



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



Université Abbés Laghrour Khenchela  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département d'Ecologie et Environnement

Mémoire de fin d'étude  
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de  
Master Académique  
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : *Ecologie et environnement*  
Spécialité : *Protection d'écosystème*

## *Thème*

*Etude de l'interception des pluies par un couvert  
forestier de chêne vert (Quercus ilex ) des Aurès wilaya  
de khenchela*

*Présenté par :*

*- Khechkhouche salma*

*- Ghamrass souad*

*Soutenu publiquement le :*

*Devant le jury :*

*Président : LARBAA Rabeh*

*M.C.B. Université Abbés Laghrour Khenchela*

*Encadreur : BENHIZIA Toufik*

*M.A.A. Université Abbés Laghrour Khenchela*

*Examineur : MENASRI Ammar*

*M.A.B. Université Abbés Laghrour Khenchela*

*Année universitaire : 2016-2017*

## **Remerciements**

Avant toute chose, nous remercions Dieu, le tout puissant, pour mes avoir donnée la force et la patience.

Nous adresserons tout d'abord nos sincères remerciements à Monsieur Benhizia Toufik d'avoir accepté de nous encadrer et de nous avoir donné la chance de bénéficier de ses connaissances scientifiques et ses conseils, nous lui adresserons également nos remerciements pour avoir consacré son temps précieux, pour ses critiques constructives, son enthousiasme et ses qualités personnelles et professionnelles. Qu'il trouve ici l'expression de notre profond respect.

Nous remercions vont également aux membres de jury : Mr. Larbaa Rabeh et Menasri Ammar Pour avoir accepté de présider et d'examiner ce travail.

Merci à tous les membres du Département d'écologie.

C'est avec grand respect et gratitude que nos transmissions nous vifs remerciements à toute les personnes qui ont participé de près ou de loin a la réalisation de ce travail.

## *Dédicace*

### *Je dédie ce modeste travail*

*A ceux qui ont dessiné les plus belles images de ma vie, qui me poussent aujourd'hui vers l'avant et rassure mes pas, qui m'ont tant appris et ont fait de moi ce qui je suis, que Dieu les garde, joie de ma vie :*

*PERE et MERE.*

*A mes chers frères FOUAD et ABD ALLAH*

*A mes chères sœurs SALSABIL, SIHAM, KAHINA et OUMAIMA*

*A toute la famille : Khechkhouche.*

*A mon oncle AMMAR et ma tante HOURIA.*

*A mon fiancé MAHIR.*

*A toutes les personnes qui m'ont aidé de loin particulièrement :*

*Mes fidèles amies ASMA et CHAHRA ZAD et mon binôme*

*SOUAD*

*Tous mes enseignants (Primaire, moyenne, secondaire et universitaire).*

*Mes amies : Afef, Nora, Sara, Sabrina, Wafa, SAMEH, .....*

*A tous les étudiants de ma promotion.*

*Khechkhouche .S*

## *Dédicace*

*A ceux qui ont dessiné les plus belles images de ma vie, qui me poussent aujourd'hui vers l'avant et rassure mes pas, qui m'ont tant appris et ont fait de moi ce qui je suis, que Dieu les garde, joie de ma vie :*

*PERE et MERE.*

*A mes chers frères IMAD, CHERIF et WALID*

*A mes chères sœurs KARIMA, SIHAM, et TAYMA*

*A toute la famille : GHAMRAS*

*A mon oncle et ma tante.*

*A toutes les personnes qui m'ont aidé de loi particulièrement :*

*Mes fideles amis RACHIDA et mon binôme SALMA*

*Tous mes enseignants (Primaire, moyenne, secondaire et universitaire)*

*A mes amis : Afef, Nora, Sara, Sabrina, ASMA , .....*

*A tous les étudiants de ma promotion.*

*Ghamrass .S*

## Liste des abréviations

**I** : eau interceptée.

**P** : pluie incidente.

**Pd** : Pluie directe.

**Eg** : Egouttement.

**Ec** : Ecoulement le long du tronc.

**ETR** : évapotranspiration réelle.

**D** : écoulement profond latéral.

$\Delta S$  : fluctuation de stock d'eau contenu dans le sol.

**LAI** : L'indice de surface foliaire

**PAI** : Plant Area Index.

**m** : La moyenne des minimas .

**M**: La moyenne des maximas .

**P**: Pluviométrie annuelle .

**Q2** : quotient

**T (°C)** : températures moyennes mensuelles.

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

## Liste des tableaux :

01	les deux phases de l'évapotranspiration.	16
02	Les différents facteurs structuraux de transpiration.	21
03	Les facteurs externes correspondent à l'environnement de la plante.	21
04	Revue bibliographique des résultats d'autres études portant sur l'interception des précipitations par le couvert forestière.	28
05	Les températures moyennes mensuelles de foug el gueiss (1995-2015).	33
06	Les moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air (1995-2015).	34
07	Les moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s) (1995-2015).	35
08	Nombre de jours de sirocco (1995-2015).	35
09	Données pluviométriques mensuelles moyennes de foug el gueiss(1995-2015).	36
10	Répartition des pluies selon les saisons foug el gueiss (1995-2015).	37
11	Les moyennes mensuelles de nombre des jours de gelée (1995-2015).	38
12	Les moyennes mensuelles thermiques et pluviométriques (1995 à 2015).	39
13	les moyennes de précipitation pour chaque mois.	41
14	Coefficient de variation intra mensuelle pour les paramètres étudiés.	46
15	Classement et fréquence des intensités de pluie.	47
16	Le taux d'égouttement.	48
17	La variation journalière du taux d'égouttement.	49
18	Les moyennes des taux d'écoulement.	50
19	La variation journalière du taux d'écoulement.	50
20	Les moyennes des taux d'interception.	51
21	La variation journalière du taux d'interception.	53

## Liste des figures

01	Aire de répartition de chêne vert en algérie .	06
02	Schéma représentant la répartition de la pluie arrivant sur le couvert forestier.	12
03	Cycle d'eau en forêt (Dorian et <i>al.</i> , 2009).	13
04	Mécanisme du bilan hydrique (Dorian et <i>al.</i> , 2009).	17
05	Evapotranspiration réelle.	18
06	Carte de situation administrative de canton ghomrass.	31
07	Température moyenne mensuelle de foug el gueiss (1995-2015).	33
08	Les précipitations moyennes mensuelles de foug el gueiss kais (1995-2015).	36
09	Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la station foug el gueiss (1995-2015).	39
10	Climagramme d'emberger pour la station de foug el gueiss kais.	41
11	Dispositif de récupération des eaux de précipitations, égouttement et écoulement.	42
12	Variation mensuelle des précipitations.	45
13	Le taux d'égouttement par les mois.	49
14	Le taux d'écoulement par les mois.	50
15	Les taux d'interception des pluies.	52
16	Relation entre précipitation et l'égouttement.	53
17	Relation entre précipitation et écoulement.	54
18	Relation de précipitation et interception.	55

## **Table de matière.**

Liste des abréviations.

Liste des tableaux.

Liste des figures.

Introduction .....01

### **Première partie : Revue bibliographique**

#### Chapitre I : le chêne vert

1. 1 Définition..... 04

1.1.2. Description :..... 04

1.1.2. Histoire..... 04

1.1.3. Caractéristiques botaniques :..... 05

1.1.3.1. Taxonomie du chêne vert.... 05

1.1.3.2. Répartition Géographique :..... 05

1.1.4. Caractéristiques écologiques ..... 07

1.1.4.1. Caractères climatiques ..... 07

1.1.4.2. Caractères édaphiques :..... 07

1.1.4.3. Situation altitudinale ..... 08

1.1.5. Reproduction du chêne vert ..... 08

1.1.6. La germination ..... 08

1.1.7. Importance du chêne vert :..... 08

1.1.7.1. Importance écologies ..... 08

1.1.7.2. Importance économique ..... 09

Chapitre II : Cycle d'eau en forêt..... 11

1.2. L'interception ..... 11

1.2.1. Définition d'interception des pluies .....	11
1.2.2. Analyse du phénomène .....	12
1.2.3. Les facteurs qui influencent l'interception des pluies .....	13
1.2.4. Seuils d'interception et capacité de rétention des houppiers .....	14
1.2.5. Ecoulement le long des troncs .....	14
1.2.6. L'égouttement .....	15
1.2.7. Evapotranspiration d'un couvert forestier .....	15
1.2.7.1 Evapotranspiration (ET) .....	15
1.2.7.1. Facteurs conditionnant l'évapotranspiration .....	16
1.2.7.2. Méthode d'évaluation de l'ETR .....	17
1.2.7.3. Transpiration et évaporation des arbres en forêt .....	18
1.2.7.4. La transpiration .....	18
1.2.7.4.2. Mécanismes d'ouverture des stomates .....	19
1.2.7.4.3. Rôle de la transpiration dans la circulation de la sève brute .....	19
1.2.7.4.4. Fermeture des stomates et poussée radiculaire :.....	20
1.2.7.5. Facteurs influençant la transpiration .....	20
a. Facteurs structuraux .....	20
b. Facteurs externe.....	21
1.2.7.6. Mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse .....	22
1.2.7.6.1. La réduction de la croissance foliaire et/ou l'accélération de la sénescence foliaire peuvent limiter l'interception du rayonnement et le potentiel photosynthétique de la plante .....	23
1.2.7.6.2. Évaporations .....	23

1.2.8.1. Surface foliaire .....	24
1.2.8.2. Importance .....	25
1.2.8.3. L'âge de peuplement .....	25
1.2.8.4. Effet de la densité du couvert .....	25
1.2.8.4.1 Densité de peuplement :.....	25
1.2.8.4.2. Effet d'une éclaircie .....	26
1.2.8.4.3. Les bassins versants .....	26

## **Deuxième partie : Matériel et méthodes**

2. Matériel et méthodes .....	30
2.1- Situation et caractéristiques de la zone d'étude.....	30
2.1.1-Situation géographique :.....	30
2.1.2 Caractéristiques de la zone d'étude.....	31
a-Situation administrative et forestière .....	31
b-Pentes :.....	31
c-Pédologie .....	31
2.1.3.. Caractères climatiques .....	32
2.1.3.1. Température :.....	32
2.1.3.2. Humidité:.....	33
2.1.3.3. Vents : .....	34

2.1.3.5. Précipitations .....	35
2.1.3.5.1. Pluviométrie .....	36
2.1.3.5.2. Régime saisonniers .....	37
2.1.3.6. Gelées .....	37
2.1.2.1..7. Synthèse climatique .....	38
2.1.3.7.1. Diagramme ombrothermique .....	38
2.1.3.7.2. Climagramme d'Emberger (1971) .....	39
2.2. Matériel.....	42
2.2.1. Récipient de recueil des eaux de précipitations et d'égouttement .....	42
2.2.2. Récipient de recueil des eaux d'écoulement .....	42
2.2.3. Méthode .....	42
2.2.3.1. Choix du dispositif expérimental .....	42
2.2.3.2 Description du dispositif de collecte des eaux .....	43
2.2.3.3. Quantification des eaux recueillies .....	43
2.2.3.4. Calcul de l'égouttement, écoulement et interception en (ml) .....	43
2.2.3.5. Analyse statistique .....	44
<b>Troisième partie : Résultats et discussions</b>	
3.1. Précipitations. (P) :.....	45
3.2. Egouttement ( $P_d + E_g$ ) .....	48
3.3. Ecoulement ( $E_c$ ) : .....	49
3.4. Interception .....	51

3.5. Relation entre précipitations et égouttement. :.....	53
3.6. Relation précipitations écoulement .....	54
3.7. Relation entre les précipitations (P) et Interception (I).....	55
Conclusion .....	56
Références bibliographiques.....	58

## **Annexes**

# Introduction

## Introduction

Le bioclimatologiste est intéressé, non seulement par la connaissance de la hauteur annuelle de la tranche d'eau précipitée en un lieu donné, mais encore et peut être plus par des informations précises sur la distribution de ces précipitations sur un grand nombre de jours, ou au contraire concentrée sur un petit nombre. C'est ainsi que le nombre de jours avec pluie peut donner une idée de la façon dont la pluie tombe : fortes averses ou pluies modérées et fréquentes (Gausson *et al.*, 1958). Dans d'autres cas, c'est le petit nombre de jours avec précipitations et leur raréfaction à mesure que la température augmente qui joue le rôle déterminant pour expliquer l'origine de la sécheresse biologique et hydrologique (Viers, 1968).

Les précipitations lorsque elles arrivent au couvert forestier se divisent en trois parties la première traverse le houppier des arbres (égouttement), la deuxième circule le long du tronc (écoulement) et une troisième perdue soit par évaporation soit par saturation de canopée (Sponsoris, 2017).

Les changements climatiques ont depuis longtemps cessé d'être une curiosité scientifique. Il constitue la question environnementale majeure qui domine notre époque et le défi majeur auquel doivent répondre les organismes de contrôle Environnementaux (Nichane et Khelil, 2015) à côté de cela et à une autre échelle, l'Algérie, comme beaucoup de pays du monde fait face à des problèmes croissants relatifs à la gestion de l'eau. La connaissance du bilan et du cycle de l'eau est devenue primordiale pour l'agriculture, l'hydrologie, la météorologie, la foresterie et en général pour toutes les applications nécessitant un suivi de l'environnement. Le sol agit comme un réservoir tampon entre l'atmosphère et les couches géologiques souterraines (Halitim, 2006).

Dans les régions semi-arides ainsi, que dans d'autres zones agro-écologiques, l'humidité et les ressources en eau sont la principale contrainte à laquelle doit se confronter les arbres forestiers (Amphoux *et al.*, 2003). Le couvert forestier joue un rôle primordial dans la répartition de ces précipitations en différentes fractions d'égouttement, écoulement et interception (Gash, 1979).

En Algérie, il existe différents types de forêts, il y a des forêts de pins d'Alep, et cèdre, les chênes représentent un capital forestier important (Medjmadj, 2014). Le chêne vert est localisé essentiellement entre les étages subhumide à semi-aride et débordent vers l'étage humide (Nasser Allah, 2010).

Il occupe une très grande partie de la surface forestière Algérienne, on le trouve Partout, aussi bien sur l'Atlas saharien que l'atlas Tellien où il forme de belles forêts en Kabylie et sur les monts de Tlemcen (Taibi ,2012).

Dans l'Aurès, le chêne vert peut se retrouver en sous bois avec le cèdre et le pin d'Alep ou en taillis clairs. Il se rencontre dans sa moitié nord - surtout dans son état bien venant et au fur à mesure qu'on se dirige vers le sud et les fonds de vallées où il est très dégradé (Meharzi.2010).

Plusieurs études déjà menée sur l'interception en Europe et dans le monde entier : ( Aussenac ,1975 ; Bellot, 1989 ; Comin et *al.*,1987 ; Teixeira Filho, 1995 ; Rodrigo et Avila, 2001 ; Comin et *al.*, 1987 ; Bellot et *al.*, 1999 ; Rapp et Romane ,1968 ; Carlyle-Moses et *al.*, 2004 ; Dolman, 1987 ; Rodriguez, 2001 ; Bryant et *al.*, 2005 ; Limosine.J.M, 2006 ).Inversement en Algérie les études sont rares ou pratiquement inexistantes.

L'Objectifs de cette étude est d'évaluer d'une part l'interception, écoulement et égouttement qui sont des données très sollicitées par les forestiers et gestionnaires de l'eau et d'autre part calculer les quantités réelles qui arrivent au sol forestier pour avoir une idée sur la disponibilité de l'eau qui joue un rôle très important pour la productivité et régénération des forêts. Et comme dernier objectif établir des modèles pour la prévision des différents paramètres étude.

Ce travail est divisé en trois parties :

- La première partie est consacrée à une revue bibliographique sur le chêne vert et l'interception des précipitations par les différents couvert forestier notamment ceux du *Quercus ilex*.
- La deuxième partie traite de la situation et de la caractérisation de la chênaie étudiée, du matériel utilisé et des méthodes suivies.
- La troisième regroupe les résultats obtenus et leurs interprétations.

Première partie :  
Revue bibliographique

# Chapitre I :

Le chêne vert

## 1.1 .Généralités sur le chêne vert

### 1.1.1. Définition

Le chêne vert ou *quercus ilex* : c'est un arbre de taille moyenne dépassant rarement 15m de hauteur et 2 à 3 m de tout de tronc (Lieutaghi, 2004).

#### 1.1.1.2. Description

Le chêne vert présente une ramure assez dense et ramifiée ressetèrent noircissant avec l'âge. Les feuille toutes persistante, restent souvent sur les rameux pendant deux à trois ans coriaces et pubescents sur la face inferieur. Elles sont petite et moyenne 3à 5 cm de longueur dentées ou lisses un pétiole court, plus ou moins lobée à sommets aigus obtus .Les chatons male de couleur vert, sont allongés et pubexets (Bouazza, 2013).

- Les glands de chêne vert ne présentent pas de problème de dormance vraie. Ils sont affectés d'une inhibition tégumentaire qui pourrait être éliminée par ablation des enveloppes séminales ce qui facilite par la suite, l'accès de l'oxygène à l'embryon (Benia, 2010).
- Feuilles : Epaisées et coriaces, vert foncé sur le dessus, avec la face intérieure recouverte d'un duvet gris blanchâtre. Elles mesurent 3 à 7 cm de long. Elles vivent deux à trois ans (Dujardin, (2010).

#### 1.1.2. Histoire

L' histoire de la végétation au cours des derniers millénaire ,reconstitués à partir des pollens stratifiés dans les tourbes et sédiments récents, apporte des information intéressants concernant le chêne vert .l'apparition du chêne vert remonte à -13.000 à -10.000 ans A-JC-A cette époque ,il était confiné dans des zones dites «refuges » en attendant une période plus favorable (réchauffement du climat) qu' occupe le chêne vert sur le terrain depuis la dernière glaciation commence à être bien connue ,sont histoire rend compte de hétérogénéité des populations actuelle à la suite processus multiples dhybridation et inrogession (Nasrellah, 2010).

*Quercus ilex* se manifeste des premières tertiaires en Europe. Certaines formes fossiles se rapprochent beaucoup du *Quercus ilex* actuel, et au Miocène il existait déjà des représentants de ce groupe. Il a été déterminé de façon peu douteuse dès le pliocène en Europe orientale et

occidentale Il apparaît aussi à l'état de fossile au quaternaire dans le désert libyque et il a été commun dans le Sahara au quaternaire ancien (Lalaouna ; Kheliafia, 2014).

### **1.1.3. Caractéristiques botaniques**

#### **1.1.3.1. Taxonomie du chêne vert**

Dénoté le chêne vert (*Quercus ilex* L) ou bien *Quercus rotundifolia* L, constitue un problème taxonomique. Au 18<sup>ème</sup> siècle une première distinction basée, sur le type du gland est tentée par (Berrichi, 2011) Par la suite, Schwartz et Rothmaler in Del Villar (1947) fondent la différence entre les deux espèces sur les caractères morphologiques des feuilles, celles du *Quercus ilex* L, sont plus longues, et rejettent son existence au Maghreb. Del Villar (1947) souligne, qu'au niveau d'un même arbre, peut exister un polymorphisme foliaire d'où la nécessité d'intégrer d'autres éléments plus fiables. Cette ambiguïté a conduit les botanistes à conserver la désignation du *Quercus ilex* L pour toute la méditerranée (Berrichi, 2011).

**Règne:** Végétal.

**Embranchement:** Trachéophytes.

**Sous-embranchement:** Ptéropsidés.

**Classe:** Angiospermes.

**Sous classe:** Dicotylédones.

**Ordre:** Fagales.

**Famille:** Fagaceae.

**Genre:** *Quercus*.

**Sous genre:** Sclérophyllodys.

**Espèce:** *Quercus ilex* . (Khebichat, 2013 ; Koumiche, 2016)

#### **1.1.3.2. Répartition Géographique :**

L'aire du Chêne vert s'étend sur l'ensemble du bassin méditerranéen ; c'est ce que traduisent les flores en qualifiant l'espèce de circumméditerranéenne.

Cependant, ceux qui ont prospecté tous les pays méditerranéens savent qu'en termes d'occupation du tapis végétal, le Chêne vert joue un rôle indiscutablement plus important dans la partie occidentale du bassin méditerranéen que dans sa partie orientale (Barbero et Loisel, 1980).

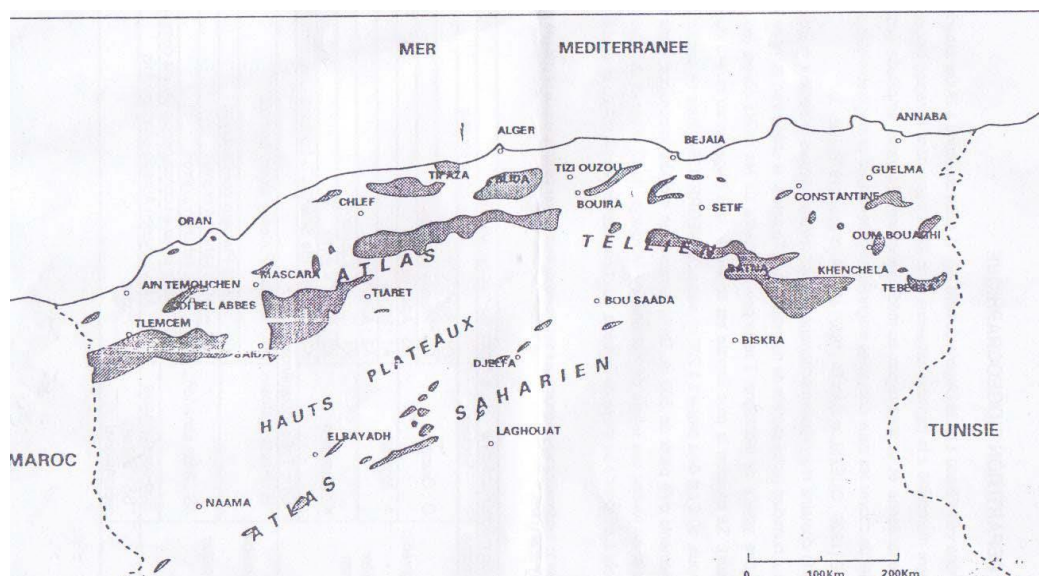
En Algérie, cette essence est présente de la frontière Tunisienne à celle du Maroc. Le chêne vert s'étend surtout dans la partie occidentale. Il couvrait une grande superficie (680 000 hectares selon Boudy (1950), alors que Letreuch-Bellarouci (1991) in (Benia, 2010). indique une superficie de 354 000 hectares. Dans l'Oranie, son expansion commence à l'est des monts

de Tlemcen où il constitue d'importants massifs forestiers allant de Sebdou à la frontière Algéro-marocaine. Il constitue des formations mixtes avec les thuyas aux environs de Maghnia et de Sabra.

Dans la région de Tiaret notamment le massif de Tagdempt et des Sdamas (forêts du tell), se rencontrent des forêts importantes à base d'un mélange de chêne vert et de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et à El Hassania (Saida), il est rencontré à 1260 mètres d'altitude (Benia, 2010).

Au niveau de l'Algérois, les peuplements de chêne vert sont également assez importants. Cette essence est rencontrée dans le massif de Zaccar et forme un taillis qui descend jusqu'à Miliana. Dans celui de Boughar, elle est mélangée au pin d'Alep, alors que dans le massif de Theniet el Had et celui de Mouzaia, elle constitue le tapis végétal. Dans l'atlas Blidéen, sur les monts de Chéra, elle est rencontrée sous forme de maquis. Sa présence est également notée dans l'Ouarsenis (Mesfek, 2014).

A l'Est le chêne vert est présent sur les monts de Medjerda, sur les monts de Tébessa à Ain el Badie. Dans les Aurès, il se cantonne en zones steppiques sur les versants des djebels, souvent à des altitudes supérieures à 1200 mètres. Sur le massif du Chélia sont rencontrées des forêts mixtes de chêne vert et de cèdres. Sur les monts de Belezma, cette essence constitue des taillis sur la pente Nord, et des maquis à chêne vert et genévrier (*Juniperus oxycedrus*) sur la pente Nord-est. Le chêne vert se rencontre également dans le constantinois, de même qu'au niveau des massifs de Babor et Tababor où il occupe de grandes surfaces. Au Sud c'est dans l'atlas saharien, notamment la région de Djelfa et du djebel Senalba que l'on rencontre le chêne vert (Benia, 2010).



**Fig.01** : Aire répartition de chêne vert en Algérie (Zitouni, 2009).

#### **1.1.4. Caractéristiques écologiques**

L'une des principales raisons du succès du chêne vert en zone méditerranéenne, réside dans sa remarquable résistance aux contraintes écologiques et en particulier hydriques. Le chêne vert présente un certain nombre de traits biologiques lui permettant de survivre et de continuer à fonctionner pendant les périodes de sécheresse. Ainsi, en plus d'un enracinement profond, le Chêne vert peut répondre à une forte sécheresse par le développement d'une surface évapotranspirante limitée qui est en relation avec la faible réserve hydrique des sols sur lequel il pousse (Barbero *et al.*, 1992 ; Berrichi, 2011).

##### **1.1.4.1. Caractères climatiques**

Le chêne vert, réputé essence plastique, montre une aptitude, à s'accommoder de conditions climatiques variées, lui permettant ainsi, de couvrir plusieurs zones à étages bioclimatiques différents. Dans l'étage semi-aride, il représente le type xérophile de la chênaie localisée en Algérie, dans les Aurès et les montagnes du Sud-oranais, mais c'est dans les étages Subhumide et humide qu'il connaît son plein développement en peuplement, surtout dans la partie occidentale de l'Algérie (Vis-à-vis de la température, le chêne vert supporte une variation de température minimale "*m*" (Berrichi, 2011).

Allant de -3°C à +7°C, atteignant une valeur de -7°C au Maroc; la limite inférieure extrême étant -15°C. Il résiste à des températures maximales (*M*) pouvant atteindre 42°C (Haichour, 2009).

Quant aux précipitations, il admet une tranche pluviométrique annuelle variant de 384 à 1462 mm (Sauvage, 1969). Selon Barry *et al.*, (1976) in (Haichour, 2009). Le Chêne vert peut se contenter d'un minimum de 250mm.

##### **1.1.4.2. Caractères édaphiques**

Du point de vue édaphique, il paraît également comme essence la plus plastique. Il semble être indifférent à la composition chimique du substrat, car il est présent sur tous les types de substrat, sauf sur sols compacts, asphyxiants ou saturés. Ceci, semble résulter de l'absence de Compton des espèces plus dynamiques (Migliore, 1986). Dans un sol profond, le Chêne vert établit un pivot par contre dans un sol superficiel, ces racines tracent et l'arbre devient buissonnant. Les adaptations sont de ce point de vue extraordinaire (Berrichi, 2011). Le chêne vert présente une grande plasticité édaphique. Il est indifférent à la composition chimique du substrat. En effet, en Algérie on le rencontre sur grès, calcaires, marnocalcaire, dolomies et schistes. Il s'accommode de tous les types de substrat silicieux ou calcaire et de

sols superficiels ou profonds. Cependant le chêne vert, comme les principales essences forestières, fuit les substrats mobiles et les sols hydromorphes (Haichour, 2009).

#### **1.1.4.3. Situation altitudinale**

En Algérie et plus précisément dans l'Atlas tellien, le chêne vert apparaît à partir de 400 m d'altitude et monte jusqu'à 1700 m. Dans les Aurès ses limites altitudinales oscillent entre 1200 et 1900 m et entre 1500 et 2200m dans l'Atlas saharien (Mesfek, 2014).

#### **1.1.5. Reproduction du chêne vert**

C'est au mois de mai que les chênes fleurissent, le chêne vert *Quercus ilex* et le chêne liège *Quercus suber* commencent avant les chênes pubescents *Quercus humilis* retardé par la formation des nouvelles feuilles (**Anonyme 1**).

Chatons males pendants, atteignant 4 à 7cm de long, munis d'une bractée rousse, lancéolée et fleurs assez espacées. Chatons femelles solitaires assez allongées, portant de 2 à 7 fleurs ;bractée largement lancéolée, les fleurs femelles présentent un périanthe à 3 ou 6 divisions courtes, pubescentes et quatre stigmates robustes persistant longtemps Le pédoncule fructifère portant de 1 à 5 fruits males. La floraison a lieu en Avril-Mai (Lalaoun et Khelifia, 2015).

#### **1.1.6. La germination**

La germination des graines, elle est définie comme étant la somme des évènements qui commencent avec l'imbibition d'eau et se termine par l'émergence d'une partie de l'embryon (radicule) à travers les tissus qui l'entourent. En règle générale, les graines mûrissent puis germent dès que de l'eau, de l'oxygène et des conditions de températures adéquates sont réunies. Notons que les graines de la plupart des arbres tropicaux notamment celles à forte teneur en eau et à tégument perméable, perdent leur pouvoir germinatif au bout de 2 à 3 mois (Moupela, 2013). D'après Côme (1970), l'imbibition se fait par contact avec l'eau qui est nécessaire. La germination exige obligatoirement de l'eau qui doit être apportée à l'état liquide (*Koumiche*, 2016).

#### **1.1.7. Importance du chêne vert**

##### **1.1.7.1. Importance écologies**

Le chêne vert est utilisé comme bio-indicateur des écosystèmes méditerranéens (Corcovado Sanchez, 2013).

Il participe au maintien des sols, et assure une protection physique et une stabilisation diminuant le risque d'érosion lors des crues torrentielle et la chute de pierres. Il joue un rôle

très important dans interception des pluies, sa partie arienne brise la forces vive de cette eau de pluie et retient une partie quelle relâche progressivement (Nasrallah, 2004).

Production de combustible pour les populations locales (plantations villageoises).

- Fourniture de matière première pour la fabrication de pâte à papier (plantations industrielles) (Daya, 2006).

#### **1.1.7.2. Importance économique**

Le chêne vert reste depuis longtemps un bois de charonnage apprécié. On fait aussi des rabots et des varlopes, des dents d'égrenages, des poulies de bateaux, des boule a jour, des manches douille, très solide et du grande durée (Lieutaghi, 2004).

Le collage du bois connaît depuis ces dernières années un essor industriel important et couvre un vaste domaine d'applications (entre autre l'ameublement, les charpentes).

Il a permis la création de nouveaux matériaux répondant ainsi aux besoins actuels et à des caractéristiques bien particulières.

Ces produits sont aussi bien des produits de transformation:

- Les panneaux sandwich d'isolation.
- Les contre-plaqués.
- Les panneaux agglomérés.

Les éléments de construction (Daya, 2006).

Production de combustible pour les populations locales (plantations villageois fourniture de matière première pour la fabrication de pâte à papier (plantations industrielles) (Daya, 2006).

# Chapitre II :

**Cycle d'eau en forêt**

## 1.2. L'interception

### 1.2.1. Définition d'interception des pluies

L'interception des précipitations correspond à l'évaporation de l'eau, liquide ou solide, par les houppiers des arbres, aussi bien par les feuilles que par les organes ligneux. Lors d'une précipitation, l'eau suit plusieurs trajets dans l'écosystème :

- Une partie arrive directement au sol sans toucher les feuilles.
- Une autre fraction s'évapore pendant et après l'épisode pluvieux.
- Lorsque la capacité de stockage de l'eau par les feuilles est dépassée, une fraction retourne vers le sol.
- Une autre fraction s'écoule le long des troncs vers le sol (INRA 2015).

L'interception est aussi un phénomène dynamique, pour un même évènement, la courbe de pluie nette n'est pas parallèle à la courbe de pluie brute. L'interception peut varier selon le vent et l'intensité d'une pluie et surtout selon les conditions initiales avant l'évènement de précipitation. Lorsque la surface de la plante est déjà humide ou mouillée, sa capacité d'accumulation est réduite par rapport à un état initial sec (Mélania, 2010). La pluie qui est arrêtée au niveau des feuilles et des branches et qui correspond à l'interception (I).

L'interception Peut être calculée par différence entre les précipitations incidentes (P) Et les précipitations atteignant le sol:

$$I = P - (P_d + E_g + E_c)$$

- I = interception nette par les couronnes.
- P = pluie incidente au-dessus du couvert.
- $P_{d+Eg}$  = pluie arrivant directement au sol.
- $E_c$  = pluie arrivant au sol après écoulement le long des troncs.

L'interception des pluies va dépendre de différents paramètres liés au climat mais également au peuplement. Parmi ces paramètres, on peut citer :

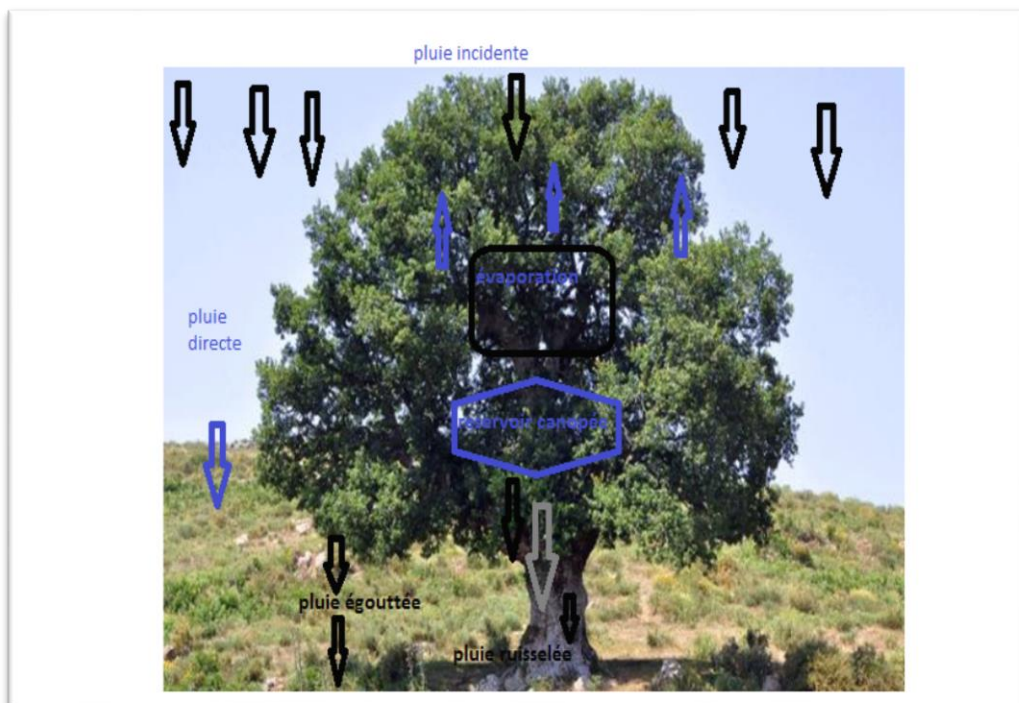
- La durée et l'intensité des pluies.
- L'espèce à travers.
- La morphologie de la ramification et du feuillage.
- La surface des houppiers.
- Type et grosseur des troncs.

- La structure du peuplement à travers la densité des tiges ; de la saison.

### 1.2.2. Analyse du phénomène

L'analyse du phénomène d'interception des précipitations montre qu'au début d'une Averse, la plupart des gouttes d'eau sont interceptées par le couvert. L'eau s'étend sur les surfaces végétales encore sèches et s'accumule jusqu'à ce que les forces de tension super (Aussenac, 1981).

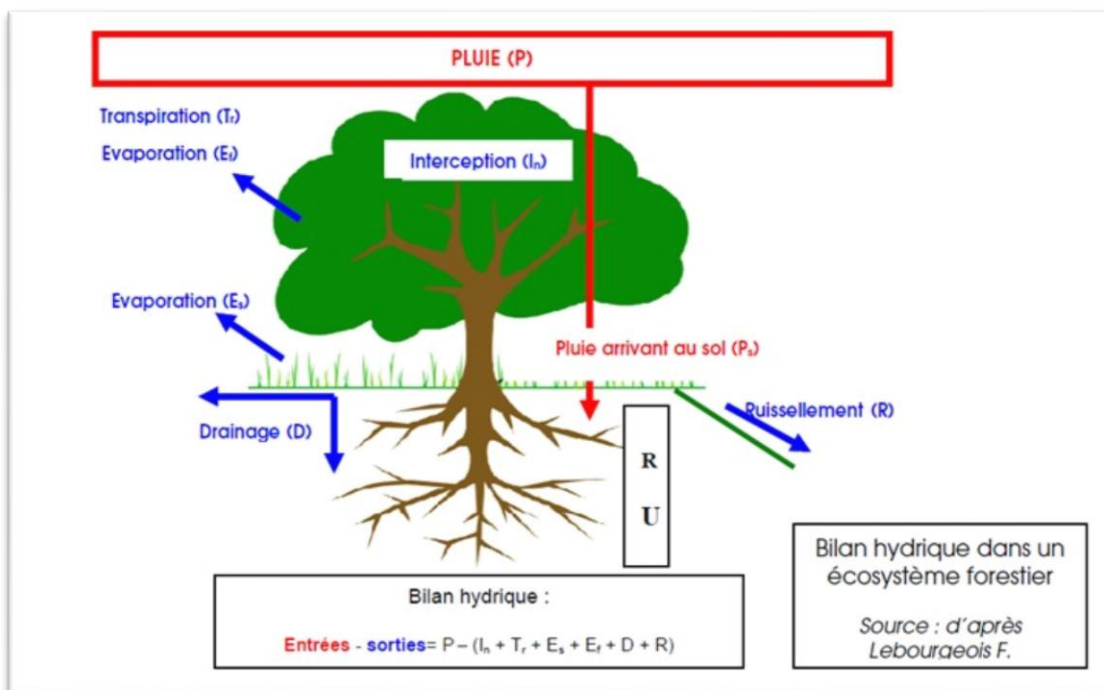
Les phénomènes d'évaporation interviennent au début de l'averse, car les températures de surface des feuilles peuvent être plus élevées que la température de l'air peuvent présenter un déficit de saturation relativement important. Avec le développement de l'averse, l'évaporation diminue. Lorsque le couvert est saturé les surfaces foliaires et les branches ne retiennent plus que les quantités additionnelles d'eau nécessaires à la compensation de l'évaporation (Aussenac, 1981). La figure 04 explique mieux le phénomène.



**Fig.02 :** Schéma représentant la répartition de la pluie arrivant sur le couvert forestier et les différentes voies suivies par l'eau pour rejoindre le sol.

La pluie incidente ( $P$ ) qui arrive sur un couvert forestier n'est pas transmise directement et intégralement au sol. Seule une fraction de la pluie ( $P_d$ ) peut atteindre le sol directement en tombant au travers des trous dans la canopée, cette fraction des précipitations incidentes correspond à la proportion d'espaces vides dans la canopée. Le reste de la pluie est intercepté et retenu par le couvert, et peut alors s'évaporer dans l'atmosphère ( $I$ ) ou être retransmis au sol par deux voies différentes : soit par égouttement depuis les feuilles ( $E_g$ ), soit par écoulement ( $E_c$ ) le long des troncs. La somme de la pluie directe, de l'égouttement et de l'écoulement le long des troncs est appelée précipitation nette :

Le rôle de la canopée dans le processus d'interception peut-être assimilé à celui d'un réservoir (Figure 03). Tant que la canopée n'est pas saturée, toute la pluie qui touche le couvert est interceptée et seule la pluie directe atteint le sol. En revanche, dès que la canopée est saturée, une grande part de la pluie qui touche la végétation est drainée vers le sol (Limousine, 2006).



**Fig.03:** cycle d'eau en forêt (Dorian et *al.*, 2009).

### 1.2.3. Les facteurs qui influencent l'interception des pluies

Influence du Peuplement :

- l'évaporation directe à partir des houppiers.

- L'essence forestière et la capacité de saturation.
- De son feuillage le degré de défoliation des arbres.
- Le ruissellement de l'eau le long des troncs.
- La densité du peuplement.
- L'âge des peuplements.
- Variation spatiale de la pluviosité provoquée par les arbres (Ulrich et *al.*, 1995).

#### **1.2.4. Seuils d'interception et capacité de rétention des houppiers**

L'interception des pluies a lieu essentiellement au début d'une averse. L'eau s'étend sur des surfaces encore sèches et s'accumule jusqu'à ce que la capacité de stockage maximum soit atteinte, c'est-à-dire jusqu'à ce que les forces de tensions superficielles soient dépassées par la force de pesanteur (Lebourgeois, 2010).

La capacité de saturation des couronnes des peuplements est un paramètre intéressant à connaître. La hauteur d'eau maximum susceptible d'être retenue est une fonction de la surface foliaire et de la surface des branches et rameaux, de la morphologie des feuilles et du type de ramification. Au début d'une averse, la plupart des gouttes d'eau sont interceptées par les houppiers. L'eau s'étend alors sur les surfaces végétales et s'accumule jusqu'à ce que la capacité de stockage maximum soit atteinte, c'est à-dire jusqu'à ce que les forces de tension de surface soient dépassées la force de pesanteur (Lebourgeois, 2010).

#### **1.2.5. Ecoulement le long des troncs**

L'écoulement de l'eau le long des troncs est un paramètre important de la variabilité de l'alimentation en eau des sols forestiers (Aussenac, 1970).

Cette méthode permet d'estimer la quantité d'eau interceptée par un arbre (ou arbuste) qui ruisselle le long du tronc. Il s'agit généralement d'une gouttière placée en colimaçon autour du tronc pour intercepter tout l'écoulement on recueille l'eau dans un bidon et on connaît ainsi la quantité d'eau (en litres) qui se serait fixé au pied même de l'arbre (Baldy et *al.*, 2006).

L'écoulement varie avec la structure de l'arbre (une architecture avec des branches dirigées vers le haut favorise l'écoulement le long des troncs) et la rugosité de l'écorce (l'écoulement décroît avec l'irrégularité de l'écorce). Les phénomènes exposés ci-dessus conditionnent une forte réduction de la pluviosité sous couvert forestier. Cette réduction peut, dans des conditions bien particulières, être quelque peu tempérée par une augmentation de la pluviosité sous couvert par condensation des brouillards (Andréassian, 2002).

### 1.2.6. L'égouttement

La pluviosité sous le couvert forestière est conditionnée par le peuplement et la climatologie. L'influence du peuplement forestière dépend de nombreux facteurs :

- L'essence forestière et la capacité de saturation de son feuillage : la surface foliaire et la persistance du feuillage conditionnent fortement l'interception.
- L'âge des peuplements : on observe une croissance de l'interception avec l'âge sous-tendue.
- La densité des peuplements : en règle générale, l'interception des pluies augmente avec la densité du peuplement.

La climatologie influence aussi l'égouttement notamment au niveau des quantités d'eau évaporée. Ainsi l'égouttement sera, en valeur relative, plus important pour les pluies peu intenses et de longue durée que pour les averses intenses l'évaporation de l'eau est conditionnée par les conditions énergétiques et les facteurs adventifs, tels que la vitesse du vent. Ainsi selon les saisons et selon la situation géographique, les conditions évaporatoires, et par la même l'égouttement, varient de manière significative (Lavabre, et Andréassian, 1970).

### 1.2.7. Evapotranspiration d'un couvert forestier

Un couvert forestier peut être défini comme une organisation dans l'espace et dans le temps, d'éléments de végétation décrits par leur position, leur étendue, leur densité, leur type et leur connexion (Ferraz ,2012).

#### 1.2.7.1. Evapotranspiration (ET)

L'évapotranspiration est une composante majeure du bilan en eau des bassins versants (Bansept, 2013).

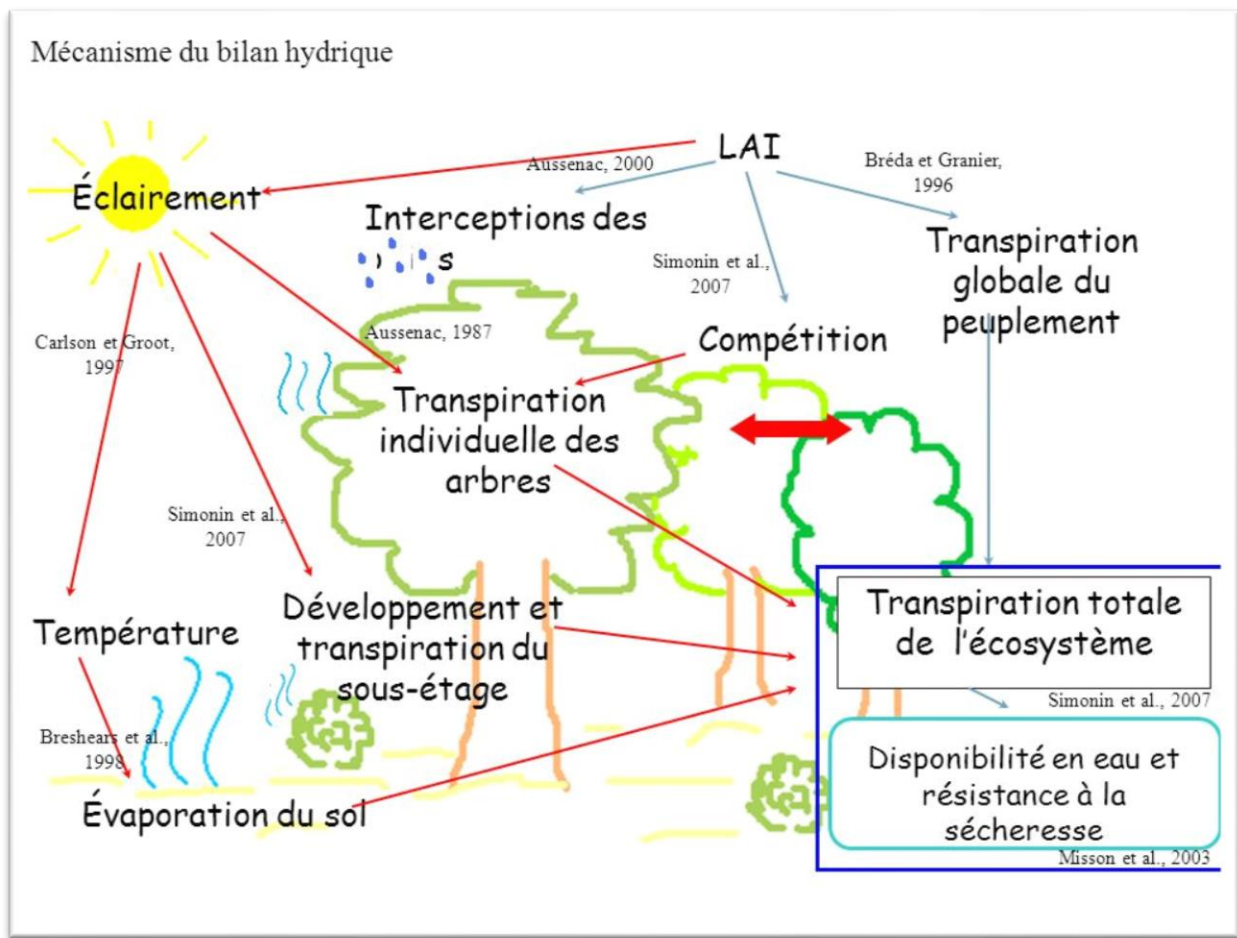
**Tableau (01) :** Les deux phases de l'évapotranspiration (Valérie Borrell ,2011).

Evapotranspiration	
<p>Evaporation :</p> <p>Evaporation de la surface d'eau libre (Lac, mer, rivière, flaque...) et de l'eau contenue dans le sol et dans les plantes.</p>	<p>Transpiration :</p> <p>Transpiration des végétaux émanant de leur feuillage.</p>

### 1.2.7.2. Facteurs conditionnant l'évapotranspiration

L'évapotranspiration dépend de deux éléments :

La chaleur fournie par le rayonnement solaire et la quantité d'eau disponible dans le sol. En effet, d'après (Coirault et *al.*, 2005), l'un des principaux facteurs qui conditionnent l'évapotranspiration est la chaleur du sol (fournie par le rayonnement solaire). On compte aussi parmi ces facteurs la résistance aérodynamique ( $r_a$ ) au transfert de chaleur sensible et latente, et le stress hydrique (lié à la quantité d'eau dans le sol) car, lorsque l'eau se fait plus rare dans le sol, les stomates se referment et la transpiration se ralentit. Il apparaît ainsi que l'évapotranspiration est très liée au rayonnement solaire et au bilan d'énergie à la surface du sol (Traore, 2007). Nous verrons dans le prochain paragraphe ce qu'est le bilan d'énergie et comment obtenir une estimation de l'évapotranspiration sur la base de ce bilan d'énergie.



**Fig.04** : mécanisme du bilan hydrique (Dorian et *al.*, 2009).

### 1.2.7.3. Méthode d'évaluation de l'ETR

L'évaluation de l'évapotranspiration réelle des peuplements forestiers est du plus grand intérêt pour la sylviculture, que l'on considère le problème des la croissance des arbres et des peuplements ou celui de l'influence de la forêt sur l'économie de l'eau dans la nature (Aussenac ,1972).

L'évapotranspiration des peuplements est aussi encore relativement mal connue d'une part à cause des difficultés en contrées pour évaluer les effets de l'âge et de la structure et d'autre part en raison du rôle que joue l'eau interceptée dans le bilan hydrique global. La fréquence et l'importance des précipitations apparaissent ainsi comme déterminantes pour l'évapotranspiration réelle des peuplements.

L'évapotranspiration réelle de ces peuplements a été calculée chaque semaine à l'aide de la relation classique suivante :

$$ETR = P; - D - \Delta S$$

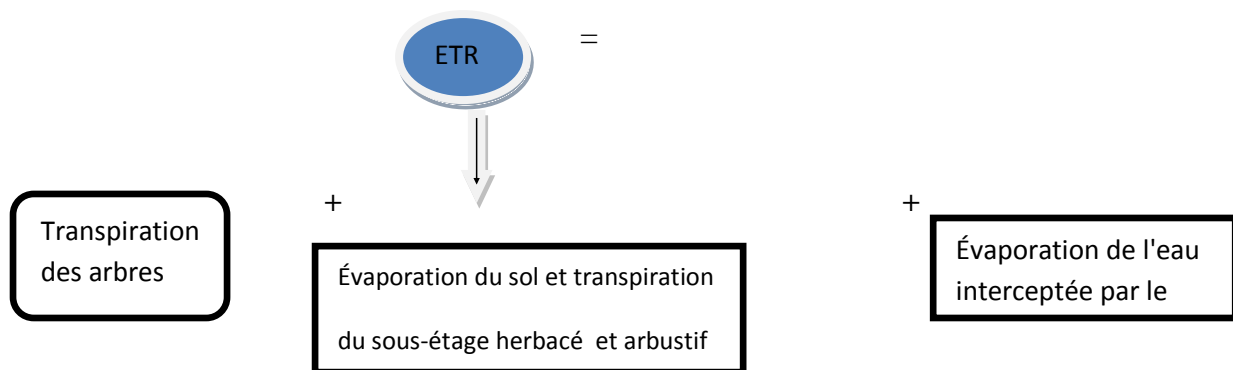
**ETR** : évapotranspiration réelle.

**P;** : précipitation incidente .

**D** : écoulement profond latéral.

**$\Delta S$**  : fluctuation de stock d'eau contenu dans le sol.

Dans l'utilisation de cette équation nous avons supposé qu'il n'y avait pas de remontées capillaires depuis les horizons profonds (inférieurs à 1,5 m). Les calculs sont été effectués en l'absence d'écoulement (D). L'existence d'un écoulement a été déterminée à partir de la présence ou de l'absence de la nappe perchée temporaire .La présence de cette nappe perchée est l'indice d'un excès d'eau qui en l'absence d'horizon imperméable s'infiltrerait en profondeur (Aussenac et Boulangeat ,1980).



**Fig.05** : évapotranspiration réelle.

#### 1.2.7.4. Transpiration et évaporation des arbres en foret

##### 1.2.7.4.1. La transpiration

La transpiration d'un arbre se produit par évaporation au niveau des feuilles, de façon à réguler le bilan d'énergie foliaire et à maintenir un échange gazeux suffisant entre les feuilles et l'atmosphère pour permettre l'assimilation de CO<sub>2</sub> par la photosynthèse.

La transpiration joue un rôle indirect mais principal dans l'absorption d'eau par la plante, et ceci grâce au fait qu'elle est le moteur de la montée de sève. La transpiration se fait à deux niveaux :

- Dans de moindre mesure au niveau de la cuticule des feuilles ; en effet on a vu dans les cours précédent qu'en milieu humide la cuticule présentait un réseau relativement lâche qui permettait une certaine perméabilité. La transpiration représente ici 5 à 10 % de la transpiration totale. On parle de transpiration cuticulaire.
- La majorité au niveau des stomates ; on parle de transpiration stomatique.

Un arbre peut transpirer jusqu'à 220 litres par heures. La transpiration des plantes est comparable à la transpiration qu'effectuerait 1/6 de la transpiration d'un plan d'eau de même taille (Simon, 2009).

#### **1.2.7.4.2 Mécanismes d'ouverture des stomates**

- Siège des échanges gazeux (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) et lieu de la transpiration (évaporation de l'eau sous forme de vapeur d'eau).
- La transpiration : stomates ouverts, fixation du CO<sub>2</sub> atmosphérique.
- Fermeture des stomates lors d'un stress hydrique.
- L'ouverture ou la fermeture des stomates est due à une déformation des cellules de garde.
- Cette déformation dépend des forces osmotiques qui correspondent aux variations de la concentration de potassium intracellulaire (Zaid, 2014).

#### **1.2.7.4.3. Rôle de la transpiration dans la circulation de la sève brute**

La sève brute est une solution très diluée de faible pression osmotique. La sève circule dans les vaisseaux de bois à une vitesse de 1 à 6 m/h, jusqu'à 100 m/h pour une transpiration maximale.

L'eau est transpirée par la feuille, d'autant plus que la demande climatique est élevée. Elle « coule » depuis le sol où elle est peu retenue (fort potentiel hydrique) vers les feuilles où elle est plus retenue (faible potentiel hydrique). Ce mouvement peut être décrit par une équation de transfert où le flux est d'autant plus fort que la différence de potentiel hydrique est grande, et que la résistance au transfert est faible.

De cette manière plus la plante transpire plus la succion sera efficace, et plus la plante absorbera de l'eau dans le sol. La plante utilise ainsi des phénomènes de variations de l'ouverture des stomates afin de faire varier la force d'absorption lorsque le sol ou l'air

est trop sec. Mais ceci n'est vrai que jusqu'à un certain seuil au-delà duquel la plante sera à un stade de stress hydrique trop important, l'obligeant à fermer les stomates afin de se préserver (Simon ,2009).

#### **1.2.7.4.4 Fermeture des stomates et poussée radiculaire**

Chez une plante en déficit hydrique, les stomates sont partiellement fermés. Ceci diminue le flux d'eau, et donc la différence de potentiel hydrique entre le sol et les racines, diminuant la quantité d'eau qui sera absorbée par les racines. Cette fermeture stomatique est donc un processus adaptatif nécessaire à la survie de la plante. Elle a pour inconvénient de ralentir la photosynthèse et de causer l'échauffement de la feuille (Simon ,2009).

La réduction de la transpiration est l'un des critères les plus importants de la tolérance à la salinité qui est corrélé avec la perception précoce du signal de stress. L'effet primaire de la salinité est lié à l'inhibition de la croissance induite par le déficit hydrique (Chamekh ,2010).

La poussée radiculaire est la pression exercée par la plante pour faire monter la sève brute. Ce sont des mouvements d'ions dans les vaisseaux qui expliquent cette poussée. L'eau rentrent, chargent le xylème et se diffuse créant ainsi une pression hydrostatique (Joubert, 2017).

- Cette poussée n'existe que lorsque la racine est vivante et aérée.
- Périodicité journalière : présente un maximum d'activité en fin de matinée et la nuit.
- Périodicité saisonnière .Au printemps pas de stomate puisque pas de feuille (lehner.A, 2014).

#### **1.2.7.5 Facteurs influençant la transpiration**

##### **a) Facteurs structuraux**

Au niveau de la plante la transpiration stomatique dépend de son anatomie, autrement dit de la surface d'évaporation. De cette manière on distingue ainsi différents facteurs structuraux :

**Tableau (02) : les différents facteurs structuraux de transpiration.**

La surface foliaire.	Correspond à la surface des feuilles de la plante. Les stomates étant présents au niveau des feuilles, sa réduction (chute des feuilles, feuilles réduites à des aiguilles, ...) permet une baisse de la transpiration (Simon, 2009).
La constitution foliaire.	En effet certaines espèces de plantes vivant en climat aride, présentent un collenchyme qui permet un épaissement de la feuille par de la cellulose ou une cuticule épaisse qui est imperméable au gaz permettant une protection contre les pertes d'eau (Simon, 2009).
La densité des stomates	Stomates (Simon, 2009).

### b) Facteurs externe

**Tableau(03)** : Les facteurs externes correspondent à l'environnement de la plante.

<b>La nature du sol</b>	Un sol chargé en ion possède une pression osmotique plus élevée, ce qui nécessite une augmentation de la succion des plantes concernées et ainsi de la transpiration, l'extraction y étant plus difficile (Simon ,2009).
<b>L'humidité du sol</b>	Lorsque le sol s'assèche, la concentration en ion augmente, donc les forces osmotiques sont plus importantes, ce qui entraîne également une extraction plus difficile et une nécessité d'augmentation de la transpiration (Simon ,2009).
<b>L'humidité de l'air</b>	L'humidité de l'air agit différemment suivant le seuil atteint. La pression exercée par les cellules épidermiques sur les cellules stomatiques diminue et les ostioles ont tendance à s'ouvrir, augmentant ainsi la transpiration (Simon, 2009).
<b>L'agitation de l'air</b>	L'évaporation est favorisée par le renouvellement de l'air au voisinage des feuilles. Ainsi, l'augmentation de l'agitation de l'air entraîne tout d'abord l'ouverture des stomates. Cependant, si l'agitation dépasse un certain seuil, elle entraînera leur fermeture. Le vent a d'autant plus un pouvoir desséchant qu'il élimine la « couche limite » qui protège les feuilles (Simon ,2009).

<b>La température</b>	La température agit également sur l'évaporation de l'eau cellulaire. En effet, son augmentation entraîne de la même manière une augmentation de l'ouverture des stomates et donc de la transpiration. De plus, lorsque la température dépasse un certain seuil (environ 30°C), elle provoque la fermeture des stomates et donc une diminution de la transpiration (Simon, 2009).
<b>La luminosité</b>	La lumière entraîne, pour la majorité des plantes, l'ouverture des stomates et donc l'augmentation de la transpiration (Simon, 2009).

#### 1.2.7.6. Mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse

L'isolement de ces formes d'adaptation à la sécheresse a permis d'établir un certain ordre dans la complexité et la diversité des types de réponses à la sécheresse et facilite l'étude des grands groupes de mécanismes ainsi identifiés. Cependant, la grande variabilité des formes de sécheresse permet rarement d'expliquer le niveau d'adaptation d'un matériel végétal donné par la seule considération d'un mécanisme pris isolément. Chacune de ces formes d'adaptation présente des avantages mais aussi des inconvénients, et une variété adaptée à un environnement semi-aride doit nécessairement présenter un équilibre entre les réponses d'esquive, d'évitement et de tolérance, afin de maintenir des niveaux satisfaisants de productivité (Annerose; Cornaire, 1994).

##### 1.2.7.6.1 La réduction de la croissance foliaire et/ou l'accélération de la sénescence foliaire peuvent limiter l'interception du rayonnement et le potentiel photosynthétique de la plante :

Lors de sécheresses précoces, la réduction de la surface foliaire est associée à une diminution de l'expansion foliaire plus qu'à une sénescence accélérée des feuilles. Cependant, chez le tournesol, cette diminution de la surface assimilatrice peut s'accompagner d'une baisse de rendement si l'indice foliaire chute en-dessous de 2.5 à la floraison. Le rendement, corrélé à la durée de vie de la surface foliaire après floraison, est fortement affecté lorsque la sénescence est accélérée par des déficits hydriques tardifs (Maury *et al*, 2011).

##### 1.2.7.6.2. Évaporations

Les processus d'évaporation au-dessus et au sein d'un couvert forestier sont évalués le plus souvent de façon indirecte, et pour des intervalles de temps de l'ordre de quelques jours, par des mesures d'humidité du sol sous couvert forestier (Chassagneux ; Choisnel, 1986).

L'évaporation affecte toutes les masses d'eau.

Flux des molécules d'eau qui ont une énergie suffisante pour se vaporiser et rejoindre l'atmosphère depuis une surface d'eau. Ces molécules saturant l'air immédiatement au dessus. La différence air saturé - air sec du dessus influe sur le flux de vapeur d'eau (mm/jour ou mm/mois ou mm/an). L'évaporation est influencé par :

- Rayonnement solaire : Quantité de chaleur disponible.
- Température de l'air et de l'eau : T°C de l'air.
- Quantité d'eau que peut retenir l'atmosphère.
- Tension de vapeur.
- Humidité relative de l'air : reflète le potentiel d'évaporation.
- Vitesse du vent : remplacement de l'air saturé au contact de la surface d'eau par de l'air plus sec et plus froid.
- Qualité de l'eau (Valérie Borrell, 2011).

#### **1.2.8.1.. Surface foliaire**

Le LAI a tout d'abord été défini comme la surface totale d'une face des feuilles par unité de surface du sol. Cette définition ne convient plus dès lors que les feuilles ne sont pas plates comme les aiguilles de conifères par exemple. De nombreuses études définissent alors le LAI comme la projection de surface foliaire eau sol. Ces deux définitions peuvent amener à des résultats différents selon la forme des feuilles. Chen et Black suggèrent alors en 1992 d'abandonner la définition basée sur la projection au sol, trop dépendante de la forme des objets, et propose une définition du LAI qui correspond à la moitié de la surface foliaire interceptée développée par unité de surface du sol.

- Ce paramètre couramment exprimé en m<sup>2</sup> de feuilles par m<sup>2</sup> de sol est sans dimension. Il ne dépend pas des inclinaisons, orientations et éventuelles superpositions foliaires. Si l'on considère les autres éléments du couvert (tiges, troncs, fleurs etc..), on parlera plutôt de Plant Area Index (PAI).

- Les valeurs de LAI sont très variables d'un couvert à l'autre, de 0 pour un sol nu, pouvant dépasser 15 pour des forêts tropicales très fermées ou des forêts de conifères ; elles atteignent rarement plus de 8 dans nos forêts tempérées et varient par exemple de 2 à 4 pour des cultures annuelles (Duthoit ,2006).

L'indice de surface foliaire est en outre largement utilisé en écophysiologie pour modéliser le fonctionnement des couverts, puisque ce sont essentiellement les feuilles qui conditionnent l'évapotranspiration et les flux de carbone entre la biosphère et l'atmosphère 24.

Il constitue une donnée d'entrée importante pour les modèles écologiques et de changement du climat.

Il existe une variété de méthodes pour l'estimation du LAI à partir du sol ou par télédétection et cette situation peut entraîner une certaine confusion et une mesure d'incertitude quant à la sélection des méthodes, du concept expérimental et de l'instrumentation. Ils ont l'avantage d'être rapides et faciles à mettre en œuvre. Ils sont cependant très sensibles à un certain nombre de facteurs perturbateurs tels que la contribution du sol, les effets atmosphériques et la géométrie de visée. Pour améliorer la robustesse du LAI estimé en prenant en compte explicitement l'influence de ces différents facteurs perturbateurs, on préfère souvent utiliser les modèles physiques. La détermination du LAI nécessite d'inverser ces modèles à partir des données de télédétection. Le processus d'inversion consiste en une minimisation de l'écart entre les réluctances simulées et mesurées afin de déterminer les valeurs optimales. Une bonne performance de l'algorithme d'inversion requiert d'une part un modèle précis qui prend bien en compte la structure du couvert, et d'autre part une connaissance a priori de la distribution des variables du modèle qui permettra de mieux contraindre l'inversion (Aitouda, 2012).

#### **1.2.8.2. Importance**

Une surface foliaire importante par rapport au poids de récolte est un des paramètres incontournables de la qualité du chêne vert (Boutin, 2002).

#### **1.2.8.3. L'âge de peuplement**

L'âge des peuplements : La capacité de stockage augmente rapidement avec l'âge mais finit par atteindre un seuil (Montpellier ,2011).

L'Age des peuplements forestiers est établi à partir de photographies aériennes qui sont analysées par des spécialistes du domaine. Avec cette approche, les arbres sont regroupés par classes de 20 ans et l'âge limite qu'il est possible d'estimer est de 120 ans (Hamann ,2014).

#### **1.2.8.4. Effet de la densité du couvert**

#### **1.2.8.4 .1. Densité de peuplement**

La densité des peuplements permet de caractériser la quantité d'arbres présente au sein du peuplement (Poncelet ; Dalmasso, 2012).

La densité de peuplement réfère à la notion de compétition entre les arbres c'est-à-dire, à la demande exercée par deux ou plusieurs organismes pour une ressource commune, dans un milieu où ces ressources sont réellement ou potentiellement limitées. Fonctionnellement la compétition ne fait pas seulement intervenir la distance de tronc à tronc. Elle concerne l'accès aux ressources telles que l'eau, les substances nutritives et la lumière, ce qui induit une participation des parties aérienne et souterraine de l'arbre dans ce processus .La largeur du houppier et sa hauteur jouent donc un rôle important sur la compétition. Ainsi, la totalité de l'espace dans lequel l'arbre pousse est un déterminant important du taux de croissance et par conséquent des caractéristiques du bois. L'espacement entre les arbres et la végétation environnante définissent le degré de compétition pour les éléments critiques de croissance tels que les nutriments, l'eau et le soleil. Quand la population est dense, l'arbre entre en compétition pour les éléments nécessaires à sa croissance. À mesure que la compétition augmente pour ces éléments, la croissance des arbres diminue dans toute la parcelle. Un espacement large des arbres favorise donc une croissance rapide tandis que les peuplements trop denses ont tendance à produire des arbres plus petits (Jérôme, 2005).

La densité de peuplement est une notion dynamique. Les arbres dans une parcelle croissent plus ou moins vite en raison de la compétition et meurent, ce qui modifie constamment la densité de peuplement et la compétition. La densité de peuplement initiale est modifiée au cours des années par la mort naturelle de certains arbres ou artificiellement par l'action de l'homme (Jérôme, 2005).

#### **1.2.8.4.2 Effet d'une éclaircie**

Les éclaircies constituent des opérations primordiales pour la sylviculture. Traditionnellement, elles sont définies uniquement sur la base de critères dendrométriques (nombre d'arbres à l'hectare et hauteur des arbres). Les données disponibles permettent maintenant d'envisager une autre définition des éclaircies sur des bases éco physiologiques et notamment hydriques. L'enlèvement d'une partie des arbres d'un peuplement se traduit par des changements microclimatiques qui entraînent des modifications notables dans le fonctionnement éco physiologique des arbres :

— au niveau des phénomènes de photosynthèse et de transpiration,  
— au niveau de la croissance, de la forme et de l'importance des houppiers (Aussenac ; Granier ; Bréda, 1995).

Beaucoup de forestiers ont tendance à couper tous les mauvais arbres et à garder tous les bons : Ce n'est pas une bonne éclaircie, en effet :

- Si on garde tous les bons, on ne donne pas suffisamment d'espace.
- Si on coupe tous les mauvais, on crée souvent des trop grandes trouées.

Il ne faut pas hésiter à couper un bel arbre lorsque celui-ci gêne des arbres de place. On doit par contre souvent garder des arbres de mauvaise forme pour éviter de créer des trouées dans le boisement (Peltier et Njoukam, 2007).

#### **1.2.8.4.3. Les bassins versants**

Etant donné un réseau d'évacuation des eaux pluviales, naturel et ou artificiel, enterré et ou de surface, on appelle bassin versant l'ensemble constitué par ce réseau et les surfaces qui potentiellement contribuent à l'alimentation de ce réseau, par ruissellement de surface des eaux d'origine météorique 1.

Compléments. Un bassin versant est caractérisé par trois composantes principales:

- Sa limite, l'enveloppe des surfaces potentiellement drainantes et les extrémités avalent du réseau de drainage.
- Son organisation qui peut être reliée à la structure du réseau, à la distribution surfacique des éléments de drainage etc.
- Sa composition, les types de recouvrement de surface, et quelques grandeurs géométriques associées (Serge Thibault, 2011).

La forêt occupe la première place ; car elle représente 61.37% de la surface totale du bassin dont 17% des maquis. Ce patrimoine forestier, à l'égard des formations forestières de la wilaya de kenchela, n'échappe guerre aux différents phénomènes destructifs auquel est exposé. Cette dégradation de la concomitance de plusieurs facteurs. Les terres forestières occupent la majorité de superficie totale de bassin versant (Houbib, 2013).

La superficie d'un bassin versant est une dimension importante à connaître, car elle est à la base de tous les calculs hydrologique et les projets d'aménagement (Houbib, 2013).

**Tableau. 04** : Revue bibliographique des résultats d'autres études portant sur l'interception des précipitations par le couvert forestière

Références	Espèces	Pd + E g %	Ec %	(I) %	P (mm)	LAI	Densité tiges 5ha-1)
Languedoc, Ettehad, 1973	<i>Quercus ilex</i>			30			400
Normandie et Aussenac, 1975	<i>Sessiliflora Quercus</i>			20.4			121
Bellot, 1989	<i>Quercus ilex</i>	74,80%	14,20 %	11,00 %	570		
Comin et al., 1987	<i>Quercus ilex</i>	68,70%	13,10 %	18,20 %	862		
Teixeira Filho, 1995)	<i>Quercus ilex</i>			25-30%	749	5,2 à 5,6	8800
Rodrigo et Avila, 2001	<i>Quercus ilex</i>	75,5-72,1%	2,7-5,3%	21,8-22,6%	1048-1275		1754 – 2127
Comin et al., 1987	<i>Quercus ilex</i>			27-35%	855		
Bellot et al., 1999	<i>Quercus ilex</i>	66-75%	2,6-12%		518 – 1275		2000 – 18000
(Rapp et Romane, 1968)	<i>Quercus ilex</i>	60%			770		527 – 1440
(Carlyle-Moses et al., 2004	<i>taillis de chêne</i>	84,20%	<1%	15%	635	1,7 - 2,6	351 – 513
Dolman, 1987	<i>Chêne</i>		33%				3000
Rodriguez, 2001	<i>Quercus sp.</i>			13,60 %	974		
Bryant et al., 2005	<i>Quercus berberidifolia</i>	82%	0,54%	17,40 %	830		
Limosin JM ,2006	<i>Quercus ilex</i>			33%			
Aussenac .G, 1968	<i>Pin sylvestre</i>		1.0	42,2%			

Deuxième partie :  
Matériel et méthodes

# Chapitre III:

Matériel et méthodes

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1- Situation et caractéristiques de la zone d'étude

#### 2.1.1-Situation géographique

La zone concernée par la présente étude est connue sous l'appellation de Ghomras, fait partie du Triage forestier boulaghmane géré par circonscription des forêts kais, district des forêts taouzient, qui couvre une superficie de **323.2ha**. Administrativement la zone de Ghomras se situe à 11 km sud du chef-lieu de la commune de taouzient, daïra de kais, wilaya de khenchela, entre longitude 6°51'1.72"E et 6°51'16.89"E et d'une latitude du nord entre 35°25'8.19"N et 35°25'8.11"N. Anonyme2

Géographiquement elle est limitée :

- **Au nord** par canton Kef tgatoust (commune de chélia),
- **Au sud** par Canton Gueham (commune de chélia),
- **A l'Ouest** par bled El fedj (commune de Taouzient),
- **À l'est** par Oulem et Bouyoucef (commune de Taouzient).

Cette forêt est située selon les coordonnées géographiques suivantes:

- **Latitude** : 35°25'8.19"N 35°25'8.11"N.
- **Longitude** : 6°51'1.72"E et 6°51'16.89"E.
- **Altitude (m)** : 962,38m

Dans la station, le tapis végétal est plutôt dégradé (chêne vert de faible productivité et absence quasi-totale de la strate herbacée). On rencontre essentiellement en association :

- *Juniperus oxycedrus* (Genévrier oxycèdre),
- *Genista tricuspidata* (le genêt), peu dense.
- *Asphodelus microcarpa* (Asphodèle).
- *Le pin d'Alep* (*Pinus halepensis*. Mill).
- *Atragalus armatus* (Astragale).
- Le Cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica*. Mill).

Le milieu biotope a subi au cours de ses dernières années une dégradation assez sévère qui a conduit à disparition de certains animaux d'où le gibier se présente par les espèces capturées d'où la perdrix gabra, les lièvres, d'autres espèces sauvages ainsi que l'hyène rayée, porc-épic, le chacal, le renard et le hérisson ( Anonyme2).

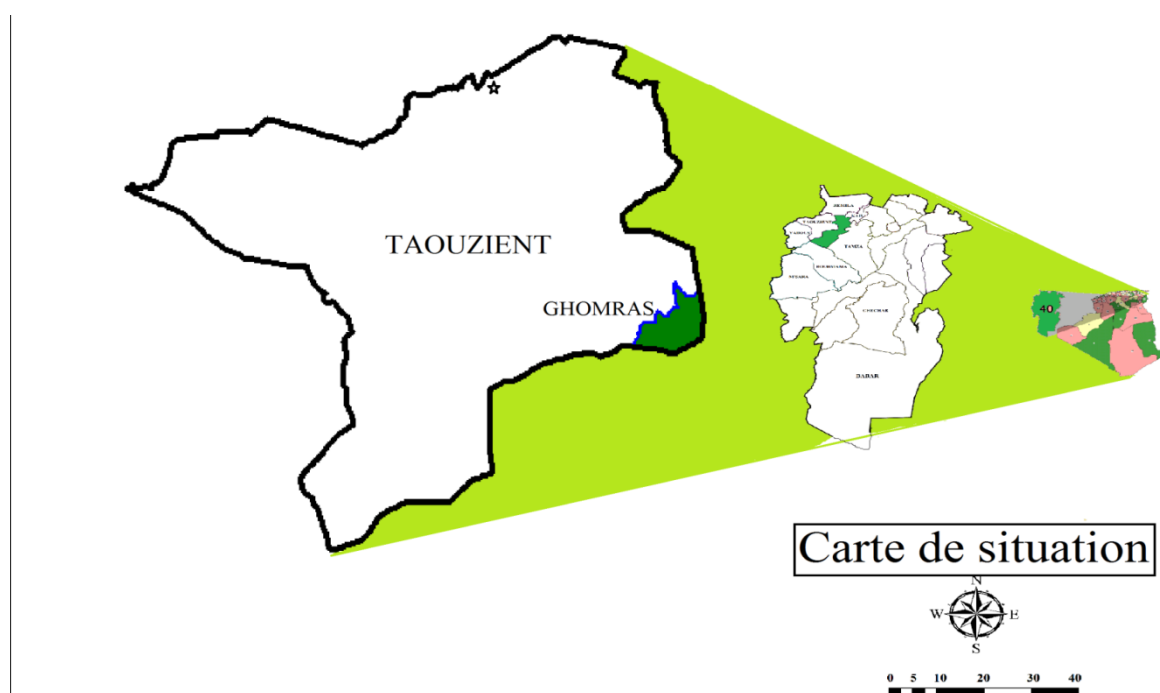
Les reptiles qui se présentent par certaines espèces rares d'où les caméléons et les lézards sont fréquents par endroits.

Dans les stations fraîches et humides, sous les chênaies, d'où des traces de sols retourné dues aux museaux des sangliers qui sont à la recherches des glands.

Le gibier de passage est constitué par la caille du champ des blés, la tourterelle, la palombe, la bécassine, les grives et divers échassiers (Anonyme2).

### 2.1.2 Caractéristiques de la zone d'étude

#### a-Situation administrative et forestière



**Fig. 06** : Carte de situation administrative de Canton Ghomrass.

#### b-Pentes

La zone d'étude se situe sur des terrains accidentés à vallées encaissées, constituées essentiellement de substrat à dominance calcaire et marno-calcaire (Anonyme2).

#### c-Pédologie

Les sols sont calcimorphe à différents stades d'évolution, la couche d'humus est peu développée, ce qui s'explique en partie par le surpâturage et l'érosion qui résultent, les sols les

plus fréquents les rendzines ; les sols bruns calcaires sont rares, sur les versants fortement inclinés généralement les sols sont superficiels, la profondeur en moyenne est inférieure à 20 cm (Anonyme 2).

### 2.1.3. Caractéristiques climatiques

Le climat est l'ensemble des caractéristiques météorologiques d'une région donnée intégrée dans le long terme. La nature des climats joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux .En réalité, il existe une interférence entre climats, Composition des communautés -en particulier végétales- propre à un écosystème donné et nature des sols, d'où le typique climat, sol, végétation (Haichour ,2009).

Pour indiquer le climat de la zone d'étude, nous avons fait recours à l'exploitation des données météorologiques provenant de la station météorologique de foug el gueiss (Kais), dont la localisation est indiquée par les coordonnées géographiques 6°51'1.72"E et 6°51'16.89"E et d'une latitude du nord entre 35°25'8.19"N et 35°25'8.11"N, et une altitude de 962,38m.

A signaler que les versant exposés au nord et nord-ouest jouissent d'un microclimat de nuance humide, caractérisé localement par des précipitations conséquentes, des températures moins froides et des influences fraîches et pluvieuses, comparativement aux versants exposés au sud-est (1,18%) subissant à leur tour un contraste microclimatique moins humide, des températures hivernales rigoureuses et des vents chauds et secs, donnant des températures estivales torrides.

#### 2.1.3.1. Température

La température représente un facteur limitant de toute première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Zerroug, 2012).

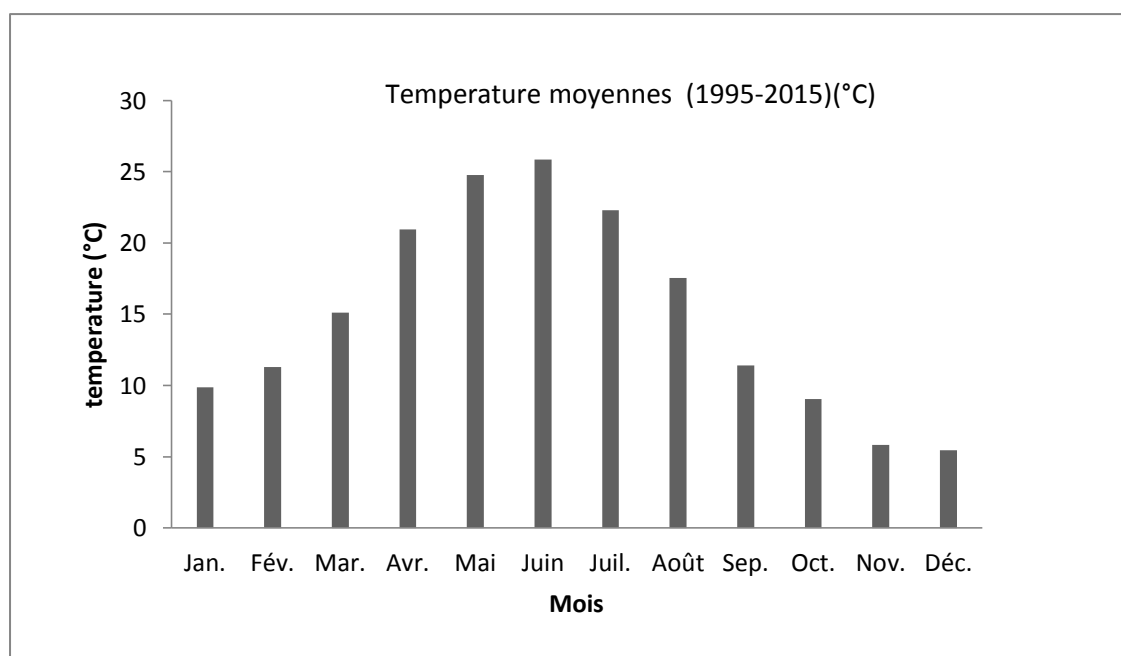
Pour la caractérisation de ce paramètre, il faut prendre en considération plusieurs variables à savoir la moyenne des maximas (M), la moyenne des minimas (m) et la moyenne mensuelle ( $\frac{M+m}{2}$ ).

Les températures moyennes et les valeurs minimales et maximales de la zone d'étude collectées durant la période allant de 1995 à 2015 sont récapitulées dans le Tableau 05.

**Tableau05** : Les températures moyennes mensuelles de Foum el Gueiss (1995-2015)

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
M (°C)	14,4	16,1	21	27	31,1	33	29,5	24,3	17,2	14,9	9,4	9,79
m (°C)	5,31	6,5	9,21	14,9	18,4	18,7	15,1	10,8	5,63	3,2	2,28	1,13
$\frac{M+m}{2}$ (°C)	9,86	11,30	15,11	20,95	24,75	25,85	22,30	17,55	11,42	9,05	5,84	5,46

(Station météorologique de Foum el Gueiss 1995-2015)



**Fig.07**: Température moyenne mensuelle de Foum el Gueiss (1995-2015).

L'analyse au préalable des données thermiques de la station de Foum el Gueiss (Kais), montre l'existence d'un hiver froid très vigoureux comportant une moyenne des minimas (le mois le plus froid) de 1,13 °C en Décembre et un été chaud durant la saison estivale une moyenne des maximas (le mois le plus chaud) de 33°C en Juillet.

### 2.1.3.2. Humidité:

Selon Quezel (1959) in (Halimi, 1981) , l'humidité de l'air par ses écarts est l'un des facteurs climatiques importants des massifs montagneux dans la méditerranée. Elle joue un rôle important dans la régénération, le développement et la détermination des espèces accompagnatrices de chaque type de végétation.

L'humidité relative contribue à la diminution des risques d'incendie, elle croît à partir du sol pour atteindre 100 % au niveau des couches nuageuses.

**Tableau.06:** Les moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air **1995-2015**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
H.R. (%)	54,86	51,8	49,2	47,12	46,1	39,39	37,35	37,57	49,26	51,38	55,5	59,01

(Station météorologique de Foum el Gueiss 1995-2015)

Le tableau 06 montre que les valeurs les plus élevées sont enregistrées durant la période hivernale (décembre et Février), où l'humidité relative de l'air est supérieure à 50 %. La sécheresse de l'air s'établit en été, au cours des mois de juin, juillet et août où son pourcentage est inférieur à 50 %.

### 2.1.3.3. Vents :

Se déplace des zones de haute pression vers des zones de basse pression (2014 question de fantin )

Le vent est un facteur climatique très important, car il joue un rôle fondamental dans le transport, la propagation et la dissémination des polluants de différentes tailles vu ses caractéristiques de direction et de force (Melghit, 2010).

D'après Abdessemed (1981), la région est soumise à des vents chargés de pluies du versant Nord-ouest, ces vents sont fréquents pendant l'automne, l'hiver et une partie du printemps, ils sont très bénéfiques pour la régénération et le développement des espèces végétales (tableau .07).

**Tableau 07 :** Les moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s) (**1995-2015**).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Vitesse du vent (m/s)	3,8	4	4	4,7	4	4	3,7	3,3	3	3,2	3,7	3,7

(Station météorologique de Foum el gueiss 1995-2015)

La vitesse moyenne des vents est modérée, elle est inférieure à 5 m/s, les valeurs mensuelles sont dans l'ensemble régulière durant toute l'année.

La différence entre le maximum enregistré en avril (4,7 m/s) et le minimum enregistré en septembre (3m/s) est à peine égale 3,76 m/s.

#### 2.1.3.4. Sirocco

Les vents dans la région soufflent surtout en hiver et sud en été. En été, c'est le Sirocco (vent sec et chaud) qui provoque le dessèchement des jeunes plants.

**Tableau 08:** Nombre de jours de sirocco (1995-2015).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Nbr de jours	0	0	0	2	0,5	0,3	0,8	0,4	2	1	0	0

(Station météorologique de Foum el gueiss 1995-2015)

Le nombre de jours de vents enregistré durant la période est faible avec 8 jours de vents par an, ce vent chaud ne souffle que pendant mois de Mai à Octobre.

#### 2.1.3.5. Précipitations

La pluviosité est définie selon Djebaili (1984), comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat.

Pour la grande partie du monde, les précipitations représentent la source principale d'eau pour la production agricole. Elles sont caractérisées par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité, les mois et aussi les années (Nedjar ,2016).

Elle conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'une part, elle a un rôle social et économique d'autre part. Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat.

La chute des pluies dans la région et en général, en Algérie est déterminée par la situation géographique, par la topographie et notamment la direction des axes montagneux par rapport à la mer et l'altitude, cela conduit à une irrégularité des précipitations à travers toute la région, augmentation des pluies en altitudes, diminution de leur taux du nord vers le sud (Halimi, 1981).

#### 2.1.3.5.1. Pluviométrie

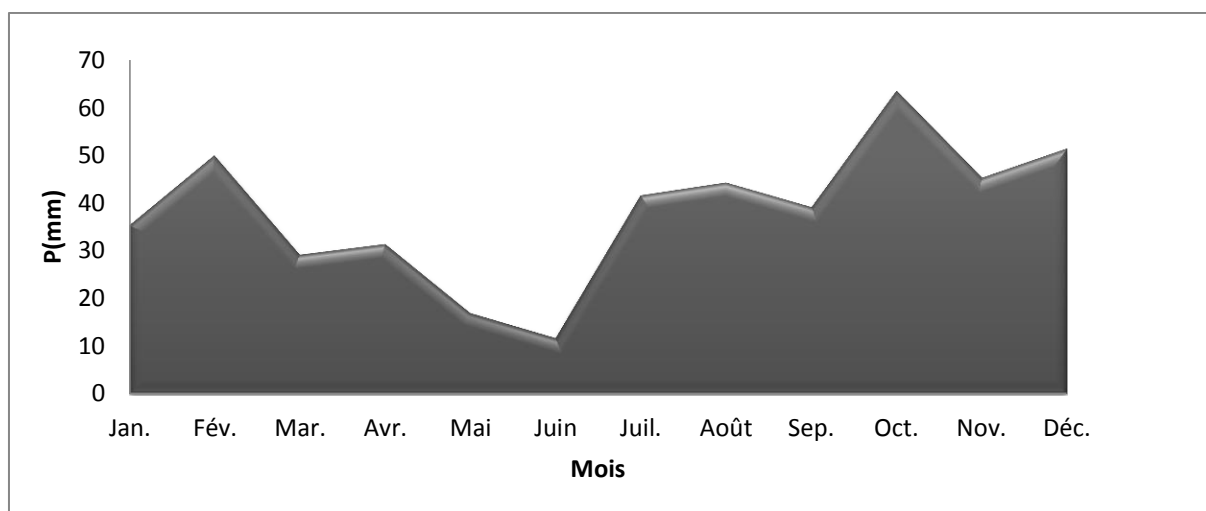
La pluviométrie est l'étude des précipitations, de leur nature, de leur quantité et de leur répartition dans le temps et dans l'espace. La cartographie des précipitations et de leur intensité est. Un outil précieux pour faire des prévisions météo à courte échéance. Voici les différences techniques de mesure des précipitations (Audrey, 2011).

Les pluies constituent une forme de précipitation, elles agissent par leur intensité sur la répartition et sur le développement de la végétation. Dans une zone donnée, la pluviométrie croît avec l'altitude et selon l'exposition (Tableau. 09).

**Tableau .09** : Données pluviométriques mensuelles moyennes de Foug el Gueiss (1995-2015).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
P (mm)	35,4	50,1	29,3	31,5	17,1	11,8	41,7	44,4	39,2	63,6	45,4	51,5	461
Nbre de jours	8,22	7	8,94	8,83	7,5	5,88	4,11	7	7,83	6,27	7,88	8,55	88

(Station météorologique de Foug el Gueiss 1995-2015)



**Fig.08 :** Les précipitations moyennes mensuelles de foug el Gueiss(Kais) 1995-2015

Il est généralement admis que la pluviométrie augmente avec l'altitude selon un gradient altitudinal qui varie avec l'exposition. Ce gradient est de 40 mm par an pour 100 m de dénivelée pour le versant nord (Benissaad , 1992) et de 20 mm/an pour le versant sud (Lehouerou, 1975).

La quantité de pluie moyenne annuelle reflète la faiblesse de la pluviométrie dans la région. En plus de cette faiblesse, nous notons aussi une irrégularité de répartition au cours de l'année.

La carte pluviométrique de l'ANRH établie, montre que la zone d'étude se situent entre les isohyètes comprises entre 400 et 500mm.

#### 2.1.3.5.2. Régime saisonniers

**Tableau .10:** Répartition des pluies selon les saisons (Foug el Gueiss 1995-2015).

Station	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	148,2			137			77,9			97,9		

Le tableau 10 fait ressortir la dominance des pluies d'automne avec une prédominance des pluies de printemps.

En période estivale, les pluies tombent sous forme d'orage sur les sols desséchés favorisant ainsi le ruissellement.

### 2.1.3.6. Gelées

C'est un phénomène qui commence à une température inférieure à 0°C, elle joue un grand rôle dans la germination des graines de certaines espèces végétales comme le cèdre de l'Atlas (TOTH, 1978).

**Tableau. 11: Les moyennes mensuelles de nombre des jours de gelée 1995-2015**

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Nbre	9,22	6,22	4,15	1	0	0	0	0	0	0	1,61	5,27	27

(Station météorologique de Foum el Gueiss 1995-2015)

On remarque que les gelées apparaissent à partir du mois de novembre et deviennent plus importantes au mois de janvier.

### 2.1.3.7. Synthèse climatique

La combinaison de deux principaux facteurs climatiques ; la température et les précipitations permettent de déterminer les périodes sèche et humide ainsi que la localisation de la zone d'étude au niveau d'un étage bioclimatique déduit des données et des résultats obtenus, et ce, à l'aide du diagramme ombrothermique et du coefficient pluviométrique d'emberger (Ladlani, 2007).

#### 2.1.3.7.1. Diagramme ombrothermique :

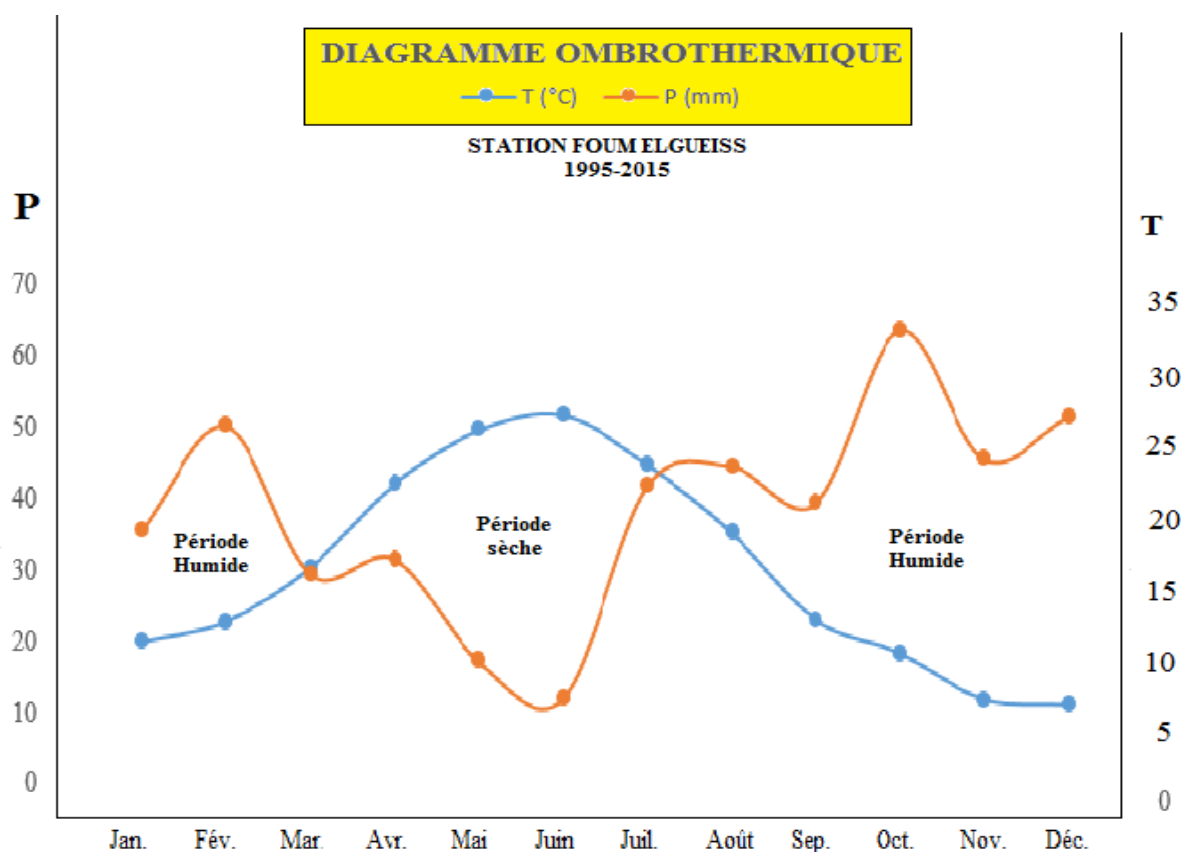
Le diagramme ombrothermique permet d'estimer les éléments de climat d'une région de points de vue précipitation et température pendant une période données et permet également de préciser les périodes sèches et humides (Houbib, 2013).

Pour déterminer la suite successive des mois secs, ces auteurs ont proposé l'établissement du diagramme Ombrothermique de GAUSSEN, où les mois de l'année figurent en abscisse, les précipitations moyennes mensuelles P (mm) en ordonnée à droite et les températures moyennes mensuelles T (°C) en ordonnée à gauche avec une échelle double de celle des précipitations (Abdessemed, 1981) .

**Tableau 12:** Les moyennes mensuelles thermiques et pluviométriques (1995 à 2015).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T (°C)	9,86	11,3 0	15,1 1	20,9 5	24,7 5	25,8 5	22,3 0	17,55	11,42	9,05	5,84	5,46
P (mm)	35,4	50,1	29,3	31,5	17,1	11,8	41,7	44,4	39,2	63,6	45,4	51,5

(Station météorologique de Foum el gueiss 1995-2015)



**Fig.09:** Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la station Foum el gueiss (1995-2015).

Nous pouvons constater, en se référant aux données météorologiques de 20 ans (1995-2015), que la zone d'étude subit une période sèche de cinq mois s'étalant du mois de Avril au mois de Juillet. Néanmoins la période sèche de Abdessmed (1981) s'étend de la mi-mai jusqu'à la fin du mois de septembre.

#### 2.1.3.7.2 Climagramme d'Emberger (1971)

Pour représenter le climat de la station étudiée, nous utilisons le climagramme d'emberger qui est un abaque comportant en ordonnées les valeurs de  $Q_2$  et en abscisse, la moyenne des minima de la saison froide (hiver) (Seltzer, 1946).

C'est un quotient qui est en fonction de la température moyenne maximale (M) du mois le plus chaud, de la moyenne minimale (m) du mois le plus froid en degrés Celsius et de la pluviosité moyenne annuelle (P) en mm. Ce quotient est d'autant plus élevé que le climat de la région est humide. Il est calculé par la formule suivante:

$$Q_2 = 3,43 \times \frac{P}{(M - m)} \quad \Rightarrow 3,43 \times \frac{461}{33 - 1,13} = 49,47$$

P: Pluviométrie annuelle : 461 mm

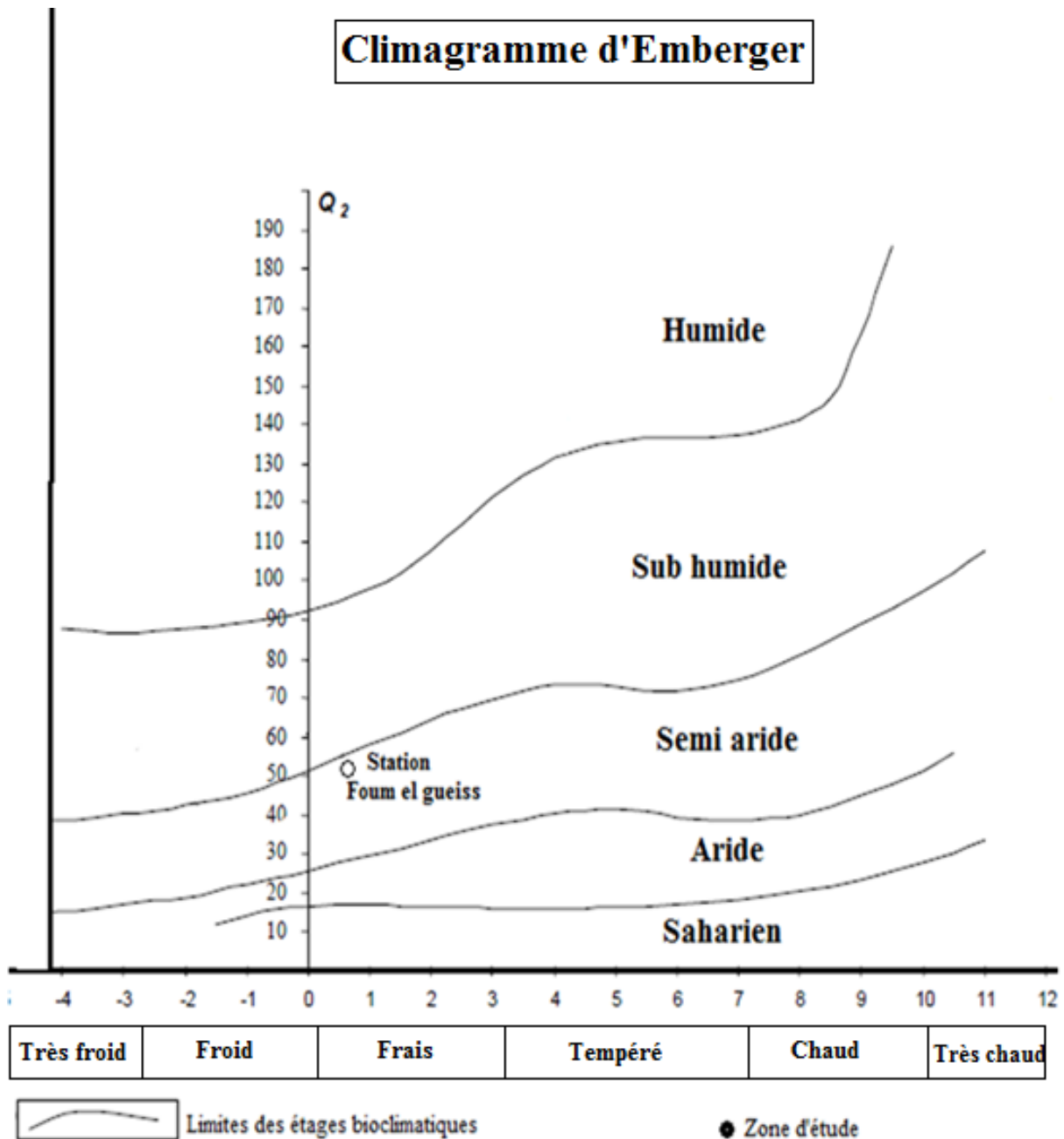
M: Température maximale du mois le plus chaud : 33°C

m: Température minimale du mois le plus froid : 1,13°C

A cause des reliefs montagneux qui caractérisent les Aurès, et l'absence de station météorologique en altitude, il est nécessaire de procéder à des calculs par extrapolation des données de référence, enregistrées à la station météorologique de Foum el Gueiss (Kais) pour plus de précision et pour éviter d'éventuelles erreurs de positionnement bioclimatique des zones d'étude choisies.

Pour déterminer les températures et la pluviométrie, Seltzer (1946), estime que:

- La moyenne des minima (m) du mois le plus froid baisse de 0,45 °C pour une élévation de 100 m d'altitude.
- La moyenne des maxima (M) du mois le plus chaud baisse de 0,7 °C pour la même altitude.
- Une élévation de 40 mm pour 100 m d'altitude sur les versants exposés au nord et une élévation de 20 mm pour la même altitude pour les versants sud.



**Fig. 10 :** Climagramme d'Emberger pour la station de Foum el Gueiss (Kais).

De la synthèse climatique, on constate que le territoire de notre zone d'étude est situé dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais. Donc le bilan annuel s'étale en quatre périodes successives :

Une saison sèche plus au moins longue à la période chaude qui commence plus tard au nord qu'au sud mais se termine à peu près pendant la fin d'octobre.

Une courte phase humide et fraîche à la fin de l'automne (novembre).

Une nouvelle période sèche au maximum des froids hivernaux avec des conséquences moins excessives au sud qu'au nord.

En fin, une saison printanière humide et fraîche de trois mois au nord et d'un mois au sud (mars) (Benmessaoud, 2009).

## 2.2. Matériel

### 2.2.1. Récipient de recueil des eaux de précipitations et d'égouttement

Par manque de pluviomètres, les eaux de pluie sont recueillies à l'aide de bouteilles d'eau minérale en plastique, dont la partie supérieure est découpée et retournée en entonnoir comme illustré par la figure 11(A). La surface d'interception est de 225 cm<sup>2</sup>.

Le goulot est muni d'un morceau de tulle destiné en premiers à retenir les débris végétaux et animaux, puis à minimiser l'évaporation des eaux.

### 2.2.2. Récipient de recueil des eaux d'écoulement

Les eaux d'écoulement étaient recueillies par des colliers en plastique fixés avec le mastic solidement autour des troncs des arbres Fig.11 (B).



**Fig. 11:** Dispositif de récupération des eaux de précipitations, égouttement(A) et écoulement(B).

## 2.2.3- Méthode

### 2.2.3.1 Choix du dispositif expérimental

Le protocole utilisé dans la présente étude est inspiré des travaux de recherche de (Gash et *al.*, 1995 ) en raison de ses avantages. Il est facile à appliquer, prend en compte l'écoulement le long des troncs. (Limousine et *al.*, 2009) ont démontré que il ya une large erreur dans l'évaluation de l'interception lorsque on néglige l'écoulement. Ce protocole a surtout été

validé par de nombreuses études menées dans divers couverts forestiers de différents pays (Carlyle-Moses et Price, 1999 ; Bryant et *al.*, 2005).

### 2.2.3.3.2 Description du dispositif de collecte des eaux :

Pour recueillir l'eau d'égouttement, on a placé sous les couronnes de 20 arbres 2 récipients d'une façon systématique.

A 20 m à partir de la station sous couvert, dans une station au sol nu (a découvert), pour récupérer l'eau a découvert on a placé au hasard 10 pluviomètres.

Les récipients sont enfoncés de 3.5 cm dans le sol à une hauteur de 19.5 cm au dessus du sol. Chaque bouteille a un emplacement fixe et les mesures d'eau se font le plus tôt possible après la chute de pluie.

Pour les eaux d'écoulement les 20 collecteurs étaient légèrement inclinés pour permettre le raccordement de leur point le plus bas qui facilite le transfert rapide de l'eau captée vers un bidon. Les parties supérieures des collecteurs étaient couvertes pour éviter l'entrée des eaux directes et/ou d'égouttement. L'emplacement des dispositifs d'estimation des eaux d'écoulement était fixe durant toute la période des mesures.

Les volumes des eaux (pluie, égouttement et écoulement) ont été mesurés réalisées le plus rapidement possible après les pluies entre le 07 décembre 2016 et 04 juin 2017.

### 2.2.3.3. Quantification des eaux recueillies

Les volumes des eaux récupérées par les différents récipients sont mesurés individuellement à l'aide d'une éprouvette de 250 ml.

### 2.2.3.4. Calcul de l'égouttement, écoulement et interception en (ml)

Les volumes d'eau recueillis sont convertis d'abord en (mm) par la formule :

$P \text{ (mm)} = 10 \times V / S$  (Villard-goudou et Richard, 1956) ( $S$  = surface de réception en  $\text{cm}^2$ ,  $V$  = volume d'eau recueilli en  $\text{cm}^3$ ), en suite on calcule l'intensité de pluie en mm par heure

La quantité d'eau interceptée, exprimée en mm a été estimée par la formule souvent utilisée par plusieurs chercheurs (Ausennac, 1668; Bellot et al, 1999) :

$$I = P - (P_d + E_g + E_c)$$

Avec :  $I$  = eau interceptée,  $P$  = pluie incidente,  $P_d$  = Pluie directe,  $E_g$  = Egouttement et  $E_c$  = Ecoulement le long du tronc.

Au cours de notre étude 1260 mesures ont été effectués sur terrain pour les trois paramètres de précipitation égouttement et écoulement.

#### **2.2.3.5. Analyse statistique**

L'ampleur de l'égouttement et d'écoulement et de l'interception, a été analysée en utilisant des régressions linéaires, les moyennes et le coefficient de variation.

Troisième partie :  
Résultats et discussions

### 3. Résultats et discussions.

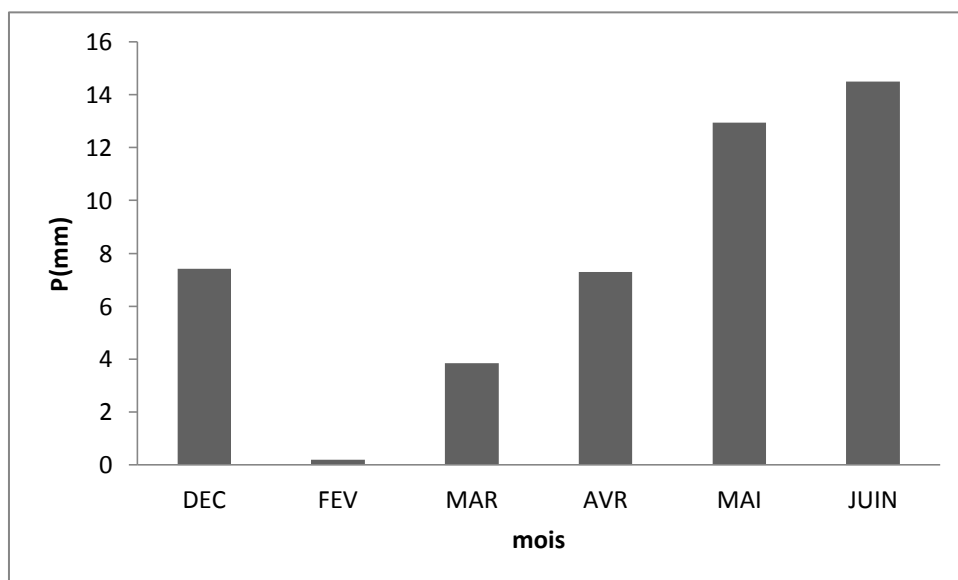
#### 3.1. Précipitations. (P)

Le tableau 13 montre que les précipitations incidentes cumulées durant six mois de mesure sont de l'ordre de 171.28 mm, dont la quantité maximale a été enregistrée en mois de juin, cette quantité recueillie est causée par 18 événements pluvieux.

Tableau 13 : les moyennes de précipitation pour chaque mois

Mois	Dec	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin
P (mm)	7,42	0,204	3,84	7,3	12,94	14,5

Le nombre de jours de précipitations défère d'un mois à l'autre par exemple ce nombre était de 18 dont 9 jours ont été enregistrés au mois mai et juin. Par contre les mois de février et mars qui constitue les deux mois de l'hiver sont marqués par un très peu nombre de jours de précipitation négligeables 2 jours par mois.



**Fig.12** : variation mensuelle des précipitations.

Il est à remarquer d'après les résultats exposés sur la figure 10 que durant les six mois de mesures, les pluies plus fortes sont notées en mois de Mai (14.5mm) et Juin (12.94mm), par contre les pluies faibles ont été enregistrées durant les mois de mars (3.84mm) et février (0.20 mm).

Nos résultats affirment ceux du ( Cosandey, 2000) qui a signalé que dans les zones semi arides les pluies les plus fortes ont la même probabilité d'apparition dans les périodes de sécheresse comme pour l'hiver. Les événements les plus pluvieux sont indépendants de la pluviosité moyenne sur une période donnée.

Nos données indiquent que le mois de juin est le plus arrosé et les mois humides sont mai et juin. (Rhahnem ,2010) affirme que deux maximums caractérisent les précipitations sous climat méditerranéens le premier est observé en printemps et le deuxième en automne.

Le même auteur affirme qu'il est important de connaître le total pluviométrique annuel, mais il est beaucoup plus important de savoir comment se répartissent les précipitations au cours des saisons ; c'est ce qui ressort notamment de l'étude des régimes pluviométriques.

La variabilité de la pluviométrie, est très forte dans le temps pour toute la zone aride et semi-aride cette variation est de l'ordre de 28.62% (tab.14).

Après avoir calculé l'écart type et le coefficient de variation (CV %) des pluies journalières (tableau.14). La plus faible variation journalière a marquée les mois avril (14.05%) et juin (18.46%) cependant, les valeurs les plus élevées ont caractérisé les deux mois de février (45.79%) et mars (45.21%). Nos résultats sont en accord avec les résultats de recherche de (Smadhi, 2011).

Tableau (14) : Coefficient de variation intra mensuelle pour les précipitations.

Mois/CV	P %
Déc.	25,74
Fév.	45,79
Mar	45,21
Avr	14,05
Mai	22,52
Juin	18,46
Moyenne	28,63

La connaissance de la distribution des intensité des précipitations journalières sur des intervalles allant de 0 à 14.5 mm par heure est très importante pour comprendre la variation de l'interception à l'échelle mensuelle les résultats de classement de ces précipitations sont reportées dans le tableau .15.

Tableau. 15: Classement et fréquence(b) des intensités de pluie(a).

Jours	intensité
07/12/2016	1
15/12/2016	2,63
27/12/2016	1,93
28/12/2016	0,15
20/02/2017	0,25
28/02/2017	0,15
22/03/2017	3,84
07/04/2017	1,35
09/04/2017	0,09
05/05/2017	5,49
23/05/2017	1,83
27/05/2017	1,9
28/05/2017	2,13
29/05/2017	2,11
01/06/2017	4,92
02/06/2017	5,04
03/06/2017	4,65
04/06/2017	5,04

(a)

(b)

Pluies journalieres	Period d'etude		
	Frequence	P	
	Jours	mm	%
] 0-2 mm]	3	0,38	16,66
] 2-4 mm]	2	3,27	11,11
] 4-6 mm]	1	4,18	5
] 6-8 mm]	0	0	0
] 8-10 mm]	1	9,14	5
]10-15mm]	10	13	55,55
]15-20mm]	1	20,19	5

Les chiffres relatifs à l'intensité des pluies (tableau15) nous renseignent sur les caractéristiques pluviométriques des pluies chutées sur chênaie de ghomrass. Il ressort de ce tableau que plus de 55.55% des précipitations sont comprise entre 10 et 15 mm. Ce régime aura des répercussions sur le taux d'égouttement et écoulement et par la suite sur l'interception (Ausseneac, 1968 ; Aussenac et Boulangeat 1980 ; limousin, 2006)

### 3.2. Egouttement ( $P_d + E_g$ )

Il est utile d'exprimer les écarts « pluie incidente- égouttement et directe » en pourcentage pour apprécier l'effet de chêne vert des sur l'égouttement des eaux de pluie.

Le tableau 16 fait ressortir que le taux moyen d'égouttement durant notre période d'étude est de l'ordre de 65.42%. Ce taux d'égouttement est jugé acceptable pour un climat semi aride .nos résultats relatifs à l'égouttement sont en accord avec les travaux de (Bellot et *al*, 1999 ; Comin et *al*, 1987 ;Rapp et Romane, 1968 ; Horton 1919, ;Aussenac 1968).

Tableau.16 : le taux d'égouttement.

Mois	Dec	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin
Eg+Pd%	65,31	52,65	56,5	63,97	62,86	75,42

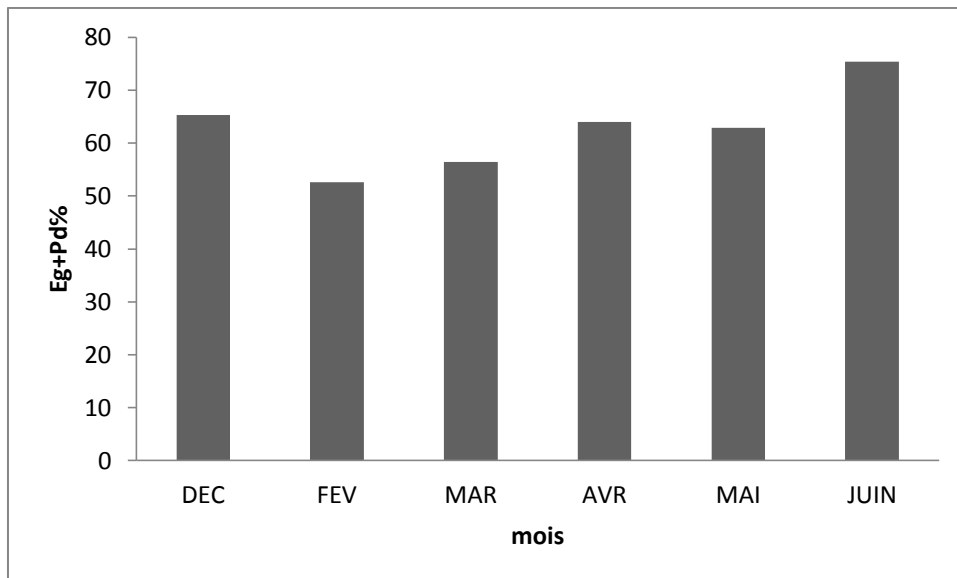
Il est à remarquer que les taux mensuels des eaux d'égouttement sous le couvert du chêne vert varient considérablement d'un mois à l'autre. Un maximum de 75,42% a été trouvé en mois de juin, ce taux élevé d'égouttement en ce mois qui est caractérisé par des fortes températures, vents secs et chauds et coïncide avec la période de floraison du chêne vert est le meilleur argument qui affirme que le régime et l'intensité des pluies viennent en première place avant la structure, la densité et l'âge.

Contrairement à ce qui attendu le mois de février qui est un mois d'hiver s'est caractérisé par le plus faible taux de 52,65%. Ce faible taux d'égouttement est obtenu après seulement deux averses de pluie en ce mois ces dernières sont jugées faibles et arrivent pas saturer complètement le canopy des arbres. Plusieurs études confirment la même idée (Limousin, 2006; Aussenc, 198; Bellot et al., 1999).

La variation journalière du taux d'égouttement est importante, elle estimée approximativement à une valeur de (46% et 45%) mars et février respectivement (tableau 17).

Tableau 17 : Coefficient de variation intra mensuelle pour l'égouttement

Mois/CV	Eg+Pd%
Déc.	30,93
Fév.	45,83
Mar	46,72
Avr	19,97
Mai	26,59
Juin	19,39
Moyenne	31,57



**Fig.13** : Le taux d'égouttement par les mois .

### 3.3. Ecoulement (Ec)

L'écoulement de l'eau de pluie le long des troncs des arbres a été mesuré au cours de 15 événements. Sur l'ensemble de ces mesures, l'écoulement représente 11.68 % des précipitations incidentes. Nos résultats relatifs à l'écoulement sont en accord avec les travaux de Bellot et *al.*, (1999)., Comin et *al.*,(1987).

L'écoulement le long des troncs varie avec l'importance des précipitations, l'espèce et aussi avec le diamètre des arbres. Le taux faible de l'écoulement par rapport a celui de l'égouttement atteste que l'écoulement est un phénomène qui vient tardivement et après l'égouttement (limousin, 2006).

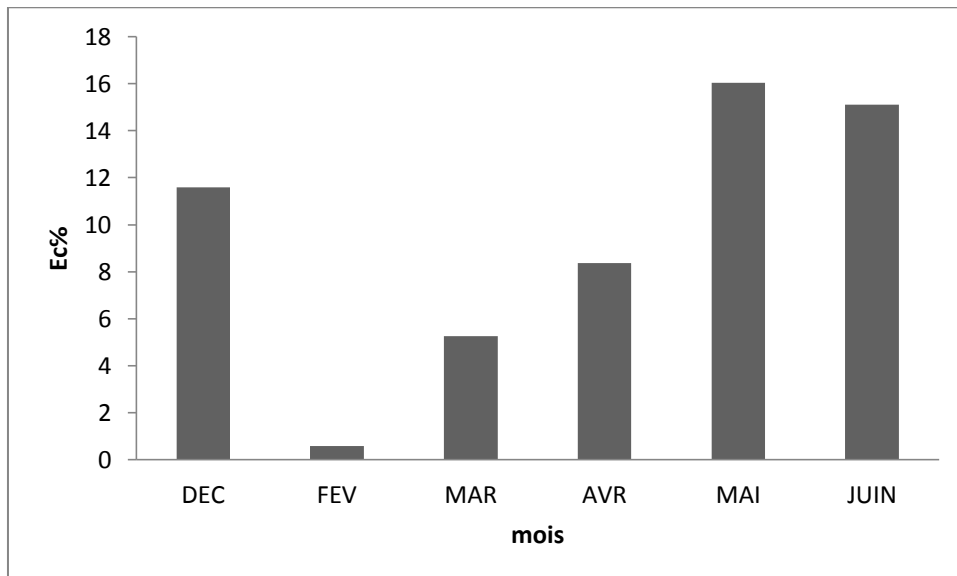
Tableau.18 : le taux d'écoulement.

Mois	Dec	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin
Ec %	11,59	0,591	5,25	8,36	16,03	15,11

La variation mensuelle du taux d'écoulement est importante, elle de (46% et 45%) cv mensuel mars et février respectivement. Quotidiennement le taux d'écoulement peut avoir une variation maximale de 90% et une autre minimale (33%). Les taux mensuels sont présentés sur la figure 14.

Tableau. 19 : Coefficient de variation intra mensuelle pour l'écoulement.

Mois/CV	$E_c$ %
Déc.	41,55
Fév.	58,82
Mar	90,9
Avr	55,48
Mai	35,65
Juin	33,41
Moyenne	52,63

**Fig.14** : le taux d'écoulement par les mois.

### 3.4. Interception

La fraction interceptée des précipitations constitue un paramètre important du bilan hydrologique. Elle représente la première influence de la forêt sur les précipitations. (Aussenac ,1968).

Le taux moyen d'interception calculé après une période de suivie de six mois a abouti un taux d'interception de 19.14 % ce taux reste voisin a celui de plusieurs études menées déjà sur ce sujet (Aussenac, (1975) Comin et *al*, (1987), Bryant et *al*, 2005).( limousin, 2006) a déclaré un taux d'interception relativement élevé (33%) sous couvert de *Quercus ilex* néanmoins, ce taux élevé est accompagnées avec des précipitations plus importante plus de 834 mm par an . la différence peut être attribué aux régimes pluviométrique différents.

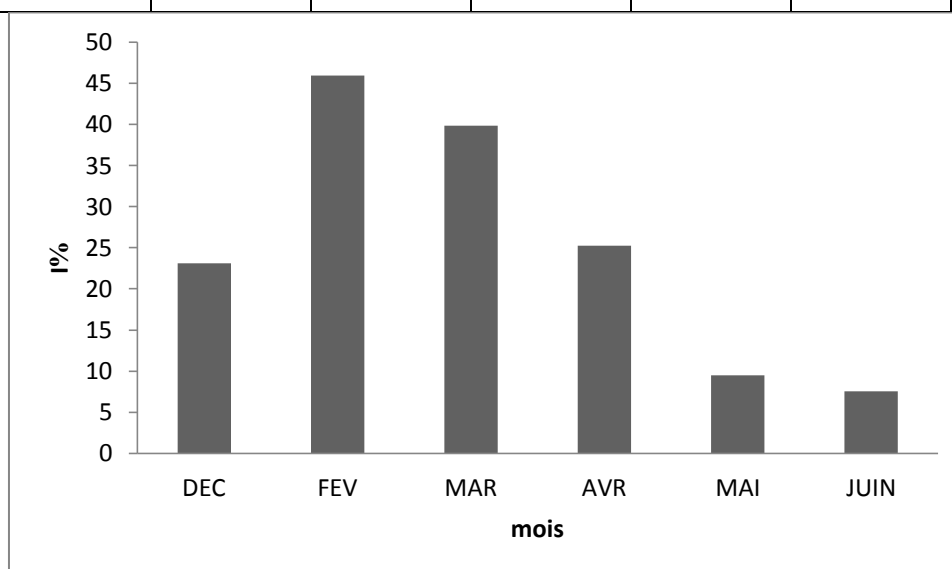
Pour des précipitations très faibles, l'interception est totale (100 %). L'analyse des pluies journalières montre que toutes les précipitations sont totalement interceptées au-dessous des hauteurs de pluie suivantes.

L'interception augmente jusqu'à une certaine valeur, puis se stabilise ou bien décroît lentement. Il y a là l'expression du phénomène de saturation du feuillage. De la méthode utilisée pour évaluer la capacité de saturation des couronnes. La diminution de l'interception avec l'augmentation des précipitations peut être attribuée à l'intervention du vent comme facteur perturbateur. Ce qui se traduit par une diminution de l'évaluation de l'interception alors que, en réalité, cette diminution serait beaucoup moins importante.

L'interception est souvent exprimée en pourcentage des précipitations incidentes. Afin de faciliter les comparaisons.

**Tableau.20** : les taux d'interception.

Mois	Dec	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin
I%	23,13	45,96	39,83	25,28	9,51	7,53



**Fig.15** : Les taux d'interception des pluies.

En remarque dans figure (15) plus les précipitations augmente l'interception est diminuée instant le mois juin le moyenne de précipitation plus forte (14.5 mm), le taux d'interception est très faible (7.53%), et plus les précipitations est réduite l'interception est élevée pendant le mois de février le moyenne très faible (0.20 mm) le taux d'interception est forte (45.96%). Nos résultats montrés que le coefficient de variation de l'interception peut varier de 25.67% à 54 % (tableau 21).

Ont montrés que le coefficient de variation de l'interception peut varier de 0 à 100%.

Alors pour les précipitations elle diminue en pourcent.

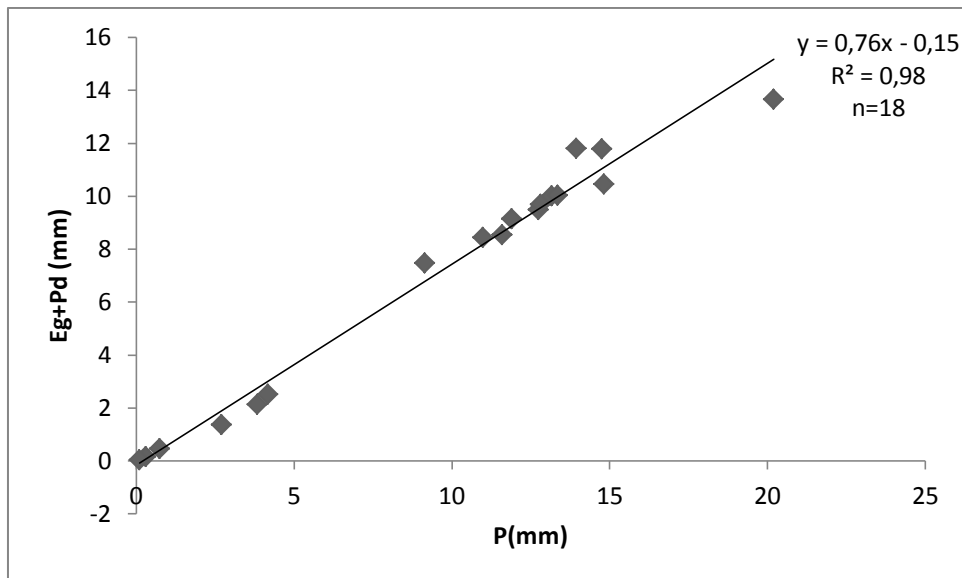
Les valeurs élevées du coefficient de variation pour les faibles précipitations peuvent être attribuées au fait que, dans ce cas, l'interception est considérable et que, d'un point à un autre, elle peut varier de 0 à 100 % alors que pour des précipitations importantes, elle diminue (en %). en accord avec (Aussenac, 1970).

Tableau. 21 : Coefficient de variation intra mensuelle pour l'interception

Mois/CV	I%
Déc.	28,02
Fév.	34,63
Mar	25,67
Avr	31,48
Mai	38,41
Juin	54
Moyenne	35,37

### 3.5. Relation entre précipitations et égouttement

Pour mieux comprendre l'égouttement et la relation qui existe entre des précipitations et le taux d'égouttement. La figure 14 montre que des droites de régression linéaire peuvent être ajustées aux nuages de points de la pluie directe et égouttée ( $P_d + E_g$ ), en fonction de la pluie Incidente ( $P$ ). Pour la chênaie étudiée, la pluie directe et égouttée en fonction de la pluie incidente suit la relation cosignée dans la figure 16



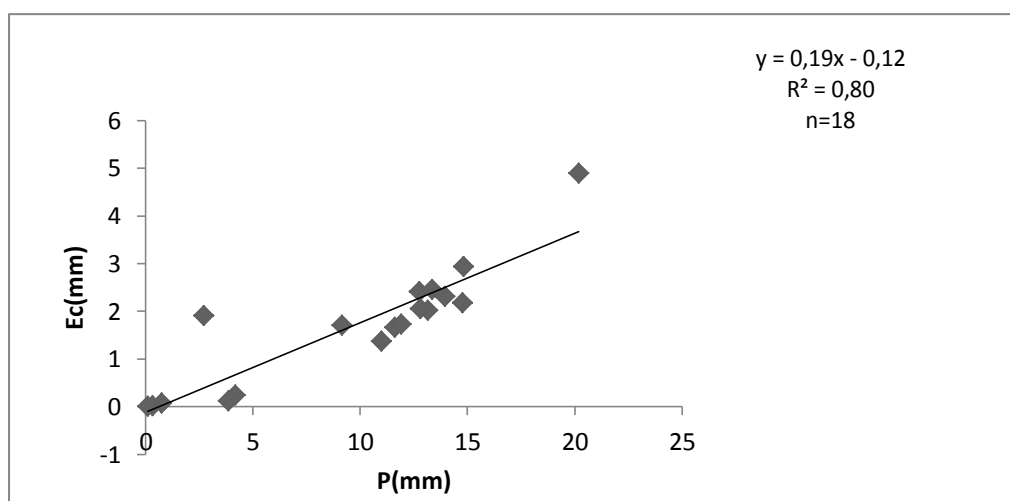
**Fig.16 :** Relation entre précipitation et l'égouttement.

La figure (16) révèle que le taux d'égouttement est corrélé positivement avec les précipitations, l'égouttement est d'autant plus important si les précipitations sont considérables. L'équation trouvée qui sont exposées sur la même figure peuvent être considérées comme un modèle de prévision de l'égouttement.

La figure (16) montre qu'il y a une forte corrélation entre les précipitations (p) et les volumes d'eau recueillis lors des pluies d'égouttement et directe,  $R^2 = 0.98$  durant. Plusieurs études ont mis en évidence cette corrélation.

### 3.6. Relation précipitations écoulement

Pour mieux comprendre l'écoulement et la relation qui existe entre des précipitations et le taux d'écoulement. La figure 15 montre que des droites de régression linéaire peuvent être ajustées aux nuages de points de la pluie directe et écoulé ( $E_c$ ), en fonction de la pluie Incidente(P).



**Fig.17:** Relation entre précipitation et écoulement.

La figure (17) montre que l'écoulement le long des troncs, comme les précipitations directes et égouttées, peut s'ajuster à une droite d'équation :

Écoulement le long des troncs;  $R^2=0.80$ ;  $n=18$

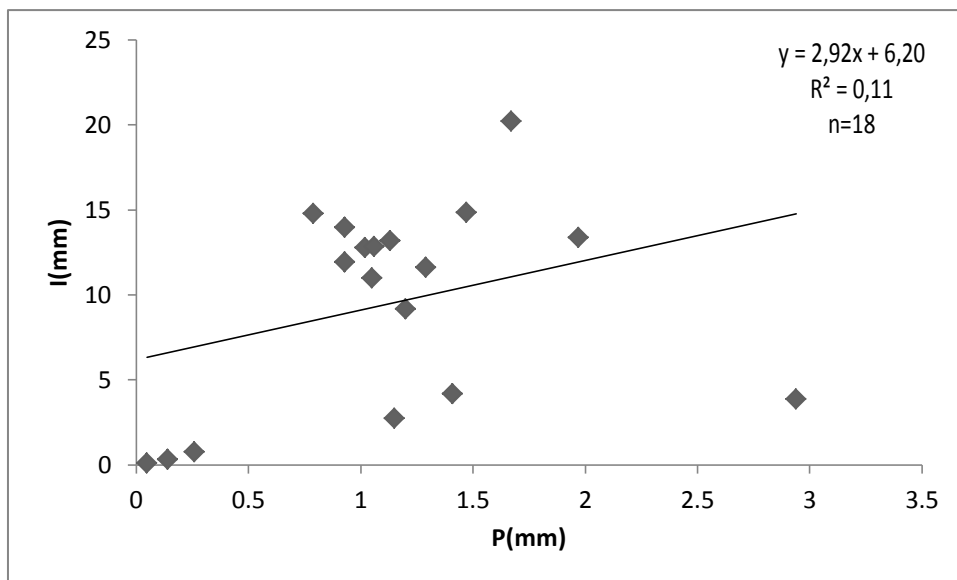
Cette équation nous indique la quantité de pluie théorique minimum pour déclencher un Écoulement le long des troncs.

L'écoulement le long des troncs est donc un phénomène intervenant plus tardivement et uniquement pour les événements de pluie les plus importants.

La figure(17) montre qu'il ya une faible corrélation entre ces paramètres de la structure de la canopée et les volumes d'eau recueillis lors de l'événement du février 2017.

### 3.7. Relation entre les précipitations (P) et Interception (I)

Pour mieux comprendre l'interception et la relation qui existe entre des précipitations et le taux d'interception .La figure 18 montres que des droites de régression linéaire peuvent être ajustées aux nuages de points de la pluie directe et interception (I), en fonction de la pluie Incidente(P).

**Fig.18 :** relation de précipitation et interception.

Les résultats montrent que la variabilité de l'interception sous le couvert des arbres est largement tributaire de l'importance des précipitations incidentes. Les données enregistrées aux niveaux de notre station d'étude, soulignent que l'interception des pluies Brute change d'un mois à l'autre.

L'interception ;  $R^2=0.11$ ;  $n=18$

Cette équation nous indique la quantité de pluie théorique minimum pour déclencher une interception .

# Conclusion

## Conclusion

Vu la sécheresse qui a caractérisé la zone des Aurès ces dernières décennies en réduisant la quantité des précipitations. La connaissance des taux d'interception moyens des précipitations par le couvert du chêne vert, ainsi que l'évaluation des précipitations incidente permettent de dégager les quantités d'eau qui arrivent réellement au sol forestier. Durant six mois de mesure les précipitations recueillies au niveau de la chênaie de Ghomrass sont de l'ordre de 171,28 mm.

Le classement des précipitations journalières incidentes sur la chênaie de Ghomrass a montré que ces dernières sont majoritairement comprises entre 04 et 15 mm.

Les résultats de la présente étude concluent que le taux d'égouttement est considérable (65.42%) tandis que les taux d'écoulement et l'interception sont relativement faibles (11.68 %,19.14%) respectivement.

La fluctuation mensuelle des taux d'égouttement est très forte, la valeur maximale a été enregistrées au mois juin (75.42%) par contre, les taux faibles était de (52.65 %) au mois de février et mars 56%.

De même pour la fluctuation mensuelle des taux d'écoulement, la variation est très élevée, un maximum de (16.03 % et 15.11%) a été obtenu au mois mai et juin. Cependant, le taux faible était au mois de mars (5.25%) . Ce taux d'écoulement est presque nul il est de (0.59%) pour le mois de février .

Quant a l'interception elle varie en fonction des précipitations, sa valeur était de (45.96%) en mois de février lorsque les précipitation journalières sont très faibles ( inférieure a 4 mm), puis elle diminue avec l'importance des averses de pluies (39.83% et 25.28 %) en mois de mars et avril . Cette diminution est apparente surtout pour les pluies journalières supérieures à 5 mm. Elle continue dans le temps pour atteindre des valeurs très faibles (7.53%) en mois de juin.

Le dispositif qui a été utilisé dans cette étude pour estimer l'interception a dévoilé les relations qui lient la pluie incidente, égouttements, d'écoulements et l'interception sous forme des équations pour la chênaie de Ghomrass .Ces équations peuvent être utilisées par

les forestiers et les gestionnaires de l'eau pour la prévision de l'interception en milieu forestier.

La courte période de mesure des précipitations, égouttements et d'écoulements impose de continuer les expérimentations afin de cerner et caractériser le phénomène de l'interception des précipitations par un couvert de chêne vert des Aurès.

Cette étude est la première, dans la chênaie de Ghomrass wilaya de kenchela. Elle participe, à une meilleure connaissance de l'interception de la pluie par un couvert de chêne vert en climat semi aride et dans un contexte d'augmentation des températures, et de diminution de la ressource en eau, les modèles de prévision déclarée par la présente étude peuvent être sollicités dans un très avenir proche.

# Références

## Bibliographiques

## Références

Abdessemed K. (1981). Le Cèdre de l'Atlas dans les massifs de l'Aurès et du Belezma. Étude phytosociologique et problèmes de conservation et d'aménagement. Th. Doc. IGN. Fac. St. Jérôme. Marseille. P : 199.

Aitoud H. (2012). Estimation des variables biophysiques des cultures et étude. Mémoire de magister présenté à l'université du Québec à Chicoutimi comme exigence partielle de la maîtrise en ressources renouvelable de l'effet du changement d'échelle sur leur variabilité spatiale- B.sc (géologie). P : 23-25.

Amphoux M. (2003). Les impacts du changement climatique sur l'agriculture en Europe et aux Etats Unis, atelier changement climatique ENPC-Département VET, Paris. P : 30.

Andréassian V. (2002). Impact de l'évolution du couvert forestier sur le comportement hydrologique des bassins versants tome 2 (annexes) .Thèse de doctorat de l'université paris 6 P : 294- 298.

Annerose D, Cornaire B. (1994). Approche physiologique de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées pour l'amélioration de la production en zones sèches. 1. Ceraas isra, B .P :59.

Anonyme 1 :file:///E:/Reproduction%20du%20ch%C3%AAne%20vert.html le 25/4/2017.

Anonyme 2 : détraction des forêts daira kais wilaya de kenchela.

Audrey. (2011). La Pluviométrie: Guide Pratique article. P : 1.

Aussenac G et Boulangeat C. (1980). Interception des précipitations évapotranspiration réelle dans des peuplements de feuillu (*Fagus silvatica* L.) et de résineux (*Pseudo tsuga menziesii* (Mirb) Franco). Station de Sylviculture et Production, Centre national de Recherches forestières, INRA. Champenois 54280 Seichamps. Ann. Sc. Forest ; 37 ;(2) ; P : 91 -107.

Aussenac G. (1968). Interception des précipitations par le couvert forestier. HAL Id: Hal-00881987. Submitted on 1 Jan 1968-Ann. Sci. Forest., 1968,25 (3) .P :135-156.

Aussenac G. (1969). Influences du couvert forestier sur les précipitations. Class. oxford 116.1.cette rubrique est dirigée par h. daburon ingénieur du gref. Chef du département cynégétique centre technique forestier domaine des barres 45 - Nogent-sur-Vernisson. P : 633.

- Aussenac G. (1970). Action du couvert forestier sur la distribution au sol des précipitations. Avec la collaboration technique de j.-m. Desjeun f.s et f. will m. Station de sylviculture et production. Centre national de recherches forestières, 54 - Nancy institut national de la recherche agronomique-Ann. Sci. Forest. 27 (4).P : 383-389.
- Aussenac G. (1972). Etude de l'évapotranspiration réelle de quatre peuplements forestiers dans l'Est de la France. P : 5.
- Aussenac G. (1981). L'interception des précipitations par les peuplements forestiers. Station de sylviculture et de production INRA. Cnrf champenoux .54280 Seichamps. La houille blanche/n° 7/8 .P : 531-532.
- Aussenac G, Granier A, Breda N. (1995). Effets des modifications de la structure du couvert forestier sur le bilan hydrique, l'état hydrique des arbres et la croissance. Rev. For. Fr. Xxvii – 1.P :57.
- Baldy Ch, Cornelius J. Stigter. (2006). Agrométéorologie des cultures multiples en régions chaudes. Édition QUAE.3. P : 01
- Bansept A. (2013).Eau et forêt première partie : l'influence des arbres sur la quantité des eaux. Rev. For. Fr. LXV 2-2013.P :149.
- Barbero M, Loisel R. (1980).le chêne vert en région méditerranéenne .P :531-541.
- Bellot J, Avila A. et Rodrigo A. (1999). Through fall and Stemflow. In: Springer- Verlag (Editor), Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests, Berlin Heidelberg, P: 209-222.
- Benia F. (2010).Etude de la faune entomologique associée au chêne vert (*quercus ilex* L.) dans la forêt de Tafat (Sétif, nord-est d'Algérie) et bio-écologie des espèces les plus représentatives. Thèse université Ferhat Abbas Sétif. P : 25.
- Benissad B. (1992). Contribution à l'étude de l'accroissement du pin d'alep (*Pinus halepensis*. Mill) en relation avec quelques variables du milieu dans la forêt de ben-imploul, série Ras-bignoun, versant (sud-est) .mémoire d 'ingénieur, Université Batna .P : 66.
- Benmessaoud H. (2009). Étude de la vulnérabilité a la désertification par des méthodes quantitatives numériques dans le massif des Aurès (Algérie). Mémoire magister Université de .Batna. P : 56.

Berrichi M. (2010). Détermination des aptitudes technologiques du bois de quercus rotundifolia lamk et possibilités de valorisation .Thèse. Université Abou Baker belkaid Tlemcen .P : 36.

Biljou. (2015). Rapport d'unité mixte de recherches 1137 INRA-Nancy. Université Ecologie et écophysologie forestière .Interception des précipitations. P : 01.

Bouazza F. (2013). Intérêt de la mycorrhization contrôlée de chêne vert quercus ilex l et pin d'Alep par deux espèces de terfèze .en conditions notoxinique et axénique .Mémoire de magistère université Oran. P : 10.

Boukerker H. (2016). Autoécologie et évaluation de la biodiversité dans les Cédraies de *Cedrus atlantica* manetti dans le parc national de Belezma (Batna, Algérie) ». Thèse .Université de Biskra .P :1.

Boutin F. (2002). Institut rhodanienne .Importance de surface foliaire. Guide de la vinification 6 : P : 28.

Chassagneux P et Choissnel E. (1986). Modélisation de l'évaporation globale d'un couvert forestier I -Principes physiques et description du modèle. Météorologie nationale. Subdivision d'Agrométéorologie 2, avenue Rapp, F 75007 Paris. P : 1

Corcovado, Sanchez T. (2013). Phytothora sur quercus ilex (le chêne vert), institut, fédéral recherche cultiviez plants .P : 01.

Cosandey C. (2000). Ecoulement. Article. CNFSH.P:01

Courault D, Seguin B, Oliosio A, (2005). Review on estimation of évapotranspiration from remote sensing data: from empirical to numerical modeling approaches. Irrigation and drainage systems. P : 223-249.

Daya A. (2006). Étude des contraintes décroissance des arbres sur pied d'eucalyptus grandis et du chêne vert caractérisation et valorisation sous forme de bois collé .thèse . Université Paul Verlaine de Metz. P : 24.

Dorian LZ, Alice M, A Clémence V. (2009). La gestion sylvicole modifie t -elle l économie en eau des écosystèmes forestières. Séminaire -Foret et changement climatique -9 janvier 2009. P : 2-3.

Dujardin D. (2010). LE Chêne. Article .Fédération Française de Bonsaï. P : 16-25

- Duthoit S. (2006).Prise en compte de l'agrégation des cultures dans la simulation du transfert radiatif: importance pour l'estimation de l'indice foliaire (lai), de la parcelle au paysage. École doctorale : science de l'univers, de l'environnement et de l'espace spécialité : télédétection et transfert radiatif - Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université Toulouse iii P : 10-11.
- Ferraz A. (2012). Cartographie 3D d'une forêt à partir de données Lidar aéroporté. Thèse. L'institut de physique du globe de paris .P 25.
- Forgeard F, Gloaguen JC, Touffet J. (1980). Interception des précipitations et -hêtraie atlantique et dans quelques peuplements résineux en Bretagne. Laboratoire d'Ecologie végétale, Complexe scientifique de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex. Ann. Sci. Forest ;(1) ; 53-71.P: 57.
- Gash, J.H.C., Lloyd, C.R., Lachoud, G. (1995). Estimating sparse forest rainfall interception with an analytical model. Journal of hydrology 170 (1-4), P : 79-86.
- Gausse H, Debrach J et Joly F. (1958) .Précipitations annuelles. Atlas du Maroc, not expl. sect II, planche n°49, P : 36.
- Gray DM, Mckay JM ,Wigham .(1970).Principles of hydrology: Port Washington. .P: 1.
- Haichour R. (2009). Stress thermique et limite écologique du Chêne vert en Algérie. Mémoire de magister Université mentouri – Constantine. P. 20-30.
- Halimi A. (1981).L'atlas blidéen "climat et étages végétaux", OPU, Alger, P : 62.
- Halitim S. (2006). Contribution a l'étude de la réserve utile En eau des sols de cédraies dans les Aurès : influence des facteurs édaphiques mémoire université de Batna. P : 01.
- Hamann .J (2014) .recherche. L'âge des forêts .Journal de la communauté universitaire .P :01.
- Houbib H. (2013). Analyse Multicritères des composantes du Milieu à l'aide des techniques de la géomantique pour un aménagement intégré de la vallée d'Oued Mellagou- Bouhmama W. KHENCHELA. Mémoire de Magister en Aménagement de Territoire. Université de Batna. P : 30
- Jérôme A. (2005). Influence de la densité de peuplement et de la hauteur dans l'arbre sur les propriétés physico-mécaniques du bois d'épinette noire (*picea mariana* (mill.). Thèse Université laval. b.s.p.). P : 2.
- Joubert A. (2017).L'eau dans la plante (carnivore) Article. P : 01.

Khebichat A. (2013). Evaluation de l'activité antibactérienne et antifongique des cendres de bois du chêne vert «Kourriche ou Ballout » (*Quercus ilex*).Mémoire de magister, Université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen .P : 18.

Koumiche F, 2016 Effet de quelques traitements physiques sur la germination des glands et la croissance ultérieure des plants de chêne vert (*Quercus ilex*) .Mémoire . Université de Tlemcen. P : 3.

Ladlani I. (2007) .Contribution à la gestion optimale de la ressource en eau mobilisée «choix de formule empirique pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle "ETP" dans les régions de Tébessa et Annaba» .Thèse du magister, l'université de Batna. P : 112.

Lalaouna H ; Khelifia CH. (2015).comparaison entre la forêt harkkata (in el biada) et celle hafir (Tlemcen) .Université Abou Bakr belkaid – Tlemcen .P : 40.

Lavabre J et Andréassian V. (1970) .avec k la collaboration d'olivier la roussine .Eaux et forêts: la forêt, un outil de gestion des eaux-cycle d'eau en foret .OPCF-RRL-AOCN-édition Quae –28/11/1970.P :53-55.

Lavoisier. (1997). Technique et documentation. PHAL Id: Hal-00577977. Submitted on 18 Mar 2011. P: 116.

Lehouerou HN. (1975). Deterioration of the ecology in the arid zones of North Africa. FAO. Rome. P : 45-57.

Lebourgeois F. (2010). Cours de bioclimatologie à l'usage des forestiers .Chapitre 3 .Microclimat et couverts forestiers -département si afeeufr forêts, arbres et milieux naturels-laboratoire d' l étude des e ressources r forêt-bois unité mixte de recherches INRA-engref 1092 équipe écologie forestière engref – 14 rue. P : 22

Lehner A. (2014).La nutrition minérale chez les plantes. Partie 2/2.12 SVT EBO.B2MCP. Laboratoire de glycobiologie et matrice extracellulaire végétales. P : 6.

Lieutaghi P. (2004) des arbres, arbustes & arbrisseaux livre actes sud .P : 404-1322.

Limousin JM. (2002). Thèse pour obtenir le diplôme de doctorat vulnérabilité du chêne vert (*quercus ilex*) .a une augmentation de la sécheresse : quels ajustements fonctionnels - centre d'écologie fonctionnelle et évolutive - umr 5175 cnrs- 11 décembre. P : 35.

Maury P. (2011). Ecophysiologie et génétique de la tolérance à la sécheresse chez le tournesol .P :129.

Medjmadj A. (2014) .Biologie des chênes algériens mémoire université Constantine .Page 3 phrase sur le chêne vert en Algérie et dans les Aurès. P : 12.

Meharzi.k. ,2010.forets écosystèmes et dynamique du milieu : le cas de l'Aurès. Thèse. Département de l'aménagement du territoire .P : 3.

Mélanie G. (2010) .Mémoire. Gestion de l'eau de pluie en milieu urbain : intégration des arbres dans les systèmes de bio rétention-Montréal, le 21 décembre .P : 25.

Melghit M. (2010). Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments eau .Sédiments de l'oued rhumel, et des barrages hammam grouz et beni Haroun. Université mentouri de Constantine .Mémoire. P : 22.

Mesfek F. (2014) .Etude écologique et taxonomique des champignons forestiers et morphologie des tomycorhizes du chêne vert dans la wilaya Relizane. Mémoire .Université Oran. P : 22.

Messas H, ben Zidane, Manaa S. (2008).Etude de l'infestation du pin d'Alep (*pinus halepensis*) par la processionnaire (*thaumtopoea pityocampa*) dans trois types de foret dans la région de kenchela .Mémoire universitaire de kenchela .P :1.

Meunier M. travaille au CEMAGREF, centre de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement, à Saint-Martin-d'Hères (France). Couvert forestier et crues sur les petits bassins versants de montagne –FAO- FIGURE 2 Effet de l'arbre sur le cycle de l'eau: partie aérienne et partie souterraine - P : 1.

Moupela CH. (2013). Écologie, dynamique des populations et intérêts du noisetier d'Afrique (*coula edulis* baill.) au Gabon mémoire de magister .Université de liège d'afrique (*coula edulis* baill.) au Gabon mémoire université de liège .P : 12.

Nasrellah Y. (2004) .Caractérisation de la variable morphologique de 21provenance algériennes de chêne vert, évolution de leur adaptation écologique dans la région semi –aride de Saida thèses, Ecole nationale supérieure d algérien el Harrach .p.16.

Nedjar R. (2016). Dosage des métaux lourds Cd, Cr, Pb dans les rejets liquides de trois industries de la wilaya de Constantine. Université des Frères mentouri Constantine .Mémoire. P : 20.

Nichane. M., Khelil M.A. (2015). Changements climatiques et ressources en eau en Algérie vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation. Larhyss journal, Issn 1112-3680, n°21.P: 15-23.

Olivier J. (2017). LA forêt et l'eau. Article. P : 1.

Peltier. R et Njoukam. R. (2007). fiche technique à usage des techniciens et des ingénieurs forestiers établie à partir des résultats de recherche des auteurs et d'expériences pratiques de formation et de développement (Burundi, Cameroun, France, Gabon et rca) .Exemples de méthodes simplifiées d'éclaircie dans les plantations forestières des zones tropicales et méditerranéennes. Deuxième édition, mai 2007 (première édition, 1986).P : 10.

Poncelet C, Dalmaso. (2012). Etude des interactions entre la forêt et la ressource en eau à l'échelle d'un bassin versant. La coordination de louis-michel duhen (Centre Régional de la propriété forestière de provence alpes côte d'azur). P : 16.

Rhanem M. (2010). Etude climatique en moyenne montagne méditerranéenne: le cas de la localitéde Midelt dans le haut bassin versant de la Moulouya (Maroc) pour des fins bioécologiques. Quad. Bot. Amb. Appl., 21 .P: 165-187.

Samadhi D. (2011).Régionalisation modélisation agro climatiques en céréaliculture pluvial cas de nord d'Algérie .Thèse . École nationale supérieur agronomique el Harrach – Alger. P : 42.

Seltzer P. (1946). Le climat de l'Algérie. Travaux de l'institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie. Université d'Algérie. P : 220.

Serge Th. (2011). Bassin versant. Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement Article .P : 01,

Simon M. (2009).L'eau, de l'absorption à la transpiration. Fondateur et rédacteur principal de Cours. Pharmacie. Publié le 31/08/2009. P : 01.Site :

Sponsorisé C. (2017).Forêt sans Age association de loi 1901 .Article. P01

Taibi A. (2012). Contribution à une étude descriptive des peuplements à chêne zéen (*Quercus faginea* Lamk) dans les forets de Zariffet et Hafir (Wilaya de Tlemcen). Mémoire Université de Tlemcen. P .15.

- Toth. (1978). Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération naturelle du Cèdre de l'atlas (*Cedrus Atlantic Manette*) dans le sud de la France. Thèse université St Jérôme Marseille, P : 136.
- Traore F. (2007). Méthodes d'estimation de l'évapotranspiration réelle à l'échelle du bassin versant du Kou au Burkina Faso Université de Liège .Mémoire de fin d'étude de diplôme d'études approfondies (DEA) en sciences et gestion de l'environnement .P : 13 .
- Ulrich, N. Lelong, M. Lanier, A. Schneider. (1995). Interception des pluies en forêt : facteurs déterminants .interprétation des mesures réalisées dans le sous-réseau cataenat c) de RENECOFOR (2) article. Office national des forets bulletin .P : 12.
- Valérie borrell E. (2011). Évapotranspiration. .Montpellier. Article. P :6-8.
- Viers G. (1968). La carte du relief glaciaire des Pyrénées. Feuille de mont-louis au 50 000e [article. (Pyrénées Orientales. P : 429-434.
- Zaid H, (2014). (Part 09). Cours de physiologie végétale. Nutrition hydrique .p : 9 -10.
- Zerroug KH. (2012) .Elaboration d'un système d'information géographique (flore) dans la wilaya de Sétif .Mémoire de magister. P : 22.
- Zitouni W. (2010). Croissance et productivité d'un taillis de chêne vert à la lisière de la pinède d'ain Mimoun –massif d'ouled yagoub .Mémoire de magistere .Université de Batna P14.
- Zoubeir CH. (2010). Analyse de la réponse de quelques géotypes de blé dur (*Triticum turgidum ssp durum*) à la contrainte saline dans trois Gouvernorats du centre de la Tunisie mémoire. Institut national agronomique de Tunisie - Master en agronomie et biotechnologie végétale.

# Annexes

### Annexes :

Valeurs relatives aux 20 arbres échantillonnés pour les paramètres étudiés

#### Annexe :01.

Date : 01/06/2017, heure : 16h à19h.

	P mm	Ec mm	Taux %	Eg+pd mm	Taux %	I mm	Taux %
Arbre .1	14	2	14,28	11	78,57	1	7,1
Arbre.2	15	2,5	16,66	11	73,33	1,5	10
Arbre.3	14,25	2,02	14,17	11,5	80,7	0,25	1,75
Arbre.4	15,5	2,55	16,45	11,88	76,64	0,57	4
Arbre.5	16	3	18,75	12	75	1	6,25
Arbre.6	15,5	3	19,35	12	77,41	0,5	3,22
Arbre.7	15,5	2,55	16,45	11,55	74,51	1,4	9,03
Arbre.8	14	2,02	14,42	11,25	80,35	0,73	5,21
Arbre.9	16,5	2,5	15,15	12,88	78,06	1,12	6,78
Arbre.10	15	2,02	13,46	12,85	85,66	1	6,66
Arbre.11	14,5	1,9	13,1	11,88	81,93	0,72	4,99
Arbre.12	14	2	14,28	11,55	82,5	0,45	3,2
Arbre.13	15	2	13,33	12	80	1	6,66
Arbre.14	15	2	13,33	12,25	81,66	0,75	5
Arbre.15	13	1,33	10,23	11	84,61	0,67	5,15
Arbre.16	16	2,33	14,56	13	81,25	0,67	4,18
Arbre.17	14,5	1,98	13,65	12	82,75	0,52	3,5
Arbre.18	15	2,33	15,53	12,22	81,46	0,45	3
Arbre.19	14	1,63	11,64	11,88	84,85	0,49	3,5
Arbre.20	13	1,9	14,61	10	76,92	1,1	8,46
Somme	295,25	43,56	****	235,69	****	15,89	****
Moyenne	14,76	2,18	14,67	11,78	79,9	0,79	5,38
ecart type	0	0,42		0,72	****	0,34	****

## Annexe :02

Date : 02/06/2017, heure 15h00-19h00.

	P mm	Ec (mm)	taux%	(Eg+Pd) mm	taux%	I	taux%
Arbre .1	12	2	16,66	9	75	1	8,3
Arbre.2	10	2	20	7	70	1	10
Arbre.3	25	7	28	16,99	67	1,01	4,2
Arbre.4	24	6	25	17	70,8	1	5
Arbre.5	26	8	30,7	18	69	2	7,6
Arbre.6	25	7	28	15,99	63,96	2,01	8,04
Arbre.7	26	8,2	31,5	15	57,6	2,8	10,76
Arbre.8	22	6	27,27	14,5	65,9	1,5	6,81
Arbre.9	20	4,99	24,95	13,22	66,1	1,79	8,95
Arbre.10	30	8	26,66	18	60	2	6,66
Arbre.11	26,5	6,8	25,66	17	64,15	2,7	10,1
Arbre12	22,5	1,88	8,35	17,65	78,44	2,97	13,2
Arbre.13	18,2	3,25	17,85	14,21	78,07	1,67	9,17
Arbre.14	20,2	3	14,85	16	79,2	1,2	5,9
Arbre.15	12	3	25	8	66	1	8,33
Arbre.16		3,66	28,15	8	61,63	1,34	10,3
Arbre.17	14	3,2	22,85	10	71,41	0,8	5,71
Arbre.18	16,2	4	24,86	10	61,72	2,2	13,58
Arbre.19	20	5	20	14	70	1	10
Arbre.20	21,33	4,84	23,04	14	,66	19	11,67
Somme	403,93	97,82	****	273,56	*****	,48	***
Moyenne	20,19	4,891	10,64	13,68	68,13	1,674	8,71
écart type	5,72	2,129		3,69		0,69	

### Annexe :03.

Date : 03/06/2017 heure : 15h30-18h30 .

	P mm	Ec mm	Taux%	(Eg+Pd) mm	taux%	I mm	Taux%
Arbre 1	15	2	13,33	12	80	1	6,6
Arbre2	14	2	14,28	11,88	84,85	0,12	0,85
Arbre3	13	0,99	7,6	11	84,61	1,01	7,5
Arbre.4	14	2,03	14,5	11	78,57	0,97	6,92
Arbre.5	11	1,2	10,9	8,5	77,27	1,3	11,81
Arbre.6	14	1,33	9,5	10,55	75,35	2,12	15
Arbre.7	10	1	10	8	80	1	10
Arbre.8	13	3,5	26,92	10,5	80,76	1	7,69
Arbre.9	16	4	25	11,88	74,25	0,12	3
Arbre.10	14,5	2,3	15,8	12	82,75	0,2	1,38
Arbre.11	13,88	2,5	18,01	8	57,63	3,38	24,35
Arbre.12	15,5	2,3	14,83	13	83,87	0,2	1,29
Arbre.13	15	3,5	23,33	10	66,66	1,5	10
Arbre.14	20	3,3	16,5	15	75	1,2	6
Arbre.15	16	2,2	13,75	13	81,25	0,8	5
Arbre.16	11,5	0,88	7,65	9	78,26	1,62	14,08
Arbre.17	13,5	1,56	11,5	11	81,48	0,62	45,92
Arbre.18	13,2	1,88	14,46	11	83,33	0,32	24,24
Arbre.19	16	2,8	16,06	13	81,25	0,2	1,25
Arbre.20	10	3	30	6	60	1	10
Somme	253,08	44,27	****	216,31	****	19,68	****
myenne	13,95	2,21	15,69	10,82	77,35	0,98	10,64
écart type	2,32	0,92	15,70	2,12	****	0,79	****

### Annexe:04.

Date : 04/06/2017 heure : 15h 30-18h30.

	P mm	Ec mm	Taux%	(Eg+Pd) mm	Taux%	I mm	Taux%
Arbre .1	20	5	25	14,25	71,25	0,75	3,75
Arbre.2	22	6	27,27	15	68,18	1	4,54
Arbre.3	16	3	18,75	12	75	1	5,5
Arbre.4	16	3,88	24,25	11,88	74,25	0,24	1,5
Arbre.5	12	2	16,66	9	75	1	7,14
Arbre.6	14	2,3	16,42	10	71,42	1,7	12,14
Arbre.7	13,88	2,2	15,85	11	79,25	0,68	4,89
Arbre.8	20,2	4	19,8	14,99	74,2	1,2	5,94
Arbre.9	21	4,4	20,95	16	76,19	0,6	28,57
Arbre.10	17,5	4	22,85	13	74,28	0,5	2,8
Arbre.11	17	3	17,64	13	76,47	1	5,88
Arbre.12	18,2	4	21,97	14	76,92	0,2	1,09
Arbre.13	22	4,5	20,45	16,5	75	1	4,5
Arbre.14	30	4,22	14,06	25	83,33	0,78	2,6
Arbre.15	20	3,88	19,4	15,88	79,4	0,24	1,2
Arbre.16	11,8	2,33	19,74	8,99	76,18	0,48	4,06
Arbre.17	17	3	17,64	13	76,47	1	5,88
Arbre.18	17,2	2	11,62	14,78	85,93	0,42	2,44
Arbre.19	20	3,99	19,95	15,45	77,25	0,56	2,8
Arbre.20	21,22	4	18,85	16,99	80,06	0,23	1,08
Somme	367	71,7	****	280,71	****	14,58	****
myonne	18,20	3,59	19,45	14,0	76,3	0,73	5,43
ecart type	4,16	1,08	****	3,52	****	0,39	****

**Annexe :05.**

Date : 05/05/2016 heure : 13h 30-15h30.

	P mm	Ec mm	Taux%	(Eg+Pd) mm	Taux%	I mm	Taux%
Arbre .1	6	0,5	8,33	4	66,66	1,5	25
Arbre.2	4,44	0,2	4,5	3	67,56	1,44	32,43
Arbre.3	9,1	0,99	10	7	76,92	1,01	11,09
Arbre.4	10,6	1	9,43	8	75,47	1,6	15,09
Arbre.5	10	1	10	8	80	1	10
Arbre.6	11,2	2	17	7	62,5	2,2	19,6
Arbre.7	9,33	1,5	16,07	6,83	73,2	1	10,7
Arbre.8	13,33	1,22	9,1	11	82,5	1,11	8,32
Arbre.9	10,8	1,5	13,88	8	74	1,3	12,03
Arbre.10	10	1,5	15	7	70	1,5	15
Arbre.11	9	1	11,11	7	77	1	11,11
Arbre.12	12	1	8,33	10	83,33	1	8,33
Arbre.13	12	1,5	12,5	10	83,33	0,5	4,16
Arbre.14	15	2	13,33	12	80	0,5	3,33
Arbre.15	15	3,14	20,9	11	73,33	0,83	5,53
Arbre.16	15	2	13,33	12	80	1	6,66
Arbre.17	12	1,5	8,33	10	83,33	0,5	4,16
Arbre.18	13	1,55	11,9	11	84,61	0,45	3,46
Arbre.19	10,93	1,2	10,79	9	82,34	0,73	6,67
Arbre.20	9,08	1,22	13,43	7	77,09	0,88	9,69
Somme	217,81	27,52	****	168,83	****	21,05	****
myonne	10,99	1,376	11,863	8,44	76,65	1,05	11,12
ecart type	2,76	0,62	****	2,47	****	0,44	*****

**Annexe :06.**

Date : 07/04/2017 heure : 15h30-17h30 .

	P mm	Ec mm	Taux%	(Eg+Pd) mm	Taux%	I mm	Taux%
Arbre .1	2,22	0,04	1,8	1,33	59,9	0,85	38,28
Arbre.2	2	0,05	5	1,11	55,5	0,84	42
Arbre.3	3,55	0,08	2,25	1,77	49,85	1,7	47,88
Arbre.4	2,36	0,029	3,8	1,2	50,8	1,13	47,88
Arbre.5	3	0,058	1,9	1,5	50	1,44	48
Arbre.6	2,66	0,05	1,87	1,33	50	1,28	48,12
Arbre.7	2,66	0,2	7,5	1,33	50	1,13	42,48
Arbre.8	2,8	0	0	1,77	63,21	1,03	36,78
Arbre.9	3,11	0,3	9,64	1,77	56,91	1,04	33,44
Arbre.10	3	0,2	6,66	1,77	59	1,03	34,33
Arbre.11	2,5	0,15	6	1,33	53,2	1,02	40,8
Arbre.12	2,22	0,09	4,05	0,88	39,62	1,25	56,3
Arbre.13	1,27	0,05	3,93	0,88	69,29	0,34	26,77
Arbre.14	3,64	0,08	2,19	1,56	42,85	1	27,47
Arbre.15	3	0,18	6	1,33	44,33	1,49	49,66
Arbre.16	2,8	0,09	3,21	1,33	47,5	1,38	49,28
Arbre.17	3,5	0,053	1,51	1,77	50,57	1,67	47,91
Arbre.18	2,66	0,06	2,25	1	37,59	1,5	56,36
Arbre.19	2,7	0,09	3,33	1,33	49,25	1,28	47,4
Arbre.20	2,5	0,05	2	1,3	52	0,7	28
Somme	54,15	1,9	****	27,59	****	23,1	****
myonne	2,71	0,10	3,74	1,37	50,72	1,16	42,45
ecart type	0,56	0,07	****	0,29	****	0,33	****

### Annexe :07.

Date : 07/12/2016 heure : 13h30-17h30.

	P mm	Ec mm	taux%	Eg+Pd mm	taux%	I mm	Taux%
Arbre .1	2,2	0	0	1,2	54,54	1	45,45
Arbre.2	8	0,8	10	6	75	1,2	15
Arbre .3	2,2	0	0	1,2	54,5	1	45,45
Arbre.4	4	0,3	7,5	2	50	1,7	42,5
Arbre.5	6	0,6	10	3,5	58,33	1,9	31,66
Arbre.6	4	0,22	5,5	2,5	62,5	1,23	30,75
Arbre.7	4	0,23	5,75	2,45	61,25	1,32	33
Arbre.8	4	0,22	5,75	2,66	66,5	1,12	28
Arbre.9	5	0,33	6,6	3	60	1,67	33,4
Arbre. 10	6	0,3	5	3,5	58,33	2,2	36,66
Arbre.11	3	0,1	3,33	1,5	50	1,4	46,66
Arbre. 12	3	0,12	4	1,8	60	1,01	33,66
Arbre.13	6	0,55	9,16	3,5	58,33	1,95	32,5
Arbre.14	5	0,2	4	3	60	1,8	36
Arbre .15	3	0,13	4,33	1,65	55	1,22	40,66
Arbre. 16	4	0,22	5,5	2,5	62,5	1,28	32
Arbre.17	4	0,11	2,75	2,5	62,5	1,39	32
Arbre .18	3	0,11	3,6	1,5	50	1,39	46,3
Arbre.19	3,33	0,15	4,5	2	60,06	1,18	35,43
Arbre. 20	4	0,3	7,5	2,5	*****	1,5	30
Somme	83,73	4,99	*****	50,46	58,91	28,46	*****
Moyenne	4,18	0,24	5,23	2,52		1,42	35,3
Ecart Type	1,46	0,20	****	1,10	****	0,34	****

### Annexe:08.

Date : 09/04/2017, heure 10h30-17h30 .

	P mm	Ec (mm)	Taux%	Eg+pd mm	Taux%	I mm	Taux%
Arbre.1	10	1	10	7,5	75	1,5	15
Arbre.2	10	1,84	18,4	6,66	66,66	1,5	15
Arbre.3	9	0,9	10	7	77,77	1,1	12,22
Arbre.4	8	1,2	15	6	75	0,8	10
Arbre.5	11	2	18,18	7	63,63	1	9,09
Arbre.6	14	2,76	8,87	10	71,42	1,25	8,9
Arbre.7	13	2,02	12,23	10	76,92	0,98	7,5
Arbre.8	14	2	14,2	11	78,57	1	7,14
Arbre.9	14	2	14,2	11	78,5	1	7,1
Arbre.10	11	1,7	15,45	8,3	75,45	1	9,09
Arbre.11	12	1,2	10	10	83,33	0,8	6,66
Arbre.12	14	1,77	5,13	12,23	87,35	0,23	1,6
Arbre.13	13	3,9	16,63	8	61,53	1,1	8,46
Arbre.14	12	1,25	10	10	83,33	0,75	6,25
Arbre.15	12	1,8	15	9,5	79,16	0,7	5,83
Arbre.16	13	1,8	13,8	11	84,6	0,2	1,5
Arbre.17	11,5	1,5	13,04	9	78,26	1	8,69
Arbre.18	12	2	16,66	9	75	1	8,3
Arbre.19	13	1,3	10	11	84,61	0,7	5,38
Arbre.20	11,5	1,5	13	9	78,26	1	8,6
Somme	238	35,44	****	183,19	****	18,61	****
Moyenne	22,67	1,77	12,99	9,16	76,71	0,93	8,11
ecart type	1,70	0,67	****	1,72	****	0,33	****

## Annexe :09

Date : 15/12/2016, heure : 8h30-16h30.

	P mm	Ec mm	Taux%	Eg+Pd mm	Taux%	I mm	Taux%
Arbre.1	10,71	2,08	19,42	7,55	70,49	1,08	10,08
Arbre.2	11	2	18,18	8	72,72	1	9,09
Arbre.3	11,88	1,88	15,82	9	75,75	1	8,41
Arbre.4	11,55	2	17,31	8	69,26	1,55	13,41
Arbre.5	11,55	1,55	13,41	9	77,92	1	8,65
Arbre.6	11,97	1,97	16,45	8,55	71,42	1,45	12,11
Arbre.7	13	2	15,38	10	76,92	0,92	7,07
Arbre.8	16,1	2,66	16,52	13	80,74	0,97	6,02
Arbre.9	12	1,5	12,5	9,5	79,16	1	8,33
Arbre.10	13	2	15,38	10	76,92	1	7,69
Arbre.11	13	1,87	14,38	10	76,92	1,13	8,69
Arbre.12	14	2	14,28	11	78,57	1	7,14
Arbre.13	15	2	13,33	11,55	77	1,45	9,66
Arbre.14	16	3	18,75	12	75	0,93	5,81
Arbre.15	15	2,1	14	11,55	77	1,35	9
Arbre.16	13	2,1	16,15	10	76,92	0,9	6,92
Arbre.17	12	1,88	15,66	9	75	1,12	9,33
Arbre.18	13,55	2	14,76	10	73,8	1,55	11,43
Arbre.19	14,55	2	13,74	11	75,6	1,55	10,65
Arbre.20	14,44	2	13,85	11,75	81,37	0,69	4,77
Somme	263,3	40,59	****	200,45	****	22,64	****
Moyenne	13,17	2,03	15,46	10,02	75,92	1,13	8,71
ecart type	1,62	0,34	****	1,49	****	0,26	****

**Annexe :10.**

Date : 20/02/2017, heure : 12h30-14h30.

	P mm	Ec mm	Taux%	Eg+pdmm	taux%	I mm	Taux %
Arbre.1	0,3	0,01	3,33	0,15	50	0,14	46,66
Arbre.2	0,4	0,02	5	0,19	47,5	0,19	47,5
Arbre.3	0,3	0,01	3,33	0,13	43,33	0,12	40
Arbre.4	0,25	0,009	3,3	0,16	64	0,09	36
Arbre.5	0,2	0,003	1,5	0,1	50	0,097	48,5
Arbre.6	0,45	0,03	6,6	0,22	48,88	0,2	44,44
Arbre.7	0,23	0,003	1,3	0,1	43,78	0,11	47,82
Arbre.8	0,55	0,08	1,4	0,25	45,45	0,22	40
Arbre.9	0,4	0,09	2,25	0,2	50	0,19	47,5
Arbre.10	0,4	0	0	0,25	62,5	0,15	37,5
Arbre.11	0,3	0,08	2,66	0,12	40	0,1	33,33
Arbre.12	0,25	0,008	3,2	0,13	52	0,12	48
Arbre.13	0,3	0,003	1	0,18	60	0,12	40
Arbre.14	0,24	0,0025	1	0,15	62,5	0,09	37,5
Arbre.15	0,2	0	0	0,1	50	0,1	50
Arbre.16	0,33	0	0	0,15	45,45	0,18	54,54
Arbre.17	0,33	0	0	0,18	51	0,16	48,48
Arbre.18	0,24	0,002	0,8	0,19	79,16	0,12	50
Arbre.19	0,28	0	0	0,18	64,28	0,1	35,7
Arbre.20	0,4	0	0	0,21	52,5	0,19	47,5
Somme	6,35	0,35	****	3,34	****	2,787	****
Moyenne	0,32	0,02	1,83	0,17	53,11	0,14	44,04
ecart type	0,09	0,03	****	0,05	****	0,04	****

## Annexe :11.

Date : 22/03/2017, heure : 13:30h-16:30h

	P mm	Ec mm	Taux%	Eg+Pd mm	Taux%	I mm	Taux%
Arbre.1	1,6	0,08	50	1	62,5	0,52	32,5
Arbre.2	7,82	0,51	6,52	5	63,93	2,31	29,53
Arbre.3	1,5	0	0	1	66,66	0,5	33,33
Arbre.4	5,11	0,088	1,7	3	58,7	2,02	39,53
Arbre.5	7,55	0,08	1	4	52,98	3,67	48,6
Arbre.6	5,33	0,08	1,5	3	56,28	1,75	32,83
Arbre.7	1,51	0,09	5,9	1	66,22	0,42	27,81
Arbre.8	3,5	0,099	2,8	2	57,14	1,41	40,28
Arbre.9	4,04	0,08	1,9	2,4	59,4	2	49,5
Arbre.10	4,8	0,11	2,22	2	41,66	2	41,66
Arbre.11	2,84	0,09	3,16	2	70,42	0,75	26,4
Arbre.12	2,22	0,09	4	1,13	50,9	1	45,04
Arbre.13	4,44	0,19	4,2	2,25	50,67	2	45,04
Arbre.14	4	0,19	4,75	2	50	1,81	45,25
Arbre.15	2,22	0,09	4,05	1,13	50,9	1	45,04
Arbre.16	3,28	0,09	2,74	2	60,97	1,19	36,28
Arbre.17	3,6	0,055	1,5	2	55,55	1,45	40,27
Arbre.18	4	0,09	2,25	2	50	1,94	48,5
Arbre.19	4,03	0,12	2,5	2	49,62	1,91	47,39
Arbre.20	3,6	0,09	2,5	2	55,55	1,51	41,94
Somme	76,99	2,312	****	42,91	****	31,16	****
Moyenne	3,85	0,12	5,25	2,15	56,5	2,97	39,83
ecart type	1,74	0,10	****	1,01	****	0,77	****

**Annexe :12.**

Date : 27/05/2017, heure : 10h00-16:00.

	P mm	Ec mm	Taux%	(Eg+Pd) mm	Taux%	I mm	Taux%
Arbre.1	15	3	20	11	78,57	1	6,66
Arbre.2	14	3	21,42	10	71,42	1	7,14
Arbre.3	13	2,5	19,23	9	69,23	1,5	11,53
Arbre.4	14	2	14,28	11,5	82,14	0,5	3,57
Arbre.5	16	3	18,75	12	75	1	6,25
Arbre.6	12	2	16,66	8,5	70,83	0,5	4,16
Arbre.7	10	2	20	7	70	1	10
Arbre.8	14	2,5	17,85	8	57,14	1,5	10,71
Arbre.9	12	2	16,66	16,66	8	1	16,66
Arbre.10	12	2,33	19,41	9	75	0,77	6,41
Arbre.11	13	2	15,38	10,5	80,67	0,5	3,84
Arbre.12	14	3,15	22,5	9	64,28	0,75	5,35
Arbre.13	13	2,5	19,23	10	76,72	0,5	3,84
Arbre.14	13	2,2	16,92	9	69,23	1,8	13,84
Arbre.15	13	2,3	17,69	8,55	65,75	2,15	16,66
Arbre.16	10	2	20	7	70	1	30
Arbre.17	13	2	15,38	10	76,92	1	7,69
Arbre.18	15	3	20	11	73,33	1	6,66
Arbre.19	15	3,05	23,33	11	73,33	0,95	6,33
Arbre.20	16	2,66	16,62	12	75	1,34	8,37
Somme	267	49,19	****	200,71	****	20,76	****
Moyenne	13,35	2,46	18,56	10,04	18,56	1,98	9,28
ecart type	1,66	0,44	****	2,15	****	0,43	****

### Annexe : 13

Date : 27/12/2016, heure : 11h00-16h00.

	P (mm)	Ec (mm)	Taux%	Eg+Pd (mm)	Taux%	I ( mm)	Taux%
Arbre.1	12	2	16,66	9	75	1	12,5
Arbre.2	9	1	11,11	7	77,77	1	11,11
Arbre.3	12	1,5	12,5	8	66,66	1,5	12,5
Arbre.4	10	1,5	15	7	70	1,5	15
Arbre.5	12	1,55	12,9	9,45	78,5	1	8,33
Arbre.6	10	1,22	12,2	7	70	1,78	17,8
Arbre.7	10	1,5	15	8	80	1,5	15
Arbre.8	13	2	15,3	9,88	76	1,12	8,61
Arbre.9	10	1,5	15	7	70	1,5	15
Arbre.10	10	1,2	12	7,55	75,5	1,25	12,5
Arbre.11	11	1,2	10,9	8	72,72	0,8	7,27
Arbre.12	14	2	14,85	11	78,57	1	7,14
Arbre.13	13	2	15,33	9,5	73,07	1,5	11,53
Arbre.14	14	2	14,28	10,5	75	1,5	10,71
Arbre.15	13	2	15,38	9	69,23	1	7,69
Arbre.16	11	2	18,18	7	63,63	2	18,18
Arbre.17	10	1,6	16	7,5	75	1	10
Arbre.18	11	1,55	9,38	8	72,72	1,45	13,18
Arbre.19	14	2	14,28	10,5	75	1,5	10,7
Arbre.20	13	2	15,38	10	76,69	1	7,69
Somme	232	33,32	****	170,88	****	25,9	****
Moyenne	11,6	1,67	14,08	8,54	73,55	1,20	11,6
ecart type	1,60	0,34	****	1,36	****	0,32	****

**Annexe:14.** Date 28/02/2017, heure : 11h00-12 h00.

	P (mm)	Ec (mm)	Taux%	(Eg+Pd) (mm)	Taux%	I (mm)	Taux%
Arbre.1	0,01	0	0	0,0053	53	0,0047	47
Arbre.2	0,03	0	0	0,01	33,33	0,02	66,66
Arbre.3	0,04	0	0	0,02	50	0,02	50
Arbre.4	0,02	0	0	0,011	55	0,009	45
Arbre.5	0,08	0	0	0,03	37,5	0,05	62,5
Arbre.6	0,2	0	0	0,1	50	0,1	50
Arbre.7	0,1	0	0	0,04	40	0,06	60
Arbre.8	0,19	0	0	0,09	47,36	0,1	52,63
Arbre.9	0,08	0	0	0,035	43,75	0,075	56,25
Arbre.10	0,04	0	0	0,019	47,5	0,021	52,5
Arbre.11	0,22	0,0001	0,04	0,1	45,45	0,12	54,54
Arbre.12	0,12	0	0	0,09	75	0,03	25
Arbre.13	0,12	0	0	0,09	75	0,03	25
Arbre.14	0,11	0	0	0,05	45,45	0,06	54,55
Arbre.15	0,15	0	0	0,08	53,33	0,07	46,67
Arbre.16	0,12	0	0	0,09	75	0,03	25
Arbre.17	0,11	0	0	0,05	45,45	0,06	54,54
Arbre.18	0,13	0	0	0,06	54,54	0,07	45,45
Arbre.19	0,09	0	0	0,05	55,55	0,04	44,44
Arbre.20	0,01	0	0	0,006	60	0,004	40
Somme	1,97	0,0001	****	1,0263	****	0,97	****
Moyenne	0,0985	0,000005	0,002	0,05	52,11	0,05	47,88
ecart type	0,06	2,23	****	0,03	****	0,03	****

**Annexe :15.**

Date : 28/05/2017 heure : 11h30- 6h30

	P (mm)	Ec (mm)	Taux%	(Eg+Pd) (mm)	Taux%	I (mm)	Taux%
Arbre.1	13	2	15,3	10	76,92	1	7,69
Arbre.2	12	2	15,3	8,5	70,8	1,5	12,5
Arbre.3	11	2	18,18	8,6	78,18	0,4	3,63
Arbre.4	11	2	18,18	7,66	69,63	1,34	12,18
Arbre.5	15	2,55	17	12	80	0,5	3,33
Arbre.6	12	2	16,66	8,66	72,16	1,34	11,16
Arbre.7	11	1,55	14,09	7,99	72,63	1,46	13,27
Arbre.8	11,22	2,1	18,71	7,52	67,02	1,6	14,26
Arbre.9	10	1,22	12,2	8	80	0,78	7,8
Arbre.10	10	1	10	8	80	1	10
Arbre.11	12	2	16,66	9	75	1	8,33
Arbre.12	16	2	12,5	13,5	84,37	0,5	3,12
Arbre.13	15	3,5	23,33	11	73,33	0,5	3,33
Arbre.14	20	4	20	14,55	58,2	1,45	7,25
Arbre.15	13,55	2	14,76	11	81,18	0,55	4,05
Arbre.16	12,5	2	16	9,5	72	1	8
Arbre.17	12	1,11	9,25	10	83,33	0,89	12,41
Arbre.18	13	2	15,38	9	69,33	2	15,38
Arbre.19	12	2	16,66	8,5	70,83	1,5	12,5
Arbre.20	14	2,11	15,07	11	78,57	0,89	6,35
Somme	256,27	41,14	****	193,98	****	21,2	****
Moyenne	12,8135	2,057	15,76	9,699	74,67	1,06	8,82
ecart type	2,35	0,69	****	1,95	****	0,45	

**Annexe :16.**

Date : 28/12/2016 heure : 12h30-14h30 .

	P (mm)	Ec(mm)	Taux%	(Eg+Pd)(mm)	Taux%	I (mm)	Taux%
Arbre.1	0,6	0	0	0,3	77	0,3	50
Arbre.2	0,8	0	0	0,56	70	0,24	37,5
Arbre.3	0,4	0,09	1,2	0,2	50	0,18	45
Arbre.4	0,66	0,02	3,03	0,5	45,44	0,14	21,21
Arbre.5	0,6	0,07	11,6	0,3	50	0,23	38,33
Arbre.6	0,5	0,02	4	0,3	60	0,18	36
Arbre.7	0,44	0,03	6,81	0,25	56,81	0,16	36,36
Arbre.8	0,33	0	0	0,19	57,57	0,11	33,33
Arbre.9	0,44	0	0	0,29	65,9	0,15	34,09
Arbre.10	0,55	0,01	1,81	0,3	54,54	0,24	43,63
Arbre.11	0,66	0,08	12,12	0,3	45,45	0,28	42,42
Arbre.12	0,99	0,04	4,04	0,48	48,48	0,47	47,47
Arbre.13	0,58	0,06	10,34	0,32	55,17	0,25	43,1
Arbre.14	0,53	0,01	1,88	0,32	60,37	0,23	37,73
Arbre.15	1,22	0	0	0,8	65,57	0,42	34,2
Arbre.16	1,2	0,02	1,66	0,87	72,5	0,33	27,5
Arbre.17	1,33	0,1	7,51	0,8	65,04	0,43	33,33
Arbre.18	1,23	0,07	5,69	0,9	73,17	0,26	21,13
Arbre.19	1,05	0,05	4,76	0,78	74,28	0,22	20,95
Arbre.20	0,9	0,05	5,55	0,45	50	0,5	55,55
Somme	15,01	0,72	****	9,21	*****	5,32	****
Moyenne	0,75	0,07	4,1	0,4605	59,86	0,266	36,9415
ecart type	0,32	0,03	****	0,24	****	0,11	****

**Annexe :17.**

Date : 29/05/2017 heure : 13h00-19h00

	P ( mm)	Ec (mm)	Taux%	(Eg+Pd) (mm)	Taux%	I(mm)	Taux%
Arbre.1	12	1	4	9	83	1,5	12,5
Arbre.2	7,55	0,88	11,65	6	79,94	0,67	8,87
Arbre.3	13	1,9	14,61	9	69,23	2,1	16,15
Arbre.4	13,33	2,5	18,75	9,2	69,01	1,61	12,22
Arbre.5	14	2	14,28	10	71,42	2	14,28
Arbre.6	15	1,99	13,26	10,66	71,06	2,36	15,66
Arbre.7	7	2	28,57	4	57,72	1	14,28
Arbre.8	18	3	16,66	12,55	69,72	2,45	13,61
Arbre.9	11	2,5	22,72	8	72,72	0,5	4,5
Arbre.10	9	1,9	21,11	6,99	77,66	0,11	1,2
Arbre.11	13	2,5	19,23	9,5	73,07	1	9,2
Arbre.12	21	3	14,28	15	71,42	3	14,28
Arbre.13	22	5	22,72	16	72,72	1	4,5
Arbre.14	34	7	20,5	24	70,58	3	8,8
Arbre.15	15	4	26,66	10	66,66	1	6,6
Arbre.16	10	1,55	15,5	7	70	1,45	14,5
Arbre.17	9	2,4	26,66	6	66,6	0,6	6,66
Arbre.18	12	3,12	26	7	58,33	1,8	15
Arbre.19	24	6	25	18,66	77,75	1,34	5,58
Arbre.20	16,66	4,55	27,31	11,02	66	1,09	6,54
Somme	296,54	58,79	****	209,58	**	29,58	****
Moyenne	14,827	2,9395	15,22	10,479	70,73	1,479	10,24
ecart type	6,49	1,61	****	4,79	****	0,81	****

**Annexe:18.**

Date : 23/05/2017, heure 12,30h-16,30h

	P mm	Ec mm	Taux%	(Eg+Pd) mm	Taux%	I mm	Taux%
Arbre.1	14	3	21,42	10,5	75	0,5	3,5
Arbre.2	11	1,9	17,27	8	72,72	1,1	10
Arbre.3	12	2	16,16	9	75	1	8,33
Arbre.4	14	2,2	20	11	78,57	0,8	5,71
Arbre.5	15	4	22,22	13	72,22	1	5,56
Arbre.6	13	2	15,38	10,2	78,46	0,8	6,15
Arbre.7	10	2	20	7	70	1	10
Arbre.8	13	2,22	17,07	10	76,92	0,78	6
Arbre.9	11	2,5	22,7	7	63,63	1,5	13,63
Arbre.10	11	2	18,18	7,88	71,63	1,12	10,18
Arbre.11	12	2	16,66	9	75	1	8,33
Arbre.12	14	3	21,4	10	71,42	1	7,14
Arbre.13	13	2,55	19,61	11	84,61	0,45	3,46
Arbre.14	16	3,99	24,93	11	68,75	1,01	6,31
Arbre.15	13	2	15,38	10	76,92	1	7,69
Arbre.16	12	2	16,66	8,5	70,83	1,5	12
Arbre.17	11	2	18,18	8	72,72	1	9,09
Arbre.18	11	2	18,18	8	72,72	1	9,09
Arbre.19	14	2	14,28	11	78,57	1	7,14
Arbre.20	15	3	20	10	66,66	2	13,33
Somme	255	48,36	****	190,08	****	20,56	****
Moyenne	12,75	2,418	18,78	9,504	73,61	1,03	8,132
ecart type	1,65	0,65		1,57		0,34	

**Annexe :19.**

Coefficients de variation des précipitations, égouttement ; écoulement et l'interception

Jour	Mois	P %	Ec %	Eg+Pd %	I%
07/12/2016	Dec	34,81	83,33	43,08	23,94
15/12/2016		12,27	15,27	14,87	22,12
27/12/2016		13,81	20,48	15,8	23,93
28/12/2016		42,1	47,14	50	42,1
20/02/2017	Fev	28,73	117,64	25	0,52
28/02/2017		62,86	0	66,66	68,75
22/03/2017	Mar	45,21	90,9	46,72	25,67
07/04/2017	Avr	20,58	73,68	21,16	28,57
09/04/2017		7,52	37,28	18,79	34,4
05/05/2017	Mai	25,1	45,05	29,14	41,9
23/05/2017		12,94	26,97	16,52	32,1
27/05/2017		12,45	17,55	21,43	21,82
28/05/2017		18,35	33,65	20,12	41,5
29/05/2017		43,79	55,07	45,78	54,76
01/06/2017	Juin	6,36	19,26	6,05	41,77
02/06/2017		28,33	43,35	26,92	41,31
03/06/2017		16,63	41,17	19,61	79,59
04/06/2017		22,53	29,88	25	53,33

**Annexe :20.**

Les taux de l'écoulement, égouttement et l'interception

Taux journaliers	EC%	Eg+Pd%	I%
07/12/2016	5,23	51,91	35,3
15/12/2016	15,46	75,92	8,71
27/12/2016	11,6	73,55	11,6
28/12/2016	14,08	59,86	36,94
20/02/2017	1,18	53,22	44,04
28/02/2017	0,002	52,11	47,88
22/03/2017	5,25	56,5	39,83
07/04/2017	3,74	51,22	42,45
09/04/2017	12,98	76,73	8,11
05/05/2017	11,83	76,73	11,11
23/05/2017	18,78	73,61	8,13
27/05/2017	18,56	18,56	9,28
28/05/2017	15,76	74,67	8,82
29/05/2017	15,22	70,73	10,24
01/06/2017	14,67	79,9	5,38
02/06/2017	10,64	68,13	8,71
03/06/2017	15,69	77,35	10,64
04/06/2017	19,45	76,3	5,425
Moyenne	11,68	65,42	19,14

**Annexe:21.**

## Moyennes des précipitations, écoulement, égouttement, et l'interception

jour/moy	P (mm)	Ec (mm)	Eg+pd (mm)	I (mm)
07/12/2016	4,18	0,24	2,52	1,41
15/12/2016	13,16	2,02	10,02	1,13
27/12/2016	11,6	1,66	8,54	1,29
28/12/2016	0,75	0,07	0,46	0,26
20/02/2017	0,31	0,017	0,16	0,14
28/02/2017	0,098	0,000005	0,053	0,048
22/03/2017	3,84	0,11	2,14	2,94
07/04/2017	2,7075	1,9	1,37	1,15
09/04/2017	11,9	1,72	9,15	0,93
05/05/2017	10,98	1,37	8,44	1,05
23/05/2017	12,75	2,41	9,5	1,02
27/05/2017	13,35	2,45	10,03	1,97
28/05/2017	12,81	2,05	9,69	1,06
29/05/2017	14,82	2,93	10,47	1,47
01/06/2017	14,76	2,17	11,78	0,79
02/06/2017	20,19	4,89	13,67	1,67
03/06/2017	13,94	2,312	11,81	0,93
04/06/2017	9,14	1,7	7,48	1,2
Somme	171,28	30,20	127,28	20,46
Moyenne	9,51	1,66	7,07	1,14

## Résumé

L'objectif de la présente étude est d'évaluer les précipitations, égouttement, écoulement et interception. Ces fractions d'eaux ont été évaluées pour une période de six mois sous le couvert de *Quercus ilex* dans la chênaie de Ghomrass dans les Aurès en utilisant des récipients de récupération pour chaque type d'eau. Les récipients ont été mis en place sous couvert pour l'égouttement, scellé sur les troncs pour l'écoulement et installé sur un sol nu pour les précipitations.

Les résultats montrent que le taux des eaux qui arrivent au sol et par égouttement se situe en moyenne entre 52.66 et 76.3 % des précipitations incidentes.

L'écoulement ne représente en moyenne qu'une fraction faible (11,67 %) des précipitations totales incidentes). Quant à l'interception, elle est de l'ordre de 19,58 % des précipitations incidentes. La variabilité mensuelle de l'égouttement, l'écoulement et l'interception est importante. Elle est largement tributaire à l'importance des précipitations journalières incidentes. Les relations entre les précipitations, l'écoulement et l'égouttement dans la station étudiée ont été appréciées par des régressions linéaires qui ont montré de fortes corrélations positives entre les précipitations et les deux paramètres d'égouttement et d'écoulement, d'un autre côté des corrélations négative entre les précipitations et l'interception les régressions ont fait aussi sortir des équations qui peuvent être utilisées comme modèles de prévision pour l'interception.

**Mots clés :** *Quercus ilex*, précipitations, égouttement, d'écoulement et l'interception.

## ملخص

الهدف من هذا البحث هو تقييم كميات الماء الناتجة عن تساقط الأمطار، التقطير تحت الغطاء الغابي، تدفق مياه الأمطار عبر جذوع الأشجار و الكميات الضائعة بسبب اعتراض الغطاء الغابي أو التبخر. تم متابعة و تقييم هذه الاجزاء من الماء لمدة ستة أشهر في غابة البلوط الأخضر بمنطقة غمراس بالا وراس وذلك باستعمال حاويات خاصة لاسترجاع كل جزء من هذه المياه على حدى. هذه الحاويات تم وضعها تحت الأشجار من اجل حساب كمية الماء الناتجة عن التقطير، مختومة على جذوع الأشجار من اجل حساب كمية الماء الناتجة عن التدفق و مثبتة على أرض جرداء من اجل حساب كمية الأمطار المتساقطة.

أظهرت النتائج ان نسبة المياه التي تصل الى التربة الغابية بالتقطير تتغير من 52.66% الى 76% من مجموع الأمطار المتساقطة خلال فترة الدراسة. نسبة التدفق عبر جذوع الأشجار لا تمثل إلا نسبة ضئيلة (11.67%) من مجموع الأمطار المتساقطة، أما نسبة المياه الضائعة فقد قدرت بـ 19.58%.

بينت نتائج الدراسة ان التغير الشهري للتقطير، التدفق والاعتراض مهم و يرتبط بأهمية وكثافة الأمطار المتساقطة يوميا. تم تحديد العلاقة بين كمية الأمطار، التدفق و التقطير بانحدارات خطية والتي بدورها أظهرت من جهة ارتباطات ايجابية قوية بين كمية الأمطار المتساقطة، التدفق و التقطير ومن جهة اخرى ارتباطات سلبية بين الأمطار و الكميات المفقودة بسبب اعتراض الغطاء الغابي أو التبخر وقد توصلت نتائج البحث ايضا الى معادلات يمكن استعمالها كنماذج للتنبؤ بكميات مختلف اجزاء الماء المدروسة في النظام البيئي الخاص بغابات البلوط الأخضر.

**الكلمات الدالة:** البلوط الأخضر، الأمطار، التقطير، التدفق، و اعتراض الأمطار.

## Abstract

The objective of this work is the evaluation of precipitation, throughfall, stemflow and interception. These water fractions were evaluated for a period of six months under the cover of *Quercus ilex* in the oak grove of Ghomrass in the Aures using containers. Recovery of different types of water. These containers were placed under cover for dripping sealed on the trunks for flow and installed on bare soil for precipitation. The results show that the rate of incoming and throughfall water is on average between 52.66% and 76.3% of incidental precipitation. On average, the stemflow represents only a small fraction 11.67% of the total incidental precipitation. As for interception is important. It is largely dependent on the amount of incidental daily rainfall. The relationships precipitation, throughfall, stemflow, and interception at the study site were assessed by linear regressions that showed strong positive correlation between precipitation and the two dripping parameters and the runoff on the other side negative correlation between precipitation and interception regression have led to equations which can be used as models of precipitation interception.

**Key words:** *Quercus ilex*, precipitation, throughfall, stemflow and interception.