

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche**



**Scientifique Université « Dr. Tahar Moulay » Saïda**

**FACULTE DES SCIENCES DEPARTEMENT DE BIOLOGIE**

**Mémoire Elaboré en vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Spécialité : Protection des écosystèmes**

**Présenté par**

**Mehdaoui Abd el ber ilyes**

**Sur le thème intitulé**

***Apport des données landsat pour la cartographie des milieux humides cas du Chott chergui.***

Soutenu le 16 / 09 / 2020

**Devant la commission de jury, composée de :**

<b>Mr HALIMI . Berrezoug</b>	<b>M.C.B</b>	<b>U T. M. de Saïda</b>	<b>Président</b>
<b>Mr SAIDI. Abdelmoulen</b>	<b>M.C.B</b>	<b>U T. M. de Saïda</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr ANTEUR. Djamel</b>	<b>M.C.B</b>	<b>U T. M. de Saïda</b>	<b>Encadreur</b>

**Année universitaire 2019 / 2020**

# Remerciements

Avant tout, nous remercions en premier lieu Allah le tout puissant de nous avoir illuminée ouvert les voies du savoir, et pour nous avoir accordé la volonté et le courage pour élaborer ce travail.

Au terme de ce modeste travail nous tenons tout particulièrement à témoigner notre profondes gratitude à notre encadreur Mr **ANTEUR Djamel** , maitre de conférence à l'université Dr Moulay Tahar de Saïda qui a suive et dirigé ce travail avec un enthousiasme toujours égale, ses précieux commentaires, et ses conseils pertinents nous ont grandement aidé tout au long de différentes étapes de l'élaboration de ce mémoire.

Nos remerciements pour sa gentillesse, sa

Patience, la disponibilité constante qu'il a manifestée, le soutien qu'il nous a apporté, la confiance qu'il nous témoignée, afin de mener à terme ce mémoire.

Mes remerciements vont ensuite à Mr **Halimi Berrezoug**, maitre de conférence à l'université de Dr Moulay Tahar de Saïda de l'honneur qui m'a fait en acceptant de présider le jury de mon mémoire.

Je tiens également mes vifs remerciements à **Mr Saidi Abdelmoumene**, maitre de conférence à l'université de Dr Moulay Tahar de Saïda de l'honneur qui m'a fait en acceptant de d'examiner ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi l'ensemble des travailleurs de la conservation des forets de Saida .

Nos remerciements vont en fin à tous les enseignants de la faculté des sciences , département de biologie qui ont contribué à notre formation ainsi sue toute personne qui contribué à les l'élaboration de se travaille de prés ou de loin.

Un merci spéciale pour nos collègues et amis , qui ont contribué par leur soutient et amitié, chacun à sa façon

A la progression de notre travail

# DEDICACES

*La vie n'est qu'un rêve tout commence puis s'achève, il y'a toujours un salut pour*

*faire un début, il ya aussi une fin pour finir notre chemin et on doit se quitter*

*pour se voir demain.*

*C'est avec un grand plaisir que je dédie ce modeste travail :*

*A celle qui a été toujours à mes cotés et à la personne la plus chère au monde : à toi ma mère. A celui qui a combattu toute sa vie pour procurer tout ce dont*

*j'avais besoin, celui qui m'a soutenu tout au long de mon parcours : à toi ma grande- mère*

*« Que Dieu vous gardes et vous accordes longue vie »*

*A mes très chers frères : Yahia Aissa Ali et*

*Othman*

*A ma très chère soeur*

*A mes très chers amis : Ayoub chiekh et Miloud.*

### **Introduction :**

Les zones humides sont des écosystèmes complexes, elles sont produites des processus écologiques, hydrologiques et climatiques auxquels s'est associée l'action des organismes vivant y compris celle de l'homme. Les zones humides sont des sites de transition entre les milieux terrestres et les milieux aquatiques. Par leur richesse floristique, faunistique et leur biodiversité, les zones humides jouent un rôle important dans l'épuration des eaux, le développement de la pêche, la production du bois, la prévention des inondations, le captage des sédiments, la recharge des nappes phréatiques, la stabilisation des berges et l'atténuation des forces érosives. Ce qui a attiré l'attention de plusieurs organismes et pays à l'établissement de règles régissant le contrôle, la gestion, la protection et la sauvegarde de ces écosystèmes continentaux (**Sabri, 2011**)

se sont des sites de transition entre les milieux terrestres et les milieux aquatiques. Elles se distinguent par des sols hydromorphes, une végétation dominante composée de plantes hygrophiles au moins pendant une partie de l'année et abritent de façon continue ou momentanée des espèces animales inféodées à ces espaces (**GROSS, 1999**), Elles sont parmi les ressources naturelles les plus précieuses de la planète, mais aussi parmi les plus fragiles. Elles présentent ainsi une importance majeure pour la conservation de la biodiversité, en raison de leur très grande richesse spécifique, autant floristique que faunistique (**CUCHEROUSSET, 2006**). Elles ont connu une forte diminution au niveau mondial depuis plusieurs décennies. et sont aujourd'hui toutes plus ou moins menacées et/ou dégradées, en raison de la pression anthropique exercée sur ces écosystèmes, mais aussi des effets néfastes des changements climatique (**RAPINEL, 2012**).

L'Algérie est riche en zones humides qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle. Aujourd'hui, nous savons qu'elles jouent un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques et accueillant une flore importante, des poissons et des oiseaux migrateur (**Mélanie, 2009**).

Le Chott Chergui est une zone riche en ressources en eau souterraines et superficielles. Ces eaux sont généralement saumâtres ou salées en surface mais douces en profondeur ; Parfois les eaux sont même thermales comme le confirme la zone d'Ain Skhoua.

Le lac du Chott Chergui est une zone humide permanente malgré sa situation géographique, une région steppique où généralement la présence de l'eau est temporaire.

Le classement de ce site sur la liste Ramsar permettra de sauvegarder l'environnement naturel.

Pour l'étude des milieux humides, la télédétection est un appui pour la connaissance des milieux (délimitation, cartographie,...) et une aide pour le suivi de celles-ci.

Notre travail est structuré en cinq chapitres dont le premier est consacré aux généralités sur les zones humides (définition, caractéristiques, critères de classement sur le site Ramsar ainsi que le rôle de ces zones humides). Le second chapitre sur présentation de l'outil géomatique dont le système d'information géographique et la télédétection et un troisième chapitre présentera la zone d'étude en insistant sur le climat de la région avec une étude géologique, hydrologique et un aperçu sur les potentialités socio-économiques de la région.

le quatrième chapitre décrit la méthodologie utilisée dans notre étude et le dernier chapitre est réservé pour l'interprétation des résultats de l'étude.

Enfin, nous terminons ce travail par une conclusion générale.

**Généralités sur les zones humides :**

**1- Définition des zones humides**

Plusieurs définitions des zones humides existent dont quelques-unes sont présentées ci après:

-La convention de RAMSAR (1971) définit dans son article 1 : les zones humides comme étant des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce ou saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres. (ZAAFOUR ,2012)

-Les scientifiques canadiens ont quant à eux proposé une définition basée sur les caractéristiques abiotiques ou biotiques du milieu, publiée en 1979 dans le Canadian Wetland Registry : Une zone humide est définie comme un terrain ayant un sol soit avec la nappe phréatique proche ou à la surface, soit saturé pendant une période assez longue pour permettre le développement de processus caractéristiques de zones humides ou aquatiques se traduisant par la présence de sols hydromorphes, d'une végétation d'hydrophytes et d'activités biologiques variées adaptées à un environnement mouillé.(RAPINEL ,2012)

**-La loi sur l'eau du 3 janvier 1992 définit les zones humides comme :**

« Les zones humides sont des terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire. La végétation, quant elle existe, est dominée par des plantes hygrophile pendant au moins une partie de l'année » (DIC ENVIRENEMENT, 2013).

**-Groupe d'experts français du Ministère de l'Environnement 1990** définit les zones humides comme suit :

« Les zones humides se caractérisent par la présence, permanente ou temporaire, en surface ou à faible profondeur dans le sol, d'eau disponible douce, saumâtre ou salée. Souvent en position d'interface, de transition, entre milieux terrestres et milieux aquatique proprement dits, elles se distinguent par une faible profondeur d'eau, des sols hydromorphes ou non évolués, et /ou une végétation dominante composée de plantes hygrophiles au moins une partie de l'année. Enfin elles nourrissent et / ou abritent de façon continue ou momentanée des espèces animales inféodées à ces espaces » (Eau et Rivière de Bretagne, 2012).

**-Au sens de Convention RAMSAR**

- **Les articles 1.1 et 1.2** donnent une définition large. Les zones humides sont selon la convention « des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eaux marines dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres » (Allout, 2013).
- **L'article 2.1** rajoute que les zones humides pourront inclure des zones de rives ou de côtes adjacentes à la zone humide et des îles ou des étendues d'eau marine d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse, entourées par la zone (Allout, 2013).

**2-Caractéristiques des zones humides**

Les caractéristiques des zones humides et leurs propriétés sont d'abord déterminées par les conditions climatiques, leur localisation et leur contexte géomorphologique. Cependant, les conditions, hydrologiques qui déterminent le fonctionnement écologique des zones humides et permettent de les différencier des milieux terrestres bien drainés et des écosystèmes aquatiques d'eau profonde. (FUSTEC et al., 2000)

**3-Différentes catégories de fonctions**

Les différentes fonctions ont souvent été regroupées en plusieurs catégories (ZAAFOUR 2012).

- ✓ Fonctions hydrologiques/vis-à-vis du régime des eaux : contrôle des crues, rec
- ✓ Fonctions biogéochimique/d'épuration / vis-à-vis de la qualité des eaux : rétention des sédiments, rétention et élimination des nutriments et des contaminants
- ✓ Fonctions d'habitat/régulation des chaînes trophiques/ressources : productivité primaire, poissons, faune sauvage, ressources agricoles
- ✓ Fonctions de récréation, d'éducation, culturelles.

**4-Les critères de classification des zones humides selon la convention Ramsar**

Selon RAMSAR (2013), les zones humides à classer doivent répondre au moins à l'une des critères énumérés dans le tableau 1 ci-dessous.

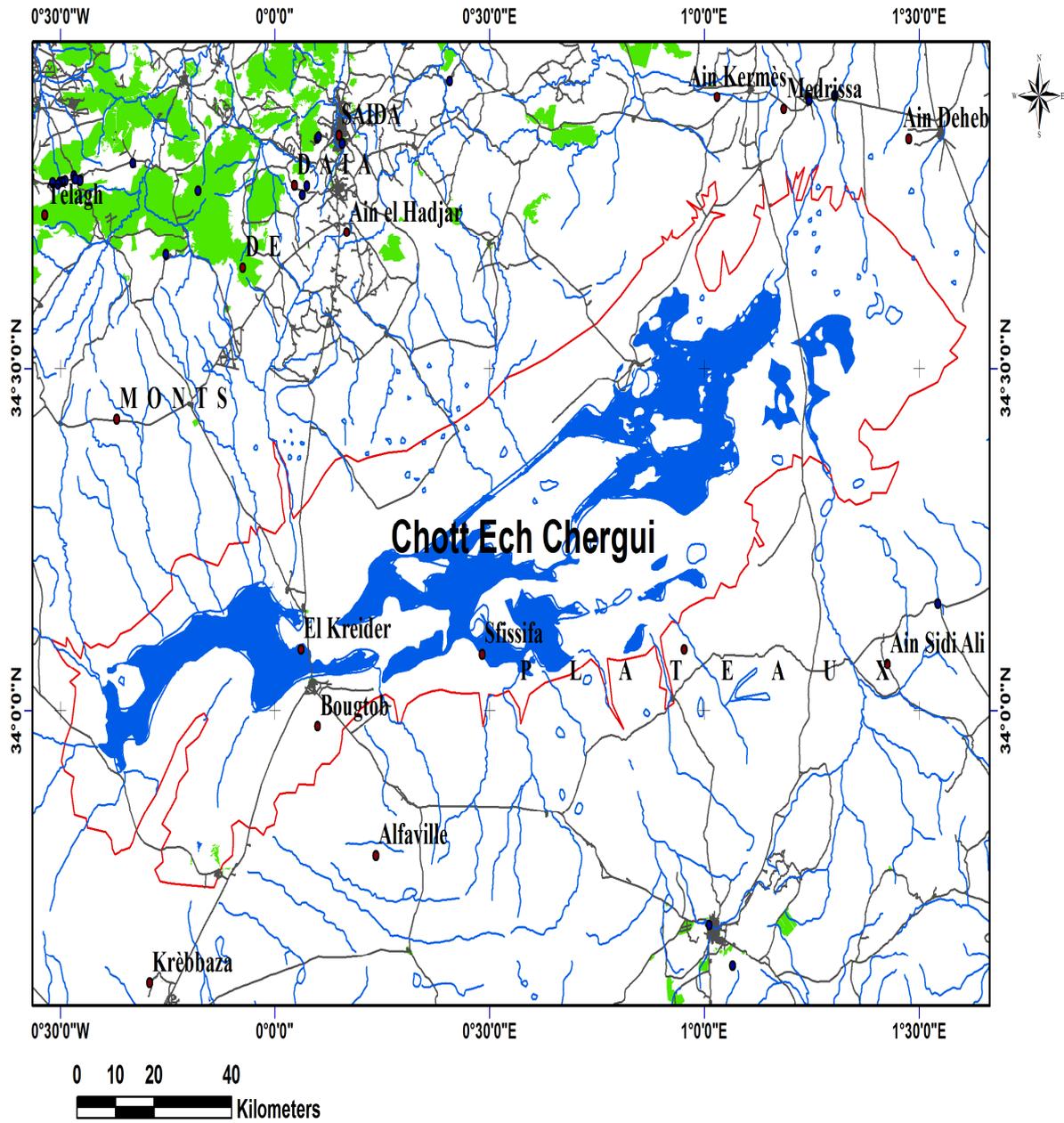


Tableau N° 1: Critères de classification des zones humides selon la convention Ramsar

<p><b>Groupe A</b> Sites contenant des types de zones humides représentat ifs, rares ou uniques</p>		<p><b>Critère 1</b> : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle contient un exemple représentatif, rare ou unique de type de zone humide naturelle ou quasi naturelle de la région biogéographique concernée.</p>
<p><b>Groupe B</b> Sites d'importance internation ale pour la conservation de la diversité biologique</p>	<p>Critères tenant compte des espèces ou des communauté s écologiques</p>	<p><b>Critère 2</b> : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite des espèces vulnérables, menacées d'extinction* ou gravement menacées d'extinction* ou des communautés écologiques menacées.</p> <p><b>Critère 3</b> : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite des populations d'espèces animales et/ou végétales importantes pour le maintien de la diversité biologique d'une région biogéographique particulière.</p> <p><b>Critère 4</b> : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite des espèces végétales et/ou animales à un stade critique de leur cycle de vie ou si elle sert de refuge dans des conditions difficiles.</p>
	<p>Critères spécifique s tenant compte des oiseaux d'eau</p>	<p><b>Critère 5</b> : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite, habituellement, 20 000 oiseaux d'eau ou plus.</p> <p><b>Critère 6</b> : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite, habituellement, 1% des individus d'une population d'une espèce ou sous- espèce d'oiseau d'eau</p>

	Critères spécifiques tenant compte des poissons	<p><b>Critère 7</b> : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite une proportion importante de sous-espèces, espèces ou familles de poissons indigènes, d'individus à différents stades du cycle de vie, d'interactions interspécifiques et/ou de populations représentatives des avantages et/ou des valeurs des zones humides et contribue ainsi à la diversité biologique mondiale.</p> <p><b>Critère 8</b> : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle sert de source</p>
--	--	--

		d'alimentation importante pour les poissons, de frayère, de zone d'alevinage et/ou de voie de migration dont dépendent des stocks de poissons se trouvant dans la zone humide ou ailleurs.
	Critères spécifiques tenant compte d'autres taxons	<b>Critère 9</b> : Une zone humide devrait être considérée comme un site d'importance internationale si elle abrite régulièrement 1 % des individus d'une population d'une espèce ou sous-espèce animale dépendant des zones humides mais n'appartenant pas à l'avifaune.

## 5-Situation géographique et répartition

### Dans le monde

Les premières estimations réalisées indiquent que les zones humides recouvriraient 6% de la surface continentale soit 8,6 millions de Km<sup>2</sup> (CHEKCHAKI, 2012).

Une première évaluation de l'étendue des zones humides dans le monde a été réalisée en fonction des types de climat (**tableau N°2**).

D'après le tableau2, nous remarquons que les zones humides tropicales et subtropicales représentent plus de la moitié du total (56 %), soit environ 4,8 millions de km<sup>2</sup>. Une des grandes originalités de la répartition des zones humides à la surface du globe est d'intéresser l'ensemble des zones bioclimatiques (figure N°1), puisque, littorales ou continentales, elles se développent dès que le bilan hydrique est, momentanément au moins, excédentaire (LOINTIER, 1996).

**Tableau N °2 : Répartition des zones humides mondiales selon la zone climatique  
( MALTBY et al ., 1983)**

Zone	Climat	Surface (km <sup>2</sup> ×10 <sup>3</sup> )	% de la surface continentale
Polaire	Humide, Semi-humide	<b>200</b>	<b>2.5</b>
Boréale	Humide, Semi-humide	<b>2558</b>	<b>11</b>
Sub-boréale	Humide	<b>539</b>	<b>7.3</b>
	Semi-aride	<b>342</b>	<b>4.2</b>
	Aride	<b>136</b>	<b>1.9</b>
Sub-tropicale	Humide	<b>1077</b>	<b>17.2</b>
	Semi-aride	<b>629</b>	<b>7.6</b>
	Aride	<b>439</b>	<b>4.5</b>
Tropical	Humide	<b>2317</b>	<b>8.7</b>
	Semi-aride	<b>221</b>	<b>1.4</b>
	Aride	<b>100</b>	<b>0.8</b>
Total (arrondi)		<b>8560</b>	<b>6.4</b>

En outre, la répartition des zones humides à l'échelle mondiale est représentée dans la figure ci-dessous (figure N°1)



Figure N °1 : Répartition des zones humides mondiales

Source : (CHEKCHAKI, 2012)

### En Méditerranée

les zones humides du bassin Méditerranéen partagent des caractéristiques similaires, du fait de leur climat, de leur topographie et de leur géologie, ainsi que des particularités liées à la Mer Méditerranée ( BRITTON et al .,1993). Cela explique que, dans ces pays, les zones humides doivent faire face à des problèmes semblables.

Les zones humides méditerranéennes sont d'une nature très dynamique. Elles peuvent être inondées, soit par intermittence, soit durant une partie de l'année seulement (CAESSTEKER, 2007). Les paysages typiques des zones humides de cette région comportent des deltas, des lagunes côtières et des marais salés, des lacs et des salines, etc. (PEARCE et al., 1994). Les zones humides influencées par la marée se limitent aux côtes atlantiques du Portugal, de l'Espagne et du Maroc, ainsi qu'à quelques endroits particuliers, sur la côte méditerranéenne.

### En Algérie

Adopté en 2013 par Azzouzi et *al.*, la position géographique de l'Algérie, sa configuration physique et la diversité de son climat lui confèrent une importante richesse de zones humides. Cette configuration physique s'est traduite globalement par une zonation latitudinale caractérisée par l'existence de plusieurs types de climats sur lesquelles l'influence méditerranéenne s'atténue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la mer. Cette diversité de climat a engendré une grande diversité d'écosystèmes de zones humides. Ainsi dans la partie nord-est de l'Algérie, la plus

arrosée, renferme un complexe lacustre particulièrement important, le complexe d'El Kala. Dans la frange nord-ouest soumise à un régime pluviométrique moins important se caractérise surtout par des plans d'eau salée tels que ; les marais de la Macta, et la sebkha d'Oran.

Dans les hautes plaines steppiques on rencontre principalement des chotts et des sebkhas. Ce Sont des lacs continentaux salés de très faible profondeur qui se sont formés au pléistocène et s'étendent sur de très grandes superficies en millions de km carré, tel que chott El Hodna, chott chergui et chott Melghir.

Le Sahara renferme de nombreuses zones humides artificielles : les oasis, créées totalement par l'homme grâce à son génie hydraulique, c'est l'oasien qui a profité des ressources aquifères souterraines dans un milieu très aride pour créer des petits paradis d'ombre et de verdure.

Les massifs montagneux de l'Ahaggar et du Tassili renferment dans leur réseau hydrographique de nombreuses zones humides permanentes appelées Guelta qui témoigne encore d'une période humide du sahara.

D’après Azzouzi et *al.*, (2013), les différents types des zones humides en Algérie sont :

**-Forêts marécageuses « Aulnaies » :** Forêt naturelle d'aulne (arbre des terrains humides) se développant dans le lit majeur d'un cours d'eau important adaptée à son régime.

**-Barrages :** Ouvrage disposé en travers d'un cours d'eau pour créer une retenue ou exhausser (rendre plus haut) le niveau amont.

**-Cours d'eau :** Terme très général qui désigne à la fois la voie empruntée par un écoulement d'eau naturelle et cet écoulement lui-même. Selon son importance et son régime, les cours d'eau prennent le nom de fleuve, de rivière, de ruisseau...

**-Chott :** Lac salé, c'est une cuvette endoréique fermée de faible profondeur, située à l'intérieur des terres. Il comprend une ceinture de végétation à base de plantes supportant différents taux de salinité (salsolacées), et au centre, un plan d'eau de forte à très forte salinité appelé sebkha

**-Cascades :** Chute d'eau, succession étagée de chutes d'eau, l'eau tombe en cascade de plusieurs dizaines de mètres de hauteur.

**-Daya :** Plan d'eau généralement sale de faible profondeur, pourvu d'une végétation aux alentours de ses rives seulement, elle est alimentée par la remontée de la nappe et par les eaux de pluie.

**-Dune :** Butte, colline de sable fin formée par le vent sur le bord des mers (dunes maritimes).

**-Embouchure :** Dispositif naturel par lequel un cours d'eau (fleuve ou rivière) se jette dans la mer ou dans une autre nappe d'eau importante.

**-Etang :** Etendue d'eau stagnante naturelle ou artificielle retenue dans une cuvette à fond imperméable, moins vaste, moins profonde qu'un lac, en général plus grande et mieux contrôlée qu'une mare. L'étang est le plus souvent alimenté par les eaux pluviales des crues et des ruisseaux ou des fossés de drainage, plus rarement par une source.

**-Estuaire :** Echancre du littoral, que la marée laisse à découvert en se retirant. Embouchure d'un cours d'eau dont le bras unique s'élargit en général d'amont vers l'aval au fur et à mesure que l'on rejoint son extrémité.

**-Falaises marines :** Cote abrupte et très élevée, dont la formation est due au travail de sape de la mer à la base d'une couche cohérente horizontale ou peu inclinée.

-**Garaa** : Petit plan d'eau (au Sud).

-**Guelta** : Sont spécifiques aux régions montagneuses du Sahara, cours d'eau qui s'enfonce dans la roche (résurgence d'eau) créant un vase canyon de plusieurs kilomètre de longueur, mais quelque mètre de largeur, permanente, elle est alimentée par des sources qui fusent de la roche et en temps de pluie par les crues.

-**Ile** : espace de terre entourée d'eau d'un océan, d'une mer, d'un lac, ou d'une cour d'eau de tout coté

-**Ilots** : Petite île

-**Lacs** : Grande étendue d'eau douce plus rarement d'eau salée, située à l'intérieur des terres, il possède un point central plus bas, reliée ou non à un réseau hydrographique. L'origine peut être naturelle « Tectonique, Volcanique, Karstique, Glaciaire », ou artificielle, résultant de l'aménagement et de la régulation du réseau hydrographique a des fins diverses.

-**Lagune** : Etendu d'eau généralement peu profonde, saumâtre à salée en fonction des liaisons directes avec la mer, alimenté par les eaux de la mer et de ruissellement, séparé de la mer par une bande de terre (sable/cordon littoral).

-**Mares** : Petites nappe d'eau douce ou saumâtre, peu profonde, à caractère temporaire, rarement permanent, qui stagne dans une dépression naturelle ou artificielle aux contours imprécis.

-**Marais, Marécages** : Terrain, en général bas-fond, détrempe, voire couverte en permanence par des eaux stagnantes peu profondes, envahi par la végétation aquatique. Un Tel milieu est également appelé **Marécage**.

-**Oued** : Cours d'eau saisonnière des régions d'Afrique du Nord.

-**Oasis** : Zones humide artificielle, c'est un complexe humide crée par l'homme et comprenant : organisation sociale (système ingénieux d'amenée l'eau foggara) et sa kasria qui distribue équitablement l'eau – Ksar - un Artisanat - Agriculture irriguée basée sur la culture de palmier.

-**Ogla** : Cuvette temporaire, elle est rare car elle s'assèche.

**-Plaine d'inondation :** Plaine susceptible d'être régulièrement envahie par des crues, située dans le lit majeur d'un cours d'eau.

**-Prairies humides :** Formation végétale herbacée, fermée et dense, où dominent les graminées mésophiles (dont les besoins en eau, dans le sol, et en humidité atmosphérique sont modérés) et dans ce cas hygrophiles.

**-Salines :** Marais salant

**-Sebkha :** Région plate ou cuvette généralement inondable, quelquefois située en dessous du niveau moyen de la mer, couverte d'une croûte saline qui interdit l'installation de la végétation et dont les rives sont mangées par le sel. Sont des lacs salés temporaire en Afrique du Nord.

**-Source :** Point d'émergence des eaux souterraines à la surface du sol.

**-Sources d'eau Chaude :** Zones humides géothermiques

**-Seguia :** Petit cours d'eau douce

**-Tourbière :** Formation végétale hygrophile se développant soit dans des creux inondés (tourbières basses), soit sur les versants en pays très pluvieux (tourbières haute), dans laquelle prédominent certaines espèces de mousses et de Phanérogames et dont la partie inférieur : la tourbe, est constituée par une accumulation de matière organique en voie de décomposition.

### **Les zones humides d'importance internationale en Algérie**

Selon ZEDAM (2015), l'Algérie compte aujourd'hui plus de 1.500 zones humides où sur un laps de temps d'une trentaine d'années, cinquante (50) sites sont déjà classés dans la liste des zones humides d'importance internationale de RAMSAR et englobant une superficie totale de près de trois (03) millions d'hectares (**2.991.013,00 ha**). Il est à noter que dix (10) sites prioritaires sont retenus par le Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'environnement et de la ville, pour être dotés d'un plan de gestion assurant leur gestion rationnelle et durable. Il s'agit des sites suivants : Lac Tonga, Oasis de Tamantit et Sid Ahmed Timmi, Chott el Hodna, chott Timerganine, la dayet morsli, le barrage bougara, le chott zaherz chergui, les Gultates afilal, l'Oued mazafrane et le lac de ménéa.

Tableau N° 3 : Liste des 50 zones humides classées RAMSAR en Algérie (Zedam, 2015).

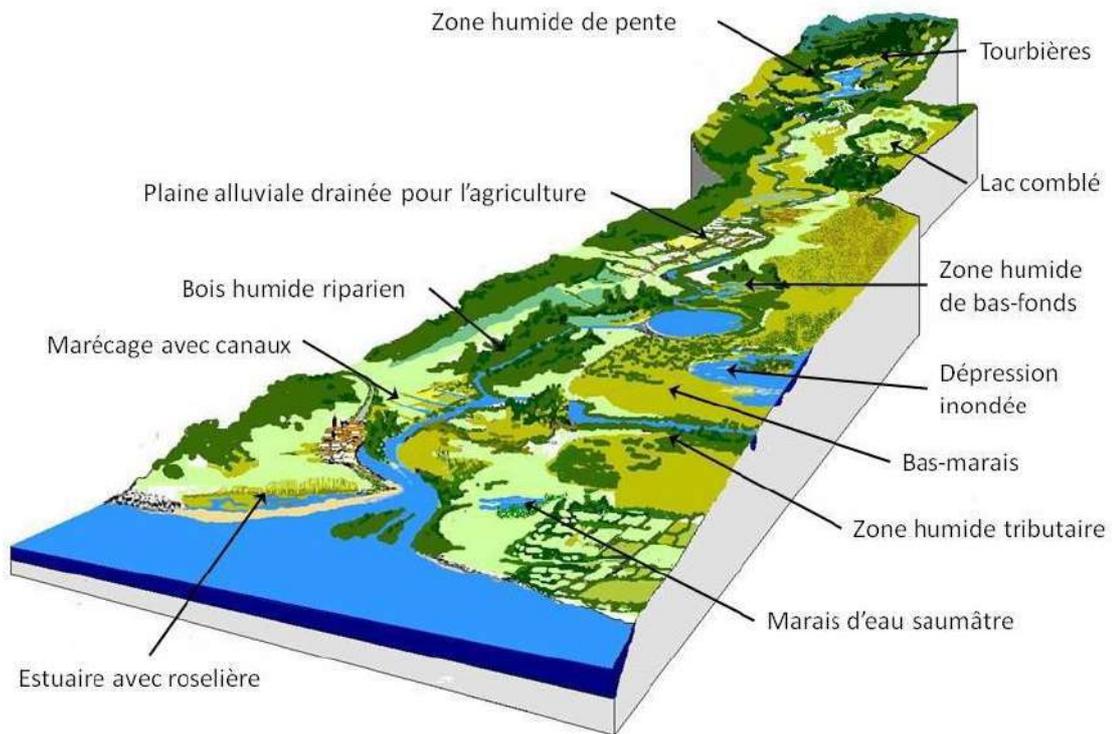
Liste	Année d'inscription	Wilaya	Superficie (ha)
La réserve intégrale de lac Tonga	1983	El Tarf	2.700
La réserve intégrale de lac Oubeira	1983	El Tarf	2.200
La réserve naturelle de lac des Oiseaux	1999	El Tarf	170
Le chott Ech –Chergui	2001	Saïda, Nâama, El bayadh	855.500
Le complexe de zone humide de Guebes-Sanhaja	2001	Skikda	42.100
Le Chott El Hodna	2001	M'Sila et Batna	362.000
La Vallée d'Lherir	2001	Illizi	6.500
Les Gueltats Dissakarassen	2001	Tamanrasset	35.100
Chott Merrouane et Oued Khrouf	2001	El Oued et Biskra	37.700
Maris de Macta	2001	Mascara, Oran, Mostaganem	44.500
Oasis d'Oued Saïd	2001	Adrar	25.400
Sebkha d'Oran	2001	Oran	56.870
Oasis de Tamantit et Sid Ahmed Timmi	2001	Adrar	95.700
Oasis de Moghrrar et Tiout	2002	Nâama	195.500
Chott de Zehrez Chergui	2002	Djelfa	50.985
Chott de Zehrez Gharbi	2002	Djelfa	52.500
Gueltates Afilal	2002	Tamanrasset	20.900
La grotte Kartistique de Ghar Boumâza	2002	Tlemcen	20.200
Marais de la Mekhada	2002	El Tarf	8.900
Chott Melghir	2002	El Oued et Biskra	551.500
Réserve Naturelle du lac de Reghaïa	2002	Alger	842
Réserve Intégrale du la Tourbière du Lac Noir	2002	El Tarf	05
Les Aulnaie d'Aïn Khïar	2002	El Tarf	170
Réserve Naturelle du Lac de Béni-Bélaïd	2002	Jijel	600
Le Cirque d'Aïn Ouarka	2002	Nâama	2.350
Le lac de Fetzara	2002	Annaba	20.680
Sebkhet El Hamiet	2004	Sétif	2.509

Sebkhet Bazer	2004	Sétif	4.379
Chott El Beïdha-Hammam Essoukhna	2004	Sétif	12.223
Garaet Annk Djemel El Merhssel	2004	Oum El Bouaghi	18.140
Garaet Guellif	2004	Oum El Bouaghi	24.000
Chott Tinsilt	2004	Oum El Bouaghi	2.154
Garaet El Tarf	2004	Oum El Bouaghi	33.460
Dayet El Ferd	2004	Tlemcen	3.323
Oglat Edaïra (Aïn Ben Khelil )	2004	Nâama	23.430
Les Salines d'Arzew	2004	Oran	5.778
Le lac de Tellamine	2004	Oran	2.399
Le Lac Mellah	2004	El Tarf	2.257
Sebkhet El Meleh ( Lac d'El Goléa )	2004	Ghardaïa	18.947
Chott Oum Raneb	2004	Ouargla	7.155
Chott Sidi Slimane	2004	Ouargla	616
Chott Aïn Beïda	2004	Ouargla	6.853
Garaet Timerganine	2009	Oum El Bouaghi	1.460
Marais de Bourdim	2009	El Tarf	11
Sebkhet Ezzmoul	2009	Oum EL Bouaghi	6.765
Lac Boulhilet	2009	Oum El Bouaghi	856
Vallée d'Oued Soummam	2009	Béjaïa	12.453
Oum Lâagareb	2011	Annaba	729
Lac du barrage de Boughezoul	2011	Médéa	09
Ile de Rachgoun	2011	Aïn temochent	66
<b>Total</b>			<b>2.991.013</b>

### **1-Type des zones humides**

La zone humide n'est pas seulement de l'eau mais aussi un substrat (terre, vase et de la végétation). Le terme englobe une infinité de milieux naturels et artificiels dont le point commun est que leur productivité est importante grâce à la présence

permanente ou temporaire de l'eau (BACHA, 2005). De ce fait on peut définir une multitude de zones humides : vasières , lagunes ,lacs d'eau douce , lacs salés continentaux , lacs de barrages ,étangs ,marais , mares temporaires , oasis , fleuves , tourbière..( figure N° 2).



**Figure 02 :** Les principaux types de zones humides rencontrés sur un bassin-versant

**Principales menaces qui pèsent sur les zones humides**

Les zones humides constituent un patrimoine naturel exceptionnel, de par la richesse biologique qu'elles abritent et les fonctions qu'elles remplissent. Mais ces derniers sont menacés du fait des activités humaines.

Selon Saifouni (2009), la régression et la disparition progressives des zones humides, constituent pour l'environnement, un préjudice grave, parfois irréversible, qu'il faut empêcher.

Les activités anthropiques directes et indirectes, ont profondément altéré le rythme de changement des zones humides. L'opinion selon laquelle les zones humides sont « des places perdues », née de l'ignorance ou de la méconnaissance de l'importance des biens et services qu'elles procurent, est à l'origine de la transformation des zones humides au profit de l'agriculture intensive, de l'industrie ou de l'urbanisme ; certaines zones humides, disparaissent également par suite de la pollution du déversement de déchets, de l'exploitation minière ou de l'extraction de l'eau dans la nappe souterraine.

Parmi les menaces les plus sérieuses qui compromettent la pérennité de ces milieux on cite :

- L'extension souvent irréfléchie des périmètres agricoles adjacents aux zones humides ;
- Le drainage de certaines zones humides, qui est justifiée par la recherche de nouvelles terres agricoles, plus fertiles ;
- L'extension du réseau urbain, utilisant les zones humides comme déversoir des eaux usées.
- L'irrigation à grande échelle des terrains cultivés et les polluants toxiques, issus de déchets industriels et des effluents agrochimiques, font peser de graves menaces sur les zones humides.

## **I. Généralités sur la télédétection**

### **I.1. Définition**

La télédétection est l'ensemble des techniques et des méthodes qui permettent d'observer à distance la surface de la Terre, ou celle d'autres planètes. C'est une technique qui permet, à l'aide d'un capteur, « d'observer » et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. (Soudani, 2005, J.O du 11 décembre 1980 in C.S.F.D, 2002, FERDINAND., 1996) en utilisant les propriétés d'émission et de réflexion des rayonnements électromagnétiques à partir de vecteurs aéroportés ou satellitaires (Douette. 2001, Girard. 1999, Bonn, 1996).

### **I.2.L'interet de la télédétection**

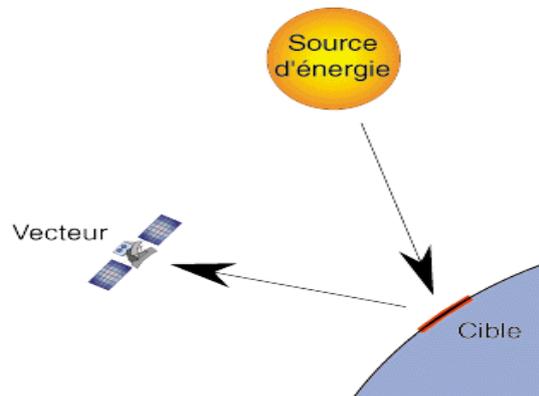
La télédétection a pour rôle de fournir des informations sur les paysages sous la forme de données images en utilisant le rayonnement électromagnétique comme véhicule de ces informations (Marc Robin ,2002). Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phyto-masse, matière organique du sol,...), etc. (Soudani, 2005).

La télédétection est l'une des techniques les plus répandues dans les recherches d'analyse du changement et d'occupation du sol (TUCKER et al., 1986). Elle offre la possibilité de considérer les espèces ou les communautés d'espèces végétales et apporte une information sur la diversité de celles-ci par la prise en compte de paramètres environnementaux telque; la production primaire liée à la richesse spécifique, la distribution spatiale, ou encore la structure et la topographie (BENSAID. et al. 2003)

### **I.3. Principes de base de la télédétection**

Le principe de la télédétection, tel qu'il est présenté dans sa définition ci-dessus, repose sur l'acquisition de signaux de radiation ou de réflexion de l'objet. Le principe de base de la télédétection est similaire à celui de la vision de l'homme. (figure N°07) C'est le fruit d'interaction entre trois éléments fondamentaux ; une source d'énergie, une cible et un

capteur, et consiste à mesurer un signal électromagnétique émis ou réfléchi par une cible (Corbane, 2006).



**Figure N°03:** Principe de base de la télédétection.

- **La cible** est la portion de la surface terrestre observée par le satellite. Sa taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés.
- **La source d'énergie** est l'élément qui "éclaire" la cible en émettant une onde électromagnétique (flux de photons).
- **Le vecteur** ou plate-forme de télédétection mesure l'énergie solaire (rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible.

La perception et l'enregistrement du rayonnement naturel ou de la réflexion de l'énergie solaire des objets sont appelés *télédétection passive*. La trace multibande visible et infrarouge de l'information de surface du sol en est un exemple. En revanche, lorsqu'il s'agit d'illuminer des objets précis puis de récolter l'information à partir de la réflexion de l'énergie émise par la plate-forme elle-même, le procédé s'appelle *télédétection active*. (BENMESSAOU. H, 2009)

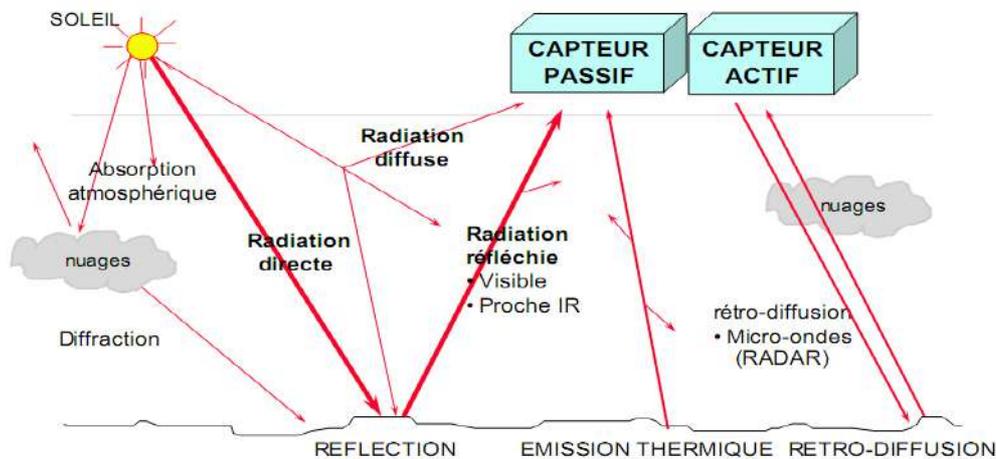


Figure N°04: Principe d'un système de télédétection. (Source: IGN. 2008)

#### I.4. Le rayonnement électromagnétique (REM)

Le rayonnement électromagnétique peut être considéré comme étant un flux de particules élémentaires appelés photons. Selon la théorie ondulatoire, le rayonnement électromagnétique est composé de deux vecteurs champ électrique et magnétique perpendiculaires (**figure N° 04**) et se déplaçant à la vitesse de la lumière (dans le vide  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ ) (**Soudani.2005**).

La télédétection utilise le rayonnement électromagnétique comme source d'enregistrements à distance, et qui correspond à des ondes électromagnétiques transportant de l'énergie qui est plus ou moins absorbée par les différents milieux.

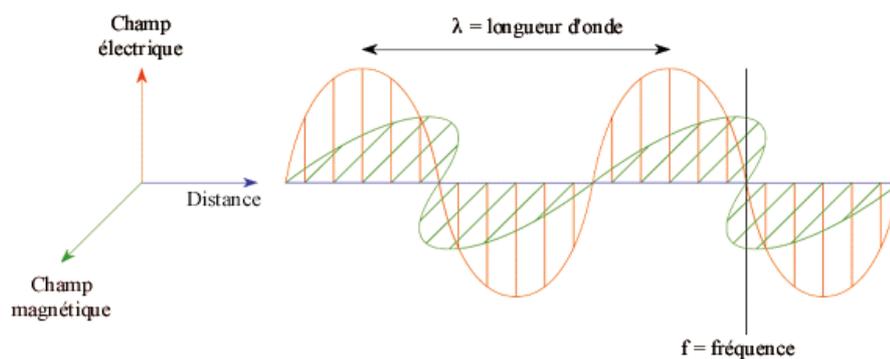


Figure N°05 : Représentation de l'onde électromagnétique.

Le rayonnement électromagnétique interagit une première fois avec l'atmosphère lors de son parcours de la source vers la cible, puis dans le sens inverse de la cible vers le capteur. Ces interactions induisent des modifications du signal électromagnétique qui est

nécessaire de le prendre en compte dans la caractérisation de l'objet observé à la surface du sol. (CSFD, 2002)

Deux propriétés principales caractérisent une onde électromagnétique; sa longueur et sa fréquence. La longueur d'onde est la distance entre deux points homologues (deux crêtes ou deux creux) qu'on note  $\lambda$  (m) et fréquence est le nombre d'oscillations par unité de temps qu'on note  $\nu$  (nombre oscillations/s ou Hertz Hz). La relation reliant ces deux propriétés est :

$$C \text{ (m s-1)} = \lambda \text{ (m)} \nu \text{ (Hz)} \text{ (Soudani 2005)}$$

#### **I.4. 1. Interaction rayonnement matière**

La propagation de l'énergie associée au rayonnement ne se fait de façon intégrale (sans perte) que dans le vide. Soumise à un rayonnement émis par une source extérieure, la matière (solide, liquide ou gazeuse) absorbe une partie de ce rayonnement qui est transformé en chaleur (conversion de l'énergie radiative en énergie thermique). Le reste est soit réfléchi, soit transmis à travers le corps (avec un éventuellement changement de direction de la propagation qui est une réfraction).

#### **I.4.2. Les Domaines Spectraux**

C'est le résultat de la décomposition du rayonnement électromagnétique en ses fréquences constituantes. Il s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio). L'ensemble des fenêtres de toutes les longueurs d'ondes est appelé « *spectre électromagnétique* » .

Les principaux domaines du spectre électromagnétique (l'ultraviolet, le visible, l'infrarouge proche, l'infrarouge moyen, l'infrarouge thermique, et les hyperfréquences ou micro-ondes) ainsi que leurs longueurs sont illustrés dans la (**figure N°10**).

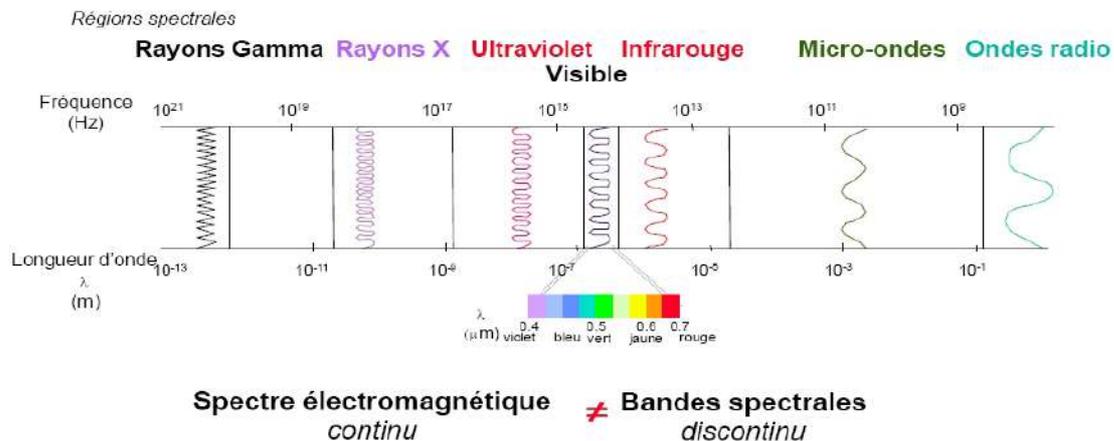


Figure N°06: Domaine spectral des longueurs d'onde (Source: IGN, 2008).

### I.4.3. Signatures spectrales

En mesurant l'énergie réfléchié ou émise par la cible avec une variété de longueurs d'onde, nous pouvons construire la signature spectrale pour chaque objet. Les signatures spectrales sont donc la réponse radiométrique des objets dans une succession de longueurs d'ondes.

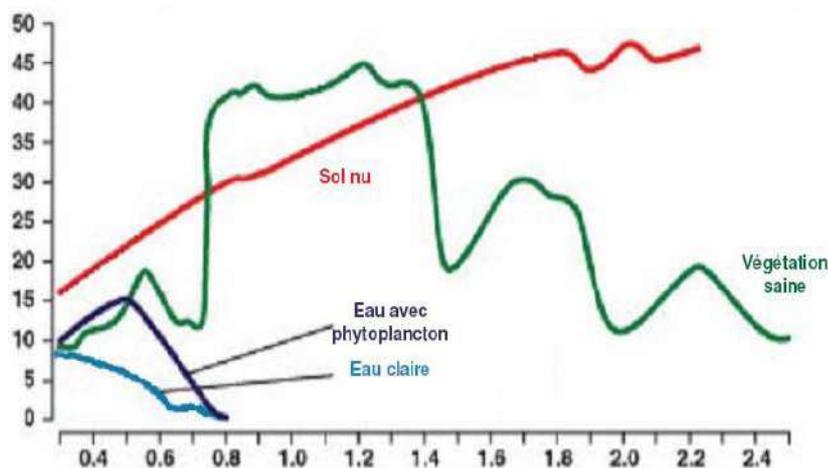


Figure N°07 : Courbe de réflectance des végétaux, sols et eaux (Soudani, 2006).

## II. L'observation spatiale

### II.1. Les vecteurs

Un vecteur correspond à tout objet se déplaçant et susceptible de porter un capteur. Il s'agit d'un véhicule aérien (avion) ou spatial (satellite) sur lequel sont embarqués des appareils de mesure (capteurs) et d'enregistrement des données acquises sur les objets

observés au sol.

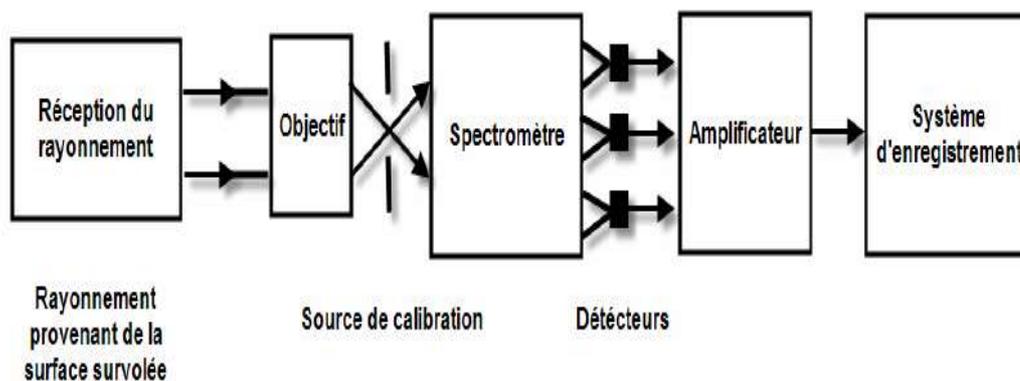
## II.2. Les capteurs

### II.2.1. Le fonctionnement d'un capteur

Dans le domaine solaire, le capteur mesure le rayonnement électromagnétique émis par le soleil et réfléchi par une surface quelconque et de son environnement. Ce signal est recueilli par un détecteur, sur des éléments de surface dont les dimensions dépendent de l'angle solide d'observation. Cet angle est défini par les caractéristiques du capteur, son altitude et la géométrie soleil-cible-capteur (**Bonn and Rochon 1992**).

Entre la phase de réception du rayonnement et de stockage, on distingue quatre systèmes (**Figure.N°08**):

- Un système de réception comportant un télescope servant d'objectif;
- Une source de calibration et un spectromètre comprenant différents détecteurs;
- Un amplificateur pour accroître le signal;
- Un système d'enregistrement qui transforme le signal reçu en signal numérique.



**FigureN°08:** Schéma général d'un capteur (Girard and Girard 1999).

#### II.2.1.1. Caractéristiques spectrales (Résolution Spectrale)

La résolution spectrale décrit la capacité d'un capteur à utiliser des plages de longueurs d'onde spécifiques appelées bandes spectrales. Il existe un compromis entre résolution spectrale et résolution spatiale, En règle générale, plus on augmente la résolution spectrale, plus on a tendance à diminuer la résolution spatiale (**Benhadj. I, 2008**).

#### II.2.1.2. Caractéristiques spatio-temporelle (Résolution spatiale et répétitivité)

La résolution spatiale à la surface élémentaire d'échantillonnage observée

instantanément par le capteur satellitaire. Cette surface correspond au pixel (Picture element). Cette résolution est de 30 m \* 30 m pour le satellite Landsat Thematic Mapper.

Les observations issues de la télédétection spatiale sont également caractérisées par leur résolution temporelle ou encore la répétitivité des observations, notion difficile de l'appréhender car plusieurs composantes interviennent dans sa définition.

La résolution temporelle dépend du cycle orbital d'un capteur. Ce cycle définit la période de revisite, à savoir le temps que met un capteur pour observer un même point de la surface de la terre dans les mêmes conditions de visée. Ce cycle est généralement d'une durée de 15 jours à un mois. (16 jours pour *Landsat*). **Tableau N°04**

### **II.2.1.3. La résolution radiométrique**

C'est la capacité d'un système d'acquisition à distinguer entre deux niveaux d'énergies voisines. Le rayonnement réfléchi par les cibles au sol et enregistré par le capteur est codé en format numérique binaire et l'image résultante est en niveaux de gris. Pour un codage en 8 bits, le niveaux de gris correspondant au rayonnement réfléchi varie entre 0 et 255 (soit 256 niveaux de gris).

**Tableau N°04** : Principales caractéristiques des couples capteurs vecteurs utilisés en télédétection spatiale terrestre (Hourizi, 2004)

Type d'Orbite	Satellite	Altitude de vol (km)	Répétitivité	Type de capteurs	Bandes spectrales (µm)	Résolution au sol	Dimension de la scène (km)	Objectif
Géostationnaire	MÉTÉOSAT	35 800	25 mn	VIS, VDT, MIRT	0.4-1.1 5.7-7.1 10.5-12.5	2.5 km × 2.5 km 5 km × 5 km	Le globe terrestre sauf les pôles	Météorologie
	GEOS		17.5mn		Visible et Infrarouge	1 km × 1 km	Portion du globe	
Circulaire	NOAA	850	12h (2f/j)	AVHRR	0.58-0.68 0.72-1.1 3.55-3.93 10.3-11.3	1.1 OU 4 km	2400	
	LANDSAT (Land Satellite)	705	16J	MSS	0.5-0.6 0.6-0.7 0.7-0.8 0.8-0.1	56 × 79 km	185	Ressources
				TM	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.90	30 × 30 m		

Subpolaire					1.55-1.75		
					2.0-2.35		
Héliosynchrone				ETM+	10.4-12.5	120 × 120 m	
	JERS-1	570	44j	OPS	0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.86 1.59-1.70 2.0-2.1 2.1-2.2 2.2-2.3	18 × 18 m	75
	SPOT	830	26j ou 1-6j	HRV	0.50-0.59 0.61-0.68 0.79-0.89 Panchromatique 0.51-0.73	20 × 20 m  10m × 10 m	60
	EarlyBird	470	2-5j		0.49-0.60 0.615-0.670 0.79-0.875 Panchromatique 5-0.65	3 m × 3 m  15 m × 15m	3

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration.

AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer.

ROS: Radar à

Ouverture Synthétique

### **III. Traitement des images satellitaire**

#### **III.1. Les satellites Landsat**

La première génération de satellites, composée des satellites Landsat 1, 2 et 3 a été lancée entre 1972 et 1985. Les données enregistrées par cette génération de satellites, conçus pour la cartographie de la végétation, apportent peu d'information dans les domaines du spectre électromagnétique discriminatoire des minéraux.

Actuellement seuls les satellites Landsat 4, 5 et 7 de la seconde génération lancés entre 1982 et 1997, sont encore en fonction. Ces satellites fournissent des données d'une même surface à différentes dates, sur toute la surface terrestre exceptée pour les régions polaires. Les données des capteurs Thematic Mapper (TM) à bord de Landsat 4 ou 5 sont utilisées pour plusieurs applications comme la gestion des ressources, la cartographie, la surveillance de l'environnement et la détection des changements anthropiques ou naturels à la surface de la terre. La limite de résolution spatiale du capteur TM est de 30 m pour toutes les bandes, sauf l'infrarouge thermique qui est de 120 m.

Landsat 7, dernier satellite de la famille Landsat, possède à son bord le capteur multi-spectral ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Ce capteur enregistre la réflectance de la surface terrestre dans sept bandes spectrales; quatre dans le Visible et Proche Infrarouge, deux dans l'Infrarouge Moyen, une dans l'Infrarouge Thermique et une bande en mode panchromatique (l'image panchromatique est obtenue à partir de données acquises dans une seule bande spectrale, correspondant à la partie visible du spectre à l'exception du bleu, la bande couvre la région du spectre comprise entre 0,52 et 0,90  $\mu\text{m}$ ). (Gomez C., 2004)

#### **III.2. Traitement et visualisation des images numériques**

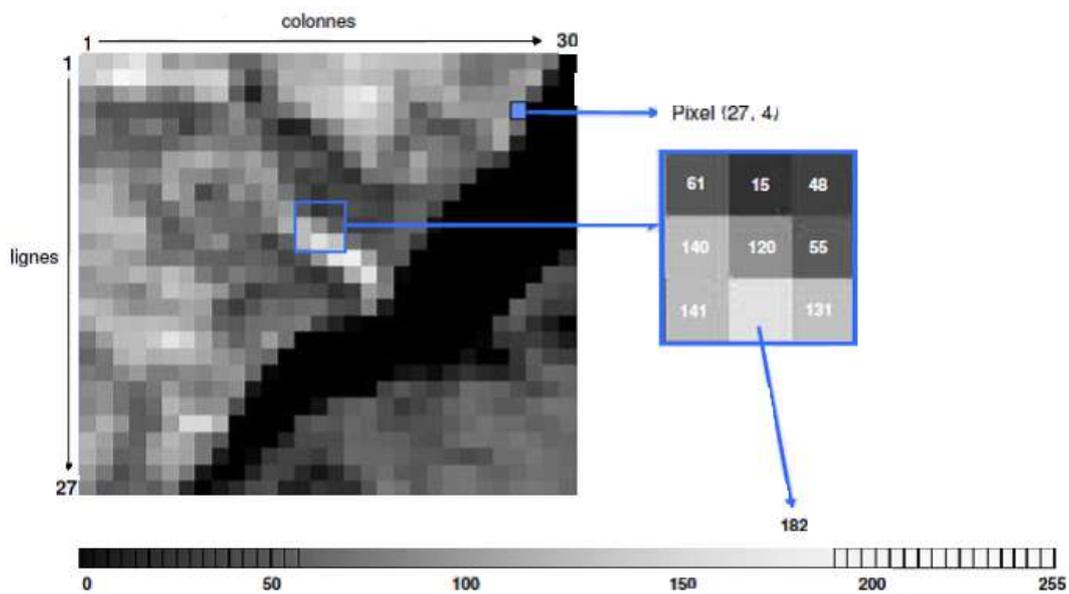
##### **III.2.1. Description d'une image**

L'image est une matrice de valeurs (comptes numériques) comprises entre 0 et 255. Chaque pixel est codé par un numéro de colonne et de ligne. Il est possible de tirer le maximum d'information de ces images, et de les agrandir de telle sorte que la résolution de l'image correspond à la résolution de l'oeil.

Pour intégrer la notion de visualisation, prenons l'exemple de satellite Landsat 7. Le capteur présent à son bord est capable d'enregistrer une image multispectrale

composée de 8 bandes. On peut également dire qu'il enregistre 8 images monochromatiques qui correspondent à chacune des bandes. Les signaux électroniques reçus par le capteur sont convertis en une série de niveaux d'énergies générant différents niveaux de gris. Ces niveaux de gris représentent la luminance émise par un objet. Il est donc possible d'afficher chaque image associée à une bande sous forme d'une image en noir et blanc.

**Exemple:** taille du segment d'image ci-contre (les valeurs sont codées sur 1 octet = 8 bits) : 30 colonnes x 27 lignes = 810 octets



**FigureN°10 :** Description d'une image numérique.

(Source : Jean-Paul LACOMBE & David SHEEREN, 2007)

L'interprétation peut se faire directement sur l'écran quand on dispose d'un système informatique de traitement des images. Le processus d'interprétation, qu'il soit visuel ou automatique, transforme les données contenues dans l'image en éléments d'informations attachés à une localisation géographique. Cela permet d'utiliser les données télédéetectées dans un processus de gestion des ressources en les combinant avec des données pluri-thématiques et multi-sources. C'est dans cette intégration des données que le potentiel de développement des applications de télédétection est le plus important. La détection de changement est le processus qui consiste à identifier des différences dans l'état d'un objet ou d'un phénomène en l'observant à différentes dates (HADDOUCHE, 2002).

**III.2.2. La classification des images**

Il existe plusieurs méthodes de classification, le principe se fait selon une règle de discrimination basée sur la différence statistique entre les valeurs numériques des pixels dans le but de réaliser le découpage optimal. (Deshayes et Maurel, 1990). Généralement, le processus de classification passe par les étapes suivantes :

- 1) L'établissement des classes de signatures;
- 2) La classification des pixels en fonction de ces signatures;
- 3) La vérification des résultats.

**III.2.2.1 Classification non supervisée**

La méthode, dite **objective**, est basée sur la segmentation du nuage de pixels en groupes homogènes (proximité spectrale), sans recours à la connaissance de terrain. La légende est élaborée a posteriori par l'opérateur (à partir de la connaissance de terrain). Ce type de classification est souvent utilisé pour générer un document cartographique d'appui à une mission de terrain.

**III.2.2.2 Classification supervisée**

La méthode, dite **subjective**, est basée sur l'affiliation des pixels à des classes thématiques définies et reconnues par l'opérateur à partir de la connaissance de terrain. La légende est élaborée *a priori* par l'opérateur (à partir de la connaissance de terrain). Ce type de classification est souvent utilisé pour produire un document thématique final.

La démarche de cette classification peut être résumée en plusieurs étapes:

- 1) Localisation de zones représentatives de chacune des catégories d'occupation du sol.
- 2) Sélection des zones d'entraînements représentatives des classes créées
- 3) Répartition de l'ensemble des pixels de l'image dans les classes créées à l'aide de l'algorithme

**III.3. Détermination d'algorithmes de classification**

Durant le processus de répartition des pixels dans les classes créées, le rapport d'un pixel avec un échantillon déterminera s'il doit appartenir à la classe ou non. Plusieurs manières d'attribuer un pixel à une classe existent.

**III.3.1. Règle de la distance minimale**

Le centre de l'échantillon est calculé, il représente le pixel moyen de l'échantillon. Un pixel sera alors attribué à la classe dont le centre de l'échantillon est le plus proche. Cette méthode est la plus simple des méthodes de classification. En raison de sa simplicité mathématique, il est cependant le plus rapide parmi les algorithmes les plus utilisés (C.C.T, 1999).

**III.3.2. Règle du maximum de vraisemblance**

Cette règle estime le vecteur moyen et la matrice de covariance de chaque classe. La méthode de maximum de vraisemblance est un critère de décision statistique fondé sur le calcul de la vraisemblance et servant à classer des éléments d'image dans des classes spectrales. La classification par maximums de vraisemblances est une méthode tout à fait satisfaisante mathématiquement car les pixels sont classés à partir d'une probabilité ce qui est tout à fait souhaitable en télédétection (Girard, 1999). Le maximum de vraisemblance semble apporter les meilleurs résultats.

**III.3.3. Le diagramme bidimensionnel**

Les signatures spectrales peuvent être représentées en n dimensions. Généralement, le diagramme bidimensionnel est obtenu par l'intersection du canal rouge (675 nm) et le canal proche infra rouge, sur lequel sont placés tous les pixels d'une image satellitale. Dans un grand nombre de situations, il y a une assez forte corrélation entre les canaux successifs mais ce n'est pas toujours le cas, en particulier entre les bandes du visible, et celle du proche infrarouge (Girard, 1999).

Ces diagrammes sont également très intéressants pour connaître les bandes qui permettent la distinction entre deux signatures spectrales. On peut alors admettre que les bandes représentées sur ce deuxième diagramme permettent la distinction entre les deux classes étudiées.

**III. 3. 4. Validation de classification**

Il est possible d'évaluer les performances de cette classification en évaluant le pourcentage et le nombre de pixels correctement classés à l'intérieur de chaque polygone test. La matrice de confusion illustre cette performance. L'analyse de ce dernier montre la bonne performance de la classification.

**III.3.4.1 La matrice de confusion**

La matrice de confusion se présente sous forme d'un tableau à double entrée. Une

des entrées correspond aux pixels affectés aux classes d'après notre connaissance du terrain (en ligne) tandis que l'autre représente les pixels attribués aux classes après la procédure de classification (en colonne). Et en diagonale les nombres de pixels correctement classifiés. Cette matrice permet de calculer:

- La précision totale: nombre de pixels bien classés divisé par le nombre total d'individus;
- L'erreur d'excédents : pourcentage de pixel d'une classe issue de la classification qu'il appartiennent, en fait à d'autres classes dans les données de références;
- La précision pour l'utilisateur: pourcentage de pixels d'une classe issue de la classification correspondante à la même classe dans les données de références, elle est égale à "100 %-erreur d'excédents ";
- L'erreur de déficits: pourcentage de pixels d'une classe de référence affectés à d'autres classe de classification;
- La précision pour le réalisateur : pourcentage de pixels d'une classe de référence affectés à la même classe, par la classification, elle est égale à "100 %-erreur de déficits" (Douaoui, 2005).

### III.3.5.2. Le coefficient de Kappa

Un des tests fréquemment utilisé est celui de Kappa qui est une technique d'analyse multivariée pour estimer la valeur d'une matrice de confusion. (Gay, 1999) Le coefficient de Kappa peut aussi être utilisé pour comparer entre différentes matrices afin de montrer si un résultat est significativement meilleur qu'un autre. Il varie de 0 à 1.

La formule de ce test est la suivante :

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}$$

$r$  est le nombre de colonne de la matrice

$x_{ii}$  est le nombre d'observations dans la colonne  $i$  et la ligne  $i$

$x_{i+}$  et  $x_{+i}$  sont les totaux marginaux de la ligne  $i$  et de la colonne  $i$

$N$  est le nombre total d'observations

**IV. Télédétection de la végétation:**

L'observation spatiale de par sa globalité, sa répétitivité et la cohérence de ses données est un outil adapté pour appréhender le fonctionnement des écosystèmes et suivre l'évolution de la végétation. Grâce aux satellites il est possible en effet de cartographier les couverts végétaux à des échelles de temps et d'espace très variés. Ils permettent en outre d'estimer le rayonnement solaire global ainsi que certains paramètres caractéristiques des couverts végétaux, comme la quantité de biomasse, ou la fraction du rayonnement photosynthétique actif.

Outils d'une meilleure compréhension des processus physiques et biologiques qui gouvernent la dynamique des écosystèmes végétaux, les données de télédétection peuvent aussi être utilisées pour informer les politiques sur les conséquences d'éventuels changements de la répartition mondiale des couverts végétaux, de façon à mettre en place des solutions de gestion plus durables.

La télédétection de la végétation repose sur la réponse spectrale des surfaces dans les différentes longueurs d'onde.

**IV.1. Les caractéristiques spectrales de la végétation**

La quantité d'énergie solaire absorbée ou réfléchi par le couvert est déterminée par les propriétés optiques des éléments végétaux qui le composent, de leur organisation spatiale et enfin de la réflectance du sol sous-jacent (Rochdi, 2003).

**IV.1.1. Au niveau de la feuille**

Les propriétés optiques de la feuille sont liées à sa composition biochimique et sa structure interne sensible à son évolution durant le cycle de croissance. On distingue trois types d'éléments qui interviennent dans les propriétés optiques de la feuille et qui correspondent aux grands domaines spectraux du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen.

- La teneur en pigments
- L'anatomie des feuilles, leur structure cellulaire
- La teneur en eau

Ces trois éléments varient au cours du temps et entraînent par conséquent des changements dans la structure et les caractéristiques des couverts végétaux. Plutôt que de parler de signature spectrale, on va parler de comportement spectral de la végétation.

#### **IV.1.1.1. Les pigments foliaires**

Tous les végétaux renferment des pigments : chlorophylles (pigments verts), carotènes (pigments orangés) et anthocyanes (pigments bleues rouges), les pigments chlorophylliens étant de loin les plus abondants et leur présence est responsable, en grande partie, de la forme très particulière de la signature spectrale des végétaux (Gay, 1999). Selon (Grant, 1987) la radiation est fortement absorbée par les pigments foliaires, principalement par la chlorophylle; Ces pigments ont principalement deux bandes d'absorption, dans le bleu (475 nm) et dans le rouge (700 nm), produisant ainsi une réflectance maximum dans le jaune-vert (550 nm).

#### **IV.1.1.2. La structure cellulaire des feuilles**

L'évolution de la structure anatomique déterminée par le nombre d'assises cellulaires, la dimension des cellules et l'épaisseur du parenchyme lacuneux, affecte la réflectance dans le proche infrarouge. Selon (Jensen, 2000) les longueurs d'ondes bleue et rouge sont absorbées par la chlorophylle, les vertes sont très faiblement réfléchies par la feuille et le rayonnement proche infrarouge est fortement réfléchi par le parenchyme lacuneux.

#### **IV.1.1.3. La teneur en eau**

La teneur en eau des feuilles est également un facteur qui va fortement influencer la signature spectrale de la végétation, dans les longueurs d'onde de l'infrarouge moyen. Une forte baisse de la teneur en eau s'accompagne d'une augmentation de la réflectance dans l'infrarouge moyen. De plus, un déficit hydrique peut indirectement provoquer une augmentation de la réflectance dans les régions du rouge et proche infrarouge (400-1300nm) suite à une modification de la turgescence des cellules. Néanmoins, cet effet du contenu en eau sur la réflectance de la feuille varie en fonction de l'espèce considérée (Rochdi, 2003).

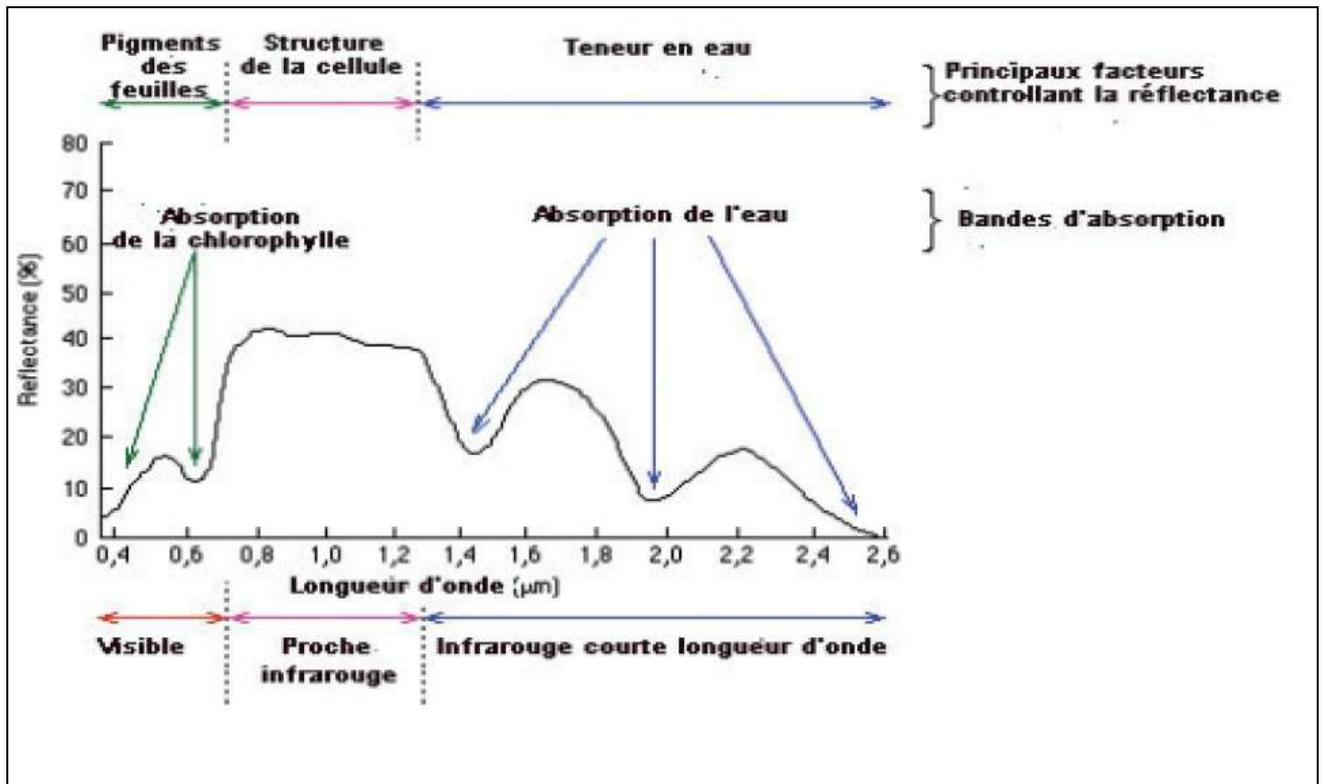


Figure N°11 : réponse spectrale caractéristique de la végétation chlorophyllienne (d'après Hoffer, 1978 in Corbane, 2006)

#### IV.1.2. Au niveau du couvert végétal

Les variations de la réflectance mesurées au niveau du capteur satellitaire sont non seulement liées aux propriétés optiques des feuilles, mais aussi à la structure des formations végétales.

La structure d'un couvert végétal est déterminée d'une part par la forme, la taille et l'agencement des organes à l'échelle de la plante et d'autre part par l'organisation des plantes à l'échelle du couvert.

La réflectance du couvert végétal est ainsi une composition de flux élémentaires réfléchis par les feuilles et le sol qui ont subi un ensemble d'interactions au sein du couvert. Lorsque la végétation est peu couvrante, la réponse spectrale des plantes est affectée par la réflectance des sols, donc la description de l'architecture du couvert sera réduite à la structure du feuillage. Celle-ci est généralement caractérisée par l'indice de surface foliaire, l'angle d'inclinaison des feuilles et la dispersion des feuilles.

**IV.1.2.1. L'indice de surface foliaire**

L'indice de surface foliaire ou LAI (leaf area index) caractérise la quantité de matière fraîche du couvert végétal : il est le ratio de la surface totale supérieure des feuilles à la surface du sol sur laquelle la végétation se développe. Ce paramètre constitue une caractéristique clé de la structure de la végétation en raison du rôle des feuilles chlorophylliennes dans de nombreux processus biologiques et physiques (Bappel, 2005). L'évaluation de l'indice de surface foliaire fournit donc un indicateur du potentiel de croissance de la plante (Weiss, 1998) et il est largement utilisé dans les modèles de fonctionnement de végétation. Le LAI est une grandeur sans dimension qui varie en général entre 0 pour le sol nu et 8 pour une forêt tempérée dense. Pour des forêts tropicales très fermées ou des forêts de conifères, la valeur de LAI peut dépasser 15 (Schulze, 1982 in Duthoit, 2006).

**IV.1.2.2. Inclinaison des feuilles**

L'orientation des feuilles détermine en grande partie la surface réellement réceptrice du rayonnement, c'est donc un paramètre de structure primordial (Duthoit, 2006). L'indice de répartition des feuilles (LAD – leaf Angle Distribution) qui correspond à l'inclinaison des feuilles, peut être décrit comme la fonction de répartition des feuilles selon leur inclinaison.

Les plus couramment observées, sont les répartitions :

- Planophile : les feuilles horizontales y sont les plus fréquentes (couvert de soja),
- Erectophile : les feuilles dressées sont les plus fréquentes (céréales),
- Plagiophile : les feuilles inclinées à 45° sont les plus fréquentes (vigne),
- Extremophile : les feuilles ont deux orientations possibles : horizontale et verticale,
- Uniforme : la probabilité d'inclinaison des feuilles est la même quel que soit l'angle,
- Sphérique : la fréquence d'occurrence des angles foliaires est celle qu'auraient des feuilles placées à la surface d'une sphère.

Le LAD dépend bien sûr du type de végétation, des contraintes du milieu (lumière, stress hydrique...), mais aussi de la géométrie (capteur, cible et soleil). Selon (Moulin, 1995) les réflectances ont une grande sensibilité à la distribution des angles foliaires. Les feuillages orientés horizontalement (planophiles) présentent une variabilité moins

importante en terme de réflectance que les autres distributions vis-à-vis la géométrie et les plus importantes par rapport aux répartitions angulaires des feuilles (Fensholt, 2003).

#### **IV.1.2.3. Dispersion des feuilles**

Les feuilles ne sont pas disposées de manière aléatoire dans le couvert. En effet, un couvert végétal résulte de phénomènes de croissance au sein de la plante, déterminée à la fois par son patrimoine génétique mais bien sûr aussi par les conditions du milieu. Selon (Rochdi, 2003), l'arrangement spatial des feuilles n'est pas aléatoire et a généralement tendance à être de type aggloméré (agrégées) autour des plantes, des branches ou des rameaux. La dispersion traduit l'agencement des feuilles du couvert, il conditionne la distribution du rayonnement et la manière dont il s'atténue dans le couvert végétal.

#### **IV.1.3. Au niveau du sol**

Le spectre de réflectance d'un sol est généralement caractérisé par une augmentation progressive de la réflectance du visible à l'infrarouge. Les propriétés optiques des sols sont déterminées, comme pour la feuille, par sa composition biochimique et sa structure. Le spectre de réflectance d'un sol est généralement caractérisé par une augmentation progressive du visible à l'infrarouge moyen. La réflectance du sol est généralement plus élevée dans le visible et le moyen infrarouge et plus faible dans le proche infrarouge, et peut être affectée par plusieurs facteurs tels que la composition minérale, la matière organique, la structure du sol et son contenu en eau.

##### **IV.1.3.1. Composition minérale**

Les minéraux constituant les sols présentent des indices de réfraction supérieurs à celui de l'air et même légèrement supérieurs à celui de l'eau. Le fer présent dans le sol sous formes d'ions ferreux et ferrique comporte de fortes bandes d'absorption dans le visible et le proche infrarouge. L'existence des carbonates ou de sulfate se manifeste par une augmentation générale de la réflectance dans ces deux domaines liée à une très faible absorption (Rochdi, 2003).

##### **IV.1.3.2. Matière organique**

Les sols très organiques peuvent avoir des réflectance inférieures à 2.5% dans le visible et le proche infrarouge masquant en grande partie les réponses spectrales des minéraux (Rochdi, 2003). La matière organique peut affecter les propriétés optiques des sols en modifiant leur capacité de rétention en eau et leur structure, donc la réflectance des sols.

**IV.1.3.3. Contenu en eau**

L'humidité du sol affecte la réflectance sur tout le spectre de diffusion et d'absorption. Selon (Cayrol, 2000) la réflectance dans tout le domaine spectral considéré est d'autant plus faible que le sol est plus humide. De fait que les surfaces en eau absorbent la quasi-totalité qu'elles reçoivent, la réflectance est faible dans les longueurs d'onde du bleu/vert et très faible dans le rouge et le proche infrarouge (Gay, 1999).

**IV.1.3.4. Structure du sol**

La réflectance d'un sol dépend également des dimensions des particules qui le constituent. Plus les particules sont fines, plus la réflectance est élevée pour un type de sol donné (Duthoit, 2006). La rugosité de la surface est aussi déterminée, liée à la présence de mottes et d'irrégularités à la surface du sol. Elle joue sur la distribution des zones ombrées et éclairées et induit ainsi une variabilité angulaire de la réflectance. Ainsi une augmentation de la rugosité s'accompagne par une réduction de la réflectance sur tout le spectre (Rochdi, 2003).

**IV.4. Les indices de végétation**

En télédétection, les indices font partie des méthodes de traitement que l'on appelle les transformations multispectrales. Ils consistent à convertir les luminances mesurées au niveau du capteur satellitaire en grandeurs ayant une signification dans le domaine de l'environnement. Basés sur le caractère multispectral des données satellitaires, ils permettent de décrire l'état d'un phénomène. Un indice de végétation par exemple, peut rendre compte du stade de croissance végétale à un moment donné.

« L'indice de végétation est une réduction de l'information de type radiométrique contenu dans le capteur. Les types d'indices sont souvent de bons indicateurs de la densité de la végétation mais doivent être manipulés avec prudence et après une étude attentive de leurs valeurs relativement à des données de terrain » (Deshayes & Maurel, 1990) Les différents indices de végétation correspondent à une démarche empirique dans la recherche d'une estimation de paramètres concernant la végétation afin d'identifier et suivre la dynamique de végétation, mais aussi pour estimer certains paramètres biophysiques caractéristiques des couverts végétaux, comme la biomasse, l'indice de surface foliaire, la fraction de rayonnement photosynthétique actif, etc. ils sont plus ou

moins sensibles à la contribution spectrale venant du sol ainsi qu'à celle provenant de l'éventuelle matière sèche sur pied mélangé à la matière verte (Girard et Girard, 1999).

#### **IV.4.1. Les indices simples**

Les indices de végétation les plus simples sont basés sur des opérations arithmétiques entre deux bandes spectrales, généralement le rouge et proche infrarouge, mais également les bandes du proche et du moyen infrarouge.

- Parmi les indices les plus élémentaires et les plus anciens, on trouve l'indice de végétation brut, ou indice différentiel de végétation (**DVI = PIR - R**) qui est égale à la simple différence des bandes du proche infrarouge et du rouge (Bacour et al ; 2006).
- L'indice de végétation par quotient (**RVI = PIR / R**), s'exprime également de façon très simple. il est égale au rapport entre les bandes infrarouge et rouge (Krieger et al ; 1969).
- L'indice le plus simple et le plus utilisé est l'indices de végétation par différence normalisée ou l'indice de Tucker **NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)** (Rouse et Haas, 1973 ; Tucker, 1979).

Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages, pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

- Les indices de stress hydrique, comme le **MSI = (MIR / PIR)** (Hunt et Rock, 1989) ou le **DWI = (PIR - MIR) / (PIR + MIR)** (Gao, 1989) sont des indices simples dans lesquels on utilise la bande spectrale du moyen infrarouge à la place de la bande rouge. Ces indices varient en fonction de la teneur en eau des feuilles. ils permettent de déceler lorsque les végétaux sont en état de stress hydrique et sont par conséquent très utiles pour le suivi de la végétation en zone sèche.

**IV.4.2. Les indices utilisant la droite des sols**

Ces indices ont été proposés avec pour objectif de corriger ou tout au moins, réduire l'influence des sols sous-jacents aux couverts végétaux sur le signal mesuré au niveau du capteur satellitaire. Trois types d'indices ont été développés :

- L'indice perpendiculaire de végétation  $PVI = 1 / (\alpha^2 + 1)^{1/2} (PIR - R - \beta)$  où  $\alpha$  est la pente de la droite des sols dans l'espace et  $\beta$  est l'ordonnée à l'origine de la droite des sols ; proposé par Richardson et Wiegand (1977), suppose que la distance perpendiculaire est linéairement reliée à la couverture végétale. Huete (1988) a montré que les pentes des lignes de végétation croissent avec l'augmentation de la biomasse végétale.

- Huete (1988) propose un indice de végétation ajusté pour le sol qui introduit un paramètre

d'ajustement  $SAVI = (PIR - R) (1 + L) / (PIR + R + L)$  où  $L$  est une constante égale à 0.5, qui caractérise le sol et son taux de recouvrement par la végétation.

- Baret et al. (1989) propose une amélioration de l'indice SAVI. Leur indice transformé de végétation ajusté pour le sol  $TSAVI = [\alpha (PIR - \alpha R - \beta) / R + PIR - \alpha \beta + 0.08 (1 + \alpha^2)]$  qui utilise la pente  $\alpha$  et l'ordonnée  $\beta$  de la droite que les valeurs arbitraires fixées pour l'indice SAVI.

- Qi et al. (1994) proposent eux aussi une amélioration du SAVI. Dans leur indice modifié de végétation ajusté pour le sol  $MSAVI = (PIR - R) (1 + L) / (PIR + R + L)$ , le paramètre  $L$  n'est plus une constante, mais il est ajusté automatiquement aux conditions locales. La différence concerne le facteur  $L$  qui dépend à la fois de la droite des sols, du NDVI et de l'indice de végétation par différence pondérée (weighted difference vegetation index) proposé par Richardson et Wiegand (1977)  $WDVI = PIR - \alpha R$ .

**IV.4.3. Les indices corrigeant les effets de l'atmosphère**

Ces indices ont été proposés pour réduire l'erreur provoquée par les processus de diffusion et d'absorption du rayonnement électromagnétique. La correction est souvent basée sur la différence entre les bandes spectrales et bleu et rouge.

- Kauffman et Tanré, 1992 proposent un indice permettant de réduire les effets atmosphérique en utilisant la bande bleue, l'indice  $ARVI = (PIR - RB) / (PIR + RB)$  où  $RB$  est une combinaison des réflectances dans les bandes spectrales bleu et rouge avec  $RB =$

$R - \gamma (B-R)$  où  $\gamma$  est un facteur d'autocorrection atmosphérique qui dépend du type d'aérosols présents.

- Pinty et Verstrate, 1992 proposent une relation non linéaire pour minimiser l'influence de l'atmosphère, l'indice  $GEMI = \eta(1-0.25\eta)-[(R-0.25)/(1-R)]$  avec  $\eta = [2(PIR_2 - R_2) + 1.5 PIR + 0.5 R] / [PIR + R + 0.5]$ .

#### **IV.4.4 Les indices corrigeant les effets conjugués des sols et de l'atmosphère**

En combinant les indices SAVI et l'ARVI, il est possible d'obtenir des indices qui corrigent les effets conjugués des sols et de l'atmosphère, comme l'indice de végétation amélioré proposé par Huete et al (1999),  $EVI = G [(PIR-R) / (PIR + C1R-C2+L)]$  où  $G$  est le facteur de gain qui est égale à 2.5 ;  $C1$  et  $C2$  sont des coefficients de correction de la diffusion atmosphérique.

#### **IV.4.5. Les indices prenant en compte la température du sol**

Plusieurs recherches ont suggéré l'utilisation combinée de l'indice de végétation et de la température du sol mesurée dans l'infrarouge thermique, pour estimer le taux d'humidité des sols, ainsi que l'état de stress hydrique des végétaux.

Sandholt et al, 2002 proposent un indice de sécheresse  $TDVI = (Ts - Ts(\min)) / (\alpha + \beta NDVI_{ts}(\min))$  avec  $Ts$  température de la surface et  $Ts(\min)$  température de surface minimum. Pour une même valeur de l'indice de végétation, les températures les plus élevées correspondent aux surfaces les plus sèches. Il est donc possible d'estimer le taux d'humidité des sols et par conséquent, l'état de stress hydrique des plantes, dès lors que la température de surface et l'indice de végétation sont connus.

### **V. Les systèmes d'informations géographiques (SIG)**

Grâce au développement des nouvelles technologies (satellites et mise au point d'ordinateurs puissants) le Système d'Information Géographique (SIG), qui était assimilé au départ à un moyen de représenter les données sur une simple carte géographique, devient de plus en plus un outil important d'aide à la prise de décision; un outil de portée relativement grande et élargie à des domaines connexes à la gestion globale du développement.

L'objectif fondamental du SIG est de fournir une base de prise de décision, dans plusieurs domaines, à partir des données satellitaires.

### **V. 1 Définition**

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont, historiquement, nés du croisement de la cartographie assistée par ordinateur et des systèmes de gestion de bases de données (SGBD).

Appelés GIS (Geographic Information System) dans le monde anglophone, ils sont, depuis 1988, définis aux États-Unis comme des « systèmes informatiques de matériels, de logiciels et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion ». En France, la définition, adoptée par le Conseil national de l'information géographique (CNIG1) en 1990.

Les SIG sont des « ensembles de données repérées dans l'espace et structurées de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision ».

### **V. 2 Composition d'un SIG**

Le SIG est composé, d'une part, de la base de données géographiques, et d'autre part, d'un ensemble d'outils permettant l'utilisation de celle-ci.

#### **V.2.1 La base de données géographique (BDG)**

Elle constituée d'un ensemble numérique de « cartes » et d'informations associées. Comme cette base de données décrits des objets à la surface de la terre, elle est composée de deux éléments : une base de données décrivant les objets spatiaux (localisation, forme) et une autre définissant les caractéristiques thématiques (attributs) de ces objets.

Une base de données est une collection d'informations relatives à un sujet ou un objectif particulier (Définition Microsoft Access). C'est en fait un ensemble de tables, de relations entre les tables, de requêtes, de formulaires et de rapports.

**V.2.2 Saisie de données**

saisie des données peut se faire à partir d'un formulaire ou directement dans la table. La saisie à partir d'un formulaire est préférable car le formulaire peut être personnalisé pour faciliter la saisie.

est possible d'importer ou de lier des données provenant d'un grand nombre de source dans Access (Excel, fichier texte, table .pdf, fichier HTML ou XML, autre bases de données ACCESS)

**V.2.3 Filtrage des données**

Les filtres permettent d'isoler des enregistrements par rapport à des conditions. C'est équivalent à créer des sous-ensembles de notre ensemble de données . Les filtres sont des expressions qui utilisent des opérateurs mathématiques et de comparaisons (=, <, >, ≥, ≤, <>) et des opérateurs logiques (et, ou). (Ex : les peuplements ayant un volume ≥ 150 m<sup>3</sup>/ha et résineux).

Rappel : Les opérateurs logiques (et, ou) font appel à la notion d'ensemble et de sous-ensemble.

- L'intersection de deux sous-ensemble se réalise avec l'opérateur ET
- L'union des deux sous-ensembles se réalise avec l'opérateur OU

**V.2.4 Les principales fonction d'un SIG**

Les systèmes d'information géographique peuvent être constitués pour répondre à différentes demandes. Comme le système universel n'existe pas, il faut les adapter selon les objectifs fixés. Toutefois ils ont en commun des fonctionnalités que l'on retrouve dans chaque système regroupées en 5 familles sous le terme des « 5A » pour : Abstraction, Acquisition, Archivage, Affichage et Analyse. (MARMONIER,2002)

**a) Abstraction :** modélisation du réel selon une certaine vision du monde.

**b) Acquisition :** intégration et échange de données. (Import- Export). L'acquisition des données est faite par trois types :

**Digitaliseur :** la numérisation des plans cartographiques scanné par l'ordinateur ou la table à digitalisé.

**Scanner :** les cartes, les photo aérienne sont introduire sous forme des données raster.

**Clavier :** la saisie des données attributaires

c) **Archivage :** structuration et stockage de l'information géographique sous forme numérique.

d) **Affichage :** représentation et mise en forme, notamment sous forme cartographique.

e) **Analyse :** analyse spatiale (calculs liés à la géométrie des objets, croisement de données thématiques...)

### **V.2.5. Modes de représentation des données géographiques**

Les données spatiales sont représentées dans un SIG suivant deux modes : vecteur ou raster.

#### **V.2.5.1. Mode vecteur**

En mode vecteur, les objets sont définis par des points, par des arcs ou des polygones. A chaque objet est alors assigné un identifiant unique, à travers lequel lui sont associées des caractéristiques attributaires quantitatives et/ou qualitatives. Le mode vecteur est de ce fait plus adapté à la représentation de variables discrètes. Il permet de représenter les objets tels qu'on les perçoit dans le monde réel.

##### **a) Les points**

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

##### **b) Les lignes**

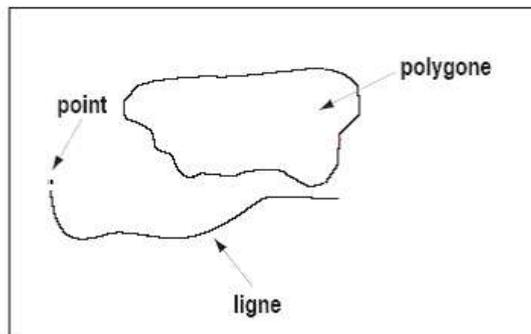
Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

##### **c) Les polygones**

Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de formation végétales

##### **d) Mode raster**

Les données sont stockées sous forme des cellules de taille et de forme identiques pour représenter l'espace, en le découpant de manière régulière. Généralement de forme carrée, les cellules (ou 'pixels') sont organisées en lignes et colonnes. A chaque pixel correspond une valeur unique. Les images satellitaires ou scannées sont des exemples de données représentées en mode raster.

**Mode raster****Mode vecteur****Figure N°12:** Les modes de représentation des données géographique

### V.3 Les domaines d'applications

Les domaines d'application des SIG sont nombreux que variés tel que.

- la protection de la nature : mesure de la dégradation des écosystèmes et évaluation des risques futurs dus aux pollutions
- la géomorphologie : pour évaluer les effets d'érosions afin de déterminer la façon la plus efficace d'intervenir
- la socioéconomie : impact des activités anthropiques (le surpâturage, surexploitation ... ect) sur la dégradation de la couverture végétale
- la foresterie : analyse et suivi de la biodiversité, cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture
- Tourisme : gestion des infrastructures, itinéraires touristiques
- Planification urbaine : cadastre, voirie, réseaux assainissement
- Protection civile : gestion et prévention des catastrophes
- Transport : planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires
- Hydrologie : planification et gestion des réseaux hydriques

**V.3.1 Utilisation des SIG dans le monde forestier**

- Inventaires forestiers
  - Préparation de plan de sondage
  - Localisation des placettes-échantillons (avec GPS)
  - Compilation des résultats
- Aménagement intégré
  - Cartographie des plans d'aménagement et des rapports d'intervention
  - Analyse spatiale et multicritères (choix des peuplements à récolter, planification des routes et des infrastructures, calcul de superficies et de distances de transport)
  - Délimitation des bassins versants
  - Analyse de paysage
- Opérations forestières
  - Analyse et préparation des données pour utilisation dans des outils d'aide à la décision
  - Analyse réseau
  - Analyse spatiale et muticritères
  - Gestion des infrastructures
- Participation du public
  - Outil de communication et de vulgarisation
- Recherche forestière
  - Planification expérimentale
  - Analyse statistique
  - Présentation des résultats

**1-Localisation :**

Le chott ech chergui est situé les hautes plaines oranaises. Il s'étant du nord à l'est regroupant ainsi les parties des wilayas de Naama, El Bayadh, Saida, Sidi bel abbés et Tiaret.

Le chott Ech chergui touche une partie de la commune d'Ain Skhouna couvrant une superficie de 12.000 hectares au niveau de la wilaya de Saida .Ce site est caractérisé par des zones très riches en ressources d'eau salée, saumâtre et thermale chaude. IL est inclus dans un des plus grands bassins versant de l'Algérie d'une superficie d'environ 40.000 km représentatif de la région méditerranéenne, en raison de la diversification des habitats qu'il renferme ; on y rencontre des halipédes, des zones steppiques toujours vertes aux lenteurs du chott et des sebkhas complètement dépourvues de végétation. Aces formations végétales s'ajoutent les formations des zones humides ou se rencontre une végétation purement aquatique lacustre et paludicole.

C'est le cas des habitats spécifiques qu'on rencontre au de la commune de Ain Skhouna (Djazira, Hamia 1, Hamia 2, Ben Djadienne, Zaouïa) .Ces zones humides sont alimentées par les sondages qui coulent toute l'année et a partir des quelles il y'a la présence de végétation émergente à habitats diversifiés.

Les cordonnées géographiques de Ain Skhouna sont : 34°25-34°30 de longitude, 0°45 -0°55 de latitude et une altitude de 900 mètres

La commune d'Ain Skhouna située sur les hautes plaines steppiques de la région ouest, a une superficie de 404,40 km , qui comporte environ 7272 habitants suite au recensement de 1998 ( DPAT SAIDA ?2009) . Elle est limitée au Nord par la commune de roggassa (wilaya d'El Bayadh), à l'Est et au Nord par la wilaya de Tiaret et à l'Ouest et au nord par commune de maamora, Cette commune de la wilaya de Saida couvre une partie de chott ech chergui ; Notre

zone d'étude fait se trouve juste limitrophe du chef lieu de la commune de Skhouna, dans la partie sud du chott .

## **2- Caractéristique abiotiques du site :**

### **2-1- Caractères géologiques :**

Trois formations géologique sont présentent au niveau du Chott Ech chergui :

#### **2-1-1- Le tertiaire continental :**

Constitué par des dépôts d'argiles rouges fréquemment gypseux et présentant souvent des niveaux détritiques grossiers et des bancs de calcaires, cette formation a une épaisseur variant de 5-10m à plus de 100m.

#### **2-1-2 Le crétacé supérieur et sénonien :**

Il se trouve dans la région recouverte par le tertiaire continental. Ce sont des calcaires très fissurés avec au sommet des dépôts détritiques calcaires.

#### **2-1-3- Le bajo-bathonien :**

Constitue le substratum marin de la région, constitué principalement par des calcaires, calcaires dolomitiques et dolomies avec des intercalations marneuses. Dans la région d'Ain Skhouna cette formation est recouverte par le sénonien et le tertiaire continental. Son épaisseur varie de 100m-150 m à plus de 200m (DGF 2001) .

## **2-2 Caractère géomorphologique :**

Le chott Ech chergui est une vaste dépression orientée Nord-EST/ Sud-ouest s'étendant au Sud des monts de Saida sur environ 170 km de long et 20 km de large. Les bords de cette dépression correspondent aux cotes 1.000m et le fond aux cotes 985-990m, bien que drainée par des eaux thermales et eaux permanentes issues de fourrage de l'albien. Ses eaux sont salées en surface (Rebhi, 1999).

## **2-3 Caractère pédologique :**

### **2-3-1- Type de sol : les conditions édaphique influent directement sur la morphologie, la physiologie, et la distribution de la végétation.**

Les terres de cette région appartiennent aux sols salins avec des couverts de végétations dégradés. Le substratum de cette zone est constitué de croûte calcaire et de limons argileux, marneux et d'argile rouge.

Les croûtes sont constituées de 80 à 90% de calcaire de forte densité (épaisseur 30 cm) au dessous se trouvent les formations calcaires moins denses.

Les sols sableux sont localisés aux bordures du chott (apport éolien) , ainsi que les sols de remplissage , c'est –dire les sols des alluvions( les plus profonds) .

Alors que les sols calcaires occupent la plus grande surface et présentent une grande hétérogénéité de profondeurs caractéristiques :

- Sols profond (30 cm)
- Sols moyennement profonde (15 à 30 cm)
- Sols peu profond (15cm).

La texture du sol est limoneuse à sableuse avec 35 à 48% limon ou encore sablo limoneuse avec 17 à 25% de sable grossier. Dans certaine zone le sol peut contenir un taux d'argile moyen (10%) et atteint en profondeur 4,5 à 10% d'argile, le PH du sol est basique variant de 7,5 à 8,5 ,Il est très riche en carbonate qui augment en profondeur .Le taux d'humus est faible allant de 0,5 à 1,3 % de matière organique .Il peut atteindre 2,5 % sur les dépôts de ruissellements alluvionnaires.

- Le C/N est faible allant de 7 à 9,5, ce qui dénote une minéralisation faible.
- Le CEC est faible aussi avec 20 à 24 meq/100 g pour les sols lourds et de 10 à 13 meq/100g sur les sols légers. Le complexe absorbant est saturé en calcaire.

**2-4 Caractère hydraulique :**

Le Chott Ech Chergui est un bassin fermé, formé de reliefs peu accusés. La hauteur des eaux moyennes sur la région est de 250 mm environ. Une partie de cette eau s'infiltré dans le sol et par des circulations souterraines tend à gagner la partie basse de la cuvette. Les terrains argilo sableux qui surmontent les calcaires créent d'autre part un obstacle à la sortie des eaux du calcaire. On distingue des sources d'eaux qui coulent toute l'année et forment des marés à biotope spécifique

**2.5 Valeur hydrologique :**

L'imprécision de réseau hydrographie de la zone humide est vraiment remarquable, de nombreux travaux ont été entrepris pour endiguer ces eaux folles depuis le début de la colonisation.

**2.5.1- Le chott Ech Chergui : renferme trois nappes importantes :**

- **La nappe du tertiaire continental** : On la trouve soit dans les niveaux détritiques grossiers soit dans les calcaires et constituent des nappes libres dont le niveau statique varie entre 40 à 70 m. Dans la zone d'Ain Skhouna les nappes de tertiaire et du sénonien sont confondues.

- **La nappes du sénonien** : elle est confondue avec celle du tertiaire et ayant un niveau captée par six forages d'un débit de 450 I/s chacun.

- **La nappe du bajobathonien** : constitue la plus importante de la région. Elle est captée par une trentaine de fourrages d'un débit de 692 I/s.

**2-5-2 - Oued khrouf** : selon (Gucher, 1939), l'oued khrouf possède à son origine des eaux de bonne qualité. Une étude détaillée de cette rivière montre la salure progressive des eaux causées par les terrains

**2-5-3- Les forages** : Il existe plusieurs forages à Ain Skhouna qui de par leur destination sont réparties comme suit (DGF, 2001) :

a) **Forage réserves de L4AEP CI C2 C5** : Les forages irrigation faidh R'mel, irrigation dayet zraguet, AEP groupement de Saida ont été exécuté en 1949 au carottage mécanique d'un diamètre supérieur à 1 m, sur une profondeur respectivement de 134 et 120 m . Leur débit atteignent 250 l/s chacun.

b) **Forage piézométriques** : Ce sont des forages réalisés dans le cadre de la recherche scientifique et qui déversent actuellement dans le Chott.

c) **Forage pour l'irrigation** : Au niveau de forage irrigation dayet zraguet et irrigation faid R'mel respectivement pour l'irrigation des périmètres de dayet zraguet et faid R'mel.

## **2-6 Caractéristiques écologiques :**

Trois groupement végétaux sont recensés dans la région du chott Ech Chergui, ceci en plus de la végétation caractéristique des zones humides (typha, roselière, scirpes, et autres potamots, ceratophyllum et myriophyllum) :

Le groupement des hautes plaines, celui des daias, celui du littoral du chott.

Le premier groupement renferme deux associations : l'association à *typha tenacissima* et l'association à *Atriplex mouritanica* et *Artemisia herba alba*.

La seconde association regroupe deux sous associations : les sous association *Artemisia herba alba* et *Atriplex mouritanica* et *suaeda fruticosa*.

Le deuxième groupement des daias contient deux type de végétation : celles des sols salés et non salés.

Le troisième groupement est formé de 3 sous groupement : *juncus maritimus* dans les zones constamment humides, à *halocnemum strobilacern* et groupement pur à *halocnemum strobilacern*. La Végétation des zones humides du chott Ech Chergui est encore trop peu connue dans le détail ( Morsli, 1998)

## 2-7 – Les caractéristique climatiques régionales :

### 2-7-1- Introduction :

Selon leutrech (1982), le climat Algérien est assez instable, très variable d'une année à l'autre pour une même station. Il est surtout variable pour la pluviosité qui est irrégulière : hauteur des précipitation variables, date plus ou moins avancées ou reculée du début de la saison sèche et du retour de la saison pluvieuse ( tableau05)

### 2-7-2- Etude des précipitations :

L'intensité des pluies et leur fréquence jouent un rôle déterminant sur la migration des défrérentsions et par conséquent sur la nutrition minérale des végétaux.

La connaissance des régimes pluviaux présente un intérêt biologique certain, car la végétation se trouve directement influencée par la répartition des pluies durant l'année.

En effet un maximum pluviométrique en période de végétation n'a pas la même signification biologique qu'un maximum en période d'arrêt de végétation (hors végétation).

**Tableau 5** : caractéristiques de la station météorologique utilisée

Station	Code	coordonnées		Période	
		x	y	précipitations	températures
Ain Skhouna	81901	329.0	136.0	1960-1998	1960-1998

#### a) Précipitation moyenne mensuelle :

On appelle précipitation mensuelle, la somme des pluies tombées à une station en l'espace d'un mois, la station d'Ain Skhouna est caractérisée précipitation totale de 293,7 mm par an .

Pour la période (1960-1998). Le mois le plus humides est octobre avec 24.29 mm et le mois le plus sec est juillet avec 4.03 mm par an (tableau6).

**Tableau 6** : présentation des précipitations moyennes mensuelles de station d'Ain Skhouna (1960-1998).

Mo i s	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Fe v	Ma r s	Avr	Ma i	Jui n	Jul	Ao û t	Tot al
Pm y	17.1 4	24.2 9	17.1 2	14.3 2	18.4 0	12. 8	21. 8	188 4	192 3	98 7	4.0 3	6.6 1	293. 7

Source : station métrologique d'Ain Skhouna 1999

D'après tableau 6 , on remarque que le mois le plus pluvieux et celui de ( pluie d'hiver), et le mois le moins pluvieux est celui de juillet.

**b) précipitation moyenne saisonnière :**

Pour une meilleur connaissance de la répartition au cours de l'année, on a essayé d'assembler les données par saison.

Le tableau 7 nous permet de faire une comparaison des saisons de l'année, et de connaître le régime saisonnier de la zone étude.

A travers ce tableau, on peut constater donc, qu'au niveau de la station Ain- Skhouna, le printemps est la saison pluvieuse par contre l'été est la saison la pus sèche. Alors le régime saisonnier est de type HPAE.

**Tableau 7** : répartition de la précipitation saisonnière

Station	Précipitation saisonnière en (mm)			
	Automne (S.O.N°)	Hiver (D.J.F)	Printemps (M.A.M)	Eté (J.J.A)
Ain Skhouna	60,92	45,81	62,91	21,36
	31.89%	23.93%	32.93%	11.18%

Source : station métrologique d'Ain Skhouna 1999

**2-7-3- Température :**

La température moyennes ne sont pas toujours identiques dans toutes les années, mais varient considérablement autour de la moyenne annuelle. Ces variations se produisent sous l'influence de la circulation atmosphérique, susceptible de change d'une année à l'autre .A cet effet, on doit s'intéresser dans l'étude climatique aux températures minimales, maximales et moyennes.

**Tableau 8 :** Températures moyennes, minimales et maximales (en C°) au niveau de la station Ain Skhouna (1960à 1998) .

Station Ain Skhouna												
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Tmin	12.5	7.5	3.2	0.5	0.1	1.0	2.3	4.8	9.1	11.9	16.5	16.3
Tmax	30.7	22.8	15.4	11.0	11.2	10.9	17.0	21.9	30.6	32.8	34.0	33.7
Tmoy	21.7	16.0	14.8	5.8	5.7	6.0	5.5	13.3	20.0	24.5	25.1	25.5

Source : station d'Ain Skhouna 1999

On note que la moyenne de minima du mois le plus froid est de l'ordre de 0,1C° (janvier) pour la période d'observation (1960-1998). Juillet est le mois le plus chaud avec une moyenne de maxima 34C° (tableau 8)

**2-7-4 Le vent :**

D'après les résultats du dépouillement des relevés enregistrés au niveau de la station météorologique d'Ain Skhouna, le régime des vents dans le bassin du Chott Chergui est caractérisé par deux principales directions : Nord-Ouest et Sud- Est. Les vents soufflent particulièrement du mois d'Avril ou mois d'Août.

Durant la période d'été c'est le sirocco qui se manifeste, essentiellement, entre juillet et Août, avec une fréquence moyenne de 11 jours/ mois. Le parcours moyen de vent est de 9700 km/mois avec des écarts mensuels qui ne dépassent pas les 20

km. Ce parcours important correspond à une vitesse moyenne continue de plus de 3.5 m/s.

**2-7-5- L'humidité :**

L'humidité représente le degré de saturation de l'air en vapeur d'eau. Dans le bassin du Chott Chergui, humidité dépasse annuellement Les 50% (tableau 9)

**Tableau 9 :** Moyennes mensuelles de l'humidité relative ( en %) durant la période (1960à1998)

Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Ain Skhouna	45	57	67	72	70	67	57	56	52	41	29	33

**Source :** station d'Ain Skhouna 1960-1998

**2-7-6- L'évapotranspiration :**

Le tableau 10, résume l'importance de ce phénomène et son étroite relation avec la température, car l'évaporation est plus importante en été et l'air est beaucoup moins humide au printemps, en automne et atteint son minimum en hiver.

**Tableau 10 :** évapotranspiration moyenne mensuelle (ETP en mm) durant la période 1960 à 1998

Mo is	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Tota le
ET P (m	107.90	41	32.51	02.56	2.45	2.80	9.37	23.83	82.36	122.02	184.42	176.64	787.86

m)													
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Source :** station d'Ain Skhouna 1960-

1998

**2-7-7- Le sirocco :**

Le tableau 11 montre que le sirocco s'observe depuis le mois de Mars jusqu'à Octobre, avec une moyenne de 12 jours sur 10ans.

**Tableau 11 :** nombre moyenne de jour de sirocco sur une période de 10 ans à la station d'Ain Skhouna.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Totale
Nb jours	01	01	00	00	00	00	01	02	01	02	02	02	12

**2-7-8- Les accidents météorologiques :**

- **Gelées et grêles :**

Les Gelées et grêles enregistrées dans la région sont comprise entre 10à14 jours par an dans la partie nord, elles coïncident avec la période humide, par contre l'apparition des grêles et moins fréquente.

- **Les orages :**

Ils se produisent en tout saison. Ils sont fréquents et violents en hiver. En été, ils sont secs et de courte durée .Ils sont toujours accompagnés de pluies torrentielles.

- **Les rossées :**

Les rosées nocturnes sont fréquentes au printemps. Elle jouent alors un certain rol en maintenant la fraîcheur du sol .Elle s sont favorable a la végétation

- **La neige :**

Le nombre de jours d'enneigement est variable, en moyenne il est de 3 jours (Dupuis, 1954).

### **2-7-9- Les Pentes :**

La commune de Ain Skhouna est représenté par différentes classes des pentes illustrant la topographie générale, il y'a en tout de même deux classes de pentes identifiées et classées dans le tableau 12.

**Tableau 12 :** les différentes classes des pentes

Classe des pentes	Superficie (km)	Pourcentage %
0-3	399.5km <sup>2</sup>	98.08%
3-6	4.85 km <sup>2</sup>	1.2%

## **3- Caractéristique biotique :**

### **3-1- Flore remarquable :**

On doit noter que les zones humides présentent une flore remarquable et cette flore est représentée par les espèces endémiques suivantes : *Ephorbia guyoniana* (endémique au Sahara) , *Holenackeria polydon* ( endémique à l'Afrique du Nord) , *Carum foetidum* ( endémique), *Frankenia thymifolia* ( endémique a l'Afrique du Nord) *Thymus ciliatus* (endémique à l'Afrique du Nord) *Atracylus cyrtolepidioides* ( endémique) , *helianthemum apertum* (endémique)

De plus, il est à signaler la présence de quatre espèces indigènes qui sont *Tamarix Boveana*, *Tamarix gallica*, *Pyrus garbiana* et *Zizyphus* (Morsli ,1998)

### **3-2- Faune remarquable :**

Le chott Ech Chergui est un endroit favorable pour l'installation d'une faune multiple et variable à cause de la diversité des milieux et des habitats. En outre, la richesse en eau dans un milieu aride est celui où se regroupe une faune remarquable. Cependant, en l'absence d'inventaires faunistiques exhaustifs, seule l'avifaune, un peu mieux étudiée témoigne de la richesse et de la spécificité de ces

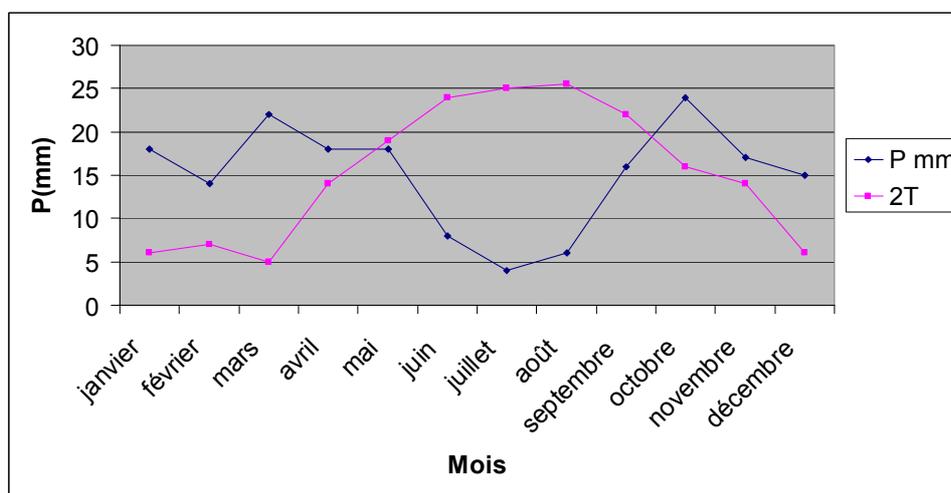
milieux : fuligule nyroca et sarcelle marbrée nicheur, échasse blanche nicheuse, oedichéme nicheur, etc.

Le Cott est également riche en ichtyo faune, malheureusement encore trop peu connue.

#### 4-Synthèse climatique :

##### 4-1- Etude du Diagramme ombro-thermique :

Bagnouls et Gausson, ont proposés de déterminer la durée de la saison sèche à l'aide d'une représentation graphique .Celle- ci consiste à tracer sur un diagramme deux courbes dont l'une représente la moyenne des températures mensuelles. L'autre représente la pluviométrie moyenne mensuelle. D'après ces auteurs, un mois est considéré comme sec lorsque la moyenne des pluies est inférieur ou égale au double de la température ( $p < 2T$ ).



**Fig.13** : Le diagramme ombro-thermique de Ain Skhouna

D'après le diagramme ombro- thermique de Bagnouls et Gausson (Fig 13) .

On remarque que la saison sèche s'étale entre le mi d'avril jusqu'à mi septembre, en comptabilisant 6 mois secs sur tous les 12 mois de l'année concerné.

### **5- Indice de classification climatique :**

Après avoir définis tous les facteurs climatique caractérisant la région du Ain Skhouna principalement la pluviométrie et la température, on doit déterminer le type de climat régnant. Dans ce contexte, plusieurs méthodes peuvent être employées.

#### **5-1- Méthode d'EMBERGER :**

Le botaniste Emberger (1930) a proposé un quotient pluviothermique Q2 qui permet de situer la station dans l'étage bioclimatique convenable, ou il fait intervenir le total des précipitations annuelles (p) , la moyenne de maxima du mois les plus chaud (M) et la moyenne de minima (m) du mois les plus froid (fig 8) .

#### **5-2- Méthode de Lang :**

Pour définir les grand types de climat, langue utilisé le rapport  $1=P/T$

P : précipitation annuelle en mm

T : température moyenne annuelle en degré Celsius.

Le climat peut être :

- c) aride si est comprise entre 10 et 40.
- d) Humide si 1 est comprise entre 40et 160.
- e) Très humide si 1 est supérieur à 160.
- f) L'indice de Ain Skhouna est égala a 17.33 et par conséquent le climat est de type aride.

#### **5-3- Méthode De Martonne :**

En 1923, De Martonne a repris la formule de Lang , et a proposé d'ajouter 10 au dénominateur pour éviter d'avoir des nombre s négatifs( fig14).

$$I=P/T+10$$

I : entre 10a20 : climat semi aride

I : plus de 25 climat sub humide

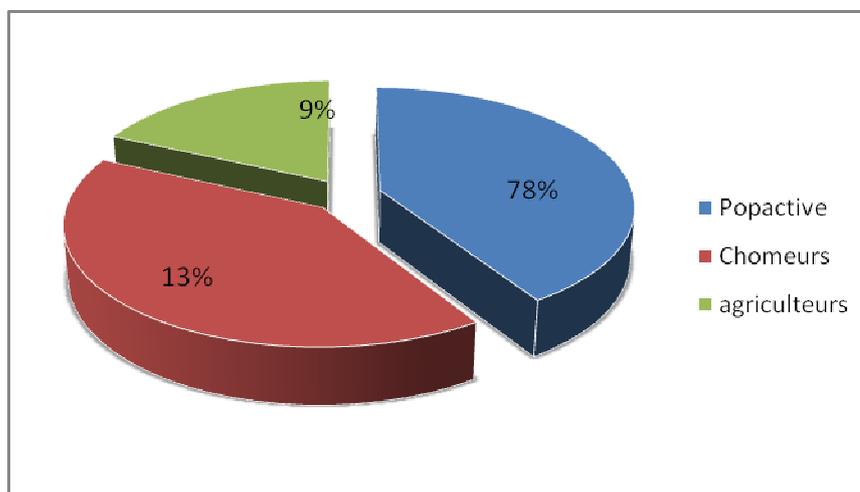


Fig 14 : position de Ain Skhouna sur le diagramme de De Martonne

## 6- Etude socio-économique :

L'étude sosio-économique est importante puis qu'elle a un effet sur la diversité biologique. En effet l'homme par ses diverses et pratiques telles que le pâturage, les coupes abusives, cultures extensives et les pollutions, continue sans cesse à agir négativement sur le milieu, ce qui entraîne une sur exploitation des ressources naturelles et cause un déséquilibre biologique et écologique.

### 6-1- Mouvement des populations :

Le phénomène de mobilité sociale chez les éleveurs d'AinSkhouna est lié à l'activité pastorale. Le transfert de population d'une commune à l'autre cause parfois la diminution du nombre d'habitants d'une comme à l'autre pour la commune d'Ain Skhouna le nombre est passé de 4500 habitants en 1977 à 8500 habitant en 1987. Par contre la commune voisine de Maamar a vue le nombre d'habitants passé de 7052 habitant en 1977 à 6088 en 1987.

Cette situation s'explique surtout par le fait que la population pastorale a toujours été en quête de condition agro- économique favorable à leur élevage.

Ace titre, il faut noter que la commune de Ain Skhouna a bénéficié pendant la période 1977 à 1981 de programme de mise en valeur agricole en irrigué en raison de la présence de quantité d'eau importante (tableau 13)

**Tableau 13 :** Répartition de population d'Ain Skhouna

Commune	Agglomération	Zone éparse	Les nomades	Total
Ain Skhouna	5269	735	1264	7272

### 6-2- Activité et population :

La région d'Ain Skhouna renferme deux localités, la commune d'Ain Skhouna et le village de Dayet Zraguet. On y trouve quelques activités comme le pastoralisme, l'agriculture et le tourisme, l'activité dominante étant marquée par l'élevage. Le thermalisme, quant à lui, est encore trop peu mis en valeur à l'heure actuelle.

La population est l'une des facteurs les plus intéressants et qui intervient à des changements interspécifiques ou intra spécifiques. Le recensement de la population suite à leurs activités est présenté sur le tableau 14 et la figure 18.

**Tableau 14 :** le recensement de la population

Commune	surface	Pop active	Chômeurs	agriculteurs	éleveurs
Ain Skhouna	404,40km <sup>2</sup>	1372	1728	600	100

Le nombre des agriculteur est beaucoup que le nombre des éleveur (600 agriculteurs par rapport à 100 éleveurs).

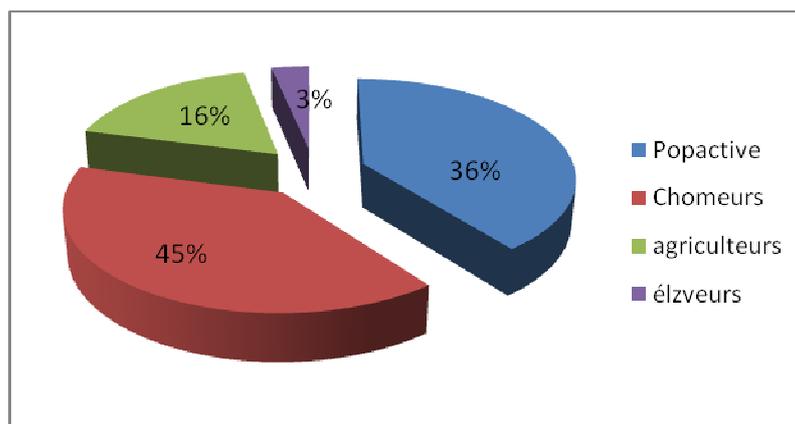


Fig 15 : La répartition de la population d'Ain Skhouna par type activité

### 6-3-L'agriculture :

Cette région est caractérisée par la présence du périmètre de D ayat Zraguet

qui couvre une superficie de 2850 Has et distant de Ain Skhouna de 17 km ce périmètre fait profiter les gens de cette zone en productions agricoles.

En plus de quelques terrains utiles à l'agriculture repartie ça et là dans la région est qui servent comme sources d'alimentation pour les riverains. La répartition de la superficie de la commune d'Ain Skhouna est donnée sur le tableau 15

tableau 15 : répartition de la superficie de la commune

Commune	Mise en défens (ha)	Pacage parcourus (ha)	Espace forestier (ha)
Ain Skhouna	6000	3000	7

( DPAT saida 2009)

### 6-4 L'élevage :

L'activité principale des gens de la région est l'élevage des ovins cela est du à l'adaptation du mouton au terrain de pâturage qui sont très maigre et qui renferme une multitude de plantes appréciables par le cheptel. s régions avoisinants à la zone humide sont utilisées pour l'alimentation du cheptel alors

que les zones humides sont des sources d'eau indispensable pour le bétail. parmi les animaux nous citons les ovins, les bovins et les camelines (tableau 16 et fig 13)

**Tableau 16 :** la mise en valeur de l'élevage suite au recensement 2008-2009

Commune	surface	Ovin	Bovin	Camelin
Ain- Skhouna	404.40 km <sup>2</sup>	6000	1000	700

( DPAT saida 2009)

Pour les chiffres on remarque que la présence des ovins est gigantesque par rapport aux autres animaux.

- g) 6000 têtes ovines, qui est présente dans environ : 315011 km<sup>2</sup>
- h) 1000 têtes bovines, qui est présente dans environ : 52.51 km<sup>2</sup>
- i) 700 têtes camelines, qui est présente dans environ : 36.76 km<sup>2</sup>

Donc on peut estimer que le nombre des éleveurs en moyenne est de l'éleveur / 77 Têtes.

A l'issue de cette étude, nous pouvons conclure que la population de notre zone d'études une population paysanne dont 7272 habitant surtout l'agriculture et l'élevage qui est de l'ordre 7700 tête entre Ovin, bovin et camelin .

En l'effet, l'accroissement de la population et le surpâturage entraîne la dégradation de la couverture végétale et des sols.

Une masse aussi importante, nécessite l'application de strictes règles dans un plan d'aménagement national qui facilite la conservation de cette zone.

### **6-5La pisciculture :**

Est l'une des branches de l'aquaculture qui désigne l'élevage poissons. Cet élevage se pratique dans des espaces entièrement ou partiellement clos (bassins en béton ou en plastique, nasses ou cages géantes, etc.) soit en eau douce, soit en pleine mer suivant les espèces. Par analogie avec la culture des végétaux, la En pêche peut être comparée à la cueillette tandis que la pisciculture représente la

culture d'un champ. En effet, il s'agit d'une méthode intensive de production de nourriture, les poissons provenant généralement de bassins de fécondation d'où sont issus les alevins, sont parfois nourris avec des granulés et sont prélevés une fois la taille désirée atteinte. Une visite de travail et d'inspection dans la commune d'Ain Skhouna, commune située sur une zone humide, riche en végétation purement aquatique, lacustre et paludicole. C'est surtout le vivier d'un exceptionnel poisson : le Tiliapia qui est espèce phytoplanctonophage aux vertus thérapeutiques indéniables, l'aquaculture est un nouveau né dans la wilaya, puisque les travaux du premier projet ont débuté en avril 2004 et ont atteint un taux de réalisation de 90% L'élevage du Tilapia permettra de fournir 400 tonnes de poisson grâce à la construction de 34 grands bassins.

pour le ministre de l'agriculture, le développement de la pisciculture et de l'aquaculture dans la wilaya permettra de donner un nouveau souffle à la région.

### **6-6 Transfert d'eau :**

Ain Skhouna renferme d'énormes potentialités en matière d'hydraulique et c'est pour cette raison qu'un projet de transfert d'eau potable vers de Saida avec un débit de 5001/s (DPAT Saida 2009)

### **7- Le réseau routier :**

Le réseau routier fait partie de l'infrastructure générale par son rôle très important, dans la communication et le transport, l'accessibilité des terres par le matériel, l'acheminement de la production locale, son rôle déterminant dans tous les types d'aménagement. il témoigne ainsi du degré de développement d'une région donnée.

Il est possible de numériser les routes défectueuses les routes qui nécessitent des travaux d'entretien, de faire des tracés de routes prévisionnelles..Etc.

Actuellement trois routes goudronnées desservent l'agglomération d'Ain Skhouna Il s'agit des routes Ain Skhouna – Saida avec état moyen, nécessite un

élargissement, Ain Skhouna- El Bayadh dont l'état est défectueux, nécessite une réfection et un élargissement et Ain Skhouna – Tiaret dont l'état dégradée, nécessitant une réfection.

D'une manière générale le réseau routier de la zone étude est un réseau défectueux surtout au niveau des routes communales, qui nécessitent de grands travaux d'entretiens

## **8-Valeur sociale et culturelle :**

### **8-1- loisirs et tourisme :**

Le moyen de loisirs de la population de cette région est caractérisé par le Braconnage qui vise surtout les oiseaux d'eau. Au niveau des zones d'épandage des eaux, un nombre modeste de gens viennent en famille pour se détendre et se reposer à la bordure de ces sites.

La source thermale d'Ain Skhouna attire une population importante locale et avoisinante, la richesse de cette zone en eau thermal à grande utilité thérapeutique a donné lieu à la construction d'un Hammam thermal.

La région du Ain Skhouna est une zone très riche en potentialité et les eaux de la nappe du chott sont thermale avec une température variant de 20 C°- 40C°, et se sont des eaux calcimagnésique avec la présence de chlorure de sulfate donc ce critère est indisponible dans la création du tourisme dans la région.

Au niveau des zones humides on rencontre les Zaouiet et les Goubat qui sont visitées par les habitants de cette région parmi ces Zaouiet on note Zaouiet Sidi El Hadj Mohamed distant de 04 km d'Ain Skhouna ou les gens organisent une fête avec la fontazia. Il existe aussi des Goubat qui sont éparpiller ici et là au niveau des zones humides et qui sont visités par les gens ( DGF. 2001)

**8-2- Recherche scientifique :**

Le site hydrogic de chott chergui a fait l'opjet d'étude très importantes sur les quelles ont travaillé les géologiques français. la premiérmission remonté à 1947 interrompues en 1954, elles furent poursuivies vers 1958. Ces résultats furent obtenus à partir de six (06) stations expérimentales de pompage situées prés d'Ain Skhouna au bord du chott. (Essai de gros débits de 3001/s).

Des 1958 les recherches agronomique furent effectuées sur un périmètre expérimental de 240 has dénommé Faid- R'mal distant de 5 km de Ain Skhouna

Les résultats de ces expériences et la vocation pastorale de la région ont conduit à envisage plus particulièrement les cultures fourragères. Actuellement les recherche scientifiques effectuées par l'institut National de recherche Forestière (I.N.R.F).

Les expériences on court s'in terrassent au populiculteur (culture du peuplier) qui ont donné de bons résultat. Plusieurs expériences ont été menées dans cette zone en matière de développement des plantations fourragères pour la valorisation des parcoures

**8-3-Autorité de la gestion :**

L'Autorité de la gestion est assurée parle service de l'hydraulique de la wilaya de Saida et les services des forêts chacun en ce qui le concerne (code de l'eau et code des forêts)

**1- Etude climatique:**

Les stations étudiées fournissent des renseignements sur la pluviométrie et la température.

La pluviométrie demeure le paramètre le plus important, elle conditionne l'écoulement saisonnier, le régime des cours d'eau et l'alimentation des nappes d'eau souterraines. Sept stations (Tableau 17) dont deux sont situées à l'intérieur du bassin : El Bayadh, Naâma, et cinq autres localisés à l'extérieur du bassin : Saida, Tiaret, Laghouat, Tlemcen et Sidi Bel Abbas. Les données climatologiques des sept stations professionnelles ont été recueillies au niveau du bureau national du développement rural (BNEDER).

Nous disposons aussi des données pluviométriques de onze postes pluviométriques localisés à l'intérieur du bassin versant qui ont été recueillies au niveau du service hydrologique de l'A.N.R.H d'Alger. Elles présentent des lacunes qui ont nécessité un traitement préalable.

**Tableau17 : Stations pluviométriques du Bassin Versant Du Chott Ech Chergui (Coordonnées Lambert) :**

Code station	Nom	X	Y	Z
80401	Mekmene Ben Amar	181.90	351.85	1050
80602	Khalfallah	276.50	142.00	1110
80701	Médrissa	367.05	178.60	1095
81202	El Bayadh	344.80	343.80	1310
81404	Naâma ANRH	219.35	299.90	1170
81901	Ain Skhouna camp	330.00	436.05	1000
80502	Moulay Larbi	260.00	154.00	1147
80606	Maâmora	298.65	156.05	1148
80902	Stitten	364.40	352.20	1410
81401	Mécheria	224.00	331.70	1158
81502	Bougtob	259.10	384.90	1018

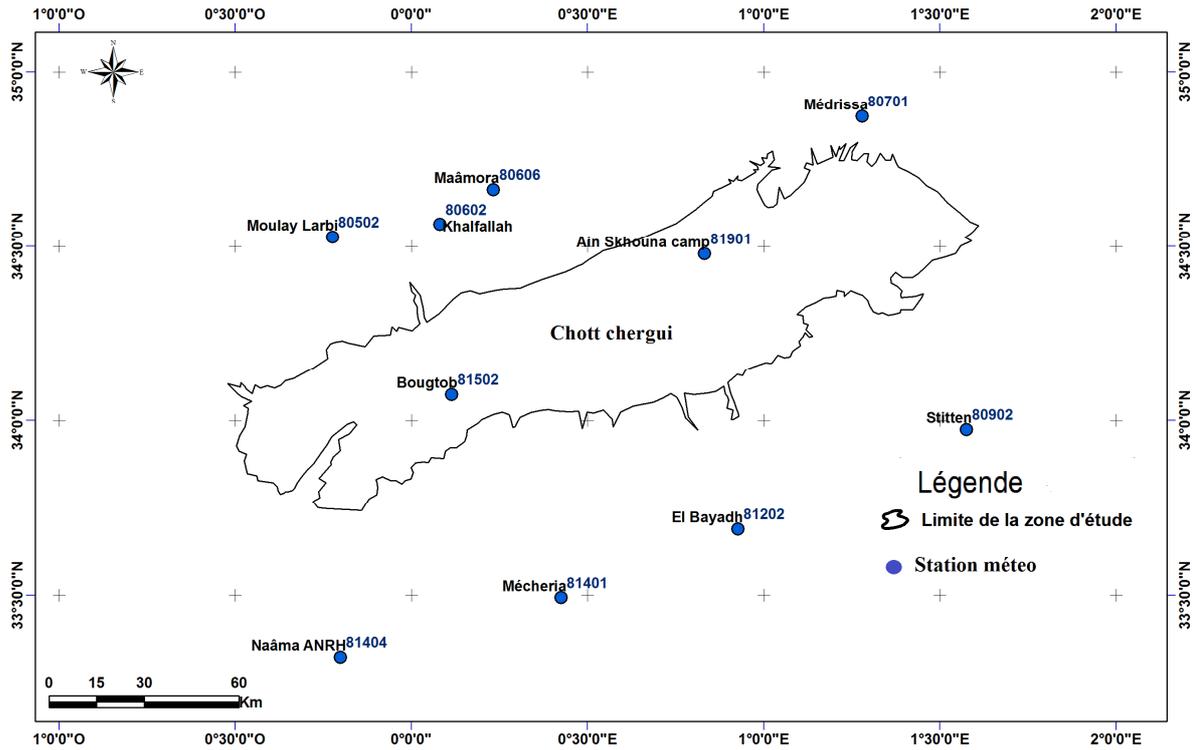


Figure 16: position des postes pluviométriques

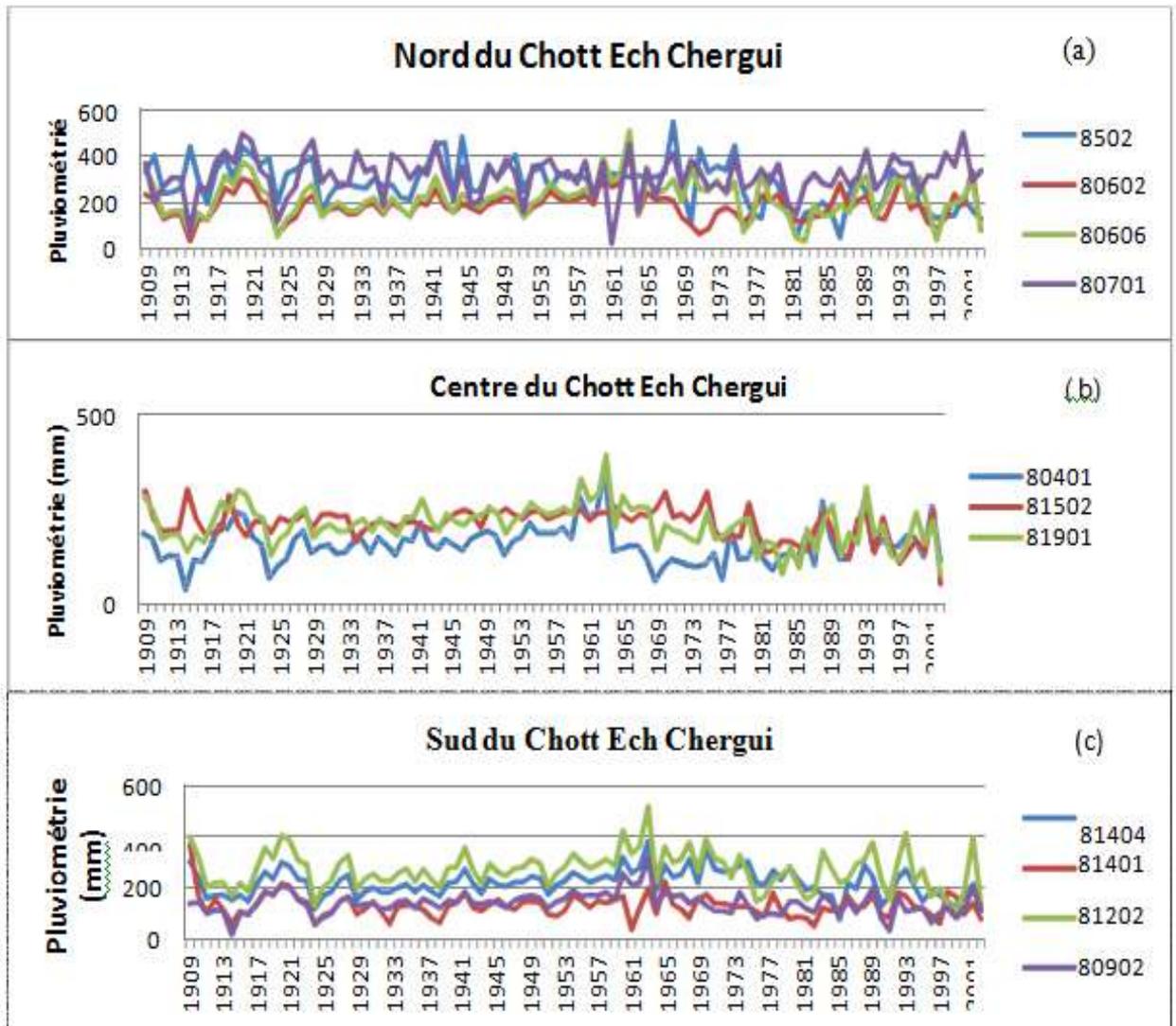
On observe aux mêmes stations une grande irrégularité des moyennes annuelles sur la période d'étude (1909-2004) .

Une diminution des apports au cours de la décade des années 1980 qui pourrait être liée à la sécheresse qui a touché la région.

Une bonne concordance des variations interannuelles entre les stations du nord, centre et sud du bassin.

Une bonne pluviométrie jusqu'aux années soixante-dix.

Une diminution des modules pluviométriques du nord au centre puis une légère augmentation du centre en direction du versant Nord de l'Atlas Saharien (sud).



**Figure 17 : Variation interannuelle des précipitations aux onze postes pluviométriques du bassin versant du Chott Ech Chergui (1909/2004)**  
(a : partie Nord ; b : partie centre ; c : partie Sud)

Cette évolution des précipitations interannuelles laisse apparaître une diminution assez significative des apports à partir des années 1970-1980.

## 2-Les températures

L'étude de la température est directement liée à l'étude d'autres paramètres tels que la pression atmosphérique, vents, évaporation, et joue un rôle très important dans l'évaluation du bilan hydrologique et la connaissance des caractéristiques climatiques d'une région. Dans notre étude, nous avons utilisé les seules données disponibles des stations de Saida, Naâma et El Bayadh pour la période 1990 à 2010.

Les températures ambiantes ont été mesurées à l'aide de thermomètre à minima et à maxima. Les tableaux 18, 19 et 20 résument les moyennes mensuelles et annuelles correspondant à la période d'observation.

D'après les graphes (Figures n° 18, 19 et 20), on remarque une baisse des températures de septembre à janvier et une croissance régulière de janvier à août. En effet, les mois les plus froids sont respectivement janvier, février, décembre et la période la plus chaude s'étale de juillet à septembre.

**Tableau 18: Températures mensuelles et annuelles à la station d'El Bayadh (1990-2010).**

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
T min (°c)	3.00	3.10	5.80	6.50	10.50	15.20	18.30	18.80	15.10	11.80	7.10	4.40	9.97
T max (°c)	13.50	15.40	18.70	20.80	25.90	32.10	36.10	35.60	30.20	24.60	18.70	14.80	23.87
T moy (°c)	7.80	9.00	12.00	13.50	18.10	23.60	27.10	27.00	22.20	17.80	12.50	9.00	16.63

**Tableau 19: Températures mensuelles et annuelles à la station de Saida**

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
T min	0	1.00	4.02	6.05	11.40	16.80	20.70	20.00	15.60	10.40	4.30	1.30	9.30
T max	9.60	12.60	15.70	18.80	24.40	30.70	34.80	33.80	27.90	21.70	15.10	10.90	21.33
T moy	4.60	6.50	9.70	12.70	17.90	23.90	27.90	27.00	21.40	15.90	9.50	5.70	15.23

(1990-2010)

**Tableau 20: Températures mensuelles et annuelles à la station de Naâma (1990-2010)**

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
T min	0.10	1.50	4.70	7.40	11.80	16.90	20.50	19.90	15.40	10.70	4.70	1.70	9.61
T max	11.70	14.00	17.70	20.90	26.30	32.30	36.60	35.40	29.40	23.20	17.00	13.30	23.15
T moy	5.70	7.60	11.30	14.30	19.20	24.90	28.90	27.80	22.20	16.90	10.70	6.80	16.36

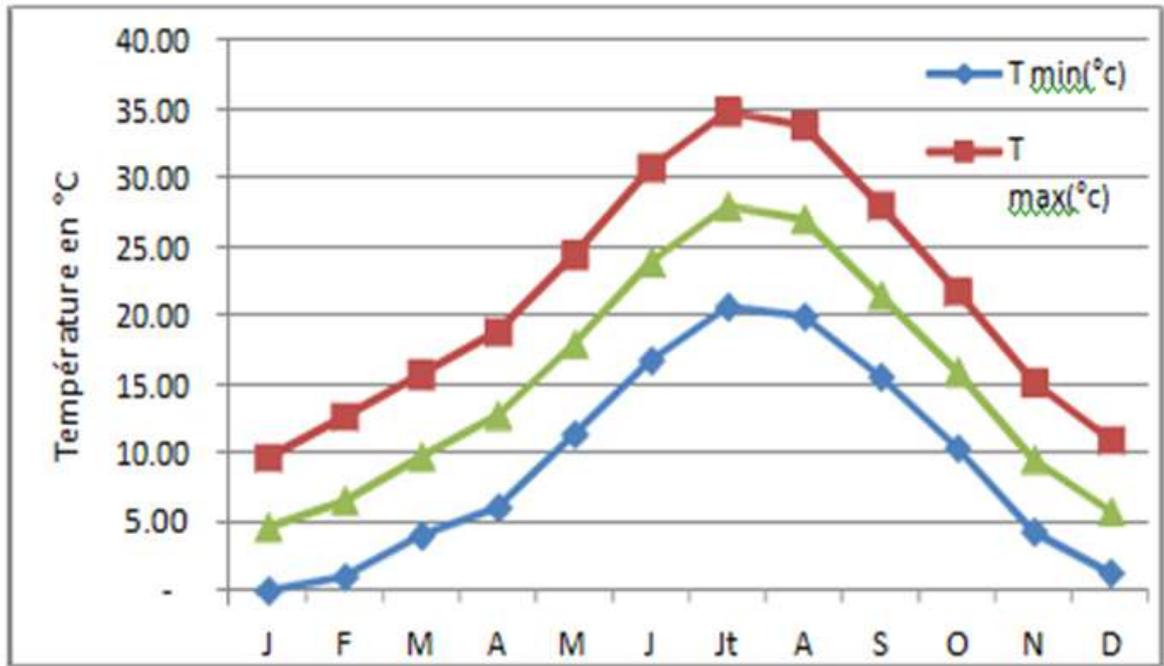


Figure 18: Variation des températures moyennes mensuelles à la station d'El Bayadh (1990-2010)

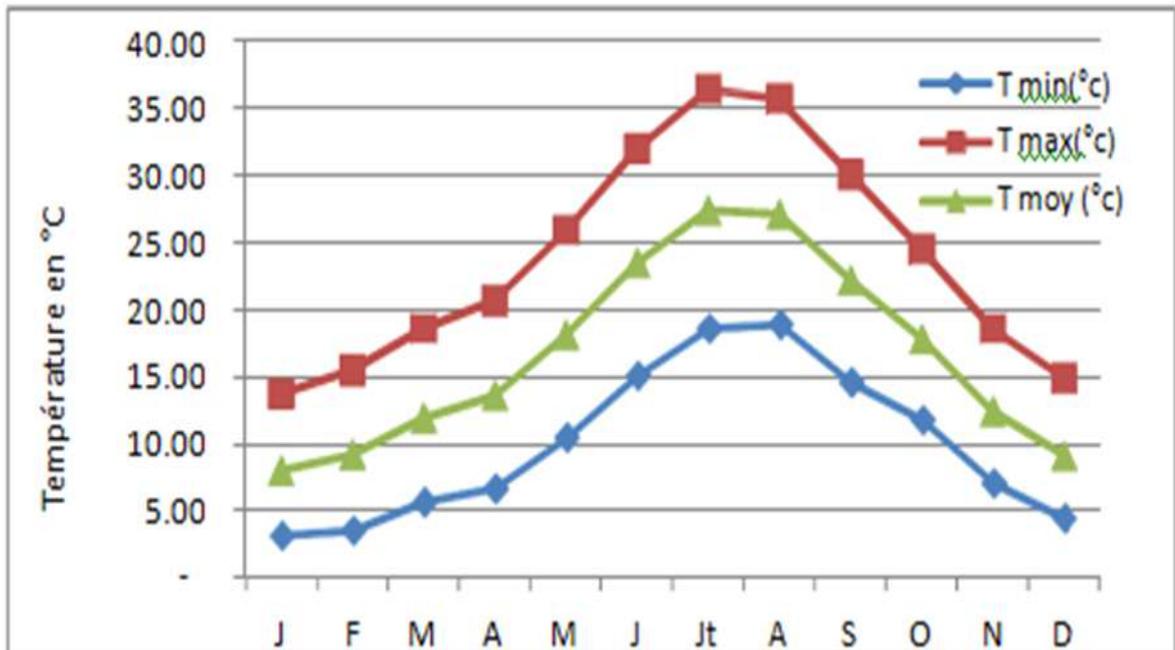
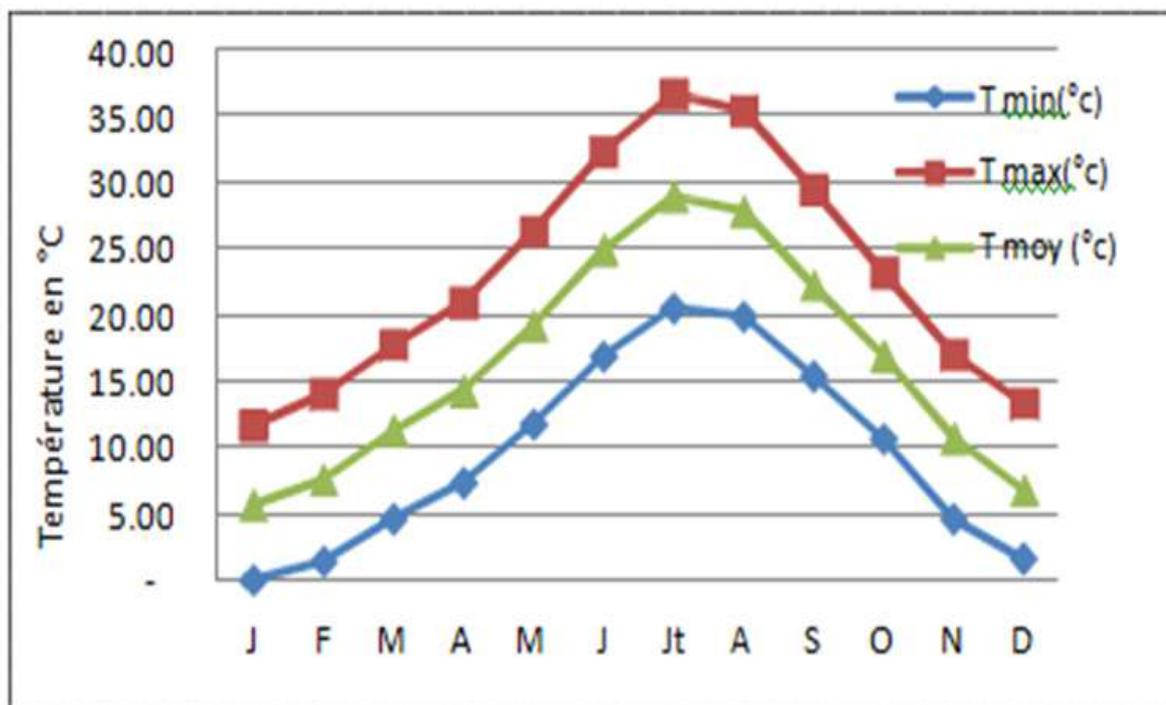


Figure 19: Variation des températures moyennes mensuelles à la station de Saida (1990-2010)



**Figure 20: Variation des températures moyennes mensuelles à la station de Naâma (1990-2010)**

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 16 °C, avec des températures moyennes autour de 7,80 °C en hiver (décembre – février) et environ 27° C en été (juillet-août).

Les données indiquent que les températures maximales sont enregistrées au mois de juillet (36 °C), la valeur minimale observée dans la région est de 0°C.

D'après les valeurs des minima, maxima, des moyennes mensuelles et annuelles on peut diviser l'année en deux saisons distinctes.

Une saison froide allant de novembre à avril;

Une saison chaude allant de mai à octobre.

On peut considérer que le climat du bassin versant se caractérise par un été chaud et un hiver froid.

### 3-L'humidité

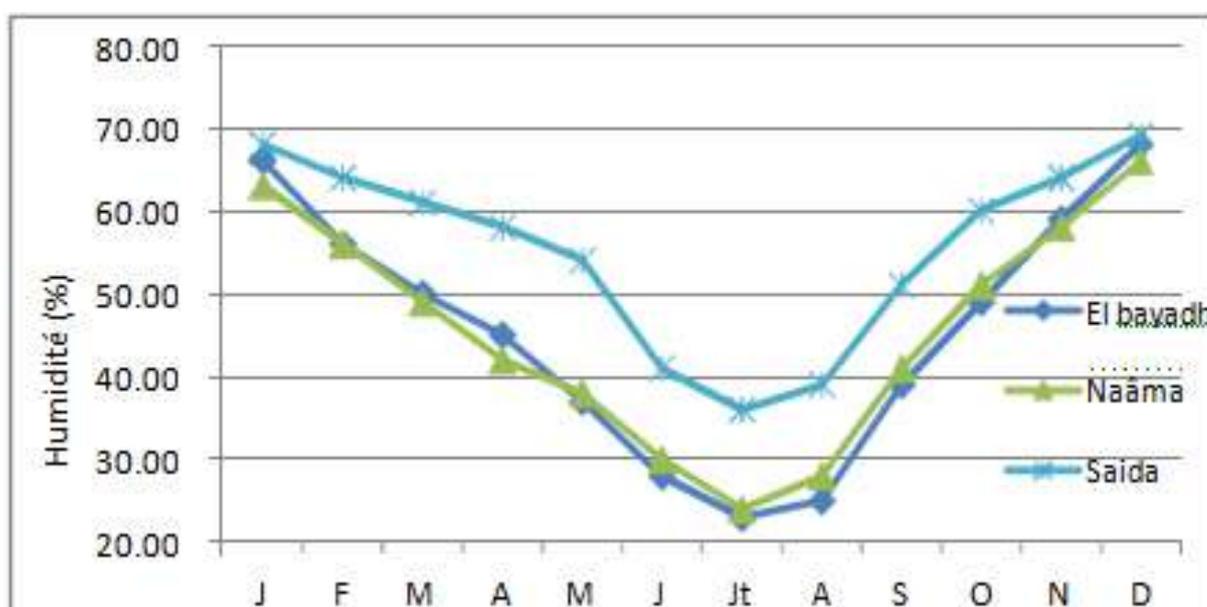
Le taux d'humidité relative pour les trois stations du bassin versant (tableau 21) est à son maximum au mois de Décembre (68%) et à son minimum au mois de juillet

(23%) pour les stations d'El Bayadh et Naâma et de 36 % pour la station de Saida. (Figure n°35).

Le taux d'humidité étant un peu plus élevé à la station de Saida en raison de sa situation au nord du bassin et où l'influence maritime est plus grande.

**Tableau 21: Moyennes mensuelles et annuelles d'humidité relative (%) du bassin versant Chott Ech Chergui (1990-2010).**

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
El Bayadh	66	56	50	45	37	28	23	25	39	49	59	68
Naâma	63	56	49	42	38	30	24	28	41	51	58	66
Saida	68	64	61	58	54	41	36	39	51	60	64	69



**Figure 21: Variation de l'humidité relative moyenne mensuelle en % à la station de Saida, Naâma et El Bayadh**

#### 4-Les vents

Le vent est un des éléments les plus caractéristiques du climat. Sa vitesse régit l'évaporation à la surface du sol et de la végétation. Nous disposons des relevés des vitesses du vent à la station de Saida, d'El Bayadh, et de Naâma pour une période de 21 ans. Ces vitesses sont mesurées à 1m du sol (Tableau 20,21 et 22).

**Tableau 22: Moyennes mensuelles et annuelles des vitesses du vent (m/s) à la station de Saida (Période 1990-2010)**

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Vent moy (m/s)	2.80	2.70	2.90	2.90	2.90	2.80	2.70	2.60	2.40	2.30	2.50	2.80
Vent max abs(m/s)	36.00	40.00	36.00	35.00	35.00	33.00	31.00	33.00	34.00	31.00	25.00	31.00

**Tableau 23: Moyennes mensuelles et annuelles des vitesses du vent (m/s) à la station de Naâma (Période 1990-2010)**

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Vent moy (m/s)	2.50	2.60	3.20	3.80	3.80	3.40	3.20	3.10	2.90	2.50	2.60	2.70
Vent max abs(m/s)	40.00	33.00	27.00	32.00	36.00	28.00	41.00	31.00	31.00	28.00	29.00	30.00

**Tableau 24: Moyennes mensuelles et annuelles des vitesses du vent (m/s) à la station d'El Bayadh (Période 1990-2010)**

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Vent Moy (m/s)	3.00	2.90	3.60	3.80	3.70	3.60	3.30	3.20	3.10	2.90	2.80	2.90
Vent max abs(m/s)	29.00	34.00	32.00	31.00	30.00	35.00	29.00	32.00	33.00	25.00	28.00	31.00

Ces vents agissent sur la nébulosité en réduisant les écrans nuageux pour faire place aux rayons solaires qui augmentent les températures favorisant l'évaporation.

Les vents soufflent dans des directions à différentes intensités en fonction des saisons, les vents les plus dominants surviennent d'avril à septembre, leurs direction dominante est Nord-Ouest et Sud –Ouest.

La vitesse moyenne mensuelle du vent à la station de Saida est de 2.69 m/s et 3 m/s pour les stations de Naâma et El Bayadh. La vitesse moyenne des vents maximaux varie entre 25 m/sec en Novembre et 40 m/sec en février (station de Saida), 40 m/sec en janvier et 40 m/sec en février (station de Naâma), 25 m/sec en octobre et 34 m/s en février à la station d'El Bayadh.

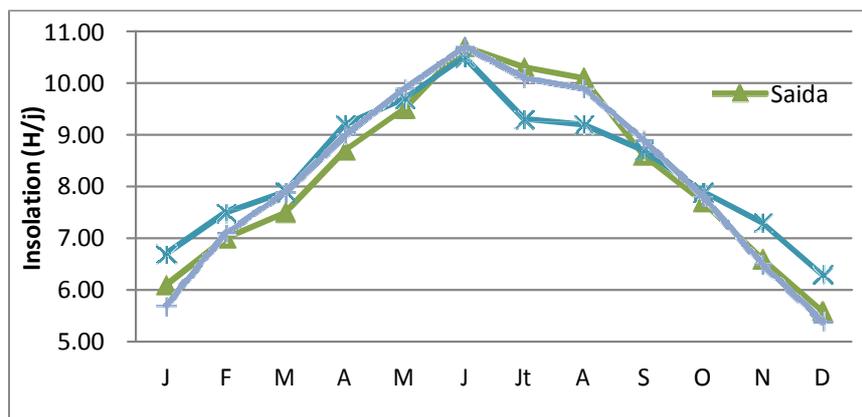
**5-L'insolation**

On appelle insolation ou radiation solaire globale la période durant laquelle le soleil peut briller ; on la détermine par des mesures directes ou par dépouillement des bandes héliographiques.

Ce paramètre est très important, il joue un rôle primordial dans l'évaporation des eaux de surface et des nappes peu profondes. Les mesures d'insolation relevées aux trois stations du bassin sont résumées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 25: Moyennes mensuelles et annuelles de l'insolation (1990-2010)**

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Ann
Saida	6.10	7.00	7.50	8.70	9.50	10.70	10.30	10.10	8.60	7.70	6.60	5.60	8.20
Naâma	6.70	7.50	7.90	9.20	9.70	10.50	9.30	9.20	8.70	7.90	7.30	6.30	8.35
El Bayadh	5.70	7.10	7.90	9.00	9.90	10.70	10.10	9.90	8.90	7.80	6.50	5.40	8.24



**Figure 22: Variation de la durée moyenne mensuelle d'ensoleillement en heure (1990- 2010)**

L'insolation dans la région d'étude est importante, elle est estimée à un tiers (1/3) sur 24 heures (environ 8 h/j en moyenne) et atteint son maximum pendant l'été avec une moyenne de 10 h/j durant les mois Mai, juin, juillet et Août. Le mois de juin est le mois le plus ensoleillé de l'année (Figure n°36); le mois de Décembre est le moins ensoleillés.

**Identification du climat Diagramme de GAUSSEN ET BAGNOULS**

Selon BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois est dit sec si, "le total mensuel des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne, exprimée en degrés centigrades; cette formule ( $P = 2T$ ) permet de construire des diagrammes ombrothermiques

traduisant la durée de la saison sèche d'après les intersections des deux courbes.

Cette relation permet d'établir des diagrammes pluviométriques, (figure n°37,38et39) sur lesquels les températures sont portées à l'échelle double des précipitations, de préciser les périodes humides et les périodes sèches :

si la courbe des températures passe au-dessus de la courbe des précipitations, tous les mois de cette période sont secs ;

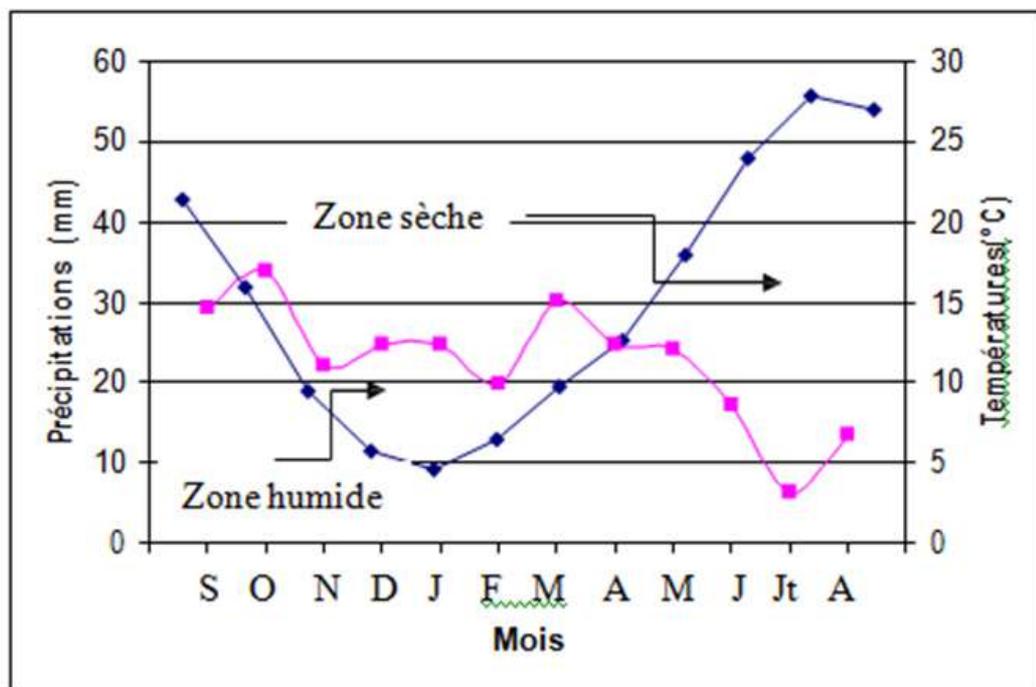
si la courbe des précipitations passe au-dessus de la courbe des températures, tous les mois de cette période sont humides.

Remarque : Lorsque les courbes se croisent les besoins en eau sont satisfaits.

Appliquée à la station d'El Bayadh, il résulte que la saison sèche s'étend du mois d'Avril jusqu'au mois d'Octobre (figure n° 22).

**Tableau 26: Données pour le tracé de la courbe Ombrothermique station d'El Bayadh (1990-2010)**

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
T (°c)	4.60	6.50	9.70	12.70	17.90	23.90	27.90	27.00	21.40	15.90	9.50	5.70
P(mm)	24.80	19.80	30.10	24.80	24.10	17.10	6.20	13.60	29.20	33.80	22.00	24.60



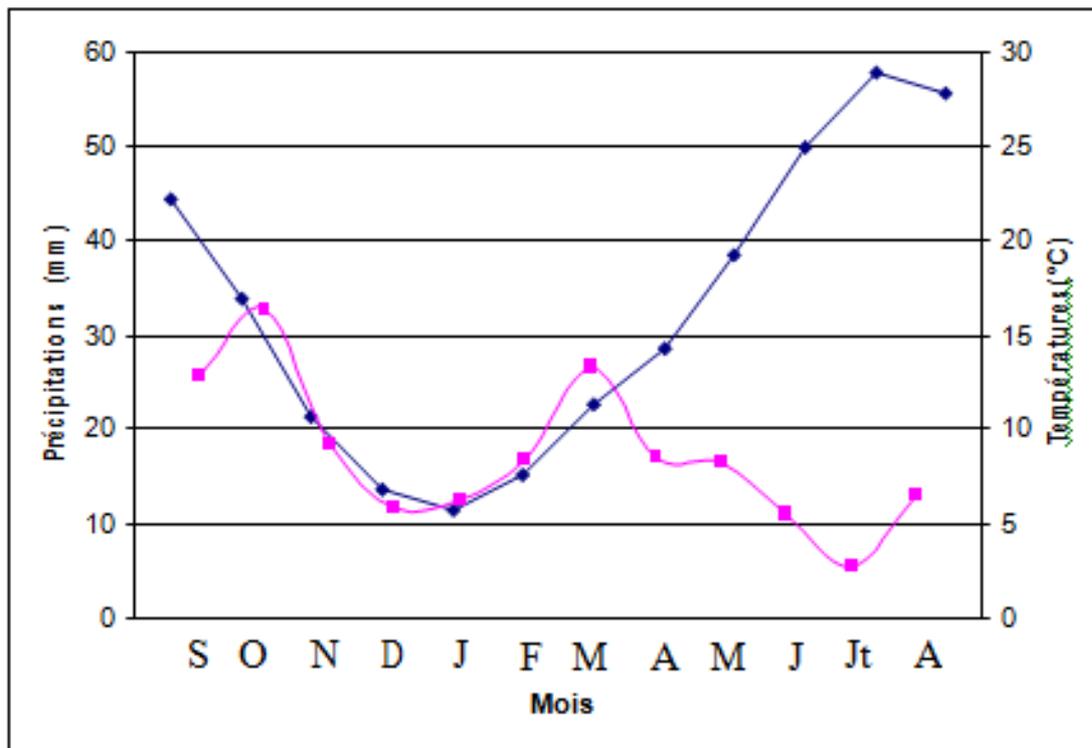
**Figure 22: Courbe Ombrothermique à la station d'El Bayadh (1990-2010)**

Le diagramme présente une période humide s'étalant de septembre à Avril et une période déficitaire s'étalant d'Avril à septembre.

Appliquée à la station de Naâma, il résulte que la saison sèche s'étend sur deux périodes de novembre jusqu'à janvier et du mois d'Avril jusqu'à septembre (figure n° 23).

**Tableau 27: Données pour le tracé de la courbe Ombrothermique station de Naâma (1990-2010)**

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
T (°c)	5.70	7.60	11.30	14.30	19.20	24.90	28.90	27.80	22.20	16.90	10.70	6.80
P (mm)	12.60	16.80	26.50	16.90	16.40	10.90	5.40	13.00	25.80	32.70	18.40	11.60



**Figure 23: Courbe Ombrothermique de la station de Naâma (1990-2010)**

Il résulte que la saison sèche s'étend du mois Mai jusqu'à Octobre et la saison humide d'octobre à mars (figure n° 24).

**Tableau 28: Données pour le tracé de la courbe Ombrothermique station de Saida (1990-2010)**

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
T (°c)	8.00	9.20	11.90	13.60	18.10	23.50	27.40	27.10	22.20	17.80	12.40	9.10
P(mm)	39.30	35.20	40.70	35.60	31.80	9.00	7.00	12.10	25.30	46.50	36.20	36.80

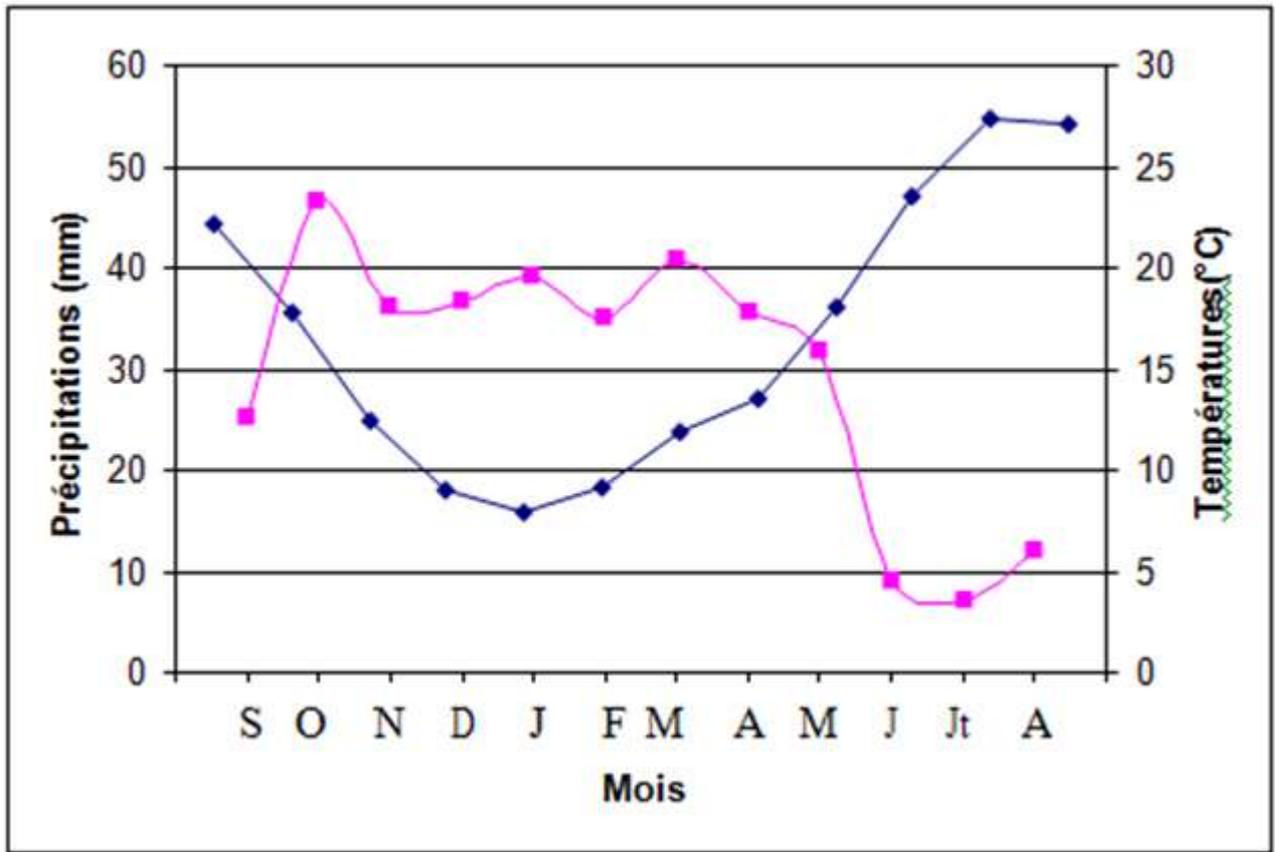


Figure 24: Courbe Ombrothermique de la station de Saida (1990-2010)

Nous constatons que la région d'étude présente une période sèche qui s'étale sur sept mois, de fin mai à début d'octobre.

La détermination de cette période sèche est d'une grande importance pour la connaissance de la période déficitaire en eau.

#### Indice annuel d'aridité de DE DEMARTONNE (1923)

Le géographe DE MARTONNE (1923) a défini un indice d'aridité annuel donné par la relation :  
 précipitation moyenne annuelle (mm) ;

T : température moyenne annuelle (°C)

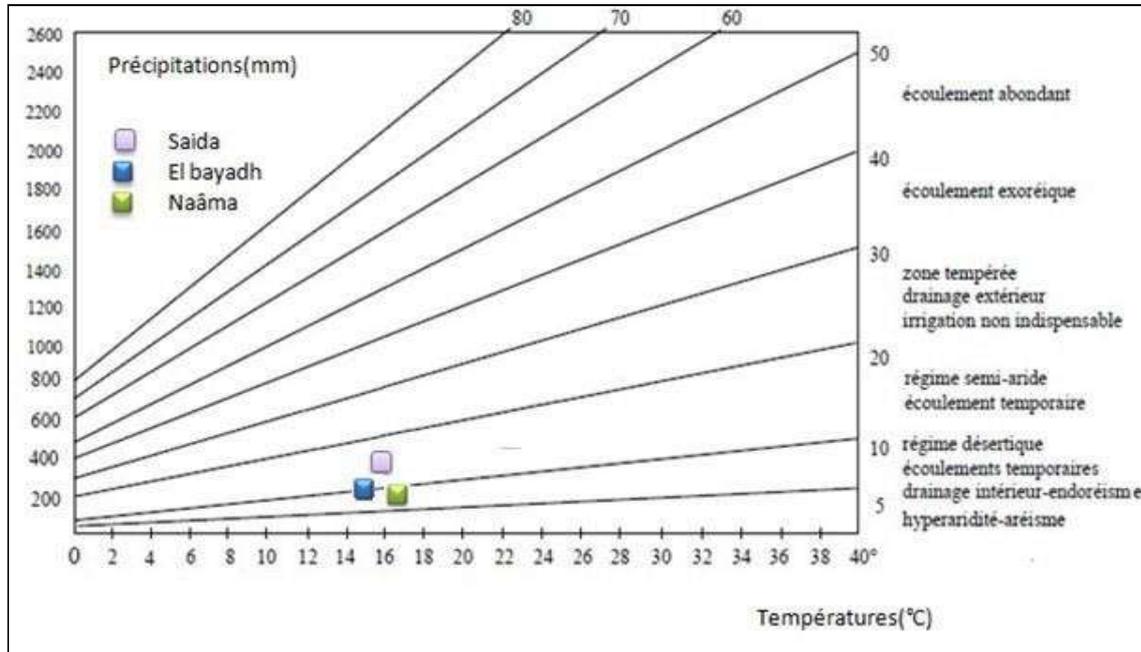
Et pour :  $20 < A < 30$  : climat tempéré ;  $10 < A < 20$  : climat semi tempéré ;  $7.5 < A < 10$  : climat steppique ;  
 $5 < A < 7.5$  : climat désertique et  $A < 5$  : climat hyper- aride.

Où : A : indice d'aridité annuel. Application :

Station de Saida :  $P = 355.5$  mm et  $T = 16.69$  °C,  $A = 13.2$  (climat semi tempéré). Station de Naâma :

P=207 mm et T=16.36°C, A=7,85 (climat steppique)

Station d'El Bayadh : P = 270 mm et T = 16.36°C, A=10,71 (climat semi tempéré).



**Figure 25: Indice annuel d'aridité des stations de Saida, El Bayadh et Naâma d'après DE MARTONNE (1923)**

La région est soumise à un régime semi-aride à désertique, caractérisée par un écoulement temporaire (Figure n° 25), la valeur de l'indice d'aridité caractérise parfaitement la région où l'influence saharienne est prédominante en été, alors qu'en hiver les influences méditerranéennes humides viennent se superposer au climat de montagne.



## **Géologie**

### **III.1. Introduction**

La géologie du Chott Chergui a été étudiée de façon approfondie par André CLAIR (1956). Nous nous sommes largement inspirés de ces travaux que nous avons calés sur l'exploitation des logs de forages disponibles (plus de soixante-dix) recueillis au niveau du service de l'hydrogéologie de l'ANRH. Cette démarche a permis d'assoir et de préciser la répartition lithologique et la disposition structurale des terrains.

### **III.2. Les grands ensembles géologiques**

Les structures géologiques du Chott Ech Chergui sont apparues dans le cadre de la tectonique globale, depuis les déformations hercyniennes jusqu'aux déformations alpines. L'allure morphologique générale est acquise suite à la déformation du socle hercynien qui s'est traduite par une série d'accidents et de structures longitudinales de direction Sud-ouest-Nord Est.

C'est au cours de la phase alpine que l'essentiel des grandes dispositions tectoniques profondes semble être achevées, et réajustées au Tertiaire et au Quaternaire par le remplissage de la cuvette du chott par des dépôts continentaux.

Les principales structures géologiques du bassin versant se répartissent du Nord au Sud et de l'Ouest à l'Est comme suit (figure n°14):

#### **III.2.1. Les monts de Saida**

Il s'agit d'un anticlinal faillé, formé de terrains jurassiques qui plongent dans toutes les directions, notamment en direction de la cuvette du bassin du Chott Ech Chergui.

#### **III.2.2. Le Djebel Nador**

Il correspond à un vaste affleurement sénonien discordant sur les différents termes du jurassique entre la ville de Sougueur et Frenda. Il semble s'étendre vers le Sud-ouest jusqu'au niveau d'Ain Skhouna comme l'indique les données du forage F17 situé à 13 km au sud-ouest de Ain Skhouna.

Au sud-est de Sougueur, le Sénonien bute contre un chaînon de 1400m d'altitude, dont le cœur érodé montre du Lias et du jurassique moyen. Il s'agit de l'anticlinal du djebel Nador qui forme une ride qui plonge vers le sud-ouest jusqu'au seuil de Aïn Skhouna faisant apparaître du jurassique supérieur sous le sénonien, sous forme de fenêtres ou de dislocations tectoniques. Au sud de cet anticlinal, une plaine d'une altitude moyenne supérieure à 1000m ou plateau de Nador sépare les hautes plaines du Chott Ech Chergui et celles du Zahrez situées plus à l'Est.

#### **III.2.3. La Cuvette du chott**

Elle correspond à une large gouttière orientée nord-est sud-ouest, dont les bords sont assez marqués (Tell au Nord, Atlas Saharien au sud) et dont les extrémités, occidentale et orientale, sont suffisamment relevées pour délimiter une véritable cuvette. Les terrains qui affleurent (calcaires au nord et calcaires et grès au sud) forment une très large auréole à la périphérie du bassin, ils sont situés entre 1000 et 2000m d'altitude, alors que le chott se trouve à une altitude de 1000m.

---

L'un des paysages caractéristiques du chott est représenté par des dayas qui sont particulièrement nombreuses dans la partie Nord du bassin. Ces zones de dayas semblent correspondre à des régions où la couverture sédimentaire peu épaisse (de l'ordre 50 m) recouvre un substratum perméable formé essentiellement de calcaires. Les dayas correspondraient à des zones plus fissurées dans les calcaires où les eaux s'infiltreraient plus rapidement.

Au centre du bassin s'est installée une vaste étendue plate, salée en surface et constamment humide grâce à de nombreuses sources d'eau telle la source de Ain Skhouna.

#### **III.2.4. L'Atlas saharien**

Il borde au Sud le bassin versant du Chott Ech Chergui. Il est formé par une chaîne orientée Ouest Sud-ouest, Est Nord-est constituée de larges plis décalés par des décrochements. Ces plis souvent érodés laissent apparaître au nord de la chaîne des synclinaux perchés.

Les anticlinaux ont souvent un cœur de jurassique supérieur tandis que les synclinaux ont le plus souvent conservé dans leurs centres des lambeaux « perchés » de Cénomaniens et de Turoniens.

La ligne de Ménidjels correspond à un accident quasi-rectiligne de direction nord-est, long d'une centaine de kilomètres et jalonné par des affleurements étroits de Cénomaniens et de Turoniens qui forment les monts de Ménidjels. Le rejet entre le compartiment nord-ouest affaissé et un gradin méridional, est de l'ordre de 400 à 500 m. Le djebel Megress correspond à l'un des témoins de cet accident.

Au sud de djebel Megress apparaît un accident important (100 km de longueur), parallèle à la ligne des Ménidjels, dont le compartiment Nord-ouest affaissé et celui du sud-est surélevé montrent respectivement des affleurements de Cénomano-Turonien et de Néocomien.

Dans la partie sud-ouest, les affleurements du Cénomaniens et du Turoniens des monts des Ménidjels s'élargissent en bande transversale au Chott, avec un faible pendage vers le Nord – Est.

Le djebel Amrag et le djebel Antar (Mécheria) constituent un chaînon orographique de direction Nord-sud. Dans le cœur de ces structures affleure le jurassique moyen (Aaléno-Bathonien). L'extension de ces deux djebels forme le plateau de Mécheria qui représente la limite ouest du bassin versant du Chott Ech Chergui.

A l'ouest de Mécheria, les hautes plaines oranaises s'élargissent de nouveau pour donner le chott Gharbi.

L'aspect structural de ces différents ensembles est le résultat de l'évolution géologique de la région qui lui a donné sa configuration actuelle par l'individualisation de deux grands ensembles structuraux :

- Un domaine stable durant le mésozoïque où se sont déposés plus de 1600m de séries sédimentaires : les hauts plateaux ;
- De part et d'autre des hauts plateaux, deux domaines actifs depuis le Mésozoïque.

La structure finale est le résultat de trois types de déformations tectoniques : une tectonique de distension pendant le Trias, Jurassique inférieur et moyen ; une tectonique salifère qui est intervenue à partir du Lias supérieure guidée par l'héritage structural hercynien. Une tectonique de compression correspond à la phase atlasique, la phase intra miocène et la post villafranchienne. Les dépressions intra et pré montagneuses sont héritées du pliocène supérieur (Domain des chotts); toutes les structures sont orientées nord-est - sud-ouest.

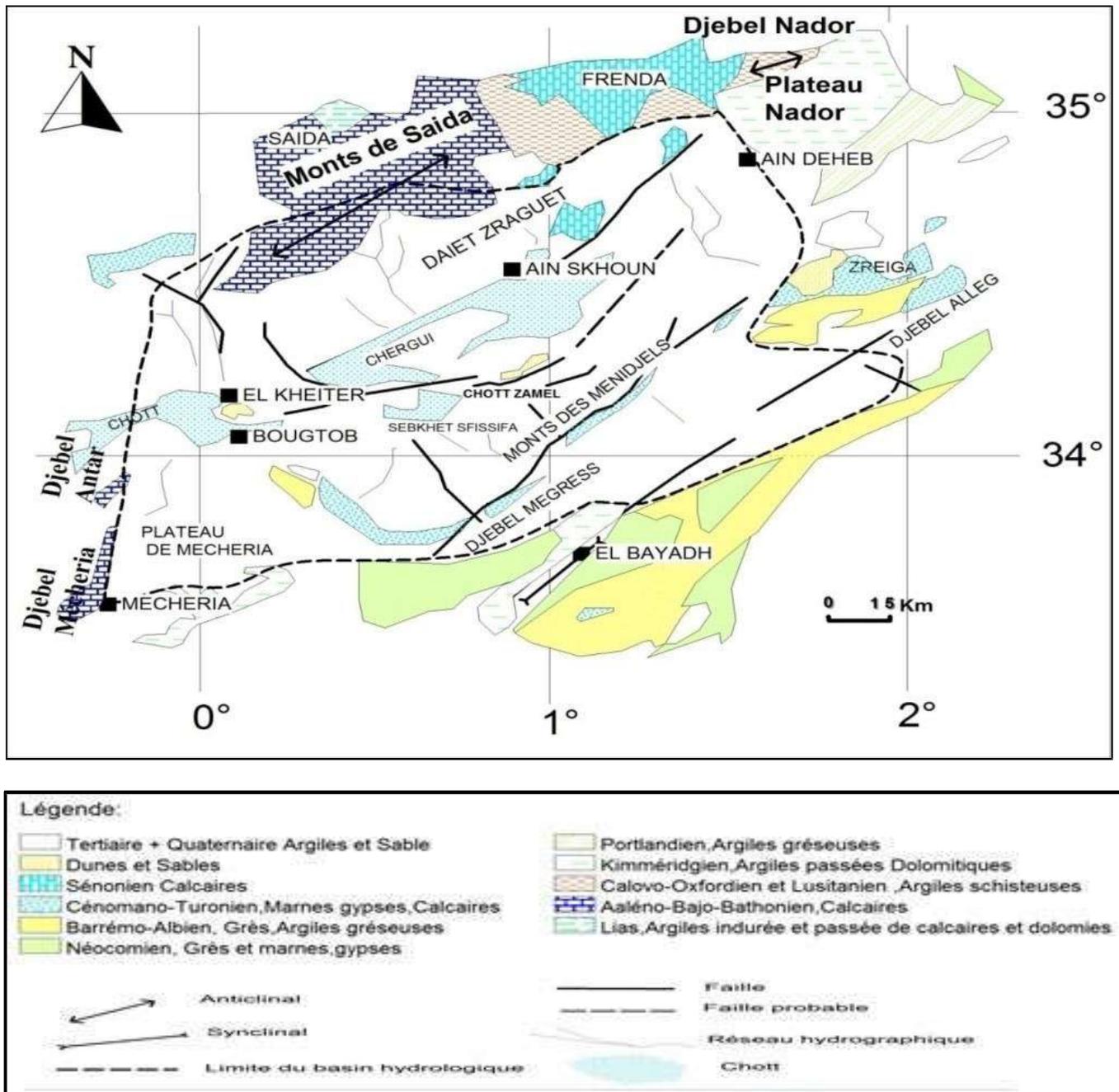


Figure 26: Carte des structures géologiques du bassin versant Chott Ech Chergui (Carte digitalisée à partir de la carte de géologie du nord de l'Algérie au 1/500 000<sup>ème</sup>)

---

**III.3. Description lithostratigraphique (Figures n° 15 à 21)****III.3.1. Le socle Hercynien**

Le sondage F34 (annexe III, p 246) situé sur la bordure Sud – Ouest de la zone de Aïn Skhouna a rencontré le socle granitique hercynien à une profondeur de 810 m.

Il est formé par 250m de chlorure de sodium souvent bien cristallisé, intercalé d'argiles sableuses brique foncé, coupées par 25 m de basalte et surmontée par 50 m de gypse et anhydrite massive ou en filonnets dans les argiles grises.

**III.3.2. Le Trias**

Une série saline constituée d'argiles et de grés argileux bariolés alternants avec des niveaux de gypse et de chlorure de sodium souvent bien cristallisé surmonte le socle.

On observe vers la base de cette série un niveau de basalte à nodules de chlorures de sodium qui a été recoupé également par d'autres sondages. Ces formations correspondent au Trias et à une partie du Lias à faciès lagunaire ou continental.

**III.3.3. Le Lias**

Le Lias marin, dans la région de Aïn Skhouna a été rencontré dans le sondage F 37 (zone de Guenatis Chéraga) où il est représenté par une puissante formation (130m) de dolomie cristalline qui surmonte un niveau d'anhydrite à intercalations argilo sableuses (Infra lias et trias), à la base duquel on a trouvé le banc de basalte recoupé au forage F34 (Annexe III p 246).

Au-dessus des dolomies on observe une alternance d'argile grise ou violette, de dolomie et calcaire dolomitique (Charmouthien, Toarcien). On retrouve ce niveau, mais essentiellement constitué de calcaire et de calcaire marneux dans le forage F-33 situé dans la bordure Est du chott.

**III.3.4. L'Aaléno-Bathonien**

La série Aaléno – bathonienne est rencontrée dans la majorité des sondages de la région d'Ain Skhouna. Elle comprend à la base 100 à 130m de dolomies cristallines le plus souvent surmontées par des alternances d'argiles, de calcaire et de dolomie sur 160 à 180m.

**III.3.5. Le Callovo-Oxfordien**

Le Callovo – Oxfordien, essentiellement constitué de grés et d'argile n'est représenté dans la région de Aïn Skhouna que dans les forages F35 et U2.

Dans les monts de Saida, cette formation est représentée par une puissante série (250 à 300 m) d'argile grise, verte, jaunâtre et parfois rougeâtre. Cette série surmonte l'Aaléno-Bathonien sur le flanc sud des monts de Saida. Les forages H 17 et F 33 ont traversé plus de 700 m d'argile souvent schisteuse.

**III.3.6. Le Kimméridgien**

C'est une formation de carbonate et d'argile appelée « dolomies de Sidi Boubekeur ». Au Nord de Saida cette formation est constituée de dolomies massives (120 à 150 m).

Au niveau de l'axe des monts de Saida elle est érodée.

---

Dans l'axe du Chott Ech Chergui, le forage F 27 a traversé 130 m d'argile rouge avec des passées dolomitiques, datée du Kimméridgien (A. Clair, 1956).

Au Sud, dans l'atlas Saharien, cette formation est représentée par un niveau de calcaire bleu foncé à faciès récifal parfois dolomitique.

### **III.3.7. Le Tithonique**

Cette série est subdivisée en deux parties :

#### **III.3.7.1. La partie inférieure**

A l'Est du Chott Ech Chergui (F 27), elle est constituée de calcaires blancs d'une épaisseur de 250 m parfois dolomitique au sommet, parfois bleutée marneuse avec des niveaux argileux lumachelliques à la base attribuée au Tithonique (C. Augier, 1967).

#### **III.3.7.2. La partie supérieure**

Elle se caractérise par une alternance de bancs de calcaires, argilo gréseuses et calcaro-marneuses. Les assises inférieures argilo marneuses sont attribuées au Bériasiens-Valanginien tandis que les assises supérieures argilo gréseuses sont attribuées à l'Hauterivien (C. Augier, 1967).

### **III.3.8. Le crétacé continental « Barrémien-Aptien-Albien »**

Il est largement représenté sur la bordure de l'atlas saharien par des grès continentaux roux parfois argileux (grès à dragées). Il peut atteindre 2000 m au sud de l'atlas saharien à Brezina, il se termine en biseau à la bordure sud du Bassin du Chott Ech Chergui entre l'Hauterivien et les argiles Cénomaniennes.

### **III.3.9. Le Cénomaniens et le Turonien**

Au sud du Chott Ech chergui, dans l'atlas Saharien, le cénomaniens est représenté par des argiles et des marnes surmontées par un niveau de Turonien calcaro-dolomitique blanc d'une épaisseur de 200 m.

### **III.3.10. Le « Sénonien »**

Il affleure au Nord Est d'Ain Skhouna où il est formé par des calcaires blancs oolithiques ou crayeux. Il est transgressif et discordant sur le jurassique moyen (Bathonien).

Dans la région d'Ain Skhouna, la majorité des forages a recoupé les calcaires sénoniens gris clair, à pâte fine, à passées oolithiques, très altérés dans la partie supérieure. A la base ces calcaires deviennent bréchiques. Leur épaisseur est en moyenne de 100 m.

Trois lambeaux ont été reconnus :

- Au Nord Est, dans le prolongement des affleurements du Redjem El Halfa jusqu'à Ain Skhouna.
- Au Nord, sur une bande étroite située sur l'axe des Guenatis.
- Plus au Sud, la lentille la plus importante est centrée sur l'axe de Ain Skhouna. Elle surmonte directement les formations de l'Aaléno-Bathonien.



### 1- Objectif de travail

L'objectif poursuivi est l'élaboration d'une carte qui présente l'état des surface d'eau dans la zone d'étude du chott chergui , par l'utilisation de l'outil télédétection et aussi un travail sur terrain pour l'inventaire et la validation de déférentes classes pour connaitre l'évolution spatiotemporelle de l'état du milieu humide (cas du Chott chergui ) au cours la période entre l'année 2020 et 2010.

### 2- Les données

#### -Les cartes :

- Une carte topographique de la zone étude (échelle 1/200000) ;
- Carte Lithologique (échelle 1/500000)

#### -Model Numérique de Terrain :

Le MNT permet une description de la topographie du terrain et constitue une base de donnée altimétrique à partir de laquelle on peut dériver une multitude de produits : les courbes de niveau, les cartes de pentes, d'exposition ou d'inter visibilité, les vues en perspective (3D)...etc.

Dans ce travail nous avons utilisé pour élaborer les cartes thématiques (carte de pente, hypsométrique, exposition et carte des réseaux hydriques) le MNT (modèle numérique de terrain, d'une résolution de 12 m avec une projection géographique, Datum **WGS 84**, un MNT obtenu par stéréoscopie radar du satellite Terra Aster (Japon-Nasa) d'une résolution spatiale de 12 m, ce produit numérique a été téléchargé à partir du site: <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#>

#### -Les données satellitaires

Les données utilisées dans cette étude sont des images Landsat (ETM, OLI\_TIRS),

Cet image est téléchargeable gratuitement à partir du site : (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

Sensor	Platform	Path/Row	Date d'acquisition
ETM	LANDSAT 7	197/36	<b>01/10/2009</b>
ETM	LANDSAT 7	197/36	<b>18/01/2010</b>
ETM	LANDSAT 7	197/36	<b>26/03/2010</b>
ETM	LANDSAT 7	197/36	<b>18/06/2010</b>
OLI_TIRS	LANDSAT 8	197/36	<b>24/09/2019</b>
OLI_TIRS	LANDSAT 8	197/36	<b>15/02/2020</b>
OLI_TIRS	LANDSAT 8	197/36	<b>21/05/2020</b>

OLI_TIRS	LANDSAT 8	197/36	09/08/2020
----------	-----------	--------	------------

**Tableau n° 29** : Caractéristiques des bandes spectrales Landsat 7 ETM et Landsat 8 OLI

Landsat-7 ETM+ Bands ( $\mu\text{m}$ )			Landsat-8 OLI and TIRS Bands ( $\mu\text{m}$ )		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	100 m TIR-1	10.60 - 11.19	Band 10
			100 m TIR-2	11.50 - 12.51	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

### 3- Moyen de travail

La réalisation de cette étude à besoin le micro-ordinateur, GPS (Géographique, positionnement, système) pour le relevés des coordonnées géographique, des stations repéré sur terrain et un appareil photo numérique. Tous les résultats de la détection de changement par la télédétection et les données géographiques numérisées peuvent être gérés par des logiciels de gestion de l'information géographique, pour réaliser notre travail, nous avons utilisés

Le logiciel **ENVI 5.3** spécialement conçu pour le traitement des images. Il permet ainsi de visualiser toutes sortes d'images satellitaires, Radar ou autre :

- Une large gamme de formats images : ALOS, IRS, SPOT, IKONOS, Landsat 7, TERRA (ASTER, MISR, MODIS), EROS, SeaWifs, ENVISAT, SPOT Végétation HDF-EOS, Radarsat , TOPSAR, AIRSAR, E-SAR, GEOTIF, AVIRIS, CASI, Sentinel-2.
- Des formats vecteur standard : ArcViewshapefile, Mapinfo, Microstation, DGN, AutoCAD DXF ;

Malgré la grande diversité de format utilisés et appliqués différents traitements (Géoréférencement, Comparaison, Superposition, Classification...). Ce ENVI inclut également le puissant langage de développement IDL (Interactif Data Language ) qui permet d'étendre les

Fonctionnalités d'ENVI ou de créer ses propres routines et permet d'extraire rapidement l'information pertinente des images géospatiales. Il constitue le choix naturel des professionnels de part ses performances, son ouverture, sa facilité d'utilisation et la qualité de ses algorithmes spécifiques quels permettent de tenir compte et profit des avantages de chacun de ces domaines :

Traitement d'image : pré-traitement, analyse en composantes principales, NDVI pour précise et claire des éléments formant le système agraire de la zone. Pour éviter une surcharge d'informations...ect. Toutes ces fonctions sont accessibles à partir de l'information suivante :

- Il faudra déterminer les classes importantes et les isoler des classes d'importance secondaire voire inutiles., filtres ;
- Calage : géo-référencement, orthrectification, mosaïques ;
- Traitement et analyse de l'image multispectrale et hyperspéctrale : Roi, classifications supervisées ou non-supervisées, post-classifications, bibliothèques spectrales ;
- Analyse Radar : mono-bande, polarimétrique ;
- Support des formats raster et vecteur, analyse topographique par des outils vecteurs sont du création ou éditions de couches vecteurs, interrogations des attributs;
- Visualisation 2D et 3D interactive ;
- Compositions de cartes;
- Ouvert : grâce au langage IDL, Interactive Data Language (inclus dans ENVI), l'utilisation peut rapidement intégrer ses propres algorithmes de traitement ou l'accès à de nouveaux formats d'images ;

Le logiciel **ArcGIS 10.3** qui est un suite de logiciels d'information géographique (ou logiciels SIG) . le support cartographique qui représenté au major par la topographique.

Le logiciel **RiverTools** aide pour le traitement et l'analyse de modèle Numériques de terrains (MNT). Son interface flexible et facile à utiliser permet l'importation rapide des différents types de MNT et des données relatives aux bassins versants hydrographiques. RiverTools import les MNT et vous conduit à l'extraction des réseaux hydrographique et des limites de bassin versant ainsi d'effectuer différents types de mesures. Son menu général, construit de manière logique, vous guide aux différentes étapes de traitements des MNT :

- « Prépare » une fonction qui permet de convertir une multitude de format de MNT, traité ou brut , en format propre à RiverTools.
- « Extract » une fonction qui contient les étapes à passer du MNT brut au traité, en utilisant du MNT lors que la segmentation a permis de faire une première séparation satisfaisante entre deux zones bien distinctes : les plateaux et les plaines ; Ils arrivant à la fin à l'extraction du réseau du drainage et des limites de bassins versant ainsi tous les autres produits dérivés (pente, aspect , exposition , courbe hypsométrique, etc).
- « Display » l'utilisateur trouve un ensemble de possibilités d'affichage des résultats de traitement sous sa forme de carte ou de courbe ;
- « Analyze » Rivertools contient des outils d'analyse quantitative des mesures. L'analyse de la matrice de confusion nous permettra de discuter de la pertinence de l'opération et de voir si elle simplifie le travail, en permettant de séparer, sur un critère simple, des types de recouvrement très différents de courbes liées aux bassins versant, ces résultats sont d'une grande importance à la modélisation hydrologique.

Le logiciel **Excel** pour les traitements des données climatiques et leur représentation graphique de ses derniers. Tous est pour établir un système de suivi dynamique d'occupation du sol nous permettant de réaliser une meilleure gestion de données, de détection de changement et de modélisation spatiale..

#### ***4-Méthodologie de travail***

##### **4.1- La méthode cartographie**

Pour la cartographie de l'évolution spatiotemporelle de l'état du milieu humide de notre zone d'étude, on va intégrer des données de terrain et l'imagerie satellitaire, qui offrent une vue aérienne de la composition de région.

Dans cette étude, nous avons utilisé pour les tests des méthodes de classification, des images Landsat (ETM+, OLI TIRS).

L'utilisation des images satellitaires pour la cartographie des zones humides du chott Chergui est facilitée par les avantages qu'elle présente :

- La répétitivité d'acquisition des informations qui permet de voir l'évolution, le changement des zones humides dans le temps.
- La forme numérique des données qui offre un grand avantage de traitement numérique et d'extraction de l'information d'après les différents programmes SIG.

- La zone d'étude est située dans une scène unique (Path : 197, Row : 0356).
- Une très bonne résolution qui nous permet d'identifier le changement des zones humides.
- La gratuité des images. (Téléchargement depuis landsat.org et USGS).

#### 4.2 - Correction radiométrique

Les relations entre les rayonnements provenant des surfaces terrestres et les valeurs radiométriques enregistrées dans les images sont complexes. Parmi les effets « naturels », les différences des angles d'illumination et d'acquisition, les effets atmosphériques et l'anisotropie des surfaces terrestres sont les plus importants. Un autre type d'effets est lié aux différentes caractéristiques spectrales et à la calibrations des capteurs, aux différences dues à la conversion analogique/numérique et à des distorsions dues à la procédure d'acquisition. L'« effet de bord » est également important : les pixels aux bordures des objets contiennent des valeurs spectrales mixtes.

Pour des images prises à des années différentes, les valeurs radiométriques obtenues pour une même zone, une même bande spectrale, à une même époque (phénologie des végétaux), sont différentes ; notamment en raison du rayonnement solaire et des perturbations atmosphériques dues principalement aux interactions entre gaz atmosphériques et particules en suspension : absorption, diffusion, réfraction entraînant une modification du signal reçu, constituant un filtre non stationnaire dans le temps.

Similairement aux corrections géométriques, les méthodes de correction radiométrique peuvent être absolues, relatives et hybrides.

Elles sont basées sur le calcul des quantités physiques du rayonnement émergeant des surfaces terrestres. La procédure est composée de plusieurs étapes. En premier, les luminances spectrales mesurées par le capteur doivent être calculées par l'inversion de la fonction de calibration, à partir des comptes numériques. La relation étant linéaire dans la plupart des cas, la formule générale est décrite par la formule  $L_\lambda = a_\lambda + b_\lambda \cdot Q_\lambda$  où  $L_\lambda$  est la radiance spectrale,  $a_\lambda$  et  $b_\lambda$  sont des coefficients déterminés pour la bande spectrale du capteur,  $Q_\lambda$  est le compte numérique de la bande spectrale. L'effet des différentes calibrations des capteurs est éliminé par ce calcul. Dans une étape suivante, pour éliminer la plupart des effets liés aux différences d'illumination, la réflectance apparente (mesurée au capteur) peut être calculée selon l'équation:

$$\rho_{TOA} = x = \frac{\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2}{E_c(\lambda) \cdot \cos \theta_c}$$

$\rho_{\text{TOA}}$  : est la réflectance apparente,

$L_{\lambda}$  : est la radiance spectrale,

$D$  : est la distance Terre-Soleil actuelle,

$E_s(\lambda)$  : est l'irradiation solaire à la longueur d'onde

$\lambda, \theta_s$  : est l'angle zénithal solaire.

Il est important de noter que cette équation utilise une approche l'albertienne (D. Ducrot, 2005).

### ***5-Characterisation de la variabilité de l'indice d'humidité du sol (NDWI) :***

On a utilisé la méthode NDWI développée par Gao (1996). Elle a pour but de mettre en évidence l'humidité du sol et de la végétation. C'est l'indice couramment utilisé dans la littérature par plusieurs auteurs tels que Gond et al.,(2004), Kouassi (2009). et Rachdi et al., (2011). Il permet d'avoir de bons résultats, sa réalisation s'est faite par la combinaison des canaux du proche infrarouge et du moyen infrarouge de Landsat. Cette méthode peut être utilisée pour les données satellitaires récentes ou non. La formule utilisée pour son calcul est donnée selon les différentes

$$\text{NDWI} = \frac{\text{PIR} - \text{IRM}}{\text{PIR} + \text{IRM}}$$

**PIR** : proche infra-rouge.

**IRM** : moyen ifra-rouge.

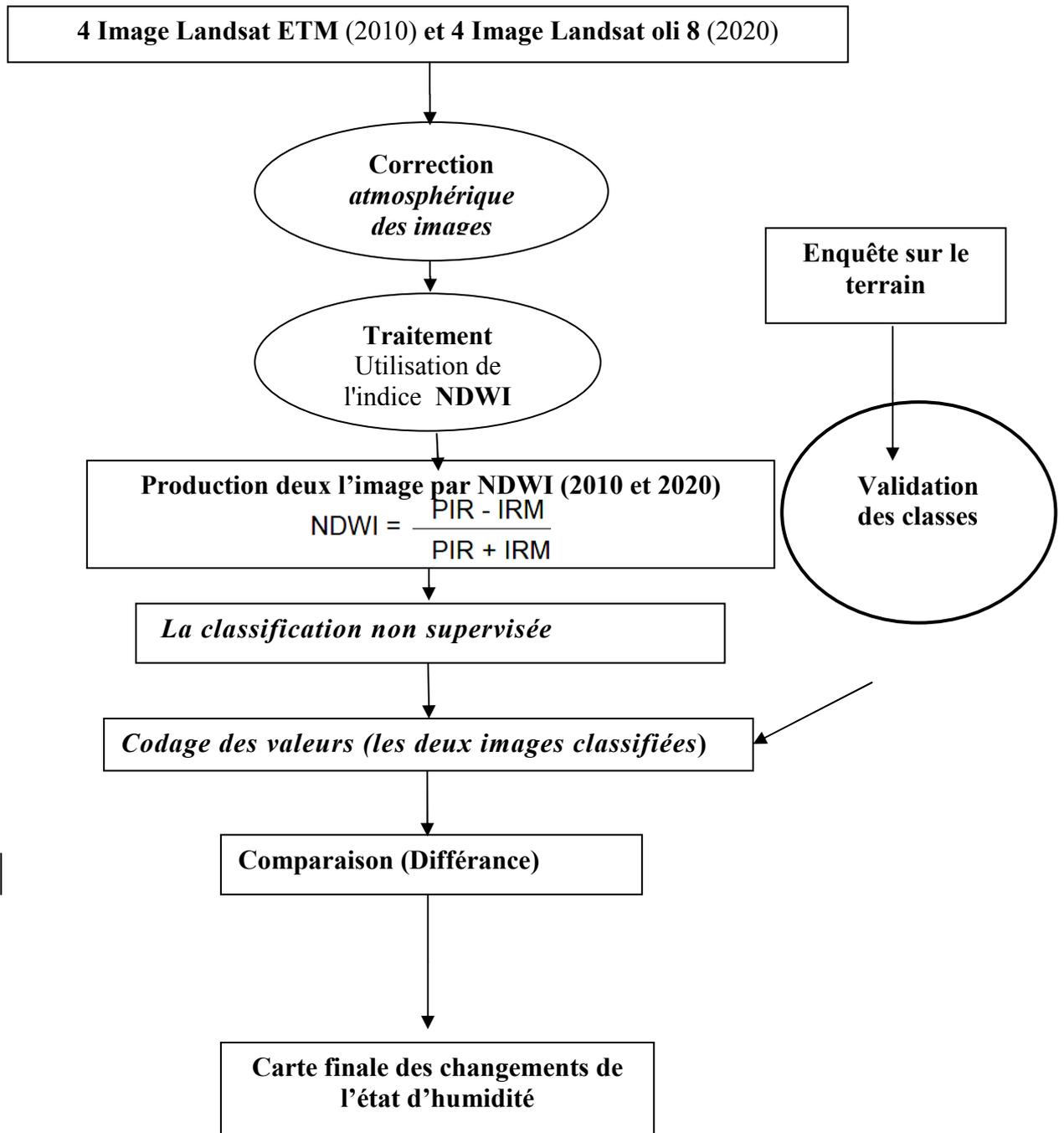


Figure 28 : Organigramme de la méthodologie de travail.

**Résultats et discussion****Application de l'indice de végétation Normalisé "NDWI "**

On a appliqué ce l'indice de l'eau Normalisé (NDWI) comme un traitement des données de la télédétection spatio-temporelle pour suivi de l'état hydrique du sol de notre zone d'étude. La comparaison des NDWI dérivés des images traitées a permis d'obtenir la carte des changements.

Nous avons constaté que la couleur bleu foncée indique la présence d'eau une certaine profondeur, tandis que la couleur bleu claire qui présente des sol gorgé par l'eau, et la couleur bleu clair présente les sol humide ce qui a permis de définir une bonne observation appropriée à la zone d'étude.

Les résultats obtenus sont exposés sous forme de cartes et de graphiques sur lesquels seront basées les interprétations.

Une carte est obtenue pour chacune saisons étudiées durant l'année 2010 et aussi durant l'année 2020.

Sur cette carte, nous avons opté pour la description de 05 classes de couleurs attribuées pour les différents niveaux de l'état hydrique.

**Bleu foncé :** correspondant à une inondation du pixel pour toutes les cartes de la date concernée, c'est la zone inondée en « semi permanence », c'est-à-dire, selon le manuel de classification MedWet, le substrat est couvert d'eau tout au long de la saison ..

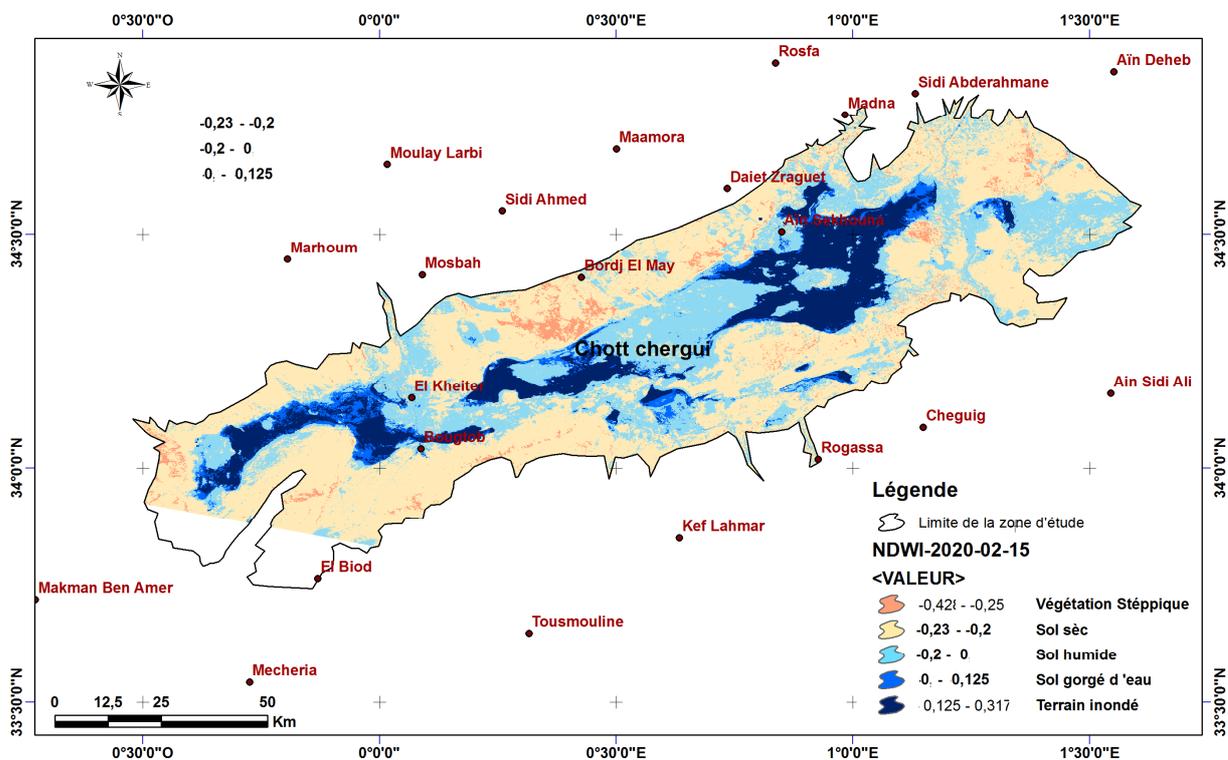
**Bleu :** correspondant à un sol gorgé par l'eau sur les cartes de la date concernée,

**Bleu clair :** correspondant à un sol humide

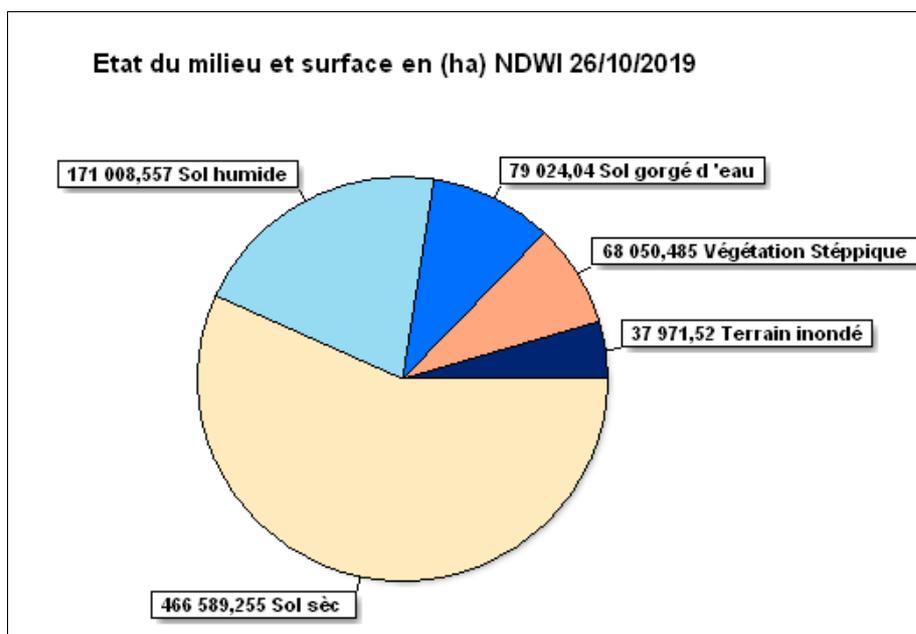
**Beige :** Correspondant un sol sec sur toutes les cartes réalisées.

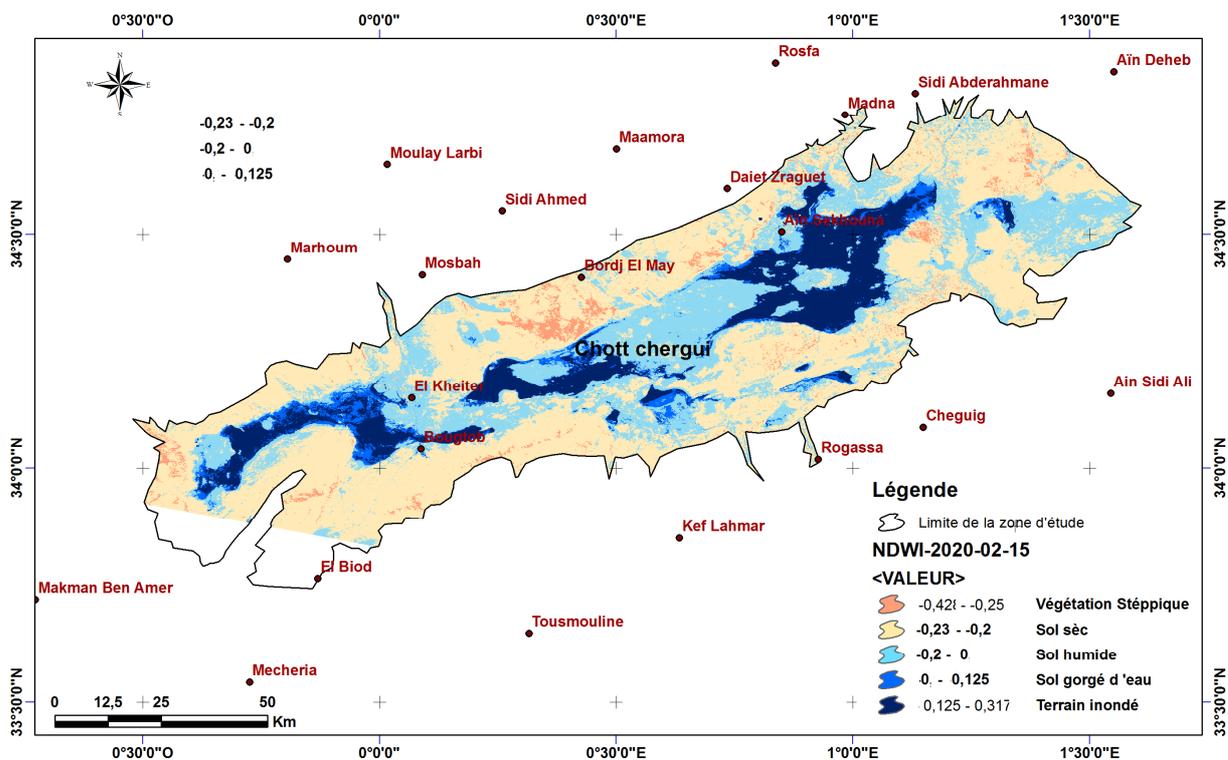
**Marron clair :** présente les formations végétales steppiques.

Calcul de NDWI pour saison de l'année 2020

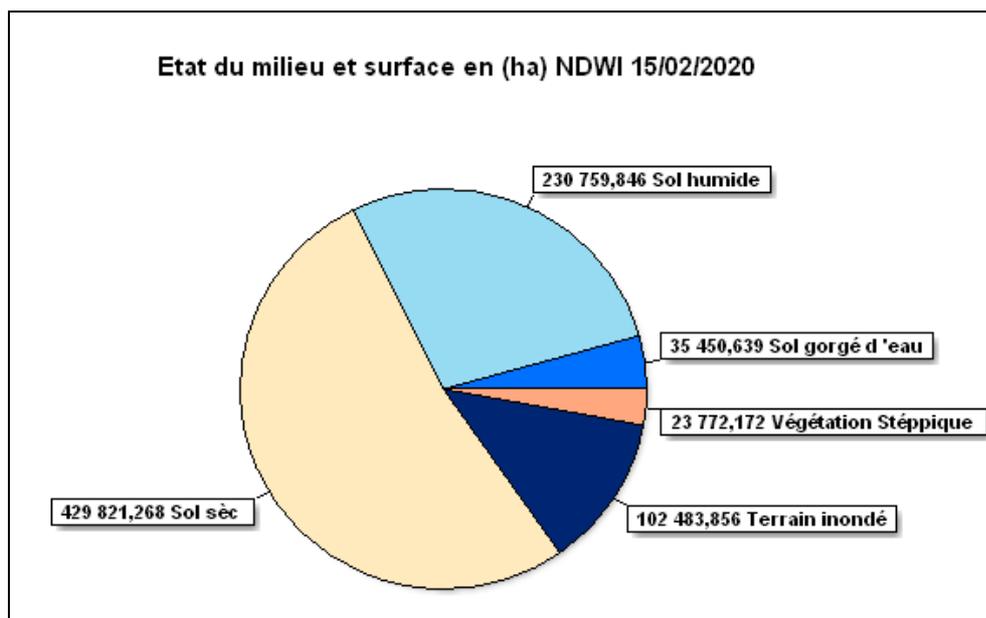


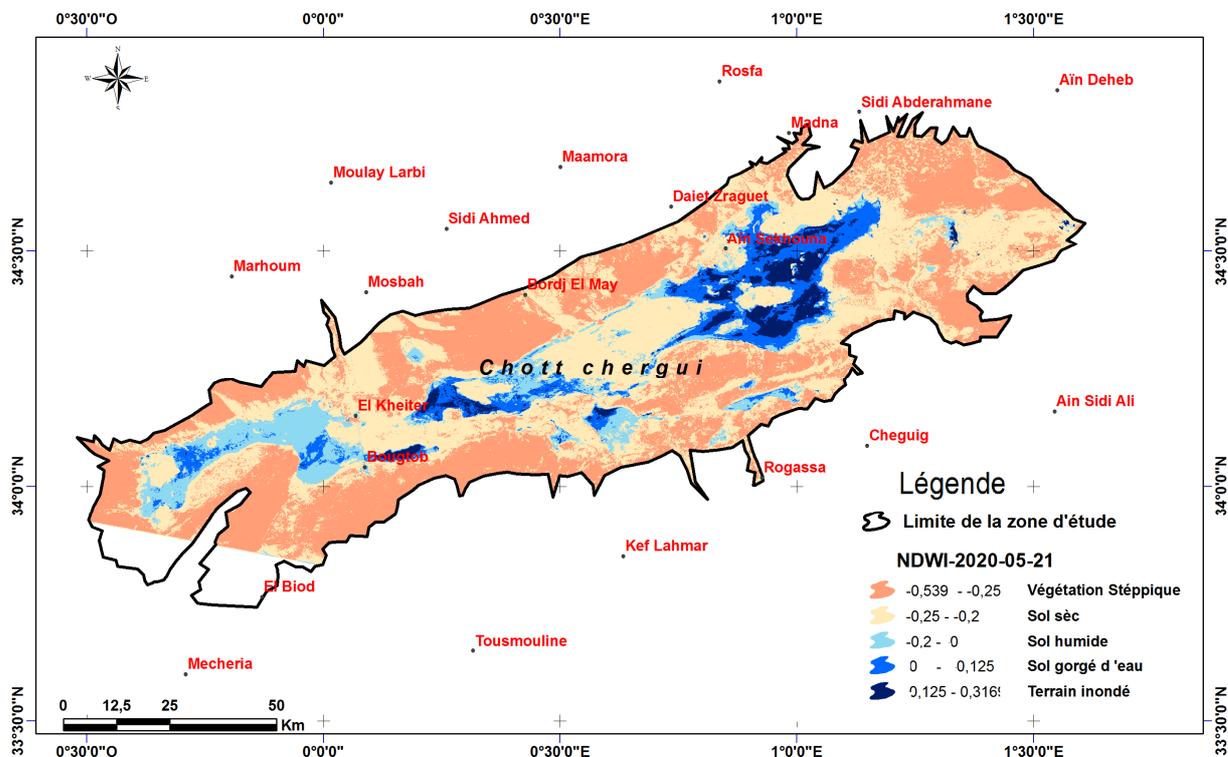
Carte de NDWI 26/10/2019



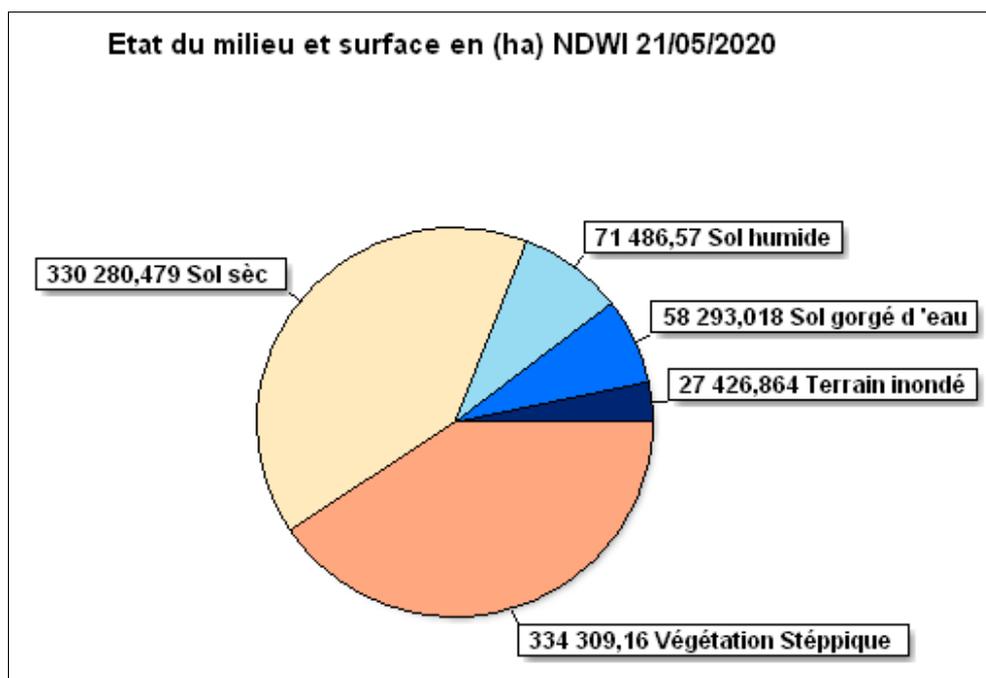


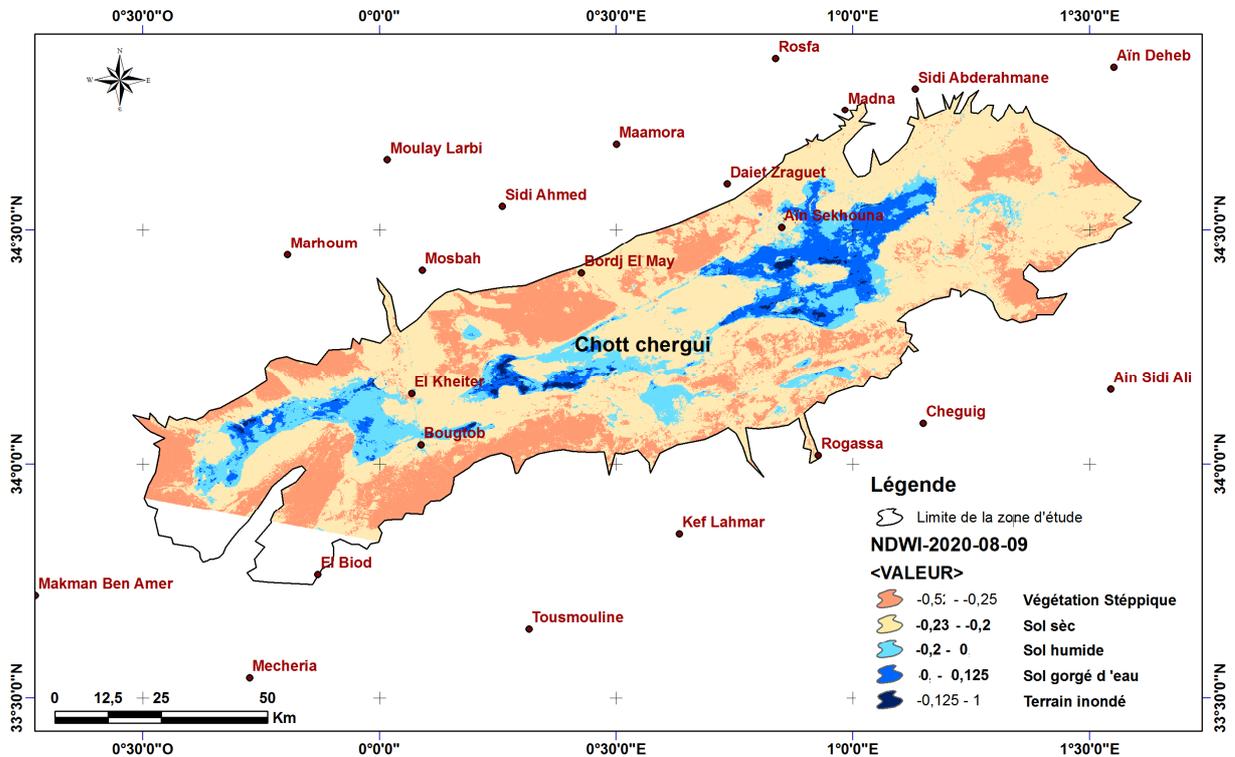
Carte de NDWI 15/02/2020



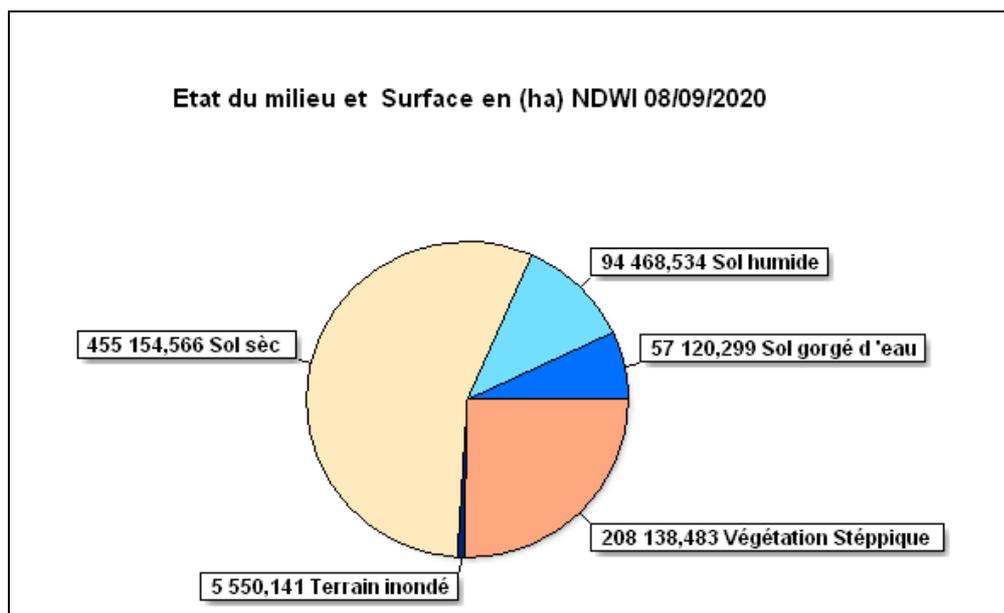


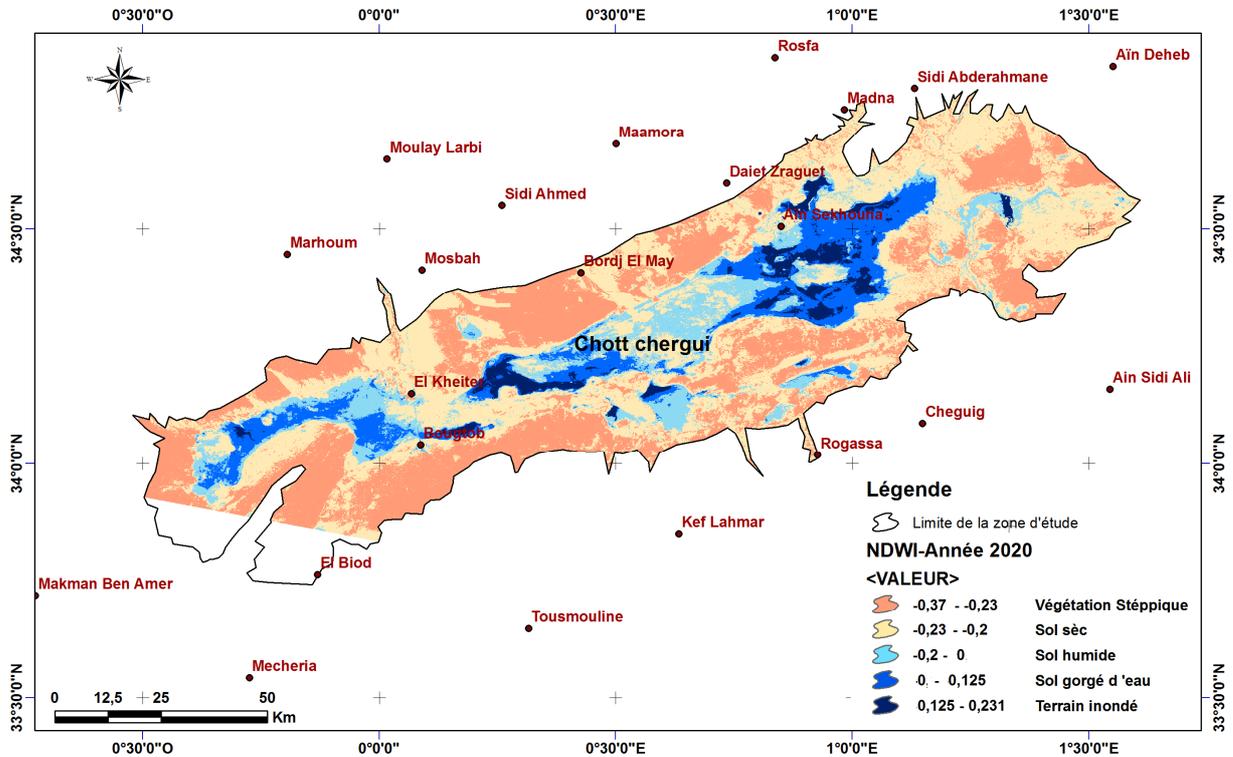
Carte de NDWI 21/05/2020





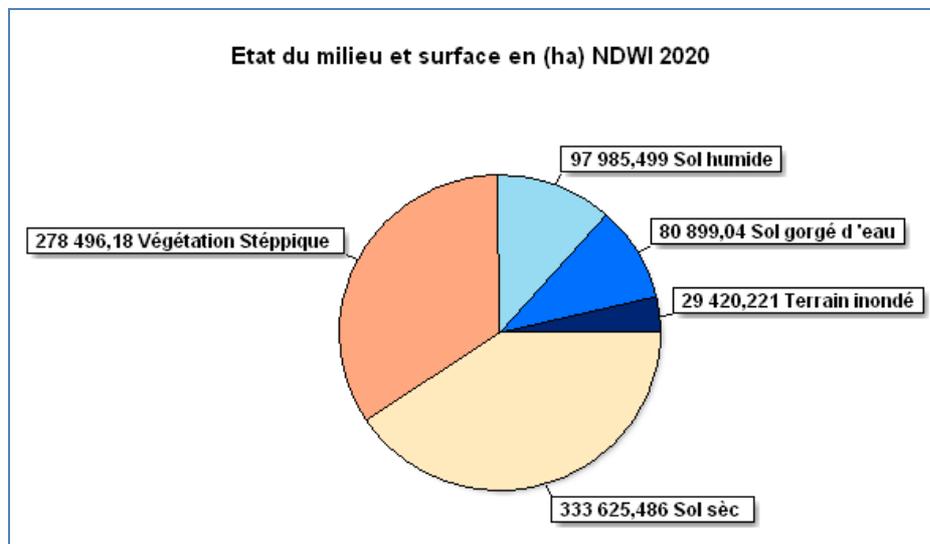
Carte de NDWI 09/08/2020



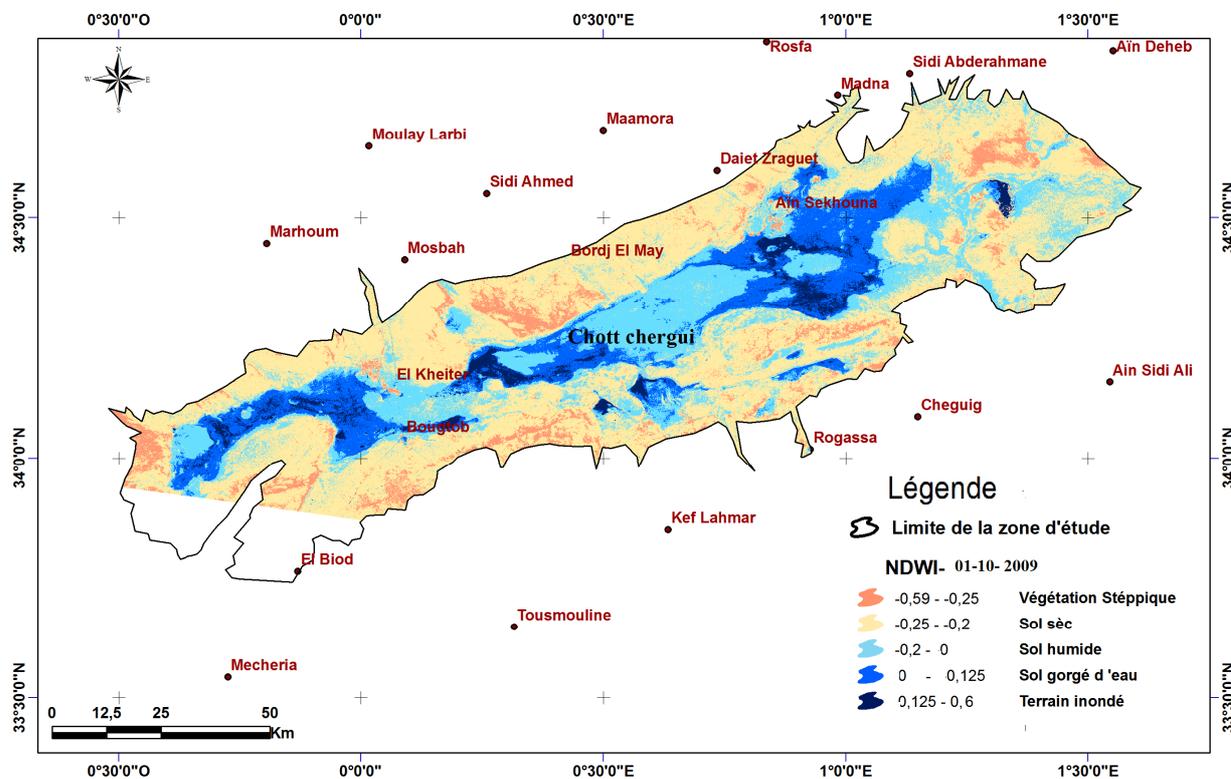


$NDWI \text{ annuelle} = (\sum NDWI / 4)$

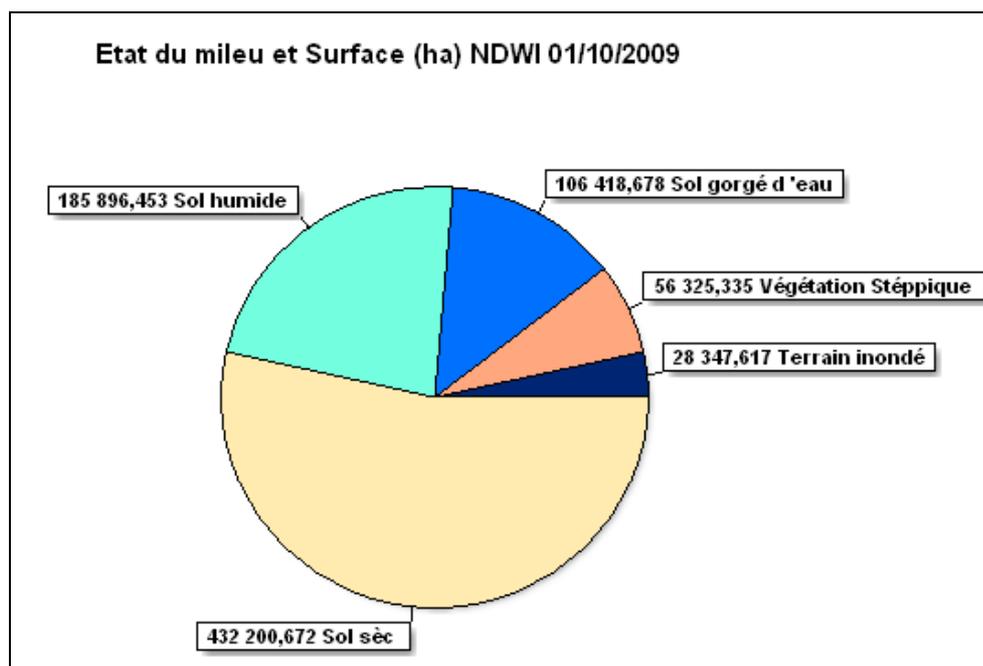
Carte de NDWI 2020

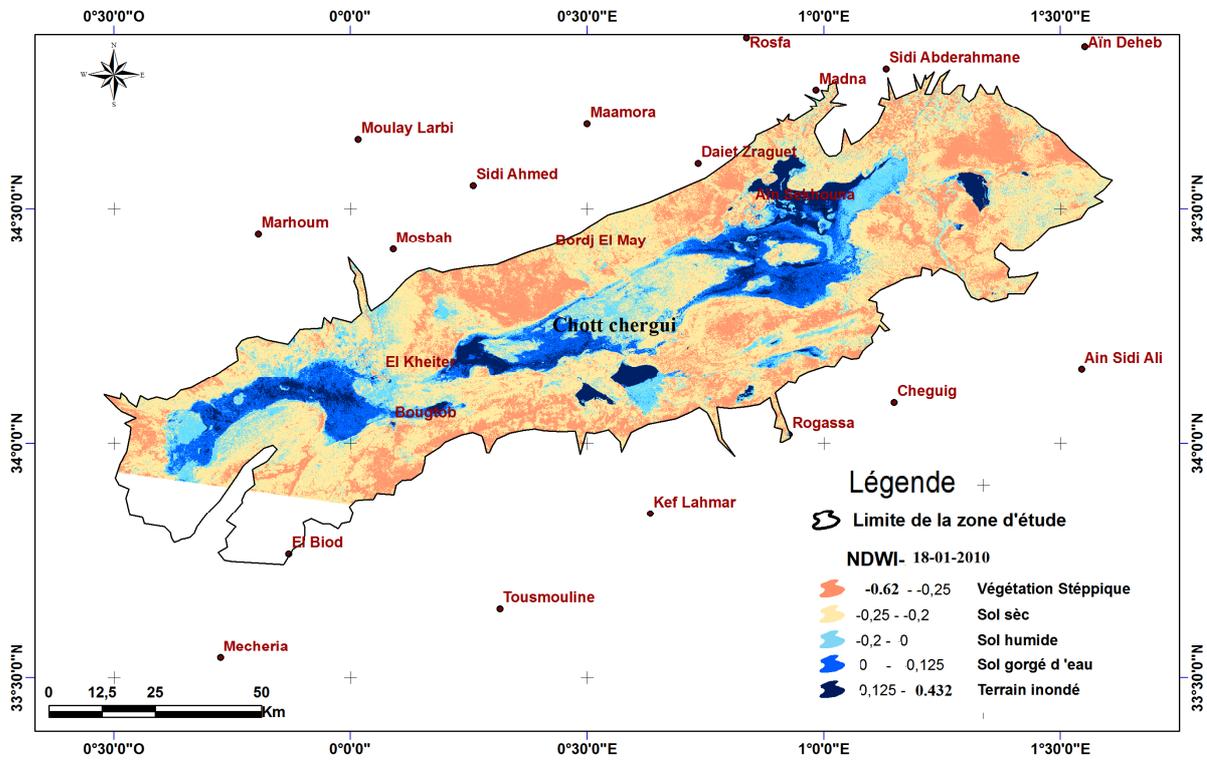


Calcul de NDWI pour saison de l'année 2010

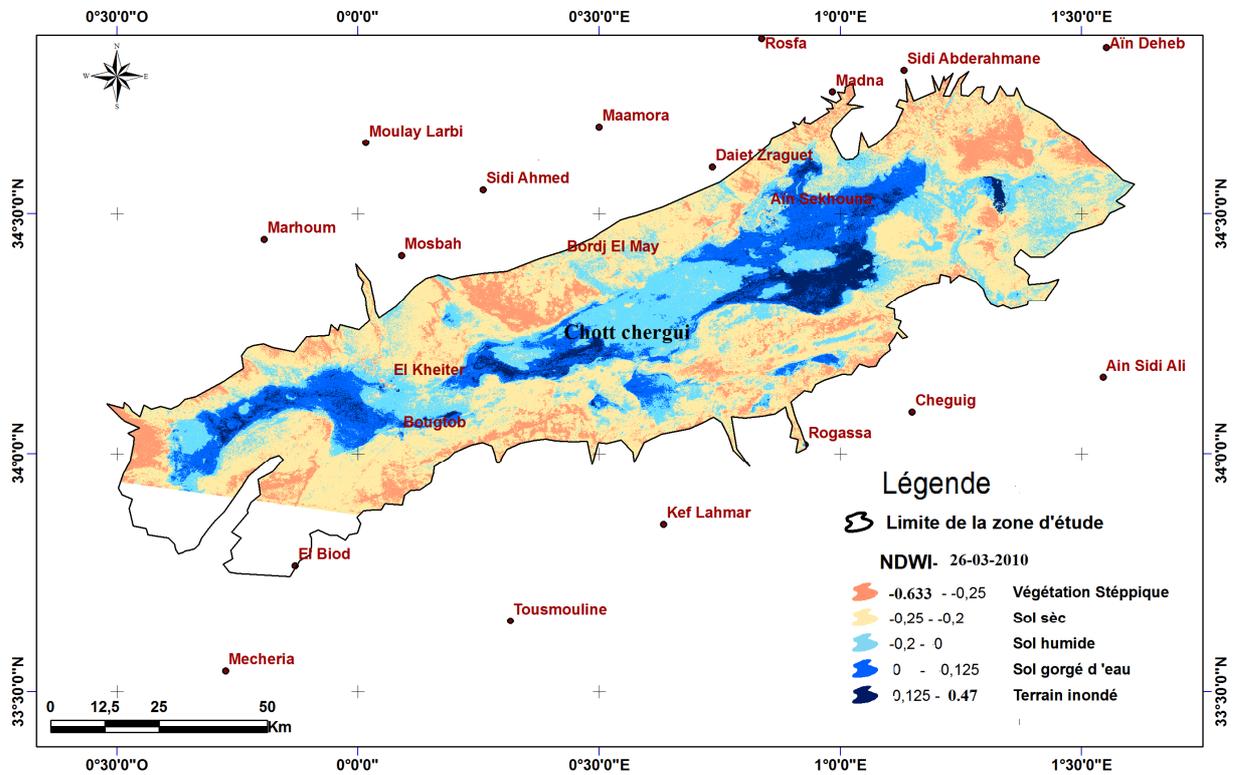


Carte de NDWI 01/10/2009

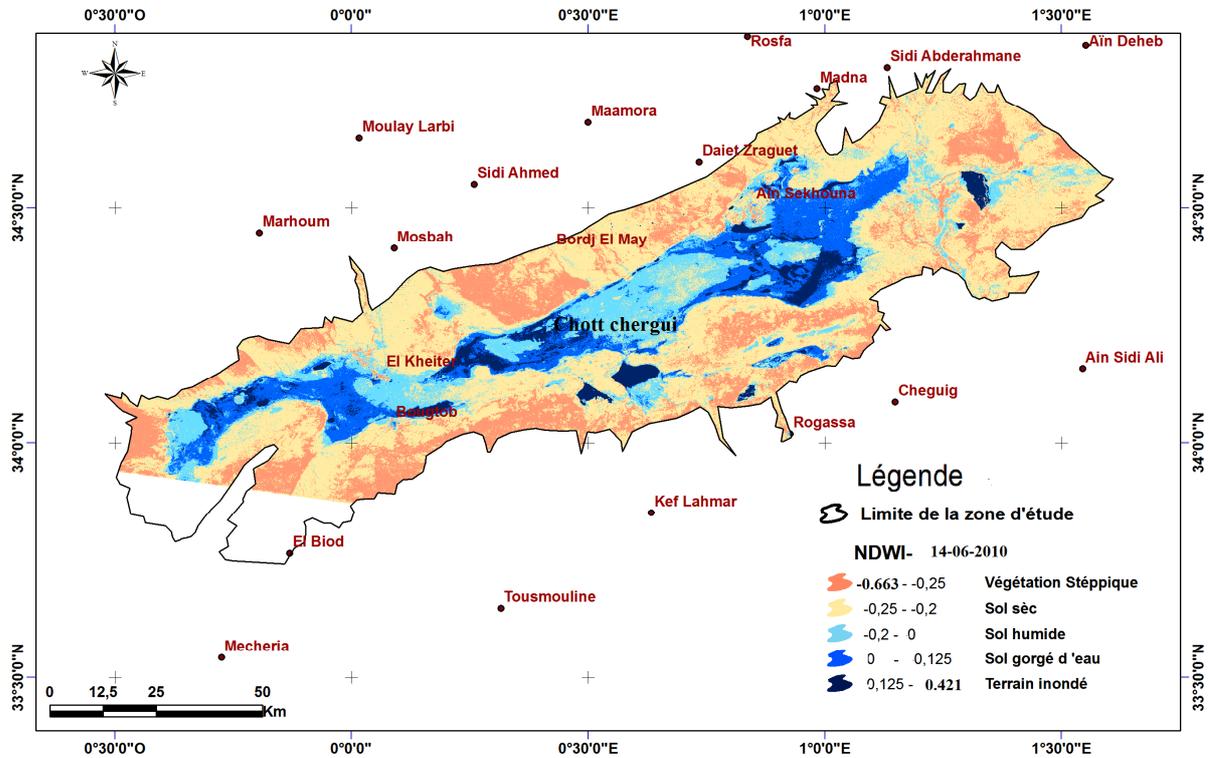




Carte de NDWI 18/01/2010

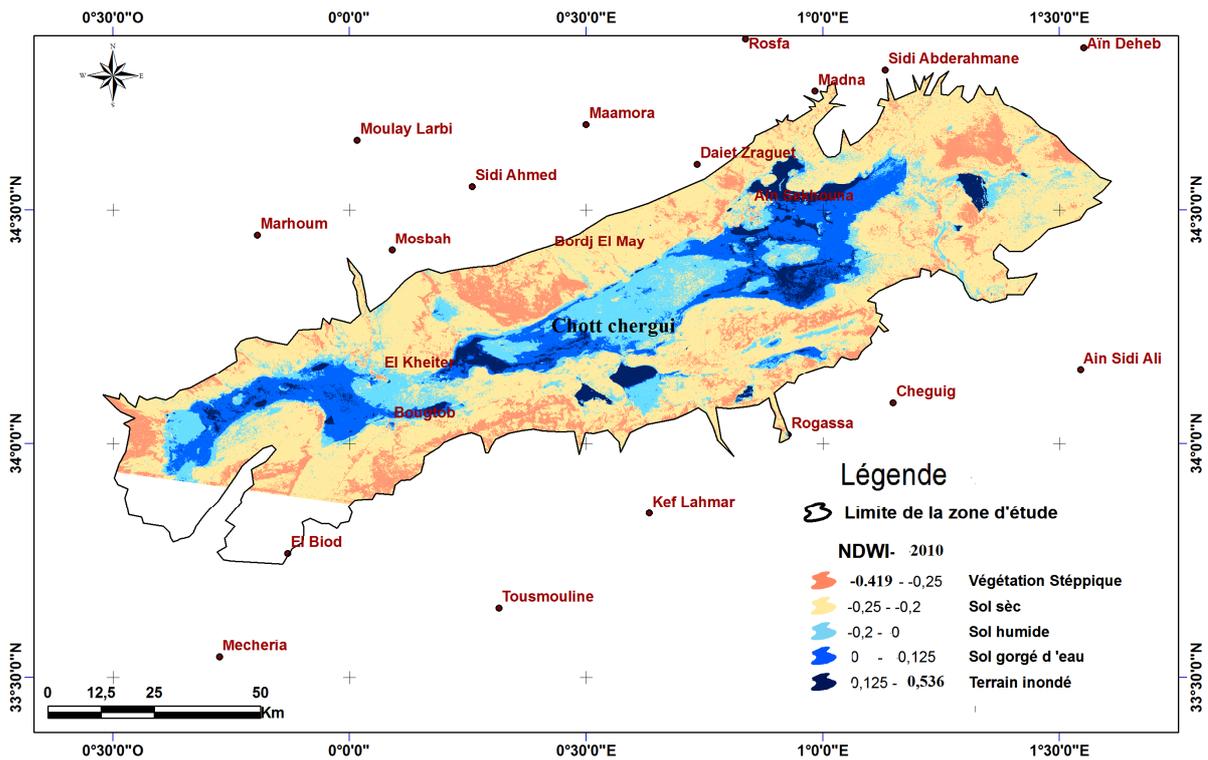


Carte de NDWI 26/03/2010

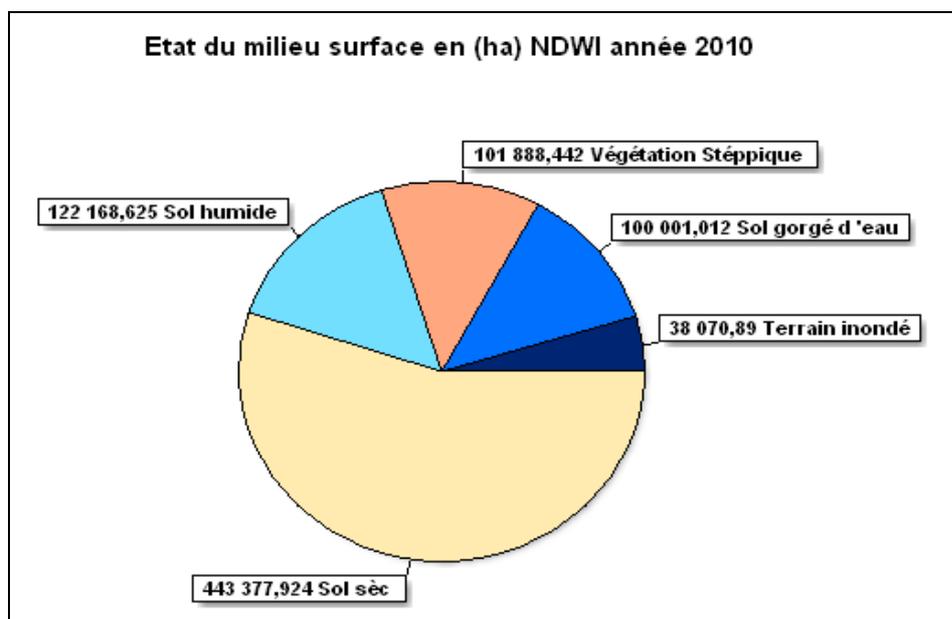


Carte de NDWI 14-06-2010

$$NDWI \text{ annuelle} = (\sum NDWI / 4)$$



Carte de NDWI 2010



NDWI 2020		NDWI 2010	
Surface (ha)	Etat	Surface	Etat (ha)
278496,18	Végétation Stéppique	101888,4418	Végétation Stéppique
333625,486	Sol sèc	443377,9238	Sol sèc
97985,4988	Sol humide	122168,6247	Sol humide
80899,0397	Sol gorgé d'eau	100001,0118	Sol gorgé d'eau
29420,2207	Terrain inondé	38070,8899	Terrain inondé

L'exploitation des ressources en eau dans le bassin hydrographique du Chott Ech Chergui a connu une intense activité liée à une augmentation significative des prélèvements d'eau pour l'alimentation en eau potable de la ville de Saida et agricoles pour les besoins de la création des périmètres d'irrigation. Cette surexploitation semble avoir favorisé la dégradation de la qualité de l'eau.

## ***Conclusion***

---

### **Conclusion**

L'utilisation des techniques d'observation spatiale à travers l'analyse intra et inter annuelle d'images satellitaires, a permis de mettre en évidence l'état hydrique de la zone humide du chott chergui . Ces résultats sont à la base de toutes études plus ou moins approfondies sur les zones humides. Ils apportent une vision globale sur l'évolution spatiotemporelle. La conséquence d'une modification dans la gestion de celle-ci peut être facilement observable à partir de l'analyse de ces images. Ainsi, les gestionnaires, et de façon générale, les décideurs, peuvent suivre l'évolution de ces milieux sur une échelle spatiotemporelle et agir en conséquence.

Le traitement, par classification des surfaces en eau et des surfaces humides présentes sur les images utilisées, a permis de visualiser la variation des durées de submersion.

Les résultats obtenus ont mis en évidence, sur le facteur principal expliquant ces variations qui est celui des précipitations.

L'un des grands avantages de ces méthodes de prospection à distance réside évidemment dans leur faible coût financier et la rapidité de traitement. Toutefois, il serait important de réaliser d'autres travaux portant individuellement sur chacun de ces sites, en prenant en considération des données (images) établies sur plusieurs années et plusieurs dates, en relation avec d'autres facteurs de l'environnement après d'élucider les rythmes hydrologiques, représentent également d'importants outils pour la gestion et la conservation des zones humides

---

# ***Sommaire***

---

# Sommaire

## Liste des tableaux

## Liste des figures

Introduction.....1

## Chapitre I : Généralités sur les zones humides

Généralités sur les zones humides :.....	3
1- Définition des zones humides.....	3
2-Caractéristiques des zones humides.....	4
3-Différentes catégories de fonctions.....	4
4-Les critères de classification des zones humides selon la convention Ramsa.....	4
5-Situation géographique et répartition.....	8
Les zones humides d'importance internationale en Algérie.....	14
1-Type des zones humides.....	17
Principales menaces qui pèsent sur les zones humides .....	19

## chapitre 2 : Présentation des techniques géomatiques

I. Généralités sur la télédétection.....	20
I.1. Définition .....	20
I.2.L'interet de la télédétection .....	20
I.3. Principes de base de la télédétection.....	20
I.4. Le rayonnement électromagnétique (REM).....	22
I.4. 1. Interaction rayonnement matière.....	23
I.4.2. Les Domaines Spectraux.....	23
I.4.3. Signatures spectrales.....	24
II. L'observation spatiale.....	24
II.1. Les vecteurs.....	24
II.2. Les capteurs.....	25
II.2.1. Le fonctionnement d'un capteur.....	25
II.2.1.1. Caractéristiques spectrales (Résolution Spectrale).....	25
II.2.1.2. Caractéristiques spatio-temporelle (Résolution spatiale et répétitivité).....	26
II.2.1.3. La résolution radiométrique.....	26
III.Traitement des images satellitaire.....	29

III.1. Les satellites Landsat.....	29
III.2. Traitement et visualisation des images numériques.....	29
III.2.1. Description d'une image.....	29
III.2.2. La classification des images.....	31
III.3. Détermination d'algorithmes de classification.....	31
III.3.1. Règle de la distance minimale.....	32
III.3.2. Règle du maximum de vraisemblance.....	32
III.3.3. Le diagramme bidimensionnel.....	32
III. 3. 4. Validation de classification.....	32
IV. Télédétection de la végétation:.....	34
IV.1. Les caractéristiques spectrales de la végétation.....	34
IV.1.1. Au niveau de la feuille.....	34
IV.1.2. Au niveau du couvert végétal.....	36
IV.1.2.1. L'indice de surface foliaire.....	37
IV.1.2.2. Inclinaison des feuilles.....	37
IV.1.2.3. Dispersion des feuilles.....	38
IV.1.3. Au niveau du sol.....	38
IV.1.3.1. Composition minérale.....	38
IV.1.3.2. Matière organique.....	39
IV.1.3.3. Contenu en eau.....	39
IV.1.3.4. Structure du sol.....	39
IV.4. Les indices de végétation.....	39
IV.4.1. Les indices simples.....	40
IV.4.2. Les indices utilisant la droite des sols.....	41
IV.4.3. Les indices corrigeant les effets de l'atmosphère.....	42
IV.4.4 Les indices corrigeant les effets conjugués des sols et de l'atmosphère.....	42
IV.4.5. Les indices prenant en compte la température du sol.....	42
V. Les systèmes d'informations géographiques (SIG).....	43
V. 1 Définition.....	43
V. 2 Composition d'un SIG.....	43
V.2.1 La base de données géographique (BDG).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
V.2.2 Saisie de données.....	44
V.2.3 Filtrage des données.....	44
V.2.4 Les principales fonction d'un SIG.....	44
V.2.5. Modes de représentation des données géographiques.....	45
V.3 Les domaines d'applications.....	46
V.3.1 Utilisation des SIG dans le monde forestier .....	47

---

## chapitre 3 : presentation de la zone d'étude

1 Localisation :	48
2- Caractéristique abiotiques du site :	49
2-1- Caractères géologiques :	49
2-1-1- Le tertiaire continental :	49
2-1-2 Le crétacé supérieur et sénonien :	49
2-2 Caractère géomorphologique :	49
2-3 Caractère pédologique :	50
2-3-1- Type de sol : les conditions édaphique influent directement sur la morphologie, la physiologie, et la distribution de la végétation.	50
2-4 Caractère hydraulique :	50
2.5 Valeur hydrologique :	51
2.5.1- Le chott Ech Chergui : renferme trois nappes importantes :	51
2-6 Caractéristiques écologiques :	52
2-7 – Les caractéristique climatiques régionales :	52
2-7-1- Introduction :	52
2-7-2- Etude des précipitations	53
2-7-3- Température :	54
2-7-4 Le vent :	55
2-7-5- L'humidité :	56
2-7-6- L'évapotranspiration :	56
2-7-7- Le sirocco :	57
2-7-8- Les accidents météorologiques :	57
2-7-9- Les Pentes :	58
3- Caractéristique biotique :	58
3-1- Flore remarquable :	58
3-2- Faune remarquable :	<b>Erreur !</b>
<b>Signet non défini.</b>	
4- Synthèse climatique :	59
4-1- Etude du Diagramme ombro-thermique :	59
5- Indice de classification climatique :	60
5-1- Méthode d'EMBERGER :	60
5-2- Méthode de Lang :	60
5-3- Méthode De Martonne :	60
6- Etude socio-économique :	61
6-1- Mouvement des populations :	61
6-2- Activité et population :	62
6-3- L'agriculture :	63
6-4 L'élevage :	63

6-5 La pisciculture : .....	64
6-6 Transfert d'eau : .....	65
7- Le réseau routier : .....	65
8- Valeur sociale et culturelle : .....	66
8-1- loisirs et tourisme : .....	66
8-2- Recherche scientifique .....	66
8-3- Autorité de la gestion : .....	67

## etude de clima et la Géologie de la zone

1- Etude climatique: .....	68
2- Les températures .....	68
3- L'humidité .....	73
4- Les vents .....	74
5- L'insolation .....	76
Géologie .....	82
Introduction .....	82
Les grands ensembles géologiques .....	82
Les monts de Saida .....	82
Le Djebel Nador .....	82
La Cuvette du chott .....	82
L'Atlas saharien .....	84
Description lithostratigraphique .....	86
Le socle Hercynien .....	86
Le Trias .....	86
Le Lias .....	86
L'Aaléno-Bathonien .....	86
Le Callovo-Oxfordien .....	86
Le Kimméridgien .....	87
Le Tithonique .....	88
La partie inférieure .....	88
La partie supérieure .....	88
Le crétacé continental « Barrémien-Aptien-Albien» .....	88
Le Cénomaniens et le Turonien .....	88

## chapitre 4 : Matériels et méthodes

1- Objectif de travail .....	89
2- Les données .....	89
- Model Numérique de Terrain : .....	89
- Les données satellitaires .....	89

---

3- Moyen de travail.....	89
4-Méthodologie de travail.....	92
4.1- La méthode cartographie.....	93
4.2 - Correction radiométrique.....	93
5-Caractérisation de la variabilité de l'indice d'humidité du sol (NDWI).....	94
Résultats et discussios.....	96
Application de l'indice de végétation Normalisé "NDWI " .....	96
Conclusion .....	108
Bibliographie.....	109

---

# Liste des tableaux

Tableau N° 1: Critères de classification des zones humides selon la convention Ramsar

Tableau N °2 : Répartition des zones humides mondiales selon la zone climatique

Tableau N° 3 : Liste des 50 zones humides classées RAMSAR en Algérie (Zedam, 2015)

Tableau N°04 : Principales caractéristiques des couples capteurs vecteurs utilisés en télédétection spatiale terrestre (Hourizi, 2004)

Tableau 5 : caractéristiques de la station météorologique utilisée

Tableau 6 : présentation des précipitations moyennes mensuelles de station d'Ain Skhouna (1960-1998)

Tableau 7 : répartition de la précipitation saisonnière

Tableau 8 : Températures moyennes, minimales et maximales (en C°) au niveau de la station Ain Skhouna (1960 à 1998) .

Tableau 9 : Moyennes mensuelles de l'humidité relative ( en %) durant la période

Tableau 10 : évapotranspiration moyenne mensuelle (ETP en mm) durant la période 1960 à 1998

Tableau 11 : nombre moyenne de jour de sirocco sur une période de 10 ans à la station d'Ain Skhouna.

Tableau 12 : les différentes classes des pentes

Tableau 13 : Répartition de population d'Ain Skhouna

Tableau 14 : le recensement de la population

tableau 15 : répartition de la superficie de la commune

---

Tableau 16 : la mise en valeur de l'élevage suite au recensement 2008-2009

Tableau17 : Stations pluviométriques du Bassin Versant Du Chott Ech Chergui (Coordonnées Lambert)

Tableau 18: Températures mensuelles et annuelles à la station d'El Bayadh (1990-2010).

Tableau 19: Températures mensuelles et annuelles à la station de Saida (1990-2010)

Tableau 20: Températures mensuelles et annuelles à la station de Naâma (1990-2010)

Tableau 21: Moyennes mensuelles et annuelles d'humidité relative (%) du bassin versant Chott Ech Chergui (1990-2010).

Tableau 22: Moyennes mensuelles et annuelles des vitesses du vent (m/s) à la station de Saida (Période 1990-2010)

Tableau 23: Moyennes mensuelles et annuelles des vitesses du vent (m/s) à la station de Naâma (Période 1990-2010)

Tableau 24: Moyennes mensuelles et annuelles des vitesses du vent (m/s) à la station d'El Bayadh (Période 1990-2010) **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau25: Moyennes mensuelles et annuelles de l'insolation (1990-2010)

Tableau 27: Données pour le tracé de la courbe Ombrothermique station de Naâma (1990-2010)

Tableau 28: Données pour le tracé de la courbe Ombrothermique station de Saida (1990-2010)

---

# Liste des figures

Figure N °1 : Répartition des zones humides mondiales

Figure 02 : Les principaux types de zones humides rencontrés sur un bassin-versant Principales menaces qui pèsent sur les zones humides

Figure N°03: Principe de base de la télédétection.

Figure N°04: Principe d'un système de télédétection. (Source: IGN, 2008)

Figure N°05 : Représentation de l'onde électromagnétique.

FigureN°06: Domaine spectral des longueurs d'onde (Source: IGN, 2008).

Figure N°07 : Courbe de réflectance des végétaux, sols et eaux (Soudani, 2006).

FigureN°08: Schéma général d'un capteur (Girard and Girard 1999).

FigureN°10 : Description d'une image numérique.

Figure N°11 : réponse spectrale caractéristique de la végétation chlorophyllienne (d'après Hoffer, 1978 in Corbane, 2006)

Figure N°12: Les modes de représentation des données géographique

Fig.13 : Le diagramme ombro-thermique de Ain Skhouna

Fig 14 : position de Ain Skhouna sur le diagramme de De Martonne

Fig 15 : La répartition de la population d'Ain Skhouna par type activité

Figure 16: position des postes pluviométriques

Figure17 : Variation interannuelle des précipitations aux onze postes pluviométriques du bassin versant du Chott Ech Chergui (1909/2004)

Figure18: Variation des températures moyennes mensuelles à la station d'El Bayadh (1990-2010)

Figure 20: Variation des températures moyennes mensuelles à la station de Naâma (1990-2010)

---

Figure 21: Variation de l'humidité relative moyenne mensuelle en % à la station de Saida, Naâma et El Bayadh

Figure 22: Variation de la durée moyenne mensuelle d'ensoleillement en heure (1990- 2010)

Tableau 26: Données pour le tracé de la courbe Ombrothermique station d'El Bayadh (1990-2010)

Figure22: Courbe Ombrothermique à la station d'El Bayadh (1990-2010)

Figure 23: Courbe Ombrothermique de la station de Naâma (1990-2010)

Figure24: Courbe Ombrothermique de la station de Saida (1990-2010)

Figure 25: Indice annuel d'aridité des stations de Saida, El Bayadh et Naâma d'après DE MARTONNE (1923)

Figure26: Carte des structures géologiques du bassin versant Chott Ech Chergui (Carte digitalisée à partir de la carte de géologie du nord de l'Algérie au 1/500 000<sup>eme</sup>)

Figure 27: Carte géologique de la zone humide Chott Ech Chergui (Carte digitalisée à partir de la carte géologique au 1/200 000<sup>ième</sup>)

**GAUCHER, 1939** -Observation sur le problème géologique du sel en Algérie

**MORSLI. F, BOUYACHE et LECHKAB.T. (1998)**. Résultats préliminaires sur le comportement de différentes espèces de peupliers. Etude générale de l'impact de la région de Aïn Skhouna (1987) : Document élaboré par l'Institut National de la Recherche Scientifique

**Letreuch B. N. (1995)**. Réflexion autour du développement du forestier : les zones à potentiel de production les objectifs, O.P.U, Algérie, 69p.

**SELTZER P. (1946)** - Le climat d'Algérie. Trav. Ins. Met. et Phy. Du Globe, Univ. Alger. 219p.

**ALLOUT I 2013**. Etude de la biodiversité floristique de la zone humide de Boukhmira Sidi Salem – El Bouni –Annaba mémoire de magister. *Word - Fustec, E & Lefevre, J.-C. (éd.). 2000*. Fonctions et valeurs des zones humides. Dunod, Paris. 426 p

**ZAAFOUR, M. (2012)**.- Impact des décharges sauvages sur les Zones Humides de la région d'El-Tarf. Mémoire de magistère, Univ. Badji-Mokhtar Annaba, 111 p.

**CHEKCHAKI, S., ( 2012)**. Caractérisation morpho-analytique des sols des aulnaies glutineuses du complexe lacustre (Parc National d'El Kala). Thèse de Magister. Université Badji-Mokhtar Annaba.

**LOINTIER, M., (1996)** - hydrologie des zones humides tropicales, apport de l'information spatialisée aux problèmes de gestion intégrée, applications en Guyane. Thèse de doctorat. Université Pierre et Marie Curie. Paris. 297 p.

**MALTBY, E., TURNER, R.E., (1983)** . Wetlands of the world, Geogr. Mag. 12-17p.

**BRITTON, R.H., CRIVELLI, A.J., (1993)** - Wetlands of southern Europe and north Africa :Mediterranean wetlands. In : Wetlands of the world. Inventory, ecology and management,(Ed. WIGHAM, D.F.), Kluwer Academic Publications. Dordrecht, p129- 194.

**CAESSTEKER, P., (2007)** - Statut des Inventaires des Zones humides dans la Région Méditerranéenne. Version 2.0, sous la direction de Père Tomàs Vives. MedWet-Tour du Valat Publications, France, 145 p.

**PEARCE, F. & CRIVELLI, A.J., (1994)** - Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. Publication. MedWet / Tour du Valat, n°1, Arles, France, 88 p.

**AZZOUZI F et al, (2013)**. - Caractérisation physico-chimiques des sédiments tourbeux du complexe des zones humides l'El-Ghorra. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 – de Guelma. p91.

**ZEDAM A, (2015).** - Etude de la flore endémique de la zone humide de chott El Hodna Inventaire –Présentation. Thèse de doctorat en sciences. Université Ferhat Abbas de Sétif 1. p197.

**BACHA M, 2005,** *Le patrimoine monumental en Tunisie pendant le protectorat, 1881-1914.Étudier, sauvegarder, faire connaître.* Thèse de doctorat, Paris IV-Sorbonne, 2 vol. , 655-262 p.

**SAIFOUNI A, (2009).** - État des lieux des zones humides et des oiseaux d'eau en Algérie. Mémoire de Magister en sciences agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique (E.N.S.A.). El Harrach, Alger. p250.

**SABRI F, (2011).** - Caractérisation écologique d'un site Ramsar, le lac bleu wilaya d'El Tarf. Mémoire de Master. Université Badji Mokhtar Annaba. p31.

**Gross A, et al. (1999)** The N-terminal half of Cdc25 is essential for processing glucose signaling in *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochemistry* 38(40):13252-62.

**CUCHEROUSSET, J., (2006)** . Rôle fonctionnel des milieux temporairement inondés pour l'ichtyofaune dans un écosystème sous contraintes anthropiques : approches communautaire, populationnelle et individuelle. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 278 p.

**Rapinel, S., (2012).** Contribution de la télédétection à l'évaluation fonctionnelle des zones humides : de l'observation à la modélisation prospective. Thèse de doctorat, Université de Rennes2, 18 p.

**MELANIE C, (2009).** - Identification, caractérisation et localisation des zones humides du bassin versant de l'Yser. Rapport de stage de master 2, p54.

**Manière R., Bassisty E., Celles J. C et Melzi S., 1993.** Utilisation de la télédétection spatiale (données XS de Spot) pour la cartographie de l'occupation du sol en zones arides méditerranéennes : exemple d'Aïn Oussera(Algérie). *Cah. Orstom, ser. Pédol.*, vol. XXVIII, 1, 67-80.

**Girard M. C., et Girard, C. M., 1989.** Télédétection appliquée, zones tempérées et intertropicales. (2 ed.), Paris, Masson, 260 p.

**Girard M.C. et Girard C.M., 1999.** Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris, 529 p. + CD-ROM.

**Jensen J.R., 2000.** Remote sensing of the environment: *an Earth resource perspective*. Upper Saddle River : NJ: Prentice Hall. 544p.

**Duminil. T., 2007.** Exploitation de données de télédétection en vue d'étudier la mise en place de l'écotourisme dans la région de Andavadoaka (Madagascar). Rapport de stage deuxième année SUPAGRO, Montpellier, 19 p.

**UVED., 2008.** ENVCAL - Suivi de l'environnement par télédétection, Cours en ligne. Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.

## Résumé :

Le chott ech-Chergui est une zone humide protégée par la convention de Ramsar depuis le 2 février 2001. Le site Ramsar a une superficie de 8 555 km<sup>2</sup>, il constitue le foyer naturel pour de nombreuses espèces animales et végétales menacées et vulnérables.

L'observation régulière de l'état hydrique des zones humides est très utile dans les régions arides et semi-arides, car leur existence est entièrement contrôlée par le rythme des pluies.

La cartographie est conçue dans l'objectif de constituer un outil de connaissance, mais également un outil d'information et d'aide à la décision destiné aux élus, services instructeurs de l'État, décideurs et gestionnaires de milieux naturels. Elle doit permettre de faciliter la prise en compte des zones humides dans les opérations d'aménagement mais aussi orienter la mise en œuvre d'actions opérationnelles en faveur de la protection des zones humides patrimoniales. La comparaison des deux images satellitaires de 2010 et 2020 a montré que les superficies des plans d'eau ont été largement réduites entre ces deux dates.

Mots clé : cartographie, télédétection, zone humide, chott chergui.

## Summary :

The chott ech-Chergui is a wetland protected by the Ramsar convention since February 2, 2001. The Ramsar site covers an area of 8,555 km<sup>2</sup>, it is the natural home for many endangered and vulnerable animal and plant species.

Regular observation of the water status of wetlands is very useful in arid and semi-arid regions, as their existence is entirely controlled by the rhythm of the rains.

The mapping is designed with the objective of constituting a knowledge tool, but also an information and decision-making aid tool intended for elected officials, State educational services, decision-makers and managers of natural environments. It should make it possible to facilitate the inclusion of wetlands in development operations but also to guide the implementation of operational actions in favor of the protection of heritage wetlands. The comparison of the two satellite images of 2010 and 2020 showed that the areas of the water bodies were greatly reduced between these two .

key words: cartography, remote sensing, wetland, chott chergui.

## ملخص:

شوط شرقي هي أرض رطبة محمية بموجب اتفاقية رامسار منذ 2 فبراير 2001. تبلغ مساحة موقع رامسار 8.555 كيلومتر مربع ، وهو موطن طبيعي للعديد من أنواع الحيوانات والنباتات المعرضة للخطر والضعيفة. تعد المراقبة المنتظمة لحالة المياه في الأراضي الرطبة مفيدة جدًا في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ، حيث يتم التحكم في وجودها تمامًا بواسطة إيقاع هطول الأمطار.

تم تصميم الخرائط بهدف تشكيل أداة معرفية ، ولكن أيضًا أداة مساعدة في المعلومات وصنع القرار مخصصة للمسؤولين المنتخبين والخدمات التعليمية الحكومية وصناع القرار ومديري البيئات الطبيعية. يجب أن تجعل من الممكن تسهيل إدراج الأراضي الرطبة في عمليات التنمية ولكن أيضًا توجيه تنفيذ الإجراءات التشغيلية لصالح حماية الأراضي الرطبة التراثية. أظهرت المقارنة بين صورتَي الأقمار الصناعية لعامي 2010 و 2020 أن مساحات المسطحات المائية تقلصت بشكل كبير بين هذين التاريخين.

الكلمات المفتاحية: رسم الخرائط ، الاستشعار عن بعد ، الأراضي الرطبة ، شوط شرقي.