

Desmidiées en tant qu'indicateurs de la qualité des eaux dans la région de Marrakech (Maroc)

K. Mouhri¹
J. Darley¹
R. Le Cohu²
J. Loudiki¹

Mots clés : Algues, Desmidiées, Maroc, Dayas, bassins permanents, réservoir, propriétés chimiques.

Trente-sept sites de la région de Marrakech (dayas, bassins permanents et réservoirs) ont été prospectés régulièrement pendant un an. Les analyses factorielles de correspondance, qu'elles soient réalisées à partir des descripteurs ou à partir des facteurs biotiques (133 taxons de Desmidiées), permettent de visualiser les mêmes typologies au sein des biotopes étudiés. A la lumière de ces résultats, les Desmidiées apparaissent comme de bons indicateurs dans l'appréciation de la qualité chimique des eaux du Sud du Maroc.

Desmids as indicators of water quality in the Marrakech region (Morocco).

Keywords : Algae, Desmids, Dayas, permanent basin, reservoir, chemical characters.

Thirty seven diverse sites of the Marrakech Region (Morocco) were investigated fortnightly or monthly over one year. Two factorial correspondence analyses demonstrated the similar typologies ; one of them was based only on the environmental factors, the second one on the biotic parameters (133 Desmid taxons). It is concluded from these results that, the Desmids seem to be good biological indicators for evaluating the chemical water quality in South Morocco.

1. Introduction

Les recherches sur les algues réalisées à ce jour au Maroc sont variées : inventaires (Belloc 1893 & 1896, Harriot 1913, Mercier 1922, Gauthier-Lièvre 1931 & 1951, Gattefosse & Werner 1935, Werner 1934, Bourrelly & Gayral 1951a & 1951b, Somers 1972...) ; études écologiques (Gayral 1954, Sasson 1959) ; descriptions d'espèces nouvelles pour le Maroc ou pour la science (Bourrelly & Gayral 1950, Darley & Couté 1983) ; études de la biomasse et de la production primaire (Derraz 1987, Marqué & Dauta 1987).

La présence de desmidiées (c'est-à-dire Mesotaniacées et Desmidiacées) a souvent été signalée, mais aucune étude exhaustive de ce grand ensemble n'a

été entreprise ; pourtant l'écologie des desmidiées des régions tropicales est différente de celle des pays tempérés en ce sens que plus on se rapproche de l'équateur et plus ces algues semblent s'adapter ou même se complaire en milieu alcalin (Van Oye 1949, Talling & Talling 1965). Les desmidiées sont en outre des indicateurs délicats de changement de l'environnement (Lund 1971, Bourrelly 1972).

Ces constatations nous ont amené, du fait de la situation géographique du Maroc entre tropique et zones tempérées, à entreprendre l'étude des populations desmidiées planctoniques et périphtiques, sur le plan qualitatif et quantitatif, pour connaître leur répartition dans différents écosystèmes aquatiques continentaux du Maroc central.

2. Matériel et méthodes

37 sites répartis dans la région de Marrakech (fig. 1) ont été prospectés pendant le cycle annuel 1985-1986 (Mouhri 1987). Les prélèvements d'eau destinés aux analyses physico-chimiques et les

1. Faculté des Sciences, Département de Biologie, BP. s 15, Marrakech, Maroc.

2. Laboratoire d'Hydrobiologie, UA 695 du CNRS, Université Paul Sabatier, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse Cédex, France.

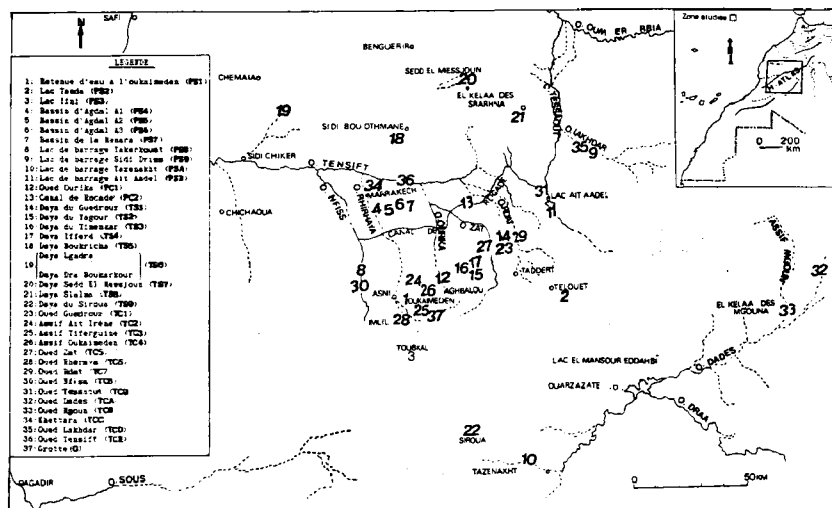


Fig. 1 : Situation géographique des sites étudiés.

recettes d'algues (filet à plancton, grattage des supports existants, expression de végétaux aquatiques) ont été effectués tous les 15 jours (mares temporaires ou dayas) et tous les mois (milieux permanents).

L'ensemble des échantillons d'algues périphytiques et planctoniques ont fait l'objet d'une analyse qualitative et semi-quantitative (% d'abondance). Pour cette dernière, un sous-échantillonnage a permis d'évaluer le nombre minimum d'individus à compter. Cette analyse a été réalisée sur trois types de milieux :

- une mare temporaire de haute montagne : Guedrouz, choisie pour sa grande richesse spécifique (fig. 2a).
- Un bassin permanent de plaine : Agdal (fig. 2b).
- Un lac de barrage de montagne : Oukaïmeden (fig. 2c).

Les courbes obtenues (fig. 2) montrent que la stabilisation de la moyenne et des écarts type est atteinte à partir de 40 individus comptés (IC) dans le cas d'un

peuplement peu diversifié. Par contre, pour les peuplements très diversifiés, riches en espèces de desmidiées, elle n'est acquise qu'à partir du comptage de 200 individus.

En outre, une analyse quantitative (Utermohl 1958) a été réalisée sur les desmidiées planctoniques de cinq stations différentes afin de connaître la richesse en espèces et en individus de leur peuplement desmidial :

- daya de montagne : Guedrouz (TS1)
- lac de barrage : Oukaïmeden (PS1)
- bassins de Marrakech : Agdal et Ménara (PS4 et PS7)
- daya des jbillets : Boukricha (TS5).

Dans le but de connaître la répartition des espèces de desmidiées dans ces différents hydrosystèmes et de mettre en évidence leur rôle d'indicateurs biologiques de la qualité hydrochimique, des analyses multivariées (AFC) (Cordier 1969, Benzecri & Lebart 1970) ont été effectuées sur les données abiotiques et biotiques.

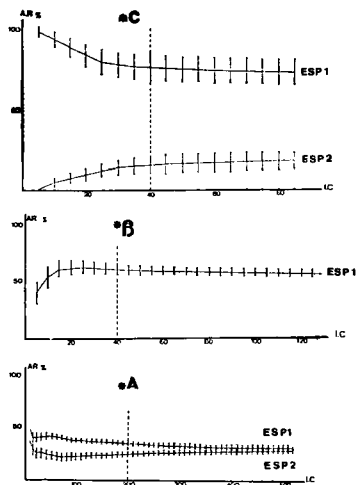


Fig. 2 : Détermination du nombre minimum d'individus comptés dans l'analyse semi-quantitative de 3 milieux différents ; AR = Abondance relative ; IC = Individus comptés ; 2-a : daya Guedrouz (TS1), 2-b : bassin d'Agdal (PS4), 2-c : lac Oukaimeden (PS1).

3. Résultats et discussion

3.1. Inventaire des desmidiées

133 taxons, dont 85 nouveaux pour le Maroc, ont été inventoriés dans les 37 écosystèmes aquatiques étudiés. Leur liste est donnée pages 112 et 113.

Les sigles GMO, GBL, GBR, etc... correspondent au codage des espèces utilisé dans l'AFC.

Chaque espèce nouvelle pour le Maroc est signalée par **.

3.2. Analyse quantitative

La figure 3 montre que la daya de Guedrouz constitue le biotope le plus riche en desmidiées, soit 162.000 cellules/litre. Le peuplement y est dominé par deux espèces de *Gonatozygon* et une espèce de *Cosmarium* :

- G. monotaenium* : 46.675 cellules/litre (≠ 29 %)
- G. brebissonii* : 26.310 cellules/litre (≠ 16 %)
- et *C. subcapitulum* : 34.388 cellules/litre (≠ 21 %).

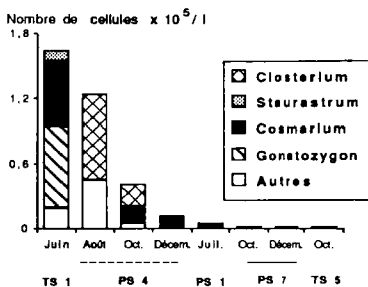


Fig. 3 : Résultats de l'analyse quantitative des Desmidiées au cours de l'année 1986 dans 5 écosystèmes différents : daya Guedrouz (TS1), daya des Jbiletts (TS5), bassins d'Agdal (PS4) et de la Ménéra (PS3) et le lac Oukaimeden (PS1). Les résultats sont exprimés en nombre de cellules par litre.

Le peuplement algal du bassin d'Agdal est dominé quant à lui par une seule espèce : *Closterium dianae* ; cette espèce représente jusqu'à 70 % du peuplement algal (83 200 cell./ml) au mois d'août. Les autres milieux sont pauvres en desmidiées avec une dominance du genre *Cosmarium*.

3.3. Typologie des milieux étudiés

3.3.1. REPARTITION DES BIOTOPES EN FONCTION DES CRITERES MESOLOGIQUES (AFC)

Une analyse factorielle des correspondances a été effectuée sur une matrice des données comportant 21 paramètres abiotiques de 23 stations : température de l'air et de l'eau, pH, conductivité, turbidité, oxygène dissous, profondeur de l'eau, matières en suspension, nitrites, nitrates, ions ammonium, orthophosphates, alcalinité, dureté totale, calcium, magnésium, chlorures, durée de mise en eau, étage bioclimatique, variante d'hiver (froid, frais ou chaud), altitude. La classification hiérarchique (CH) permet de subdiviser les milieux en 4 groupes (G1, G2, G3, G4) et selon 3 gradients (fig. 4) :

Famille des Menyanthaceae

Genre Gonolobosyon de Bary

- GM1 : *G. monobotrys* de Bary
 GM2 : *G. brebissonii* de Bary var. *laeve* (Hilleb.) M. et M. **
 GBR : *G. brebissonii* de Bary

Genre Nelium (Nag.) Hitzigstein et Reiche

- NH : *N. digitum* (R.Br.) Hitz. et Reiche

Famille des Desmodiaceae

Genre Actinostemon (Nag.) Telling

- ACA : *A. cucurbitata* (Nag.) Telling **
 ACI : *A. cucurbitatum* (Nag.) Telling
 ACR : *A. curtum* (Nag.) Telling **

Genre Clitostemon Nutt.

- LAC : *Cl. acrosum* (Schrenk) Ehr.
 LAN : *Cl. acrosum* (Schrenk) Ehr. var. *minus* Hillebr.
 LAR : *Cl. abruptum* M. et M. **
 LEH : *Cl. elzebergii* Hillebr.
 LEI : *Cl. dianae* Ehr. var. *brevius* (Nutt.) Pektoff. **
 LER : *Cl. gracile* Née.
 LES : *Cl. hirsutum* M. et M. **
 LEV : *Cl. intermedium* Ralfs **
 LFR : *Cl. junceus* Ralfs **
 LJA : *Cl. lanceolatum* Kiltz. var. *parvum* M. et M.
 LER : *Cl. lepidium* Kiltz.
 LFI : *Cl. libellula* Focke **
 LFN : *Cl. longicum* Lamouron var. *fallax* Ruszick **
 LFN : *Cl. linearum* Ehr. **
 LFT : *Cl. liturale* Gray **
 LIU : *Cl. lunata* (Mull.) Nutt.
 LMO : *Cl. moniliferum* (Gray) Ehr.
 LPA : *Cl. parvulum* Neesl.
 LPE : *Cl. prolesorum* de Bréb. **
 LPR : *Cl. pritchardii* Archer **
 LRA : *Cl. raffae* de Bréb. **
 LRO : *Cl. rostratum* Ehr. var. *extensum* Provenç. **
 LSR : *Cl. setaceum* Ehr. **
 LSP : *Cl. sp.* **
 LST : *Cl. stipulatum* Ehr. **
 LSU : *Cl. subulatum* (Kütz.) de Bréb. **
 LSR : *Cl. subuliforme* Hillebr. **
 LTL : *Cl. tumidulum* Gray
 LTM : *Cl. tumidum* Johnston **
 LVR : *Cl. venosum* Kiltz.

Genre Conosackus Corda

- CAB : *C. abbreviatum* Rehb. var. *minus* (M. et M.) Krieger et Gerloff
 CAN : *C. arceus* Lavielle forma *arcticum* Crowsole **
 CAD : *C. angulosum* de Bréb.
 CRA : *C. bacatum* Scott et Gifford **
 CRF : *C. latifolius* Hillebr. **
 CRI : *C. bioculatum* Bréb. var. *refringens* Crowsole **

- CR : *C. linearis* Hillebr. **
 CRH : *C. linearis* Bréb. Ralfs var. *minus* Hillebr.
 CRT : *C. linearis* (Bréb.) Ralfs var. *triglobatum* Nordst.
 CBL : *C. blythii* Wille var. *bioculatum* Ruszick **
 CBO : *C. boecklii* Wille **
 CBB : *C. botrytis* Hillebr.
 CBP : *C. botrytis* Hillebr. var. *pedunculatum* M. et M.
 CBS : *C. botrytis* (Hillebr.) Ralfs var. *subulatum* Wiltrock **
 CCC : *C. calcaratum* Wiltrock
 CCU : *C. compositum* Ralfs forma *minor* Bray **
 CCN : *C. compositum* Delpon **
 CFA : *C. fonticulum* M. et M. **
 CFO : *C. fonticulum* Nordst. **
 CFR : *C. forficatum* Hoff. var. *nathorstii* Bréd.
 CGR : *C. granatum* Bréb. ex Ralfs var. *elongatum* Nordst. **
 CGG : *C. granatum* Bréb. ex Ralfs var. *subgranatum* Bréb.
 CHU : *C. humile* Nordst.
 CHO : *C. hololepis* Lavielle **
 CHN : *C. hornemannii* Gutwinckl **
 CIN : *C. isoprenoides* Kiltz.
 CLJ : *C. laeve* (Gray) Nordst.
 CLM : *C. latifolium* Lund. ? **
 CLE : *C. levitabile* Crowsole **
 CMA : *C. maie* Steud. **
 CMH : *C. margaritatum* (Lund.) Roy et Bisset
 CMN : *C. margaritatum* (Lund.) Roy et Bisset forma *minor* (Baldt) M. et M.
 CMR : *C. maroccanum* Darley et Coust.
 CME : *C. menziesii* Bréd.
 CMJ : *C. minus* M. et M. **
 CMO : *C. notabile* Bréb.
 CPA : *C. pectydyerum* Lund. **
 CPN : *C. phaeolum* Baldt **
 CPR : *C. praecoxum* Borge var. *quercum* (Borge) Krieger **
 CPU : *C. pudicum* (Bréb.) Arch. **
 CPO : *C. polygonum* (Nag.) Archer var. *pectydyerum* Crowsole **
 CQL : *C. quadratum* (Gray) De Tord var. *aplanatum* Inoue et Krieger **
 CQM : *C. quadratum* Ralfs **
 CRR : *C. regnellii* Wille
 CRP : *C. regnellii* Wille var. *psuedoregnellii* (Hillebr.) Krieger et Gerloff **
 CRE : *C. regnellii* Rehb. **
 CRN : *C. reniforme* (Ralfs) Arch.
 CRT : *C. retusum* (Perry) Rehb.
 CSC : *C. scopulorum* Borge **
 CSM : *C. speciosum* Lavielle
 CSB : *C. spiriferum* M. et M. **
 CSU : *C. spatiale* var. *subulatum* M. et M. **
 CSR : *C. subgranatum* Hillebr. **
 CRA : *C. subcapitatum* M. et M. **
 CSU : *C. subcostatum* Nordst. **
 CSG : *C. subgranatum* (Nordst.) Ulrike-Hilber **
 CSP : *C. subgranatum* Nordst.
 CSR : *C. subulatum* Hillebr. **
 CSS : *C. subopaculum* Nordst. var. *transiens* Hillebr.
 CTE : *C. strictum* Ralfs **
 CTU : *C. turpidum* Bréb. **

- CUN : *C. undulatum* Corti ex Ralfs
 CVA : *C. varicilatum* Lundell
 CVE : *C. verrucosum* (Bréb.) Archer forme minor Wille **
 CVV : *C. vexatum* W. et W.
 CVR : *C. vexatum* W. & W. var. *rotundum* Measik. **
 CPS : *C. sp.* **
 CST : *C. sp.* **
 CS1 : *C. sp.* **
 CS2 : *C. sp.* **
 CS3 : *C. sp.* **
 CS4 : *C. sp.* **

Genre *Puzosium*

- PO1 : *P. lunale* (Turp.) Ehr.
 PO2 : *P. lunale* (WILL.) Roy
 PO3 : *P. verrucosum* Ehr. **

Genre *Pezizium*

- PHA : *P. margaritaceum* (Ehr.) Bréb. **

Genre *Pleurotaenium*

- PCO : *P. coronatum* (Bréb.) Rabenhorn. **

Genre *Staurastrum* (St.)

- SBE : *St. brebionii* Arch. **
 SCN : *St. crenulatum* (Naeg.) Delp. **
 SOB : *St. dejectum* Bréb. **
 SER : *St. erostellum* W. et W. **
 SPA : *St. paradoxum* (Meyen) Ralfs **
 SPY : *St. pyramidatum* W. et W. **
 SPU : *St. punctulatum* Bréb.
 SSE : *St. setaldi* Reusch. **
 SPE : *St. spencerianus* W. et W. **
 SSW : *St. subcruciatum* Cooke et Wille
 STE : *St. tetraezum* Ralfs
 SUN : *St. undulatum* Myxard **
 SP1 : *St. sp.* **

Genre *Staurodesmus* (St)

- DCO : *St. convergens* (Ehr.) Telling **
 DCU : *St. cuspidatum* Nordst.
 DEX : *St. extensus* (Borge) Telling **
 DMU : *St. mucronatus* (Ralfs) Crossdale **

Genre *Tellingia*

- TGR : *T. granulata* (Roy et Smet) Bourrelly **

— un premier gradient (A) altitudinal et climatique oppose le groupe G4 aride de plaine au groupe G1 de haute altitude à climat froid ;

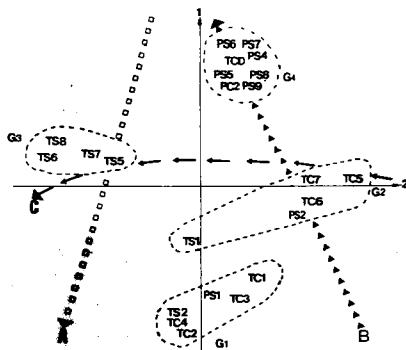


Fig. 4 : Analyse spatiale (AFC) : Typologie des milieux étudiés dans l'espace des paramètres abiotiques. A : gradient altitudinal et climatique. B : gradient de minéralisation de l'eau. C : gradient de turbidité et de charge des eaux en matières en suspension.

— un second gradient (B) de minéralisation de l'eau oppose le premier groupe G1 de faible minéralisation, lac Oukaïmeden (PS1), Yagour (TS2), Guedrouz (TC1), Assif Ait Irene (TC2), au groupe G4 caractérisé par des eaux assez dures, alcalines et assez fortement minéralisées, bassins de Marrakech (PS8), Sidi Driss (PS9), et Canal de Rodeade (PC2) ;

— un troisième gradient (C) traduit la charge des eaux en matières en suspension associée au degré de turbidité : il oppose le groupe G2 caractérisé par des eaux faiblement turbides (Oueds du Haut-Atlas : TC5, TC6, TC7) au groupe G3 formé par les eaux peu profondes des mares temporaires des Jbillets (TS5, TS6, TS7) et de la Bahira (TS8) qui ne sont jamais transparentes (piétinement fréquent du bétail, raclage permanent du sol par les Triops...).

3.3.2. REPARTITION DES BIOTOPES EN FONCTION DES FACTEURS BIOTIQUES

L'étude de la distribution des espèces dans le plan factoriel (1-2) met en évidence l'existence de 5 noyaux d'espèces et 5 noyaux de stations (fig. 5 et 6) :

— Le noyau 1 est séparé en deux sous-unités ; la première (N1-1) renferme des espèces affines au système daya, récoltées dans les mares temporaires de montagne (Guedrouz, Yagour : Groupe G1) dont la position sur l'axe 1, nettement positive, les lie à des conditions de milieu bien définies, à savoir : faible minéralisation, pH acide ou voisin de la neutralité et phase d'assec obligatoire ; ce sont *Cosmarium humile*, *C. subcapitulum*, *Actinotaenium curtum*, *Teilingia granulata*, *Gonatozygon brebissonii*.

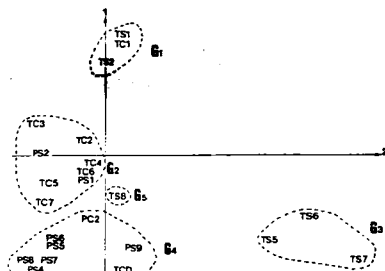


Fig. 6 : Analyse spatiale (AFC) : Typologie des milieux étudiés dans l'espace des paramètres biotiques. G = groupe de milieux.

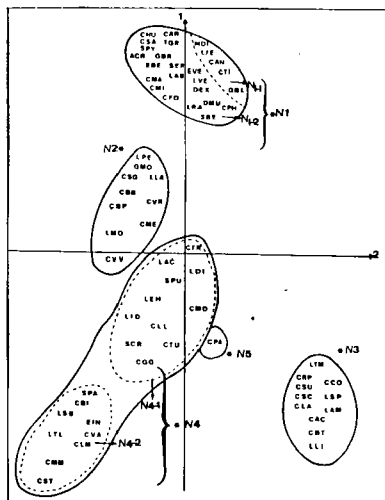


Fig. 5 : Analyse spatiale (AFC) : Projection des différents taxons dans le plan factoriel (1-2). N = groupe d'espèces.

La seconde sous-unité (N1-2) comprend des espèces occupant la même position que la première, mais renferme des espèces qui peuvent être liées à des eaux courantes temporaires de montagne (le torrent du Guedrouz) : *Cosmarium anceps*, *C. tinctum*, *Netrium digitus*, *Closterium jenneri*.

— Le noyau 4 est également subdivisé en deux sous-unités ; la première (N4-2) regroupe les espèces occupant une position périphérique éloignée de l'axe 1 et à l'opposé du noyau 1, ce sont donc des taxons vivant dans des milieux permanents de plaine dont l'eau est caractérisée par un pH basique et une minéralisation relativement importante : *Cosmarium variolatum*, *C. laeve* var. *messikommeri*, *Staurastrum paradoxum*. La deuxième sous-unité (N4-1) regroupe des espèces eurypotes à faible signification structurale, qui occupent des positions proches de l'origine des axes 1 et 2, ce sont donc des espèces considérées comme cosmopolites : *Cosmarium laeve*, *Closterium acerosum*, *Staurastrum punctulatum*.

— Le noyau 2 est un ensemble diffus d'espèces dont la contribution aux deux premiers axes est faible. Elles se trouvent dans des biotopes de montagne, qu'ils soient courants (Oued Zat, Rhéraya, Ait Irène) ou stagnants (lac Oukaïmeden, lac Tamda) et dont les eaux sont faiblement ou moyennement minéralisées, avec un pH légèrement basique (Groupe G2).

— Le noyau 3 individualise des espèces occupant une position périphérique positive de l'axe 2 à l'opposé du noyau précédent ; ces espèces sont caractéristiques des mares temporaires de Jbilet et de la Bahira (Groupe G3), peu profondes, turbides et fortement chargées en matières en suspension (*Cosmarium scopulorum*, *C. biretum* et *Closterium acerosum*). L'axe 2 exprime, à nouveau, la turbidité des eaux et leur charge en matières en suspension, ces deux paramètres étant liés à la profondeur des biotopes étudiés.

— Le noyau 5 est formé d'une seule espèce (*Cosmarium pachydermum*) caractéristique de la daya du douar Slalma dans les Jbilet orientales (TS8) (Groupe G5).

La typologie biologique (fig. 6) des écosystèmes étudiés ressemble à celle obtenue à partir des paramètres abiotiques. Ceci montre que les populations algales de ces milieux reflètent de façon assez fidèle la composition chimique de l'eau.

3.4. Evolution temporelle du peuplement desmidial

Les données biotiques et abiotiques de 6 stations suivies régulièrement ont fait l'objet d'une analyse multivariée : deux dayas de montagne, Guedrouz (TS1) et Yagour (TS2) ; deux dayas de plaine, Jbilet (TS5) et Sedd El Messjoun (TS7) ; lac Oukaïmeden (PS1) et bassin d'Agdal (PS4).

3.4.1. DESMIDIÉES PLANCTONIQUES

La classification hiérarchique des espèces a permis de distinguer 5 noyaux (fig. 7).

— Le noyau 1 (P1) regroupe les espèces planctoniques des mares temporaires de montagne (Guedrouz et Yagour) caractérisées par des eaux faiblement minéralisées à pH légèrement acide. Ce noyau P1 peut être subdivisé en deux sous-unités ; la première, P1-1, correspond au groupe d'espèces récoltées au début de la mise en eau de la mare de Guedrouz avec *Penium margaritaceum*, *Cosmarium abbreviatum*, *Cosmarium baffinensis* et *Staurastrum crenulatum* comme algues dominantes. La seconde sous-unité, P1-2, correspond au peuplement desmidial

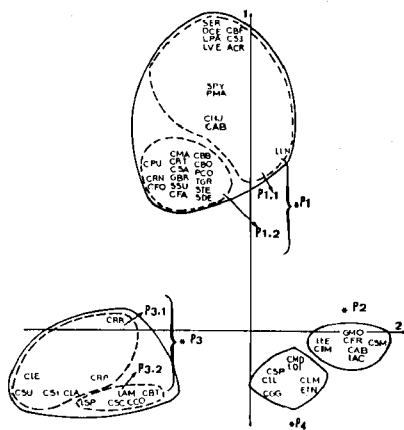


Fig. 7 : Analyse temporelle (AGC) des espèces planctoniques : Projection des taxons dans le plan factoriel (1-2).

récolté lors de la phase précédant l'assèchement de la mare ; on observe la disparition de certaines espèces du début de la mise en eau (*Penium margaritaceum*) et l'apparition d'autres, telles *Cosmarium subcapitulum* et *Pleurotaenium coronatum*.

Le peuplement planctonique du début de mise en eau est plus riche en espèces que celui de la fin du cycle hydrologique de la mare.

— Le noyau 4 (P4) est opposé au premier sur l'axe 1 ; il regroupe les espèces planctoniques du bassin permanent de plaine, l'Agdal, caractérisé par des eaux alcalines et fortement minéralisées. Le peuplement desmidial est assez stable dans le temps. Il est dominé par *Closterium diana*, *Cosmarium granatum* et *Cosmarium laeve*.

— Le noyau 2 (P2) est situé à l'extrémité positive de l'axe 2 ; il regroupe les espèces planctoniques des échantillons du cycle annuel du lac de barrage de montagne : Oukaïmeden. Le peuplement desmidial est également stable dans le temps. Il est dominé par : *Gonatozygon monotaenium*, *Cosmarium formosulum* et *Cosmarium impressulum*. Ces espèces caractérisent ici un milieu permanent profond et peu turbide.

— Le noyau 3 (P3) se situe à l'opposé de P2 sur l'axe 2 ; il regroupe les espèces des mares temporaires des Jbiletés (P3-1) et de la Bahira (P3-2) caractérisées par des eaux très peu profondes, turbides et très chargées en matières en suspension. Ce noyau est subdivisé en deux sous-unités ; la première, P3-1, regroupe les espèces récoltées lors de la mise en eau de la daya Boukricha ; *Cosmarium latifrons* est dominant, *C. regnellii* rare. La deuxième sous-unité, P3-2, correspond au peuplement planctonique de la mare Sedd El Messjoun, peuplement dominé par *Closterium acerostum* var. *minus*, *Cosmarium scopulorum* et *C. biretum*. Cette mare se caractérise par de fortes teneurs en chlorures.

Ces résultats montrent que, à l'exception des mares temporaires de montagne, le peuplement planctonique évolue peu au cours de la période d'étude.

3.4.2. PERIPHYTON

La classification hiérarchique individualise quatre groupements d'espèces (fig. 8).

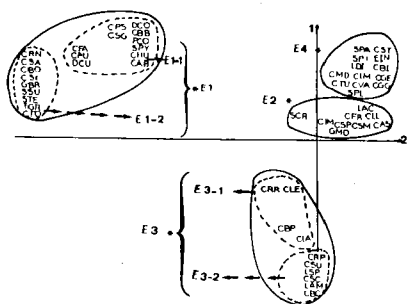


Fig. 8 : Analyse temporelle (AFC) des espèces péiphytiques : Projection des espèces dans le plan factoriel (1-2).

— Le noyau 1 (E1) est subdivisé en deux sous-unités E1-1 et E1-2 ; il rassemble les espèces obtenues par expression des plantes aquatiques des mares de montagne faiblement minéralisées et légèrement acides. La sous-unité E1-1 correspond aux espèces récoltées au départ de la mise en eau, lorsque la végétation macrophytologique commence à se développer.

Ce peuplement est dominé par *Cosmarium humile*, *C. abbreviatum*, *C. pusillum* et *C. botrytis*. La deuxième sous-unité E1-2 renferme les desmidiées obtenues à partir de l'expression des plantes aquatiques (Marsilea, Isoetes) qui se développent pendant la phase précédant l'assèchement de la mare. On note l'apparition de *Gonatozygon brebissonii*, *Teilingia granulata*, *Staurosstrum tetracerum*, *Cosmarium boeckii* et *C. subcapitulum*.

Le peuplement péiphytique de la phase précédant l'assèchement total de la mare est plus riche en espèces que celui du début de la mise en eau.

— Le noyau 4 (E4) est opposé au noyau 1 sur l'axe 2 ; il renferme un peuplement desmidial presque stable dans le temps dans le bassin de l'Agdal. Il correspond aux espèces qui trouvent au voisinage des plantes aquatiques de ce milieu un support idéal pour leur développement et leur persistance avec dominance du genre *Cosmarium* (Coesel 1982).

— Le noyau 2 (E2) correspond au peuplement péiphytique du lac Oukaïmeden ; la majorité des espèces récoltées par l'expression des plantes aquatiques est assez proche de l'origine des deux axes factoriels 1 et 2 (*Gonatozygon monotaenium*, *Cosmarium impressulum*). Les résultats témoignent d'une certaine stabilité des populations de desmidiées péiphytiques au cours de l'année d'étude, stabilité liée à la présence permanente d'une ceinture de végétation dans ce biotope.

— Le noyau 3 (E3) est situé à l'opposé du précédent sur l'axe 1 ; il décrit le peuplement desmidial des dayas des Jbiletés (E3-1) et de la Bahira (E3-2). Il regroupe d'une part des espèces du début du cycle hydrologique lorsque les eaux sont limpides (*Cosmarium regnellii* et *C. levinotabile*) et d'autre part des espèces supportant des eaux très turbides ainsi que de très hautes valeurs en chlorures (*Cosmarium scopulorum*, *C. biretum* et *Closterium acerostum*).

4. Conclusion

Différentes approches dans l'analyse des résultats ont permis de mettre en évidence divers types de populations de desmidiées qui reflètent les caractéristiques physico-chimiques des biotopes étudiés. Les desmidiées sont de bons bioindicateurs de la qualité des eaux. Par ailleurs, la flore desmidiale de la région de Marrakech présente différents aspects que l'on peut résumer de la façon suivante :

— Les espèces sont, pour la plupart, cosmopolites.

— Le genre *Micrasterias* est absent. Les genres *Cosmarium* et *Closterium* présente une grande diversité spécifique, soit 73 et 37 espèces. Selon Coesel (1983), le genre *Micrasterias* est caractéristique des eaux oligotrophes.

— Certaines espèces s'adaptent à des eaux très minéralisées et surtout chlorurées (jusqu'à 400 mg/l). Par exemple, dans le chott Sedd El Messjoun, on observe un peuplement desmidial dominé par *Cosmarium scopulorum*, *C. biretum* et *Closterium acerosum*. *Cosmarium biretum* est donné comme ubiquiste par d'Hollander (1980). La variété *minus* de *Closterium acerosum* est diversement considérée par les auteurs ; pour certains, comme Fjeringstad (1964), Couté & Rousselin (1975), Cardinal (1979) et d'Hollander (1980), elle a une très large répartition géographique mais en eau calcaire ; pour Caljon (1983), cette variété est typique des eaux oligohalines ou polluées par la matière organique.

— Une grande richesse spécifique différencie les dayas de haute montagne (milieux peu minéralisés) des autres milieux étudiés.

— Dans les mares temporaires (dayas), la stratégie de survie des desmidiées s'appuie essentiellement sur la reproduction sexuée avec formation de zygotes pouvant résister à des périodes d'assèchement de 3 à 8 mois.

— 82 taxons, soit 61 % de la flore desmidiale inventoriée, sont signalés au Maroc pour la première fois ; c'est donc un apport important du point de vue de la répartition géographique de ce groupe d'algues, mais cela montre aussi que de nouvelles études algologiques doivent être entreprises dans cette région.

Remerciements

Nous remercions Monsieur Alain Dauta pour sa contribution à l'accomplissement de ce travail.

Travaux cités

Belloc (F.). 1893. — Recherches sur les algues d'eau douce et des eaux thermales et des eaux salées d'Algérie, de Tunisie et du Maroc, suivie d'une liste des diatomées fossiles et d'un aperçu de la flore diatomique marine littorale. *Rev. Biol. N. de la France* 5^e A. : 1-15.

Belloc (F.). 1896. — Aperçu de la flore algologique d'Algérie et du Maroc et de quelques lacs de Syrie. *A.F.A.S. Carthage* : 406-412.

Benzecri (J.P.) & Lebart (L.). 1970. — Distance distributionnelle et métrique. P.U.B.L. Labo. Stat. Math. : I.S.U.P. - 3^e éd. : 86 p.

Bourrelly (P.). 1972. — *Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique*. Tome I : *les algues vertes*. Boubée et Cie éd., Paris : 572 p.

Bourrelly (P.) & Gayral (P.). 1950. — Une nouvelle volvocale, *Tingitana pasqualinii*, nov. gen. nov. sp. *Bull. Sci. N. Maroc*, 30 : 117-120.

Bourrelly (P.) & Gayral (P.). 1951a. — Eugléniens Marocains rares ou nouveaux. *Bull. Soc. Sci. Maroc* : 31 p.

Bourrelly (P.) & Gayral (P.). 1951b. — Un groupement rhéophile dans un Oued du grand Atlas. 70^e Congrès A.F.A.S., 5 : 1-3.

Caljon (A.G.). 1983. — *Brackish water phytoplankton of the Flemish lowland*. Developments in Hydrobiol. n° 18, Dr. W. Junk Publ., Dordrecht, Pays-Bas : 272 p.

Cardinal (C.). 1979. — Algues planctoniques du bassin de la Seine (à l'exception des Cyanophycées et des Diatomées). *Bull. Mus. Hist. Nat. Paris*, 4^e sér. 1. Section 13, 4 : 285-327.

Coesel (P.F.M.). 1982. — Structural characteristics and adaptations of Desmid communities. *J. Ecol.* 70 : 163-177.

Coesel (P.F.M.). 1983. — The significance of Desmids as indicators of the trophic status of freshwater. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 45, 2 : 388-393.

Cordier (B.). 1969. — L'analyse factorielle des correspondances. Thèse de 3^e cycle, Rennes : 34 p.

Couté (A.) & Rousselin (G.). 1975. — Contribution à l'étude des algues d'eau douce du moyen Niger (Mali). *Bull. Mus. Hist. Nat.*, 3^e sér., Bot., 21 : 73-176.

Darley (J.) & Couté (A.). 1983. — *Cosmarium maroccanum* nov. sp. (Chlorophyta, Zygothecae, Desmidiales, Desmidiaceae). *Cryptogamie-Algologie*, 5, 1-2 : 99-103.

Derraz (M.). 1987. — Influence des facteurs environnementaux sur l'évolution de la qualité des eaux de la retenue de Oued El Makhazine (Maroc). Thèse de 3^e cycle, Toulouse : 95 p.

d'Hollander (E.). 1980. — Le phytoplancton du massif du Tagnant (Mauritanie) à l'exclusion des diatomées. *Bull. Roy. Bot. Belg.*, 113 : 75-90.

Fjeringstad (E.). 1964. — Pollution of streams estimated by benthic phytomicroorganisms. 1. Saprobic system based on communities of organisms and ecological factors. *Internat. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 49 : 63-131.

Gattefoue (H.) & Werner (R.G.). 1935. — Catalogus algarum maroccanum adhuc cognitiorum. *Bull. Soc. Hist. Nat. Maroc*, 15 : 72-107.

Gauthier-Lièvre (L.). 1931. — Recherches sur la flore des eaux continentales de l'Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, Mem. hors série : 300 p.

Gauthier-Lièvre (L.). 1951. — Notes sur quelques algues nord-africaines. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 42 : 1-20.

Gayral (P.). 1954. — Recherches phytolimnologiques au Maroc. Thèse Doct. ès Sci. Nat. Paris : 301 p.

Harriot (P.). 1913. — Algues d'eau douce du Maroc. *Bull. Soc. Bot.*, 60 : 40-43.

Lund (J.W.G.). 1971. — The seasonal periodicity of three planktonic Desmids in Windermere. *Mitt. Intern. Ver. Limnol.*, 19 : 3-25.

Marqué (C.) & Dauta (A.). 1987. — Production primaire d'une mare temporaire de la meseta occidentale marocaine. *Sciences de l'eau*, 6 (3) : 299-310.

Mercier (M.). 1922. — Note sur les algues vertes rencontrées dans la région de Casablanca. *Maroc Médical*, 8 : 303-304.

Mouhri (K.). 1987. — Répartition et association des Desmidiées (Chlorophycées, Zygnematales) dans différentes zones géographiques de la région de Marrakech (Maroc). Thèse de 3^e cycle, Univ. Cadi Ayyad, Fac. Sci, Marrakech : 152 p.

Sasson (A.). 1959. — Recherches écologiques et biologiques sur les algues d'une mare temporaire. *Trav. Inst. Sci. Chérif. sér. Bot.*, n° 17, Rabat : 103 p.

- Somers (D.). 1972. — Contribution à la flore des algues de Dayet Iffer et de l'Aguelmene Sidi Ali, deux lacs du Moyen Atlas au Maroc. *Bull. Soc. Sci. Nat. Phys. Maroc*, 52 : 31-46.
- Talling (J.F.) & Talling (I.B.). 1965. — The chemical composition of African lakes Waters. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 50 (3) : 421-463.
- Utermohl (H.). 1958. — Zür Vervollkommung des quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitt. Intern. Ver. Limnol.*, 9 : 1-38.
- Van Oye (P.). 1949. — Nouvelles données sur les desmidiées des environs de Matadi. *Hydrologia*, 1 : 282-308.
- Werner (R.G.). 1934. — Contribution à la flore cryptogamique du Maroc. *Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 14 : 151-155.