

ETUDES HYDROCHIMIQUE ET FLORISTIQUE DE DEUX ECOSYSTEMES EUTROPHES DE LA NUMIDIE ORIENTALE ALGERIENNE

Reçu le 13/08/2001 - Accepté le 28/05/2002

Résumé

Il existe une relation étroite, actuellement bien démontrée, entre le degré trophique de l'eau ($P-PO_4^{3-}$ et $N-NH_4^+$, essentiellement) et la composition de la végétation aquatique. Afin de dégager ces éventuels liens, nous avons effectué un inventaire de la flore aquatique appartenant à deux sites humides (le marais de Bourdim et l'aulnaie d'Oum El Agareb) de la Numidie orientale. Le prélèvement des échantillons d'eau ainsi que l'inventaire systématique de la végétation aquatique ont été réalisés mensuellement durant l'année 1994-1995, dans dix stations choisies dans les deux hydrosystèmes.

Le traitement statistique des données physico-chimiques de l'eau nous a permis de démontrer que toutes les stations sont relativement perturbées et sujettes à une pollution organique dont l'origine probable est l'anthropisation. Par ailleurs, les données de la végétation mettent en évidence la présence, dans les deux systèmes limniques, des formations végétales indicatrices du phénomène d'eutrophisation (aulnaie, magnocariçaie, saulaie, ulmaie, etc). La pollution anthropique semble avoir un effet néfaste sur les espèces végétales rares. Dans un hydrosystème, le gradient d'humidité conditionne la distribution des espèces végétales (ceintures de végétation).

Mots clés: Zone humide- Eau superficielle- Eutrophisation- Pollution hydrique- Dégradation de la végétation.

Abstract

There is a strict relation between trophic degree of water (essentially $P-PO_4^{3-}$ and $N-NH_4^+$) and aquatic vegetation composition. In order to free these possible connections, a stocklist of aquatic vegetation was realised in two humid sites (Bourdim marsh and Oum El Agareb alder-grove) belong to oriental Numidia. A systematic inventory of aquatic flora with levying water samples were carried out, monthly, during one year (1994-1995) in ten stations selected in the two hydrosystems.

The statistical treatment of physical and chemical data of water proved that all the stations are relatively disturbed and subject to organic pollution. The probable source of this eutrophication is man pollution. The vegetation data show that the vegetation types existing in the two freshwater habitats (aulnaie, magnocariçaie, saulaie, ulmaie, etc.) testify the eutrophication of these hydrosystems. The rare vegetable species seem more sensitive to anthropic pollution. The humidity gradient conditions the species vegetable distribution (vegetation belt).

Key words: Wetland- Superficial water- Eutrophication- Hydric pollution- Vegetation degradation.

S. KHALED KHODJA
Département des
Sciences de la mer
Université de Annaba
B.P. 12, El Hadjar
Annaba 23000, Algérie

ملخص

توجد علاقة وطيدة بين نسبة غنى المياه بالجزئيات المعدنية (الفسفور و النترات خاصة) و بين النباتات المائية. يهدف إبراز هذه الصلة، أخذت عينات مائية و أحصيت النباتات المائية، شهريا و لمدة سنة كاملة (1994-1995)، بالمحطات العشرة التي اختيرت بمستنقع بورديم و المرج الرطب لأم العقارب، المتمركزين بالمنطقة النوميديّة الشرقية. أهم النتائج المتحصل عليها تبين أن كل المحطات المدروسة تعاني من التلوث العضوي، بنسب متفاوتة الخطورة. ينسب هذا التلوث العضوي الهائل، لمستنقع بورديم و المرج الرطب لأم العقارب، بالدرجة الأولى إلى التدخل الدائم و اللاعقلاني للإنسان، مما يؤدي إلى تلوث هذه المناطق الرطبة و اندثارها في مدة زمنية قياسية. النباتات المتواجدة بمستنقع بورديم و المرج الرطب لأم العقارب تشير إلى وجود تلوث عضوي هام، له تأثير جد سلبي خاصة، على الفصائل النباتية النادرة ذات الأصل البيوجغرافي الآسيوي و الاستوائي... إن نسبة الرطوبة في النظام البيئي المائي تحدد كيفية انتشار الفصائل النباتية (أحزمة نباتية).

الكلمات المفتاحية: المناطق الرطبة، المياه السطحية، التلوث العضوي، تلوث المياه، إتلاف النباتات.

Au sein du milieu limnique, les interactions existantes entre la biocénose et l'environnement sont particulièrement complexes [1-3]. L'évolution conjointe de la végétation et de la qualité de l'eau a incité grand nombre d'auteurs à étudier la valeur indicatrice des macrophytes dans l'évolution du niveau trophique de l'eau [4-9]. Ainsi, des groupes écologiques d'espèces végétales ont été établis grâce aux descripteurs chimiques de l'eau [10,11] et au degré d'humidité du milieu [12,13].

La diversité floristique et faunistique des écosystèmes limniques de la Numidie orientale algérienne a été abordée, partiellement, par un grand nombre d'ouvrages et de travaux de thèses [2,14-17]; cependant, d'importantes lacunes restent à combler. Les zones humides de la Numidie orientale algérienne recèlent des taxons végétaux et animaux d'origine biogéographique variée et principalement d'origine tropicale [14,16], c'est-à-dire des espèces reliques en voie de raréfaction. Environ le tiers des espèces végétales présentes dans ces habitats dulçaquicoles sont considérées comme rare, à l'échelle nationale, et moins de la moitié sont, actuellement, localement abondantes [2,14].

Malheureusement, cette zone côtière qui, d'après Quezel et Santa [18], pourrait représenter le degré de diversité biologique le plus élevé de toute l'Algérie, est gravement menacée; certains milieux sont largement perturbés (marais de Bourdim, aulnaie d'Oum El Agareb,

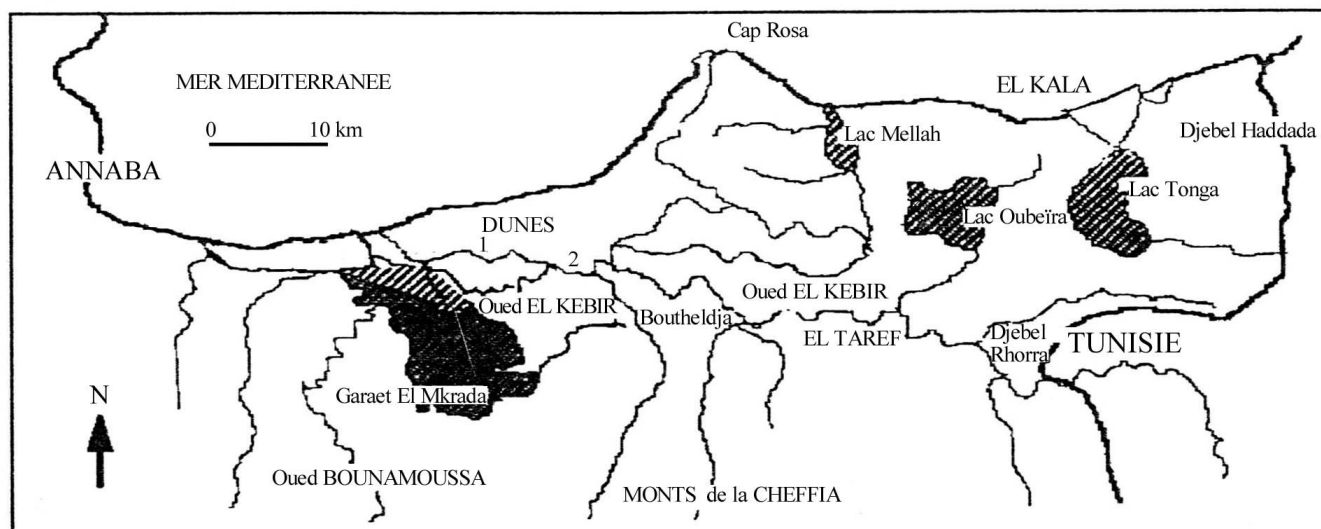


Figure 1: Carte de situation de l'aunaie d'Oum El Agareb et du marais de Bourdim dans la Numidie orientale algérienne. 1- Aunaie d'Oum El Agareb, 2- marais de Bourdim.

garaet Stah, l'aunaie de Righia, lac des Oiseaux, lac Bleu...) et d'autres détruits (lac Noir...) [2].

Ce travail s'inscrit dans le cadre du plan de développement induit par la banque mondiale, qui se focalise sur la protection et l'utilisation durable des milieux humides dans toute la Méditerranée. L'objectif de la présente étude est double: premièrement, évaluer les caractéristiques physico-chimiques et biologiques du compartiment aqueux, ainsi que l'influence du degré d'humidité (régime hydrique) et de l'anthropisation sur la diversité floristique du milieu humide et, deuxièmement, faire l'inventaire des espèces inféodées au milieu limnique et la mise en évidence de leur statut de rareté et de leur origine biogéographique.

MATERIEL ET METHODES

Milieux d'étude

La région d'étude se situe le long du littoral où un important cordon dunaire s'étend depuis l'embouchure de l'oued Seybouse jusqu'au cap Rosa. Cette formation dunaire est limitée au nord par la Méditerranée, à l'ouest par l'axe Annaba-oued Seybouse, à l'est par le cap Rosa et au sud par la plaine de Bouthelja qui constitue la vallée basse de l'oued El Kébir. Ce dernier prend sa source en Tunisie et reçoit quelques affluents importants: les oueds Messida et Bourdim (au nord), Guergour, Bouhalloufa et Boulathan (au sud). Sur son parcours, l'oued El Kébir dessine de nombreux méandres et draine les eaux de nombreux marécages, s'étendant largement sur ses rives. Deux d'entre eux ont fait l'objet de notre recherche: le marais de Bourdim et l'aunaie d'Oum El Agareb (Fig. 1).

Le marais de Bourdim (Fig. 2)

Il est limité au nord par le massif dunaire de Bouthelja, à l'est et à l'ouest par les collines à grès et argiles de Numidie et au sud par la plaine basse argilo-limoneuse (alluvions de l'oued El Kébir). Il est donc en situation d'écotone (marais/autres milieux), ce qui explique la richesse biologique du site qui, malgré de multiples

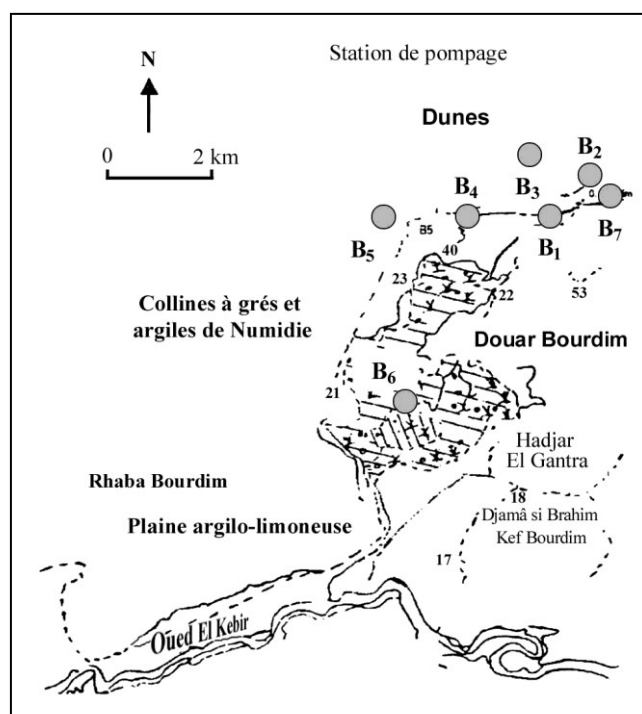


Figure 2: Carte du marais de Bourdim montrant la localisation des sept stations sélectionnées (*B1*: lentique et temporaire; *B2* et *B3*: lotique et permanente; *B4*: mixte et temporaire; *B5*: lentique et temporaire; *B6*: centre du marais, lentique et temporaire; *B7*: oued Bourdim: lotique et temporaire).

incendies est doté d'une végétation très riche (*Alnus glutinosa*, *Polygonum senegalense*, *Carex elata*, *Carex pseudo-cyperus*, *Ludwigia palustris*, *Alternanthera sessilis*, *Apium crassipes*, *Ipomaea sagittata*, *Athyrium filix-femina*, etc.). Cette garaâ (mare) est alimentée au nord par une châba (ruisseau), au nord-est par les oueds Bourdim et Lâter et à l'est et à l'ouest par plusieurs petites châbas qui traversent les dunes. Ceux-ci prennent leur source dans les collines de grès dominant le massif dunaire et sont de plus alimentés par les eaux d'infiltration des dunes et des

collines. Sa superficie est estimée à 85 ha dont 22 pour la garaâ proprement dite.

La nechâ (prairie humide) d'Oum El Agareb (Fig. 3)

Elle est localisée dans la plaine de Bouthelja, limitée au nord par le massif dunaire, à l'est par le djebel Bourdim, à l'ouest par l'aulnaie de Righia et au sud par la vallée de l'oued El Kébir. Sa superficie est de l'ordre de 300 ha, avec un substrat sableux au nord et alluvionnaire au sud (sable/alluvions). Cette aulnaie, au regard de sa situation d'écotone présente une grande richesse floristique (*Alnus glutinosa*, *Isoetes velata*, *Isoetes histrix*, *Carex punctata*, *Ludwigia palustris*, *Osmunda regalis*, etc.). Elle est alimentée en eau par la source de Bouglez et un oued à l'est qui prend sa source dans les massifs gréseux du Bourdim.

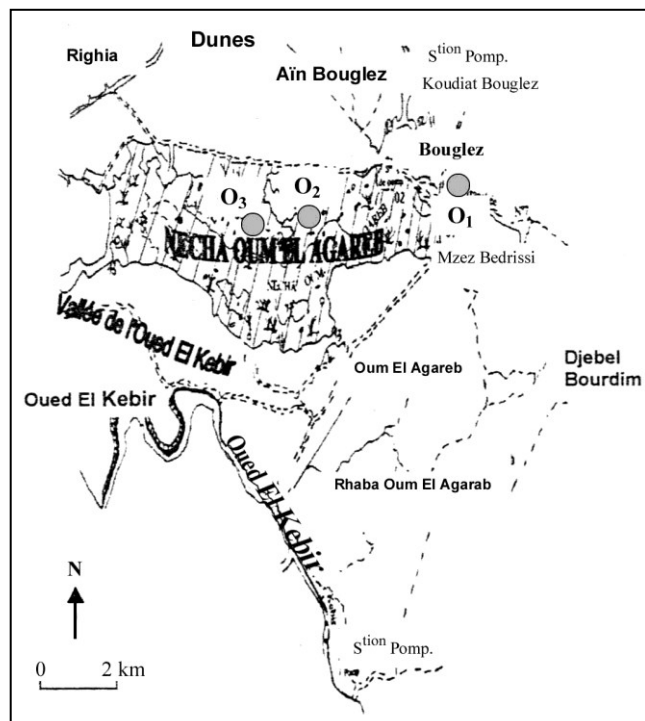


Figure 3: Carte de l'aulnaie d'Oum El Agareb montrant la localisation des trois stations choisies (O₁ et O₂: lotique et permanente; O₃: centre de l'aulnaie, lenticule et temporaire).

Echantillonnage et analyses physico-chimiques de l'eau

Les échantillons d'eau ont été prélevés de juin 1994 à mai 1995. Le choix des dix stations, dans les deux sites humides, a été fait selon deux principes: la nature géologique du milieu et la facilité d'accès. Ainsi, sept stations accessibles ont été sélectionnées dans le marais de Bourdim, symbolisées par la lettre B, et trois autres stations accessibles ont été retenues dans l'aulnaie d'Oum El Agareb, désignées par la lettre O, comme indiquées dans les Fig. 2 et Fig. 3. En parallèle, un inventaire systématique dans le temps (mensuel) et aléatoire dans l'espace (accessibilité) a été réalisé pour la végétation essentiellement, aquatique et semi-aquatique. L'échelle d'abondance numérique a été appliquée selon la méthode de Braun-Blanquet [19].

Descripteurs	Méthodes
Conductivité (cond.) (µS.cm ⁻¹)	Conductimètre à pile CM 85T (MERCK).
pH	pH mètre à électrode combinée.
Titre alcalimétrique complet = T.A.C. (HCO ₃ ⁻) (mg.l ⁻¹)	Volumétrie : addition progressive d'une liqueur titrée d'acide fort, en présence d'un indicateur de virage (Hélianthine).
Oxydabilité (mg.l ⁻¹)	Volumétrie : oxydation en milieu acide, à chaud, par le permanganate de potassium (KMnO ₄).
Nitrates (NO ₃ ⁻) (mg.l ⁻¹)	Colorimétrie : réduction des nitrates-nitrites en présence de cadmium. Réaction de diazotation des nitrites avec la sulfanilamide.
Phosphates totaux (PO ₄ ³⁻) (mg.l ⁻¹)	Colorimétrie : après hydrolyse en milieu acide, la réduction du phosphomolybdate d'ammonium par le chlorure stanneux forme un composé bleu.
Sulfates (SO ₄ ²⁻) (mg.l ⁻¹)	Néphélométrie : les sulfates, en milieu chlorhydrique, sont précipités en sulfates de baryum stabilisés à l'aide d'une solution de tween 20.
Chlorures (Cl ⁻) (mg.l ⁻¹)	Volumétrie : les Cl ⁻ sont dosés en milieu neutre par une solution de nitrates d'argent, en présence de chromate de potassium (Méthode de Mohr).
Calcium (Ca ²⁺) (mg.l ⁻¹)	Volumétrie : complexométrie à l'E.D.T.A.
Magnésium (Mg ²⁺) (mg.l ⁻¹)	Calculé à partir de la dureté totale (TH) et la teneur en Ca ²⁺ .
Fer ferreux (Fe ²⁺) (mg.l ⁻¹)	Colorimétrie : libération du fer, après attaque acide, réduction par l'acide ascorbique et développement d'une coloration rouge, donnée par les sels ferreux en présence d'orthophénantroline.
Turbidité (N.T.U.)	Lecture directe sur un appareil : turbidimètre.
Silicates (HSiO ₃ ⁻) (mg.l ⁻¹)	Colorimétrie : formation d'un complexe silicomolybdique avec le molybdate d'ammonium, en milieu acide.
Résidus secs (R.S) (mg.l ⁻¹)	Calculé à partir de la relation : R.S = Cond. X 0,70.
Sodium (Na ⁺) (mg.l ⁻¹)	Spectrophotométrie à flamme.

Tableau 1: Les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques de l'eau utilisées.

Les analyses physico-chimiques de l'eau ont trait à une vingtaine de descripteurs [20], dont quinze seulement ont été retenus (Tab. 1). Les cinq autres (Fluor, Zinc, NH₄⁺, NO₂⁻ et K⁺), en raison de leur teneur pratiquement nulle, ne sont pas présentés dans les résultats de l'AFC. Faute de normes concernant la qualité des eaux naturelles, excepté

Tableau 2 et 3

celles intéressant la potabilité des eaux destinées à la consommation [21], nous avons choisi, pour caractériser les diverses eaux étudiées, les critères établis essentiellement pour la pisciculture, qui reflète mieux les conditions naturelles du milieu. Les précipitations ont aussi été prises en considération (Fig. 8), vu leur rôle déterminant dans l'alimentation en eau de ces habitats d'eau douce (Source météorologique: station de Aïn El Assel, 1968-1995).

Traitement statistique des données physico-chimiques de l'eau

La mise en évidence de la variation spatio-temporelle des descripteurs physico-chimiques de l'eau (Tab. 2 et 3), pour chaque station et à des dates différentes, a nécessité l'emploi de l'analyse factorielle des correspondances (AFC).

RESULTATS ET DISCUSSION

L'interprétation statistique des données analytiques de l'eau comporte deux étapes.

1/ Dispersion spatiale (Fig. 4 et 5)

Sur le plan (1,2) de l'AFC, apparaît un gradient révélateur d'un effet Guttman [22,23], signifiant qu'un des axes de l'analyse, en l'occurrence l'axe 1, résume ici l'essentiel de l'information contenue dans le plan factoriel (Fig.4). Les taux d'inertie sont en effet de 68,3 % pour l'axe 1 (F₁) et 16,6 % pour l'axe 2 (F₂). La succession des stations (Fig.5) selon l'axe 1 permet de vérifier l'importance de la minéralisation. Un gradient décroissant de la conductivité oppose les stations lenticques,

temporaires, fortement minéralisées (ordonnées < 0 sur F₁) aux stations dont la minéralisation est moyenne (lenticques et temporaires) à faible (lotiques et permanentes) (ordonnées > 0 sur F₁). Selon F₁ (Fig. 4), le groupe I (conductivité) s'oppose au groupe III (les constituants de la matière organique), ce qui laisse supposer que la matière organique subit une décomposition lente, d'où la faible teneur en sels. Sur le F₂, le groupe I est associé au groupe II; ceci suppose que les conductivités élevées reflètent la présence de sodium et de chlorures qui ne proviennent pas, principalement, de la matière organique en décomposition. L'origine exogène de ce sel (NaCl) pourrait être confirmée par l'ambiguïté observée sur les axes factoriels 1 et 2, où les contributions relatives des chlorures sont les mêmes (26 %). Ces taux, excessivement élevés, ont probablement pour source la minéralisation de la matière organique et notamment l'apport en engrais potassiques.

Les trois groupes A, B et C (Fig. 5) sont formés de stations lenticques, à régime hydrique temporaire, très eutrophisées, voire même polluées, de forte à moyenne minéralisation, tandis que le sous-groupe B' est constitué de stations lotiques, permanentes, très productives, acides et à minéralisation faible (dystrophes) [24, 25].

2/ Dispersion temporelle (Fig. 6, 7 et 8)

Sur la carte factorielle (1,2) de l'AFC, apparaît un gradient révélateur d'un effet Guttman, témoignant que les principales informations, résumées dans la carte factorielle, sont contenues dans un des axes de l'analyse (axe 1). Les contributions relatives à l'inertie expliquée par les axes sont 60 % pour l'axe 1 (F₁) et 17 % pour l'axe 2 (F₂). La succession des mois (Fig. 7), selon un gradient, exprime

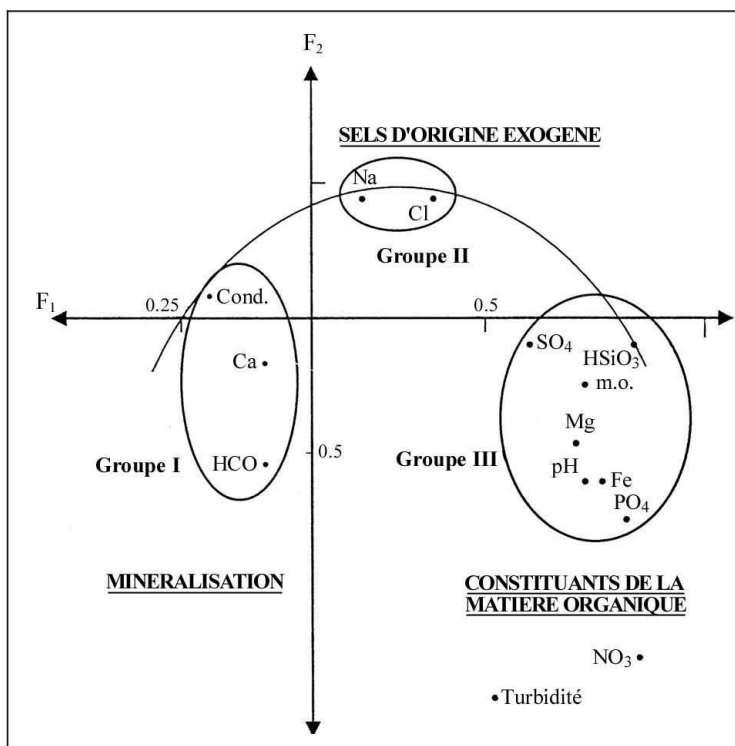


Figure 4: Concentrations moyennes annuelles des éléments chimiques de l'eau. Plan F₁XF₂ de l'AFC.

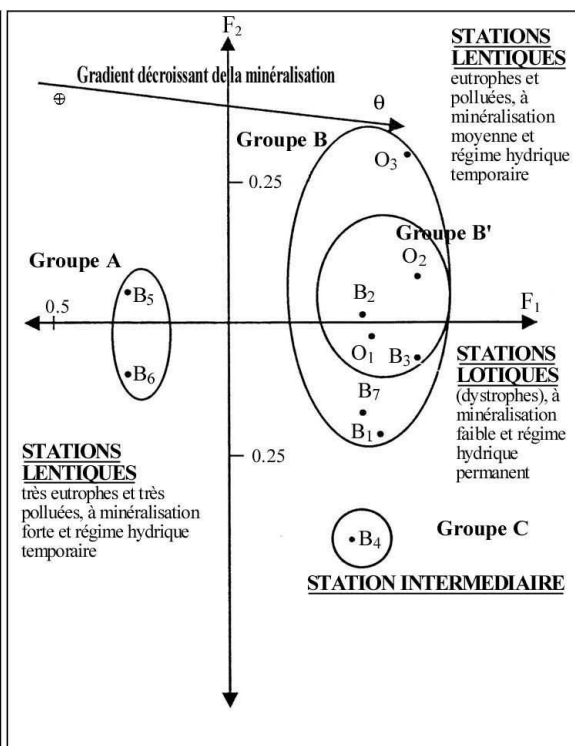


Figure 5: Dispersion spatiale des éléments chimiques de l'eau. Plan F₁XF₂ de l'AFC.

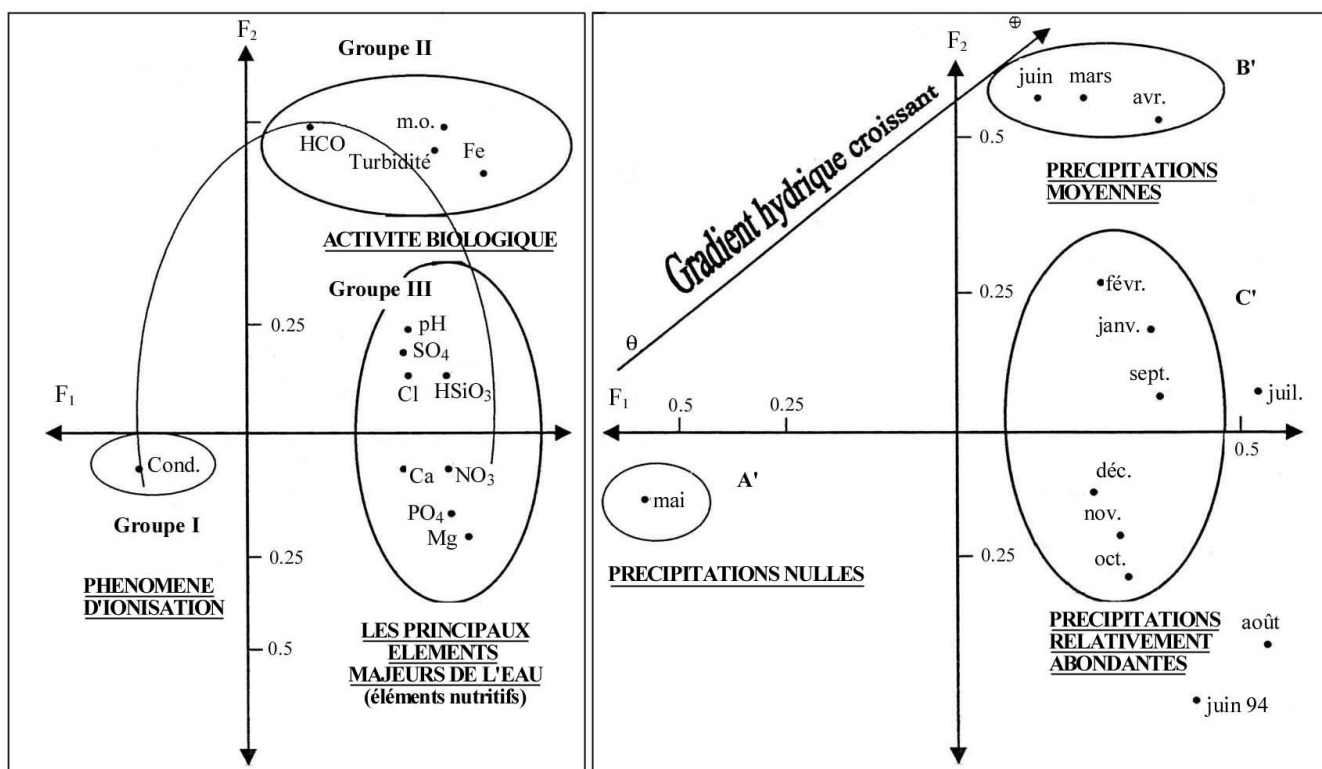


Figure 6: Concentrations moyennes mensuelles des éléments chimiques de l'eau. Plan F_1XF_2 de l'AFC.

Figure 7: Dispersion temporelle des éléments chimiques de l'eau. Plan F_1XF_2 de l'AFC.

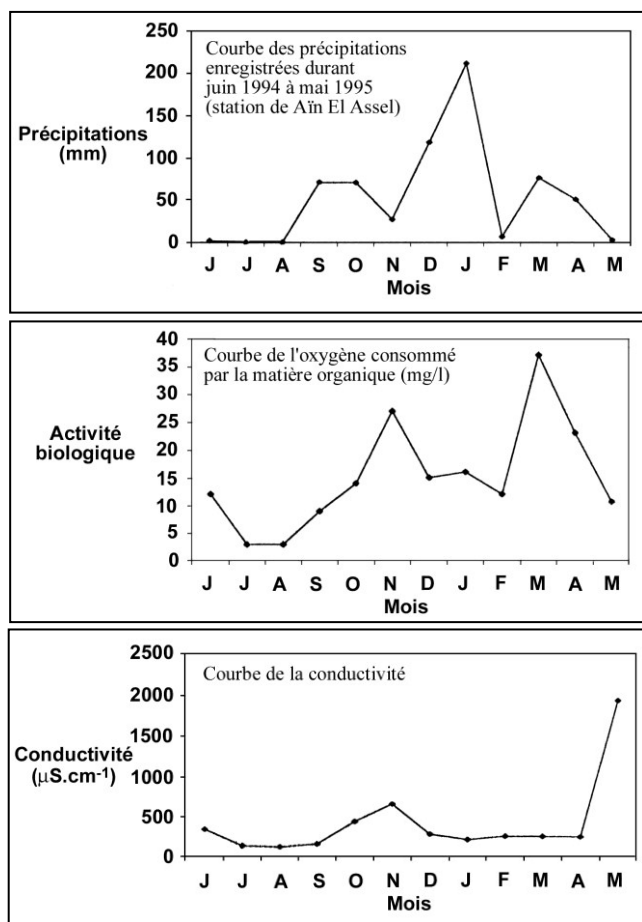


Figure 8: Courbes d'évolution de la conductivité et de la matière organique en fonction des précipitations (année: 1994-1995).

l'importance du facteur hydrique dans les phénomènes d'ionisation ou de minéralisation. Un gradient croissant de minéralisation par rapport au F_1 (Fig. 6), oppose le groupe 1 (conductivité) au groupe 3 (les éléments majeurs de l'eau) auxquels sont associés respectivement les groupes A' et C' selon le même axe factoriel 1 (Fig. 7). Les faibles précipitations enregistrées durant le mois de mai (Fig. 8), en provoquant apparemment la disparition des phénomènes d'ionisation et la précipitation des éléments chimiques de l'eau, alors que l'association du groupe 3 (Fig. 6) au groupe C' (Fig. 7) exprime, vraisemblablement, la conséquence d'un apport d'eau, à l'origine de l'approvisionnement des marais en éléments nutritifs. Quant au groupe 2, son association avec le groupe B' peut expliquer les conditions optimales où la pluviosité et la température moyenne induisent l'activité biologique (Fig. 8).

Par le biais de l'aérobiose, le facteur hydrique influence prioritairement l'activité biologique et les relations de décharges et recharges en nutriments.

Evolution de la matière organique et de la conductivité en fonction des précipitations (Fig.8)

Lors de la période estivale, la conductivité ainsi que l'activité biologique (matières organiques) sont défavorisées par le manque d'eau et les températures élevées. Ce n'est qu'à partir du mois d'octobre, au début de la saison pluvieuse, qu'un apport d'eau contribue à l'enrichissement du milieu en éléments nutritifs, stimulant ainsi l'activité biologique. Du mois de décembre au mois d'avril, les quantités élevées de pluie provoquent une dilution importante des éléments chimiques de l'eau,

facilitant leur absorption par les plantes, d'où une conductivité faible et presque constante. L'activité biologique, après une vie ralentie durant le mois de décembre à février, reprend progressivement pour atteindre son maximum en mars, période où les conditions optimales d'humidité et de température induisent l'activité biologique. Cette dernière régresse lentement jusqu'en mai, contrairement à la conductivité qui atteint son maximum, suite à la précipitation des éléments chimiques et à l'absence des précipitations.

L'inventaire de la végétation nous a permis d'établir ce qui suit :

1/ Liste des espèces végétales des deux habitats dulçaquicoles (Tab. 4)

Selon l'échelle d'abondance numérique [19], nous constatons une dominance des Cypéracées (16 espèces), suivies des Graminées (13 espèces) et enfin les Juncacées (8 espèces).

2/ Détermination des espèces caractéristiques des stations (Tab. 5)

Certaines espèces végétales sont caractéristiques [26] des différentes stations. En fonction des résultats recueillis, nous constatons que les stations qui renferment le plus grand nombre d'espèces caractéristiques rares à l'échelle nationale sont généralement celles qui sont d'accès difficile, avec un degré d'humidité relativement élevé.

◆ La station B₆ (centre du marais de Bourdim) est inondée 9 mois sur 12, c'est pourquoi elle présente une douzaine d'espèces caractéristiques dont plus de la moitié (8 espèces sur 12) sont rares (2 espèces assez rares, 2 espèces rares, et 4 espèces très rares), avec une origine biogéographique tropicale, eurasiennne, holarctique et boréale, pour la plupart.

◆ La station O₃ (l'intérieur de l'aulnaie d'Oum El Agareb) est submergée 8 mois sur 12, et possède 8 espèces caractéristiques dont presque la moitié sont rares (2 espèces rares, et une espèce très rare), d'origine biogéographique tropicale et eurasiennne.

◆ La station B₁ (première station de Bourdim) est inondée 6 mois sur 12, et est située à proximité de la route. En dépit de son nombre d'espèces caractéristiques relativement élevé, elle ne renferme qu'une seule espèce rare d'origine biogéographique atlantique/méditerranéenne.

◆ Toutes les autres stations sont situées à proximité des voies d'accès (routes, station de pompage, champ cultivé); c'est vraisemblablement la raison de leur pauvreté relative en espèces rares; une seule espèce rare est présente dans chacune des stations B₃ et O₁ à régime hydrique permanent.

3/ Détermination des ceintures de végétation (Tab.6)

Selon Felzines [27] et Cook [28,29], l'existence d'un gradient décroissant d'humidité de la partie inondée vers la partie exondée entraîne une distribution horizontale ou une disposition zonée de la végétation qui, lorsqu'elle est régulièrement développée, constitue des ceintures de végétation (Fig. 9). Celles observées à la périphérie du marais de Bourdim et de la nechâ d'Oum El Agareb sont:

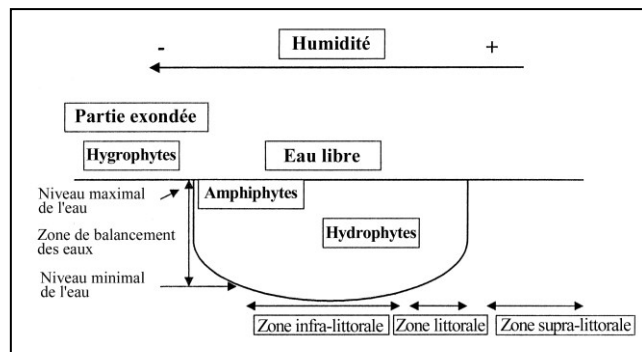


Figure 9: Structure horizontale de la végétation [27, 29].

1. La végétation hydrophile (aquatique) liée à la permanence de l'eau de surface et occupe la zone infra-littorale.
2. La végétation amphibie (amphiphyte ou helophyte) localisée dans la zone littorale, soumise aux balancements des eaux, dont les limites sont souvent confondues avec celles de la végétation aquatique.
3. La végétation terrestre hygrophile (hygrophyte) située sur la zone supra-littorale, normalement exondée, qui représente les espèces inféodées à la présence d'une nappe phréatique.
4. La végétation mésophile (mésophyte) se satisfait d'un degré d'humidité moyen et est relativement abondante dans les deux habitats dulçaquicoles.

CONCLUSION

Tous les milieux lenticques sont eutrophes et pollués, fortement minéralisés pour la plupart, assez turbides, avec un pH neutre à légèrement basique et très sensibles à la pollution anthropique. Cependant, les milieux lotiques sont relativement pauvres en nutriments (oligotrophes), avec une eau généralement claire, permanente, faiblement minéralisée, acide et présente un déséquilibre dans le rapport N/P au profit du P; c'est pourquoi nous les qualifions de stations dystrophes [25].

La conséquence de l'eutrophisation sur le couvert végétal est une dominance d'*Alnus glutinosa* ainsi que d'autres espèces indicatrices de l'eutrophisation (*Typha angustifolia*, *Cladium mariscus*, *Carex punctata*, *Carex pseudo-cyperus*...) [30]. La succession des espèces indique également le phénomène d'eutrophisation: ceinture de magnocariçaie largement présente à l'intérieur des deux sites humides [2,14], présence de la saulaie/aulnaie accompagnée de peuplier et frêne, avec un sous-bois de Graminées et de Fougères [2,14,31]. Les espèces végétales aquatiques et semi-aquatiques rares (échelle nationale), recensées dans les deux habitats dulçaquicoles, représentent le quart du total des espèces, et sont les plus sensibles à toute intervention exogène. Beaucoup d'espèces, d'origine biogéographique différente, considérées comme rares (échelle nationale), sont localement abondantes, ce qui témoigne de la grande richesse de ces sites humides [2,14]. Cette grande diversité biologique est due probablement aux conditions écologiques (climat/ sol/ végétation) particulières qui règnent dans ces habitats dulçaquicoles, et

Familles	Espèces végétales	Familles	Espèces végétales
Alismatacées	<i>Alisma plantago-aquatica</i> <i>Echinodorus ranunculoïdes</i>	Juncacées	<i>Juncus anceps</i> <i>Juncus bufonius</i> <i>Juncus conglomeratus</i> <i>Juncus effusus</i> <i>Juncus fontanesii</i> <i>Juncus heterophyllus</i> <i>Juncus pygmaeus</i> <i>Juncus tenageia</i>
Amaranthacées	<i>Alternanthera sessilis</i>	Labiées	<i>Lycopus europaeus</i> <i>Mentha aquatica</i> <i>Mentha pelugium</i> <i>Mentha rotundifolia</i> <i>Prunella vulgaris</i>
Araliacées	<i>Hedera helix</i>	Lauracées	<i>Laurus nobilis</i>
Bétulacées	<i>Alnus glutinosa</i>	Légumineuse	<i>Lotus pedunculatus</i> <i>Trifolium tomentosum</i>
Callitrichacées	<i>Callitriche obtusangula</i>	Lemnacées	<i>Lemna minor</i>
Campanulacées	<i>Campanula alata</i> <i>Campanula dichotoma</i> <i>Laurentia bicolor</i>	Liguliflores	<i>Cichorium intybus</i>
Caryophyllacées	<i>Illecebrum verticillatum</i> <i>Silene coeli-rosa</i> <i>Stellaria media</i>	Liliacées	<i>Smilax aspera</i>
Chenopodiacées	<i>Chenopodium album</i>	Lythracées	<i>Lythrum junceum</i> <i>Lythrum salicaria</i> <i>Lythrum tribracteatum</i>
Cistacées	<i>Cistus salvifolius</i>	Mimosées	<i>Mimosa dealbata</i>
Crucifères	<i>Rorripa amphibia</i> <i>Rorripa nasturtium officinale</i>	Myrtacées	<i>Myrtus communis</i>
Cypéracées	<i>Carex acutiformis</i> <i>Carex distans</i> <i>Carex divisa</i> <i>Carex elata</i> <i>Carex muricata</i> <i>Carex pseudo-cyperus</i> <i>Carex punctata</i> <i>Carex remota</i> <i>Carex vulpina</i> <i>Cladium mariscus</i> <i>Cyperus esculentus</i> <i>Cyperus longus</i> <i>Eleocharis palustris</i> <i>Scirpus lacustris</i> <i>Scirpus maritimus</i> <i>Scirpus setaceus</i>	Nymphéacées	<i>Nymphaea alba</i>
Equisétacées	<i>Equisetum ramosissimum</i>	Oléacées	<i>Fraxinus angustifolia</i>
Ericacées	<i>Erica scoparia</i>	Ombellifères	<i>Apium crassipes</i> <i>Daucus carota</i> (sous espèce: <i>maximus</i>)
Fagacées	<i>Quercus coccifera</i> <i>Quercus faginea</i> <i>Quercus suber</i>	Onagracées	<i>Ludwigia palustris</i>
Graminées	<i>Agrostis semiverticillata</i> <i>Anthoxanthum odoratum</i> <i>Briza minor</i> <i>Cynosurus polybracteatus</i> <i>Digitaria sanguinalis</i> <i>Echinochloa crus-galli</i> <i>Glyceria fluitans</i> <i>Holcus lanatus</i> <i>Leersia hexandra</i> <i>Lolium multiflorum</i> <i>Panicum repens</i> <i>Paspalum distichum</i> <i>Phragmites australis</i>	Osmundacées	<i>Osmunda regalis</i>
Hypericacées	<i>Hypericum afrum</i>	Polygonacées	<i>Polygonum amphibium</i> <i>Polygonum lapathifolium</i> <i>Polygonum salicifolium</i> <i>Rumex conglomeratus</i> <i>Rumex pulcher</i>
Iridacées	<i>Gladiolus byzantinus</i> <i>Iris pseudo-acorus</i>	Polypodiacées	<i>Athyrium filix-femina</i> <i>Dryopteris gongyloïdes</i> <i>Pteridium aquilinum</i>
Isoetacées	<i>Isoetes histrix</i> <i>Isoetes velata</i>	Potamogetonacées	<i>Potamogeton lucens</i> <i>Potamogeton nodosus</i> <i>Potamogeton trichoides</i>
		Primulacées	<i>Anagallis arvensis</i>
		Renonculacées	<i>Ranunculus aquatilis</i> <i>Ranunculus flammula</i> <i>Ranunculus macrophyllus</i> <i>Ranunculus ophioglossifolius</i> <i>Ranunculus trichophyllus</i>
		Rhamnacées	<i>Rhamnus frangula</i>
		Rosacées	<i>Potentilla reptans</i> <i>Rosa sempervirens</i> <i>Rubus ulmifolius</i>
		Rubiacées	<i>Galium palustre</i> <i>Rubia peregrina</i>
		Salicacées	<i>Salix pedicellata</i>
		Scrofulariacées	<i>Scrofularia aquatica</i> <i>Veronica anagallis-aquatica</i>
		Sparganiacées	<i>Sparganium erectum</i>
		Synanthéracées	<i>Bellis repens</i> <i>Inula viscosa</i>
		Typhacées	<i>Typha angustifolia</i>
		Ulmacées	<i>Ulmus campestris</i>

Tableau 4: Liste des espèces végétales identifiées dans les aulnaies de Bourdim et Oum El Agareb.

Stations	Espèces caractéristiques	Nbre total sp caractérés	Nbre des sp caractérés rares (éch.nat.)	Statut de rareté		O. Biogéo. [21]
				éch.nat [21]	éch.locale (Cr : A-B) [7,18]	
B ₁	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	8	1	C	C	Holar. / Bor. Endémique Atl. / Méd Holar. / Bor. Atl. / Méd Eurasienne Méd. Méd.
	<i>Cynosurus polybracteatus</i>			C	C	
	<i>Juncus anceps</i>			AC	C	
	<i>Juncus conglomeratus</i>			C	C	
	<i>Juncus heterophyllus</i>			R	AC	
	<i>Mentha pulegium</i>			AC	C	
	<i>Lythrum tribracteatum</i>			C	AR	
<i>Inula viscosa</i>	C	C				
B ₂	<i>Equisetum ramosissimum</i>	3	0	C	AR	Holar. / Bor. Holar. / Bor. Méd.
	<i>Holcus lanatus</i>			C	C	
	<i>Ranunculus macrophyllus</i>			C	C	
B ₃	<i>Campanula alata</i>	2	1	AC	AR	Endémique Cosmoplite
	<i>Cladium mariscus</i>			R	AR	
B ₄	<i>Fraxinus angustifolia</i>	1	0	C	C	Eurasienne
B ₅	<i>Cichorium intybus</i>	3	0	C	C	Paléo-tempérée Cosmoplite Eurasienne
	<i>Chenopodium album</i>			C	C	
	<i>Carex muricata</i>			C	AC	
B ₆	<i>Alternanthera sessilis</i>	12	8	RR	C	Tropicale Eurasienne Eurasienne Cosmoplite Paléo-tempérée Cosmoplite Méd. Eurasienne Holar. / Bor. Eurasienne Cosmoplite Eurasienne
	<i>Carex acutiformis</i>			R	R	
	<i>Carex elata</i>			RR	AC	
	<i>Carex pseudo-cyperus</i>			RR	RR	
	<i>Carex vulpina</i>			AR	AR	
	<i>Scirpus lacustris</i>			C	C	
	<i>Trifolium tomentosum</i>			C	AC	
	<i>Nymphaea alba</i>			RR	C	
	<i>Potamogeton lucens</i>			R	AR	
	<i>Potamogeton trichoides</i>			AR	AR	
	<i>Ranunculus aquatilis</i>			C	C	
<i>Ranunculus trichophyllus</i>	AC	AR				
B ₇	-	-	0	-	-	-
O ₁	<i>Prunella vulgaris</i>	1	1	AR	R	Eur. / Méd.
O ₂	-	-	0	-	-	-
O ₃	<i>Cyperus esculentus</i>	8	3	R	AC	Tropicale Cosmoplite Tropicale Méd. Eurasienne Eurasienne Méd. Holar. / Bor.
	<i>Digitaria sanguinalis</i>			C	C	
	<i>Juncus fontanesii</i>			C	AR	
	<i>Laurus nobilis</i>			AC	AC	
	<i>Polygonum amphibium</i>			R	AR	
	<i>Rhamnus frangula</i>			RR	R	
	<i>Rosa sempervirens</i>			AC	C	
	<i>Typha angustifolia</i>			C	C	

Tableau 5: Distribution des espèces caractéristiques des diverses stations du marais de Bourdim et de l'aúlnaia d'Oum El Agareb.

C: commun; **AC:** assez commun; **AR:** assez rare; **R:** rare; **RR:** très rare (selon l'échelle nationale, QUEZEL et SANTA, 1962/1963; **O. Biogéo.:** origine biogéographique; **Holar./Bor.:** Holarctique/Boréal; **Atl./Méd.:** Atlantique/Méditerranéenne; **Méd.:** Méditerranéenne; **Eur./Méd.:** Euro-Méditerranéenne; **sp caractérés:** espèces caractéristiques; **-:** pas d'espèces caractéristiques; **éch. nat.:** échelle nationale; **éch. loc.:** échelle locale; **Nbre:** nombre; **(Cr : A-B):** Critère d'abondance-numérique, selon la méthode de BRAUN-BLANQUET.

Hydrophytes [27-29]	Amphiphytes [27-29]	Hygrophytes [27-29]	Mésophytes [27-29]
<i>Callitriche stagnalis</i>	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Anagallis arvensis</i>
<i>Lemna minor</i>	<i>Agrostis semiverticillata</i>	<i>Alternanthera sessilis</i>	<i>Cichorium intybus</i>
<i>Nymphaea alba</i>	<i>Apium inundatum</i>	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	<i>Cistus salvifolius</i>
<i>Polygonum amphibium</i>	<i>Campanula alata</i>	<i>Athyrium filix-femina</i>	<i>Erica scoparia</i>
<i>Potamogeton lucens</i>	<i>Campanula dichotoma</i>	<i>Bellis repens</i>	<i>Gladiolus byzantinus</i>
<i>Potamogeton nodosus</i>	<i>Carex distans</i>	<i>Briza minor</i>	<i>Inula viscosa</i>
<i>Potamogeton trichoïdes</i>	<i>Carex divisa</i>	<i>Carex acutiformis</i>	<i>Lolium multiflorum</i>
<i>Ranunculus aquatilis</i>	<i>Carex elata</i>	<i>Carex pseudo-cyperus</i>	<i>Myrtus communis</i>
<i>Ranunculus trichophyllus</i>	<i>Carex muricata</i>	<i>Carex punctata</i>	<i>Pteridium aquilinum</i>
<i>Rorripa nasturtium-aquaticum</i>	<i>Cladium mariscus</i>	<i>Carex remota</i>	<i>Quercus coccifera</i>
	<i>Cyperus longus</i>	<i>Carex vulpina</i>	<i>Quercus faginea</i>
	<i>Echinodorus ranunculoïdes</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Quercus suber</i>
	<i>Eleocharis palustris</i>	<i>Cynosurus polybracteatus</i>	<i>Rosa sempervirens</i>
	<i>Galium palustre</i>	<i>Cyperus esculentus</i>	
	<i>Glyceria fluitans</i>	<i>Daucus carota</i> (sous espèce: <i>maritimus</i>)	
	<i>Illecebrum verticillatum</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	
	<i>Iris pseudo-acorus</i>	<i>Dryopteris gongyloïdes</i>	
	<i>Isoetes velata</i>	<i>Echinochloa crus-galli</i>	
	<i>Juncus anceps</i>	<i>Equisetum ramosissimum</i>	
	<i>Juncus bufonius</i>	<i>Fraxinus angustifolia</i>	
	<i>Juncus conglomeratus</i>	<i>Hedera helix</i>	
	<i>Juncus effusus</i>	<i>Holcus lanatus</i>	
	<i>Juncus fontanesii</i>	<i>Hypericum afrum</i>	
	<i>Juncus heterophyllus</i>	<i>Isoetes histrix</i>	
	<i>Juncus pygmaeus</i>	<i>Laurentia bicolor</i>	
	<i>Juncus tenageia</i>	<i>Laurus nobilis</i>	
	<i>Ludwigia palustris</i>	<i>Leersia hexandra</i>	
	<i>Lycopus europaeus</i>	<i>Lotus pedunculatus</i>	
	<i>Lythrum junceum</i>	<i>Lythrum salicaria</i>	
	<i>Mentha aquatica</i>	<i>Lythrum tribracteatum</i>	
	<i>Phragmites australis</i>	<i>Mentha pulegium</i>	
	<i>Polygonum lapathifolium</i>	<i>Mentha rotundifolia</i>	
	<i>Ranunculus flammula</i>	<i>Mimosa dealbata</i>	
	<i>Ranunculus ophioglossifolius</i>	<i>Osmunda regalis</i>	
	<i>Rorripa amphibia</i>	<i>Panicum repens</i>	
	<i>Rumex conglomeratus</i>	<i>Paspalum distichum</i>	
	<i>Scirpus lacustris</i>	<i>Polygonum salicifolium</i>	
	<i>Scirpus maritimus</i>	<i>Potentilla reptans</i>	
	<i>Scirpus setaceus</i>	<i>Prunella vulgaris</i>	
	<i>Scrofularia aquatica</i>	<i>Ranunculus macrophyllus</i>	
	<i>Sparganium erectum</i>	<i>Rhamnus frangula</i>	
	<i>Typha angustifolia</i>	<i>Rubia peregrina</i>	
	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	<i>Rubus ulmifolius</i>	
		<i>Rumex pulcher</i>	
		<i>Salix pedicellata</i>	
		<i>Silene coeli-rosa</i>	
		<i>Smilax aspera</i>	
		<i>Stellaria media</i>	
		<i>Trifolium tomentosum</i>	
		<i>Ulmus campestris</i>	
Zone infra-littorale	Zone littorale	Zone supra-littorale	Hygrométrie moyenne

Tableau 6: Liste des espèces végétales formant les ceintures de végétation à la périphérie du marais de Bourdim et la nechâ d'Oum El Agareb.

vraisemblablement au pouvoir d'adaptation de la flore rare. Dans un milieu aquatique, le gradient d'humidité entraîne une distribution horizontale des espèces, suivant une disposition zonée qui, lorsqu'elle est régulièrement développée, forme des ceintures de végétation.

REFERENCES

- [1]- BNIST (Bureau national de l'information scientifique et technique), "L'eutrophisation des lacs", Ed. Association française pour l'étude des eaux (AFEE), Paris, (1975), 118 p.
- [2]- Khaled Khodja S., "Approche écologique de deux sites dulçaquicoles de la Numidie algérienne (la garaâ de Bourdim et la nechâ d'Oum El Agareb)", Thèse de magister, Univ. d'Annaba, (1998), 142 p.
- [3]- Shresta P., "Ecological study on the aquatic macrophyte vegetation of lake Phewa and lake Rupa, Nepal", Ph.D. thesis submitted to the university of Vienna, Austria, (1997), 366 p.
- [4]- Robach F., Eglin I. et Carbiener R., "Hydrosystème RHENAN: évolution parallèle de la végétation aquatique et de la qualité de l'eau (RHINAU)", *Bull. Ecol.*, T.22, N°1, (1991), pp. 227-241.
- [5]- Robach F., Merlin S., Rolland T. et Tremolieres M., "Assimilation et stockage du phosphore par des macrophytes aquatiques Bioindicateurs du niveau trophique de l'eau", *Ecologie*, T.27, N°4, (1996), pp. 203- 214.
- [6]- Thoen D., Roussel L. et Nicolas J., "Etude des groupements de macrophytes vasculaires aquatiques de la SEMOIS en rapport avec la qualité globale des eaux et du milieu", *Ecologie*, T. 27, N° 4, (1996), pp. 223-232.
- [7]- Haury J., Peltre M.C., Muller S., Tremolieres M., Barbe J., Dutartre A. et Guerlesquin M., "Des indices macrophytiques pour estimer la qualité des cours d'eau français : premières propositions", *Ecologie*, T.27, N° 4, (1996), pp. 233-244.
- [8]- Daniel H. et Haury J., "Ecologie des macrophytes aquatiques d'une rivière ARMORICAINE (le Scorff, Bretagne Sud, France), application à la bioindication", *Ecologie*, T.27, N°4 (1996), pp. 245-256.
- [9]- Broyer J. et Prudhomme J., "Incidence de la fertilisation sur la diversité floristique des prairies de Fauche inondables dans le val de SAONE", *Ecologie*, T.26, N°1, (1995), pp. 45-58.
- [10]- Janssens J.A. et Glaser PH., "The bryophyte flora and major peat forming mosses at Red Lake peat land, Minnesota", *Can. J. Bot.*, N°64, (1986), pp. 427-442.
- [11]- Shay JM. et Shay CT., "Prairie marshes in western Canada, with specific reference to the ecology of five macrophytes", *Can. J. Bot.*, N°64; (1986), pp. 443-454.
- [12]- Delpech R., "Contribution de la phyto-écologie au diagnostic des conditions hydriques des sols. I.- Bases conceptuelles", *Bulletin technique d'information*, N°271-272, (1972), pp. 6-10.
- [13]- Poissonnet J. et Guillerm JL., "Contribution de la phyto-écologie au diagnostic des conditions hydriques des sols. V. – Groupes écologiques, types de milieux et possibilités d'aménagement hydrique, exemple de la grande Sologne", *Bulletin technique d'information*, N°271-272, (1972), pp. 44-54.
- [14]- De Belair G., "Une poche phytogénétique tropicale relictuelle : La Numidie algérienne", Séminaire national, I.S.N. (Constantine), (1996), pp. 1-8
- [15]- Kadid Y., "Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga- Parc national d'El Kala", Mémoire d'ingénieur, I.N.A. El Harrach, Alger, (1989), 106 p.
- [16]- Samraoui B. et De Belair G., "Les zones humides de la Numidie Orientale: bilan des connaissances et perspectives de gestion", *Synthèse* (Numéro spécial), Univ. Annaba, N°4 (1998), pp. 3-90.
- [17]- Samraoui B., Segers H., Maas S., Baribwegure D. et Dumont H.J., "Rotifera, Cladocera, Copepoda, and Ostracoda from coastal wetlands in northeast Algeria", *Hydrobiologia*, N°386, (1998), pp. 183-193.
- [18]- Quezel P., et Santa S., "Nouvelle flore de l'Algérie", Ed. C.N.R.S., Paris, Tomes I & II, (1962-1963), 1170 p.
- [19]- Braun-Blanquet J., "Les groupements végétaux de la France méditerranéenne", CNRS, Paris, (1951), 297 p.
- [20]- Frontier S., "Stratégies d'échantillonnage en écologie", Masson, Paris, (1983), 494 p.
- [21]- Rodier J., "L'analyse de l'eau", Ed. Dunod, Paris, (1984), 1365 p.
- [22]- Dervin C., "Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances ?", ITCF, Paris, (1988), 69 p.
- [23]- Jambu M., "Exploration informatique et statistique des données", Dunod informatique, Paris, (1989), 506 p.
- [24]- Ramade F., "Eléments d'écologie, écologie appliquée", Mc Graw-Hill, Paris, (1982), 445 p.
- [25]- Ehrhardt JP. et Seguin G., "Le plancton. Composition, écologie, pollution", Gauthier-Villars, Paris, (1979), 178 p.
- [26]- Frontier S. et Pichod-Viale D., "Ecosystèmes: structure, fonctionnement, évolution", Masson, Paris, (1991), 375 p.
- [27]- Felzines JC., "Etude dynamique, sociologique et écologique de la végétation des étangs du centre Est de la France", Thèse de 3^{ème} cycle, Univ. Sc. et Techn. de Lille, (1982), 498 p.
- [28]- Cook C.D.K., "Aquatic plant book", SPB Academic Publishing, The Hague, Netherlands, (1990), 228 p.
- [29]- Cook C.D.K., "Aquatic and wetland plants of India", Oxford University Press, (1996), 385 p.
- [30]- Rieley J. et Page S.E., "Eutrophication of Wybunbury moss national nature reserve, Cheshire, U.K.", *International peat journal*, 2, (1987), pp. 29-44.
- [31]- Lacroix G., "Lacs et rivières milieux vivants", Bordas, Paris. (1991), 248 p. □