuil de densité d'attaque minimum pour assurer la réussite de l'installation des scolytes (BERRYMAN, 1972).

La répartition des scolytes diffère suivant l'espèce botanique considérée et leur distribution varie en fonction des diverses caractéristiques propres à chaque spécimen d'arbre (BOUHOT, 1990).

II.2.2.3 Méthodes de lutte

A/ Bois coupé : Plusieurs méthodes peuvent protéger le bois coupé et stocké. Le bois coupé attire fortement les adultes. Il convient de traiter les grumes (carbonisation, pâte à papier) et les perches (employés dans les exploitations agricoles et forestières). La lutte mécanique consiste à réaliser l'écorçage qui prive l'insecte de lieux de ponte et élimine les larves déjà développées. L'écorçage partiel est suffisant car les larves ont besoin de beaucoup de places pour achever leur développement (BOUHRAOUA, 2020).

B/ Lutte sylvicole : Modifications du milieu favorable aux ravageurs par application des opérations sylvicoles telles que : - l'utilisation des essences adaptées à la station (Tordeuse de la pousse terminale des pins, les scolytes des conifères). Il faut planter les essences en fonction du climat et la nature du sol. - les éclaircies pour favoriser la bonne croissance des arbres (BOUHRAOUA, 2020).

C/ Le piégeage : le piégeage des scolytes est une technique de lutte subsidiaire basée sur l'emploi d'attractifs (phéromones) qui attirent les insectes dans des pièges où ils finissent noyés dans des coupelles d'eau. Une alternative consiste en l'emploi d'arbres pièges c'est-à-dire d'arbres frais et abattus qui sont dès lors très attractifs pour les scolytes (comme le sont les bois de chablis). Dès que des trous d'entrée sont constatés sur la grume, un insecticide agréé est pulvérisé sur celle-ci. Deux semaines plus tard, l'arbre est écorcé par mesure de sécurité car certains insectes peuvent échapper au traitement. Des phéromones sont parfois placées sur l'arbre piège afin d'accentuer son attractivité (PIERRE-OLIVIER et DAVID, 2019).

CHAPITRE II

Présentation de la zone d'étude

I GENERALITES SUR LA ZONE D'ETUDE

1.1. Situation géographique

La zone d'étude concerne l'ensemble des reboisements réalisés au niveau de la commune d'El-Bayadh dans le cadre du projet du barrage vert.

Elle est située au nord de la wilaya d'El-Bayadh, elle s'étend sur une superficie de 463.50 km².

Géographiquement, la commune d'El-Bayadh est comprise entre les parallèles 33°40'49" Nord et 1°01'13"Est (Projection WGS 84 Fuseau 31N) sur une altitude de 1313m (Fig.5).

La commune d'El-Bayadh est limitée :

- Au Nord par Rogassa et Cheguig
- A l'Est par Stitten
- A l'Ouest par Rogassa et El Mehara
- Au Sud par Ain El Orak et Kraakda

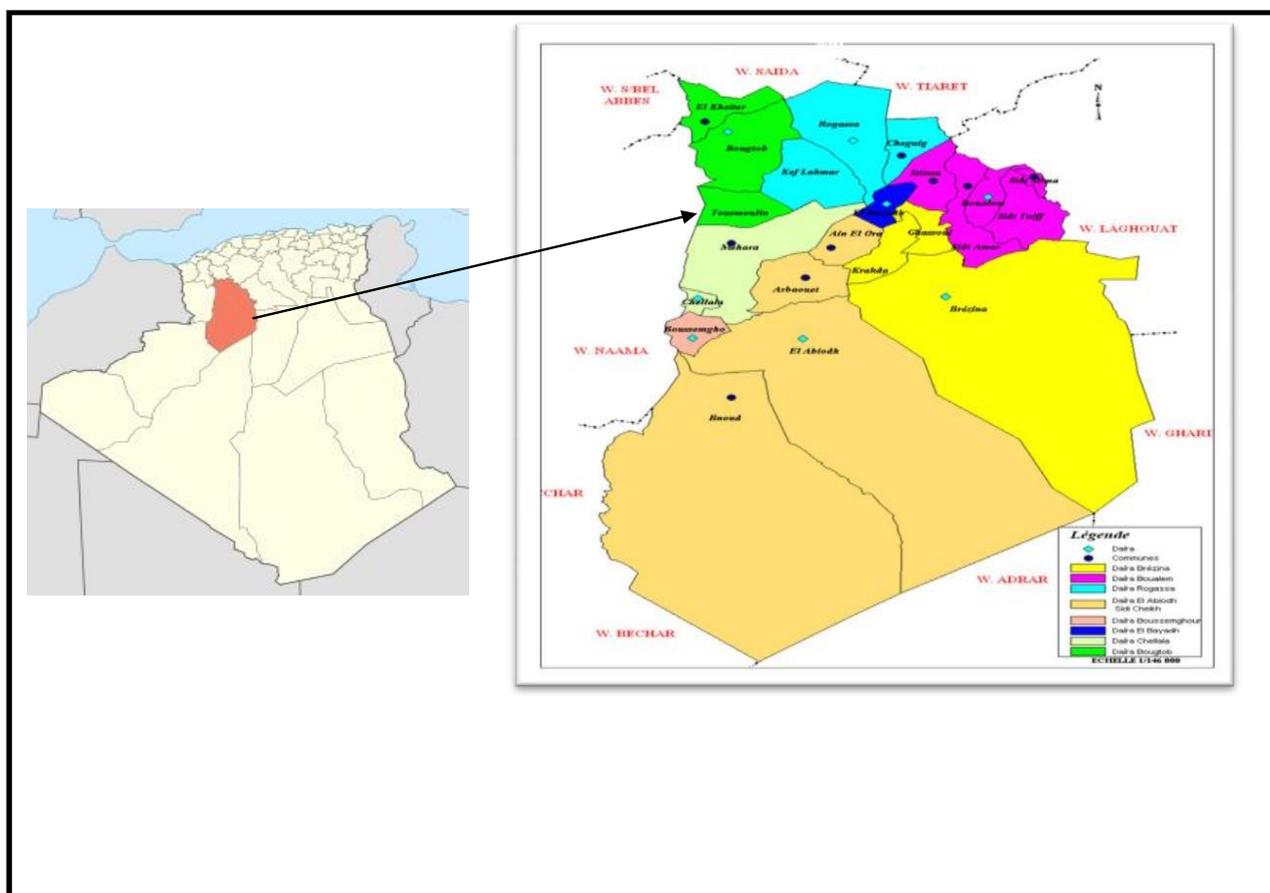


Figure 5. Situation géographique de la wilaya d'El Bayadh (C.F. El Bayadh)

Le choix d'étude est porté sur la commune d'El-Bayadh car elle comprend l'essentiel du barrage vert de la Wilaya (Tab.6).

Tableau 6. Superficie réalisée durant la période 1973-1991 dans la zone d'étude

Commune	Station	Superficie réalisée
El-Bayadh	Guadet Ezebda	952 Ha
	Bouderga I et II	213 Ha
	Ceinture verte	196 Ha
	Bande forestière	120 Ha

Source : CF El-Bayadh

I.2 Milieu physique

I.2.1 Présentation du relief et pente

La montagne c'est avant tout une topographie, la triade élévation, pente et exposition ne fait pas seulement de la montagne une mosaïque de la morphologie du milieu, mais elle est à l'origine de la répartition inégale du rayonnement solaire, par conséquence sur le bilan énergétique « température et écoulement des eaux » (DOBREMEZ, 2001).

La ville d'El-Bayadh se situe au sud-ouest du djebel Amour, dans l'Atlas saharien, à une altitude de 1200 m.

La zone d'étude est composée à partir des :

- Djebel Bouderga
- Djebel Ksel
- Djebel El Ouastani

Le pourcentage de la pente de la zone d'étude varie entre 1 et 10%. La majorité des fortes pentes sont localisées dans la ceinture verte.

I.2.2 Milieu pédologique

Les principales caractéristiques des sols de la zone du barrage vert peuvent être résumées comme suit :

- faible profondeur qui dépasse très rarement 60 cm.
- teneur faible en matière organique.
- taux élevé en calcaire actif.

- PH généralement basique (supérieur à 7.5)
- structure instable (MEBKHOUTI, 2012)

60 % de la superficie totale de la wilaya sont constituées par les dunes de sable formant un milieu naturel ne permettant pas le développement ni de l'agriculture ni de l'élevage (CREPEAU, 2015).

I.2.3 Géologie

La géologie occupe une place privilégiée dans le cadre d'une étude du milieu naturel puisque à elle seule que revient l'origine des roches mères et des formations superficielles. La géologie est un guide utile mais délicat pour expliquer la végétation : la présence de telle ou telle espèce végétale est régie par de nombreux facteurs en particulier : climat, pente et exposition et par d'autres liés directement à la géologie : lithologie, pH, conductivité, profondeur et drainage du sol. Le sol naît de la roche par altération de celle-ci, la nature et la structure des terrains est donc fondamentale dans la composition du couvert végétal (GEOSYSTEM CONSULT, 2015 IN BENDOUINA, 2020).

I.2.4 Végétation

Selon FLORET (1981), le couvert végétal naturel est soumis en permanence à un double impact, celui des sols (trop secs et légers) et du climat (faibles précipitations) d'une part et l'action anthropogène (action de l'homme et de l'animal).

D'autre part, la strate herbacée est constituée essentiellement de *Stipa tenacissima*, *Rosmarinus officinalis*, *Lygeum spartum*. Cette diversité végétale est en fait un espace convoité par les éleveurs de bétail (BENDOUINA, 2020).

La zone d'étude fait partie de l'ensemble des reboisements du barrage vert, elle est caractérisée par la plantation de pin d'Alep.

I.2.5 Hydrogéologie

La wilaya d'El-Bayadh est inscrite sur deux versants, limités par la ligne de partage des eaux passant le long de l'Atlas saharien. La zone nord de la wilaya est drainée vers le chott chergui qui constitue l'exutoire de tout le bassin versant des hautes plaines oranaises. Les piémonts sud de l'Atlas saharien déversent leurs eaux de précipitation dans le bassin versant Sahara ou s'inscrivent les trois quarts du territoire de la wilaya (MEBKHOUTI, 2012).

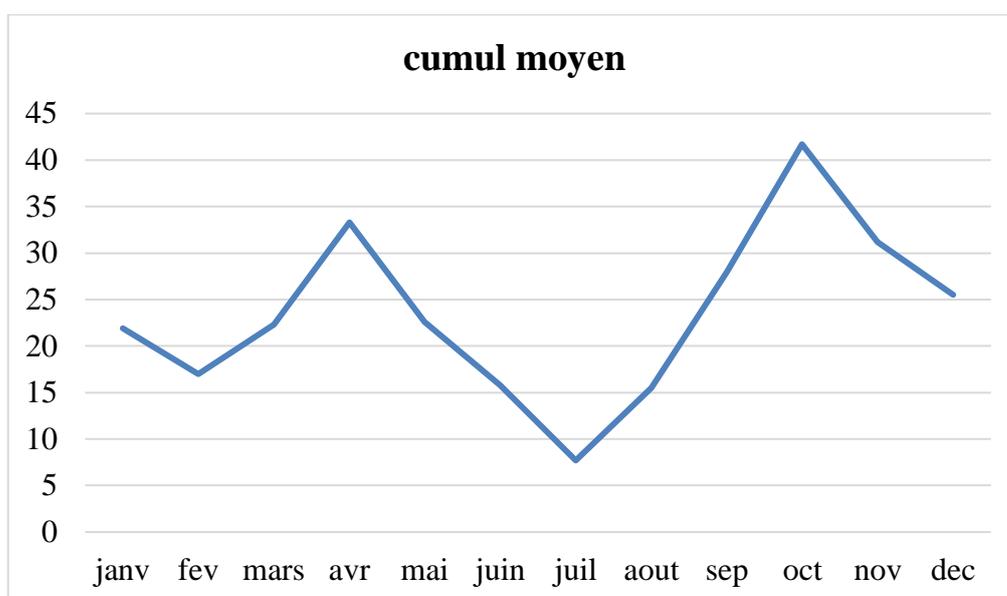
Les principaux oueds qui traversent la zone d'étude sont Oued deffa et Oued chadli

Tableau 7. Précipitations moyennes mensuelles dans la région d'El-Bayadh

Mois	Jan.	Fer	mar	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Cumul moyen	21.9	17	22.3	33.3	22.6	15.8	7.7	15.5	28	41.7	31.2	25.5

Source : ONM d'El-Bayadh, 2021

Les mois les plus pluvieux sont avril et octobre (Fig.7) avec des quantités respectives de 33,3 et 41,7 mm.. Le mois le plus sec est celui de juillet avec une quantité de 7,7 mm.

**Figure 7.** Variation mensuelle des précipitations à El-Bayadh (2000-2020)

I.3.2 Température

La température constitue un autre facteur climatique d'importance majeure agissant sur le comportement des végétaux, elle est fortement variée d'une région à l'autre ainsi qu'en fonction de l'altitude (COUDERC, 1973).

C'est le deuxième facteur qui régit la répartition des végétaux. La température agit sur le comportement et les fonctions de la plante telle que la respiration et la photosynthèse. L'intensité de ces deux phénomènes (respiration et photosynthèse) augmente avec la température en suivant la loi de Van't Hoff doublement d'intensité pour une augmentation de 10 °C (OZENDA, 1982).

La température est fortement affectée par l'altitude. Celle-ci renforce les gelées en hiver mais aussi elle adoucit les températures en été (COUDERC, 1973).

Nous avons traité les températures moyennes, minimales et maximales annuelles de vingt ans pour la période allant de 2000 à 2020 (Tab.8).

Deux types de température ont été choisis pour distinguer la zone d'étude :

- La température moyenne minimale du mois le plus froid m
- La température moyenne maximale du mois le plus chaud M

Tableau 8. Températures moyennes mensuelles dans la région d'El-Bayadh

Mois	Jan	Fev	mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T.MAX	21.1	23.9	28	30	35.2	38.7	39.6	38.5	35.4	33.3	27.7	23.8
T.MIN	-5.5	-8.5	-7.9	-2.5	0	6.6	9.4	13.2	1	0.1	-4.5	-6.8
T.MOY	7.8	7.7	10.05	13.75	17.6	22.65	24.5	25.85	18.2	16.7	11.6	8.5

Source : ONM d'El-Bayadh, 2021

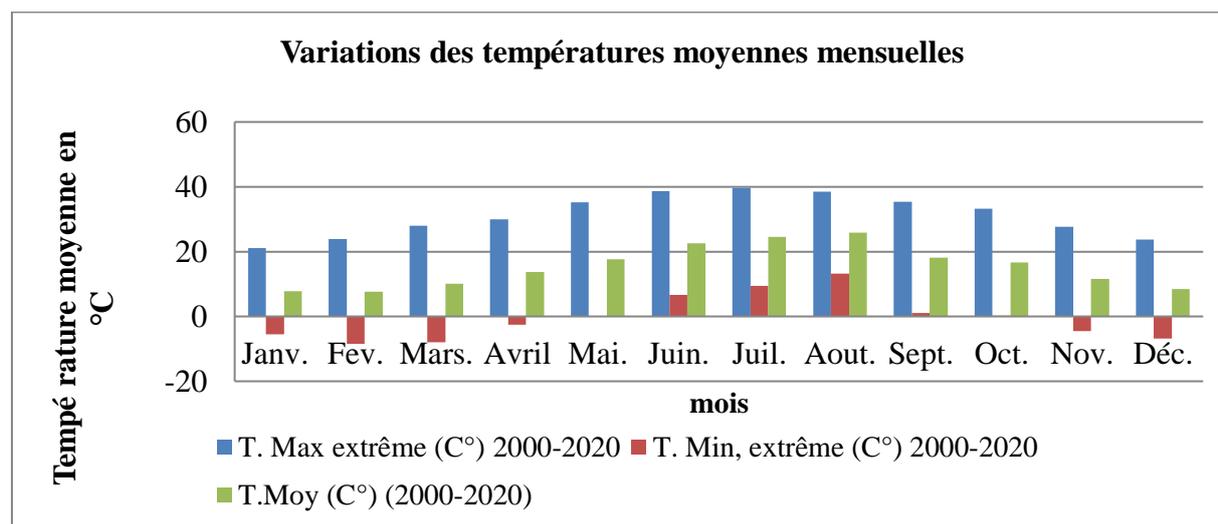


Figure 8. Variations des températures moyennes mensuelles

Les températures Maximum extrêmes sont de l'ordre de 39.6 °C durant le mois de juillet (Fig.8), et les températures minimums extrêmes ont atteint la valeur de -8,5°C en février.

I.3.3 Vent

Le vent le plus néfaste dans la région d'El-Bayadh est le sirocco, vent chaud et sec venu du Sahara et soufflant vers le nord (Fig.9). Ce vent souffle durant 20 à 30 jours par an sur les Hautes plaines (LE HOUEROU, 1995).

Le sirocco peut souffler à toute époque de l'année. Mais il est rare pendant les mois les plus froids. Il souffle le plus souvent en juillet et en août, provoquant des orages. Mais son passage pendant la saison printanière détruit les récoltes prêtes à être fauchées et brûle les jeunes pousses des pâturages. Il précipite l'arrivée de l'été. Chargé de sable, il détériore le système aérien des végétaux, accumule des dépôts au pied des touffes ou en déchausse d'autres exposant leurs rhizomes aux turbulences (AIDOUUD *et al.*, 2006).

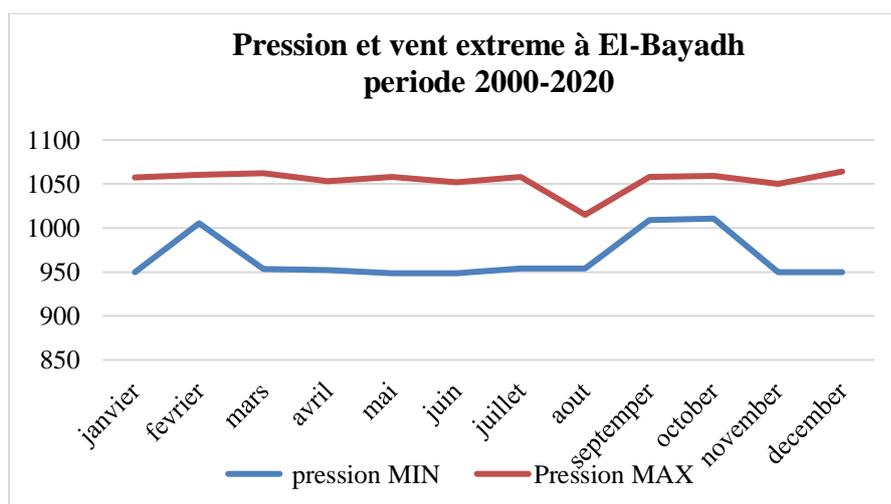


Figure 9. Variation extrême du vent dans la willaya d'El-Bayadh (O.N.M.2021)

I.3.4 Gelée

La gelée constitue pour les végétaux un risque majeur surtout dans les zones des hauts plateaux, car elle peut causer des dégâts souvent irréversibles.

Dans notre zone d'étude, la gelée est très fréquente surtout durant la saison hivernale. Elle est due à l'abaissement de la température au-dessous de 0°C.

D'après les services de l'ONM, le nombre de jours de gelée est 40 jours/an dans la wilaya d'El Bayadh (BENDOUINA, 2020).

I.3.5 Humidité

L'humidité relative mensuelle moyenne enregistrée dans la région El-Bayadh varie entre 27% pour le mois de juillet durant la saison sèche et 70% pour le mois de décembre durant la saison humide (EL ZEREY, 2012).

I.4 Synthèse climatique

I.4.1 Indice Xérothermique de Gaussen et Bagnoul

BAGNOULS et GAUSSEN (1953) ont défini la saison sèche comme étant la période (ensemble des mois) où le total mensuel des précipitations en mm est inférieur ou égal au double de hauteur de température moyenne mensuelle.

$$\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \quad \text{En } ^\circ\text{C}, P \leq 2T$$

Par une présentation graphique où les mois de l'année sont portés en abscisse, en ordonnées d'un côté les précipitations et de l'autre côté le double des moyennes des températures

$$\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}$$

Le diagramme ombrothermique de Bagnoul et Gaussen permet de caractériser la période sèche et la période humide de la région. La saison sèche est par définition celle où se manifestent, pour la plupart des plantes, des phénomènes de stress hydrique assez intenses et continus (HIRCHE *et al.*, 2007).

Le climat d'un mois est considéré comme sec si les précipitations exprimées en millimètres sont inférieures au double de la température moyenne mensuelle exprimée en °C. (GAUSSEN, 1953 in DAJOZ, 1970).

Pour la région d'El-Bayadh, le diagramme ombrothermique de Gaussen (Fig.10) indique que la période sèche est de cinq mois et demi, de mi-avril jusqu'à mi-septembre durant la période 2000-2020.

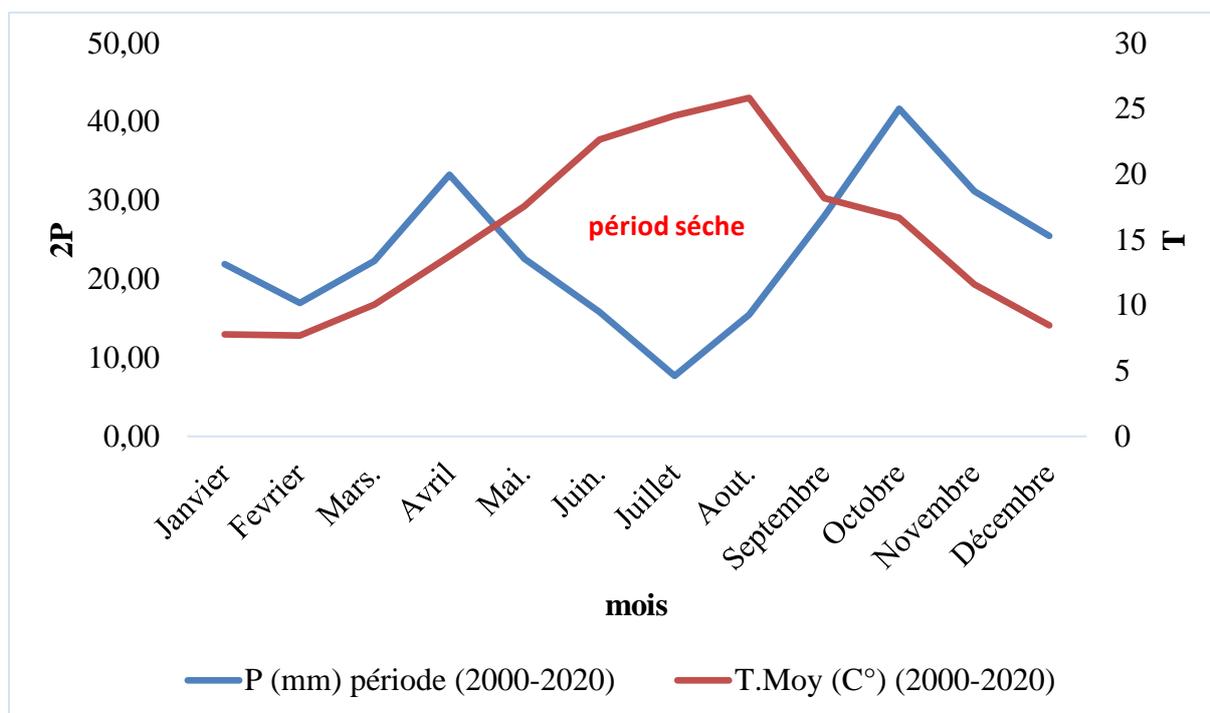


Figure10. Diagramme ombrothermique de Bagnoul et Gausсен de la région d'El-Bayadh (2000-2020)

I.4.2 Quotient pluviométrique d'EMBERGER

EMBERGER (1954) a proposé un indice appelé quotient pluviométrique (Q2) spécifique au climat méditerranéen.

$$Q2 = \frac{2000 * P}{(M^2 - m^2)} \quad \text{où}$$

P : pluviométrie moyenne annuelle (mm)

M : température maximale moyenne annuelle en degrés absolus kelvin

m : température minimale moyenne annuelle en degrés absolus kelvin

Par ailleurs, Stewart (1969) a montré que le quotient pluviométrique d'Emberger pouvait être simplifié pour le Maghreb pour s'écrire comme suit :

$$Q3 = \frac{3.43 * P}{(M - m)}$$

Créé pour les climats méditerranéens, ce quotient tient compte de la variation annuelle de la température, plus sa valeur est basse plus la station est sèche. Les étages bioclimatiques sont reconnus par référence au climagramme d'Emberger.

$$Q2 = \frac{2000 * 282.5}{(31.26 + 273.15)^2 - (-0.45 + 273.15)^2} = 30.87$$

$$Q3 = \frac{3,43 \cdot 282,5}{(31,26 + 0,45)} = 30,55$$

La willaya d'El Bayadh est située dans le sous étage du semi-aride inférieur à variante fraîche $Q = 30,55$

Le graphe 11 permet de localiser la zone d'étude dans l'étage bioclimatique semi- aride. A variante thermique à hiver froid.

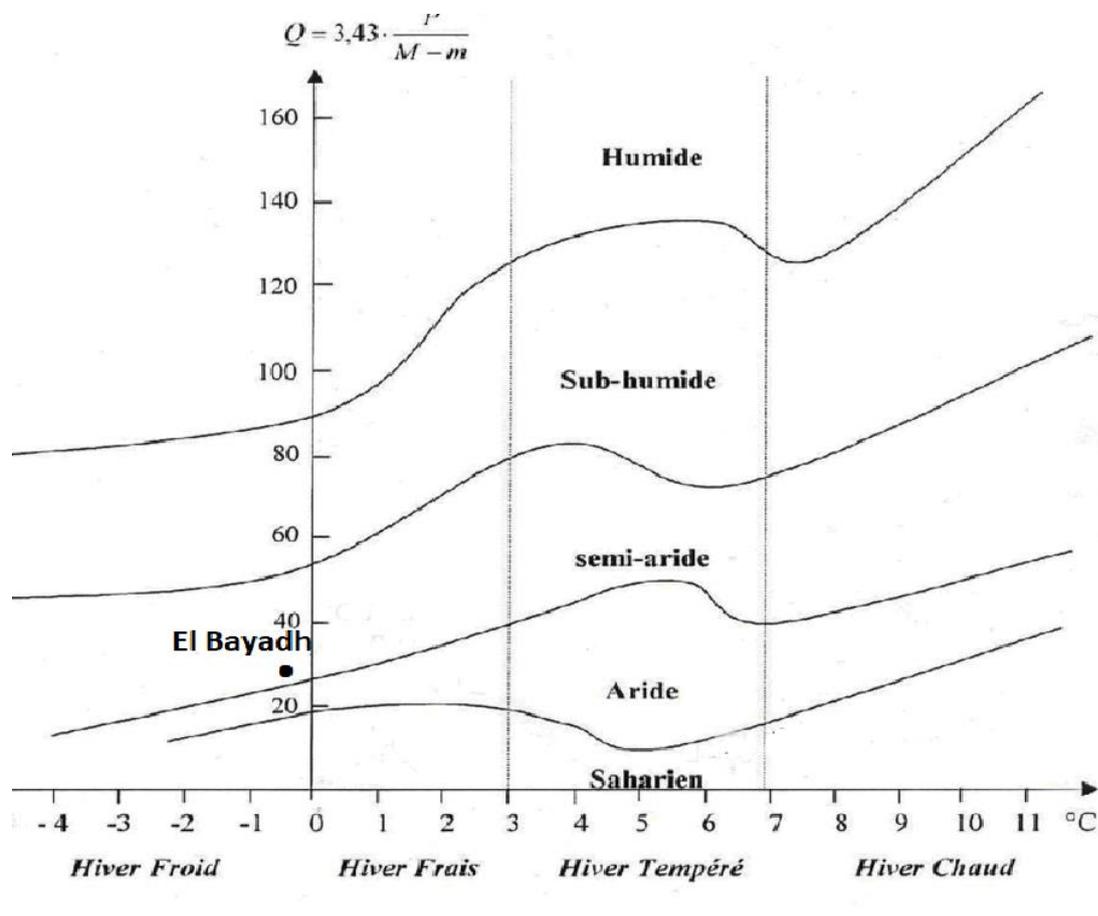


Figure11. Climagramme d'Emberger de la région d'El-Bayadh (2000-2020)

I.4.3 Indice d'aridité de De Martonne

Pour la détermination du type de climat, De MARTONNE (1925) a proposé une formule climatologique appelée indice d'aridité qui, en fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations moyennes annuelles, caractérise l'intensité de sécheresse des étages bioclimatiques méditerranéens. Il s'exprime par la formule suivante :

$$A = \frac{P}{T+10}$$

Avec :

A : Indice d'aridité annuelle.

P : Précipitations moyennes annuelles en (mm).

T : Températures moyennes annuelles en (°C).

$$A = \frac{282.5}{15.40 + 10} = 11.11$$

Selon De Martonne quand :

A < 5 : le climat est hyper aride

5 < A < 10 : le climat est très sec

10 < A < 20 : le climat est sec

20 < A < 30 : le climat est tempéré

A > 30 : le climat est humide (écoulement abondant)

Selon l'indice d'aridité de Martonne, le climat de la région d'El-Bayadh est sec.

I.5 Evolution de la population

D'après le recensement général de la population et de l'habitat (RGPH), la population de la Wilaya d'El-Bayadh a fortement évolué durant les différents recensements effectués depuis l'indépendance. C'est ainsi que la population qui était de l'ordre de 47 590 habitants en 1966, est passée à 261 286 habitants en 2008. Soit une évolution de 213 696 habitants, représentant un taux d'accroissement annuel moyen de 2 %. Ensuite, elle est passée à 334 787 habitants en 2018. Quant à la population de la commune d'El-Bayadh a atteint 132425 habitants en 2018 soit une densité de 285,71 habitant/km² (Tab.9).

Tableau 9. Population et superficie de la commune d'El-Bayadh

Commune	Superficies (Km ²)	Population	Densité (Hab/Km ²)
El-Bayadh	464	132425	285,71

Source : Monographie de la Wilaya El-Bayadh, DPSB 2020

La répartition de la population par agglomération et par sexe est détaillée dans le tableau 10. La population sédentaire représente 94 % de la population totale de la commune d'El-Bayadh. La population urbaine (A.C.L.) est de 123109 habitants pour la commune d'El-Bayadh représentant ainsi 92,97%.

- Population agglomérée secondaire (AS) vivant au tour des villes 1431 habitants pour El-Bayadh soit 1 08%.

- Population de zone éparse (Z.E) : 7276 pour la commune d'El-Bayadh soit 5,49%
- La population nomade représente 0,46% de la population totale de la commune d'El-Bayadh.

La moyenne par sexe pour la commune d'El-Bayadh est de 47,39% pour le sexe masculin et de 52,61% pour le sexe féminin.

Tableau10. Répartition de la population de commune d'El-Bayadh par agglomération et par sexe

Commune	Repartition de la population	Populationannée2018	Taux
El-Bayadh	Agglomeration (ACL)	123109	92,97%
	Agglomeration secondaries	1431	1,08%
	Zone Eparse	7276	5,49%
	Nomade	609	0,46%
	Total population	132425	100%
	Population urbaine	119637	90,34%
	Population rural	12788	9,66%
	Population masculine	62759	47,39%
	Population feminine	69666	52,61%

Source : Monographie de la Wilaya El-Bayadh, DPSB. 2018

I.6 Cheptels

La wilaya d'El-Bayadh est une wilaya à caractère rural où l'activité principale demeure le pastoralisme (Tab.11). Le cheptel est composé de :

- Effectif ovin : 2.380.400 têtes
- Effectif caprin : 229.230têtes
- Effectif bovin : 23.385 têtes
- Effectif camelin : 16.250 têtes
- Effectif équin : 1.635 têtes

Pour la commune d'El-Bayadh, l'effectif du cheptel se présente comme dans le tableau ci-dessous :

Tableau 11. Répartition du cheptel au niveau de commune d'El-Bayadh

Commune	Cheptel (têtes)				
	Ovins	Bovins	Caprins	Equins	Camelin
El-Bayadh	144380	2055	6875	412	0

Source : DSA El-Bayadh, 2019

Au niveau de la wilaya, l'effectif ovin est trop élevé, il dépasse les deux millions de têtes. Malgré la superficie d'El-Bayadh qui fait plus de sept millions d'hectares, 80% du cheptel est concentré sur les parcours et autour des points d'eau et à proximité des massifs forestiers, ce qui provoque le piétinement et le tassement du sol.

I.7 Occupation du sol

La superficie agricole utile est évaluée à 4205 ha pour la commune d'El-Bayadh, soit un taux de 9,86% de la surface de la wilaya. La superficie irriguée est estimée à 756 ha pour la commune d'El-Bayadh. La superficie agricole totale (SAT) est de 25 081 ha soit un taux de 58,80 % du total des terres de la wilaya (Tab.12).

Concernant la superficie forestière qui correspond aux matorrals dégradés au niveau des montagnes, elle représente 34,32% de la superficie totale de la commune d'El-Bayadh.

Tableau12. Répartition des terres par occupation dans la commune d'El-Bayadh

Communes	Répartition des terres	Superficie (Ha)	Taux (%)
El-Bayadh	Superficie agricole utile	4205	9,86%
	Surface irriguée	756	1,77%
	Cultures herbacées	683	1,60%
	Terres au repos	3199	7,50%
	Autres terres	323	0,76%
	Paccage et parcours	20876	48,94%
	Total SAT	25081	58,80%
	Superficie forestière	14640	34,32%
	Superficie alfatière	2912	6,83%
	Terres improductives	20	0,05%
	Superficie totale	42653	100%

Source : Monographie de la Wilaya El-Bayadh, DPSB. 2018

CHAPITRE III

Matériels et méthodes

I.1 Matériels et outils utilisés

I.1.1 Logiciels

- **Arc GIS 10.7:** C'est un logiciel SIG qui nous a servis à la digitalisation des différentes cartes (carte de localisation, carte des expositions, carte des pentes.), il a même la possibilité de faire les traitements des images satellitaires .
- **Excel :** utilisé pour la réalisation des bases de données et leurs traitements avec l'option tableaux croisés dynamiques pour l'édition des histogrammes, courbes et les calculs.

I.1.2 Matériels

- **GPS** (Système de Positionnement Géographique) ;
- **Corde** de 18 m de long pour la délimitation de la surface des placettes ;
- **Blume-leiss :** Le Blume-leiss comporte 4 échelles de lecture des hauteurs : 15, 20, 30 et 40 m. On lit la valeur sur l'échelle qui correspond à la distance d'éloignement choisie par rapport à l'arbre ;
- **Appareil photos** pour la prise des photos ;
- **Fiches de relevé** et un crayon pour l'enregistrement des données (pente, la hauteur, circonférence, état sanitaire des arbres observé) ;
- **Sécateur** pour écorçage de tronc d'arbres pour l'observation des xylophages.

Dans un premier temps, le travail a consisté à prospecter la zone d'étude et analyser les données que nous avons prélevées et mesurées dans les placettes d'échantillonnage.

Nous avons mesuré l'indice de dépérissement, la moyenne des hauteurs, la circonférence des arbres forestiers puis déterminé l'état sanitaire des arbres et les classes de dépérissement.

I.2 Protocole d'analyse du dépérissement

L'appréciation de l'importance du phénomène de dépérissement est souvent subjective. Les études de dépérissement des forêts se réfèrent à la réduction du volume de la cime globale qui est généralement estimé visuellement par une échelle semi-quantitative basée sur le pourcentage de défoliation appliqué à chaque arbre (MUELLER & STIERLIN, 1990).

La défoliation est l'un des principaux facteurs utilisés pour évoquer la santé des forêts et la mortalité des sujets (DOBBERTIN & BRANG, 2001 ; DOBBERTIN, 2005).

Plusieurs études ont suggéré l'existence d'une relation entre la tendance de déclin de la croissance et la défoliation dans un processus de dépérissement des forêts (JUMP *et al.*, 2006 ; DROBYSHEV *et al.*, 2007).

Le dépérissement forestier est généralement apprécié par deux symptômes macroscopiques : la défoliation et le jaunissement du feuillage (LANDMANN *et al.*, 1987).

Le tableau 13 montre la fiche d'observation sur le terrain avec les paramètres qui ont été mesurés.

Tableau 13. Fiche d'observation pour le suivi de reboisement du pin d'Alep

N° d'arbre	Hauteur (m)	Circonférence (cm)	Signification de la classe	Proportion de feuillage décoloré	Ravageur constaté
1					
2					
3					

I.3 Choix des stations et échantillonnage

I.3.1 Stations

Durant la période de travail de terrain, cinq stations ont été mises en place et étudiées au niveau du barrage vert. L'emplacement des stations a été choisi selon dépérissement des arbres. Chacune de ces stations a fait l'objet d'observations et de mesures de ses arbres (Annexe.1).

I.3.1.1 Station 1

Représentée par la bande routière de la RN 47 au niveau de la limite entre Aflou et El-Bayadh. Elle se trouve à 33°52'31,8'' Nord et 1°43'11,4'' Est à une altitude est de 1436 m. La figure 12 montre la localisation de station1 (bande verte) où le type de sol est sablo-limoneux. La plupart des arbres sont dégarnis partiellement ou en totalité par des attaques de la chenille processionnaire durant plusieurs années successives sans traitement.

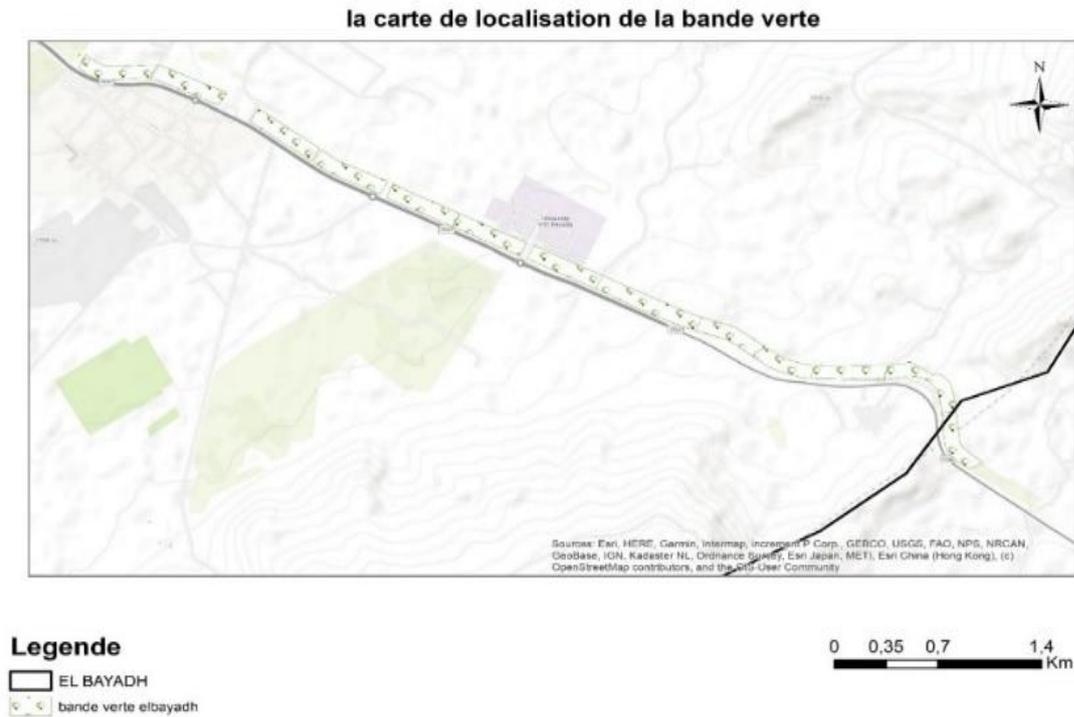


Figure 12. Localisation de la station1 :la bande verte (original 2021)

II.3.1.2 Station 2

La station 2, appelée ceinture verte, se trouve à 33°41'43''Nord et à 1°00'51''Est. Dans cette station (Fig.13), les sujets sont attaqués par les xylophages et la chenille processionnaire.

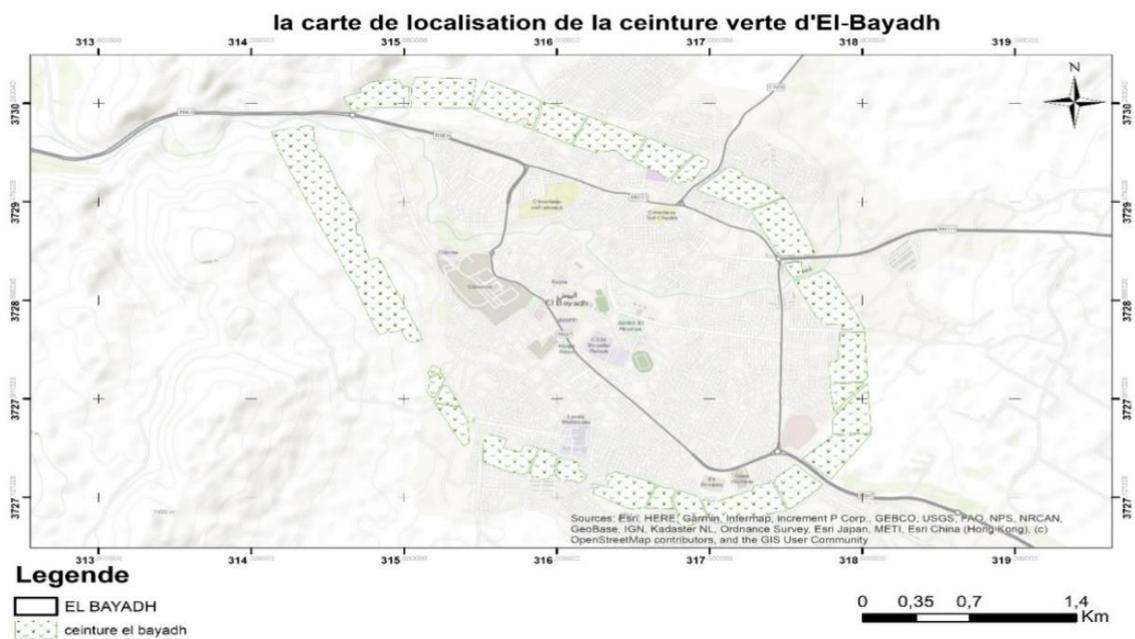


Figure 13. Localisation de la station 2 : ceinture verte (original 2021)

I.3.1.3 Station 3

Station de Draâ Lahmar (Fig.14) se trouve à $33^{\circ}35'03,4''$ Nord et à $0^{\circ}54'58,8''$ Est et à une altitude de 1394 m. Il s'agit d'un reboisement de pin d'Alep qui date des années 1974-1975. Les arbres ont une hauteur qui atteint les 7 m. Une grande partie d'entre eux sont morts sur pied, d'autre sont en voie de dépérissement. En les écorçant, nous avons trouvé des attaques importantes d'insectes xylophages.

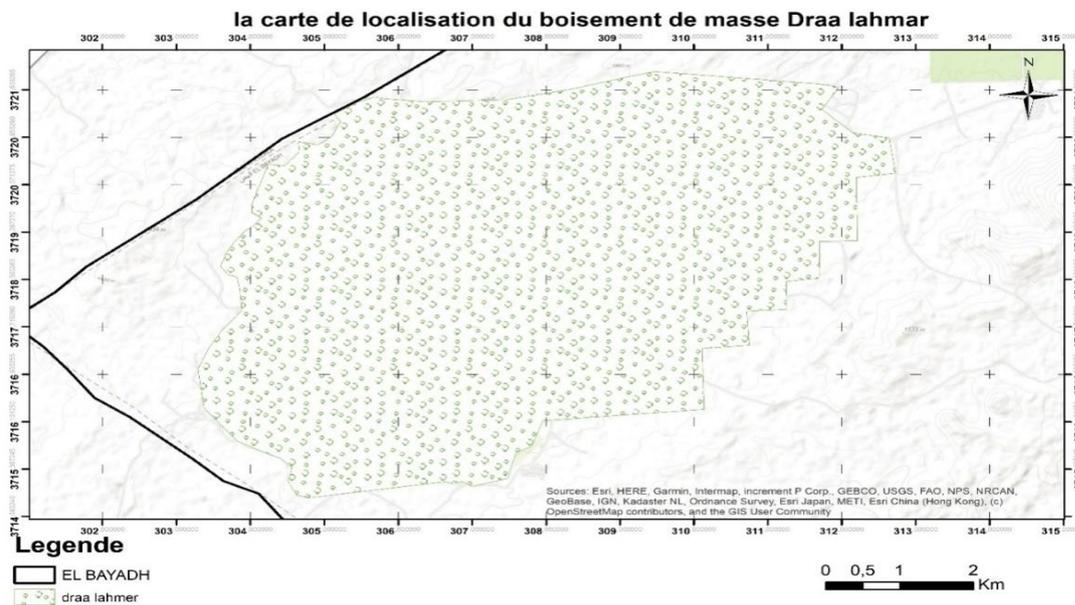


Figure 14. Localisation de la station 3 : Drâa Lahmar (original.2021)

I.3.1.4 Station 4

La station 4 représentée par Gaâidet Ezebda, un reboisement réalisé durant les années 1974-1975. Elle est située à $33^{\circ}41'39,6''$ Nord et $00^{\circ}57'29,2''$ Est et se trouve à une altitude de 1274 m (Fig.15). La plupart des sujets dans cette station ne dépassent 5 mètres de hauteur et sont attaqués par les xylophages. Le sol est limono-sableux et des touffes d'alfa éparses y sont présentes.

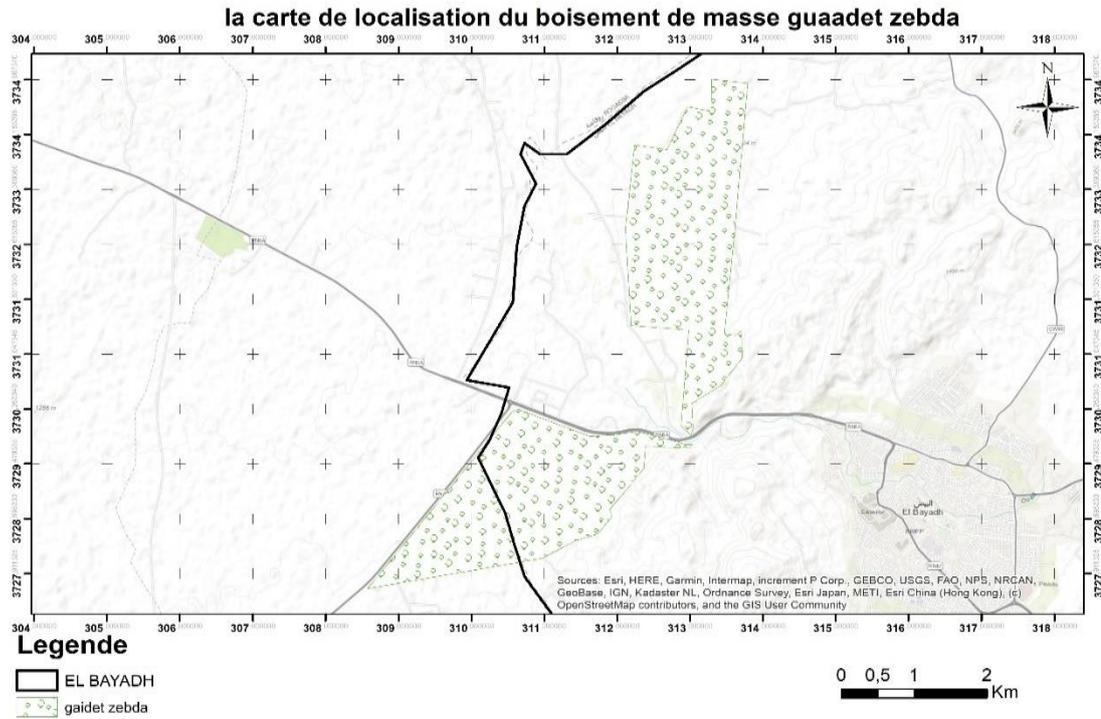


Figure 15. Localisation de la station 4 : Gaâidet Ezebda

I.3.1.5 Station 5

La station 5 est représentée par le reboisement de Bouderga réalisé dans le début de l'année 1974. Elle se trouve à 33°39'12''Nord et 1°03'35''Est (Fig.16).

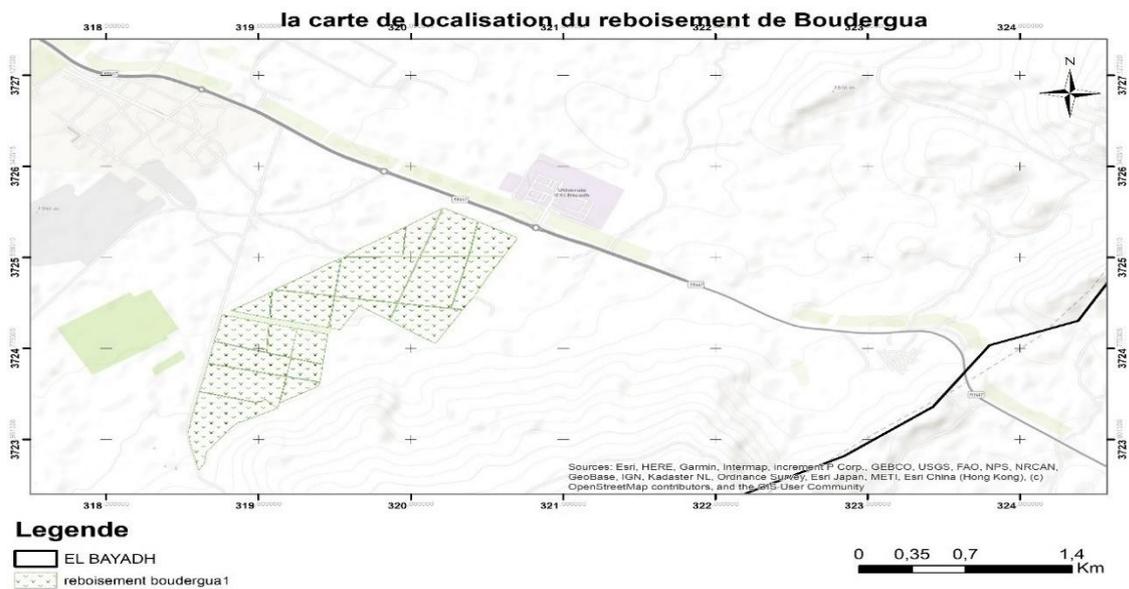


Figure 16. Localisation de station 5 : Bouderga

I.3.2 Echantillonnage

L'échantillonnage est une phase essentielle de l'étude pour laquelle le plus grand soin est demandé, tant sur le plan de la représentativité que sur celui de la quantité des prélèvements. La figure 17 représente les placettes d'échantillonnages que nous avons effectués au niveau du barrage vert de la commune d'El-Bayadh.

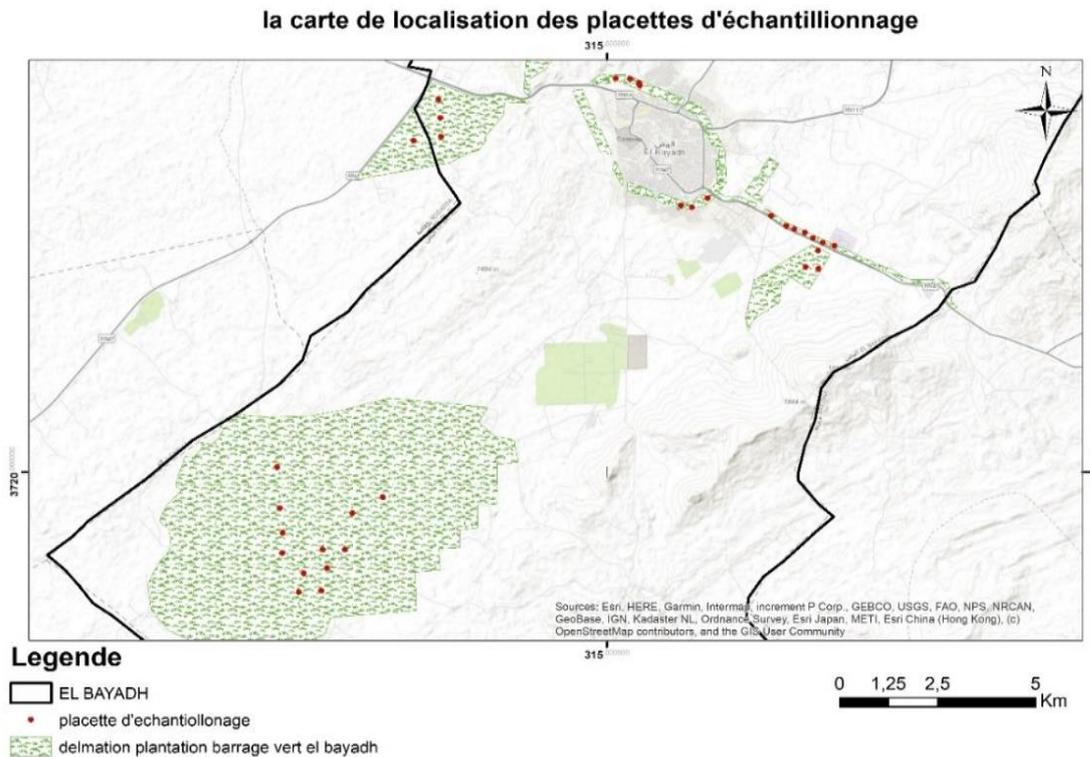


Figure 17. Localisation des placettes d'échantillonnages

I.3.2.1 Echantillonnage subjectif

Défini par (GOUNOT, 1969) comme une méthode rapide pour l'étude de la végétation avec des résultats précis. Cet échantillonnage dépend beaucoup de l'expérience de l'observateur, constitue une approche qualitative permettant de saisir la végétation dans ses aspects structuraux et de densité (SADKI, 1988).

Compte tenu de la faiblesse du recouvrement végétal, ce type d'échantillonnage est le plus adéquat. Il est largement utilisé dans les milieux arides et sahariens (KASSAS, 1953 ; DANIN, 1983 ; ABD EL-GHANI, 1998 ; BENHOUHOU *et al.*, 2001).

Dans notre zone d'étude, un total de 33 placettes circulaires a été retenu :

- 12 placettes à Drâa Lahmar
- 3 placettes à Gaâidet Ezebda

- 7 placettes dans la bande forestière
- 7 placettes dans la ceinture verte
- 4 Placettes à Bouderga

Le choix du nombre de placettes a été conduit en relation avec l'ampleur du dépérissement du barrage vert.

I.3.2.2 Forme des placettes

On peut choisir des placettes carrées, rectangulaires ou circulaire, mais dans la pratique courante, il ne fait nul doute que la forme circulaire est plus adoptée, car elle possède des avantages PARDE, (1961) :

- Cette forme ne comporte pas de direction privilégiée, elle est donc particulièrement bien objective.
- Les arbres qui limitent ceux qui sont exactement à cheval sur la ligne délimitatrice de la placette posent un problème désagréable. De ce fait, on a intérêt à en réduire le nombre, donc à prendre, à surface égale, la forme géométrique qui a le plus court périmètre. C'est précisément le cercle.
- L'assiette sur le terrain des placettes circulaires est tout spécialement facile et rapide.

Dans cette étude, nous avons opté pour des placettes circulaires (Fig.18) de 17.84 m de rayon, la superficie de chaque placette est de 1000 m².

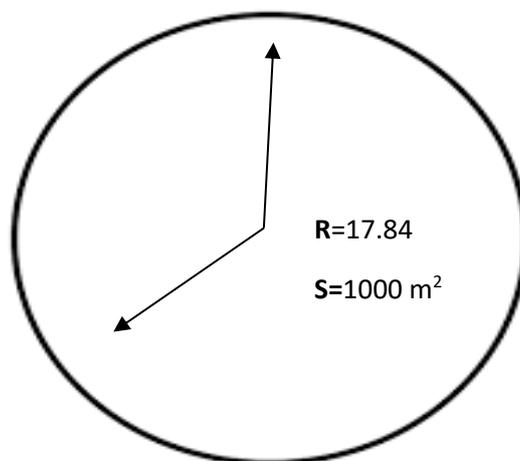


Figure18. Graphique des parcelles d'échantillonnage

I.4 Caractéristiques dendrométriques

Les arbres de chaque station ont fait l'objet de mesures qui ont porté sur les paramètres dendrométriques suivant :

- Hauteur de tous les arbres de la placette.
- Circonférence à 1,30 m de tous les arbres de la placette.
- Observation de l'état sanitaire de tous les arbres.

I.4.1. Mesure de la hauteur des arbres

Pour la mesure de la hauteur des arbres, il existe des appareils dendrométriques à cet effet. Nous avons eu recours au BLUME-LEISS, l'instrument le plus utilisé d'origine allemande, basé sur un principe trigonométrique (mesures d'angles) et nécessite que l'observateur se place à une distance prédéterminée de l'arbre.

Pour ce faire, l'opérateur dispose d'une mire pliante comportant des voyants blancs marqués des valeurs 0, 15, 20, 30 et 40 ; distants de 45, 60, 90 et 120 cm. Ces valeurs correspondent à des distances d'éloignement par rapport à l'arbre de 15, 20, 30 et 40 m.

I.4.2 Mesure de la circonférence à 1.30 m du sol

La mesure de la circonférence est faite à l'aide d'un ruban gradué, son utilisation nécessite toutefois des précautions à prendre, sinon on risque de sous-estimer ou alors de surestimer la valeur réelle.

I.4.3. Observation de l'état sanitaire de tous les arbres

Le suivi permanent de l'état sanitaire de chaque arbre est noté selon trois classes (non attaqué par les ravageurs, attaqué par les défoliateurs ou les xylophages).

I.5 Méthodologie d'approche d'analyse du dépérissement

I.5.1 Investigations préalables

L'analyse du dépérissement peut être considérée comme un questionnaire, qui permet de décrire dans le temps et dans l'espace le phénomène en question, de comprendre si les paramètres pérennes qui régulent la vitalité des arbres sont au bon niveau, et enfin de comprendre les « paramètres accidentels ».

L'appréciation visuelle de la vitalité des arbres pour objectif d'estimer de façon générale l'état sanitaire de barrage vert, en termes de fréquence des arbres malades et d'évaluer la pression des facteurs biotiques (insectes).

L'état sanitaire est apprécié visuellement sur le terrain. Les indices permettant de porter un jugement sur l'état sanitaire des arbres sont essentiellement :

- La décoloration du feuillage et la défoliation des cimes,
- L'écoulement de résine, la chute de l'écorce,
- La présence des nids de la chenille processionnaire,
- Les galeries des scolytes dans les écorces.

I.5.2 Etude symptomatologique d'un dépérissement

L'analyse symptomatologique permet d'élucider rapidement les cas de dépérissement par la mise en évidence des agents biotiques et abiotiques évidents ou non. Les descriptions et les observations permettent d'établir un schéma général des symptômes relevés sur l'essence en question en cas de dépérissement (BELHOUCINE, 2020).

➤ I.5.2.1 Examen de l'état du tronc

Cet examen fournit un indice qui peut souvent nous renseigner sur l'état de santé des arbres : la présence des crevasses (parties du tronc manquantes correspondant par conséquent à du bois altéré). L'importance de cet indice est évaluée par rapport au fût (BELHOUCINE, 2020).

➤ I.5.2.2 Observations de l'écorce et la zone sous corticale

L'observation de la surface de l'écorce permet de mettre en évidence la présence de morsures, de trous de sortie ou de pénétration d'insectes xylophages, et d'écoulements d'origines diverses.

La proportion de surface détruite est déterminée par rapport à la surface totale de la partie du tronc observée. Pour cela, il faut diviser le tronc en unités de 50 cm de haut. Au niveau de chacune d'elles, on estime la part de l'écorce dépréciée, l'ensemble permettant de définir la surface totale détruite. La proportion ainsi obtenue est enregistrée en utilisant la notation suivante (BELHOUCINE, 2020) :

- 0 % de déhiscence : tronc complètement sain
- Faible : 1 à 10 % de surface productive perdue
- Moyen : 11 à 25 % de surface productive perdue
- Assez fort : 26 à 50 % de surface productive perdue
- Fort : 50 à 75 % de surface productive perdue
- Très fort : > 75% de surface productive perdue

➤ I.5.2.3 Au niveau du houppier

On assiste à une réduction de la qualité et de la quantité du feuillage ou des pousses, mais surtout à la mortalité d'organes pérennes (rameaux en particulier). La diminution de la taille des

feuilles ou l'altération de la couleur du limbe sont des critères fréquemment observés (Fig.19), mais trop peu spécifiques pour ne pas être retenus seuls. Ils présentent en effet de multiples variations liées à l'action de nombreux facteurs biotiques ou abiotiques qui n'interviennent pas nécessairement dans le processus de dépérissement (NAGELEISEN, 1993).

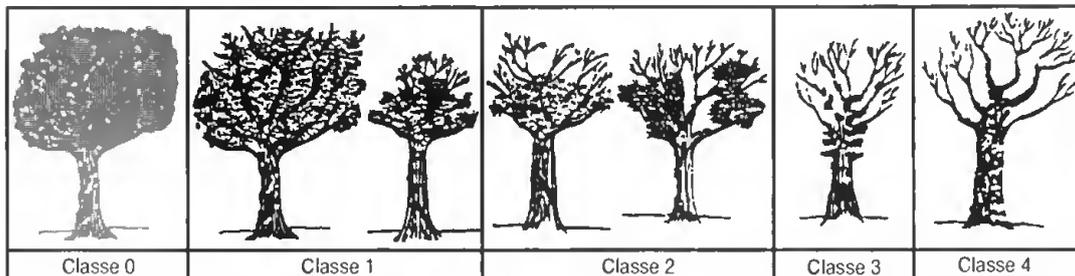


Figure 19. Évolution progressive d'une descente de cime (NAGELEISEN, 1993)

I.6 Etude de l'état de dépérissement du barrage vert par l'utilisation de la télédétection

Pour une évaluation spatiale de l'état de dépérissement des plantations du barrage vert, nous avons opté pour l'utilisation de l'imagerie satellitaire (image sentinelle-2 de l'année 2021) et le traitement avec le logiciel SIG Arcgis 10.7 afin de :

- Réaliser de la carte NDVI de l'année 2021,
- Établir la carte de l'état sanitaire du barrage vert.

I.6.1 Méthodologie de traitement de l'image satellitaire

La démarche méthodologique que nous avons adoptée pour le traitement de l'image satellitaire se résume comme le montre la figure ci-dessous :

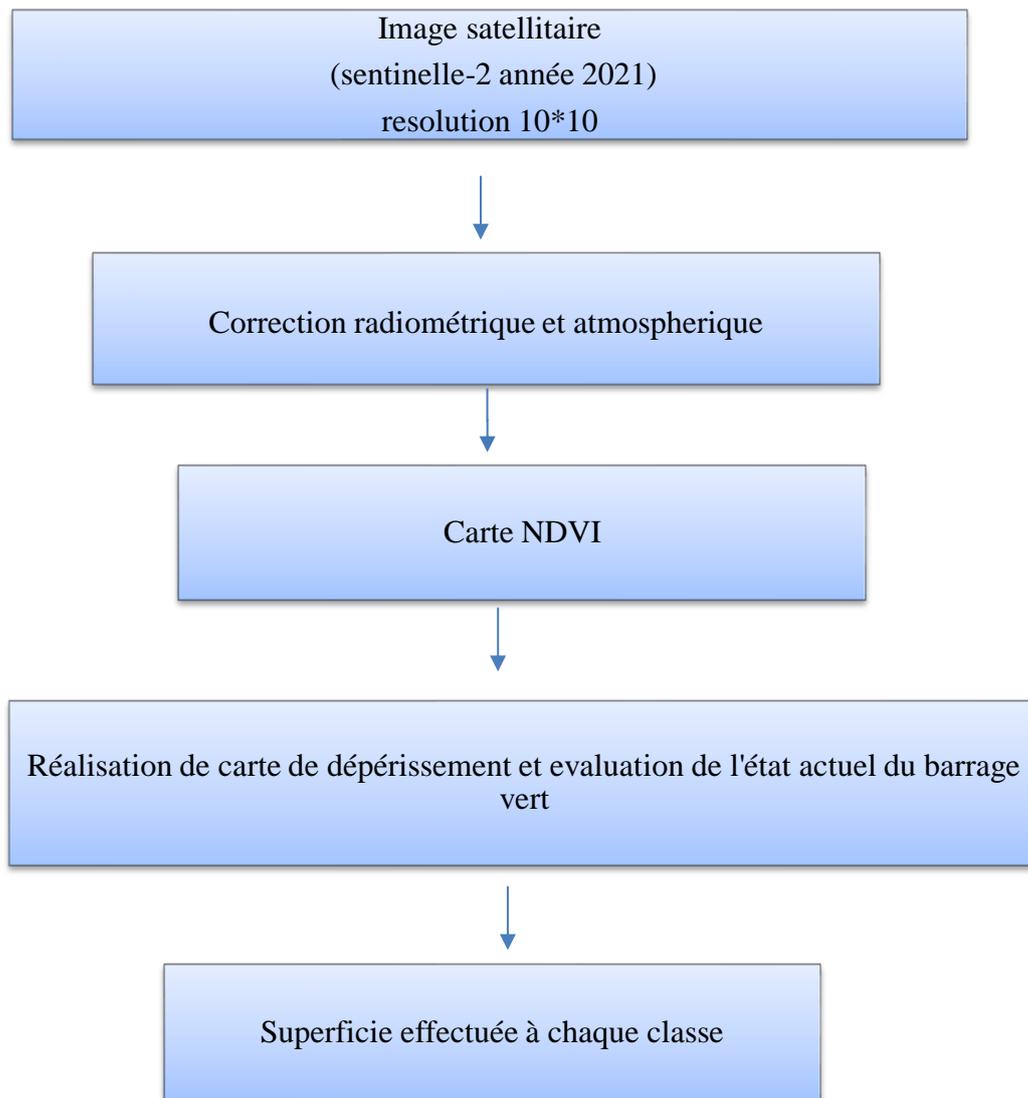


Figure 20. Protocol de traitement de l'image satellitaire

I.6.1.1 Acquisition de l'image satellitaire

L'image satellitaire sentinel-2 a été téléchargée gratuitement à partir du site web de l'USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), où il faut créer un compte d'utilisateur pour accéder au site et télécharger les images disponibles.

I.6.1.2 Traitement des images

Avant de commencer à travailler, nous devons appliquer les modifications nécessaires à chaque image. La première correspond à extraire et à délimiter sur chaque image de la zone d'étude de la date sélectionnée afin qu'elle puisse être superposée.

Nous avons choisi le 24 avril 2021, date où nous avons entamé notre travail de terrain.

I.6.1.2.1 Image vraie couleur

Pour établir cette carte, nous avons travaillé sur une composition de couleurs composée de trois bandes : rouge, vert et bleu (RVB) (Fig.21).

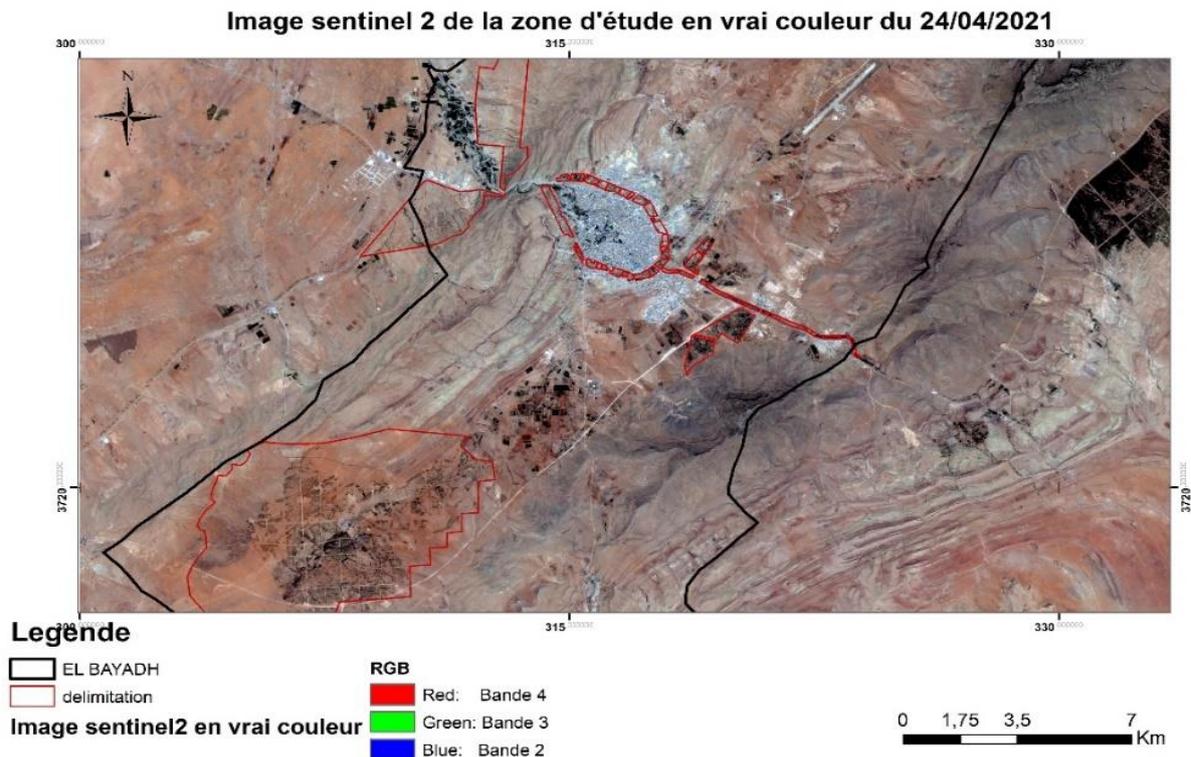


Figure 21. Image sentinelle 2 de la zone d'étude en vraie couleur (Source : USGS)

I.6.1.2.2 Images fausses couleur

L'information apportée par un seul canal ne permet pas toujours de donner un détail satisfaisant pouvant refléter de près ce qu'on espère ressortir des données télédéetectées (Fig.22). Pour ce faire, on a recours à la combinaison de trois (3) canaux en affectant à chacun l'une des trois couleurs fondamentales : Bleu, Vert et Rouge : c'est-à-dire en associant les couleurs primaires dans l'ordre de classement à leur longueur d'onde à savoir : Vert, Rouge et Proche infrarouge.

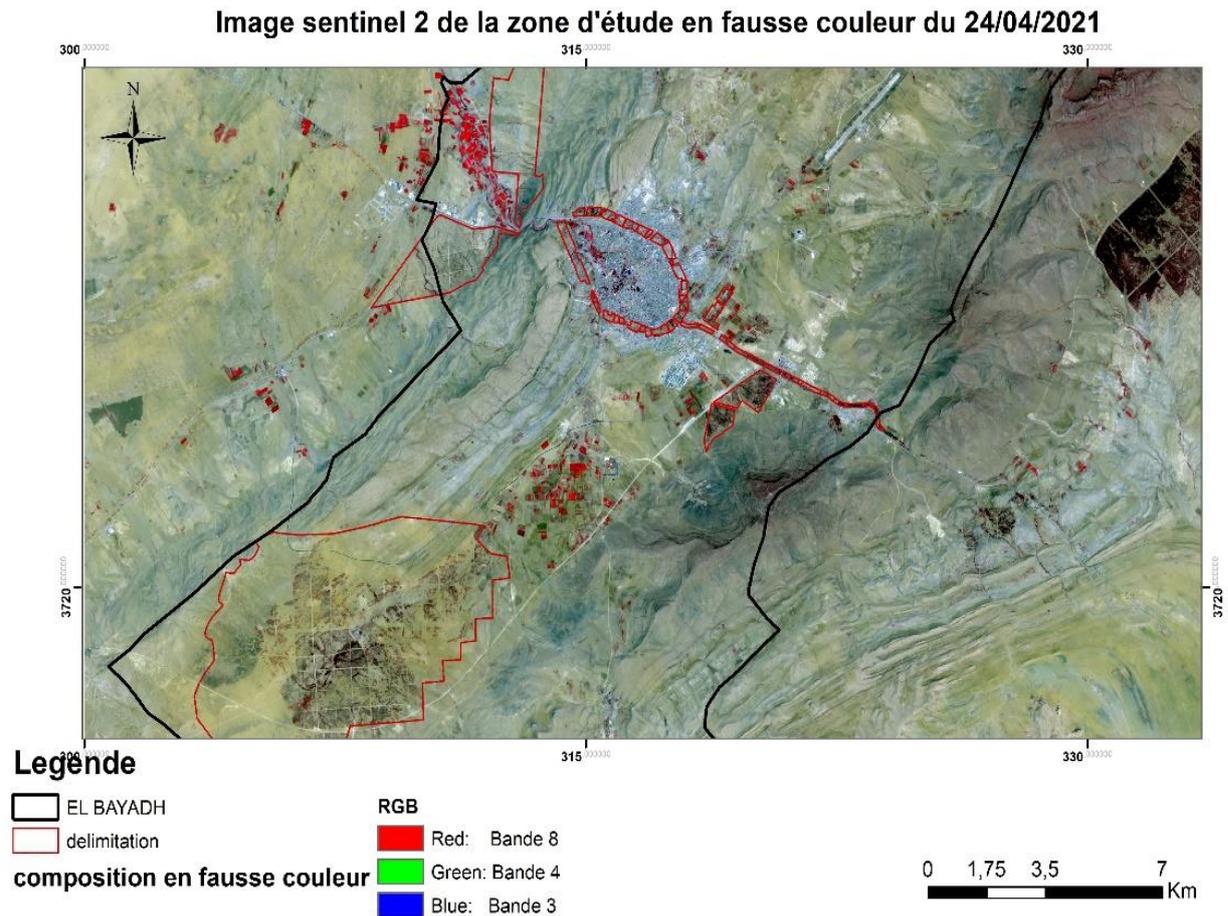


Figure 22. Image sentinelle 2 de la zone d'étude en fausse couleur (Source : USGS)

I.6.2 Réalisation de la carte de dépérissement

La superposition des différentes couches d'informations obtenues par traitement automatique des images satellitaires (composition colorée, classification supervisée) constatées durant les sorties sur terrain ont permis la réalisation de la carte de dépérissement 2021 de notre zone d'étude.

CHAPITRE IV

Résultats et discussion

I. Résultats et discussion

I.1 Effet du dépérissement sur le peuplement du barrage vert

La coloration anormale qui correspond à la proportion du feuillage affecté, est également appréciée dans les cinq classes (Tab.14). Les variables à expliquer sont celles concernant le déficit foliaire du pin d'Alep.

Suite à l'étude des différentes parcelles, nous avons observé plusieurs impacts qui présentent les mêmes symptômes, des sujets morts sur pied et des sujets en voie de dépérissement reconnaissable par la couleur de leur feuillage. Les résultats sont classés en cinq grandes classes.

Tableau 14. Classes de notation de la défoliation et les principales catégories sanitaires des arbres

Classe	Proportions de feuillage affecté en (%)	Signification des classes
0	1 – 14	Arbre non défolié
1	15 – 25	Arbre faiblement défolié
2	26 – 60	Arbre modérément dépérissant
3	≥60	Arbre fortement dépérissant
4	100	Arbre mort ou sec

Pour la notation nous avons pris l'arbre sain comme référence. Une formalisation plus poussée de l'arbre de référence à l'aide de critères morphologiques plus précis a conduit à un rehaussement (non anticipé) des notations du déficit foliaire (LANDMANN *et al.*, 1999).

I.2 Evaluation sanitaire des arbres observés

I.2.1 Etats de chaque station

Les premiers résultats obtenus concernant l'état de santé des reboisements par rapport l'indice de dépérissement se présentent comme suit :

La station 1 ou la bande verte présente un indice de dépérissement qui varie selon les parcelles de 0.752 à 3.355 correspondants à des parcelles saines à fortement dépérissant. Globalement la bande verte est en dépérissement assez grave avec un indice moyen de 2.062. Le tableau 15 montre le détail de l'état de dépérissement des différentes parcelles.

Tableau 15. Taux de dépérissement des parcelles de la bande verte

Parcelle	Indice de dépérissement	Signification dépérissement du peuplement
1	0.752	Non dépérisant ou sain
2	1.663	En début de dépérissement
3	1.693	En début de dépérissement
4	2.153	En dépérissement assez grave
5	3.105	En dépérissement grave ou fortement dépérisant
6	3.355	En dépérissement grave ou fortement dépérisant
7	1.717	En début de dépérissement

La station 2 ou ceinture verte présente un indice de dépérissement qui varie selon les parcelles de 1.741 à 2.873 correspondants à des parcelles en début de dépérissement à fortement dépérisant. D'une manière générale, la ceinture verte est en dépérissement assez grave avec un indice moyen de 2. 247. Le tableau 16 illustre le détail de l'état de dépérissement des différentes parcelles de la station 2.

Tableau16. Taux de dépérissement des parcelles de la ceinture verte

Parcelle	Indice de dépérissement	Signification
1	1.744	En début de dépérissement
2	1.888	En début de dépérissement
3	2.688	En dépérissement grave ou fortement dépérisant
4	2.873	En dépérissement grave ou fortement dépérisant
5	2.114	En dépérissement assez grave
6	1.741	En début de dépérissement
7	2.686	En dépérissement grave ou fortement dépérisant

La station 3 ou Drâa Lahmar présente un indice de dépérissement qui varie selon les parcelles de 2.047 à 3.921 correspondants à des parcelles en dépérissement assez grave à fortement dépérisant. Généralement, le reboisement de Drâa Lahmar connaît un dépérissement grave avec un indice moyen de 3.00. Le tableau 17 illustre en détail le dépérissement des différentes parcelles de la station 3.

Tableau 17. Taux de dépérissement des parcelles de Draâ Lahmar

Parcelle	Indice de dépérissement	Signification
1	3.921	En dépérissement grave ou fortement dépérissant
2	3.225	En dépérissement grave ou fortement dépérissant
3	2.811	En dépérissement assez grave
4	2.415	En dépérissement assez grave
5	2.779	En dépérissement assez grave
6	3.470	En dépérissement grave ou fortement dépérissant
7	3.51	En dépérissement grave ou fortement dépérissant
8	3.11	En dépérissement grave ou fortement dépérissant
9	2.114	En dépérissement assez grave
10	3.641	En dépérissement grave ou fortement dépérissant
11	2.047	En dépérissement assez grave
12	2.99	En dépérissement assez grave

La station 4 ou Gaâidet Ezebda présente un indice de dépérissement variant selon les parcelles de 2.227 à 3.70 correspondants à des parcelles en dépérissement assez grave à fortement dépérissant. Généralement, le reboisement de Gaâidet Ezebda connaît un dépérissement grave avec un indice moyen de 3.5. Le tableau 18 montre en détail le dépérissement des différentes parcelles de la station 4.

Tableau18. Taux de dépérissement des parcelles de Gaâidet Ezebda

Parcelle	Indice de dépérissement	Signification
1	3.70	En dépérissement grave ou fortement dépérissant
2	3.70	En dépérissement grave ou fortement dépérissant
3	2.227	En dépérissement assez grave

La station 5 ou le reboisement de Bouderga présente un indice de dépérissement variant selon les parcelles entre 1.540 et 2.273 correspondant à des parcelles saines à fortement dépérissantes. Généralement, le reboisement de Bouderga est dans un état de début de dépérissement avec un indice moyen de 1.937. Le tableau 19 montre en détail le dépérissement des différentes parcelles de la station 5.

Tableau 19. Taux de dépérissement des parcelles de boisement de Bouderga

Parcelle	Indice de dépérissement	Signification
1	1.540	Non dépérissant ou sain
2	2.169	En dépérissement assez grave
3	1.766	En début de dépérissement
4	2.273	En dépérissement grave ou fortement dépérissant

En examinant les résultats relatifs aux cinq stations, il s'avère que le dépérissement est plus conséquent et significatif pour les reboisements de Draâ Lahmar et Gaâidet Ezebda. En effet, dans ces stations il fait beaucoup plus sec ce qui peut expliquer le nombre élevé de sujets dépéris.

I.2.2 Etat du barrage vert

Le phénomène de dépérissement est le plus observé (Il semblerait que l'âge intervienne, la défoliation serait perçue comme l'expression normale du vieillissement des arbres adultes (DALSTEIN, 1999).

L'état général du barrage vert paraît en dégradation avec l'aspect « branches mortes » qui domine dans les cinq stations étudiées où l'indice de dépérissement oscille entre 1.937 comme valeur minimum et 3.542 comme valeur maximum avec un indice moyen de 2.557. Ceci, nous permet de conclure que l'état du barrage vert au niveau de la commune d'El-Bayadh est en dépérissement assez grave (Tab.20).

Tableau 20. Indice de dépérissement du barrage vert de la commune d'El-Bayadh

Station	Indice de dépérissement	Signification
1	2.062	En début de dépérissement
2	2.247	En dépérissement assez grave
3	3.00	En dépérissement grave ou fortement dépérissant
4	3.542	En dépérissement grave ou fortement dépérissant
5	1.937	En début de dépérissement
Barrage vert	2.557	Dépérissement assez grave

I.3 Relation dépérissement / paramètres dendrométriques

Les corrélations entre le phénomène de dépérissement et les paramètres dendrométriques (hauteur des arbres, circonférence, sujets coupés et état sanitaire des arbres) sont :

I.3.1 Hauteur des arbres observés

La mesure de la hauteur des arbres au niveau des cinq stations du barrage vert de la commune d'El-Bayadh nous a permis de distinguer trois classes (Fig.23) : 1 à 3 m comprenant 2164 arbres, c'est la classe qui a l'effectif le plus important et donc la plus dominante ; 3.5 à 5 m avec un effectif de 624 arbres, et enfin celle de 5.5 à 7 m composée de 139 arbres, c'est la classe la plus faible. Le dépérissement est élevé dans classe la plus importante (1-3), qui compte la plus grande proportion d'arbres par contre dans les deux autres classes le dépérissement est non significatif.

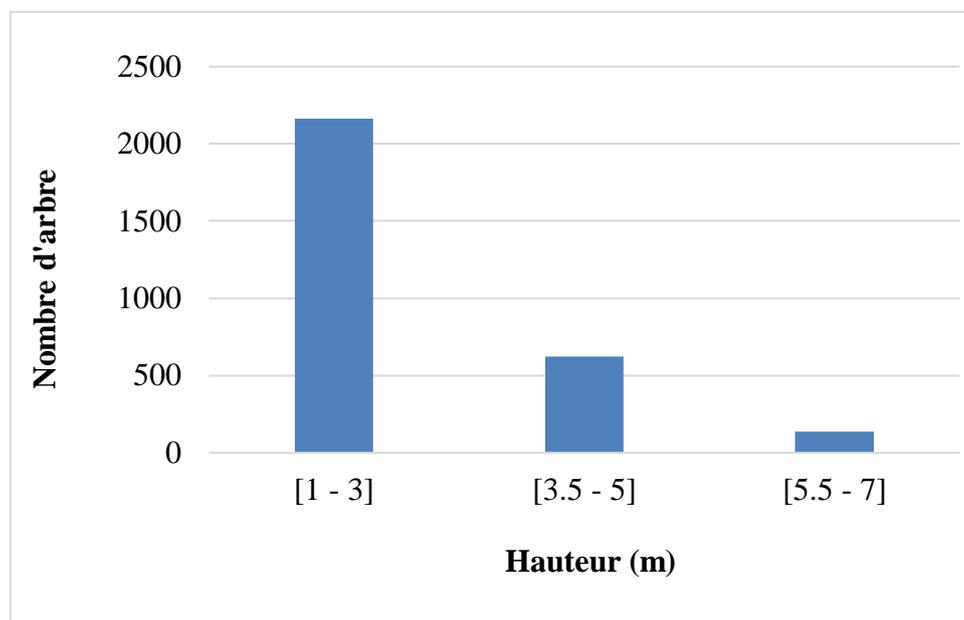


Figure 23. Classes de la hauteur des arbres du barrage vert de la commune d'El-Bayadh

I.3.2 Circonférence des arbres observés

La mesure de la circonférence des arbres au niveau des cinq stations du barrage vert de la commune d'El-Bayadh a permis de dégager 4 classes (Fig.24) : (1) 0 à 25 cm comprenant 414 arbres, (2) 26 à 50 cm avec un effectif de 2113 arbres, c'est la classe qui a l'effectif le plus important et donc la plus dominante, (3) 51 à 75 cm avec 382 arbres et enfin (4) 76 à 115 cm composée seulement de 18 arbres, c'est la classe la plus faible.

Dans ce cas, le dépérissement se manifeste à travers les différentes classes de circonférences à 1.30m où il touche aussi bien les jeunes tiges que les adultes. La présence d'insectes à un impact avéré sur la croissance des arbres, ce qui explique le mauvais état dendrométrique (hauteur, circonférence) du barrage vert en dépit de ses 45 ans d'existence. La présence d'une proportion faible de grands arbres s'explique par une présence de l'eau ou apport dans ce sens.

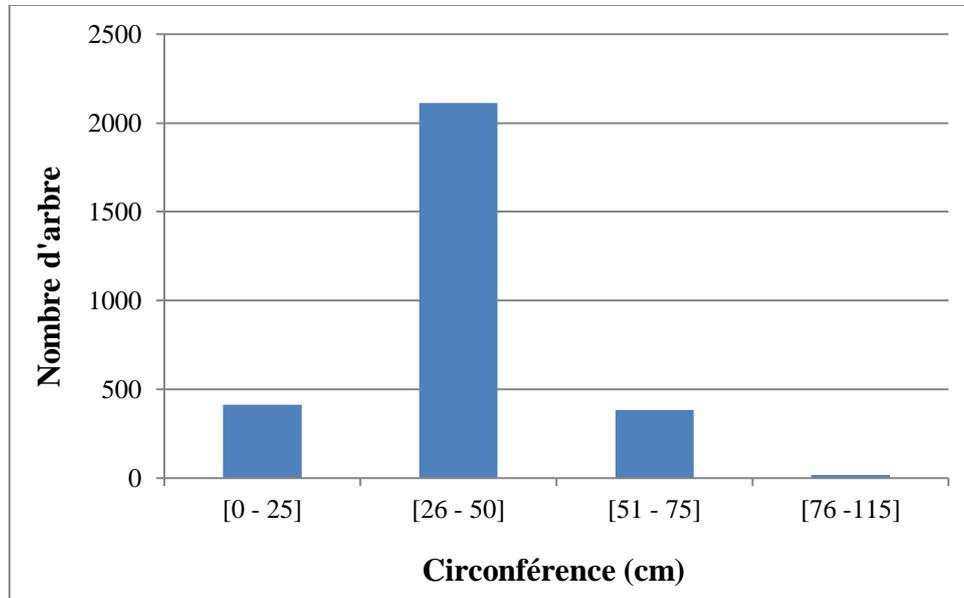


Figure 24. Classes de circonférences des arbres observés

L'étude de la relation du dépérissement avec les caractéristique dendrométrique (hauteur des arbres et circonférence des arbres observés). Le taux de dépérissement présente une faible variabilité en rapport avec les catégories de hauteur, classe de hauteur (1-3) sont celles où le taux de dépérissement est le plus élevé. Le dépérissement se manifeste à travers les différentes classes de circonférences à 1.30 m où il touche aussi bien les jeunes tiges que les adultes. Les arbres qui sont grands signifient qu'ils sont dans un endroit où il y a de l'eau, et la présence d'insectes à un impact affecté sur la croissance des arbres

I.4 Effet de la processionnaire du pin sur le peuplement

Une vue générale des parcelles étudiées montre des arbres à feuillage très clairsemé dont la perte est due aux attaques successives de la chenille sur plusieurs années.

I.4.1 Indice d'infestation à partir du nombre de pré nids ou nids définitifs

La conservation des forêts d'El-Bayadh, à réaliser un travail sur l'infestation de la processionnaire du pin au niveau du barrage vert. Sur 100 arbres, et dans chaque station on compte le nombre de nids qu'ils contiennent (Tab.21) :

- Si 3 à 6 arbres sont infestés cela représente un taux de 10 à 25% et l'infestation est légère,
- Si 7 à 10 arbres sont infestés cela représente un taux de 25 à 50% et l'infestation est moyenne,
- Si 11 arbres et plus sont infestés cela représente un taux de 50% et l'infestation est forte.

Tableau 21. Taux d'infestation au niveau de la zone d'étude

Station	Taux moyen d'infestation
Bande verte	8.74%
Ceinture verte	8.66%
Draa Lahmar	9.06%
Gaâidet Ezebda	9.46%
Bouderga	9.03%

I.5 Analyse des données climatiques en relation avec les dommages des scolytes

Les conditions atmosphériques ainsi que les variations de celles-ci sont à l'origine de la répartition spatiale des écosystèmes, des espèces et de leur évolution au cours du temps (AUSSENAC et GUEHL, 1994). Les écosystèmes forestiers et les espèces qui les constituent sont donc en constante évolution et obéissent aux fluctuations du climat (LEGAY, 2015).

Dans le contexte des changements climatiques actuels, de nombreux cas de dépérissement de la végétation sont observés à travers le monde. Concernant les températures, l'exploitation des données anciennes et récentes montre un certain réchauffement, au niveau de la région d'El-Bayadh avec une hausse de température de 0,7°C (BENDOUINA, 2020).

Sur la base des données climatiques de la région d'El-Bayadh de la période 2000-2020, une analyse de la variation des températures et des précipitations a été effectuée. Ces variations climatiques, tendant vers l'aridité, ont conditionné en grande partie l'activité de divers ravageurs scolytidae, c'est-à-dire le comportement de ces ravageurs vis-à-vis de la composante climatique. En effet, une importante perturbation du cycle biologique de *Tomicus piniperda* a été constatée sur le terrain où différents stades de développement (larve, Nymphe et adulte) ont été trouvés en même temps (Fig.25).

Les arbres sont affaiblis par les attaques de la chenille processionnaire, ce qui a permis l'installation facile des scolytes.



Figure 25. Différents stades de développement de *Tomicus piniperda* (originale, 2021)

Par ailleurs, l'observation du tronc de l'arbre montre des trous d'entrée et de sortie du scolyte (Fig.26) et l'écorçage révèle aussi plusieurs stades de développement, la présence des larves, jeunes adultes et d'adultes (Fig.27).



Figure 26. Trous d'entrées de scolytes (Originale, 2021)

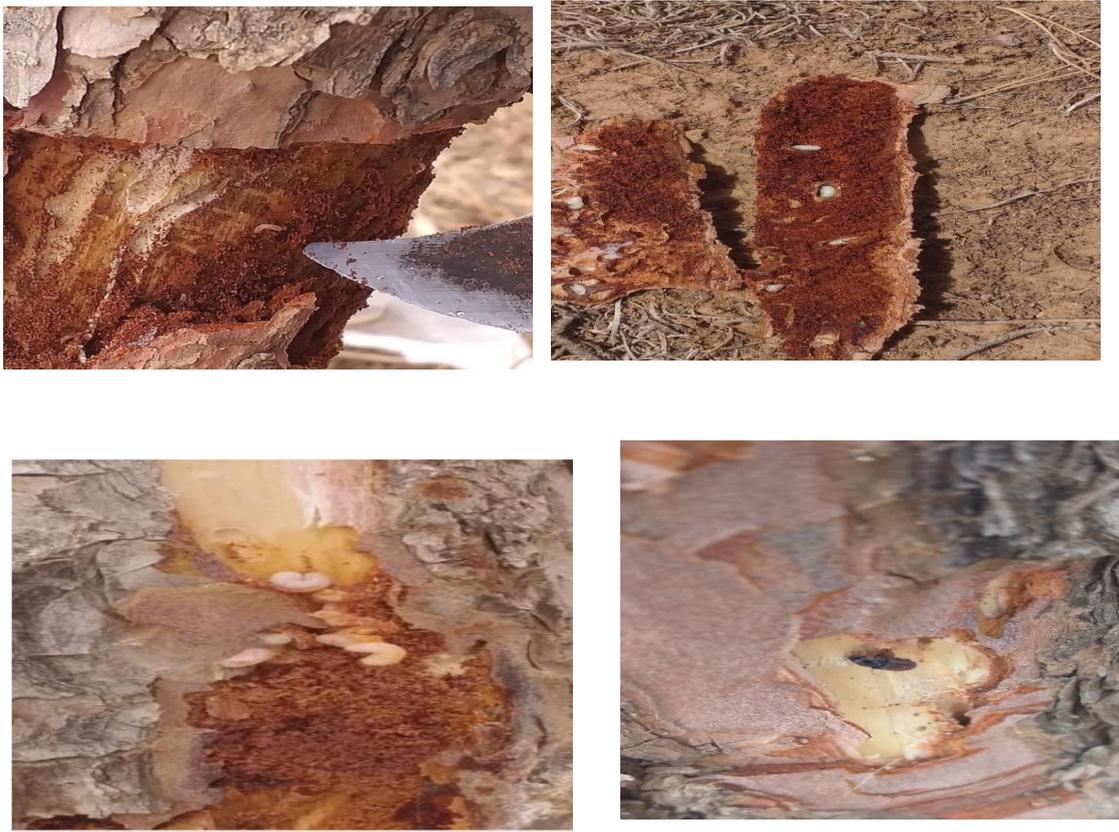


Figure 27. Stades de développement de *Tomicus piniperda* (Originale, 2021)

I.6 Cause de dépérissement

Suite au diagnostic sur le terrain de l'état sanitaire des arbres, nous avons identifié les causes de dépérissement du reboisement du pin d'Alep au niveau du barrage vert de la commune d'El-Bayadh. Les résultats obtenus montrent que la plupart des arbres font l'objet d'attaques par les xylophages et les défoliateurs. En effet, sur les 2927 arbres observés, 2205 soient 75.33% ont subi des attaques dont 1600 par les xylophages et 605 par les défoliateurs. Les attaques par les xylophages sont les plus importantes et représentent 54.6% alors que celles des défoliateurs ne constituent que 20.7%. La partie saine du barrage vert étudiée représente seulement 24.7%, soit l'équivalent de 722.

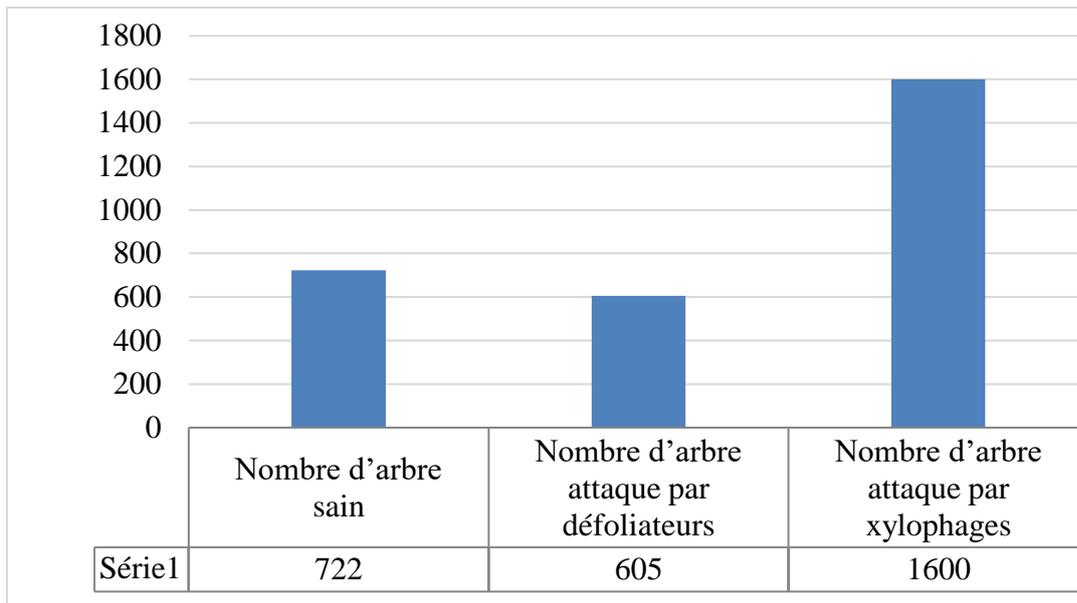


Figure 28. Effectif et état sanitaire des arbres observés

I.7 Evaluation de l'état de dépérissement de barrage vert par la télédétection

I.7.1 Indice de végétation NDVI

La carte de l'indice NDVI de la zone d'étude réalisée sous ArcGIS 10.7 pour l'année 2021, montre qu'il y a un changement net surtout au niveau de la répartition de la couleur verte affectée aux reboisements (Fig.29). L'indice NDVI calculé varie de 0.006 à 0.54.

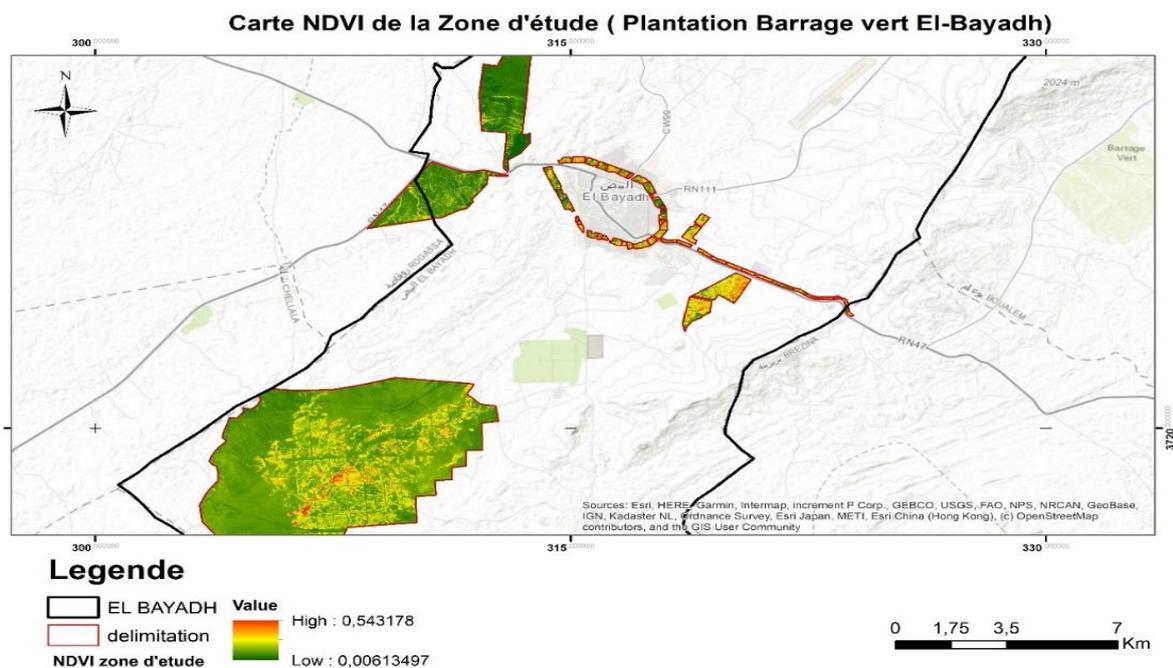


Figure 29. Carte de l'indice de végétation NDVI de la zone d'étude (Originale, 2021)

La carte de l'indice de végétation NDVI a été soumise à une classification supervisée tout en utilisant les données de terrain et l'image. Un nombre de 5 classes a été déterminé en relation avec l'état du couvert végétal (Tab.22) :

- Classe 1 : sol nu
- Classe 2 : fortement défolié
- Classe 3 : modérément défolié
- Classe 4 : faiblement défolié
- Classe 5 : arbre non défolié

Pour chaque classe nous avons affecté un intervalle de valeur de l'indice NDVI constaté sur le terrain, ensuite nous avons extrait une table attributaire qui donne les superficies et pourcentage pour chaque classe.

Tableau 22. Classes de l'indice NDVI et les surfaces affectées par la défoliation

Classe NDVI	Signification des classes	Superficie (ha)	Pourcentage %
0.32 – 0.54	Arbre non défolié	5.41	0.09
0.21 – 0.32	Arbre faiblement défolié	109.67	1.85
0.16 – 0.21	Arbre modérément défolié	412.40	6.95
0.14 – 0.16	Arbre fortement défolié	339.78	5.73
0.006 – 0.14	Sol nu, végétation herbacé et arbre mort	5059.95	85.36
Total		5927.21	100

I.7.2 Cartes de dépérissement

En fonction des classes établies à partir de l'indice NDVI, nous avons dressé des cartes de dépérissement pour les stations de barrage vert étudiées. Ainsi la figure 31 illustre les atteintes qui sont actuellement visibles en de très nombreux points dans la station de la bande verte et le reboisement Bouderga. Les indications fournies sur la carte ont trait aux principales zones où le dépérissement est assez général.

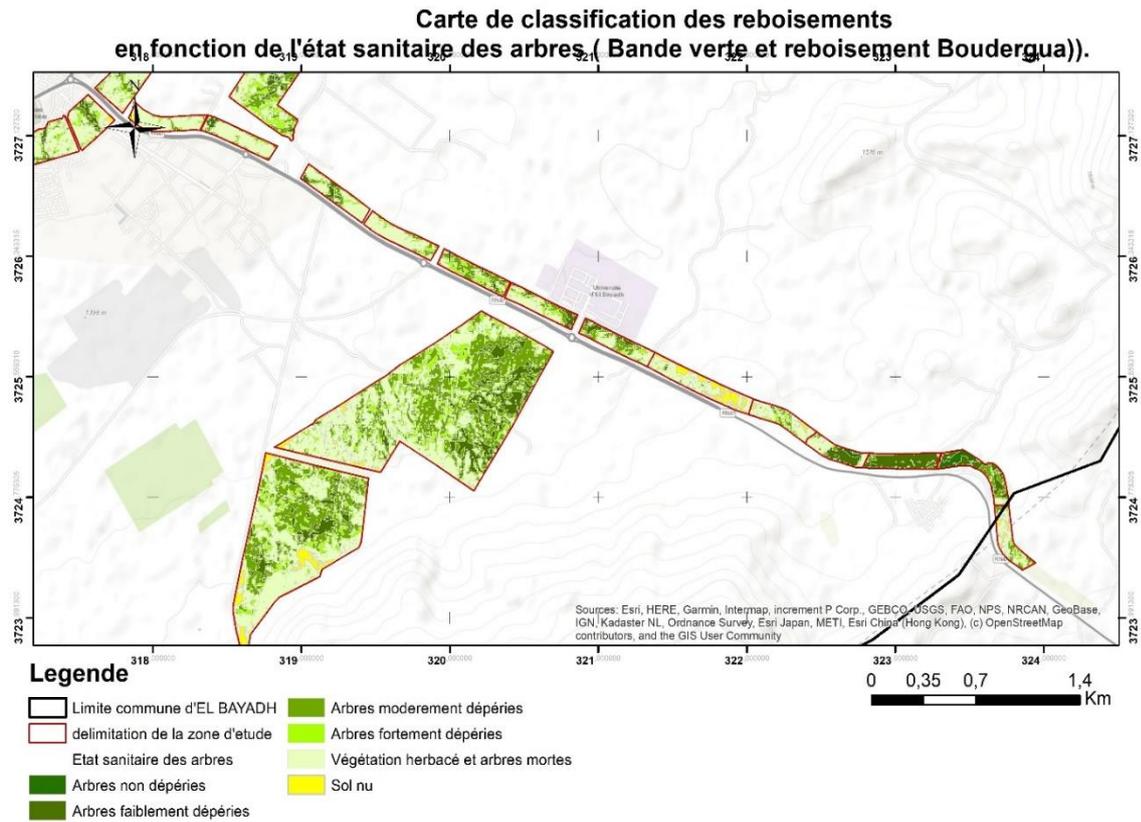


Figure 30. Répartition des classes de dépérissement dans la bande verte et le reboisement de Bouderga (Originale, 2021)

Dans la station de la ceinture verte, la figure 31 illustre l'ampleur du dépérissement. La couleur jaune sur la carte correspond à des sites précis où des atteintes très nettes sont observées.

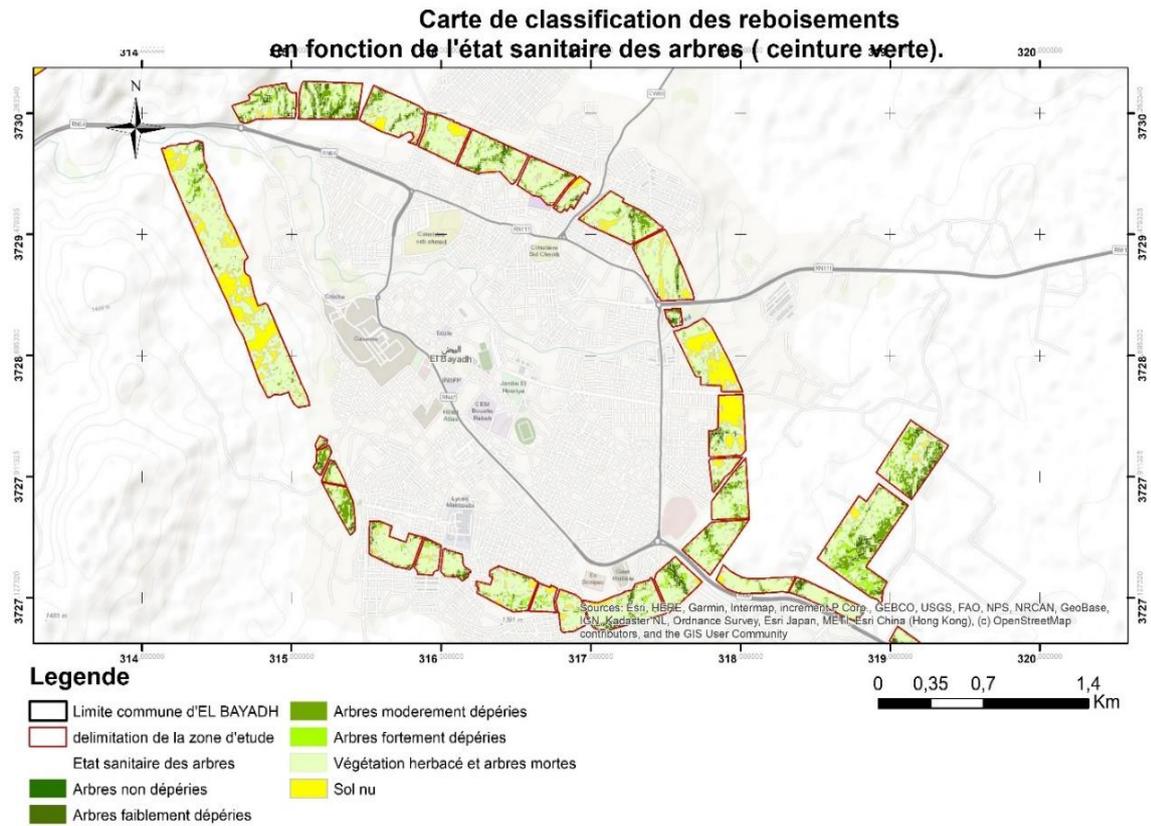


Figure 31. Répartition des classes de dépérissement dans la ceinture verte (Originale, 2021)

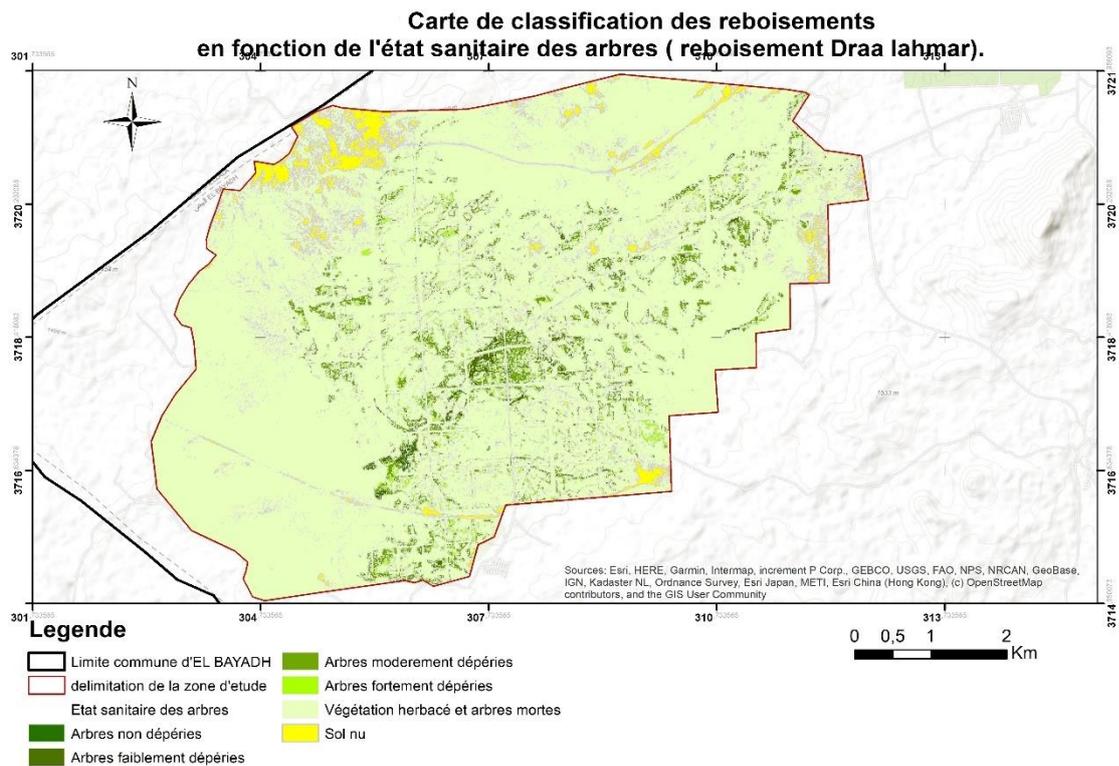


Figure 32. Répartition des classes de dépérissement à Draa Lahmer (Originale, 2021)

Dans la station de Draa Lahmer (Fig. 32) le dépérissement est assez general comme l'indique les couleurs verte claire et jaune correspondant aux classes « arbres fortement dépéris » et « sol nu ». En revanche, dans la station de Gaaidet Ezebda (Fig.33), l'indice NDVI indique un dépérissement plus intense, la couleur jaune est très dominante.

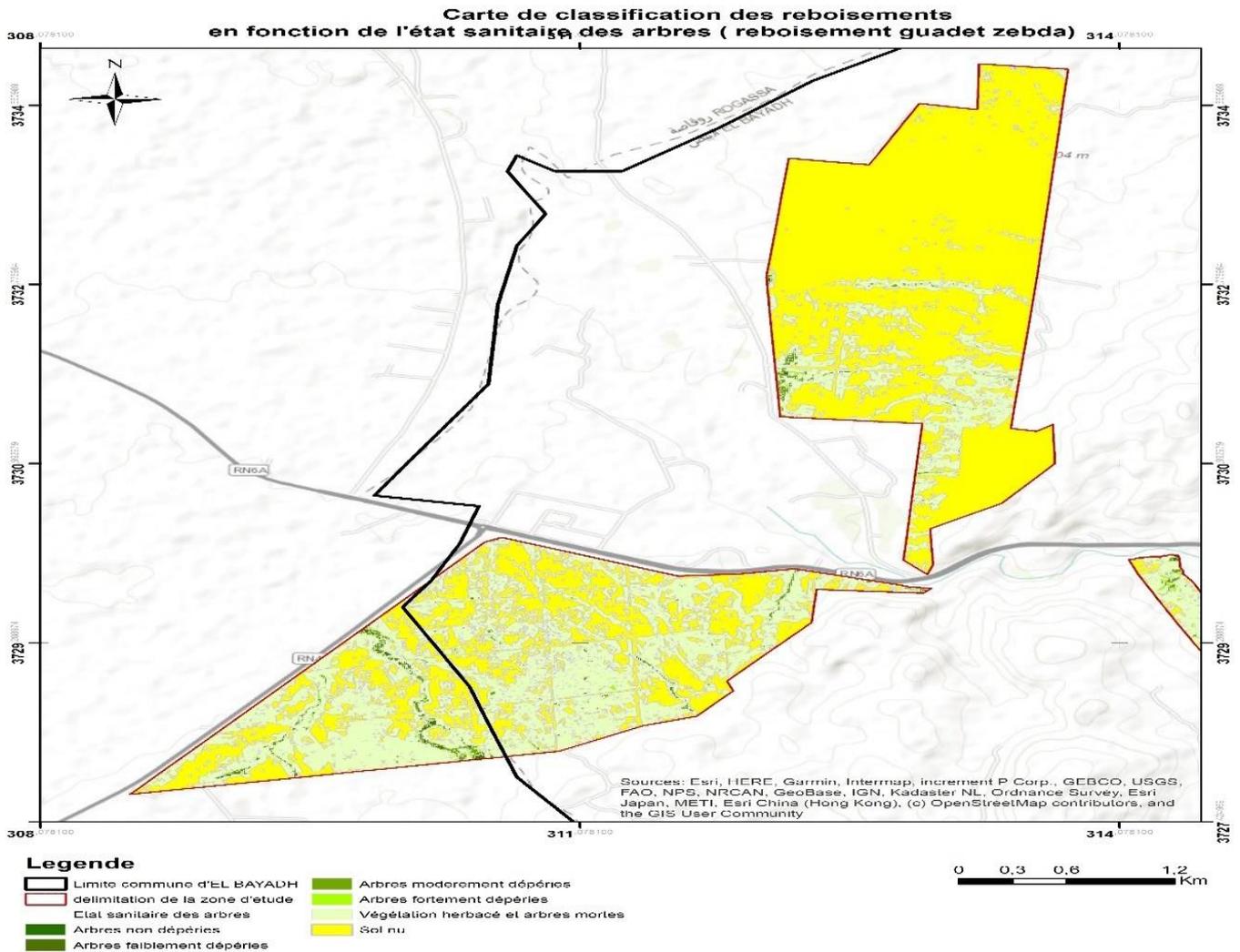


Figure 33. Répartition des classes de dépérissement à Gaaidet Ezebda (Originale, 2021)

Conclusion

Au terme de ce travail, que nous avons mené au sein du reboisement de pin d'Alep de la commune d'El-Bayadh dans le but d'en étudier les causes de dépérissement tout en prenant en considération les conditions climatiques.

Les insectes interviennent très souvent dans le processus de dépérissement, soit comme facteur primaire déclenchant le phénomène, soit comme facteur secondaire accentuant et amplifiant le processus au cours du temps. Parmi les insectes recensés, il semble que les xylophages, en particulier les Scolytidae jouent actuellement un rôle important dans le processus du dépérissement du barrage vert d'El-Bayadh.

L'analyse de l'évolution des conditions climatiques durant la période 2000-2020, montre que la wilaya d'El-Bayadh est passé à l'étage semi-aride inférieur à hiver froid, avec un écoulement temporaire et une tendance à la sécheresse. Ce phénomène de sécheresse répétitive, qui touche depuis longtemps la région, est le principal facteur de dépérissement favorisant les attaques successives de la chenille et les xylophages.

D'autre part, l'indice moyen de dépérissement du barrage vert, d'une valeur de 2.557, est assez grave. Il prend plus d'ampleur dans les stations de Draâ Lahmar et Gaâidet Ezebda où le dépérissement est plus conséquent.

Par ailleurs, l'utilisation de l'imagerie satellitaire nous a permis l'établissement de la carte de classification de l'état sanitaire du barrage vert où cinq classes ont été déterminées à savoir :

- Classe 1 « arbres non défoliés » avec un taux de 0.09%,
- Classe 2 « arbres faiblement défoliés » avec un taux de 1.85%
- Classe 3 « arbres modérément défoliés » avec un taux de 6.95%
- Classe 4 « arbre fortement défoliés » avec un taux de 5.73%
- Classe 5 « sol nu » avec végétation herbacée et arbres morts avec un taux de 85.36%

D'une manière globale, le dépérissement du barrage vert et la coloration anormale des feuillages, peuvent non seulement être causés par les ravageurs (défoliateurs et xylophages), mais aussi par d'autres agents pathogènes tels que les nématodes, ce qui serait intéressant de pousser l'investigation dans ce sens.

En fin, pour toute reconstitution ou extension du barrage, nous recommandons de passer par les étapes suivantes :

- Dans un 1^{er} temps faire des opérations d'assainissement et de travaux sylvicoles, coupe sanitaire, coupe rase des arbres morts et fortement défoliés avec incinération sur place pour diminuer la pullulation des ravageurs et éviter toute propagation des agents pathogènes au niveau d'autres peuplements sains.
- Dans un 2^{ème} temps faire des traitements sylvicoles, échenillage, chaulage.
- Dans un 3^{ème} temps planter d'autres espèces forestières pour éviter la monoculture (plantation avec pin d'Alep), mais aussi introduire des essences à intérêt économique comme le caroubier, le pistachier et l'olivier pour le développement durable de la région.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUSSENAC G., GUEHL J.M.1994.** Dépérissement et accidents climatiques », Revue forestière française, vol. 46, n°5 : 458-470.
- BARET, F., GUYOT, G. 1991.** Potentials and limits of vegetation indices for LAI and PAR assessment. Remote Sens. Environ., 35 (1991), pp. 161-173.
- BASTIEN COCHARD, PIERRE-YVES BOVIGNY et FRANÇOIS LEFORT. 2014.** La chenille processionnaire du pin. Horticulture romande. Juillet-Août N° 7/8.:26-28.
- BECKER M., LEVY G.1982.** Le Dépérissement du Chêne en forêt de Tronçais. Les causes Écologiques. Annales des Sciences forestières, vol. 39, n° 4 :439-440.
- BELHOUCINE L., 2020.** Définitions et méthodologie d'approche de dépérissements. Polycopie de cours : Université Tlemcen : 1-7pp.
- BENDOUINA N., 2020.** État des lieux de la Biodiversité de Djebel Ksel dans la region d'El Bayadh. Memoir de master en foresterie, Université Tlemcen, 153p.
- BENSAID.,1995.** Bilan critique du barrage vert en Algérie. Sécheresse (Paris) :n°6.
- BERRYMAN A.A., 1972.** Resistance of conifers to invasion by bark beetle– fungus Associations. BioScience22 : 598-602.
- BOUAICHI S.2017.** Bilan et analyse des reboisements de barrage vert dans la wilaya d'El-Bayadh forêt du Draa Lahmar. Mémoire Master en Foresterie. Université Tlemcen. 93p.
- BNEDER.,2012.** Etude de réhabilitation et d'extension du barrage vert :1-2.
- BONN F et ROCHON G., 1993-** Précis de télédétection. Principes et méthodes. Volume 1, UREF, p 485.
- BOUHOt L. 1990.**Distribution spatio-temporelle et stratégies d'échantillonnage des attaques de *Tomicuspinnerda* L., et *Ipssexdentatus*Boern. (Coleoptera : Scolytidae) sur le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) en forêt d'Orleans. Thèse doc, Univ. Claude Bernard, Lyon I, 259 p.
- BOUHRAOUA TR. 2020.** Ravageurs des forêts. Polycopie de cours. Université Tlemcen :1-3
- CAILLERET M., JANSEN S., ROBERT E.M., DESOTO L., AAKALA T., ANTOS J.A., BEIKIRCHER B., BIGLER C., BUGMANN H., CACCIANIGA M., CADA V., CAMARERO J.J., CHERUBINI P., COCHARD H., COVEA M.R., CUFAR K., DAS A.J., DAVI H., DELZON S., DORMAN M., GEA-IZQUIERDO G., GILLNER S., HAAVIK L.J., HARTMANN H., HERES A.M., HULTINE K.R., JANDA P., KANE J.M., KHARUK V.I., KITZERBER T., KLEIN T., KRAMER K., LENS F., LEVANIC T., LINARES CALDERON J.C., LLORET F., LOBO-DO-VALE R., LOMBARDI F., LOPEZ RODRIGUEZ R., MAKINEN H., MAI S., MESZAROS I., METSARANTA J.M., MINUNNO F., OBERHUBER W., PAPADOPOULOS A., PELTONIEMI M., PETRITAN A.M., ROHNER B., SANGUESA-BARREDA G., SARRIS D., SMITH J.M., STAN A.B., STERCK F., STOIANOVIC D.B., SUAREZ M.L., SVOBODA M., TOGNETTI R., TORRES-RUIZ J.M., TROTSIUK V., VILLALBA R., VOLDE F., WESTWOOD A.R., WVCKOFF P.H., ZAFIROV N., MARTINEZ-VILALTA J.2017.** A synthesis of radial growth patterns proceeding tree mortality, Global change biology, vol.23, n°4:1675-1690.

CHAKALI G., 1992. Les insectes ravageurs du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie. Mém. Soc.r. Belge Ent., 35 : 505-509.

CHARARAS C., 1962. Scolytes des conifères. Éd. Le chevalier, Paris, 556 p.

COUDERCR., 1973. Remarque sur la région appliquée à la steppe de l'Algérie occidentale Ed. Centre interne. Hautes et agro. Med. (Chema), Option méditerranéenne pp : 23-101.

DAGMAR N-W., & BEAT F.2000. Les insectes corticoles des pins, Notice pour le praticien. Not. part. 31 :1-12.

DALSTEIN L., 1999. La méthode d'inventaire des dommages forestiers appliquée à l'étude de la Cembraie du Vallon de Molières. Parc national du Mercantour. Forêt méditerranéenne t. XX, N° 3 : 115-119.

DGF.,2004. Programme d'action national sur la lutte contre la désertification.

DOBBERTIN M., 2005. Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: are view. Eur. J. For. Res. 124 : 319-333.

DOBREMEZ J-F., 2001. La montagne du biologiste. In: Revue de géographie alpine, tome 89, n°2 . pp. 93-100.

GALLEGO D. & GALIAN J., 2001. The internal transcriber spacers (ITS1 and ITS2) of the rDNA differentiates the barkbett le forest pests *Tomicus destruens* and *T. piniperda*. Insect Molecular Biology, 10 : 415-420.

GAZONNEAU A., 2007. Pour la forêt méditerranéenne, le changement climatique est déjà à L'œuvre. <http://actscience.blogspot.com/2007/11/pour-la-foret-mediterranenne-le.html>.

GUILLAUMIN j.j- Ch., BERNARD C., DELATOUR - M., BELGRAND.1983. Le dépérissement du chêne à tronçais : pathologie racinaire. Biologie et forêt R.F.F. XXXV : 415-424.

GUIT B., NEDJIMI B., CHAKALI G., GUIBAL F.2016. Etat sanitaire des peuplements de pin d'Alep (*Pinus halepensis* mill.) dans le massif forestier de Senalba (Djelfa, Algérie), Revue d'Ecologie (Terre et Vie), vol.71, n°2 :156-167.

HADDOUCHE, D. 2009 : La télédétection et la dynamique des paysages en milieu aride et semi-aride en Algérie : cas de la région de Naama. Thèse Doct. Univ de Tlemcen pp. 118-131.

INNES J.L .1993. Forest health: its assessment and status. — Wallingford (UK): CAB International, 677 p.

JACQUES MIRAULT et JACQUES REGAD. 1992. Le point sur la situation phytosanitaire du pin d'Alep forêt méditerranéenne, t. XIII, n° 3.p :220-223.

JUMP A.S., HUNT J.M., PEÑUELAS J., 2006. Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*. Glob. Change Biol. 12: 2163-2174.

KERDELHUE C., ROUX-MORABITO G., FORICHON J., CHAMBON J.-M., ROBERT A. & LIEUTIER F., 2002. Population genetic structure of *Tomicus piniperda* L. (Curculionidae: Scolytidae) on different pine species and validation of *T. destruens* (Woll.). Molecular Ecology, 11: 483-494.

KOHLMAYR B., RIEGLER M., WEGENSTEINER R. & STAUFFER C., 2002. Morphological and genetic identification of the three pine pests of the genus *Tomicus* (Coleoptera, Scolytidae) in Europe. *Agricultural and Forest Entomology*, 4 : 151-157.

LANDMANN G., 1994. Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers. *rev. For. Fr.* XLVI : 405-415.

LANDMANN G., & BONNEAU M. 1994. Le Dépérissement du Sapin pectiné et de l'Épicéa commun dans les montagnes françaises au cours des années 1980. — *Revue forestière française*, vol. XLVI, n° 5 :522- 537.

LANDMANN G., BONNEAU M. & ADRIAN M., 1987. Le dépérissement du sapin pectiné Et de l'épicéa commun dans le massif vosgien est-il en relation avec l'état nutritionnel des peuplements ? *R.F.F. XXXIX -1* : 5-11.

LANDMANN G., PIERRAT J.-C., & NAGELEISEN L.-M. 1999. Période de réajustement à la hausse de la notation de l'état des cimes des arbres forestiers en France. *Les Cahiers du DSF, La Santé des Forêts [France] en 1998, Min. Agri. Pêche (DERF), Paris: 63–66.*

LANDMANN G. 1993. Role of climate, stand dynamics and past management in forest decline: a review of ten years of field ecology in France. In: *Forest decline in the Atlantic and Pacific region / R. F. Huettl, D. Mueller Dombois Eds. Berlin: Springer Verlag:18-39.*

Legay M. 2015. Effets attendus du changement climatique sur l'arbre et la forêt dans ONERC, Picard O., Legay M., Landmann G., Berger F., Riou-Nivert P., Guillet P., Rebendenne M., Peyron J.L., Bailly A., Bellin I., Reyssset B., Duvernoy J., Mondon S., *L'arbre et la forêt à l'épreuve du climat qui change, Paris, La Documentation Française :33-64.*

LETREUCH.,1991. Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. *TI et T2 O.P.U., 618p.*

LETREUCH.,1995. Sylviculture spéciale, éléments de réflexion de la mise en valeur des taillis de chêne vert. Etude d'un cas concret. *Collection de cours anniversaires. O.P.U., 65p.*

Lieutier F.,faure T.,Garsia J.1988.Les attaques de scolytes et ledépérissement du pin Sylvestre dans la région Provence côte d'azur. *Revue Forestière Française, 40* : 224-232.

Lieutier F.,Levieux J. 1985. Les relations conifères-scolytes, importance et perspectives de Recherches. *Annales des Sciences Forestière 42* : 359-370.

Lieutier F.,Piou D.1988.Point de vue sur le dépérissement du pin sylvestre en région Centre. *La forêt privée 179* : 39-46.

MABKHOUTI S., 2012. Mise au point d'une méthodologie d'étude pour l'établissement d'un bilan écologique des reboisements réalisés dans le cadre du barrage vert. *Mémoire de magister en science de la nature, université Houari Boumediene, 111p.*

MANION P D.1981. *Tree disease concepts. Englewood Cliffs (N.J.): Prentice Hall. 324 p*

MONTOYA OLIVER J.M., & MESON GARCIA M.L.1995. Le dépérissement des chênes méditerranéens en Espagne », *Revue Forestière Française, vol. 47, n°4 :401-40.*

NAGELEISEN L M.1993. Les dépérissements d'essences feuillues en France. *Rev. For. Fr. XLV* : 605-620.

NAGELEISEN L.M., DEPIERRE A., LETZ J.M., AUMONIER T., DOUZON G.,

Pierre-Olivier Bonhomme¹ et David Dancart.,2019. Retour d'expériences sur la lutte contre les scolytes. Sylviculture, n°5 :30-31.

POIROT J., BAUBET O., NORMAND S., & COISE L.2005. Réseaux européens de suivi des dommages Forestiers niveau 1 et niveau 2 – Manuel – Notation des dommages forestiers », Département de la santé des forêts.

NAGELEISEN L.M.1993. Dépérissement actuel des chênes, Revue Forestière Française, vol. 46, n°5 : 504-511.

PIERRE-OLIVIER B., & DAVID D. 2019. Retour d'expériences sur la lutte contre les scolytes sylviculture, 31p.

ROUSE J, W., HAAS, R. H., SCHELL, J. A., DEERING, D. W., & HARLAN J. C. 1974.Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwaveeffect) of natural vegetation. NASA/GSFC Type III final report, green b.

SCHOWALTER T.D., 2006. Insectecology: An ecosystemapproch, 2nd ed. Academic Elsevier, London : 572 p.

VENNETIER M., 2012 .Changement climatique et dépérissements forestiers. In Corvol A. éde Changement climatique et modification forestière, CNRS, Paris :50-60.

VENNETIER M., RIPERT C., BROCHIERO F., RATHGEBER C., CHANDRIOUX O. & ESTEVE R., 2010. Évaluation de la croissance du pin d'Alep en Région méditerranéenne française. Rev. Forestière Française 5 : 11-17.

Web1 : <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/zoologie-chenille-processionnaire-pin-700/page/2/>

Web2: http://cdn1_2.reseaudesvilles.fr/cities/204/documents/ertsgarzh2ne0e5.pdf

Station 1. La bande verte

Age de peuplement 51ans

Le traitement sylvicole fait : élagage

La pente 3%

Parcelle 1

N° d'arbre	Hauteur (m)	Circonférence (cm)	Signification de la classe	Proportion de feuillage décoloré	Ravageur constaté
1	7	60	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
2	6,5	47	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
3	6	45	Arbre faiblement défolié	20%	Pas de ravageur
4	7	56	Arbre faiblement défolié	25%	Pas de ravageur
5	7	70	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
6	6,5	41	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
7	6,5	49	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
8	6,5	42	Arbre non défolié	12%	Pas de ravageur
9	7	70	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
10	6,5	49	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
11	7	56	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
12	7	50	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
13	6,5	40	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
14	6	39	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
15	6	33	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
16	6,5	47	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
17	7	60	Arbre non défolié	0%	Pas de ravageur
18	7	74	Arbre non défolié	0%	Pas de ravageur
19	5,5	26	Arbre Modérément dépérissant	30%	Pas de ravageur
20	6	30	Arbre faiblement défolié	20%	Pas de ravageur

Annexe 1

21	7	65	Arbre non défolié	0%	Pas de ravageur
22	7	56	Arbre non défolié	0%	Pas de ravageur
23	4,5	14	Arbre faiblement défolié	20%	Pas de ravageur
24	6,5	44	Arbre faiblement défolié	25%	Pas de ravageur
25	5	19	Arbre Modérément dépérissant	30%	Pas de ravageur
26	5	26	Arbre Modérément dépérissant	30%	Pas de ravageur
27	5	26	Arbre faiblement défolié	25%	Pas de ravageur
28	4,5	16	Arbre faiblement défolié	20%	Pas de ravageur
29	6,5	45	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
30	4,5	43	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
31	6,5	60	Arbre faiblement défolié	15%	Pas de ravageur
32	6,5	42	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
33	6,5	41	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
34	6	38	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
35	5,5	29	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
36	5	12	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
37	6	34	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
38	6	32	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
39	6	31	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
40	6,5	45	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
41	6	34	Arbre Modérément dépérissant	35%	La chenille
42	5,5	29	Arbre Modérément dépérissant	30%	La chenille
43	6	33	Arbre faiblement défolié	20%	Pas de ravageur
44	5,5	28	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
45	5,5	26	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
46	4,5	18	Arbre Modérément dépérissant	40%	La chenille
47	5	23	Arbre faiblement défolié	20%	Pas de ravageur
48	6	38	Arbre faiblement défolié	20%	Pas de ravageur
49	5,5	30	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur

Annexe 1

50	6,5	38	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
51	5,5	47	Arbre non défolié	0%	Pas de ravageur
52	6	32	Arbre mort ou sec	100%	Scolyte
53	6,5	45	Arbre Modérément dépérissant	40%	La chenille
54	6	43	Arbre Modérément dépérissant	30%	Pas de ravageur
55	6	36	Arbre faiblement défolié	20%	Pas de ravageur
56	5,5	29	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
57	5,5	25	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
58	6	33	Arbre non défolié	0%	Pas de ravageur
59	5,5	28	Arbre Modérément dépérissant	30%	Pas de ravageur
60	7	50	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
61	6	36	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
62	6	30	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
63	7	53	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
64	6,5	43	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
65	6,5	40	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
66	7	53	Arbre non défolié	0%	Pas de ravageur
67	6,5	43	Arbre non défolié	0%	Pas de ravageur
68	6,5	46	Arbre non défolié	0%	Pas de ravageur
69	6,5	43	Arbre non défolié	0%	Pas de ravageur
70	6,5	44	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
71	5,5	27	Arbre Modérément dépérissant	30%	Pas de ravageur
72	5	20	Arbre Modérément dépérissant	40%	La chenille
73	5,5	30	Arbre fortement dépérissant	80%	Scolyte
74	7	58	Arbre faiblement défolié	15%	Pas de ravageur
75	5,5	62	Arbre Modérément dépérissant	45%	La chenille
76	6,5	40	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
77	7	53	Arbre faiblement défolié	15%	Pas de ravageur
78	6,5	40	Arbre faiblement défolié	20%	Pas de ravageur

Annexe 1

79	5,5	28	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
80	7	55	Arbre faiblement défolié	25%	Pas de ravageur
81	5	29	Arbre faiblement défolié	20%	Pas de ravageur
82	6,5	46	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
83	6,5	40	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
84	6	31	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
85	6	29	Arbre Modérément dépérissant	50%	La chenille
86	7	51	Arbre Modérément dépérissant	50%	La chenille
87	5,5	26	Arbre Modérément dépérissant	60%	La chenille
88	7	51	Arbre Modérément dépérissant	30%	La chenille
89	7	70	Arbre faiblement défolié	20%	Pas de ravageur
90	5	20	Arbre Modérément dépérissant	50%	La chenille
91	6	29	Arbre Modérément dépérissant	60%	Scolyte
92	6	34	Arbre faiblement défolié	20%	Pas de ravageur
93	5,5	36	Arbre Modérément dépérissant	40%	La chenille
94	6,5	46	Arbre mort ou sec	100%	Scolyte
95	6,5	47	Arbre Modérément dépérissant	50%	Scolyte
96	5	30	Arbre Modérément dépérissant	40%	La chenille
97	6,5	50	Arbre Modérément dépérissant	30%	La chenille
98	7	59	Arbre Modérément dépérissant	35%	La chenille
99	6,5	39	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
100	6	53	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
101	6	56	Arbre non défolié	10%	Pas de ravageur
102	6	53	Arbre faiblement défolié	15%	Pas de ravageur
103	6	59	Arbre fortement dépérissant	80%	Scolyte
104	6,5	25	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur
105	5	26	Arbre non défolié	5%	Pas de ravageur

Fiche « enquête infestation de la processionnaire du pin (pré-nids ou nids définitifs)

Commune de : El Bayadh

Circonscription des forêts : d'El Bayadh.

Forêt ou lieu-dit : BOUDERGA

Superficie d'arbre infestée (ha) :100

Essence d'arbre infestée : pin d'Alep

Hauteur moyenne des arbres (m) :1.5 à 2m

N°D'arbre	Nombre de nids						
01	11	26	9	51	9	76	11
02	11	27	8	52	10	77	11
03	11	28	6	53	10	78	12
04	8	29	6	54	10	79	13
05	10	30	4	55	3	80	7
06	9	31	12	56	4	81	7
07	9	32	12	57	5	82	6
08	6	33	12	58	10	83	4
09	10	34	9	59	9	84	4
10	11	35	6	60	8	85	11
11	11	36	7	61	13	86	10
12	12	37	7	62	13	87	13
13	7	38	10	63	8	88	9
14	6	39	11	64	8	89	9
15	3	40	11	65	11	90	7
16	3	41	13	66	10	91	8

Annexe 2

17	7	42	14	67	8	92	7
18	8	43	12	68	7	93	6
19	6	44	10	69	7	94	14
20	6	45	9	70	11	95	3
21	13	46	6	71	12	96	12
22	12	47	7	72	10	97	10
23	11	48	12	73	13	98	10
24	10	49	9	74	9	99	9
25	10	50	9	75	7	100	7
S/total(a)	221	s/total(b)	231	s/total (c)	225	s/total(d)	226

Infestation moyen (somme des sous totaux (A, b, c et d/100=903/100=9.03%)

Indice d'infestation à partir du nombre de pré ou nids définitifs :

3-6 : 10-25% (infestation légère)

7-10 : 25-50% (infestation moyenne)

11 et plus : 50% (infestation forte)

Station 1 : L'indice de dépérissement de la bande routière**Placette 1**

Classe	Proportions de feuillage affecté	Nombre d'arbre	Signification des classes
00	1% - 14%	58	Arbre non défolié
01	15% - 25%	19	Arbre faiblement défolié
02	26% - 60%	23	Arbre modérément dépérisant
03	≥60%	2	Arbre fortement dépérisant
04	100%	2	Arbre mort ou sec

Placette 2

Classe	Proportions de feuillage affecté	Nombre d'arbre	Signification des classes
00	1% - 14%	33	Arbre non défolié
01	15% - 25%	10	Arbre faiblement défolié
02	26% - 60%	50	Arbre modérément dépérisant
03	≥60%	16	Arbre fortement dépérisant
04	100%	10	Arbre mort ou sec

Placette 3

Classe	Proportions de feuillage affecté	Nombre d'arbre	Signification des classes
00	1% - 14%	21	Arbre non défolié
01	15% - 25%	15	Arbre faiblement défolié
02	26% - 60%	44	Arbre modérément dépérisant
03	≥60%	16	Arbre fortement dépérisant
04	100%	5	Arbre mort ou sec

Placette 4

Classe	Proportions de feuillage affecté	Nombre d'arbre	Signification des classes
00	1% - 14%	15	Arbre non défolié
01	15% - 25%	7	Arbre faiblement défolié
02	26% - 60%	45	Arbre modérément dépérisant
03	≥60%	10	Arbre fortement dépérisant
04	100%	21	Arbre mort ou sec

Placette 5

Classe	Proportions de feuillage affecté	Nombre d'arbre	Signification des classes
00	1% - 14%	00	Arbre non défolié
01	15% - 25%	00	Arbre faiblement défolié
02	26% - 60%	23	Arbre modérément dépérisant
03	≥60%	39	Arbre fortement dépérisant
04	100%	33	Arbre mort ou sec

Placette 6

Classe	Proportions de feuillage affecté	Nombre d'arbre	Signification des classes
00	1% - 14%	00	Arbre non défolié
01	15% - 25%	1	Arbre faiblement défolié
02	26% - 60%	19	Arbre modérément dépérissant
03	≥60%	17	Arbre fortement dépérissant
04	100%	53	Arbre mort ou sec

Placette 7

Classe	Proportions de feuillage affecté	Nombre d'arbre	Signification des classes
00	1% - 14%	12	Arbre non défolié
01	15% - 25%	9	Arbre faiblement défolié
02	26% - 60%	49	Arbre modérément dépérissant
03	≥60%	5	Arbre fortement dépérissant
04	100%	3	Arbre mort ou sec

Indice de dépérissement de la bande verte

Parcelle	Indice de dépérissement	Signification dépérissement du peuplement
01	0.752	Non dépérissant ou Sain
02	1.663	En début de dépérissement
03	1.693	En début de dépérissement
04	2.153	En dépérissement assez grave
05	3.105	En dépérissement grave ou fortement dépérissant
06	3.355	En dépérissement grave ou fortement dépérissant
07	1.717	En début de dépérissement

Taux de dépérissement de cette station est : 2.062