

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université A.MIRA-BEJAIA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Biologiques de l'Environnement



جامعة بجاية
Tasdawit n'Bgayet
Université de Béjaïa

Mémoire

Présenté par

HAMITOUCHE Souad

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

**Option : Toxicologie industrielle et
environnementale**

Thème

**Analyse de quelques paramètres physico-chimiques et de
métaux lourds dans les eaux naturelles de surface en tant
qu'habitats d'amphibiens en Kabylie**

Soutenu le : 20/06/2018 Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

M^{me} DJOUAD Salima Univ. De Béjaïa Présidente

M^r DAHMANA Abdelhak Univ. De Béjaïa Promoteur

M^r LAISSAOUI Mounir Univ. De Béjaïa Examineur

Année Universitaire :2017-2018

Remerciements

J'adresse mes remerciements à mon promoteur monsieur DAHAMANA pour avoir accepté de m'encadrer et pour toute l'aide qu'il m'a apportée.

Je remercie également mon co-promoteur monsieur KARAR pour avoir accepté de me co-encadrer et pour toute l'aide qu'il m'a apportée.

Je rends hommages aux membres du jury, madame DJOUAD et monsieur LAISSAOUI, pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Enfin, je remercie tous ceux et celles qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Dédicaces

A mes très chers parents

A Abdenour, Abdeslam et Fairouz

A ma famille et mes amis (es).

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....	2
Chapitre 1 : Synthèse bibliographique	4
1. Généralités autour des eaux naturelles de surface	4
2. Typologie des milieux aquatiques continentaux.....	5
3. Caractéristiques abiotiques des habitats aquatiques continentaux	7
4. Caractéristiques biotiques des habitats aquatiques continentaux	8
4.1. Faune et flore typiques des habitats aquatiques continentaux	8
4.2. Peuplement amphibien	9
5. Impact des activités humaines sur les milieux aquatiques	11
6. Pollution par les métaux lourds	12
6.2. Présentation des métaux lourds ciblés par l'enquête de terrain.....	13
6.2.1. Aperçu général sur le Plomb	13
6.2.2. Aperçu général sur le cuivre	14
6.2.3. Aperçu général sur le zinc	15
7. Modélisation de la répartition potentielle d'une espèce.....	16
Chapitre 2 : Matériel et méthodes	18
1. Description de la région d'étude.....	18
2. Echantillonnage.....	20
3. Matériel utilisé	21
4. Méthodes suivies.....	22
4.1. Préparation du matériel pour l'échantillonnage des plans d'eau	22
4.2. Dosage des métaux lourds	22
4.3. Modélisation de la répartition potentielle des amphibiens	24
Chapitre 3 : Résultats et discussions.....	29
1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	29
3. Résultats de la modélisation de la répartition potentielle des amphibiens	31
4. Interprétation des résultats des analyses physico-chimiques	46
5. Interprétation des résultats du dosage des métaux lourds	51
6. Interprétation de la modélisation de la répartition potentielle des amphibiens	53
Conclusion	54
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des abréviations

AUC :	Area Under the Curve
bio :	bioclimatique
Cu :	Cuivre
GBIF :	Global Biodiversity Information Facility
g/l :	Grammes par litre
HCl :	Acide Chlorhydrique
HNO₃ :	Acide nitrique
MaxEnt :	Maximum d'Entropie
m :	mètre
mg/l :	Milligrammes par litre
O₂ :	Oxygène
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
Pb :	Plomb
pH :	potentiel Hydrogène
PSU :	Practical Salinity Unit
ROC :	Receiver Operating Characteristics
SAA :	Spectromètre (ie) d'absorption atomique
T :	Température
Zn :	Zinc
°C :	Degrés Celsius
μS/cm :	Micro-Siemens par centimètres
° :	Degrés

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
Figure 01	Origines de la formation des lacs.....	06
Figure 02	Carte géographique représentant la vue globale des sites échantillonnés.....	19
Figure 03	Carte géographique des sites retenus dans le cadre de notre travail.....	19
Figure 04	Spectromètre d'absorption atomique à flammes utilisé dans notre travail.....	24
Figure 05	Photos des sept espèces d'amphibiens ciblées dans notre étude.....	27
Figure 06	Interface du logiciel ArcMap.....	28
Figure 07	Interface du logiciel MaxEnt.....	28
Figure 08	Carte de distribution potentielle de <i>B.boulengeri</i> et sa courbe de réponse écologique à bio_02.....	33
Figure 09	Courbe de réponse écologique de <i>D.pictus</i> à bio_19, bio_02 et bio_06.....	34
Figure 10	Carte de distribution potentielle du <i>Discoglossus pictus</i>	35
Figure 11	Carte de distribution potentielle de <i>Hyla meridionalis</i>	36
Figure 12	Courbe de réponse écologique de <i>H.merionalis</i> à bio_13, bio_02 et bio_15.....	37
Figure 13	Courbes de réponse écologique de <i>P.saharicus</i> à bio_02, bio_04 et bio_06.....	38
Figure 14	Carte de distribution potentielle du <i>Pelophylax saharicus</i>	39
Figure 15	Carte de distribution potentielle du <i>Pleurodeles nebulosus</i>	40
Figure 16	Courbes de réponse écologique de <i>P.nebulosus</i> à bio_19 et bio_11.....	41
Figure 17	Courbes de réponse de <i>S.algira</i> à bio_13 et bio_02.....	42
Figure 18	Carte de répartition potentielle de <i>Salamandra algira</i>	43
Figure 19	Carte de distribution potentielle de <i>Sclerophrys mauritanica</i>	44
Figure 20	Courbes de réponse écologique de <i>S.mauritanica</i> à bio_19, bio_02 et bio_06.....	45
Figure 21	Graphique des valeurs de la température dans les sites échantillonnés.....	46
Figure 22	Graphique des valeurs du pH dans les sites échantillonnés.....	47
Figure 23	Graphique des valeurs de la salinité des sites échantillonnés.....	48
Figure 24	Graphique des valeurs de la conductivité dans les sites échantillonnés.....	49
Figure 25	Graphique des valeurs de l'O ₂ dissous dans les sites échantillonnés.....	50
Figure 26	Graphiques des valeurs du cuivre, plomb et zinc dans les plans d'eau échantillonnés.....	52

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
Tableau I	Caractéristiques du plomb.....	13
Tableau II	Caractéristiques du zinc.....	15
Tableau III	Caractéristiques géographiques des sites échantillonnés.....	20
Tableau IV	Valeurs des paramètres physico-chimiques des plans d'eau échantillonnés.....	29
Tableau V	Valeurs des métaux lourds ciblés dans les sites échantillonnés.....	30
Tableau VI	Valeurs de l'AUC et les variables environnementales retenues.....	31
Tableau VII	Signification des variables bioclimatiques	32

Introduction générale

L'eau peut être polluée par des sources naturelles et humaines. En effet, la dégradation naturelle peut être le résultat d'une myriade de sources : faune, flore, éruptions volcaniques, éclairs, etc. D'autre part, la pollution anthropique perturbe l'équilibre naturel par l'addition de déchets issus de différentes sources. Le processus de pollution peut se produire dans les eaux de n'importe quelle partie du cycle hydrologique et c'est à la surface de la terre qu'il est le plus apparent. Ainsi, les précipitations peuvent être contaminées par les polluants de l'air, les eaux superficielles peuvent être polluées du fait du ruissellement en provenance des bassins hydrographiques et les eaux souterraines peuvent être souillées par infiltration et contamination du sous-sol (Preul, 2000).

Les lacs et les réservoirs assurent le stockage de l'eau et peuvent avoir des temps particulièrement longs de résidence par rapport au flux qui entre et qui sort rapidement d'un tronçon de rivière. Ils revêtent donc une importance spéciale pour la rétention de certains composants, comme les métaux lourds (Preul, 2000).

Les amphibiens sont des bio-indicateurs de la qualité de leurs habitats. Cela est possible grâce à leur peau nue qui permet un échange de gaz et d'ions avec l'environnement, les rendant sensibles aux contaminants chimiques, à l'infection et à la qualité physico-chimique de l'eau. Ces facteurs peuvent affecter leur survie, leur croissance, leur maturation et leur développement physique (Sparling, 2009 ; Mateo et *al.*, 2013). Ces animaux sont aquatiques à l'état larvaire et souvent terrestres à l'état adulte. Ils se scindent en trois ordres majeurs : les Gymnophiones, les Urodèles et les Anoures (Ramade, 2008).

Ce travail porte sur un ensemble de plans d'eau situés en Kabylie (Dans les Wilayas de Bejaia et de Tizi-Ouzou). L'objectif principal est de déterminer la qualité de ces eaux et leur influence sur les amphibiens à l'échelle locale. En plus de cette analyse, une modélisation a été effectuée pour connaître leur répartition potentielle à l'échelle régionale ainsi que les facteurs climatiques qui les affectent.

La modélisation de la répartition potentielle d'une espèce est donnée par les relations établies entre son aire de répartition et les caractéristiques écologiques de ses habitats. Elle est utilisée pour la prédiction de la répartition actuelle et future d'une espèce (ou d'un habitat), pour l'évaluation de son pouvoir de dispersion ou encore pour la définition de son statut de conservation (Bastien et Gauberville, 2011).

La problématique traitée dans notre étude est formulée comme suit : Quelle est la qualité des eaux naturelles de surface ciblées dans le cadre de ce travail ?

De cette problématique découlent des questions secondaires qui sont :

-Les plans d'eau échantillonnés sont-ils des habitats favorables pour les amphibiens ?

-Quelle est la répartition potentielle des amphibiens à l'échelle régionale (Afrique du Nord) ?

Pour tenter de répondre à ces questions, nous proposons l'hypothèse suivante : la répartition des amphibiens serait influencée par la qualité des eaux à l'échelle locale et par les facteurs climatiques à l'échelle régionale.

Dans l'optique de vérifier l'hypothèse émise dans le cadre de ce travail, ce document est organisé comme suit :

Un premier chapitre intitulé « Synthèse bibliographique » sera dédié à des généralités relatives aux eaux de surface, aux métaux lourds ainsi qu'à la modélisation de la répartition potentielle des amphibiens.

Un second chapitre intitulé « Matériel et méthodes » portera sur la présentation de la zone d'étude, la détermination du matériel utilisé et l'explication des méthodes suivies pour la réalisation de cette étude.

Enfin, un dernier chapitre intitulé « Résultats et discussions » sera consacré aux résultats obtenus et aux discussions correspondantes.

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

Dans ce premier chapitre nous présenterons une revue bibliographique autour des eaux naturelles de surface, des paramètres physico-chimiques, des métaux lourds et de la modélisation de la répartition potentielle des espèces.

1. Généralités autour des eaux naturelles de surface

Les eaux de surface sont celles qui forment les cours d'eau, les rivières, les étangs et les lacs. Leur écoulement à la surface du sol est appelé « ruissellement » (Lundberg, 1995). Le cycle de l'eau représente l'ensemble des échanges d'eau, sous sa forme liquide, solide ou gazeuse, entre les océans, les continents, l'atmosphère et les végétaux. L'eau se transforme en vapeur sous l'effet des rayons du soleil à partir de la surface des océans et des continents ou par transpiration des êtres vivants, phénomènes appelés « évapotranspiration ». Cette vapeur d'eau s'élève dans l'atmosphère où elle se condense en nuages donnant des précipitations (pluie, neige, etc). Une partie de ces précipitations ruisselle sur la surface du sol, formant les fleuves, les rivières, les lacs, etc, une autre partie s'infiltré et alimente les nappes et réservoirs souterrains qui, à leur tour, viennent grossir les plans d'eau. Une troisième partie s'évapore pour regagner l'atmosphère (Lévêque, 1996 ; Musy et *al.*, 2014). La circulation de l'eau à la surface de la terre a donné naissance à une grande variété de systèmes aquatiques qui résultent de l'écoulement des eaux des terres vers la mer, ou de leur accumulation dans les dépressions et dans les couches sédimentaires superficielles (Lévêque, 1996).

L'eau se présente sous différentes formes ; On peut distinguer trois types de réservoirs selon Musy et Higy (2004) :

- Les dépressions de la surface du sol dans lesquelles l'eau peut s'accumuler. C'est le stock d'eau de surface.
- Le sol et le sous-sol dans lesquels l'eau est emmagasinée. C'est le stock d'eau souterraine.
- Les couvertures neigeuses et glaciaires qui constituent le stock d'eau sous forme solide.

L'eau est utilisée par l'homme dans plusieurs secteurs :

- La pêche : l'homme trouve dans les organismes aquatiques des sources de nourriture, d'élevage, etc. (Raynard et *al.*, 2001 in Musy et *al.*, 2014).
- L'industrie : Les industries utilisent de l'eau pour leurs processus de production, refroidissement, etc (Raynard et *al.*, 2001 in Musy et *al.*, 2014).

- La production d'énergie : L'homme extrait de l'énergie à partir de l'eau. Cela est possible grâce aux barrages hydroélectriques (Raynard et *al.*, 2001 in Musy et *al.*, 2014).
- Les activités récréatives : L'homme utilise les lacs, les rivières, les mers, les océans, etc, pour le loisir, la navigation commerciale ou de plaisance, les sports nautiques, etc (Raynard et *al.*, 2001 in Musy et *al.*, 2014).
- Les usages domestiques : L'eau est utilisée pour les diverses activités domestiques notamment pour l'hygiène (Beaux, 1998).
- Les usages agricoles : L'eau est utilisée pour l'irrigation et l'arrosage (Beaux, 1998).

2. Typologie des milieux aquatiques continentaux

Les eaux sont divisées en eaux courantes, eaux stagnantes (ou non courantes), eaux pluviales, eaux de source et eaux souterraines (Ledru-Rollin, 1846).

2.1. Les eaux stagnantes

Les eaux stagnantes regroupent les lacs, les étangs et les mares (Goliard, 2008). Parmi les eaux stagnantes (ou lentiques) figurent :

- Les lacs sont des réservoirs d'eau de surface, naturels ou artificiels, de volume et de superficie pouvant être très importants. Ils interviennent directement dans le bilan hydrologique en favorisant l'évaporation à leur surface (Musy et Higy, 2004).

La formation des lacs a plusieurs origines citées par Lévêque (1996) et Fredette et *al.*, (2007) (Figure 01):

- > Origine tectonique : Les lacs sont profonds et de volume important. Ils occupent des bassins naturels qui résultent des mouvements de la croûte terrestre le long de ses plis et de ses failles.
- > Origine volcanique : Les lacs se retrouvent au niveau des cavités formées par l'explosion de l'édifice volcanique ou du fait que le volcanisme ait barré des vallées fluviales. Les cratères de certains volcans se remplissent parfois d'eau pour donner un lac.
- > Origine glaciaire : Les lacs s'accumulent au niveau des bassins creusés par les glaciers et dans les vallées où des moraines parfois hautes de 200 m ont créé des barrages.
- > Origine fluviale : Des lacs en croissance apparaissent parfois aux abords des rivières et des fleuves, on les nomme « *bras-morts* », ils ne sont pas très profonds.

- > Origine anthropique : Il s'agit des lacs de barrages de dimensions variées, conçus pour des buts déterminés. Ils fournissent l'eau nécessaire à la consommation, l'irrigation des terres ou la production d'énergie hydroélectrique.

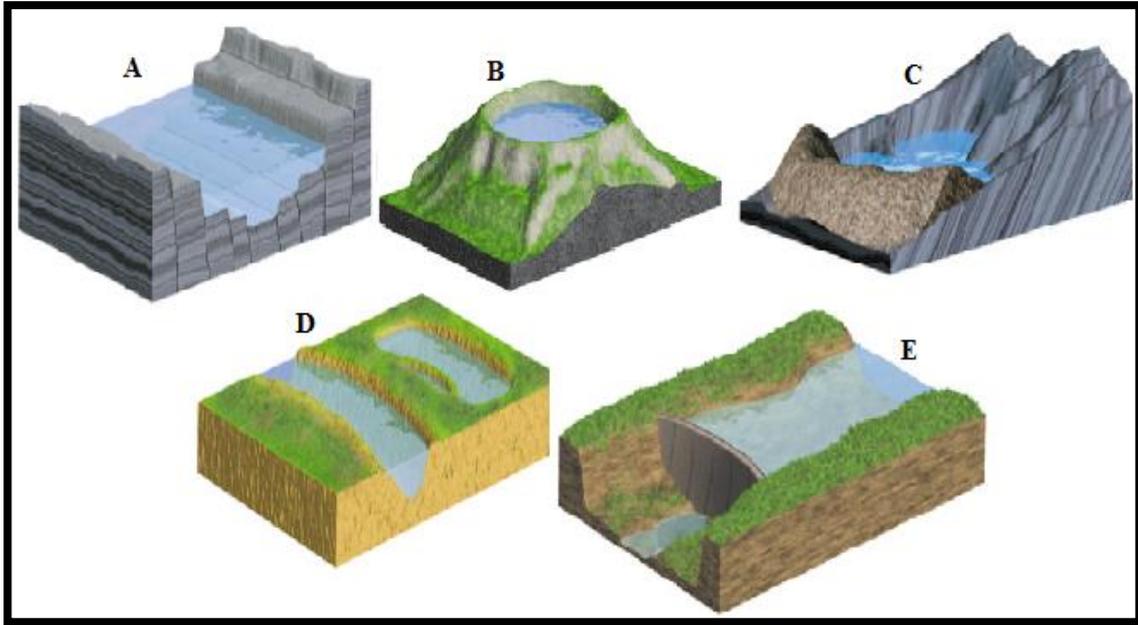


Figure 01-Origines de la formation des lacs (Fredette et *al.*, 2007). **A** : Lac d'origine tectonique. **B** : Lac d'origine volcanique. **C** : Lac d'origine glaciaire. **D** : Lac d'origine fluviale. **E** : Lac d'origine anthropique (réservoir).

- Les mares sont des pièces d'eau dont la profondeur n'atteint que quelques dizaines de centimètres et qui ne sont remplies que pendant quelques semaines voire quelques mois par an, le reste du temps elles sont reconnaissables à leur surface vaseuse asséchée et craquelée (Engelhardt et *al.*, 1998).

La formation des mares a plusieurs origines citées par Engelhardt et *al.*, (1998) :

- > La fonte des neiges : Les terrains dont la couche supérieure est imperméable sont remplis d'eau issue de la fonte des neiges formant des mares temporaires. Ce phénomène se passe au printemps.
- > Les pluies : Les mares sont alimentées par les pluies incessantes en été et en automne.
- > Les crues : Les mares peuvent se remplir par des crues au niveau des ruisseaux après de gros orages en été, en automne et au printemps.
- Les retenues collinaires sont des « Retenues artificielles d'eau, en fond de terrains vallonnés, alimentées naturellement en période de pluies par ruissellement des eaux. »

Une retenue collinaire est une étendue d'eau qui est généralement de petite capacité, destinées à l'agriculture ou à d'autres aménagements (Hecini, 2014).

2.2. Les eaux courantes

Les eaux courantes sont « Celles qui passent d'un lieu à l'autre en suivant une direction plus ou moins régulière et déterminée, comme les fleuves, les rivières, les canaux, les torrents et les ruisseaux. » (Ledru-Rollin, 1846).

Les eaux courantes sont alimentées par les précipitations. Elles se distinguent des eaux stagnantes par le continuum longitudinal de leur cours qui est unidirectionnel et par leur longueur considérable en opposition à leur largeur et à leur profondeur (Griller et Malmqvist, 1998 in Anctil, 2017). Elles tirent leur chaleur du rayonnement solaire et du sol avec lequel elles sont en contact. Les eaux courantes sont des habitats pour de nombreux animaux et végétaux aquatiques (Anctil, 2017).

3. Caractéristiques abiotiques des habitats aquatiques continentaux

La qualité des eaux est déterminée par des «Eléments caractérisant les eaux, des points de vue : physique ; chimique ; physico-chimique et biologique. » (Hecini, 2014).

La qualité physico-chimique des eaux est une « Qualité obtenue en fonction de différents indicateurs physiques et chimiques. » (Hecini, 2014).

La pollution de l'eau est une « Introduction, directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'eau, susceptibles de contribuer ou de causer : un danger pour la santé de l'homme, des détériorations aux ressources biologiques, aux écosystèmes ou aux biens matériels. » (Hecini, 2014).

Dans cette partie, nous établirons une revue sur les paramètres physico-chimiques des eaux de surface stagnantes en concordance avec l'intitulé de ce mémoire :

La conductivité

La conductivité d'une eau est sa capacité à conduire plus ou moins bien un courant électrique la traversant (Hecini, 2014).

L'oxygène dissous

La présence de l'oxygène dissous dans les eaux est primordiale pour la vie aquatique. Il s'agit d'un paramètre d'une extrême importance pour apprécier l'impact d'une pollution organique. En effet, les bactéries dites « aérobies » (c'est-à-dire qui se développent en présence de l'air) consomment l'oxygène de l'eau pour dégrader la matière organique (Le Pimpec et al., 2002).

Les matières en suspension

La teneur et la composition des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les plans d'eau (sables, boues, particules organiques, plancton, etc.) ; elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets, etc (Rodier et *al.*, 2009).

Le potentiel hydrogène

Le potentiel hydrogène « pH » est l'une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Celui-ci est représentatif de la concentration en ions H⁺ (hydrogène) dans l'eau. Le pH des eaux de surface est mesuré in situ (sur le terrain) à l'aide d'un pH-mètre (Hecini, 2014).

La salinité

La salinité d'une eau représente la quantité totale des sels présents dans cette eau (Chaumeton, 2008).

La température

La température joue un rôle important dans le cycle de l'eau. En effet, ce paramètre contribue à l'évaporation de l'eau (Lamy, 1995). Les élévations de température supérieures à 4 °C peuvent être nuisibles pour les espèces aquatiques (Rodier et *al.*, 2009).

La turbidité

La turbidité est représentative de la transparence d'une eau. Cette transparence peut être affectée par la présence de particules fines en suspension qui rendent l'eau « trouble », à l'exemple des limons, des argiles, des micro-organismes, ect. (Rodier et *al.*, 2009 ; Hecini, 2014).

4. Caractéristiques biotiques des habitats aquatiques continentaux

4.1. Faune et flore typiques des habitats aquatiques continentaux

En fonction des besoins en eau des organismes aquatiques, on distingue selon Dajoz (2006) :

- Les espèces aquatiques : Elles vivent en permanence dans l'eau. Ex. Les poissons
- Les espèces hygrophiles : Elles vivent dans les milieux humides. Ex. Les amphibiens
- Les espèces xérophiles : Elles vivent dans des milieux secs dont le déficit en eau est permanent. Ex. Les lichens.

En fonction des milieux aquatiques étudiés, on distingue :

Les lacs abritent les communautés suivantes d'après Lévêque (1996) :

- La communauté pélagique : Concerne les eaux suffisamment profondes pour être dépourvues de végétation émergée. Elle est constituée d'algues et d'animaux de petite taille qui vivent en suspension dans l'eau.
- La communauté benthique : Contient des organismes vivants sur ou à proximité du fond, à l'exemple des mollusques.
- La communauté littorale : Borde les zones de bordure peu profondes des systèmes aquatiques, à l'exemple des roseaux.

Les mares temporaires renferment une faune et une flore diversifiée. Elles peuvent héberger des plantes aquatiques flottantes ou fixées, des amphibiens, des reptiles, des insectes, des oiseaux migrateurs ou résidents...etc. (Barnaud et Fustec, 2007). Ces plans d'eau constituent des lieux de reproduction privilégiés pour les amphibiens, dans la mesure où elles sont généralement isolées et peu occupées par les prédateurs (poissons, serpents aquatiques, oiseaux). Ces milieux sont également riches en phyto et zooplancton consommés par les larves. Les mares offrent une végétation aquatique abondante propice au dépôt des pontes (Cheylan in Grillas et *al.*, 2004).

4.2. Peuplement amphibien

Les amphibiens ou batraciens constituent une classe de vertébrés tétrapodes dans le règne animal appelée scientifiquement « *amphibia* ». Ces animaux sont poïkilothermes (à sang froid), cela veut dire que leur température corporelle s'adapte à celle de leur environnement. Ils entrent en hibernation lorsque la température de leur milieu descend à 0°C ils s'enfoncent ainsi dans la terre ou dans la vase et ne ressortent qu'au printemps (Dolder et Dolder- Pippke, 2010). Ils possèdent une peau particulièrement sensible, perméable et qui doit toujours rester humide. La peau de la plupart de ces animaux renferme des glandes venimeuses, pouvant sécréter une substance blanche ou jaunâtre à l'action très corrosive sur les muqueuses et servant de protection contre les prédateurs (Ramade, 2008 ; Dolder et Dolder- Pippke, 2010).

Les amphibiens ont besoin de deux biotopes (ou milieux) pour vivre. L'eau dans laquelle les amphibiens pondent leurs œufs constitue le premier biotope, ils donneront des « têtards » pour les anoues et des « larves » pour les urodèles qui respirent par des branchies. La terre ferme constitue le second milieu de vie pour les amphibiens. Ils s'y installent après le développement de leurs poumons (Dolder et Dolder- Pippke, 2010).

Les batraciens sont importants pour l'homme, ils maintiennent l'équilibre des écosystèmes aquatiques et terrestres. Ce sont des prédateurs, ils régulent les populations

d'insectes qu'ils consomment. Leurs larves et leurs têtards constituent des proies qui permettent à d'autres animaux de vivre. Enfin, le poison contenu dans leur peau est utilisé par les industries pharmaceutiques pour la production d'antibiotiques et d'analgésiques. Leur extinction provoquerait donc une perte considérable pour la biodiversité (Miller et Spoolman, 2016).

Les amphibiens sont des indicateurs biologiques (ou bio-indicateurs). Ils renseignent sur les changements qui affectent leurs milieux de vie. Ils peuvent être menacés par :

- La destruction de leurs habitats (Miller et Spoolman, 2016).
- La pollution de l'air ou de l'eau (Miller et Spoolman, 2016).
- Les changements climatiques (Miller et Spoolman, 2016).

Les amphibiens réagissent fortement aux changements, même mineurs, de leurs deux habitats. Cela est dû à la perméabilité de leur peau qui absorbe rapidement les substances chimiques, comme les engrais, les pesticides ou encore les métaux lourds. Cette particularité provoque une importante baisse du nombre de populations d'amphibiens qui sont menacés par l'extinction de leurs populations (Dolder & Dolder- Pippke, 2010 ; Halliday, 2013).

Le cycle de vie des amphibiens leur permet de transférer des polluants du milieu aquatique au milieu terrestre et vice-versa engendrant la contamination de la chaîne alimentaire des deux types de milieux (Patar et *al.*, 2016).

Au cours de leur évolution, les amphibiens se sont différenciés en trois ordres distincts par leurs formes, leur corps et les modes de développement de leurs membres :

- Les Gymnophiones ou « *Gymnophiona* » : Ordre d'amphibiens apodes qui ressemblent à des vers. Ils ont un mode de vie reculé (Dolder et Dolder- Pippke, 2010).
- Les Urodèles ou « *Caudata* » : Ordre d'Amphibiens qui possèdent un corps allongé et une queue, et la plupart ont 4 pattes. Ils se déplacent en courant. A l'exemple des salamandres et des tritons (Dolder et Dolder- Pippke, 2010).
- Les Anoures ou « *Anura* » : Ordre d'Amphibiens qui ne possèdent pas de queue après leur métamorphose en animal terrestre. Ils se déplacent en sautant. A l'exemple des grenouilles, des crapauds et des rainettes (Dolder et Dolder- Pippke, 2010).

5. Impact des activités humaines sur les milieux aquatiques

La notion de pollution de l'eau désigne un état qualitatif d'impuretés et de manque de propreté des eaux hydrologiques d'une région. Cet état résulte d'un événement ou processus qui affecte la santé humaine et engendre des effets sur l'environnement (Preul, 2000).

Parmi les activités humaines qui affectent les milieux aquatiques, on distingue :

- La pollution industrielle : Les industries rejettent des eaux polluées, parfois directement dans les plans d'eau. Ces rejets sont, dans la plupart des cas, toxiques vis-à-vis des organismes aquatiques et de l'homme par la boisson d'une eau contaminée et la consommation d'animaux et de végétaux souillés (Engelhardt et al., 1998).
Parmi les industries génératrices d'eaux usées figurent : Les fabriques de textiles – Les mines – Les aciéries – Les hôpitaux – etc. (Engelhardt et al., 1998).
Parmi les polluants d'origine industrielle retrouvés dans les plans d'eau figurent :
Les métaux lourds – Les hydrocarbures aromatiques polycycliques – Les matières radioactives – etc. (Engelhardt et al., 1998).
- La pollution agricole : L'utilisation des pesticides et des engrais chimiques polluent les plans d'eau, surtout lorsqu'ils sont employés en permanence et en grande quantité (Engelhardt et al., 1998).
- Les pluies acides : Certaines activités de l'homme, comme la combustion du charbon, émettent des particules toxiques dans l'air. Ces dernières peuvent être transportées par les nuages sur des centaines de kilomètres donnant des précipitations appelées « pluies acides » (Engelhardt et al., 1998).
- L'eutrophisation artificielle : Appelée également « eutrophisation culturelle », désigne un déséquilibre des écosystèmes aquatiques stagnants (Lacs, estuaires, ...) dû à un excès de nutriments, provenant des activités humaines (comme le rejet des eaux d'égouts chargés de nitrates (NO_3^-) et de phosphates (H_3PO_4) dans les plans d'eau naturels). C'est un enrichissement des milieux aquatiques par des matières organiques se traduisant par une croissance excessive des algues et une diminution de l'oxygène dissous (Raven et al., 2009).
- La pollution thermique : Les industries utilisent de l'eau dans les processus de refroidissement. A l'issue de cette étape, l'eau chaude est déversée directement dans les plans d'eau, cela engendre des dégâts sur les organismes aquatiques ; en effet lorsque

l'eau se réchauffe, la quantité d'oxygène dissous diminue, ce qui empêche le phénomène d'autoépuration de se dérouler comme il se doit (Engelhardt et *al.*, 1998).

- La pollution par les matières en suspension : Les matières en suspension (ou MES) représentent les sables, les limons, les gravillons et les argiles qui se déposent au fond des plans d'eau. Les matières en suspension diminuent la pénétration de la lumière dans l'eau, apportent des polluants toxiques insolubles et envasent les voies d'eau (Raven et *al.*, 2009).

6. Pollution par les métaux lourds

6.1. Généralités autour des métaux lourds

Les métaux lourds ou les « éléments en trace métalliques », sont des éléments métalliques naturels, dont la masse volumique excède 5 g/cm^3 (5 grammes par centimètre cube) (Melquiot, 2003). Certains métaux sont indispensables à la vie, leur absence provoquerait un dérèglement de l'organisme, à l'exemple du cuivre (Cu), du fer (Fe), du chrome (Cr), du cobalt (Co), du zinc (Zn)...etc. D'autres métaux ne sont pas essentiels à la vie, ils n'ont aucune fonction biologique connue, c'est le cas du plomb (Pb), du cadmium (Cd), du mercure (Hg)...etc. (Athar et Vohora, 1995 ; Pelletier et *al.*, 2004).

Selon Boland (2005), les métaux lourds sont retrouvés dans :

- Les Piles usagées.
- Les eaux usées provenant des tanneries.
- Les eaux usées provenant de la teinture des textiles.
- Les huiles usagées des moteurs à combustion.
- Les gaz d'échappement des véhicules à moteur.

Le règne animal est exposé aux métaux lourds par deux façons ; soit directement par un contact avec les particules de l'air, la boisson d'une eau contaminée, ou indirectement après la consommation de végétaux ou de proies contaminés au préalable par les éléments trace métalliques (Athar et Vohora, 1995). Ces éléments causent une perturbation du système endocrinien induisant une modification de l'homéostasie hormonale (Gueguen et *al.*, 2009).

L'activité sensorielle appelée « *chimio-réception* » est également perturbée par l'action des métaux lourds. C'est une activité qui est très importante pour la survie de nombreuses espèces animales ; les comportements d'évitement des prédateurs, de

reproduction et de dominance impliquent tous l'olfaction (Scott et Sloman, 2004 in Lestaevel et *al.*, 2009).

6.2. Présentation des métaux lourds ciblés par l'enquête de terrain

6.2.1. Aperçu général sur le Plomb

Le plomb de signe chimique « Pb » est un métal lourd naturellement présent dans l'environnement terrestre et aquatique (Amiard, 2011). Il est de couleur gris-bleuâtre, mou qui peut se rayer à l'ongle. Il est peu conducteur de la chaleur et de l'électricité et c'est un métal qui résiste à la corrosion (Bauer, 2002). Les principales caractéristiques du plomb sont définies dans le tableau I. Cet élément n'intervient dans aucun mécanisme biologique. Il convient donc de maintenir aussi basses que possible les concentrations en plomb dans les produits alimentaires, l'air et l'eau afin de limiter ses effets toxiques sur l'homme, les organismes terrestres et aquatiques ainsi que sur l'environnement (Cossa et *al.*, 1993).

Tableau I- Caractéristiques du plomb (Bauer, 2002).

Symbole chimique	Pb
Masse atomique	207.2
Numéro atomique	82
Température de fusion (°C)	327.42
Densité (g/cm ³)	11.35

Les utilisations du plomb sont classées comme suit selon Cossa et *al.*(1993) ; Bauer, (2002) ; Bicocchi et *al.*(2009) ; Amiard, (2011) ; Baird et Cann, (2016). :

- Les produits semi-finis : Le plomb est utilisé pour la fabrication de tuyaux dans l'industrie chimique et le bâtiment, de balles de plomb utilisées pour la chasse appelées « *grenailles de plomb* » qui contaminent la viande du gibier, de fils, de siphons, de radiateurs d'automobiles, de piles, etc.
- Les câbles électriques : Le plomb est utilisé pour l'enrobage des câbles.
- Les accumulateurs : Le plomb est utilisé sous forme de poudre dans les batteries des automobiles et des avions.
- La chimie : Pour la fabrication de produits alimentaires comme le fromage. Le plomb tétra-éthyle de formule $Pb(C_2H_5)_4$ était utilisé dans l'essence des automobiles comme additif aux carburants. Il s'agit d'un produit persistant car sa dégradation est très lente

dans l'environnement et toxique pour les êtres vivants. L'Union européenne l'a interdit depuis l'an 2000.

Le plomb est incriminé dans des intoxications aiguës et chroniques appelées « saturnisme » (Bauer, 2002). Les voies d'absorption de cet élément sont : la voie pulmonaire, la voie digestive et la voie cutanée. Lorsque le plomb est absorbé, il est stocké en premier lieu dans le sang qui le distribue ensuite aux tissus mous comme le cerveau, les reins, la moelle osseuse et les os. Le plomb est un poison toxique qui connaît une bioaccumulation dans les organismes vivants (Bauer, 2002 ; Baird et Cann, 2016).

Le plomb pollue l'atmosphère du fait de son utilisation par les industries chimiques (la métallurgie, la sidérurgie, etc.) (Ramade, 2011).

6.2.2. Aperçu général sur le cuivre

Le mot cuivre de signe chimique « Cu » provient du latin « *cuprum* » que les Romains donnaient à ce métal, en référence à son lieu d'origine, l'île de Chypre d'où provenait la plus grande partie du cuivre consommée à Rome. Le cuivre est assez répandu dans la nature (Weiss, 1894).

Les utilisations du cuivre telles citées par Amiard (2011) sont comme suit :

- La métallurgie.
- L'électronique.
- Les équipements industriels.
- L'automobile.
- L'industrie pétrolière.

Les voies d'absorption du cuivre sont : la voie orale et l'inhalation (Poëy et Philibert, 2000). L'élimination du cuivre de l'organisme se fait par les fèces, les urines et la sueur (Ferland, 2003). La carence en cuivre est rare chez l'humain, mais lorsqu'elle survient, elle se manifeste par une anémie et des anomalies des os (Ferland, 2003). Chez les végétaux elle peut mener à la mort de la plante (Coïc et Coppenet, 1989). La toxicité du cuivre se manifeste par la destruction des globules rouges conduisant à une anémie dite « *hémolytique* », ainsi que par des dommages du foie et des reins. L'excès de cuivre dans le corps humain est rarement d'origine alimentaire mais plutôt dû à la prise de suppléments (Ferland, 2003). Chez les animaux, comme les ovins et les bovins ; elle induit chez eux une anémie hémolytique, des ictères et une nécrose du foie (Coïc et Coppenet, 1989).

6.2.3. Aperçu général sur le zinc

Le zinc est un métal dur, cassant, de teinte bleu-blanc qui appartient à un groupe d'éléments connus sous le nom de « métaux de transition » (Gray, 2006). C'est un constituant naturel de la croûte terrestre (Lew, 2008). Cet élément réagit rapidement au contact de l'oxygène et à l'humidité de l'air. Une mince couche d'oxyde de zinc (ZnO) se forme à sa surface (Gray, 2006). Les principales caractéristiques du zinc sont données dans le tableau II.

Tableau II. Caractéristiques du zinc (Gray, 2006).

Symbole chimique	Zn
Masse atomique	65.39
Numéro atomique	30
Température de fusion (°C)	420
Densité (g/cm ³)	7.133

Les utilisations du zinc sont diverses, la plus importante est la galvanisation. C'est un procédé qui consiste à appliquer une mince couche de zinc sur les surfaces d'objets en acier, comme les véhicules automobiles et les coques des navires. La galvanisation empêche l'acier de rouiller (Gray, 2006). Le zinc est également utilisé :

- Dans la production des peintures, des céramiques, du caoutchouc, des produits de préservation du bois, des colorants, des engrais (Lew, 2008).
- Par les compagnies pharmaceutiques comme ingrédients dans les écrans solaires, les produits pour les éruptions cutanées, les déodorants, les savons, les shampoings antipelliculaires (Lew, 2008).
- Dans les batteries comme celles utilisées pour alimenter les véhicules électriques (Gray, 2006).

Le zinc est un oligo-élément important pour la santé des organismes. Ce minéral est nécessaire pour une peau et des os sains, il aide à garder le bon fonctionnement des sens (l'odorat et le goût) et il joue un rôle important dans le système immunitaire (Lew, 2008).

Le mécanisme de régulation homéostatique prévient habituellement l'intoxication au zinc (un événement plutôt rare), alors qu'une déficience du métal peut être une source plus fréquente de troubles chez les mammifères (Miller, 1970 in Markert et Friese, 2000). Il est

responsable d'une toxicité aigüe, par l'inhalation de fumées ou de poussières contenant du zinc entraînant une sécheresse de la gorge, une toux, de la fièvre, des nausées et des vomissements, et d'une toxicité chronique qui cause de l'anémie, des dommages au pancréas et des taux plus faibles de cholestérol à lipoprotéines de haute densité (HDL - la bonne forme de cholestérol) (Singh, 2005). Le zinc est libéré dans l'environnement par des processus naturels, mais l'apport par les activités humaines est plus important. Le zinc s'associe au sol, aux sédiments et aux particules de poussière dans l'air et il peut se déplacer dans la nappe phréatique, dans les lacs, dans les plans d'eau et dans les rivières (Singh, 2005).

7. Modélisation de la répartition potentielle d'une espèce

« La niche écologique est un volume écologique multidimensionnel où chaque dimension correspond à une variable environnementale biotique ou abiotique contraignant la présence de l'espèce. La niche écologique est donc l'ensemble des conditions qui permettent la survie, la reproduction et le maintien d'une espèce ou d'une communauté. » (Hutchinson, 1957 in Pierrat, 2011).

Une niche écologique tient compte de tous les aspects de l'existence d'un organisme ; elle inclut l'environnement local dans lequel il vit ainsi que les facteurs environnementaux comme la température, l'humidité, la lumière, etc qui interagissent avec lui et l'influencent (Raven et *al.*, 2009). Deux catégories de niches écologiques peuvent être définies pour une espèce donnée :

- La niche fondamentale (ou niche théorique) : Elle correspond à l'ensemble des conditions environnementales optimales pour une espèce. On suppose que tous les points de chaque niche fondamentale impliquent une probabilité égale de persistance de l'espèce, et tous les points en dehors de chaque niche, une probabilité nulle de survie de l'espèce concernée (Hutchinson, 1957 ; Phillips et *al.*, 2006 in Pierrat, 2011).
- La niche réalisée : Elle représente la partie de la niche fondamentale réellement occupée par une espèce suite aux contraintes d'ordre biologique (interactions biotiques : prédation, compétition interspécifique, symbiose...), anthropique, géographique (fragmentation de l'habitat sous l'action de barrières physiques et chimiques) et temporel (temps de dispersion nécessaire) (Phillips et *al.*, 2006 in Pierrat, 2011).

Une espèce est définie comme : « Un ensemble d'individus pouvant se reproduire entre eux et dont la descendance reste féconde, dans les conditions naturelles, sur de nombreuses générations » (Mayr, 1942 in Antunes, 2015).

Chaque espèce, animale ou végétale, connaît une distribution géographique déterminée. Cette dernière représente la région qui englobe toutes les localités où l'organisme a été recensé. Elle est également nommée « aire de répartition ». La distribution géographique correspond donc à l'étendue spatiale des occurrences d'une espèce donnée (Antunes, 2015).

La modélisation de la répartition des espèces consiste à estimer leur biogéographie en fonction de leurs occurrences et des paramètres environnementaux à l'aide d'algorithmes prédictifs (Antunes, 2015). Cela permet de déterminer quels facteurs environnementaux semblent les plus importants dans la prédiction d'une distribution particulière d'une espèce et d'évaluer dans quelle mesure plusieurs espèces partagent des réponses communes (Rotenberry et *al.*, 2006).

Les modèles de la répartition des espèces sont une catégorie de méthodes qui utilisent des données d'occurrence en conjonction avec des données environnementales qui répondent aux exigences écologiques des espèces, comme la température, les précipitations, les barrières géographiques, etc (Warren et Seifert, 2011 ; Kaeslin et *al.*, 2012 in Qin et *al.*, 2017).

Pour la modélisation de la répartition des espèces, deux types de modèles sont utilisés : Les modèles « mécanistiques » et les modèles « corrélatifs » (ou empiriques). L'approche corrélative est basée sur les données de distribution, tandis que l'approche mécaniste est entièrement indépendante des données de distribution et repose plutôt sur l'adéquation entre les traits fonctionnels et les conditions environnementales (Kearney et *al.*, 2010 ; Jarnevich et *al.*, 2015). Parmi les modèles corrélatifs, figurent « MaxEnt » pour « *Maximum Entropy* », « GARP » pour « *Genetic Algorithm for Rule-set Prediction* » et « BIOCLIM ». Parmi les modèles mécanistiques figure « Niche Mapper » (Phillips et *al.*, 2006 ; Kearney et *al.*, 2010).

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

Dans ce chapitre, nous présenterons la zone géographique étudiée et la technique utilisée pour le prélèvement de l'eau au niveau des sites retenus. Nous expliquerons également la méthodologie suivie pour le dosage des métaux lourds et la modélisation de la répartition potentielle des amphibiens ciblés.

1. Description de la région d'étude

La zone d'étude dans ce travail, est représentée par la région de Kabylie, précisément par les wilayas de Bejaia et de Tizi-Ouzou (Voir photos Annexe 01). Les sites ciblés sont des plans d'eau : Lacs, mares temporaires et retenues collinaires. La Kabylie se limite au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par Bouira et à l'Est par la plaine d'Annaba (Meddour, 2010 ; Gherzouli, 2013).

Le climat dans toute la Kabylie est de type méditerranéen, pluvieux et froid en hiver, chaud et sec en été. La Kabylie, à l'exception des crêtes sommitales, appartient au domaine nord-africain méditerranéen (Gherzouli, 2013).

Le choix des sites d'étude a été effectué en fonction du type de paysage, de l'altitude et des activités anthropiques (usines, agriculture, ...). Ainsi, un total de seize sites a été retenu dans cette étude dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau III. Des cartes géographiques ont été établies à l'aide du site « Google maps 2018» (<https://www.google.com/maps/>) puis modifiées à l'aide du logiciel « Microsoft PowerPoint 2013 » pour présenter la localisation de ces sites (voir figures 02 et 03).



Figure 02 – Carte géographique représentant la vue globale des sites échantillonnés (Image Google Earth 2018, réalisée par nous-mêmes).

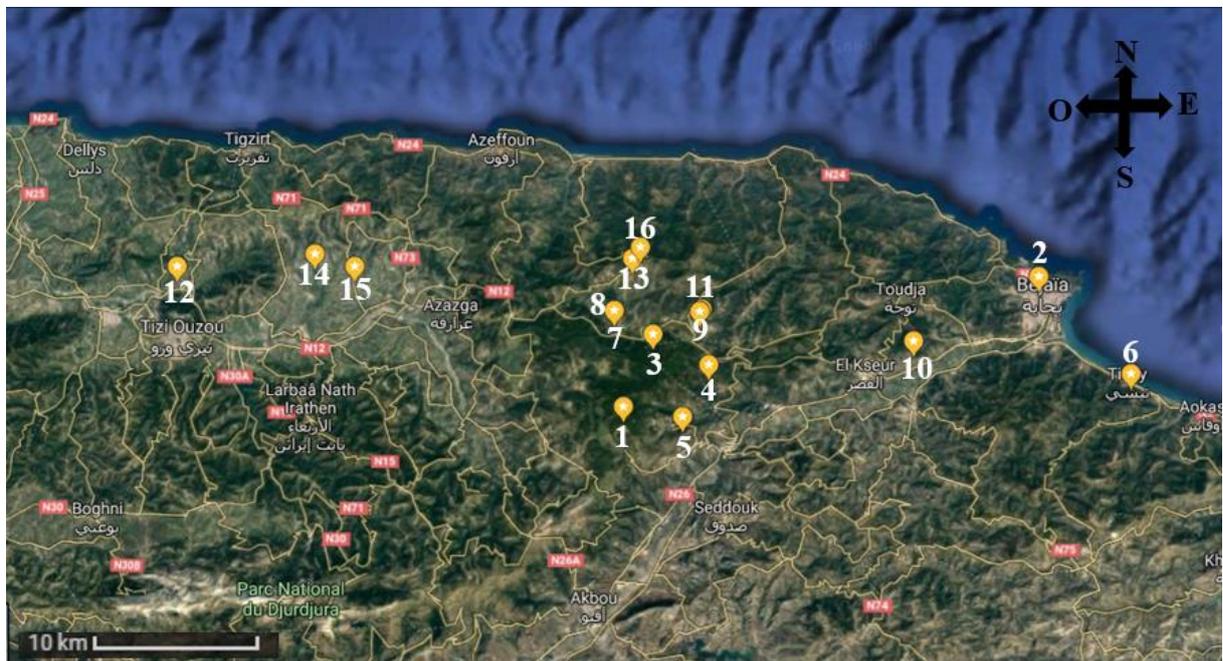


Figure 03– Carte géographique des sites retenus dans le cadre de notre travail.(Image Google Earth 2018, réalisée par nous-mêmes).1 : Lac Antenne. 2 : Lac Mézaia. 3 : Lac Noir. 4 : Lac Tifra. 5 : Mare Tibane. 6 : Mare Tichy. 7 : Mare Ait Yahia1. 8 : Mare Ait Yahia2. 9 : Mare Hellafa. 10 : Retenue El Kseur. 11 : Retenue Hellafa. 12 : Retenue Makouda. 13 : Retenue Boussaada. 14 : Retenue Mahvouva. 15 : Retenue Timizart. 16 : Retenue Zekri.

Tableau III- Caractéristiques géographiques des sites échantillonnés

Wilaya	Sites	Altitude (m)	Latitude (°)	Longitude (°)
Bejaia	Lac Antenne	1 623	36.62867	4.5678
	Lac Mezaia	1	36.750059	5.052532
	Lac Noir	1266	36.69579	4.60207
	Lac Tifra	599	36.66722	4.66611
	Mare Tibane	1092	36.61862	4.6354
	Mare Tichy	239	36.65738	5.1588
	Mare Ait Yahia 1	808	36.71737	4.55657
	Mare Ait Yahia 2	800	36.71785	4.5562
	Mare Hellafa	757	36.71886	4.65792
	Retenue El-Kseur	50	36.68982	4.90565
	Retenue Hellafa	786	36.71711	4.65589
Tizi-Ouzou	Retenue Makouda	91	36.758325	4.044805
	Retenue Boussaada	677	36.76709	4.57808
	Retenue Mahvouva	165	36.77063	4.20694
	Retenue Timizart	175	36.759307	4.252730
	Retenue Zekri	613	36.777722	4.587148

2. Echantillonnage

La période des prélèvements d'eau au niveau des sites retenus dans notre étude, s'est déroulée au printemps, durant les mois de Mars et Avril 2018. La collecte des échantillons d'eau s'est effectuée à l'aide de bouteilles en plastique munies de bouchons en téflon, comme recommandé par Rodier et *al.* (2009). La technique d'échantillonnage consiste à plonger la bouteille dans l'eau et d'effectuer des prélèvements sur plusieurs points du plan d'eau pour que l'échantillon soit homogène. De l'acide nitrique dilué à 1 % est ajouté aux bouteilles d'eau qui sont ensuite étiquetées (le nom du site et la date de prélèvement sont mentionnés sur l'étiquette), puis elles sont mises dans une glacière munie de blocs réfrigérants, pour ne pas détériorer les propriétés des échantillons (Rodier et *al.*, 2009).

La mesure des paramètres physico-chimiques a été effectuée par appareillage électronique à l'aide d'un multi-paramètre de type « HANNA HI 9828 ». La sonde du multi-paramètre est plongée dans l'eau, après un moment (environ 10 min), les résultats sont notés. Ces derniers concernent le pH, la température, la conductivité, la salinité et l'oxygène dissous.

3. Matériel utilisé

Le matériel énoncé dans cette partie concerne l'échantillonnage des plans d'eau, le dosage des métaux lourds et la modélisation de la distribution potentielle des amphibiens ciblés dans notre étude, la liste est comme suit :

- ✓ Acide Nitrique « HNO₃ » 67 % et 1%.
- ✓ Acide Chlorhydrique « HCl » 37 %.
- ✓ Plaque chauffante, bécher de 500 ml et entonnoir.
- ✓ Eau distillée et pissette.
- ✓ Fiole jaugée de 1000 ml, éprouvettes graduées de 100 ml et fioles de 100 ml.
- ✓ Gants, bavette et lunettes de protection.
- ✓ Glacière pour le transport des échantillons et blocs réfrigérants.
- ✓ GPS de marque « GARMIN Monterra ».
- ✓ Multi-paramètre de marque « HANNA HI 9828 ».
- ✓ Papier filtre, ciseaux, feutres et étiquettes.
- ✓ Seringue neuve pour l'ajout de l'HCl aux échantillons d'eau sur le terrain.
- ✓ Spectromètre d'absorption atomique à flammes de type « ICE 3000 Series AA Spectrometer ».
- ✓ Tubes à essai et porte tubes.
- ✓ Logiciel ArcGis version 10.5.
- ✓ Logiciel MaxEnt version 3.4.1.

Le matériel relatif à la rédaction de ce mémoire se résume en :

- ✓ Logiciel Powerpoint.
- ✓ Logiciel Excel.
- ✓ Logiciel word.
- ✓ Logiciel Zotero pour la bibliographie.

4. Méthodes suivies

4.1. Préparation du matériel pour l'échantillonnage des plans d'eau

Les bouteilles utilisées pour la collecte des échantillons d'eau sont plongées, au préalable, dans un mélange constitué d'eau distillée et d'acide nitrique concentré (67%) pendant 48H (ISO, 1986 in Mazrou et Tekili, 2017). La verrerie utilisée pour le traitement des échantillons est lavée avec un détergent puis rincée une première fois à l'eau du robinet, et une seconde fois à l'eau distillée (ISO, 1986 in Mazrou et Tekili, 2017). La distillation de l'eau "imite" le processus naturel d'évaporation. L'eau à distiller est évaporée, et est ainsi débarrassée de toutes ses particules dissoutes et de ses divers polluants. L'eau distillée est utilisée dans de nombreux processus industriels, en chimie, et peut également être consommée dans l'alimentation (Hecini, 2014). Toutes les manipulations ont été effectuées au laboratoire de recherche en Ecologie et Environnement de l'université Abderrahmane Mira-Bejaia, sous une hotte.

4.2. Dosage des métaux lourds

Les échantillons d'eau ont subi une minéralisation suivie d'une filtration avant le dosage des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique à flammes. Les étapes sont présentées comme suit :

★ La minéralisation

La minéralisation est un « Processus de transformation de certains éléments en substances minérales dissoutes au cours d'un traitement chimique en vue d'une analyse ou d'une épuration des eaux résiduaires. » (Hecini, 2014). Cette technique peut se faire par des procédés par voie sèche (four) ou par voie humide (traitement avec des acides). Cette étape est indispensable pour la préparation de très nombreux échantillons, en particulier pour l'absorption et l'émission atomiques. La manipulation classique en récipients ouverts, sous une hotte, dans une atmosphère de vapeurs acides, avec un risque de contamination croisée omniprésent, est une opération longue et fastidieuse (Rouessac et *al.*, 2004).

La minéralisation a été effectuée en prélevant un volume de 100 ml de chaque échantillon qui est ensuite versé dans des fioles de 100 ml. De l'acide chlorhydrique (HCl) 37% y est ajouté avec un volume de 5 ml. Les fioles sont ensuite placées sur une plaque chauffante sur laquelle l'eau a subi une évaporation sans ébullition jusqu'à ce que le volume total diminue pour atteindre les 20ml, à ce niveau, les fioles sont retirées de la plaque chauffante et sont mises sous une hotte (ISO, 1986 in Mazrou et Tekili, 2017).

★ La filtration

Après que les fioles soient refroidies, la solution qu'elles contiennent est versée dans une éprouvette graduée de 100ml à travers un papier filtre, le but étant de débarrasser l'eau de toute impureté pouvant altérer le spectromètre d'absorption atomique. Ensuite, de l'acide nitrique dilué à 1% est versé à travers le même papier filtre dans l'éprouvette jusqu'au trait de Jauge, le but de cette étape est de faire passer les métaux lourds à travers le papier filtre pour que leur concentration ne soit pas faussée (ISO, 1986 in Mazrou et Tekili, 2017).

★ La spectrométrie d'absorption atomique à flammes

La spectrométrie d'absorption atomique est couramment utilisée dans de nombreux laboratoires d'analyse pour la détermination des éléments traces dans les échantillons d'eau (Bartram et Ballance, 1996). Le dosage d'un élément par cette méthode implique que sa concentration soit reliée à l'intensité de l'absorption ou de l'émission lumineuse correspondante. La méthode fait appel aux protocoles classiques avec établissement d'une courbe d'étalonnage à partir de solutions synthétiques. Ensuite une mesure de l'intensité des radiations émises par la fraction des atomes, passés à l'état excité par simple effet thermique, est mesurée. La mesure de l'intensité lumineuse est faite à une longueur d'onde spécifique de l'élément analysé. La quantité d'énergie à la longueur d'onde caractéristique, absorbée dans la flamme, est proportionnelle à la concentration de l'élément dans l'échantillon sur une plage de concentration limitée (Rouessac et *al.*, 2004).

Le spectromètre d'absorption atomique à flammes ayant servi au dosage des trois métaux lourds ciblés par notre étude est de marque « ICE 3000 Series AA Spectrometer » (Figure 04). La flamme utilisée est de type : Acétylène/Air qui n'excède généralement pas les 2600°C selon Rouessac et *al.* (2004). Le dosage des métaux lourds a été effectué au laboratoire pédagogique n°11 de l'université A. Mira-Bejaia.



Figure 04- Spectromètre d'absorption atomique à flammes utilisé dans notre travail.

4.3. Modélisation de la répartition potentielle des amphibiens

Le modèle de niche écologique est généralement utilisé dans quatre cas qui sont les suivants selon (Pierrat, 2011) :

- ↳ Estimer les zones géographiques où les conditions environnementales sont favorables au développement de l'espèce (estimation de la niche fondamentale).
- ↳ Estimer les habitats potentiels dans une zone géographique qui n'a pas été échantillonnée (estimation de la distribution potentielle de l'espèce). C'est cet aspect de la modélisation qui est ciblé dans le cadre de ce travail.
- ↳ Estimer les modifications de la distribution d'une espèce au cours du temps, en suivant un scénario du changement environnemental.
- ↳ Estimer le poids de l'environnement sur la distribution réelle par rapport aux interactions biotiques et l'histoire évolutive de l'espèce.

La distribution d'une espèce donnée est déterminée par des facteurs biotiques, abiotiques ainsi que par sa mobilité. Ces facteurs constituent le « Diagramme BAM » (Soberon et Peterson, 2005 in Perotti et *al.*, 2018) qui capture et relie les dimensions environnementales des distributions d'espèces (Peterson et Soberon, 2012 in Perotti et *al.*, 2018). Le modèle BAM comporte trois composantes : la composante B représente les conditions biotiques (comme la disponibilité de nourriture et l'absence d'espèces

concurrentes fortes, etc.), la composante A concerne les conditions abiotiques (par exemple les variables bioclimatiques) et la composante M représente la région du monde qui a été accessible à l'espèce. Ce schéma suppose que les populations stables d'une espèce ne seront trouvées qu'à l'intersection des composantes B, A et M ($B \cap A \cap M$) (Soberon et Peterson, 2005 in Perotti et *al.*, 2018). La modélisation de la distribution potentielle d'une espèce se fait par des modèles statistiques. Le choix du modèle peut se faire en fonction du type de données à traiter (données de présence seule, données de présence/absence, ou données d'abondance) (Pierrat, 2011). Les données de « présence-seule » sont : « Un ensemble de coordonnées géographiques de sites de présence enregistrés pour chaque espèce, ainsi qu'un ensemble de variables environnementales pour chaque région. » (Phillips et Dudik, 2008).

Les espèces d'amphibiens ciblées dans cette étude (Figure 05) ont été sélectionnées en fonction du nombre d'occurrences géo-référencées publiées (voir tableau de l'Annexe 02). Les sept espèces retenues sont présentées comme suit :

1. ***Bufotes boulengeri*** (Lataste, 1879) ou crapaud vert d'Afrique du Nord

Est une espèce qui est retrouvée dans des marécages temporaires, des étangs et des marais salants, des plans d'eau provisoires et permanents, des mares, des fossés routiers, des réservoirs agricoles et des réservoirs de béton (Sicilia et *al.*, 2009).

2. ***Discoglossus pictus*** (Otth, 1837) ou Discoglosse peint

Est un amphibien doté d'une peau brillante avec des verrues sur le dos, le côté dorsal est fortement pigmenté. Il est retrouvé dans les eaux libres légèrement saumâtres, comme les ruisseaux et les petits fossés d'irrigation. En dehors de l'eau, il se repose sous une couverture de terre près des plans d'eau. Le discoglosse peint est retrouvé dans les montagnes humides méditerranéennes. Il estive dans les régions au climat sec et aux eaux temporaires jusqu'au début des pluies d'automne (Schleich et *al.*, 1996).

3. ***Hyla meridionalis*** (Boettger, 1874) ou Rainette méridionale

Est un amphibien decarrure mince et de couleur verte avec une bande sombre sur les yeux arrivant aux épaules. La rainette méridionale préfère vivre dans la végétation dense des marécages, des buissons et des arbres. Les activités nocturnes de l'espèce commencent avec les premières pluies d'automne se retirant dans son refuge durant la journée. Cette espèce est active de février jusqu'à Avril, ensuite elle estive durant l'été (Schleich et *al.*, 1996).

4. *Pelophylax saharicus*(Boulenger, 1913)ou Grenouille verte d’Afrique du Nord

Est une espèce strictement aquatique, retrouvée dans des eaux naturelles et artificielles comme les lacs, les étangs, les flaques d’eau, les mares temporaires et permanentes, les champs inondés, les réservoirs de béton, les fossés agricoles, etc. Même en été de nombreux spécimens se prélassent à plusieurs mètres de l’eau, se tenant sur des pierres particulièrement chaudes (Schleich et *al.*, 1996 ; Sicilia et *al.*, 2009).

5. *Pleurodeles nebulosus* (Guichenot, 1850) ou Triton d’Algérie

Est un amphibien algéro-tunisien endémique à l’Afrique du Nord (Ben Hassine et *al.*, 2013). Cette espèce est très liée à la présence de l’eau stagnante, qu’elle soit temporaire ou permanente (Ben Hassine et *al.*, 2013). Cette espèce effectue une estivation pendant les périodes chaudes et sèches de l’année, en creusant profondément dans le sol parmi les racines des plantes (Amor et *al.*, 2013).

6. *Salamandra algira*(Bedriaga, 1883) ou Salamandre algire

Est une espèce endémique à la méditerranée qui est retrouvée dans les forêts de montagne, en particulier près des grottes, au-dessous de 1500m d’Altitude. Il s’agit d’un amphibien difficile à observer, doté d’un corps allongé avec quelques taches jaunes. Cette espèce ne supporte pas la pollution (Schleich et *al.*, 1996).

7. *Sclerophrys mauritanica*(Schlegel, 1841) ou Crapaud de Mauritanie

Est un crapaud de grande dimension avec une large tête et un museau arrondi. Le crapaud de Mauritanie évite les forêts denses mais habite presque toutes les régions méditerranéennes, sous les pierres et dans les terriers des petits mammifères. Dans les endroits exposés, il creuse des cavités pour se reposer tant que sol est humide et meuble. Cette espèce hiberne dans les régions aux hivers froids et s’évase pendant les mois secs de l’été où les étendues d’eau se dessèchent(Schleich et *al.*, 1996).

Les données d’occurrence utilisées dans ce travail proviennent du site « GBIF » et de la bibliographie. Il s’agit de données de « présence-seule ». Le site internet GBIF ou « Global Biodiversity Information Facility » est une base de données en ligne (<https://www.gbif.org/>) qui procure les données d’occurrence de différentes espèces (Zhang et *al.*, 2018). Les données de présence des espèces d’amphibiens ont été traitées avec l’outil ArcMap du logiciel ArcGis version 10.5 (voir figure 06). Le logiciel ArcGis fournit une plate-forme informatique ouverte pour les cartes et les informations géographiques. Différentes données peuvent être intégrées dans ce logiciel comme l’imagerie satellitaire, la photographie aérienne, les limites administratives, les bâtiments et installations, et plusieurs autres couches de données essentielles.Ce logicielinclut un grand nombre de

fonctions utiles à la modélisation (Harder, 2015). Les données de « présence-seule » sont combinées à des données environnementales afin de réaliser des cartes de distribution potentielle pour une espèce (ou un groupe donné). Ces cartes correspondent à des cartes de préférence environnementale qui définissent les niches écologiques théoriques de l'espèce (ou du groupe). Elles sont complétées par les contributions de chaque paramètre environnemental dans le modèle. Cette analyse peut également permettre de réaliser des cartes prédictives dans le cadre du réchauffement climatique par exemple et des changements susceptibles de l'accompagner (Pierrat, 2011). Les variables environnementales (ou variables bioclimatiques) utilisées sont au nombre de dix-neuf (19). Elles ont été obtenues à partir de la base de données météorologiques mondiale WorldClim (<http://www.worldclim.org/>) (Perotti et al., 2018).

Les modèles de la distribution potentielle des espèces sont obtenus avec le logiciel MaxEnt version 3.4.1 se basant sur la méthode du maximum d'entropie (voir figure 07). Pour obtenir des résultats suffisamment robustes le nombre de pixels de présence des espèces doit être de l'ordre de la vingtaine au minimum (Pierrat, 2011). Pour évaluer la performance du modèle MaxEnt pour chaque espèce, la courbe AUC (Area Under the Curve) de la courbe ROC (Receiver Operating Characteristics) a été utilisée afin d'évaluer l'importance relative des variables environnementales (Perotti et al., 2018).

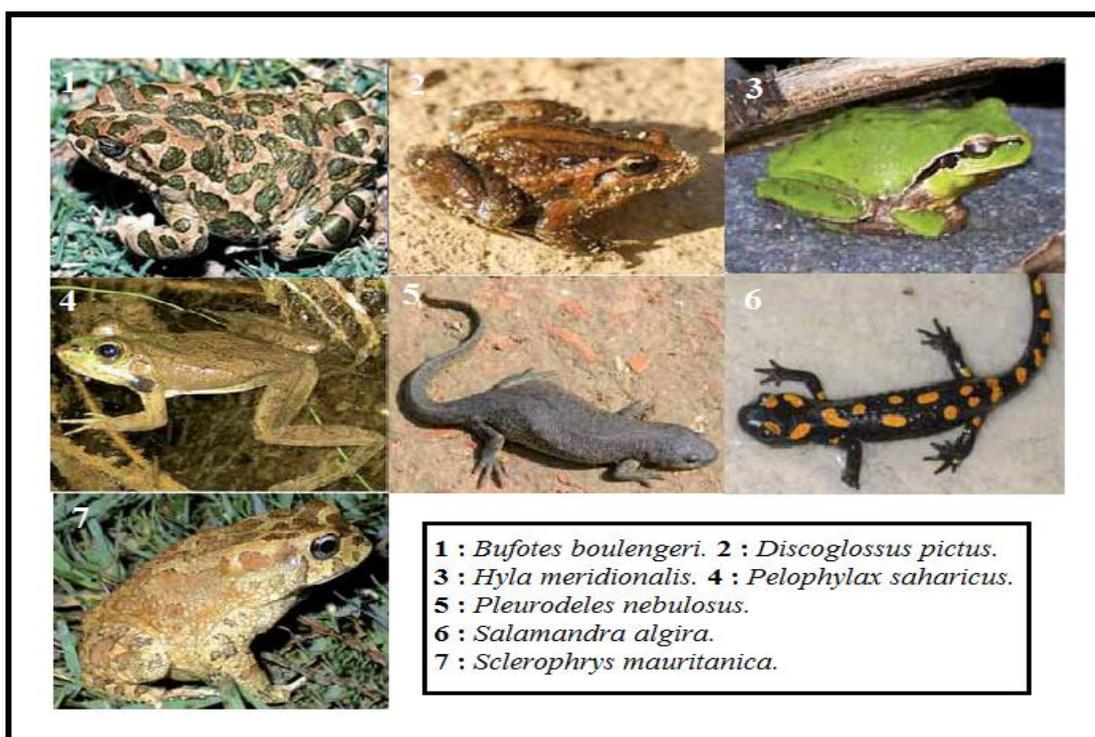


Figure 05- Photos des sept espèces d'amphibiens ciblées dans notre étude (Mateo et al., 2013).

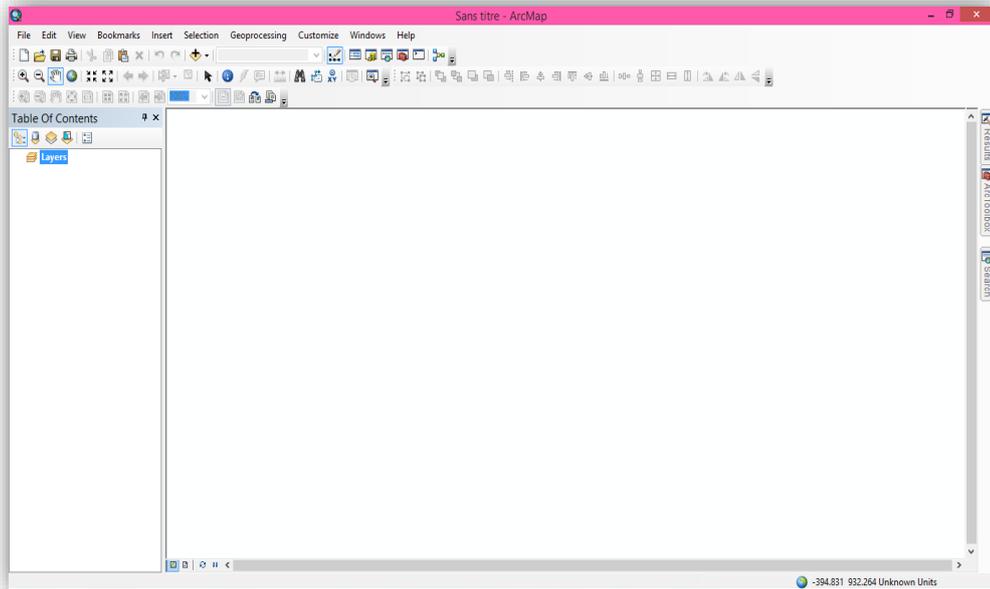


Figure 06- Interface du logiciel ArcMap (Photo prise par nous-mêmes).

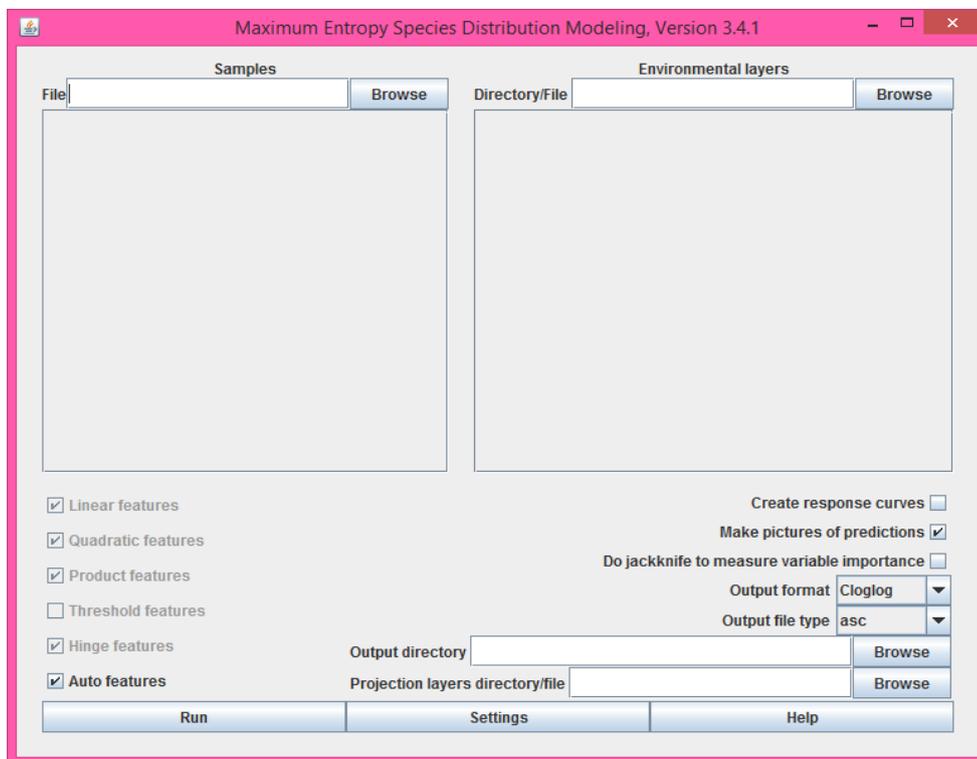


Figure 07- Interface du logiciel MaxEnt (Photo prise par nous-mêmes).

Chapitre 3 : Résultats et discussions

Dans ce chapitre, nous présenterons tous les résultats obtenus dans ce travail ainsi que les discussions autour des paramètres physico-chimiques, des teneurs en métaux lourds dans les sites ciblés et de la modélisation de la distribution potentielle des différentes espèces d'amphibiens étudiées.

1. Résultats des analyses physico-chimiques

L'analyse des paramètres physico-chimiques a été effectuée sur le terrain (in situ) à l'aide d'un multi-paramètre au niveau de seize (16) sites de la région de Kabylie. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau IV.

Tableau IV- Valeurs des paramètres physico-chimiques des plans d'eau échantillonnés.

T : température. °C : degrés Celsius. pH : potentiel hydrogène. PSU : Practical Salinity Unit. µS/cm : microSiemens par centimètre. g/L : grammes par litre. O₂ : oxygène.

Les cellules colorées et en gras représentent les valeurs extrêmes (max-min) des paramètres physico-chimiques.

Sites	T (°C)	pH	salinité (PSU)	Conductivité (µS/cm)	O2 dissous (mg/l)
Lac Antenne	6.65	7.64	0.19	390	34.42
Lac Mézaïa	18.59	8.26	0.41	835	3.28
Lac Noir	12.05	6.87	0.06	122	1.43
Lac Tifra	13.72	6.59	0.16	326	2.1
Mare Ait Yahia1	13.23	6.56	0.12	259	3.82
Mare Ait Yahia2	16.03	6.8	0.03	76	3.14
Mare Hellafa	18.2	8.69	0.1	215	1.91
Mare Tibane	12.48	7.65	0.1	213	2.09
Mare Tichy	14.88	4.92	0.2	415	6.71
Retenue Boussaada	11.49	6.35	0.07	147	2.20
Retenue El-Kseur	15.12	8.5	0.45	906	2.63
Retenue Hellafa	13.65	7.67	0.24	493	1.73
Retenue Mahvouva	16.17	8.92	0.22	449	1.87
Retenue Makouda	21.08	7.41	0.61	1227	1.48
Retenue Timizart	17.43	8	0.55	1108	1.82
Retenue Zekri	13.01	6.88	0.06	124	1.14

Les résultats de la mesure des paramètres physico-chimiques présentent des valeurs distinctes d'un site à un autre, avec des maximums et des minimums pour chaque paramètre mesuré.

2. Résultats du dosage des métaux lourds par SAA à flammes

Les métaux lourds ont été mesurés par spectrométrie d'absorption atomique à flammes (ou SAA à flammes) dans les eaux de surface de la région de Kabylie. Les résultats obtenus à l'issue de cette analyse sont présentés dans le tableau V.

Tableau V–Valeurs des métaux lourds ciblés dans les sites échantillonnés. Les cellules colorées et en gras représentent les valeurs extrêmes des métaux lourds (max-min).

Sites	Zinc (mg/L)	Norme (mg/L)	Cuivre (mg/L)	Norme (mg/L)	Plomb (mg/L)	Norme (mg/L)
Lac Antenne	0.2509	3	0.0566	2	-	-
Lac Mézaia	0.2395	3	0.1156	2	0.0104	0.01
Lac Noir	0.169	3	0.1646	2	0.0049	0.01
Lac Tifra	0.1392	3	0.0217	2	-	-
Mare Ait Yahia 1	0.0678	3	0.0634	2	0.0045	0.01
Mare Ait Yahia 2	0.1723	3	0.0162	2	0.0025	0.01
Mare Hellafa	0.2017	3	-	-	-	-
Mare Tibane	0.0755	3	0.0758	2	-	-
Mare Tichy	0.2445	3	0.1762	2	-	-
Retenue Boussaada	0.0342	3	0.0145	2	-	-
Retenue El-Kseur	0.1358	3	-	-	0.005	0.01
Retenue Hellafa	0.0753	3	-	-	-	-
RetenueMahvouva	2	3	0.0689	2	0.0128	0.01
RetenueMakouda	0.0803	3	0.1378	2	-	-
Retenue Timizart	0.121	3	-	-	0.0159	0.01
Retenue Zekri	0.1532	3	0.0024	2	0.0088	0.01

Les résultats du dosage des métaux lourds présentent des valeurs distinctes d'un site à un autre, avec des maximums et des minimums pour chaque métal dosé.

3. Résultats de la modélisation de la répartition potentielle des amphibiens

La modélisation de la distribution potentielle des amphibiens a porté sur sept (07) espèces précédemment décrites dans le chapitre II (Matériel et méthodes). Ce sont les espèces pour lesquelles il y a suffisamment de données d'occurrences, ce qui permet d'obtenir des résultats suffisamment robustes avec MaxEnt (Pierrat, 2011). Le logiciel MaxEnt a fourni une carte de distribution potentielle pour chaque espèce ainsi que les courbes de réponse écologique des espèces aux variables environnementales.

Les valeurs de l'AUC (Area Under the Curve) obtenue avec MaxEnt ainsi que les variables bioclimatiques qui influencent le plus les modèles de distribution potentielle des espèces sont présentées dans le tableau VI. La signification des variables bioclimatiques est donnée dans le tableau VII.

Tableau VI- Valeurs de l'AUC et les variables environnementales retenues

Espèces	AUC	Variables bioclimatiques
<i>Bufo boulengeri</i>	0.877	bio_02
<i>Discoglossus pictus</i>	0.86	bio_19 - bio_02 – bio_06
<i>Hyla meridionalis</i>	0.877	bio_13- bio_02 - bio_15
<i>Pelophylax saharicus</i>	0.828	bio_02 – bio_04 – bio_06
<i>Pleurodeles nebulosus</i>	0.971	bio_19– bio_11
<i>Salamandra algira</i>	0.954	bio_13– bio_02
<i>Sclerophrys mauritanica</i>	0.876	bio_19 – bio_02 – bio_06

Tableau VII. Signification des variables bioclimatiques (Fick et Hijmans, 2017).

Variables bioclimatiques	Signification
bio_01	Température moyenne annuelle
bio_02	Amplitude thermique quotidienne moyenne
bio_03	Isothermalité (BIO2 / BIO7) (* 100)
bio_04	saisonnalité de la température (écart-type * 100)
bio_05	Température maximale du mois le plus chaud
bio_06	Température minimale du mois le plus froid
bio_07	Amplitude annuelle des températures (BIO5-BIO6)
bio_08	Température moyenne du trimestre le plus humide
bio_09	Température moyenne du trimestre le plus sec
bio_10	Température moyenne du trimestre le plus chaud
bio_11	Température moyenne du trimestre le plus froid
bio_12	Total des précipitations annuelles
bio_13	Précipitation du mois le plus humide
bio_14	Précipitation du mois le plus sec
bio_15	Saisonnalité des précipitations (coefficient de variation)
bio_16	Précipitation du trimestre le plus humide
bio_17	Précipitation du trimestre le plus sec
bio_18	Précipitation du trimestre le plus chaud
bio_19	Précipitation du trimestre le plus froid

Bufotes boulengeri

La variable environnementale qui a contribué le plus à l'élaboration du modèle de prédiction de la distribution de *Bufotes boulengeri* est bio_02 avec 89.1%.

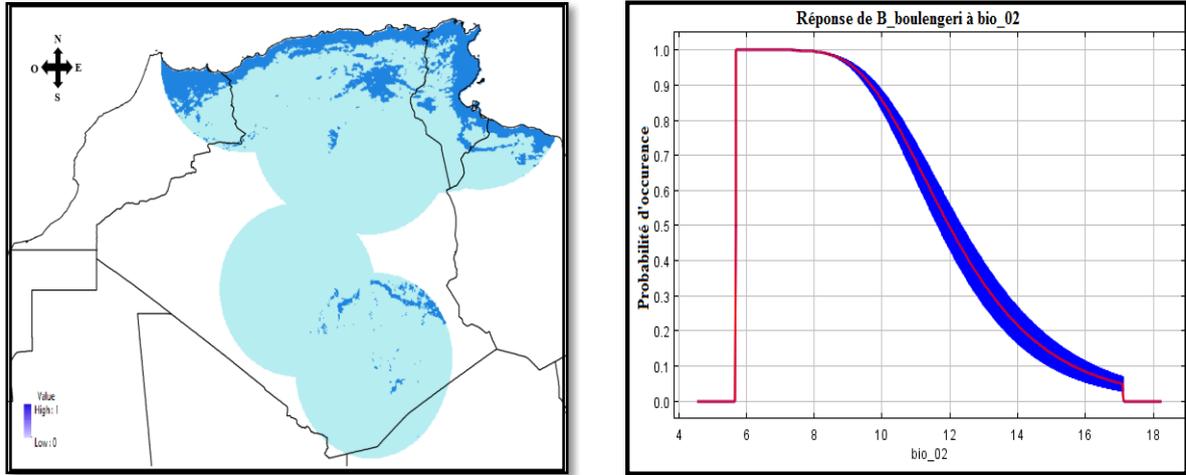


Figure 08- Carte de distribution potentielle de *Bufotes boulengeri* et sa courbe de réponse écologique à bio_02 (Réalisées par nous-mêmes).

La figure 08 montre la carte de distribution potentielle de *Bufotes boulengeri* sur une échelle régionale. La zone ciblée concerne l'Algérie, le Maroc et la Tunisie. La probabilité de trouver cette espèce augmente au nord des trois pays et diminue au sud. En effet, la coloration foncée coïncide avec les régions à forte probabilité d'occurrence et la coloration claire correspond à la faible probabilité de trouver l'espèce.

La variable bio_02 correspond à « l'amplitude thermique quotidienne moyenne ». La probabilité d'occurrence de l'espèce diminue avec l'augmentation de l'amplitude thermique quotidienne moyenne ; la probabilité maximale de retrouver l'espèce (0.99) est atteinte lorsque l'amplitude thermique quotidienne moyenne atteint une valeur d'environ 9°C et la probabilité minimale de retrouver l'espèce (inférieure à 0.1) est atteinte lorsque l'amplitude thermique quotidienne moyenne atteint une valeur d'environ 17°C.

Discoglossus pictus

Les variables environnementales qui ont contribué le plus à l'élaboration du modèle de prédiction de la distribution de *Discoglossus pictus* sont bio_19 avec 35.8%, bio_02 avec 27.4% et bio_06 avec 23.5% (voir figure 09).

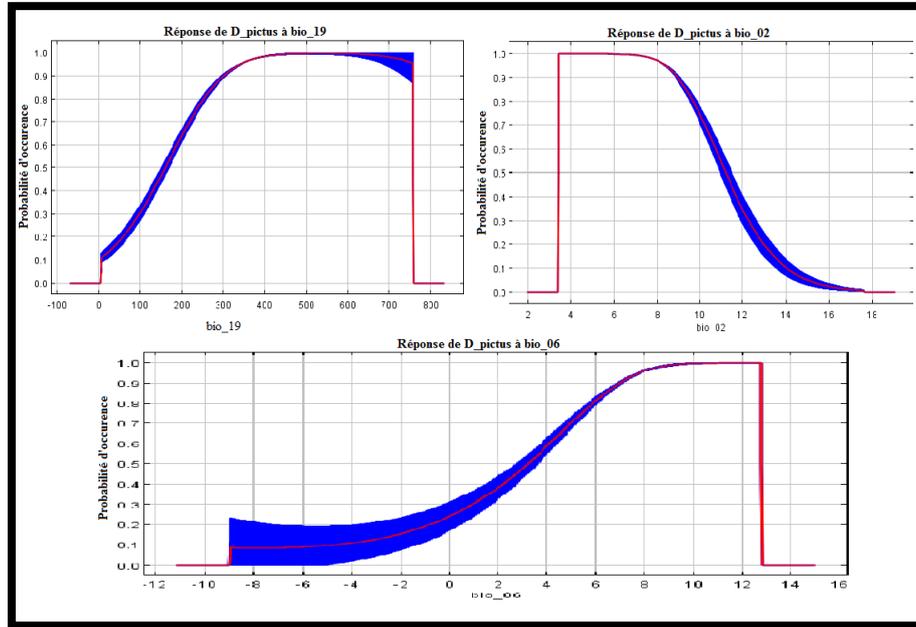


Figure 09-Courbe de réponse écologique de *Discoglossus pictus* à bio_19, bio_02 et bio_06 (Réalisées par nous-mêmes).

La figure 09 met en évidence les courbes de réponse écologique de l'espèce *Discoglossus pictus* aux variables environnementales bio_19, bio_02 et bio_06. Concernant la variable bio_19 la probabilité d'occurrence de l'espèce augmente en fonction de l'augmentation des «précipitations du trimestre le plus froid»(bio_19) ; la probabilité minimale de retrouver l'espèce (inférieure à 0.2) est atteinte lorsque les précipitations du trimestre le plus froid atteignent les 0 mm et la probabilité maximale de retrouver l'espèce (1.0) est atteinte lorsque les précipitations du trimestre le plus froid atteignent environ 750mm.

Pour la variable bio_02 la probabilité d'occurrence de l'espèce diminue avec l'augmentation de « l'amplitude thermique quotidienne moyenne » (bio_02) ; la probabilité maximale de retrouver l'espèce (environ 0.95) est atteinte lorsque l'amplitude thermique quotidienne moyenne atteint les 9°C et la probabilité minimale (0.0) est atteinte lorsque l'amplitude thermique quotidienne moyenne atteint presque les 18°C.

Concernant la variable bio_06, la probabilité d'occurrence de l'espèce augmente avec l'augmentation de la « température minimale du mois le plus froid » (bio_06) ; la probabilité minimale (inférieure à 0.3) est atteinte lorsque la température minimale du mois le plus froid atteint les -9°C et la probabilité maximale de retrouver l'espèce (1.0) est atteinte lorsque la température minimale du mois le plus froid est d'environ 9°C .

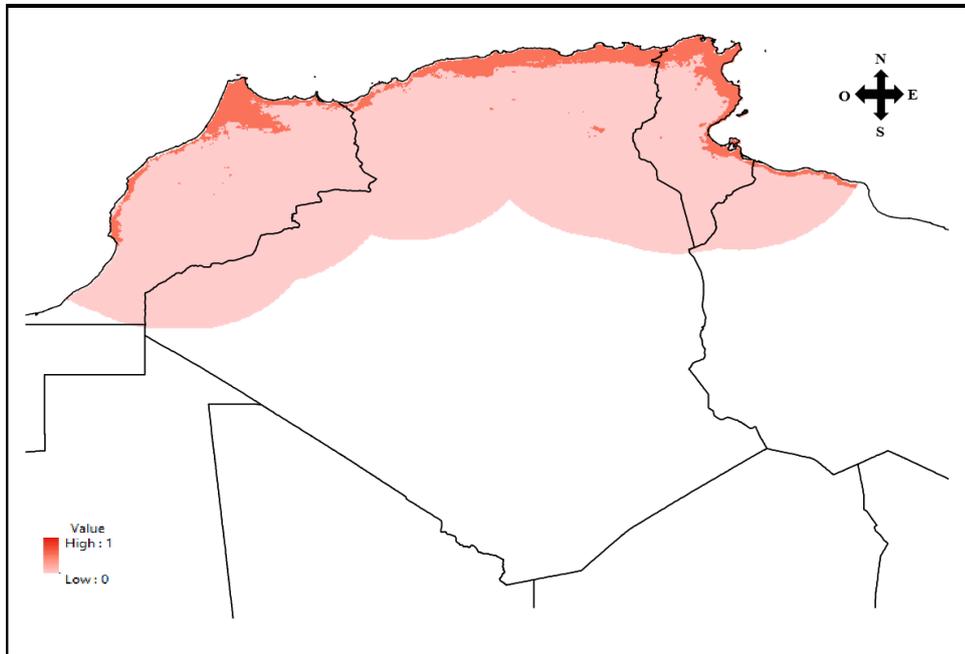


Figure 10– Carte de distribution potentielle du *Discoglossus pictus* (Réalisée par nous-mêmes).

La figure 10 montre la carte de distribution potentielle du *Discoglossus pictus* sur une échelle régionale concernant l'Algérie, le Maroc et la Tunisie. La probabilité de trouver cette espèce augmente au nord des trois pays et est presque nulle au sud. Effectivement, la coloration foncée coïncide avec les régions à forte probabilité d'occurrence et la coloration claire correspond à la faible probabilité de trouver l'espèce.

Hyla meridionalis

La carte de distribution potentielle de l'espèce *Hyla meridionalis* est présentée dans la figure 11.

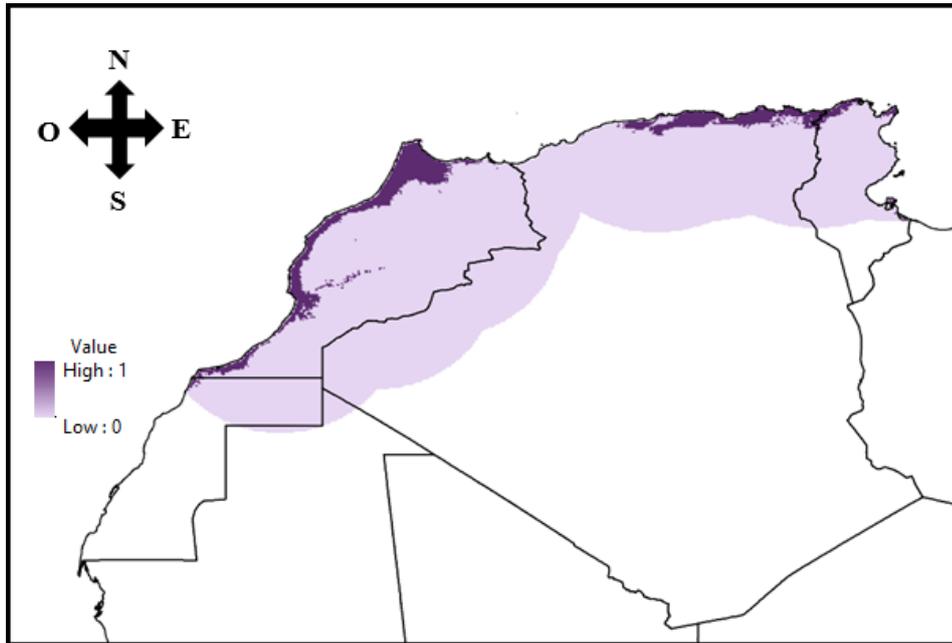


Figure 11-Carte de distribution potentielle de *Hyla meridionalis* (Réalisée par nous-mêmes).

La distribution potentielle de *Hyla meridionalis* est donnée sur une échelle régionale qui englobe l'Algérie, le Maroc et la Tunisie. La coloration foncée sur la carte coïncide avec les régions à forte probabilité d'occurrence et la coloration claire correspond à la faible probabilité de trouver l'espèce. En effet, la probabilité de trouver cette espèce augmente au nord des trois pays et est nulle au sud.

Les variables environnementales qui ont contribué le plus à l'élaboration du modèle de prédiction de la distribution de *Hyla meridionalis* sont bio_13 avec 39.4%, bio_02 avec 30.3% et bio_15 avec 27.6% (voir figure 07).

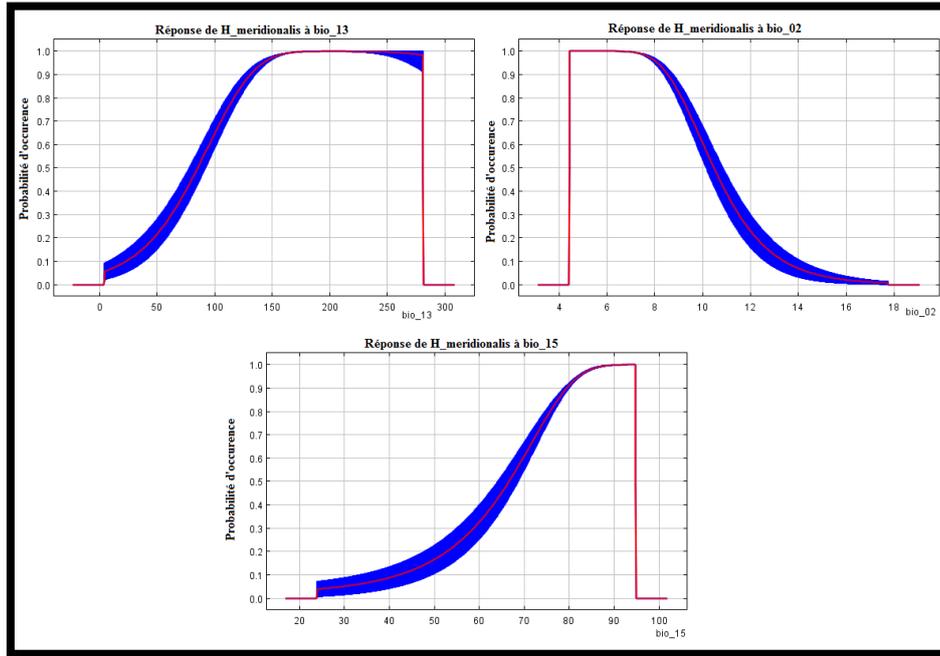


Figure 12-Courbe de réponse écologique de *Hyla merionalis* à bio_13, bio_02 et bio_15 (Réalisées par nous-mêmes).

La variable bio_13 représente les « précipitations du mois le plus humide ». La probabilité d'occurrence de l'espèce augmente en fonction de l'augmentation des précipitations du mois le plus humide ; la probabilité minimale de retrouver l'espèce (0.1) est atteinte lorsque les précipitations du mois le plus humide dépassent légèrement les 0 mm et la probabilité maximale de retrouver l'espèce (1.0) est atteinte lorsque les précipitations du mois le plus humide atteignent environ les 280 mm.

La variable bio_02 représente « l'amplitude thermique quotidienne moyenne ». La probabilité d'occurrence de l'espèce diminue avec l'augmentation de l'amplitude thermique quotidienne moyenne ; la probabilité maximale de retrouver l'espèce (0.99) est atteinte lorsque l'amplitude thermique quotidienne moyenne atteint environ 8°C et la probabilité minimale de retrouver l'espèce (0.0) est atteinte lorsque l'amplitude thermique quotidienne moyenne atteint environ les 18°C.

La variable bio_15 représente la « saisonnalité des précipitations ou coefficient de variation des précipitations ». La probabilité d'occurrence de l'espèce augmente avec l'augmentation de la saisonnalité des précipitations ; la probabilité minimale (inférieure à 0.1) est atteinte lorsque la saisonnalité des précipitations atteint les 25 % et la probabilité maximale de retrouver l'espèce (environ 1.0) est atteinte lorsque la saisonnalité des précipitations est d'environ 90 %.

Pelophylax saharicus

Les variables environnementales qui ont contribué le plus dans l'élaboration du modèle de prédiction de la distribution du *Pelophylax saharicus* sont bio_02 avec 64.6 %, bio_04 avec 13.8 % et bio_06 avec 10.9 % (voir figure 13).

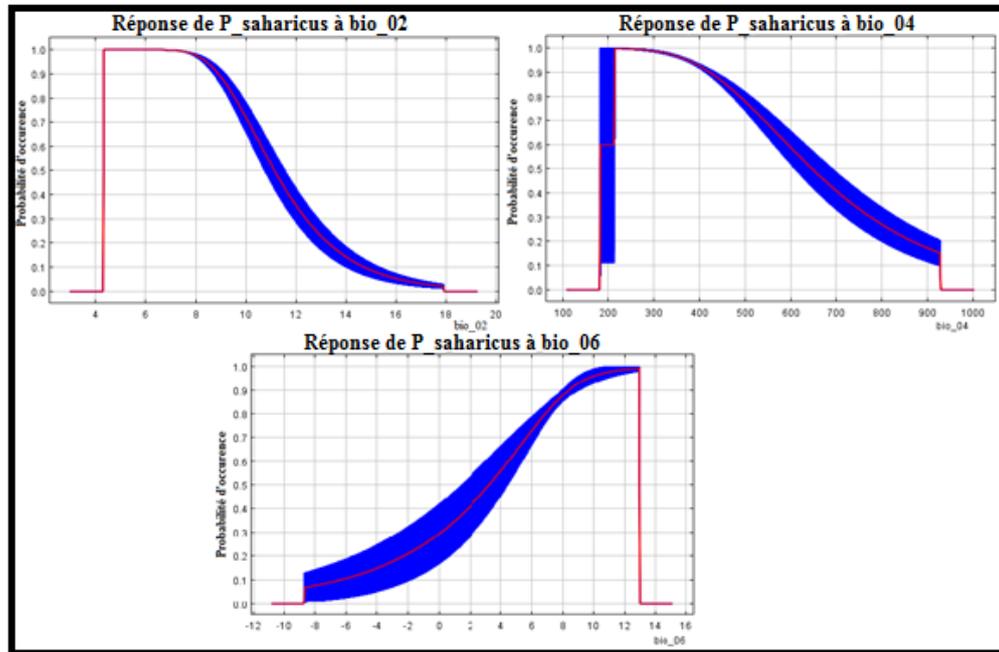


Figure 13-Courbes de réponse écologique de *Pelophylax saharicus* à bio_02, bio_04 et bio_06 (Réalisées par nous-mêmes).

Pour la variable bio_02 la probabilité d'occurrence de l'espèce diminue en fonction de l'augmentation de « l'amplitude thermique quotidienne moyenne » (bio_02) ; la probabilité maximale de retrouver l'espèce (0.99) est atteinte lorsque l'amplitude thermique quotidienne moyenne atteint les 8°C et la probabilité minimale de retrouver l'espèce (inférieure à 0.1) est atteinte lorsque l'amplitude thermique quotidienne atteint les 18°C.

Pour la variable bio_04 la probabilité d'occurrence de l'espèce diminue avec l'augmentation de « la saisonnalité de la température ou coefficient de variation de la température » (bio_04) ; la probabilité maximale de retrouver l'espèce (1.0) est atteinte lorsque la saisonnalité de la température atteint les 200°K (-73.15°C) et la probabilité minimale de retrouver l'espèce (0.1) est atteinte lorsque la saisonnalité de la température atteint les 900°K (626.85°C).

Pour la variable bio_06 la probabilité d'occurrence de l'espèce augmente avec l'augmentation « la température minimale du mois le plus froid » (bio_06) ; la probabilité

minimale de retrouver l'espèce (inférieure à 0.2) est atteinte lorsque la température minimale du mois le plus froid est en dessous de -8°C et la probabilité maximale de retrouver l'espèce (1.0) est atteinte lorsque la température minimale du mois le plus froid atteint les 13°C .

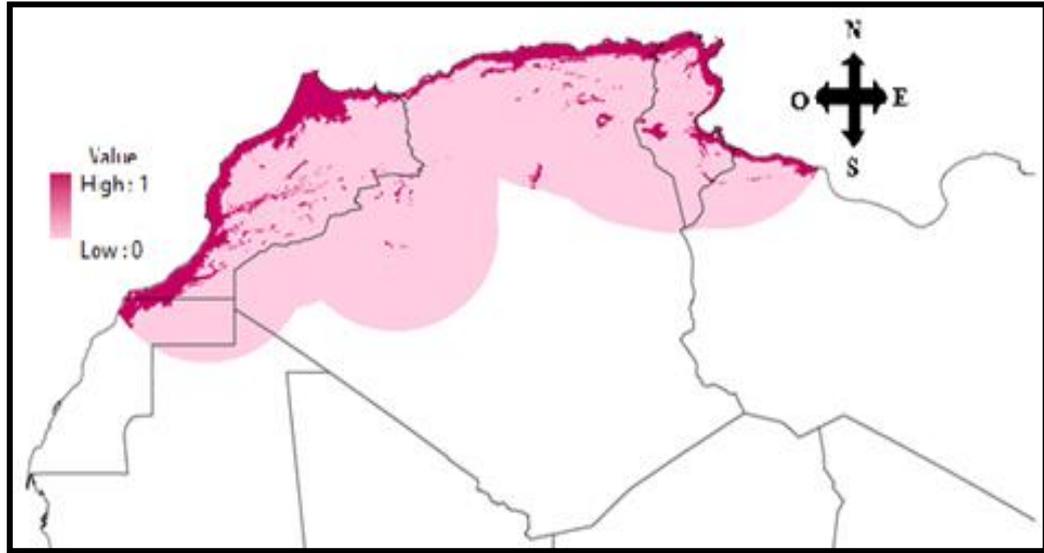


Figure 14– Carte de distribution potentielle du *Pelophylax saharicus* (Réalisée par nous-mêmes).

La figure 14 montre la carte de distribution potentielle du *Pelophylax saharicus* sur une échelle régionale. La zone ciblée dans le cadre de ce travail concerne l'Algérie, le Maroc et la Tunisie. La probabilité de trouver cette espèce augmente au nord des trois pays et diminue au sud. En effet, la coloration prononcée représente les régions à forte probabilité d'occurrence et la coloration claire correspond à la faible probabilité de trouver l'espèce.

Pleurodeles nebulosus

La carte de distribution potentielle de l'espèce *Pleurodeles nebulosus* est présentée dans la figure 15.

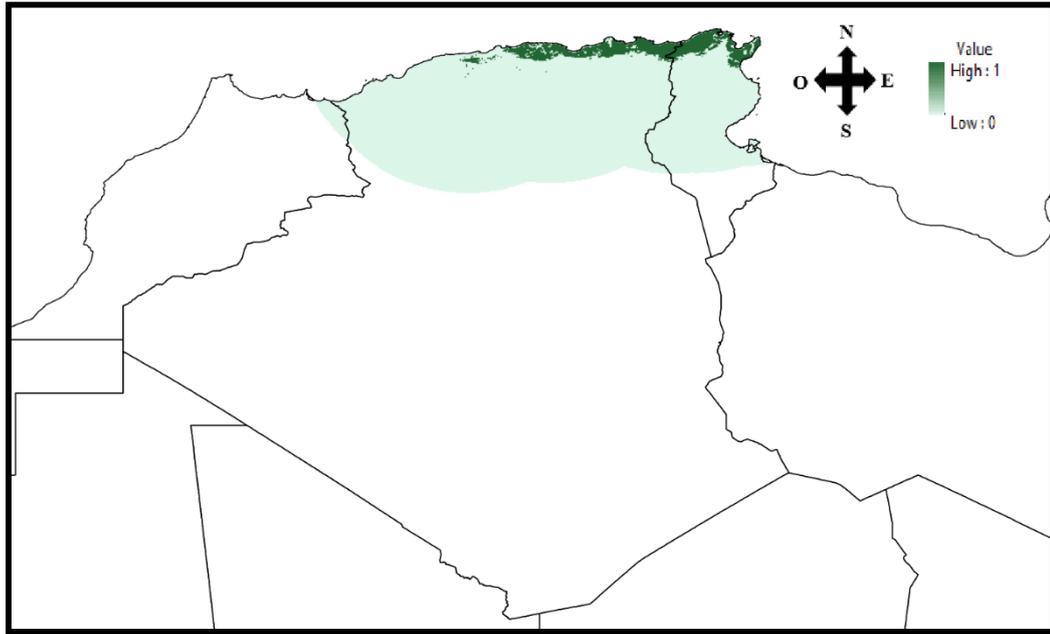


Figure 15– Carte de distribution potentielle du *Pleurodeles nebulosus* (Réalisée par nous-mêmes).

La distribution potentielle du *Pleurodeles nebulosus* est donnée sur une échelle régionale qui englobe l'Algérie, le Maroc et la Tunisie. La coloration foncée sur la carte représente les régions à forte probabilité d'occurrence et la coloration claire représente les zones à la faible probabilité de trouver l'espèce. En effet, la probabilité de trouver cette espèce augmente au nord des trois pays et est nulle au sud.

Les variables environnementales qui ont contribué le plus à l'élaboration du modèle de prédiction de la distribution potentielle du *Pleurodeles nebulosus* sont bio_19 avec 69.3% et bio_11 avec 11.6% (voir figure 16).

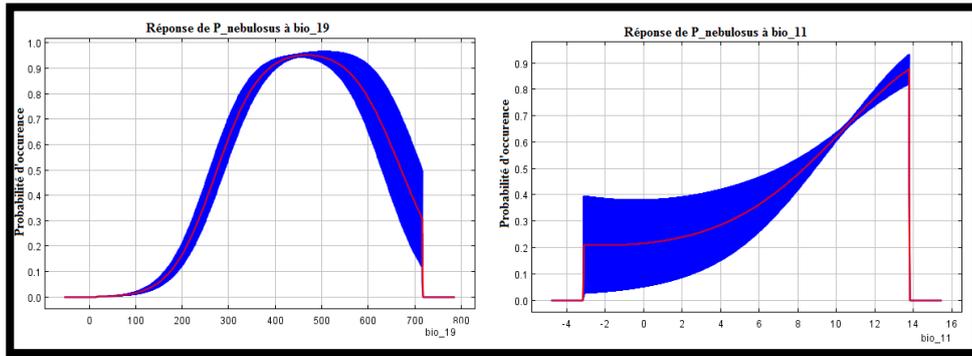


Figure 16-Courbes de réponse écologique de *Pleurodeles nebulosus* à bio_19 et bio_11 (Réalisées par nous-mêmes).

Pour la variable bio_19 la probabilité d'occurrence de l'espèce augmente en fonction de l'augmentation des « précipitations du trimestre le plus froid » (bio_19) ; la probabilité minimale de retrouver l'espèce (0.0) est atteinte lorsque les précipitations du trimestre le plus froid atteignent 100 mm et la probabilité maximale de retrouver l'espèce (0.99) est atteinte lorsque les précipitations du trimestre le plus froid atteignent une valeur de 500 mm. Ensuite, la probabilité d'occurrence diminue pour atteindre une valeur proche de 0.1 lorsque les précipitations atteignent les 700 mm.

Pour la variable bio_11 la probabilité d'occurrence de l'espèce augmente avec l'augmentation de « la température moyenne du trimestre le plus froid » (bio_11) ; la probabilité minimale (inférieure à 0.4) est atteinte lorsque la température moyenne du trimestre le plus froid est de -3 °C et la probabilité maximale de retrouver l'espèce (0.95) est atteinte lorsque la température moyenne du trimestre le plus froid est d'environ 14°C.

Salamandra algira

Les variables environnementales qui ont contribué le plus à l'élaboration du modèle de prédiction de la distribution de *Salamandra algira* sont bio_13 avec 59.9% et bio_02 avec 28.2% (voir figure 17).

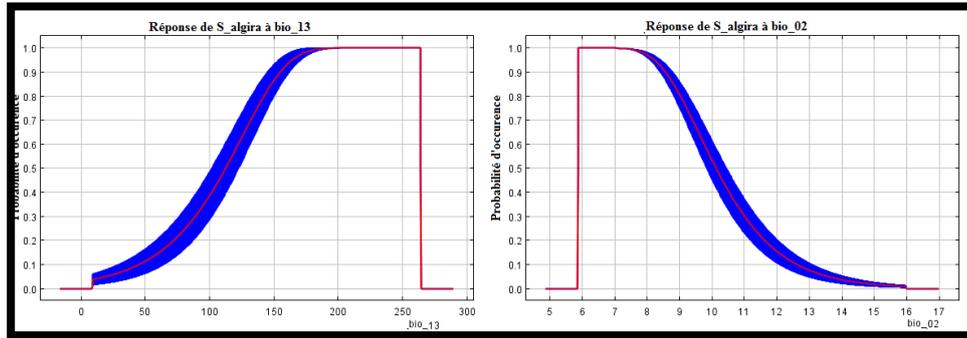


Figure 17-Courbes de réponse de *Salamandra algira* à bio_13 et bio_02 (Réalisées par nous-mêmes).

Pour la variable bio_13 la probabilité d'occurrence de l'espèce augmente en fonction de l'augmentation des « précipitations du mois le plus humide » (bio_13) ; la probabilité minimale de retrouver l'espèce (inférieure à 0.1) est atteinte lorsque les précipitations du mois le plus humide atteignent environ 0 mm et la probabilité maximale de retrouver l'espèce (1.00) est atteinte lorsque les précipitations du mois le plus humide atteignent environ les 200 mm.

Pour la variable bio_02 la probabilité d'occurrence de l'espèce diminue avec l'augmentation de « l'amplitude thermique quotidienne moyenne » (bio_02) ; la probabilité maximale de retrouver l'espèce (1.00) est atteinte lorsque la température quotidienne moyenne est d'environ 7.5°C et la probabilité minimale (0.0) est atteinte lorsque la température quotidienne moyenne atteint 16°C.

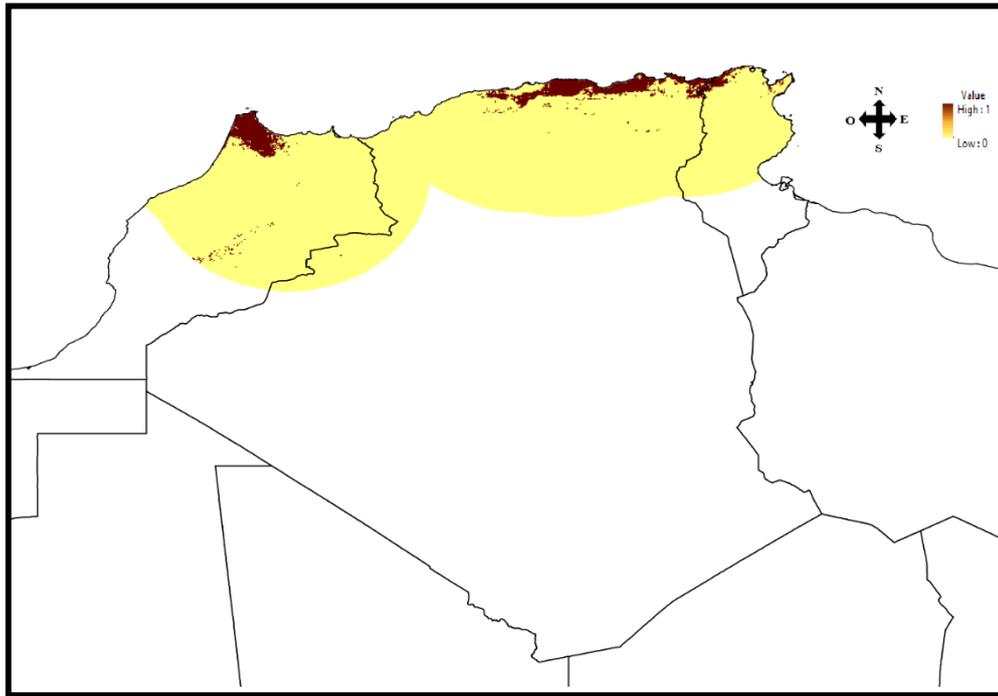


Figure18-Carte de répartition potentielle de *Salamandra algira* (Réalisée par nous-mêmes).

La figure 18 montre la carte de distribution potentielle de *Salamandra algira* sur une échelle régionale concernant l'Algérie, le Maroc et la Tunisie. La probabilité de trouver cette espèce est optimale augmente au nord des trois pays et est nulle au sud. En effet, la coloration prononcée représente les régions à forte probabilité d'occurrence et la coloration claire correspond à la faible probabilité de trouver l'espèce.

Sclerophrys mauritanica

La carte de distribution potentielle de l'espèce *Sclerophrys mauritanica* est présentée dans la figure 19.

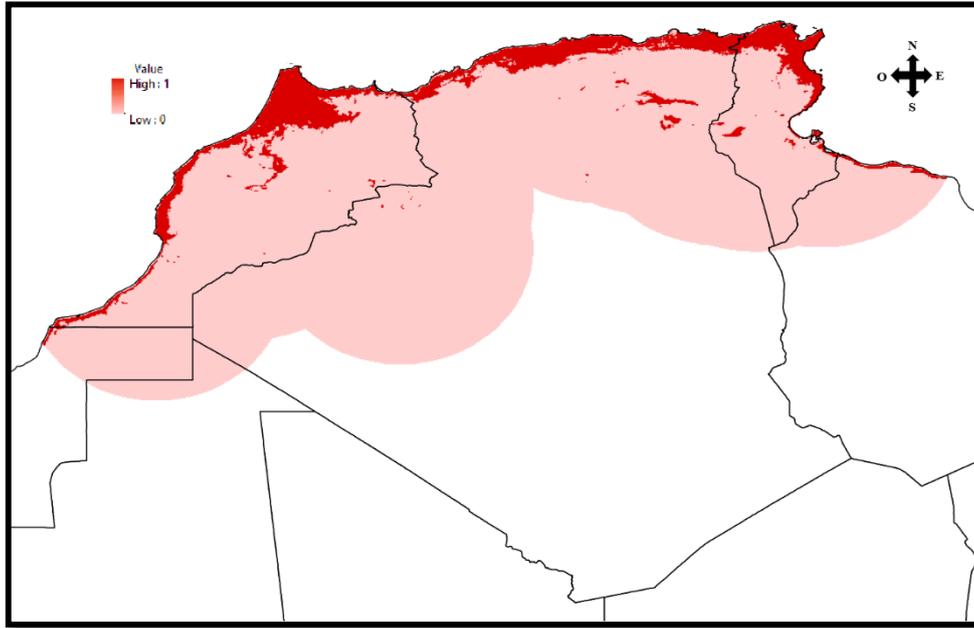


Figure 19- Carte de distribution potentielle de *Sclerophrys mauritanica* (Réalisée par nous-mêmes).

La distribution potentielle du *Sclerophrys mauritanica* est donnée sur une échelle régionale qui englobe l'Algérie, le Maroc et la Tunisie. La coloration foncée sur la carte représente les régions avec une forte probabilité d'occurrence et la coloration claire représente les zones à la faible probabilité de trouver l'espèce. En effet, la probabilité de trouver cette espèce augmente au nord des trois pays et diminue au sud.

Les variables environnementales qui ont contribué le plus à l'élaboration du modèle de prédiction de la distribution de *Sclerophrys mauritanica* sont bio_19 avec 56.1 %, bio_02 avec 19.1 % et bio_06 avec 11.4 % (voir figure 20).

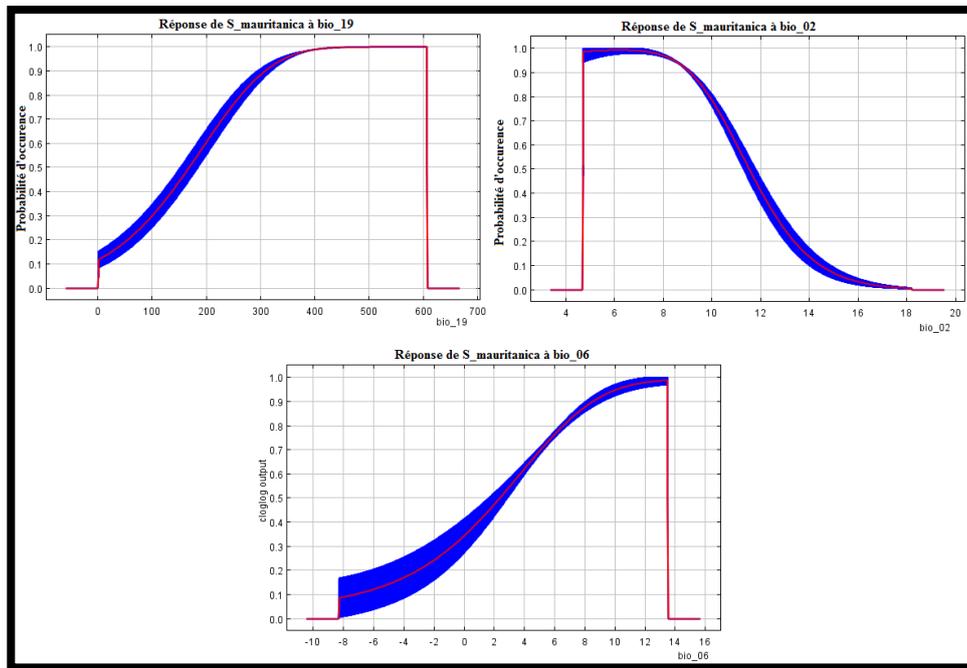


Figure 20-Courbes de réponse écologique de *Sclerophrys mauritanica* à bio_19, bio_02 et bio_06 (Réalisées par nous-mêmes).

Pour la variable bio_19 la probabilité d'occurrence de l'espèce augmente en fonction de l'augmentation des « précipitations du trimestre le plus froid » (bio_19) ; la probabilité minimale de retrouver l'espèce (inférieure à 0.2) est atteinte lorsque les précipitations du trimestre le plus froid n'excèdent pas 0 mm et la probabilité maximale de retrouver l'espèce (environ 0.99) est atteinte lorsque les précipitations du trimestre le plus froid atteignent presque une valeur de 400 mm.

Pour la variable bio_02 la probabilité d'occurrence de l'espèce diminue avec l'augmentation de « l'amplitude thermique quotidienne moyenne » (bio_02) ; la probabilité maximale de retrouver l'espèce (1.0) est atteinte lorsque l'amplitude thermique quotidienne moyenne ne dépasse pas les 7°C et la probabilité minimale (0.0) est atteinte lorsque l'amplitude thermique quotidienne moyenne atteint environ 18°C.

Pour la variable bio_06 la probabilité d'occurrence de l'espèce augmente avec l'augmentation de la « température minimale du mois le plus froid » (bio_06) ; la probabilité minimale (inférieure à 0.2) est atteinte lorsque la température minimale du mois le plus froid atteint une valeur de -8°C et la probabilité maximale de retrouver l'espèce (1.0) est atteinte lorsque la température minimale du mois le plus froid atteint une valeur d'environ 14°C.

4. Interprétation des résultats des analyses physico-chimiques

La température de l'eau

Les températures de l'eau suivent celles du climat de la région concernée car la couche superficielle est soumise à l'influence directe du climat régional (Chaouay et *al.*, 2016). En effet, la température d'une eau de surface est étroitement liée aux variations de la température ambiante et de la saison (Lamizana-Diallo et *al.*, 2008).

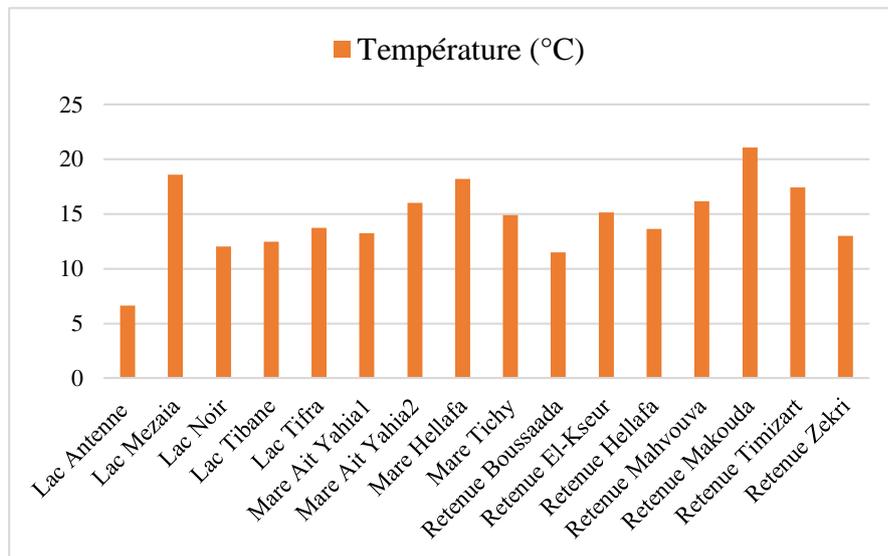


Figure 21–Graphique des valeurs de la température dans les sites échantillonnés (Réalisé par nous-mêmes).

La température des eaux superficielles varie de 2 à 30 °C selon Rodier et *al.*, (2009) et ne doit pas dépasser les 25 °C selon le Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations (JORADP, 2011). Au regard de ces seuils, les valeurs des températures des sites inspectés ne dépassent pas les normes (voir figure 21). Pour les amphibiens, le stress thermique peut entraîner une mobilité réduite, des fréquences cardiaques anormalement élevées et finalement la mort (Sparling, 2009).

Le potentiel Hydrogène (pH) de l'eau

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité : A un pH = 7 une eau est dite neutre, à un pH < 7 une eau dite acide et à un pH > 7 une eau est dite basique (ou alcaline).

Les plans d'eau de notre étude sont tous de deux catégories : Acide et basique (voir figure 22).

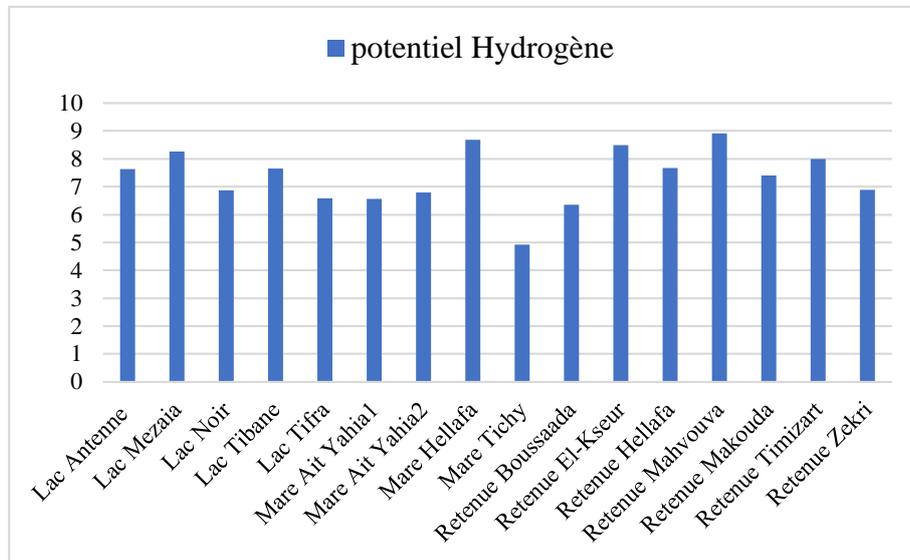


Figure 22–Graphique des valeurs du pH dans les sites échantillonnés (Réalisé par nous-mêmes).

Des valeurs de pH supérieures à 8.5 ne s'observent généralement que dans les eaux stagnantes (marais, étangs, barrages) où la réaction ionique est influencée par la photosynthèse de la végétation et la nature chimique des fonds. Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau (Rodier et *al.*, 2009). Les

valeurs acides du pH peuvent être liées à la dégradation de la matière organique (végétaux, selles des animaux...) (El Ouali Lalami et *al.*, 2010).

Pour la plupart des espèces aquatiques, la zone de pH favorable se situe entre 6 et 7,2 ce qui est le cas de la plupart de nos plans d'eau (Rodier et *al.*, 2009). L'eau des amphibiens est mieux maintenue à pH neutre (7,0-7,5). Lorsque le pH devient fortement acide (< 5,5) ou basique (> 8,5), l'eau devient très irritante pour les amphibiens qui peuvent être tentés de quitter l'eau. Les animaux affectés peuvent produire un excès de mucus sur la peau en tant que protecteur (Mitchell et Tully, 2009), dans cette optique, la mare Tichy, la mare Hellafa et la retenue Mahvouva sont susceptibles de causer des problèmes aux amphibiens.

La salinité de l'eau

La salinité d'une eau traduit sa concentration en électrolytes ; c'est-à-dire la somme des anions (ions chargés négativement) et des cations (ions chargés positivement) dissous dans cette eau (Lévêque, 1996). Les apports pluviométriques abaissent la salinité des eaux, contrairement à la saison sèche où a lieu une élévation de ce paramètre suite à la forte évaporation de l'eau (Chaouay et *al.*, 2016).

La plupart des amphibiens ont une faible tolérance à la salinité parce qu'ils ne sont pas de bons osmo-régulateurs (Gomez-Mestre et *al.*, 2004 in Sparling, 2009). La salinité peut constituer un facteur déterminant dans la répartition des Amphibiens. Ces animaux à peau nue n'ont pas conquis pleinement le milieu marin ; ils sont tous physiologiquement adaptés à la vie dans les eaux douces (Strijbosch, 1979 in El Hamoumi et *al.*, 2007). Nos terrains ont tous une salinité inférieure à 1 PSU (voir figure 23), donc ils sont propices à la présence d'amphibiens, à l'exemple du *Sclerophry mauritanica* qui est une espèce qui ne supporte pas de fortes teneurs en sels (Sicilia et *al.*, 2009). Par contre le *Discoglossus pictus* montre une résistance à la salinité, il a été retrouvé dans des eaux abritant une salinité allant de 2,47 PSU à 6,08 PSU (Knoepffler, 1962 in El Hamoumi et *al.*, 2007).

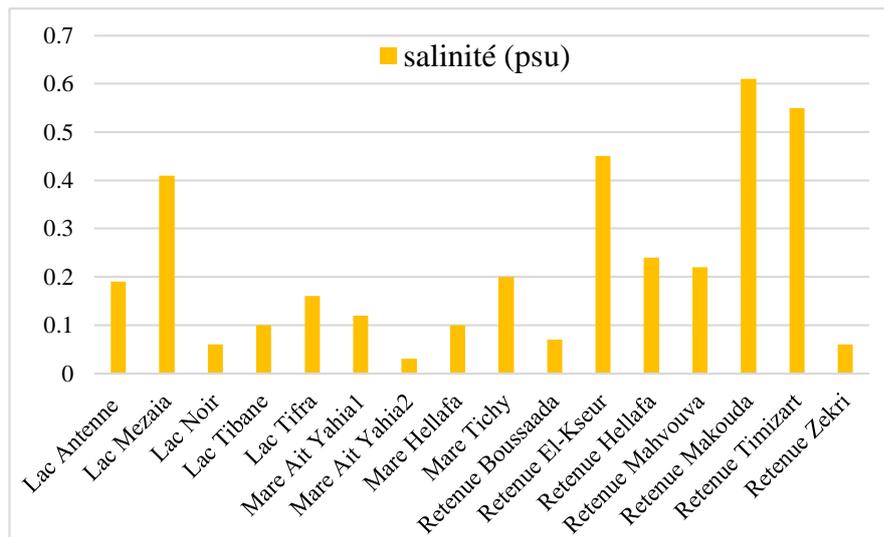


Figure 23—Graphique des valeurs de la salinité des sites échantillonnés (Réalisé par nous-mêmes).

La conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique entre deux électrodes (Chaouay et *al.*, 2016). La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. D'une façon générale, la conductivité s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des plans d'eau, les écarts sont d'autant plus importants que la minéralisation initiale est faible. On peut admettre que la situation est particulière ou anormale au-delà de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans les eaux de surface (Rodier et *al.*, 2009), la totalité de nos sites n'excèdent pas ce seuil. L'explication de la diminution de la conductivité dans une eau réside dans la dilution des eaux par l'apport des eaux pluviales (Chaouay et *al.*, 2016) (voir figure 24).

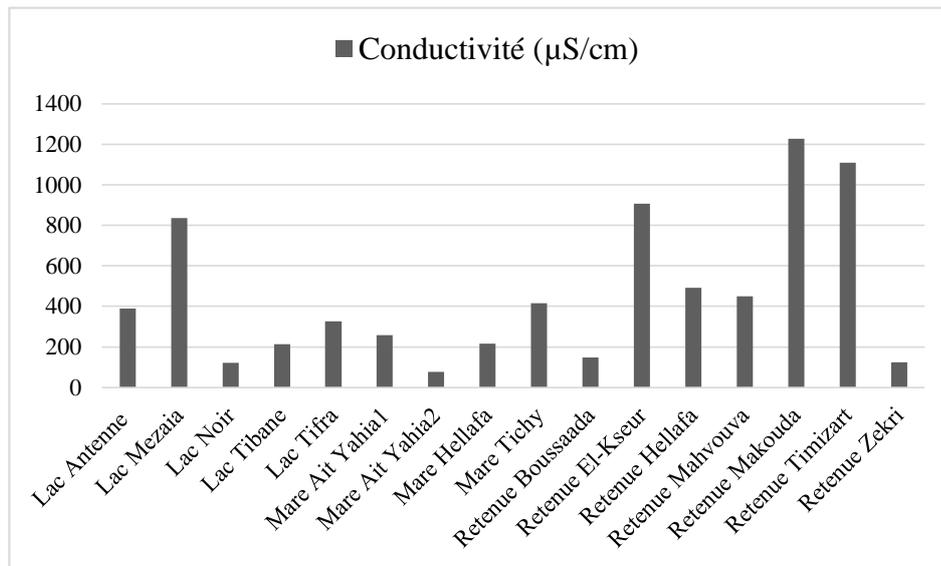


Figure 24—Graphique des valeurs de la conductivité dans les sites échantillonnés (Réalisé par nous-mêmes).

Les eaux ayant une conductivité comprise entre 150 et 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ conviennent aux organismes aquatiques (USEPA in Sparling, 2009). Au regard de cet intervalle, la majorité de nos sites sont donc propices à la vie aquatique. Certains amphibiens tolèrent des teneurs élevées de la conductivité électrique, c'est le cas du *Bufoes boulengeri* (Trouvé dans une station en Tunisie avec une valeur de conductivité de 2370 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et du *Discoglossus pictus* (qui a été trouvé dans une station en Tunisie avec une valeur de conductivité de 1448 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Sicilia et *al.*, 2009).

L'oxygène dissous dans l'eau

L'eau saturée d'air, à 20 °C et sous la pression normale contient 9,1 mg/L d'oxygène (Rodier et al., 2009). Les concentrations en O₂ dissous sont relativement faibles dans les sites échantillonnés, exception faite pour le lac Antenne dont la valeur en oxygène dissous est élevée (voir figure 25). La cause de toute variation doit être recherchée ; celle-ci pouvant être fonction de la présence des végétaux et des phénomènes de photosynthèse, des matières organiques oxydables, des organismes et des germes aérobies, ainsi que de la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface (présence de graisses, d'hydrocarbures, de détergents, etc.).

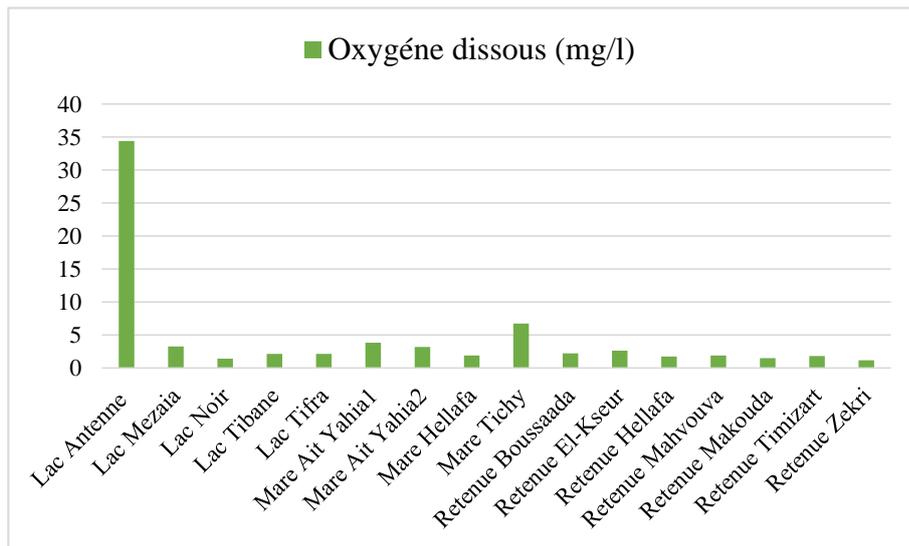


Figure 25– Graphique des valeurs de l'O₂ dissous dans les sites échantillonnés (Réalisé par nous-mêmes).

Les faibles teneurs en oxygène dissous peuvent être expliquées par les rejets urbains en matières organiques qui sont de grands consommateurs d'oxygène du milieu aquatique. Une chute de l'oxygène dissous dans le milieu récepteur conduit à l'asphyxie des espèces présentes (Qaouiyid et al., 2016). Dans des conditions de laboratoire, des concentrations d'oxygène inférieures à 4 mg/L sont considérées comme stressantes pour les larves d'amphibiens (ASTM, 1988 in Sparling, 2009) et une exposition prolongée à de telles conditions hypoxiques peut être considérée comme indésirable. Dans cette optique, il n'y a que le lac Antenne et la mare Tichy qui ont des concentrations en O₂ dissous supérieures à 4 mg/L, donc ce sont les deux seuls sites qui sont réellement favorables au développement optimal des amphibiens.

5. Interprétation des résultats du dosage des métaux lourds

La présence des métaux lourds, même à des faibles concentrations, dans les eaux de surface peut avoir des impacts écologiques et sanitaires importants (Qaouiyid et *al.*, 2016).

Les valeurs du cuivre dans les plans d'eau considérés dans notre travail ne dépassent pas la norme fixée par l'OMS qui est de 2 mg/L parue dans Rodier et *al.* (2009) (Figure 26).

Cependant, la SAA n'a pas pu donner les valeurs du cuivre pour l'ensemble des sites échantillonnés ; cela concerne la retenue Hellafa, la mare Hellafa, la retenue d'El-Kseur et la retenue Timizart.

Les valeurs du plomb au niveau des plans d'eau ciblés dans cette étude varient d'un site à un autre. En effet, la majorité d'entre eux ne dépassent pas la norme fixée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) qui est de 0.01 mg/L (Rodier et *al.*, 2009) (Figure 26). Cependant, la retenue Makouda, le lac Mézaia et le lac Tifra dépassent la valeur guide de l'OMS. Les activités humaines telles que l'agriculture intensive, les industries, les décharges publiques et les autoroutes pourraient expliquer cette élévation des valeurs du plomb dans ces sites (Chaouay et *al.*, 2016). Toutefois, la SAA n'a pas pu donner les valeurs du plomb pour l'intégralité des sites échantillonnés ; cela concerne le lac Tifra, la retenue Hellafa, la mare Hellafa, la mare Tibane, le lac Antenne, la retenue Boussaada, la retenue Timizart et la mare Tichy.

Les valeurs du zinc au sein des plans d'eau considérés dans cette étude ne dépassent pas la norme fixée par l'Organisation Mondiale de la Santé « OMS » qui est de 3 mg/L (Rodier et *al.*, 2009) (Figure 26).

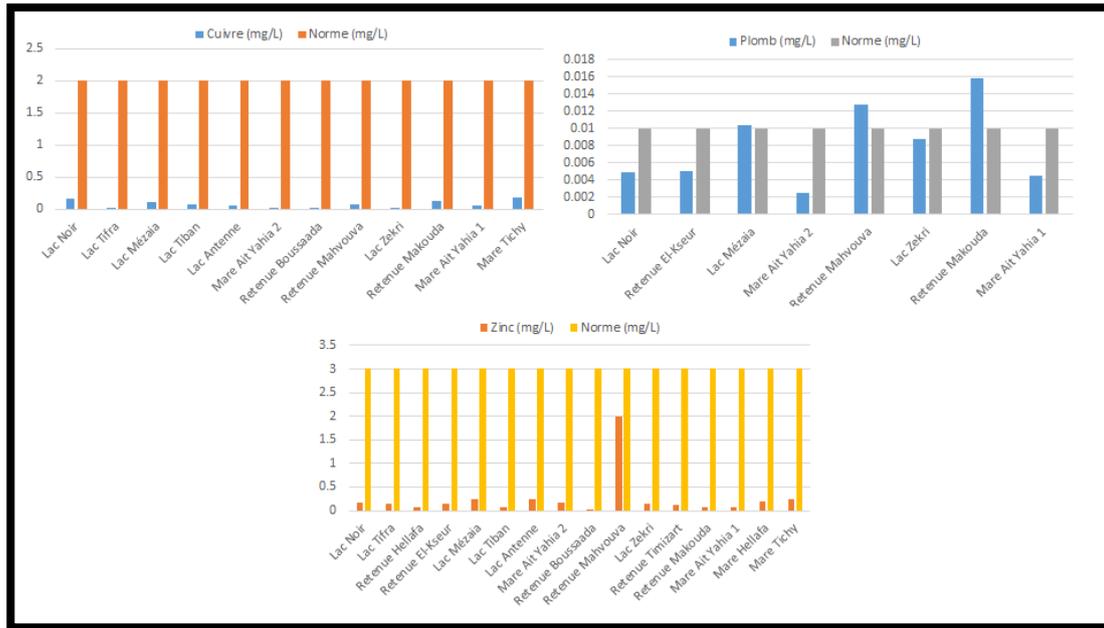


Figure 26- Graphiques des valeurs du cuivre, du plomb et du zinc dans les plans d'eau échantillonnés (Réalisés par nous-mêmes). **A** : Valeurs du cuivre. **B** : Valeurs du plomb. **C** : Valeurs du zinc.

Les absorbances (λ) en nanomètre (nm) pour chaque métal lourd sont données comme suit :

- $\lambda_{Cu} = 324.8$ nm.
- $\lambda_{Pb} = 283.3$ nm.
- $\lambda_{Zn} = 0.031$ nm.

Les limites de détection du spectromètre d'absorption atomique à flammes pour les métaux lourds ciblés sont :

- Cu : 0.5 mg/L.
- Pb : 0.1 mg/L.
- Zn : 0.4 mg/L.

Les métaux et les métalloïdes tels que le zinc, le cuivre et le plomb sont des éléments naturellement présents dans la nature mais ils sont également libérés par de nombreux processus industriels différents à des concentrations qui peuvent être toxiques pour les amphibiens. Linder et Grillitsch (2000) ont examiné l'écotoxicologie des métaux chez les amphibiens et ont montré que les effets peuvent changer de la mortalité directe à une foule d'effets sub-létaux et potentiellement débilissants (Sparling, 2009).

6. Interprétation de la modélisation de la répartition potentielle des amphibiens

Le logiciel MaxEnt a fourni les cartes de distribution potentielle des espèces ciblées dans le cadre de notre étude, ainsi que les courbes de réponse écologique aux variables environnementales, exprimée en termes de probabilité d'occurrence. Les variables environnementales ont été sélectionnées en fonction de leurs contributions significatives dans l'élaboration des modèles (paramètres porteurs de presque toute l'information environnementale disponible) (Pierrat, 2011). Pour un tel travail, nous avons exploité les courbes AUC fournies par MaxEnt, seules les valeurs proches de 1 ont été retenues.

L'ensemble de nos résultats concordent avec ceux trouvés dans la bibliographie. En effet, le *Bufootes boulengeri* est une espèce qui a été trouvée dans des oasis et des zones relativement humides du centre et du sud de l'Algérie. Le *Discoglossus pictus*, a également été trouvé dans des régions bien arrosées et très humides de ce même pays (Mateo et al., 2013). L'espèce *Hyla meridionalis* peuple des points d'eau stagnante, riches en végétation avec une nette préférence pour les milieux temporaires de basse altitude, sous climats subhumide et semi-aride à hiver chaud ou tempéré (El Hamoumi et al., 2007). Cette espèce a été trouvée dans des micro-habitats très humides et frais en Tunisie (Ben Hassine et Nouira, 2012). Le *Pelophylax saharicus* est en grande partie aquatique, se trouvant dans et autour des plans d'eau, des bassins d'oasis, des canaux d'irrigation et dans d'autres habitats modifiés (Ben Hassine et Nouira, 2012). Le *Pleurodeles nebulosus* est exclusivement présent dans les zones tempérées (Sicilia et al., 2009). L'espèce *Salamandra algira* a une aire de répartition qui est discontinue dans les montagnes où les précipitations sont importantes et la qualité de l'eau est élevée (Mateo et al., 2013). En Algérie, Amrouche-Larabi et al. (2015) ont trouvé cette espèce dans des localités où les précipitations sont importantes et Bouzid et al. (2017) l'ont trouvée dans les zones humides du massif d'Edough. Le *Sclerophrys mauritanica* est assez commun dans les zones humides, subhumides et semi-arides d'Algérie (Mateo et al., 2013). L'espèce a également été recensée dans des zones tempérées de Tunisie (Sicilia et al., 2009). Les espèces ayant montré des réponses similaires aux variables environnementales possèdent des niches écologiques similaires et appartiennent à un même groupe écologique (Pierrat, 2011). C'est le cas du *Discoglossus pictus*, du *Pelophylax saharicus* et du *Sclerophrys mauritanica* concernant les variables bioclimatiques bio_02 et bio_06.

Les espèces *Hyla meridionalis* et *Salamandra algira* ont, elles aussi, répondu de la même façon aux variables environnementales bio_13 et bio_02.

Conclusion

Ce mémoire de fin de cycle a porté sur l'analyse de quelques paramètres physico-chimiques et de trois métaux lourds dans les eaux de surface en Kabylie. En plus de cela, une modélisation de laniche écologique des amphibiens a été réalisée.

Les eaux de surface, appelées aussi « eaux superficielles » regroupent les eaux des lacs, des rivières, des étangs et des zones humides, qui représentent des terrains couverts d'eau pendant au moins une partie de l'année (Raven *et al.*, 2009).

Concernant la physico-chimie des plans d'eau prospectés, la qualité de l'eau semble être globalement favorable au développement des amphibiens. En effet, la mesure des paramètres physico-chimiques montre que les valeurs de la conductivité, de l'oxygène dissous, de la température et de la salinité dans les sites échantillonnés ne dépassent pas les valeurs guides fixées par la réglementation algérienne (JORADP) et l'OMS. Pour les valeurs du pH, trois sites ne semblent pas propices au bon développement des amphibiens. L'un d'eux est trop acide, il s'agit de la mare Tichy, et les deux autres sont trop basiques, il s'agit de la mare Hellafa et de la retenue Mahvouva. Cependant, les analyses des paramètres physico-chimiques n'ont pas fait l'objet d'un suivi dans le temps, donc, une affirmation sur la qualité réelle des sites échantillonnés ne peut être émise dans ce travail.

L'ensemble des sites ciblés dans le cadre de ce travail ont des teneurs faibles en cuivre et en zinc. Ces plans d'eau sont donc censés être des habitats sains pour les amphibiens. Les teneurs en plomb pour trois sites dépassent la norme fixée par la réglementation algérienne et l'OMS. Ces derniers sont la retenue Makouda, la retenue Mahvouva et le lac Mézaia. Ils sont donc susceptibles de présenter un danger pour les amphibiens.

La modélisation de la répartition potentielle des amphibiens établie avec le logiciel MaxEnt a mis en évidence les préférences écologiques des sept (07) espèces d'amphibiens ciblées dans cette étude, à savoir : *Bufo boulengeri*, *Discoglossus pictus*, *Hyla meridionalis*, *Pelophylax saharicus*, *Pleurodeles nebulosus*, *Salamandra algira* et *Sclerophrys mauritanica*. Certaines espèces d'amphibiens peuvent occuper les mêmes niches écologiques, ces zones pourraient être des hotspot (points chauds en anglais) de biodiversité rassemblant différentes espèces animales et végétales.

Dans cette optique, des expéditions vers ces régions devraient être programmées par des chercheurs et des scientifiques afin d'étudier davantage les différentes espèces qui y

règnent, et de définir des parcs nationaux, des réserves naturelles et des aires de protection de la faune et de la flore. Pour une connaissance plus ponctuelle des amphibiens et à cause du manque de données sur ces espèces, des études de leur répartition, de leur comportement, de leurs différents stades de développement, etc pourraient faire l'objet de mémoires de fin d'études, de thèses de recherches et de publications à l'avenir. L'importance de ces animaux est négligée, pour cela, une attention particulière devrait leur être prêté, surtout en Algérie car ce pays ne dispose pas d'assez de données sur les amphibiens. Afin de réduire le risque de la pollution des eaux, de l'air et des sols par les contaminants chimiques dont les métaux lourds, des études d'impact sur l'environnement doivent être impérativement effectuées avant chaque projet de construction d'usines, de centres d'enfouissements techniques, d'autoroutes, etc. Des contrôles sur le respect des normes d'émission des polluants dans les compartiments de l'environnement doivent devenir ponctuels, et les politiques publiques doivent impérativement prendre toutes les mesures nécessaires pour réduire l'impact des activités anthropiques sur l'environnement.

Références bibliographiques

- AMIARD, J.-C. (2011). Les risques chimiques environnementaux : Méthodes d'évaluation et impacts sur les organismes. Ed Tec & Doc, Lavoisier. Paris, France. 782 p. Consulté le 09-02-2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=tRA71d6F9ysC&lpg=PP1&dq=Les%20risques%20chimiques%20environnementaux%20Amiard&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q=Les%20risques%20chimiques%20environnementaux%20Amiard&f=false>.
- AMOR, N., KALBOUSSI, M., SAID, K. (2013). Conservation status of amphibians in Tunisia. Basic and Applied Herpetology. Vol. 11. N°27. p. 85-100.
- AMROUCHE-LARABI, L., DENYS, C., BOUKHEMZA, M., BENSIDHOUM, M., HAMANI, A., NICOLAS, V., KHIFER, L., MAMOU, R. (2015). Inventaire des petits vertébrés terrestres de quelques localités du Nord Algérien. Travaux de l'Institut Scientifique, Série Générale. N° 8. p. 85-95.
- ANCTIL, F. (2017). L'eau et ses enjeux. Ed. De Boeck Supérieur. Canada. 264 p. Consulté le 26/03/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=Rg3HDgAAQBAJ&lpg=PP1&dq=l'eau%20et%20ses%20enjeux%20Anctil%202017&hl=fr&pg=PR4#v=onepage&q=l'eau%20et%20ses%20enjeux%20Anctil%202017&f=false>.
- ANTUNES, N. (2015). Application d'algorithmes prédictifs à l'identification de niches écoculturelles des populations du passé : approche ethnoarchéologique. Thèse de doctorat : Sciences et Environnements. Université de Bordeaux, France. 302 p.
- ATHAR, M., VOHORA, S-B. (1995). Heavy metals and environment. Ed. New Age International. Inde. 224 p. Consulté le 12/02/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=15vXUN61Ym8C&lpg=PP1&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>.
- BAIRD, C., CANN, M. (2016). Chimie de l'environnement. Ed. De Boeck Supérieur. Paris, France. 832 p. Consulté le 20/02/2018 à l'adresse

Références bibliographiques

<https://books.google.dz/books?id=PGcEDgAAQBAJ&lpg=PP1&dq=chimie%20de%20l%27environnement%20Baird%20Cann%202016&hl=fr&pg=PP5#v=onepage&q=chimie%20de%20l%27environnement%20Baird%20Cann%202016&f=false>.

- BARNAUD, G., FUSTEC, E. (2007). Conserver les zones humides : Pourquoi ? Comment? Ed. Educagri, Quae. Paris, France. 295 p. Consulté le 20/03/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=2FsAukv8EbYC&lpg=PP1&dq=barnaud%20et%20fustec%202007&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q=barnaud%20et%20fustec%202007&f=false>.
- BARTRAM, J., BALLANCE, R. (1996). Water Quality Monitoring : A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programs. Ed. ENEP, WHO. Londres, Angleterre. 375 p.
- BASTIEN, Y., GAUBERVILLE, C. (2011). Vocabulaire forestier : écologie, gestion et conservation des espaces boisés. Ed. AgroParisTech, Office National des forêts, Forêt privée française. France. 608 p. Consulté le 06/03/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=CQ0kJ2uE7ogC&lpg=PP1&dq=vocabulaire%20forestier%203A%20%20C3%A9cologie%20%20gestion%20et%20conservation&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q=vocabulaire%20forestier:%20%20C3%A9cologie,%20gestion%20et%20conservation&f=false>.
- BAUER, X. (2002). Le plomb en application externe : Usages, mesurages et dangers. Thèse de doctorat : Troisième cycle de médecine générale. Université Henri Poincaré Nancy 1, France. 140p.
- BEAUX, J-F. (1998). L'environnement : Les milieux de vie, l'atmosphère, les eaux, flore et faune, les risques, les évolutions. Ed. Nathan. Paris, France. 159 p.
- BEN HASSINE, J., ESCORIZA, D. (2014). *Bufo spinosus* in Tunisia : New data on occurrence, parasitism and tadpole morphology. Revue Herpetological Bulletin. N° 127. P. 22-32.

Références bibliographiques

- BEN HASSINE, J., KASSABI, A., NOUIRA, S. (2013). Pleurodeles nebulosus (Guichenot, 1850) en Tunisie : Répartition, habitat, reproduction et statut. Revue Bull. Soc. Herp. Fr. N° 144. P. 50-66.
- BEN HASSINE, J., NOUIRA, S. (2012). The amphibians of Tunisia : Biodiversity, distribution, status and majors threats. Revue FrogLog. N° 101. P. 32-34.
- BIOCCHI, S., BOULINGUEZ, M., DIARD, K. (2009). Les polluants et les techniques d'épuration des fumées : Cas des unités de destruction thermique des déchets. Ed. Tec & Doc, Lavoisier. Paris, France. 412 p. Consulté le 11/02/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=BUfvAQAAQBAJ&lpg=PP1&dq=les%20polluants%20et%20les%20techniques%20d'%C3%A9puration%20des%20fum%C3%A9es&hl=fr&pg=PR7#v=onepage&q=les%20polluants%20et%20les%20techniques%20d'%C3%A9puration%20des%20fum%C3%A9es&f=false>.
- BOLAND, J. (2005). L'agriculture urbaine : Cultiver des légumes en ligne. Ed. Agromisa, CTA. Pays-Bas. 92 p. Consulté le 12/02/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=mopEO3e4KwcC&lpg=PA1&dq=l'agriculture%20urbaine&hl=fr&pg=PA1#v=onepage&q&f=false>.
- BOUZID, S., KONECNY, L., GROLET, O., DOUADY, C-J., JOLY, P., BOUSLAMA, Z. (2017). Phylogeny, age structure, growth dynamics and colour pattern of the Salamandra algira algira population in the Edough Massif, northeastern Algeria. Revue Amphibia-Reptilia. P. 1-11.
- CHAUMETON, H. (2008). L'encyclopédie pratique de l'aquarium. Ed. Artemis. France. 287 p. Consulté le 27/02/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=ZdfwZf6DMTIC&lpg=PA24&dq=salinit%C3%A9%20de%20l'eau&hl=fr&pg=PP10#v=onepage&q&f=false>.
- COIĆ, Y., COPPENET, M. (1989). Les oligo-éléments en agriculture et élevage : Incidences sur la nutrition humaine. Ed. Quae, INRA. France. 114 p. Consulté le

24/02/2018 à l'adresse

<https://books.google.dz/books?id=qjhFP54A0K8C&lpg=PP1&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>.

- COSSA, D., ELBAZ-POULICHET, F., GNASSIA-BARELLI, M., ROMEO, M. (1993). Le plomb en milieu marin : Biogéochimie et écotoxicologie. Ed. Reperes Ocean, Ifremer. N° 3. France. 77p.
- DAJOZ, R. (2006). Précis d'écologie. Ed. Dunod. Paris, France. 434 p.
- DOLDER, W., DOLDER-PIPPKE, U. (2010). Espèces en danger : Animaux en voie de disparition et menaces pesant sur leur habitat. Ed. Parragon. Allemagne. 256p.
- EL HAMOUMI, R., DAKKI, M., THEVONOT, M. (2007). Etude écologique des larves d'anoures du Maroc. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie. N° 29. P. 27-34.
- EL OUALI LALAMI, A., MERZOUKI, M., EL HILLALI, O., MANIAR, S., IBNSOUDA KOURAICHI, S. (2010). Pollution des eaux de surface de la ville de Fès au Maroc : Typologie, origine et conséquences. Revue Larhyss Journal. N° 9. P. 55-72.
- ENGELHARDT, W., JÜRGING, P., PFADENHAUER, J., REHFELD, K. (1998). De la vie dans les étangs, les ruisseaux et les mares : Les plantes et les animaux des eaux de chez nous: introduction à la vie des eaux intérieures. Ed. Vigot. Paris, France. 313 p.
- FERLAND, G. (2003). Alimentation et vieillissement. Ed. Bibliothèque nationale du Québec, PUM. Canada. 348p. Consulté le 24/02/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=OdoEIUFYIzQC&lpg=PA127&dq=carence%20en%20civile%20humain&hl=fr&pg=PA127#v=onepage&q&f=false>.
- FICK, S-E., HIJMANS, R-J. 2017. WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. Revue International Journal of Climatology. Vol. 37. P. 4302-4315.

- FREDETTE, N., BATIGNE, S., BOURBONNIERE, J., LAFLEUR, C. La terre : Comprendre notre planète. Ed. Science-presse, Québec Amérique inc. Montréal, Canada. 130p.
- GHERZOULI, C. (2013). Anthropisation et dynamique des zones humides dans le nord-est-algérien : Apport des études palynologiques pour une gestion conservatoire. Thèse de doctorat : Géographie et aménagement. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, France. 206 p.
- GOLIARD, F. (2008). Quelques spécificités de la gestion des eaux dans les Antilles françaises. In J-M-Breton. Gestion des ressources en eau et développement local durable (Caraïbe, Amérique latine, Océan indien). Ed. KARTHALA. Vol. 5. p. 329-350. France. Consulté le 25/02/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=jlnezQD2JDYC&lpg=PA336&dq=eaux%20%20stagnantes&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>.
- GRAY, L. (2006). The elements series : Zinc. Ed. Marshall Cavendish Corporation. Tarrytown, New York. 32 p. Consulté le 19/05/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=4MIROpTXs7IC&lpg=PP1&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>.
- GRILLAS, P., GAUTHIER, P., YAVERCOVSKI, N., PERENNOU, C. (2004). Les mares temporaires méditerranéennes. Ed. Station biologique de la Tour du Valat. Vol. 2. Artles, France. 130 p.
- GUEGUEN, Y., SIMON, O., SOUIDI, M., LESTAEVEL, P., GAGNAIRE, B. (2009). Effet sur les grandes fonctions des organismes vivants et conséquences sur la santé humaine et les écosystèmes : Effets sur le système endocrinien. In M-T.Ménager., J.Garnier-Laplace., M.Goyffon. Toxicologie nucléaire environnementale et humaine. Ed. Lavoisier, Tec & Doc. France. 812 p. Consulté le 08/02/2018 à l'adresse

<https://books.google.dz/books?id=PUbvAQAAQBAJ&lpg=PA221&dq=le%20cadmium&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q=le%20cadmium&f=false>.

- HALLIDAY, T. (2013). Endangered Amphibians. *Revue Encyclopedia of Biodiversity*. Vol. 3. P. 164-168.
- HARDER, C. (2015). *The ArcGIS Book : 10 Big Ideas about Applying Geography to Your World*. Ed. Esri Press. Californie, Amérique. 148 p.
- HECINI, L. (2014). *Glossaire de l'eau*. Ed. CRSTRA. Algérie. 174 p.
- HERNANDEZ, A., ESCORIZA, D. (2017). Easternmost record of *Salamandra algira splendens* in Morocco. *Revue Bol. Asoc. Herpetol. Esp.* N° 28. P. 60-61.
- HUTCHINSON, G-E. (1957). Concluding Remarks. *Revue Cold Spring Harb Symp Quant Biol* N° 22. P. 415-427.
- JARNEVICH, C-S., STOHLGREN, T-J., KUMAR, S., MORISETTE, J.-T., HOLCOMBE, T-R. (2015). Caveats for correlative species distribution modeling. *Revue Ecological Informatics*. N°29. P.6–15.
- KEARNEY, M-R., WINTLE, B-A., PORTER, W-P. (2010). Correlative and mechanistic models of species distribution provide congruent forecasts under climate change. *Revue Conservation Letters*. N° 3. P. 203–213.
- LAMIZANA-DIALLO, M-B., KENFACK, S., MILLOGO-RASOLODIMBY, J. (2008). Evaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un cours d'eau temporaire du Burkina Faso – Le cas du Massili dans le Kadiogo. *Revue Sud Sciences et Technologies*. N° 16. P. 23-28.
- LAMY, M. (1995). *L'eau de la nature et des hommes*. Ed. Presses Universitaires de Bordeaux. France. 230 p. Consulté le 25/02/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=2QMVPHIU11MC&lpg=PA17&dq=temp%C3%A9rature%20eau&hl=fr&pg=PA4#v=onepage&q=temp%C3%A9rature%20eau&f=false>.

Références bibliographiques

- LE PIMPEC, P., LIENARD, A., BONNARD, R., LAFONT, M., CAZIN, B., BOSSARD, P., HUBERT, B., BRAY, M. (2002). Guide pratique de l'agent préleveur chargé de la police des milieux aquatiques. Ed. TEC & DOC. France. 159p. Consulté le 25/02/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=RGevTxGhDAAC&lpg=PA34&dq=oxygen%20dissolved%20water&hl=fr&pg=PA8#v=onepage&q=oxygen%20dissolved%20water&f=false>.
- LEDRU-ROLLIN, M. (1846). Répertoire général contenant la jurisprudence de 1791 à 1846, l'histoire du droit, la législation et la doctrine des auteurs. Ed. Bureau du journal du palais. Vol. 6. Paris, France. 960 p. Consulté le 25/03/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=qFFHAAAAYAAJ&dq=ledru%20rollin%20r%C3%A9pertoire%20g%C3%A9n%C3%A9rale%201846&hl=fr&pg=PP11#v=onepage&q=ledru%20rollin%20r%C3%A9pertoire%20g%C3%A9n%C3%A9rale%201846&f=false>.
- LESTAEVEL, P., ADAM-GUILLERMIN, C., GAGNAIRE, B., BOURON, A. (2009). Effet sur les grandes fonctions des organismes vivants et conséquences sur la santé humaine et les écosystèmes : Effets sur le comportement. In M-T.Ménager., J.Garnier-Laplace., M.Goyffon. Toxicologie nucléaire environnementale et humaine. Ed. Lavoisier, Tec & Doc. France. 812 p. Consulté le 08/02/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=PUbvAQAAQBAJ&lpg=PA221&dq=lead%20cadmium&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q=lead%20cadmium&f=false>.
- LEVEQUE, C. (1996). Ecosystèmes aquatiques. Ed. Hachette. Paris, France. 159 p.
- LEW, K. (2008). Understanding the Elements of the Periodic Table : Zinc. Ed. The Rosen publishing group. Malaisie. 48 p. Consulté le à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=puvi9tHuraEC&lpg=PP1&dq=zinc&hl=fr&pg=PA3#v=onepage&q=zinc&f=false>.
- LUNDBERG, I., KREUGER, J., JOHNSON, A. (1995). Pesticides et eaux de surface : Etude sur la situation concernant la pollution des eaux de surface par des résidus de

pesticides dans les pays nordiques, en Allemagne et aux Pays-Bas, et les problèmes associés à la contamination par des pesticides. Ed. Les éditions du Conseil de l'Europe.

Allemagne. 61 p. Consulté le 28/02/2018 à l'adresse

<https://books.google.dz/books?id=jgxE9pTeImsC&lpg=PA42&dq=eaux%20%20de%20surface&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>.

- MARKERT, B., FRIESE, K. (2000). Trace elements : Their distribution and effects in the environment. Ed. Elsevier Science Ltd. Vol. 4. Pays-Bas. 596 p. Consulté le 19/05/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=gYpslQ-Uhv0C&lpg=PA83&dq=BOURG%20%20A.C.M.%20%20Metal%20%20in%20%20aquatic%20%20and%20%20terrestrial%20%20systems&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q=zinc&f=false>.
- MATEO, J., GENIEZ, P., PETHER, J. (2013). Diversity and conservation of Algerian amphibian assemblages. *Revue Basic and Applied Herpetology*. N° 27. P. 51-83.
- MAZROU, L., TEKILI, D. (2017). Analyse de quelques paramètres physicochimiques et de métaux lourds dans les zones humides de la Kabylie et leurs impacts potentiels sur la faune. Mémoire de Master 02 : Environnement et santé publique . Université Abderrahmane Mira-Bejaia, Algérie. 43p.
- MELQUIOT, P. (2003). 1.001 mots et abréviations de l'Environnement et du Développement Durable. Ed. Recyconsult. France. 190 p. Consulté le 13/02/2018 à l'adresse <https://books.google.fr/books?id=vFdDBC-5WWEC&lpg=PA1&ots=vuh1hjRQEG&dq=Melquiot%201001%20mots%20et%20abréviation%20de%20l'environnement%20et%20du%20d%C3%A9veloppement%20durable%202003&lr&hl=fr&pg=PA1#v=onepage&q&f=false>.
- MILLER, T-G., SPOOLMAN, S-E. (2016). *Living in the environment* 19e. Ed. Cengage Learning Canada. 832 p. Consulté le 16/02/2018 à l'adresse

<https://books.google.dz/books?id=JPC5DQAAQBAJ&lpg=PA76&dq=amphibians%20water%20pollution&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>.

- MITCHELL, M-A., TULLY, T-N. (2009). Manual of Exotic Pet Practice. Ed. Elsevier Health Sciences. Missouri, Amérique. 560 p. Consulté le 25/05/2018 à l'adresse https://books.google.dz/books?id=8R0_ni8bINAC&lpg=PR3&hl=fr&pg=PR1#v=onepage&q&f=false.
- MUSY, A., HIGY, C. (2004). Hydrologie : Une science de la nature. Ed. PPUR. Vol. 21. Italie. 314 p. Consulté le 11/02/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=LwsFGPWyy7sC&lpg=PA186&dq=composition%20des%20lacs%20et%20mares%20temporaires&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>.
- MUSY, A., HIGY, C., REYNARD, E. (2014). Hydrologie 1 : Une science de la nature, une gestion sociétale. Ed. PPUR. Italie. 500 p.
- PATAR, A., GIRI, A., BORO, F., BHUYAN, K., SINGHA, U., GIRI, S. (2016). Cadmium pollution and amphibians-Studies in tadpoles of Rana limnocharis. Revue Chemosphere. N° 144. P. 1043-1049.
- PELLETIER, E., CAMPBELL, P-G-C., DENIZEAU, F. (2004). Écotoxicologie moléculaire: Principes fondamentaux et perspectives de développement. Ed. Bibliothèque nationale du Québec. Canada. 462 p. Consulté le 24/02/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=3fI7XcY246YC&lpg=PR1&hl=fr&pg=PR6#v=onepage&q&f=false>.
- PEROTTI, M-G., BONINO, M-F., FERRARO, D., CRUZ, F.-B. (2018). How sensitive are temperate tadpoles to climate change? The use of thermal physiology and niche model tools to assess vulnerability. Revue Zoology. N° 127. P. 95-105.
- PHILLIPS, J., DUDIK, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent : new extensions and a comprehensive evaluation. Revue Ecography. N° 31. P. 161-175.

- PHILLIPS, S-J., ANDERSON, R-P., SCHAPIRE, R-E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Revue Ecological Modelling*. N° 190.P. 231–259.
- PIERRAT, B. (2011). Macroécologie des échinides de l’océan Austral : Distribution, Biogéographie et Modélisation. Thèse de doctorat : Sciences de la vie. Université de Bourgogne, Dijon, France. 184 p.
- POËY, J., PHILIBERT, C. (2000). Toxicité des métaux. *Revue Française des Laboratoires*.N°. 323. P. 35-43.
- PREUL, H.-C. (2000). La lutte contre la pollution de l’eau. In J-M. Stellman. *Encyclopédie de sécurité et de santé au travail*. Ed. International Labour Organization. Vol. 1. Genève, Suisse. 4838 p. Consulté le 11/02/2018 à l’adresse <https://books.google.dz/books?id=6piwLdUbAT0C&lpg=PT1285&dq=m%C3%A9tal%20essentiel%20m%C3%A9tal%20toxique&hl=fr&pg=PA1#v=onepage&q&f=false>.
- QAOUIYID, A., HMIMA, H., HOURI, K., SAAD, I., SAAD EL, H., MOHAMED, F. (2016). Les Teneurs Métalliques et paramètres physico-chimiques de l’eau et du sédiment de Oued Beht, au niveau de Sidi Kacem et de Oued R’dom au niveau de Sidi Slimane. *RevueEuropean Scientific Journal*. Vol. 12. N° 24. P. 186-211.
- QIN, A., LIU, B., GUO, Q., BUSSMANN, R-W., MA, F., JIAN, Z., XU, G., PEI, S. (2017). Maxent modeling for predicting impacts of climate change on the potential distribution of *Thuja sutchuenensis* Franch, an extremely endangered conifer from southwestern China. *RevueGlobal Ecology and Conservation*. N° 10. P. 139–146.
- RAMADE, F. (2008). *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité*. Ed. Dunod. France. 760p.
- RAMADE, F. (2011). *Introduction à l’écotoxicologie : Les substances chimiques de l’écosphère à l’homme*. Ed. Lavoisier, Tec &Doc. France. 828 p.Consulté le 24/02/2018 à l’adresse

Références bibliographiques

https://books.google.dz/books?id=52Gio_p7PJ0C&lpg=PA590&dq=pollution%20de%20l'air%20par%20le%20plomb&hl=fr&pg=PA294#v=onepage&q=cuivre&f=false.

- RAVEN, P-H., BERG, L-R., HASSENZAHLT, D-M. (2009). Environnement. Ed. De Boeck. Italie. 680 p.
- RODIER, J., LEGUBE, B., MERLET, N. (2009). L'analyse de l'eau. Ed. Dunod. Paris, France. 1526 p.
- ROTENBERRY, J-T., PRESTON, K-L., KNICK, S-T. (2006). GIS-based niche modeling for mapping species' habitat. *Revue Ecology*. Vol 87. N° 6. P. 1458–1464.
- ROUESSAC, F., ROUESSAC, A., CRUCHE, D. (2004). Analyse chimique : Méthodes et techniques instrumentales modernes. Ed. DUNOD. Paris, France. 462 p.
- SCHLEICH, H-H., KÄSTLE, W., KABISCH, K. (1996). Amphibians and reptiles of North Africa. Ed. Koeltz scientific books. Vol. 63. Koenigstein, Allemagne. 626 p.
- SICILIA, A., MARRONE, F., SINDACO, R., TURKI, S., ARCULEO, M. (2009). Contribution to the knowledge of Tunisian amphibians: notes on distribution, habitat features and breeding phenology. *Revue Herpetology Notes*. Vol. 2. P. 107-132.
- SINGH, V.-P. (2005). Metal toxicity and tolerance in plants and animals. Ed. SARUP & SONS. New Delhi, Inde. 329 p. Consulté le 19/05/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=LhJxLkQntB8C&lpg=PA282&dq=zinc%20in%20the%20air&hl=fr&pg=PR4#v=onepage&q&f=false>.
- SPARLING, D-W. (2009). Water quality criteria for amphibians. In C. Kenneth Dodd, Jr. *Amphibian Ecology and Conservation : A Handbook of Techniques*. Ed. Oxford University Press. New York, Amérique. 556 p. Consulté le 25/05/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=04gfAwAAQBAJ&lpg=PA105&dq=amphibians%20water%20quality%20ph%20temperature%20salinity%20conductivity%20O2%20dissolved&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>.

Références bibliographiques

- WARREN, D-L., SEIFERT, S-N. (2011). Ecological niche modeling in Maxent : The importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Revue Ecological Applications*. Vol. 21. N° 2. P. 335–342.
- WEISS, P. (1894). *Le cuivre : Origine-Gisements-Propriétés-Métallurgie-Applications-Alliages*. Ed. Librairie J.-B. Baillière et Fils. France. Consulté le 10/02/2018 à l'adresse <https://books.google.dz/books?id=sisKAAAIAAJ&dq=Le%20cuivre&hl=fr&pg=PP1#v=onepage&q=Le%20cuivre&f=false>.
- ZHANG, K., YAO, L., MENG, J., TAO, J. (2018). Maxent modeling for predicting the potential geographical distribution of two peony species under climate change. *Revue Science of the Total Environment*. N° 634. P. 1326–1334.

ANNEXES

Annexe 01-Apperçu Photographique des sites échantillonnés



Lac Antenne (Photo prise par nous-mêmes).



Lac Mézaia (Photo prise par nous-mêmes).



Lac Noir (Photo prise par nous-mêmes).



Lac Tifra(Photo prise par nous-mêmes).



Mare Ait Yahia1 (Photo prise par nous-mêmes).



Mare Ait Yahia2 (Photo prise par nous-m



Mare Hellafa (Photo prise par nous-mêmes).



Mare Tichy (Photo prise par nous-mêmes).



Retenue Boussada(Photo prise par nous-mêmes).



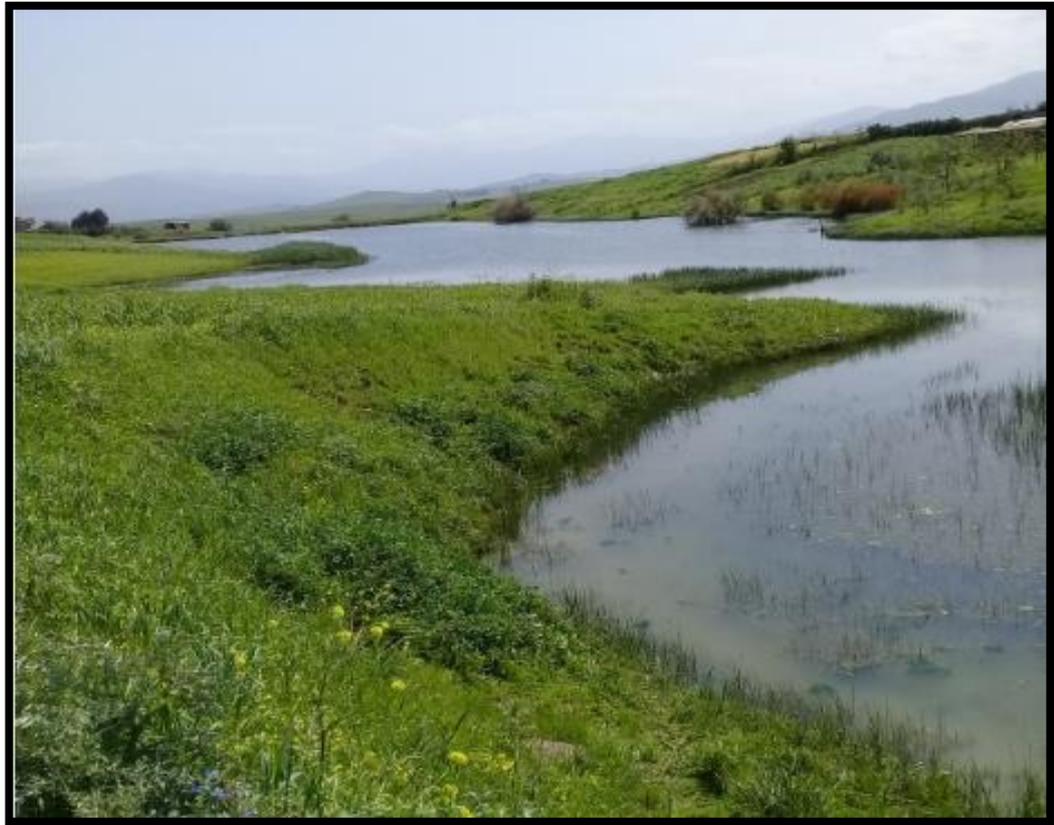
Retenue El –Kseur (Photo prise par nous-mêmes).



Retenue Hellafa (Photo prise par nous-mêmes).



Retenue Mahvouva (Photo prise par nous-mêmes).



Retenue Timizart (Photo prise par nous-mêmes).



Retenue Zekri (Photo prise par nous-mêmes).

Annexe 02-Données d'occurrence des sept espèces d'amphibiens traitées

B_boulengeri : *Bufo boulengeri*. *D_pictus* : *Discoglossus pictus*.

H_meridionalis : *Hyla meridionalis*. *P_saharicus* : *Pelophylax saharicus*.

P_nebulosus : *Pleurodeles nebulosus*. *S_algira* : *Salamandra algira*.

S_mauritanica : *Sclerophrys mauritanica*.

B_boulengeri	36.42	3.59	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
B_boulengeri	36.38	4.15	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
B_boulengeri	32.48	3.67	Algérie	gbif
B_boulengeri	22.618333	5.447333	Agérie	gbif
B_boulengeri	22.786667	5.566667	Agérie	gbif
B_boulengeri	23.139667	5.7335	Agérie	gbif
B_boulengeri	26.03333	1.65	Agérie	gbif
B_boulengeri	31.953667	5.337833	Agérie	gbif
B_boulengeri	32.483333	3.666667	Agérie	gbif
B_boulengeri	32.8	4.5	Agérie	gbif
B_boulengeri	35.37889	-0.96778	Agérie	gbif
B_boulengeri	35.6911	-0.6417	Agérie	gbif
B_boulengeri	36.918144	11.006167	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.732911	9.183525	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.449825	8.4287778	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.603042	10.494003	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.376878	10.538989	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.849653	11.113747	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.564956	10.860078	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.740856	10.922231	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.740786	10.922139	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.458992	10.7354	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.688836	9.2387889	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	37.329253	9.8141306	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.733889	8.5355556	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.642839	9.2164806	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.872281	10.175706	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	48.853611	2.2993667	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	35.722783	10.098644	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	35.173869	8.8267694	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	35.200169	8.8203611	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	35.759178	10.813708	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	35.700844	10.7667	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	34.387544	8.8283694	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.376878	10.538989	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	33.875997	10.077689	Tunisie	Amor et al.(2013)

B_boulengeri	34.395392	8.7809306	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	34.386725	8.7700417	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	34.389217	8.7834722	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	33.827972	11.018008	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	33.689461	8.9716167	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	36.849653	11.113747	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	34.385839	8.8198333	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	34.384633	7.9401	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	34.385183	7.9220083	Tunisie	Amor et al.(2013)
B_boulengeri	33.922386	8.1330361	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	34.15	0.0667	Algérie	gbif
D_pictus	34.8333	0.15	Algérie	gbif
D_pictus	35.6985	-0.617	Algérie	gbif
D_pictus	35.7	-0.75	Algérie	gbif
D_pictus	36.353878	2.768606	Algérie	gbif
D_pictus	36.74806	3.57556	Algérie	gbif
D_pictus	36.7631	3.0506	Algérie	gbif
D_pictus	36.42	3.59	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
D_pictus	36.89	4.12	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
D_pictus	36.38	4.15	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
D_pictus	36.29	4.17	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
D_pictus	36.8	3.2	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
D_pictus	36.7	3.2	Algérie	Amrouche-Larabi et al. (2015)
D_pictus	36.9	7.7667	Algérie	gbif
D_pictus	31.167	-7.183	Maroc	gbif
D_pictus	31.18333	-8.08333	Maroc	gbif
D_pictus	31.205	-7.931	Maroc	gbif
D_pictus	31.20583	-7.86417	Maroc	gbif
D_pictus	31.5775	-9.01611	Maroc	gbif
D_pictus	32.0167	-7.16667	Maroc	gbif
D_pictus	32.68333	-4.75	Maroc	gbif
D_pictus	34.004833	-6.742667	Maroc	gbif
D_pictus	34.02528	-6.83611	Maroc	gbif
D_pictus	34.053	-4.983	Maroc	gbif
D_pictus	34.217	-4.017	Maroc	gbif
D_pictus	34.3434	-2.4642	Maroc	gbif
D_pictus	34.812253	-2.402401	Maroc	gbif
D_pictus	35.03	-6.05	Maroc	gbif
D_pictus	35.07207	-5.22825	Maroc	gbif
D_pictus	35.09908	-5.2663	Maroc	gbif
D_pictus	35.1036	-5.2663	Maroc	gbif
D_pictus	35.12162	-5.27717	Maroc	gbif
D_pictus	35.126	-5.27717	Maroc	gbif

D_pictus	35.166667	-5.266667	Maroc	gbif
D_pictus	35.17139	-5.27717	Maroc	gbif
D_pictus	35.174667	-5.267333	Maroc	gbif
D_pictus	35.24773	-5.28803	Maroc	gbif
D_pictus	35.78472	-5.81278	Maroc	gbif
D_pictus	35.78889	-5.47139	Maroc	gbif
D_pictus	34.216667	6.7	Maroc	El Hamoumi et al. (2007)
D_pictus	36.616333	8.685833	Tunisie	gbif
D_pictus	36.673	8.702	Tunisie	gbif
D_pictus	36.862833	10.331667	Tunisie	gbif
D_pictus	36.9585	8.876	Tunisie	gbif
D_pictus	36.925556	11.005556	Tunisie	gbif
D_pictus	36.918144	11.006167	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.732911	9.183525	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.449825	8.4287778	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.603042	10.494003	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.376878	10.538989	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.849653	11.113747	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.564956	10.860078	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.740856	10.922231	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.740786	10.922139	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.458992	10.7354	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.688836	9.2387889	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	37.329253	9.8141306	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.733889	8.5355556	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.642839	9.2164806	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.872281	10.175706	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	48.853611	2.2993667	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	35.722783	10.098644	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	35.173869	8.8267694	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	35.200169	8.8203611	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	35.759178	10.813708	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	35.700844	10.7667	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	34.387544	8.8283694	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.376878	10.538989	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	33.875997	10.077689	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	34.395392	8.7809306	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	34.386725	8.7700417	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	34.389217	8.7834722	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	33.827972	11.018008	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	33.689461	8.9716167	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	36.849653	11.113747	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	34.385839	8.8198333	Tunisie	Amor et al.(2013)

D_pictus	34.384633	7.9401	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	34.385183	7.9220083	Tunisie	Amor et al.(2013)
D_pictus	33.922386	8.1330361	Tunisie	Amor et al.(2013)
H_meridionalis	36.82	8.42	Algérie	gbif
H_meridionalis	36.353878	2.768606	Algérie	gbif
H_meridionalis	29.385316	-10.16991	Maroc	gbif
H_meridionalis	30.886097	-6.93969	Maroc	gbif
H_meridionalis	30.933544	-6.937016	Maroc	gbif
H_meridionalis	31.01	-7.832	Maroc	gbif
H_meridionalis	31.20583	-7.86417	Maroc	gbif
H_meridionalis	31.3075	-8.2411	Maroc	gbif
H_meridionalis	31.509833	-9.759283	Maroc	gbif
H_meridionalis	32.68333	-4.75	Maroc	gbif
H_meridionalis	33.1	-7.367	Maroc	gbif
H_meridionalis	33.717	-7.34055	Maroc	gbif
H_meridionalis	34.02528	-6.83611	Maroc	gbif
H_meridionalis	34.0305	-6.8065	Maroc	gbif
H_meridionalis	34.053	-4.983	Maroc	gbif
H_meridionalis	34.100278	-6.343056	Maroc	gbif
H_meridionalis	34.13	-4.07	Maroc	gbif
H_meridionalis	34.199801	-6.503906	Maroc	gbif
H_meridionalis	34.26083	-6.57944	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.015167	-4.986333	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.09008	-5.22825	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.09908	-5.2663	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.1036	-5.2663	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.1081	-5.275	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.12048	-5.27717	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.126	-5.27717	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.168796	-5.268364	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.17139	-5.26972	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.455002	-5.132	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.46556	-6.04028	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.466667	-6.033333	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.78472	-5.81278	Maroc	gbif
H_meridionalis	35.8475	-5.53981	Maroc	gbif
H_meridionalis	36.49	8.25	Tunisie	gbif
H_meridionalis	36.94	8.76	Tunisie	gbif
H_meridionalis	36.740856	10.922231	Tunisie	Amor et al.(2013)
H_meridionalis	37.329253	9.8141306	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	25.608398	7.3264	Algérie	gbif
P_saharicus	27.12	2.28	Algérie	gbif
P_saharicus	33.822423	1.862816	Algérie	gbif

P_saharicus	36.31	4.06	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
P_saharicus	27.1395	-13.20667	Maroc	gbif
P_saharicus	28.942197	-9.938126	Maroc	gbif
P_saharicus	28.983333	-9.833333	Maroc	gbif
P_saharicus	29.081371	-10.33095	Maroc	gbif
P_saharicus	29.383333	-10.16667	Maroc	gbif
P_saharicus	29.542398	-10.05112	Maroc	gbif
P_saharicus	30.033333	-9.666667	Maroc	gbif
P_saharicus	30.933544	-6.937016	Maroc	gbif
P_saharicus	31.208213	-7.852178	Maroc	gbif
P_saharicus	31.285494	-7.292834	Maroc	gbif
P_saharicus	31.358828	-6.888944	Maroc	gbif
P_saharicus	31.411	-6.203	Maroc	gbif
P_saharicus	31.856711	-4.282258	Maroc	gbif
P_saharicus	32.55	-6.966667	Maroc	gbif
P_saharicus	32.68333	-4.75	Maroc	gbif
P_saharicus	34.004833	-6.742667	Maroc	gbif
P_saharicus	35.09458	-5.23912	Maroc	gbif
P_saharicus	35.09908	-5.2663	Maroc	gbif
P_saharicus	35.126	-5.27717	Maroc	gbif
P_saharicus	35.46556	-6.04028	Maroc	gbif
P_saharicus	35.75287	-5.56306	Maroc	gbif
P_saharicus	35.75737	-5.56306	Maroc	gbif
P_saharicus	35.78472	-5.81278	Maroc	gbif
P_saharicus	35.78889	-5.47139	Maroc	gbif
P_saharicus	35.8475	-5.47672	Maroc	gbif
P_saharicus	33.8675	7.8795	Tunisie	gbif
P_saharicus	33.878	7.882	Tunisie	gbif
P_saharicus	34.36	7.98	Tunisie	gbif
P_saharicus	34.389167	7.9475	Tunisie	gbif
P_saharicus	34.398943	7.921722	Tunisie	gbif
P_saharicus	34.41	8.78	Tunisie	gbif
P_saharicus	36.616333	8.685833	Tunisie	gbif
P_saharicus	36.9585	8.876	Tunisie	gbif
P_saharicus	36.96	8.73	Tunisie	gbif
P_saharicus	37.11	9.67	Tunisie	gbif
P_saharicus	37.130543	9.68879	Tunisie	gbif
P_saharicus	36.918144	11.006167	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	36.732911	9.183525	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	36.603042	10.494003	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	36.376878	10.538989	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	36.849653	11.113747	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	36.564956	10.860078	Tunisie	Amor et al.(2013)

P_saharicus	36.740856	10.922231	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	36.740786	10.922139	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	36.458992	10.7354	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	36.688836	9.2387889	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	37.329253	9.8141306	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	36.733889	8.5355556	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	36.642839	9.2164806	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	36.872281	10.175706	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	48.853611	2.2993667	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	35.722783	10.098644	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	35.173869	8.8267694	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	35.200169	8.8203611	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	35.759178	10.813708	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	35.700844	10.7667	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	34.387544	8.8283694	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	36.376878	10.538989	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	33.875997	10.077689	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	34.395392	8.7809306	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	34.386725	8.7700417	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	34.389217	8.7834722	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	33.827972	11.018008	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	33.689461	8.9716167	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	36.849653	11.113747	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	34.385839	8.8198333	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	34.384633	7.9401	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	34.385183	7.9220083	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_saharicus	33.922386	8.1330361	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_nebulosus	36.449825	8.4287778	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_nebulosus	36.740786	10.922139	Tunisie	Amor et al.(2013)
P_nebulosus	36.733889	8.5355556	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_algira	36.9	7.766667	Algérie	gbif
S_algira	36.43083	2.87694	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	36.64889	4.22639	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	36.42389	4.23389	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	36.72944	4.38528	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	36.72806	4.54389	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	36.53278	4.55639	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	36.65639	4.66306	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	36.54028	4.88167	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	36.67121	5.0164	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	36.67111	5.0175	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	36.62083	5.10472	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	36.62444	5.20333	Algérie	Merabet et al.(2016)

S_algira	36.62454	5.23333	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	36.56056	5.31417	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	37.05556	6.50278	Algérie	Merabet et al.(2016)
S_algira	36.9	7.766667	Algérie	Gbif
S_algira	36.38	4.15	Algérie	Amrouche-Larabi et al.,(2015)
S_algira	36.29	4.17	Algérie	Amrouche-Larabi et al.,(2015)
S_algira	34.010507	-4.327234	Maroc	Gbif
S_algira	34.169783	-4.33359	Maroc	Gbif
S_algira	35.044671	-5.126062	Maroc	Gbif
S_algira	35.189286	-4.130658	Maroc	Hernandez et Escorisa (2017)
S_mauritanica	30.13333	-2.16667	Algérie	gbif
S_mauritanica	31.608225	-2.218128	Algérie	gbif
S_mauritanica	34.85	5.73333	Algérie	gbif
S_mauritanica	35.2	4.183333	Algérie	gbif
S_mauritanica	35.2235	5.7064	Algérie	gbif
S_mauritanica	35.37889	-0.96778	Algérie	gbif
S_mauritanica	35.7	-0.75	Algérie	gbif
S_mauritanica	36.353878	2.768606	Algérie	gbif
S_mauritanica	36.9	7.766667	Algérie	gbif
S_mauritanica	36.42	3.59	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
S_mauritanica	36.38	4.15	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
S_mauritanica	36.29	4.17	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
S_mauritanica	36.28	3.59	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
S_mauritanica	36.8	3.2	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
S_mauritanica	36.7	3.2	Algérie	Amrouche-Larabi et al.(2015)
S_mauritanica	28.983333	-9.833333	Maroc	gbif
S_mauritanica	29.383333	-10.16667	Maroc	gbif
S_mauritanica	30.91667	-6.91667	Maroc	gbif
S_mauritanica	31.25	-7.983	Maroc	gbif
S_mauritanica	31.43611	-4.23278	Maroc	gbif
S_mauritanica	31.6389	-6.4839	Maroc	gbif
S_mauritanica	31.7	-6.617	Maroc	gbif
S_mauritanica	32.55	-6.966667	Maroc	gbif
S_mauritanica	32.716667	-6.466667	Maroc	gbif
S_mauritanica	33.025	-6.836	Maroc	gbif
S_mauritanica	33.1	-7.367	Maroc	gbif
S_mauritanica	33.433333	-5.216667	Maroc	gbif
S_mauritanica	33.885167	-5.547667	Maroc	gbif
S_mauritanica	34.004833	-6.742667	Maroc	gbif
S_mauritanica	34.017	-6.817	Maroc	gbif
S_mauritanica	34.053	-4.983	Maroc	gbif
S_mauritanica	34.145	-6.304833	Maroc	gbif
S_mauritanica	34.26083	-6.57944	Maroc	gbif

S_mauritanica	34.3434	-2.4642	Maroc	gbif
S_mauritanica	34.687	-1.911	Maroc	gbif
S_mauritanica	35.0675	-5.16847	Maroc	gbif
S_mauritanica	35.126	-5.27717	Maroc	gbif
S_mauritanica	35.17139	-5.26972	Maroc	gbif
S_mauritanica	35.183	-4.817	Maroc	gbif
S_mauritanica	35.455002	-5.132	Maroc	gbif
S_mauritanica	35.46556	-6.04028	Maroc	gbif
S_mauritanica	35.75	-5.9167	Maroc	gbif
S_mauritanica	35.784722	-5.812778	Maroc	gbif
S_mauritanica	35.78889	-5.47139	Maroc	gbif
S_mauritanica	35.8475	-5.38152	Maroc	gbif
S_mauritanica	33.878	7.882	Tunisie	gbif
S_mauritanica	34.425	8.784167	Tunisie	gbif
S_mauritanica	36.4225	9.218167	Tunisie	gbif
S_mauritanica	36.862833	10.331667	Tunisie	gbif
S_mauritanica	36.9585	8.876	Tunisie	gbif
S_mauritanica	37.05	10.066667	Tunisie	gbif
S_mauritanica	36.51	8.24	Tunisie	Ben Hassine et Escoriza (2014)
S_mauritanica	36.48	8.3	Tunisie	Ben Hassine et Escoriza (2014)
S_mauritanica	36.5	8.31	Tunisie	Ben Hassine et Escoriza (2014)
S_mauritanica	36.55	8.33	Tunisie	Ben Hassine et Escoriza (2014)
S_mauritanica	36.52	8.35	Tunisie	Ben Hassine et Escoriza (2014)
S_mauritanica	36.74	8.56	Tunisie	Ben Hassine et Escoriza (2014)
S_mauritanica	36.77	8.61	Tunisie	Ben Hassine et Escoriza (2014)
S_mauritanica	36.72	8.7	Tunisie	Ben Hassine et Escoriza (2014)
S_mauritanica	36.73	8.717	Tunisie	Ben Hassine et Escoriza (2014)
S_mauritanica	36.86	8.84	Tunisie	Ben Hassine et Escoriza (2014)
S_mauritanica	36.918144	11.006167	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.732911	9.183525	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.449825	8.4287778	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.603042	10.494003	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.376878	10.538989	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.849653	11.113747	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.564956	10.860078	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.740856	10.922231	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.740786	10.922139	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.458992	10.7354	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.688836	9.2387889	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	37.329253	9.8141306	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.733889	8.5355556	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.642839	9.2164806	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.872281	10.175706	Tunisie	Amor et al.(2013)

S_mauritanica	48.853611	2.2993667	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	35.722783	10.098644	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	35.173869	8.8267694	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	35.200169	8.8203611	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	35.759178	10.813708	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	35.700844	10.7667	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	34.387544	8.8283694	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.376878	10.538989	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	33.875997	10.077689	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	34.395392	8.7809306	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	34.386725	8.7700417	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	34.389217	8.7834722	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	33.827972	11.018008	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	33.689461	8.9716167	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	36.849653	11.113747	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	34.385839	8.8198333	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	34.384633	7.9401	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	34.385183	7.9220083	Tunisie	Amor et al.(2013)
S_mauritanica	33.922386	8.1330361	Tunisie	Amor et al.(2013)

Résumé

Ce mémoire de fin de cycle porte sur l'analyse de quelques paramètres physico-chimiques (Conductivité, oxygène dissous, potentiel Hydrogène, salinité et température) et sur le dosage de trois métaux lourds (Cuivre, plomb et zinc) dans les eaux de surfaces (Lacs, mares temporaires et retenues collinaires) en Kabylie. Un autre aspect de ce travail consiste en une modélisation de la répartition potentielle des amphibiens dans l'Afrique du Nord.

La mesure des paramètres physico-chimiques a été effectuée par appareillage électronique à l'aide d'un multi-paramètre, le dosage des métaux lourds a été réalisé par spectrométrie d'absorption atomique à flammes, et la modélisation de la répartition potentielle des amphibiens a été faite à l'aide du logiciel MaxEnt.

Les résultats obtenus dans le cadre de ce travail montrent que les plans d'eau échantillonnés ont des teneurs faibles en cuivre et en zinc mais trois sites dépassent la valeur guide de l'OMS pour le plomb. Les caractéristiques physico-chimiques des sites sont globalement favorables pour les amphibiens.

La modélisation a fourni les cartes de distribution potentielle pour les amphibiens retenus dans notre travail. Certaines espèces sont susceptibles d'être trouvées dans les mêmes zones géographiques. Des recherches et des vérifications sur le terrain devraient être programmées afin de déterminer la richesse spécifique de ces régions à haut intérêt de conservation.

Mots-clés

Kabylie, eaux de surface, physico-chimie, métaux lourds, amphibiens, modélisation.

Abstract

This end-of-cycle dissertation deals with the analysis of some physicochemical parameters (conductivity, dissolved oxygen, hydrogen potential, salinity and temperature) and the determination of three heavy metals (copper, lead and zinc) in surface water. (Lakes, temporary pools and hollows) in Kabylia. Another aspect of this work is modeling the potential distribution of amphibians in North Africa.

The measurement of physicochemical parameters was carried out by electronic equipment using a multi-parameter, the determination of heavy metals was performed by atomic absorption spectrometry with flames, and the modeling of the potential distribution of amphibians was done using the Maxent software.

Results from this work show that the sampled water bodies have low levels of copper and zinc, but three sites exceed the WHO guideline for lead. The physicochemical characteristics of the sites are generally favorable for amphibians.

The modeling provided the potential distribution maps for the amphibians retained in our work. Some species are likely to be found in the same geographical areas. Field research and verification should be scheduled to determine the specific richness of these areas of high conservation interest.

Keywords

Kabylia, surface water, physical-chemistry, heavy metals, amphibians, modelisation.

