
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ LARBI BEN M'HIDI OUM EL BOUAGHI
FACULTÉ DES SCIENCES EXACTES ET DES SCIENCES DE LA NATURE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du

Diplôme de Magister en Biologie

Option : Ecologie des écosystèmes aquatiques

Thème :

Evaluation des changements des zones humides du Sud
Constantinois par télédétection, avec application particulière au
lac barrage de Koudiet Medaouar (Timgad, Batna).

Présenté par : BOUKABA Rima

Membre de jury :

Président :	Dr. OULDJAOUI A.,	MCA Université d'Oum El Bouaghi.
Promoteur :	Dr. SI BACHIR A.,	Professeur Université de Batna.
Examineur :	Dr. BOULAKHSSAIM M.,	MCA Université d'Oum El Bouaghi.
	Dr. BENMESSAOUD H.,	MCA Université de Batna.

Année universitaire : 2014/2015

Remerciements

C'est avec un vif plaisir que je viens d'achever ce travail, je tiens à cette occasion à remercier tout les enseignants qui ont contribué d'une façon ou d'une autre dans ce modeste travail, en particulier :

- Mon promoteur, **Dr. Si Bachir Abdelkrim**, qui s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.
- **Dr. Saheb Menouar**, qui nous a montré que la recherche scientifique est un domaine où l'égoïsme n'a point de place.
- **Dr. Ouldjaoui A., Dr Boulakhssaim M. et Dr Benmessaoud H.**, d'avoir bien accepté de juger ce travail.
- **Mr. Guelmami Anis**, qui s'est dévoué pour nous dispenser de tous conseils et directives utiles pour la réalisation de ce modeste travail.
- **Mr. Chafai Chaouki**, pour son aide, qui en vérité n'a jamais été une faveur à ma personne, il a toujours été là pour aider tout le monde.
- **Mr. Merradi et mr. Benali**, de la conservation des forêts, ils n'ont pas hésité à me fournir des documents d'une importance extrême et aussi pour leurs disponibilité et leurs patiences.
- **Mr. Ghazi M. C.**, pour son aide et sa disponibilité.

En guise de remerciement à tout qui ont contribué dans ma formation, je leur promets dans l'avenir d'autres travaux de plus grande importance.

Dédicaces

A l'esprit de mon père qui
m'a quitté avant de voir le fruit
de son éducation ...

Sommaire

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....1

Chapitre I : Recueil bibliographique sur les zones humides et leur étude par télédétection

3

1. Notion de zone humide	3
2. Fonctions et valeurs des zones humides	3
3. Zones humides Algérienne d'une importance internationale	6
4. Présentation générale des zones humides du Sud Constantinois	7
4.1. Zones humides naturelles.....	7
4.2. Les zones humides artificielles (Cas des lacs barrages)	7
4.2.1. Définition	8
4.2.2. Types de barrages	8
4.2.3. Principaux lacs barrages du Sud Constantinois	8
5. Etude des zones humides par télédétection.....	11
5.1. Notion de télédétection	11
5.2. Principe de télédétection.....	11
5.3. Intérêt du suivi des zones humides par télédétection.....	13
5.4. Présentation des images satellitaires.....	13
5.4.1. Les données satellitaires	13
5.4.2. Présentation générale des satellites LANDSAT	15
5.4.3. Type des images Landsat	16
5.5. Classification des images satellites.....	17
5.5.1. Classification supervisée.....	17
5.5.2. La classification non-supervisée	18
5.5.3. Classification basée sur l'objet	19

Chapitre II: Matériels et méthodes

1. Présentation du cadre de l'étude	20
---	----

1.1.	Situation géographique	20
1.2.	Hydrologie	21
1.3.	Climat.....	21
1.3.1.	Températures.....	21
1.3.2.	Pluviométrie.....	22
1.3.3.	Le vent	24
1.3.4.	Humidité relative de l'air	24
1.4.	Synthèse climatique	25
1.4.1.	Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.....	25
1.4.2.	Climagramme d'EMBERGER.....	27
2.	Description des sites et des complexes de zones humides étudiés	28
2.1.	Garaet El Taref.....	29
➤	Cohtt El Mellah.....	29
➤	Sebkhet Gemot.....	29
➤	Garaet Timerganine	30
2.2.	Garaet Guelif.....	30
2.3.	Garaet Ank Djemel et Elmaghssel.....	30
2.4.	Chott Tinnsilt	31
2.5.	Sebkhet Ezzemmoul.....	31
2.6.	Sebkhet Djendli.....	31
2.7.	Lac barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna).....	32
3.	Méthodes et techniques utilisées.....	33
3.1.	Collecte des données.....	33
3.1.1.	Les images satellitaires	33
3.1.2.	Recensement des oiseaux d'eau.....	34
3.1.3.	Les données Worldclim (Global Climat Data)	35
3.2.	Logiciels utilisés	40
3.2.1.	ENVI 4.7 :.....	40
3.2.2.	ArcGis.10	40
4.	Exploitation des données	40
4.1.	Prétraitement des images satellitaires	40

4.2.	Délimitation des zones humides par traitement de seuillage	41
4.3.	Calcul des variations de submersion des zones humides Sud Constantinoises	42
4.4.	Indices écologiques (communautés aviaires).....	44
4.5.	Analyse statistique des données (Analyse des corrélations).....	44
Chapitre III : Résultats et discussions		
1.	Cartographie des zones humides du Sud Constantinois	46
1.1.	Résultats.....	46
1.1.1.	Localisation et délimitation des sites et complexes de zones humides étudiées	46
1.1.2.	Modèle numérique du terrain.....	48
1.1.3.	Carte des bassins, sous bassins versant et réseaux hydrographiques.....	50
1.2.	Discussion.....	53
1.3.	Conclusion	53
2.	Superficies inondées au sein des zones humides étudiées	54
2.1.	Résultats.....	54
2.1.1.	Inondation de Garaet Etaref et ses sites satellites	54
2.1.2.	Inondation de Garaet Guelif.....	60
2.1.3.	Inondation du complexe de sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt	65
2.1.4.	Inondation de Garaet Ank Djemel et El Maghssel	70
2.1.5.	Inondation de Sabkhet Djendli.....	75
2.1.6.	Cas particulier du lac barrage de Koudiet Medouar_Timgad_.....	80
2.2.	Discussions	90
2.3.	Conclusion	91
3.	Importance des sites du Sud Constantinois pour l'accueil des oiseaux d'eau hivernants	92
3.1.	Inventaire systématique	92
3.1.1.	Résultats.....	92
3.1.2.	Discussions	95
3.1.3.	conclusion	96
3.2.	Corrélation entre les effectifs d'oiseaux d'eau recensés et les surfaces des plans d'eau	96

3.2.1.	Résultats	96
3.2.2.	Discussions	99
3.2.3.	Conclusion	99
	Conclusion.....	100
	Bibliographie	102

Liste des tableaux

- Tableau 1 :** Comparaison des capteurs satellites.
- Tableau 2 :** Avantages et inconvénients des méthodes de classification supervisées et non-supervisées
- Tableau 3 :** : Températures mensuelles maximales (M), minimales (m) et moyennes (M) en °C de la wilaya de Batna (1983-2013) et d'Oum El Bouaghi (1996-2011).
- Tableau 4 :** Hauteurs moyennes mensuelles et totales annuelles des précipitations (mm) reçues dans la willaya de Batna (193-2013) et la wilaya d'Oum El Bouaghi (1996-2011).
- Tableau 5 :** Hauteurs moyennes mensuelles et totales annuelles des précipitations (mm) reçues dans la willaya de Batna et la wilaya d'Oum El Bouaghi (2003, 2007 et 2013).
- Tableau 6 :** : Vitesses moyennes des vents enregistrés dans la station d'Ain Skhouna Btina (1983-2013) et la station d'Oum El Bouaghi (1996-2011).
- Tableau 7:** Moyennes mensuelles de l'humidité relative (H R) de l'air exprimée en % pour la période (1983-2013) pour la station d'Ain Skhouna et (1996-2011) pour la station d'Oum El Bouaghi.
- Tableau 8 :** Les images LANDSAT utilisés et leurs caractéristiques.
- Tableau 9 :** Caractéristiques générales des zones humides étudiées.
- Tableau 10 :** Surfaces inondées pour Garaet Etaref et ses sites satellites (Oum El Bouaghi) en ha et on %
- Tableau 11 :** Surfaces inondées pour Garaet Guelif (Oum El Bouaghi) en ha et on %
- Tableau 12 :** Surfaces inondées pour Ezzemmoul et Tinnsilt (Oum El Bouaghi) en ha et on %
- Tableau 13 :** Surfaces inondées pour Ank Djemel et El Maghssel (Oum El Bouaghi) en ha et on %
- Tableau 14 :** Surfaces inondées pour Sebkhet Djendli (Batna) en ha et on %
- Tableau 15 :** Surfaces inondées pour le barrage de Koudiet Medouar, (Timgad, Batna) au

cours des années 2003, 2007 et 2013:

Tableau 16 : Surfaces inondées pour le barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) en ha et on %

Tableau 17 : : Matrice de corrélation de Pearson entre les années, les surfaces inondées, les températures et les précipitations. En gras, valeur significative au seuil $\alpha=0.05$ (test bilatéral).

Tableau 18 : Dénomination et systématique des oiseaux d'eau recensés dans le Sud Constantinois (Algérie).

Tableau 19 : Effectifs totaux et par groupe des oiseaux d'eau hivernants dans les sites et complexes étudiés pendant les années 2003, 2007 et 2013

Tableau 20 : Matrice de corrélation de Pearson entre les années, les surfaces inondées, les effectifs totaux, et les effectifs par groupe. En gras, valeur significative au seuil $\alpha=0.05$ (test bilatéral).

Figure 1 : Dendrogramme représentant les fonctions des zones humides.

Figure 2 : Dendrogramme représentant les services et les valeurs des zones humides.

Figure 3: Vue générale de la partie digue du barrage Foum El Gueiss (Khechela).

Figure 4: Vue représentant la digue et la tour du Barrage de Ain Zada (Sétif).

Figure 5 : Vue panoramique du barrage de Koudiet Medouar « Timgad, Batna ».

Figure 6: Etapes suivies lors du processus de télédétection.

Figure 7: Situation géographique et limites administratives (Wilayas) de la zone d'étude.

Figure 8 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la station d'Ain S'khouna Batna (1983 - 2013).

Figure 9 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN établi pour la région d'Oum El Bouaghi (1996 - 2011).

Figure 10: Principaux sites et complexes de zones humides étudiées.

Figure 11: Carte de situation géographique du barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna).

Figure 12 : Emplacement des stations climatiques des données **Prec.**

Figure 13 : Emplacement des stations climatiques des données **T moy.**

Figure 14: Emplacement des stations climatiques des données **T max** et **T min.**

Figure 15: Les causes de la distorsion géométrique des images.

Figure 16 : Illustration du résultat de l'algorithme de calcul pixel par pixel (N=8).

Figure 17 : Localisation des principaux sites et complexes de la région Sud Constantinoise

Figure 18 : Modèle numérique du terrain de la région Sud Constantinoise.

Figure 19: Carte des réseaux hydrographiques du Sud Constantinois.

Figure 20 : Carte des bassins hydrologiques du Sud Constantinois.

Figure 21 : Surfaces inondées de Garaet Etarf et ses sites satellites Oum El Bouaghi pendant les années 2003 (A), 2007 (B) et 2013 (C).

Figure 22: Degré d'inondation de Garaet Etarf et ses sites satellites (Oum El Bouaghi) pour l'année 2003.

Figure 23 : Degré d'inondation de Garaet Etarf et ses sites satellites (Oum El Bouaghi) pour l'année 2007.

Figure 24 : Degré d'inondation de Garaet Etarf et ses sites satellites (Oum El Bouaghi) pour l'année 2013.

Figure 25 : Surfaces inondées de Garaet Guelif (Oum El Bouaghi) pendant les années 2003 (A), 2007 (B) et 2013 (C).

Figure 26 : Degré d'inondation de Garaet Guelif (Oum El Bouaghi) pour l'année 2003

Figure 27 : Degré d'inondation de Garaet Guelif (Oum El Bouaghi) pour l'année 2007.

Figure 28: Degré d'inondation de Garaet Guelif (Oum El Bouaghi) pour l'année 2013.

Figure 29: Surfaces inondées du complexe de Sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt (Oum El Bouaghi) pendant les années 2003 (A), 2007 (B) et 2013 (C).

Figure 30: Degré d'inondation du complexe de Sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt (Oum El Bouaghi) pour l'année 2003.

Figure 31: Degré d'inondation du complexe de Sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt (Oum El Bouaghi) pour l'année 2007.

Figure 32: Degré d'inondation du complexe de sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt (Oum El Bouaghi) pour l'année 2013.

Figure 33: Surfaces inondées de Garaet Ank Djemel et El Maghssel (Oum El Bouaghi) pendant les années 2003 (A), 2007 (B) et 2013 (C).

Figure 34: Degré d'inondation du complexe de Garaet Ank Djemel et Elmaghssel (Oum El Bouaghi) pour l'année 2003.

Figure 35: Degré d'inondation du complexe de Garaet Ank Djemel et Elmaghssel (Oum El Bouaghi) pour l'année 2007.

Figure 36: Degré d'inondation du complexe de Garaet Ank Djemel et Elmaghssel (Oum El Bouaghi) pour l'année 2013.

Figure 37: Surfaces inondées de Sabkhet Djendli (Batna) pendant les années 2003 (A), 2007 (B) et 2013 (C).

Figure 38: Degré d'inondation de sebkhet Djendli (Batna) pour l'année 2003.

Figure 39: Degré d'inondation de sebkhet Djendli (Batna) pour l'année 2007.

Figure 40: Degré d'inondation de sebkhet Djendli (Batna) pour l'année 2013.

Figure 41 : Cartes représentant les résultats du traitement de seuillage du barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) en 2002-2003.

Figure 42: Cartes représentant les résultats du traitement de seuillage du barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) en 2007.

Figure 43: Cartes représentant les résultats du traitement de seuillage du barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) en 2007.

Figure 44: Surfaces inondées du Barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) pendant les années 2003 (A), 2007 (B) et 2013 (C).

Figure 45: Degré d'inondation du Barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) pour l'année 2003.

Figure 46: Degré d'inondation du Barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) pour l'année 2007.

Figure 47: Degré d'inondation du Barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) pour l'année 2013.

Introduction

Le bassin méditerranéen est riche en zones humides d'une grande valeur écologique, sociale et économique. Cependant, ces biens naturels importants ont été considérablement dégradés et détruits, principalement au cours du XXème siècle (**SKINNER et ZALEWSKI, 1995**).

Aujourd'hui, elles sont reconnues comme des milieux irremplaçables, révolus les temps où ces zones étaient considérées comme des lieux insalubres ou inutiles. L'importance de ces zones pour l'avenir de la planète est de plus en plus évidente. Ces milieux ont non seulement une productivité et une biodiversité exceptionnelles, mais jouent également un rôle clé dans la conservation et la gestion des ressources en eau. Malgré une reconnaissance internationale et nationale, les zones humides, très fragiles, continuent à régresser. Leur destruction systématique les place aujourd'hui parmi les milieux naturels les plus menacés (**THAUVIN, 2005**).

L'Algérie comporte plusieurs zones humides, notamment la région des hautes plaines à l'est Algérien (le Sud Constantinois) qui renferme une vingtaine de sites d'importance variable dispersés sur 150 Km d'Est en Ouest et repartis principalement entre quatre (04) wilaya à savoir Setif, Khenchela, Batna et Oum El Bouaghi. Cette dernière est dotée d'une superficie en zones humides qui s'élève à 160.000 ha, malheureusement demeure très peu étudiée (**BACHA & BECHIM, 2005**).

La Wilaya d'Oum El Bouaghi renferme la majorité des zones humides d'importance internationale, qui sont représenté soit par des sites naturelles tels que les Chotts, les Garaets, soit par des sites artificielles telles que les barrages. La majorité des travaux sur les zones humides Sud Constantinoise concernent les oiseaux d'eau, on peut citer à titre d'exemple (**BOULAKHSSAIM, HOUHAMEDI & SAMRAOUI, 2007**), (**BOUKROUMA, MAAZI, SAHEB, METLAOUI & HOUHAMEDI, 2011**).

De nombreux gestionnaires, élus, décideurs, souhaitent disposer de données pour mieux protéger ces zones humides, les gérer et les valoriser. Ils sont à la recherche d'informations actualisées, de conseils et d'outils pratiques d'aide à la gestion. Les outils issus des techniques d'observation spatiale peuvent apporter une solution pour le suivi et l'inventaire de ces zones à protéger (**THAUVIN, 2005**).

Les zones humides Algériennes sont soumises à des changements climatiques et à des activités anthropiques conduisant parfois à la réduction de la surface de leurs plans d'eau ainsi que de l'étendue de leurs zones inondables. Malgré une apparente simplicité dans l'approche de l'étude de ces phénomènes, l'évaluation pratique de ces impacts n'a jamais été quantifiée avec précision.

C'est dans ce contexte que notre étude a pour objectifs :

- Evaluation et suivi de l'évolution des surfaces de quelques zones humides au cours des années références (2003, 2007 et 2013), il s'agit des zones humides suivantes: le complexe de Garaet Etarf et ses sites satellites, Garaet Guelif, Le complexe de sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt, le complexe de Garaet Ank Djemel et Elmaghssel, sebkhet Djendli et le barrage de Koudiet Medouar.
- Mesurer, grâce aux techniques de télédétection et de SIG, les différents types de superficies et leurs évolutions dans le temps.
- Comparer l'évolution des effectifs des populations des oiseaux d'eau hivernant au cours des années (2003, 2007 et 2013) avec les résultats de l'évolution temporelle de la surface des plans d'eau et obtenues à l'aide de traitement d'images satellitaires et SIG.

Dans le premier chapitre nous présentons quelques données bibliographiques sur les zones humides et leur étude par télédétection. Le deuxième chapitre contient une présentation générale du cadre d'étude et de la méthodologie du travail. Le troisième chapitre renferme tout les résultats obtenus, les discussions et les conclusions partielles et enfin la conclusion générale.

Chapitre I : Recueil bibliographique sur les zones humides et leur étude par télédétection

1. Notion de zone humide

Les zones humides, espaces de transition entre la terre et l'eau, constituent un patrimoine naturel remarquable en raison de leur richesse biologique mais aussi des importantes fonctions naturelles qu'elles remplissent. Elles constituent, d'une part, de véritables réservoirs biologiques et génétiques en abritant des espèces végétales remarquables et menacées et la vie d'une multitude d'espèces d'oiseaux en dépend directement (**SI BACHIR, 2006**).

Les définitions des zones humides sont aussi nombreuses que les points de vue de leurs rédacteurs (du pédologue au sociologue en passant par le botaniste ou l'expert des écosystèmes), et des objectifs visés (scientifiques, gestion, politique...). Or, ces énoncés conditionnent les méthodes employées pour les qualifier (**BARNAUD & ELIANE, 2007**).

Toutefois, trois paramètres paraissent incontournables pour les caractériser, il s'agit de la présence d'eau, de sols hydromorphes et d'une végétation adaptées composées d'hygrophytes au sens français et d'hydrophytes au sens anglo-saxon (**BARNAUD & ELIANE, 2007**).

L'accord international résultant, connu par la convention de Ramsar, définit les zones humides par : « 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'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres ».

2. Fonctions et valeurs des zones humides

Les zones humides peuvent se définir au travers de leurs caractéristiques, ensemble des conditions climatiques, géomorphologiques, hydrologiques, pédologiques et botaniques. Ces différents éléments dépendent les uns des autres et agissent les uns sur les autres. La conjonction particulière de ces caractéristiques détermine un ensemble de processus naturels qui se déroulent au sein de ce milieu. Ces processus permettent aux zones humides d'assurer des fonctions hydrologiques, bio-géochimiques et écologiques (Fig. 1) (**MICHELOT et al. 2004**).

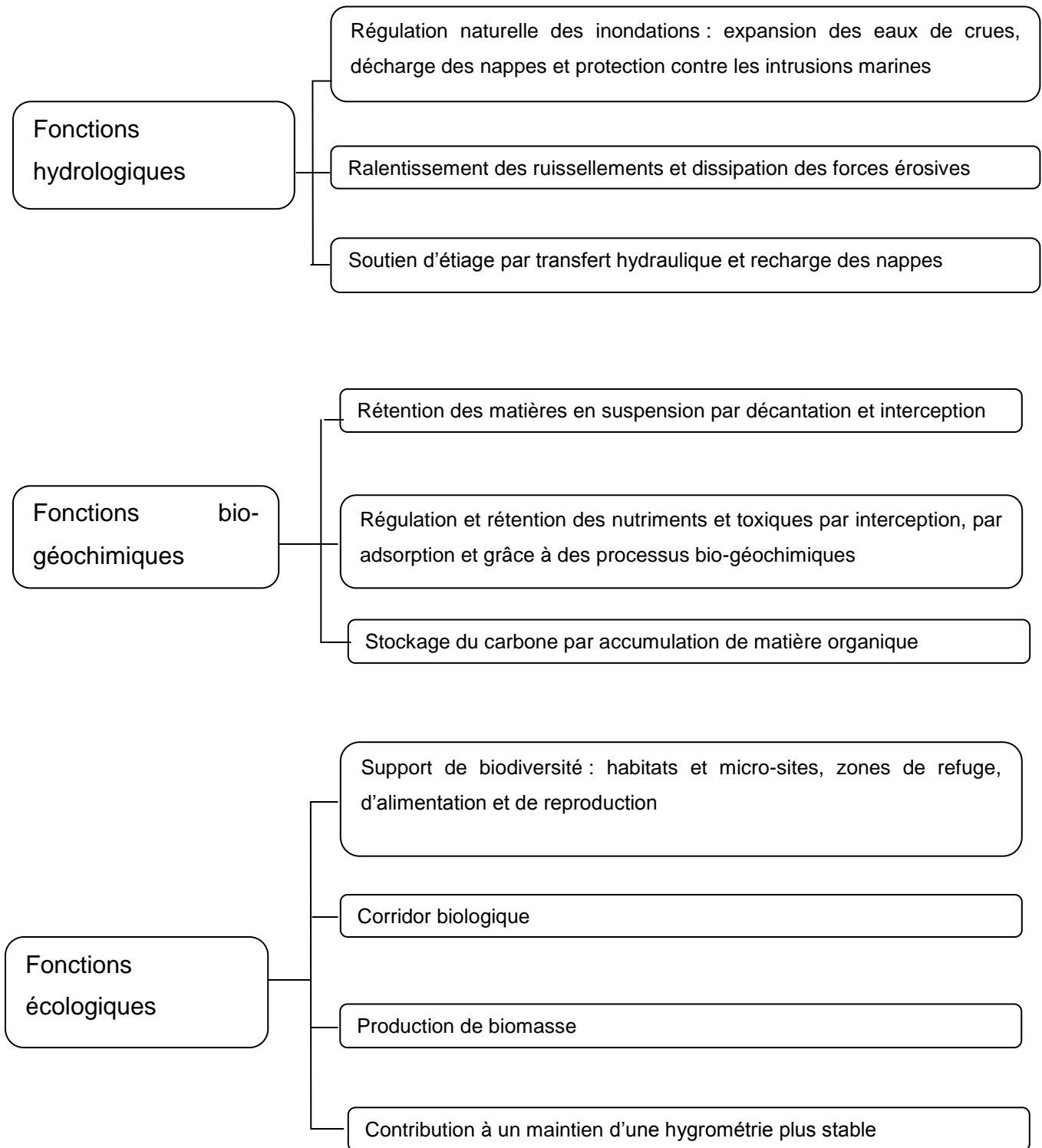


Figure 1 : Dendrogramme représentant les fonctions des zones humides (MICHELOT & al, 2004).

De l'expression de ces fonctions résulte un ensemble de services, « avantages pour la société liés à leur exploitation indirecte », et de produits, « biens issus d'un usage individuel lié à une exploitation directe » (ANRAS, 2005). L'homme peut, volontairement ou involontairement, tirer parti des rôles joués par les zones humides au sein des écosystèmes. Ainsi, des valeurs peuvent être attribuées aux zones humides : valeurs environnementales, économiques et sociétales (Fig. 2).

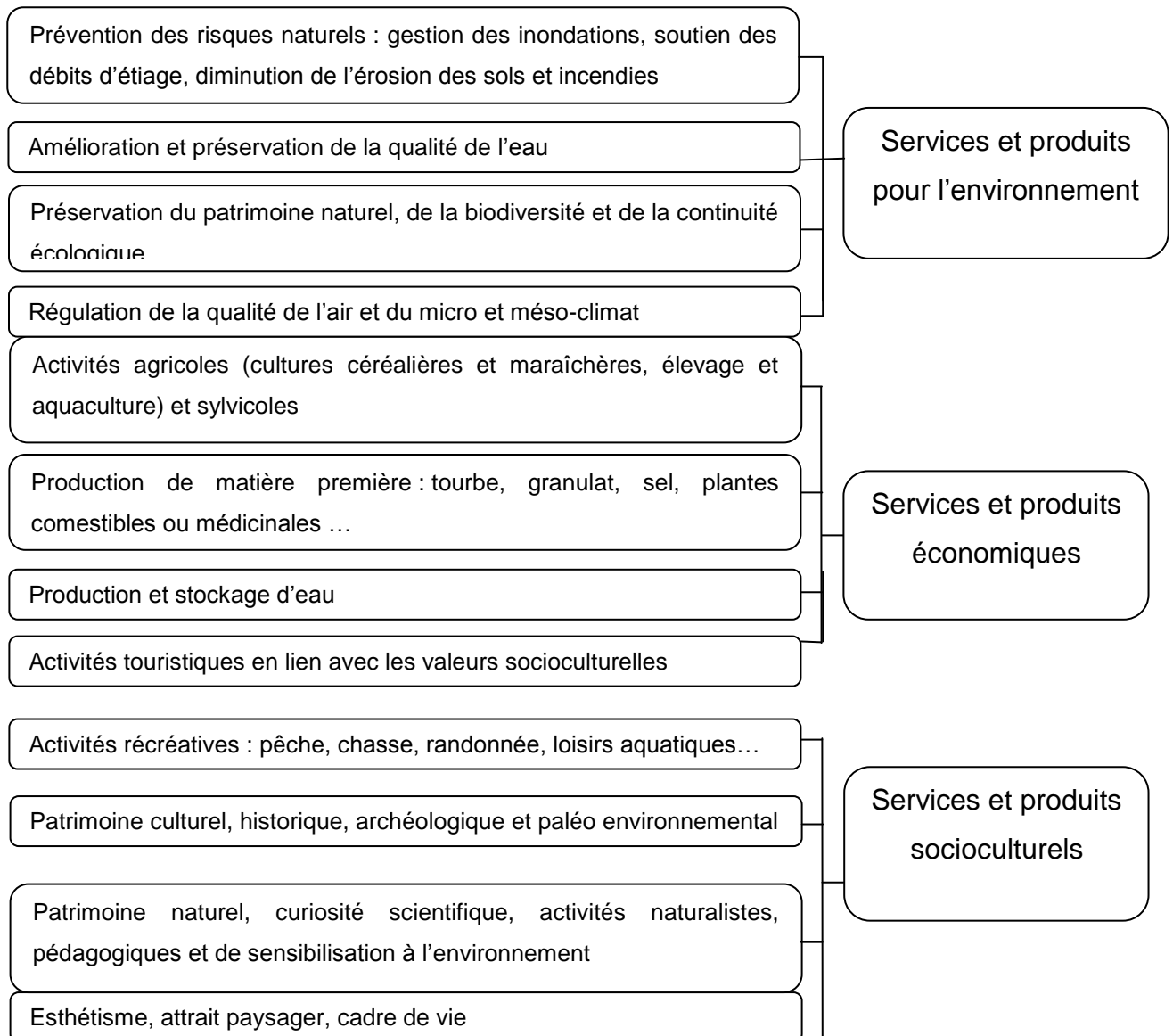


Figure 2 : Dendrogramme représentant les services et les valeurs des zones humides (ANRAS, 2005).

3. Zones humides Algérienne d'une importance internationale

La position géographique de l'Algérie, sa configuration physique et la diversité de son climat lui confèrent une importante richesse de zones humides. Sa configuration physique s'est traduite globalement par une zonation latitudinale caractérisée par l'existence de plusieurs types de climats sur lesquels 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 (HOUHAMDY & *al.*, 2013).

En effet, il est recensé 254 zones humides naturelles en Algérie, dont 60 sont d'importance internationales, répertoriées Ramsar du nom de la convention internationale de 1971, ratifiée par Algérie en 1982 (ANONYME, 2004). Aujourd'hui, avec les nouvelles connaissances, le nombre de zones humides dépasse le millier si l'on inclut oueds, grottes, oasis, daya, et zones côtières, non comprises dans le premier inventaire.

Ainsi dans la partie Nord-est de l'Algérie, la plus arrosée, renferme un complexe lacustre particulièrement important, le complexe d'El-Kala. 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 Sebkhata d'Oran (BENSIZERARA, 2013).

Dans les hautes plaines steppiques on rencontre principalement des Chotts et des Sebkhats. 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 carrés, 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 (BENSIZERARA, 2013).

Les massifs montagneux de l'Ahaggar et du Tassili renferment dans leur réseau hydrographique de nombreuses zones humides permanentes appelées Guelts qui témoignent encore d'une période humide du Sahara (BENSIZERARA, 2013).

4. Présentation générale des zones humides du Sud Constantinois

4.1. Zones humides naturelles

L'éco-complexe des zones humides des Hauts plateaux de l'Est algérien situées entre 800 et 1200 m d'altitude s'étend sur près de 300 km de l'Est à l'Ouest. La région des Hauts plateaux est dominée par un climat semi-aride à hivers froids et à étés très chauds. La majorité de ces écosystèmes aquatiques, dont la mise en eau est très dépendante de la pluviométrie, s'assèche dès le mois de juin (**HOUHAMDI & al., 2013**). Le substrat pédologique dominant est riche en chlorure de magnésium permettant uniquement la prolifération d'une flore spécifique, composée principalement de Chénopodiacées et de Crucifères (**ADJAL & MOUICI, 2004**). Ces plans d'eau sont particulièrement difficiles à recenser du fait de leurs dimensions gigantesques et de vastes étendues de boue qui entourent d'hypothétiques pièces d'eau (**OCHANDO & JACOBS, 1978**). Ils renferment une vingtaine de zones humides naturelles de diversités et de structures assez semblables qui jouent un rôle primordial pour l'hivernage et pour la reproduction de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau. Très peu étudiées, ces zones humides salées et hypersalées sont connues sous le nom de Sebkhats, Garaets et de Chotts. Elles sont très spacieuses et accueillent chaque année une grande variété d'oiseaux d'eau qui trouvent en ces milieux des lieux très propices pendant leur transit migratoire (**BOULEKHSSAIM & al., 2006, SAHEB & al., 2006, HOUHAMDI & al., 2008, MAAZI 2010, SEDDIK & al 2010, BOUKROUMA & al., 2011**).

4.2. Les zones humides artificielles (Cas des lacs barrages)

Les zones humides artificielles sont représentées essentiellement par les barrages et les retenues collinaires. Les lacs de barrages constituent un type de zones humides de plus en plus important. Alors que l'on détourne toujours d'avantage d'eau des rivières et des fleuves pour des projets d'irrigation ou pour approvisionner les industries et les villes, les réservoirs construits en montagne remplacent dans une certaine mesure les zones humides des plaines en aval. Certains réservoirs jouent un rôle important pour la faune et la flore et remplacent de manière efficace les lacs naturels qui ont disparu (**PEARCE & CRIVELLI, 1994**).

La plupart des réservoirs sont construits dans des zones très pentues, afin de stocker le maximum d'eau tout en réduisant au minimum le terrain nécessaire et la surface d'évaporation.

En outre, beaucoup d'entre eux sont utilisés essentiellement pour la production d'électricité (PEARCE & CRIVELLI, 1994).

4.2.1. Définition

Les barrages sont, par définition, des ouvrages hydrauliques qui barrent sur toute la largeur d'une section d'une vallée et créent ainsi une cuvette artificielle géologiquement étanche. De manière générale et dans la plupart des cas, la hauteur du barrage dépasse le niveau d'eau atteint par les cours d'eau en forte crue (ANTON & HENRI, 2011).

4.2.2. Types de barrages

Selon la nature de matériau de construction utilisé, on classe les barrages selon deux grandes catégories (ANTON & HENRI, 2011) :

- **Les barrages en béton** : Sont le plus souvent fondés sur fondation rocheuse, de module de déformation élevée. On distingue trois grandes familles de barrages en béton, chacune comporte un certain nombre de sous-familles (le barrage-poids, le barrage à contreforts, le barrage voûte).
- **Les barrages en remblai (digues)** : ils sont constitués essentiellement de matériaux granulaires naturels meubles prélevés à proximité immédiate de l'ouvrage. On distingue deux catégories de barrages en remblai : les barrages en terre, réalisés essentiellement à partir de sols naturels meubles prélevés dans des gravières et les barrages en enrochement, dont la majeure partie est constituée de matériau de carrière concassés.

4.2.3. Principaux lacs barrages du Sud Constantinois

➤ Barrage de Foum El Gueiss

Le barrage de Foum El Gueiss, opéré par l'Agence nationale des barrages et transferts (ANBT), irrigue la plaine agricole de Remila à 18 km à l'ouest de Khenchela. La retenue s'était totalement envasée depuis sa mise en eau en 1939. L'installation de hausses fusibles a été précédée d'une campagne d'essais sur modèle réduit pour étudier les lignes d'eau dans le coursier de l'évacuateur. Elle a permis d'accroître la capacité de stockage de près de 500 000 m³ tout en augmentant le tirant d'eau d'un mètre, hauteur nécessaire pour dévaser la retenue à l'aide d'une drague flottante. Outre la surélévation, l'entreprise Hydroplus a été chargée du recalibrage de

l'oued à l'aval du barrage et de stabiliser la rive droite de la retenue à l'aide de gabions. L'ensemble des travaux de surélévation et de confortements, ingénierie comprise, a été exécuté en 7 mois (**Site web 1**).



Figure 3: Vue générale de la partie digue du barrage Foug El Gueiss (Khenchela) (Photo personnelle : 09/01/2014).

➤ **Barrage Ain Zada**

Le barrage d'Aïn Zada est un barrage en remblais situé à dix kilomètres à l'Est du village de Khelil sur l'Oued Bou Sellam sur le territoire de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, Construit entre 1982 et 1986, le but principal du barrage était de fournir de l'eau pour la consommation et pour l'agriculture pour la ville de Sétif, située à 24 km à l'Est. Le barrage d'Aïn Zada possède une capacité théorique de stockage de 121,4 millions de m^3 , fournit 1 200 litres par seconde. Le déversoir a une capacité de $4,370 m^3/s$. D'une hauteur de 50 mètres, sa longueur du couronnement s'étend sur 700 mètres. Le volume de l'ouvrage est de $2\,607\,000 m^3$, retenant un lac artificiel de 125 millions de m^3 sur une surface de $12 km^2$ située à une altitude de 716 m. (**ANONYME, 2012**).



Figure 4: Vue représentant la digue et la tour du Barrage de Ain Zada (Sétif) (**site web 1**).

➤ **Barrage de Koudiet Medouar :**

Le barrage de Koudiet Medouar (Barrage en béton) est un projet inscrit en 1990 pour une autorisation de programme évaluée à 6 milliards de dinars par l'Agence nationale des barrages qui a confié sa réalisation en 1994 à l'entreprise nationale d'ANBT (Agence Nationale des Barrages et transfert) (**ANONYME, 2012**).

Le barrage de Koudiat Medouar fait partie du grand transfert de Beni Haroun pour satisfaire la commande en matière d'eau potable et irrigation. La retenue a une capacité totale de 74,324 m³/h, pour faire face à une demande annuelle de 642160,80 m³/ h destinée à l'alimentation en eau potable de la ville de Batna et Khanchela et l'irrigation des deux périmètres de Toufana et Ain Touta (**ANONYME, 2012**).



Figure 5 : Vue panoramique du barrage de Koudiet Medouar « Timgad, Batna ». (**Photo personnelle : 12/01/2014**).

5. Etude des zones humides par télédétection

5.1. Notion de télédétection

La télédétection est l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. Elle englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information (**CAMPBELL, 1987 ; SANDOZ, 1996**).

Les applications de la télédétection se sont multipliées, dans de nombreux domaines de la météorologie et de la climatologie, de la foresterie, de l'océanographie, de la cartographie ou de la géographie. La télédétection permet également de détecter des catastrophes naturelles comme les incendies, les inondations et elle peut être un outil pour la surveillance des zones sismiques ou volcaniques (**THIRION, 2003**).

Quel que soit le domaine d'application considéré, une bonne interprétation des documents de télédétection ou une bonne utilisation des données numériques nécessite la compréhension des principes physiques sur lesquels sont fondés la technique de télédétection employée (**KERGOMARD, 2009**).

5.2.Principe de télédétection

Dans la plupart des cas, la télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles. Le processus de télédétection au moyen de systèmes imageurs comporte les sept étapes présentées ci-dessous. Notons cependant que la télédétection peut également impliquer l'énergie émise (infrarouge) ou utiliser des capteurs non-imageurs (sismique, gravimétrie...) (**KLUSER, 2000**).

Les processus de la télédétection sont les suivants (**Fig. 6**) (**CCT, 2008**).

- Source d'énergie ou d'illumination (A).
- Rayonnement et atmosphère (B). Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, et entre la cible et le capteur, le rayonnement interagit avec l'atmosphère.
- Interaction avec la cible (C).

- Enregistrement de l'énergie par le capteur (D). Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible pour être enfin enregistrée.
- Transmission, réception et traitement (E). L'énergie enregistrée par le système d'acquisition est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).
- Interprétation et analyse (F). Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.
- Application (G). La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible.

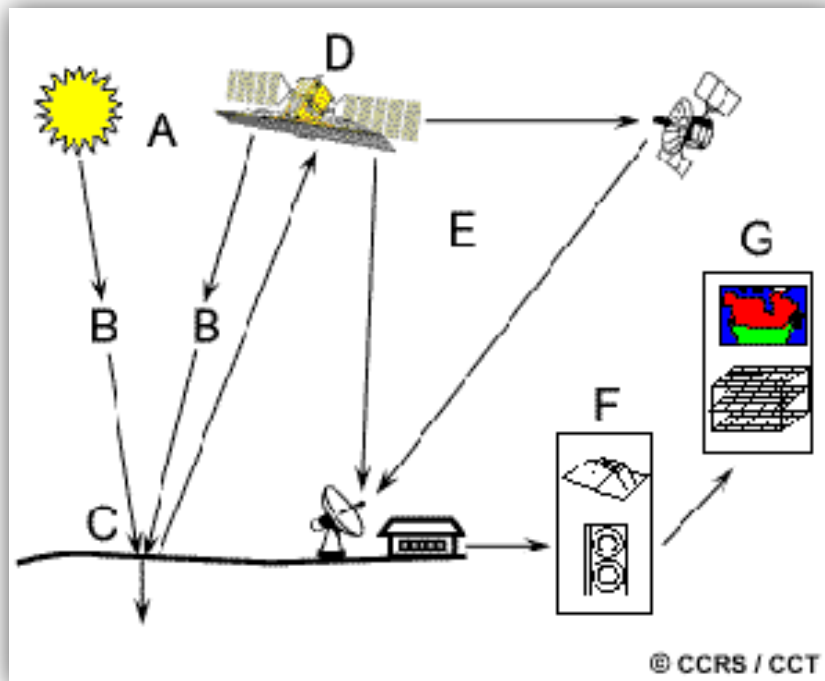


Figure 6: Etapes suivies lors du processus de télédétection (CCT, 2008).

5.3. Intérêt du suivi des zones humides par télédétection

La télédétection offre une gamme de données de plus en plus couramment utilisées pour cartographier les zones humides à l'échelle du paysage - bassin versant, région - (**RUNDQUIST & al., 2001**). Elles comprennent des images et des photographies aériennes acquises dans le visible, l'infrarouge ou les hyperfréquences enregistrées par des instruments ou capteurs embarqués à bord de plates-formes aéroportées ou de satellites.

Les images multispectrales à Haute Résolution Spatiale (HRS) sont couramment utilisées pour détecter et cartographier les zones humides, essentiellement à partir des capteurs SPOT (**TÖYRÄ & PIETRONIRO 2005, ALEXANDRIDIS & al., 2009**) ou Landsat (**BAKER & al., 2006, CIVCO & al., 2006; MACALISTER & MAHAXAY, 2009**). Un des avantages de ces données est leur capacité à couvrir de larges superficies (60 x 60 km pour SPOT, 185 x 185 km pour Landsat). Elles possèdent une bande spectrale dans le proche infrarouge et une ou deux bandes dans l'infra rouge moyen. Leur configuration spectrale leur permet ainsi de mieux discriminer les surfaces en eau et les couverts végétaux selon leur biomasse et leur teneur en eau que les photographies aériennes. Les séries temporelles annuelles et interannuelles permettent de mieux discriminer les différentes formations végétales des zones humides ou suivre l'évolution de leurs surfaces en eau (**OZESMI & BAUER, 2002**). Par exemple, une série de 8 images Landsat acquises sur un an a permis de suivre l'évolution des niveaux d'eau dans les canaux (**AL-KHUDHAIRY & al., 2001**). De plus, elles permettent d'effectuer un suivi de l'occupation des sols au sein des zones humides depuis pratiquement trente ans, et de replacer les zones humides dans un contexte géographique plus large. En outre, le coût par hectare des images satellites est inférieur à celui des photographies aériennes.

5.4. Présentation des images satellitaires

5.4.1. Les données satellitaires

La télédétection permet l'acquisition à distance de scènes terrestres, à partir desquelles on peut extraire les objets d'intérêt. Ceci exige non seulement la maîtrise du processus de télédétection, mais aussi l'interaction entre le rayonnement électromagnétique incident et les objets. La portion, réfléchi de ce rayonnement et modifiée par l'atmosphère, constitue l'entrée

de base des systèmes de télédétection opérant dans les bandes spectrales allant du visible à l'infrarouge (**BENSAID, 2006**).

Les images de télédétection sont toujours analysées via une interprétation concernant le positionnement des objets et leur nature. Le processus d'interprétation, qu'il soit visuel ou automatique, transforme les données contenues dans l'image en éléments d'informations attachées à une localisation géographique, d'où la possibilité d'intégrer ces éléments dans un SIG. Ce pas permet, donc, d'utiliser les données de la télédétection 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 (**LASSIEUR, 2006**).

La première étape d'un projet utilisant des données de télédétection est de choisir le capteur qui convient le mieux à l'étude. Ce choix doit répondre à plusieurs conditions (**LASSIEUR, 2006**):

- Dans le cas d'une analyse multitemporelle, la période de « revisite », la disponibilité des données d'archives et la continuité du programme doivent être considérées.
- L'emprise (le « swath ») de chaque scène individuelle doit également correspondre à l'échelle de la zone à étudier. En effet, il est plus facile d'analyser une scène unique qu'une mosaïque de scènes.
- La résolution et les propriétés spectrales doivent permettre d'identifier le phénomène. Tous ces paramètres doivent être combinés de façon à obtenir le meilleur compromis. De plus, le coût des images joue un rôle important dans la décision finale. La plupart des capteurs disponibles aujourd'hui ont la capacité d'acquérir des images dans différents modes spectraux.

Afin de choisir le capteur le plus adéquat, les caractéristiques des satellites, les plus couramment utilisés, ont été résumées dans le tableau suivant :

Tableau 01 : Comparaison des capteurs satellites (**SHORT, 2000**).

	Nom du Satellite	Date de lancement	Période de revisite moyenne	Pan	Résolution VNIR	SWIR	Bande moyenne en KM
Moyenne résolution	-Aster (terra)	12/15/99	16 jours	None	15 m	30m	60
	-Landsat 7	04/15/99	16 jours	15m	30m	30m	185
	-Spot 5	05/04/02	26 jours (variable)	10 up to 2.5m	10 m up to 2.5 m	aucun	120
Haute résolution	-Quick bird II	10/18/01	1 to 3.5 j	0.6 m	2.5m	aucun	16
	-Ikonos II	09/24/99	3 jours	1m	4m	aucun	11.3
	-LISS (IRS)	10/17/03	24 jours	6m	>6m	aucun	24 to 140
	-Orbview 3	06/26/03	1.5 jours	1m	4m	aucun	8

5.4.2. Présentation générale des satellites LANDSAT

Le premier satellite d'observation LANDSAT-1 a été lancé par la NASA en 1972. Connu à l'origine sous l'acronyme ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*), Landsat avait été conçu pour tester la faisabilité d'une plate-forme multispectrale d'observation de la Terre non habitée. Depuis, le programme Landsat a permis l'acquisition de données sur tous les coins de la planète. Le programme Landsat qui était géré à l'origine par la NASA, est sous la responsabilité

de la NOAA, en 1983. En 1985, le programme a été commercialisé pour fournir des données aux divers utilisateurs civils (**GIRARD M. C. & GIRARD C. M., 1999, TAYLOR, 2009**).

Les images satellites LANDSAT sont des données d'observation de la terre de résolution relativement haute. Ces données sont acquises par des capteurs montés sur les satellites de la NASA. Une image satellite est composée de bandes qui peuvent être différemment combinées suivant les besoins d'études. Les scènes LANDSAT se distinguent en scène TM acquises par satellite Landsat 4 et 5, et ETM+ par le satellite Landsat7 et OLI par le satellite Landsat 8.

5.4.3. Type des images Landsat

La qualité des images LANDSAT a évolué au fil des années selon les capteurs construits par ordre chronologique.

➤ Multi spectral scanner (MSS)

Les images MSS sont les plus anciennes (de 1972) et de qualité la plus faible des 3 capteurs LANDSAT. Le capteur MSS monté sur les satellites Landsat 1 à 5, collecte les images en 4 bandes multi-spectrales (deux bandes visibles, deux proches infrarouges) à une résolution spatiale de 79 mètres pour le Landsat (1-3) et de 82 mètres pour le Landsat (4-5), la scène couvre une surface de 180 x 172 Km (**CCT, 2008**).

➤ Thematic Mapper (TM)

Les scènes TM couvrent chacune une surface de 172 x 185 Km, la qualité des images TM a été améliorée par rapport au MSS. Le capteur TM à bord de satellite Landsat 4 et 5 produit des images depuis 1984 constituées de 7 bandes multi-spectrales : 3 bandes visibles (bande 1 : bleu, bande 2 : verte, bande 3 : rouge). Une bande proche infrarouge (bande 4), deux bandes moyennes infrarouges (bandes 5 et 7) une bande infrarouge thermique (bande 6). Les bandes de 1 à 5 et 7 ont une résolution spectrale de 30 mètres, la bande 6 de 120 mètres (**CCT, 2008**).

➤ Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)

Le capteur (ETM+) lancé avec le satellite Landsat 7 fournit la meilleure qualité des images Landsat. Similaire au capteur TM, le capteur ETM+ apporte les améliorations suivantes : Une bande supplémentaire, la bande panchromatique (bande 8) à une résolution spatiale de 15 mètres ; une amélioration de la résolution de la bande infrarouge thermique (bande 6) est

subdivisée en une bande avec un gain élevé et une bande à faible gain rendu à 60 mètres (TAYLOR, 2009).

➤ **The Operational Land Imager (OLI)**

Il a été lancé en Février 2013, Les bandes spectrales du capteur OLI, sont similaires à celles du capteur ETM+ de Landsat7, avec l'ajout de deux bandes spectrales : un canal visible bleu profond (bande 1) conçu spécialement pour les ressources en eau et la recherche sur les zones côtières, et une nouvelle chaîne infrarouge (bande 9) pour la détection des nuages cirrus. Deux bandes thermiques (TIRS) capturent les données avec une résolution minimale de 100 mètres, mais elles sont inscrites et livrées avec le produit de données OLI (Site web 2).

5.5. Classification des images satellites

La classification est un processus de reconnaissance des formes. En télédétection, elle consiste à effectuer la correspondance entre une scène de l'image matérialisée généralement par leurs valeurs radiométriques et des classes connues à priori ou non par l'utilisateur. La correspondance est réalisée par des fonctions discriminantes sous forme de règles de décision ou des distances géométriques (DUCROT, 2005).

Pour classifier des images de télédétection, plusieurs approches sont disponibles (LASSIEUR, 2006):

- Celles, supervisées, ou non-supervisées, basées sur le pixel peuvent être réalisées avec de nombreux logiciels d'analyse d'images comme *Erdas IMAGINE* et *ENVI*.
- Celle basée sur l'objet et qui peut être réalisée avec le logiciel *Ecognition* de la firme *Definiens*.

5.5.1. Classification supervisée

Les données sont classées vis à vis d'objets de référence, choisis par l'interprète. Ceux-ci peuvent être soit définis à partir de comptes numériques sur un histogramme à plusieurs dimensions (méthode hypercube, cross-plots en anglais), soit à partir de polygones d'entraînement repérés géographiquement sur l'image (zones-test, zones d'apprentissage) (méthode du maximum de vraisemblance) (GIRARD M. C. & GIRARD C. M., 1999).

5.5.2. La classification non-supervisée

Les données sont classées en fonction de leurs caractéristiques spectrales, sans aucune information à priori sur la nature des objets à classer. L'interprète intervient pour fixer un nombre de groupes, des seuils, ... (en anglais non-supervised classifications). Les méthodes les plus courantes sont des classifications ascendantes hiérarchiques (CAH) ou des classifications à partir de centres mobiles (**GIRARD M. & GIRARD C., 1999**).

Le principe de la classification non-supervisée est d'attribuer automatiquement chaque pixel à une classe suivant sa signature spectrale. L'algorithme le plus utilisé est le cluster ISODATA. Cet algorithme utilise de multiples itérations.

Tableau 02 : Avantages et inconvénients des méthodes de classification supervisées et non-supervisées (**GIRARD M. C. & GIRARD C. M., 1999**).

Méthode	Avantages	Inconvénients
Classification non supervisée	Utile pour réaliser une première segmentation des images en grands thèmes d'occupation du sol. Cette segmentation pourra être utilisée pour réaliser un masquage des thèmes non concernés par l'étude.	Le regroupement des valeurs de comptes numériques crée des classes dont la signification thématique est parfois difficile à identifier
Classification supervisée	Les classes obtenues ont une signification thématique précise	Le temps de réalisation est long, en particulier pour le choix et la délimitation des zones d'apprentissage

5.5.3. Classification basée sur l'objet

Appelée aussi la classification orientée objet, celle-ci ne traite plus le pixel de manière isolée mais des groupes de pixels (objets) dans leur contexte à différentes échelles de perceptions du paysage. Dès lors, les capacités d'extraction de l'information sont considérablement multipliées. L'interprète peut se baser non seulement sur les valeurs spectrales mais aussi sur des paramètres morphologiques (taille, forme, voisinage des objets), ce qui améliore considérablement la qualité de l'information extraite des images à très haute résolution spatiale (ANONYME, 2007).

Chapitre II: Matériels et méthodes

1. Présentation du cadre de l'étude

1.1. Situation géographique

Notre zone d'étude est située dans la partie nord-est de l'Algérie, plus précisément au niveau des hautes plaines constantinoises. Cette zone s'étale sur les territoires de deux wilayas Batna et Oum El Bouaghi (**Fig. 7**), avec une plus grande superficie dans la wilaya d'Oum El Bouaghi. Cette aire se situe approximativement dans les coordonnées géographiques suivantes :

Longitude : $35^{\circ} 03'$ à $36^{\circ} 08'$, Latitude : $05^{\circ} 21'$ à $07^{\circ} 17'$.

C'est la présence des monts au nord et au sud qui favorise la stagnation d'eau dans des dépressions fermées et qui est à l'origine de la formation d'une série de zones humides que les géographes appelaient autrefois, le grand pays des lacs (**SAHEB, 2003**).

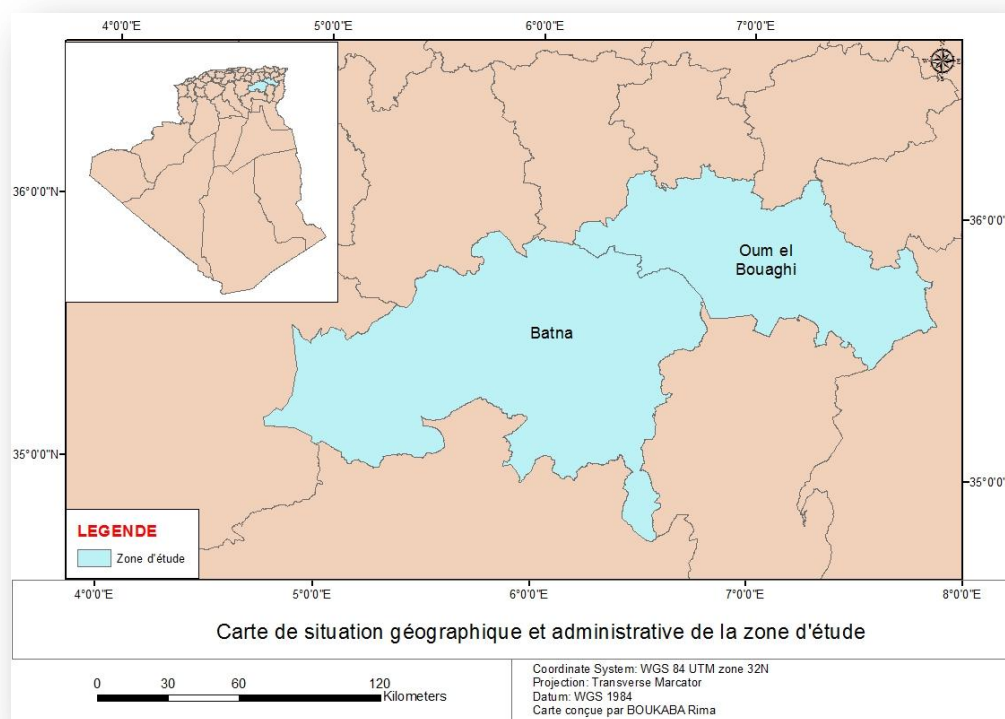


Figure 7: Situation géographique et limites administratives (Wilayas) de la zone d'étude.

1.2. Hydrologie

Les Chotts et les Sebkhats appartiennent à un régime hydrographique endoréique, ce caractère endoréique est bien une conséquence de la sécheresse. Ils seraient alors alimentés par des venues profondes mal connues, mais restent cependant sous la dépendance d'apports sporadiques d'eau de crues plus ou moins abondantes, changées souvent en sels, par suite de leur passage dans les terrains salifères comme les marnes du Miocène ou le massif Triassique (**SAHEB, 2003**).

En outre, **POUGET (1980)** définit les Chotts et les Sebkhats comme des systèmes évaporatoires s'alimentant des apports superficiels de ruissellement et des nappes plus profondes. Tout autour de la Sebkhat, la présence d'une nappe phréatique salée est inégalement profonde, contribue à la formation des sols halomorphes.

Selon la répartition faite par l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques), l'air d'étude qui se situe dans le sous bassin versant N° 1 de Chott El Beida (1596km²), l'un des 7 sous bassins constituent le grand bassin versant N° 7 des hauts plateaux constantinois (qui a une superficie de 9578km²), correspond à un exutoire naturel commun aux massifs limitrophes (**BACHA & BECHIM, 2005**).

1.3. Climat

Le climat est un élément important dans l'étude du milieu, il est à la base de la distribution des végétaux et des animaux. C'est un facteur clé de valorisation des milieux naturels, ce qui nécessite une investigation analytique de ses composantes (**MERDAS, 2007**).

Pour caractériser le climat de la région nous avons exploité les données climatiques provenant de deux stations météorologiques : la station d'Ain Skhouna_Batna_ de 1982 à 2013 et la station d'Oum El Bouaghi de 1996 à 2011. En plus et en vue de notre objet d'étude, nous avons fais recours à l'exploitation des données climatiques pour les années 2003, 2007 et 2013.

1.3.1. Températures

La température est l'un des éléments importants pour la caractérisation du climat (**RAMADE, 1984 ; DAJOZ, 1985**). Elle est liée à la radiation solaire. Sa variation influe sur la transformation des eaux en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. De ce fait, elle influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent, elle agit sur le taux de salinité des eaux. Toutefois, la

température a un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique (GOUAIDIA, 2008).

Les températures de la région étudiée connaissent d'énormes fluctuations au cours des mois de l'année (Tab. 3).

Tableau 3: Températures mensuelles maximales (M), minimales (m) et moyennes (M+m//2) en °C de la wilaya de Batna (1983-2013) et d'Oum El Bouaghi (1996-2011).

Mois	jan	fev	mar	avr	mai	Juin	Juil	aout	sep	Oct	nov	dec
Station météorologique d'Ain Skhouna –Batna (1982-2013).												
m (°C)	0,40	0,79	3,12	5,92	9,97	14,66	17,82	17,56	14,15	9,92	4,84	1,49
M (°C)	11,54	12,89	16,33	19,77	25,22	31,35	35,16	34,55	28,76	23,30	16,58	12,29
M+m/2	5,67	6,67	9,78	13,05	17,92	23,41	26,98	26,37	21,41	16,50	10,54	6,63
Oum El Bouaghi (1996-2011)												
m (°c)	2	2,7	4,9	6,1	10,7	14,4	18,1	17,6	14,3	11,5	7,2	3,9
M (°c)	9,8	12	15,3	17,1	23,1	28,1	32,1	33,5	24,6	20,2	15,1	11,2
M+m/2	5,9	7,4	10,1	11,6	16,9	21,3	25,1	25,6	19,4	15,9	11,2	7,5

D'après ces données, nous relevons que dans la région d'étude que le mois de janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne variant entre 5.67 et 5.9 °C. Juillet et août sont les mois les plus chauds avec une moyenne qui varie entre 26.98 et 25.6 °C.

1.3.2. Pluviométrie

L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable en hydroclimatologie, car elle permet de décrire le régime d'écoulement (GOUAIDIA, 2008).

Les pluies qui tombent en Algérie sont pour la plupart influencées par le relief, la tranche annuelle augmente dans une région donnée avec l'altitude (SELTZER, 1946). La pluviométrie constitue donc un facteur écologique d'importance fondamentale car le facteur eau influence énormément de distribution des organismes (RAMADE, 1984).

Les valeurs mensuelles et annuelles des précipitations sont rapportées dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Hauteurs moyennes mensuelles et totales annuelles des précipitations (mm) reçues dans la willaya de Batna (1983-2013) et la wilaya d'Oum El Bouaghi (1996-2011).

Mois	Jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec	total
Station météorologique d'Ain Skhouna –Batna (1983-2013).													
p (mm)	31,15	21,95	28,20	33,97	34,98	18,00	7,49	19,51	32,19	22,08	21,29	28,04	300,85
Oum El Bouaghi (1996-2011)													
P (mm)	32,8	18	23,7	29,7	26,1	20	12,8	23,3	37	24,8	31	26,7	305,9

Les précipitations connaissent de grandes fluctuations d'un mois à un autre et d'une année à une autre. Notre région connaît une plus grande concentration des précipitations au cours des périodes printanières et automnales.

Le mois le moins arrosé coïncide généralement avec le mois de juillet avec une moyenne variant entre 7.49 et 12.8 mm.

En plus, en vue de notre étude, nous avons utilisé les valeurs mensuelles des précipitations de trois années références 2003, 2007 et 2013 (**Tab. 5**).

Tableau 5: Hauteurs moyennes mensuelles et totales annuelles des précipitations (mm) reçues dans la willaya de Batna et la wilaya d'Oum El Bouaghi (2003, 2007 et 2013).

Mois	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec	total
Précipitations: Station météorologique d'Ain Skhouna –Batna.													
2003	115,4	31,4	23	97,2	27,6	14,8	2,7	6,7	44,1	81,6	14,1	44,4	503
2007	13,9	24,9	38,7	32,5	17,6	2,1	0	12,	81,6	23,4	10,1	37	293,8
2013	30,49	24,39	26,67	40,39	7,37	14,99	18,28	35,29	86,87	20,57	23,1	33,26	274,8
Précipitations: Oum El Bouaghi.													
2003	120,6	34,55	45,47	101,84	21,84	21,61	15	12,19	18,04	31,51	14,98	63,5	501,13
2007	85,15	13,71	52,33	46,73	39,13	5,08	0	14,73	65,44	15,24	25,14	24,9	387,58
2013	29,72	39,63	24,89	29,7	18,03	3,05	25,14	41,94	60,46	22,1	53,59	13,72	361,97

1.3.3. Le vent

La zone d'étude est caractérisée par plusieurs types de vents connaissant d'importantes fluctuations mensuelles. Cette région est surtout connue par l'action du Sirocco, vent du sud chaud et desséchant qui sévit principalement en été. La vitesse moyenne maximale est comprise entre 3.8 et 3.94 m/s en mois d'avril.

Tableau 6 : Vitesses moyennes des vents enregistrés dans la station d'Ain Skhoua Btina (1983-2013) et la station d'Oum El Bouaghi (1996-2011).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Station météorologique d'Ain Skhoua –Batna (1982-2013).												
V (m/s)	2,74	3,21	3,51	3,94	3,65	3,72	3,65	3,56	3,35	3,06	3,22	3,05
Oum El Bouaghi (1996-2011)												
V (m/s)	2,9	2,9	3,2	3,8	3,5	3,6	3,3	3,2	3,2	2,9	3	3

1.3.4. Humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air connaît de grandes fluctuations d'une année à une autre et au cours des mois de la même année.

Le tableau 6 montre que les valeurs les plus élevées sont enregistrées durant la période hivernale, correspondant notamment aux mois de janvier, février, novembre et décembre et qui peut aller jusqu'à 75%. La sécheresse de l'air s'établit en été, surtout au cours des mois de juillet et août ou son pourcentage ne dépasse pas 46%.

Tableau 7 : Moyennes mensuelles de l'humidité relative (H R) de l'air exprimée en % pour la période (1983-2013) pour la station d'Ain Skhoua et (1996-2011) pour la station d'Oum El Bouaghi.

Mois	jan	Fev	mar	avr	Mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec
Station météorologique d'Ain Skhoua –Batna (1982-2013).												
H R (%)	74,08	68,33	63,08	60,54	56,12	46,14	39,70	43,29	56,16	61,16	67,37	73,58
Oum El Bouaghi (1996-2011)												
H R (%)	75,4	64,7	62,6	63,5	63,1	51,4	45,3	38,3	50,6	69,9	62,3	69,8

1.4. Synthèse climatique

La combinaison de deux principaux facteurs climatiques; la température et les précipitations permet de déterminer les périodes sèches et humides ainsi que la localisation de la zone d'étude au niveau d'un étage bioclimatique, à l'aide du diagramme ombro-thermique et du coefficient pluviométrique d'EMBERGER (LADLANI, 2007).

1.4.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN

L'analyse des températures et des précipitations permettent de tracer la courbe ombro-thermique, qui met en évidence la durée de la période de sécheresse. Pour Gausсен et Bagnouls, un mois sec est celui où le total des précipitations (mm) est inférieur ou égal au double de la température moyenne (HAMIDA, 2004). Pour déterminer la suite successive des mois secs, ces auteurs ont proposé l'établissement du diagramme Ombrothermique, où les mois de l'année figurent en abscisses, les précipitations moyennes mensuelles P (mm) en ordonnées à droite et les températures moyennes mensuelles T (°C) en ordonnées à gauche avec une échelle double de celle des précipitations (ABDESSEMED, 1981).

- **Station d'Ain Skhouna_Batna_**

Le diagramme ombrothermique de la région pour la période allant de 1983 à 2013 fait apparaître deux périodes bien distinctes, l'une sèche et chaude s'étalant sur 6 mois depuis le mois de mai jusqu'à octobre et l'autre humide et froide allant de novembre jusqu'à avril (Fig. 8).

- **Station d'Oum El Bouaghi**

Nous pouvons constater que la région d'Oum El Bouaghi subit une période sèche de cinq mois s'étalant du mois de mai au mois de septembre. La période humide s'étale du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril (Fig. 9).

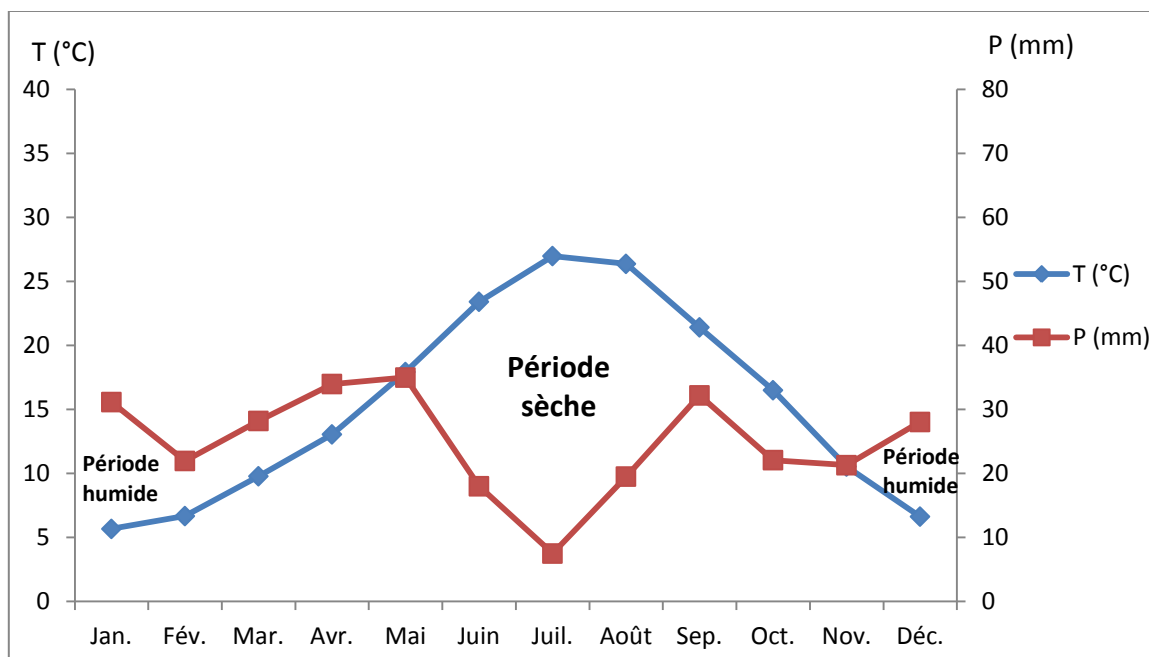


Figure 8 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la station d'Ain S'khouna, Batna (1983 - 2013).

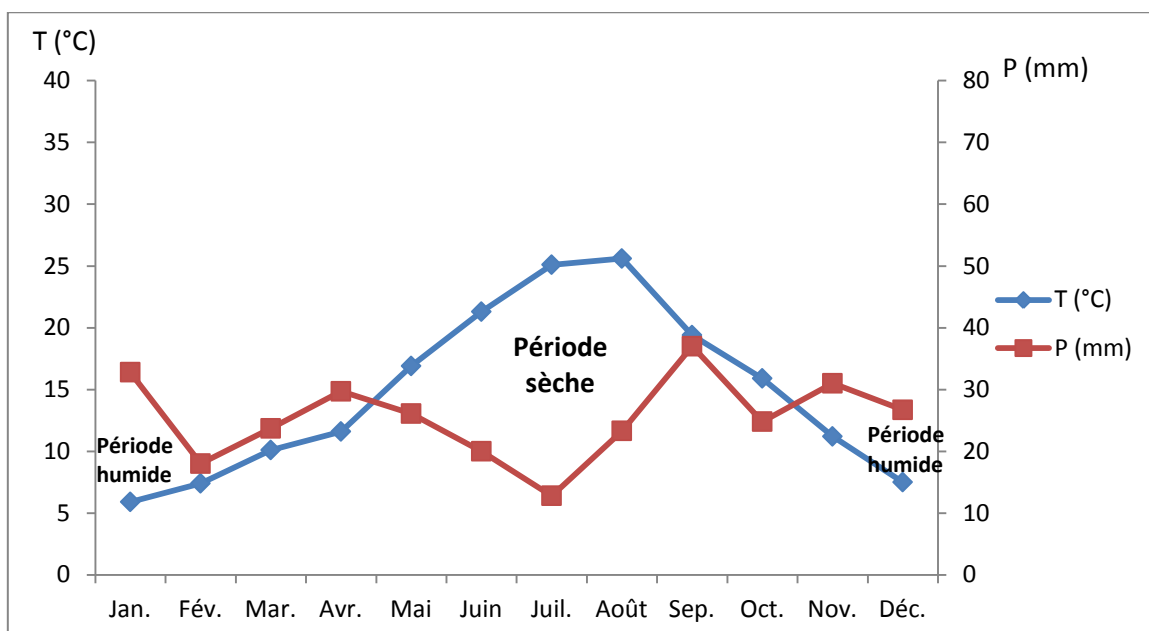


Figure 9 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN établi pour la région d'Oum El Bouaghi (1996 - 2011).

1.4.2. Climagramme d'EMBERGER

Pour représenter le climat de la région d'étude, nous avons utilisé le climagramme d'EMBERGER qui est un abaque comportant en ordonnées les valeurs de Q_2 et en abscisse, la moyenne des minima de la saison froide (hiver) (SELTZER, 1946).

Le Q_2 un quotient qui est en fonction de la température moyenne maximale (M) du mois le plus chaud, de la moyenne minimale (m) du mois le plus froid en degrés Celsius et de la pluviosité moyenne annuelle (P) en mm. Ce quotient est d'autant plus élevé que le climat de la région est humide. Il est calculé par la formule suivante:

$$Q_2 = 3,43 \times \frac{P}{(M - m)} \quad \text{Où :}$$

- * P: Pluviométrie annuelle (mm).
- * M: Température maximale du mois le plus chaud (°C).
- * m: Température minimale du mois le plus froid (°C).

FAURIE & *al.* (1998-2003), avancent que cet indice n'est vraiment établi que pour la région méditerranéenne et qu'en fonction de la valeur de ce coefficient, on distingue les zones suivantes :

- Humides pour : $Q_2 > 100$;
- Tempérées pour : $100 > Q_2 > 50$;
- Semi arides pour : $50 > Q_2 > 25$;
- Arides pour : $25 > Q_2 > 10$;
- Désertiques pour : $Q_2 < 10$.

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude et la situer dans le climagramme d'EMBERGER, nous avons calculé le quotient pluviothermique Q_2 avec les données climatiques calculées.

Pour la station météorologique d'Ain Skhouna :

$$\text{On a: } \left. \begin{array}{l} P = 300,85 \text{ mm} \\ M = 35,16^\circ\text{C} \\ m = 0,4^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{ donc : } Q_2 = 29,68.$$

Pour la station météorologique d'Oum El Bouaghi :

$$\text{On a: } \left. \begin{array}{l} P = 305,9 \text{ mm} \\ M = 33,5^\circ\text{C} \\ m = 2^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{ donc : } Q_2 = 33,3.$$

Pour les deux stations on remarque que $50 > Q_2 > 25$, donc la zone d'étude est classé dans l'étage bioclimatique semi aride.

2. Description des sites et des complexes de zones humides étudiés

Notre étude se base sur huit (08) sites, dont six (06) situés dans la wilaya d'Oum El Bouaghi et deux (02) dans la wilaya de Batna. Le choix est porté sur les sites qui représentent les surfaces les plus importantes aussi qui regroupent différentes typologies (**Fig. 10**).

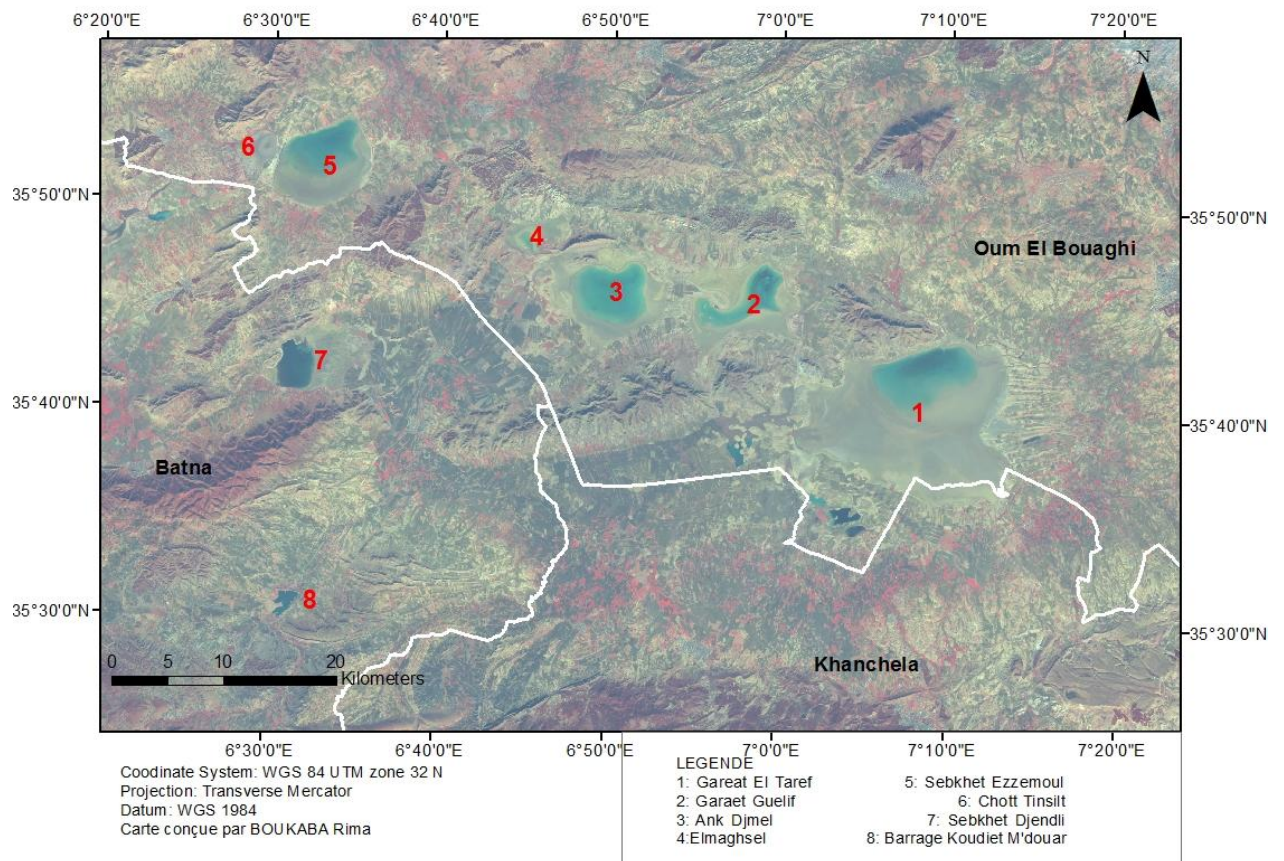


Figure 10: Principaux sites et complexes de zones humides étudiées.

2.1. Garaet El Taref

C'est la plus vaste Sebkhata dans les plaines de l'est Algérien ; d'autre part son altitude moyenne est plus de 830 m, fait que la Sebkhata est la plus élevée du système de Sebkhata de l'Algérie orientale (**BENAZZOUZ, 1986**) elle est située entre deux villes importantes ; Oum El Bouaghi, chef lieu de la Wilaya et Ain El Beida (14 et 17 Km respectivement) et à 8 Km du Village de F'kirina.

Sur le plan hydrologique, le site est alimenté essentiellement par les eaux pluviales acheminées par, Oued Boulafreiss, Oued Maarouf, Oued Remila, Oued Gueiss. Le débordement de ces oueds se traduit par le dépôt de grands volumes de limons et d'argiles, milieux très recherchés par les limicoles. Ce plan d'eau est la plus grande zone humide de la région, elle couvre une superficie de 25.500 ha (**SAHEB, 2003**).

Son eau est salée, et de faible profondeur, elle est fonction des précipitations et elle est dépourvue de toute végétation sauf peu de végétation herbacée composée essentiellement d'Armoise et d'Atriplex (**CHADLI, 2006**).

Le site est classé par la convention de Ramsar, comme site d'importance internationale le 15 décembre 2004 La partie sud de Garaet Etarf est caractérisée par de nombreuses dépressions, qui s'inondent et prennent l'allure de véritables plans d'eau (plans d'eau satellites) pendant les périodes pluvieuses citant à titre d'exemple :

➤ **Cohtt El Mellah**

Ce plan d'eau d'une superficie qui avoisine les 85 ha n'est autre en réalité qu'un plan d'eau satellite de Garaet El-Tarf. Il est situé au Sud de cette dernière, sa mise à eau n'a lieu que durant les années pluvieuses. Ce Chott offre un lieu propice pour une large gamme d'oiseaux d'eau (**HOUHAMDI & al 2013**).

➤ **Sebkhet Gemot**

Au même titre que Chott El maleh, Sebkhet Gemot est une continuité de Garaet Etarf ; séparé par la route reliant Oum El bouaghi à Khenchela ce petit plan d'eau d'une superficie d'une dizaine d'hectare offre par sa végétation constituée essentiellement de tamarix et sa profondeur d'eau un lieu propice pour l'avifaune aquatique (**HOUHAMDI & al 2013**).

➤ Garaet Timerganine

La région de Timerganine est marquée essentiellement par l'endoréisme qui se traduit par l'existence d'une multitude de cuvettes, soit des cuvettes de décantation inondées occasionnellement, soit des cuvettes d'inondation fréquemment inondées lors des crues de l'oued boulafrass. (BENZAOUZ, 1986). En effet, Garaet Timerganine d'une superficie de 250 ha, perchée à une altitude de 840 à 860 m, Garaet Timerganine est situé à 26 km au sud de la ville d'Oum El bouaghi, elle est limitée au Nord par la route reliant La commune de Ain zitoune à celle de Chemora (Wilaya de Batna), au Sud par la plaine de Remila, à l'Ouest la commune de Ain zitoune et à l'Est la route reliant la Wilaya d'Oum El Bouaghi à Khenchela.

2.2.Garaet Guelif

Ce site est situé à 12 Km au sud de Oum El Bouaghi et accessible à partir de la route reliant Oum El bouaghi à Khenchela. Il est alimenté principalement par Oued Tallizerdane, Oued el Houassi et Oued Ourleiss le niveau d'eau est bas même au cours de la saison hivernale et l'évaporation très intense au point où la zone humide est mise à sec en quelques jours. Son eau est saturée en sel. La céréaliculture occupe les sols qui entourent la Garaet, le reste est colonisé principalement par *Atriplex halimus* et *Salicornia fructucosa* (SAHEB, 2009). Du point de vue avifaunistique, la zone humide est très riche essentiellement en Anatidés, les Limicoles, les Phoenicoptéridés et les Recurvirostridés (MAAZI, 2009).

2.3.Garaet Ank Djemel et Elmaghssel

Il avoisine Garaet Guellif. Ce site représente le deuxième plan d'eau de la région du point de vue superficie, il est temporaire, caractérisé par une eau salée, sa mise à eau se fait uniquement en automne et en hiver ; le reste de l'année, il est généralement à sec. Cette zone humide est caractérisée par un réseau hydrographique très important dont ses principaux affluents sont Oued Tallizerdine et Oued Berrou. L'avifaune aquatique qui le fréquente est caractérisée par la présence du Flamant rose *Phoenicopterus roseus*, des Grues cendrées *Grus grus* et quelques espèces d'Anatidés, elle renferme le 1 % de la population méditerranéenne de deux espèces en l'occurrence le Flamant rose et le Tadorne de Belon. Elle est d'une superficie de 110 ha c'est une dépression endoréique constituée de sols salés colonisés par une végétation halophile, enclavé entre une série de chaîne de montagnes constituée de Djebel El Marhssel à l'Ouest, la chaîne

montagneuse d'Oum Kechrid au Nord et du Djebel Ank Djemel à l'Est et au Sud Est. (SAHEB, 2003).

2.4.Chott Tinnsilt

Le Chott est situé sur le territoire de la Wilaya d'Oum El bouaghi, Daira de Souk Naâmane commune d'Ouled Zouai. Il longe la route nationale n° 3 reliant Constantine et Batna. La superficie inondable est d'environ 1000 ha, alors que la totalité du site y compris ses abords s'étend sur 3600 ha (LADJEL, 1995). Le Chott est entouré par une prairie humide couverte d'une végétation herbacée représentée notamment par deux familles importantes, les Chénopodiacées et les Aizoacées (MESSAOUI & BERSOULI, 2004). Sa faible profondeur, son degré de salinité et ces larges berges offrent un atout majeur à l'installation de diverses espèces de oiseaux en l'occurrence, les Anatidés, les Limicoles et le Flamant rose.

2.5.Sebkhet Ezzemmoul

La Sebkhet ezzemmoul se trouve à l'Est du Chott Tinnsilt, elle est séparée de ce dernier par la RN n° 3 reliant Constantine à Batna, elle fait l'objet d'une exploitation de sel. C'est une zone humide temporaire, qui ne se remplit que durant la saison hivernale. Ce plan d'eau d'une superficie de 4600 ha est fréquenté par une multitude d'oiseaux d'eau, en l'occurrence les limicoles, les Anatidés (Tadornes de belonetc.) , les Récurvirostridés et l'emblème de la région le Flamant rose *Phoenicopterus roseus* (SAHEB & al., 2006 , SAMRAOUI & al., 2006 , BOULEKHSSAIM & al., 2006).

2.6.Sebkhet Djendli

La Sebkhet Djendli couvrant 3.700 hectares, elle se trouve entourée de trois (03) chaînes montagneuses : djebel bou Arif au Sud, djebel Toumbait et Tackouist au Nord et à l'Ouest, à l'Est elle s'ouvre sur les plaines de bouhilet et de chemora, alimenté principalement par les eaux pluviales, il est fréquenté régulièrement par une grande variété d'oiseaux d'eau notamment le Flamant rose *Phoenicopterus ruber* et le Tadornes de Belon *Tadorna tadorna*. (ADJAL & MOUICI, 2004).

2.7.Lac barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna)

Le lac barrage de Koudiet Medaour fait partie du grand transfert de barrage de Beni Haroun. La retenue a une capacité totale de 69,1 millions m³ et sert à faire face à une demande annuelle de 38 millions m³ destinée à l'alimentation en eau potable et industrielle de Batna, ainsi qu'à l'irrigation des 15.700 ha de terres agricoles dans les plaines de Batna et de Chemora.

Après la réalisation du transfert de Beni Haroun, le volume annuel régularisé augmentera de la valeur de 15 millions m³ à 206 millions m³, ce qui permettra l'alimentation en eau potable et industrielle des villes de Tazoult, Arris, Khenchla et Kais.

Le lac du barrage Koudiat M'daour est situé à 35 km de Batna et à 7 km au Nord-est du site historique de Timgad (**Fig. 11**) (ruines romaines) avec les coordonnées Lambert suivantes : longitude 06° 24' E et latitude 35° 31' N définissent un point sur le barrage où la côte de l'oued est d'environ 956 m au dessus du niveau de la mer.

La région du barrage et de la retenue est en terrain pratiquement plat, des collines basses et arrondies qui s'élèvent à peu près au niveau maximum de la retenue, constituent la limite orientale et une couche très étendue de grès à découvert qui s'élève à 10° pour former la colline du barrage ; l'extrémité Sud (amont) est constituée par une plaine en pente douce.

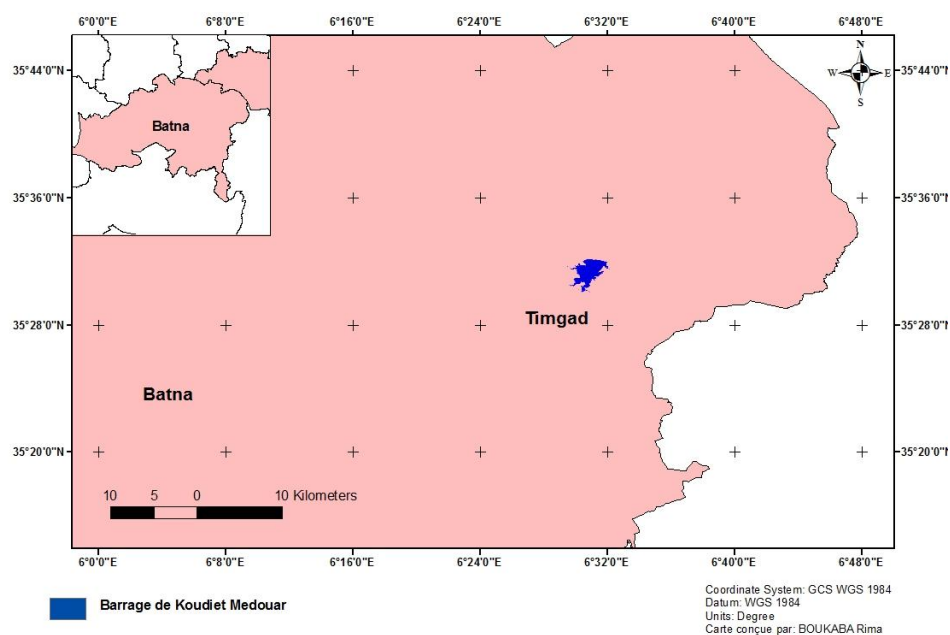


Figure 11: Carte de situation géographique du barrage de Koudiet Medouar, (Timgad, Btana).

3. Méthodes et techniques utilisées

3.1. Collecte des données

3.1.1. Les images satellitaires

Les données utilisées dans cette étude sont des images LANDSAT (TM, ETM, OLI_TIRS), il y eu en tout 19 images satellites traitées lors de cette étude (**Tab. 8**). Les images ont été acquises gratuitement sur le site <http://earthexplorer.usgs.gov/>.

Tableau 8: Les images LANDSAT utilisés et leurs caractéristiques.

Sensor	Platform	Path/Row	Date d'acquisition
ETM	LANDSAT 7	193/35	25/02/2002
ETM	LANDSAT 7	193/35	10/12/2002
ETM	LANDSAT 7	193/35	12/02/2003
ETM	LANDSAT 7	193/35	03/05/2003
ETM	LANDSAT 7	193/35	28/06/2003
ETM	LANDSAT 7	193/35	30/07/2003
ETM	LANDSAT 7	193/35	02/10/2003
TM	LANDSAT 5	193/35	14/01/2007
TM	LANDSAT 5	193/35	19/03/2007
TM	LANDSAT 5	193/35	23/06/2007
TM	LANDSAT 5	193/35	27/09/2007
TM	LANDSAT 5	193/35	31/08/2007
TM	LANDSAT 5	193/35	16/10/2007
OLI_TIRS	LANDSAT 8	193/35	06/05/2013
OLI_TIRS	LANDSAT 8	193/35	07/06/2013
OLI_TIRS	LANDSAT 8	193/35	25/07/2013
OLI_TIRS	LANDSAT 8	193/35	11/09/2013
OLI_TIRS	LANDSAT 8	193/35	29/10/2013
OLI_TIRS	LANDSAT 8	193/35	16/12/2013
OLI_TIRS	LANDSAT 8	193/35	01/01/2014

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

L'utilisation des images satellitaires pour la cartographie des zones humides du Sud Constantinois 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 : 193, Row : 035).
- Une très bonne résolution qui nous permet d'identifier le changement des zones humides.
- La gratuité des images. (Téléchargement depuis landsat.org et USGS).

3.1.2. Recensement des oiseaux d'eau

Le dénombrement des oiseaux d'eau est une opération qui se fait chaque année à l'échelle internationale. La date des dénombrements est fixée par le BIROE (Bureau international de la recherche sur les oiseaux d'eau et les zones humides) au minimum une fois par an, dans la semaine qui précède et celle qui suit le 15 du mois de janvier (**HOLLIS & SMART, 1986**).

La technique de dénombrement des oiseaux d'eau est décrite dans les étapes suivantes :

- Repérer là où les remises sont les plus importantes.
- Repérer pour chaque remise le ou les points d'observation les plus favorables : éclairage (soleil dans le dos ou sur le côté), bonne visibilité (points hauts de préférence : collines, arbres, sinon éventuellement un mirador à construire),
- Accessibilité facile par tous les temps. S'assurer que la zone ainsi couverte comprend toute la remise.
- Dresser une carte de la zone humide avec les différentes remises et les différents point d'observation et définir le circuit de dénombrement de façon que :
 - ✓ Tous les sites soient observés dans le laps de temps le plus court (idéalement 1 jour) ;

- ✓ l'heure de passage à chaque site coïncide avec les meilleures conditions d'éclairement.
- Réaliser le dénombrement selon la fréquence voulue : hebdomadaire (1/ semaine), mensuelle (1/ mois), annuelle (1/ an) et à la date choisie en étant prêt à la déclarer de quelques jours si les conditions d'observation du jour fixé sont trop mauvaises : vent et pluie gênent beaucoup la visibilité mais également modifient la distribution des oiseaux au profit d'emplacements inhabituels, voire inaccessibles. Il est toujours préférable de réaliser le dénombrement par temps calme.
- Pour chaque site d'observation, relever sur une carte :
 - La ligne de rivage (confrontée à un relevé de niveau lu sur une échelle, elle permet de tracer de courbes de niveau du plan d'eau et donc de connaître la profondeur au dessus de laquelle sont les groupes d'oiseaux).
 - La distribution des groupes et leurs effectifs, totaux et par espèce.
 - Les changements de milieu éventuellement observés (végétation) ou toute autre particularité (dérangement, etc...).
- En fin de dénombrement, reporter tous les effectifs sur un tableau par espèce et par secteur (option de remises ou remises entières selon les cas) et faire les totaux (**HOLLIS et SMART, 1986**).

Pour une meilleure observation, il faut utiliser un télescope ou une paire de jumelles.

Au cours de nos sorties de terrain nous avons tenu à respecter la majorité de ces démarches en utilisant comme matériel d'observation un télescope de marque Kowa, modèle 11/33 (11x.33x.) et des paires de jumelles de marque Bresser Optik, modèle 9x63.

La détermination des espèces a été facilitée par l'utilisation d'un guide de terrain (**HEINZEL et al ., 2004**).

3.1.3. Les données Worldclim (Global Climat Data)

WorldClim est un ensemble de couches (layers) du climat mondial (grilles climatiques) avec une résolution spatiale d'un kilomètre carré (30 secondes d'arc). Elles peuvent être utilisées pour la cartographie et la modélisation spatiale dans un SIG ou autres programmes informatiques (www.worldclim.org). La base de données WorldClim est en développement continu. Cet

ensemble de données est disponible gratuitement pour usage non-commercial universitaires et autres.

Les couches de données ont été générées par interpolation de la moyenne mensuelle des données climatiques d'une période de 50 ans (1950 – 2000) à partir de stations météorologiques sur une grille à 30 secondes d'arc de résolution ($0,93 \times 0,93 = 0,86 \text{ km}^2$ à l'équateur, souvent dénommé "1 km²" de résolution).

Les variables incluses dans les fichiers ESRI Grids téléchargés sont :

- **T moy** = moyenne mensuelle de la température moyenne ($^{\circ} \text{C} * 10$)
- **T min** = moyenne mensuelle de la température minimale ($^{\circ} \text{C} * 10$)
- **T max** = moyenne mensuelle de la température maximale ($^{\circ} \text{C} * 10$)
- **Prec** = moyennes mensuelles des précipitations (mm)
- **BIO** = les dérivés des variables bioclimatiques à partir de T moy, T min, T max et Prec, sont codés comme suit :
- **BIO1 = Température moyenne annuelle.** (Moyenne de toutes les températures hebdomadaires moyennes. La température hebdomadaire moyenne est la moyenne des températures maximales et minimales d'une semaine donnée).
- **BIO2 = Amplitude quotidienne moyenne.** (*moyenne (max – min de la période)*). (Moyenne de toutes les amplitudes hebdomadaires de la température. L'amplitude hebdomadaire est la différence entre les températures maximales et minimales d'une semaine donnée).
- **BIO3 = Isothermalité.** ($BIO2 / BIO7$) ($* 100$). (Amplitude quotidienne moyenne (BIO2) divisée par l'amplitude annuelle de la température (BIO7)).
- **BIO4 = Saisonnalité de la température** (coefficient de variation). (Coefficient de variation des températures, ou écart-type des températures hebdomadaires moyennes, en termes de pourcentage de la moyenne annuelle de ces températures. Cette moyenne est exprimée en degrés Kelvin, afin d'éviter le risque de division par zéro, mais on obtient ainsi un coefficient de variation dont la valeur est généralement très basse).
- **BIO5 = Température maximale de la période la plus chaude.** (La plus élevée de toutes les températures maximales hebdomadaires).

-
- BIO6 = Température minimale de la période la plus froide.** (La plus basse de toutes les températures minimales hebdomadaires).
 - BIO7 = Amplitude annuelle de la température** ($BIO5 - BIO6$). (Différence entre la température maximale de la période la plus chaude et la température minimale de la période la plus froide).
 - BIO8 = Température moyenne du trimestre le plus humide.** (Température moyenne du trimestre le plus humide, qui est déterminé à une semaine près).
 - BIO9 = Température moyenne du trimestre le plus sec.** (Température moyenne du trimestre le plus sec, qui est déterminé à une semaine près).
 - BIO10 = Température moyenne du trimestre le plus chaud.** (Température moyenne du trimestre le plus chaud, qui est déterminé à une semaine près).
 - BIO11 = Température moyenne du trimestre le plus froid.** (Température moyenne du trimestre le plus froid, qui est déterminé à une semaine près).
 - BIO12 = Précipitations annuelles.** (Somme de toutes les précipitations mensuelles estimatives).
 - BIO13 = Précipitations de la période la plus humide.** (Précipitations de la semaine la plus humide ou du mois le plus humide, selon l'intervalle choisi).
 - BIO14 = Précipitations de la période la plus sèche.** (Précipitations de la semaine la plus sèche ou du mois le plus sec, selon l'intervalle choisi).
 - BIO15 = Saisonnalité des précipitations** (coefficient de variation). (Coefficient de variation des précipitations, ou écart-type des précipitations estimatives hebdomadaires, en termes de pourcentage de la moyenne annuelle de ces estimations).
 - BIO16 = Précipitations du trimestre le plus humide.** (Précipitations totales du trimestre le plus humide, qui est déterminé à une semaine près).
 - BIO17 = Précipitations du trimestre le plus sec.** (Précipitations totales du trimestre le plus sec, qui est déterminé à une semaine près).
 - BIO18 = Précipitations du trimestre le plus chaud.** (Précipitations totales du trimestre le plus chaud, qui est déterminé à une semaine près).

- **BIO19 = Précipitations du trimestre le plus froid.** (Précipitations totales du trimestre le plus froid, qui est déterminé à une semaine près).
- **Alt** = Altitude (altitude au-dessus niveau de la mer) (m) (à partir de SRTM)
- **m** = Mois de l'année, de 1 à 12 (Janvier à Décembre).
- **x** = Code de la variable bioclimatique.

La base de données WorldClim se compose des enregistrements de précipitations à partir de 47 554 stations (Fig. 12), la température moyenne de 24 542 stations (Fig.13) et la température maximale et minimale pour 14 835 stations (Fig. 14) (HIJMANS & al, 2005).

L'ensemble de variables bioclimatiques ont été obtenues à partir des données mensuelles. Les cartes ci-dessous montrent la répartition spatiale des stations climatiques des données Prec, Tmoy, Tmin et Tmax.

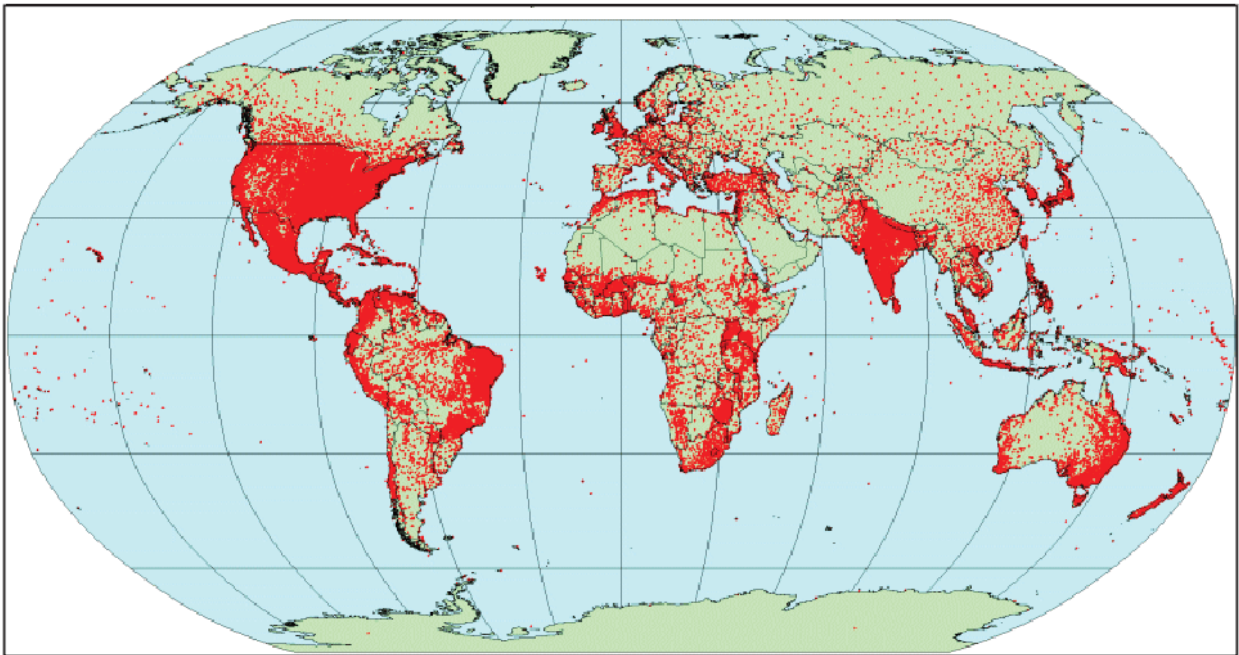


Figure 12: Emplacement des stations climatiques des données **Précipitations** (HIJMANS & al, 2005).

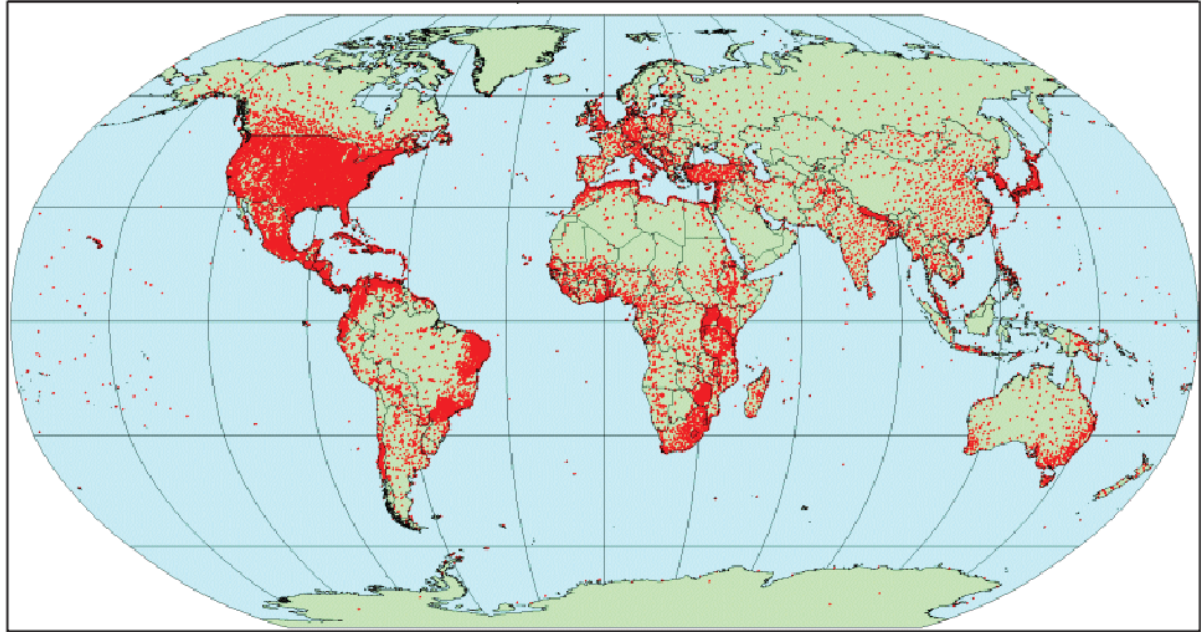


Figure 13: Emplacement des stations climatiques des données **Températures moyennes** (HIJMANS & *al*, 2005).

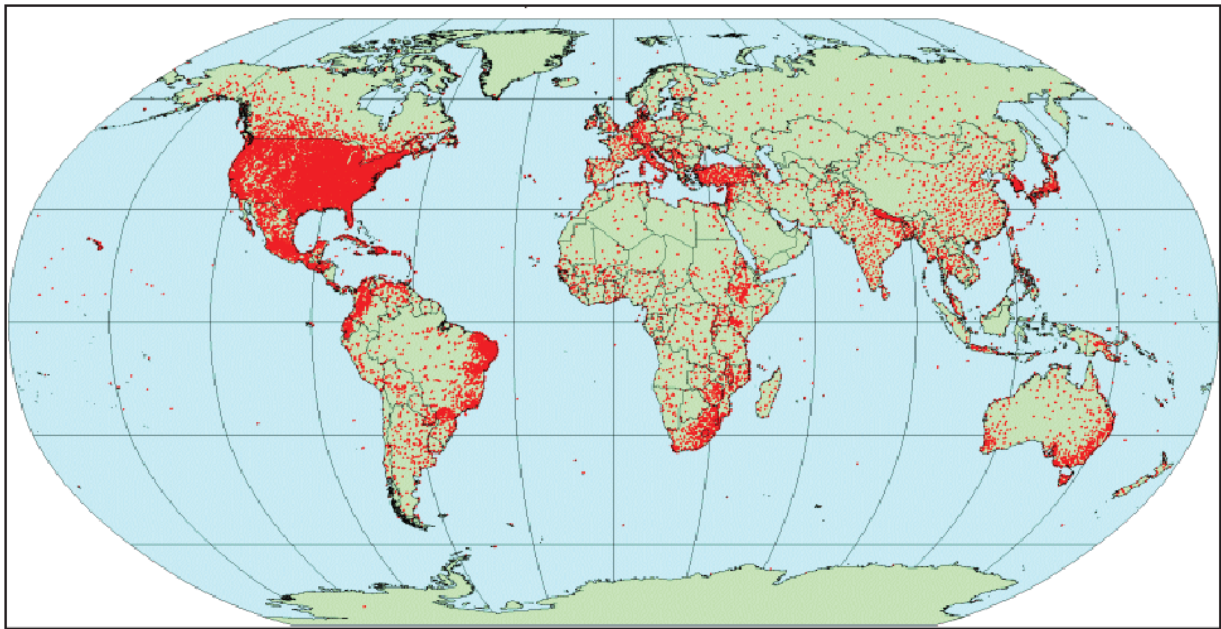


Figure 14: Emplacement des stations climatiques des données **Température max** et **Température min** (HIJMANS & *al*, 2005).

3.2. Logiciels utilisés

Pour traiter les images satellitaires, il existe plusieurs logiciels, au cours de cette étude, nous avons utilisé deux logiciels:

3.2.1. ENVI 4.7 :

ENVI (Environment for Visualizing Images) est un logiciel professionnel de la société « EXELIS » permettant la visualisation, le traitement, l'analyse, et la présentation de nombreux types d'images numériques, dont les images satellites.

ENVI permet en particulier, de travailler sur différents types de données (multispectrale, hyperspectrale, radar), d'intégrer des données de type matriciel (image) et vectoriel et est compatible avec des données de type SIG. Il permet entre autres de contraster les images, de les corriger géométriquement, de les classifier, de réaliser des analyses à l'aide de données d'élévations, etc. Il utilise le langage de programmation IDL (Interactive Data Language) (**DENIS, 2014**).

3.2.2. ArcGis.10

logiciel SIG utilisé pour les traitements sur les données raster et vectorielles également pour l'établissement des modèles climatiques et des cartes du milieu physique de la zone d'étude, les dérivés du modèle numérique de terrain et la carte hydrographique avec l'extension *esrihydrologie*. (**ARCGIS.10**)

4. Exploitation des données

4.1. Prétraitement des images satellitaires

Le prétraitement permet de préparer les images pour l'analyse principale et l'extraction de l'information. Les opérations de prétraitement se divisent en une correction géométrique (Orthorectification) qui permet la correction des distorsions géométriques de l'image dues aux variations de la géométrie Terre-Capteur, et de transformer les données en vraies coordonnées géographiques, et une correction radiométrique qui permet de réduire les bruits d'images dus au capteur ou à l'atmosphère (Nuages, poussière atmosphérique, vent de sable, etc.) (**LILLESAND, 2007**).

Les différentes causes de distorsions géométriques présentes dans les images au format brut sont résumées dans la figure 15:

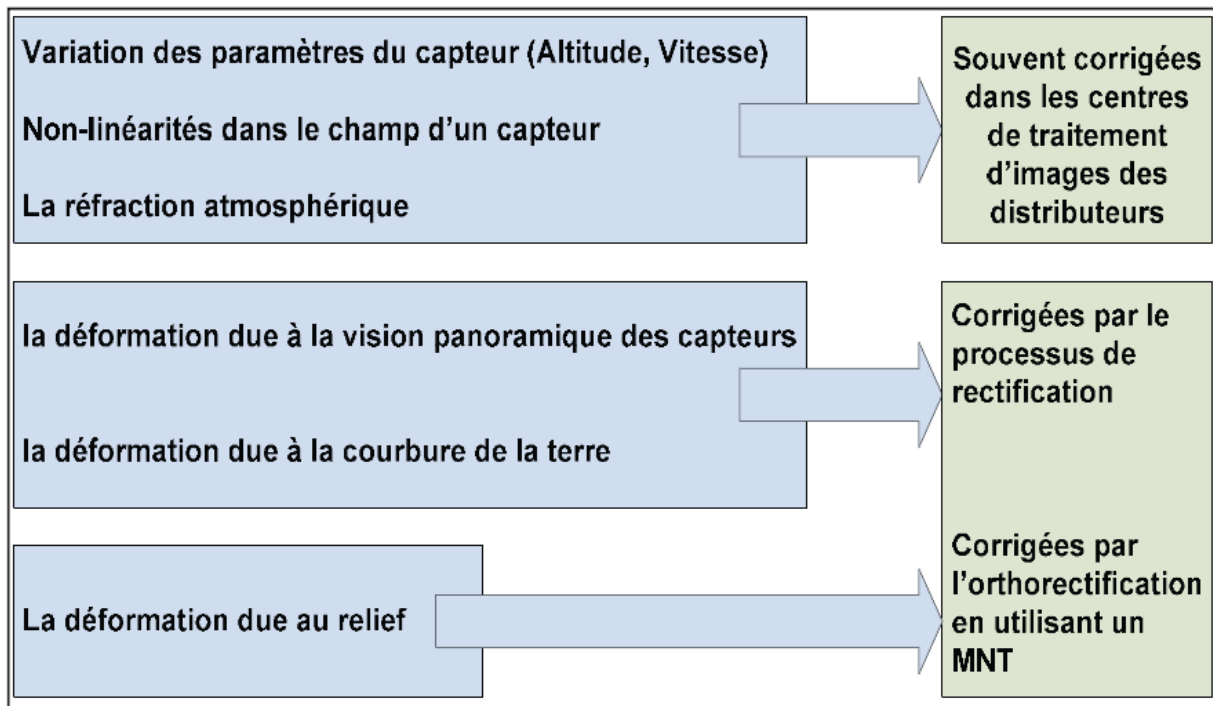


Figure 15: Principales causes de la distorsion géométrique des images satellitaires (LILLESAND *et al.*, 2007).

Les images LANDSAT utilisées dans cette étude (Path : 19, Row : 35) sont géoréférencées (Projection UTM fuseau 31N), rectifiées et orthorectifiées par le distributeur USGS (*United States Geological Survey*). La correction radiométrique n'est pas obligatoire dans notre cas à cause de l'absence des différents paramètres spécifiques pour corriger l'image radiométriquement (LILLESAND *et al.*, 2007).

4.2. Délimitation des zones humides par traitement de seuillage

Afin de délimiter les zones humides du Sud constantinois, l'identification des zones en eau libre et en eau avec végétation à un moment donné de l'année est nécessaire. Un traitement de seuillage est réalisé pour chaque image, afin de mettre en évidence les zones inondées ou humides. Ce prétraitement est effectué à partir du canal Moyen Infra Rouge car ce canal réagit spécifiquement dans les milieux humides en mettant en évidence les surfaces en eau et également la végétation ayant une teneur en eau importante

Ce traitement est réalisé par le calcul de l'indice normalisé de différence d'eau (NDWI-normalized difference water index) qui est exprimé par la formule (GAO, 1996) :

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

PIR : proche infra-rouge.

IRM : moyen ifra-rouge.

Il faut préciser qu'une image satellite est codée, le plus souvent, sur 8 bits, c'est-à-dire 256 niveaux. Les pixels en noir correspondent à la valeur 0 et ceux en blanc à la valeur 255. Le pic de l'eau se situe dans les valeurs les plus basses entre 0 et 30. Par opposition, les milieux secs apparaissent avec une codification très élevée. Un choix de borne maximale de l'eau va être défini manuellement pour mettre en évidence les milieux humides. La plage de données de l'eau va être élargie jusqu'à la valeur du pixel 56, afin de prendre en compte la végétation dont la partie basse est recouverte par l'eau ou la végétation présente sur sol humide (DAVRANCHE, 2008).

Les canaux MIR des images spectrales acquises vont être ouverts sous le logiciel Arcgis 10 afin d'être reclassifiés avec les codes pixels de la classe « eau » définie par seuillage.

L'algorithme de reclassification du module de traitement « Spatial Analyst », va reclasser l'étendue du seuillage « eau » en une nouvelle valeur de pixel égale à 1. Tous les autres pixels seront reclassés en valeur 0 ce qui correspond aux milieux sans eau. L'image résultat est caractérisée par une codification de pixel binaire : 0 pour les milieux secs et 1 pour milieux humides. Cette image résultat permettra de localiser et de délimiter les zones submergées (DAVRANCHE, 2008).

4.3. Calcul des variations de submersion des zones humides Sud Constantinoises

Cette opération est également effectuée à l'aide du module « Spatial Analyst » du logiciel Arcgis 10. La somme des différentes images reclassées précédemment va être évaluée grâce à l'algorithme de calcul de la Calculatrice Raster de ce module. La valeur des pixels de l'image ainsi obtenue après calcul correspond à la somme des valeurs des pixels de chaque image (Fig. 16). Cette dernière sera donc comprises entre 0 (pixels en eau sur aucune image) et N (pixels

inondés sur l'ensemble des dates) où N correspond au nombre d'images analysées (DAVRANCHE, 2008).

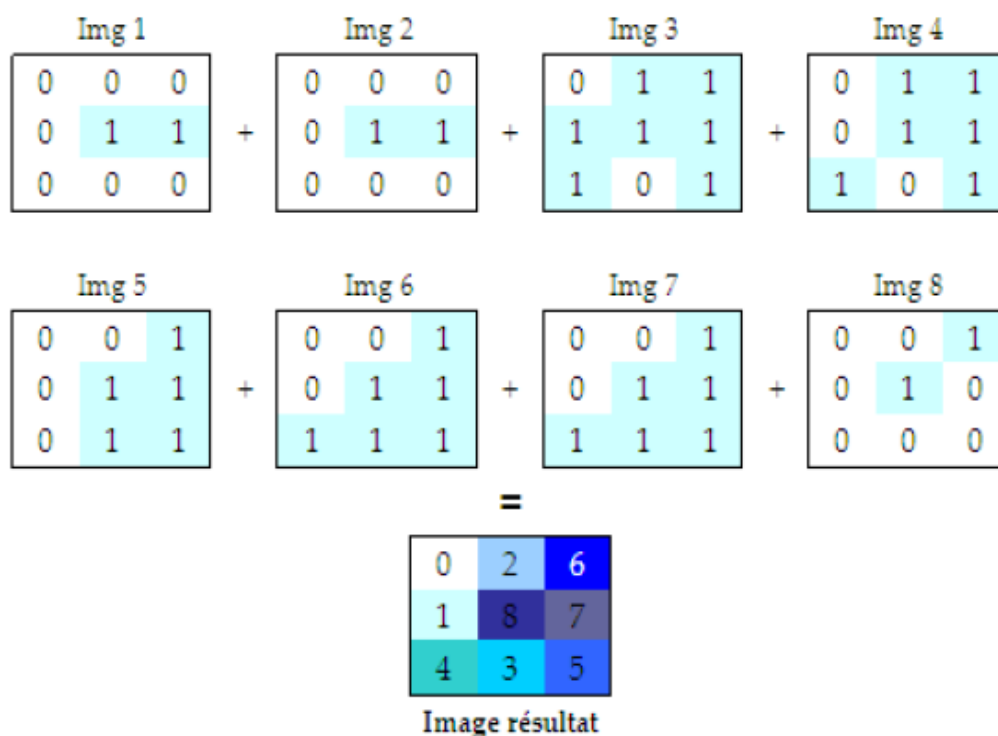


Figure 16 : Illustration du résultat de l'algorithme de calcul pixel par pixel (N=8).

Trois années ont été retenues dans cette étude :

- Les années 2002- 2003 qui regroupe les dates : 25/02/2002, 10/12/2002, 12/02/2003, 03/05/2003, 28/06/2003, 30/07/2003.
- L'année 2007 qui regroupe les dates : 14/01/2007, 19/03/2007, 23/06/2003, 27/09/2007, 31/08/2007, 16/10/2007.
- L'année 2013 qui regroupe les dates : 06/05/2013, 07/06/2013, 25/07/2013, 11/09/2013, 29/10/2013, 16/12/2013, 01/01/2014.

L'utilisation de 19 images satellitaires représentant le cycle hydrologique annuel des zones humides Sud Constantinoise pendant trois périodes (2003, 2007 et 2013) met en évidence la variation temporelle et spatiale de la submersion des différents milieux.

Afin de réaliser des images représentatives de l'évolution spatiale et temporelle des durées de submersion, deux hypothèses ont été émises :

- Chaque image utilisée illustre le niveau moyen de sa période hydrologique ;
- Les superficies inondées prises à un instant « t » ne varient pas sur la période considérée entre deux images. Cependant, d'une image à l'autre les surfaces inondées évoluent.

Il est important de noter que cet indicateur dépend fortement du nombre d'image pendant un cycle hydrologique. Autrement dit, plus le nombre d'images est important et plus leur répartition temporelle couvre un maximum de saison plus la précision ainsi que la pertinence de cet indicateur sera grande.

La visualisation des niveaux d'inondations sur une période donnée permet de visualiser l'étendue et l'évolution hydrologique d'un site d'étude.

4.4.Indices écologiques (communautés aviaires)

Dans notre étude nous avons opté au suivi de la densité des peuplements d'oiseaux d'eau au cours des trois années 2003, 2007 et 2013.

La densité est définie par l'abondance de la population exprimée en nombre d'individus par unité de surface (hectare). Sa détermination est importante afin de mesurer l'impact des individus sur le milieu. Elle repose sur l'analyse des comptages directs.

Les effectifs utilisés dans ce travail sont ceux rapporté dans les données des recensements hivernants des oiseaux d'eau. Ces données ont été fournies par la conservation des forêts de la wilaya de Batna.

4.5. Analyse statistique des données (Analyse des corrélations)

Pour mettre en évidence une quelconque relation entre les variables mesurées, nous avons utilisé le coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson (**DAGNELIE, 2000**).

Ce coefficient de corrélation r , mesure l'intensité du lien qui existe entre deux caractéristiques ou variables quantitatives quelconques pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire.

Ce coefficient est compris entre -1 et +1, il est en valeur absolue, d'autant plus proche de 1 que la liaison entre les deux séries d'observation est nette, pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire.

Au contraire, si le coefficient est nul ou approximativement nul c'est que les deux variables ne sont pas corrélées entre elles.

D'autre part, le signe de coefficient de corrélation indique si la relation entre les deux variables (séries d'observations) est croissante ou décroissante. En effet, lorsque le coefficient de corrélation est positif, les valeurs élevées d'une variable correspondent, dans l'ensemble, aux valeurs élevées de l'autre variable et vice-versa.

- Si $p > 0,05 \rightarrow$ il n'existe pas de corrélation.
- Si $p \leq 0,05 \rightarrow$ il existe une corrélation significative \rightarrow^*
- Si $p \leq 0,01 \rightarrow$ il existe une corrélation hautement significative \rightarrow^{**}
- Si $p \leq 0,001 \rightarrow$ il existe une corrélation très hautement significative \rightarrow^{***}

***Analyse univariée**

Pour mieux décrire les différentes variables qui caractérisent les descripteurs abiotiques et biotiques étudiés dans les différents échantillons, nous avons calculé certains paramètres statistiques de base tels que la moyenne arithmétique (\bar{x}) ; l'écart-type (s); les valeurs minimales (min) et maximales (max) qui donnent toutes deux une idée sur l'étendue des données et enfin l'effectif qui nous renseigne sur l'importance des données traitées (**DAGNELIE, 2000**).

*** Analyse bivariée**

L'analyse statistique bivariée consiste à calculer, d'une part, les corrélations linéaires simples entre les différentes variables deux à deux et, d'autre part, les équations de régression linéaire simples par la méthode des moindres carrés (**DAGNELIE, 2000**).

P : est la probabilité qui met en évidence les différences significatives entre la valeur du coefficient de corrélation « **r** » et la valeur zéro.

Remarque : si $P \leq 0,05$: il y a une corrélation entre les deux caractères.

Chapitre III : Résultats et discussions

1. Cartographie des zones humides du Sud Constantinois

1.1. Résultats

1.1.1. Localisation et délimitation des sites et complexes de zones humides étudiées

L'ensemble des éléments nécessaires à la localisation spatiale et à la délimitation des 08 zones humides étudiées dans la région du Sud Constantinois sont rapportés dans le tableau 9. Ces éléments concernent : la dénomination, la localisation, la situation administrative, la superficie, le bassin et le sous bassin versant des sites mentionnés. Afin de pouvoir mieux délimiter ces zones humides nous avons établi une carte représentant la localisation des 08 zones humides étudiées dans la région Sud Constantinoise (**Fig. 17**).

- Les 8 zones humides sont situées entre 370 et 900 m d'altitude.
- La superficie des zones est comprise entre 25.500 et 850 ha.
- Toutes les zones humides se trouvent sur le bassin versant numéro 07 qui représente les hauts plateaux constantinois et sont réparties sur 4 sous bassins :
 - ✓ 07/03 : sous bassin de Sebket Ezzemmoul;
 - ✓ 07/04 : sous bassin de Oued chemorah;
 - ✓ 07/05 : sous bassin de Garaet Ank Djemel;
 - ✓ 07/07 : sous bassin de Garaet Etarf.

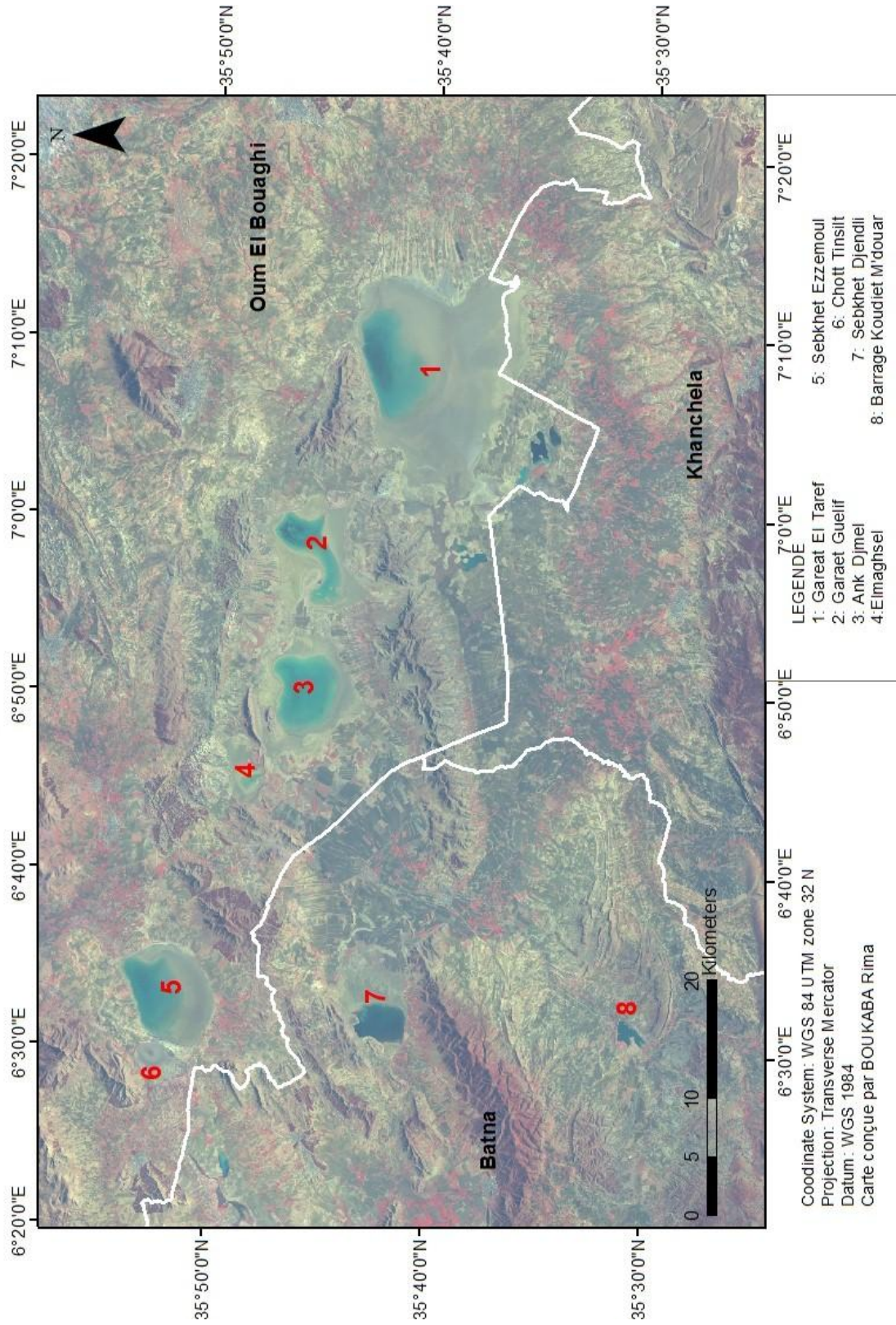


Tableau 9: Dénomination, localisation et superficies des 08 zones humides étudiées dans le Sud Constantinois.

N°	nom du site	Wilaya	Daira	Commune	coordonnées géographiques moyenne	Altitude (m) moyenne	Superficie (ha) totale	bassin et sous bassin versant
1	Garaet Guellif	Oum El Bouaghi	Oum El Bouaghi	Ain Zitoune	35° 46' N 06° 59' E	850	4.400	07/05
2	Ank Djemel	Oum El Bouaghi	Ain Fakroun	Boughrara Saoudi	35° 50' N 06° 32' E	843	5.500	07/05
3	El Maghssel	Oum El Bouaghi	Ain Kercha	Boughrara Saoudi	35° 51' N 06° 28' E	370	850	07/05
4	Sebkhet Ez Zemoul	Oum El Bouaghi	Souk-Naâmane	Souk-Naâmane	35° 53' N 06° 33' E	792	4.400	07/03
5	Chott Tincilt	Oum el Bouaghi	Souk-Naâmane	Ouled Zouai	35° 55' N 06° 39' E	800	3.600	07/03
6	Garaet Et Taref	Oum El Bouaghi	Oum El Bouaghi	Ain Zitoune	35° 42' N 07° 08' E	820	25.500	07/07
7	Sebkhet Djendli	Batna	El Madher	Boumia	35° 44' N 06° 33' E	833	3.700	07/05
8	Barrage Koudiet Mdeouar	Batna	Timgad	Timgad	35° 31' N 06° 24' E	900	590	07/04

1.1.2. Modèle numérique du terrain

Le modèle numérique du terrain de la zone d'étude est créée avec une résolution de 10 mètres permettant une production de cartes à l'échelle 1/50 000 de qualité. On peut déduire depuis le MNT, l'inclinaison et l'orientation des pentes, la direction d'écoulement des eaux, la détermination des bassins versants, le traçage des profils topographiques et générer des représentations du paysage en trois dimensions (**Fig. 18**).

Le point le plus élevé dans la région Sud Constantinoise se trouve à 2225 m de hauteur et le point le plus bas à 73 m.

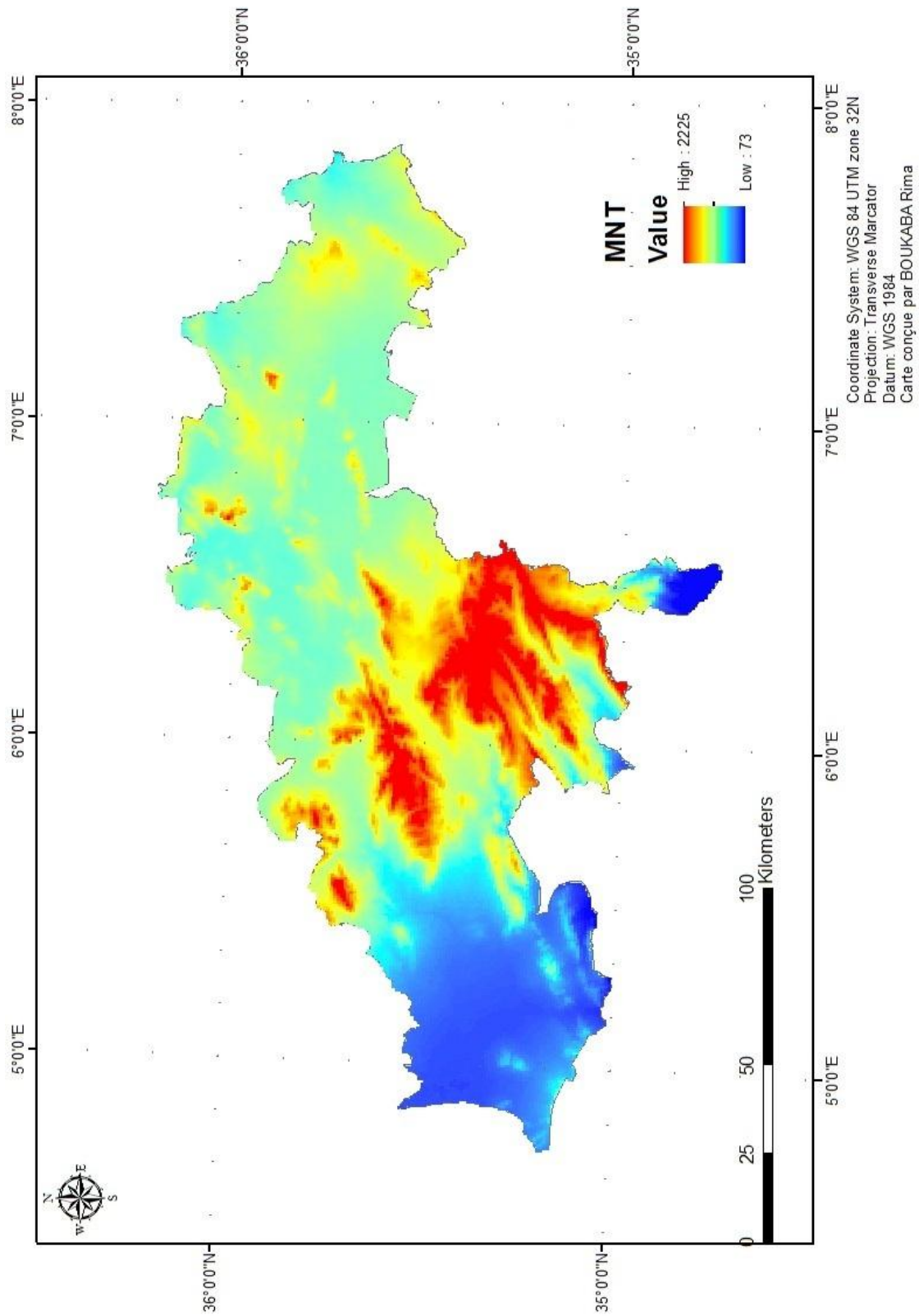


Figure 18 : Modèle numérique du terrain de la région Sud Constantinoise.

1.1.3. Carte des bassins, sous bassins versant et réseaux hydrographiques

Avec l'extension « hydrology », après création du modèle numérique de terrain (résolution 10 m), nous avons d'abord procédé par la correction des erreurs, matérialisées par des puits, puis nous avons calculé la direction des écoulements et les lieux d'accumulation. Ces derniers seront enfin utilisées pour extraire les bassins hydrologiques, les bassins versants et le réseau hydrographique (**Fig. 19**). On désigne par réseau hydrographique un ensemble de canaux hiérarchisé et structuré qui assure le drainage superficiel, permanent ou temporaire d'un bassin versant ou d'une région donnée (**ROCHE, 1963**).

Le réseau hydrographique de la région est représenté en majorité par des oueds temporaires très ramifiés (**Fig. 19**).

Un bassin hydrologique, terme utilisé généralement pour désigner un grand bassin versant, est composé des divers milieux terrestres à travers lesquels l'eau circule en direction d'une embouchure, soit le territoire drainé par un plan d'eau ou par un cours d'eau.

Un bassin hydrographique regroupe donc plusieurs bassins versants délimités par des frontières naturelles appelées « lignes de crête » (**Fig. 20**). Chaque bassin versant alimente un cours d'eau principal souvent accompagné de plusieurs affluents (**ROCHE, 1963**).

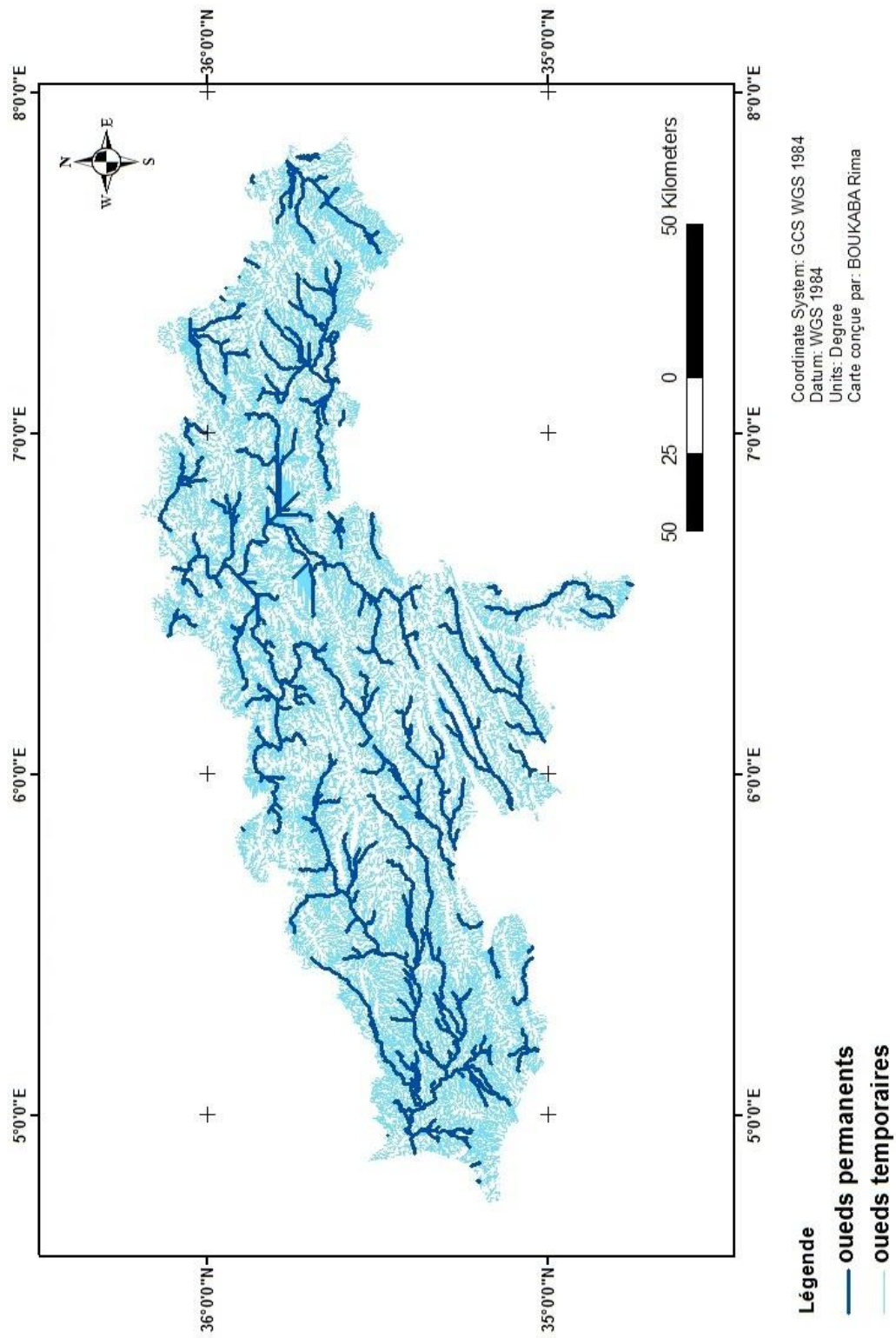


Figure 19 : Carte des réseaux hydrographiques de la région Sud Constantinoise.

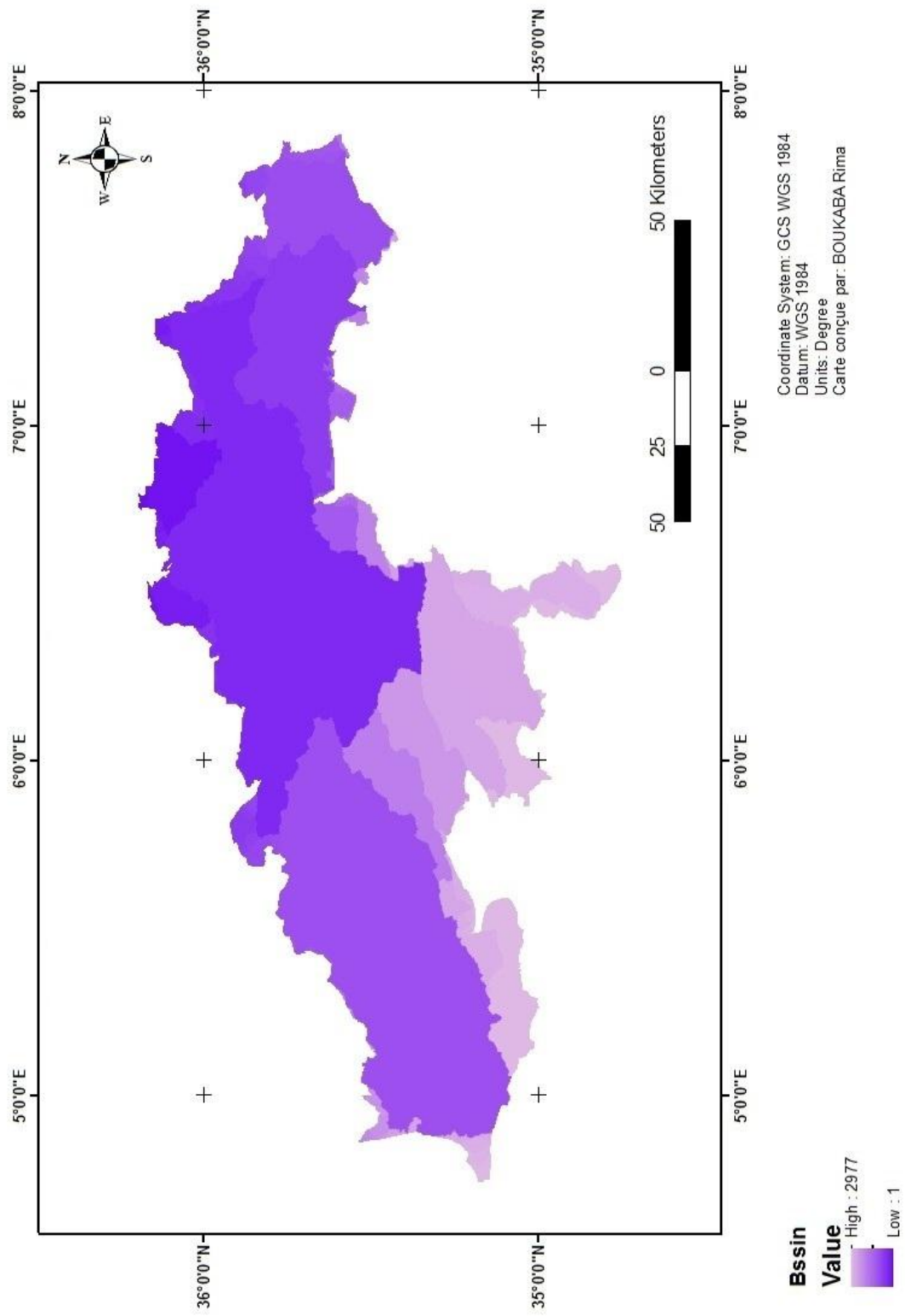


Figure 20 : Carte des bassins hydrologiques de la région Sud Constantinoise.

1.2. Discussion

La région du Sud-Constantinois, se situe approximativement dans la fourchette des coordonnées géographiques suivantes : Longitude Nord: 35° 03' à 36° 08', Latitude Est : 05° 21' à 07° 17'. Cette région englobe un ensemble de site présentant une importante valeur tant à l'échelle locale, régionale, nationale et internationale. Ce sont soit des sites naturels représentés généralement par des Chotts et des Sebkhatt, soit artificiels comme les barrages.

Les huit (08) sites et complexes étudiés sont répartis comme suit : 06 sites et complexes dans le territoire de la wilaya d'Oum El Bouaghi couvrant une superficie de 44250 ha, les deux autres sites sont situés dans la wilaya de Batna couvrant une superficie de 4290 ha.

En matière de protection 06 sites sont inscrit sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, il s'agit de Garaet El Taref, Garaet Guellif, Chott Tinsilt, Sebkhet Ezzemmoul, Garaet Grand Ank Djemel et Garaet El Maghsel.

Le bassin hydrologique de la région est représenté par de très nombreuses chaâbats plus au moins profondes et des Oueds qui jettent leurs eaux au niveau des Garaets dont le système est endoréique. Le système hydrologique de la région est principalement composé par des cours d'eau très ramifié, constitué en majeure partie par des cours d'eau temporaires s'asséchant généralement en été.

1.3. Conclusion

La région du Sud Constantinois est riche en zones humides. Les sites et les complexes étudiées couvrent une superficie de 48540 ha et qui représentent les sites ayant des superficies importantes. L'altitude moyenne de ces sites va de 370 à 900 m et cela permet d'avoir une grande diversité de typologie.

Gareat Etarf représente le site le plus grand avec une surface de 25.500 ha. Le barrage de Koudiet Medouar_Timgad_ est le seul site artificiel étudié qui représente une superficie de 590 ha.

2. Superficies inondées au sein des zones humides étudiées

2.1. Résultats

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

Une carte est obtenue pour chacune des trois années étudiées 2003, 2007 et 2013. Sur cette carte, nous avons opté pour la description de 03 classes de couleurs attribuées pour les différents niveaux d'inondation pour les 08 sites étudiés (**Fig. 21**).

Bleu foncé : correspondant à une inondation du pixel pour toutes les cartes de la période 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 de croissance de la végétation.

Bleu clair 1 et 2 : correspondant à une inondation du pixel pour au moins une des cartes de la période concernée, c'est la zone inondée « saisonnièrement »: c'est-à-dire que le substrat est inondé durant la période de croissance et la durée d'inondation s'étend sur environ six semaines (bleu 1) et « temporairement »: ce qui veut dire que la surface en eau est présente sur une courte période de trois à six semaines durant la période de croissance (bleu 2).

Blanc : correspondant à une inondation du pixel pour aucune des cartes de la période concernée, c'est la zone jamais inondée.

2.1.1. Inondation de Garaet Etaref et ses sites satellites

Pour chaque période étudiée, nous avons calculé les surfaces en (ha) de chaque classe d'inondation. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant (**Tab. 10**) :

Tableau 10: Surfaces inondées pour Garaet Etaref et ses sites satellites (Oum El Bouaghi) en ha et on % au cours de 3 années différentes:

Surfaces/ années	2003	2007	2013
Inondées en semi-permanence	7641,81 ha 38,19%	4118,41 ha 27,9%	3285,37 ha 50,17%
Inondées saisonnièrement	7740 ha 38,68%	3302,82 ha 22,38%	1384,37 ha 21,14%
Inondées temporairement	4630,08 ha 23,13%	7338,51 ha 49,72%	1878,45 ha 28,69%
Surface totale inondée	20011,89 ha 100%	14759,74 ha 100%	6548,19 ha 100%

Pour l'année 2003, il ya eu 7641,81 ha de surface submergée pour toutes les cartes de la période, ce qui représente 38 % de la surface totale inondée. C'est la partie inondée en semi permanence. 39% de la surface totale inondée (7740 ha) est submergée plus d'une fois par l'eau selon les images analysées. C'est la partie inondée saisonnièrement, Enfin 23% de la surface inondée totale (4630,08 ha) est submergée pendant au moins une fois selon les images analysées. C'est la partie inondée temporairement (**Fig. 21**).

Pour l'année 2007, une surface de 4118,41 ha est inondée en semi permanence ce qui représente 29 % de la surface totale inondée, 3302,82 ha (22%) est inondée saisonnièrement et 7338,51 ha (50%) est inondée temporairement (**Fig. 21**).

Pour l'année 2013, il ya eu 3285,37 ha (50%) de la surface totale est inondée en semi permanence, 1384,37 ha (21%) est inondée saisonnièrement et 1878,45 ha (29%) est inondée temporairement (**Fig. 21**).

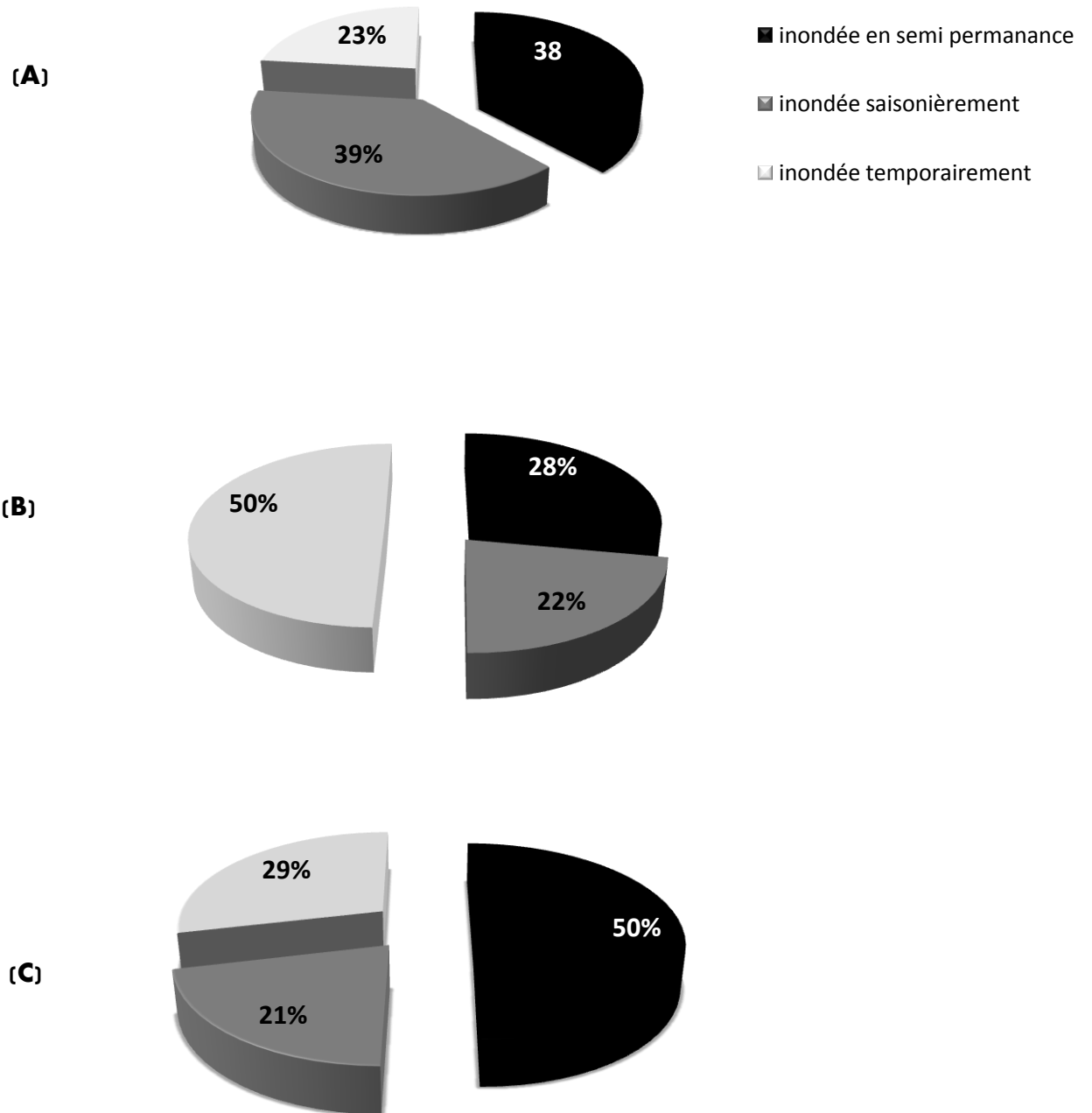


Figure 21 : Surfaces inondées de Garaet Etaref et ses sites satellites (Oum El Bouaghi) pendant les années 2003 (A), 2007 (B) et 2013 (C).

Une présence importante d'eau est constatée pour l'année 2003 (Fig. 22). Elle est moins importante pour l'année 2007 (Fig. 23). La surface a fortement baissée Pour l'année 2013 (Fig. 24).

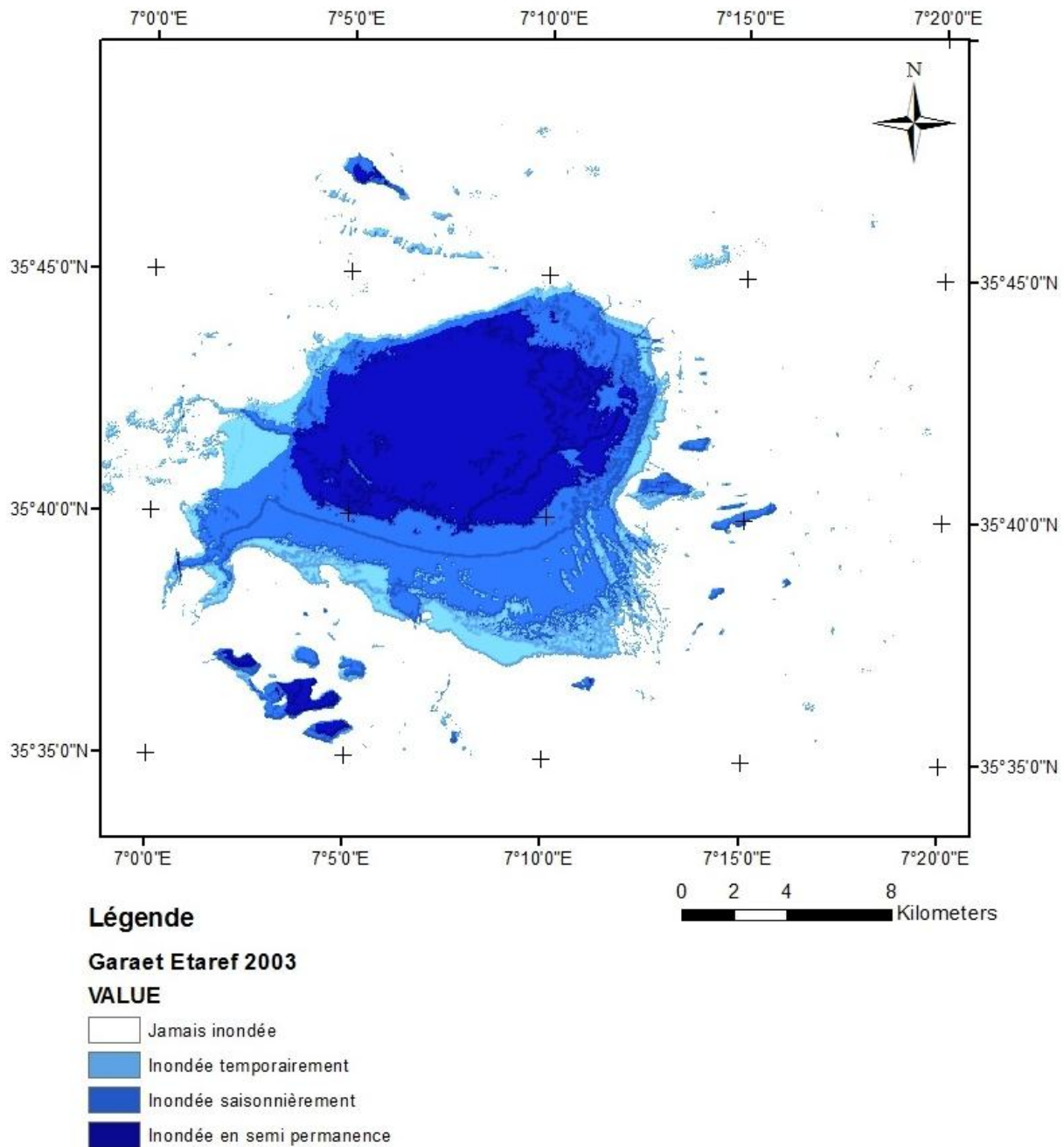


Figure 22 : Degré d'inondation de Garaet Etarf et ses sites satellites (Oum El Bouaghi) pour l'année 2003.

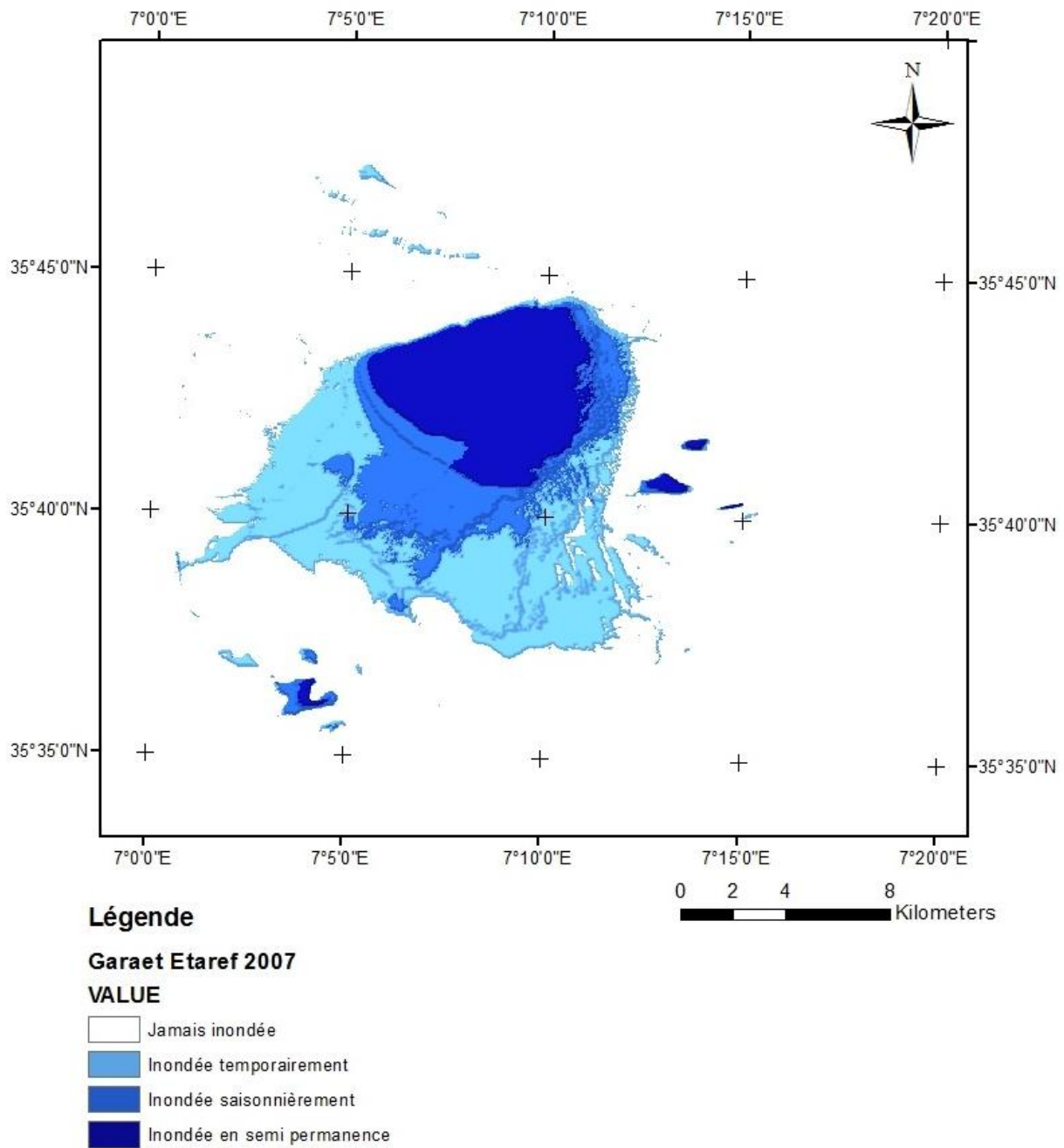


Figure 23: Degré d'inondation de Garaet Etarf et ses sites satellites (Oum El Bouaghi) pour l'année 2007.

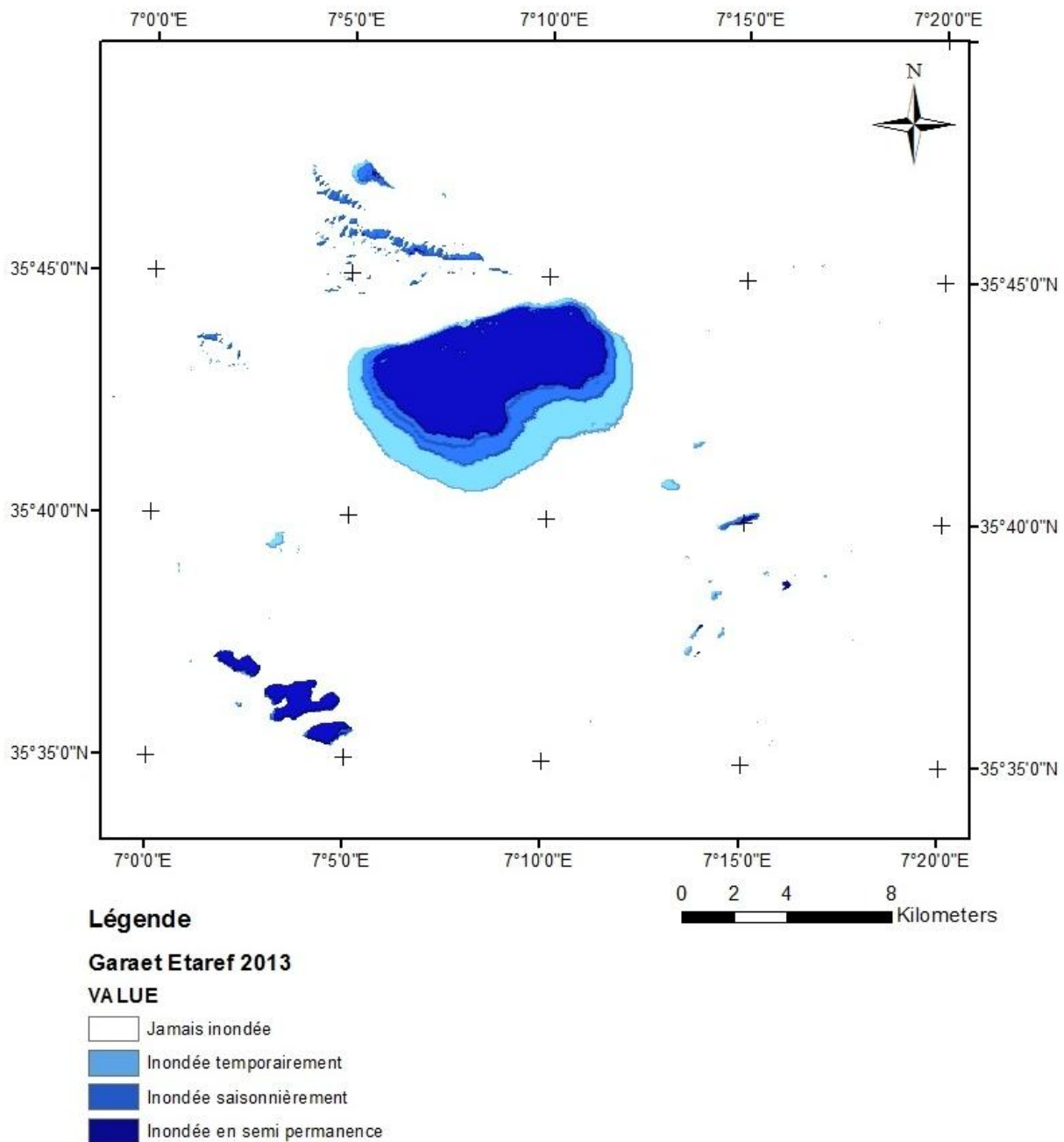


Figure 24: Degré d'inondation de Garaet Etarf et ses sites satellites (Oum El Bouaghi) pour l'année 2013.

2.1.2. Inondation de Garaet Guelif

Pour chaque période étudiée nous avons calculé les surfaces de chaque classe d'inondation, les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant (**Tab. 11**) :

Tableau 11: Surfaces inondées pour Garaet Guelif (Oum El Bouaghi) en ha et on % au cours de 03 années:

Surfaces/années	2003	2007	2013
Inondées en semi-permanence	1681,21 ha (36,8%)	1103,28 ha (47,52%)	1046,59 ha (58,74%)
Inondées saisonnièrement	1921,08 ha (42,03%)	911,56 ha (39,26%)	475,64 ha (26,7%)
Inondées temporairement	967,44 ha (21,17%)	306,6 ha (13,22%)	259,51 ha (14,56%)
Surface totale inondée	4569,73 ha 100%	2321,44 ha 100%	1781,74 ha 100%

Pour l'année 2003, il ya eu 1681,21 ha de surface submergée pour toutes les cartes de la période, ce qui représente 36 % de la surface totale inondée. C'est la partie inondée en semi permanence. 42% de la surface totale inondée (1921,08 ha) est submergée plus d'une fois par l'eau selon les images analysées. C'est la partie inondée saisonnièrement, Enfin 22% de la surface inondée totale (967,44 ha) est submergée pendant au moins une fois selon les images analysées. C'est la partie inondée temporairement (**Fig. 25**).

Pour l'année 2007, une surface de 1103,28 ha est inondée en semi permanence ce qui représente 48 % de la surface totale inondée, 911,56 ha (39%) est inondée saisonnièrement et 306.6 ha (13%) est inondée temporairement (**Fig. 25**).

Pour l'année 2013, il ya eu 1046.59 ha (59%) de la surface totale qui est inondée en semi permanence, 475,64 ha (27%) est inondée saisonnièrement et 259,51 ha (14%) est inondée temporairement (**Fig. 25**).

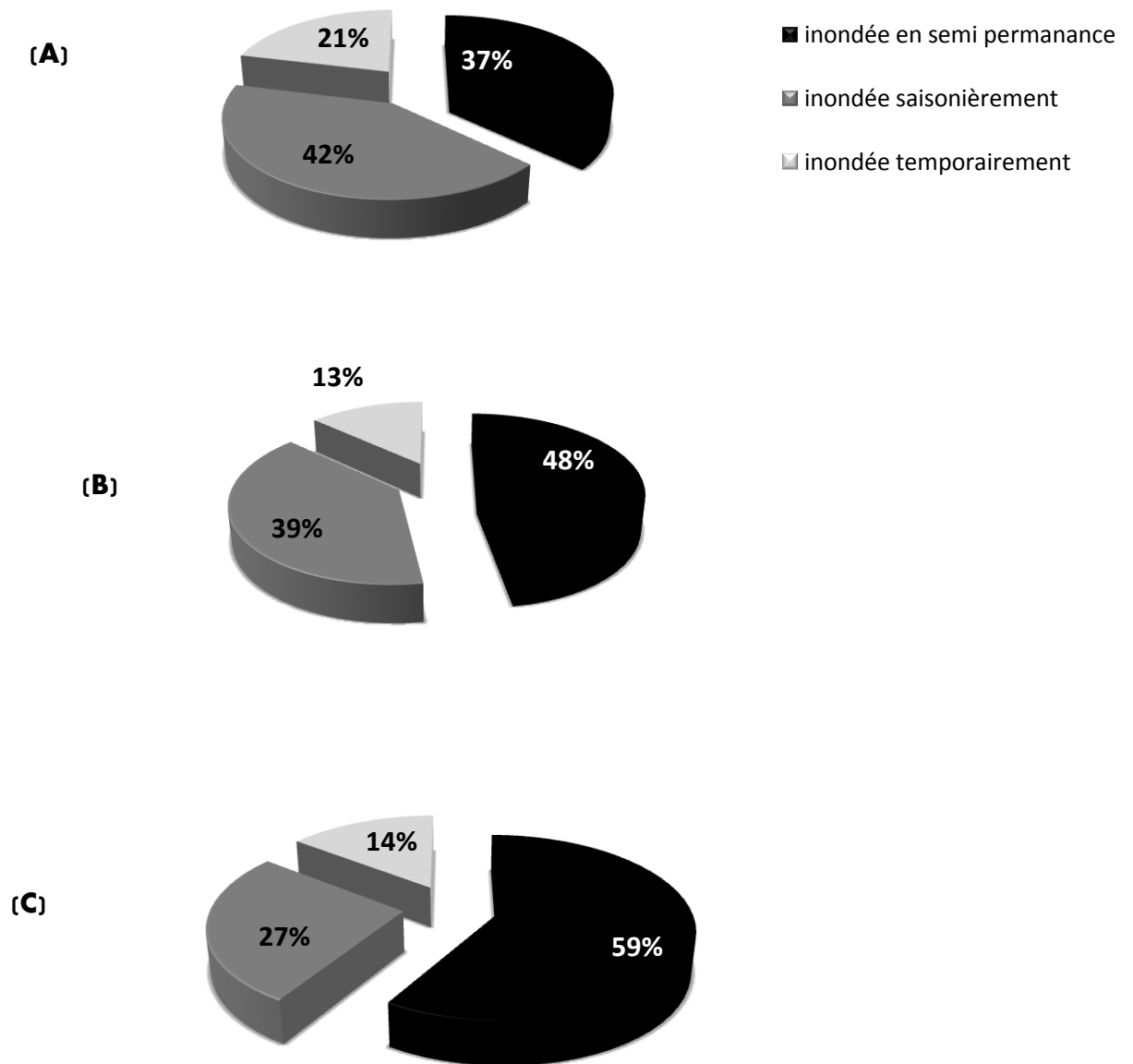


Figure 25: Surfaces inondées de Garaet Guelif (Oum El Bouaghi) pendant les années 2003 (A), 2007 (B) et 2013 (C).

Une présence importante d'eau est constatée pour l'année 2003 (**Fig. 26**). Elle est moins importante pour l'année 2007 (**Fig. 27**). La surface a fortement baissée Pour l'année 2013 (**Fig. 28**).

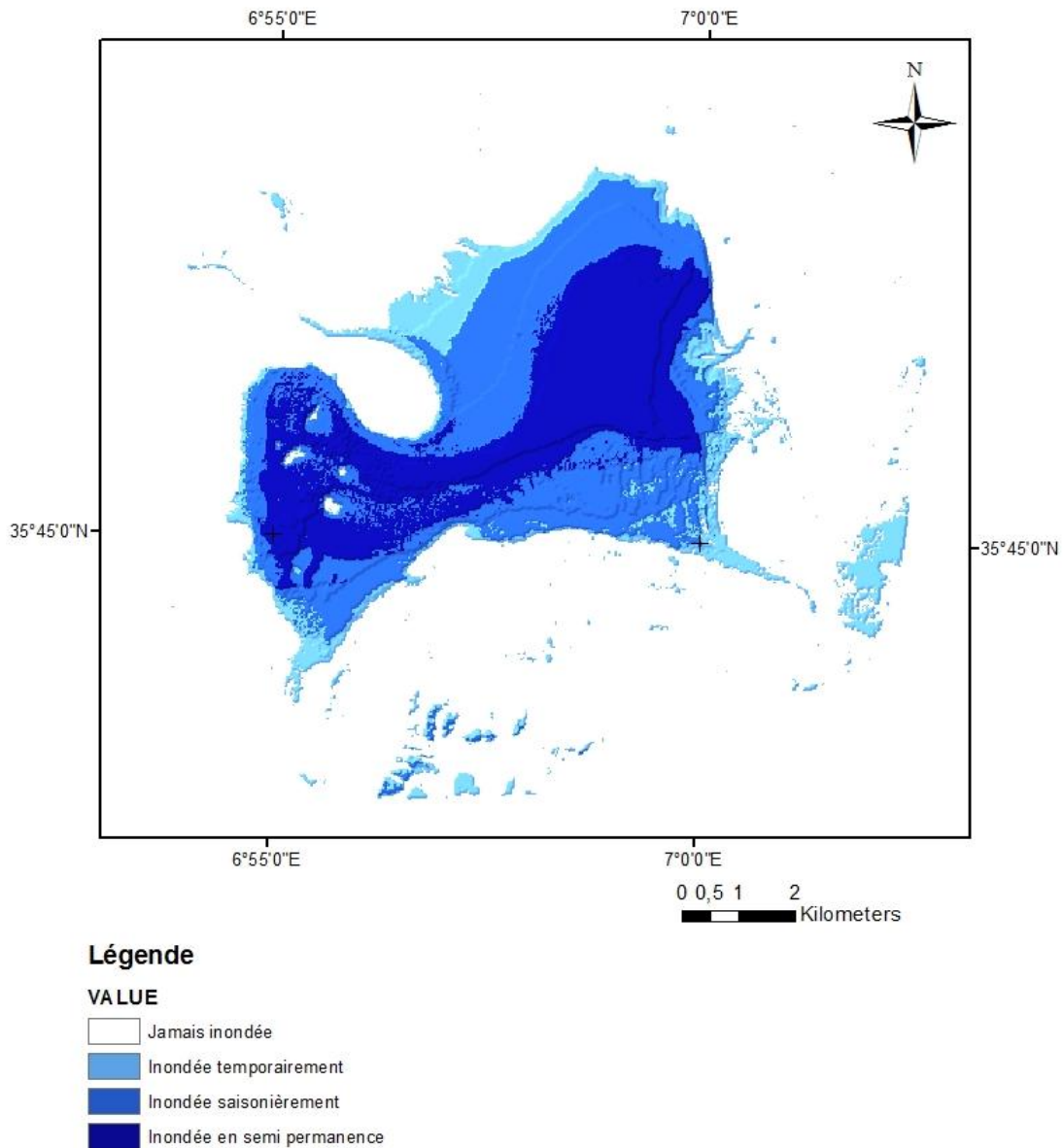


Figure 26: Degré d'inondation de Garaet Guelif (Oum El Bouaghi) pour l'année 2003.

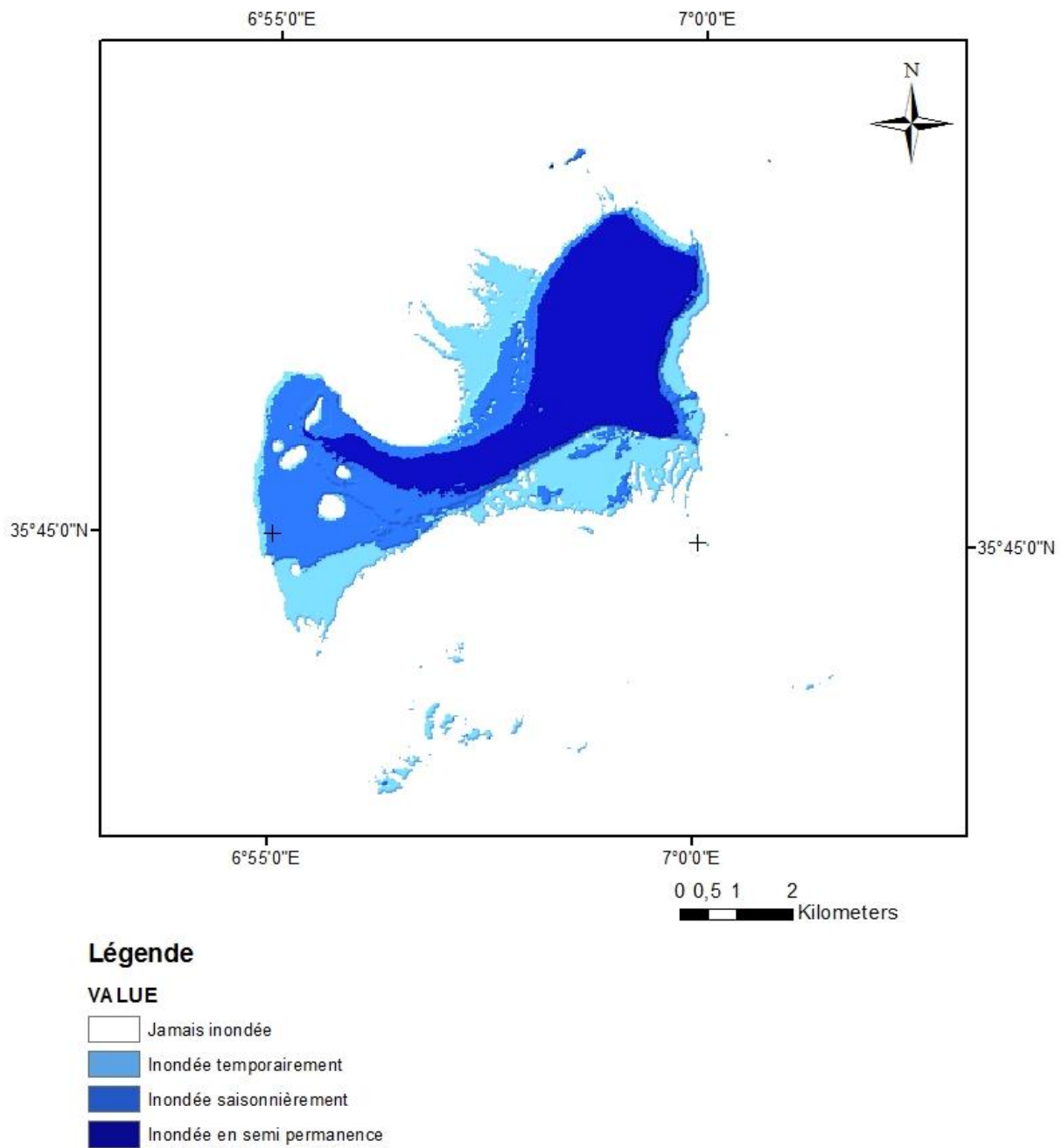


Figure 27: Degré d'inondation de Garaet Guelif (Oum El Bouaghi) pour l'année 2007.

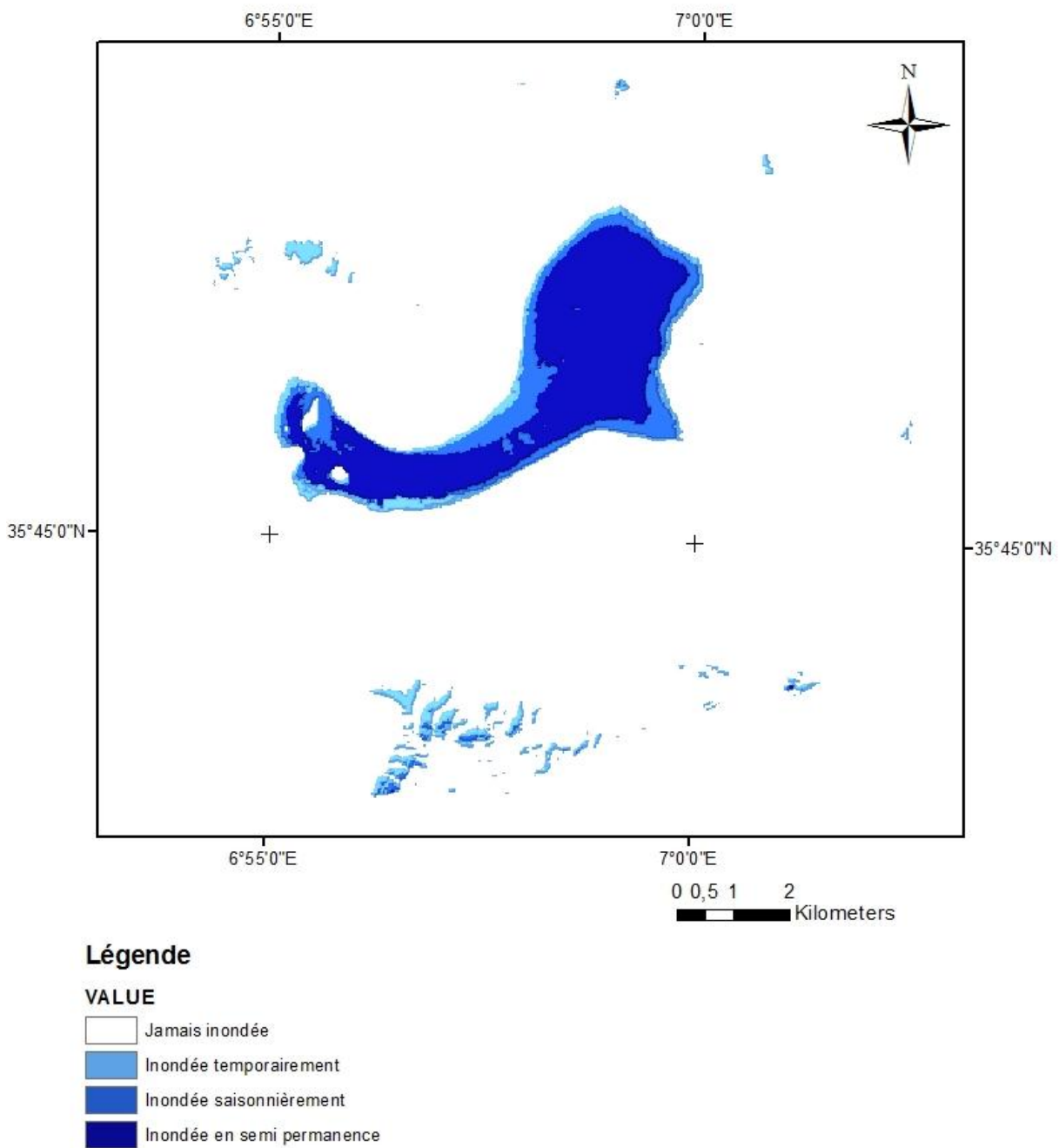


Figure 28: Degré d'inondation de Garaet Guelif (Oum El Bouaghi) pour l'année 2013.

2.1.3. Inondation du complexe de sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt

Pour chaque période étudiée nous avons calculé les surfaces de chaque classe d'inondation, les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant (**Tab. 12**) :

Tableau 12: Surfaces inondées pour Sebkheth Ezzemmoul et Chott Tinnsilt (Oum El Bouaghi) en ha et on % au cours des 3 années :

Surfaces/années	2003	2007	2013
Inondées en semi-permanence	4269,01 ha 64,09%	1737,57 ha 40,73%	1219,44 ha 44,9%
Inondées saisonnièrement	1282,61 ha 19,25%	1154,29 ha 27,06%	828,4 ha 30,5%
Inondées temporairement	1108,64 ha 16,66%	1373,92 ha 32,21%	668,25 ha 24,6%
Surface totale inondée	6660,26 ha 100%	4265,78 ha 100%	2716,09 ha 100%

Pour l'année 2003, il ya eu 4269,01 ha de surface submergée pour toutes les cartes de la période, ce qui représente 64 % de la surface totale inondée. C'est la partie inondée en semi permanence. 19% de la surface totale inondée (1282,61 ha) est submergée plus d'une fois par l'eau selon les images analysées. C'est la partie inondée saisonnièrement, Enfin 17% de la surface inondée totale (1108,64 ha) est submergée pendant au moins une fois selon les images analysées, c'est la partie inondée temporairement (**Fig. 29**).

Pour l'année 2007, une surface de 1737,57 ha est inondée en semi permanence ce qui représente 41 % de la surface totale inondée, 1154,29 ha (27%) est inondée saisonnièrement et 1373,92 ha (32%) est inondée temporairement (**Fig. 29**).

Pour l'année 2013, il ya eu 1219,44 ha (45%) de la surface totale est inondée en semi permanence, 828,4 ha (30%) est inondée saisonnièrement et 668,25 ha (25%) est inondée temporairement (**Fig. 29**).

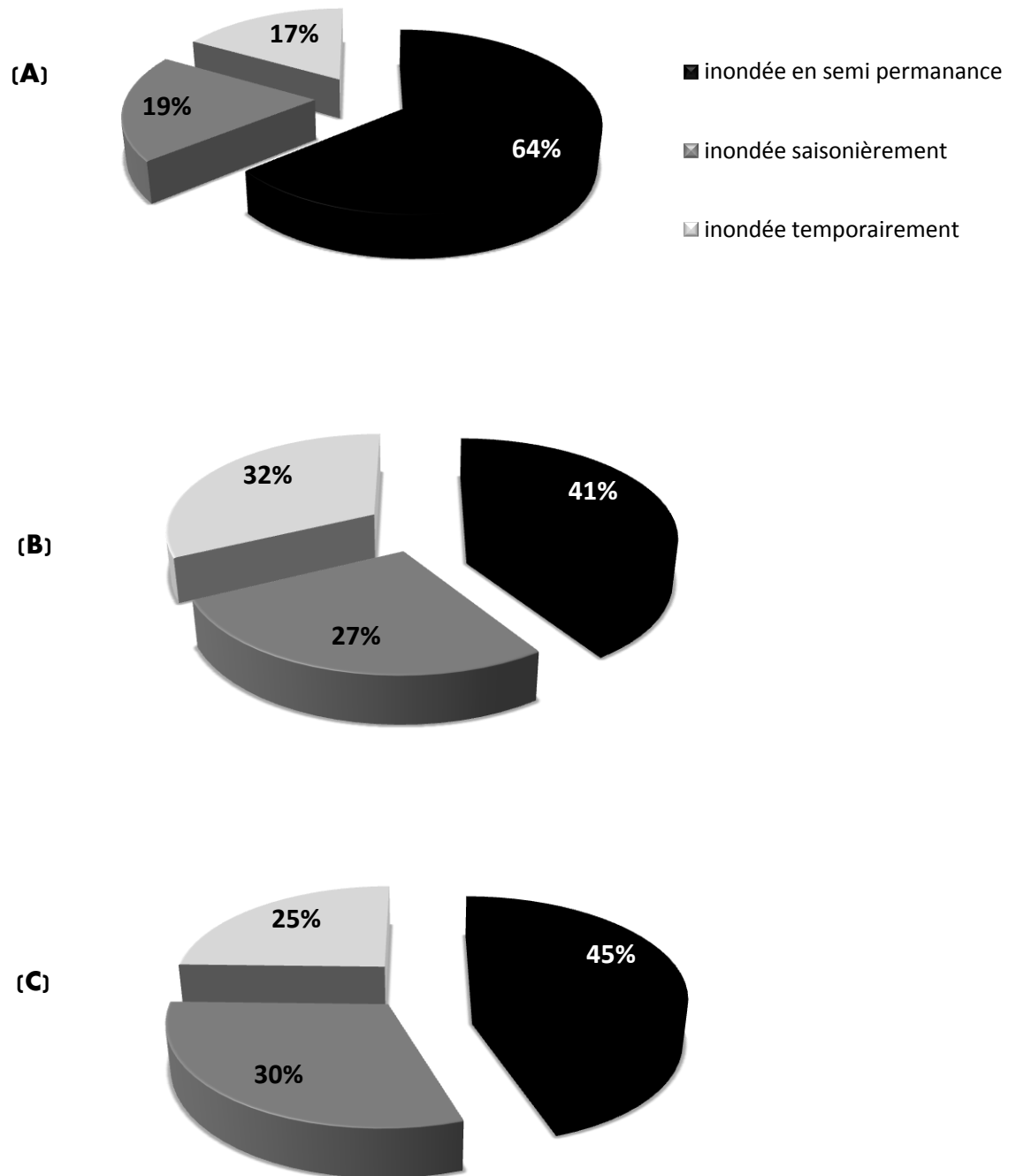


Figure 29: Surfaces inondées de Sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt (Oum El Bouaghi) pendant les années 2003 (A), 2007 (B) et 2013 (C).

Une présence importante d'eau est constatée pour l'année 2003 (**Fig. 30**). Elle est moins importante pour l'année 2007 (**Fig. 31**). La surface a fortement baissée Pour l'année 2013 (**Fig. 32**).

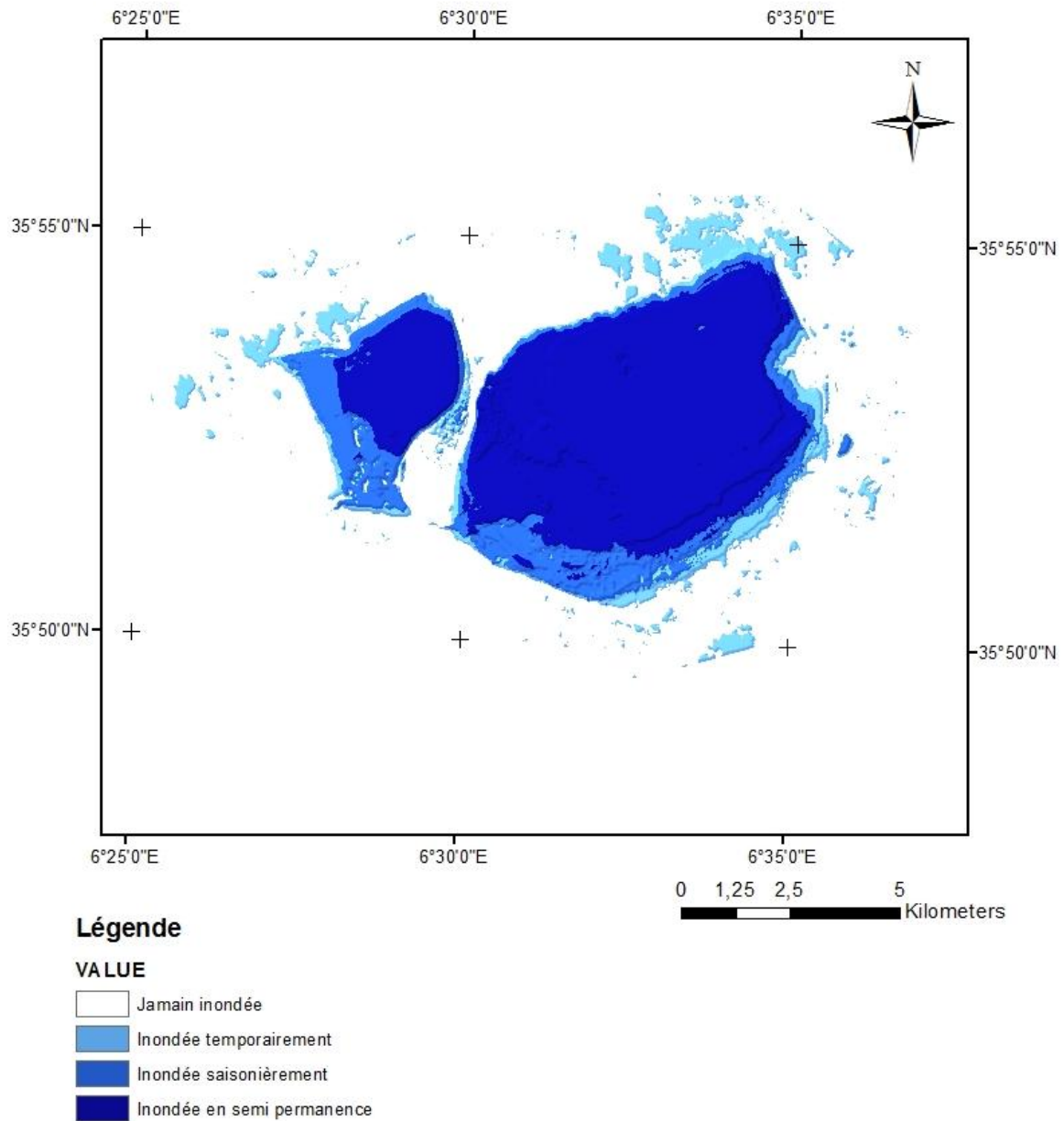


Figure 30: Degré d'inondation du complexe de Sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt (Oum El Bouaghi) pour l'année 2003.

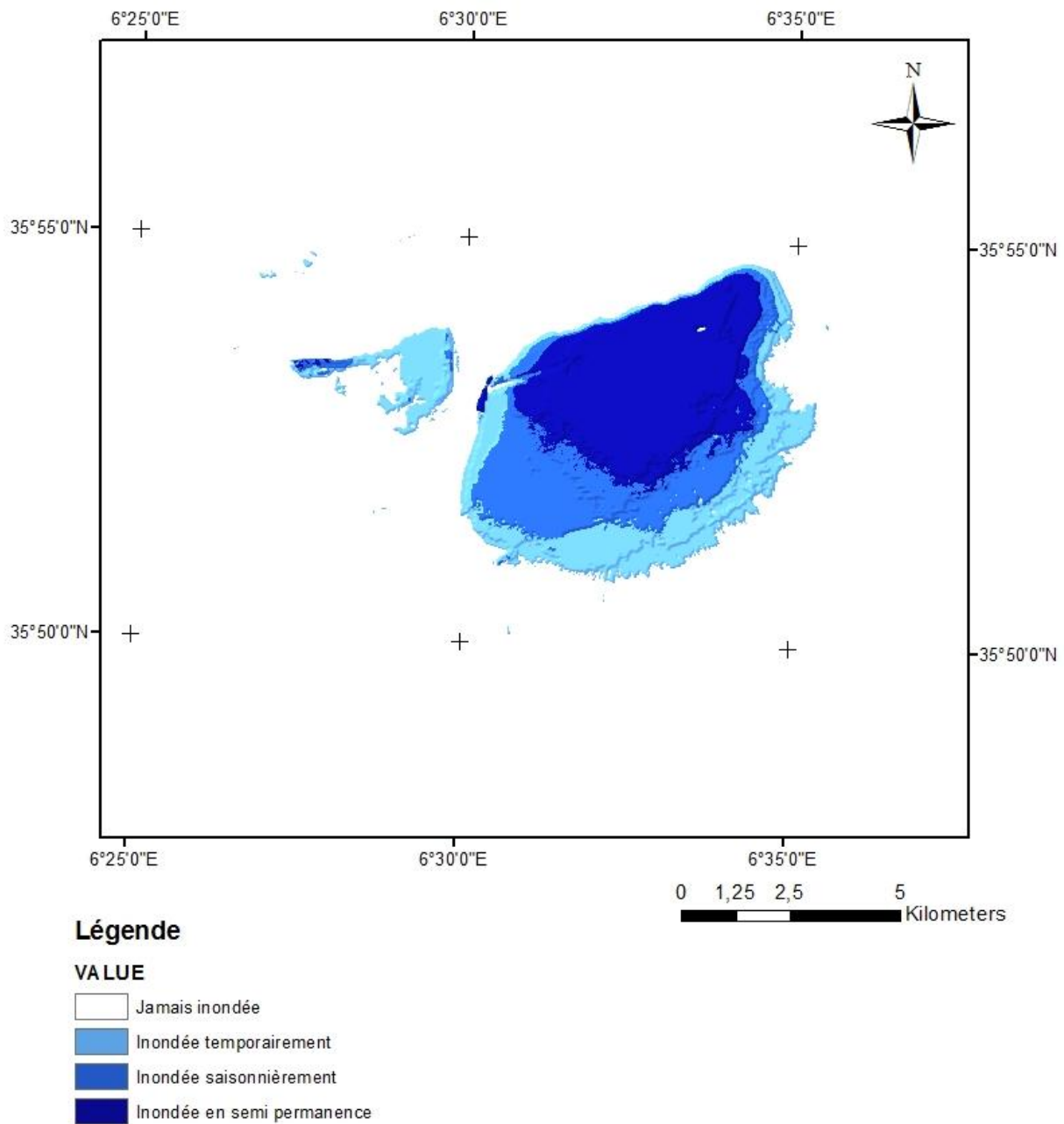


Figure 31: Degré d'inondation du complexe de Sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt (Oum El Bouaghi) pour l'année 2007.

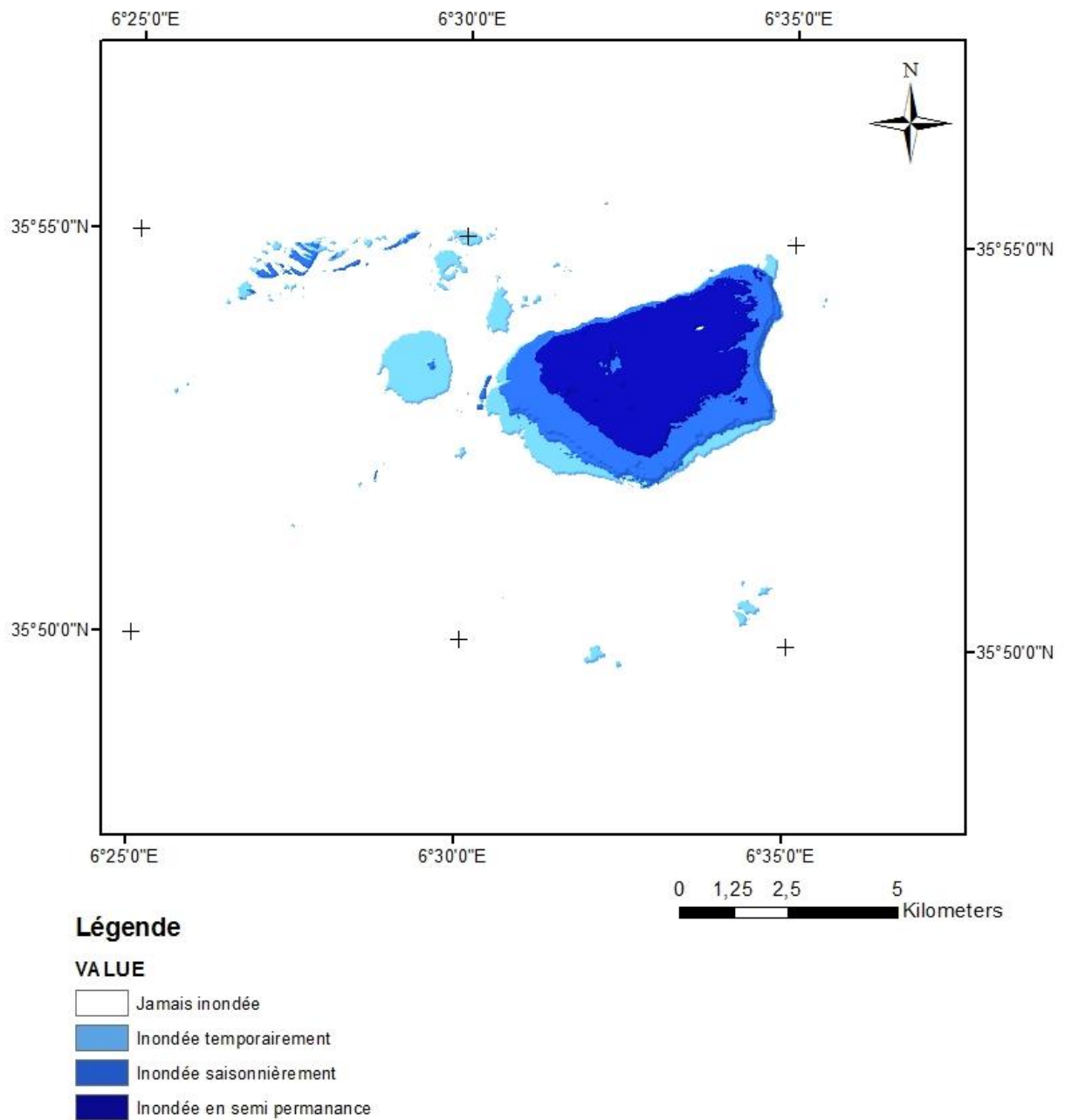


Figure 32: Degré d'inondation du complexe de Sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt (Oum El Bouaghi) pour l'année 2013.

2.1.4. Inondation de Garaet Ank Djemel et El Maghssel

Pour chaque période étudiée, nous avons calculé les surfaces en (ha) de chaque classe d'inondation, les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant (**Tab. 13**) :

Tableau 13: Surfaces inondées pour Garaet Ank Djemel et El Maghssel (Oum El Bouaghi) en ha et on % au cours des 3 années:

Surfaces/années	2003	2007	2013
Inondée en semi-permanence	3096,91 ha 44,64%	1019,39 ha 24,60%	1476,15 ha 43,04%
Inondée saisonnièrement	2312,22 ha 33,32%	1507,59 ha 36,4%	1039,49 ha 30,30%
Inondée temporairement	1528,58 ha 22,04%	1614,94 ha 39%	914,15 ha 26,66%
Surface totale inondée	6937,71 ha 100%	4141,92 ha 100%	3429,79 ha 100%

Pour l'année 2003, il ya eu 3096,91 ha de surface submergée pour toutes les cartes de la période, ce qui représente 45 % de la surface totale inondée. C'est la partie inondée en semi permanence. 33% de la surface totale inondée (2312,22 ha) est submergée plus d'une fois par l'eau selon les images analysées. C'est la partie inondée saisonnièrement, Enfin 22% de la surface inondée totale (1528,58 ha) est submergée pendant au moins une fois selon les images analysées, c'est la partie inondée temporairement (**Fig. 33**).

Pour l'année 2007, une surface de 1019,39 ha est inondée en semi permanence ce qui représente 25 % de la surface totale inondée, 1507.59 ha (36%) est inondée saisonnièrement et 1614,94 ha (39%) est inondée temporairement (**Fig. 33**).

Pour l'année 2013, il ya eu 1476,15 ha (43%) de la surface totale est inondée en semi permanence, 1039,49 ha (30%) est inondée saisonnièrement et 914,15 ha (27%) est inondée temporairement (**Fig. 33**).

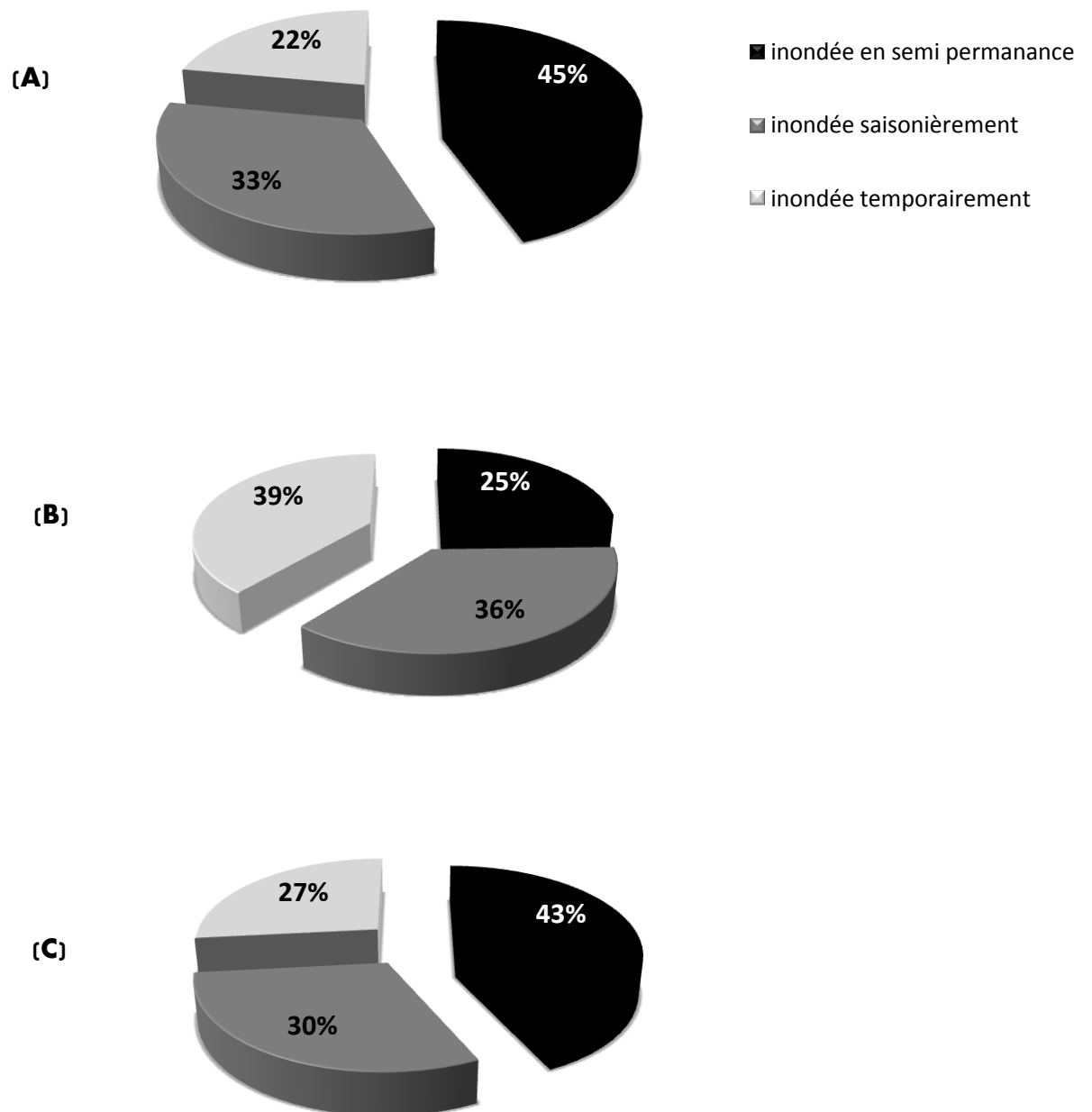


Figure 33: Surfaces inondées de Garaet Ank Djemel et El Maghssel (Oum El Bouaghi) pendant les années 2003 (A), 2007 (B) et 2013 (C).

Une présence importante d'eau est constatée pour l'année 2003 (**Fig. 34**). Elle est moins importante pour l'année 2007 (**Fig. 35**). La surface a fortement baissée Pour l'année 2013 (**Fig. 36**).

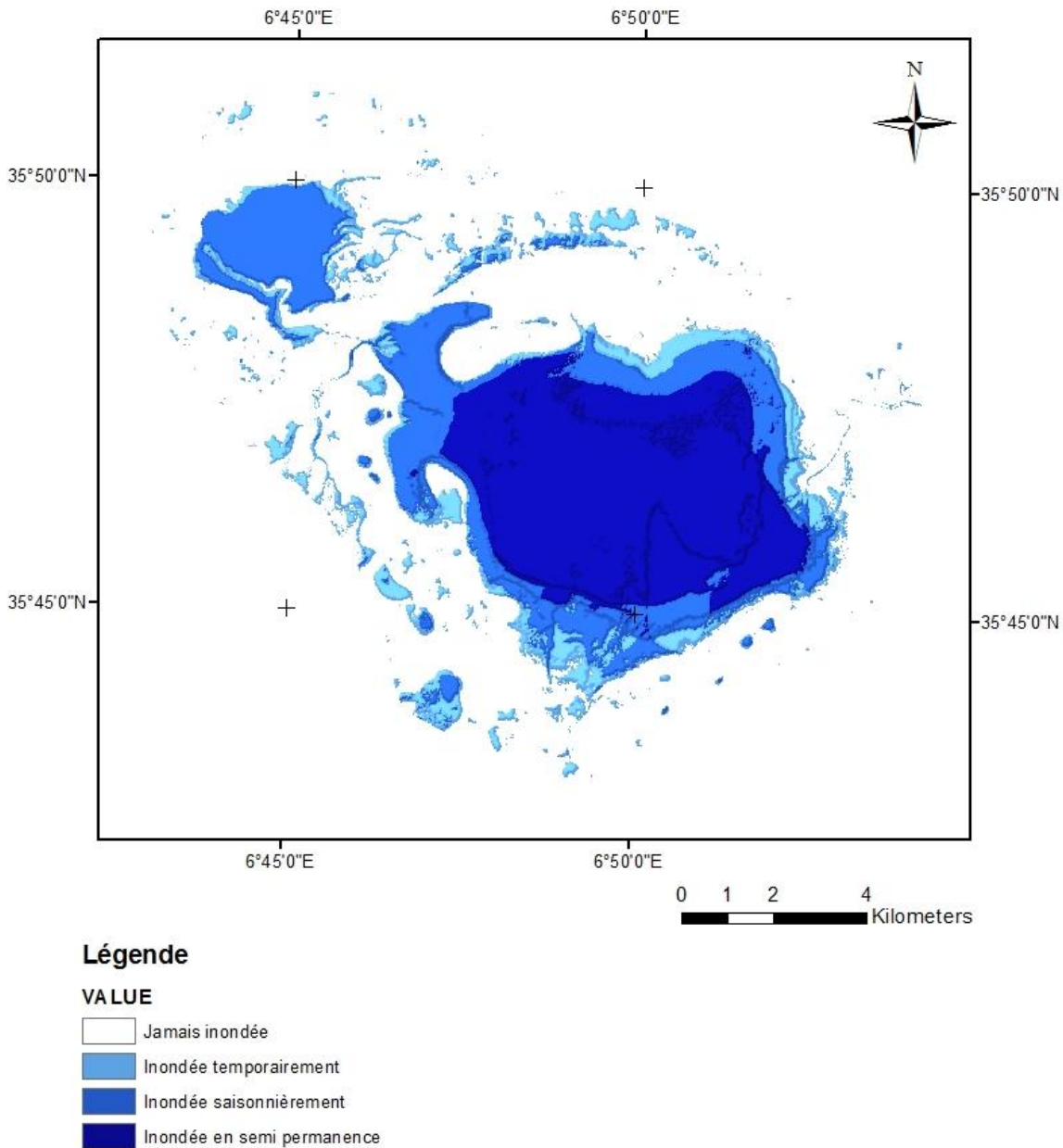


Figure 34: Degré d'inondation du complexe de Garaet Ank Djemel et Elmaghssel (Oum El Bouaghi) pour l'année 2003.

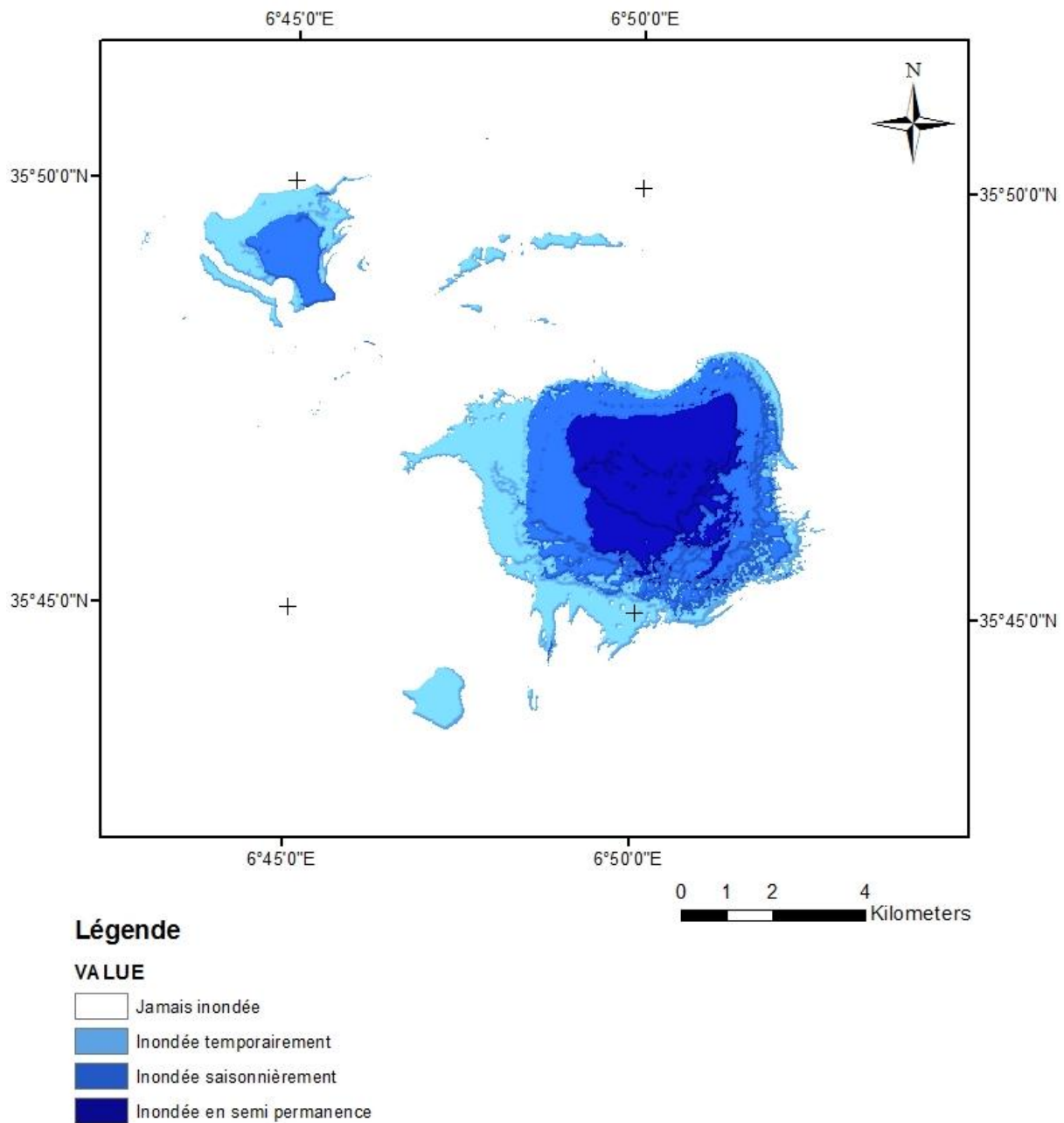


Figure 35: Degré d'inondation du complexe de Garaet Ank Djemel et Elmaghssel (Oum El Bouaghi) pour l'année 2007.

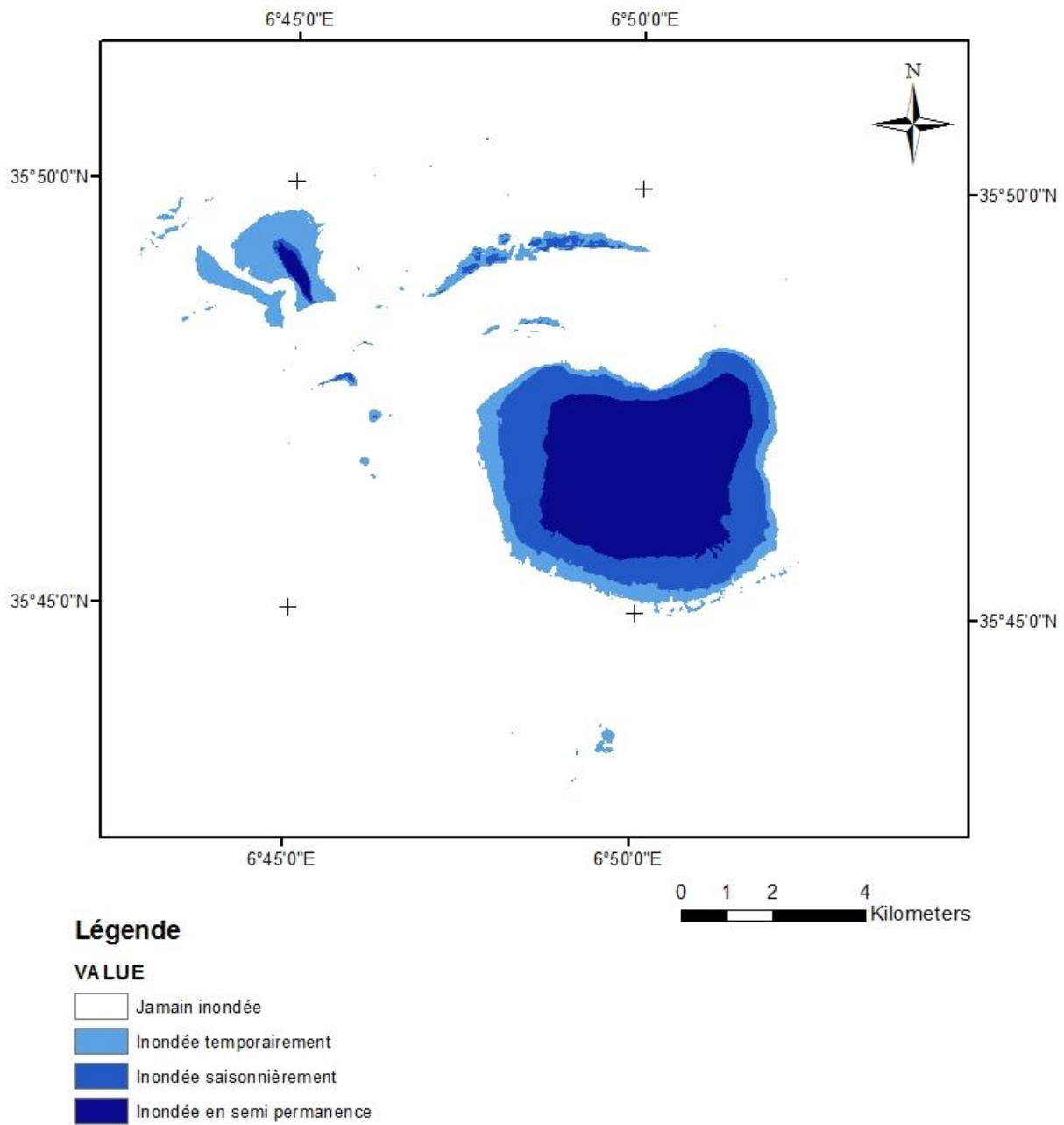


Figure 36: Degré d'inondation du complexe de Garaet Ank Djemel et Elmaghssel (Oum El Bouaghi) pour l'année 2013.

2.1.5. Inondation de Sabkhet Djendli

Pour chaque période étudiée nous avons calculé les surfaces de chaque classe d'inondation, les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant (**Tab. 14**):

Tableau 14: Surfaces inondées pour Sebkheth Djendli en ha et on % au cours des 3 années :

Surfaces/années	2003	2007	2013
Inondée en semi-permanence	1097,5 ha 28,62%	11,17 ha 1,14%	531,54 ha 27,55%
Inondée saisonnièrement	538,38 ha 14,04%	94,23 ha 9,61%	561,04 ha 29,08%
Inondée temporairement	2198,1ha 57,34%	703,67 ha 89,25%	836,73 ha 43,37%
Surface totale inondée	3833,98 ha 100%	979,9 ha 100%	1929,39 ha 100%

Pour l'année 2003, il ya eu 1097,5 ha de surface submergée pour toutes les cartes de la période, ce qui représente 29 % de la surface totale inondée. C'est la partie inondée en semi permanence. 14% de la surface totale inondée (538,38 ha) est submergée plus d'une fois par l'eau selon les images analysées. C'est la partie inondée saisonnièrement, Enfin 58% de la surface inondée totale (2198,1 ha) est submergée pendant au moins une fois selon les images analysées, c'est la partie inondée temporairement (**Fig. 37**).

Pour l'année 2007, une surface de 11.17 ha est inondée en semi permanence ce qui représente 1 % de la surface totale inondée, 94,23 ha (10%) est inondée saisonnièrement et 703,67 ha (89%) est inondée temporairement (**Fig. 37**).

Pour l'année 2013, il ya eu 531.54 ha (28%) de la surface totale est inondée en semi permanence, 561,04 ha (29%) est inondée saisonnièrement et 836,73 ha (43%) est inondée temporairement (**Fig. 37**).

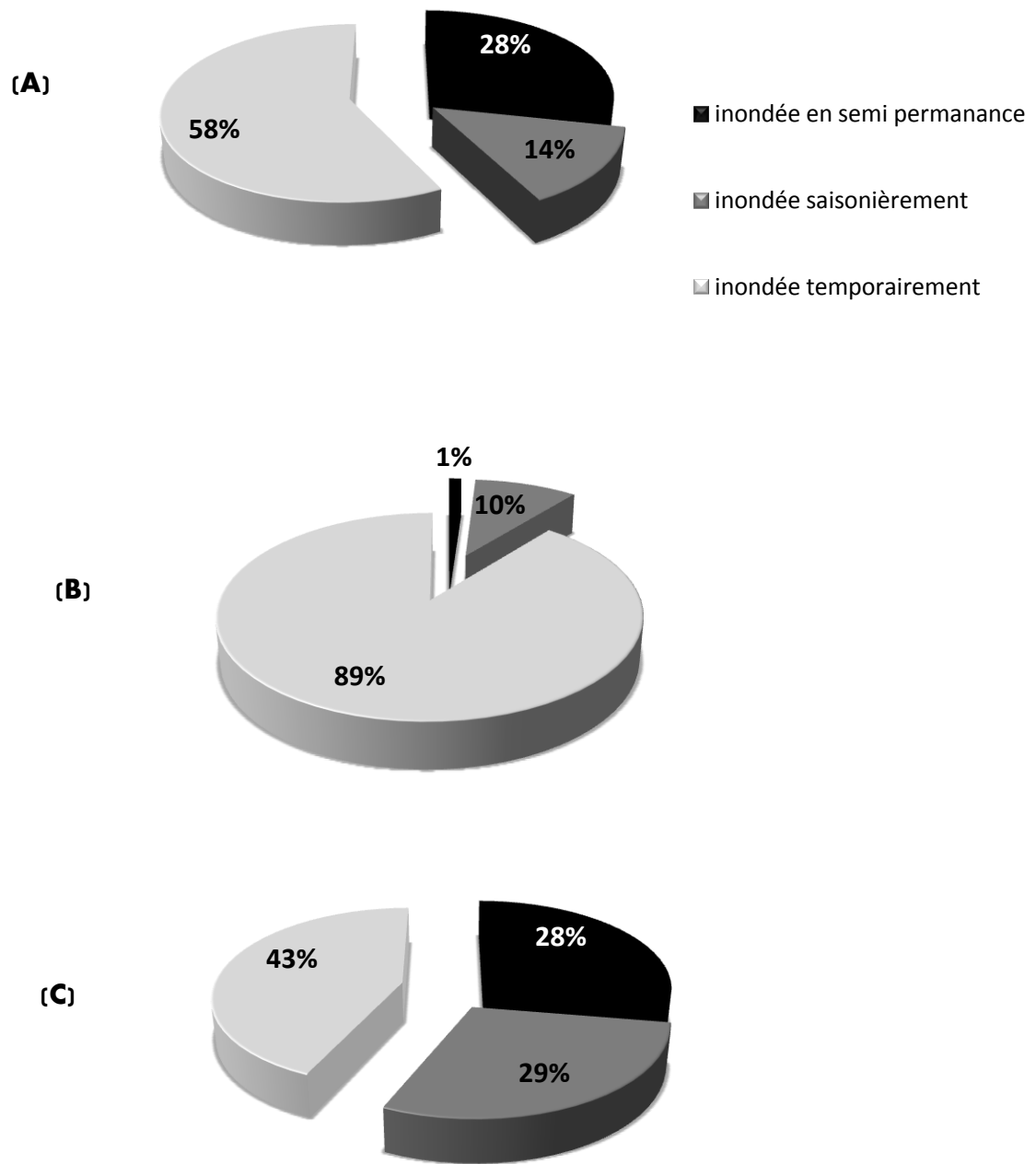


Figure 37: Surfaces inondées de Sabkhet Djendli (Batna) pendant les années 2003 (A), 2007 (B) et 2013 (C).

En 2003 la surface est grande (**Fig. 38**), une diminution très remarquable de la surface en 2007 (**Fig. 39**) puis une augmentation de cette dernière en 2013 (**Fig. 40**).

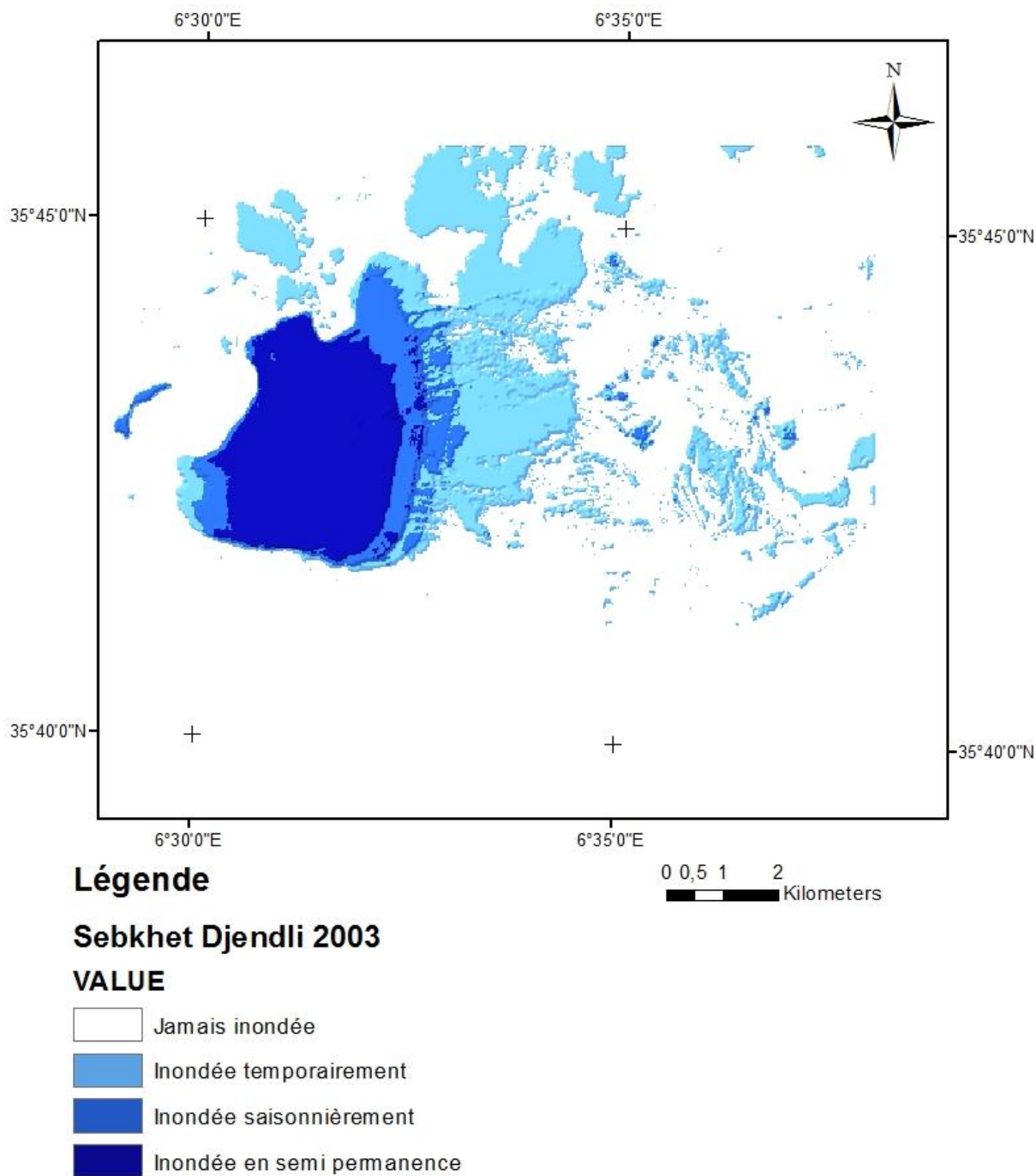


Figure 38: Degré d'inondation de Sebket Djendli (Batna) pour l'année 2003.

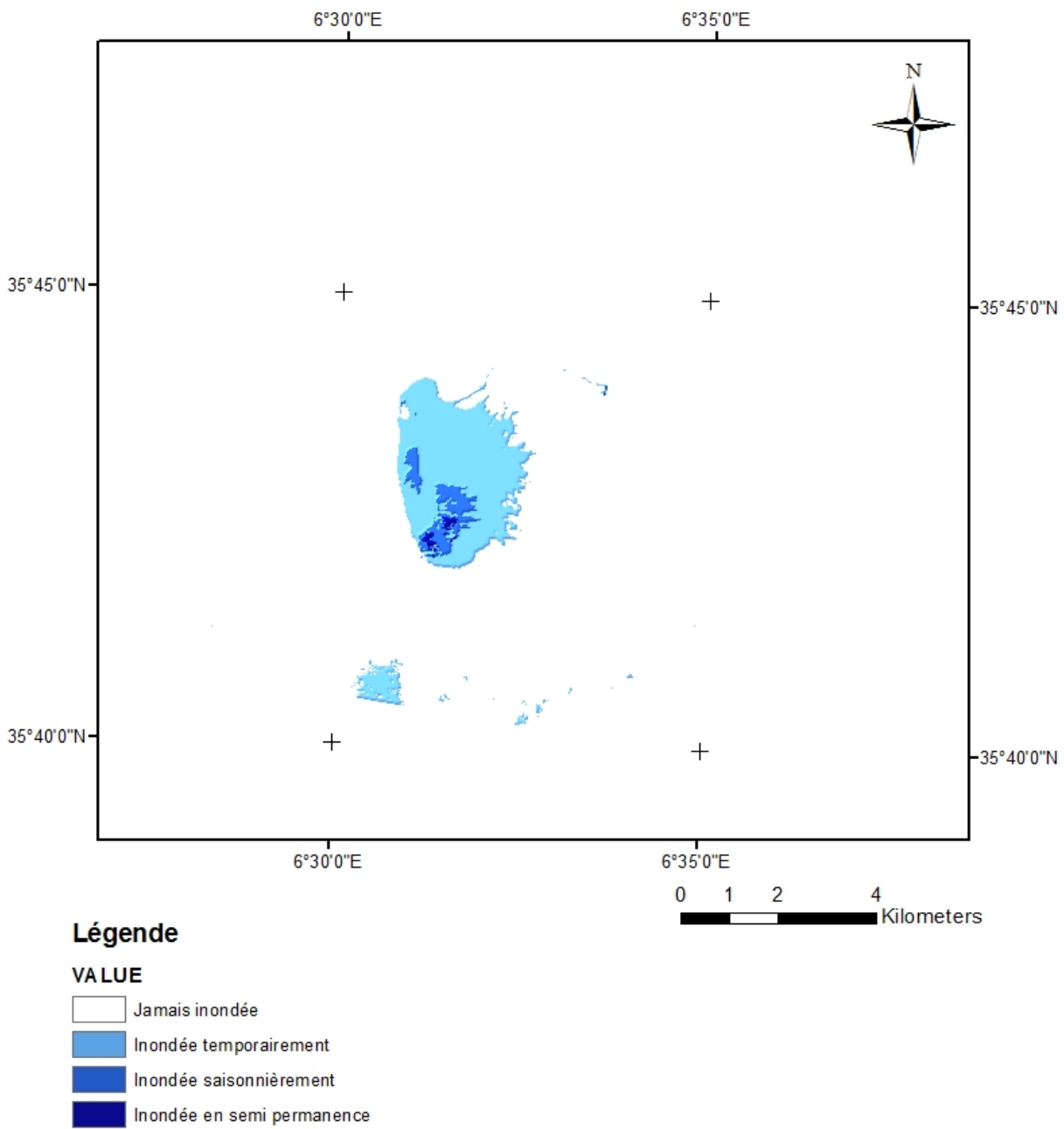


Figure 39: Degré d'inondation de Sebkhet Djendli (Batna) pour l'année 2007.

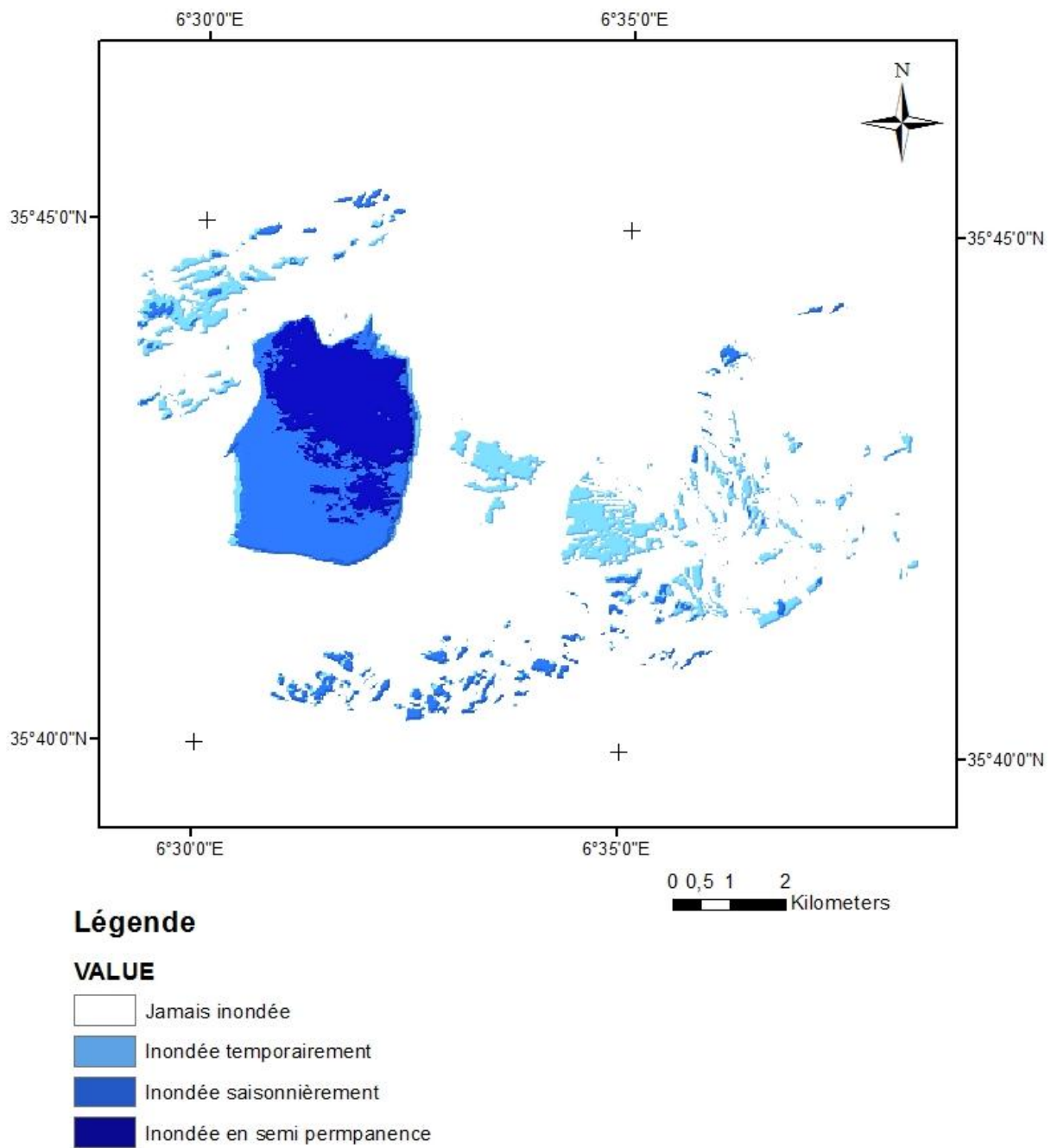


Figure 40: Degré d'inondation de Sebkhet Djendli (Batna) pour l'année 2013.

2.1.6. Cas particulier du lac barrage de Koudiet Medouar_Timgad_

➤ Évolutions intra-annuelles

L'évolution interannuelles des surfaces en eau du barrage considéré pour les années 2002-2003, 2007 et 2013 est définie par le canal MIR des 19 images acquises, la reclassification des images après le traitement de seuillage nous a permis d'obtenir une image caractérisée par une codification de pixel binaire : 0 pour les milieux secs (noir) et 1 pour les milieux humides (blanc). Les résultats obtenus sont représentés dans les figures 41, 42 et 43.

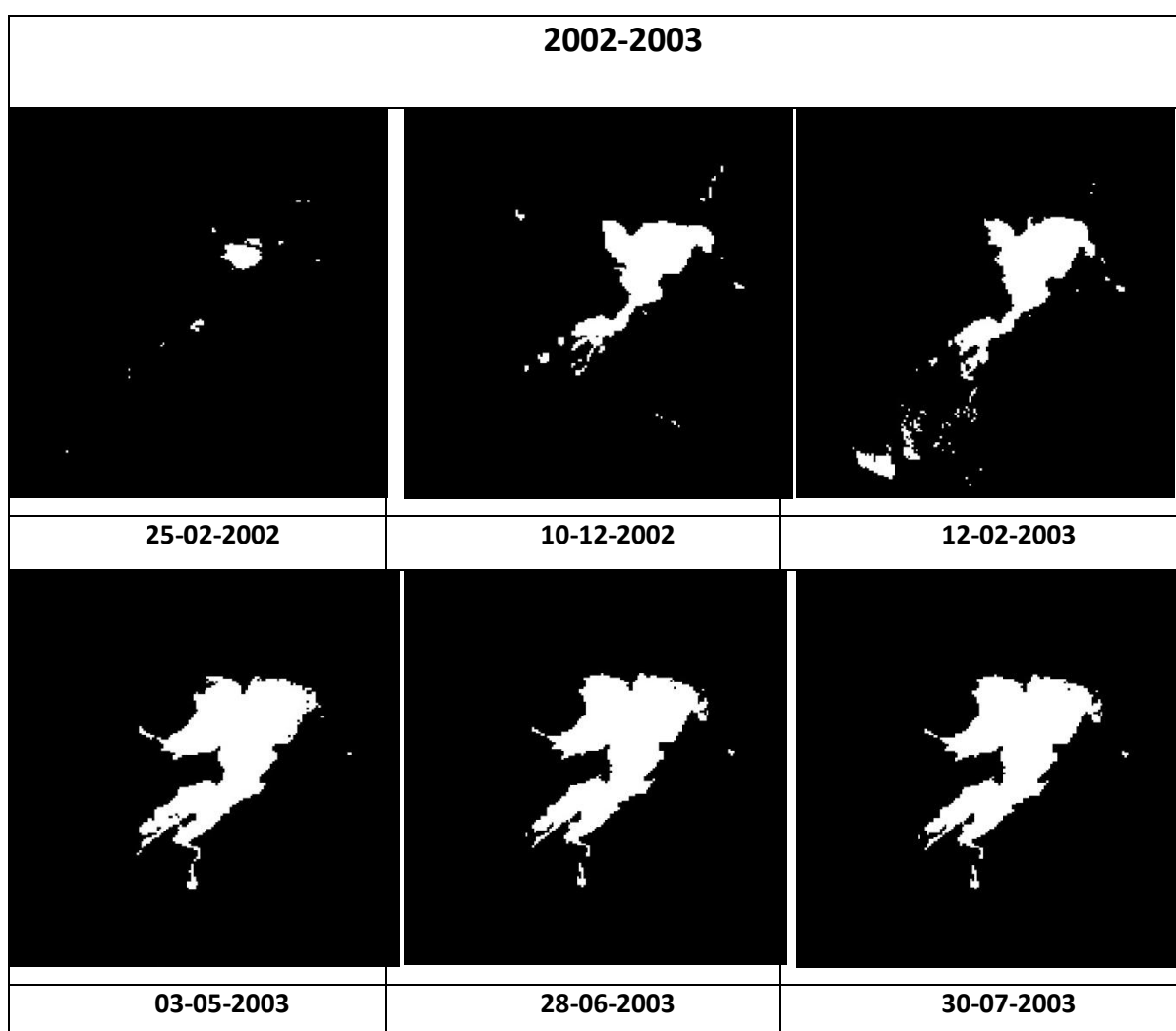


Figure 41 : Cartes représentant les résultats du traitement de seuillage du barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) en 2002-2003.

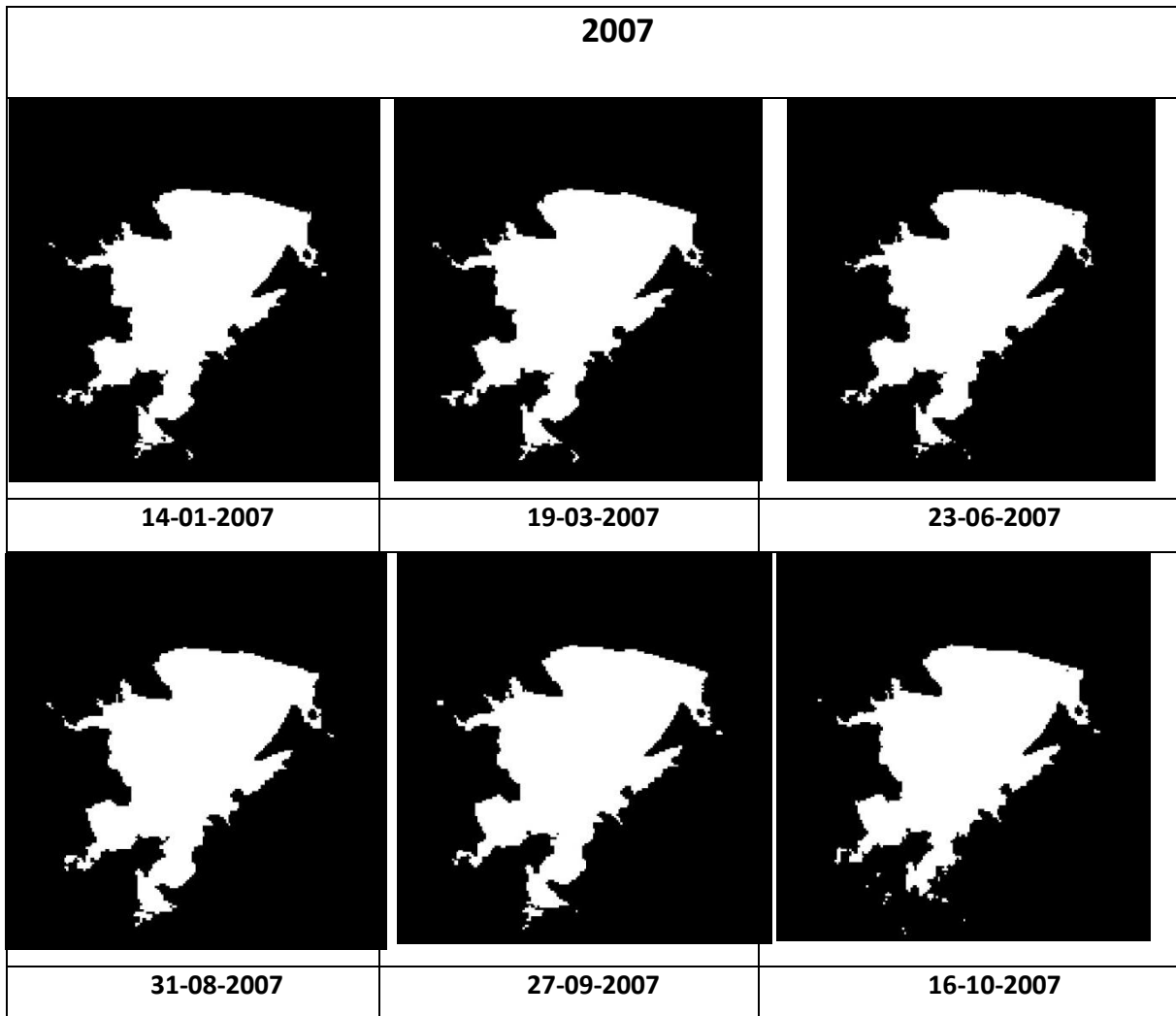


Figure 42: Cartes représentant les résultats du traitement de seuillage du barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) en 2007.

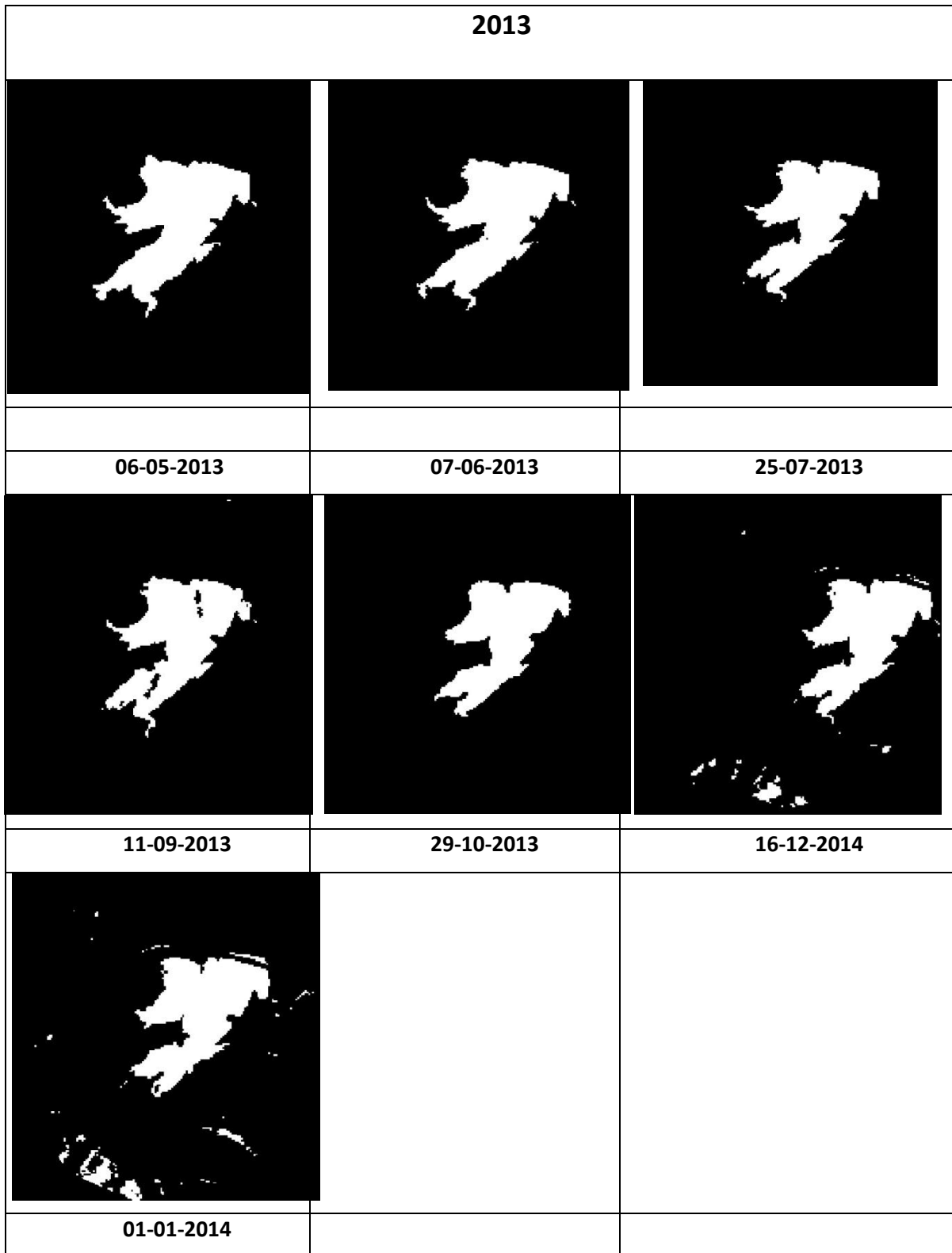


Figure 43: Cartes représentant les résultats du traitement de seuillage du barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) en 2007.

Les résultats obtenus nous a permis de calculer les surfaces du barrage pendant chaque date qui sont représentées dans le tableau suivant (**Tab. 15**) :

Tableau 15: Surfaces inondées pour le barrage de Koudiet Medouar, (Timgad, Batna) au cours des années 2003, 2007 et 2013:

Année	Date	Surfaces (ha)
2003	2002-02-25	17,88
	2002-12-10	132,58
	2003-02-12	174,01
	2003-05-03	248,56
	2003-06-28	259,70
	2003-07-30	260,18
2007	2007-01-14	603,94
	2007-03-19	610,04
	2007-06-23	591,57
	2007-09-27	636,92
	2007-08-31	619,18
	2007-10-16	603,38
2013	2013-05-06	340
	2013-06-07	316,46
	2013-07-25	278,60
	2013-09-11	288,03
	2013-10-29	247,32
	2013-12-16	283,85
	2014-01-01	297,25

Le 25/02/2002, la surface du barrage est 17,88 ha, c'est la date de la mise en eau du barrage. Les surfaces inondée durant la période 2002-2003 augmente d'un mois à un autre. Selon les images acquises, elle atteint 260,18 ha le 30/07/2003.

Pour les années 2007 et 2013, on remarque que les inondations les plus importantes sont durant les périodes automnales et hivernales. Le barrage peut atteindre jusqu'à 636,92 ha de surface. En été les surfaces régressent, donc le site évolue d'un mois à un autre et d'une année à une autre.

➤ Évolutions interannuelles

Pour chaque période étudiée, nous avons calculé les surfaces en (ha) de chaque classe d'inondation, les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant (**Tab. 16**):

Tableau 16: Surfaces inondées pour le barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) en ha et en % au cours de 3 années différents 2003, 2007 et 2013:

Surfaces/années	2003	2007	2013
Inondées en permanence	119,95 ha 41,14%	565,66 ha (91,03%)	228,80 ha (69.13%)
Inondées saisonnièrement	127,14 ha 43,60%	55,7 ha 8,97%	38,41 ha 11,6%
Inondées temporairement	44,47 ha 15,26%	00 ha	63,48 ha 19,27%
Surface totale inondée	291,56 ha 100%	621,36 ha 100%	330,96 ha 100%

Pour l'année 2003, il ya eu 119,95 ha de surface submergée pour toutes les cartes de la période, ce qui représente 41 % de la surface totale inondée. C'est la partie inondée en permanence où le substrat est continuellement couvert d'eau. 44% de la surface totale inondée (127,14 ha) est submergée plus d'une fois par l'eau selon les images analysées. C'est la partie inondée saisonnièrement, Enfin, 15% de la surface inondée totale (44,47 ha) est submergée

pendant au moins une fois selon les images analysées, c'est la partie inondée temporairement (**Fig. 44**).

Pour l'année 2007, une surface de 565,66 ha est inondée en permanence/artificiellement ce qui représente 91 % de la surface totale inondée, les 9% qui restent (55,7 ha) est inondée saisonnièrement (**Fig. 44**).

Pour l'année 2013, il ya eu 228,80 ha (69%) de la surface totale qui est inondée en permanence, 38,41 ha (12%) est inondée saisonnièrement et 36,48 ha (19%) est inondée temporairement (**Fig. 44**).

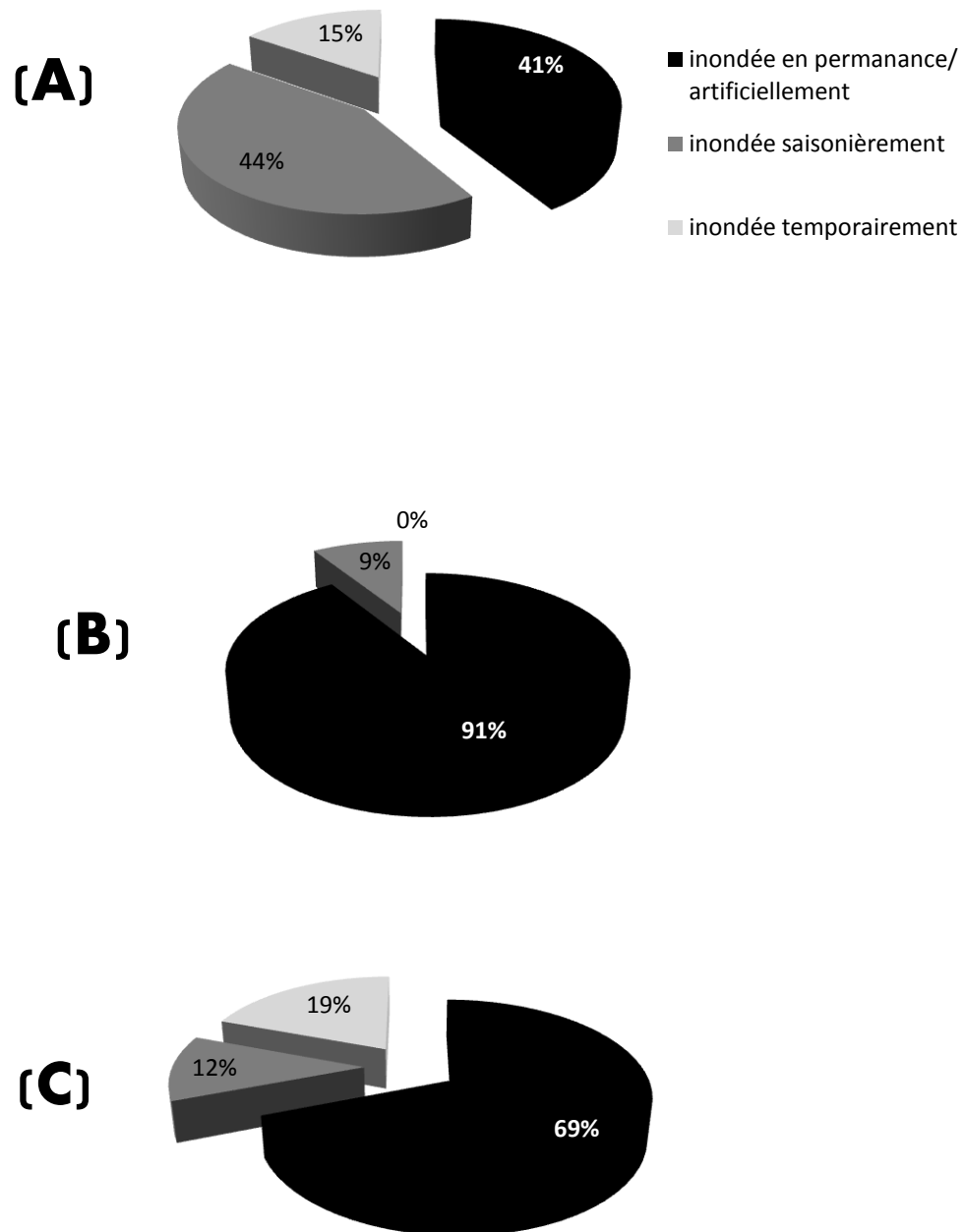


Figure 44: Surfaces inondées du Barrage de Koudiet Medouar (Timgad, Batna) pendant les années 2003 (A), 2007 (B) et 2013 (C).

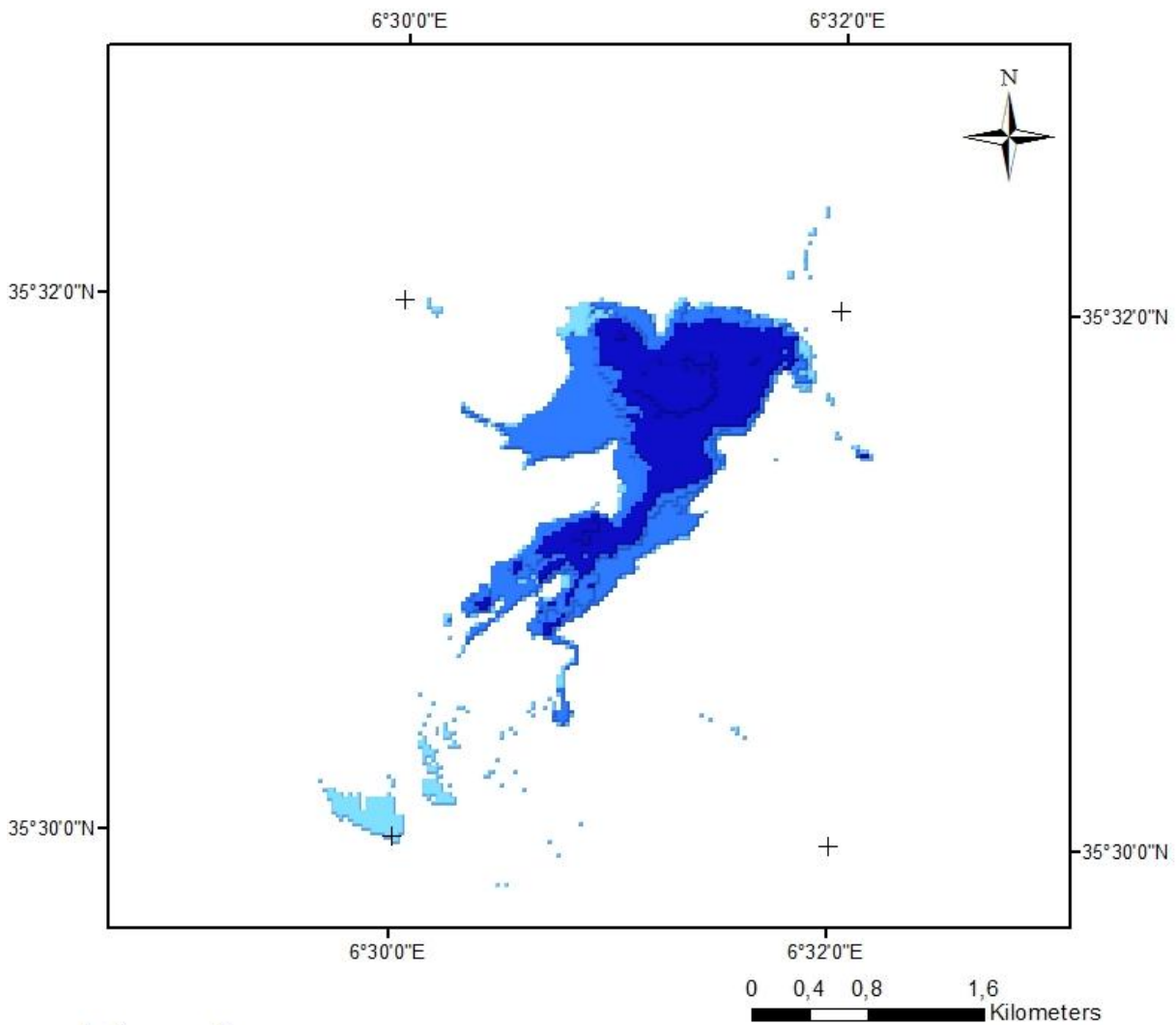
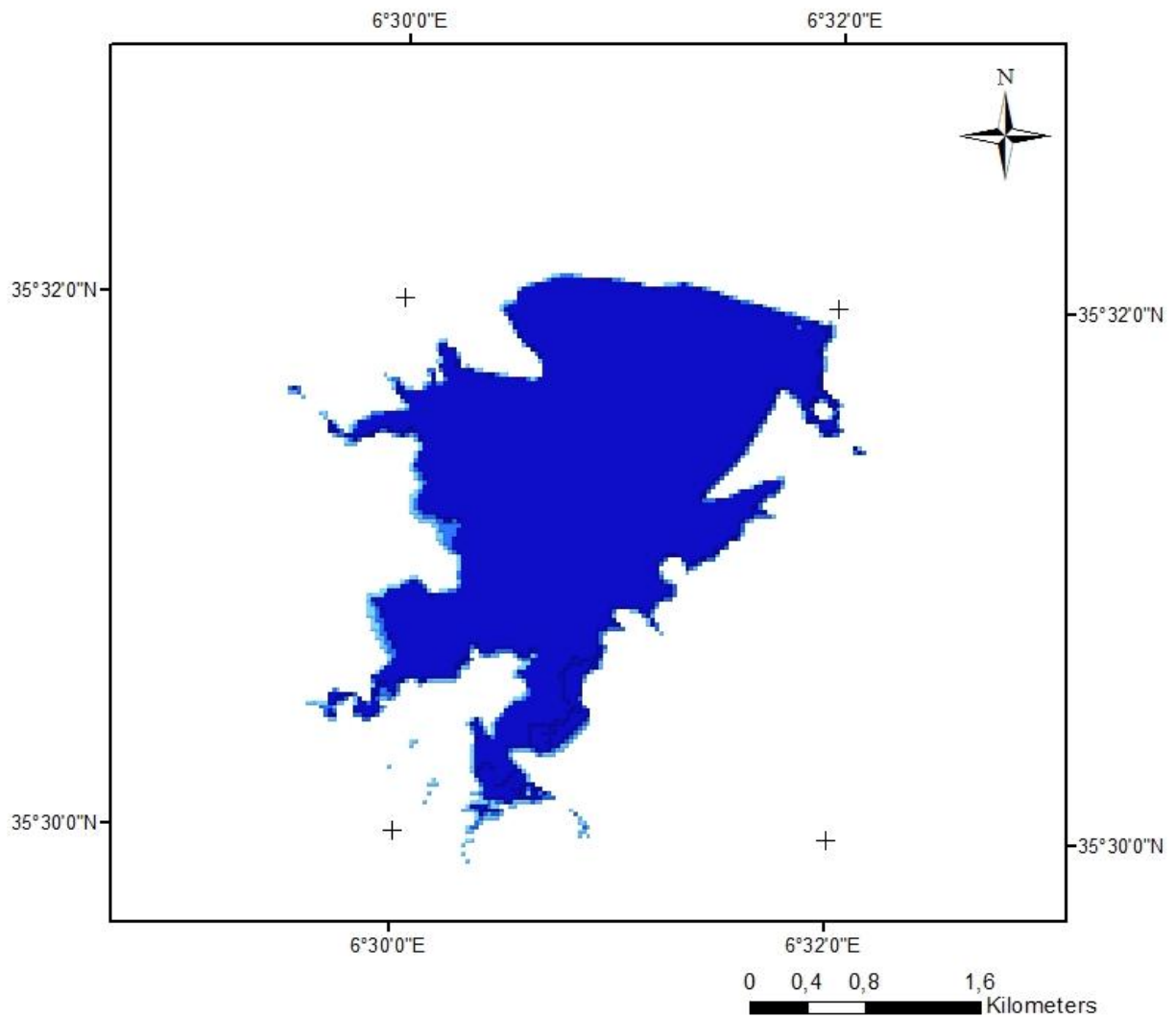


Figure 45: Degré d'inondation du Barrage de Koudiet Medouar pour l'année 2003.

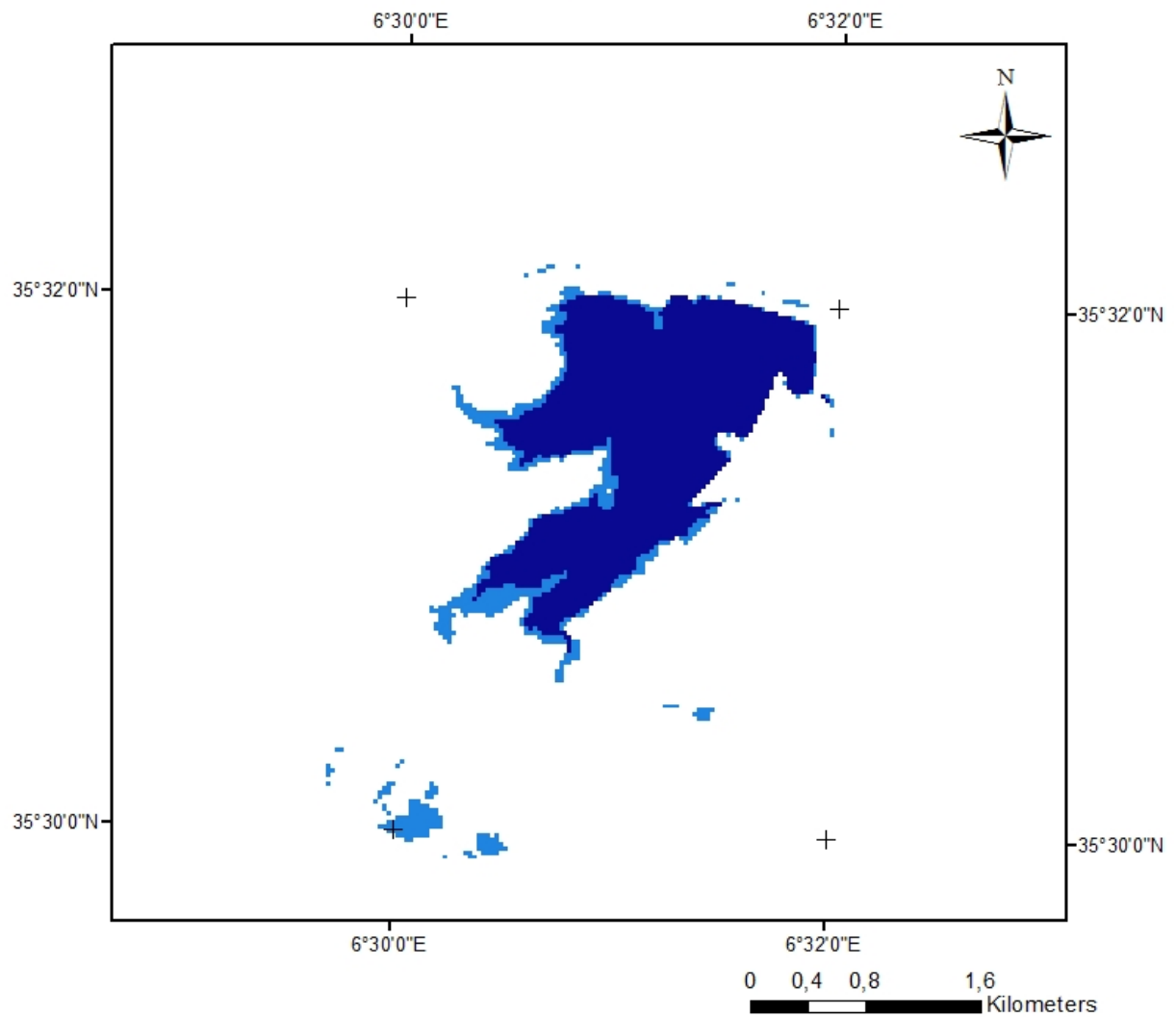


Légende

VALUE

- Jamais inondée
- Inondée temporairement
- Inondée saisonnièrement
- Inondée en permanence

Figure 46: Degré d'inondation du Barrage de Koudiet Medouar pour l'année 2007.



Légende

VALUE

- Jamain inondée
- Inondée saisonnièrement
- Inondée en permanence

Figure 47: Degré d'inondation du Barrage de Koudiet Medouar pour l'année 2013.

2.2. Discussions

D'après les résultats obtenus dans les tableaux (10, 11, 12, 13, 14, 15 et 16) nous remarquons que les surfaces des sites évoluent d'un mois à un mois au cours de la même année et d'une année à une année au sein du même site.

Afin de voir l'évolution des surfaces en zones humides, une comparaison a été effectuée entre les surfaces totales détectées par satellites pour les années 2003, 2007 et 2013 : Pour l'année 2003, une surface totale inondée de 30305,13 ha pour tous les sites étudiés, cette surface est diminuée de 10,6% pendant l'année 2007, ce qui représente une surface de 27090,14 ha. Pour l'année 2013, la surface totale des zones humides est de 16736.16 ha représentant ainsi une régression de 44.8%, presque la moitié de la surface initiale (2003).

D'après les données météorologiques de la wilaya d'Oum El Bouaghi et de la station d'Ain Skhouna, Batna (**Tab. 5**), nous remarquons que l'année 2003 est plus arrosée avec un total de 502,06 mm/an, tandis qu'en 2007 nous notons total de 340,7 mm/an. Pour l'année 2013, nous signalons un total de 304,8 mm/an. Les précipitations annuelles totales pour une période de 11 ont diminué de 39,3%.

La matrice des corrélations (**Tab. 17**) permet de mettre en évidence nos résultats. Nous remarquons qu'il y a une corrélation hautement significative négative entre les surfaces inondées et les années ($r=0.000$, $p= -0.352$), cela signifie qu'au cours du temps les surfaces en eau régressent, ceci est également le cas des précipitations. Une corrélation hautement significative positive entre les surfaces inondées et les précipitations ($r=0.022$, $p= 0.214$), ce qui fait que les précipitations représentent le facteur principal qui influe sur les surfaces des plans d'eau. On remarque aussi qu'il y a une corrélation significative négative entre les températures et les précipitations.

Tableau 17: Matrices des corrélations de Pearson entre les années, les surfaces inondées, les températures et les précipitations. En gras, valeur significative au seuil $\alpha=0.05$ (test bilatéral). (En bas: P values, en haut: r).

Variabes	Année	Surface Inondée(ha)	P1 (mm)	P2 (mm)	P3 (mm)	T max (°C)	T min (°C)	Tmoy (°C)
Année	-	0,000**	0,036*	0,001**	0,960	0,646	0,461	0,634
Surface inondée(ha)	-0,352	-	0,167	0,022*	0,825	0,801	0,953	0,812
P1 (mm)	-0,197	0,130	-	< 0,0001***	0,253	0,008*	0,019*	0,043*
P2 (mm)	-0,307	0,214	0,845	-	0,013	0,015*	0,019*	0,052
P3 (mm)	-0,005	0,021	-0,108	-0,232	-	0,047*	0,718	0,139
T max (°C)	0,043	-0,024	-0,248	-0,227	-0,186	-	< 0,0001***	< 0,0001***
T min (°C)	0,070	0,006	-0,220	-0,219	-0,034	0,973	-	< 0,0001***
T moy (°C)	0,045	0,023	-0,190	-0,183	-0,139	0,977	0,986	-

- P1 : précipitations des deux mois précédent en (mm).
- P2 : précipitations des trois mois précédent en (mm).
- P3 : précipitations du mois même (où l'image satellitaire a été acquise) en (mm).

2.3.Conclusion

L'analyse des images satellitaires nous montre qu'il y aurait eu une perte en surface des zones humides durant une période de 11 ans (2003-2013), plus de 44% des zones humides a disparu. Cette régression est particulièrement liée aux rythmes des précipitations qui démontre des variations climatiques de plus en plus ressenties dans la région.

3. Importance des sites du Sud Constantinois pour l'accueil des oiseaux d'eau hivernants

3.1. Inventaire systématique

3.1.1. Résultats

Nous présentons dans le Tableau 17 la liste des oiseaux d'eau observés au cours des recensements hivernants durant les trois années 2003, 2007 et 2013 pour les 08 sites étudiés. Un total de 33 espèces appartenant à 8 familles est recensé. L'inventaire que nous présentons ici suit l'ordre systématique établi par HEINZEL et al. (1992). Cette liste comprend également la dénomination en français et en anglais des espèces d'oiseaux d'eau recensés, d'après ETCHECOPAR et HUE (1964) (**Tab. 18**).

Tableau 18: Dénomination et systématique des oiseaux d'eau recensés dans le Sud Constantinois

* : Espèces protégées par le décret N 83-509 du 20 août 1983 relative aux espèces animales non domestiques protégées en Algérie.

Systématique		Dénomination	
Famille	espèce	Nom français	Nom anglais
Podicipediformes	<i>Podiceps cristatus</i>	Grêbe huppé	Great crested grebe
Podicipediformes	<i>Podiceps nigricollis</i>	Grêbe à cou noir	Black-necked grebe
Podicipediformes	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Grêbe castagneux	Little grebe
Pélécaniiformes	<i>Phalacrocorax carbo</i> *	Grand cormoran	Cormorant
Ciconiiformes	<i>Ardea cineria</i>	Héron cendré	Commun heron
Ciconiiformes	<i>Egretta alba</i>	Grande aigrette	Great white heron
Ciconiiformes	<i>Egretta garzetta</i>	Egrette garzette	Little egret
Phoenicopteriformes	<i>Phoenicopterus ruber roseus</i> *	Flamant rose	Flamingo
Ansériformes	<i>Tadorna tadorna</i> *	Tadorne de Belon	Shelduck
Ansériformes	<i>Tadorna ferruginea</i> *	Tadorne casarca	Ruddy shelduck

Ansériiformes	<i>Anas platyrhynchos</i>	Canard colvert	Mallard
Ansériiformes	<i>Anas strepera</i>	Canard chipeau	Gadwall
Ansériiformes	<i>Anas penelope</i>	Canard siffleur	Wigeon
Ansériiformes	<i>Anas crecca</i>	Sarcelle d'hiver	Teal
Ansériiformes	<i>Marmaronetta angustirostris</i>	Sarcelle marbrée	Marbled duck
Ansériiformes	<i>Anas acuta</i>	Canard pilet	Pintail
Ansériiformes	<i>Anas clypeata</i>	Canard souchet	Shoveler
Gruiformes	<i>Grus grus</i> *	Grue cendrée	Crane
Gruiformes	<i>Fulica atra</i>	Foulque macroule	Coot
Charadriiformes	<i>Himantopus himantopus</i> *	Echasse blanche	Black-winged stilt
Charadriiformes	<i>Recurvirostra avosetta</i> *	Avocette	Avocet
Charadriiformes	<i>Charadrius hiaticula</i>	Grand gravelot	Ringed plover
Charadriiformes	<i>Charadrius alexandrius</i>	Gravelot à collier Interrompu	Kentish plover
Charadriiformes	<i>Charadrius dubius</i>	Petit gravelot	Little ringed plover
Charadriiformes	<i>Vanellus vanellus</i>	Vanneau huppé	Lapwing
Charadriiformes	<i>Calidris minuta</i>	Bécasseau minute	Little stint
Charadriiformes	<i>Tringa nebularia</i>	Chevalier aboyeur	Greenshank
Charadriiformes	<i>Tringa erythropus</i>	Chevalier arlequin	Spotted Redshank
Charadriiformes	<i>Numenius arquata</i>	Courlis cendré	Curlew
Lariformes	<i>Larus argentatus</i>	Goéland argenté	Herring gull
Lariformes	<i>Larus cachinnans</i>	Goéland leucophée	Caspian gull
Lariformes	<i>Larus ridibundus</i>	Mouette rieuse	Black-headed gull

Les résultats des recensements effectués sur les 08 sites au cours des années 2003, 2007 et 2013, sont rapportés dans le tableau 19. Des fluctuations sont observées d'une année à une autre et d'un site à un autre

Tableau 19 : Effectifs totaux et par groupe des oiseaux d'eau hivernants dans les sites et complexes étudiés pendant les années 2003, 2007 et 2013 :

Sites et complexes	Année	Effectif anatidés	Effectif Lariformes	Effectif Rallidés	Effectif limicoles	Effectif ciconiiformes	Effectif phoenicoptéridiformes	Autres oiseaux	Effectif Totale
Garaet Etarf	2003	518	0	0	7	0	0	0	525
	2007	3545	0	0	354	0	17000	0	20899
	2013	140824	6	0	132	0	98000	103	239065
Garaet Guelif	2003	2000	0	0	0	0	210	13	2223
	2007	250	0	0	200	0	85	0	535
	2013	8000	0	0	0	0	15000	20	23020
Ezzemmou l et Tinnsilt	2003	8206	0	0	848	0	1764	36	10854
	2007	1580	0	0	0	0	0	0	1580
	2013	4573	0	0	80	0	144	312	5109
Ank Djemel et El Maghssel	2003	110	0	22	0	0	0	0	132
	2007	3795	0	0	43	0	700	573	5111
	2013	1822	0	0	150	0	600	23	2595
Sebkhet Djendli	2003	1714	0	0	120	0	1200	0	3034
	2007	0	0	0	0	0	0	0	0
	2013	110	1	1	0	4	0	18	134
Barrage Koudiet Medouar	2003	80	0	20	0	0	0	0	100
	2007	60	10	2500	2	24	0	452	3036
	2013	120	10	0	0	0	0	2	132

Durant l'année 2003 un total de 16868 oiseaux a été recensé, En 2007 le nombre augmente à 31161 individus et 270055 individus ont été recensés en 2013.

3.1.2. Discussions

La région du Sud constantinois abrite un riche peuplement d'oiseau d'eau. L'inventaire établi dans les 08 sites et complexes étudiés sur trois saisons hivernales (2003, 2007 et 2013) a révélé la présence de 33 espèces, qui représentent la moitié des espèces recensées (64 espèces) dans la région.

En Algérie, 15 espèces sont protégées, les 08 sites et complexes étudiés renferment la moitié de ces espèces qui sont représentées par : Grand Cormoran, Flamant rose, Tadorne de Belon, Tadorne Casarca, Grue cendrée, Echasse blanche et l'avocette.

Sur l'ensemble des espèces recensées, nous notons que les limicoles sont le groupe le plus représenté avec 10 espèces. Les anatidés sont classés en 2^{ème} position avec 9 espèces.

La famille la moins représentée est celle des pélicaniformes représenté par le Grand Cormoran et des phoenicopteriformes représenté par le Flamant rose avec une espèce chacune, le groupe le plus important du point de vue effectifs est celui des anatidés, où nous signalons des fluctuations d'une année à une autre. L'effectif le plus important est noté en 2013 au complexe de Garaet Etarf et ces sites satellites avec un total de 140824 individus suivi par l'année 2003 à Garaet Guelif avec un effectif de 8206 individus et enfin l'année 2007 avec un effectif de 8000 individus au complexe de Chott Ank Djemel et Garaet El Maghssel.

Les effectifs des phoenicopteriformes (Flamant rose) connaissent de grandes variations dans le temps. Nous notons un effectif de 98000 en 2013 à Garaet Etarf et ses sites satellites. Nous remarquons l'absence du Flamant rose au cours de l'année 2003 dans les sites suivants : Garaet Etarf et ses sites satellites, le complexe de Chott Ank Djemel et Garaet El Maghssel et en 2007 au complexe de Sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt et à Sebkhet Djendli.

Le groupe des limicoles enregistre l'effectif le plus élevé en 2003 avec 848 individus au complexe de Sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt. On remarque l'absence de ce groupe dans plusieurs sites au cours des 3 années étudiées: en 2003 à Garaet Guelif, le complexe de Garaet Ank Djemel et Elmaghssel et au barrage de Koudiet Medouar. En 2007 au complexe de Sebkhet Ezzemmoul et Chott Tinnsilt et à Sebkhet Djendli. En 2013 à Garaet Guelif, Sebkhet Djendli et au barrage de Koudiet Medouar. Ceci serait dû à l'intérêt que portent les

observateurs aux Anatidés, aux Flamants et aux autres grands oiseaux coloniaux par rapport aux Limicoles et autres oiseaux de petite taille.

Le dernier groupe d'oiseaux d'eau recensé est représenté par « autres oiseaux d'eau » est signalé avec l'effectif le plus élevé en 2007 avec 573 individus au complexe de Garaet Ank Djemel et Garaet Elmaghssel et avec 452 individus au barrage de Koudiet Medouar.

3.1.3. conclusion

Les sites et les complexes de la région Sud Constantinoise étudiée présentent un intérêt particulier pour leur capacité d'accueil notamment pour le groupe des Anatidés mais surtout le Flamant rose.

Les effectifs des groupes d'oiseaux d'eau recensés au cours des années 2003, 2007 et 2013 diffèrent d'une année à une autre, d'un site à un autre et d'un groupe d'oiseaux à un autre.

Ceci relève de deux faits importants : l'état du site lors de la période de recensement. Aussi, l'effort consenti par les observateurs pour le comptage du plus grand nombre d'individus en prenant en considération le maximum d'espèces.

3.2. Corrélation entre les effectifs d'oiseaux d'eau recensés et les surfaces des plans d'eau

3.2.1. Résultats

Pour mettre en évidence la relation entre les variations des effectifs des peuplements d'oiseaux d'eau recensés et les surfaces des plans, nous avons calculé l'indice de corrélation de Pearson (**Tab. 20**). On remarque qu'il existe plusieurs corrélations significatives :

- Corrélations hautement significative positive ($r=0.000$, $p=0.326$) entre les années et les effectifs totaux des oiseaux d'eau, donc le nombre d'oiseaux augmente d'une année à une autre. Précisément les effectifs des anatidés, les lariformes, les phoenicopteriformes et « Autres oiseaux », par contre les effectifs des limicoles subit une régression au cours des années.

- Corrélations significative positive entre les surfaces inondées et les effectifs des anatisés ($r= 0,272$, $p= 0,997$) et les limicoles ($r= 0,007$, $p=0,253$). Donc les effectifs augmentent avec les surfaces.
- Corrélations significatives négative entre les surfaces et les effectifs des lariformes ($r= 0,005$, $p= -0,261$), rallidés ($r= 0.036$, $p= -0,197$) et les ciconiiformes ($r= 0,020$, $p= -0,217$).

Tableau 20: Matrice de corrélation de Pearson entre les années, les surfaces inondées, les effectifs totaux, et les effectifs par groupe. En gras, valeur significative au seuil alpha=0.05 (test bilatéral).

Variables	Année	Surface inondée (ha)	Eff. Tot. oiseaux	Eff. Anatidés	Eff. Lariformes	Eff. Rallidés	Eff. Limicoles	Eff. Ciconii formes	Eff. Phoenicoptéridiformes	Autres ois d'eau
Année	-	0,000**	0,000**	0,001**	0,000**	0,576	0,024	0,993	0,000	0,254
Surface inondée (ha)	-0,352	-	0,191	0,272	0,005*	0,036*	0,007*	0,020*	0,103	0,068
Eff tot oiseaux	0,326	0,123	-	< 0,0001***	0,001**	0,471	0,395	0,401	< 0,0001***	0,740
Eff Anatidés	0,997	0,997	0,997	-	0,001**	0,420	0,407	0,358	< 0,0001***	0,664
Eff Lariformes	0,338	-0,261	0,316	0,316	-	< 0,0001***	0,070	< 0,0001***	0,001*	0,004*
Eff Rallidés	-0,053	-0,197	-0,068	-0,076	0,592	0	0,189	< 0,0001***	0,383	< 0,0001***
Eff Limicoles	-0,211	0,253	0,080	0,078	-0,171	-0,124	0	0,133	0,412	0,277
Eff Ciconii formes	-0,001	-0,217	-0,079	-0,087	0,584	0,986	-0,142	0	0,319	< 0,0001***
Eff Phoenicoptéridiformes	0,339	0,153	0,994	0,984	0,298	-0,082	0,078	-0,094	0	0,989
Autres ois d'eau	0,108	-0,172	0,031	0,041	0,269	0,527	-0,103	0,511	-0,001	0

3.2.2. Discussions

. La surface des plans d'eau n'est pas un facteur important pour ces groupes d'oiseaux. BLONDEL (1969), affirme que la cause première des migrations est le manque de nourriture présent ou avenir. DAJOZ (1974), considère que c'est le régime alimentaire qui fait qu'un oiseau est sédentaire ou migrateur.

Les analyses sont très différentes d'un site à un autre et d'un groupe d'oiseau à un autre. Cette analyse globale ne révèle pas réellement les corrélations entre les effectifs d'oiseaux et les surfaces. D'ailleurs ces dernières ayant déjà montré d'importantes variations par mois et par année dans tous les sites.

Les variations des effectifs d'oiseaux sont certainement en relation avec d'autres facteurs plus influant : tranquillité, disponibilité alimentaire, état global d'évolution des populations ...

3.2.3. Conclusion

La région Sud-Constantinoise accueille une multitude d'espèces d'oiseaux d'eau hivernants. Généralement la capacité d'accueil des zones humides pour ces derniers n'est pas relative à leur surface mais à leur homogénéité, à leur richesse en nourriture, à la sécurité qu'il offre et au milieu écologique favorable par la diversité des habitats qu'il renferme.

Conclusion

L'utilisation des techniques d'observation spatiale à travers l'analyse intra annuelle d'images satellitaires, a permis de mettre en évidence les contours des zones humides présentes dans les hautes plaines de l'Est Algérien. Ces résultats sont à la base de toutes études plus ou moins approfondies sur les zones humides. Ils apportent une vision globale des zones humides présentes sur un territoire. 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.

La région du Sud Constantinois est riche en zones humides. Les 08 sites et les complexes de sites étudiés couvrent une superficie de 48540 ha représentant les sites ayant des superficies importantes. L'altitude moyenne de ces sites va de 370 à 900 m et cela permet d'avoir une grande diversité de typologie.

Le traitement, par classification des surfaces en eau et des surfaces humides présentes sur les 19 images utilisées, a permis de visualiser la variation des durées de submersion de chaque site. Les résultats obtenus ont mis en évidence, le facteur principal expliquant ces variations qui est celui des précipitations. En 2003 pour des précipitations annuelles de 502,06 mm/an la surface totale inondée était de 30305,15 ha, en 2007 pour des précipitations de 340,7 mm/an la surface inondée est 27090,14 ha. Les surfaces inondées ont ainsi régressé de 10,6%. En 2013, pour des précipitations de 304,8 mm/an la surface totale inondée était de 16736,16 ha, donc 44,8% de surface en eau a disparue au cours de 11 ans.

Les sites et les complexes étudiés de la région Sud Constantinoise présentent un intérêt particulier pour leur capacité d'accueil pour les oiseaux d'eau hivernants notamment pour le groupe des Anatidés et surtout le Flamant rose.

L'inventaire établi dans les 08 sites et complexes étudiés sur trois saisons hivernales (2003, 2007 et 2013) a révélé la présence de 33 espèces qui sont réparties sur 8 familles. Sur l'ensemble des espèces recensées, nous notons que les limicoles est le groupe le plus représenté avec 10 espèces. Les anatidés sont classés en 2^{ème} position avec 9 espèces.

La famille la moins représentée est celle des pélicaniformes et des phoenicopteriformes avec une espèce chacune.

La capacité d'accueil des sites pour les oiseaux d'eau n'a pas révélé de relation avec la surface des sites, les plans d'eau doivent offrir les meilleures conditions de nutrition et de sécurité pour accueillir un grand nombre d'oiseaux.

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) établis sur plusieurs années et plusieurs dates, en relation avec d'autres facteurs de l'environnement après d'élucider les rythmes hydrologiques et ainsi celui des populations d'oiseaux d'eaux stationnant sur ces sites.

De telles études permettraient non seulement d'enrichir les connaissances écologiques sur les hydrosystèmes continentaux, mais représentent également d'importants outils pour la gestion et la conservation des zones humides.

Bibliographie

1. **ABDESSEMED K., (1981)** - Le Cèdre de l'Atlas dans les massifs de l'Aurès et du Belezma. Étude phytosociologique et problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse Doc. Ing. Fac. St. Jérôme. Marseille. 199 p.
2. **ADJAL & MOUICI (2004)** - Cartographie de la végétation et éco-éthologie de Tadorne de Belon dans la Sebkhate de Djendli (Batna). Mémoire Ing. Inst. Biol. Univ. Batna. 40 p.
3. **ALEXANDRIDIS T.K., LAZARIDOU E., TSIRIKA A. & ZALIDIS G.C., (2009)** - Using Earth Observation to update a Natura 2000 habitat map for a wetland in Greece. *Journal of Environmental Management*, 90(7), pp, 2243–2251.
4. **AL-KHUDHAIRY D.H.A., LEEMHUIS, C., HOFFMANN, V., CALAON R. & SHEPHERD I.M. (2001)** - Monitoring wetland ditch water levels in the North Kent Marshes, UK, using Landsat TM imagery and ground-based measurements. *Hydrological sciences journal*, 46(4), pp, 585–597.
5. **ANONYME, (2004)** – ATLAS 4 des zones humides Algériennes d'importance internationale (4^e édition). Direction générale des forêts, Alger.
6. **ANONYME, (2012)** - Documentation interne, Algérienne des eaux (ADE), Batna.
7. **ANRAS L., (2005)** - Recueil d'expériences de restauration de fonctions hydro écologiques de zones humides littorales. Forum des Marais Atlantiques. 36p.
8. **ANTON J. & HENRI P., (2011)** _ Les barrages: Du projet à la mise en service 5p.
9. **BACHA B. & BECHIM L., (2005)** -Approche bioécologique des zones humides et des oiseaux d'eau de la région Sud-Constantinoise. Mém. Ing. Eco., Univ. Batna. 32, 37, 42-43, 75p.
10. **BAGNOULS F. & GAUSSEN H., (1953)** - Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse (88). Pp : 193-239p.
11. **BAKER C., LAWRENCE R., MONTAGNE C. & PATTEN D., (2006)** -Mapping wetlands and riparian areas using LANDSAT ETM1 imagery and decision-tree-based models. *Wetlands*, 26(2), pp, 465–474.

12. **BENAZZOUM MT., (1986)**- Recherches géomorphologiques dans les hautes plaines de l'Est Algérien. La Sebkhata Taref (Algérie). Thèse de doctorat 3^{ème} cycle en géomorphologie. Univ. Paris I Sorbonne.
13. **BENSAID A. (2006)** - SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la Wilaya de Naâma (Algérie). Thèse Doctorat, géographie, Université Joseph Fourier-Grenoble 1, France, p. 288.
14. **BENSIZERARA, 2013** – Ecologie des oiseaux de sebkhet Djendli (Batna, Est Algérien. P.4
15. **BERNAUD G. & ELIANE F. (2007)** – Conserver les milieux humides : Pourquoi ? Comment ? 10 p.
16. **BLONDEL J., (1979)** – Biologie et écologie. Éd. Masson, Paris, 173p.
17. **BOUKROUMA N. MAAZI M.C. SAHEB M., METALLAOUI S., & HOUHAMDI M., (2011)**- Hivernage du Canard Pilet *Anas acuta* sur les hauts plateaux de l'Est de l'Algérie. *Alauda* 79(4): 285-293.
18. **BOULEKHSSAIM M., HOUHAMDI M., & SAMRAOUI B., (2007)**- Écologie du tadorne de Belon *Tadorna tadorna* dans les zones humides des Hautes Plaines de l'est-algérien. *Ostrich* 78 (2): 505-513.
19. **BOULEKHSSAIM M., HOUHAMDI M., SAHEB M., SAMRAOUI F., & SAMRAOUI B., (2006)**- Breeding and banding of Greater flamingo *Phoenicopterus roseus* in Algeria, August 2006. *Flamingo*. 14: 21-24.
20. **CAMPBELL J.B., (1987)** - Introduction to Remote Sensing. The Guilford Press, New York. 354 p.
21. **CCT, (2008)** - Tutoriel : Notions Fondamentales de Télédétection. Centre Canadien de Télédétection. [En ligne
http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_f.php
22. **CHADLI S. (2006)** . تهيئة متكاملة و استصلاح في بلاد السبخا. حالة منطقة الطارف: 2006. Mémoires Magister. Centre universitaire d'Oum El Bouaghi.
23. **CIVCO D., HURD J., PRISLOE S. & GILMORE, M. (2006)** - Characterization of Coastal Wetland Systems using Multiple Remote Sensing Data Types and Analytical

Techniques. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, IEE, 31 juillet-4 août, Denver, pp. 3442–3446.

24. **DAJOZ R. (1975)** - Précis d'écologie. Ed. DUNOD, Paris. 434p.
25. **DAJOZ R. (1985)** - Précis d'écologie. Ed. DUNOD. Paris. 505, 560p.
26. **DAGNELIE., (2000)** - Statistiques théoriques et appliquées. Bruxelles Univ De Boeck et LARCIER : 659p.
27. **DEFINIENS, (2007)** - DEFINIENS PROFESSIONAL 5.0, New Jersey, USA.
28. **DENIS A., (2014)** – Travaux pratique de la télédétection spatiale, Département des Sciences et Gestion de l'environnement, Université de Liège (ULg), 11p.
29. **DUCROT D. (2005)** - Méthodes d'analyse et d'interprétation d'images de télédétection multi-sources, Extraction de caractéristiques du paysage, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, INP Toulouse, 240 p.
30. **ETCHECOPAR R. et HUE E. (1964)** – Les oiseaux du Nord de l'Afrique. Ed. Boubée et Cie, Paris, 606p.
31. **FAURIE C., FERRA Ch., MEDORI P. et DEVAUX J. (1998)** - Ecologie, Approche scientifique et pratique. 4e édition, Ed. Tec et Doc (lavoisier), 339 p.
32. **FAURIE C., FERRA Ch., MEDORI P., DEVAUX J. et HEMPTIENNE J-L. (2003)**- Ecologie, Approche scientifique et pratique. 5e édition, Ed. Tec et Doc (lavoisier) ,407 p.
33. **GAO, B., C. (1995)**, A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space, in SPIE's 1995 Symposium on OE / Aerospace Sensing and Dual Use Photonics, Vol. 2480, Orlando, FL.
34. **GIRARD M. C. & GIRARD C. M. (1999)** - Traitement des données de télédétection. DUNOD, Paris, p. 529.
35. **GOUAIDIA L. (2008)** - Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-Est Algérien. Thèse Doctorat, Univ. Annaba. 25, 27p.
36. **HALIMI A., 1981** : L'atlas blidéen "climat et étages végétaux", OPU, Alger, 623p.
37. **HAMIDA M. (2004)** - Capacité de rétention et bilan hydrique des sols des zones semi aride de la wilaya de Batna, Mémoire de Magister Dép. Hydraulique, Université de Batna, 83p.

-
- 38. HEINZEL H., FITTER R. et PARSLOW J. (1992)** – Oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen Orient. Ed. Delachaux et Niestle, Neuchâtel, 320p.
- 39. HIJMANS R. J., CAMERON S., PARRA J. L., JONES P. G. & JARVIS A., 2005.** Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, Vol. 25, pp. 1965–1978.
- 40. HOLLIS G. E. & SMART M. (1986)** – Les zones humides Africaines : écologie, techniques d'étude et gestion. BIROE, Slimbridge, Gloucester, GK2 7DX, Angleterre, 85p.
- 41. HOUHAMDI M., ZITOUNI A., ROUBI A., MERZOUG A, ATOUSSI S., METTLAOUI S., (2013)** - Biomonitoring et dynamique de l'avifaune aquatique dans les Chotts et les Sebkhats des hautes plaines de l'Est algérien. pp 07.
- 42. HOUHAMDI M., HAFID H., SEDDIK S., BOUZEGAG A., NOUIDJEM Y., BENSACI T., MAAZI M. C., & SAHEB M., (2008)** - Hivernage des Grues cendrées *Grus grus* dans le complexe des zones humides des hautes plaines de l'Est algérien. *Aves*. 45 (2): 93-103.
- 43. KERGOMARD C. (2009)** - « La Télédétection Aéro-Spatiale : une introduction », Document de Cours, Ecole Normale Supérieure de Paris, [En ligne] <http://www.geographie.ens.fr/kegomard/Teledetection/CTeledetection.pdf>.
- 44. KLUSER S. (2000)**- Elaboration d'une carte de couverture du sol par interprétation semi-automatisée de l'espace colorimétrique d'orthophotos. Application au bassin versant du Nant d'Avril (France, Suisse). Thèse Licence en Biologie des organismes et des populations. Faculté des sciences, Université de LAUSANE, GENEVE (SUISSE). Pages 60, [En ligne] <http://sigma.ensat.fr/stages/Rapports/>
- 45. LADJEL (1995)** - Le Chott Tinsilt : Contribution à l'étude du milieu et approche bioécologique de son avifaune. Mémoire Ingénieur, eco, Université Batna.
- 46. LADLANI I. (2007)** - Contribution à la gestion optimale de la ressource en eau mobilisée «choix de formule empirique pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle "ETP" dans les régions de Tébessa etAnnaba» thèse du magister, l'université de Batna, 112Pp.

-
- 47. LASSIEUR S. (2006)** - Utilisation de la télédétection et des techniques SIG pour détecter et prévenir les activités de déforestation illégales. *Rapport de Stage Master 2ème Année, SIG et gestion de l'espace*, Université JEAN MONNET, France, 45 p.
- 48. LILLESAND T. M., KIEFER R. W., & CHIPMAN J. W., 2007.** Remote Sensing and Image Interpretation. 6th edition, John Wiley and Sons, New York, p. 745.
- 49. MAAZI M-C., SAHEB M., BOUZEGAG A., SEDDIK S., NOUIDJEM Y., BENSACI E., MAYACHE B., CHEFROUR A. & HOUHAMDI M., (2010)** - Ecologie de la reproduction de l'Echasse blanche *Himantopus himantopus* dans la Garaet de Guellif (Hautes plaines de l'Est algérien). Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat. 32(2): 101-109.
- 50. MACALISTER C. & MAHAXAY M., (2009)** - Mapping wetlands in the Lower Mekong Basin for wetland resource and conservation management using Landsat ETM images and field survey data. *Journal of Environmental Management*, 90(7), pp, 2130–2137.
- 51. MERDAS S. (2007)** - Bilan des incendies de forêts dans quelques wilayas de l'est Algérien ; cas de Bejaia, Jijel, Sétif et Bordj Bou-Arredj. Thèse Magister en Ecologie, Univ. Constantine, 4p.
- 52. MESSAOUI & BERSOULI (2004)** - Cartographie de la végétation et écologie de l'avifaune aquatique du Chott Tinsilt. Mémoire Ingénieur. Eco. Université Batna.
- 53. MICHELOT JL. & al. (2004)** - Etude de mise en valeur des zones humides. Contrat de rivière du sud-ouest lémanique. 97p.
- 54. OCHANDO & JACOBS, (1978)**- Recensement hivernal d'Anatidés, de foulques, limicoles, grues et Flamants .Docu. Poly INA El Harrach.
- 55. OZESMI S.L. & BAUER M.E., (2002)** - Satellite remote sensing of wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 10(5), pp, 381–402.
- 56. PEARCE F. & CRIVELLI A. J. (1994)** - Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. Bouklet Med Wet / Tour de Valat, N°1. France, 88p.

-
57. . **POUGET M. (1980)** - Les relations sol-végétation dans les steppes sud-Algéroises. O.R.S.T.O.M. Paris. 135, 142p.
58. **QUEZEL P. & BARBERO M., 1990** : Les forêts méditerranéennes, problème posés par leur signification historique, écologique et leur conservation. *Acta botanica Malacitana*, n°15, pp 145-178.
59. **RAMADE F. (1984)** - Eléments d'écologie : Ecologie fondamentale. Ed. Mc. Graw-Hill, Paris. France. 397p.
60. **ROCHE M. (1963)** - Hydrologie de surface. Editeur Office de la recherche scientifique et technique outre-mer. Paris. 430 p.
61. **RUNDQUIST D.C., NARUMALANI, S. & NARAYANAN, R.M. (2001)** - A review of wetlands remote sensing and defining new considerations. *Remote Sensing Reviews*, 20(3), pp, 207–226.
62. **SAHEB M., (2003)** - Cartographie de la végétation des Sebkhats de Guellif et Ougla Touila (Oum El Bouaghi) et écologie de l'avifaune. Thèse de Magistère. Centre universitaire d'Oum El Bouaghi.
63. **SAHEB M., BOULKHSSAIM M., OULDJAOUI A., HOUHAMDI M. & SAMRAOUI B., (2006)** - Sur la nidification du Flamant rose *Phoenicopterus roseus* en 2003 et 2004 en Algérie. *Alauda*. 74 (2). 368-371.
64. **SAHEB M., NEDJAH R., BOUCHEKER A., HOUHAMDI M. & SAMRAOUI B., (2007)** - Ecologie de l'avocette élégante (*Recurvirostra avosetta*) et de l'échasse blanche (*Himantopus himantopus*) dans les Sebkhats des Hautes Plaines de l'est-algérien. *Ostrich* 78 (2): 505-513.
65. **SAMRAOUI B., OULDJAOUI A., BOULKHSSAIM M., HOUHAMDI M., SAHEB M., & BECHET A., (2006)** - The first recorded reproduction of the Greater Flamingo *Phoenicopterus roseus* in Algeria: behavioural and ecological aspects. *Ostrich*. 77 (3&4): 153-159.
66. **SANDOZ A., (1996)** - Proposition d'une méthodologie adaptée au suivi de l'occupation du sol d'une zone humide aménagée : application au bassin de Fumemorte (Grande Camargue, France). *Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille I*.

-
67. **SEDDIK S., MAAZI M. C., HAFID H., SAHEB M., MAYACHE B. & HOUHAMDI M., (2010)** - Statut et écologie des peuplements Laro-Limicoles et Echassiers dans les zones humides des hauts plateaux de l'Est de l'Algérie. Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat. 32(2): 111-118.
68. **SELTZER P. (1946)** - Le climat d'Algérie. Trav. Ins. Met. et Phy. Du Globe, Univ. Alger. 219p.
69. **SHORT N. M. (2000)** - Remote Sensing Tutorial. Edition NASA. [En ligne] <http://rst.gsfc.nasa.gov/> (Dernière visite, Décembre 2010).
70. **SI BACHIR A. (2006)** – La conservation des zones humides. Lettre de Belezma N° 10 (article de vulgarisation et de sensibilisation), p 1.
71. **TAYLOR M. P. (2009)** -LANDSAT 7 Users Handbook. NASA.
72. **THIRION L. (2003)** -Modélisation de l'interaction cohérente des ondes électromagnétiques avec des couverts forestiers. Thèse Doctorat en Science, Spécialité Electronique Micro-ondes, Université PAUL SABATIER, Toulouse III, France. 183 p.
73. **TÖYRÄ J. & PIETRONIRO A. (2005)** - Towards operational monitoring of a northern wetland using geomatics-based techniques. *Remote Sensing of Environment*, 97(2), pp, 174–191.

Sites web:

Site web 1: earthexplorer.usgs.gov Consulté le 08/01/2014.

Site web 2: www.hydroplus.fr Consulté le 20/06/2014.

