

I. Fetnaci, A. Beddiar & T. Hamel

Le lac Fetzara (Nord-Est algérien): Biodiversité floristique et menaces potentielles

Abstract

Fetnaci, I., Beddiar, A. & Hamel, T.: Le lac Fetzara (Nord-Est algérien): Biodiversité floristique et menaces potentielles. — *Fl. Medit.* 29: 227-245. 2019. — ISSN: 1120-4052 printed, 2240-4538 online.

The wetlands of northeastern Algeria are rich in flora because of their biogeographical context. The Fetzara Lake, designated Ramsar site since 2002, has been the subject of multiple plant surveys conducted between 2014 and 2019 and has revealed the existence of 226 taxa belonging to 166 genera and 58 families with the dominance of therophytes (45.13%, 102 species). From the chorological point of view, the Mediterranean type was the most dominant with 128 taxa or 56.64% of the studied flora 19 of which are endemic to Algeria. Canonical analysis represented the superimposition of the three physiognomic environments of vegetation (dry lawns, amphibian meadows and semi-permanent lake) with respect to environmental variables. The results suggest that the distribution and variation of species abundance is mainly ordered according to salinity and grazing. These degradation factors therefore merit to be divulgated to arouse awareness of the public authorities and the population in order to implement appropriate protective measures.

Key words: floristic diversity, environmental variables, threats, conservation.

Introduction

Les zones humides sont considérées parmi les écosystèmes les plus riches et les plus diversifiés (Mitsch & Gosselink 2007). Ces milieux assurent plusieurs fonctions majeures telles que le stockage de l'eau, le contrôle des inondations et le piégeage des éléments chimiques notamment les toxiques (Keddy 2000; Williams 2006). Ce sont aussi des hauts lieux de biodiversité renfermant plusieurs espèces animales et végétales rares ou menacées d'extinction (Médail & al. 1998; Rhazi & al. 2001; de Bélair 2005; Ferchichi-Ben Jamaa & al. 2010; Samraoui & al. 2010). Ce sont des milieux très utiles mais aussi très menacés, ils subissent plusieurs pressions en raison des multiples activités humaines (drainage, aménagement agricole, pâturage et pollution) (Rhazi & al. 2001, 2006). Durant le dernier siècle, plus de la moitié des zones humides mondiales auraient disparues (Sajaloli 1996 ; Dumas & al. 2004 ; Hammada & al. 2004; Ferchichi-Ben Jamaa & al. 2010; Bouldjedri & al. 2011; Laribi & al. 2016).

Les zones humides des pays méditerranéens sont particulièrement touchées par ce phénomène et font face à une plus grande perte (Bonnet & al. 2005). Leur situation est donc très préoccupante étant donné que ces zones représentent un élément majeur des « points chauds » de biodiversité de la région méditerranéenne (Véla & Benhouhou 2007). Cette région est en effet considérée comme le troisième hotspot le plus riche du monde en diversité végétale (Myers & al. 2000).

L'Algérie n'est pas épargnée par ce problème, elle a été exposée au cours de ces dernières décennies à une érosion marquée des zones humides précieuses (Samraoui & al. 1992 ; de Bélair & al. 1994 ; Samraoui & al. 2011). En dépit des menaces qui pèsent sur ces écosystèmes et sur leur flore, les études phytodynamiques qui les concernent restent peu nombreuses (de Bélair 2005 ; Kadid & al. 2007 ; Bouldjedri & al. 2011 ; Neffar & al. 2013). Bien que l'Algérie recèle d'un grand nombre de zones humides assez importantes concentrées principalement dans le nord-est du pays, à proximité du littoral méditerranéen. La zone phytogéographique comprenant la Kabylie et la Numidie en Algérie et la Kroumirie en Tunisie a récemment suscité la proposition de la classer en tant que point chaud de biodiversité (Véla & Benhouhou 2007).

C'est dans cette zone que se trouve le lac Fetzara dans la willaya d'Annaba, le site de la présente étude. C'est l'un des plus importants lacs de l'extrême Nord-Est Algérien, classé officiellement, en 2002, comme une zone « Ramsar » (DGF 2002: 53-55). Autrement dit, c'est une zone humide d'importance internationale car elle reçoit en moyenne 20000 oiseaux d'eau appartenant à plus de 50 espèces inféodées aux zones humides. Plusieurs études ont été effectuées sur les eaux et les sols de ce site (Marre 1992 ; Djamaï 2007 ; Habes & al. 2012 ; Zahi 2014 ; Halimi & al. 2018) et ont relevé le caractère de salinité élevée de ce dernier. Cependant, les études sur la flore de cette zone demeurent rudimentaires voire inexistantes.

Sa grande étendue et son caractère relativement temporaire font de ce site une zone humide représentative et rare de type de zone humide de la région méditerranéenne (Djamai & al. 2006). Ce lac est très affecté, d'une part par l'impact du surpâturage et des aménagements hydrauliques, d'autre part par l'augmentation de la salinité sur les parties Est et Ouest. Un déplacement des sels vers la périphérie du lac avec un dessalement du centre a été observé pendant la période sèche et durant les dernières années (Durant 1950, Ifragria 1967, Djamaï & al. 2006).

L'objectif du présent travail est (1) de dresser un premier inventaire de la flore de lac Fetzara, intégrant les espèces strictement inféodées aux zones humides et les espèces transgressives ou parfois accidentelles des milieux voisins ou apportées par un agent de dissémination, (2) de réaliser une analyse quantitative, sur la base de paramètres biogéographiques tels que la richesse spécifique, l'endémisme, la rareté et la répartition géographique, (3) évaluer l'ampleur et la nature des menaces le concernant avec la proposition des mesures de conservation et de protection.

Matériel et Méthodes

Zone d'étude

Le lac Fetzara, est une vaste dépression située dans l'extrême Nord-est algérien et se trouve à 18 km au Sud-ouest de la ville d'Annaba et 14 Km de la mer Méditerranée avec

une altitude allant de 5 à 25m (Fig. 1). Il est limité au Nord par le massif de l'Edough, par les collines d'Ain Berda au Sud et les cordons dunaires situés à l'Est et à l'Ouest. Il s'allonge sur 17 km d'Est en Ouest et sur 13 km du Nord au Sud dans sa partie la plus large, sa superficie est d'environ 18600 hectares (Djamaï & al. 2007). La partie inondée du lac est située au centre et dépend fortement de la saison des pluies, elle couvre en hiver une superficie moyenne estimée à 5800 hectares (Djamaï & al. 2006).

Les eaux du lac Fetzara proviennent des précipitations ainsi que par trois principaux oueds : l'Oued Zied, Oued El Hout et Oued El Mellah; ces cours d'eau temporaires sont torrentiels en hiver et secs en été. Un canal d'assèchement de 14 km de long achemine les eaux du Lac vers l'Oued Meboudja puis l'Oued Seybouse qui se déverse en mer Méditerranée. Ce dernier a été construit entre 1943 à 1947 par la société des mines « Mokta el Hadid » afin de récupérer des terres cultivables (Durand 1950).

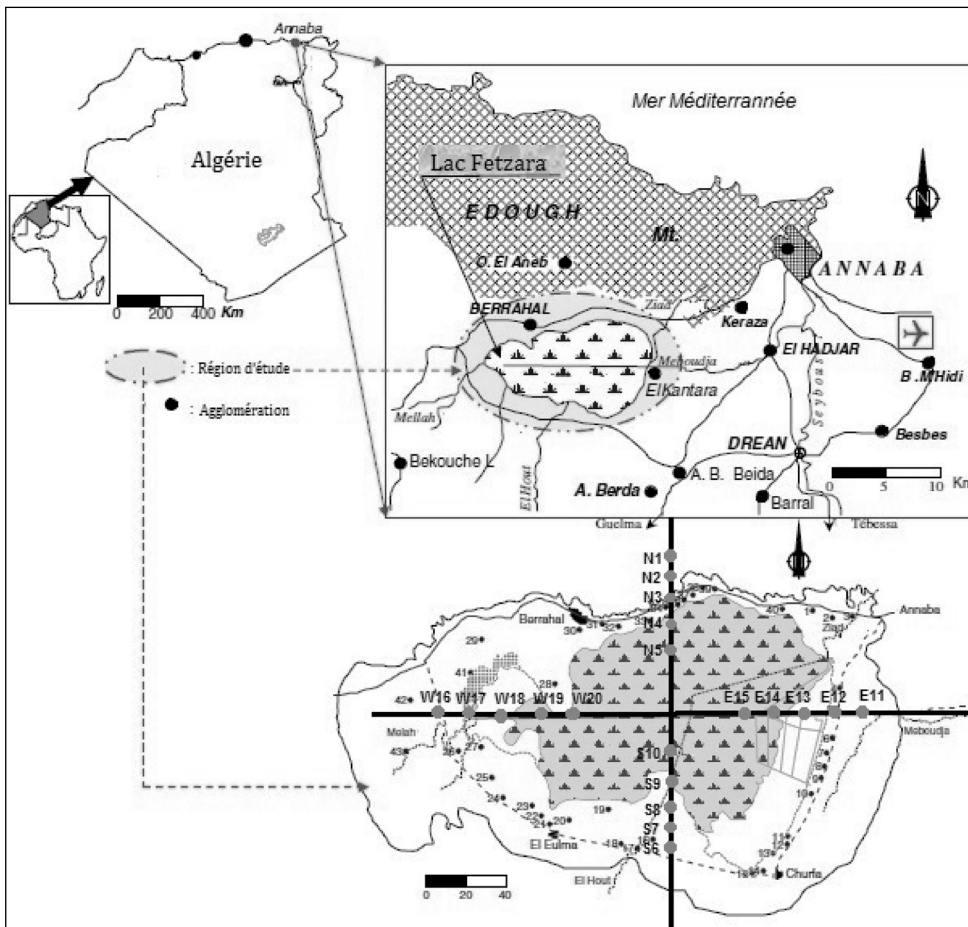


Fig. 1. Situation géographique du lac Fetzara (Nord-Est algérien).

La région d'étude est soumise à un climat méditerranéen, doux et humide en hiver et chaud et sec en été et reçoit une moyenne annuelle de pluie qui varie entre 600 mm à 700 mm. La température moyenne est de 11C° en hiver et de 25 C° en été. Bien que la température estivale peut atteindre 40 ° C (Rouabhia & al. 2012). Selon Djamaï (2007), la salinité des eaux et des sols du lac Fetzara est assez élevée. La conductivité électrique pour les sols et les eaux souterraines atteindraient respectivement des valeurs de 2,43 mS/cm et 2,1 mS/cm et seraient plus importantes au niveau de la région Sud-Est (commune de Cheurfa) et celle de la région Nord-Est du lac (commune de Oued Zied).

La géologie de cette zone comporte principalement des alluvions récentes du quaternaire constituées de limons, de sable, de gravier et de travertin (Joleaud 1936 ; Marre 1992 ; Djamaï & al. 2006; Habes & al. 2012).

Méthodologie

Etude floristique: la végétation du lac Fetzara a été étudiée à trois périodes par an (février-mars, avril-mai et juin-juillet) pendant six cycles hydrologiques (2014-2019). Cinq quadrats de superficie 100m² ont été appliqués par transects de longueur de 1000m depuis la zone exondée vers la zone inondée. Chaque transect est orienté en fonction de l'exposition par rapport au centre du lac (Transect Nord, Sud, Est et Ouest).

Les taxons ont été identifiés selon la flore d'Algérie (Quézel & Santa 1962-1963), la flore d'Afrique du Nord (Maire 1952-1987), la flore d'Italie (Pignatti 1982) d'autre part.

La nomenclature a été mise à jour pour les espèces inventoriées en tenant compte des travaux récents compilés dans l'index synonymique et bibliographique de la flore d'Afrique du Nord (Dobignard & Chatelain 2010-2013) et le site web de la base de données des plantes d'Afrique [<http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=fr>].

Les espèces recensées ont été renseignées par leur type biogéographique (Pignatti 1982 ; Blanca & al. 2009 ; Dobignard & Chatelain 2010-2013) et selon leur type biologique (Raunkier 1934; Pignatti 1982; Blanca & al. 2009; Tison & de Foucault 2014).

Analyse numérique des données floristiques: l'ensemble des relevés floristiques et environnementales a été soumis à une Analyse Canonique des Correspondances (ACC). Le croisement des données de la flore codées en présence-absence avec les variables environnementales (exposition, altitude, salinité, type de sol, taux de recouvrements des ligneuses et des herbacées, pâturage, incendie et activité agricole est obtenu par cette analyse (Tab. 1).

Le nuage résultant de l'ACC permet de visualiser le pourcentage explicatif d'une variable sur une autre (Ter Braak 1995). Cette analyse a été effectuée en utilisant le langage informatique R (package ade4, version 3.0.2) (R Development Core Team 2013).

Analyse pédologique : les variables pédologiques mesurées pour chaque station sont: (1) la granulométrie par la technique de Casagrande (1934); (2) la conductivité électrique; (3) le pH et le CaCO₃ selon Aubert (1978); (4) la matière organique selon Afnor (1999).

Résultats

Diversité floristique

Un total de 226 espèces de plantes vasculaires appartenant à 166 genres et 58 familles ont été identifiées dans la zone du lac Fetzara (Supplément Électronique 1). La famille des

Tableau 1. Caractéristiques écologiques des différentes stations.

Station	Expo	Alti	Sali	Subs	Trli	Trhe	Patu	Ince	Acag
N1	1	4	1	1	1	5	4	1	2
N2	1	2	2	1	1	3	4	1	2
N3	1	3	2	1	1	3	3	1	1
N4	1	4	3	1	1	3	3	1	1
N5	1	4	3	1	1	2	1	1	1
S6	2	4	1	2	2	5	2	1	2
S7	2	3	1	2	1	4	3	1	2
S8	2	5	1	2	1	4	2	1	2
S9	2	3	2	3	1	3	1	1	1
S10	2	4	2	3	1	2	1	1	1
E11	3	4	2	2	2	5	4	1	2
E12	3	3	2	2	2	5	3	1	1
E13	3	2	3	3	1	4	3	2	1
E14	3	3	4	3	1	3	2	1	1
E15	3	4	4	1	1	2	2	1	1
W16	4	2	2	2	2	4	4	1	2
W17	4	1	3	2	1	3	3	1	1
W18	4	3	4	1	1	2	2	1	1
W19	4	2	4	1	1	2	2	1	1
W20	4	3	4	1	1	2	1	1	1

Transect Nord : N1, N2, N3, N4 et N5. Transect Sud : S6, S7, S8, S9 et S10. Transect Est : E11, E12, E13, E14 et E15. Transect Ouest : W16, W17, W18, W19 et W20.

Trli : taux de recouvrement des espèces ligneuses, Trhe : taux de recouvrement des espèces herbacées, Patu : pâturage, Ince : incendie, Acag : activité agricole.

[Expo : 1= Nord, 2= Sud, 3= Est, 4= Ouest/ Alti : 1= de 0 à 5m, 2= de 5 à 10m, 3= 10 à 15m, 4= de 15 à 20m, 5= de 20 à 40m/Trli et Trhe : 1= de 0 à 5%, 2= de 5 à 10%, 3= 10 à 25%, 4= de 25 à 50%, 5= de 50 à 100%/ Patu, Ince et acag : 1= activité minimale, 2= légère activité, 3= activité moyenne, 4= activité très importante/ Sali : 1= <1 mS/cm à 25°C, 2= 1-2 mS/cm à 25°C, 3= 2-4 mS/cm à 25°C, 4= 4-8 mS/cm à 25°C. Type de sol selon la carte de AJCI (1985) : 1= sols halomorphes, 2= sols peu évolués, 3= sols hydromorphes].

Fabaceae était la plus importante en termes de nombre d'espèces et constitue 15.49 % des plantes identifiées (35 espèces), suivie par les *Asteraceae* avec 15.04 % (34 espèces) et les *Poaceae* avec 9,29 % (21 espèces). Ces trois familles représentent à elles seules plus d'un tiers de la flore étudiée. À côté d'elles, les *Apiaceae* (14 espèces, 6,19 %), les *Caryophyllaceae* (8 espèces, 3,54 %) et les *Plantaginaceae* (8 espèces, 3,54 %) étaient assez bien représentées. Le reste des familles étaient le plus souvent monospécifique ou bien bispécifique.

La majorité des plantes recensées se concentraient dans les parties Sud et Nord autour du lac avec respectivement 193 et 207 espèces. Ces parties sont les moins touchées par le pâturage et les forts taux de salinité des sols, contrairement aux parties Est et Ouest qui

comptabilisaient beaucoup moins d'espèces (140 et 123 espèces respectivement). Un manque d'abondance a été aussi remarqué. Le nombre de taxons groupés dans chaque relevé pouvait aller de 30 à 121.

Les zones inondées se distinguent par une végétation très pauvre organisée autour des halophytes et des héliophytes (*Sarcocornia fruticosa* (L.) A. J. Scott, *Juncus acutus* L., *Cotula coronopifolia* L., *Cyperus rotundus* L. subsp. *rotundus*, *Spergula arvensis* L. et *Juncus tenageia* L. f. subsp. *tenageia*).

Trois types de milieux ont été définis sur des critères physiologiques liés à la profondeur de l'eau et au type de végétation :

- lac semi-permanent, correspondant à un plan d'eau ne s'asséchant pas totalement en période estivale. Les espèces caractéristiques sont *Ranunculus aquatilis* L., *Alisma plantago-aquatica* L., *Cotula coronopifolia* L., *Rumex crispus* L., *Myriophyllum alterniflorum* DC., *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla, *Lythrum junceum* Banks & Sol., *Sarcocornia fruticosa* (L.) A. J. Scott et *Juncus bufonius* L. subsp. *bufonius*.

- les prairies amphibies, correspondant à des plans d'eau peu profonds, entièrement couverts par une végétation héliophytique caractérisée par une alternance de phases sèches et inondées au cours du cycle annuel; la durée de la phase inondée est généralement supérieure à celle de la phase sèche. Nous distinguons des prairies à *Ranunculus aquatilis* L., à *Callitriche obtusangula* Le Gall et à *Alisma plantago-aquatica* L.

- les pelouses sèches développées en bordure de lac et de prairies amphibies et caractérisées par une végétation à dominance d'espèces thérophytiques (*Bellis annua* L. subsp. *annua*, *Ammi majus* L., *Daucus carota* subsp. *maximus* (Desf.) Ball, *Euphorbia helioscopia* subsp. *helioscopia*, *Medicago murex* Willd. et *Melilotus indicus* (L.) All.).

Type biologique

Les thérophytes ont été nettement le type biologique le plus abondant, représenté par 102 espèces ce qui constitue 45,13% de l'ensemble des taxons répertoriés, viennent ensuite les hémicryptophytes (60 taxons), les géophytes (27 taxons), les phanérophytes (16 taxons), les hydrophytes (13 taxons), les chamaephytes (4 taxons) et enfin les héliophytes (4 taxons).

De plus, la composition floristique a permis de distinguer des groupements végétaux aquatiques et amphibies:

- les hydrophytes représentées par: *Juncus heterophyllus* Dufour, *Myriophyllum alternifolium* DC. et l'espèce la plus abondante *Callitriche obtusangula* Le Gall.

- les amphiphytes sont largement représentées avec par exemple *Cyperus longus*; *Phragmites australis* et *Typha domingensis*, ce dernier macrophyte est le plus abondant, il a été observé sur les deux rives du lac aussi bien en milieu exondé qu'en milieu inondé.

- les hygrophytes sont représentées par *Tamarix gallica*, *Lythrum junceum* Banks & Sol. et *Mentha pulegium* L.

Type biogéographique

Les espèces recensées appartiennent à plusieurs ensembles chorologiques (Supplément Électronique 1):

- Ensemble méditerranéen : cet ensemble domine avec 128 espèces, soit 56,64 % de la flore répertoriée, dont 90 pour l'élément de liaison méditerranéen (*sensu stricto*), 26 pour

l'élément de liaison eury-méditerranéen et 12 pour l'élément de liaison méditerranéen atlantique. Dans cet ensemble, les familles les plus riches sont celles qui sont le mieux représentées dans la flore étudiée. La famille des *Fabaceae* compte 21 taxons, celles des *Asteraceae* 25 taxons, les *Poaceae* (8 taxons) et les *Apiaceae* (8 taxons). D'autres familles possèdent 4 voire 1 taxon.

- Ensemble de large répartition : cet ensemble regroupe 38 espèces, soit 16,81% de la flore du lac Fetzara. Il est présenté par 35 taxons cosmopolites (inclues les subcosmopolites) répartis en 25 familles et trois taxons d'origine tropicale (*Equisetum ramosissimum* Desf. et *Cyperus rotundus* L. subsp. *rotundus* et *Panicum repens* L.).

- Ensemble nordique : ces espèces représentent 15,04 % de la flore étudiée (34 taxons). L'élément paléotempéré est représenté par 24 taxons, suivi par l'élément eurasiatique avec 5 taxons. L'élément holarctique par 4 taxons, l'élément eurosibérien n'est représenté que par un seul taxon.

- Ensemble d'espèces introduites : cet ensemble est représenté par 7 espèces dont 3 sont cultivées : *Opuntia maxima* Mill., *Triticum durum* Desf. et *Vicia faba* L.

- Ensemble endémique : 19 espèces représentent cet ensemble soit 8,41 % de la flore inventoriée ; une part non négligeable qui apporte de l'intérêt à notre étude, d'autant plus avec la présence de deux endémiques algériennes (*Genista numidica* Spach subsp. *numidica* et *Carduus numidicus* Durieu). Sur les 166 genres présents, dix-sept d'entre eux possèdent des taxa endémiques. Les genres *Genista* et *Scrophularia* sont les seuls à être représentés par 2 taxons. Les pourcentages d'endémiques se répartissent particulièrement parmi les familles *Asteraceae*, *Apiaceae* et *Fabaceae*.

Rareté et endémisme

La flore rare de la région d'étude compte dix neuf espèces (*sensu* Quézel & Santa 1962-1963), parmi lesquelles, 4 se retrouvent sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) avec des différents statuts : Quasi menacée pour *Bellis prostrata* Pomel, *Convolvulus durandoi*, *Juncus heterophyllus* et *Scrophularia tenuipes*. En outre, quatre espèces sont protégées selon la législation algérienne (Décret exécutif « DE » n°12/03 du 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées qui en comporte 449): *Bellis prostrata* Pomel, *Convolvulus durandoi* Pomel, *Ludwigia palustris* (L.) Elliott et *Scrophularia tenuipes* Cosson & Durieu (Tab. 2).

Les espèces rares n'ont pas toujours la même valeur patrimoniale. Certaines d'entre elles sont à la fois endémiques et rares, comme (*Convolvulus durandoi* et *Scrophularia tenuipes*).

En ce qui concerne les catégories d'endémisme, il est à noter le taux remarquable de rareté des espèces endémiques algéro-tunisiennes (50%).

Nos résultats révèlent que les milieux les plus vastes (lac) sont les plus pauvres en espèces rares et endémiques. Bien que, les prairies amphibies renferment le plus grand nombre en taxons rares (11 espèces) et les pelouses sèches distinguent par une diversité en endémisme (17 taxons).

Caractéristiques édaphiques

Les résultats obtenus par l'analyse granulométrique montrent l'importance de teneur en argile (51,55 à 76,05%) et une moyenne du total des différentes fractions granulométriques

Tableau 2. Les plantes à valeur patrimoniale.

Taxon (Dobignard & Chatelain 2010-2013)	Rareté (<i>sensu</i> Q.S. 1962-63)	Endém	JORA (2012)	UICN (2019)	Site
<i>Bellis prostrata</i> Pomel	RR		P	NT	PA
<i>Carduus numidicus</i> Durieu	R	Alg			PS
<i>Cladium mariscus</i> (L.) Pohl	RR				L
<i>Convolvulus durandoi</i> Pomel	R	Alg-Tun	P	NT	PS
<i>Daucus virgatus</i> (Poir.) Maire	R	Alg-Tun			PS
<i>Eleocharis uniglumis</i> (Link.) Schult.	R				PA
<i>Eryngium pusillum</i> L.	R				PA
<i>Galactites mutabilis</i> Durieu	AR	Alg-Tun			PS
<i>Helosciadium crassipes</i> W.D.J. Koch.	RR				PA
<i>Illecebrum verticillatum</i> L.	RR				PA
<i>Juncus heterophyllus</i> L. M. Dufour	R			NT	PA, L
<i>Linum numidicum</i> Murbeck	R	Alg-Tun			PS
<i>Ludwigia palustris</i> (L.) Elliott	RR		P		L
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> DC.	R				L
<i>Potamogeton trichoides</i> Cham. & Schltld.	AR				L, PA
<i>Rumex crispus</i> L.	R				PA
<i>Salsola soda</i> L.	RR				PS, PA
<i>Scrophularia laevigata</i> Vahl subsp. <i>laevigata</i>	R	Alg-Tun-Mar			PA
<i>Scrophularia tenuipes</i> Cosson & Durieu	R	Alg-Tun-Mar	P	NT	PA

(Endém : endémisme; AR: assez rare; R: rare; RR: très rare; NT: quasi menacée; P: protégé, L: lac semi-permanent, PA: prairies amphibies, PS: pelouse sèche).

de 62,77% ce qui confère aux sols des sites une texture argileuse (Tab. 3). Le pH est légèrement alcalin à alcalin dans l'ensemble des stations étudiées.

La conductivité électrique est de moyenne de 0,58 mS/cm dans le transect 1, dans le transect 2, elle est de moyenne de 0,83 mS/cm et dans le transect 3, elle atteint 2,72 mS/cm de moyenne. Le transect 4 est le plus salé avec 3,96mS/cm. Ces résultats montrent que les sols de lac Fetzara sont salés à extrêmement salés.

Le taux de calcaire total reste faible dans l'ensemble dans le transect de nord et d'ouest. Dans le transect Sud et Est les teneurs de calcaire sont très élevés. Ils se situent dans la fourchette de 12,13 à 15,42%. Ce taux élevé est en relation avec l'écoulement de l'eau de Oued El Hout de coté de Sud et le canal de drainage de lac de coté de l'Est.

Celui de la matière organique est relativement faible dans la partie inondée de lac. Cette pauvreté qui peut s'expliquer par le faible taux de recouvrement par la végétation.

Tableau 3. Caractéristiques physico-chimiques du terrain des stations étudiées.

Station	pH	C E mS/cm	Granulométrie			M O (%)	CaCO ₃ (%)
			A (%)	L(%)	S(%)		
N1	7,81	0,19	76,05	22,91	6,14	3,15	0,67
N2	7,85	0,29	71,12	15,45	13,43	2,24	0,71
N3	7,88	0,37	69,75	15,32	14,93	1,92	0,77
N4	7,88	0,74	71,85	15,10	13,05	1,74	0,89
N5	8,13	1,27	68,77	14,12	17,11	1,22	1,48
S6	8,12	0,16	68,94	17,13	14,05	3,42	12,13
S7	8,17	0,22	70,42	15,22	14,36	3,27	13,42
S8	8,17	0,48	63,45	20,12	16,43	3,22	13,72
S9	8,22	1,22	71,12	12,13	16,75	2,87	15,15
S10	8,25	2,11	57,88	17,31	24,81	2,55	15,32
E11	8,37	2,57	52,17	19,51	28,32	1,49	12,22
E12	8,15	2,42	55,42	18,19	26,39	1,24	13,24
E13	8,15	2,53	54,12	18,77	27,11	1,22	14,25
E14	8,12	2,77	53,74	18,54	27,72	0,77	14,74
E15	8,24	2,84	51,55	19,41	29,04	0,61	15,42
W16	8,14	2,27	60,17	11,71	28,12	1,51	2,15
W17	8,12	3,55	63,03	9,66	27,31	1,22	2,27
W18	8,29	4,12	61,71	10,15	28,14	0,81	2,21
W19	8,33	4,48	60,45	11,89	27,66	0,73	2,21
W20	8,27	5,15	57,58	14,11	28,31	0,48	2,47

A = Argile ; L = Limon ; S = Sable ; pH = Potentiel hydrogène ; C E = Conductivité électrique ; CaCO₃ = Calcaire total ; M O = Matière organique.

Analyse canonique des correspondances flore / environnement

L'analyse canonique des correspondances flore / environnement met en relation les 226 espèces végétales recensées et les variables environnementales. Le plan formé par le premier et le second axe totalise un taux d'inertie de 67,48% (Fig. 2). Il met en évidence la répartition des relevés des différentes stations en fonction des variables du milieu et de la physiologie de la végétation.

Le long de l'axe 1, les stations s'organisent selon un gradient de salinité, en allant des formations moins salées (côté négatif) vers les formations salées (côté positif).

Les relevés (N1, S6, S7, N3 et E11) qui se regroupent autour de variable taux de recouvrement des herbacées dominés par *Trifolium angustifolium* L., *Veronica cymbalaria* Bodard, *Trifolium scabrum* L., *Aegilops triuncialis* L., *Lagurus ovatus* L., *Daucus carota* subsp. *maximus* (Desf.) Ball, *Chamaemelum fuscatum* (Brot.) Vasc., *Trifolium stellatum* L.). De même, la présence des plantes adventices (*Vicia faba* L., *Triticum durum* Desf. et *Vitis vinifera* L.) sont le témoignage de l'activité agricole sur ces grandes formations.

Dans la partie positive de l'axe 1, les relevés d'Ouest du lac se regroupent autour des variables exposition et salinité. Ils se caractérisent par des halophytes (*Salsola soda* L. et

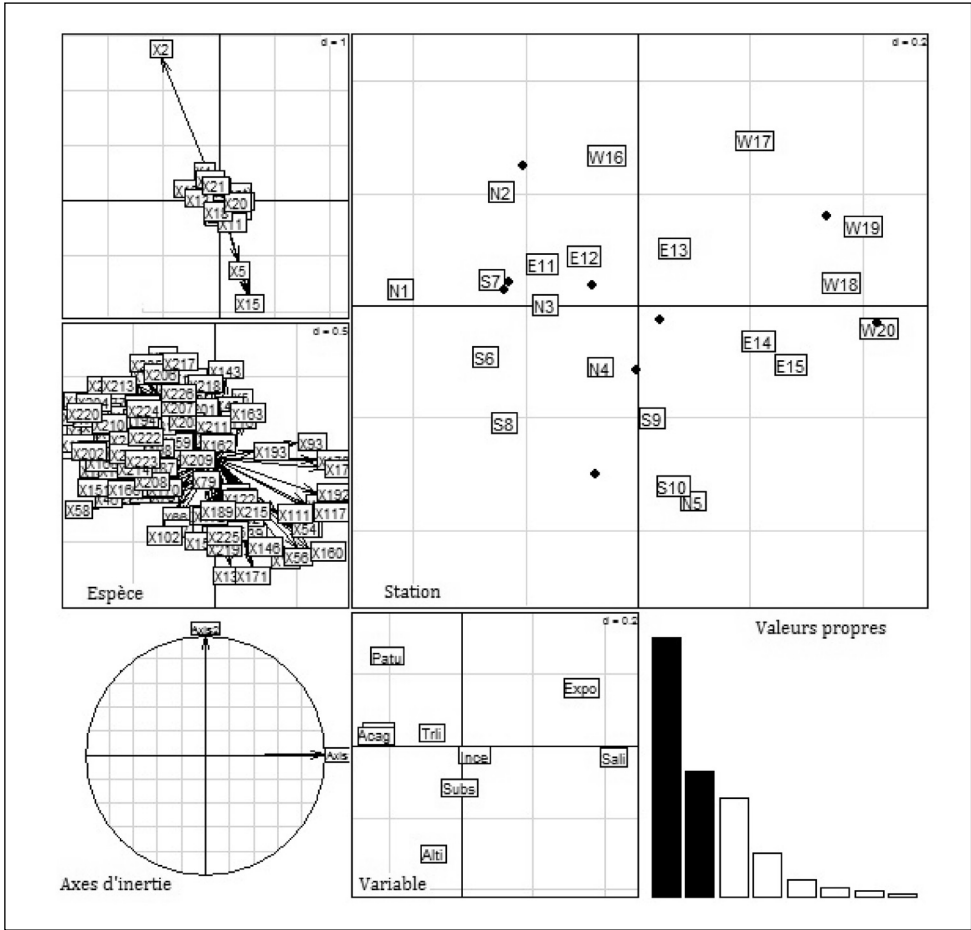


Fig. 2. Carte de l'Analyse Canonique des Correspondances (ACC) 20 stations x 211 espèces x 8 variables environnementales (Expo= exposition, Alti= altitude, Trli= taux de recouvrement des ligneuses, Trhe= taux de recouvrement des herbacées, PaIn= pâturage et incendie, Acag= activité agricole, Sali= salinité des sols, Subs= substrat).

Sarcocornia fruticosa (L.) A. J. Scott.). Ces relevés occupent les terrains argilo-sablo-limo-neux et se distinguent aussi par des espèces hélophytes (*Isoetes histrix* Durieu ex Bory, *Spergularia media* (L.) C. Presl, *Spergula arvensis* L., *Lythrum junceum* Banks & Sol., *Ranunculus trilobus* Desf., *Lotus corniculatus* subsp. *preslii* (Ten.) P. Four.).

La variable pâturage est positivement corrélée à l'axe 2 avec un coefficient de corrélation de -0,98, et s'oppose aux variables topographiques substrat (Subs) et altitude (Alti) négativement corrélées à cet axe ($r = -0,47, -0,88$ respectivement).

Les groupes de relevés acquis dans le plan F2 (27,68 %) mettent en évidence une zonation de la végétation qui est tributaire de l'action de différents facteurs primordiaux. Sur la

base de la valeur écologique de ces espèces, le second axe indique la submersion du fait que, sur le côté positif, s'ordonnent des espèces caractéristiques des cuvettes et/ou des zones toujours inondées (*Rumex crispus* L., *Veronica anagallis-aquatica* L. subsp. *aquatica*, *Zannichellia palustris* (L.) subsp. *palustris* et *Epilobium tetragonum* L. subsp. *tetragonum*). Cette formation s'installe sur des terrains argilo-limono-sableux.

Alors que, sur l'autre côté, se réunissent des espèces des pelouses sèches (*Paronychia argentea* Lam., *Verbascum sinuatum* L., *Urospermum dalechampii* (L.) F. W. Schmidt, *Trachynia distachya* (L.) Link et *Trifolium resupinatum* L.). Cette formation dégradée forme des parcours de grand nombre des cheptels ovins et caprins. Elle se traduit par la dominance des espèces annuelles héliophiles qui remplacent des espèces pérennes.

Discussion

Composante biologique

Les thérophytes (102 taxons) composent principalement le spectre biologique autour du lac Fetzara. La dominance des espèces annuelles traduit l'adaptation des communautés à l'imprévisibilité des conditions environnementales (Deil 2005 ; Williams 2006 ; Megharbi & al. 2016), en favorisant les espèces à cycle court qui investissent plus dans la reproduction sexuée que dans le développement végétatif (Rhazi & al. 2006).

Les hémicryptophytes sont aussi assez bien représentés (60 espèces). Les milieux humides sont en général favorables à leur prolifération (Belouahem & de Bélair 2009). Cette richesse peut en outre s'expliquer par l'importance des mycorhizes dans le sol (Whigham 2004).

Ainsi, la présence de nombreuses hélrophytes et hydrophytes ajoutée aux types biologiques précédents vient souligner le fait d'un caractère commun qui réside dans leur exigence en eau. C'est le facteur qui fournit le milieu ambiant lui-même et qui assure les importants besoins en eau de l'appareil végétatif pour les différentes plantes hygrophiles (Belouahem-Abed & al. 2011 ; Allem & al. 2017).

Le lac n'est inondé que la moitié de l'année lors des saisons pluvieuses, cet habitat à caractère semi permanent d'immersion est propice au développement de plantes à cycle court qui croissent rapidement (Hammada & al. 2004), comme peuvent l'être essentiellement les thérophytes. Elles survivent à la sécheresse estivale sous la forme de graines. Ceci peut expliquer que les thérophytes aient été les plus abondantes (42,18%), leur abondance est donc considérée comme une stratégie d'esquive aux périodes défavorables (Daget 1980).

Bon nombre de chamaephytes sont présents. Le pâturage favorise d'une manière globale ces espèces souvent refusées par le troupeau (Benabadi & al. 2004). De plus, ce sont des espèces bien adaptées à la salinité des sols par rapport aux phanérophytes (Ghezlaoui & al. 2011).

Les géophytes et les phanérophytes s'imposent beaucoup moins, Barbéro & Quézel (1989) signalent qu'ils régressent et disparaissent dans les pelouses.

D'après nos prospections, le lac Fetzara abrite en effet 13 hydrophytes, comprenant de nombreuses espèces peu répandues, rares ou très rares (7 espèces), dont une a été observée pour la première fois à Annaba (ex Bône) dans le cadre de cette étude (*Ludwigia palustris* (L.) Elliott). Cette végétation héberge des espèces rares à haute valeur patrimoniale (Hamel & al. 2013). Toutefois, en termes de richesse spécifique les hydrophytes sont moins impor-

tantes que les xérophytes. Cependant en termes d'abondance, les hydrophytes dominent assez bien notamment dans la zone centrale du lac.

Selon Simonneau (1952) la superficie des lieux humides (lac et prairies amphibies) est inférieure à ce qu'elle devrait être par rapport la surface totale, ceci est dû à la longue durée de la période sèche qui accélère l'évaporation qui favorise l'extension des xérophytes par rapport aux autres espèces.

Diversité phytogéographique

L'examen des principaux types chorologiques rencontrés dans la région d'étude confirme la dominance de l'élément méditerranéen (56,64 %), fait souligné par Quézel (2002) pour l'ensemble des pays de l'Afrique du Nord.

Sur les 32 espèces endémiques citées pour la péninsule de l'Edough (Hamel & al. 2013), nous retrouvons 8 espèces dans la zone d'étude, soit 25%. Les familles les plus riches en espèces endémiques sont celles qui sont le mieux représentées dans la flore du lac Fetzara. Ces résultats corroborent ceux mentionnés par Le Houérou (1995) qui considère que les *Apiaceae* et les *Asteraceae* sont des familles à forte endémicité au Nord de l'Afrique.

Néanmoins, les endémiques se développant dans la région d'étude sont relativement peu nombreux par rapport à ce qui a été observé dans les mares d'Annaba, 25 taxons (Allem & al. 2017). Si, pour des raisons orographiques, les taxons endémiques sont très peu représentés dans le peuplement végétal numidien (Quézel 1964), les taxons d'origine septentrionale semblent constituer par contre une de ses composantes principales (Quézel 2002 ; Véla & Benhouhou 2007).

Le taux de rareté des espèces endémiques recensées est remarquable (7 taxons soit 36,84 %). En effet, plus des trois quarts (77,9 %) des taxons endémiques stricts d'Algérie ou sub-endémiques sont des plantes plus ou moins rares en Algérie (Quézel & Santa 1962-1963), les endémiques plus ou moins communes représentant moins du quart du total (Véla & Benhouhou 2007).

Nos données sur la répartition des plantes rares et endémiques dans la région d'étude montrent que la communauté halophile est la plus pauvre. Ce résultat confirme des données déjà obtenues en Algérie (Megharbi & al. 2016), en Tunisie (Ferchichi-Ben Jamaa & al. 2010 ; Domina & El Mokni 2019) et au Maroc (Rhazi & al. 2001).

Mosaïque de la végétation

La diversité floristique du lac Fetzara est comparable à celle des grandes zones humides emblématiques d'Afrique du Nord, telles que le lac Tonga (Kadid & al. 2007), les mares d'Annaba (Allem & al. 2017), au lac Beni-Bélaïd (Bouldjedri & al. 2011) et au complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja (Samraoui & de Bélair 1997).

Au total, avec dix neuf taxons rares au sens large qu'elle abrite, la région d'étude est faite partie d'une zone réputée pour la richesse et l'originalité de sa flore rare et endémique (Quézel 2002 ; de Bélair 2005 ; Belouahem-Abed & al. 2011 ; Hamel & al. 2013 ; Allem & al. 2017 ; Hamel & Boulemtafes 2017).

Une telle valeur conforte la position du territoire phytogéographique la Numidie au sein du point chaud « Kabylies-Numidie-Kroumirie » (Véla & Benhouhou 2007), où des mesures conservatoires doivent être mises en œuvre pour la protection de ces habitats réputés pour leur fragilité.

Cependant, contrairement à ces sites protégés Ramsar, la lac Fetzara est totalement dégradé et cela est expliqué par l'ignorance des autorités et les organisations environnementales. Bien que très perturbé, ce lac affiche toujours une structure zonale singulière pour un environnement de cette taille. Chacune de ses trois ceintures concentriques à des communautés végétales distinctes: pelouses sèches, prairies amphibies et communautés immergées.

Cette organisation spatiale de la végétation du lac révèle clairement un gradient hydrologique lié à la topographie, qui influence la durée de submersion et la granulométrie des sédiments (granulométrie décroissante de la périphérie vers le centre (Megharbi & al. 2016). Toutefois, les résultats obtenus traduisent l'influence du pâturage. Ce facteur apparaît notamment réduire l'hétérogénéité biocoenotique des ceintures externes, probablement par le tassement et l'homogénéisation du substrat, et augmenter celle des ceintures centrales, par réduction de la compétition. Il contribue en effet à limiter le développement des héliophytes, et notamment des espèces vivaces rhizomateuses très compétitives (Ferchichi-Ben Jamaa & al. 2014).

Nos données suggèrent ces effets en montrant que les pelouses sèches présentent significativement plus d'espèces annuelles que les autres types d'habitats. La moindre concurrence induite par les herbivores domestiques pourrait constituer un outil de gestion et de conservation de la biodiversité, de manière à maintenir des zones ouvertes favorables aux communautés thérophytiques patrimoniales des zones humides (Gordon & al. 1990). La présente étude montre qu'au lac Fetzara, les champs pâturés semblent contenir beaucoup plus d'espèces que les marais temporaires et les cultures inondées et confirme les conclusions de Bouldjedri & al. (2011) et de Allem & al. (2017).

Les résultats des analyses pédologiques révèlent les interférences de plusieurs paramètres que ce soit le degré de l'holomorphie et de l'hydromorphie. La basse altitude de la région d'étude est bien corrélée avec le taux de salinité. Cette salinité exerce une certaine influence sur le développement de la végétation (Djebaili 1978).

En revanche, les stations inondées sont les plus pauvres en espèces. Ces espèces dépendent de l'interaction des propriétés du sol (Conductivité électrique, calcaire total et matière organique). Dans leur étude sur les marais du Maryland, Darmody & Foss (1979) ont constaté qu'une augmentation de la teneur en sel réduirait la richesse floristique.

L'ACC sépare la végétation halophile installée sur un sol argilo-sablo-limoneux aux autres végétations, installées sur un sol argilo-limono-sableux. Les niveaux les plus élevés de la salinité du sol ont été observés dans les zones occupées par *Sarcocornia fruticosa* (L.) A. J. Scott. et *Salsola Soda* L. Ces deux espèces appartenant à un groupe écologiquement hygro-euhalophytique constituent ici deux groupements distincts dans les zones alluviales. Leur distribution suit généralement le taux des alluvions qui dépend de la durée de la période humide et de la profondeur des eaux (Khani & al. 2002).

Cependant, cette approche statistique montre que la salinité des sols est un facteur de répartition des espèces autour du lac Fetzara. Nos résultats correspondent à ce qui a été observé dans les travaux de Pavoine & al. (2011) sur les liens entre les variables environnementales et les communautés végétales à la Mafragh (Nord-est algérien).

Néanmoins, le complexe argilo-humique du sol joue un rôle major sur la salinité du lac. Il fixe les ions de Na^+ et K^+ , ceci devient suffisant pour inverser l'alcalinité qui devienne négative à mesure que les solutions de sols se concentrent, conduisant l'évolution géochi-

mique des sols vers la voie saline. Ce phénomène est assez fréquent en Afrique du Nord (Sitayeb & al. 2008, Ouali & al. 2014, Megharbi & al. 2016).

Le groupement de *Juncus acutus* L., *Ranunculus aquatilis* L. et *Cyperus rotundus* L. subsp. *rotundus* a une large tolérance vis-à-vis de la salinité et une forte vulnérabilité au stress d'inondation. Il s'étend sur les milieux argileux-sableux jusqu'à l'apparition des prairies saumâtres. Cette extension est due au régime des eaux qui est considéré comme le facteur principal influençant le développement de la végétation des zones humides (Zouaidia & al. 2015).

Le groupement à *Juncus bufonius* L. subsp. *bufonius*, *Isoetes histrix* Durieu ex Bory, *Damasonium alisma* subsp. *bourgaei* (Coss.) Maire et *Alisma plantago-aquatica* L. occupe partiellement ou totalement les sols inondés en hiver.

Le groupement de pelouse, qui se trouve sur des substrats en faible hydromorphie et en salinité très faible, occupe la plus grande partie des terrains de lac Fetzara et forme des parcours assez importants pour l'agriculture (Djamai 2007).

Menaces et conservation

Les effets de l'urbanisation sur la zone humide sont nombreux, les rejets urbains de la nouvelle ville « Draa Errich » seront la principale cause de sa dégradation actuelle et future (Mellouk & Aroua 2015).

Les pompages intensifs, associés à la construction de barrages en amont des oueds (Oued El Hout et Oued El Mellah), sont susceptibles de modifier à court terme l'hydrologie de la plaine alluviale et de la zone humide, d'affecter le transport et le dépôt des alluvions par les cours d'eau, et d'entraîner une salinisation des sols (Djamai 2007). De tels changements ont été mis en évidence dans la zone humide de la Macta sur l'ouest algérien (Belgherbi 2011 ; Megharbi & al. 2016) où les modifications des conditions environnementales ont entraîné des modifications de la salinité, et par voie de conséquence des cortèges floristiques (Megharbi & al. 2016) et faunistique (Ledant & Van Dijk 1977). L'influence du pâturage est également révélée dans le lac Fetzara par l'absence de stratification verticale, la petite taille des plantes, la présence de plages de sol nu et l'abondance, dans les pelouses environnantes, d'*Asphodelus ramosus* L. subsp. *ramosus*, connue pour être indicatrice de surpâturage (Pantis & Mardiris 1992). Ce qui signifie une évolution progressive du pâturage qui conduit selon Bullock & al. (2001) à un remplacement des espèces pérennes de haute taille par des annuelles avec des formes de vie variées. La protection du lac Fetzara implique, dans un premier temps, de le préserver de l'influence directe des cultures par la création d'une ceinture boisée (Brian & al. 2004). Cette ceinture pourrait également servir de barrière à la pénétration des espèces exotiques potentiellement envahissantes (Houlahan & al. 2006 ; Hamel & Azzouz 2018) et favoriser le maintien de la macrofaune (oiseaux) inféodée aux habitats riverains. Cette mesure de conservation devrait en outre impérativement être accompagnée d'une campagne de sensibilisation des populations locales sur l'intérêt de la conservation des milieux naturels, en vue de leur implication dans la gestion des sites (Allem & al. 2017).

Conclusion

La présente étude de la diversité écologique de lac Fetzara fait état de la présence de deux centvingt-six espèces de plantes appartenant à cent soixante-six genres et cinquante-huit familles botaniques et révèle donc une assez grande richesse floristique dont un nombre important d'espèces thérophytes. Cette zone humide abrite dix neuf taxons endémiques, lui conférant une importance particulière en termes de conservation de la diversité génétique des espèces considérées. La forte pression anthropozoïque, notamment le pâturage, les incendies et les pompages intensifs de l'eau entraînant la salinisation des sols influencent négativement la flore du lac Fetzara et rend hypothétique son maintien à long terme. Il semble donc nécessaire de préserver ces zones contre le pâturage en l'intégrant par exemple durant certaines périodes de l'année dans certaines zones afin d'y maintenir un régime intermédiaire de perturbation pour rétablir l'équilibre naturel et lutter contre le phénomène de dégradation. Il faut aussi instaurer des mesures de protection de la région d'étude en encadrant les pratiques agricoles autour du lac qui peuvent porter atteinte à certaines espèces et leur habitat.

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements au Dr. Gérard de Bélair pour son aide, sa gentillesse et sa coopération efficiente. Nous remercions les relecteurs anonymes, pour leurs conseils et leurs lectures critiques du manuscrit.

Références

- AFNOR 1999: Qualité des sols – vocabulaire. Partie 2. Termes et définitions relatifs à l'échantillonnage. – Paris.
- Allem, M., Hamel, T., Tahraoui, C., Boulemtafes, A. & Bouslama Z. 2017: Diversité floristique des mares temporaires de la région d'Annaba (Nord-Est Algérien). – *Int. J. Environm. Studies* **75(3)**: 405-424. <https://doi.org/10.1080/00207233.2017.1409977>
- AJCI (Agence Japonaise Coopération International) 1985. Etude de faisabilité d'un projet d'aménagement agricole de la région préphérique du lac Fetzara. – Chiyoda.
- Aubert, G. 1978: Méthodes d'analyses du sol, 2ème éd. – Marseille.
- Barbéro, M. & Quézel, P. 1989: Structures, architectures forestières à sclérophylles et prévention des incendies. – *Bull. Ecol.* **20**: 7-14.
- Belgherbi, B. 2011: Contribution à l'étude phytoécologique et préservation de la biodiversité de la zone humide de la Macta (Algérie occidentale). –Thèse de doctorat en sciences. Université Abou Baker Belkaid Tlemcen, Algérie.
- Belouahem-Abed, D., Belouahem, F., Benslama, M., de Bélair, G. & Muller, S. D. 2011: Les aulnaies de Numidie (N.E. algérien): Biodiversité floristique, vulnérabilité et conservation. – *Compt. Rend. Biol.* **334**: 61-73. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.10.005>
- Belouahem, M. & de Bélair, G. 2009: Biodiversité Floristique et Vulnérabilité des Aulnaies Glutineuses de la Numidie Algérienne (N.E Algérien). – *Europ. J. Sci. Res.* **32(3)**: 329-361.
- Benabadji, N., Bouazza, M., Merzouk, A. & Ghezlaoui, S. M. 2004: Aspects phyto-écologiques des Atriplexiaies au Nord de Tlemcen (Oranie-Algérie). – *Rev. Sci. Technol.* **22**: 62-80.
- Blanca, G., Cabezudo, B., Cueto, M., Lopez, C. F. & Torres, C. M. 2009: Flora Vasculair de Andalucía Oriental, **1-4**. – Seville.

- Bonnet, B., Aulong, S., Goyet, S., Lutz, M. & Mathevet R. 2005: Gestion intégrée des zones humides méditerranéennes: Conservation des zones humides. – Arles.
- Bouldjedri, M., de Bélair, G., Mayache, B. & Muller, S. D. 2011: Menaces et conservation des zones humides d’Afrique du Nord: le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). – *Compt. Rend. Biol.* **334(10)**: 757-772. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2011.06.009>.
- Brian, M., Hickey, C. & Doran, B. 2004: A review of the efficiency of buffer strips for the maintenance and enhancement of riparian ecosystems. – *Water Qual. Res. J. Canada* **39**: 311-317. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2004.042>
- Bullock, J. M., Franklin, J., Stevenson, M. J., Silvertown, J., Coulson, S. J., Gregory, S. J. & Tofts, R. 2001: A plant trait analysis of responses to grazing in a long-term experiment. – *J. Appl. Ecol.* **38**: 253-267.
- Casagrande, A. 1934: Die Oraemeter Method für Bestimmung der Koruverbeilung von Boden. – Berlin.
- Daget, Ph. 1980: Sur les types biologiques en tant que stratégie adaptative. (Cas des thérophytes). – Pp. 89-114 in: Barbaut, R., Blandin, P. & Meyer, J. A. (eds). *Recherches d’écologie théorique, les stratégies adaptatives*. – Paris.
- Darmody, R. G. & Foss, J. E. 1979: Soil landscape relationships of the Tidal Marshes of Maryland. – *Soil Sci. Soc. Amer. J.* **43**: 534-541.
- de Bélair, G. 2005: Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord. – *Ecol. Medit.* **31**: 1-18.
- & Benyacoub, S. 1992: A much threatened lake: Lac des Oiseaux (N.E. Algeria). – *Environm. Conserv.* **19**: 264-267.
- & Samraoui, B. 1994: Death of a lake: Lac Noir in the Northeastern Algeria. – *Environm. Conserv.* **21**: 169-172.
- Deil, U. 2005: A review on habitats, plant traits and vegetation of ephemeral wetlands – a global perspective. – *Phytocoenologia* **35**: 533-705.
- Djamai, R. 2007: Contribution à l’étude de la salinité des sols et des eaux du système endoréique du lac Fetzara (Nord-Est algérien). Approche géochimique et évolution spatio-temporelle des phénomènes. –Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Institut National Agronomique, Alger.
- , Daoud, Y., Ouadi, J., Laifa, A., Fadel, D., Benslama, M. & Valles, V. 2006: Simulation Mathématique de la Variabilité Climatique. Estimation du Bilan Hydrique du Bassin Versant du Lac Fetzara (Nord-Est Algérien). – *Europ. J. Soil Sci.* **13(2)**: 267-274.
- Djebaili, S. 1978: Recherches phytosociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques de l’Atlas Saharien Algérien. – Thèse de Doctorat es-science, Université de Montpellier.
- DGF (Direction Générale des Forêts) 2002: Atlas des 26 zones humides algériennes d’importance internationale. – Alger.
- Dobignard, A. & Chatelain, C. 2010-2013 : Index synonymique de la flore d’Afrique du Nord, **1-5**. – Genève.
- Domina, G. & El Mokni, R. 2019: An inventory of the names of vascular plants endemic to C Mediterranean and described from Tunisia. – *Phytotaxa* **409(3)**: 105-128. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.409.3.1>
- Durand, J. 1950: Premiers résultats de l’étude des sols du lac Fetzara. – Alger.
- Ferchichi-Ben Jamaa, H., Muller, S. D., Daoud-Bouattour, A., Ghrabigammar, Z., Rhazi, L., Soulié-Märsche, I., Ouali, M. & Ben Saad-Limam, S. 2010: Structures de végétation et conservation des zones humides temporaires méditerranéennes: la région des Mogods (Tunisie septentrionale). – *Compt. Rend. Biol.* **333**: 265-279. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2009.12.014>
- , Muller, S. D., Ghrabi-Gammar, Z., Rhazi, L., Soulié-Märsche, I., Gammar, A. M., Ouali, M., Ben Saad-Limam, S. & Daoud-Bouattour, A. 2014: Influence du pâturage sur la structure, la com-

- position et la dynamique de la végétation de mares temporaires méditerranéennes (Tunisie septentrionale). – *Rev. Ecol. (Terre Vie)* **69**: 196-213.
- Ghezlaoui, B., Benabadj, N., Benmansour, M. & Merzouk, A. 2011: Analyse des peuplements végétaux halophytes dans le Chott El-Gharbi (Oranie-Algérie). – *Acta Bot. Malac.* **36**: 113-124.
- Gordon, I. J., Duncan, P., Grillas, P. & Lecomte, T. 1990: The use of domestic herbivores in the conservation of biological richness of European wetlands. – *Bull. Ecol.* **21**: 49-60.
- Habes, S., Djabri, L., Hani, A., Bouhsina, S. & Mudry, J. 2012: Quantification des apports et des exores d'un lac: cas du lac Fetzara, région de Annaba (Nord-Est Algérien). – *Rev. Synth. Sci. Technol.* **24**: 21-28.
- Halimi, S., Rechachi, H., Bahroun, S., Mizane, E. & Daifallah, T. 2018: Assessment of groundwater salinity and risk of soil degradation in Quaternary aquifer system. Example: Annaba plain, Algeria N-E. – *J. Water Land Develop.* **36(3)**: 57-65.
- Hamel, T., Seridi, R., de Bélair, G., Slimani, A. R. & Babali, B. 2013: Flore vasculaire rare et endémique de la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). – *Rev. Synth. Sci. Technol.* **26**: 65-74.
- & Boulemtafes, A. 2017: Découverte d'une endémique tyrrhénienne *Soleirolia soleirolii* (*Urticaceae*) en Algérie (Afrique du Nord). – *Fl. Medit.* **27**: 185-193. <https://doi.org/10.7320/FIMedit27.185>
- & Azzouz, Z. 2018: Découverte de *Gamochaeta antillana* (*Asteraceae*) en Numidie orientale (El Tarf-Algérie). – *Fl. Medit.* **28**: 155-164. <https://doi.org/10.7320/FIMedit28.155>
- Hammada, S., Dakki, M., Ibn Tattou, M., Ouyahya, A. & Fennane, M. 2004: Analyse de la biodiversité floristique des zones humides du Maroc. Flore rare, menacée et halophile. – *Acta Bot. Malac.* **29**: 43-66.
- Houlahan, J. E., Keddy, P. A., Makkay, K. & Findlay, C. S. 2006: The effects of adjacent land use on wetland species richness and community composition. – *Wetlands* **26**: 79-96.
- Joleaud, L. 1936: Etude géologique de la région de Bône et de La Calle. – *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie.* – Alger.
- J.O.R.A. 2012: Décret exécutif du 18 janvier 2012, complétant la liste des espèces végétales non cultivées et protégées. – (Eds) J. Off. Rép. Algérienne **3-12/12**: 12-38.
- Kadid, Y., Thbaud, G., Ptel, G. & Abdelkrim, H. 2007: Les communautés végétales aquatiques de la classe des Potametea du lac Tonga, El-Kala, Algérie. – *Acta Bot. Gallica* **154(4)**: 597-618.
- Keddy, P. A. 2000: *Wetland ecology: principles and conservation.* – Cambridge.
- Khani, M. A., Boer, B., Kust, G. S. & Barth, H. J. 2002: *Sabkha ecosystems*, **2.** – Heidelberg.
- Laribi, M., Véla, E., Acherar, M., Mathez, J. & Hamchi, A. 2016: Sur la découverte de *Potentilla supina* L. en Algérie: écologie, taxinomie, biogéographie et statut de conservation. – *Rev. Écol. (Terre et Vie)* **71(3)**: 266-277
- Le Houérou, H. N. 1995: *Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique.* – Paris.
- Ledant, J.P. & Van Dijk, G. 1977: Situation des zones humides algériennes et leur avifaune. – *Aves* **14**: 49-53.
- Maire, R. 1952-1987: *Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara)*, **1-16.** – Paris.
- Marre, A. 1992: *Le Tell oriental algérien, de Collo à la frontière tunisienne: Etude géomorphologique*, **1-2.** – Alger.
- Médail, F., Michaud, H., Molina, J., Paradis, G. & Loisel, R. 1998: Conservation de la flore et de la végétation des mares temporaires dulçaquicoles et oligotrophes de France méditerranéenne. – *Ecol. Medit.* **24**: 119-134.
- Megharbi, A., Abdoun, F. & Belgherbi, B. 2016: Diversité floristique en relation avec les gradients abiotiques dans la zone humide de la Macta (Ouest d'Algérie). – *Rev. Ecol. (Terre et Vie)* **71(2)**: 142-155.

- Mellouk, K. & Aroua, N. 2015: Le lac Fetzara, une zone humide fragile, menacée par l'extension urbaine de la ville d'Annaba (littoral est algérien). – *Méditerranée* **125**: 133-140.
- Mitsch, W. J. & Gosselink, J. G. 2007: *Wetlands*, 4th Ed. – Hoboken.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. B. & Kent, J. 2000: Biodiversity hotspots for conservation priorities. – *Nature* **403**: 853-858.
- Neffar, S. Chenchouni, H & Si Bachir, A. 2013: Floristic composition and analysis of spontaneous vegetation of Sabkha Djendli in north-east Algeria. – *Pl. Biosyst.* **150(3)**: 396-403. <https://doi.org/0.1080/11263504.2013.810181>
- Ouali, M., Daoud-Bouattour, A., Etteieb, S., Gammar, A., Bensaad-Limam, S. & Ghrabi-Gammar, Z. 2014: Le marais de Joumine, Parc national de L'ichkeul, Tunisie: Diversité floristique, cartographie et dynamique de la végétation (1925-2011). – *Rev. Écol. (Terre Vie)* **69**: 3-23.
- Pantis, J. & Mardiris, T.A. 1992: The effects of grazing and fires on degradation processes of Mediterranean ecosystems. – *Israel J. Bot.* **41**: 233-242.
- Pavoine, S., Véla, E., Gachet, S., de Bélair, G. & Bensall, M. B. 2011: Linking patterns in phylogeny, traits, abiotic variables and space : A novel approach to linking environmental filtering and plant community assembly. – *J. Ecol.* **99(1)**: 165-175
- Pignatti, S. 1982: *Flora d'Italia*, **1-3**. – Bologna.
- Quézel, P. 1964: L'endémisme dans la flore d'Algérie. – *Compt. Rend. Soc. Biogéogr.* **361**: 137-149. — 2002: Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. – Paris.
- , Santa, S. 1962-1963: Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, **1-2**. – Paris.
- R Development Core Team, 2013: R: A language and environment for statistical computing. -R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. – <http://www.R-project.org> [Dernier accès 2/11/2019]
- Raunkier, C. 1934: The life forms of plants and statistical plant.- *Geography*. – Oxford.
- Rhazi, L., Grillas, P., Mounirou Touré, A. & Tan Ham, L. 2001: Impact of land use and activities on water, sediment and vegetation of temporary pools in Morocco. – *Compt. Rend. Acad. Sci. Life Sci.* **324**: 165-177.
- Rhazi, M., Grillas, P. & El Khyari, D. 2006: Richness and structure of plant communities in temporary pools from western Morocco: influence of human activities. – *Hydrobiologia* **570**: 197-203. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0180-6>
- Rouabhia, A., Djabri, L., Hadji, R., Baali, F., Fedhi, C. & Hani, A. 2012: Geochemical characterization of groundwater from shallow aquifer surrounding Fetzara Lake N. E. Algeria. – *Arab. J. Geosci.* **5**: 1-13. <https://doi.org/10.1007/s12517-010-0202-6>
- Sajaloli, B. 1996: Les zones humides: une nouvelle vitrine pour l'environnement (Wetlands: a new showcase for environment). – *Bull. Assoc. Géogr. Franç.* **73(2)**: 132-144.
- Samraoui, B. & de Bélair, G. 1997: The Guerbes-Senhadja wetlands. Part I: An overview. – *Ecologie* **28**: 233-250.
- Samraoui, F., Boukhssaim, M., Bouzid, A., Baaziz N., Ouldjaoui, A. & Samraoui B. 2010: La reproduction du flamant rose *Phoenicopterus roseus* en Algérie (2003-2009). – *Alauda* **78**: 15-25.
- Sitayeb, T. & Benabdeli, K. 2008: Contribution à l'étude de la dynamique de l'occupation des sols de la plaine de la Macta (Algérie) à l'aide de la télédétection et des systèmes d'information géographique. – *Compt. Rend. Biol.* **331(6)**: 466-474. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.03.010>
- Ter Braak, C. J. F. 1995: Ordination: Data analysis in community and landscape ecology. – Pp. 91-173 in: Jongman R. H. G., Ter Braak C. J. F. & Van Tongeren O. F. R. (eds), *Ordination: Data analysis in community and landscape ecology*. – Cambridge.
- Tison, J. M. & de Foucault, B. 2014: *Flora gallica: flore de France*. – Mèze.
- UICN. 2019: Liste rouge de l'UICN des espèces menacées. Version 2019–3. www.iucnredlist.org [Dernier accès 5/11/2019]

- Véla, E. & Benhouhou, S. 2007: Evaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du Nord). – *Compt. Rend. Biol.* **330**: 589-605. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2007.04.006>
- Whigham, D. F. 2004: Ecology of woodland herbs in temperate deciduous forests. – *Annual Rev. Ecol. Evol. Syst.* **35**: 583-617.
- Williams, D. D. 2006: *The biology of temporary waters.* – Oxford.
- Zahi, F. 2014: Contribution à l'étude hydrochimique du bassin versant du lac Fetzara. Approche géochimique et fonctionnement des sols et des eaux. – Thèse de Doctorat en géologie appliquée, option hydrogéologie, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- Zouaidia, H., de Bélair, G. Benslama, M., Souile-Maesch, I. & Muller, S. D. 2015: Intérêt des *Characeae* comme bio indicateur de la qualité des eaux: le cas des zones humides de Numidie (Nord-Est algérien). – *Rev. Écol. (Terre Vie)* **70(2)**: 121-133.

Adresse des auteurs:

Imene Fetnaci*, Arifa Beddiar & Tarek Hamel,
Laboratoire de Biologie Végétale et Environnement, Département de Biologie,
Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar-Annaba, Annaba, Algérie. BP.
23000. E-mail: imenfetnaci@gmail.com

*Auteur correspondant

