

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Saida – Dr. MOULAY Tahar



Faculté des Sciences de la nature et de la vie
Département d'Agronomie et Science de Nutrition

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de
Master En Sciences biologiques
Spécialité : Protection et Gestion des Ecosystèmes

Thème

**Contribution à l'étude de l'effet du stress thermique sur la
germination des graines de *Pinus halepensis* Mill.**

Par : *AMARI Abderrazek*

NEKROUF Khaled

Soutenu le : /06/2024

Devant le jury composé de :

Mr. ANTEUR Djamel **Président** **MCA. Université de Saida, Dr Moulay Tahar**

Mr. TERRAS Mohamed **Examineur** **Pr. Université de Saida, Dr Moulay Tahar**

Mme. LAKHDARI Mama **Encadreur** **MCB. Université de Saida, Dr Moulay Tahar**

Année Universitaire 2023/2024

Dédicace

Incline-toi devant le grand Dieu qui m'a ouvert la porte et m'a aidé à la surmonter

Je dédie cet humble acte à:

AZ parents pour leur endurance et leur sacrifice sans limite

À mes frères et sœurs en reconnaissance de leur affection

À tous mes proches

À tous mes professeurs.

À tous ceux qui m'ont aidé à atteindre l'échelle

Remerciement

Tous nos remerciements à Dieu Tout-Puissant pour nous avoir donné la force, la patience et la volonté de terminer ce travail

Nous remercions le professeur Khadari Mama pour avoir supervisé ce travail humble et pour tous ses efforts, ses connaissances, ses idées et sa confiance.

Nous remercions également sincèrement le président du jury, le professeur Antar Jamal, d'avoir accepté la présidence du jury.

Nous remercions également le professeur Taras Mohamed d'avoir accepté de revoir nos travaux.

Nous remercions également sincèrement nos proches, dont la patience était parfaite.

Résumé

L'intérêt de ce travail réside dans la connaissance de l'effet du stress thermique sur la capacité de germination du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Tenant compte que c'est l'une des essences les plus répandues dans la région méditerranéenne, L'étude des différents prétraitements qui interviens sur le déroulement de la germination chez *Pinus halepensis*, montre que le trempage à 72 h avec de l'eau du robinet semble être parfait pour stimuler la germination des graines du Pin d'Alep. Les résultats ont montré une augmentation du taux de germination avec l'augmentation du degré de température de 15c° à 25c°. Le choix de cette espèce s'explique vu sa plasticité écologique qui peut résoudre plusieurs problèmes liés au choix d'espèces destiné pour le reboisement. La maîtrise des différents paramètres de germination et de croissance peuvent nous aider dans la contribution d'élargie l'aire de sa répartition

Mots clé: *Pinus halepensis* Mill, germination, prétraitement, stress thermique.

Abstract

The interest of this work lies in the knowledge of the effect of heat stress on the germination capacity of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.). Taking into account that it is one of the most widespread species in the Mediterranean region, the study of the different pretreatments that intervene on the course of germination in *Pinus halepensis*, shows that soaking at 72 h with tap water seems to be perfect to stimulate the germination of Aleppo pine seeds. The results showed an increase in germination rate with the increase in temperature degree from 15c° to 25c°. The choice of this species is explained by its ecological plasticity which can solve several problems related to the choice of species intended for reforestation. The control of the different parameters of germination and growth can help us in the contribution of widening the area of its distribution

Key words: *Pinus halepensis* Mill, germination, pre-treatment, heat stress.

ملخص

يكمن اهتمام هذا العمل في معرفة تأثير الإجهاد الحراري على قدرة إنبات صنوبر حلب (*Pinus halepensis* Mill). مع الأخذ في الاعتبار أنه أحد أكثر الأنواع انتشارًا في منطقة البحر الأبيض المتوسط، فإن دراسة المعالجات المسبقة المختلفة التي تتدخل في مسار الإنبات في *Pinus halepensis*، تظهر أن النقع في 72 ساعة بماء الصنوبر يبدو مثاليًا لتحفيز إنبات بذور الصنوبر في حلب. أظهرت النتائج زيادة في معدل الإنبات مع زيادة درجة الحرارة من 15 درجة مئوية إلى 25 درجة مئوية. يتم تفسير اختيار هذا النوع من خلال اللدونة البيئية التي يمكن أن تحل العديد من المشكلات المتعلقة باختيار الأنواع المخصصة لإعادة التحريج. يمكن أن يساعدنا التحكم في بارامترات الإنبات والنمو المختلفة في المساهمة في توسيع مساحة توزيعه.

الكلمات الرئيسية: صنوبر حليبي، الإنبات، العلاج المسبق، الإجهاد الحراري.

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Listes des figures

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de la Zone d'étude	
1. Présentation de la zone d'étude.....	4
1-1-Situation géographique de la wilaya de Saida.....	4
2-Climat.....	6
3-Orographie.....	6
4-Géologie.....	7
4-1-Formation Marneuse du Toarcien	7
4-2-Formation Aoleno-Bajocien	8
4-3-Formation du Bajocien-Bathocien	8
4-4-Formation Callovien-Oxfordien	8
4-5-Formation Lusitancien-Kimmerdigien	8
5-Pédologie.....	12
5-1-Les sols alluviaux.....	12
5-2-Les sols bruns.....	12
5-3-Les sols bruns calcaires	12
5-4-Les sols bruns à caractère vertique	12
5-5-Les sols brun rouges.....	13
5-6-Les lithosols.....	13
5-7-Les sols halomorphes.....	13
5-8-Les sols hydromorphes.....	13
5-9-La répartition des sols.....	13
5-10-Les sols de plaines et vallées.....	13
5-11-Les sols de montagne.....	14
5-12-Les sols des plateaux telliens et des hautes plaines steppiques.....	14
6-Les sols des plateaux telliens et des hautes plaines steppiques.....	15
7-Hydrologie.....	16
8-1-Réseau hydrographique et sous bassins versants.....	17
8-2-La population.....	17
8-3-Le cheptel.....	17
9-Les espaces forestiers de la wilaya de Saida.....	17
10- Composition :.....	19

11-Différents types de formations végétales.....	25
12-Groupement à Chêne vert.....	26
12-1-Groupement à Pin d'Alep et Chêne kermès.....	26
12-2-Groupement Oleo-lenisque.....	26
12-3-Groupement de <i>Tetraclinis articulata</i>	26

Chapitre II : Présentation du Pin D'Alep (*Pinus halepensis*)

1. Généralités:.....	29
2. Répartition géographique du Pin d'Alep.....	29
2-1-Dans le monde:.....	29
2-2-En Algérie.....	30
2-3.Taxonomie	31
2-4.Description botanique de la plante	32
2-5.Cycle de reproduction et fructification	34
2-6.Intérêt économique de <i>Pinus halepensis</i>	35
2-7- Les propriétés thérapeutiques et usage traditionnel	36

Chapitre III : La germination

1- La graine Le pin d'Alep	38
1-1-Semis des graines	38
2-la germination	39
2-1- Définition	39
2-2- Types de germination	39
3-Morphologie et physiologie de la germination	41
3-1-Morphologie de la graine	41
3-2-Physiologie de la germination	41
4-Conditions de la germination	41

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

1.Matériels de végétal.....	43
1.1.Site de prélèvement des graines	43
1.3Le matériel utilisé	43
1.3 Matériel de laboratoire	43
1.4 .Objectif	43
1.5 Préparation des graines pour les tests de germination	44
2.Prétraitement	44
2.1.Trempage dans l'eau du robinet	45
2.2.Trempage dans l'eau chaude.....	45
2.3.Trempage dans l'eau tiède.....	45

3.L'expérimentation.....	45
3.1.L'installation de l'essai.....	45

CHAPITRE V : Résultats et discussion

1.Résultats et discussion	49
1.1 Effet de la salinité sur la capacité germinative du Pin d'Alep.....	49
1.2 Effet du stress hydrique sur la germination des graines du Pin d'Alep.....	51
Conclusion.....	55
Référence bibliographiques.....	57

Liste des figures

N°	Figures	page
01	Découpage administratif de la wilaya de Saida	5
02	Les étages et sous étages bioclimatique de l'Oranie	6
03	Carte géologique de la wilaya de Saida	9
04	Carte pédologique de la wilaya de Saida	15
05	Carte des sous bassins	16
06	Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Saida	17
07	Répartition du cheptel de la zone d'étude par commune	19
08	Carte des surfaces forestière et pré forestières	20
09	. Principales formations forestières de la wilaya de Saida	22
10	Carte des groupements forestiers de la wilaya de Saida	30
11	:Aire de répartition du Pin d'Alep en région méditerranéenne	33
12	Répartition du Pin d'Alep en Algérie	34
13	Arbre du Pin d'Alep	36
14	: l'écorce du Pin	36
15	Les feuilles du Pin d'Alep	37
16	les chatons males de Pin	37
17	Les cônes femelles	38
18	Cycle de reproduction du Pin d'Alep	39
19	grainier.fr/Graines-Pin-Alep-Pinus-halepensis	45
20	Germination épigée	46
21	Germination hypogée	47
22	les phases de la germination	51

Liste des tableaux

N°	Tableaux	page
01	Les unités de paysage et géomorphologie	10
02	Population recensée en 2008, et estimé à 2018.	18
03	Importance des formations forestières	21
04	Répartition des forêts denses par commune	23
05	Répartition des forêts claires par communes	24
06	Répartition des maquis denses par communes	25
07	Répartition des maquis clairs par communes	26
08	Répartition des reboisements par communes	27

Introduction Générale

Introduction Générale

L'Algérie est considérée parmi les pays les plus connus pour leur diversité taxonomique vu sa position biogéographique privilégiée et son étendu entre la Méditerranée et l'Afrique sub-saharienne (Messai, 2011). La flore algérienne dispose d'une grande diversité à laquelle s'ajoute une tradition d'utilisation des plantes.

La physiologie et la productivité de la végétation forestière sont directement affectées par la température, la disponibilité des nutriments, le régime hydrique et indirectement par l'interaction interspécifique (Graumlich, 1993).

Dans leur environnement naturel, les végétaux sont soumis à un grand nombre de contraintes environnementales de nature biotique et abiotique qui vont influencer leur croissance et leur développement (Marouf et Raynaud, 2007). Toutefois, certains végétaux disposent d'un potentiel génétique pour la tolérance vis-à-vis des stress environnementaux (Diallo et al, 2013).

Le Pin d'Alep est une espèce pionnière en expansion sur le pourtour méditerranéen français, en raison de la déprise rurale qui affecte ces régions. Sa surface a été multipliée par 6 en moins d'un siècle. Le pin d'Alep occupe actuellement 1.6 % de la surface forestière algérienne, ce qui le place au 6ème rang des conifères les plus représentés en Algérie, et au 2ème rang dans les régions méridionales méditerranéennes derrière le pin sylvestre.

C'est dans ce contexte, que notre étude se veut à la fois la connaissance du taux de germination de *pin* d'Alep et sa réaction éco-physiologique vis-à-vis du stress thermique.

Les pins du groupe "halepensis" représentent un capital forestier majeur sur le pourtour de la Méditerranée. D'après Le Houërou (1980) ils occupent en effet environ 6,8 millions d'hectares et du point de vue des surfaces ne sont surpassés que par les chênes sclérophylles' et caducifoliés (environ 8 millions d'hectares chacun). Ces pins offrent par ailleurs, des exigences écologiques très modestes

Nous proposons quatre chapitres principaux :

- Dans le premier chapitre nous entamons la présentation de la zone d'étude
- Le deuxième chapitre nous présenterons une analyse bibliographique sur l'écologie de cette espèce.
- Le troisième chapitre étudie le phénomène de la germination
- Le quatrième chapitre : c'est la partie expérimentale, comprend deux parties ;

Introduction Générale

La première partie, décrit les matériels utilisés et la méthodologie adoptée au cours de cette expérimentation.

La deuxième partie, c'est une discussion des résultats obtenus portant sur l'effet de stress thermique, sur la germination des graines du *pin* d'Alep. Enfin, une conclusion et des perspectives sont données.

Chapitre I

Présentation de la Région de Saida

Chapitre I : Présentation de la Zone d'étude**1. Présentation de la zone d'étude****1.1 Situation géographique de la wilaya de Saida**

C'est dans l'ensemble géographique de causses et des hauts plateaux que se situe la wilaya de Saida qui est limitée naturellement au Sud par le chott Chergui. Localisée au nord-ouest de l'Algérie (Labani 2005), la wilaya de Saïda couvre une superficie de 6765,40 km² (D.P.A.T 2010), elle est limitée :

Au nord par la wilaya de Mascara. Au sud par la wilaya d'El-Bayad.

A l'ouest par la wilaya de Sidi-Bel-Abbès. A l'est par la wilaya de Tiaret.

La wilaya de Saïda regroupe 06 daïra, avec 16 communes totalisent une population de 344455 habitants (D.P.A.T 2010). Elle est caractérisée par un espace Agro-sylvo-pastoral (Labani 2005).

Cette position qui lui donne un rôle de relais entre les wilayas steppiques au sud et les wilayas telliennes au nord, correspond en fait à l'extension du territoire de la wilaya de Saida sur deux domaines naturels bien distincts, l'un est atlasique Tellien au nord et l'autre est celui des hautes plaines steppiques (Labani 2005).

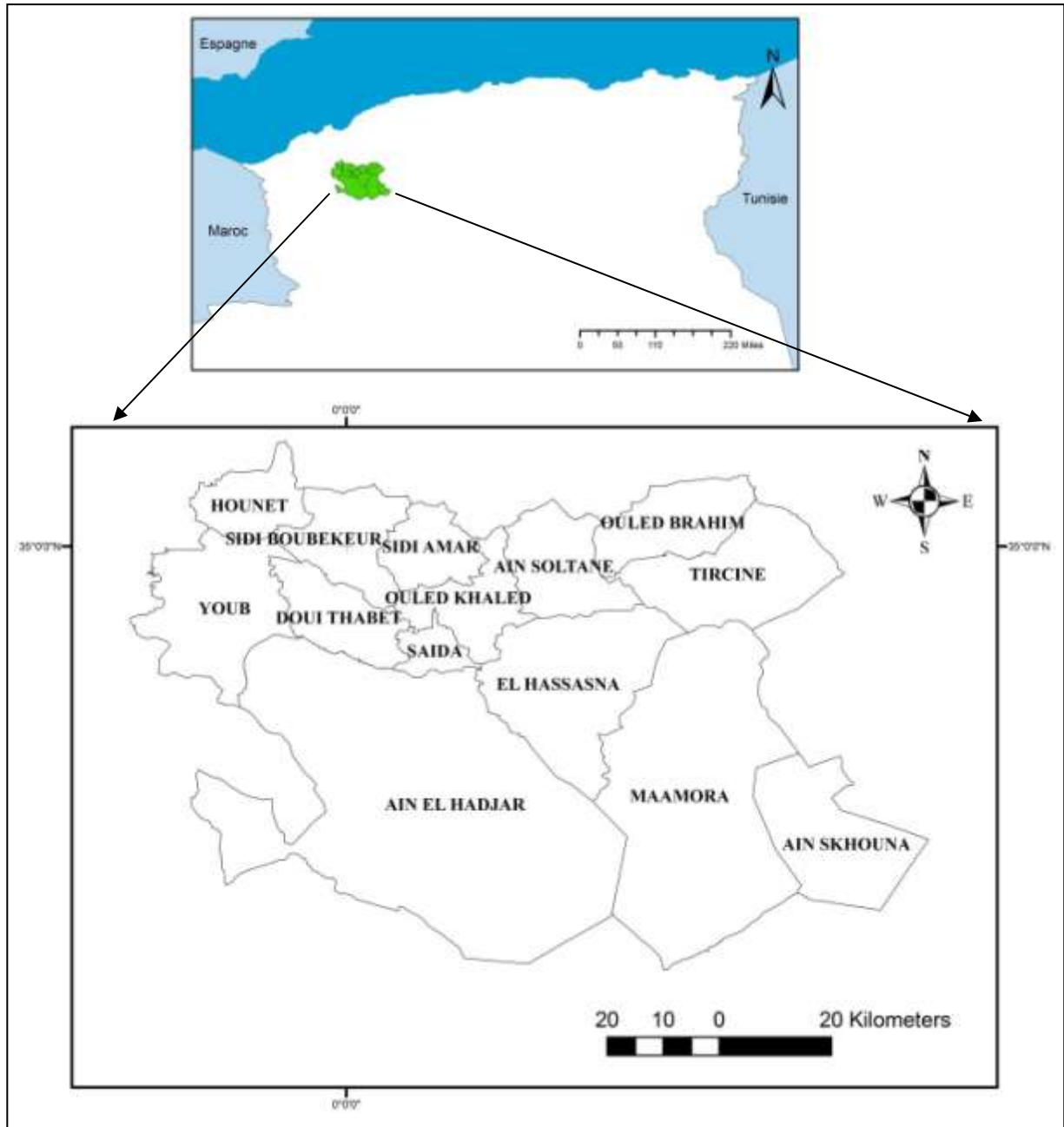


Figure 1 : Découpage administratif de la wilaya de Saida.

1.2 Climat

Le type de climat dans notre zone d'étude est méditerranéen appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride frais (Figure 02), avec des précipitations irrégulières et faibles (entre 300 et 370mm/an). On y distingue deux périodes contrastées, une période humide et froide, l'autre sèche et chaude. Les précipitations estivales sont souvent des pluies torrentielles et les températures présentent des amplitudes importantes. Les mois de Janvier et Février sont les mois les plus froids durant toute l'année (3.3°C) et le mois de Juillet et Août sont les mois les plus chauds (35.5°C). Le vent est de direction dominante NW avec une présence du vent chaud (sirocco) pendant la période estivale qui peut accélérer le phénomène de l'érosion éolienne dans les zones dépourvus de couvert végétal. Le déficit hydrique s'étale sur une période de 5 mois (Terras 2011a).

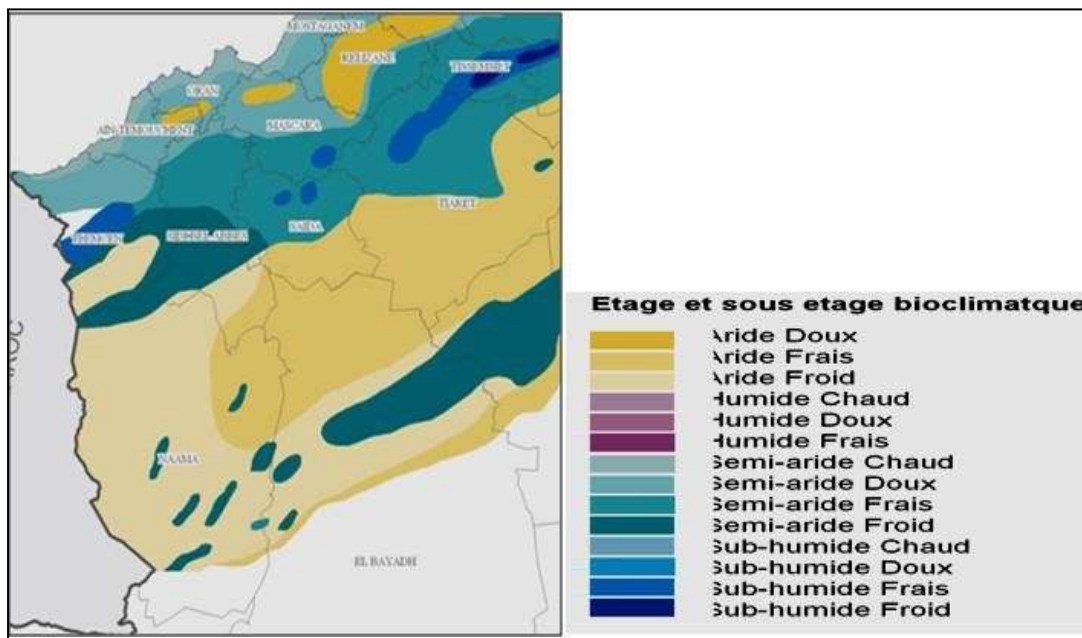


Figure 2 : Les étages et sous étages bioclimatique de l'Oranie (ANAT, 2008).

1.3 Orographie

La wilaya de Saida est située dans le nord-ouest de l'Algérie cernée au nord-ouest par la wilaya de Sidi-Bel-Abbès, au nord-est par la wilaya de Mascara, à l'Ouest par la wilaya de Tlemcen, à l'Est par la wilaya de Tiaret et au Sud par celle d'El Bayadh.

Cette position lui donne un rôle de relais entre la wilaya steppique au Sud et la wilaya tellienne au Nord. Elle correspond en fait à l'extension du territoire de la wilaya de Saida sur deux domaines naturels bien distincts. L'atlas tellien au Nord et les hautes plaines steppiques au Sud.

Dans le détail, la wilaya de Saida est délimitée au plan naturel comme suit :

A l'Ouest et au Nord-Ouest par les Monts de Daïa, successivement par les lignes de crêtes des Djebels Tazenaga, Tennfeld, Nser et El Assa.

Au Nord et nord-est par les Monts de Saida, successivement par les lignes de crêtes des Djebels Yehres, Bel-Hadj, Bel Aoued, Mekhnez et Touskiret.

A l'Est, la limite correspond à l'extrémité Est du Djebel Sidi Youssef qui appartient normalement à l'ensemble orographique des Mont de Saida mais qui s'en détache légèrement vers le Sud.

Alors qu'au Sud et sud-ouest (le territoire de la wilaya s'ouvrant sur les hautes plaines steppiques), il n'existe pas de limites naturelles bien nettes.

Le cadre physique régional de la wilaya de Saida correspond aux conditions du tell occidental et des hautes plaines steppiques occidentales d'une manière générale, plus précisément à des plateaux ondulés, les Monts de Frenda, de Saida, de Daïa et de Tlemcen qui dominant au Nord les bassins intérieurs et s'inclinent lentement vers les hautes plaines steppiques. Leur aspect tabulaire contraste avec le relief des chaînes qui ont la structure complexe de l'Atlas Tellien. Ces plateaux telliens (ou atlas tabulaire) laissent voir, sous les assises de calcaires jurassiques, le socle primaire anciennement plissé, métamorphosé et nivelé. Il n'apparaît en Algérie que grâce à deux fenêtres d'érosion, Ghar Rouban, au sud- Ouest de Tlemcen, et à Tifrit, au nord-est.

1.4 Géologie

D'après l'étude du SRAT H.P.O (2008), SATEC (1976) et Mekahli (1988) la structure géologique de la région étudiée est composée des terrains d'âges différents (Figure 3), les plus répandus sont des terrains jurassiques qui en outre sont les plus intéressants du point de vue hydrogéologique. Les dolomies du jurassique moyen et inférieur reposent sur le trias volcano-détritique imperméable. Ces dolomies sont aquifères et surmontées de dépôts détritiques du callovo-oxfordien et mio-pliocène peu perméable. La tectonique cassante des dolomies a déterminé une Karstification intense, l'érosion a provoqué avant la Karstification la mise à nu de la dolomie pour décapage des terrains détritiques.

1.4.1 Formation Marneuse du Toarcien :

L'épaisseur faible de 6 à 15m joue un rôle important du point de vue hydrogéologique formant un mur imperméable entre les formations dolomitiques. La coupe typiquement prétellienne de l'oued Mimouna identique à celle de Modzab, l'épaississement du Toarcien à Ain Balloul, la présence de calcaire silicieux du Bajocien le long de la route Balloul-

Takhmeret en sont des témoins.

1.4.2 Formation Aoleno-Bajocien :

Elle est composée de dolomies souvent recristallisées dans leurs parties supérieures (l'épaisseur moyenne de 50 à 70 m au maximum 150 m). Les carbonates sont du point de vue lithologique très proche du membre des carbonates de Zerzour.

1.4.3 Formation du Bajocien-Bathocien :

Cette unité lithostratigraphique est assez répandue, elle est composée exclusivement de calcaire et calcaire dolomitique et dolomies. L'épaisseur du membre des carbonates de Zerzour est de 50 m environ. Les deux membres des carbonates mentionnés forment un réservoir important des eaux souterraines, la succession de cette stratification est interrompue sur quelque endroit par une intercalation des couches bigariées de Sidi Youcef.

1.4.4 Formation Callovien-Oxfordien :

Elle est composée d'un ensemble argilo-gréseux ou parfois calcaire, repose directement sur des dolomies Aalenieuses. Les marnes et les argiles à bancs de grès représentant le callovien moyen, le complexe argileux remonte jusqu'au sommet de l'Oxfordien supérieur au-dessus viennent de gros bancs de grès blanchâtres à débits argileux.

1.4.5 Formation Lusitancien-Kimmerdigien :

Le lusitancien est composé de grès avec des intercalations carbonatées et argilo-sableuse, il occupe un espace important dans la région d'études tandis que le Kimmerdigien n'est pas apparent. Sur la région d'étude généralement, il est composé de dolomie cristalline massive de Tlemcen.

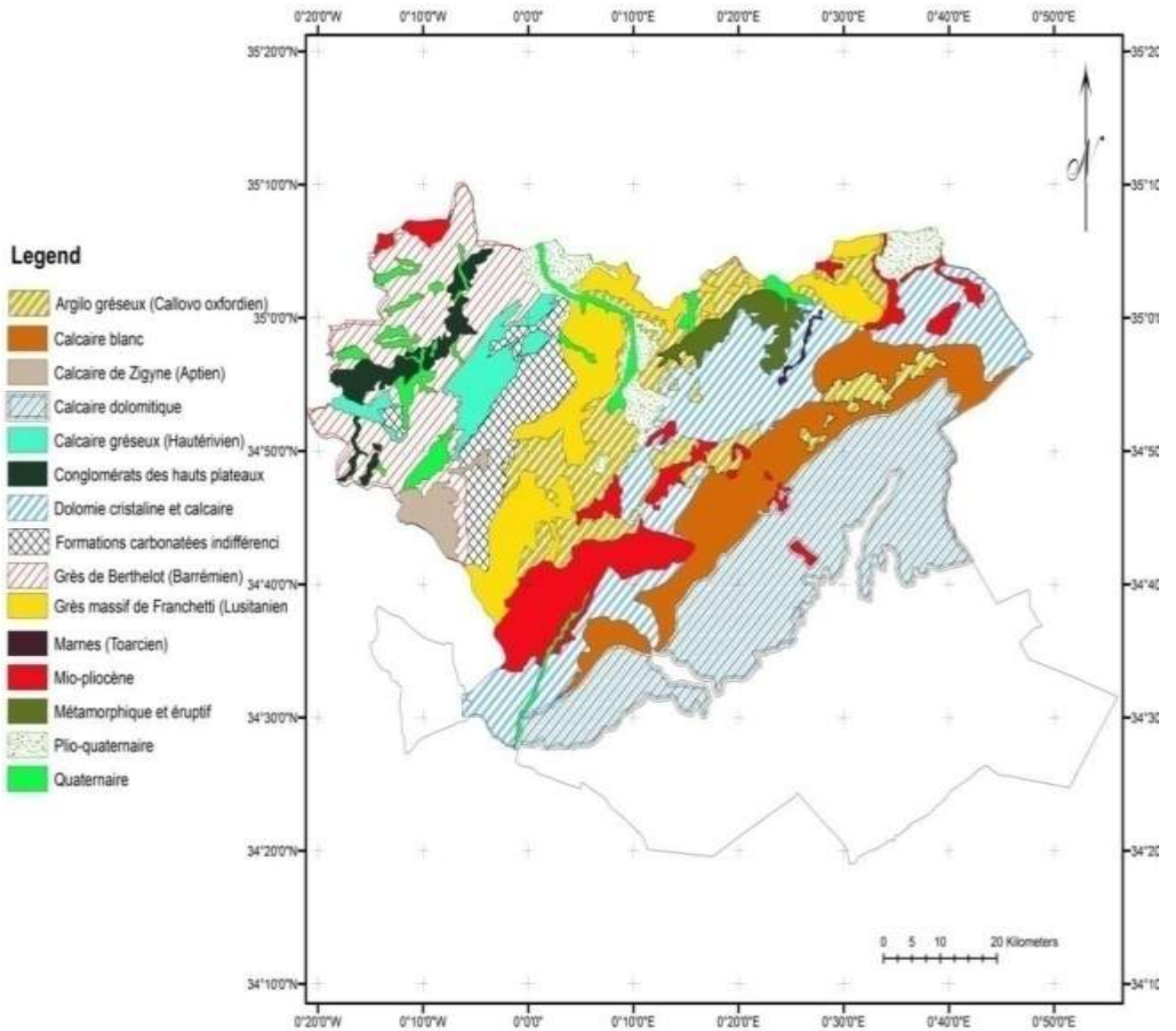


Figure 3 : Carte géologique de la wilaya de Saïda (source : SATEC, 1976 modifiée).

Tableau 1: Les unités de paysage et géomorphologie.

Relief	Unité de paysage morpho-litho-pédologique	Géomorphologie et géodynamique actuelle
Versant	Formation argilo-gréseuse et argileuse	Modelé : collines à pentes plus ou moins fortes, dissections assez fortes. Dynamique : érosion actuelle dans les zones Cultivées (ravinement, solifluxion, mouvements de masse).
	Formations sur dolomies cristallines et calcaire jurassiques	Modelé : versant de djebel à pente forte, roche affleurant ou sub-affleurant. Dynamique : érosion négligeable sous forêts et broussailles.
	Formations sous grés massifs de Franchetti avec intercalations carbonatées et argilo-sableuses	Modelé : versants de djebel à pente forte avec corniches structurales gréseuses. Dynamique : érosion négligeable sous forêts et Broussailles.
	Sur formations éruptive de Tifrit	Modelé : versant de djebel à pente forte. Dynamique : érosion négligeable sous forêts et broussailles.

Plateaux	Sur dolomies cristallines et calcaires	Modelé : plateau Karstique plus ou moins ondulé. Dynamique : érosion chimique (dissolution Karstique).
	Sur dolomies cristallines et calcaires avec formations superficielles (altérites)	Modelé : plateau Karstique plus ou moins ondulé. Dynamique : érosion chimique (dissolution Karstique).
Dépression on Cuvettes	Sur dolomies cristallines et calcaires	Modelé : glacis d'érosion d'accumulation à pente faible, plus ou moins disséqués (pente forte localement) Dynamique : ruissellement diffus, érosion en nappe.
	Sur terrasses et plaines alluviales	Modelé : accumulations alluviales anciennes ou actuelles. Dynamique : transit alluvial, sapement de berges, atterrissement.

(SATEC, 1976)

1.5 Pédologie

Les travaux de pédologie, de cartographie et de phytoécologie réalisés dans la région (Halitim 1988; SATEC 1976; Terras 2011a) indiquent que les types de sols rencontrés sont (Figure 04) :

1.5.1 Les sols alluviaux

Ces sols sont très répandus sur les lits des oueds, les dépressions et aux bordures du chott. Ils comprennent les sols alluviaux de plaine ou de terrasse alluviale, les sols remaniés de dayet Zeraguette, les sols alluviaux de bordure de chott et les sols alluviaux des lits des oueds.

1.5.2 Les sols bruns

A cette catégorie appartient les sols bruns calcaires, les sols bruns à caractère vertique et les sols brun rouges.

1.5.3 Les sols bruns calcaires :

Ils sont assez étendus sur les collines du Nord et Nord-Ouest de la wilaya (région de Daoud). Ils sont en générale peu épais et pauvres en matière organique. Toutefois, leur épaisseur est variable même si elle atteint rarement 50cm et ce sont les sols travaillés ou supportant des cultures céréalières qui sont plus profonds que les sols des parcours. Les pierres et les cailloux sont omniprésents dans ces sols et seuls quelques champs de la taille de dizaines d'hectares ont été épierrés. De plus, la croute calcaire sous-jacente largement étendue affleure en divers endroits, de même que ces sols sont lessivés en surface par le ruissellement diffus (décapage).

1.5.4 Les sols bruns à caractère vertique :

Ils s'étendent en général sur la partie méridionale à l'intersection des deux faces tellienne et steppique allant du Sud-Ouest à l'Est de la wilaya (plateau de Hassasna- Moulay Larbi). Ces sols ont une profondeur variable au gré de la topographie (50 à 80 cm). Leur texture est lourde et si ce n'est leur caractère vertique (hydromorphie de surface), ils conviennent mieux à la céréaliculture. Par endroit ce sont de véritables dayas situés au Nord-est de la région de Moulay Larbi.

1.5.5 Les sols brun rouges

Parmi ce type de sol on trouve, les sols brun rouges à horizon humifère, les sols brun rouge méditerranéens peu évolués, les sols bruns rouges méditerranéens à texture légère, les sols bruns rouges méditerranéens sous formations steppiques.

1.5.6 Les lithosols

Sont assez étendus et se retrouvent sur presque tous les versants dénudés. Ils sont peu épais (moins de 20cm généralement) et parfois laissant la place aux affleurements rocheux, ces sols portent parfois une broussaille ou un maquis très dégradé. Outre les affleurements de la roche mère (calcaire, grès ou dolomie), le ravinement y est intense.

1.5.7 Les sols halomorphes

Nous les trouverons dans la zone du Chott Chergui, peu épais, à texture limoneuse et portent une végétation halophile. Ils sont aussi de peu d'intérêt pour la mise en valeur agricole.

1.5.8 Les sols hydromorphes

Ils sont exclusivement localisés dans la zone steppique. Leur texture est lourde et ils sont peu profonds (entre 20- 50 cm). Ces sols sont mis à profit par les éleveurs pour y faire des emblavures de céréales.

1.5.9 La répartition des sols

La répartition des sols obéit aux conditions générales qui régissent le milieu naturel. Orographie, lithologie, occupation du sol et climat, agissent ensemble tant dans l'évolution des sols que dans leur extension spatiale. Une plus grande diversité de sols se trouve dans la partie tellienne de la wilaya de Saida, alors que dans la partie steppique, au sud de la wilaya, seuls les sols alluviaux de dayate ou de lit d'oued ont une valeur agronomique acceptable quand ils ne sont pas affectés par l'hydromorphie ou la salinité (Labani 2005).

1.5.10 Les sols de plaines et vallées

Dans les petites plaines du nord de la wilaya (Branis, Hounet) et les vallées plus ou moins encaissées (Tiffrit, Saida, Berbour ...) les sols alluviaux sont dominants et occupent les parties basses et planes. Ils sont quelquefois associés à des sols bruns rouges méditerranéens (plaine de Branis) ou des sols rouges sableux (plaine de Hounet) ou encore des sols bruns ou des lithosols, qui les surplombent à partir des collines douces. Ces sols constituent le meilleur potentiel et acceptent une grande diversité des cultures, notamment les cultures irriguées à cause d'un drainage naturel satisfaisant, dans les vallées en l'occurrence.

1.5.11 Les sols de montagne

La plus grande partie des sols cités précédemment se retrouve en milieu montagneux. Cependant, il y a un ordonnancement naturel dans leur répartition, dû encore à leur condition de développement. Sur les hauts versants quand la végétation naturelle offre une bonne couverture et de bonnes conditions pédogénétiques (cas de la forêt dense au nord de la wilaya) s’installent les rendzines. Une fois cette végétation naturelle dégradée, la place est laissée à des rendzines dégradées.

1.5.12 Les sols des plateaux telliens et des hautes plaines steppiques

Les sols de la commune de Moulay Larbi et de Hassasna sont bruns et profonds, mais affectés par de l’hydromorphie de surface. Ils sont néanmoins de bons sols convenant tout particulièrement aux cultures céréalières. Les autres sols sont répartis dans la zone steppique (sols rouges, sols alluviaux, hydromorphes et halomorphe) n’offrent pas un grand intérêt agronomique à moins de mesures de mise en valeur importantes.

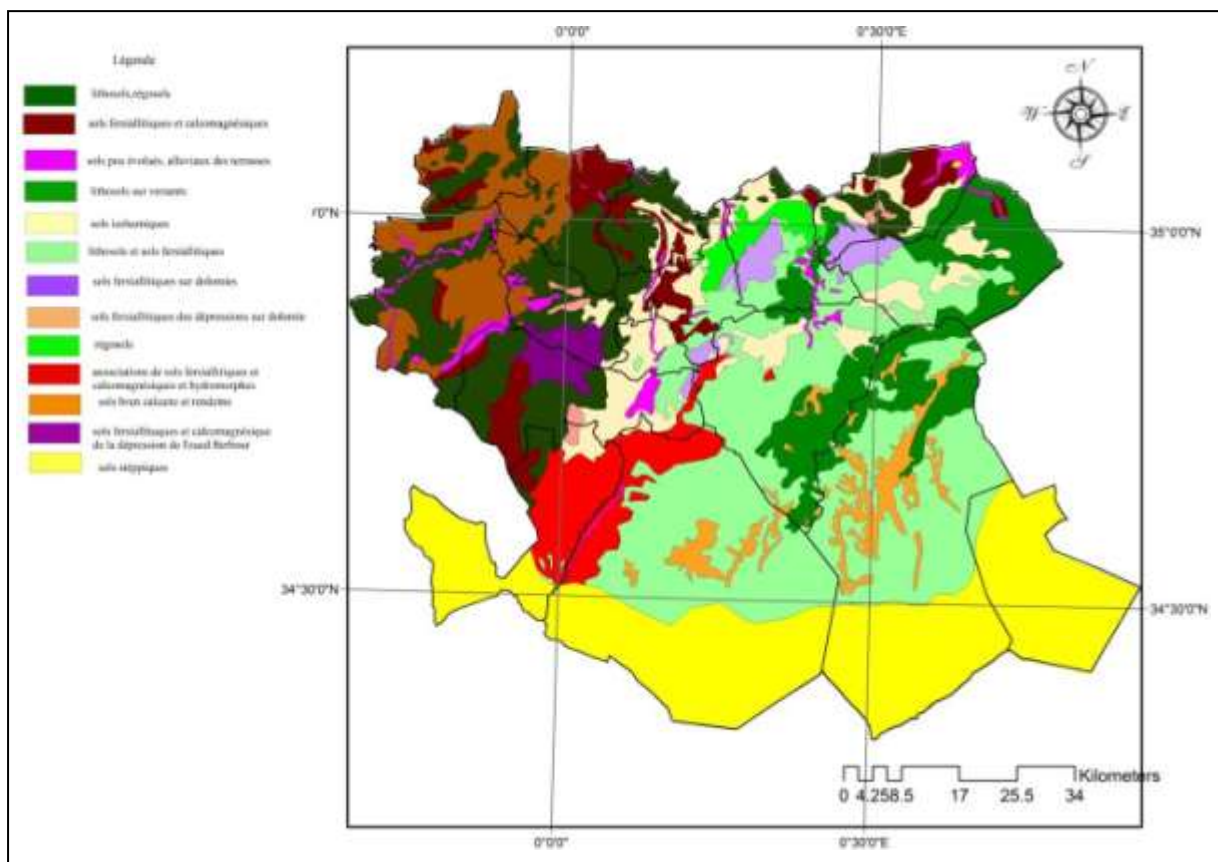


Figure 4. Carte pédologique de la wilaya de Saida (S.A.T.E.C, 1976 modifiée).

1.6 Hydrologie

L'hydrographie du territoire de la Wilaya est constituée de plusieurs bassins superficiels ou l'écoulement se fait en général du sud vers le Nord à l'exception de bassin du Chott Cherguï qui draine les eaux vers le sud (Figure 05).

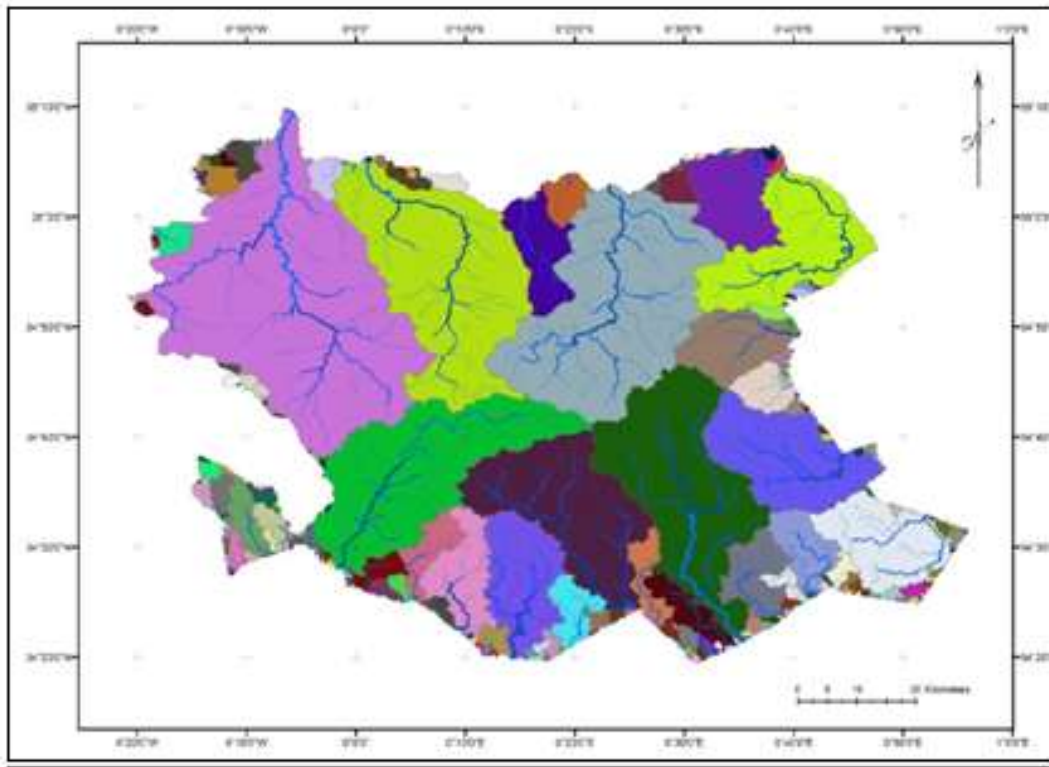


Figure 5. Carte des sous bassins (Réalisée à partir de MNT par SAGA-GIS 2.0.8).

C'est dans l'analyse plus fine des milieux que l'on peut distinguer des sous unités homogènes présentant de réelles potentialités (la plaine des Maalif, les plateaux de Balloul et Ain Soltane, la dépression de Berbour, la vallée de l'Oued Saïda...).

Cet espace, potentiellement riche, naturellement diversifié, n'a pas toujours été exploité à sa juste valeur.

1.6.1 Eaux superficielles

L'évaluation de la ressource en eaux superficielles est confrontée au problème de sa quantification précise (en raison de l'absence d'un réseau de mesures hydrométriques et de l'insuffisance des stations de jaugeage) (D.H.W, 2009).

- **Réseau hydrographique et sous bassins versants**

A ce sujet Deschamps (1973), note : « Etant donné la disposition du plateau de Saïda,

légèrement bombé au centre et descendant en pente douce vers ses bordures, l’hydrographie de la région permet d’y distinguer plusieurs bassins superficiels ».

Le réseau Hydrographique de la wilaya de Saida qui prend naissance à une altitude de plus de 1300 m réunit trois Bassins versants qui se démarquent dans deux espaces distincts (D.H.W, 2009) (Figure 6).

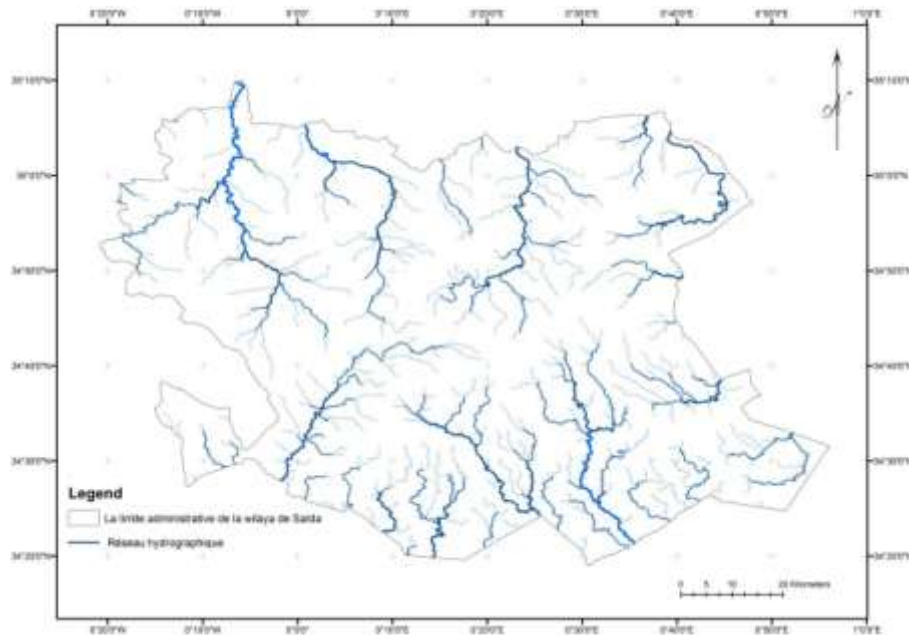


Figure 6. Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Saida (Réalisée à partir de MNT par SAGA-GIS 2.0.8).

1.7 La population

La population de la wilaya de Saida qui était de 330641 habitants en 2008, et estimé à 398501 habitants en 2018. (Source : DSA, 2020).

Tableau 2. Population recensée en 2008, et estimé à 2018.

Population											
Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Population	330641	338854	344455	350766	357198	363755	370439	377253	384200	391282	398501

Source : DSA (2020)

1.8 Le cheptel

La composition des troupeaux montre une prédominance écrasante du petit bétail, plus particulièrement des ovins qui occupent environ 90% des effectifs, suivie par les caprins et les bovins (Figure 7).

Deux types d'élevage sont pratiqués dans la wilaya, le premier, assez traditionnel pratiqué par des agriculteurs pour assurer un revenu à leur famille avec des effectifs inférieurs à 20 têtes tandis que le second est du type éleveur professionnel avec des troupeaux dépassant les centaines de têtes avec prépondérance d'ovins qui a connu une augmentation de plus de 37 % de 20 ans (Labani 2005).

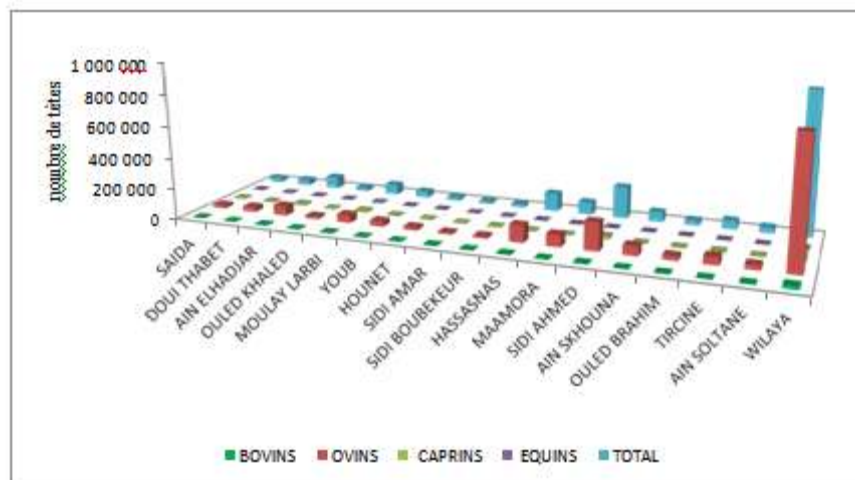


Figure 7. Répartition du cheptel de la zone d'étude par commune (source DSA, 2019).

1.9 Les espaces forestiers de la wilaya de Saida

La wilaya de Saida se caractérise par une surface forestière non négligeable de l'ordre de 174 361 Ha dont plus de 59,67 % sont concentrés sur 6 communes situées sur les Monts Daïa et les Monts de Saida (Figure 8).

Et se distingue par deux secteurs forestiers qui sont :

- Le secteur forestier ouest qui englobe les massifs forestiers de daya et djebel Kodjel Bouatrous, EL Hadja appartenant au grand ensemble structural des monts de Saida.

- Le secteur forestier est qui s'étend du Sud-Est (massifs forestiers de Sidi Youcef), à l'Est par une série de massifs (Djebel Ben Allouche, M'Zaita, Derkmous) à l'Est et au Nord - Est de Tircine. Ce secteur englobe aussi une série de Massifs du Nord- Est de la Wilaya tels que Mergueb Es - Sebaa, Sifat Ed-Dorbane, djebel Bouchellil, Djebel EL Hama, Djebel EL

Assa, Djebel Khanifer)

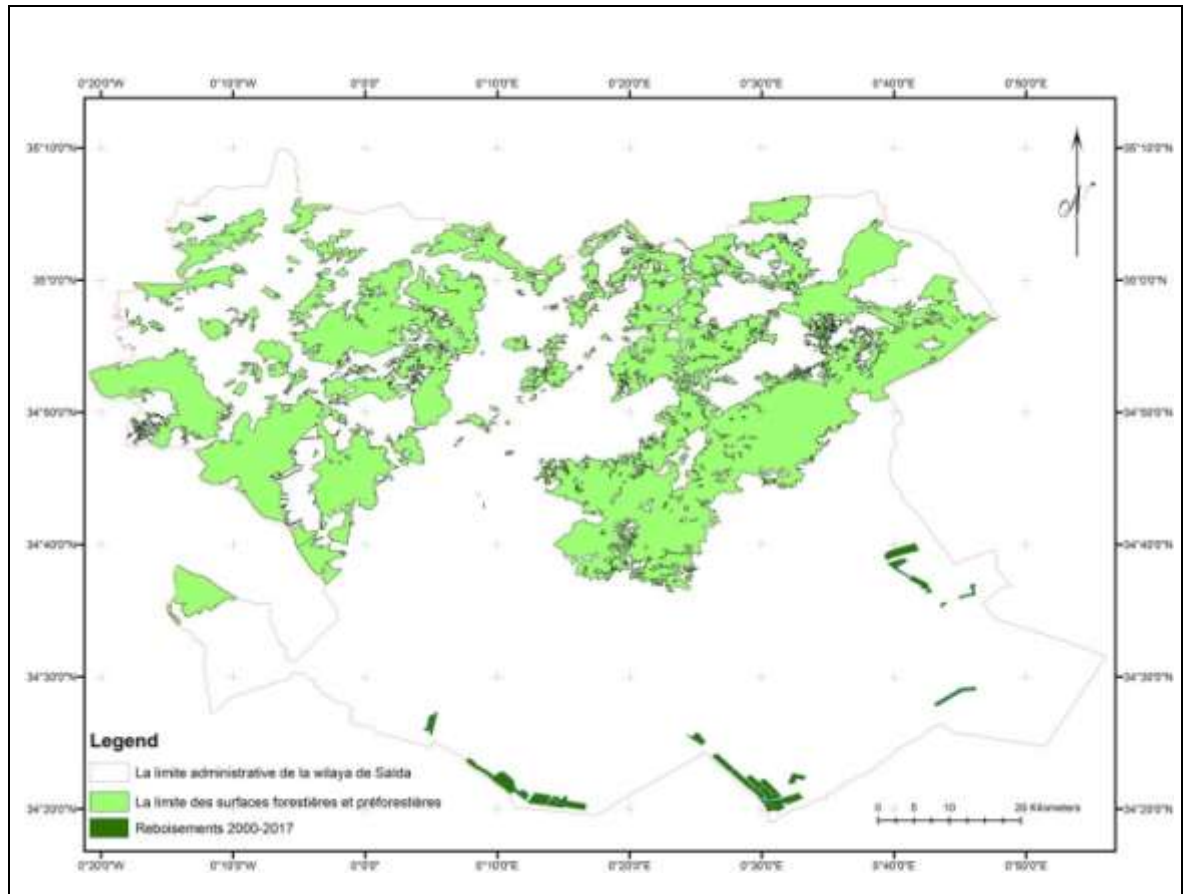


Figure 8 : Carte des surfaces forestière et pré forestières (source DGF 2019).

L'espace forestier présente les caractéristiques suivantes :

- il occupe une surface totale de 174 361 hectares soit 26,17% de la superficie totale.
- les matorrals représentent 73% de la surface totale forestière et témoignent de la pression qui s'exerce sur les formations forestières et leur adaptation aux conditions édapho-climatiques.
- les reboisements ne sont que de l'ordre de 4% alors que les surfaces à vocation forestière sont importantes au regard des incendies et des terrains de parcours en pente.

Tableau 3 : Importance des formations forestières.

Type de formation	Superficie	Pourcentage
Forêts denses	13 077	7,50
Forêts claires	27 041	15,50
Maquis denses	14 537	8,30
Maquis clairs	112 673	64,62
Reboisements	7 033	4,03
Total	174 361	

Source : B.N.E.D.E.R (2008)

- les formations forestières naturelles qui regroupent les forêts denses, les forêts claires, les maquis denses et les maquis clairs. Ces formations sont totalement localisées dans la partie tellienne de la wilaya.

- les reboisements essentiellement à base de pin d'Alep ont concernés principalement la partie nord de la wilaya.

L'espace forestier couvre 26% de la surface totale des communes, un taux supérieur à la moyenne régionale (puisqu'elle se classe en premier rang) et même nationale. Les formations forestières sont dominées par les groupements à pin d'Alep (*Pinetum halepensis*). Les forêts domaniales de Tendfelt, Djaafra et Fenouane sont les plus importantes, leur impact sur les autres espaces et sur la vocation de la wilaya est présent et ne peut être ignoré dans toute approche d'aménagement ou d'orientation globale du développement, par son impact sur les autres espaces.

1.10. Composition :

Ce patrimoine est composé par les essences suivantes (D.G.F 2018) :

- Pin d'Alep 54740 (ha) soit 35%.
- Chêne vert 46920 (ha) soit 30%.
- Thuya de berberie 15640 (ha) soit 10%.

- Chêne Kermes 7820 (ha) soit 5%.
- Genévrier Oxycèdre 7820 (ha) soit 5%.
- Autres (Eucalyptus...) 23000 (ha) soit 15%.

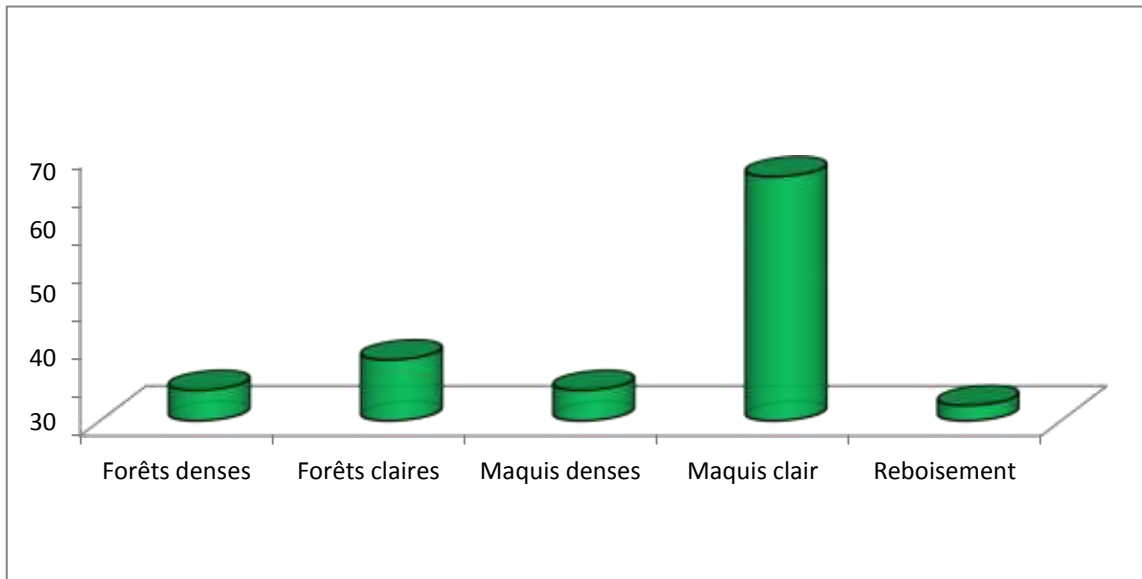


Figure 9. Principales formations forestières de la wilaya de Saida (B.N.E.D.E.R, 2008).

* **Les forêts denses :** elles occupent environ 13077 ha soit 1.96 % de la superficie totale.

Ces forêts représentent 7.5 % des superficies forestières. (Figure 9)

85.4 % des forêts denses sont situées dans les monts de daia. Elles concernent les communes d'Ain-El-Hadjar, Youb et moulay Larbi.

L'essence dominante dans ces forêts est le pin d'Alep essentiellement pur ou en association avec le Thuya.

Tableau 4. Répartition des forêts denses par commune.

Commune	Superficies (ha)	% / superficie totale forêt dense	% commune
Ain El-Hadjar	8074	61.74	19.86
Saida	295	2.26	3.83
Moulay Larbi	1463	11.19	3.49
Youb	1631	12.47	3.83
Doui Thabet	956	7.31	4.59
Sidi Amer	40	0.31	0.25
Ouled Brahim	618	4.72	2.59
Total wilaya	1.077	100	1.96

Source : B.N.E.D.E.R (2008)

* **Les forêts claires** : les plus grandes superficies occupées par les forêts claires sont situées dans la commune de Youb, 42% de la superficie totale des forêts claires. La commune d'Ain El hadjar vient en seconde position 14.93 %. Dans les communes de Hassasna et Doui Thabet, les superficies occupées par les forêts claires représentent approximativement la moitié en superficie de celles d'Ain El Hadjar.

Les forêts claires sont localisées dans les monts de Dhaya (Oued Séfioun) à concurrence de 46.64 %. Ces forêts appartiennent essentiellement à 13 communes récapitulées comme suit :

Tableau 5. Répartition des forêts claires par communes.

Communes	superficie (ha)	%/ superficie totale forêt claire	%/ commune
Ain El hadjar	4037	14.93	19.86
Tircine	37	0.14	0.08
Saida	502	1.86	6.52
Sidi Boubekeur	596	2.12	3.09
Moulay Larbi	1825	6.69	4.38
Ain Soltane	164	0.60	0.65
Hassasna	2137	7.90	3.92
Youb	11358	42.00	26.66
Hounet	812	3.00	0.5
Doui Thabet	2080	7.69	10
Sidi Amar	1546	5.72	9.77
Ouled Khaled	62	.023	0.33
Ouled Brahim	1875	6.93	7.88
Total wilaya	27041	100	4.06

Source : B.N.E.D.E.R (2008)

* **Les maquis denses** : ils présentent un pourcentage en superficie très proche de celui des forêts denses et ne sont donc que faiblement représentés dans cette zone.

Ces formations forestières couvrent une superficie de 14537 ha et représentent 2.18 % de la superficie totale de la wilaya. Ces maquis denses représentent 8.3 % des superficies forestières.

Tableau 6 : Répartition des maquis denses par communes.

Communes	Superficie (ha)	%/ superficie totale forêt claire	%/commune
Maamora	2292	15.77	1.83
Ain El hadjar	457	3.14	1.12
Tircine	2914	20.04	6.51
Saïda	110	0.76	0.46
Moulay Larbi	1227	8.44	2.93
Ain Soltane	2352	16.18	9.26
Hassasna	3587	24.68	6.57
Hounet	162	1.11	1.05
Doui Thabet	512	3.52	2.46
Sidi Amar	612	4.21	3.87
ouled Brahim	312	2.15	1.31
Total wilaya	14537	100	2.18

Source : Source : B.N.E.D.E.R (2008)

C'est dans les communes de Hassasna et Tircine que les maquis denses occupent les superficies les plus importantes avec respectivement 3587 ha soit (24.68 %) et 2914 ha soit 2914 ha soit (20.04 %).

A ces superficies s'ajoute les surfaces de maquis denses des communes de Maamora (15.77 %) qui se rattachent à la zone forestière d'El Hassasna et Tircine qui s'individualise, toujours au nord - est de la wilaya avec 16.68 % des surfaces en maquis denses. A l'est, de la wilaya les maquis denses se trouvent dans la zone du djebel Youcef et dans la zone des monts de Saïda. Ces maquis concernent les communes de Hassasna et Maamora. La forêt de Hassasna est constituée de chêne vert et de genévrier. Il s'agit d'une forêt dégradée. Les maquis sont essentiellement composés de chêne vert, chêne kermès, thuya et oléastre. A l'ouest de la wilaya, les maquis denses se situent dans la zone des monts de Dhaya. Ces formations forestières concernent particulièrement la commune de Moulay Larbi avec 8.44 % des superficies de maquis denses.

* **Les maquis clairs** : il s'agit de la formation la plus représentée sur les terres forestières en occupant 112673 ha soit 64.62 % ; ces maquis clairs représentent 16.19 % de la

superficie totale de la wilaya.

Tableau 7 : Répartition des maquis clairs par communes.

Communes	superficie (ha)	%/ sup. T. forêt claire	%/ commune
Maamora	22720	20.17	18.16
Ain Elhadjar	2938	2.61	7.22
Sidi Ahmed	6767	6	5.37
Tircine	21035	18.67	47.03
Saida	756	0.67	9.82
Sidi Boubkeur	4158	3.69	17.47
Moulay Larbi	128	0.11	0.31
Ain Soltane	5387	4.78	21.21
Hassasna	29474	26.16	54.02
Youb	53	0.04	0.12
Hounet	1733	1.54	11.28
Doui Thabet	4500	3.99	21.63
Sidi Amar	4987	4.43	31.51
Ouled Khaled	3151	2.80	16.86
Ouled Brahim	4886	4.34	20.52
Total wilaya	112673	100	16.91

Source : B.N.E.D.E.R (2008)

Les maquis clairs couvrent une superficie importante dans l'est de la wilaya soit 73229 ha soit 65 %, comprenant les communes de Maamora, Hassasna et Tircine. A l'ouest ces formations forestières sont éparpillées dans les communes de Hounet, Sidi Boubkeur, Sidi Amar, Youb et Doui Thabet soit 9.6 %.

La carte d'occupation montre la concentration sur un axe sud -ouest - nord -est, de toute la forêt dégradée de la wilaya représentée en maquis clairs et composée essentiellement de chêne vert dans un état de dégradation assez avancé.

* **Les reboisements** : ils ne constituent pas un volet significatif dans les formations forestières au regard de la superficie qu'ils occupent, 7033 ha soit 1.06 % de la superficie totale et 4.03 % des superficies forestières. Les efforts tant politiques qu'économiques engendrés dans

ce domaine ne semblent pas apporter satisfaction surtout au regard de l'état des ces reboisements, Ces reboisements sont répartis par commune comme suit :

Tableau 8 : Répartition des reboisements par communes.

Communes	superficie (ha)	%/ superficie totale forêt claire	%/ commune
Maamora	53	0.75	0.04
Ain El hadjar	549	7.81	1.35
Sidi Ahmed	1546	21.98	1.23
Saida	398	5.66	5.17
Sidi Boubekeur	736	10.47	3.09
Moulay Larbi	413	5.87	0.99
Ain Soltane	244	3.47	0.96
Hassasna	80	1.14	0.15
Youb	1677	23.84	3.94
Hounet	462	6.57	3.01
Doui Thabet	262	3.72	1.26
Sidi Amar	196	2.79	1.24
Ouled Khaled	399	5.67	2.13
Ouled Brahim	18	0.26	0.08
Total wilaya	7033	100	1.06

Source : B.N.E.D.E.R (2008)

Il à été constaté que le reboisement a été effectués surtout à base de pin d'Alep. C'est dans les communes de Sidi Ahmed et Youb que les reboisements ont été réalisés sur de plus grandes étendues. Le taux de reboisements est très satisfaisant, à l'exception de ceux de l'extrême Est de Sidi Ahmed, en l'occurrence les bandes boisées implantées le long de la route Sidi Ahmed -Bordj El Ma. A ces reboisements s'ajoutent les travaux de repeuplement qui ont touché environ 2870 ha. Le reboisement tout type confondu ne totalise que 7033 ha sur plus de 45 ans.

1.11 Différents types de formations végétales

Une étude phytoécologique réalisée à permit de donner une composition floristique moyenne assez représentative des différents groupements végétaux de la zone d'étude (Terras 2011a). (Figure 10).

1.12. Groupement à Chêne vert

C'est le groupement le plus en équilibre et adapté aux conditions du milieu, il se présente le plus souvent sous forme d'un matorral élevé moyen à dense ou d'un taillis de hauteur moyenne de l'ordre de 3 m imposée par une surexploitation et des incendies répétées. Le nombre d'espèces reste très élevé et constitue l'ossature de basse de toutes les formations forestières de la région. Benabdeli (1996) note pour les monts de Saida l'importance des formations ligneuses basses de chêne vert dans la préservation de la couverture forestière. Le cortège floristique représentatif de ce groupement se compose de : *Phyllirea media*, *Pistacia lentiscus*, *Juniperus oxycedrus*, par contre, les grandes graminées Alfa ou Diss ne jouent qu'un rôle secondaire.

1.12.1. Groupement à Pin d'Alep et Chêne kermès

Les espèces les plus présentes et dominantes imposant une physionomie au groupement sont *Quercus coccifera*, *Calycotome spinosa*, *Cistus villosus*, *Pistacia lentiscus*, *Phyllirea media*, et *Ampelodesma mauritanica*. Dans la strate arborescente notant la présence de *Tetraclinis articulata* et *Quercus rotundifolia*.

1.12.2. Groupement Oleo-lenisque

Ce groupement appartient à l'aliance de l'oleo-ceratonion et correspond à des peuplements très ouverts et classés parmi les plus dégradés. Le Chêne vert en est absent, par contre le Pin d'Alep y est fréquent au même titre que le lentisque. Le chêne kermès et la filaire sont abondants dans les zones de transition avec les groupements précédents.

1.12.3. Groupement de *Tetraclinis articulata*

La composition floristique moyenne représentative dans le territoire étudié de la tétraclinaie regroupe les espèces suivantes : *Tetraclinis articulata*, *Arbutus unedo*, *Asparagus albus*, *Astragalus lusitanicus*, *Bupleurum gibraltaricum*, *Calycotome spinosa*, *Carallum europaea*, *Cistus landaniferus*, *Cistus sericeus*, *Coronilla juncea*, *Ebenus pinnata*, *Elichrysum stoechas*, *Genista quadriflora*, *Olea europea.sylvestris* et *Quercus coccifera*.

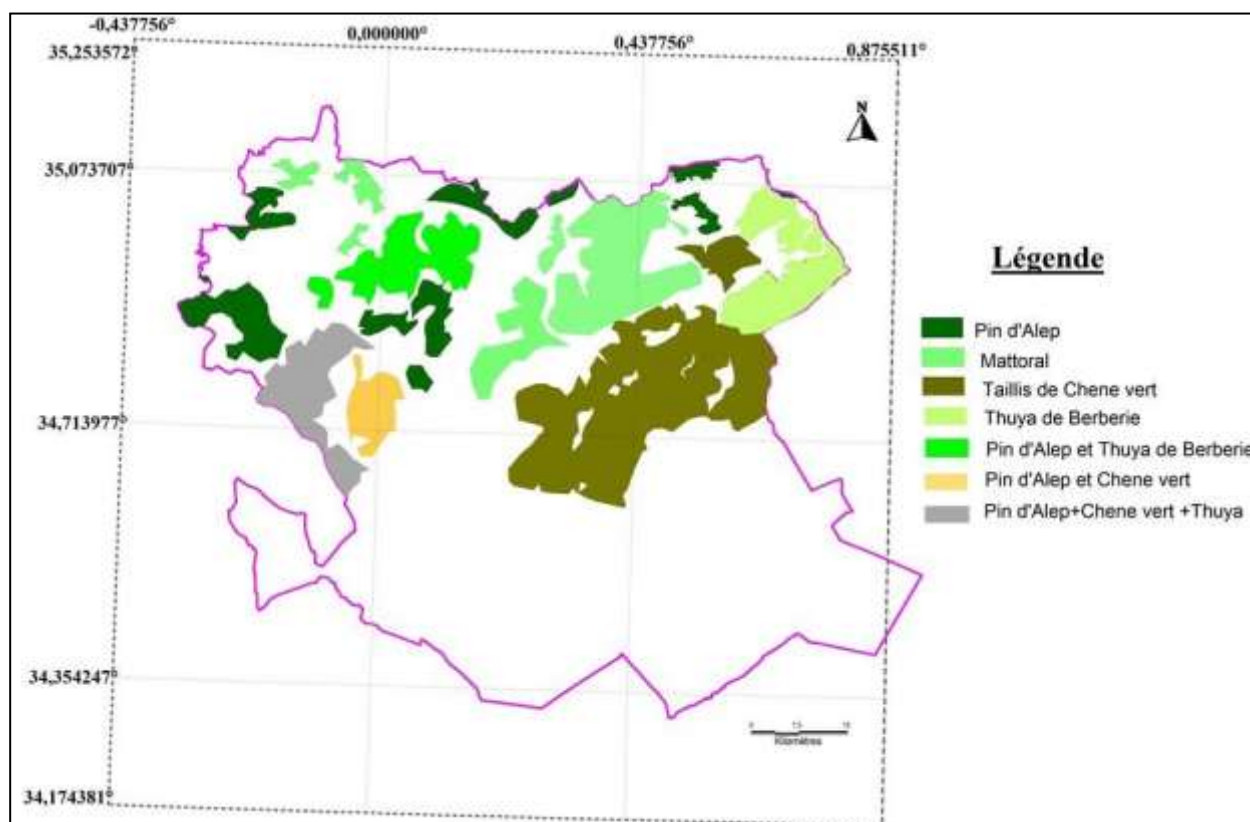


Figure 10 : Carte des groupements forestiers de la wilaya de Saida (source : Terras, 2011)

Chapitre II

Présentation du Pin D'Alep

(Pinus halepensis)

Chapitre II : Présentation du Pin D'Alep (*Pinus halepensis*)

1. Généralités

Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) fut décrit pour la première fois en 1755 par Duhamel sous le nom de *Pinus hierosolimitana*. Philip Miller le décrit en 1768 sous le nom de *Pinus halepensis*, et après plusieurs autres descriptions par différents auteurs, les botanistes sont retenus l'appellation donnée par Miller. Ainsi, il est à noter que le Pin d'Alep n'existe pas à l'état naturel dans la région d'Alep, au nord de la Syrie où se trouve plutôt le Pin de Calabre (*Pinus brutia*), avec lequel il a été confondu (NAHAL, 1986).

Le Pin d'Alep, ou pin blanc de Provence, est un conifère de la famille des Pinacées qui regroupe environ 250 espèces. Le sous-genre *Pinus* de genre *Pinus* est divisé en cinq sections et chaque section est spécifique à une aire biogéographique.

Le Pin d'Alep appartient à la section des Halepensoïdes qui est divisée en trois groupes, dont le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est renfermé dans le groupe Halepensis. Ainsi, ce groupe renferme quatre autres espèces: *Pinus brutia* Ten., *Pinus eldarica* Medw., *Pinus stankewiezii* Sukaczew., et *Pinus pithyusa* Stevenson. Du point de vue descriptif, ce groupe est caractérisé par des pins à deux aiguilles et à cônes caduques habitant la région Méditerranéenne et sont souvent connus sous le nom des pins méditerranéens du groupe Halepensis.

En outre, certains botanistes ont vu dans ces Pins des espèces distinctes, alors que d'autres ont abaissé certains d'entre eux au rang de variétés. (DJERRAD, 2016)

2. Répartition géographique du Pin d'Alep:

2.1 Dans le monde

L'aire géographique du Pin d'Alep est trouvée à l'état spontané autour du bassin méditerranéen (Figure 01), sauf en Egypte. Son centre de gravité est nettement le bassin méditerranéen occidental, surtout l'Afrique du Nord, ou plus exactement l'Algérie et la Tunisie.

Le Pin d'Alep s'étend de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie et Libye) et du Moyen Orient (Syrie, Liban, Jordanie, Palestine et Turquie), jusqu'à l'Europe méridionale méditerranéenne (Grèce orientale, Croatie, Italie du Nord, Est de la France et Espagne orientale) (ABLOUL et LADJAL, 2020)

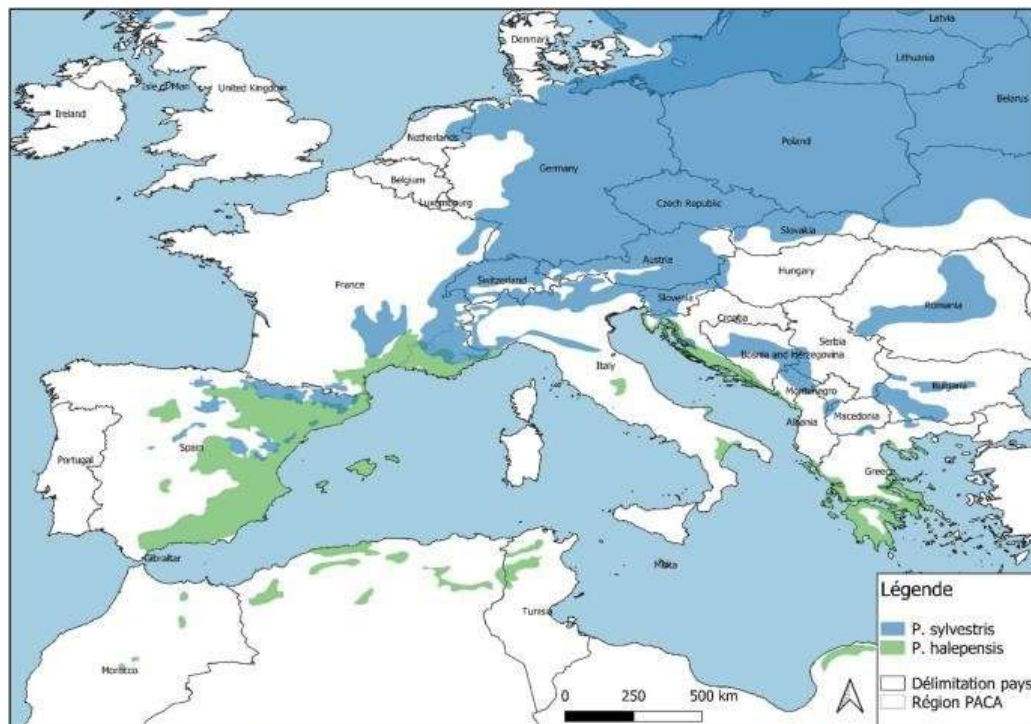


Figure01:Aire de répartition du Pin d'Alep en région méditerranéenne (GHOUGALI, 2011)

2.2 En Algérie:

Le Pin d'Alep est fréquent dans la surface forestière de l'Algérie (Figure 02), avec 35% de couverture.

Il existe dans toutes les variantes bioclimatiques avec une prédominance dans l'étage semi-aride où il est localisé principalement dans les régions suivantes (GUIT, 2015) :

- La région de Tbesa, les plateaux constantinois et les Aurès;
- La région d'Algérie (les forêts de Médéa, Monts des Bibans- sont une chaîne de montagnes du Nord de l'Algérie);
- Les forêts de monts de Saida, de mascara, de sidi bel Abbés et De Telagh;
- L'atlas saharien; la région de Djelfa (mont d'Oulad Nail).

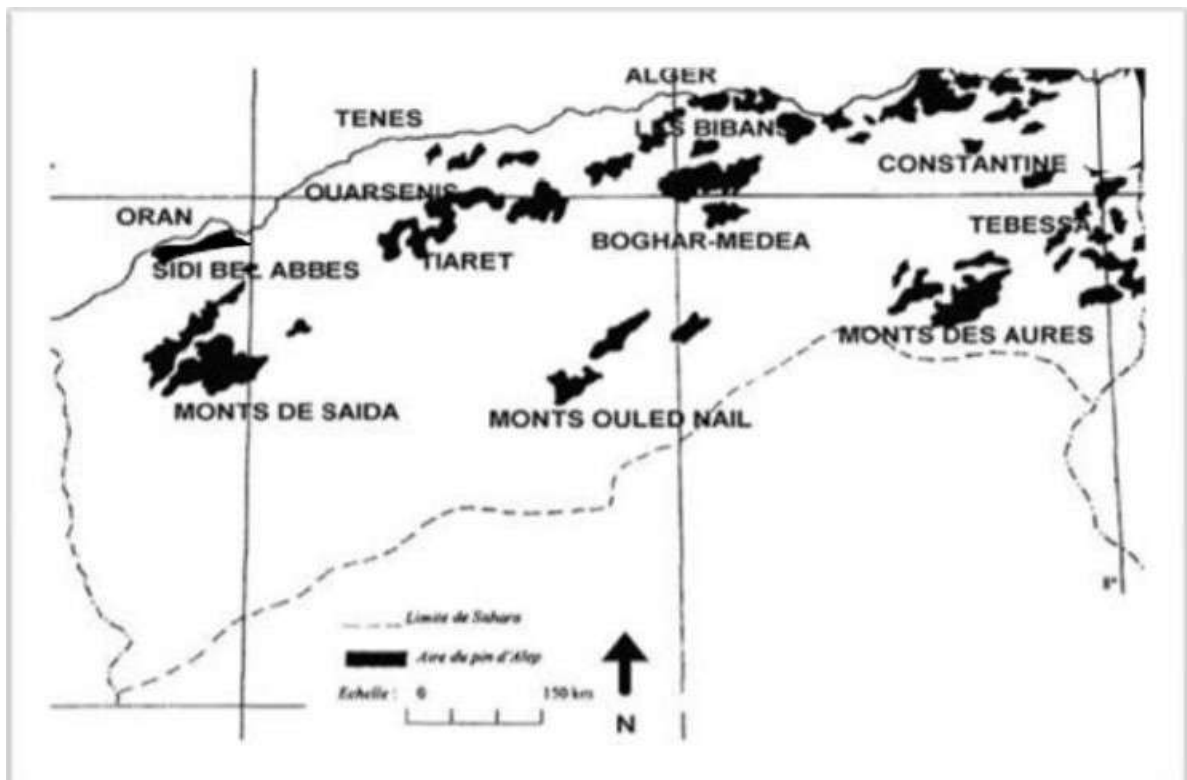


Figure02 : Répartition du Pin d'Alep en Algérie (BRAKCHI OUKOUR, 2015)

2.3 Taxonomie:

Le *Pinus halepensis* fut décrit pour la première fois par Duiamel en 1755 sous le nom de *Pinoshiero, soliviitana*, puis Philip Miller la réécrivit plus tard en 1768 sous le nom de *Pinus halepensis*

La position systématique du taxon selon différentes approches morphologiques et phylogéniques APGII est décrite selon :(ABLOUL et LADJAL, 2020)

Règne:Plantae.

Sous-règne: Tracheobionta.

Embranchement: Pinophyta.

Sous-embranchement: Gymnospermes.

Classe: Pinopsida.

Ordre: Pinales.

Famille: Pinaceae.

Sous-famille: Pinoideae.

Genre: Pinus.

Espèce: *Pinus halepensis* Mill.(1768)subsp. *Halepensis*.(BOUAZZA, 2013)

2.4 Description botanique de la plante:

Le Pin d'Alep est un arbre toujours vert (Figure03), d'hauteur totale allant de 25 à 27m, sa longévité ne dépasse pas 150 ans. Au tronc tortueux, irrégulier et branchu. (ABLOUL et LADJA, 2020).



Figure03: Arbre du Pin d'Alep (PRAT et RUBINISTIEN, 2015)

L'écorce des arbres jeunes est lisse et d'un gris argenté (Figure04) ; chez les adultes, elle forme un rhytidome plus ou moins gerçure en écailles minces, larges et aplaties de couleur rougeâtre (ABLOUL et LADJAL, 2020) ;



Figure04: l'écorce du Pin (SAGET, 2014)

* Bourgeons cylindro-coniques, 7-8 mm, non résineux (ABLOUL et LADJAL, 2020)

* Aiguilles très fines (< 1 mm) ; mesurent 5 à 10 cm de long ; réunies par deux, rarement par trois dans une gaine ; groupées en pinceaux à l'extrémité des rameaux (Figure 05) ; de couleur verte jaunâtre. Ces pseudophylles sont persistantes . . (ABLOUL et LADJAL, 2020) ;



Figure05: Les feuilles du Pin d'Alep (GARRIGE, 2003)

* Les cônes mâles de 6 à 7 cm rassemblant à des chatons dressés, produisent une grande quantité de pollen jaune orangé dispersé par le vent (Figure 06) (NAHAL, 1983).



Figure06 : les chatons males de Pin (GESLOT, 2018)

* Les cônes femelles ligneux ovoïdes coniques à écailles dures, pédonculés, isolés ou par paires, Ils mûrissent au cours de la deuxième année et laissent le plus souvent échapper leurs graines au cours de la troisième année. Le cône doit avoir subi de forte chaleur qui détruit les joints de résine

Entre les écailles pour pouvoir s'ouvrir. Ce dernier renferme des graines mates de 7 mm de taille, brun gris sur une face et gris moucheté de noir sur l'autre. Munie d'une aile allongée 4 fois plus longue qu'elle, qui facilite leur dissémination rapide (ABLOUL et LADJAL, 2020).



Figure7: Les cônes femelles (NOVIKOVA, 2019)

2.5 Cycle de reproduction et fructification:

Le Pin d'Alep se reproduit en général vers l'âge de 8-12 ans, cependant la maturité sexuelle peut être plus précoce vers 4 ans et peut même se déclencher plus tôt à l'âge de deux ans, La maturité sexuelle est très variable dans le temps ; elle dépend des conditions du milieu, et semble surtout liée à la croissance de l'arbre : plus l'arbre est vigoureux plus l'aptitude à la fructification est précoce .Le Pin d'Alep est une espèce monoïque ; les organes sexuels mâles et femelles sont nettement séparés dans l'architecture de l'arbre, les inflorescences femelles (cônes) apparaissent en position terminale sur des pousses vigoureuses, alors que les inflorescences males (chatons) sont regroupées en un pseudo verticille généralement sur des rameaux (CHOKRI, 2005).

Inférieur la figure 08 reproduit le cycle de reproduction du Pin d'Alep ;ce cycle a été établi au départ d'observations régulières sur une période de 3 ans. Mûrs de l'année même de leur formation, les chatons mâles tombent après l'émission de leur pollen au printemps, alors que les cônes femelles continuent à se développer après la fécondation (mars - avril), ne mûrissent qu'à la deuxième année et ne laissent échapper leurs graines qu'au cours de la troisième année. Quant à la pollinisation, elle est assurée essentiellement par le vent.

Le Pin d'Alep est une espèce diploïde qui compte 24 chromosomes (2n), comme c'est le cas pour la plupart des pins. (CHOKRI, 2005)



Figure08 : Cycle de reproduction du Pin d'Alep (EINSTEIN, 2020)

2.6 Intérêt économique de *Pinus halepensis* :

Ecologiquement *P. halepensis* est l'espèce forestière la plus importante dans de nombreux pays méditerranéens. Il est utilisé généralement dans des programmes de reboisement des sols dégradés, cas de la «ceinture verte» dans le sud de l'Algérie, où 1 million de hectares ont été plantés de pins d'Alep il y a plus de 20 ans.

Le bois du Pin est utilisé en construction, industrie, menuiserie, bois et pâte à papier, pour l'étagage des mains, la construction navale et la charpenterie.

Le Pin est utilisé aussi dans le domaine cosmétique grâce à sa richesse en acide gras, vitamine E, poly phénols et antioxydants naturelles.

Les grains de Pin sont utilisés dans le domaine agroalimentaire, (la pâtisserie). Le Pin d'Alep donne environ 3 kg de résine (la gomme) par arbre et par an ;la gomme pure contient 20à24 % d'essence de térébenthine et 75 à 80% de cellophane, elle a aussi des usages médicaux.(CHEIKH-ROUHOU et al 2006)

2.7 Les propriétés thérapeutiques et usage traditionnel:

Les rameaux feuillés de *Pinus halepensis* renferment une huile essentielle riche en pinène, puissant antiseptique apprécié en cas d'affections respiratoires, dépuratifs en décoction, balsamique et amère (appréciés alors en cas d'inflammation intestinale).

L'huile de pin est utilisée en aromathérapie dans les massages de la peau ; dans le soulagement de problèmes gastro-intestinaux comme les ulcères de l'estomac. Cette huile se comporte également comme un inhibiteur de l'appétit, un stimulant de l'absorption des protéines, ainsi comme un produit naturel dans le traitement des maladies cardio-vasculaires parce qu'elle contient l'acide pinolénique ; qui régule le taux des lipides totaux du sang, en réduisant la consolidation des plaquettes, ce qui aboutit à une diminution de la pression sanguine. Aussi elle contient des antioxydants qui sont bénéfiques à l'organisme tout entier.

L'huile essentielle est utilisée dans le traitement de la leishmaniose qui est une maladie Infectieuse causée par différent espèces de parasite protozoaire du genre leishmania.

La décoction des bourgeons, de l'écorce et des cônes matures ou jeunes ainsi que la poudre des résines set des cônes verts sont utilisées pour le soulagement de l'asthme, la bronchite et la toux.

Selon la tradition kabyle trois cuillerées à soupe de résine pilée et tamisée, incorporées à un pot de miel pur de 500g, constituent le traitement complet de la bronchite. (ABLOUL et LADJAL, 2020).

Chapitre III

La germination

Chapitre III : La germination

1. La graine Le pin d'Alep

Les graines du pin d'Alep sont très appréciées et prisées pour leurs formidables bienfaits sur la santé de notre corps et de notre peau. Leur extrait huileux regorge d'acides oléiques et linoléiques (plus de 80%) ainsi qu'en vitamine E.

1.1.. Semis des graines :

- **Récolte des graines** : Les cônes matures du Pin d'Alep libèrent leurs graines au début de l'automne. Récoltez les cônes et laissez-les sécher à l'air libre jusqu'à ce qu'ils s'ouvrent et libèrent naturellement les graines.
- **Préparation des graines** : Les graines de *Pinus halepensis* ont une coque dure qui peut nécessiter une stratification froide pour améliorer la germination. Placez les graines dans un sac en plastique avec un peu de sable humide et stockez-les au réfrigérateur pendant quelques semaines.
- **Préparation du sol** : Choisissez un mélange de terreau bien drainé et ajoutez-y du sable pour améliorer le drainage.
- **Semis** : Plantez les graines à environ 1 cm de profondeur dans le terreau et arrosez légèrement.
- **Chaleur et lumière** : Placez le pot dans un endroit chaud et ensoleillé.
- **Arrosage** : Maintenez le sol humide, mais pas détrempé, pendant la phase de germination.
- **Germination** : Les graines peuvent prendre plusieurs semaines à germer. Soyez patient, car la germination peut être variable.
- **Transplantation** : Lorsque les jeunes plants ont atteint une taille suffisante, vous pouvez les transplanter dans des endroits définitifs ou des pots plus grands.

Le Pin d'Alep est un arbre majestueux et rustique, apprécié pour son aspect esthétique et sa capacité à s'adapter à des conditions difficiles. Il constitue un bel ajout à tout paysage méditerranéen ou à tout jardin souhaitant créer une atmosphère méditerranéenne.

2. la germination :

2.1 Définition du processus de germination

La germination des graines est un phénomène naturel qui se produit lorsque les graines sont imbibées dans l'eau dans les bonnes conditions de température, d'oxygène et d'obscurité. La germination se traduit par une activation des activités enzymatiques dans toutes les parties de la graine (embryon et tissus de réserve), conduisant à la croissance de l'embryon et à la constitution d'un germe, la germination correspond à l'étape par laquelle une semence en vie ralentie "se réveille" et donne naissance à une plantule. Ce passage met en jeu des mécanismes physiologiques complexes qui sont assez bien identifiés aujourd'hui (LABBE M. 2004). En EVENARI 1957 propose la définition suivante: la germination est un processus dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et le tout début de la croissance de la radicule. La germination des graines commence par l'absorption d'eau par la graine sèche quiescente et se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire (BEWLEY.J.D 1997).

Pour beaucoup de gens, la dormance des graines signifie simplement qu'une graine n'a pas germé, mais nous verrons bientôt que cette définition est inadéquate. Des conditions environnementales défavorables sont l'une des raisons du manque de germination des graines. C'est-à-dire que les graines peuvent être dans un sac en papier sur l'étagère du laboratoire (c'est-à-dire manque d'eau), enfouies dans la boue au fond d'un lac (c'est-à-dire manque d'oxygène et/ou de lumière) ou exposées à des températures supérieures ou inférieures ceux qui conviennent à la croissance des plantes. Ces conditions manifestement défavorables à la germination sont des exemples de la façon dont l'environnement plutôt qu'un facteur associé à la graine en soi empêche la germination.

La compréhension de l'écologie de la germination des graines est renforcée par la connaissance des états physiologiques (réponses de germination), morphologiques (développement de l'embryon) et physiques (perméabilité des enveloppes) des graines au moment de leur maturation, des changements d'états physiologiques, morphologiques et physiques dès les graines qui doivent précéder la germination, les conditions environnementales requises pour que ces changements aient lieu et les conditions environnementales se produisant dans l'habitat entre le moment de la maturation et la germination (BASKIN. Cet BASKIN.J 1998)

2-2-Types de germination :

On distingue de types de germination :

- **La germination épigée** « germination épicotyle » : lorsque les cotylédons sont amenés au-dessus du niveau du sol.
- **La germination hypogée** «germination hypocotyle» : Au cours de laquelle, la tige ne s'allonge pas et les cotylédons restent dans le sol (MEYER 2004).

2-3-Les différentes phases de la germination :

EVENARI 1957a défini la germination, qui a été largement adoptée par les physiologistes. Cette définition est étayée par des mesures d'imbibition et d'activité respiratoire réalisées sur des graines en germination. BINNET et BRUNNEL 1968 et COMED 1970 ont montré que la germination est constituée de trois phases successives (Figure 13).

- **La phase d'imbibition:** La germination nécessite une réhydratation rapide de la graine par absorption d'eau. Cependant, un excès d'eau peut entraver le processus, soulignant la nécessité d'un équilibre délicat.
- **La phase de germination : stricto sensu** qui correspond à l'activation physiologique de la semence après l'imbibition et qui se termine avec le début de l'allongement de la radicule, est définie comme la phase de réactivation du métabolisme après la réhydratation de la graine, sans qu'il y ait de changement morphologique visible. (MEYER et al., 2004)
- **La phase de croissance :** le début de l'allongement de la radicule de l'embryon, qui correspond au démarrage de la 3ème phase.

Cette dernière est marquée par une reprise de l'absorption d'eau due à l'allongement de la jeune racine.

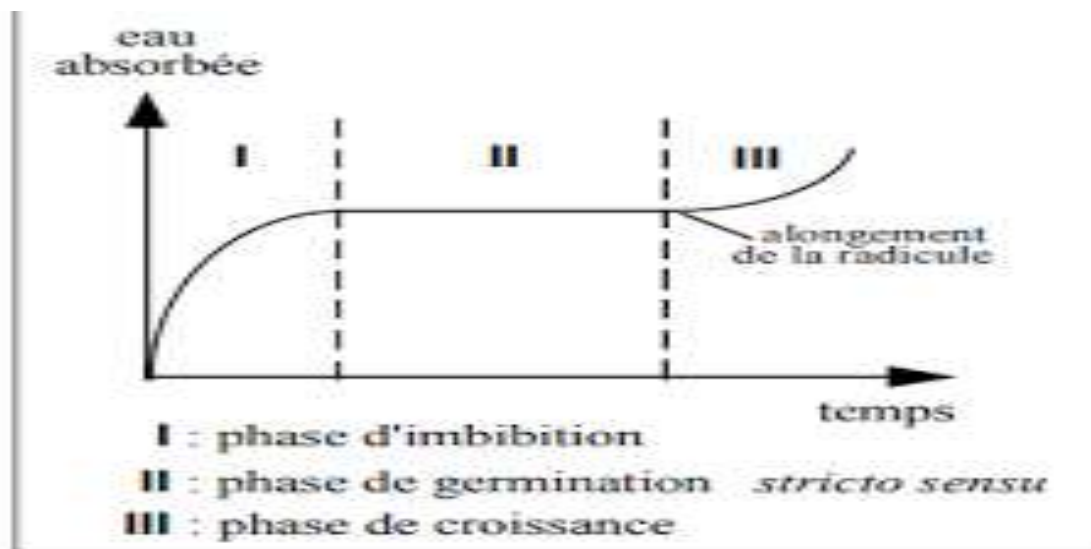


Figure 1 : Courbe théorique de la germination d'une semence. (CÔME 1982)

3-Morphologie et physiologie de la germination :

3-1-Morphologie de la graine :

La graine s'imbibe d'eau et se gonfle, le tégument se fend et la radicule émerge et s'oriente vers le milieu (sol) selon un géotropisme (gravi tropisme) positif. Puis, la tigelle émerge et s'allonge vers le haut (le ciel). Les téguments de la graine se dessèchent et tombent

3-2-Physiologie de la germination :

Au cours de la germination, la graine se réhydrate et consomme de l'oxygène pour oxyder ses réserves en vue d'acquérir l'énergie nécessaire. La perméabilité du tégument et le contact avec les particules du sol conditionnent l'imbibition et la pénétration de l'oxygène. Les réserves de toute nature sont digérées .

4-Conditions de la germination :

Par germination nous désignerons l'ensemble des processus qui vont du début de la réhydratation de graine à la sortie de la radicule

a) Conditions internes :

- ❖ La première condition pour qu'une graine puisse germer est qu'elle soit à maturité, c'est-à-dire que toutes ses parties constitutives, telles que les enveloppes séminales et l'amande, soient morphologiquement différenciées et développées complètement.
- ❖ la longévité des semences, durée pendant laquelle elles restent vivantes et gardent leur pouvoir germinatif, varie considérablement selon les espèces.

b) Conditions externes :

Pour que la germination puisse avoir lieu, l'eau est évidemment nécessaire et doit être présente en quantité suffisante dans l'environnement. De plus, cette

Chapitre IV

Matériel et Méthodes

1. Matériel végétal :

1.1 Site de prélèvement des graines

Les graines sont récoltées au niveau de Wilaya de Saïda.

1.2 Le matériel utilisé

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de graines de pin d'Alep (*Pinus halepensis*)



photo 1 : les grains de pin d'Alep (*Pinus halepensis*)

1.3 Matériel de laboratoire :

1. pissette
2. Agitateurs
3. Spatule
4. Coton
5. Boîtes de pétri
6. Étuve obscure a (500)
7. Verres à montre
8. Becher
9. Passoire

1.4 Objectif :

Le but principal de notre étude est d'étudier l'effet du stress thermique sur la germination des graines de *Pinus halepensis*. La durée de ce processus peut varier, allant de quelques semaines à plusieurs mois. L'application de ce type stress a été faite sous deux température différentes ($T_1 = 15^\circ\text{C}$ - $T_2=25^\circ\text{C}$).

1.5 Préparation des graines pour les tests de germination :

Les graines sont placées dans des boîtes de Pétri stérilisées. Les tests de germination ont commencé le 11 Janvier 2024, au moment de l'installation de l'expérience



Photo 2: les graines en boites de pétrie (15/04/2025)



Photo 3 : Incubation des boites dans l'étuve

2. Prétraitement

Les graines de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) peuvent avoir une dormance naturelle due à leur structure externe dure. Le prétraitement est donc essentiel pour favoriser la germination. Voici quelques techniques de prétraitement fréquemment utilisées pour les graines de pin d'Alep :

2.1 Trempage dans l'eau du robinet :

- ✓ Tremper les graines dans l'eau du robinet pendant 24 heures
- ✓ Tremper les graines dans l'eau du robinet pendant 48 heures
- ✓ Tremper les graines dans l'eau du robinet pendant 72 heures

2.2 Trempage dans l'eau chaude

- ✓ Tremper les graines dans l'eau chaude pendant 24 heures

2.3 Trempage dans l'eau tiède

- ✓ Tremper les graines dans l'eau tiède pendant 24 heures

3. L'expérimentation :

3.1 Installation de l'essai :

✓ Préparation des semences:

La méthode décrite dans cette section de l'étude vise à créer un environnement propice à la germination des graines. Les graines sont placées sur une couche de coton souple dans des boîtes de Pétri, qui servent de substrat pour la germination. Cette approche a pour but de minimiser les risques de dormance en assurant un contact optimal entre les graines et le substrat, ce qui favorise le processus de germination.

Pour maintenir des conditions idéales, le substrat est régulièrement humidifié à l'aide d'eau filtrée ou distillée, ce qui garantit un niveau d'humidité constant, crucial pour lancer le processus de germination. Les boîtes de Pétri avec les graines sont ensuite conservées dans un environnement contrôlé, généralement à température constante avec un éclairage adapté, pour imiter des conditions naturelles de croissance.

Les graines sont examinées chaque jour pour détecter les signes de germination, comme le développement des premières racines ou d'autres structures embryonnaires. En général, une graine est considérée comme ayant germé lorsque son radicule atteint au moins 2 mm de longueur. Cette surveillance quotidienne permet aux chercheurs de repérer rapidement les graines qui commencent à germer et de collecter des données précises sur les taux de germination et le temps nécessaire pour que les graines commencent à germer.

Cette approche précise et rigoureuse donne un aperçu plus complet des facteurs qui influencent la germination des graines, aidant les chercheurs à évaluer l'efficacité des traitements de pré-germination et à comprendre le comportement des graines dans des conditions de laboratoire contrôlées.

✓ Préparation des étuves



Photo 4: Réglage de la température des étuves

✓ Préparation des boîtes de pétri :

Les graines sont disposées dans des boîtes de Pétri, avec 10 graines par boîte. Chaque série d'expériences comporte 40 graines, réparties sur plusieurs boîtes.

La première étape de l'expérimentation, mettre les boîtes de pétri dans l'étuve réglée à 15 c°. Puis relancer l'expérimentation à 25c°



Photo 5 : Les graines dans les boîtes de pétri.

✓ Conduite de l'essai :

- Arrosage :

Nous avons effectué des arrosages quotidiens pour chaque expérimentation, assurant ainsi le maintien de l'humidité du milieu.

- Comptage : Le comptage des graines germées a été fait quotidiennement. Une graine est considérée comme germée lorsque la radicule perce l'enveloppe séminale (selon Come 1970).

L'objectif est de déterminer :

- Taux de germination : Selon BLUMENTHAL M. (2000), une graine est considérée comme germée dès que la radicule perce l'enveloppe séminale. Le taux de germination (TG) est calculé comme suit : $TG = (\text{Nombre de graines germées} / \text{Nombre total de graines}) * 100$
- Délai de germination : La période de test est de 15 jours. Le comptage des graines germées, dont la radicule a percé les téguments, a été effectué chaque jour.

Chapitre V

Résultats et discussion

1. Résultats et discussion

1.1 Effet du stress thermique (15 c°) sur la germination du Pin d'Alep

Tableau 1 : Résultats du taux de la germination à 15c°

Prétraitement	Germination (%) TG	Temps total (jours)	Le premier jour de la germination	Dernier jour de la germination
Trempage dans l'eau tiède (24h)	40%	24	9	24
Trempage dans l'eau chaude (24h)	45%	24	7	24
Trempage dans l'eau de robinet (24h)	40%	24	9	24
Trempage dans l'eau de robinet (48h)	70%	24	5	24
Trempage dans l'eau de robinet (72h)	40%	24	10	24



Photo 6: Début de la germination des graine de Pin d'Alep (TRT avec de l'eau chaude pendant 24 h, le 17 /01/2024)

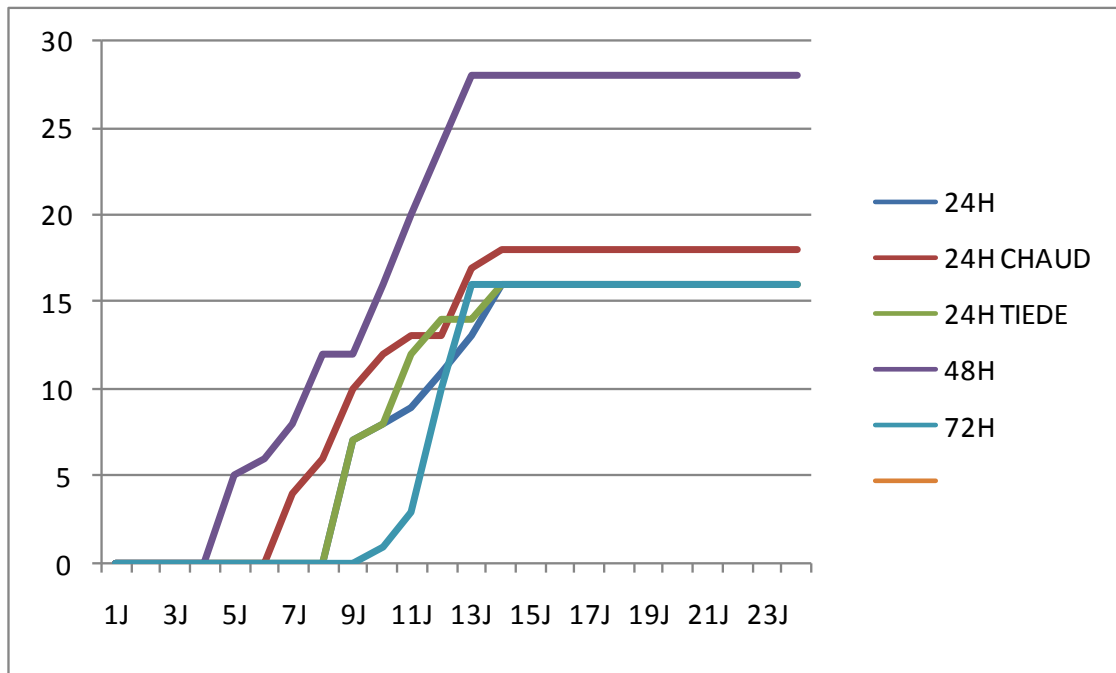


Figure ... : Taux de germination des graines de *Pinus halepensis* sous différents prétraitement à 15 c°

Le meilleur pourcentage (%) enregistré pour la germination à 15 c'est celui du prétraitement à l'eau du robinet pendant 48 heures avec un taux égal à 70%, équivalent à 28 graines sur un total de 40 graines.

Sachant que le plus faible taux de germination a été enregistré pour le prétraitement de 24 heures avec de l'eau tiède et normale (eau du robinet) et celui du prétraitement à 72 h avec 44%, équivalent à 16 graines sur 40.

Le prétraitement à l'eau chaude a marqué une valeur moyenne de l'ordre de 45 %, avec 18 graines qui ont réussi à germer.

On constate que la durée du trempage de 48 h est optimale pour favoriser le ramollissement des téguments des graines du Pin D'Alep, pour mieux réussir notre expérimentation.

1.2 Effet du stress thermique (25 c°) sur la germination du Pin d'Alep

Tableau 1 : Résultats de la germination à 25c°

prétraitement	Germination (%) TG	Temps total (jours)	Le premier jour de la germination	Dernier jour de la germination
Trempage dans l'eau tiède (24h)	65%	24	7	24
Trempage dans l'eau chaude (24h)	70%	24	6	24
Trempage dans l'eau de robinet (24h)	60%	24	7	24
Trempage dans l'eau de robinet (48h)	80%	24	5	24
Trempage dans l'eau de robinet (72h)	45%	24	9	24

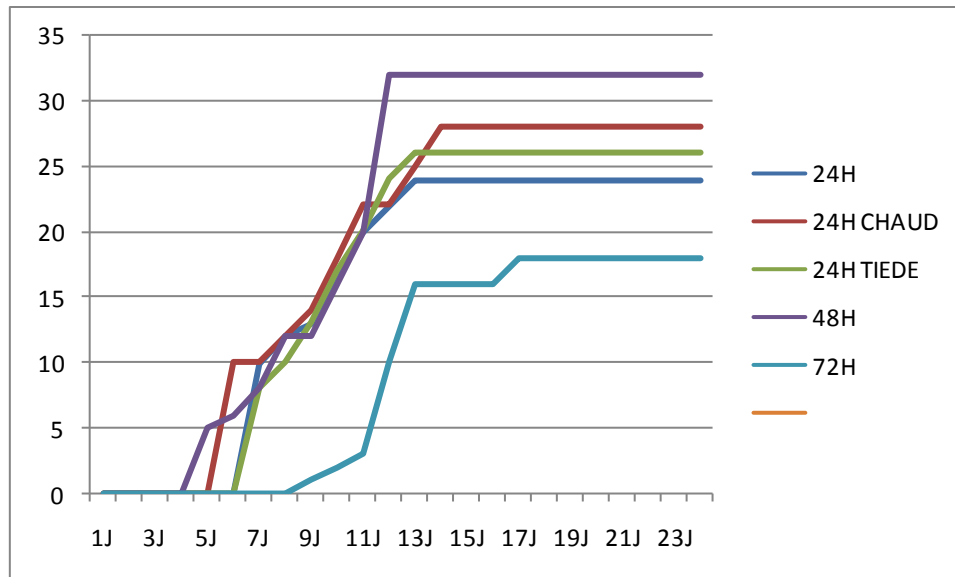


Figure ... : Taux de germination des graines de *Pinus halepensis* sous différents prétraitements à 25 c°

Le plus fort taux de germination durant cette expérimentation sous une température égale à 25 c°, est celui de la durée de trempage de 48 heures, avec 80% représenté par 32graines sur un total de 40 graines.

Les valeurs moyenne du taux de germination est celles des prétraitements suivants : 24 heure (eau du robinet), 24 h (eau tiède), 24 h (eau chaude), 65% représenté par 26graines sur 40.

Le plus faible nombre de graines qui ont réussi à germer est 18 graine sur un total de 40 a marqué le prétraitement de 72 h avec 45%.

Selon ces résultats l'optimale de la germination du Pin d'Alep est la valeur de 25 c° après une période d'inhibitions égale a 48h.

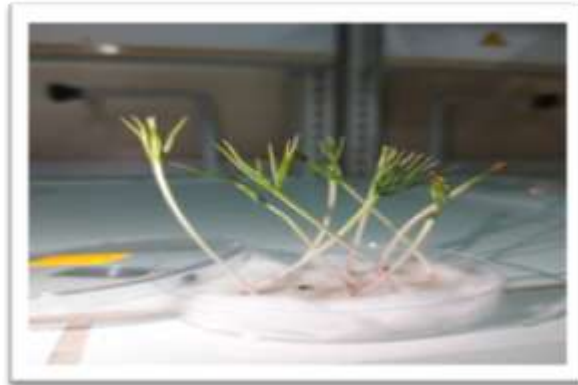


Photo 7: Plantules de *Pinus halepensis* (TRT avec de l'eau du robinet, pendant 48 h, le 02/02/2024).



Photo 8: Plantules de Pin d'Alep après germination (Trempage 72 h/ 15 c°, le 02/02/2024).

Conclusion

Conclusion

Au terme de ce travail, nous pensons avoir contribué à la connaissance des conditions optimales de la germination spécialement en matière de température, et cela dans l'objectif de fournir des informations de base pour sa multiplication. L'étude des différents paramètres qui interviens sur le déroulement de la germination chez *Pinus halepensis*, montre que de les différents prétraitements ont pu lever la dormance des graine avec succès. Sachant que les meilleurs résultats des prétraitements et celui du trempage durant 48 h avec de l'eau du robinet.

Les résultats ont montré une augmentation du taux de germination avec l'augmentation du degré de température de 15c° à 25c°. Le taux de germination sous une température égale à 15c° est de l'ordre de 70%. Notons que cet échantillon de graine a subit une imbibition de 48 h.

Un taux de germination très élevé égale à 80% a été enregistré durant cette expérimentation sous une température égale à 25 c°, est celui de la durée de trempage de 48 heures. Ce prétraitement semble être le plus favorable pour la stimulation et le déclenchement du phénomène de la germination chez les graines du Pin d'Alep.

Les plus faibles taux de germination ont marqué essentiellement le prétraitement de 72 h, cela laisse à supposer que cette durée de trempage peut causer une asphyxie des graines.

Ainsi, le facteur d'environnement lié à la température du milieu au moment de la germination peut contribuer à améliorer le taux de germination, donc ce paramètre doit être pris en compte pour mieux gérer les plans de reboisement, surtout dans des environnements où la température minimale marque des valeurs très basses.

La germination des graines de *Pinus halepensis* est vitale pour la régénération des forêts méditerranéennes et la préservation de la biodiversité. Elle symbolise le commencement de la vie de cette espèce emblématique, encourageant la croissance de nouveaux arbres et la restauration des écosystèmes forestiers après des perturbations telles que les incendies. Le choix de cette espèce s'explique vu sa plasticité écologique qui peut résoudre plusieurs problèmes liés au choix d'espèces destinées pour le reboisement. La maîtrise des différents paramètres de germination et de croissance peuvent nous aider dans la contribution d'élargir l'aire de répartition.

Références bibliographiques

- B. Prévosto (coord.) C. Ripert, A. Bousquet et M. Vennetier (visionnage extrait), « Carte d'identité botanique du pin d'Alep », in *Le pin d'Alep en France*, Editions Quae, 2013, p. 16-22 (présentation en ligne [archive])
- « Flore et végétation de la France : CATMINAT, données d'après Julve, P. [archive] », 23 avril 2004 (consulté le 24 juillet 2018)
- Revenir plus haut en : a b c d et e Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricole (IRESA), Mohamed Larbi Khouja éditeur, *Le pin d'Alep en Tunisie : écologie, gestion et usages*, Tunis, Ministère de l'agriculture, de la pêche et des ressources hydrauliques, 2020, 369 p. (ISBN 978-9973-0994-0-2, lire en ligne [archive]), p. 9, 14-15, 116, 324
- *La Presse avec TAP*, « Kasserine : La récolte des graines de pin d'Alep estimée à 1356 tonnes [archive] », sur *La Presse de Tunisie*, 19 septembre 2023 (consulté le 26 septembre 2023)
- *L'Economiste Maghrébin*, « Récolte annuelle de 17 à 20 tonnes de graines de pin d'Alep à Béja [archive] », sur *L'économiste Maghrebin*, 24 septembre 2023 (consulté le 26 septembre 2023)

« Options Méditerranéennes en ligne - Collection numérique - Le pin d'Alep en Tunisie [archive] », sur *om.ciheam.org* (consulté le 26 septembre 2023)

- *Répartition du pin d'Alep en France-métropolitaine [archive]*
- Revenir plus haut en : a et b Vennetier M. et al., « Évaluation de la croissance du pin d'Alep en région méditerranéenne française », *Revue Forestière Française*, 2010, p. 503-524 (lire en ligne [archive])
- Prévosto Bernard, *Le pin d'Alep en France*, Quae, 2013, p. 69.
- (en) Ganteaume A., « Effects of vegetation type and fire regime on flammability of undisturbed litter in Southeastern France », *Forest Ecology and Management*, vol. 261, 2011, p. 2223-2231 (DOI 10.1016/j.foreco.2010.09.046)
- (en) Ne'eman G., « Reproductive traits of *Pinus halepensis* in the light of fire - a critical review », *Plant Ecology*, 2004, p. 69-179 (lire en ligne [archive])
- Revenir plus haut en : a b c d et e Bernard Prevosto et al. (visionnage extrait), *Le pin d'Alep en France, 17 fiches pour gérer.*, Paris, Editions Quae, 2013, 159 p. (ISBN 978-2-7592-1972-8, présentation en ligne [archive])

- (en) « *FUME (Forest fire under climate, social and economic changes) [archive]* », 2013 (consulté le 23 juillet 2018)
- Emmanuelle Hellio, « *La valorisation récente du zgougou et les nouvelles dynamiques des relations d'exploitation et des communautés de cueilleurs dans le Haut Tell tunisien [archive]* », sur *Migrations et agriculture en Méditerranée (et au-delà)*, 12 mars 2016 (consulté le 26 septembre 2023)
- « *Danette Assidet Zgougou – Delice Holding [archive]* » (consulté le 26 septembre 2023)
- Hamza Ayari, « *L'exploitation du zgougou dans le Haut Tell tunisien : des pistes pénibles pour des graines douces* », *Pour*, n° 245, janvier 2023, p. 319 - 332 (lire en ligne [archive])
- « *Site expérimental de Saint-Mitre-les-Remparts [archive]* », sur *INRAE centre de recherche Provence-Alpes-Côte d'Azur*, janvier 2020 (consulté le 31 août 2020)
- Guillaume d'Hanens, « *Les peuplements mixtes de Pin d'Alep et chênes en Provence : Comment pérenniser le mélange des essences?* », *Forêt méditerranéenne*, t. XIX, n° 3, novembre 1998, p. 261-266 (lire en ligne [archive]).
- Vila B. et al., « *Les changements globaux ont-ils déjà induit des changements de croissance en forêt méditerranéenne? Le cas du pin d'Alep et du pin sylvestre de la Sainte-Baume* », *Forêt méditerranéenne*, vol. 29, n° 2, 2008, p. 161-166
- Michel Vennetier, « *Forêts et changement climatique - Le constat en région méditerranéenne* », *Sciences Eaux & Territoires*, n° 33, avril 2020, p. 18-24 (DOI 10.14758/SET-REVUE.2020.3.05, lire en ligne [archive]