



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE DE BADJI MOKHTAR

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THESE EN VU DE L'OBTENTION DE DIPLOME DE DOCTORAT

Spécialité : Ecologie végétale
Intitulé

**ECOLOGIE DES PTERIDOPHYTES EN NUMIDIE
(NORD EST DE L'ALGERIE)**

Présenté par : Mme Louhi Haou Sihem

Membres de jury :

Benyacoub Slim.	Professeur.	Président.	UBM Annaba
Gérard de Bélair.	Maitre de conférences.	Directeur de thèse.	UBM Annaba
Benslama Mohamed.	Professeur.	Examineur.	UBM Annaba
Houhamdi Moussa.	Professeur.	Examineur.	Université de Guelma
Maazi Mohamed Charif.	Maitre de conférences.	Examineur.	Université de Souk Ahras
Muller Serge.	Maitre de conférences.	Examineur.	Université de Montpellier II. France

2014

Plan de travail

Introduction

CHAPITRE 1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	P6
1. Classification.....	P7
2. Morphologie et reproduction.....	P9
3. Morphologie du matériel végétal étudié.....	P15
CHAPITRE 2. PRÉSENTATION DES RÉGIONS D'ÉTUDE.....	P25
1. Localisation des régions d'étude.....	P26
2. Climat des régions d'étude.....	P39
CHAPITRE 3. MATÉRIELS ET MÉTHODES D'ÉTUDE.....	P46
1. Méthode d'étude et échantillonnage	P47
2. Méthodes d'analyse des résultats de terrain.....	P48
3. Méthodes d'identification.....	P50
3.1. Méthode de mesure de l'exo spore	P51
3.2. Méthode de Flow Cytométrie.....	P52
CHAPITRE 4. RESULTATS	P53
1. Inventaire des Ptéridophytes étudiés sur terrain et herbier.....	P54
2. Micromorphologie des échantillons de Ptéridophytes étudiés.....	P56
2.1. Mesure des exo spores et ploïdie des espèces.....	P56
2.2. Cryométrie.....	P57
2.3. Forme des spores et des sores.....	P69
3. Cartes de dispersion des Ptéridophytes étudiés dans les régions d'étude ...	P79
4. Nature du sol et rareté des ptéridophytes étudiés.....	P139
5. Etude phytoécologique.....	P143
6. Résultat des analyses d'ACP et d'AFC sur les Ptéridophytes étudiés sur terrain.....	P146
7. Analyse de la niche écologique des Ptéridophytes étudiés.....	P149
CHAPITRE 5. INTERPRÉTATIONS ET DISCUSSION.....	P152

1. Interprétations.....	P153
2. Micromorphologie.....	P153
3. Interprétation des graphes d'AFC et d'ACP (facteurs humidité et densité du milieu).....	P156
4. Interprétation des graphes de la niche écologique.....	P157
5. Discussion.....	P158
CONCLUSION.....	P166
BIBLIOGRAPHIE.....	P169

LISTE DES FIGURES

- Fig.1. Forme du prothalle male et femelle.
- Fig.2. Multiplication végétative de *Pteridium aquilinum*. 05/02/2010.Séraidi (Photo H. Louhi).
- Fig. 3. Cycle homosporé homoprothallé des fougères
- Fig.4. Cycle hétérosporé hétéroprothallé des sélaginelles
- Fig. 5. Site d'El Kala : (A) Cocciféraie de la vieille Cale, (B) Subéraie de Brabtia. 02/02/2010. (Photos. S Haou), (C) Site de *Salvinia natans*, Garaat Estah 15/04/2011 (photos. H Louhi).
- Fig.6. Carte de situation des sites d'étude dans la région d'El Tarf
- Fig. 7. Site de Séraidi. (A) habita de *Polystichum setiferum*, (B) un des habitats de *Polypodium cambricum* et *Asplenium onopteris*. 05/02/2010 (Photos S Haou). (C) la station de la cascade des Vautours 12 / 10 /2006 (Photos G de Bélair).
- Fig. 8. Site de Sidi Aissa. Station d'*Asplenium billotii*. 02/10/2003 (photos. S. Haou).
- Fig. 9. Carte de situation des sites d'étude dans la région d'Annaba
- Fig.10. Carte de situation des sites d'étude dans la région de Skikda
- Fig. 11. (A) Site de Filfila. 30/04/2010 (Photos H Louhi). (B) Site de Djendel 05/03/2010 (Photos H Louhi)
- Fig. 12. Carte de situation des sites d'étude dans la région de Guelma
- Fig. 13. Carte de situation des sites d'étude dans la région de Souk Ahras
- Fig.14. Site de Djebel Ouled Driss 23/04/2010 (Photos S Haou)
- Fig.15. Précipitations mensuelles moyennes, station d'el Kala
- Fig.16. Températures mensuelles moyennes, station d'el Kala
- Fig.17. Diagramme ombrothermique, station d'el Kala
- Fig.18. Précipitations mensuelles moyennes, station de Séraidi
- Fig.19. Températures mensuelles moyennes, station de Séraidi.
- Fig.20. Précipitations mensuelles moyennes, station de Skikda.
- Fig.21. Températures mensuelles moyennes, station de Skikda.
- Fig.22. Précipitations mensuelles moyennes, station de Guelma.
- Fig.23. Températures mensuelles moyennes, station de Guelma.
- Fig.24. Précipitations mensuelles moyennes, station de Souk Ahras.
- Fig.25. Températures mensuelles moyennes, station de Souk Ahras.
- Fig. 26. Matériels de travail pour identification des fougères au Laboratoire de Ptéridologie à Gand, Belgique. 22/03/2010 (Photos H Louhi)
- Fig. 27. Matériel de photographie des sores et des spores. 22/03/2010 (Photos H Louhi).
- Fig. 28. Cytométrie Pour *Agave sisala*. Espèce diploïde témoin
- Fig. 29. Cytométrie Pour *Agave striata*. Espèce tétraploïde témoin
- Fig. 30. Cytométrie pour *Asplenium trichomanes* subsp. *quadrialeans*
- Fig. 31. Cytométrie pour *Asplenium trichomanes* subsp. *quadrialeans*
- Fig. 32. Cytométrie pour *Polystichum setiferum*
- Fig. 33. Cytométrie pour *Asplenium onopteris*.
- Fig. 34. Cytométrie pour *Asplenium onopteris*.
- Fig. 35. Cytométrie pour *Asplenium ceterach*.
- Fig. 36. Cytométrie pour *Asplenium billotii*.
- Fig. 37. Cytométrie pour *Asplenium obovatum*.
- Fig. 38. Cytométrie pour *Polypodium cambricum* subsp. *cambricum*.

- Fig. 39. *Asplenium ceterach*. 20.03.2003. Guelma. Forme proximale de la spore
- Fig. 40. *Asplenium ceterach*. 26.02.2010. Séraïdi. Forme distale de la spore
- Fig. 41. *Asplenium billotii*. 26.02.2010. Séraïdi. Forme proximale de la spore à droite et distale à gauche
- Fig. 42. *Asplenium obovatum*. Sidi Aïssa. Mars 2003
- Fig. 43. *Asplenium onopteris*. Séraïdi. Mars 2008. Forme proximale de la spore.
- Fig. 44. *Asplenium trichomanes subsp. quadrivalens*. Séraïdi. Mars 2008. Forme proximale de la spore.
- Fig. 45. *Asplenium adiantum-nigrum*. Bourdim. Avril 2003. Forme proximale de la spore.
- Fig. 46. *Cheilanthes acrostica* 15/02/08/ Roknia
- Fig. 47. *Cheilanthes maderensis*. 2003. Djebel Rhoraa
- Fig. 48. *Cosentinia vellea subsp vellea en haut*. Filfila 30/04/2010 *Cosentinia vellea subsp bivallens* en bat. Nechmeya 12/03/05
- Fig. 49. *Isoetes histrix*. 2001. Medjez ezitoun
- Fig. 50. *Isoetes velata*. 03/06/1996. Lac Oubeira
- Fig. 51. *Cystopteris diaphana*. 09/08/2006. Séraïdi
- Fig. 52. *Cystopteris fragilis*. 03. Djebel Rhoraa. Forme proximale
- Fig. 53. *Athyrium filix femina*. 18/10/2009. Bourdim
- Fig. 54. *Polystichum setiferum*. 02/06/2010. Séraïdi
- Fig. 55. *Osmunda regalis*. 19/05/1989. Aulnaie de Righia
- Fig. 56. *Polypodium cambricum*. 05/03/2001. Rifaya et Sporange éclaté. Bourdim. Avril 2005
- Fig. 57. *Anogramma leptophylla*. 06/03/2010. Skikda.
- Fig. 58. *Cyclosorus interruptus*. 15/11/1993. Lac bleu
- Fig. 59. *Equisetum telmateia*. 21.06.1993. Hadj Taher.mare
- Fig. 60. *Equisetum ramosissimum*. 09.10.2002. Aulnaie de Bourdim.
- Fig. 61. ***Selaginella denticulata* sur un défilé de rocher à Séraïdi le 26/11/2010 (Photos G. de Bélair)**
- Fig. 62. Cartographie de *Selaginella denticulata*
- Fig. 63. *Isoetes velata*. Sidi Freitis. Entre le sable et le lac 09/04/ 2110 (Photos G. de Bélair)
- Fig. 64. *Isoetes histrix*. Pelouse d'Oued el Aroug. El Kala. 15/03/2004 (Photos. S Haou)
- Fig. 65. Cartographie d'*Isoetes velata*
- Fig. 66. Cartographie d'*Isoetes histrix*
- Fig. 67. *Equisetum ramosissimum*, Aulnaie de Bourdim. 10/11/2001 5 (Photos ; S Haou)
- Fig. 68. *Equisetum telmateia* Aulnaie de Bourdim 27/04/2007 (Photos G. de Bélair)
- Fig. 69. Cartographie d'*Equisetum ramosissimum*
- Fig. 70. Cartographie d'*Equisetum telmateia*
- Fig. 71. *Ophioglossum lusitanicum*. Pinède du Lac Noir 31/10/2003 (Photos G. de Bélair)
- Fig. 72. *Osmunda regalis*. Aulnaie de Bourdim 27/04/2007 (Photos G. de Bélair)
- Fig. 73. Cartographie d'*Ophioglossum lusitanicum*
- Fig. 74. Cartographie d'*Osmunda regalis*
- Fig. 75. *Cheilanthes maderensis*. Roknia. 04/02/2010. (Photos G. de Bélair)
- Fig. 76. *Cheilanthes acrostica* Roknia 22/04/2005 (Photos G. de Bélair)
- Fig. 77. Cartographie de *Cheilanthes maderensis*
- Fig. 78. Cartographie de *Cheilanthes acrostica*

- Fig.79. (A) *Cosentinia vellea* subsp. *vellea*, site de Roknia (Photos G. de Bélair) (B) site de Filfila. 30/04/2010 (Photos. H. Louhi)
- Fig. 80. Cartographie de *Cosentinia vellea*
- Fig.81. *Anogramma leptophylla*. Subéraie de Bourdim. 27/04/2007. (Photos G. de Bélair)
- Fig.82. ***Adiantum capillus-veneris*. Station Bougles (Photos G. de Bélair)**
- Fig. 83. Cartographie d'*Anogramma leptophylla*
- Fig. 84. Cartographie d'*Adiantum capillus veneris*
- Fig. 85. *Polypodium cambricum* subsp. *cambricum*. (A) station Cascade des Vautours 12/10/2006. Individu rupicole (Photos G. de Bélair). (B) site de Séraidi. 22/03/2008. Individu arboricole (Photos G. de Bélair)
- Fig. 86. Cartographie de *Polypodium cambricum* subsp. *cambricum*
- Fig.87. *Pteridium aquilinum*. El Kala Avril 2011. (Photos S. Haou)
- Fig. 88. Cartographie de *Pteridium aquilinum*
- Fig. 89. ***Thelypteris palustris*. Demnat Attaoua. 14/05/2011 (Photos G. de Bélair)**
- Fig.90. *Cyglossorus interruptus*. Lac bleu 20/09/2001 (Photos S. Haou)
- Fig. 91. Cartographie de *Thelypteris palustris*
- Fig. 92. Cartographie de *Cyglossorus interruptus*
- Fig.93. (A) *Asplenium petrarchae*. Gouraya 23/03/2004. (B) site de Roknia (Photos G. de Bélair)
- Fig.94. *Asplenium trichomanes* subsp. *quadrivalens* Séraidi. Station Cascade de Vautour 12/10/2006. (Photos G. de Bélair)
- Fig. 95. Cartographie d'*Asplenium petrarchae*
- Fig. 96. Cartographie d'*Asplenium trichomanes* subsp. *quadrivalens*
- Fig.97. *Asplenium obovatum* . Sidi Aissa 02/01/2003 (Photos S. Haou)
- Fig.98. *Asplenium billotii*. Défilé de L'Edough. 11/09/2006 (Photos G. de Bélair)
- Fig. 99. Cartographie d'*Asplenium obovatum*
- Fig. 100. Cartographie d'*Asplenium billotii*
- Fig.101. *Asplenium adiantum-nigrum*. Séraidi. (Photos S. Haou)
- Fig.102. *Asplenium onopteris*. Séraidi (Photos G. de Bélair)
- Fig. 103. Cartographie d'*Asplenium adiantum-nigrum*
- Fig. 104. Cartographie d'*Asplenium onopteris*
- Fig.105. *Asplenium ceterach*. Séraidi 13/02/2008 (Photos G. de Bélair)
- Fig. 106. Cartographie d'*Asplenium ceterach*
- Fig.107. *Asplenium scolopendrium*. Séraidi (Photos. G de Bélair)
- Fig. 108. Cartographie d'*Asplenium scolopendrium*
- Fig.109. *Asplenium sagittatum*. Béjaia site de Gouraya 30/03/2004 (Photos G. de Bélair)
- Fig. 110. Cartographie d'*Asplenium sagittatum*
- Fig.111. ***Athyrium filix-femina*. Bourdim (Photos G. de Bélair)**
- Fig. 112. Cartographie d'*Athyrium filix-femina*
- Fig.113. *Cystopteris diaphana*. Ghora (Photos G de Bélair)
- Fig.114. *Cystopteris fragilis*. Séraidi. 12/10/2006 (photos S. Haou)
- Fig. 115. Cartographie de *Cystopteris diaphana*
- Fig 116. Cartographie de *Cystopteris fragilis*
- Fig.117 . *Polystichum setiferum*. Boudim (Photos G de Bélair) Détail des spores (Photos G. de Bélair) 08/06/2008 Station de la cascade des Vautours. Séraidi
- Fig 118. Cartographie de *Polystichum setiferum*
- Fig.119. *Marsilea minuta*. Lac Tonga 29/08/2003 (Photos G de Bélair)
- Fig.120. *Salvinia natans*. Graât Stah 24/08/1991 (Photos G. de Bélair)

Fig. 121. Cartographie de *Marsilea minuta*

Fig. 122. Cartographie de *Salvinia natans*

Fig. 123. Distribution des stations d'étude selon le gradient d'humidité

Fig. 124. Distribution des stations d'étude selon les variables de milieu

Fig. 125 : Dispersion des espèces de Ptéridophytes dans 173 stations selon les gradients humidité et densité des milieux

Fig. 126. Analyse de la niche écologique. Facteur densité d'habitat pour le genre *Asplenium*

Fig. 127. Analyse de la niche écologique. Facteur humidité d'habitat

Fig. 128. Analyse de la niche écologique. Facteur densité d'habitat pour l'ensemble des Ptéridophytes étudiés

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Descripteurs du milieu et leur classe s

Tableau N°2 : Ploïdie des Ptéridophytes étudiées

Tableau N°3 : Distribution des Ptéridophytes étudié s selon la nature de sol

Tableau. N°4. Distribution et rareté des Ptéridophytes étudiés, (CC. très commune, C. commune, AR. Assez rare, RR. Très rare)

Tableau N° 5. Inventaire systématique des espèces c ompagnes des Ptéridophytes étudiés.

REMERCIEMENTS

Je remercie M^r Gérard de Bélair d'avoir accepté d'être mon directeur de thèse, de me diriger, de me corriger et de participer à ce travail.

Je remercie le Professeur Ronnie Viane et l'équipe de son laboratoire pour leur aide précieuse dans ce travail.

Je remercie M^r Errol Vela pour toute son aide.

Je remercie les membres de jury d'avoir accepté de critiquer ce travail.

Je remercie mon frère Faouzi pour toute l'aide qu'il m'a procurée.

Je remercie tous mes amis pour leur aide morale

Je remercie toute personne qui m'a aidée dans ce travail.

SUMMARY

Any organism is subjected to several simultaneous actions of climatic, edaphic, biotic and chemical agents. Thus, the presence or absence of Pteridophytes, within a plants community, is conditioned by ecological site-related factors. In Algeria, this function is poorly developed. Our study aims at overcoming the misconceptions on Pteridophytes of Numidia as far as their nomenclature and ecology are concerned. Five sites were studied: three are located on the coastal area (from Est to West: El Tarf, Annaba and Skikda) and two in continental area namely Guelma and Souk Ahras. This first analysis, without pretending to be exhaustive, gathers however 33 out of 78 species reported in Algeria. It opens up a path study, on systematic and cartography, abandoned since 1960. Two hundred stations were explored using a phytoecological method which proved to be most reliable way to answer our research question namely what are the values which indicate the ecological niche of such species of Pteridophytes and what are their likely current distribution in the study area of Numidia. This means that we have to establish the ecological profile of the studied species of Pteridophytes by collective information on the ground, and we have to create phytoecological files on the basis of the ecological variables chosen on the ground. A micro-morphological and cytometric study was established for these species in order to confirm the identification of taxa or to identify new ones for Numidia. During this study, we have elaborated distribution maps showing the current distribution of these species and we have considered the progression or regression of this distribution by comparing it to previous studies. Each of the analyzed Pteridophytes displays an ecological optimum for its habitat, corresponding to a specific region and specific milieu. In the study area, this optimum is observed in the density of vegetation of these habitats, the immersion period of these latter, or soil and air humidity. This fact is interpreted by the progressive or regressive evolution of these Pteridophytes populations density according to the annual climatic conditions of each study area.

RESUME

Tout organisme est soumis dans le milieu où il vit aux actions simultanées des agents climatiques, édaphiques, chimiques ou biotiques très variés. Ainsi la présence ou l'absence des Ptéridophytes, localement, au sein d'un groupement végétal, est conditionnée par des facteurs écologiques stationnels. En Algérie, cet embranchement est peu développé. Notre étude est de pallier aux méconnaissances sur les Ptéridophytes de la Numidie sur le plan nomenclature et écologique. Cinq sites ont été étudiés: trois se situent dans la zone littorale d'Est en Ouest (El Tarf, Annaba et Skikda) et deux au Sud à caractère continental (Guelma et Souk Ahras). Ce premier bilan, sans avoir la prétention d'être exhaustif, rassemble cependant trente trois espèces sur 78 signalées en Algérie. Il ouvre ainsi un chantier, tant sur le plan systématique que cartographique, abandonné depuis les années soixante. Deux cents stations ont été explorées selon une méthode phytoécologique qui s'est avérée la plus fiable pour répondre aux questions de notre problématique : Quelles sont les valeurs indicatrices de la niche écologique de telles espèces ou de tels groupes d'espèces de ptéridophytes, ainsi que leurs distributions actuelles dans la région d'étude (la Numidie). Ceci revient à établir les profils écologiques des espèces de Ptéridophytes étudiées et/ou des associations à partir de la collecte d'informations sur le terrain et la constitution de fichiers phytoécologiques avec les variables écologiques choisies sur le terrain. Une étude micro-morphologique et cytométrique a été établie pour ces espèces dans le but soit pour confirmer l'identification des taxons, soit pour l'identification de nouveaux taxons pour la Numidie. Durant cette étude nous avons établi des cartes de répartition montrant ainsi la distribution actuelle de ces espèces, et nous avons évalué la progression ou la régression de cette distribution en la comparant aux études antérieures. Chacune des Ptéridophytes observées présentent un optimum écologique pour son habitat, correspondant à un type de région et un type de milieu bien précis. Dans la région d'étude, cet optimum est observé dans la densité de la végétation de ces habitats et la période d'immersion de ces derniers ou l'humidité du sol et de l'air. Ce fait est interprété par l'évolution progressive ou régressive de la densité des populations de ces Ptéridophytes, selon les conditions climatiques annuelles de chaque région d'étude.

Introduction

Les ptéridophytes constituent la première grande colonisation végétale terrestre. Ces végétaux seraient apparus il y a 400 millions d'années au dévonien, peut-être à partir de certaines plantes terrestres primitives qui, au contraire des bryophytes, auraient privilégié la génération diploïde sur la génération haploïde, Christ (1910).

Ils forment un groupe constitué de taxons, qui possèdent en commun une caractéristique primitive chez les plantes terrestres : se reproduire et de se disperser par spores plutôt que par graines. Ces espèces sont bien adaptées à la vie terrestre. Cependant, la fécondation nécessite la présence continue de l'eau, du fait que les gamètes mâles sont nageurs, Cueno & al (1954).

Les espèces de Ptéridophytes, particulièrement bien adaptées à la vie terrestre, ont constitué, grâce au développement de formes arborescentes, d'immenses forêts dont la fossilisation est à l'origine des gisements de houille. Ces plantes commencèrent à s'éteindre au Permien (-200 millions d'années) pour céder la place à des végétaux mieux adaptés à la vie terrestre ; les Spermaphytes qui possèdent une protection accrue du gamétophyte femelle, Christ (1910).

En effet, ces espèces sont à l'origine d'une lignée évolutive basée sur la miniaturisation extrême de la génération gamétophytique et un développement important de la génération sporophytique, conduisant à tous les trachéophytes dont les plantes à fleurs actuelles.

Selon Kornas (1993), Il existe 12000 espèces de Ptéridophytes dans le monde répartis comme suit :

- 3000 espèces dans le Sud et le Centre d'Amérique
- 4500 espèces dans le Sud- Est Asiatique et l'Islande
- 600 espèces en Afrique tropicale
- 500 espèces en Madagascar
- 2000 espèces en Nouvelle Guinée.

Il signale que l'Afrique est très pauvre en espèces de Ptéridophytes par rapport aux autres continents. Cette faible diversité résulte d'abord de la pauvreté de la flore de la forêt pluviale sur ce continent. Depuis, beaucoup d'importantes familles et genres de Ptéridophytes de la forêt tropicale sont peu représentés en Afrique.

Par rapport à leur origine, Jermy (1983), conclut que cette flore dérive de cinq origines :

1. Les taxa fossiles d'Equisitopsida et de Lycopodiopsida ont une origine (boréale) eurasiennne tempérée.
2. Les Polypodiopsida, probablement d'origine Eocène se sont développés en Amérique du Nord et en Eurasie, au Miocène ils se sont déplacés en Asie et au quaternaire, ils se sont installés aux Himalaya oriental.
3. Les Polypodiopsida ont pour origine l'hémisphère nordique tropical dans les périodes Crétacé - Paléocène-Eocène, une partie de ces taxons s'est déplacée plus tard aux tropiques d'est et occidentaux.
4. Les espèces qui ont évolué en Asie centrale ou orientale se sont déplacées dans la région Méditerranéenne pendant le post- pluviale du Pliocène-Pléistocène.
5. Le déplacement des taxa fossiles (*Isoetes*) qui ont pour origine le Gondwana, en Méditerranée s'est effectué par l'intermédiaire de l'Afrique ou la région Arabe.

Dans le groupe Polypodiopsida, *Anogramma leptophylla* est une espèce qui pourrait avoir dérivé de la flore actuelle dans le Gondwanaland et s'est déplacée en Amérique du sud, l'Australie, l'Asie, l'Inde et l'Afrique, et ensuite en Méditerranée occidentale.

Les Ptéridophytes de la région méditerranéenne comprennent une centaine d'espèces (Pichi Sermolli, 1979 et Jalas & Suominen, 1972), dont près d'une soixantaine est présente en Algérie (Maire, 1952 & Quézel et Santa, 1962).

Aymonin (1980), signale qu'en dépit de la rareté des Ptéridophytes, elles sont touchées par des régressions évidentes. Faurel (1959), Mathez & al (1985) ont déjà attiré l'attention sur la raréfaction voire la disparition d'une dizaine d'espèces de Ptéridophytes, aussi de nombreux taxons souffrent-ils de fréquents changements de la nomenclature, tandis que plusieurs autres, « nouveaux », font leurs apparition

dans des travaux floristiques récents, par suite de l'évolution de la systématique botanique (cf. p. ex. Kerguelen, 1998) et Aboucaya & al (2002).

La zone d'étude au sens strict recouvre la Numidie (bordure Nord de l'Algérie) au sens de Quézel & Santa (1962) et la partie orientale du Tell constantinois (de Bélair 2000, Samraoui & de Bélair (1998) et de Bélair & Véla (2011)).

L'objectif de ce travail est de pallier la méconnaissance que nous avons sur les Ptéridophytes de la Numidie, sur le plan de la nomenclature et sur le plan écologique. Ainsi, à la suite d'un premier inventaire de la flore du nord-est de l'Algérie qui inclut les Ptéridophytes en tant qu'espèces pionnières dans la succession post- incendie de la végétation des subéraies (Haou 1999), ce second travail consiste à proposer un inventaire des Ptéridophytes et de mettre en évidence leur aire de dispersion dans la Numidie, suivie d'une étude phytoécologique pour chaque espèce inventoriée.

Une étude micro-morphologique et cytométrique a été établie pour ces espèces, soit pour confirmer l'identification des taxons, soit pour l'identification de nouvelles espèces ou sous espèces.

Cette étude a été réalisée au laboratoire de ptéridologie à l'Université de Gand en Belgique, sous l'assistance du professeur R. Viane. Tout le travail cytologique a été effectué au laboratoire à Gand. Les préparations ont été examinées par contraste de phase à l'aide d'un microscope Olympus-BH2, les photographies ont été prises sur le film technique d'un appareil photographique Kodak.

Les méthodes de Micromorphologie sont décrites par R. Viane en Demiriz et al (1990) et en R. Viane (1990, 1992). Pour des mesures d'exo spore, des spores fraîches ont été utilisées ; la longueur moyenne d'exo spore basé sur au moins 25 mesures. Au laboratoire, des valeurs utilisées pour la comparaison indiquée dans des tableaux, sont extraites à partir de la base de données privée régulièrement mise à jour de R. Viane contenant des données de différentes populations prélevées sur la gamme entière de chaque taxon.

Dans ce travail, la taxonomie au niveau de famille suit Kramer & Green (1990). La nomenclature respecte Tutin & al (1993). La terminologie générale des spores suit Kremp (1968).

Un bilan des menaces sur la biodiversité permet d'identifier les mesures adaptées à la protection, sinon à la conservation des espèces en danger Véla (2002). Cette volonté de conservation de la biodiversité régionale n'est pas un mirage, puisque les écosystèmes méditerranéens de l'Algérie et de l'ensemble du Maghreb appartiennent aux vingt-cinq "points chauds" (*hotspots*) de la planète, devant bénéficier d'une protection prioritaire de la part des instances internationales (Heywood 2000 ; Myers & al 2000), Véla & Benhouhou (2007) et Belouahem & al (2011).

Les menaces sur les habitats des Ptéridophytes en Algérie sont en effet nombreuses. La plupart de ces menaces ont pour origine l'homme et ses activités, surtout l'élevage ovin et bovin. Nous distinguerons les menaces directes, qui détruisent les habitats et les espèces, et les menaces indirectes qui modifient les habitats et leur cortège d'espèces associées.

Les espèces de Ptéridophytes semblent les plus vulnérables à la destruction progressive de leur habitat. Cette vulnérabilité est d'autant plus sensible sur les rives nord-est de l'Algérie : pressions anthropique et démographique, entraînant des incendies répétés de forêt et la disparition des écotones.

Un certain nombre de changements apparaît dans la distribution de ces Ptéridophytes dans la région d'étude. Si nous comparons les données présentées par Maire (1952) et celles de Quézel & Santa (1962) ; plus d'un demi-siècle s'est écoulé entre ces deux périodes et la période de notre échantillonnage (de 2000 à 2010).

La prospection systématique des endroits potentiellement favorables à la croissance des Ptéridophytes durant cette période d'échantillonnage a permis de recenser 33 espèces dans plus de 200 stations d'étude en Numidie.

Durant cette étude, nous avons établi des cartes de répartition montrant ainsi la distribution actuelle de ces espèces, afin d'évaluer la progression ou la régression dans la distribution de ces espèces en comparaison avec la bibliographie.

Le terme "niche écologique" est dû à (Grimell, 1904 in Ramade, 1984), il lui a donné d'abord le sens d'habitat ; puis sa signification a varié à mesure que changeait la vision que l'on avait des systèmes écologiques.

D'après Ramade (1984), la niche écologique d'une espèce est un nœud dans un réseau trophique ; elle est strictement définie par ce que mange l'espèce et ce qui la mange. Ainsi, la notion de niche est ancienne et très largement employée en

écologie. Toutefois, elle regroupe deux concepts bien distincts (Leibold 1995). Tout d'abord la niche telle que définie par Grinnell (1917) correspond à l'ensemble des conditions nécessaires à la survie d'une espèce, en terme d'habitat, de ressources et de prédation. Cette définition se rapproche de celle de Hutchinson (1957) qui formalisa ce concept à travers un espace multi dimensionnel où chaque axe correspond à une contrainte/ressource. Ce formalisme recoupe par ailleurs la pensée évolutionniste puisque la niche correspond aux conditions dans lesquelles une espèce peut assurer sa descendance et ainsi subsister sur plusieurs générations.

D'un autre côté, la niche peut aussi être vue comme le rôle qu'occupe une espèce dans un écosystème c'est-à-dire l'impact qu'elle a sur son environnement (abiotique et biotique). Cette vision a été développée par Elton (1927) qui insistait particulièrement sur le rôle des espèces dans la chaîne trophique. Par conséquent, la niche d'une espèce est soit vue comme l'enveloppe de ses besoins, soit comme l'ensemble de ses effets sur l'écosystème.

Il est intéressant de noter que cette dichotomie trouve son parallèle en écologie fonctionnelle avec les traits de réponse et les traits d'effets (Lavorel & Garnier 2002).

Les Ptéridophytes sont des plantes qui vivent dans les sols riches en humus ; certaines sont calcicoles (Scolopendre, Capillaire), d'autres silicicoles (*Pteridium aquilinum*), quelques espèces sont aquatiques, nageant librement (*Salvinia*), tandis que d'autres sont amphibies (*Isoetes*, *Marsilea*).

Dans ce travail l'étude plus systématique de l'effet des variables écologiques (nature de substrat, densité de végétation, degré d'humidité, période d'immersion, orientation...) sur la distribution des Ptéridophytes nous a permis d'initier une réflexion sur leur niche écologique en Numidie.

Une discussion sur l'ensemble des résultats nous à permis d'établir les changements de la distribution de ces Fougères en Numidie et de mettre en évidence une relation très importante entre l'irrégularité des précipitations et l'état écologique des différents habitats et l'évolution ou la régression de la densité des populations de chaque Ptéridophyte durant la période d'échantillonnage pour la Numidie.

CHAPITRE 1.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Classification. Tutin & al (1993), Prelli (2001)

Le monde des Ptéridophytes présente une diversité très importante, il s'agit en réalité d'un ensemble de lignées ayant évolué parallèlement et atteint des niveaux de complexité comparables.

Les formes actuelles se répartissent en quatre grands groupes :

- **Les Psilophytes**

Le genre le plus répandu, *Psilotum*, se rencontre dans l'ensemble des régions intertropicales, en milieu rocheux ou en épiphyte sur les troncs des arbres.

Le sporophyte est constitué d'axes chlorophylliens, ramifiés dichotomiquement, qui ne portent pas de véritables feuilles mais seulement de petites bractées sans nervures ni stomates.

La partie souterraine se limite à un rhizome ramifié, sans racine, sur lequel on observe seulement des rhizoïdes (poils dépourvus de vascularisation).

Les axes aériens portent de gros sporanges, groupés par trois à l'aisselle de bractées. Ils libèrent de nombreuses spores toutes semblables.

Les Psilophytes ne comprennent qu'un seul ordre, les Psilotales, avec deux genres (*Psilotum* et *Tmesipteris*) et une dizaine d'espèces dans le monde.

- **Les Lycopodiophytes**

La diversité de ce groupe est très ancienne (Dévonien). Il rassemble les espèces dont l'organisation morphologique est complète, avec des racines, une tige et des microphylls.

La situation séparée des sporanges, chacun à l'aisselle d'une feuille plus ou moins différenciée nommée sporophylle, caractérise au mieux ce groupe.

Pendant le Paléozoïque, ils existaient de nombreuses espèces arborescentes (Lépidodendrons et Sigillaires) et, sur les sept ou huit ordres reconnus par les paléobotanistes, trois seulement sont représentés de nos jours (Les Lycopodiales, les Sélaginellales et les Isoétales), représentés uniquement par des espèces de tailles modestes.

Ce groupe est représenté par trois ordres :

1. Les Lycopodiales
2. Les Sélaginellales

3. Les Isoétales

- **Les Equisétophytes**

Ce groupe, parfois désigné sous le nom de Sphénophytes ou Arthrophytes, est également très ancien.

Des fossiles sont reconnus dès le Dévonien et la diversité est très importante au Carbonifère, période au cours de laquelle on peut reconnaître plusieurs ordres, avec des formes arborescentes comme les Calamites.

De nos jours, seul subsiste l'ordre des Equisétales, constitué d'un genre unique, *Equisetum* caractérisé par des espèces toutes herbacées.

- **Les Polypodiophytes**

Appelée aussi Filicophytes ou plus anciennement Filicinées. Ce groupe est caractérisé par la présence de grandes feuilles ou mégaphylles dont la nervation ramifiée laisse une brèche dans le cylindre centrale de la tige au niveau de son départ, ce qui s'oppose aux microphylles des groupes précédents.

Ce groupe est représenté par six ordres :

1. Les Marattiales, regroupant quelques genres de Fougères tropicales, à feuilles diversement découpées et parfois très grandes (de 5 à 6m de hauteur), enroulées en crosse dans leur jeunesse.
Abondamment représenté au Carbonifère par de nombreuses formes arborescentes ; de nos jours les Marattiales sont représentés par un petit groupe de 100 à 150 espèces.
2. Les Ophioglossales, caractérisé par près de 70 à 80 espèces dans le monde, poussant à terre le plus souvent, parfois en épiphytes dans les forêts tropicales.
3. Les Osmundales, cet ordre occupe, avec une vingtaine d'espèces actuellement, une place modeste comparativement à son importance passée, en particulier au Mésozoïque.

4. Les Filicales, forment le groupe dominant avec 900 espèces dans le monde. Il s'agit des Fougères au sens strict.

Les Filicales sont considérées comme des plantes plus évoluées que celles constituant tous les autres ordres. Leur grand développement date de l'ère secondaire.

5. Les Marsiléales, forment un petit ordre spécialisé, regroupant une soixantaine d'espèces aquatiques.

6. Les Salviniées, représentés par une quinzaine d'espèces dans le monde.

Compte tenu de leurs particularités assez marquées, les deux genres *Salvinia* et *Azolla* sont le plus souvent séparés en deux familles distinctes : les Salviniacées et les Azollacées.

2. Morphologie et reproduction. Prelli (2001)

2.1. Le sporophyte

La génération sporophytique est prédominante chez les ptéridophytes. Ceci se traduit par un appareil végétatif perfectionné, muni d'organes et de tissus structurellement et fonctionnellement différenciés. Le sporophyte possède des racines nécessaires à l'absorption de l'eau et des sels minéraux dans le sol. L'apparition d'un appareil racinaire bien développé facilite la vie terrestre car il permet d'aller puiser l'eau plus profondément dans le sol.

De plus le développement du système racinaire permet d'ancrer la plante au sol. C'est aussi sans doute l'un des facteurs qui a été nécessaire à l'apparition des formes arborescentes.

Le sporophyte est constitué de tiges, soit souterraines à croissance horizontale (rhizome), soit aériennes à croissance plus ou moins verticale. La croissance des axes est assurée par les divisions d'une ou plusieurs cellules apicales cunéiformes. Il n'existe de tiges aériennes recouvertes de microphylls (feuilles petites avec une seule nervure médiane) que chez les formes archaïques (Sélaginelles, Lycopodes, Prêles...), alors que chez les fougères actuelles, on trouve des macrophylls ou frondes.

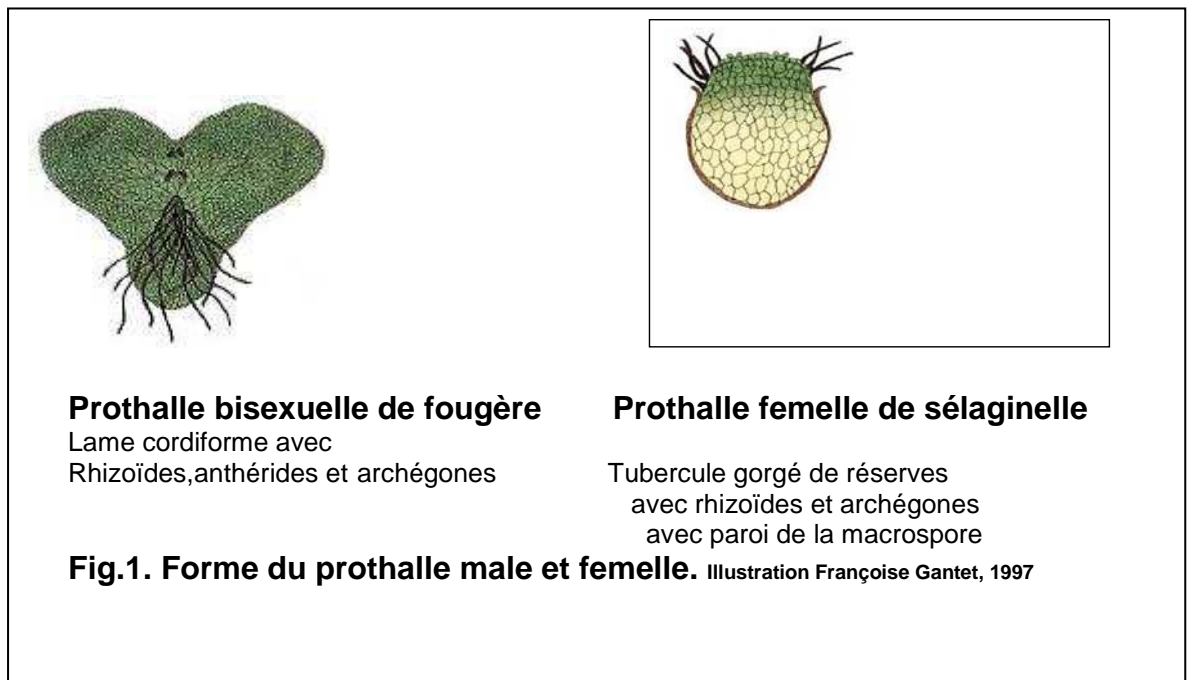
2.2. Le gamétophyte

Contrairement à ce que l'on connaît des premières plantes terrestres ou les générations sporophytiques et gamétophytiques étaient sensiblement de même

morphologie, les ptéridophytes se caractérisent par une génération gamétophytique très réduite.

Cette réduction se serait faite par une évolution régressive conduisant à une organisation thallophytique, d'où le nom de **prothalle** que l'on donne à la génération gamétophytique des ptéridophytes. Ces prothalles ont en effet l'aspect de lames cordiformes de quelques millimètres de long chez les fougères, ou de minuscules tubercules chez les lycopodiales.

Ils sont munis de rhizoïdes, mais dépourvus d'organes (feuilles, tiges, racines) et de tissus conducteurs. Les prothalles portent les organes de reproduction sexuée.



2.3. La multiplication végétative

Dans la nature, elle se fait essentiellement par fragmentation du rhizome à croissance indéfinie. Certaines espèces ne se reproduisent que par cette méthode, ceci leur permet de conquérir de vastes territoires (ex. *Pteridium aquilinum* ou Fougère aigle).



Fig.2. Multiplication végétative de *Pteridium aquilinum*. 05/02/10. Sérardi (Photo H. Louhi).

2.4. La reproduction sexuée

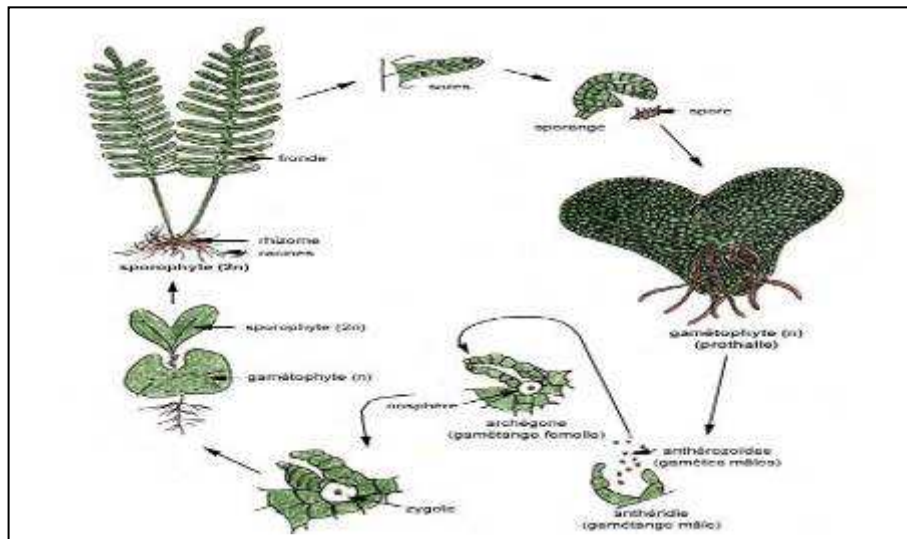


Fig. 3. Cycle homosporé homopthallic des fougères. Illustration Française Gantet, 1997

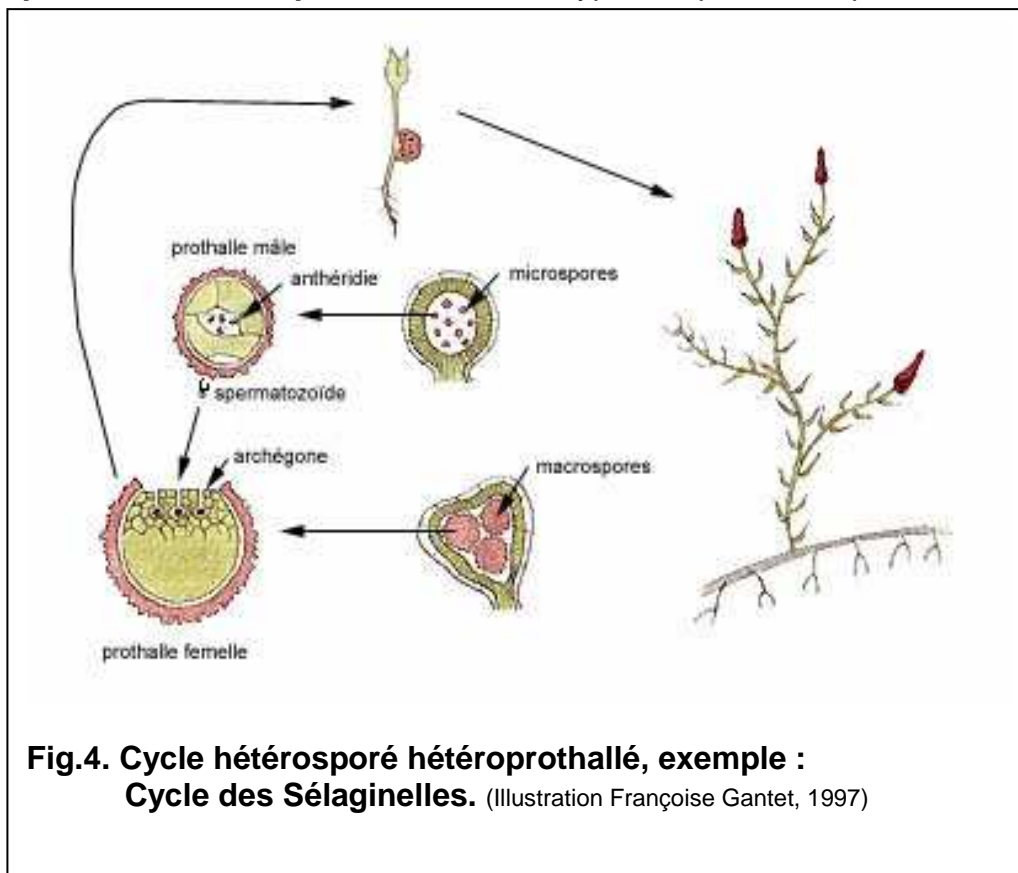
Le cycle biologique des ptéridophytes est typiquement digénétique, diplo-haplophasique avec une forte prédominance de la génération sporophytique sur la génération gamétophytique.

Chez la plupart des Ptéridophytes, on parle de cycle homosporé ou isosporé car toutes les spores sont identiques entre elles (seules les fougères aquatiques ou Hydroptéridales sont hétérosporées).

Dans ce cas, après méiose puis maturation dans les sporanges, les spores sont disséminées. Elles donnent naissance aux prothalles sur lesquels se différencient à la fois des anthéridies et des archégonies.

Les gamètes mâles, les anthérozoïdes, nagent dans l'eau du milieu extérieur et sont attirés par chimiotactisme vers les archégonies, pour aller féconder l'oosphère. On parle de zoïdogamie oogame.

L'œuf se développe au sein de l'archégonie pour former le jeune sporophyte qui vivra dans les premiers temps en parasite du gamétophyte qui finira ensuite par dégénérer et disparaître. Le cycle de la plupart des fougères est caractérisé par une **homosporie** et une **homoprothallie**, un seul type de spore et de prothalle bisexué.



Chez les sélaginelles le cycle est hétérosporé. Ce sont des plantes de petites tailles à microphylls. Les sporanges sont disposés à l'aisselle de sporophylles groupées en épis, mais ils sont de deux sortes.

Les uns, plus petits, les microsporangies produisent après méiose de nombreuses spores minuscules, les microspores. Les autres, à la base de l'épi, plus gros, les macrosporangies, ne libèrent après méiose que quatre spores, de forte taille cette fois, les macrospores, gonflant la paroi du sporange.

Les sporophylles, portant les microsporangies, s'appellent des microsporophylles et celles, portant les macrosporangies, des macrosporophylles. C'est à l'intérieur de la paroi des spores que se développent après dissémination les prothalles (gamétophytes).

Le prothalle mâle à l'intérieur de la microspore est presque réduit à une anthéridie, on l'appelle le microprothalle, et il libérera à maturité des gamètes mâles nageurs, flagellés, les **anthérozoïdes**.

Au sein de la macrospore, le macroprothalle femelle se développe en faisant saillie hors de la paroi de la spore, différenciant rhizoïdes et archégonies. On parle ici d'hétéroprothallie. Le macroprothalle femelle accumule des réserves nutritives qui permettront le développement du jeune sporophyte issu de la fécondation.

Chez les sélaginelles la fécondation est toujours aquatique, mais on voit que, dans ce cas, il existe une protection accrue des sporanges par la sporophylle, et des gamétophytes par les parois des spores, associée à une **hétérosporie** et à une **hétéroprothallie** qui correspondent à une plus grande différenciation des sexes au niveau de la génération gamétophytique.

En comparaison des fougères, les prothalles sont ici de taille beaucoup plus réduite. Ces tendances indiquent une direction évolutive dont on suppose qu'elle a conduit à la formation de l'ovule.

Microspores -----> **gamétophyte** **mâle**
(certains par abus de langage parlent de spores mâles)

Macrospores -----> **gamétophyte** **femelle**
(certains par abus de langage parlent de spores femelles)

2.5. Les organes reproducteurs

Les sporanges

Les sporanges se différencient au niveau des feuilles du sporophyte. Ils sont regroupés en **sores** à la face inférieure des feuilles chez les fougères, ou disposés à l'aisselle des microphylls, elle-même regroupées en épis sporangifères à l'extrémité des tiges chez les prêles et les sélaginelles.

Lorsque l'enveloppe du sporange est constituée de plusieurs assises de cellules, on parle de sporanges **eusporangiés**, c'est une structure primitive que l'on rencontre en Numidie chez les Sélaginelles et les Prêles.

Lorsqu'au contraire l'enveloppe des sporanges n'est constituée que d'une seule couche de cellule, on parle de sporange **leptosporangiés**, c'est le cas de la plupart des fougères.

Les sporanges de fougères sont munis d'un anneau mécanique constitué de cellules et rigides qui permettent la déhiscence de la structure et la libération des spores méiotiques haploïdes.

Celles-ci sont protégées par une paroi imprégnée de sporopollénine et constituent comme chez les bryophytes l'organe de dissémination des ptéridophytes.

Les gamétanges

Ils se différencient sur la face inférieure du prothalle chez les fougères et sur la partie saillante des prothalles chez les sélaginelles.

Les anthéridies au sein desquelles se différencient les gamètes mâles sont très réduites et ressemblent à de petites sphères avec une paroi d'une seule couche de cellules.

Les archégonies dont la structure générale rappelle en plus petit celles des bryophytes sont formés d'un col réduit et d'un ventre, inclus dans les tissus du prothalle, au sein duquel se différencie l'oosphère ou gamète femelle inerte et non disséminé.

L'ovule tel qu'on le connaît actuellement chez le *Ginkgo biloba* résulte de la fusion de ces différents éléments : la macrosporophylle donne le **tégument**, le macrosporange un tissu nourricier : le **nucelle**, le gamétophyte femelle s'appelle alors **l'endosperme**.

3. Morphologie du matériel végétal étudié

Caractères botaniques des espèces de Ptéridophytes recensées lors de notre échantillonnage et spécimens d'herbier. (Selon Tutin & al. 1993, Prelli.2001, Quézel & Santa 1962 et Maire, 1952).

***Ophioglossum lusitanicum* L.**

Rhizome plus ou moins allongé, un peu épaissi, à ramifications grêles traçantes, nues, à racines fasciculées, peu serrées, brunes, portant ordinairement 1 – 2 feuilles stériles et une sporophylle, plus rarement une sporophylle solitaire, entourées à leur base d'une courte (0,2 –1 cm) et lâche gaine de débris foliaires bruns.

Appendice sporangifère de la sporophylle naissant le plus souvent au-dessous du milieu de celle ci ; épi de sporanges plus ou moins longuement pédonculé, linéaire, mucroné au sommet ; pétiole ordinairement souterrain ; limbe étroitement lancéolé, longuement atténué en pétiolule à sa base, subglobuleuse – tétraédriques, à arêtes assez saillantes, finement réticulées, à aréoles petites et à réseau peu saillant.

Hauteur totale de la plante au-dessus du rhizome 2-10cm, la fructification se fait en hiver sur les plaines et au printemps sur les montagnes.

Nombre chromosomique élevé (250).

***Cystopteris fragilis* (L.) Bernh**

Feuilles de 15-30 cm de longueur, en touffes généralement peu fournies ; pétiole faiblement écailleux à la base ; limbe nettement plus long que large, quelque peu réduit à la base, à texture fine et fragile ; pinnules plus ou moins profondément incisées, très variables dans le détail, mais à dents aiguës et nervures aboutissant en grande majorité dans les dents.

Plusieurs cytotypes sont signalés, de nombre chromosomique différent, tétraploïde, hexaploïde, octoploïde (168, 252, 336).

***Cystopteris diaphana* Bory**

Rhizome horizontal écailleux au sommet, portant une touffe de feuilles.

Feuilles de 10 à 15 cm de longueur, à pétiole brun clair inférieur au limbe, minces et molles, vertes, oblongues- lancéolées dans leur pourtour, 1-2 – pinnatiséquées.

Segments primaires 7-18 de chaque côté, brièvement pétiolés, les inférieurs opposés, les supérieurs alternes ; paire la plus inférieure plus courte que la suivante.

Pinnules obtuses plus ou moins lobulées, sores isolés ou confluent, spores ovoïdes échinulées, brunes, 32-43 x 27-30 μ . n = 32. Sporulation : été.

***Isoetes velata* (A.) Braun**

Bulbe trilobé ; feuilles subulées, lâches, 20 – 60 cm, à marge plus ou moins large vers la base, à gaine plus ou moins allongée ; voile des sporanges plus ou moins échancré ; macrospores faiblement tuberculées ; microspores à crêtes plus ou moins denticulées. Sporulation : printemps – été.

Voile réduit à un arc étroit. Paroi du sporange contenant des cellules brunes épaissies. Gaine à linéoles brunes. Ligule ovale acuminée, 2 fois plus longue que large. Macrospores à gros et petits tubercules très espacés, 440 – 480 μ .

Microspores jeunes à épi spore se gonflant et formant des crêtes plissées, adultes verruqueuses, 27 – 32 x 10 – 20 μ .

***Isoetes histrix* Bory**

Bulbe trilobé, plus ou moins entouré par des phyllopoies noirs, durs, luisants, le plus souvent à deux cornes latérales subulées et à une ou deux cornes médianes courtes, parfois dentiformes. Feuilles denses, dressées ou étalées, 5 – 25 cm, rigides, vertes ou un peu glaucescentes ; gaine rugueuse sur le dos ; voile complet ; ligule ovale complète ; ou ovale-acuminée, plus longue que large.

Macrospores blanches, 420 – 450 μ ; à côtes angulaires assez épaisses saillantes et bien visibles, à faces densément tuberculées, parfois un peu cristulées et même subréticulées (mais le réseau est toujours très imparfait et peu élevé, et ne s'observe que sur quelques rares spores d'un individu ayant d'autre part des spores normales) ; microspores brunâtres, verruqueuses puis échinulées, 24-28x16-19 μ . Sporulation : printemps.

***Equisetum telmateia* Ehrh**

Rhizome rampant, plein, noir, portant des tubercules. Tige fertile creuse, blanc ivoirienne, rarement verdâtre, non rameuse, ordinairement lisse, portant de grandes

gainnes brunes à 20-30 dents allongées, acuminées- subulés et au sommet un épi de sporophylles subcylindrique, obtus, de 6-14x2-2,5 cm ; tiges stériles creuses, blanches sillonnées portant des verticilles de très nombreux rameaux simples, verts, pleins, 4-5 gones. Tiges fertiles pouvant atteindre 1,25 m de hauteur et 1,2 cm de diamètre. Sporulation : printemps. Espèce diploïde (216 chromosomes).

Equisetum ramosissimum Desf

Rhizome rampant, noir ; tiges dressées, atteignant quatre mètres lorsqu'elles s'appuient sur les broussailles, à 6-18 côtes plus ou moins rudes, vertes, plus ou moins persistantes, à rameaux solitaires ou verticillés, quelquefois non ramifiées ; stomates bisériés dans les sillons ; gainnes allongées un peu dilatées vers le haut, à dents noires, fragiles, subulées ; épi terminal, court, ovoïde, api culé. Sporulation : printemps. Espèce très polymorphe. espèce diploïde.

Selaginella denticulata L

Tige rampante, radicante, rameuse ; rameaux aplatis, rampants ou plus ou moins ascendants, densément feuillés, feuilles disposées sur 4 rangs, ovales denticulées, cuspidées ; les deux séries latérales à feuilles grandes étalées à angle droit, les deux séries médianes à feuilles plus petites apprimées ; épis terminaux à sporanges rouges ; macrospores jaunes à 4 macrospores.

Macrospores globuleuses, 0,4 mm, couvertes de verrues et obtuses. Sporulation printemps. Espèce diploïde (18 chromosomes).

Salvinia natans (L.) All

Petites plantes nageantes, rameuses, à segments foliaires nageant distiques, plus ou moins imbriqués, largement elliptiques, portant sur leur face supérieure des poils étoilés, villos et brunâtres en dessous ; sporocarpes hérissés, à membrane mince, suglobuleux, sillonnés longitudinalement, sessiles, fasciculés, les uns plus gros contenant des macrospores, les plus petits contenant des microspores. $n = 4, 8, 24, 32$. Sporulation : été.

Eaux stagnantes ou à cours lent des terrains siliceux.

***Polypodium cambricum* L**

Rhizome allongé souvent superficiel, rampant, vêtu de paillettes brunes, à saveur sucré.

Feuilles distiques plus ou moins espacées, dressées, 10 – 50 cm ; pétiole jaune – verdâtre, ordinairement inférieure au limbe, plus ou moins canaliculé, glabre sauf la base écailleuse, 4 stéliques.

Segments profondément incisés, parfois incisés flabelliformes au sommet. Sporulation hiver- printemps. Espèce diploïde (74 chromosomes).

***Pteridium aquilinum* (L) Kuhn**

Rhizome long, rampant, ramifié, noir, portant des poils articulés, produisant chaque année une seule feuille à ses extrémités.

Feuille 0.20 – 2.50 m ; pétiole dressé, ordinairement à peu près aussi long que le limbe, atteignant 1 cm d'épaisseur, couvert de poil bruns dont la base est noir , jaunâtre et glabre au – dessus, canaliculé, 8 – 20 stèles dont l'ensemble, sur une coupe transversale, figure grossièrement un aigle bicéphale ; limbe arqué, parfois presque horizontal, largement ovale triangulaire, coriace, 2-3 pinnatiséqué ; segment primaire opposé ovale- lancéolé ; pinnules sessiles à base large, auriculée, confluentes, oblongues obtuses, entières ou pinnatilobées.

Sores larges, couvrant parfois toute la face inférieure de la pinnule ; marge indusante et indusie ciliées.

Spores brunes, trilettes, subglobuleuses – tétraédriques, à 3 côtes peu saillantes, densément verruqueuses, 25-32 x 22-32 μ . n= 32. Sporulation : été.

***Cheilanthes acrostica* (Balbis) Tod**

Rhizome cespiteux couvert de paillettes brunes ; feuilles en touffes serrée, persistantes, 3-17 cm. Pétiole ordinairement un peu inférieur au limbe, quelquefois supérieur ou égal, portant des paillettes plus ou moins espacées, à la fin glabrescent, brun-rouge, canaliculé, monostélique .

Face inférieure des pinnules vertes, glabre ou portant quelques rares poils ; sores couvrant souvent à la fin toutes cette face ; pseudo indusies à marge frangée de cils courts. Sporulation printemps. Espèce allo tétraploïde (120 chromosomes).

***Cheilanthes maderensis* Lowe**

Chez Maire (1952) elle est signalée comme une forme de *Cheilanthes pteridioides*. Garmendia (1986) in Jermy & Paul (1993), Viane & al. (1996), Prelli (2001), traitent ce taxon au rang d'espèce.

Elle se présente sous la forme de touffes, à feuilles de 10 –15 cm de longueur ; pétiole brun-rougeâtre, très écailléux ; limbe allongé, non triangulaire, à face inférieure entièrement glabre (Quelques écailles sur les axes, mais pas de poils glanduleux sur le limbe lui même) (Prelli, 2001).

Elle présente des pseudo- indusies membraneuses qui couvrent les sores, bien différenciées et fragmentées en nombreuses petites unités dont la bordure est entièrement ou grossièrement crénelée. Spore (33)- 36- 42- (-45) μ m. $2n= 60$. Sporulation printemps ou début d'été.

***Adiantum capillus veneris* L.**

Rhizome rampant, à écailles denses, feuilles 3-30 cm molles, glabres, plus ou moins persistantes. Pétiole grêle, égalant le limbe ou un peu plus court, brun rougeâtre à noir. Spores globuleuses- tétraédriques, 43-49 x 38-46 μ , brun clair, très finement et batement verruqueuses, paraissant lisses au faible grossissement. Sporulation : été.

***Anogramma leptophylla* (L.) Link**

Prothalle se multipliant par bourgeonnement, plus ou moins pérenne dans les stations à humidité permanente. Tige très courte, portant quelques feuilles serrées presque entièrement glabres, 1.5 – 15 cm. pétiole des feuilles adultes égalant ou dépassant le limbe, brun plus ou moins rougeâtre, vert en haut, portant quelques poils articulés à la base, du reste glabre, étroitement canaliculé, monostélique. Pinnules obovales – cunéiformes le plus souvent plus ou moins laciniées. Sores oblongs, couvrant à la fin toute la face inférieure de la pinnule. Spores brun foncé, subglobuleuses -tétraédriques, à face convexe sillonnée- cérébriforme, à face bordée par une ligne saillante triangulaire, avec une zone trifurquée légèrement rugueuse au centre, du reste lisse, 43 –46 x 34-43 μ . Sporulation : printemps.

***Athyrium filix femina* (L.) Roth**

Rhizome court, couvert d'écailles brun foncé. Feuilles en touffe formant entonnoir, d'un vert un peu jaunâtre, mince, 10-90 cm ; pétiole à base dilaté brun noir, jaune vert avec des squames brunes au –dessus, égalant $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ du limbe.

Limbe largement lancéolé, atténué aux 2 bouts, 2- pinnatiséqué ; rachis plus ou moins squamuleux en dessous ; segment primaires sessiles alternes ou plus ou moins opposés vers la base, jusqu'à 40 de chaque côté, lancéolés plus ou moins acuminés, à rachis ailé ; pinnules pinnatifides, obtuses, oblongues. Sores arqués à indusie semi lunaire à marge ciliée. Spores semis ovoïdes brun clair, finement verruqueuses, 32-38 x 22-24. n= c.38-40. Sporulation été.

***Asplenium adiantum-nigrum* L.**

Rhizome rampant ou oblique assez allongé et ramifié, à squames non nervées et entières. Feuilles en touffes denses, 10-45 cm. Pétiole égalant ou dépassant le limbe, brun noir à noir pourpre, parfois vert au sommet, bistélique à la base, monostélique au sommet, plus ou moins canaliculé sur sa face ventrale.

Limbe triangulaire à triangulaire lancéolé, 2-4 pinnatiséqué, ordinairement acuminé, rarement obtuse. Sores ordinairement 2-3 de chaque côté, allongés, bientôt plus ou moins confluent. Indusie à marge entière. Spores brunes, 36-53 x 27-35 μ ovoïdes, réticulées, à réseau élevé (3-5 μ), à verrues basses et fines dans les aréoles. Sporulation : hiver – printemps ; printemps - été aux altitudes élevées

Espèces allo tétraploïde.

***Asplenium onopteris* L.**

Limbe largement triangulaire et plus finement découpé, aspect très effilé de l'extrémité des pennes et du sommet des feuilles.

Feuilles plus grandes 20-40 cm

Sporulation printemps ou bien début d'été, plante vivace diploïde.

***Asplenium ceterach* L.**

Rhizome court, couvert de squames noires, ciliées sur les marges, acuminées en pointe filiforme, sans nervure.

Feuilles en touffes denses, 5 –20 cm.

Pétiole 2-stélique < limbe, squamuleux. Limbe linéaire-lancéolé, obtus, coriace, vert et glabre (sauf le rachis squamuleux) sur la face supérieur, couvert sur la face inférieur de squamules brunâtres, brillantes, saillantes à la marge.

Pinnules 9-12 de chaque côté, alterne, semi-circulaires à oblongues, entières, les basales souvent complément séparées, les autres réunies par leur décurrences ; nervures plus ou moins anastomosées.

Sores oblongs ou linéaires. Spores brunes, ovoïdes, cristulées-réticulées, à crêtes élevées (4-6 μ), plus ou moins dentées- spinuleuses ou interrompues, 38-41 x 32-36 μ . Fructification : printemps. Autotétraploïde, L'ancêtre diploïde, *A. javorkeanum*, reste à confirmer pour la Numidie.

***Asplenium trichomanes* L.**

Rhizome court, épais, couvert d'écailles brunes lancéolées souvent pourvues d'une nervure. Feuilles en touffe dense, persistantes, 5-30 cm ; pétiole < limbe, brillant et brun- rouge à noir comme le rachis, non canaliculé, glabre.

Rachis étroitement ailé. Pinnules 15-40 de chaque côté, alternes ou sub-opposées, à la fin individuellement caduques, asymétriques, crénelées, sessiles, ovales à ovales-oblongues. Sores oblongs à la fin confluents. Spores brunâtres, irrégulièrement réticulées. Sporulation : hiver et printemps en plaine, printemps –été en montagnes.

***Asplenium obovatum* Viv.**

Plante en touffes généralement peu fournies ; feuille de 10-20 cm, à pétiole relativement court et limbe assez épais, luisant, généralement légèrement réduit à la base (parfois cependant presque triangulaire, les pennes basales n'étant pas réduites).

Principalement caractérisé par les pinnules et l'extrémité des pennes largement arrondies, sans dents véritablement marquées.

Plante vivace, fructification au printemps ou en début d'été selon les conditions stationnelles ; feuilles persistant l'hiver.

Espèce diploïde (72 chromosomes) ; un des parent des allo tétraploïdes *A. balearicum* et *A. foreziense*.

***Asplenium billotii* (F.W.) Schultz.**

Feuilles de 10-30 cm de longueur, en touffes souvent bien fournies, à pétiole assez court et limbe épais, luisant, légèrement réduit à la base.

Biens caractérisé par les pinnules à l'extrémité fortement dentées, à dents étroites et aiguës, séparées par des sinus aigus et profonds.

Plante vivace, sporulation estivale, feuilles persistantes. espèce auto tétraploïde (144 chromosomes).

***Asplenium scolopendrium* L.**

Feuilles en touffes, pouvant atteindre 50 cm de longueur mais souvent plus petites ; pétiole écailleux, assez court ; limbe long et étroit, entier, cordé à la base qui présente deux oreillettes arrondies convergentes.

Sores linéaires inégaux, les plus souvent pouvant atteindre 30 mm. Indusie à marge entière, spores brun clair, ovoïdes.

Plante vivace, sporulation estivale. Espèce diploïde (72 chromosomes).

***Asplenium sagittatum* (DC.) Bange**

Feuilles de 10-20 cm à pétiole proportionnellement plus long que le limbe ; sores scolopendroides, les oreillettes basales, bien développées et parfois même redivisées sur les plantes poussant en conditions optimales, sont au contraire à peine marquées. Fructification printemps, feuilles persistent jusqu'à l'année suivante. Espèce diploïde (72 chromosomes) un des parent de l'allo tétraploïde *A. hybridum*.

***Cyclosorus interruptus* (Willd.) H. Itô**

Rhizome rampant, allongé, portant des feuilles plus ou moins distantes.

Feuilles fermes, atteignant 0.80m ; limbe oblong lancéolé à peine plus étroit à la base, pinnatiséqués. Pétiole un peu plus court que le limbe. Segments primaires 14-22 de chaque côté, très brièvement pétiolulés, linéaire lancéolés, acuminés, pinnatifides, à sommet denté puis entier ; pinnules ovales ou oblongues aiguës, parfois plus ou moins arrondies et obtuses, entières ou faiblement denticulées, à nervation pennée (nervures 6-12 de chaque côté), les inférieures anastomosées avec celles des pinnules voisines.

Sores à mi-distance de la nervure médiane et de la marge, plus ou moins confluent en lignes continues ou plus ou moins interrompues. Indusies fugaces. Sporulation : juin - octobre.

***Thelypteris palustris* Schott.**

Rhizome traçant, portant des feuilles plus ou moins distantes de 0.15 à 1 m de hauteur. Pétiole des feuilles stériles > limbe, pétiole des sporophylles = limbe. Limbe non ou peu rétréci à la base, portant dans sa jeunesse sur la face inférieure des poils unicellulaires et des glandes jaunâtres. Segments 10-30 de chaque côté, assez espacés, lancéolés linéaires.

Pinnules oblongues, entières ou faiblement denticulées, les fertiles à la fin à marge révoluée, devenant plus ou moins deltoïdes.

Sores à mi distance de la nervure médiane et la marge, à la fin confluent et couvrant presque complètement la face inférieure de la pinnule.

Indusies à glandes pédicellées, caduques. Spores réiniformes- ovoïdes ou oblongues densément échinulées, avec une courte crête peu saillante sur la face ventrale, brune, 43-54 x 27-35 μ . Sporulation : juin- septembre.

***Osmunda regalis* L.**

Rhizome horizontale ou oblique, noir, épais. Feuilles très grandes, atteignant 2 m, longuement pétiolées.

Sporophylles dimorphes : partie inférieure stérile bipinnatiséquée, glabre ; pinnules lancéolées, troquées et souvent auriculées du côté inférieur à la base ; partie fertile à divisions rapprochées en panicule terminale, contractées étroites, presque réduites eu rachis, couvertes de sporanges bruns ; spores brunâtres, subglobuleuses-tétraédriques, densément verruqueuses-cristulées, 16-28 x 15-26 μ . Sporulation : juin- juillet.

***Cosentinia vellea* Tod.**

Maire (1952) la signale sous le nom de ***Notholaena vellea***. Rhizome oblique court ; feuilles 5-25 cm, en touffe dense ; pétiole court vêtu d'écailles rubigineuses surtout à la base, et densément velu ; limbe vert-grisâtre, progressivement réduit vers la base, 2-3 fois divisé, pinnules lobées très arrondies.

Plante essentiellement caractérisée par la présence d'un abondant duvet de poils laineux cotonneux sur les axes et les deux faces du limbe, masquant entièrement les sores à la face inférieure. Sporulation printemps. Présente deux cytotypes, un diploïde avec 58 chromosomes et autre tétraploïde avec 116 chromosomes.

***Polystichum setiferum* Forskal**

Plante en touffe, à feuilles de 40-80 cm ; limbe mat, peu coriace, très peu réduit à la base ; pinnules toutes pétiolulés et présentent une petite oreillette caractéristique à leur base ; spores ridées. Fructification estivale. Espèce diploïde (82 chromosomes).

***Marsilea diffusa* L.**

Selon Maire, 1952 cette plante est représentée chez nous par la forme *algeriensis*. Rhizome grêle très allongé, rampant, poilu puis glabrescent, produisant des racines au niveau de l'insertion des feuilles ; feuilles longuement pétiolées, très grandes dans les parties submergées ; sporocarpes sur des pédicelles 2 fois plus longs qu'eux insérés par 2-3 vers la base du pétiole ou plus haut ; sores 5-6 de chaque côté. Fructification été.

***Pilularia minuta* Durieu**

Rhizome filiforme, allongé, rampant dans la vase. Très petite plante passant facilement inaperçue, à feuilles de 2-4 cm, cylindriques et filiformes. Sporocarpes ovoïdes, solitaires et portés par un pédicelle recourbé au sommet ; à plusieurs loges séparées par des cloisons longitudinales et contenant des macrospores à la partie supérieure et des microspores à la partie inférieure. Les sporocarpes se forment avant l'émersion ; leur maturation s'achève lorsque le sol s'assèche.

***Pteris longifolia* L.**

Pétiole nettement plus court que le limbe. Feuilles pinnatiséquées, à 6 paires ou plus de segments tous simples. Feuilles segments inférieurs stériles.

CHAPITRE 2.
PRESENTATION
DE LA ZONE D'ETUDE

1. Localisation des régions d'étude

« La Numidie forme une unité biogéographique précise, développée en croissant autour du Djebel Edough (altitude : 1 008 m) à l'Ouest d'Annaba. Elle est délimitée au Nord par la Méditerranée, au Sud par un ensemble de collines d'altitude moyenne (massifs de la Medjerda et de Guelma), n'excédant pas les 1 200 m (Djebel Rhorra, à la frontière tunisienne), à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, correspondant au « rebroussement » de l'Atlas tellien vers la mer et à l'Ouest par le massif de Filfila » (de Bélair, 2005).

Cinq sites ont été étudiés ; trois se situent dans la zone littorale d'Est en Ouest : El Tarf, Annaba et Skikda et deux présentent un caractère continental : Guelma et Souk Ahras.

Les wilayas littorales (El-Tarf, Annaba et Skikda), adossées face à la mer à un ensemble de collines d'altitude moyenne (200 à 600 m) et largement alimentées par plusieurs oueds, sont le siège de nombreuses zones humides (lacs, étangs, marais, aulnaies, etc.). D'importants massifs dunaires s'opposent en effet à l'écoulement direct des eaux vers la mer de part et d'autre du massif de l'Edough, celui-ci dominant la mer, à l'ouest d'Annaba.

En contrepartie, les wilayas plus continentales (Guelma et Souk Ahras) à relief très tourmenté comportent alternativement des vallées profondes, des collines et des massifs montagneux. Il n'est donc pas étonnant de trouver des microclimats très variables du Nord au Sud, en intégrant le fait que la pluviosité est ici largement dépendante de l'orographie. Ainsi, la température moyenne annuelle oscille aux alentours de 17,95°C à Annaba (avec des minima moyens de janvier de 3,9 et des maxima moyens de juillet de 29,8) et 25°C à Guelma (avec des minima en janvier de 2,9 et des maxima en juillet de 32,8). Les précipitations moyennes sont de l'ordre de 750 mm par an à Annaba (Seltzer, 1946) et de 600 mm à Guelma, pouvant atteindre occasionnellement près de 1.200 mm à Aïn-Fedden dans le djebel Ghorra et dans l'Edough (Seltzer, 1946), favorisant ainsi la présence de toute une mosaïque/gamme de variantes bioclimatiques et d'ambiances de végétation depuis l'humide ou le subhumide jusqu'au semi-aride (Cote, 1974).

Il est aisé de mesurer combien une telle diversité de paramètres de l'environnement peut alors engendrer une multitude de combinaisons écologiques, adaptées aux exigences différentes des diverses espèces de Ptéridophytes.

Les Aulnaies, une des formations végétales largement représenté en Numidie ; certaines aulnaies atteignent 400 ha (Righia) ou 280 ha (Demnat Ataoua), alors que la plus connue d'entre elles, celle du Tonga, ne dépasse pas une quarantaine d'hectares. La plupart d'entre elles se sont formées au contact des dunes et des plaines sub-littorales ; ces aulnaies étant à l'abri des dunes durant la période hivernale, cette position favorise la présence d'un certain nombre d'espèces de Ptéridophytes. De petites aulnaies se sont également formées dans les dépressions des deux grands massifs dunaires de Boutelja, à l'Est d'Annaba, et de Guerbès, à l'Est de Skikda. Toutes ont permis le développement d'un sol tourbeux avec des profondeurs importantes (> 10 m).

1.1. Région d'El Tarf

La région d'El Tarf est située dans l'extrême Nord-est algérien, entre 36°46' latitude Nord et de 8° 19' longitude Est.

Elle est limitée :

Au Nord par la mer Méditerranéenne.

Au Sud et à l'Est par les versants Nord et Nord-est des monts de la Medjerda.

A l'Ouest par les vastes marais de la Mekkada, à l'Est par la frontière tunisienne.

Plusieurs sites ont été étudiés :

- Djebel Rhorra, point culminant 1202m, à une direction SW- NE domine une topographie plane qui s'étale vers 450 à 500m sur l'ensemble des massifs de cette région.
- Les bassins de Chefia et de Bouhadjar qui ont un caractère montagnard malgré leur faible altitude.
- Au Nord le bassin d'El Tarf – Ain El Assel qui est une véritable plaine sub-littorale.
- Le fond plat se situe à 25m d'altitude et est parcourue par l'oued El Kebir.
- Dans le site d'El Kala, trois bassins sont occupés par des lacs : le lac Mellah qui communique avec la mer, le lac Oubeira à 25m d'altitude et le lac Tonga à

2-3m d'altitude ; ce dernier drainé incomplètement vers la baie de la Messida qui prend aujourd'hui un aspect de plaine très humide (Marre, 1992).

- La plaine de Bouteldja à l'Est correspond à la basse vallée de l'oued El Kebir ; occupée sur ses bordures par des étangs marécageux (Lac des Oiseaux et la région de Righia) ; elle est légèrement bombée de part et d'autre de l'oued.
- Le marais de la M'khada : un pôle subsidence de la plaine d'Annaba (Marre, 1992). Ce marais constitue un milieu particulier dans lequel pendant l'hiver, un lac de plusieurs km carrés s'installe et remplacé en été par des pâturages parcourus par des bovins et des ovins.

Cet espace est le lieu de convergence des oueds Bou Allalah, venus de la région de Besbés, Bou Namoussa et El Kebir. Il est limité au Nord par des dunes et au Sud par les massifs gréseux. Au centre les oueds ont construit un véritable delta intérieur.



Fig. 5. Site d'El Kala : **(A)** Cocciféraie de la vielle Calle, **(B)** Subéraie de Brabtia, 02/02/10. (Photos. S Haou), **(C)** Site de *Salvinia natans*, Garaat Estah, 15/04/11 (photos. H Louhi), **(D)** le Lac bleu, site de *Cyclosorus interruptus* 02/03/12 (Photo. Haou S).

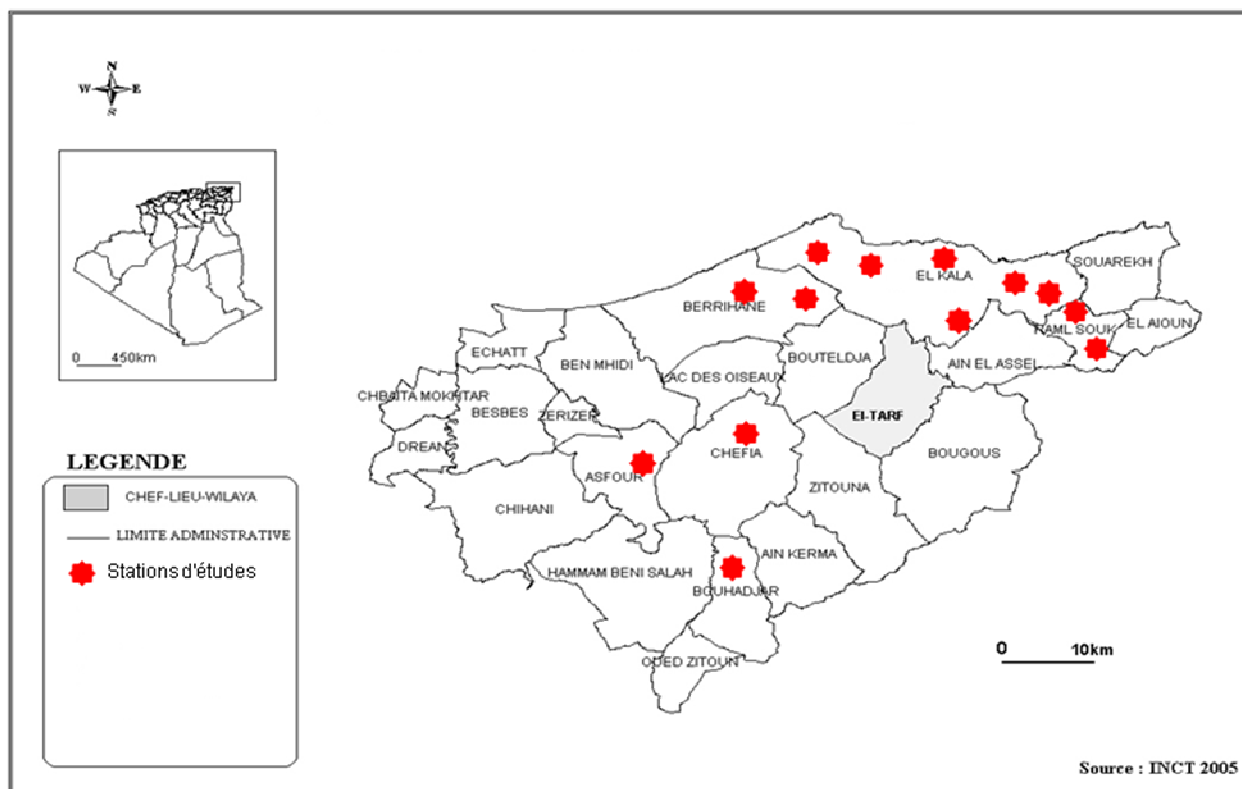


Fig.6. Carte de situation des sites d'étude dans la région d'El Tarf

1.2. Région d'Annaba

La région de Annaba est située au Nord-est de l'Algérie, entre 36°30' et 37°03' de latitude Nord et 7°20' et 8°40' de longitude Est.

Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par la wilaya de Skikda, au Sud par la wilaya de Guelma et à l'Est par la wilaya d'El Tarf.

L'urbanisation a détruit beaucoup de formations végétales dans cette région. Nous avons opté pour le choix de certains sites qui ont gardé une flore assez autochtones tels :

- Massif de l'Edough ; les pelouses du lac Fetzara, la plaine de Bône.
- Djebel Bou Kantas (altitude maximum : 511m), il flanque parallèlement le SE du djebel Edough.
- Collines d'Oued el Aneb qui coule à l'Ouest du djebel Edough.
- La grande plaine de Bône, longue de 60 Km, large en moyenne de 12, et ses deux annexes, la plaine de Kharésa (entre djebel Bou Kantas et le Beleliéta) et la petite plaine de Bône (entre le djebel Edough et le massif du Bou Hamra).

Toutes ces basses plaines sont très mal drainées et, malgré de gros travaux d'assèchement, les marécages y sont encore nombreux.

- A l'Est du Cap de Garde, dans la baie d'Annaba « la marge continentale change de caractère, le plan continental s'élargit et se burine tandis que la pente du rebord devient moins forte » (Rosfelder, 1954 in Hilly, 1962).
- La vaste dépression du Fetzara (près de 250 Km²) est bordée au Nord par le massif de l'Edough, au Sud par les monts de Penthièvre.
- Vers l'Ouest, un faible ressaut de terrain assez mal défini, de quelques mètres seulement plus élevé que le reste de la plaine (23-24 m d'altitude), la sépare de la vallée de l'oued El Kebir.
- A l'est, le cordon sableux d'El Kantra, encore moins élevé mais relativement mieux marqué (22m), sert de ligne de partage des eaux entre ce bassin et celui de la Meboudja (Hilly, 1962).
- La plaine d'El Hadjar Annaba s'étend de part et d'autre de l'oued Seybouse qui prend ici un tracé sud-nord depuis Dréan (ex Mondovi) jusqu'à Annaba.

Elle s'abaisse alors régulièrement depuis 30m d'altitude jusqu'au niveau de la mer. Transversalement, cette plaine présente un profil bombé avec le cours de la Seybouse en son centre.



Fig. 7. Site de Séraïdi. **(A)** habitat de *Polystichum setiferum*, **(B)** un des habitats de *Polypodium cambricum* et *Asplenium onopteris*. 05/02/10 (Photos S Haou). **(C)** la station de la cascade des vautours 12 / 10 /06 (Photos G de Bélair).



Fig. 8. Site de Sidi Aïssa, station d'*Asplenium billotii*. 02/10/03 (photos. G. de Bélair).

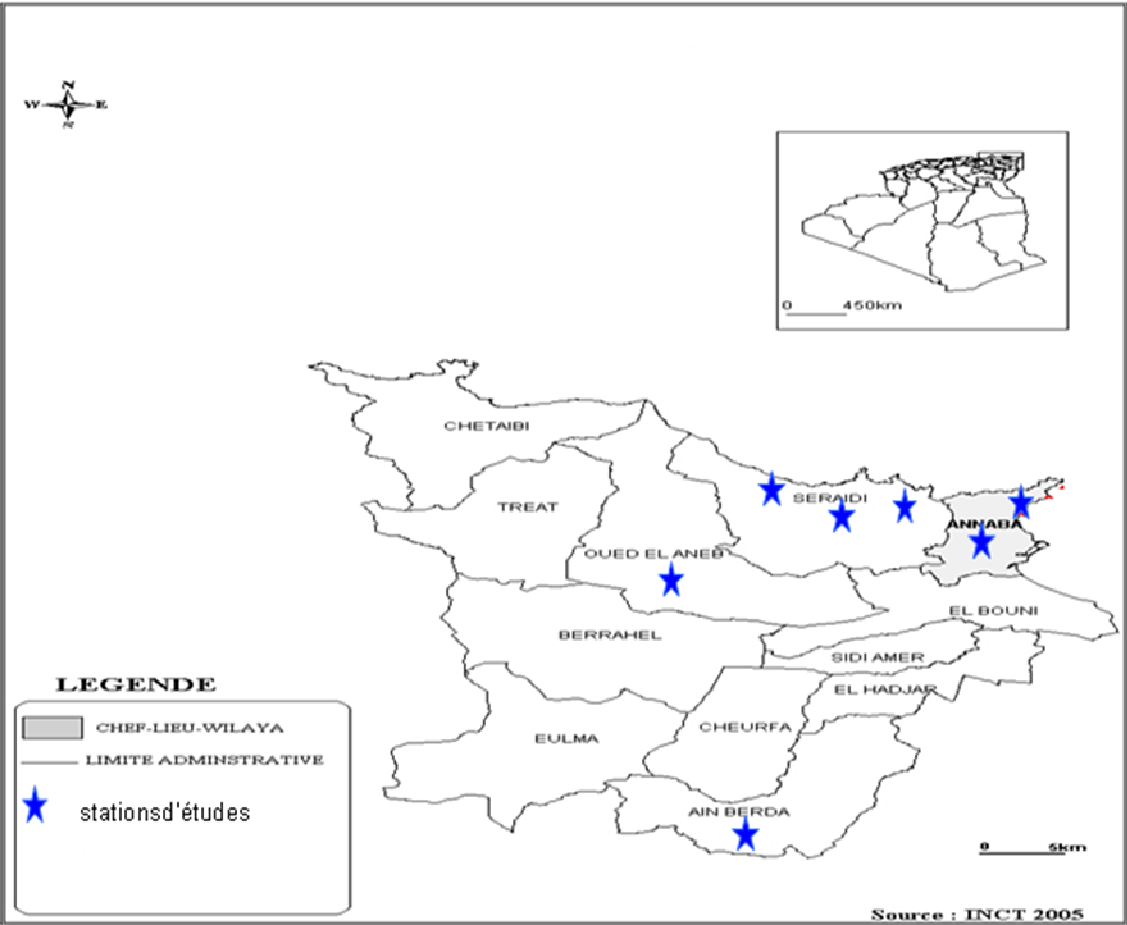


Fig. 9. Carte de situation des sites d'étude dans la région d'Annaba

1.3. Région de Skikda

La ville de Skikda est située à l'Est du littoral Algérien ; latitude 36° 51'N, longitude 6°50'E. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, et avoisine la wilaya d'Annaba, Constantine, Guelma, Jijel.

Dans la région de Skikda, deux secteurs peuvent être individualisés : à l'ouest, le golfe de Stora est limité par des falaises qui tombent presque directement sur la mer, laissant peu de place à la route ; à l'est, la plaine de Skikda est bordée par les djebels Mouader et Filfila.

La plaine de Senhadja, qui correspond à la basse vallée de l'oued El Kebir, a une large façade sur la mer.

Elle a été envahie au quaternaire par un immense système dunaire qui a atteint et même dépassé vers le SE les collines de Bou Maiza, poussant une pointe dans la dépression du Fetzara. Ces dunes, actuellement couvertes de forêts et de maquis, dépassent parfois 100m d'altitude (Hilly, 1962).

La plaine de Skikda a une forme triangulaire ayant pour sommet le débouché de la vallée du Saf-Saf.

Dans sa partie Ouest, elle est drainée par cet oued qui a construit une terrasse, très plane, de 8 à 10 m d'altitude. Sur les bords, cette terrasse se raccorde par un knick aux versants de tracé et de profil rectilignes. Une seule exception est visible : c'est la petite butte à 30m d'altitude qui porte le village de Hamrouche (ex Valée). A l'Est, la plaine est occupée par des collines sableuses couvertes d'un bois de Chêne liège.

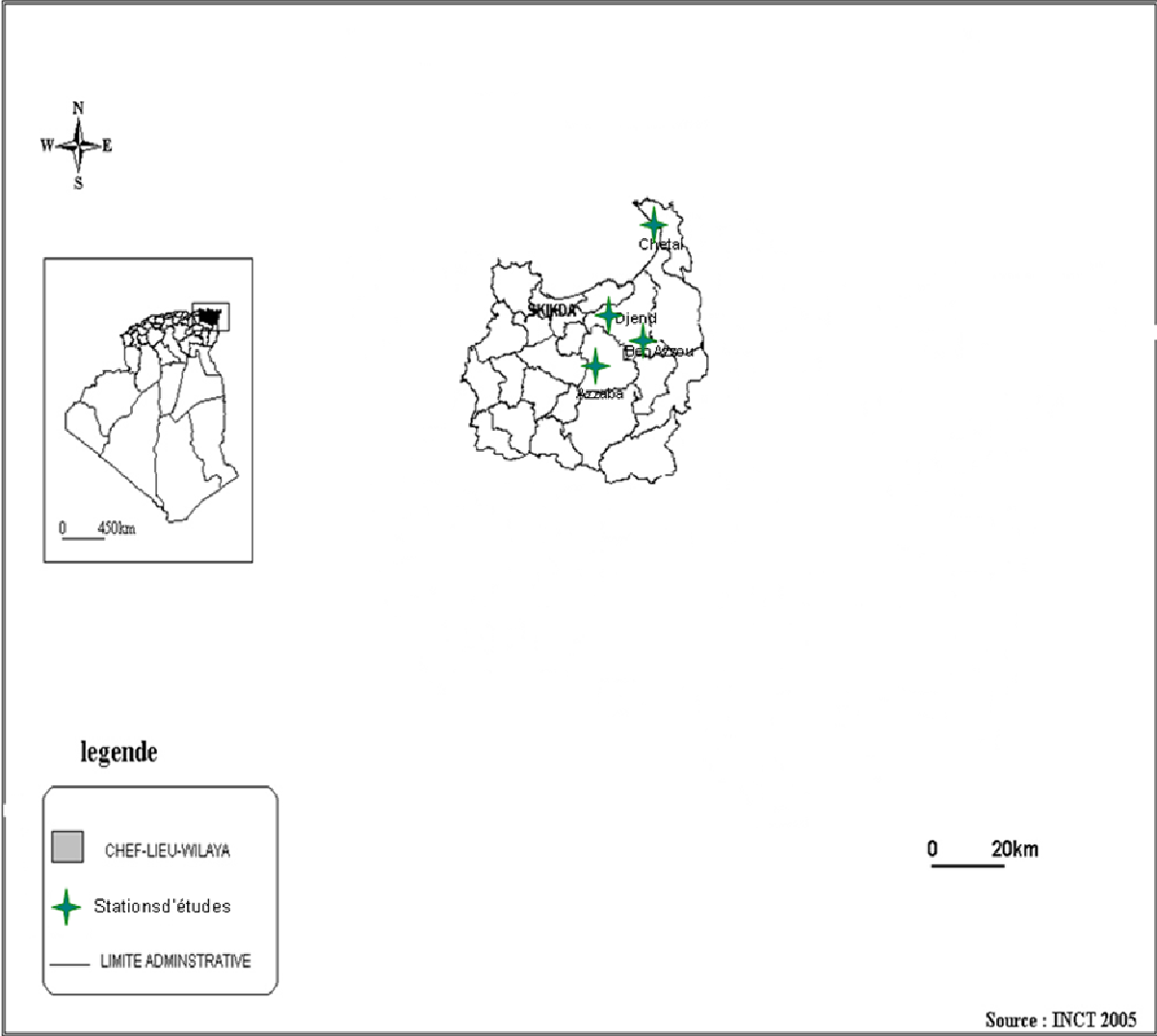


Fig.10. Carte de situation des sites d'étude dans la région de Skikda



Fig. 11. **(A)** Site de Filfila. 30/04/10 (Photos H Louhi). **(B)** Site de Djendel 05/03/10 (Photos H Louhi)

1.4. Région de Guelma

Les différentes stations visitées lors de notre échantillonnage sont les suivantes :

- Nechmeya caractérisé par des maquis à Oléo-Lentisque sur marne et argile et sur substrats calcaires.
- Ain Ben Beida ; station à Oléo-Lentisque à densité de végétation claire et sur substrat argilo- gréseux.
- Oued Fragha, cette station est représentée par des talus sur argile et grés de Numidie.

- Medjez Sfa et Oued Cheham, caractérisé par des Maquis et des Subéraies sur substrat calcaire et Argile.
- Hammam Debagh où deux stations ont été visitées: collines argileuses traversées par de petits ruissaux et maquis sur pente de 10% sur substrat calcaire.
- Medjez Amar et El Fedjoudj.

1.5. Région de Souk Ahras

Les différentes stations visitées lors de notre échantillonnage sont les suivantes :

Les maquis de la région d'Ain Tahmimine, le site de la région de Mechroha où nous avons travaillé la végétation du bord d'oued et une partie de l'Oléo-Lentisque et la forêt de Chêne vert à la limite Sud de la ville.

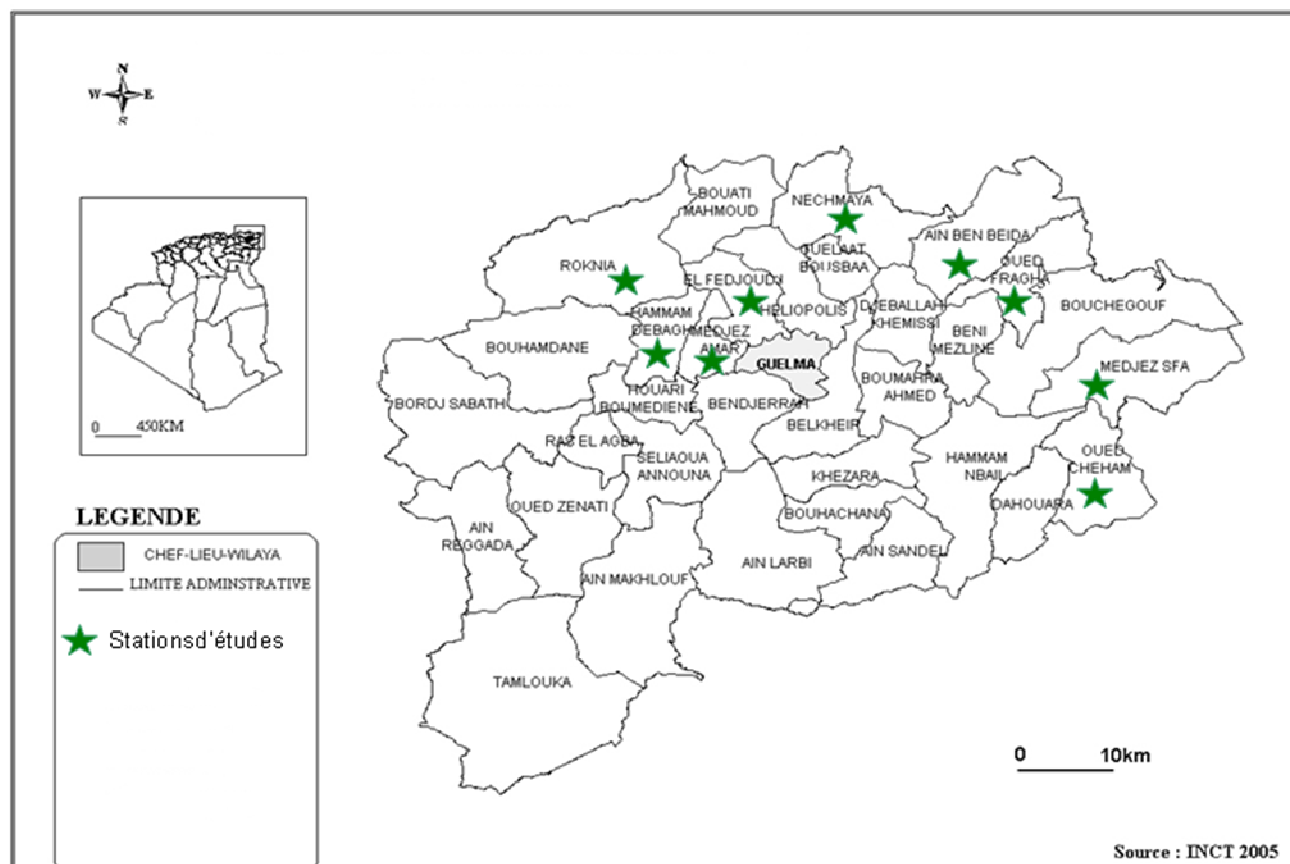


Fig. 12. Carte de situation des sites d'études dans la région de Guelma

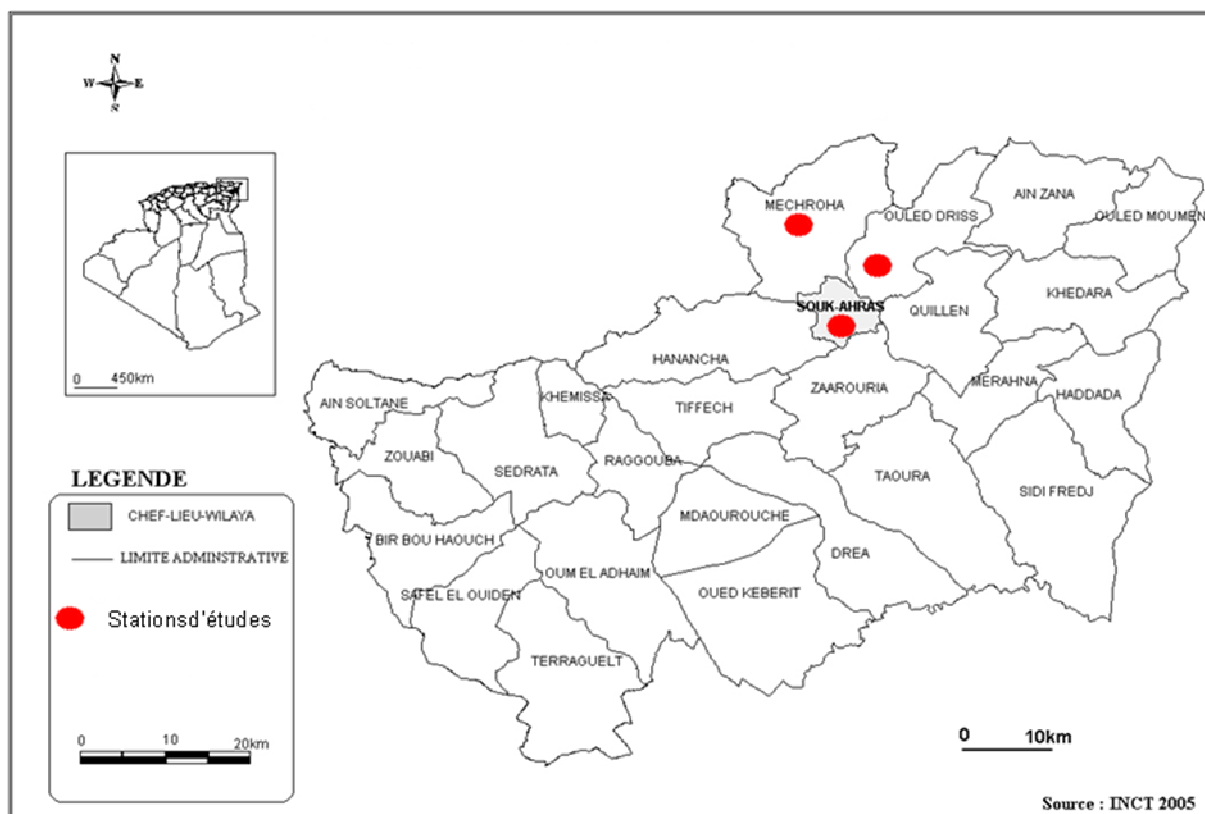


Fig. 13. Carte de situation des sites d'étude dans la région de Souk Ahras



Fig. 14 Site de Djebel Ouled Driss 23/04/2010 (Photos S Haou)

2. Climat des régions d'étude

Thomas (1975) note une remarquable homogénéité thermique régnant sur tout le littoral d'Alger à El Tarf ; cette homogénéité est due à l'action de la mer dont la température est peu différente de celle de l'air en été et toujours plus élevée que celle de l'air en hiver.

Ces régions sont soumises à un climat méditerranéen, caractérisé par l'alternance d'une saison sèche et chaude et d'une saison pluvieuse et froide (Ozenda.1954).

La région d'El Tarf, Annaba et Skikda ne marque pas de grandes différences de températures et les maximums sont toujours compris entre les mois de Juillet et Août.

Ces régions comptent parmi les plus abondamment arrosées en Algérie ; deux phénomènes météorologiques principaux conditionnent la pluviosité dans cette région :

- Les perturbations cycloniques d'origine atlantique de l'Ouest et du Nord-ouest qui, après avoir traversé l'Espagne et une partie de la méditerranée, affectent le littoral Nord-Est algérien de Béjaïa à El Tarf.
- Les dépressions qui prennent naissance en Méditerranée occidentale, généralement centrées dans le périmètre du Golf de Gênes- Corse -

Sardaigne, n'affectent en général que la partie orientale de Tell algérien ; il lui confère son statut de région la plus humide d'Algérie avec un moyenne annuelle de 865 mm par an (Seltzer, 1946).

Les vents sont un élément important du climat de la région. Ceux du Nord-Ouest sont les plus violents, souvent liés aux pluies d'équinoxes, et apportent les précipitations les plus importantes, venues de l'Atlantique, alors que les hautes pressions du large des Açores ont cédé le pas aux basses pressions venues de l'Atlantique.

Les vents du Sud –Est nommés Sirocco sont chauds, leur maximum de fréquence s'observe au mois d'Août ; ce vent peut avoir des effets destructeurs sur la végétation, lorsqu'il se combine à un état de déficit hydrique en été et à un assèchement de l'atmosphère, il favorise en effet de violents incendies (Seltzer, 1946) ; témoins les incendies de 1983 et 1994 dans le site d'El Kala.

2.1. Climat de la région d'El Tarf (station d'El Kala. 1989-2006)

Précipitations

La figure 15 montre que décembre est le mois le plus pluvieux et que juillet est le mois le plus sec.

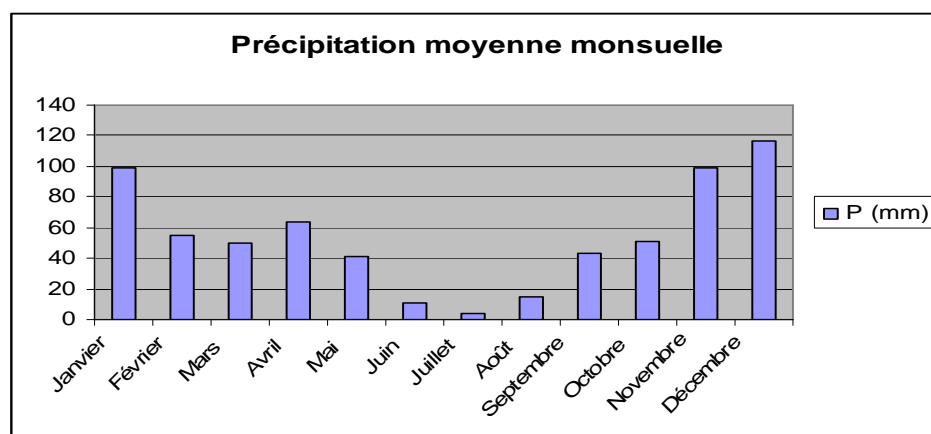


Fig.15. Précipitation mensuelle moyenne, station d'el Kala

Températures (1989-2006)

Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de juin à septembre, avec des températures variantes de 22 à 26°C.

Par contre les températures les plus basses 10 à 13°C sont observées pendant la période hivernale (Novembre à mars).

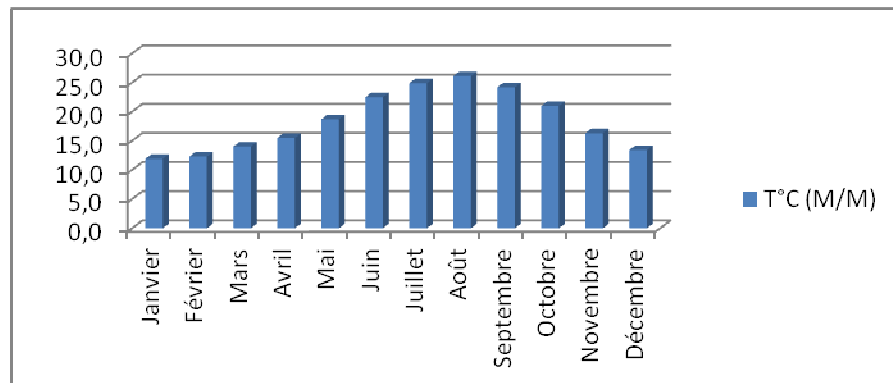


Fig.16. Température mensuelle moyenne, station d'el Kala

Le suivi de l'évolution de la température au cours de l'année nous expose une courbe en cloche dans les maximums sont observés en été et les minimums en hiver

2.2. Climat de la région d'Annaba (station de Séraïdi)

Précipitations

Le graphe montre que la saison hivernale est la plus pluvieuse (Décembre est le mois le plus pluvieux, avec une moyenne de 300 mm). Tandis que l'été est sec (Juillet est le mois le plus sec, avec une moyenne de 5 mm).

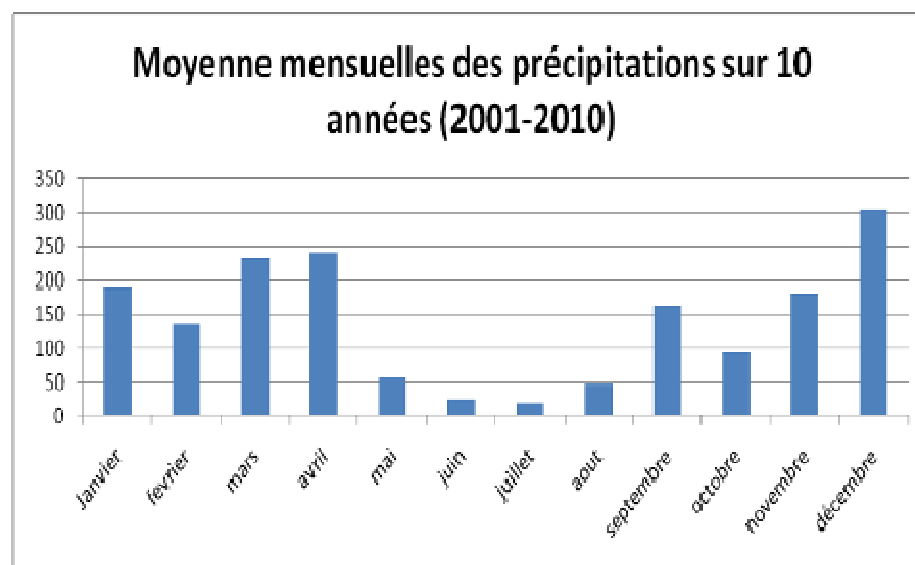


Fig.18. Précipitation mensuelle moyenne, station de Séraïdi

Températures

Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de juin à août, avec des températures variant de 23 à 25°C. Par contre les températures les plus basses varient entre 8 et 11°C et ils sont observées pendant la période hivernale (de Novembre à Mars).

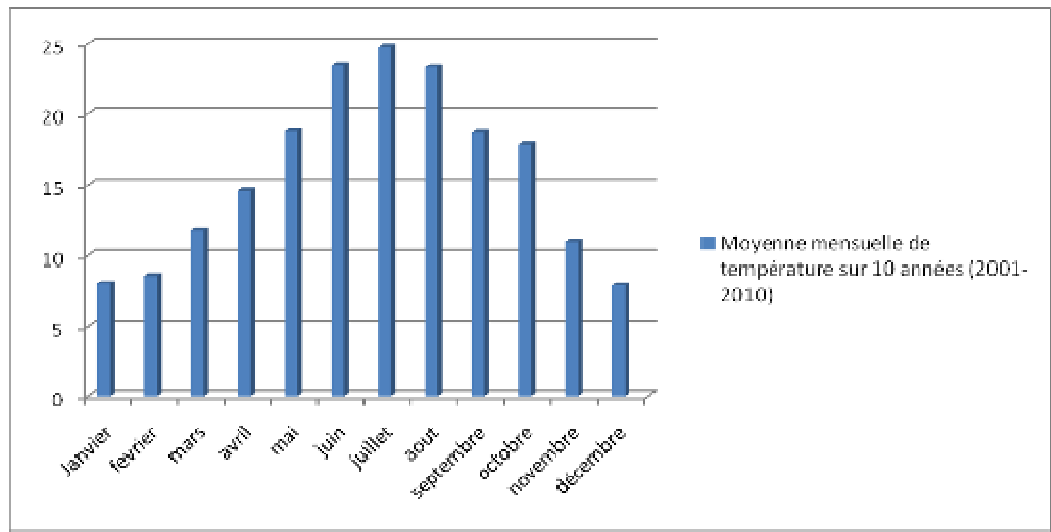


Fig.19. Température mensuelle moyenne, station de Séraïdi.

2.3. Climat de la région de Skikda (Températures et précipitations moyennes mensuelles de 1999 à 2009)

Précipitations

Ce graphe montre toujours que Décembre est le mois le plus pluvieux (123 mm). Tandis que le mois le plus sec reste Juillet (3 mm).

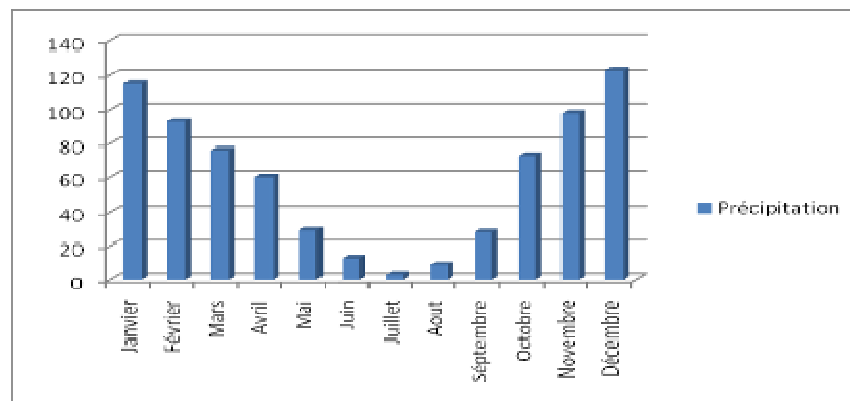


Fig.20. Précipitation mensuelle moyenne, station de Skikda.

Températures

Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de juin à Septembre, avec des températures variantes de 20,7 à 22,7°C. Les températures les plus basses (varie de 11,6 à 13°C), sont observées pendant la période hivernale (de Décembre à mars).

Le suivi de l'évolution de la température au cours de l'année nous expose une courbe en cloche dans les maximums sont observés en été et les minimums en hiver

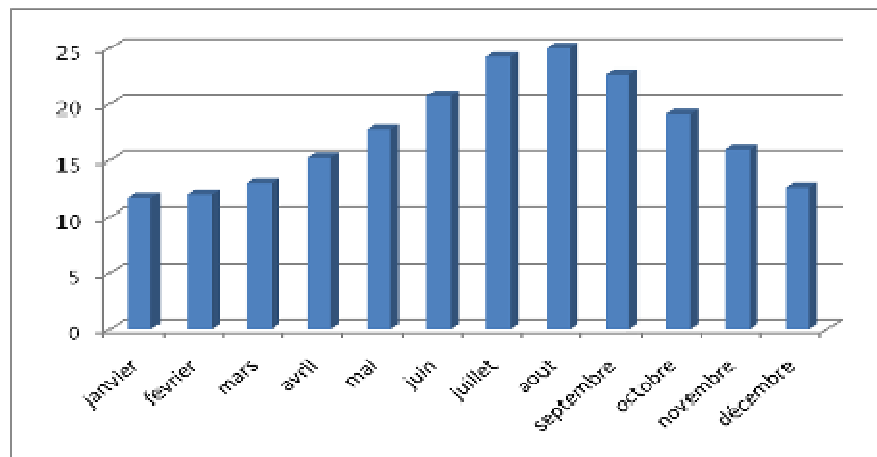


Fig.21. Température mensuelle moyenne, station de Skikda.

2.4. Climat de la région de Guelma

Précipitations (1985-2006)

Ce tableau montre que la saison hivernale est la plus pluvieuse avec une moyenne de 77,55 mm/mois. Tandis que l'été est sec avec une moyenne de 11,71 mm/mois. Il en ressort que décembre est le mois le plus pluvieux et que juillet est le mois le plus sec.

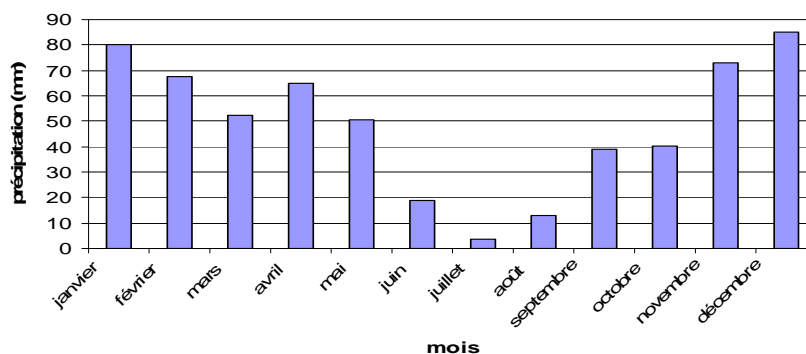


Fig.22. Précipitation mensuelle moyenne, station de Guelma.

Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de juin à octobre, avec des températures variantes de 23 à 27°C. Par contre les températures les plus basses de 10 à 12°C, sont observées pendant la période hivernale (de Décembre à Mars).

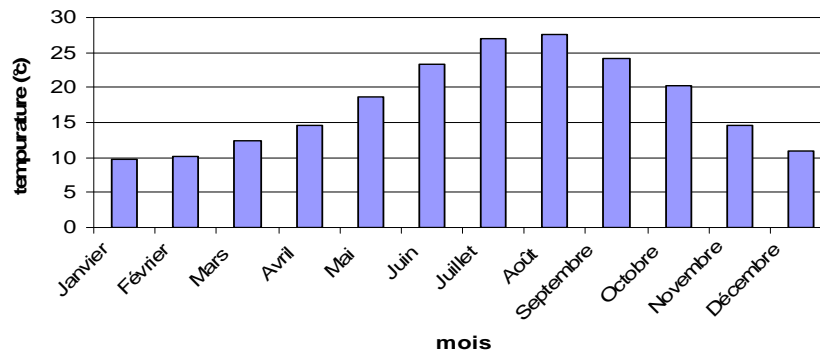


Fig.23. Température mensuelle moyenne, station de Guelma.

2.5. Climat de la région de Souk Ahras

Précipitations (1999- 2009)

Le graphe montre que la saison hivernale est la plus pluvieuse avec un maximum de 117 mm au mois de Janvier. Tandis que l'été est sec avec un minimum de 5 mm.

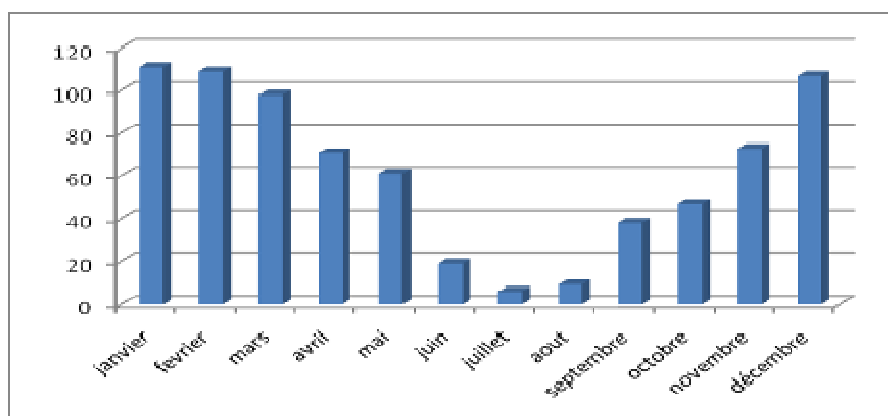


Fig.24. Précipitation mensuelle moyenne, station de Souk Ahras.

Températures (1999- 2009)

Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de juin à octobre, avec des températures variantes de 20 à 27,58°C. Par contre les températures les plus basses 9 à 12,4°C sont observées pendant la période hivernale (décembre à mars) avec un minimum enregistré pendant le mois de Janvier 9,66°C.

Le suivi de l'évolution de la température au cours de l'année nous expose une courbe en cloche dans les maximums sont observés en été et les minimums en hiver

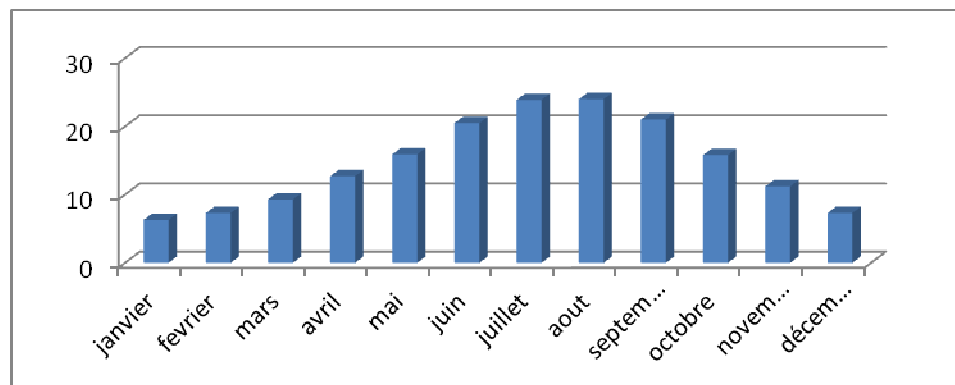


Fig.25. Température mensuelle moyenne, station de Souk Ahras.

CHAPITRE 3.
MATERIELS
ET
METHODE D'ETUDE

1. Méthode d'étude et échantillonnage

La méthode phyto-écologique s'est avérée la plus proche pour répondre aux questions de notre problématique : quelles sont les valeurs indicatrices de la niche écologique de telles espèces ou de tels groupes d'espèces de ptéridophytes dans notre région d'étude (la Numidie).

Cela revient à établir les profils écologiques des espèces de ptéridophytes étudiées et/ou des associations d'espèces de ptéridophytes à partir de la collecte d'informations sur le terrain et la constitution de fichiers phyto-écologiques avec les variables écologiques en fonction du terrain.

L'établissement de ces profils est basé sur un nombre de 173 relevés de terrain.

L'échantillonnage consiste à choisir des éléments de façon à obtenir des informations objectives et d'une précision mesurable (Gounot, 1969 in Frontier, 1983). Un plan d'échantillonnage est un protocole de sélection des éléments de la population et/ou des peuplements en vue d'obtenir un échantillon représentatif. Le plan est conçu pour estimer avec le maximum de précision et le minimum d'effort un ou plusieurs paramètres de la population et/ou le peuplement (Frontier, 1983).

Au préalable, un maillage des cartes au 1/50 000° couvrant la Numidie a été réalisé avec l'intention d'effectuer un relevé, au minimum, dans chaque maille. Un tel échantillonnage étant impossible dans certains sites vu l'inaccessibilité ; En raison de cette difficulté nous avons opté pour un choix de relevés contenant des Ptéridophytes.

Dans chaque station, 04 relevés sont effectués selon la direction Nord, Est, Ouest et Sud. Chaque relevé (12 m² environ) est accompagné des notations suivantes : Présence / absence des Ptéridophytes avec coefficient d'abondance – dominance de Braun - Blanquet), cortège des espèces compagnes, particulièrement Spermaphytes, éventuellement Bryophytes et Lichens (coefficient d'abondance – dominance de 1 à 10), 6 variables environnementales, répartis en classe (tab. N°1).

Cette méthode permet d'évaluer les caractéristiques du milieu et de la végétation de façon très rapide, en leur attribuant une cote d'importance progressive, selon un petit nombre de classe ordonnées ; et d'aboutir à des tableaux dont

l'exploitation par les méthodes d'ordination en espace réduit permette au mieux d'interpréter les résultats.

Tableau N°1 : Descripteurs de milieu et classes

Descripteur	% de recouvrement du sol par la litière	% de recouvrement du sol par la végétation	Densité de la végétation	% de recouvrement du sol par les pierres	Pente	Période d'immersion
1	5 à 20	20 à 40	20 à 40	10 à 30	≤ à 5	1 mois
2	20 à 40	40 à 60	40 à 60	30 à 60	5 à 10	3 mois
3	40 à 60	60 à 80	60 à 80	60 à 90	10à30	6 mois
4	60 à 80	80 à 100	80 à 100		30à60	9 mois
5	80 à 100					12 mois

Ainsi chaque relevé de végétation est conçu de manière à répondre aux objectifs de l'étude : vision précise de la niche écologique des ptéridophytes en Numidie orientale.

2. Méthodes d'analyses des résultats de terrain

Ces méthodes consistent à représenter la dispersion des relevés dans un graphique multi variable, comportant autant d'axes que de descripteurs dans l'étude (Legendre & Legendre, 1984).

D'après Frontier & Pichod-Viale (1998) : "une des questions fondamentales de l'analyse actuelle des écosystèmes est précisément leur stratégie d'occupation de l'espace-temps, et ce, à toutes les échelles d'observation". Barbault (1992) signale : "la variabilité est un des traits majeurs des objets de recherche auxquels est confronté l'écologiste, au point que l'on peut situer là le principal défi qui lui est posé : l'écologiste doit en effet, simultanément dégager des règles générales quant à la structure et au fonctionnement des systèmes écologiques tout en rendant compte de la variabilité qui affecte populations, peuplements et écosystèmes".

Blanc (1992) signale que si certains écologues s'intéressent plus particulièrement à la relation espèces-milieu au niveau spatial ou au niveau temporel, et éventuellement à la stabilité de cette relation dans le temps ou dans l'espace,

d'autres étudient cette relation à la fois dans le temps et dans l'espace en portant une égale considération à ces deux axes de variabilité.

Dans ce contexte, l'objectif est alors de déterminer les facteurs du milieu qui pourraient rendre compte non seulement des fluctuations temporelles des assemblages d'espèces mais aussi de leur hétérogénéité spatiale, c'est-à-dire de leur organisation spatio-temporelle.

L'essentiel du travail effectué dans cette deuxième partie s'est fait dans le cadre des relations interdisciplinaires établies autour du logiciel ADE-4 Thioulouse & al (1996).

3.1. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

Les traitements numériques consistent à calculer un coefficient de similarité entre tous les relevés pris deux à deux et à réaliser une réduction de l'espace multidimensionnel vers un espace bidimensionnel originel et caractérisé par des directions d'allongement privilégiées ; il s'agit d'axes factoriels qui contiennent une certaine proportion de l'information total des données écologiques (Legendre & Legendre, 1984).

3.2. Analyse en composantes principales (ACP)

Selon Lebart & al (1997), l'utilisateur éventuel de l'analyse en composantes principales se trouve dans la situation suivante : il possède un tableau rectangulaire de mesures dont les colonnes figurent des variables à valeurs numériques continues (des mensurations, des taux, etc.) et dont les lignes représentent les individus sur les quels ces variables sont mesurées.

D'une manière générale, la condition que doivent remplir ces tableaux numériques est la suivante : l'une au moins des dimensions du tableau (les lignes en général) est formée d'unités ayant un caractère répétitif, l'autre pouvant être éventuellement plus hétérogène.

Les représentations géométriques entre les lignes et entre les colonnes du tableau de données permettent de représenter visuellement les proximités entre les individus et entre les variables (Dolédec & al, 2000).

3. Méthodes d'identification

Notre identification et nomenclature des espèces de Ptéridophytes est basée sur Tutin & al. (1993), Prelli (2001). Si besoin, les synonymes se trouvant dans les travaux de Dobignard & chatelain (2010), Maire (1952), Quézel & Santa (1962) et Cuenod & al (1954) seront cités dans la liste des espèces.

Pour certaines espèces, il s'est avéré nécessaire de faire des confirmations d'identification à l'aide d'un microscope optique lié à un logiciel numérique. Les mesures précises de l'exo spore sous microscope optique, ont été réalisées au laboratoire, après un montage des spores dans du Baume de Canada ou DePex pour chaque espèce de Ptéridophytes étudiées. L'observation et mesure sous microscope ont été faites sous le grossissement 40. Ces mesures ont été réalisées sur 20 à 30 spores pour chaque espèce. Pour plus de précision, une analyse a été réalisée de la quantité relative d'ADN à l'aide de flow-cytométrie, au laboratoire de Ptéridologie à Gand en Belgique sous la direction du Professeur Dr Ronnie Viane.



Fig. 26. Matériels de travail pour identification des Fougères au Laboratoire de Ptéridologie à Gand, Belgique. 22/03/10 (Photos H Louhi)

3.1. Méthode de mesure de l'exo spore

Le travail cytologique a été effectué au laboratoire de ptéridologie à Gent en Belgique sous la direction du Prof. Ronnie Viane.

Des préparations ont été examinées par contraste de phase à l'aide d'un microscope Olympus-BH2. Des photographies ont été prises sur le film technique de casserole de Kodak.

Les méthodes de micromorphologie sont données par Viane en Demiriz & al (1990) et en Viane (1990, 1992). Pour des mesures d'exo spore seulement non traitées, des spores fraîches ont été utilisées ; la longueur moyenne d'exo spore ("lexo") ou le diamètre équatorial de spore ("E"), tous les deux basés sur au moins 25 mesures, est inclus pour quelques spécimens.

Des valeurs utilisées pour la comparaison indiquée dans le tableau.3. Sont extraites à partir de la base de données privée régulièrement à jour par R. Viane contenant des données de différentes populations prélevées sur la gamme entière de chaque taxon.



Fig. 27. Matériel de photographie des sores et des spores. 22/03/10
(Photos H Louhi)

3.2. Méthode de cytométrie

L'Analyseur de Partec ploïdie (Partec PA-I), a été développée pour la détermination de la ploïdie des plantes en mesurant la teneur nucléaire des cellules végétales en ADN, colorées avec du DAPI. Le 6-diamidino-2-phénylindole (DAPI) fluorochrome se lie préférentiellement à AT-régions riches de l'hélice d'ADN, formant un complexe stable qui fluoresce environ 20 fois plus grande que DAPI seul (Dolezel 1991 in Viane & al ,1996). Ses propriétés spectrales (excitation : la lumière UV, 340-364 nm; émission: la lumière bleue, 454-488 nm) dépendent de nombreux facteurs, tels que ADN / ratio de colorant, pH de la solution de coloration, (Dolezel 1991 in Viane &al 1996).

Lors de la mesure les cellules sont individuellement éclairées par la lumière d'une longueur d'onde définie (340-365 nm), qui active les molécules fluorescentes afin qu'ils émettent de la lumière d'une couleur caractéristique ou longueur d'onde (450-465 nm). Pour chaque cellule, cette intensité est mesurée par le cytomètre en flux. La lumière fluorescente émise par plus de la cellule marquée, plus l'ADN de la cellule contient. L'intensité de la lumière fluorescente, et avec la quantité d'ADN, est attribué à l'un de jusqu'à 4096 classes de la quantité. Pendant la mesure d'un histogramme est produit sur l'écran de l'analyseur de ploïdie. L'histogramme résultant (figure. 28) montre combien de cellules sont mesurées dans chaque classe la quantité ou le nombre de cellules mesurées (axe Y) avec une teneur en ADN de certains (en abscisse). Dans l'histogramme de ces classes sont représentées par la quantité des canaux. Ainsi, toutes les cellules appartenant à un pic ont la même quantité d'ADN, et un pic représente un niveau de ploïdie certains. Chaque histogramme montre également le bruit (signaux indésirables) dans les canaux inférieurs, principalement causées par des fragments de cellules résultant de couper le tissu.

Les échantillons ont été individuellement coupés en utilisant une lame de rasoir dans un verre boîte de Pétri d'isolement de tampon noyau contenant [2,1% (p / v) d'acide citrique monohydraté, 0,5% (p / v) de Tween 20, de l'eau distillée] et filtré à travers un 50 - filet de nylon mm. La suspension des noyaux a été complétée avec le réactif DAPI [6,5% $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 40 ml de DAPI solution mère (5 mg DAPI / ml d'eau distillée), l'eau distillée], montant 1: 4 tampons d'isolation de noyau : réactif DAPI. Les échantillons ont été analysés en utilisant un cytomètre en flux (Partec PA-1; Partec GmbH, Munster, Allemagne), en suivant les instructions du fournisseur.

CHAPITRE 4.

RESULTATS

1. Inventaire des Ptéridophytes étudiées sur terrain et herbier

L'inventaire des espèces de fougères et plantes alliées de la Numidie, débuté en 1984, a progressivement évolué : purement aléatoire à l'origine avec G. De Bélair.

En fonction de la présence de ces espèces, l'échantillonnage est devenu peu à peu systématique lors de cette étude étalée de 2000 jusqu'à 2010.

Limitées à quelques stations au départ, les observations ont porté par la suite sur les mêmes sites, afin de percevoir l'évolution de leur contenu, puis sur des stations nouvelles. Les observations annuelles pour certaines stations sont devenues mensuelles durant la période printanière (de Février à Mai en moyenne) Haou & al (2011).

Durant cette dizaine d'année nous avons pu recenser 33 espèces de Ptéridophytes dans les régions d'étude.

Ainsi, il sera abordé les espèces échantillonnées sur terrain et quelques individus de l'herbier de G. de Bélair ; l'ensemble des espèces étudiées seront les suivant :

1. *Adiantum capillus-veneris* L. (1096)
2. *Anogramma leptophylla* (L.) Link (1841) [*Gymnogramma leptophylla* (L.) Desv.].
3. *Asplenium adiantum-nigrum* L (1753) [= *A. acutum*].
4. *Asplenium billotii* FW. Schltz
5. *Asplenium ceterach* L (1080) [= *Ceterach officinarum*]
6. *Asplenium obovatum* Viv
7. *Asplenium onopteris* L. (1080) [= *A. adiantum-nigrum* L. subsp. *onopteris* (L.) Heufler]
8. *Asplenium petrarchae* (Guérin) DC. (1810) [= *glandulosum* Loisel]
9. *Asplenium sagittatum* (DC.) A.J. Bange (1952) [= *Phyllitis sagittata* (DC.) Guinea & Heywood; = *P. hemionitis* Swartz, non L.]
10. *Asplenium scolopendrium* L. (1079) [= *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newman]
11. *Asplenium trichomanes* L. subsp *quadrivalens*. (1080)
12. *Athyrium filix-femina* (L.) Roth (1090)
13. *Cheilanthes acrostica* (Balbis) Tod. [= *C. odora* Swartz ; = *C. fragrans* auct. p.p. ; = *C. pteridioides* auct. p.p.]

14. *Cheilanthes maderensis* Lowe [= *C. fragrans* (L.fil.)Swartz ; = *C. pteridioides* (Reichard) C. Chr]
15. *Cosentinia vellea* (Aiton) Tod. Subsp. *vellea* et subsp *bivalens* Reichstein [= *Notholaena vellea* (Aiton) Desv ; *N. lanuginosa* (Desf) Desv. Ex. Poiret) ; *Cheilanthes catanensis* (Cosent) H.P.Fuchs ; = *C. vellea* (Aiton) F. Mueller)]
16. *Cystopteris diaphana* (Bory) Blasdell (1963) [= *C. filix-fragilis* (L.) Borbas subsp. *diaphana* (Bory) Litard.]
17. *Cystopteris fragilis* (L) Bernh (1091)
18. *Cyclosorus interruptus* (Willd.) H. Itô(1809) [= *Thelypteris interrupta*]. Kuntze subsp. *propinqua* (R. Br.) C. = *Aspidium gongylodes*. Schkuhr = *Dryopteris gongylodes* (Schkuhr) O. Kuntze]
19. *Equisetum ramosissimum* Desf. (1799) [= *E. ramosum* DC; = *E. campanulatum* Poiret]
20. *Equisetum telmateia* Ehrh. [= *E. maximum* auct. non Lam.]
21. *Isoetes histrix* Bory
22. *Isoetes velata* A. Braun
23. *Ophioglossum lusitanicum* L. Sp. Pl : 1063 (1753).
24. *Osmunda regalis* L (1065)
25. *Pilularia minuta* Durieu
26. *Polypodium cambricum* L. subsp. *Cambricum* (1086) [= *P. australe* Fée ; = *P. vulgare* L. subsp. *serratum* (Willd.) Christ.]
27. *Polystichum setiferum* (Forskal) Woyнар (1810) [= *Dryopteris aculeata* (L.) O. Kuntze subsp. *aculeata* (auct. non L.); = *Aspidium aculeatum* (L.) Swartz subsp. *Angularis* (Kit. Ex Willd). Arcangeli]
28. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (1879) [= *Pteris aquilina* L.]
29. *Pteris longifolia* L
30. *Marsilea minuta* L. [= *M. diffusa* auct. non L. forma *algeriensis* A. Br. ; = *M. quadrifolia* auct. non L.]
31. *Salvinia natans* (L.) All. (1785)
32. *Selaginella denticulata* (L.) Spring
33. *Thelypteris palustris* Schott (1071)[= *Dryopteris thelypteris* (L.) A. Gray]

L'ensemble du développement suivant fera constamment référence à la synthèse de Maire (1952), qui reste l'ouvrage le plus détaillé sur la flore des

Ptéridophytes d'Afrique du Nord. L'absence de notation des synonymies avec Maire (*ibid.*) signifie que le nom scientifique est demeuré identique. Les notations de répartition géographique sur le territoire algérien et parfois de substrat ont pour origine Maire (*ibid.*).

Ces espèces de Ptéridophytes sont signalées par Battandier & Trabut pour l'Algérie en 1905 et confirmée par Maire (1952) et Quézel & Santa (1962).

2. Micromorphologie des échantillons de Ptéridophytes étudiés

2.1 Mesure des exo-spores et ploïdie des espèces

Tableau N°2 : Ploïdie des Ptéridophytes étudiées

Espèces	Ploïdie	Exo spore (µm)	Exo spore (µm) selon la bibliographie
<i>Cheilanthes maderensis</i>	Diploïde	35- 41 - 44	36 - 42 – 45 (Viane et al. 1996)
<i>Cheilanthes acrostica</i>	Tétraploïde	40- 54 - 62	45 - 43 – 54 (Viane et al. 1996)
<i>Cosentinia vellea subsp. bivalens</i>	Diploïde	48 - 56 – 61	47 - 53 – 58 (Viane et al. 1996)
<i>Cosentinia vellea subsp. vellea</i>	Tétraploïde	58 - 66 - 73	62 - 66 - 77 (Viane et al. 1996)
<i>Asplenium petrarchae</i>	Tétraploïde	29 - 40 - 43	
<i>Asplenium trichomanes subsp. quadrivalens</i>	Tétraploïde	29 - 33 - 41	29 - 35 – 43 (Viane et al. 1996), (Suter & al 2000)
<i>Asplenium obovatum</i>	Tétraploïde	26 - 39 - 46	25 - 30 – 36 (Viane et al. 1996)
<i>Asplenium billotii</i>	Diploïde	27 - 29 - 35	31 - 36 – 44 (Viane et al. 1996)
<i>Asplenium ceterach</i>	Tétraploïde	30 - 40 - 45	33 - 39 – 48 (Viane et al. 1996)
<i>Asplenium onopteris</i>	Diploïde	22 - 26 - 32	24 - 28 – 35 (Viane et al. 1996), (Roberts.1979)
<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>	Tétraploïde	30 - 37 - 48	26 - 31 – 41 (Viane et al. 1996), (Shivas. 1969), (Roberts. 1979)
<i>Selaginella denticulata</i>	Diploïde	22- 30 - 35	
<i>Isoetes velata</i>	Diploïde	17- 22 - 25 23- 25 - 30	26- 32 (Prada, 1983) 26- 30 (Ferrarini et al, 1986)

<i>Isoetes histrix</i>	Diploïde	15- 19 - 23	26-29 (Prada, 1983) 24- 30 (Ferrarini et al, 1986)
<i>Equisetum telmateia</i>	Diploïde	21- 25 - 28	
<i>Osmunda regalis</i>	Diploïde	49- 60 - 69	
<i>Anogramma leptophylla</i>	Diploïde	36- 43 - 50	43 – 46
<i>Polypodium cambricum</i> subsp. <i>Cambricum</i>	Diploïde	49- 56 - 65	
<i>Thelypteris palustris</i>	Diploïde	32- 39 - 46	43- 54
<i>Cyclosorus interruptus</i>		34- 47 - 53	
<i>Athyrium filix-femina</i>	Diploïde	28- 37 - 45	32- 38
<i>Cystopteris diaphana</i>		29- 37 - 43	
<i>Polystichum setiferum</i>	Diploïde	22- 29 - 34	

2.2. Cytométrie

Histogramme résultant d'un comptage cytologique, le graphe montre le nombre de cellules comptées dans un canal (axe Y) avec une teneur en ADN particulière (axe X). Toutes les cellules avec la même quantité d'ADN forment un pic, ce qui représente donc un niveau de ploïdie certain.

Pour cette mesure particulière du cytomètre en flux, elle a été calibrée à l'aide de deux spécimens cytologiquement comptés auparavant : *Agave striata* (2n) et *A. sisalana* (5n).

C'est en comparant les deux pics, qu'on peut déduire la ploïdie de l'espèce inconnue.

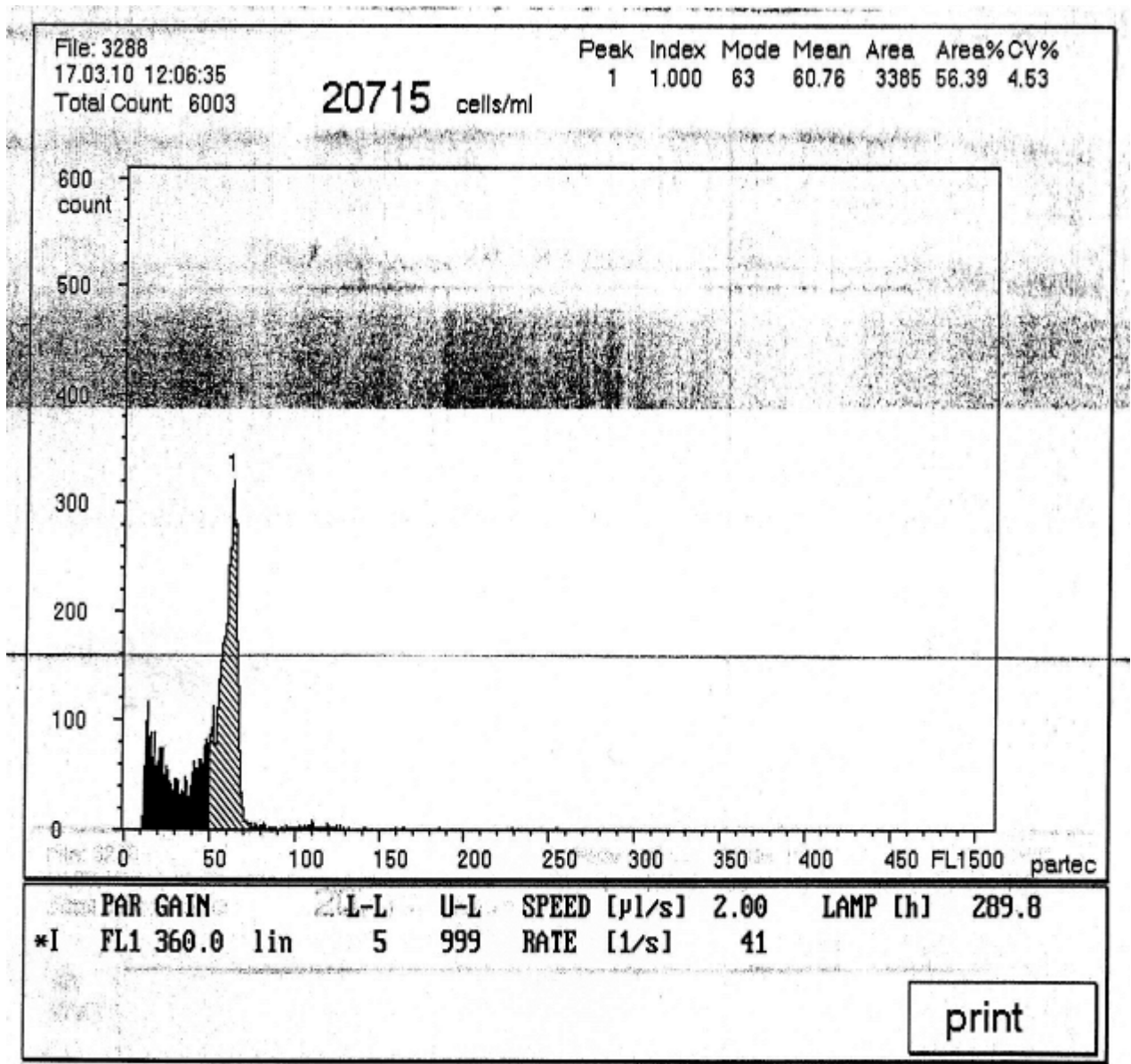


Fig. 28. Cytométrie Pour *Agave sisalana*. Espèce à 5n chromosome (hexaploïde) témoin. Donne un pic à 70 canaux.

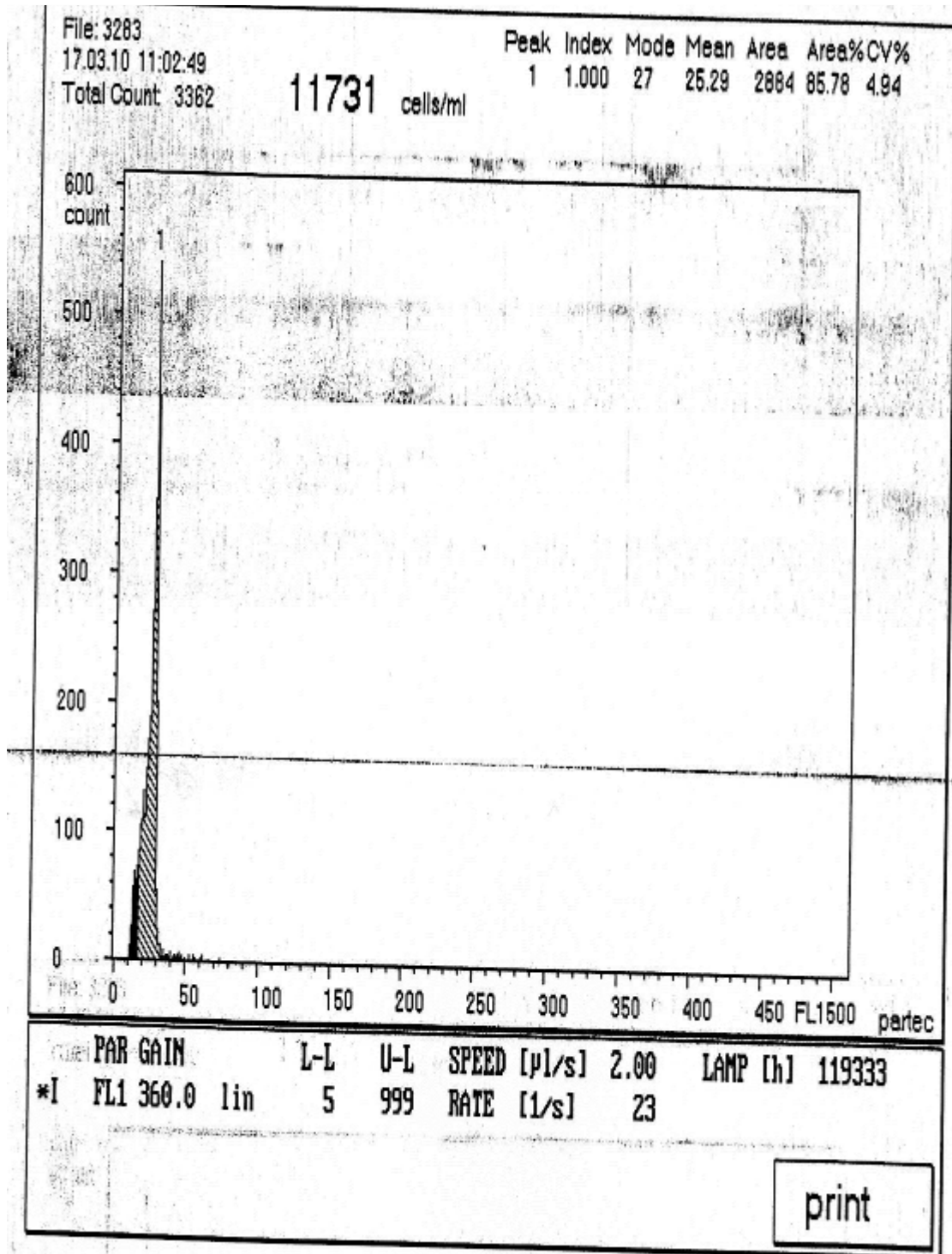


Fig. 29. Cytométrie Pour *Agave striata*. Espèce 2n chromosomes diploïde témoin. Donne un pic à 30 canaux.

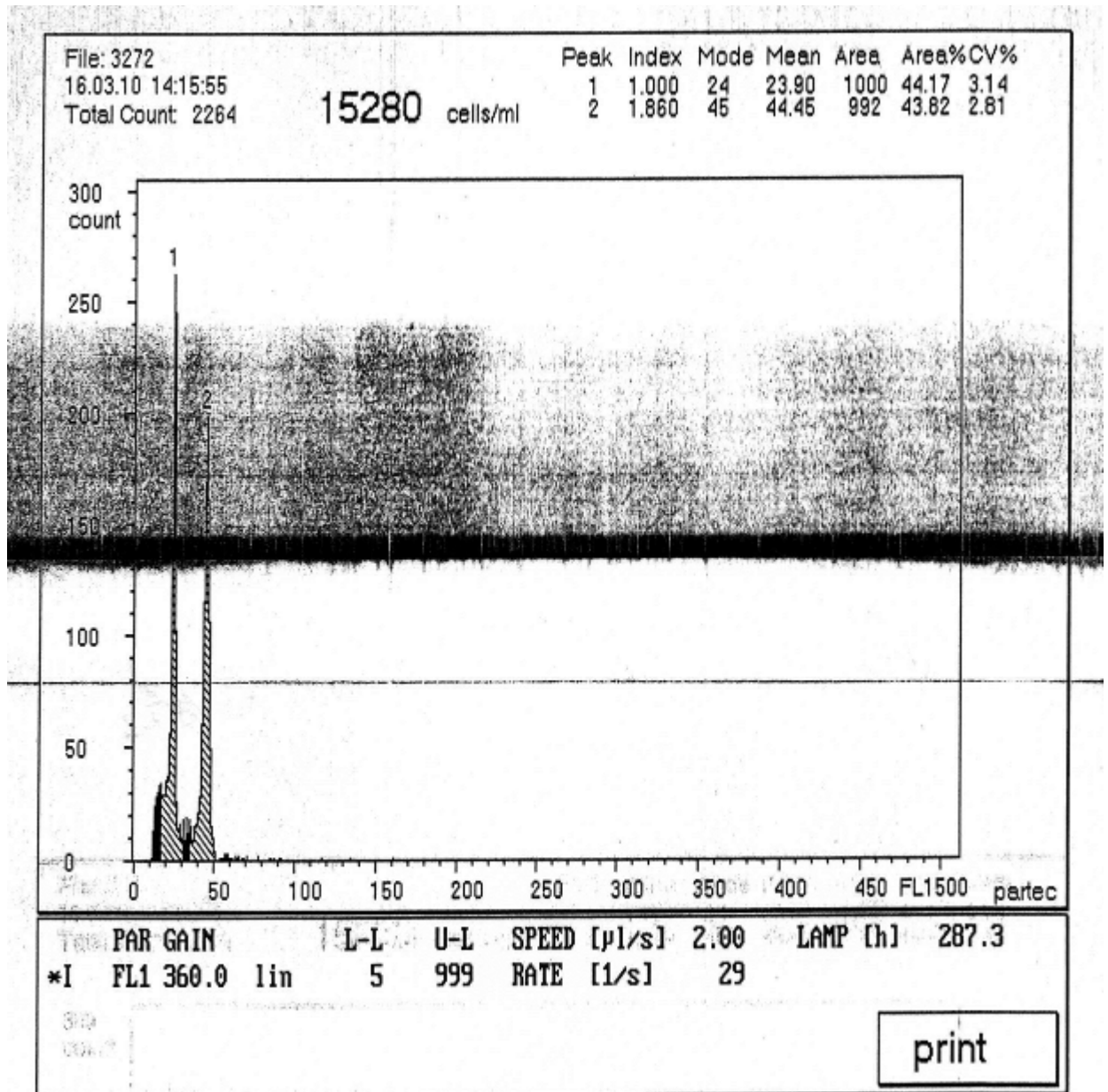


Fig. 30. Cytométrie pour *Asplenium trichomanes* subsp. *quadrivalens*

Pic.1. Agave striata à 2n chromosome (espèce témoin)

Pic.2. Asplenium trichomanes subsp. *quadrivalens*.
Annaba, Séraïdi. Date de récolte le 26/02/2010.

Le graphe montre que l'espèce est tétraploïde (4n chromosome).
Elle donne un pic à 50 canaux.

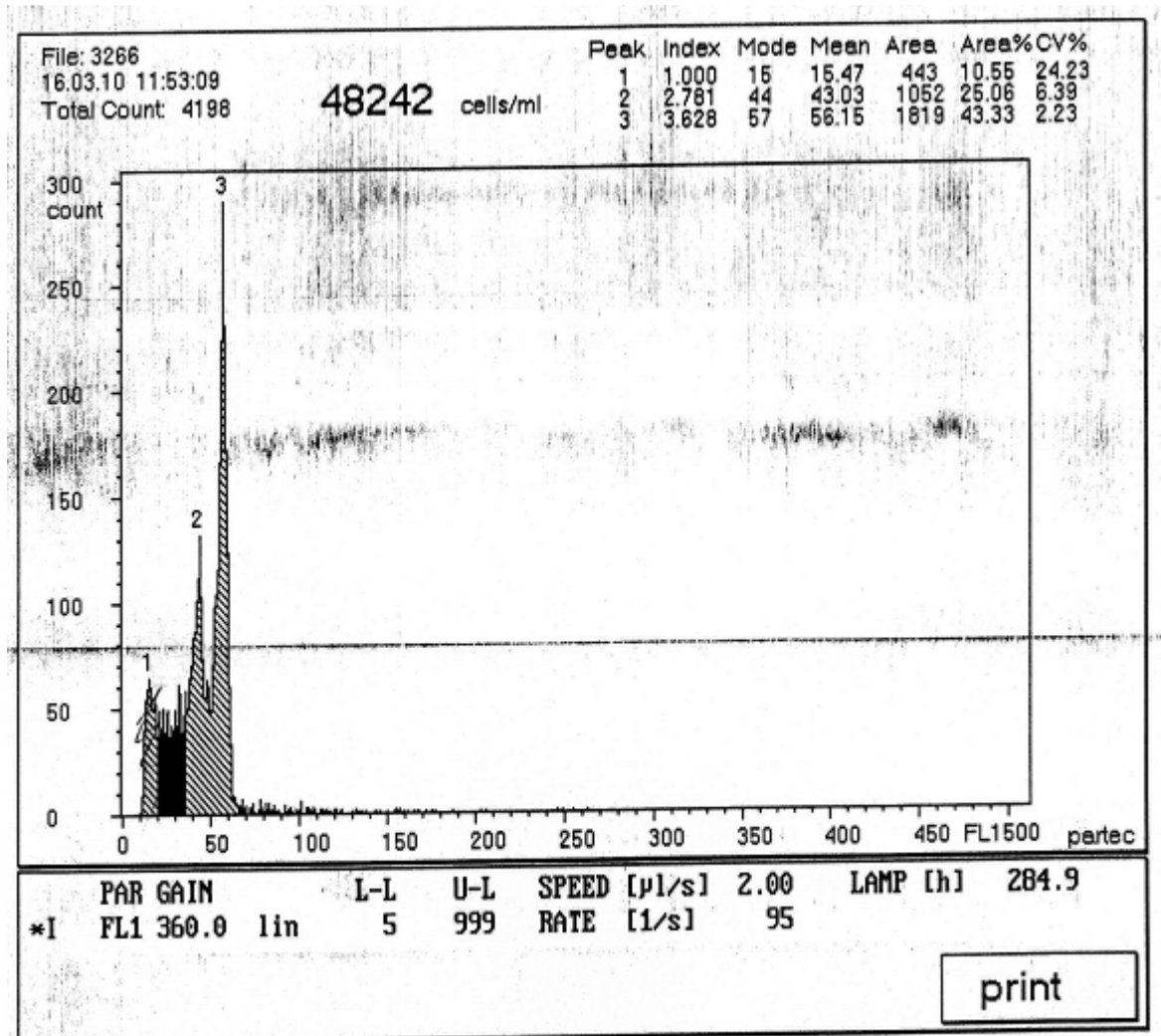


Fig. 31. Cytométrie pour *Asplenium trichomanes* subsp. *quadrivalens*

Pic.2. Asplenium trichomanes subsp. *quadrivalens*. Annaba, Séraïdi. Date de récolte le 26/02/2010.

Pic.3. Agave sisalana à 5n chromosomes (espèce témoin).

Le graphe montre que l'espèce est tétraploïde (4n chromosome). Les pics 2 et 3 sont presque confondus à 70 canaux.

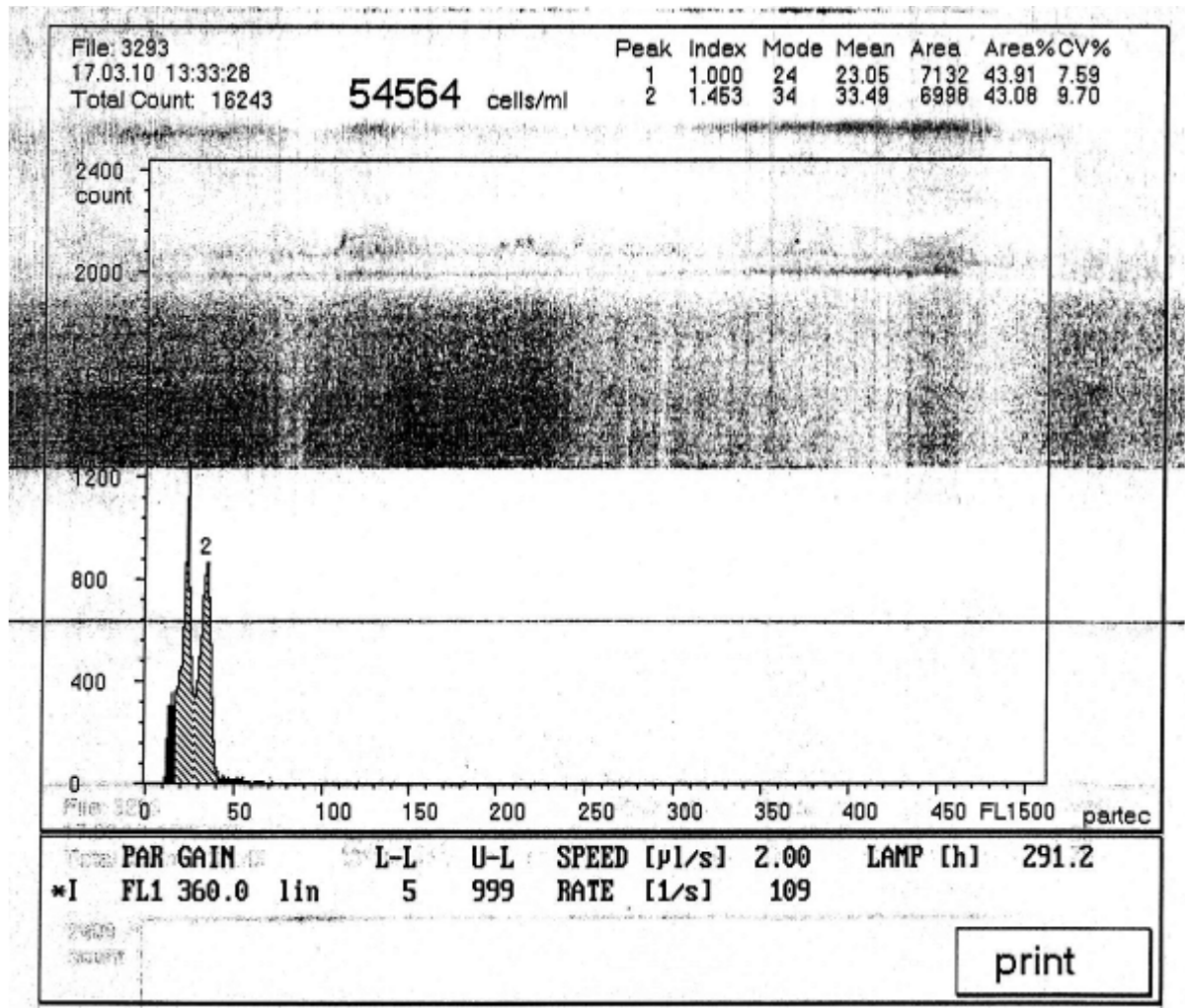


Fig. 32. Cytométrie pour *Polystichum setiferum*

Pic.1. Agave striata à 2n chromosomes (espèce témoin).

Pic.2. Polystichum setiferum. Annaba, Séraïdi. Date de récolte le 26/02/2010.

Le graphe montre que l'espèce est diploïde (2n chromosome). Les deux pics présentent le même nombre de canaux (40).

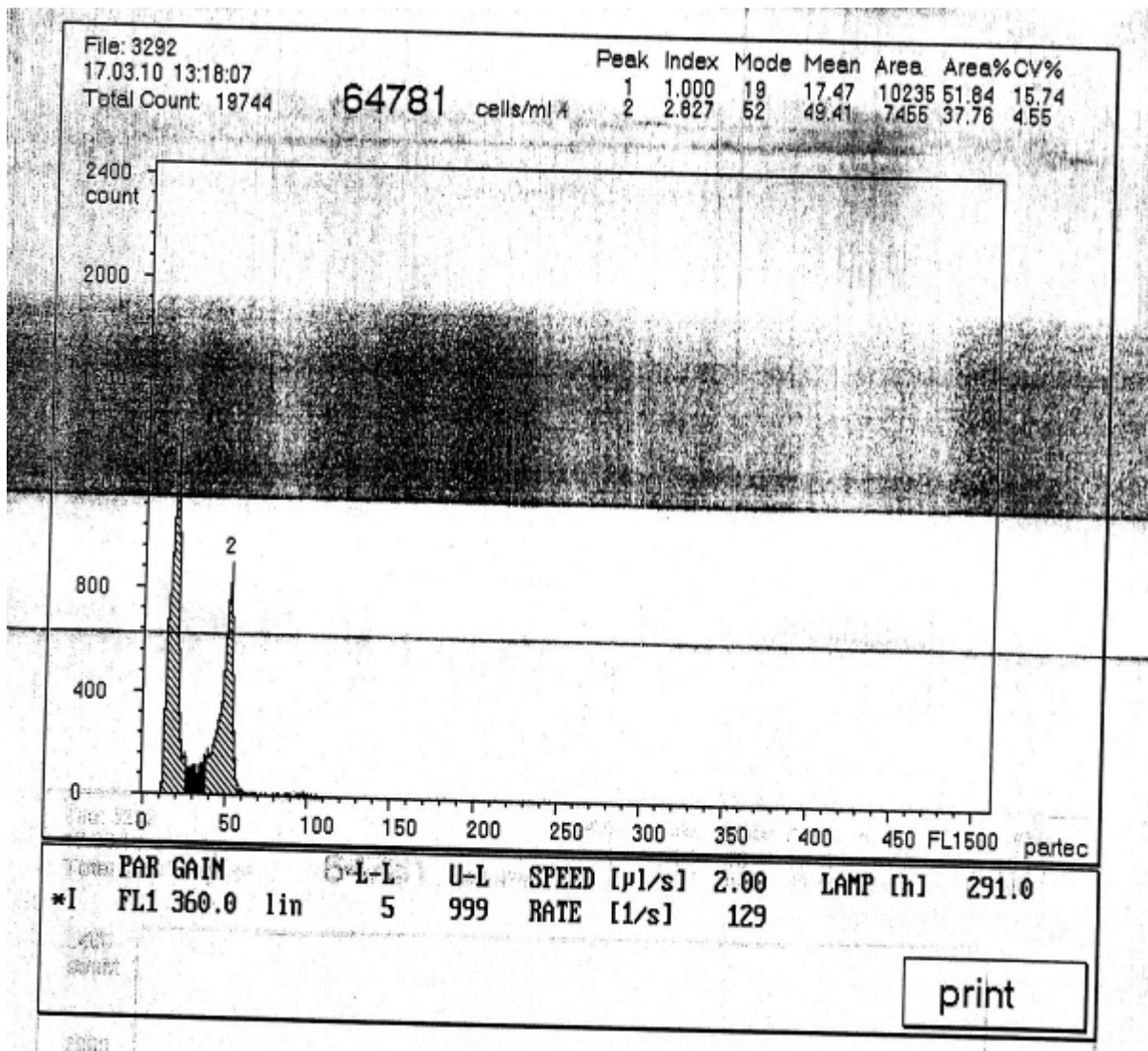


Fig. 33. Cytométrie pour *Asplenium oopteris*.

Pic.1. *Asplenium oopteris*. Annaba, Séraïdi. Date de récolte le 26/02/2010.

Pic.2. *Agave sisalana* à 5n chromosomes (espèce témoin).

Le graphe montre que l'espèce est diploïde (2n chromosome) Elle donne un pic à 30 canaux.

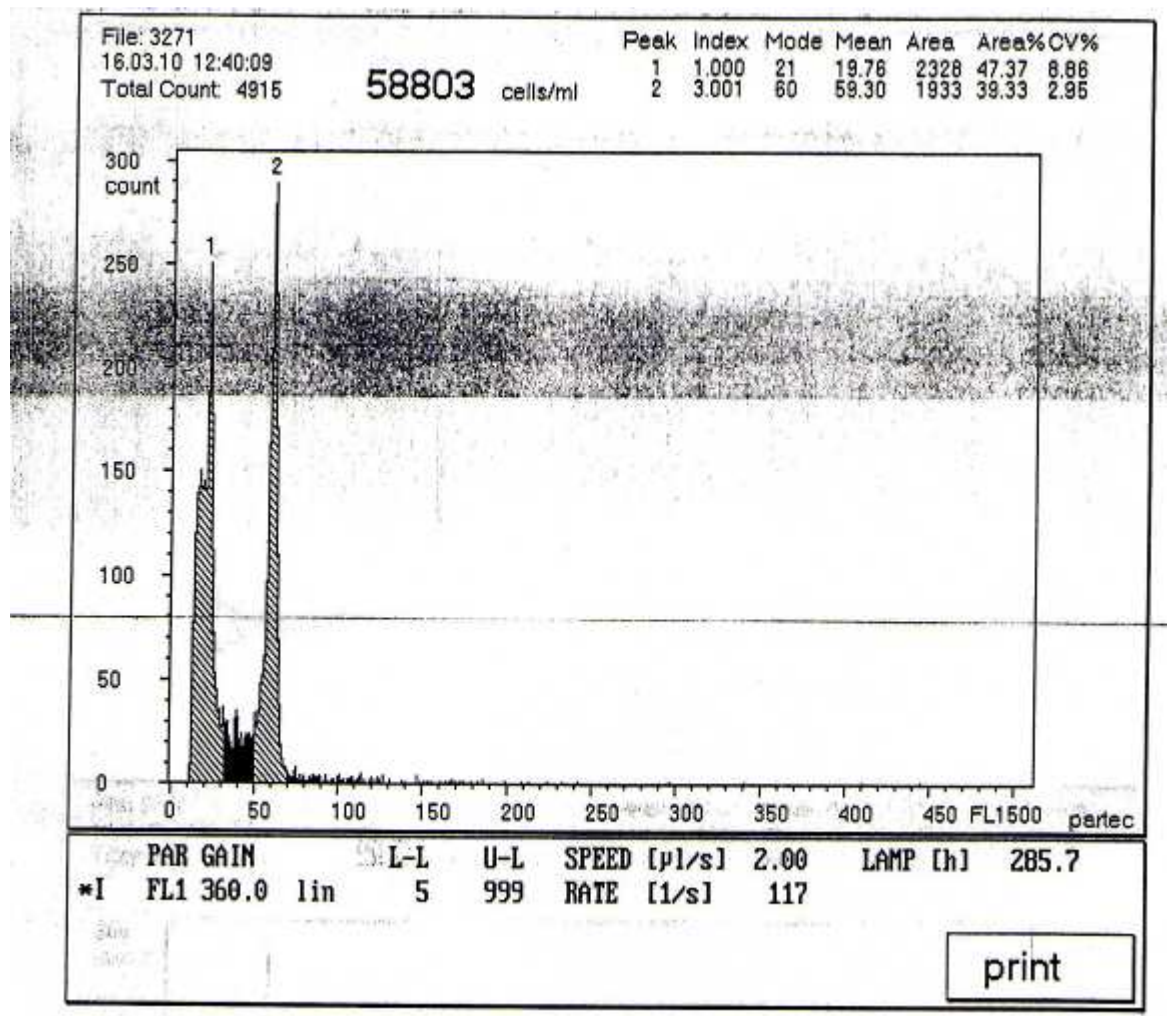


Fig. 34. Cytométrie pour *Asplenium onopteris*.

Pic. 1. *Asplenium onopteris*. Annaba, Séraïdi. Date de récolte le 26/02/2010.

Pic.2. *Agave Sisalana* à 5n chromosomes (espèce témoin).

Le graphe montre que l'espèce est diploïde (2n chromosome), Elle donne un pic à 30 canaux.

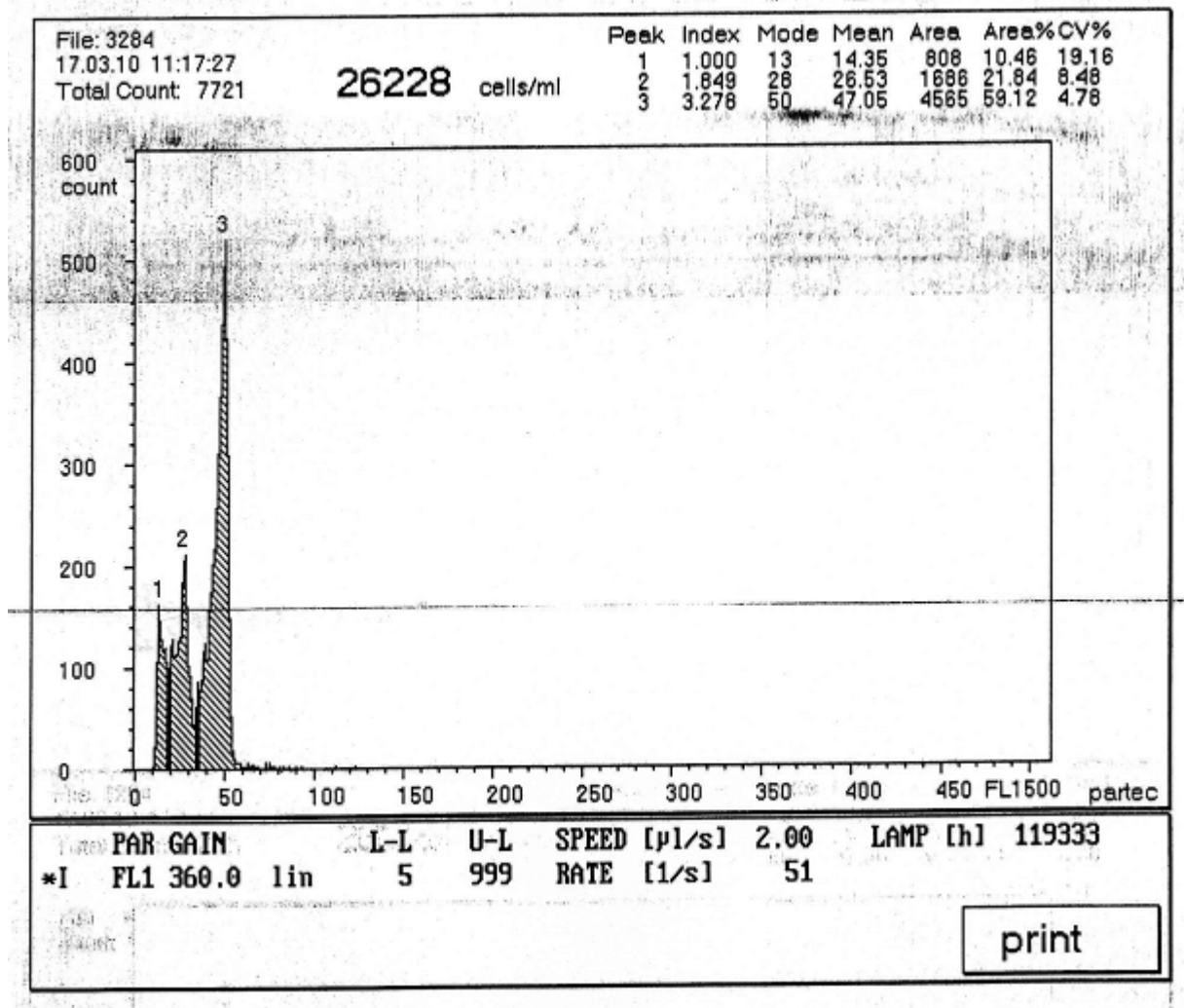


Fig. 35. Cytométrie pour *Asplenium ceterach*.

Pic.2. Agave striata à 2n chromosomes (espèce témoin).

Pic.3. Asplenium ceterach. Annaba, Séraïdi. Date de récolte le 26/02/2010.

Le graphe montre que l'espèce est tétraploïde (4n chromosome). Elle donne un pic à 60 canaux

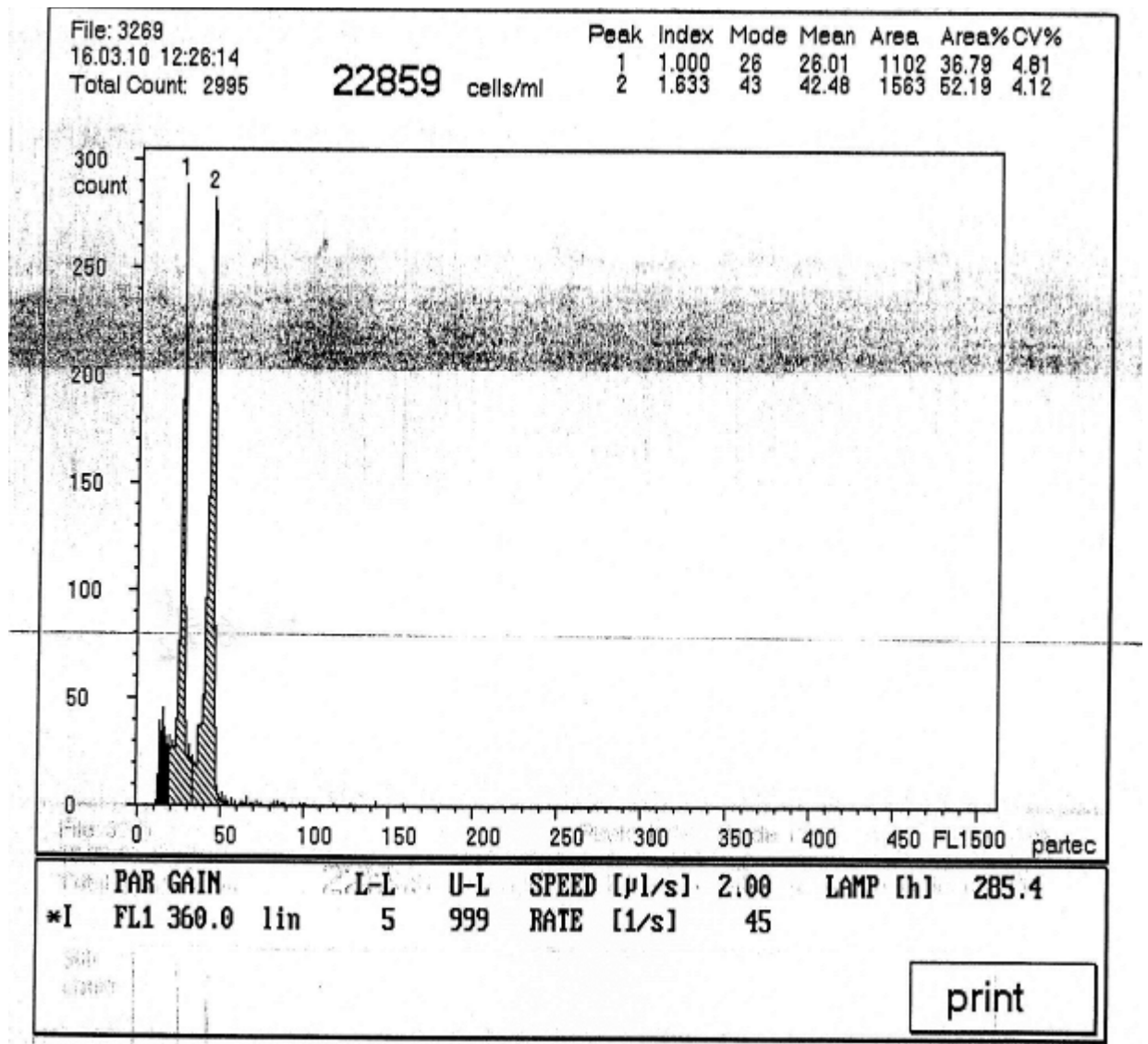


Fig. 36. Cytométrie pour *Asplenium billotii*.

Pic.1. Agave striata à 2n chromosomes (espèce témoin).

Pic.2. Asplenium billotii. Annaba, Séraïdi. Date de récolte le 26/02/2010.

Le graphe montre que l'espèce est tétraploïde (4n chromosome), Elle donne un pic à 60 canaux.

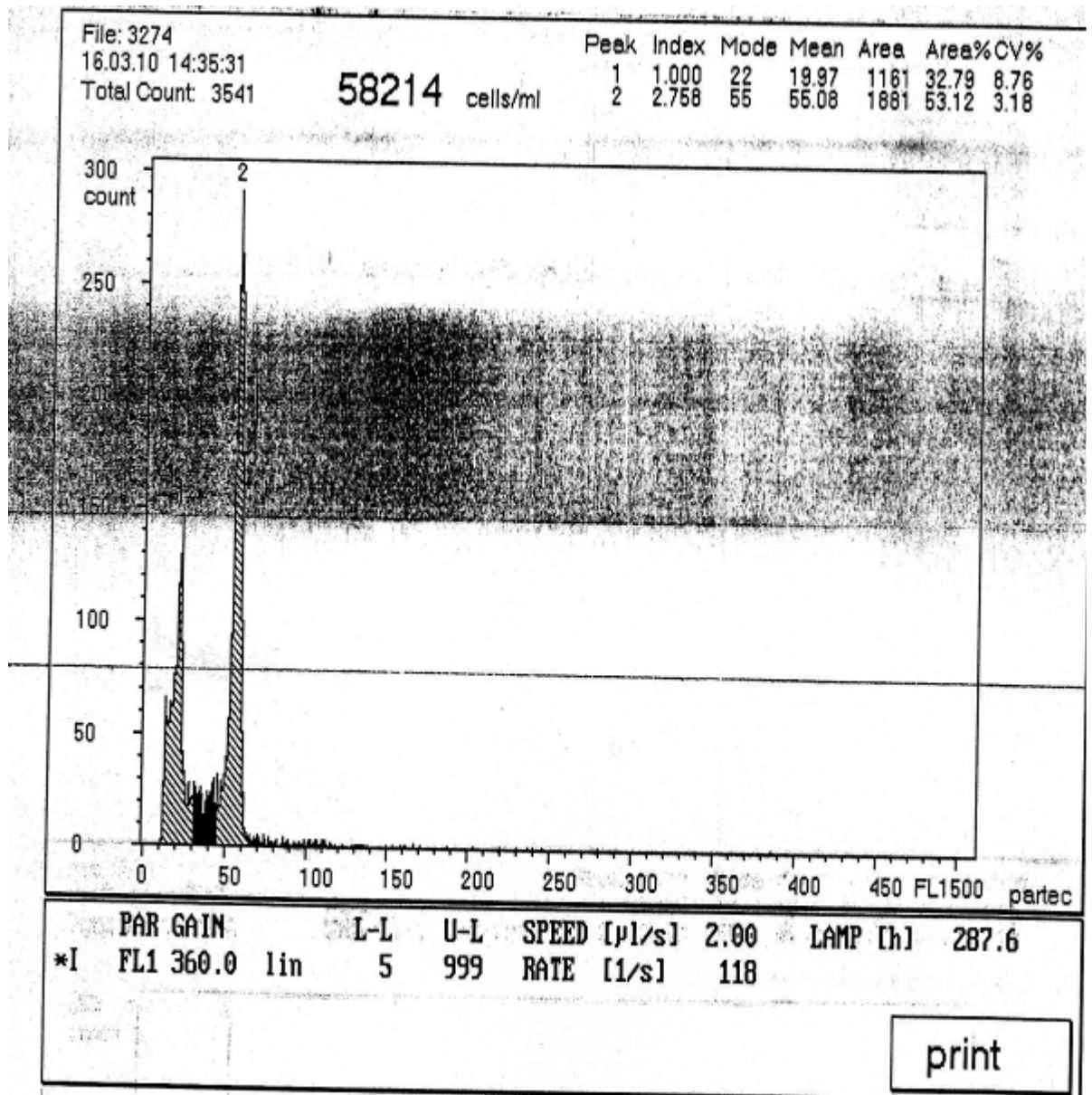


Fig. 37. Cytométrie pour *Asplenium obovatum*.

Pic.1. *Asplenium obovatum*. Annaba, Séraïdi. Date de récolte le 26/02/2010.

Pic.2. *Agave sisalana* à 5n chromosomes (espèce témoin).

Le graphe montre que l'espèce est diploïde (2n chromosome), Elle donne un pic à 30 canaux.

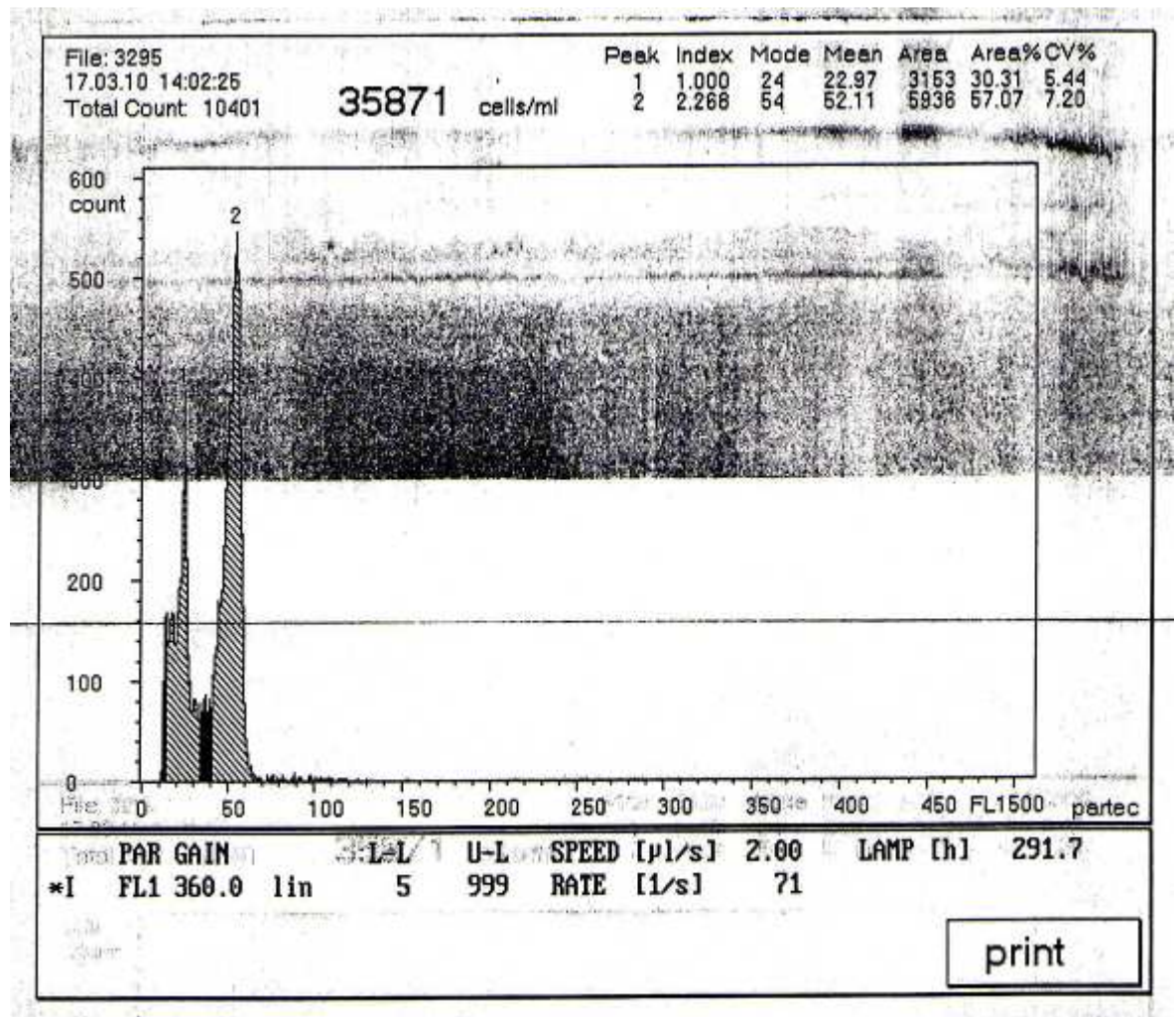


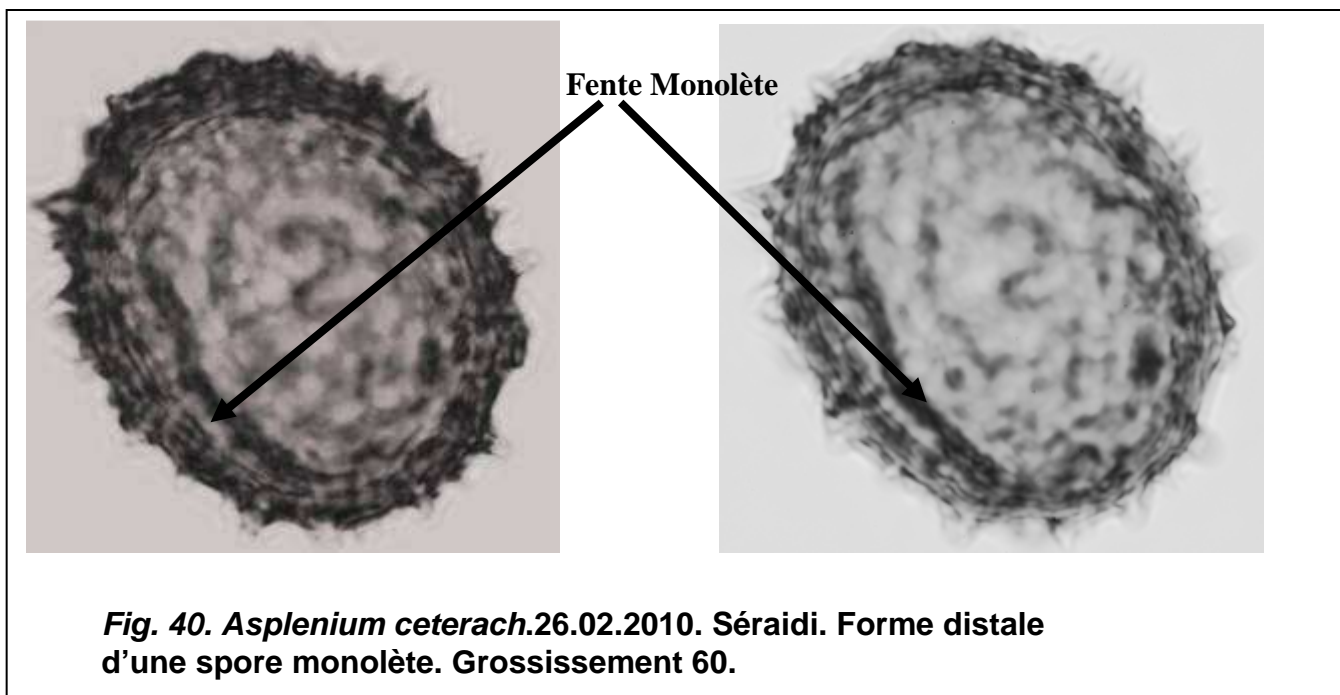
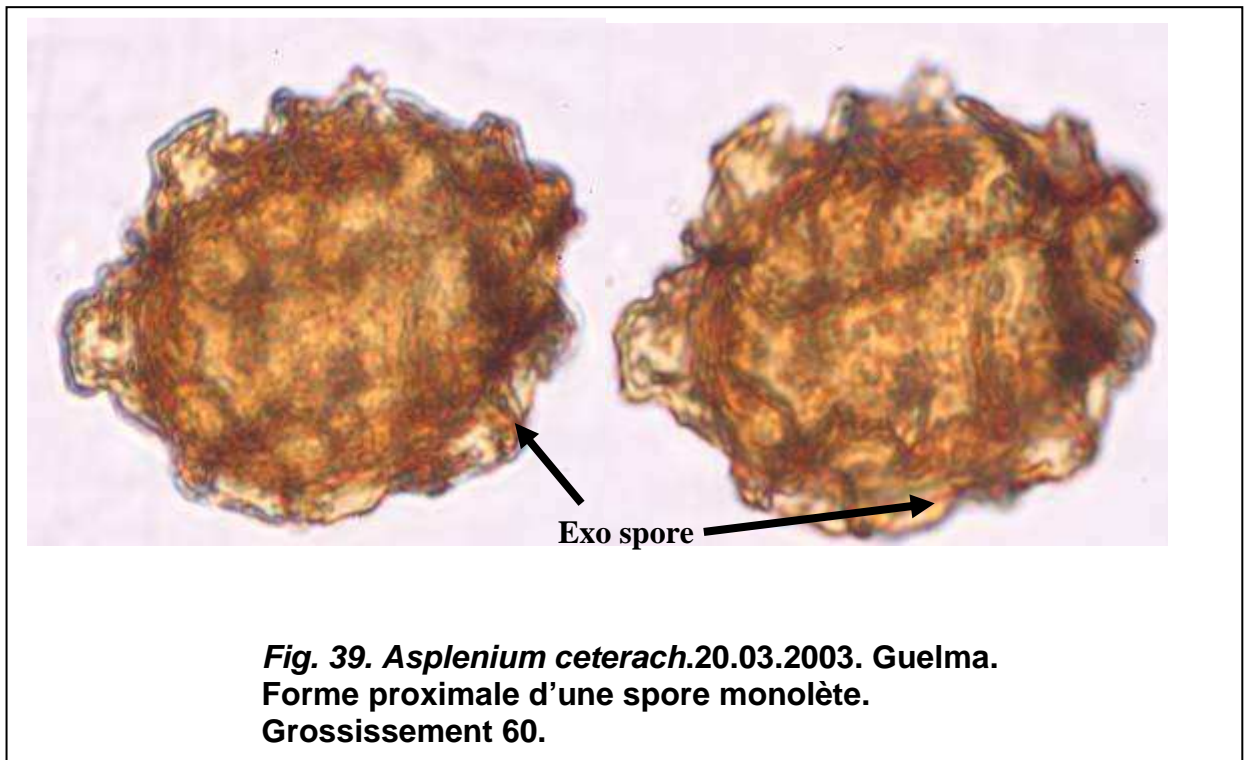
Fig. 38. Cytométrie pour *Polypodium cambricum subsp. cambricum*.

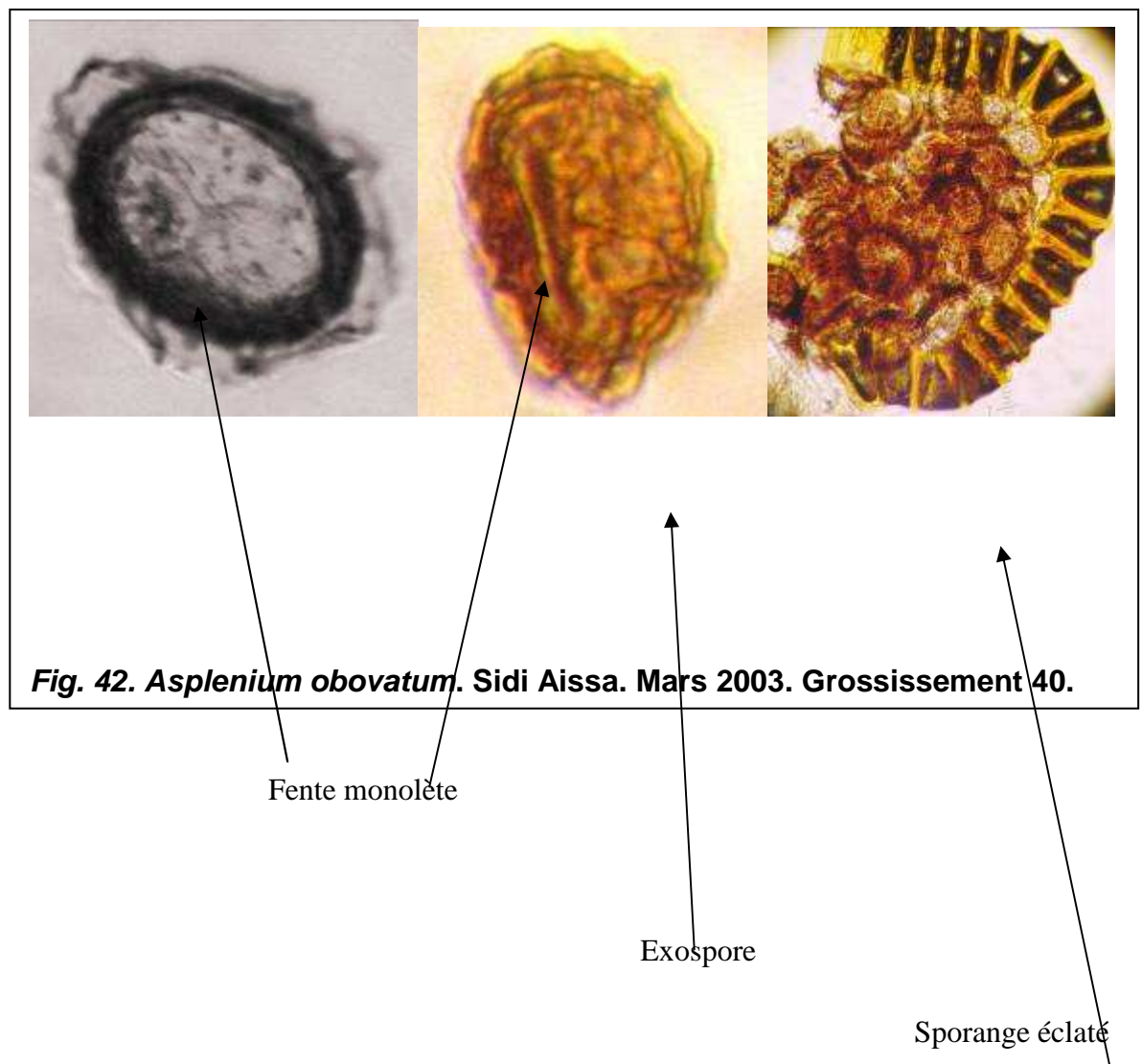
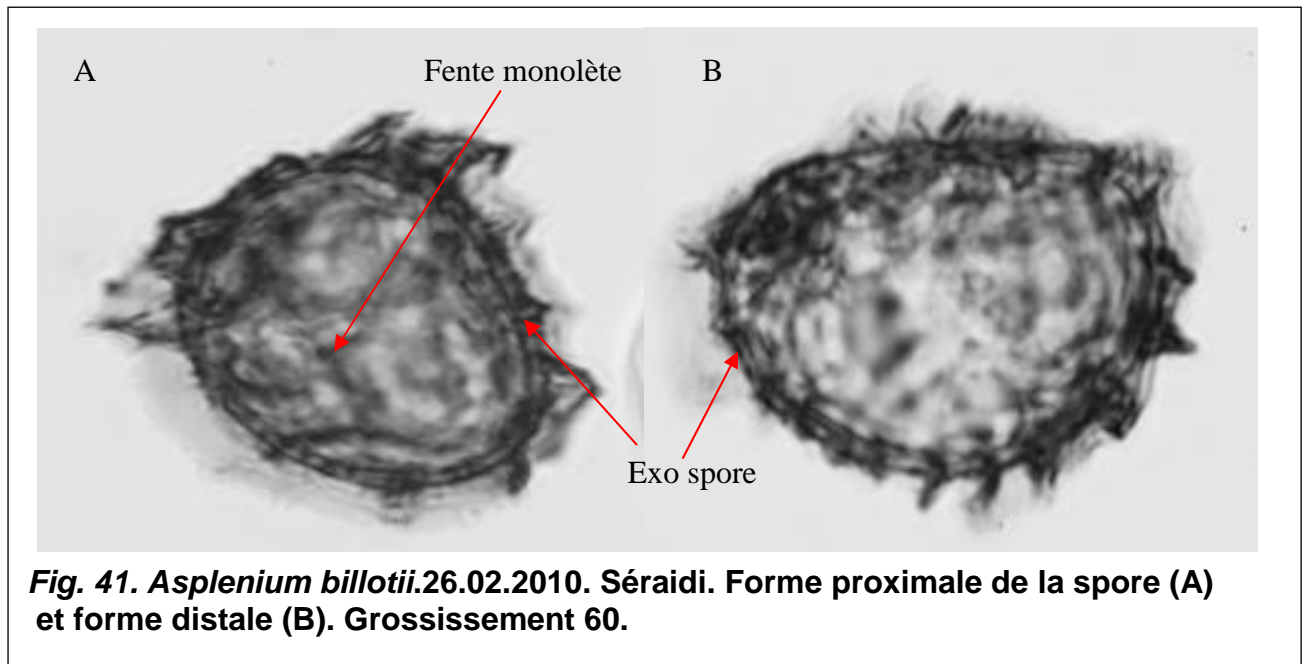
Pic.1. Agave striata à 2n chromosomes (espèce témoin).

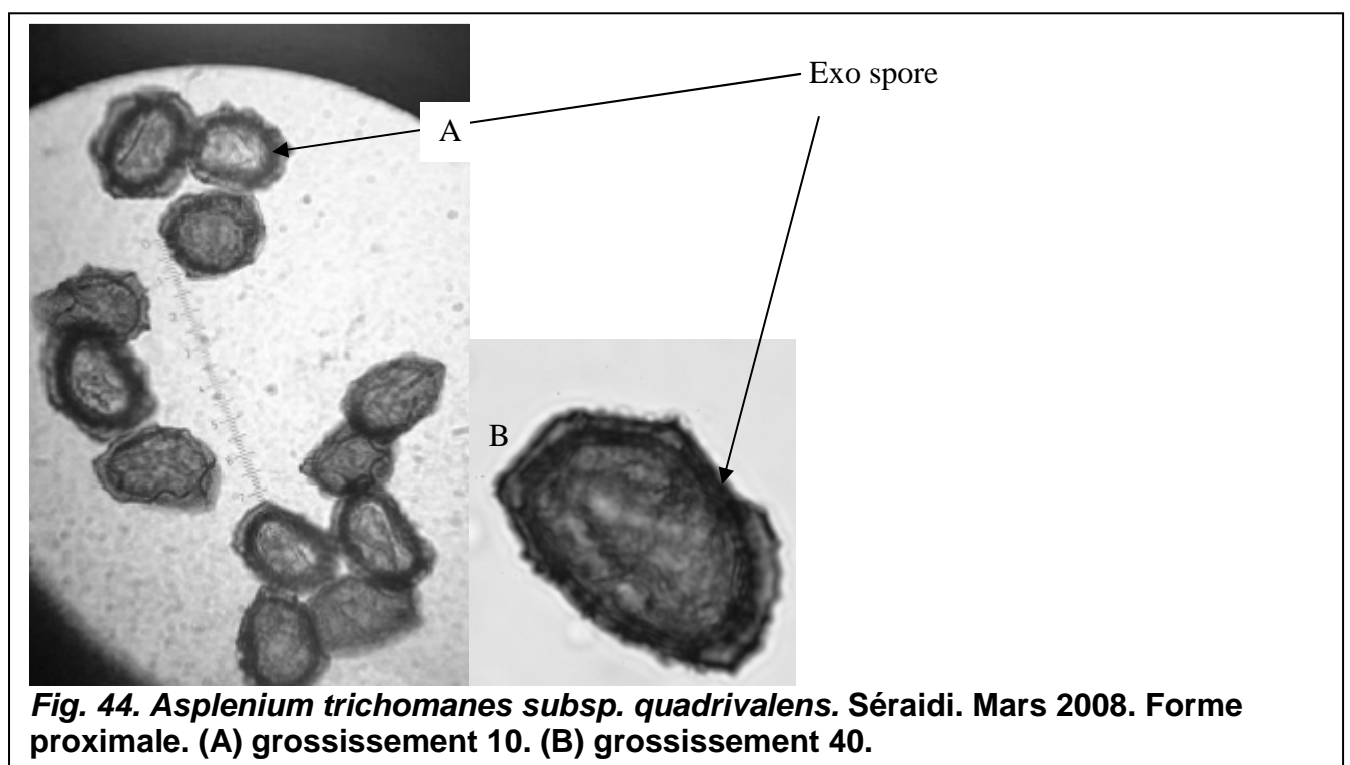
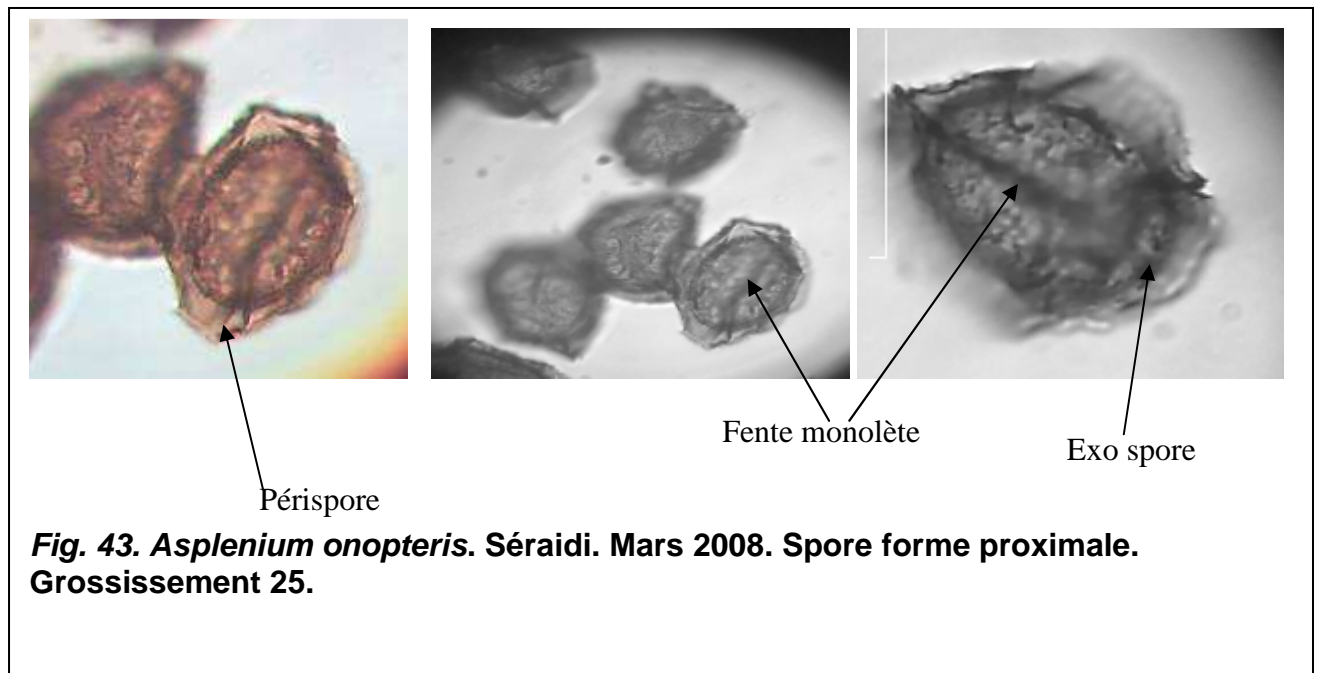
Pic.2. Polypodium cambricum subsp. cambricum. Annaba, Séraïdi. Date de récolte le 26/02/2010.

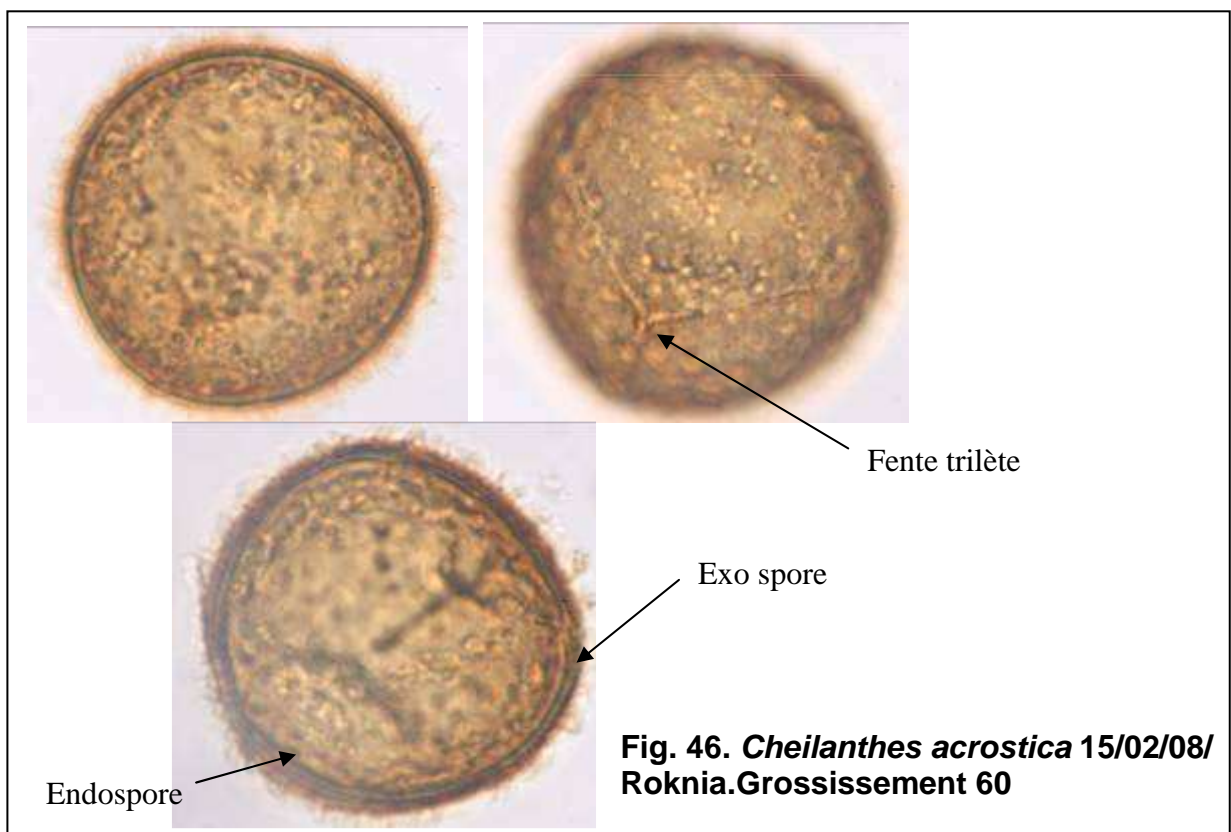
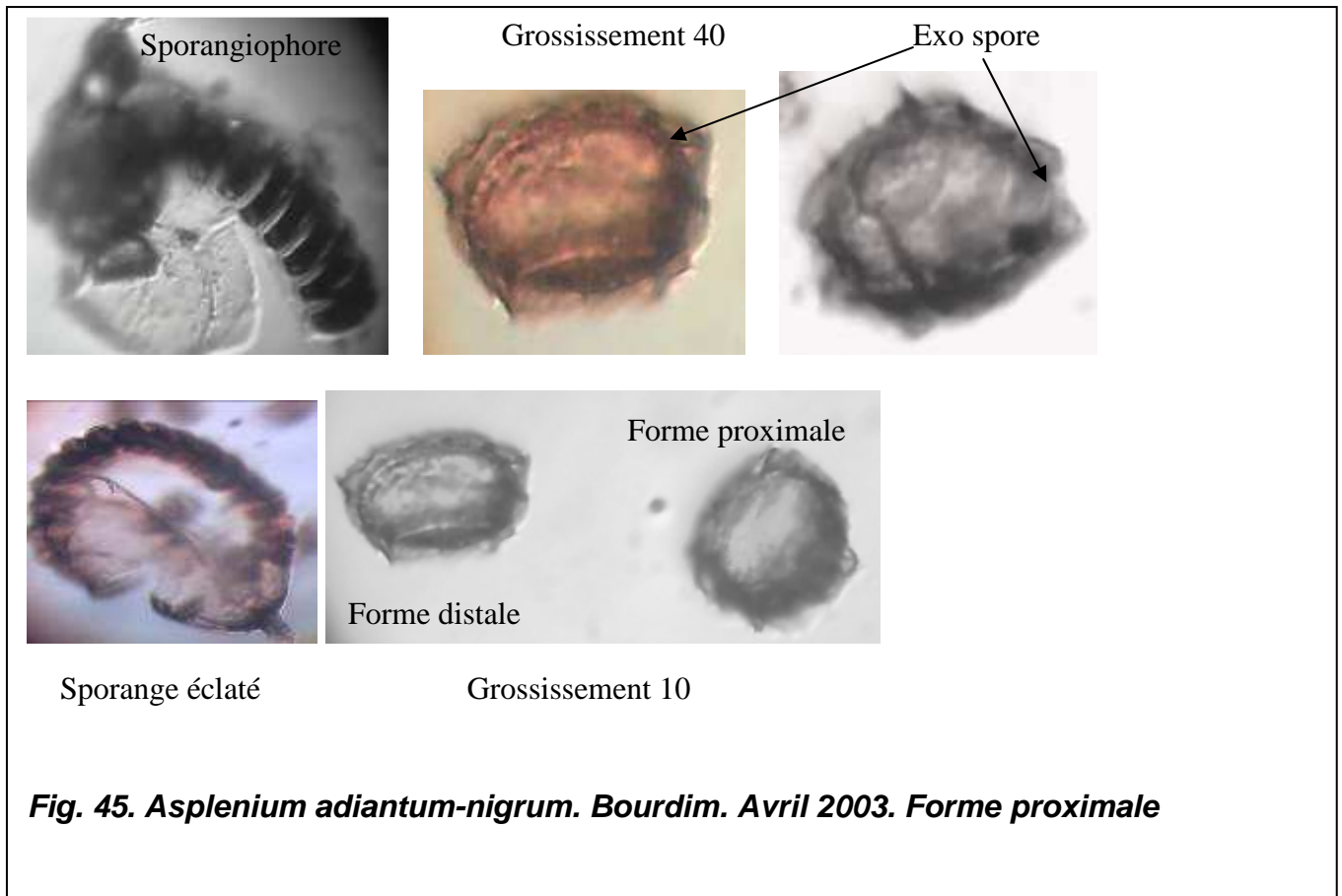
Le graphe montre que l'espèce est diploïde (2n chromosome), Elle donne un pic à 30 canaux.

2.3. Formes des spores et des sores (Photos H. Louhi et S. Haou)









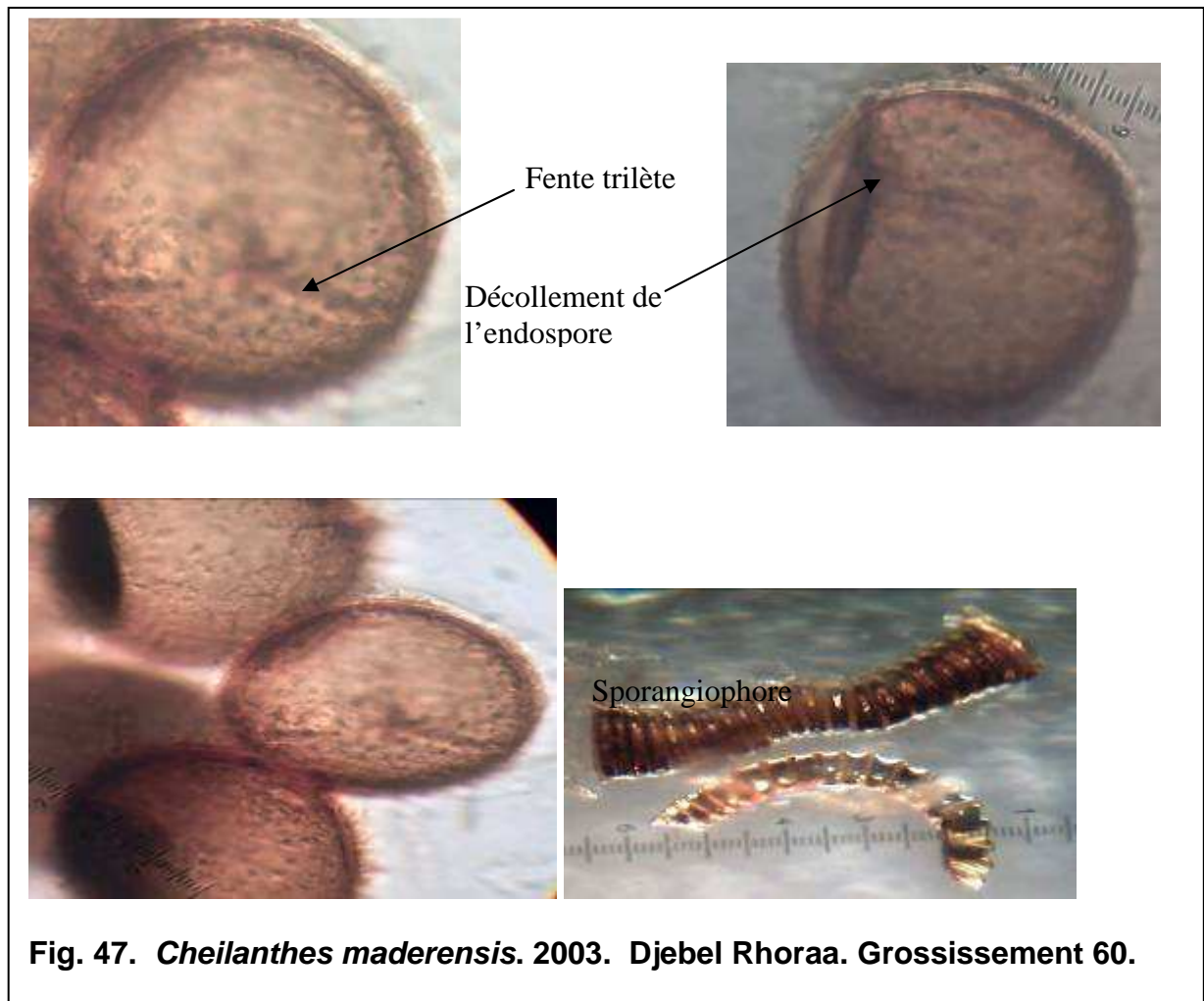


Fig. 47. *Cheilanthes maderensis*. 2003. Djebel Rhora. Grossissement 60.

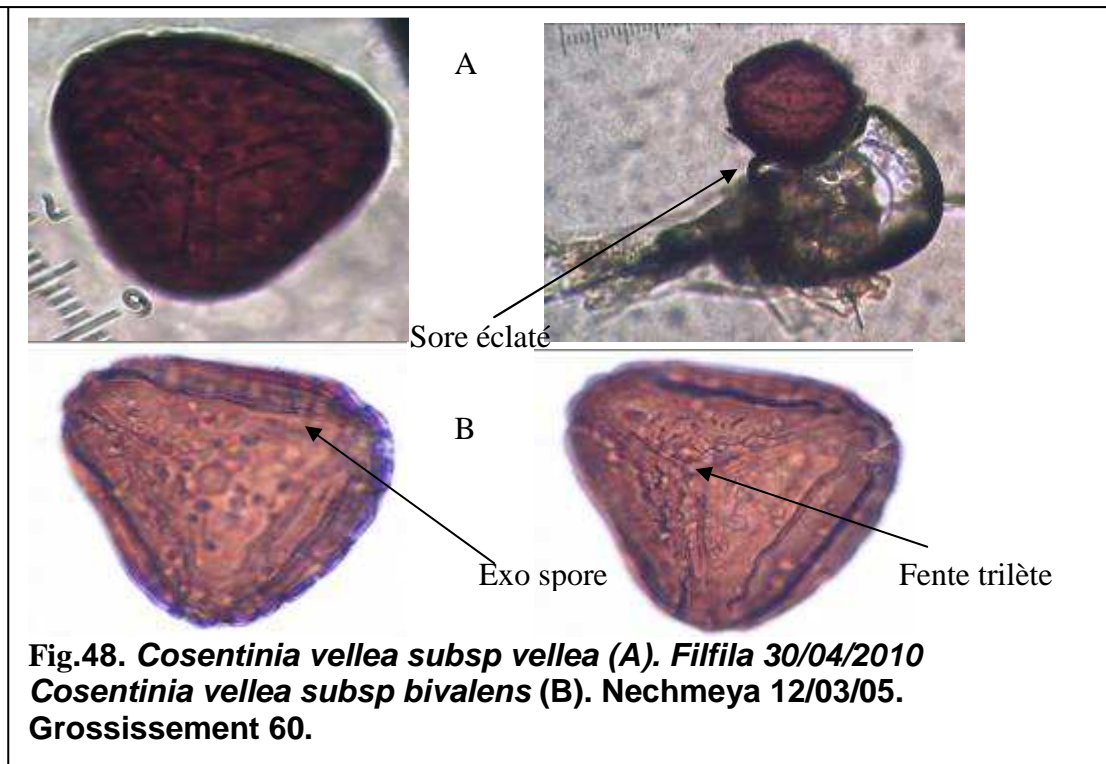
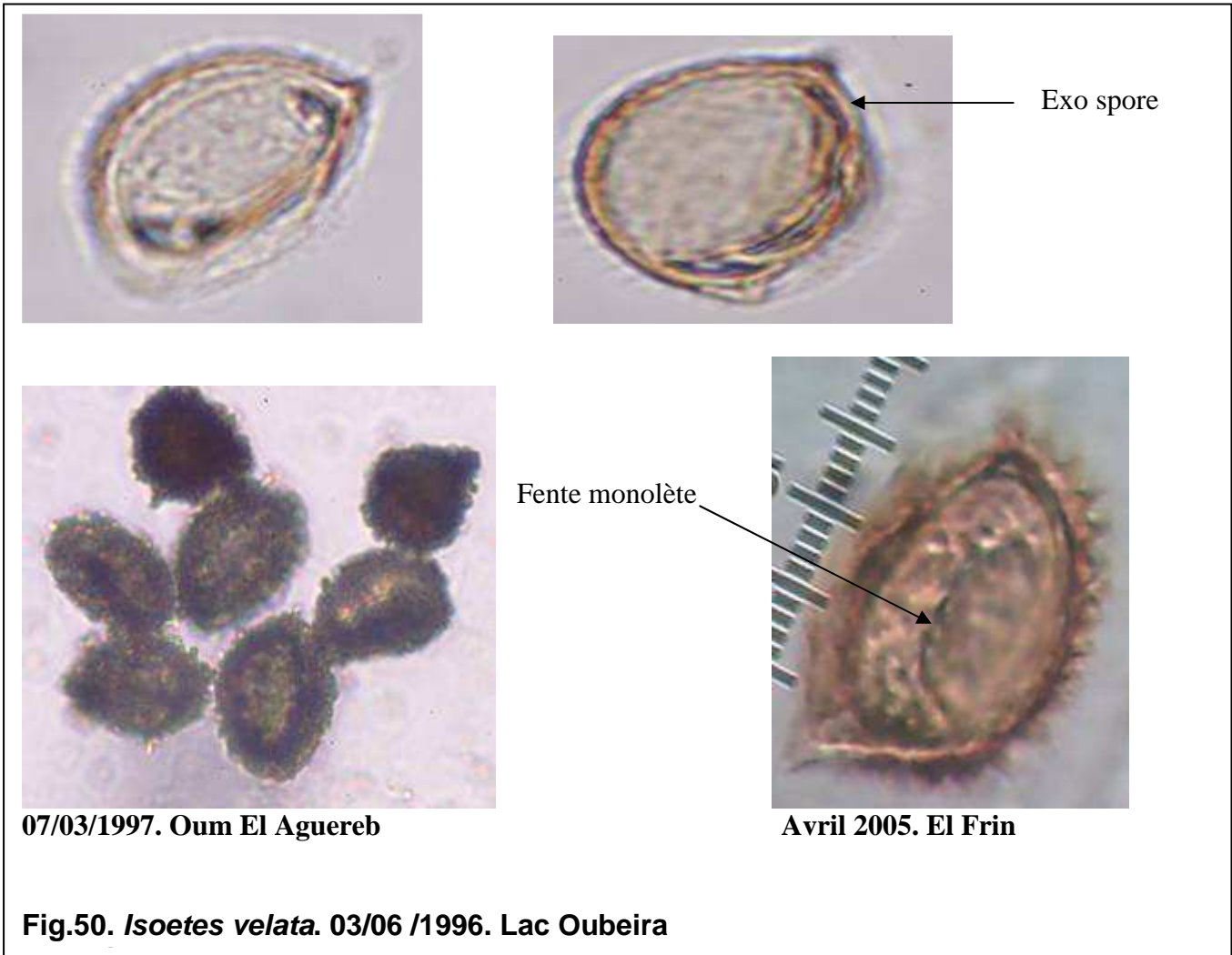
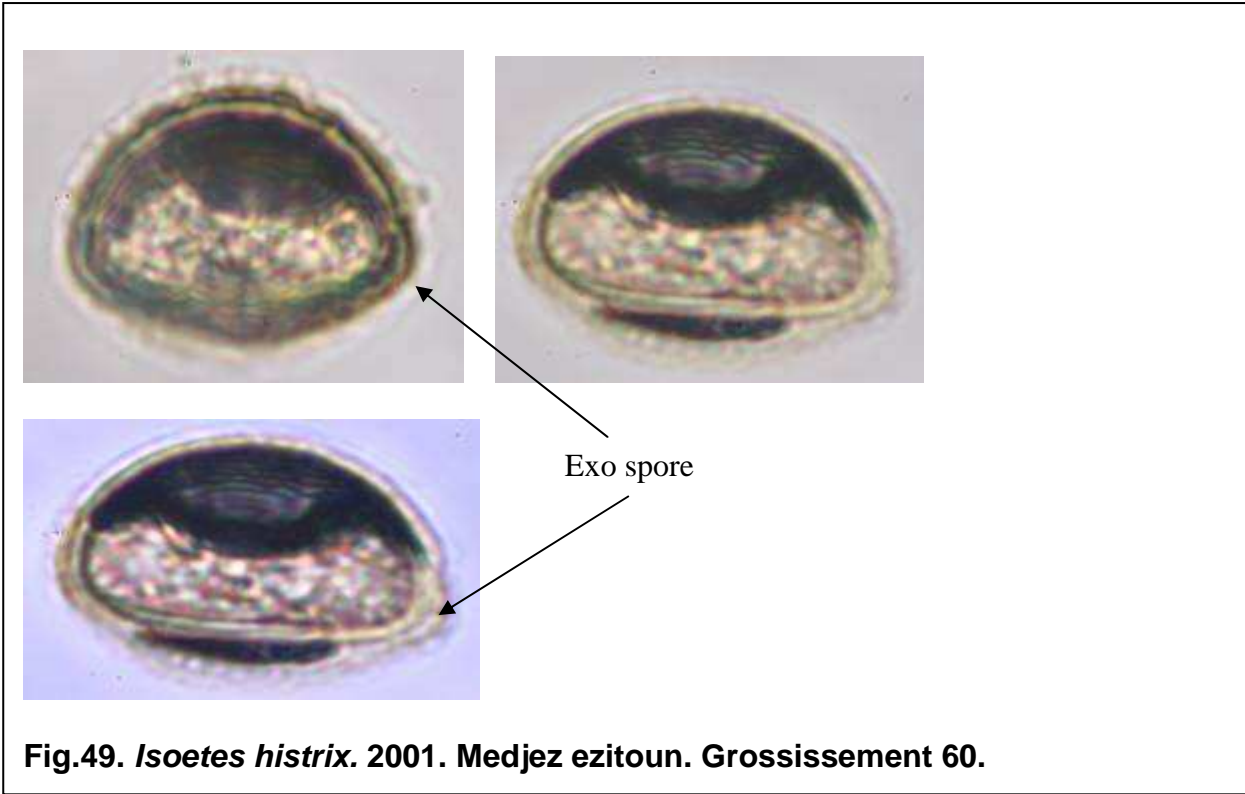
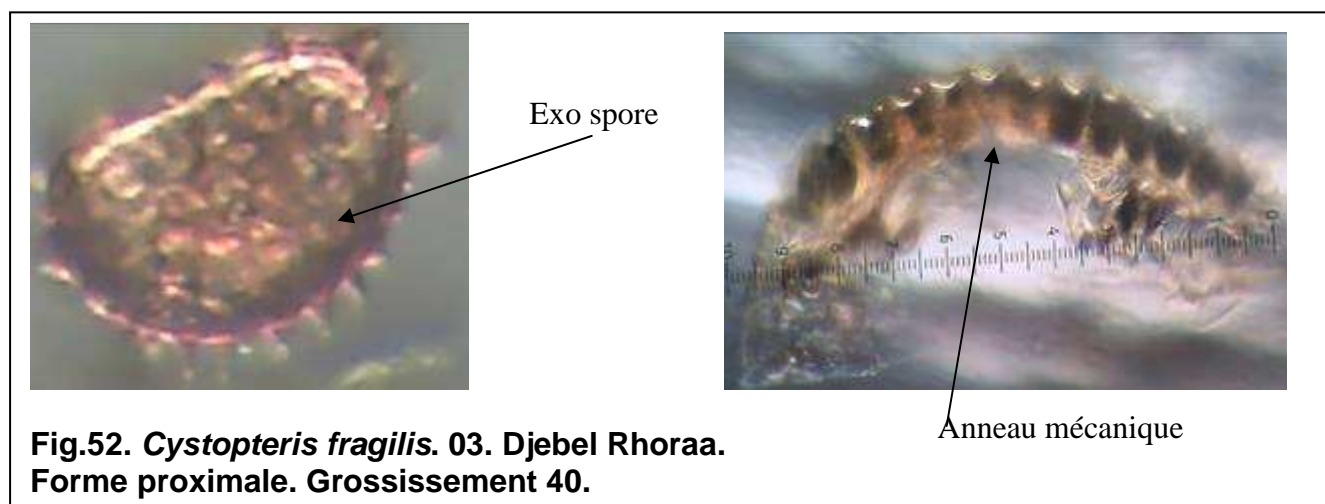
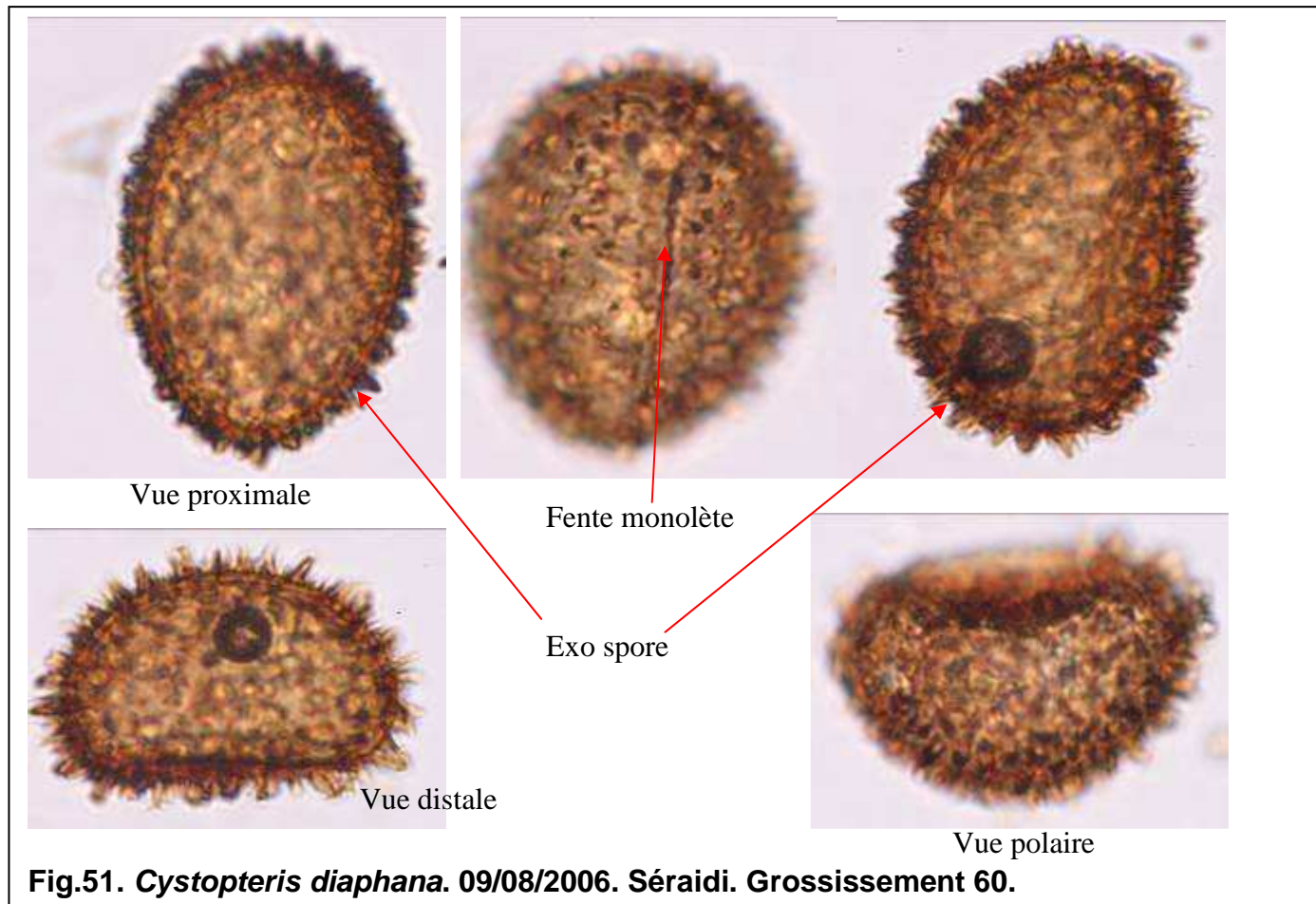


Fig.48. *Cosentinia vellea subsp vellea* (A). Filfila 30/04/2010
Cosentinia vellea subsp bivalens (B). Nechmeya 12/03/05.
 Grossissement 60.





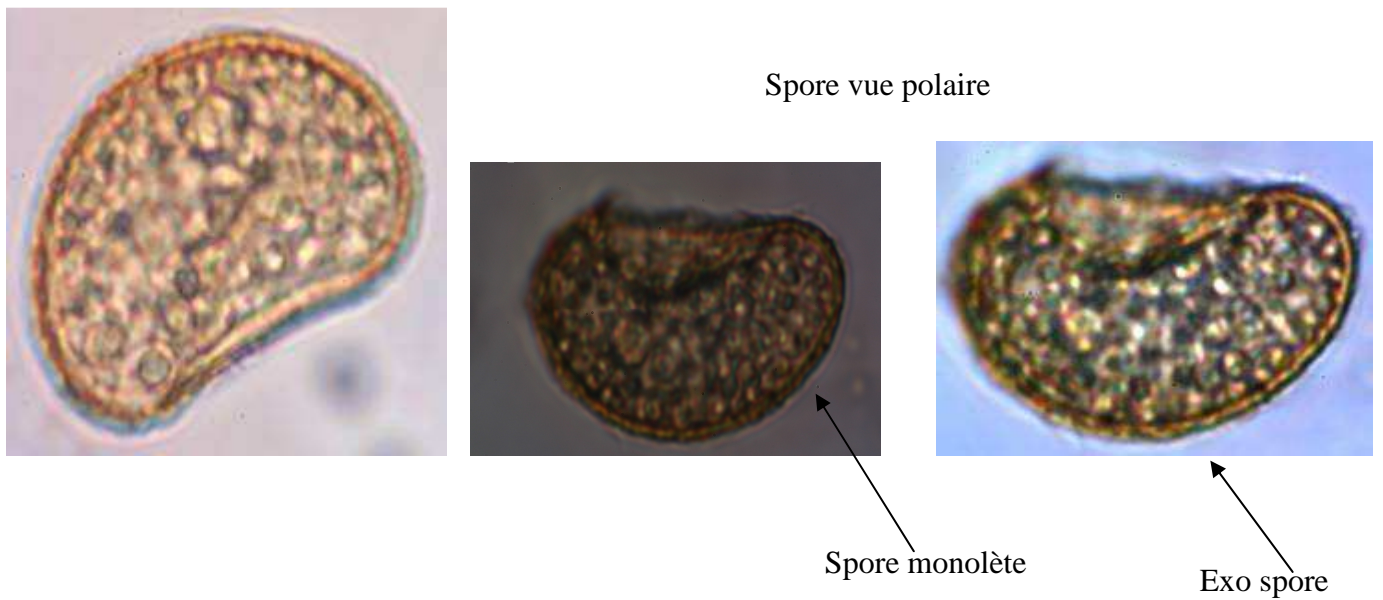


Fig.53. *Athyrium filix-femina*. 18/10/2009. Bourdim. Grossissement 60.

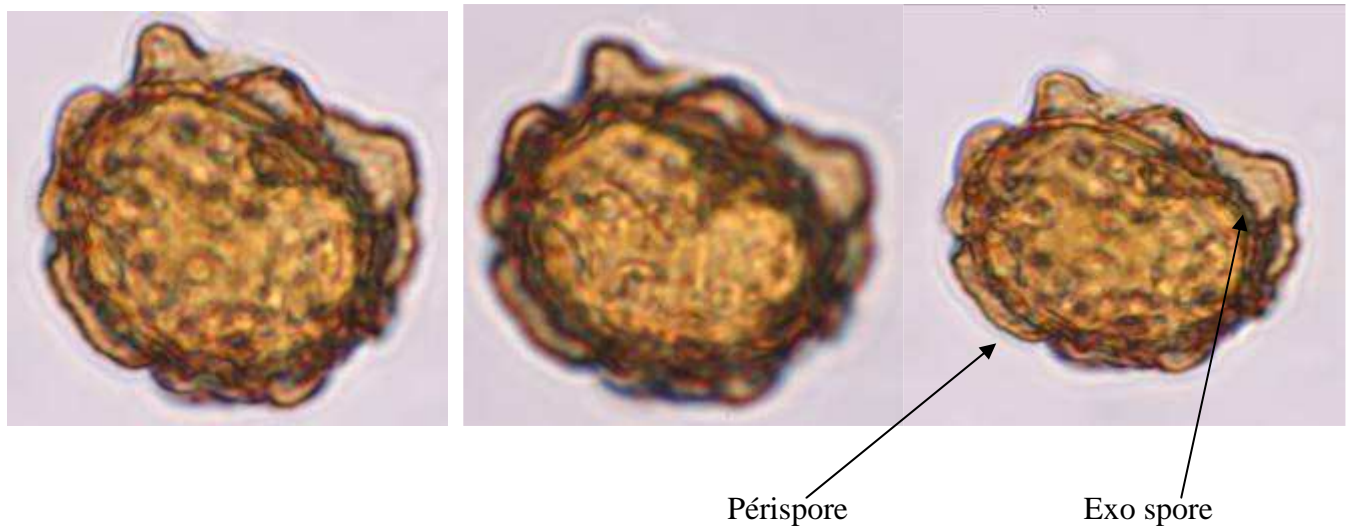


Fig.54. *Polystichum setiferum*. 02/06/2010. Séraïdi. Grossissement 60.

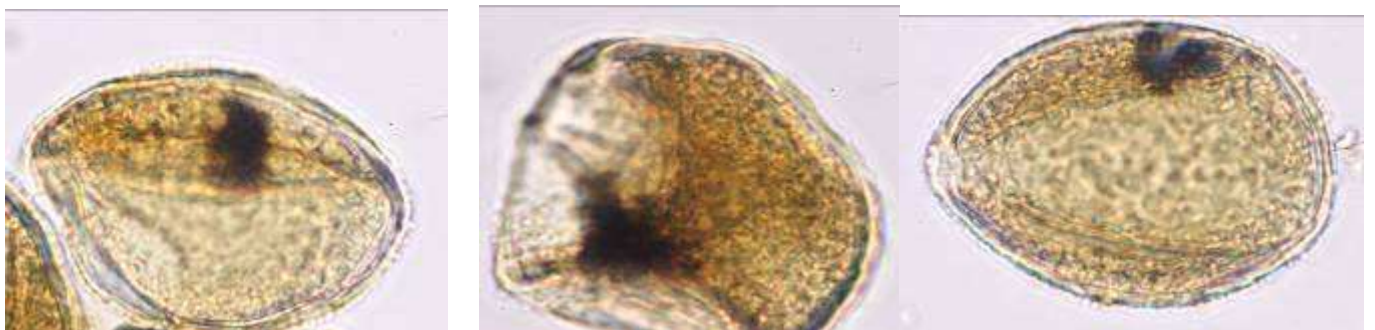


Fig.55. *Osmunda regalis*. 19/05/1989. Aulnaie de Righia. Grossissement 60.

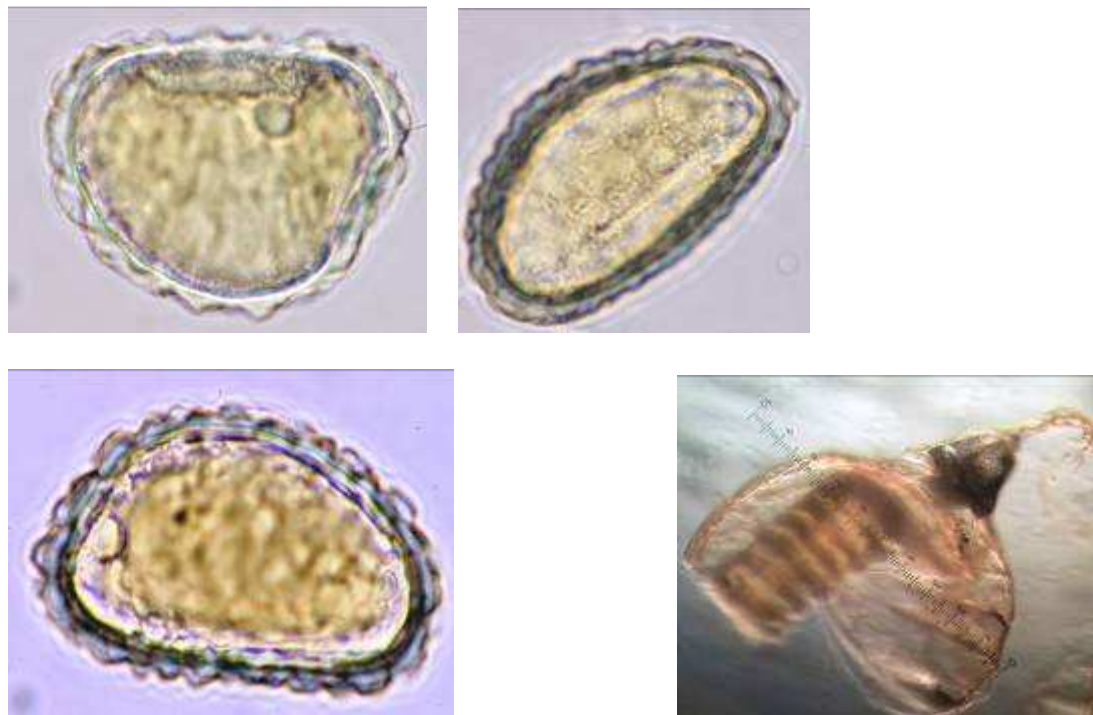


Fig.56. *Polypodium cambricum subsp cambricum*. 05/03/2001. Rifaya Sporange éclaté. Bourdim. Avril 2005. Grossissement 60.

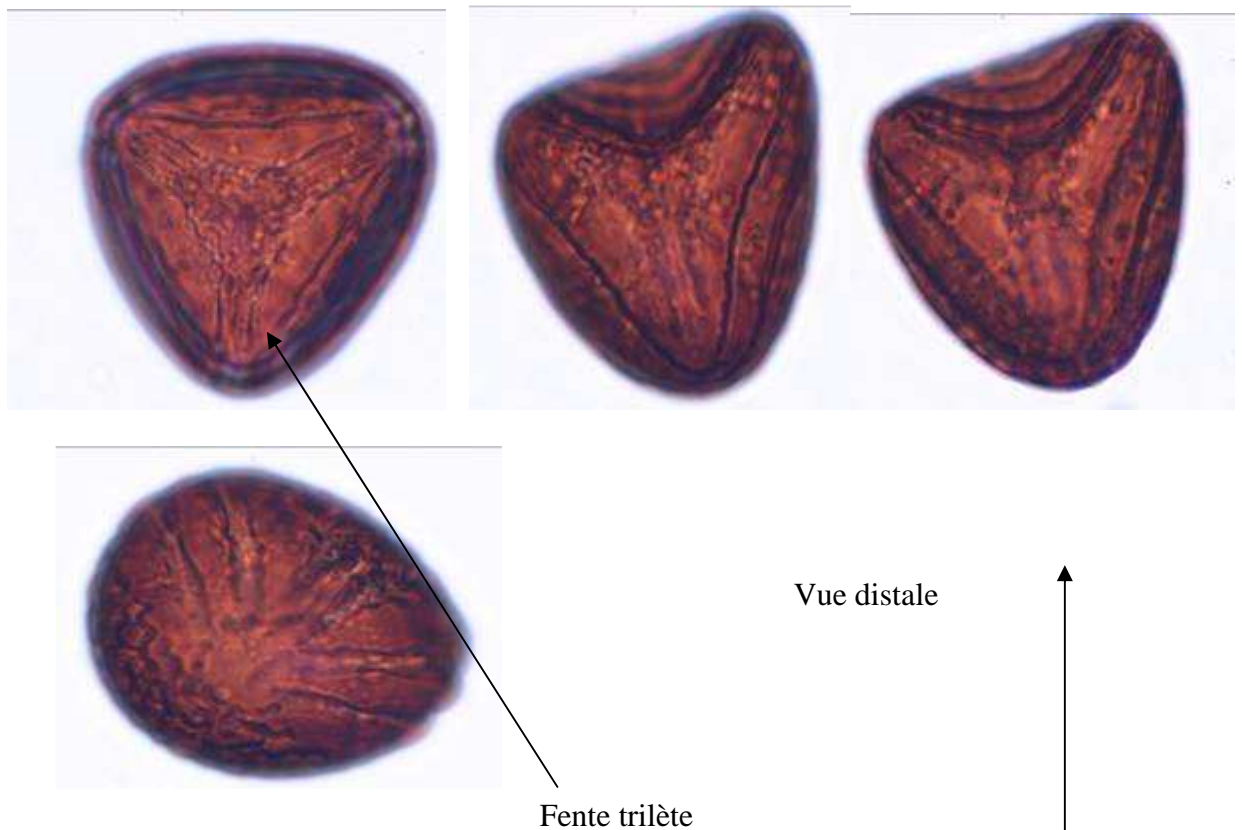
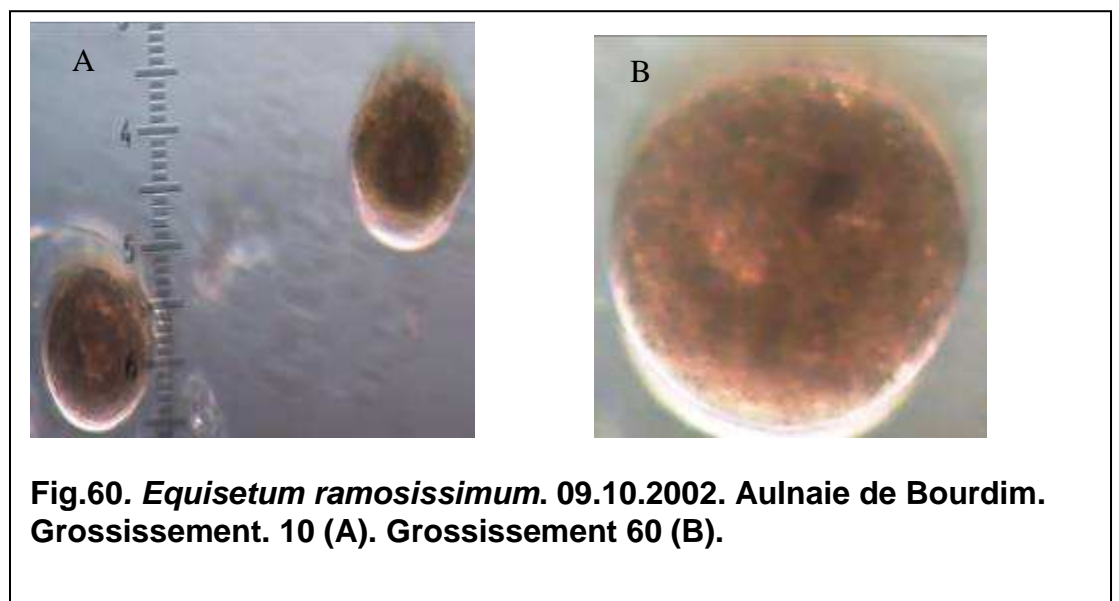
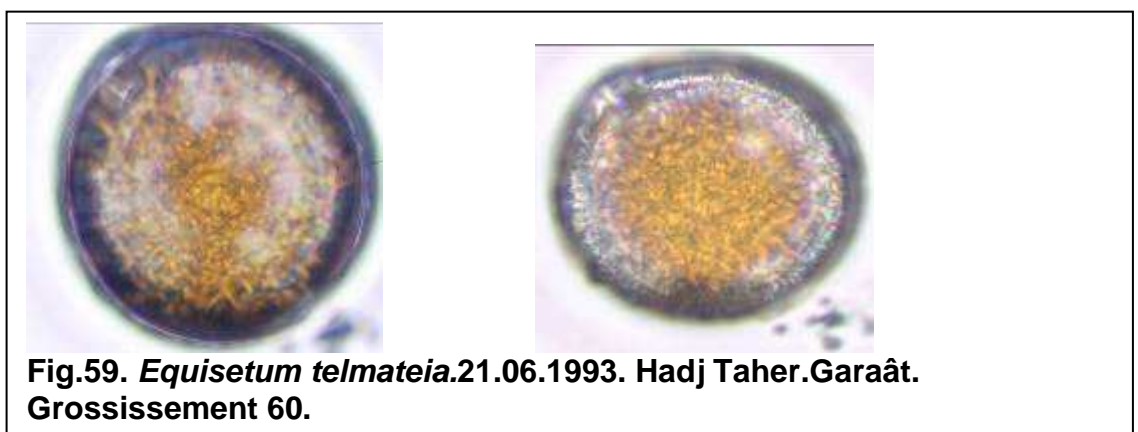
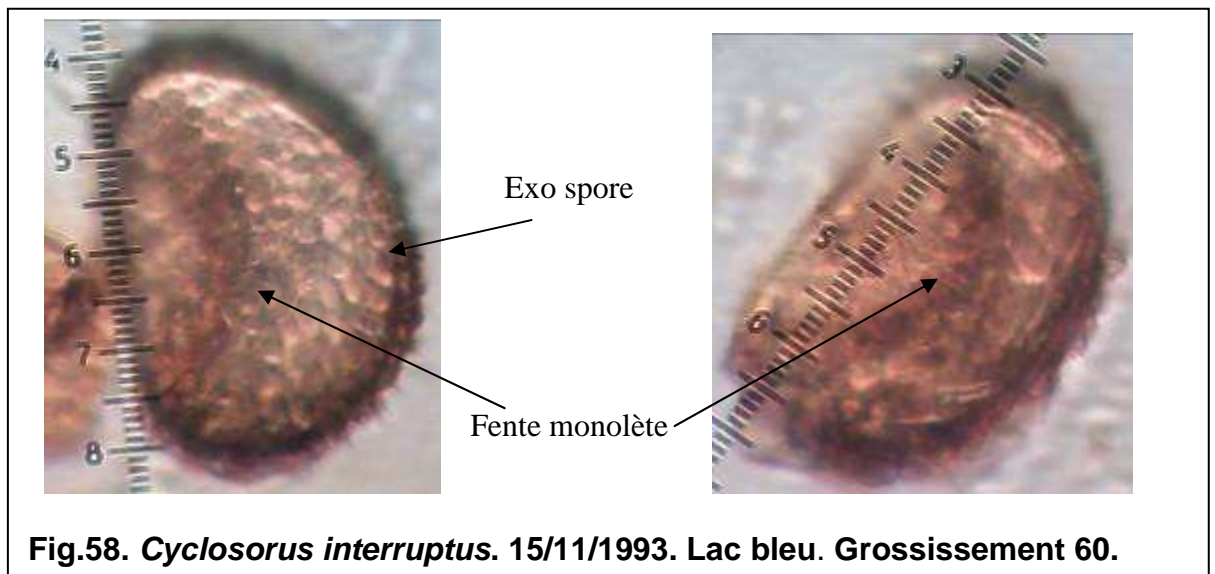


Fig.57. *Anogramma leptophylla*. 06/03/2010. Skikda. Grossissement 60.

Exo spore



3. Cartes de dispersion des Ptéridophytes étudiés dans les régions d'étude

1. *Selaginella denticulata* (L.) Spring

L'échantillonnage montre que cette espèce préfère les milieux présentant une humidité de sol assez importante et les rochers ombragés. Elle est assez commune dans tous les sites d'études (fig. 62).

En effet, Maire (1952) la signale comme une espèce de rocher humide, talus, ravins ombragés depuis le littoral jusque vers 1500m d'altitude dans les régions bien arrosées. Pichi Sermolli (1979) donne une carte de répartition, qui montre sa présence limitée à celle de la région méditerranéenne (*sensu stricto*) et la Macaronésie. Selon Prelli (2001) : «elle forme des tapis parfois étendus, à même le sol ou grimpant sur les rochers, dans les sites ombragés et humides de la région méditerranéenne ». Marchetti (2004) donne des informations actualisées pour l'Italie, où l'espèce est très répandue.



Fig. 61. *Selaginella denticulata* sur un défilé de rocher, Séraïdi le 26/11/10 (Photos G. de Bélair)

2. *Isoetes velata* A. Braun

Le milieu de cette espèce est semi-aquatique. Dans les régions d'étude sa présence est limitée aux pelouses dont la submersion dépasse les neuf mois ; comme les dépressions de Medjez Ezitoune, Bouthikha, Oued El Aroug, Ramel el Khachma, el Frin et Ain Bouglase (région El-Tarf) (Fig.65).

Maire (1952) signale cette espèce dans les dayas, les mares permanentes, les lacs d'eau douces, où la plante vit continuellement ou temporairement submergée, depuis le littoral jusque vers 1600m, en terrain siliceux plus ou moins décalcifié.

Prelli (2001) et Chevassut & Quézel (1956), la considèrent comme une espèce des mares temporaires en région méditerranéenne à basse altitude et sur sol siliceux.

Dans le sud-est méditerranéen, Aunert & Loisel (1971), signalent que cette espèce se présente à la périphérie de la mare de Catcheou, là où les eaux se retirent dès le début de l'été, en constituant un véritable gazon établissant ainsi, la transition entre les formations de *Peplis erecta* et *Ranunculus revelieri* et l'*Isoeto-Nasturtietum*.



Fig. 63. *Isoetes velata*. Sidi Freitis. Entre le sable et le lac 09/04/ 2110 (Photos G. de Bélair)

3. *Isoetes histrix* Bory

L'abondance de cette espèce a été observée surtout dans la région d'El Kala ; dans les pelouses inondables pendant trois mois, du lac Mellah et ceux de l'oued El Aroug dans la période d'immersion est de 06 mois ; Sans oublier les dépressions dunaire de Medjen Zitoun et aux bords des chaabats qui traversent les maquis et les subéraies des sites d'études (Fig.66).

Maire (1952) la signale : « bord des dayas, pâturages sablonneux plus ou moins humides en hiver, depuis le littoral jusque vers 1600m très répandu dans les terrains siliceux de toutes les régions biens arrosées ». Marchetti (2004) donne des informations actualisées pour l'Italie où l'espèce est assez répandue sur la cote tyrrhénienne. Barbero (1967), signale qu'*Isoetes histrix* s'inclue sur les sols sablonneux qui résultent de la dégradation des gneiss oeillés, des embrechites, des micascistes et occupe les pistes de la *Cistaie* sous couvert de *Pinus pinea*.

Cette espèce apparaît dès les premières pluies d'automne, elle constitue des gazons serrés occupant les clairières humides du maquis. Greuter & al (1981) et Prelli (2001) l'incluent dans la catégorie des espèces méditerranéenne-atlantique.



Fig. 64. *Isoetes histrix*. Pelouse d'Oued el Aroug. El Kala. 15/03/2004 (Photos. S Haou)

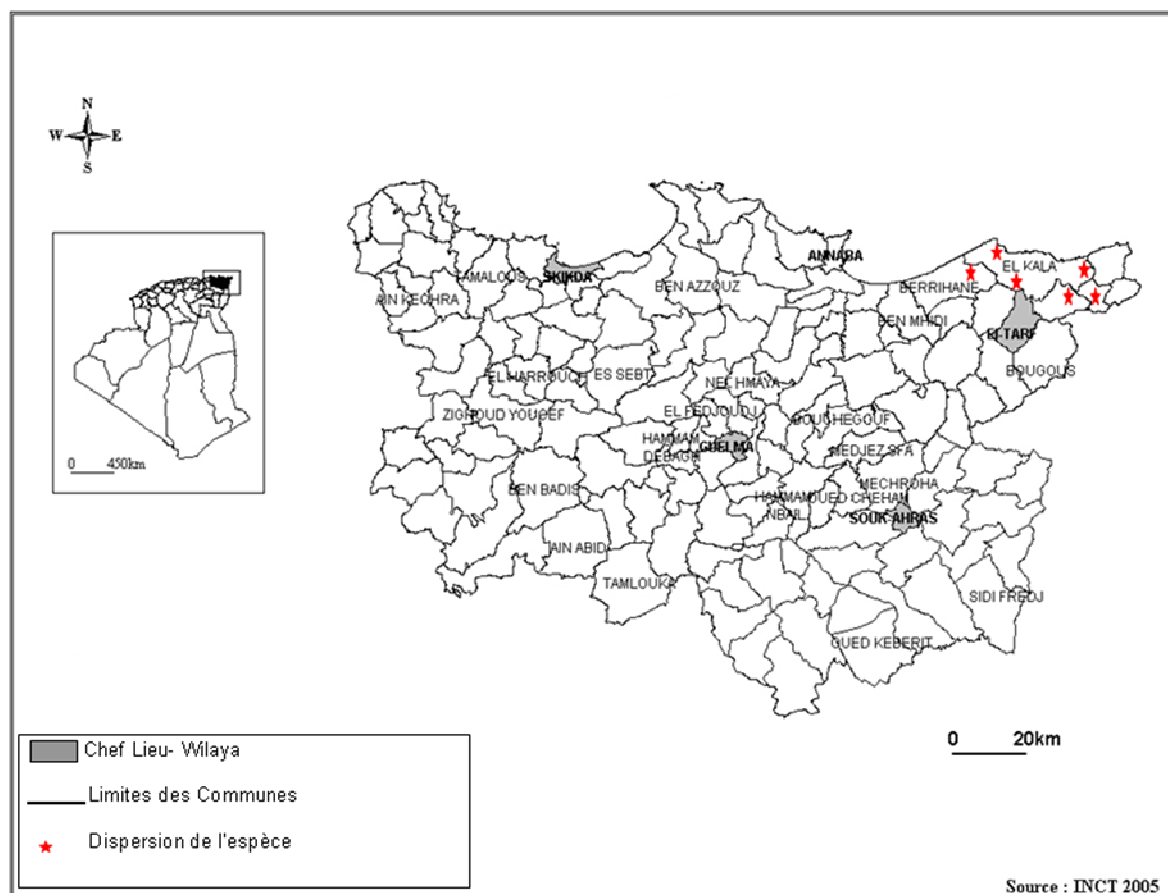


Fig. 65. Cartographie d'*Isoetes velata*

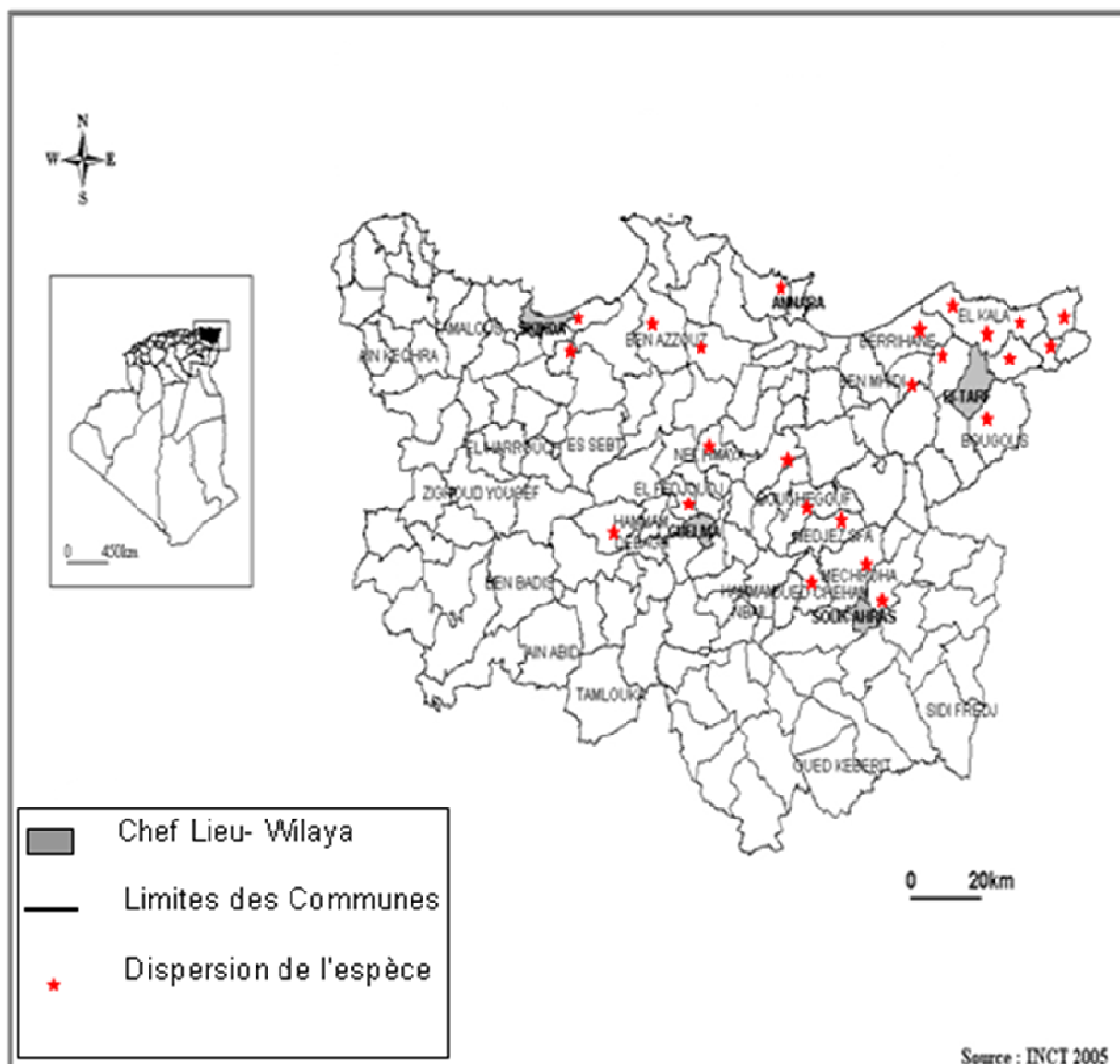


Fig. 66. Cartographie d'*Isoetes histrix*

4. *Equisetum ramosissimum* Desf.

La prêle rameuse dans notre région d'étude s'observe dans trois types d'habitats : les aulnaies, les sources et au bord des oueds.

Nous pouvons citer comme exemple ; les aulnaies de Bourdim, de Righia, de Berrihane. Aussi, nous donnons exemple de la station de Ben Otmane à Séraïdi et la station de Mziraâ pour les sources et petits ruisseaux, les Oueds de Bourdim et de la station du djebel El Koursi (Fig.69).

Cette espèce colonise les bordures alluviales des rivières, fosses, talus, digues et les zones friches perturbées par l'homme selon Boudrie et al (1999) et Prelli (2001) et Pichi Sermolli (1979) en donne une carte de distribution.

Maire (1952) la considère comme une espèce des « lieux humides, broussailles et forêts marécageuses, ruisselets, sources, suintements jusque dans le Sahara, et dans les montagnes jusque vers 2000 m ».



**Fig.67. *Equisetum ramosissimum*,
Aulnaie de Bourdim. 10/11/2005 (Photos ; S Haou)**

5. *Equisetum telmateia* Ehrh.

Cette espèce se trouve dans les mêmes stations que la prêle rameuse, mais se trouve dans les limites d'un verger à Ben Otmane et presque au bord de la route à Bourdim (Fig.70).

Selon Boudrie & al (1999), Prelli (2001) et David & al (1990), cette espèce recherche des zones humides à réaction neutro-alcaline ; bordure des marais,

principalement dans les régions calcaire. Se rencontre aussi localement en régions siliceuses à la faveur de conditions stationnelles particulières. Marchetti (2004) donne une carte de distribution et des informations actualisées pour l'Italie où l'espèce est très répandue entre 0 et 1700 m. Cette espèce a été signalée par Maire (1952) sous le nom *d'Equisetum maximum*.



**Fig.68. *Equisetum telmateia* Aulnaie de Bourdim
27/04/2007 (Photos G. de Bélair)**

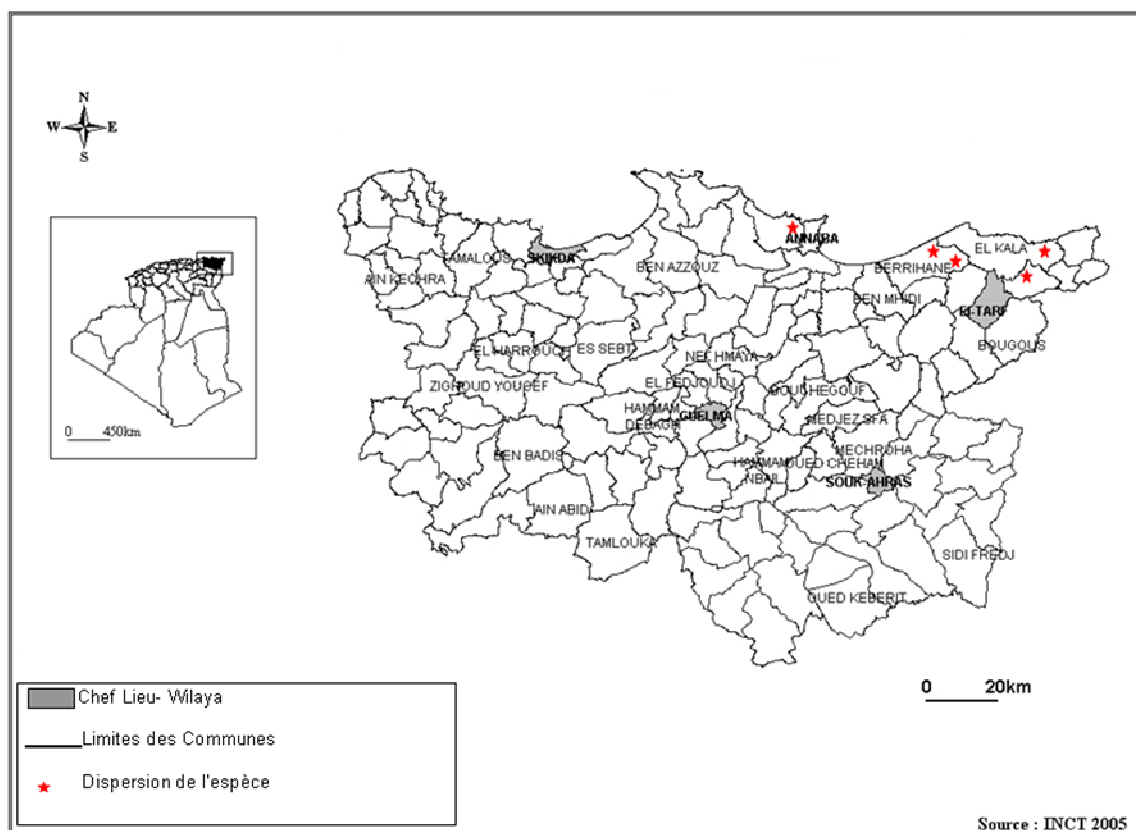


Fig. 69. Cartographie d'*Equisetum ramosissimum*

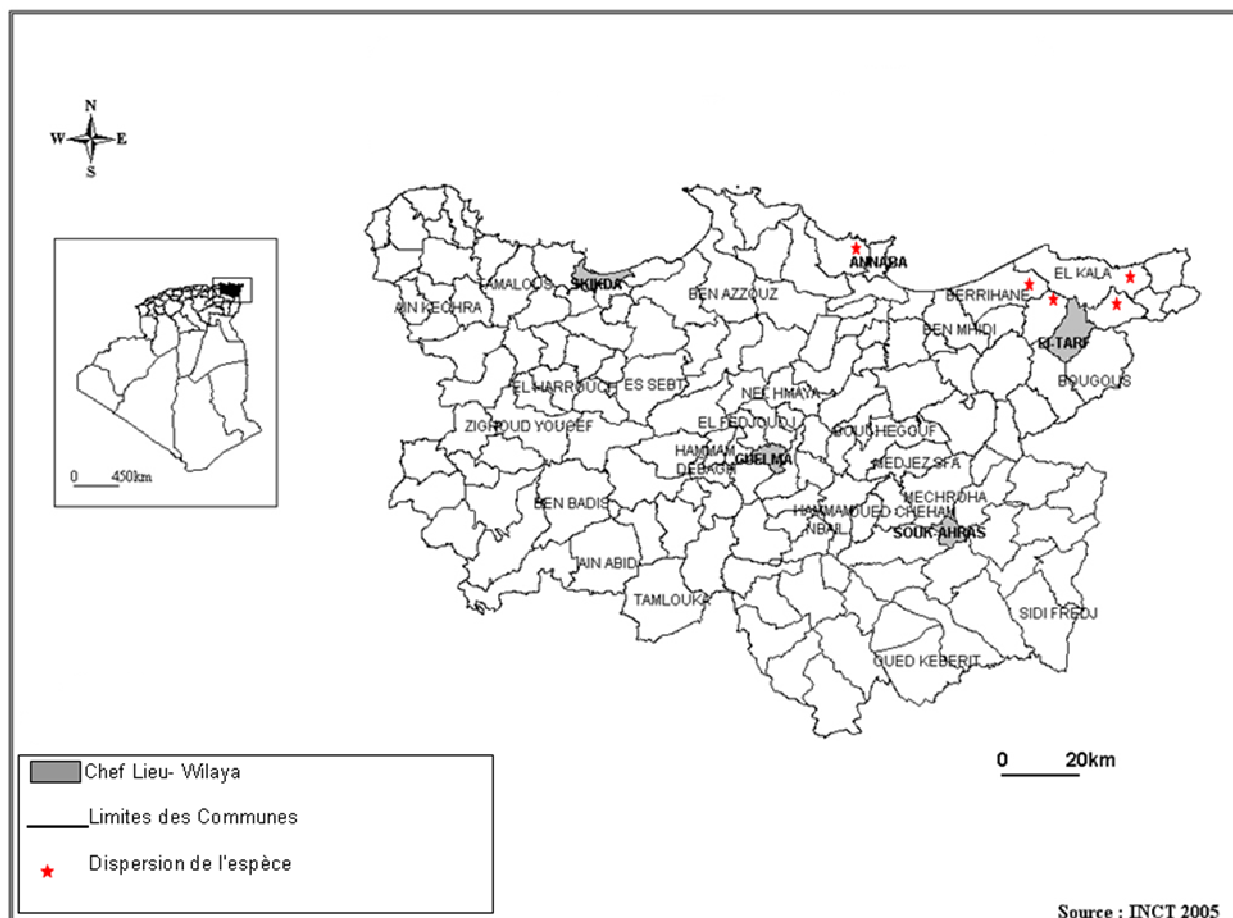


Fig. 70. Cartographie d'*Equisetum telmateia*

6. *Ophioglossum lusitanicum* L.

Cette espèce a été inventoriée par G. de Bélair et E. Vela en 2006 dans le djebel de Sidi Aissa, station 2, la forêt humide de Pin, près du lac Okrera et dans le lac noir à El Kala (Fig73).

Cette espèce se trouve, selon Prelli (2001), sur les pelouses rases temporairement humides ; bords des mares temporaires et dépressions fraîches en enclave dans les maquis méditerranéen. En Italie l'espèce se trouve sur les côtes tyrrhéniennes, depuis les Alpes jusqu'en Sicile, entre 0 et 1000 m (Marchetti, 2004).

Maire (1952) la considère comme une espèce de forêts claires et pâturages sablonneux.



Fig.71. *Ophioglossum lusitanicum*. Pinède du Lac Noir 31/10/2003 (Photos G. de Bélair)

7. *Osmunda regalis* L.

Dans les régions d'étude l'observation de cette espèce se limite aux zones humide de la région d'El Kala où elle se retrouve dans cinq stations : l'aulnaie de Bourdim et Ain Khlar, la mare de Berrihan, le Lac bleu et à djebel el Koursi au bord de l'oued.

Dans la région d'Annaba, cette espèce est trouvée au djebel Séraïdi aux bords d'un ruisseau accompagnée de quelques individus d'*Alnus glutinosa* (Fig.74).

Marais, berges de rivières bois tourbeux, sont les milieux où Prelli (2001) l'a trouvé en France. Selon Maire (1952), Prelli (2001) et Marchetti (2004) elle est

inféodée aux lieux humides et ombragés des terrains siliceux, en plaine et dans les basses montagnes des régions bien arrosées. Jérôme & Parent (1996) et Pichi-Sermolli (1963) signalent que la dispersion d'*Osmunda regalis* est assez uniforme entre les aulnaies tourbeuses à sphaigne et les aulnaies qui bordent les ruisseaux. L'espèce forme des colonies circulaires autour des aulnaies et s'installe aussi sur des rochers proches des zones de suintement.



**Fig.72. *Osmunda regalis*. Aulnaie de Bourdim
27/04/2007 (Photos G. de Bélair)**

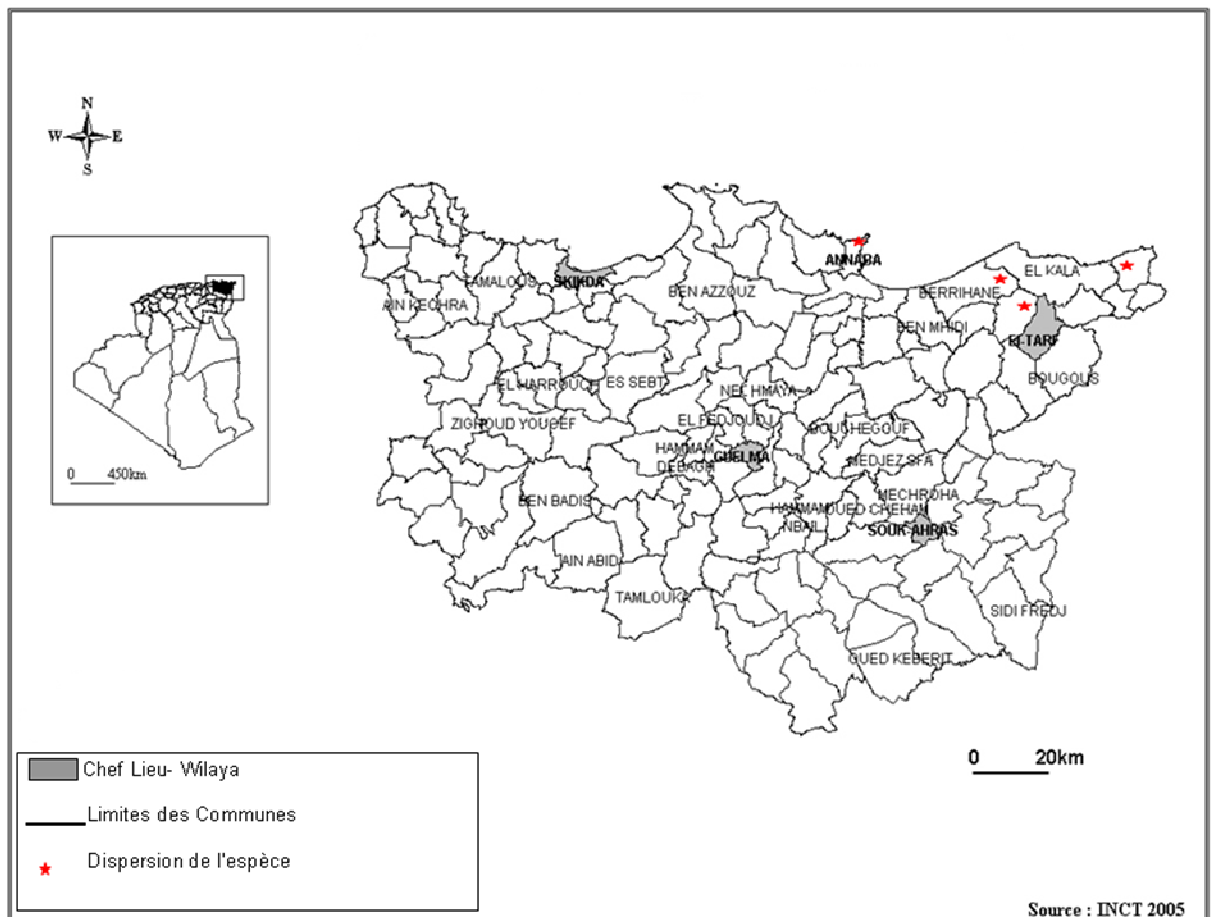


Fig. 73. Cartographie d'*Ophioglossum lusitanicum*

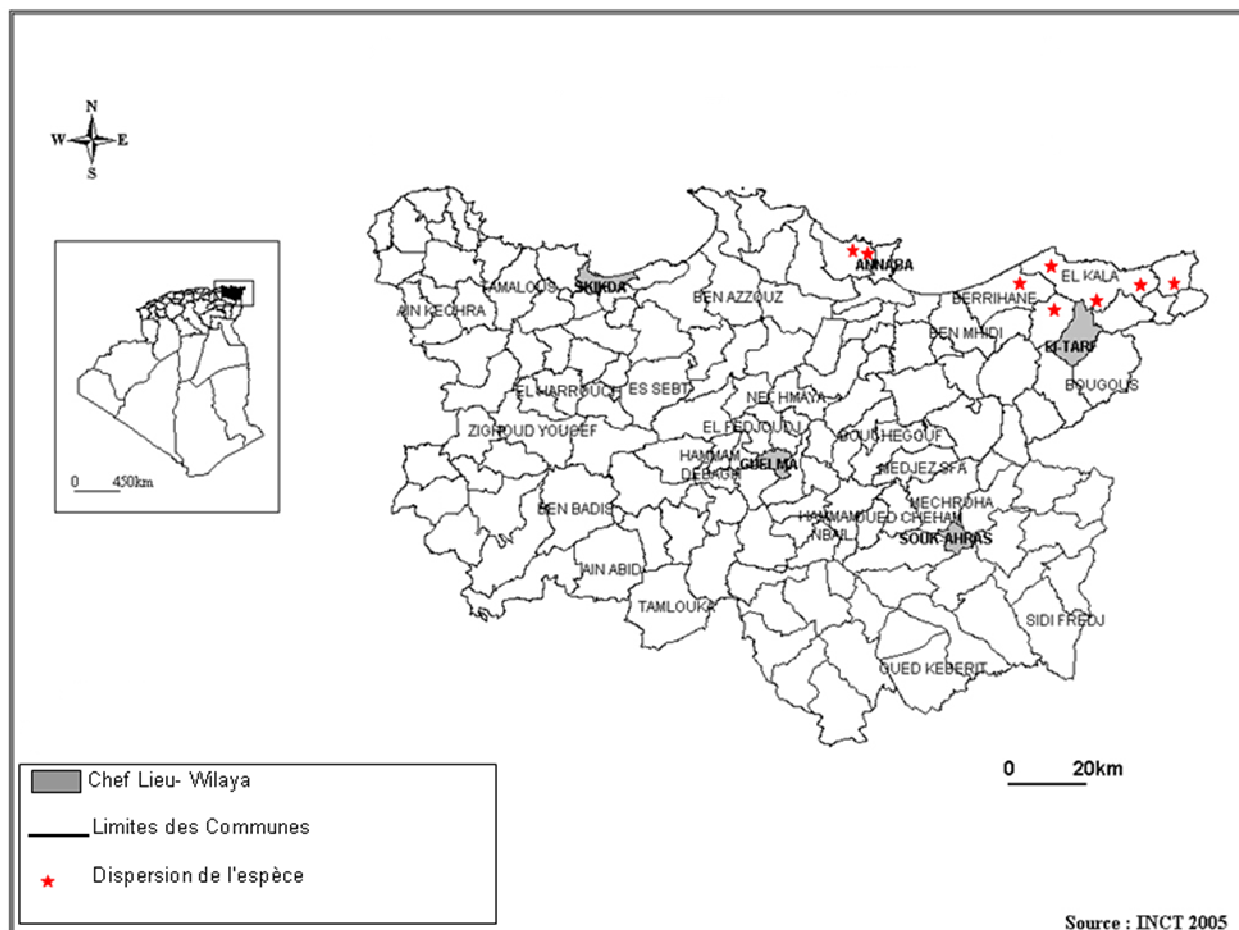


Fig. 74. Cartographie d'*Osmunda regalis*

8. *Cheilanthes maderensis* Lowe

Nous n'avons trouvé cette espèce qu'une seule fois dans le djebel Ghorra, associée à *Asplenium obovatum* près d'un petit ruisseau, au mois de Février en 2004 (Fig.77).

En 2010, cette espèce a été retrouvée dans le site de Roknia sous les rochers par G. de Bélair. Maire (1952) signale cette espèce, comme *C. pteridioides* forma *maderensis*, pour Constantine, Mont Tamesgida, Hammam-Righa, Blida et au Hoggar à oued Ilaman. Pichi Sermolli (1979) rapporte sa présence dans la région méditerranéenne et la Macaronésie. L'espèce se trouve dans les anfractuosités de rochers siliceux ou basaltiques, à basse altitude. Marchetti (2004) donne une carte de distribution et des informations actualisées pour l'Italie où l'espèce est assez rare sur les côtes tyrrhéniennes entre 0 et 600m d'altitude.



**Fig. 75. *Cheilanthes maderensis*. Roknia. 04/02/2010.
(Photos G. de Bélair)**

9. *Cheilanthes acrostica* (Balbis) Tod.

Maire (1952) la signale, comme *C. pteridioides* forme *typica*, comme une espèce « xérophile reviviscente, très répandue dans les fissures de rochers calcaires et siliceux depuis le littoral jusque vers 2300m. »

Selon notre échantillonnage cette espèce s'avère liée à l'Oleo-Lentisque de la région de Nechmaya où nous l'avons trouvée sur des rochers ombragés par des

arbres, une fois directement sur la base du tronc de *Ceratonia siliqua* ombragée par *Arisarum vulgare* (Fig. 78).

Contrairement aux autres *Cheilanthes* méditerranéens cette espèce allo tétraploïde se trouve surtout sur des rochers calcaires et en est le taxon le plus répandu. En Italie ce taxon est assez commun entre 0 et 1100 m dans toutes les provinces occidentales (Marchetti, 2004).



**Fig.76. *Cheilanthes acrostica* Roknia 22/04/2005
(Photos G. de Bélair)**

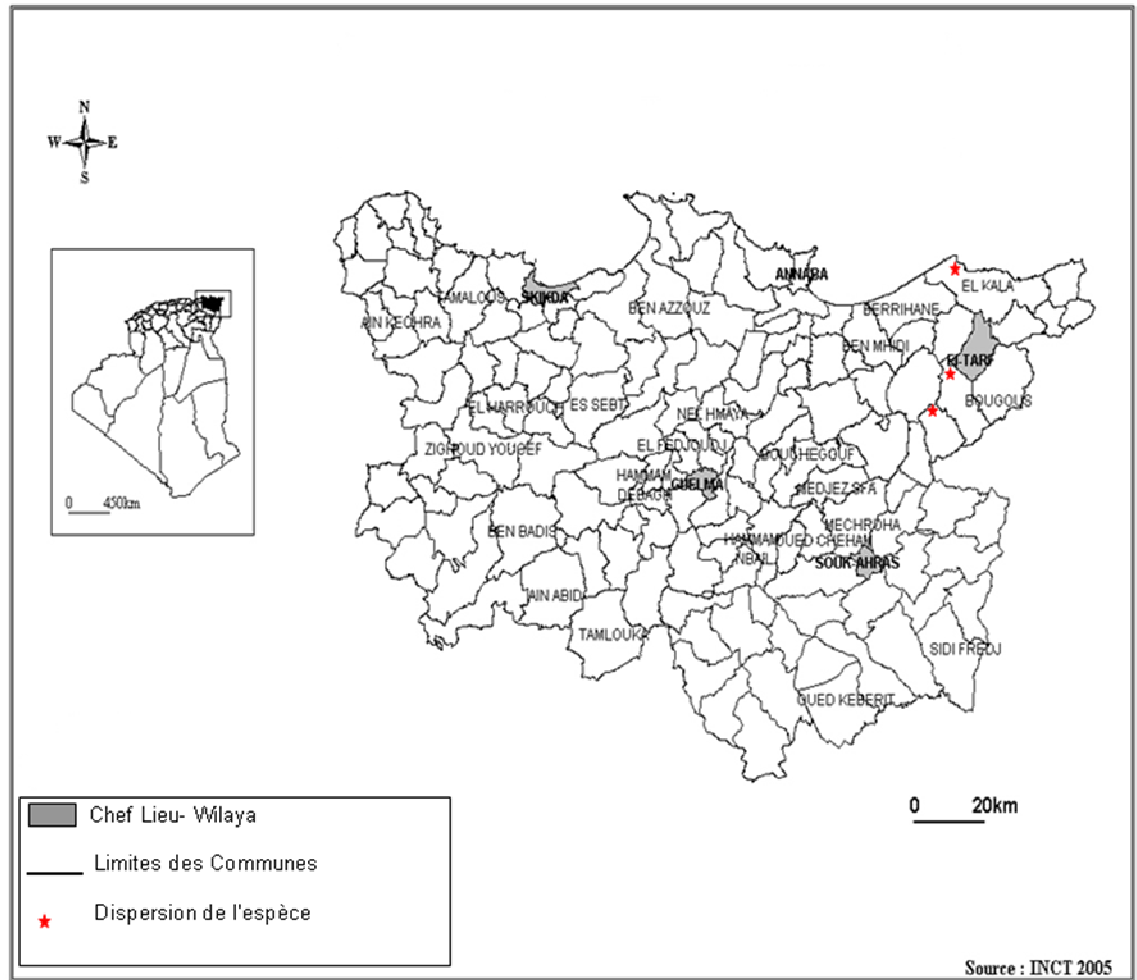


Fig. 77. Cartographie de *Cheilanthes maderensis*

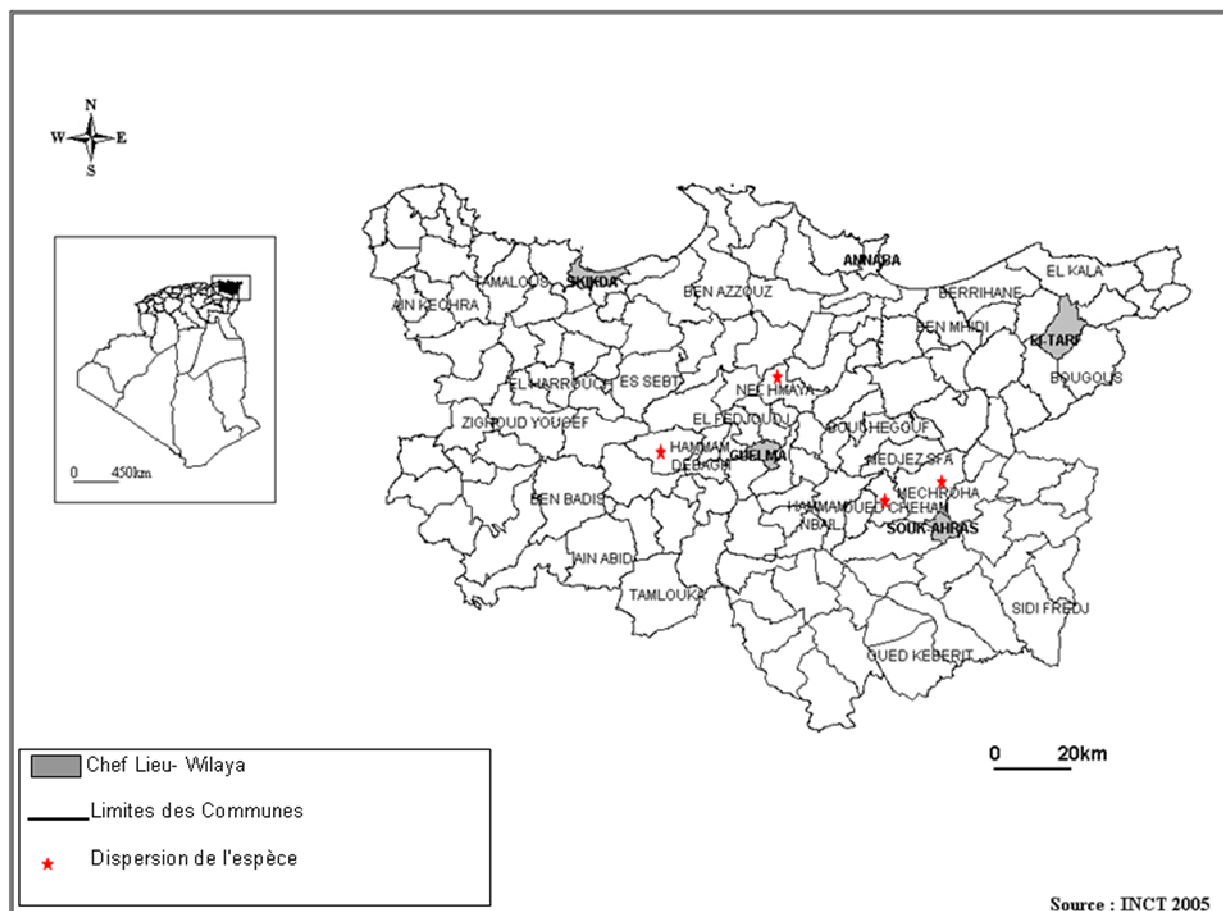


Fig. 78. Cartographie de *Cheilanthus acrostica*

10. *Cosentinia vellea* (Aiton) Tod.

La sous-espèce *vellea*, a été échantillonnée dans deux régions (Annaba et Skikda), la première station étant située à Bakhouche Lakhdar, sur la route nationale 44 à la sortie de Berrahal sur des rochers calcaires (Fig 80). Sa présence est caractérisée par une population de quelques individus dispersés.

La deuxième station étant dans le Djebel Filfila à une altitude de 196 m ("de 8 53'12 de N 36, E :15.8 '007 05 '), sur des rochers neutres (feuille d'addition de pegmatite de granit). Dans cette station l'espèce est caractérisée par une population dense et une dimension importante (quelques individus ont une longueur entre 15 et 30 centimètres).

La sous-espèce *bivalens* n'a été trouvée que dans la région de Guelma, avec précision dans une station entre Heliopolis et Nechmaya sur une roche presque détruite au bord d'un champ de culture (le relevé a été détruit) (Fig.80).

Les résultats de l'analyse de ploïdie ont prouvé que cette sous-espèce existe en Numidie (Algérie). Signalant que, le *bivalens* diploïde, selon la bibliographie n'est connus qu'en Espagne méridionale, Sardaigne, Sicile, les îles Canaries (voir, J alas & Suominen 1972 ; Badré & Reichstein 1983) et les frontières orientales de flore Iranica (basé sur des micro-caractères) où il semble être la sous-espèce la plus commune (Viane et al 1996).

Maire (1952), sous *Notholaena vellea*, mentionne cette fougère xérophile sur des rochers surtout calcaires. Bock et Leger (1998) confirment que cette espèce est très résistante à la sécheresse estivale et s'installe dans des sites particulièrement arides. Marchetti (2004) et Viane & Van den Heede (2010) donnent des informations actualisées pour l'Italie, où l'espèce est restreinte aux zones les plus méridionales.



Fig.79. (A) *Cosentinia vellea* subsp. *vellea*, site de Roknia (Photos G. de Bélair)
(B) site de Filfila. 30/04/2010 (Photos. H. Louhi)

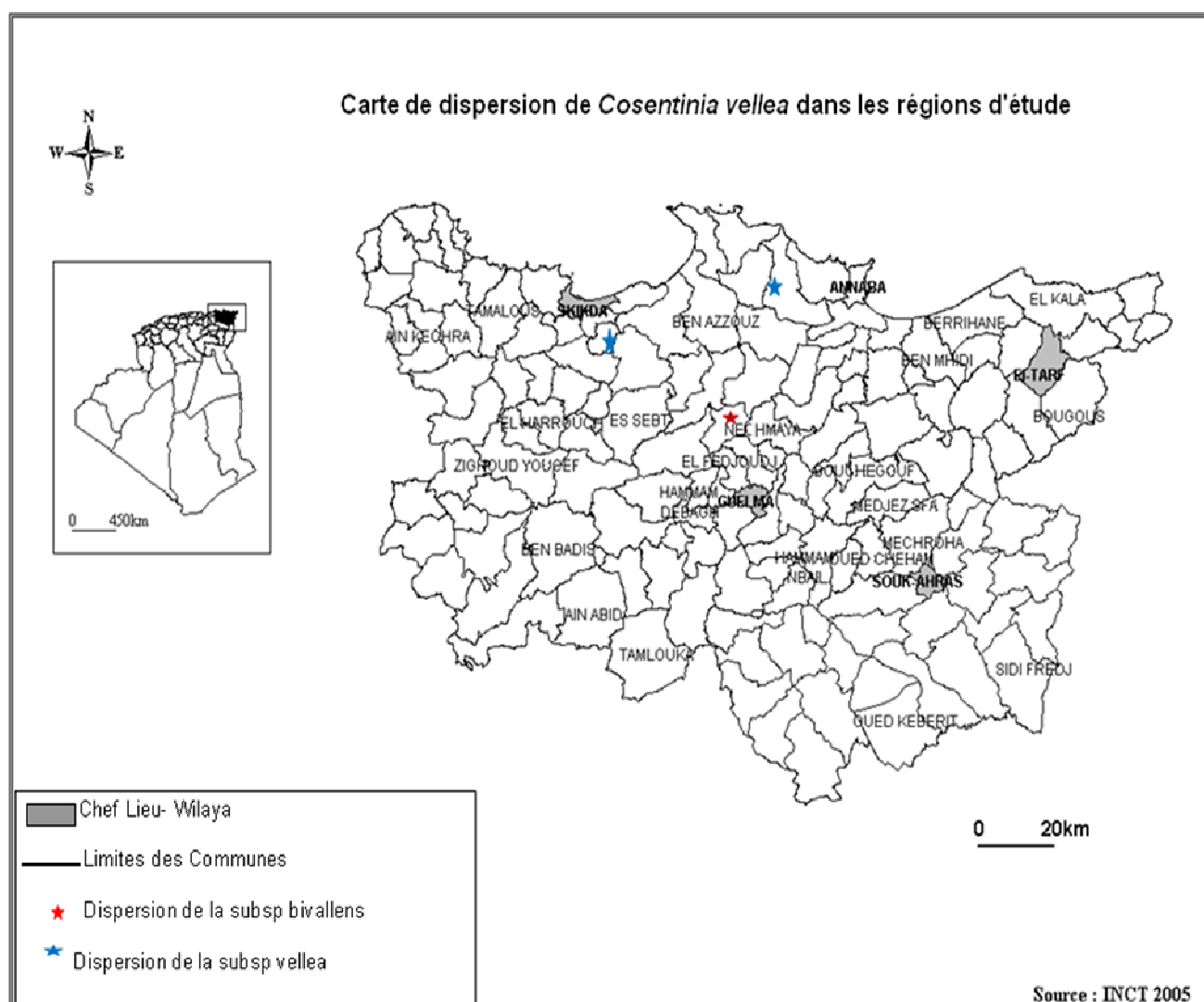


Fig. 80. Cartographie de *Cosentinia vellea*

11. *Anogramma leptophylla* (L.) Link

Nous avons trouvé cette espèce dans plusieurs stations dans la région d'El Tarf : dans le sous-bois des subéraies de Bourdim, de Mziraâ et de Brabtia, également dans un champ de *Pteridium aquilinum* avec *Asplenium obovatum*.

Dans la région d'Annaba, cette espèce se voit au djebel Edough sur rocher et talus (Fig. 83). Maire (1952) la considère comme souvent associée avec *Selaginella denticulata* dans les sous-bois, se trouvant aussi dans les fissures ombrageuses et fraîches de rochers, vieux murs et talus un peu humide. Prelli (2001) la considère comme une espèce qui s'installe surtout sous un climat méditerranéen, dans les stations abritées et assez fraîches. Elle pousse aussi bien à terre, à la base de blocs rocheux en surplomb ou sur des talus frais, que dans des fissures de rochers légèrement humides, voir suintants. Marchetti (2004) donne une carte de distribution et des informations actualisées pour l'Italie, où l'espèce est présente dans toutes les provinces méridionales.

Selon la bibliographie et nos résultats de terrain, la présence de cette espèce est liée à l'ombre et à la fraîcheur du substrat.



Fig.81. *Anogramma leptophylla*. Subéraie de Bourdim. 27/04/2007.
(Photos G. de Bélair)

12. *Adiantum capillus-veneris* L.

Elle tapisse les murs calcaires suintants au-dessous du pont de la cité Caroubiers à Annaba et la station de Ain Bouglez : sur les murs de la source.

Nous avons remarqué que cette espèce tapisse aussi les murs suintants de certaines maisons à Annaba.

Nous avons rencontré cette espèce sur des falaises calcaires et des abris sous rochers suintants dans la région de Guelma, spécialement le site de Hammam Debagh (Fig.84).

Maire (1952), signale la présence de cette espèce sur les rochers suintants, souvent dans les grottes, en terrains calcaires et siliceux, très répandus et abondants.

Prelli (2001), Badré (2008) et Boudrie & al (1999) considèrent que la présence de cette espèce est liée à l'eau ; se rencontre surtout sous les rebords de bancs calcaires, au niveau de suintements, sur des falaises et dans les abris sous roches, souvent au bord des cours d'eau ou à proximité des cascates.

Comparant nos notes et nos remarques de terrain avec les constatations bibliographiques des auteurs cités ci-dessus, cette espèce atteint son développement optimal dans les stations ombragées et à écoulement permanent sinon sub-permanent.



Fig.82. *Adiantum capillus-veneris*. Station Bougles (Photos G. de Bélair)

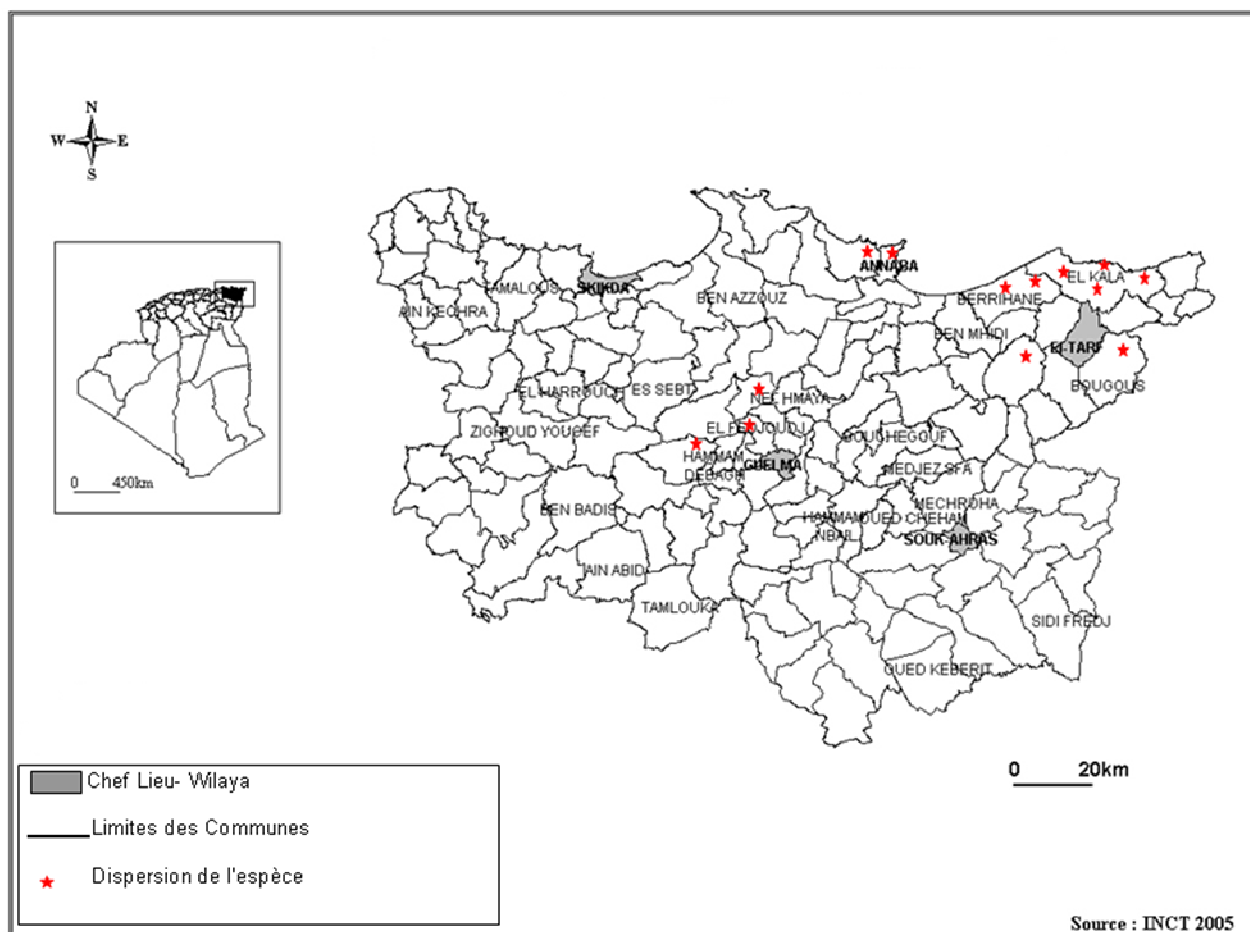


Fig. 83. Cartographie d'*Anogramma leptophylla*

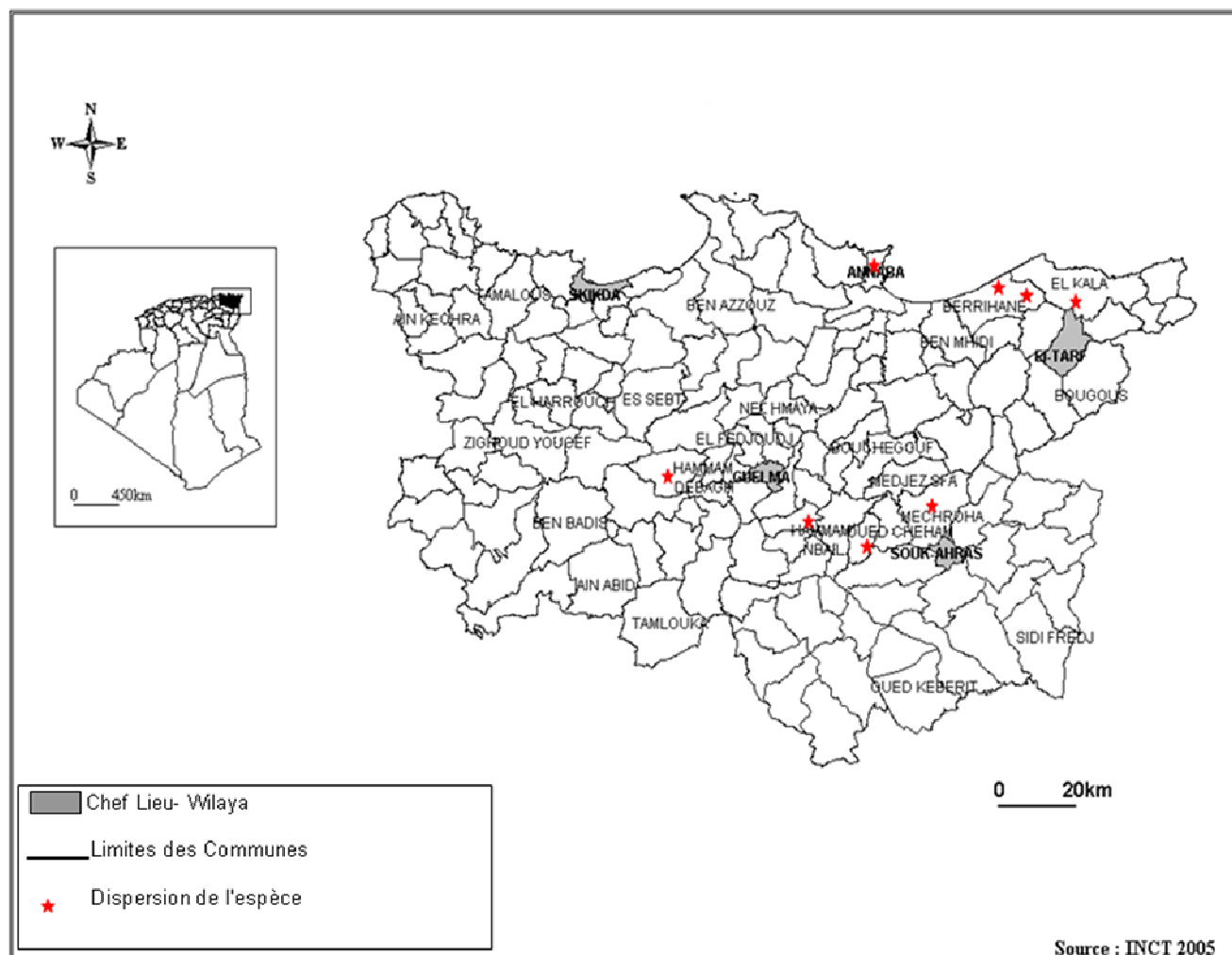


Fig. 84. Cartographie d'*Adiantum capillus-veneris*

13. *Polypodium cambricum* L. subsp. *cambricum*

Cette espèce diploïde a une large distribution dans le bassin méditerranéen et sur les côtes atlantiques de l'Europe. Marchetti (2004) présente sa distribution en l'Italie où l'espèce est présente dans toutes les provinces et monte jusqu'à 1000m. Maire (1952) la signale « sur rochers ombragés calcaires et siliceux bien arrosés depuis les plaines jusque vers 3000m ».

Dans les régions d'étude, cette espèce occupe le sous bois des zenaies, subéraies et maquis, mais se trouve aussi à découvert sur les rochers et falaises, parfois même sur les branches d'arbres (*Quercus faginea* et *Quercus suber*) et sur les toits de vieilles maisons (Fig. 86).

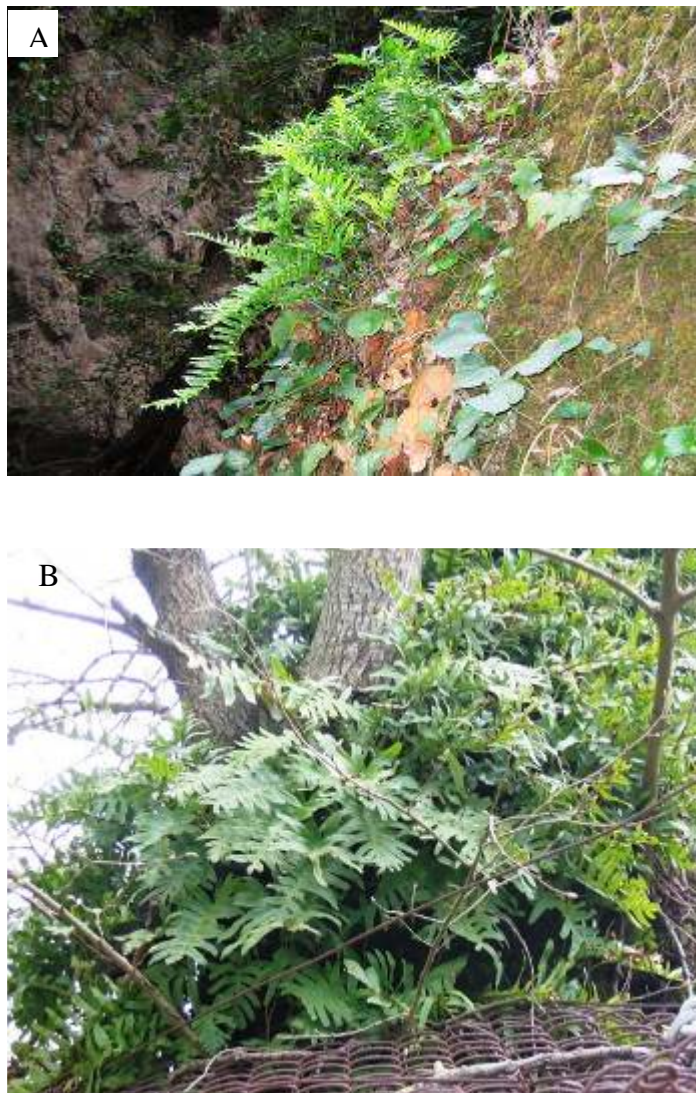


Fig. 85. *Polypodium cambricum* subsp. *cambricum*.
(A) station Cascade des Vautours. 12/10/2006. Individu
(B) rupicole (Photos G. de Bélair). (B) Séraidi. 22/03/2008.
Individu arboricole (Photos G. de Bélair)

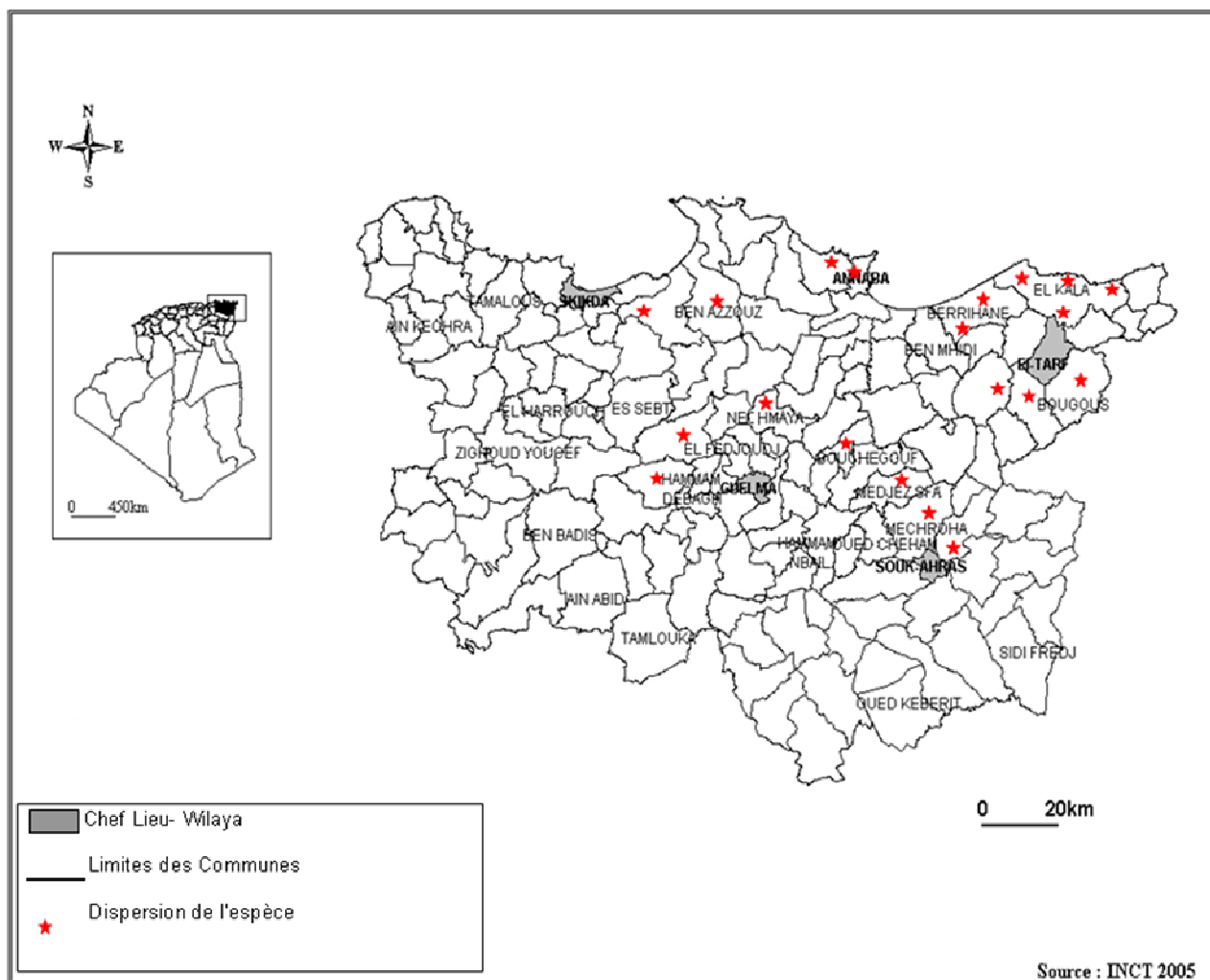


Fig. 86. Cartographie de *Polypodium cambricum subsp. cambricum*

14. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn

L'habitat de cette espèce est très varié. Elle occupe une niche aussi bien dans les dunes, zones les plus secs du littoral, que dans les aulnaies aux bords de lacs (Lac bleu). Elle est très abondante à El Tarf et dans le djebel Edough (Toubal & Toubal, 1998) (Fig. 88).

Maire (1952) la considère comme une plante « calcifuge, abondante dans les clairières des forêts des régions bien arrosées, en plaine et dans les montagnes jusque vers 2000m, en terrain siliceux ou calcaire décalcifié ». Ce qui est conforme aux données de la littérature actuelle (Prelli 2001, Marcheti 2004 et Badré 2008).



Fig.87. *Pteridium aquilinum*. El Kala Avril 2011. (Photos S. Haou)

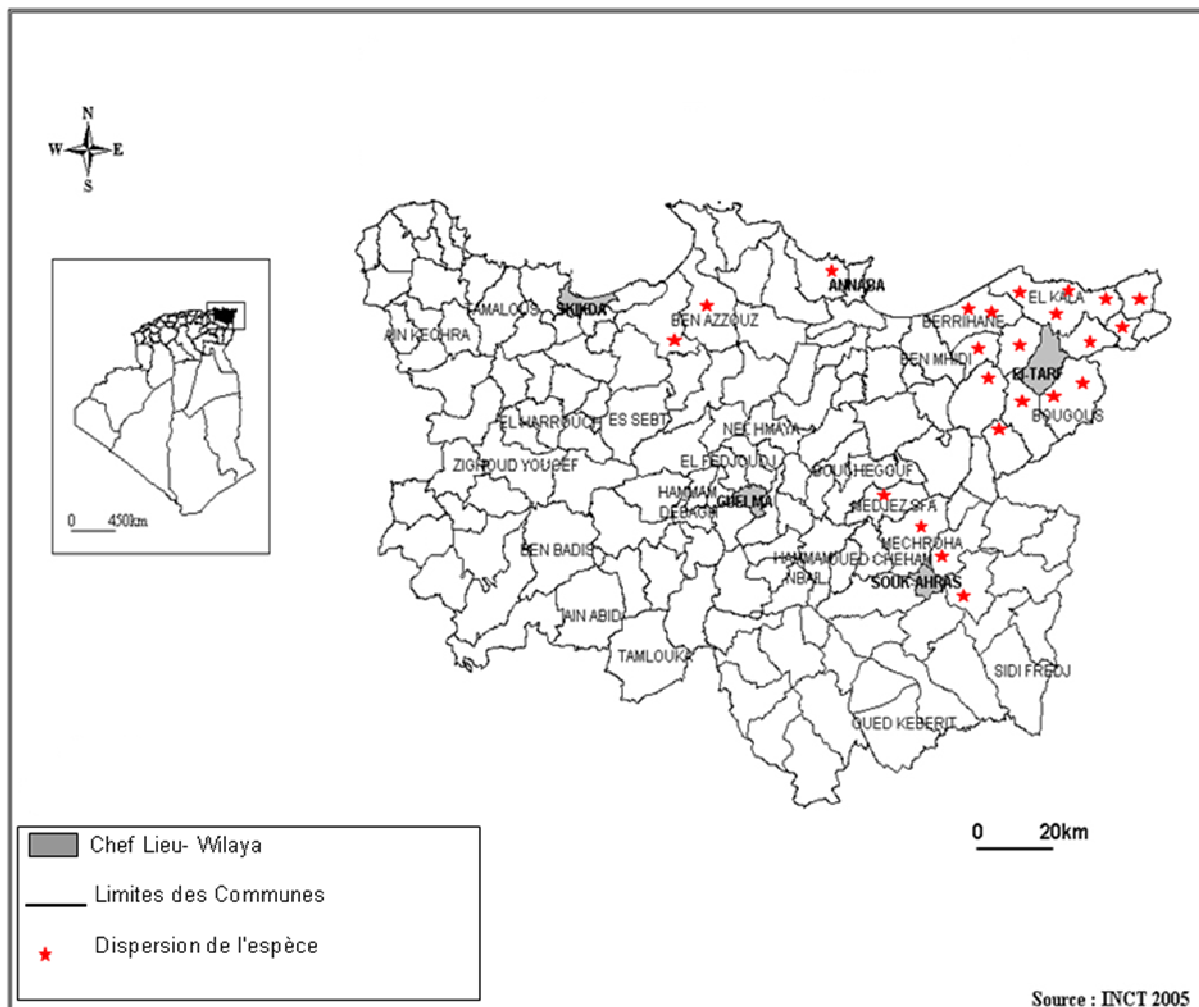


Fig. 88. Cartographie de *Pteridium aquilinum*

15. *Thelypteris palustris* Schott

Plante très rare pour la région, que Maire (1952) signale pour la plaine de Senhadja. Retrouvée par G. de Bélair et E. Véla à Garaât Stah (mare permanente), Dakhla en 2004 et dans la région de Skikda à Dammat Attaoua et Gouraiat, (dépression dunaire à proximité du Lac Okrira) (Fig. 91).

Cette espèce est inféodée aux marais, aux milieux tourbeux, s'installe aussi dans les fossés humides, les queues d'étangs et les bordures alluvionnaires des cours d'eau selon Prelli (2001), et Marchetti (2004).



Fig. 89. *Thelypteris palustris*. Demnat Attaoua. 14/05/2011 (Photos G. de Bélair)

16. *Cyclosorus interruptus* (Willd.) H.Itô

Pendant notre échantillonnage, cette espèce n'a été observée que dans la région d'El Kala, dans les stations suivante : la périphérie du lac Bleu où elle forme une population très dense, aulnaie très dégradée près du lac Oubeïra, individus éparses dans l'aulnaie de Bouglez, d'Oum el Agareb et de Righia (Fig. 92). Maire (1952) signale la présence de cette espèce tropicale (Badré, 2008), dans les marais des plaines siliceuses « dans l'Alnetum au bord du lac Tonga », sous le nom de *Dryopteris gongylodes*.



Fig.90. *Cyclosorus interruptus*. Lac bleu 20/09/2001 (Photos S. Haou)

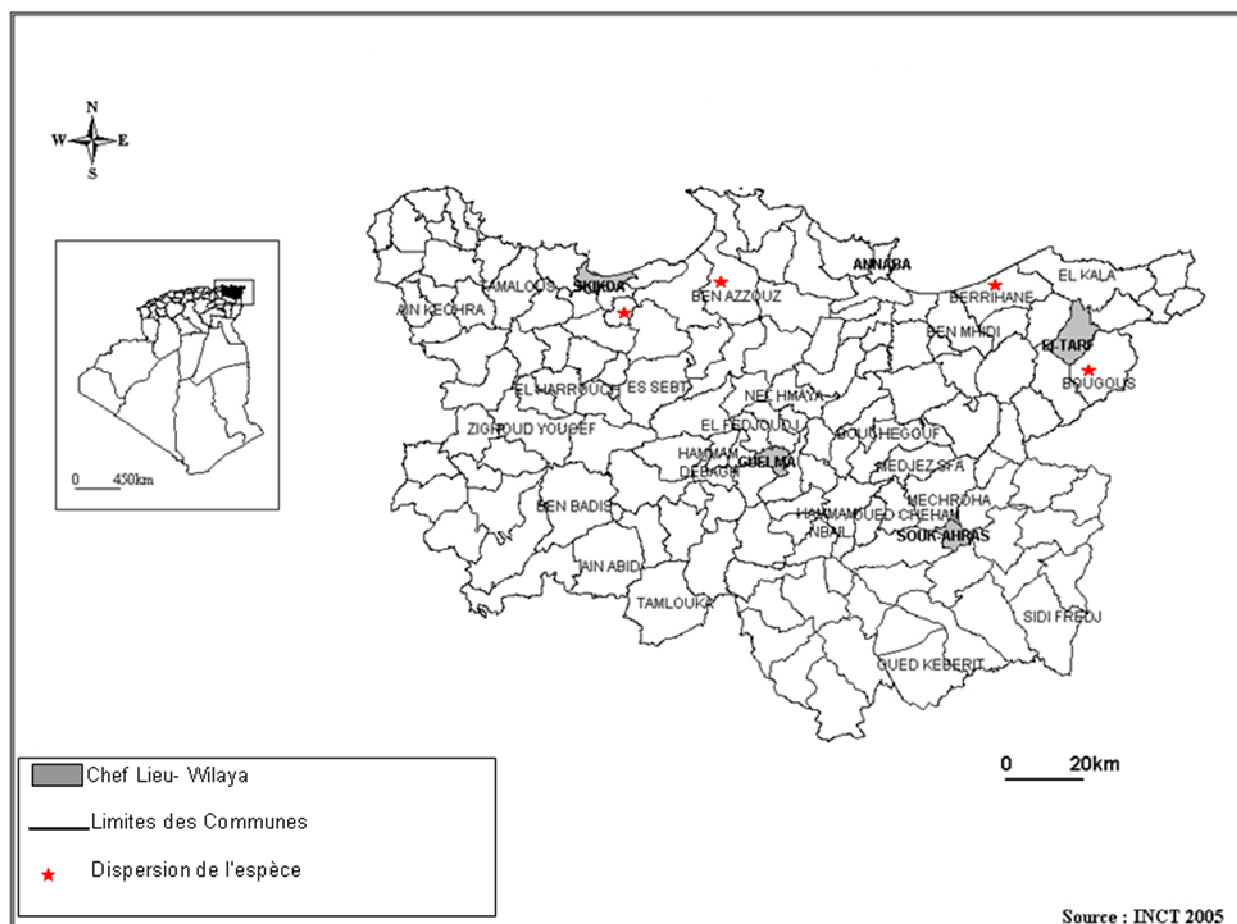


Fig. 91. Cartographie de *Thelypteris palustris*

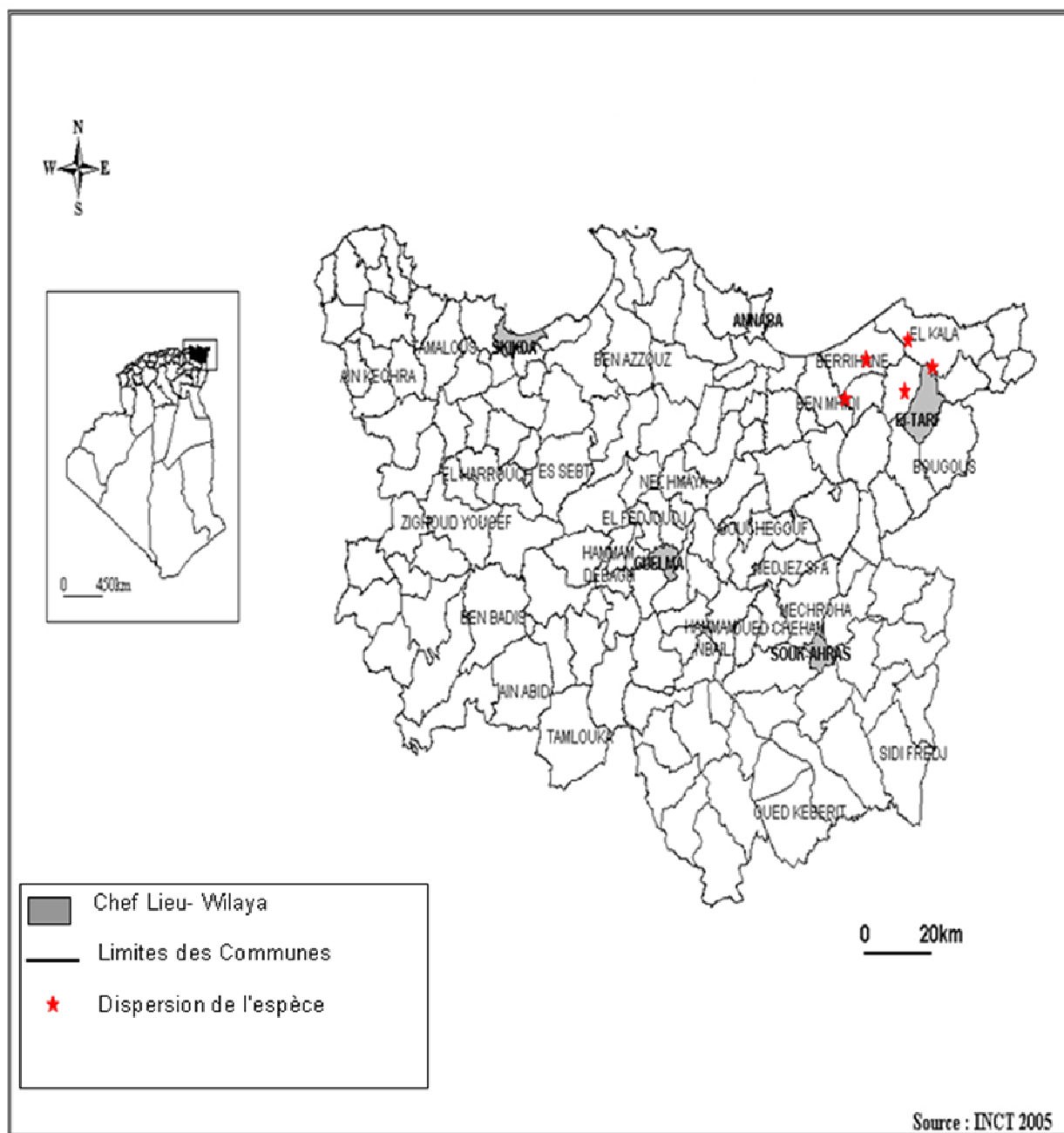


Fig. 92. Cartographie de *Cyclosorus interruptus*

17. *Asplenium petrarchae* (Guérin) DC.

Dans les régions d'étude, cette espèce a été retrouvée par Gérard de Bélair et Errol Véla dans la station du Roknia (2008), sur rochers calcaires (Fig.95).

Maire (1952) signale ce taxon ouest méditerranéen sur rochers calcaires jusque vers 2000m. Viane & al. (1993), Prelli (2001) et Marchetti (2004) en donnent des informations actualisés respectivement pour l'Europe, la France et l'Italie.

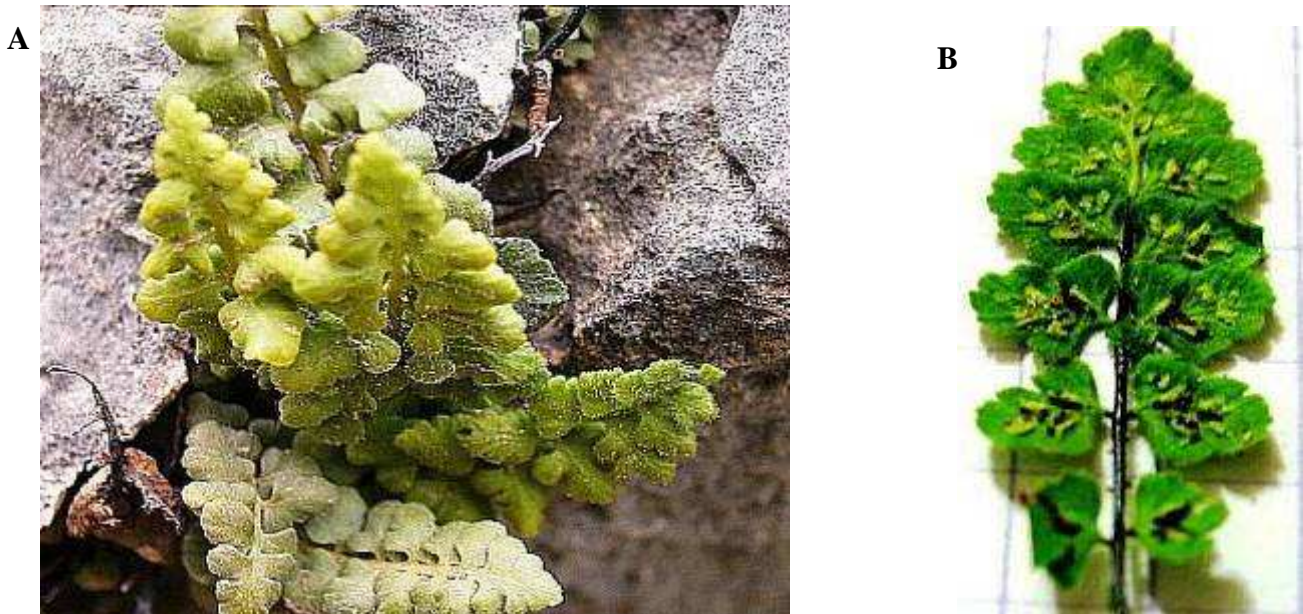


Fig.93. (A) *Asplenium petrarchae*. Station Gouraya 23/03/2004, (B) site de Roknia (Photos G. de Bélair)

18. *Asplenium trichomanes* L. subsp *quadrivalens*

Maire (1952) la signale comme une espèce de rochers et de murs ombragés dans les régions bien arrosées, depuis le niveau de la mer jusque vers 2800 m d'altitude.

Selon notre échantillonnage, cette espèce s'avère occuper plusieurs habitats différents dans l'ensemble des régions d'étude :

- Au djebel Edough sur rochers, accompagnée par *Anogramma leptophylla* et.
- Directement sur sol siliceux dans la zênaie d'el Ghorra.
- Sur sol calcaire au bord de ruisseaux dans les stations d'Oued Echhem et de Machroha.
- Dans le sous-bois des maquis à Oleo-Lentisque de Ain Tahmimine à Souk Ahras (Fig 96).

Boudrie & al (1999) et Prelli (2001) montrent que la sous- espèce *quadri-valens* pousse dans les mêmes types d'habitats qu'en Numidie algérienne.



Fig.94. *Asplenium trichomanes subsp. quadri-valens* Séraidi. Station Cascade de Vautour 12/10/2006. (Photos G. de Bélair)

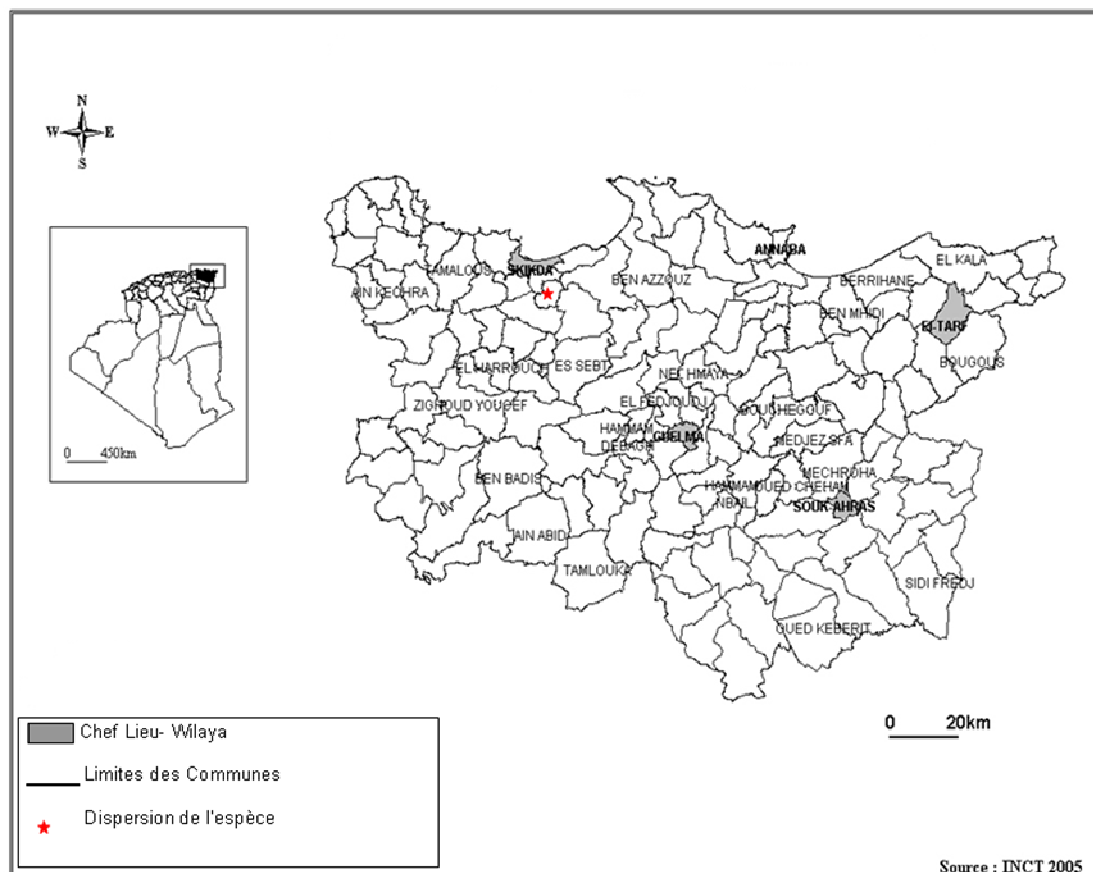


Fig. 95. Cartographie d'*Asplenium petrarchae*

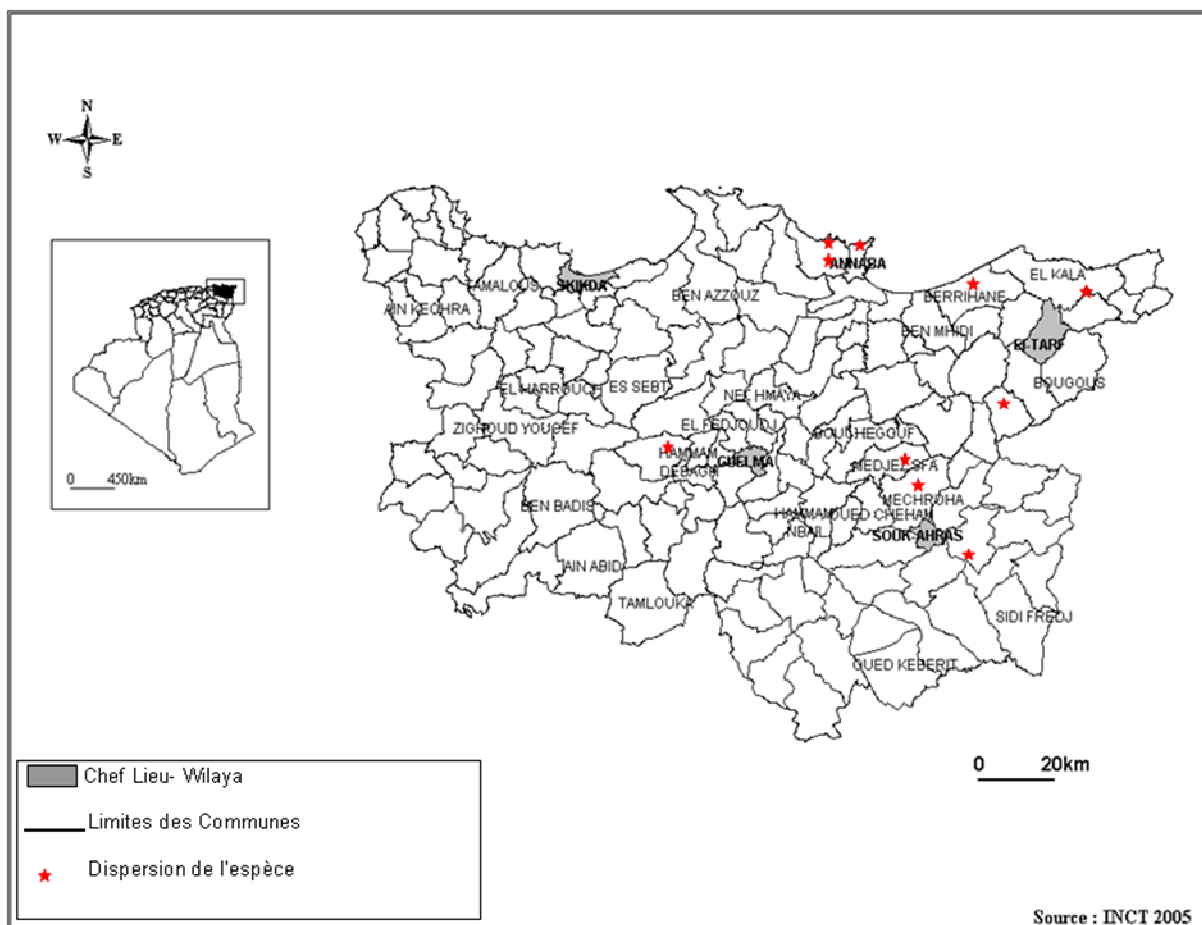


Fig. 96. Cartographie d'*Asplenium trichomanes subsp. quadrivalens*

19. *Asplenium obovatum* Viv.

Dans les régions d'étude, cette espèce se présente toujours en touffes assez denses, soit abritées par de grands rochers, dans les subéraies de Mziraâ et de Bourdim où règnent une fraîcheur atmosphérique et une humidité de sol très importante, soit installée directement sur le sol, ombragé par une population très dense de *Pteridium aquilinum* dans la station de Bourdim. Aussi elle s'installe sous les rochers des falaises littorales de Sidi Aissa dans la région d'Annaba (Fig 99). Cette espèce diploïde à large distribution côtière dans toute la méditerranée. Viane & al. (1993, 1996), Prelli (2001) et Marchetti (2004), signalent que cette espèce préfère les fissures profondes de rochers siliceux et parfois pousse sous un couvert boisé.



**Fig.97. *Asplenium obovatum* . Sidi Aissa 02/01/2003
(Photos S. Haou)**

20. *Asplenium billotii* F.W. Schultz

Cette espèce autotétraploïde (Sleep 1966, Reichstein 1981, 1984, Viane & al. 1993) est parfois traitée comme une sous-espèce d'*Asplenium obovatum* (Demiriz 1990, Rasbach & al. 1990, Prelli 2001, Marchetti 2004). Elle a été observée dans peu de stations comme à Séraïdi dans le site de Ben Otman (subéraie) sous une population d'*Equisetum ramosissimum* et dans la station de la cascade des Vautours au djebel Séraïdi (ombragée par une population de *Polystichum setiferum*), dans des milieux humides de l'aulnaie de Bourdim, au bord d'une Chaâbat au djebel Rhora et à Hadj Tahar au bord d'une garaât.

En passant dans la région en 1990, Viane a pu confirmer la présence de cette plante tétraploïde (en compagnie de son hybride triploïde avec *Asplenium obovatum*, voir rapport dans Prelli & al. 1998) à 23 km à l'est de Skikda, sur les pentes exposées au nord à l'ouest de la Plage du Guerbes, sous rochers acides à 300 m d'altitude, couverts de *Pteridium aquilinum*, *Olea europea*, *Erica arborea*, *Asplenium onopteris* et *Rubus ulmifolius* (Fig 100).

Cette espèce est considérée comme calcifuge et plutôt océanique. Elle recherche les fentes et replats de rochers siliceux (schistes, granites, grès), souvent dans des situations ombragés, fraîches et abrités, parfois elle pousse aussi à terre sur des talus.

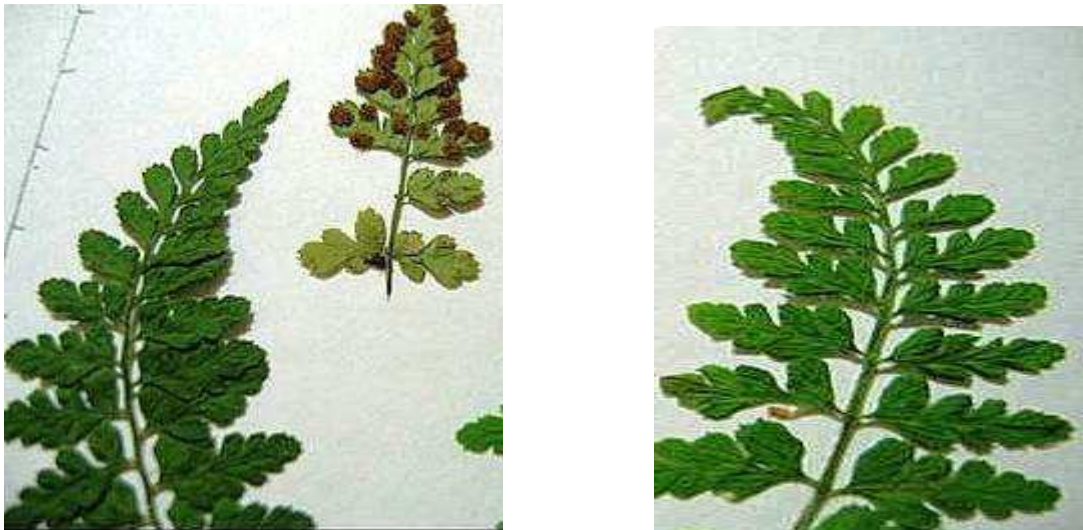


Fig.98. *Asplenium billotii*. Défilé de L'Edough. 11/09/2006 (Photos G. de Bélair)

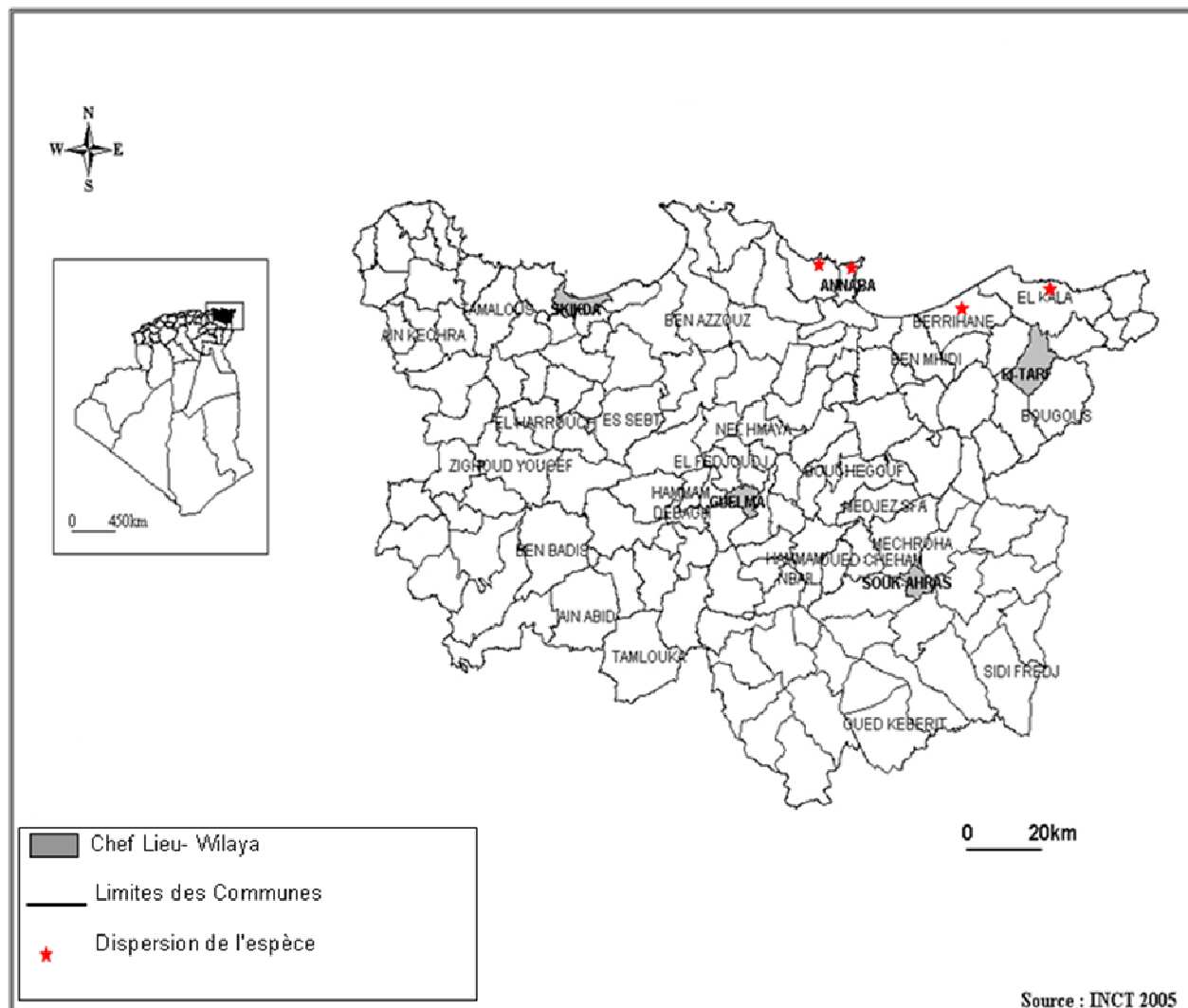


Fig. 99. Cartographie d'*Asplenium obovatum*

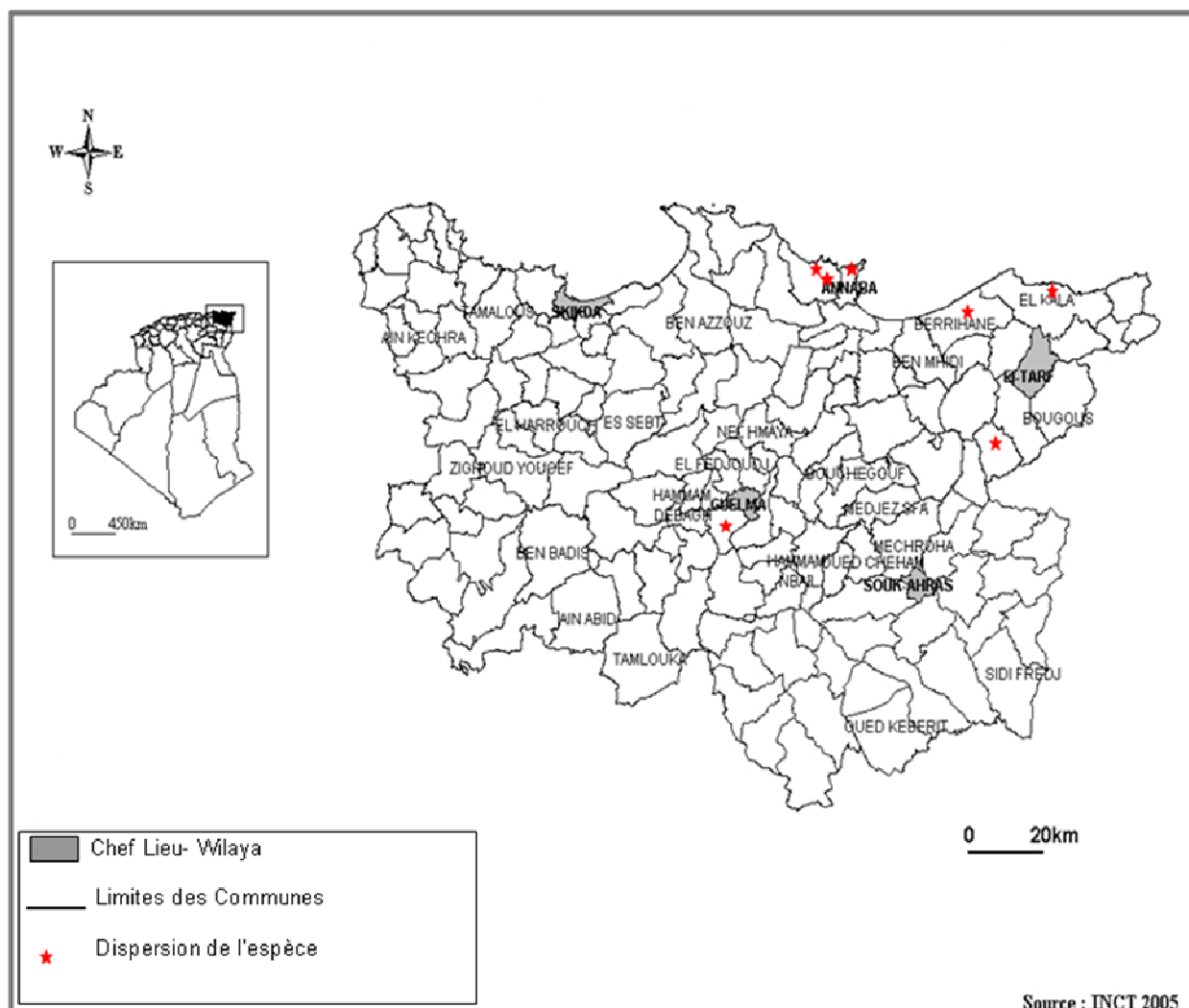


Fig. 100. Cartographie d'*Asplenium billotii*

21. *Asplenium adiantum-nigrum* L. (sa présence est douteuse,)

Selon notre échantillonnage, la présence de cette espèce est liée à l'altitude et l'ombre ; d'où sa présence sous les troncs d'arbre de Chêne et sous les rochers.

Durant notre première identification cette espèce est confondue avec *Asplenium onopteris* où Maire (1952), la signale comme une sous espèce d'*Asplenium adiantum –nigrum*.

En Europe, Prelli (2001), Bernardello & al (2011) et Senesse (1973) signalent qu'il existe deux Fougères différentes sur les serpentines, dont la distinction en l'absence de comptage chromosomique, n'est pas toujours facile entre d'*Asplenium adiantum – nigrum* (tétraploïde, à feuille plus brillantes et plus résistantes) et d'*Asplenium cuneifolium* (diploïde, à limbe plutôt mat et à feuilles se desséchant l'hiver).

Vu cette confusion morphologique entre ces deux espèces d'*Asplenium*, seulement deux spécimens ont été identifiés comme *adiantum nigrum* dans la région d'Annaba : une station au Djebel Séraïdi (subéraie) et une autre seulement à Sidi Aïssa (maquis bat) (Fig 103).



**Fig.101. *Asplenium adiantum nigrum*. Séraïdi.
(Photos S. Haou)**

22. *Asplenium onopteris* L.

Espèce assez abondante dans la plupart des forêts des régions d'étude : subéraies, zenaies, Oleo – lentisque et maquis (Fig 104).

Cette espèce diploïde, se trouve aussi dans les milieux humides de la Numidie ; elle s'installe dans la partie sèche de ces habitats, directement sur le sol mais ombragée par la végétation. Sa distribution générale inclut la Macaronésie, l'Europe atlantique et le bassin méditerranéen, où elle a souvent été confuse avec l'*Asplenium adiantum-nigrum* dont elle est une des ancêtres. Ces espèces peuvent être identifiées par un comptage des chromosomes ou par des caractères micro-morphologiques (Rasbach & al. 1994, Reichstein & al. 1994, Viane & al. 1993).

Considérée comme une plante thermophile, on la rencontre principalement dans les sous-bois de la région méditerranéenne, parfois sur des talus et des rochers (Reichstein 1984, Boudrie & al. 1999, Prelli 2001, Marchetti 2004).



Fig.102. *Asplenium onopteris* (A) site de Séraidi 03. 2011(Photos G. de Bélair). (B) Subéraie de Mzirâa. 02.03.2012 (Photos. H. Louhi)

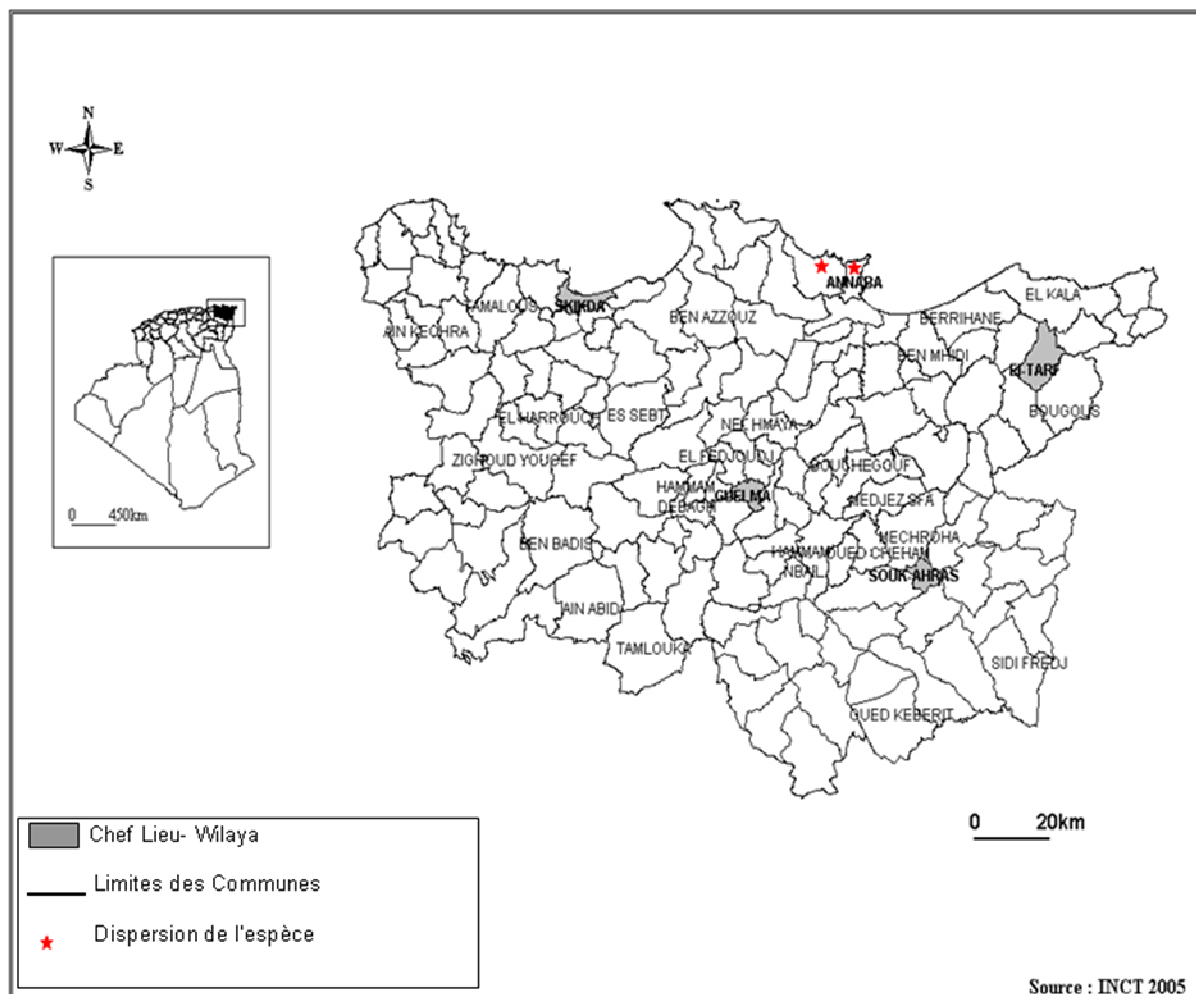


Fig. 103. Cartographie d'*Asplenium adiantum-nigrum*

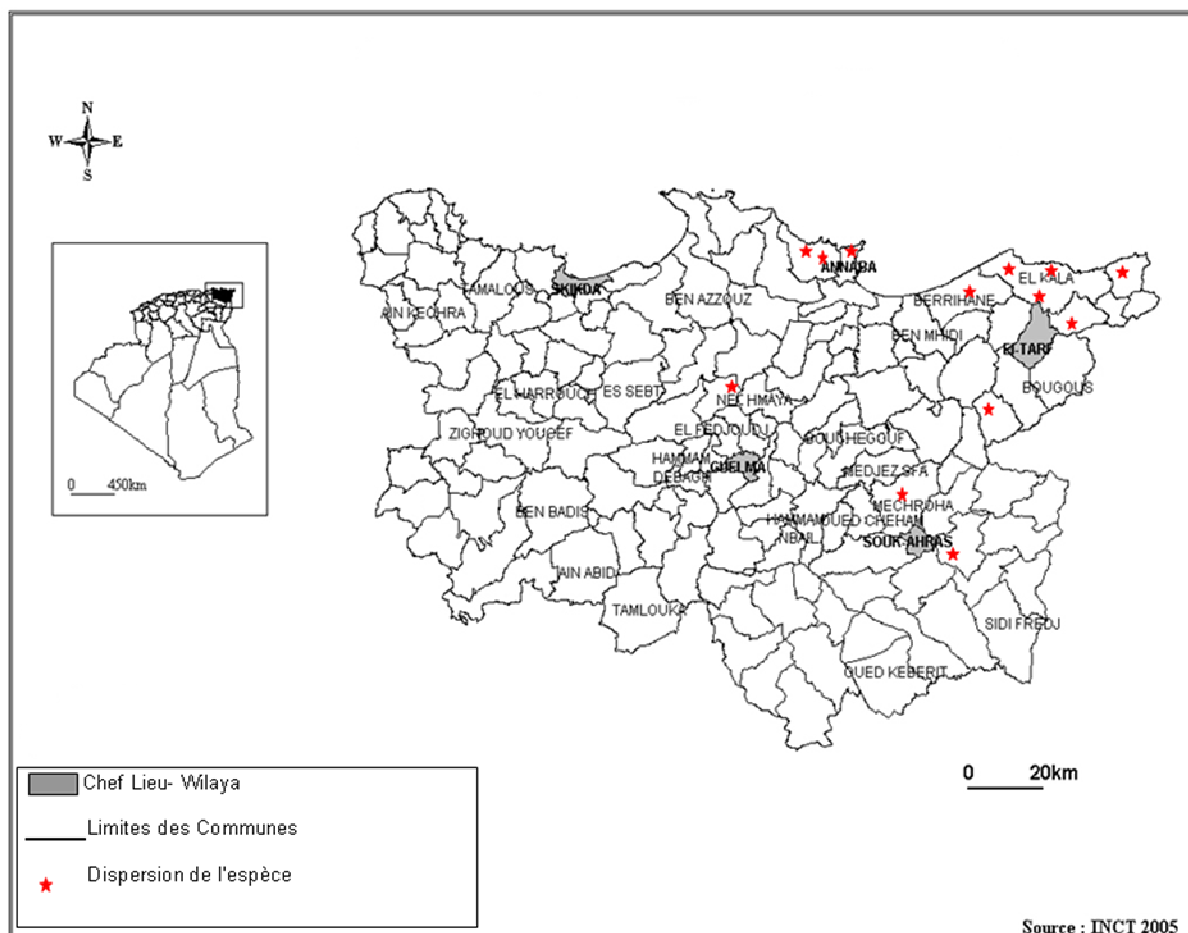


Fig. 104. Cartographie d'*Asplenium onopteris*

23. *Asplenium ceterach* L.

Cette espèce et ses voisins sont souvent inclus dans le genre *Ceterach* basé sur une morphologie typique. Les études morphologiques (Kramer.1984, Kramer & Viane 1990, Viane & al. 1993) confirmées par des investigations moléculaires (Van den Heede 2003) montrent que ce genre est superflue. Ce groupe de plantes méditerranéens xérophiiles se compose d'un taxon ancestral diploïde, *Asplenium javorkeanum* Vida (qui doit être présent au Djurdjura en Algérie, voir Prelli & al. 1998), d'un autotétraploïde, *Asplenium ceterach* sensu stricto (présent en Algérie, voir Prelli & al. 1998) et d'un hexaploïde, *Asplenium cyprium* Viane & Van den Heede (confirmé pour la Tunisie, Van den Heede & Viane 2010).

Cette plante xérophiile, se desséchant l'été et reviviscente dans la saison des pluies, est assez communes sur rochers calcaires et murs dans toutes les régions non désertiques, depuis le niveau de la mer jusque vers 2700m d'altitude (Maire, 1952). Marchetti (2004) donne des cartes de répartition en Italie.

Dans les régions d'étude, cette espèce occupe les rochers et falaises ensoleillés, parfois ombragés et s'installe aussi sur les murs de maisons. (Fig 106).



Fig.105. *Asplenium ceterach*. Séraïdi 13/02/2008 (Photos G. de Bélair)

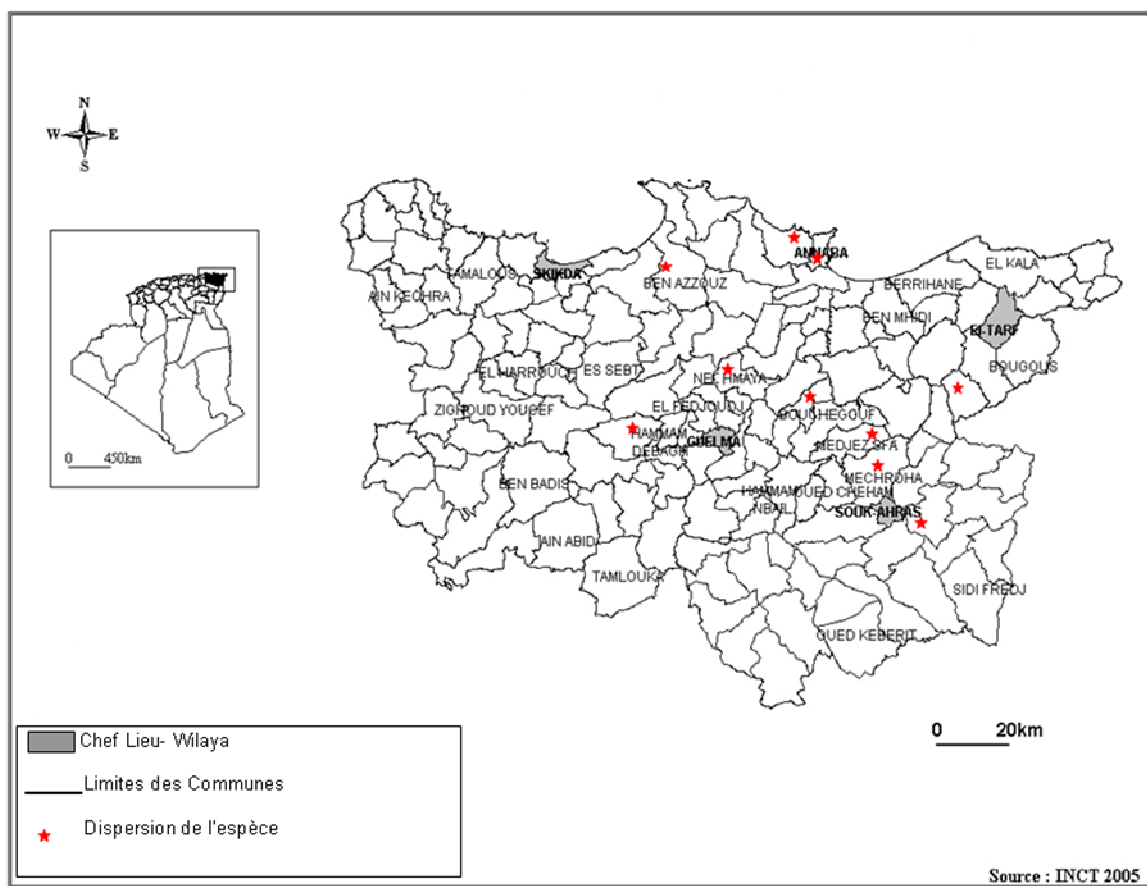


Fig. 106. Cartographie d'*Asplenium ceterach*

24. *Asplenium scolopendrium* L.

Cette espèce et son voisin, *Asplenium sagittatum*, sont souvent inclus dans le genre *Phyllitis*, comme *Ceterach*, est basé sur sa morphologie générale atypique. Nos études micromorphologiques (Kramer & Viane 1990, Viane et al. 1993) confirmées par des investigations moléculaires (Van den Heede 2003) montrent que le genre *Phyllitis* ne doit pas être retenu.

En Numidie, cette espèce est signalée par G. de Bélair dans le sous-bois des forêts de Chêne liège et Chêne zeen de djebel Edough dans la région d'Annaba (Fig 108).

Maire (1952) l'inféode aux rochers humides et ombragés des montagnes calcaires et siliceuses bien arrosées, 300 – 1500m d'altitude.

Prelli (2001) et Marchetti (2004) signalent sa présence dans les sous-bois humides, cavernes, le long de ruisseaux et sur des murettes ombragées.



**Fig.107. *Asplenium scolopendrium*. Séraïdi 03. 2010
(Photos. G de Bélair)**

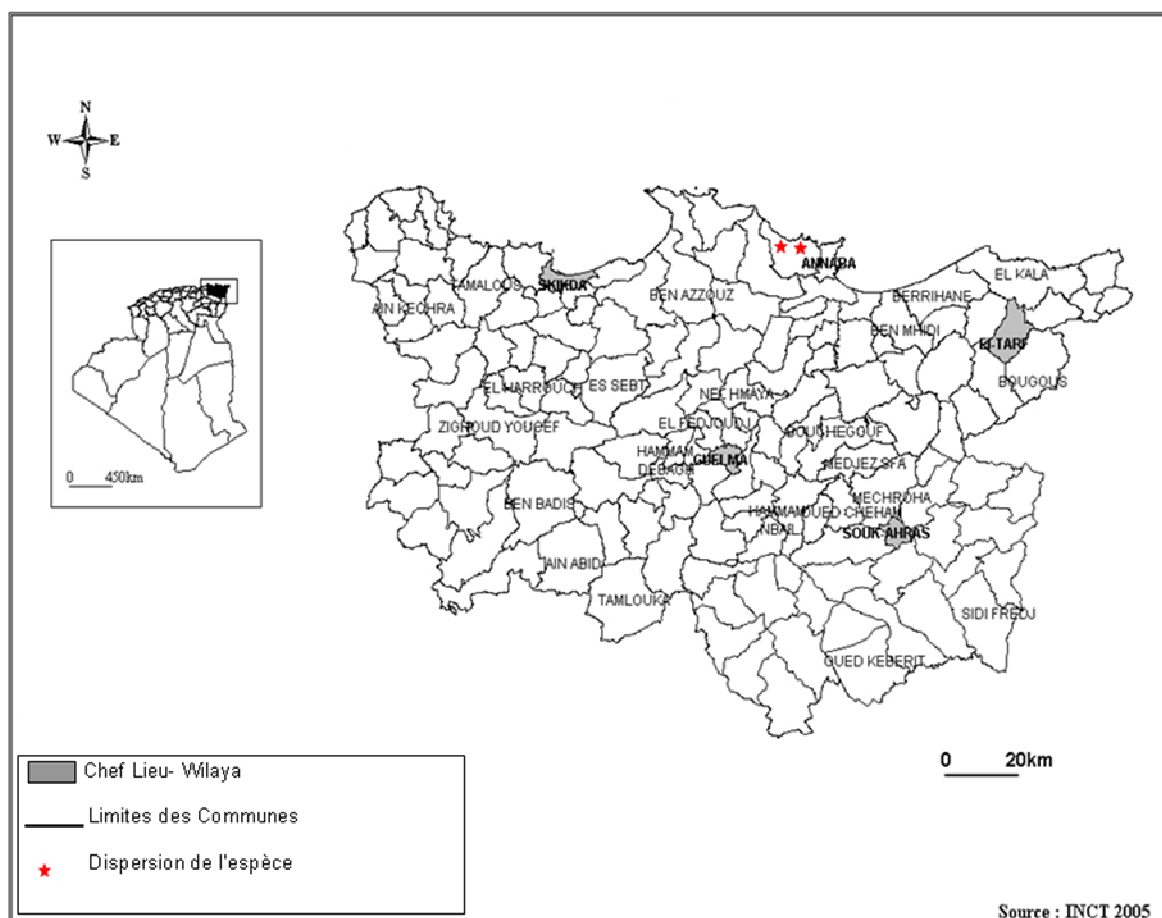


Fig. 108. Cartographie d'*Asplenium scolopendrium*

25. *Asplenium sagittatum* (DC.) Bange

Dans les sites d'étude, cette espèce est signalée par G. de Bélair et E. Véla dans la station du Cap de Garde en 2006, dans la région d'Annaba (Fig 110).

Selon Prelli (2001) : « Plante thermophile qui se rencontre seulement sur des rochers calcaires ombragés du pourtour méditerranéen, et qui n'exprime sa morphologie caractéristique que dans les sites où l'ombrage est associé à une humidité importante ». Marchetti (2004) montre la présence de cette plante rare à très rare dans toutes les provinces tyrrhéniennes entre 0 et 500 m.



**Fig.109. *Asplenium sagittatum*. Béjaia site de Gouraya
30/03/2004 (Photos G. de Bélair)**

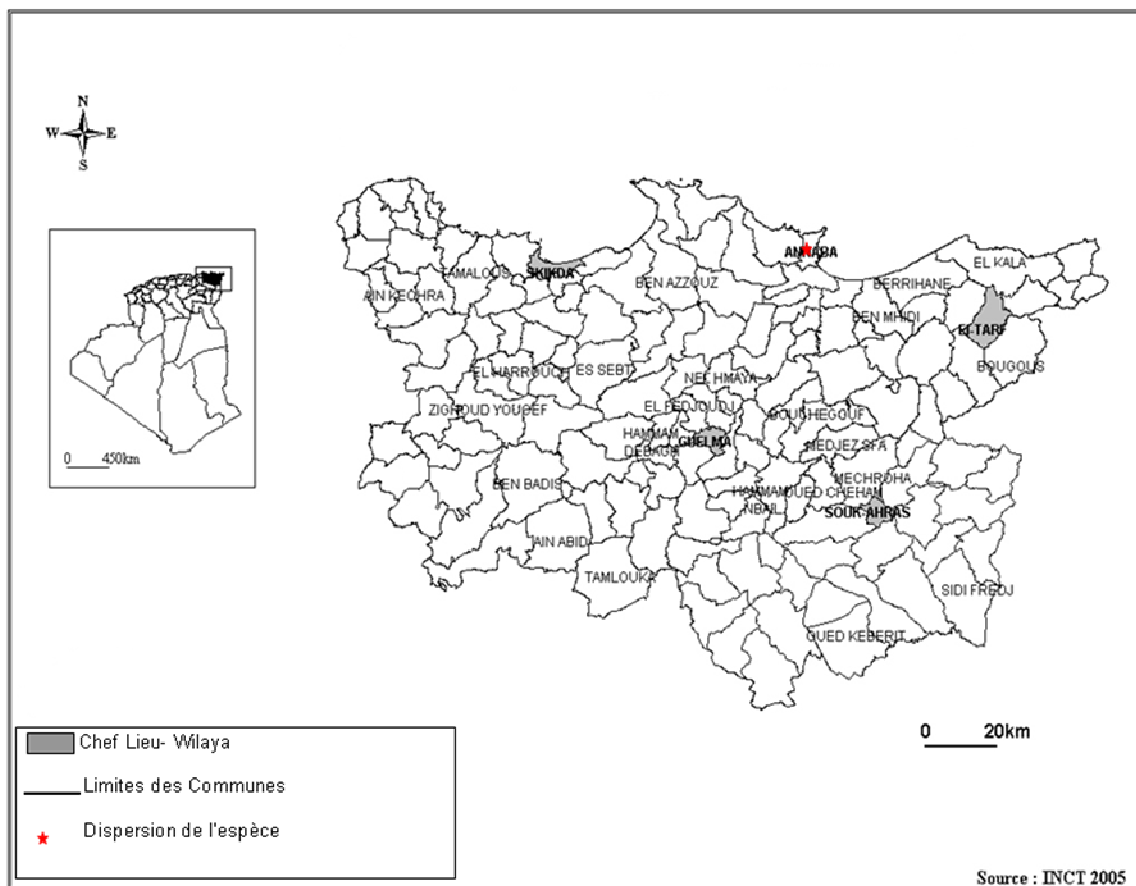


Fig. 110. Cartographie d'*Asplenium sagittatum*

26. *Athyrium filix-femina* (L.) Roth

Maire (1952) la signale comme abondante dans les « forêts humides, bord des ruisselets des terrains siliceux, sur le littoral et dans les montagnes des régions bien arrosées.

Pendant notre échantillonnage, on ne l'a retrouvé que dans la région d'el Tarf ; dans les Aulnaies de Bourdim et Bouglès et dans la forêt de *Quercus faginea* d'el Rhorra. De plus nous avons remarqué la présence de quelques spécimens non sporulés dans le djebel Edough (Fig 112).

Nous pensons que cette espèce montre une régression dans sa dispersion depuis plus d'un demi-siècle, vu les dégradations qu'a subit les écosystèmes des régions d'étude.



**Fig.111. *Athyrium filix-femina*. Bourdim 04. 2010
(Photos G. de Bélair)**

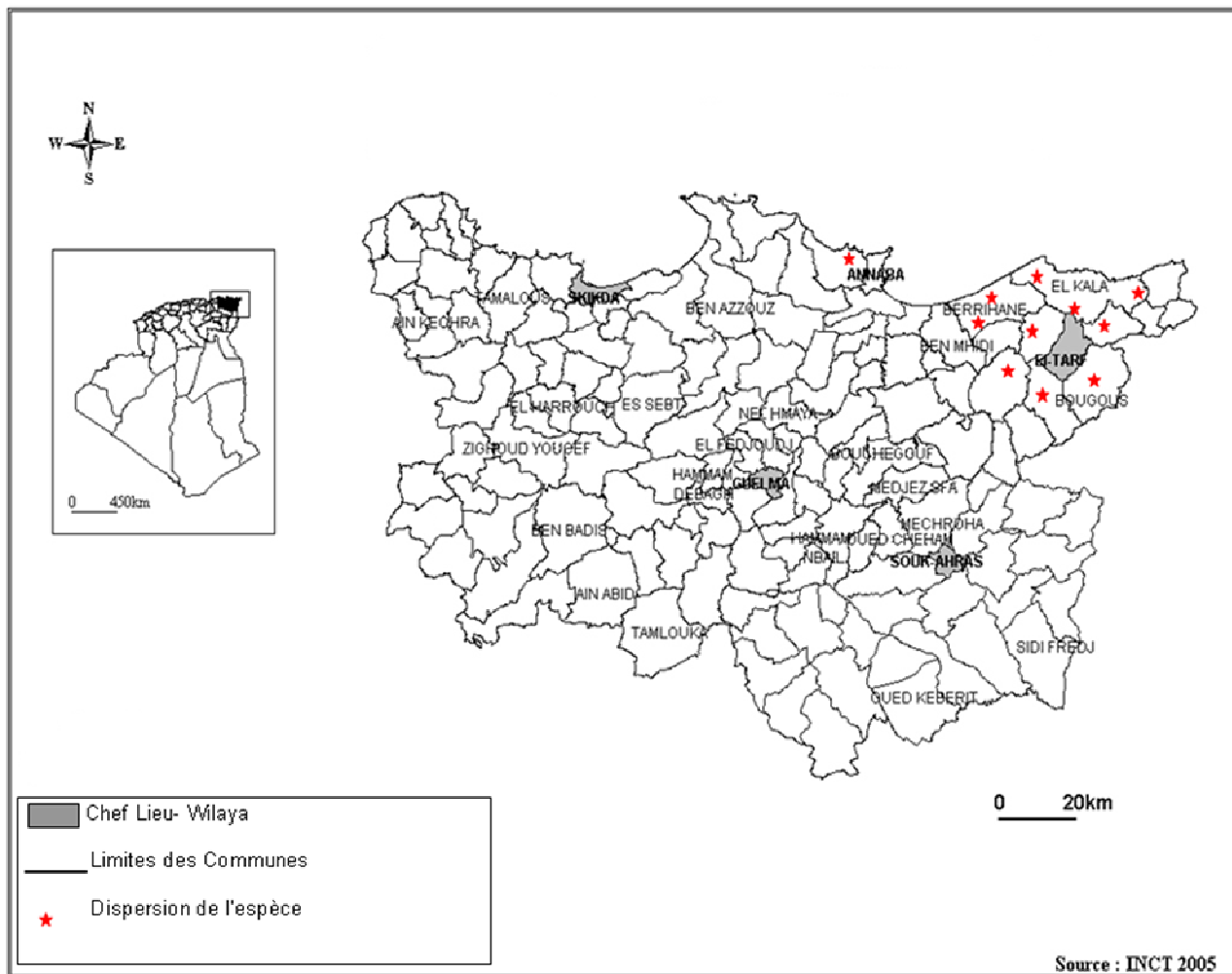


Fig. 112. Cartographie d'*Athyrium filix-femina*

27. *Cystopteris diaphana* (Bory)

Litardière (1912) et Maire (1952) la signale comme une subsp de *Cystopteris fragilis* considérée comme commune au site de Séraïdi (l'Edough), mais avec des doutes.

Durant la période d'échantillonnage, cette espèce a été trouvée dans le sous bois de djebel Ghora (Fig 115).



Fig.113. *Cystopteris diaphana*. Ghora (Photos G de Bélair)

28. *Cystopteris fragilis*.

Durant la période d'échantillonnage, cette espèce a été trouvée dans le sous bois des maquis à Oleo – lentisque à Souk Ahras et dans le sous bois des subéraies (station de Ben Otman) au Djebel Edough (Fig 116).



Fig.114. *Cystopteris fragilis*. Séraïdi.12/10/2006 (photos S. Haou)

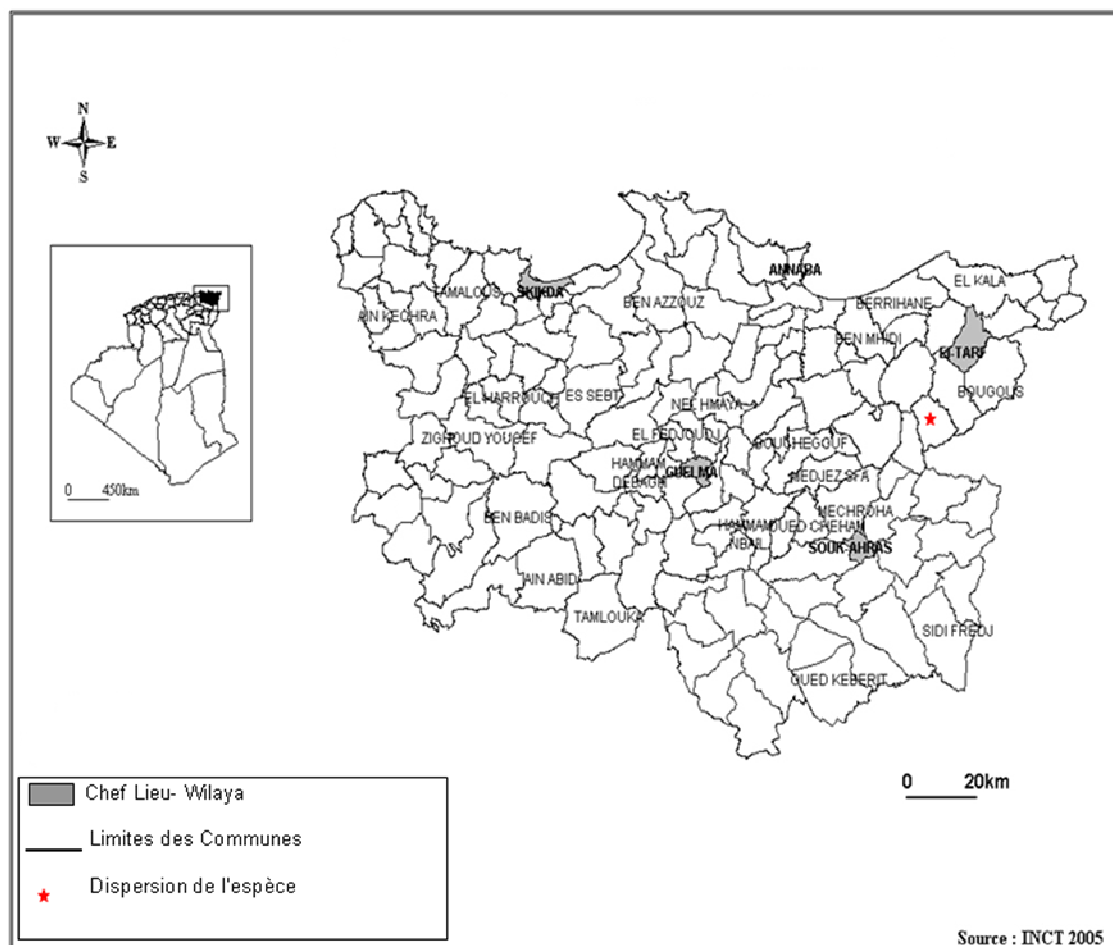


Fig. 115. Cartographie de *Cystopteris diaphana*

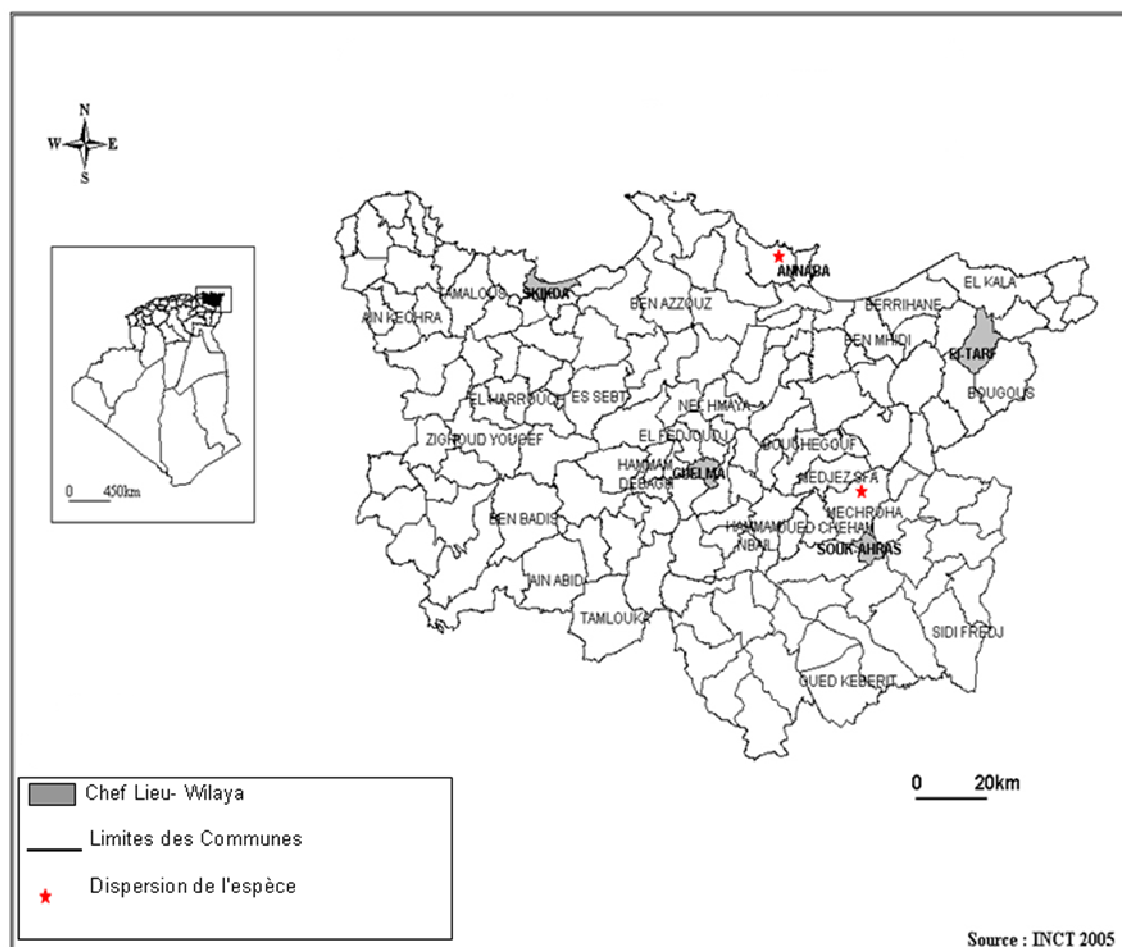


Fig 116. Cartographie de *Cystopteris fragilis*

29. *Polystichum setiferum* (Forssk.) Woynar

Dans nos régions d'étude, cette espèce se trouve en dense populations dans deux stations au djebel Edough : au bord d'un oued et en haut d'une cascade.

Signalée aussi dans les aulnaies de Bourdim, de oum el Agareb et à Bougous (Fig 118). Prelli (2001) et Marchetti (2004) signalent que cette espèce atlantique-macaronésienne recherche l'ombre, la fraîcheur et l'humidité atmosphérique. En Italie elle monte jusqu'à 2000m d'altitude.



**Fig.117 . *Polystichum setiferum*. Boudim (Photos G de Bélair)
Détail des spores (Photos G. de Bélair) 08/06/2008 Station de la cascade des Vautours.
Séraidi**

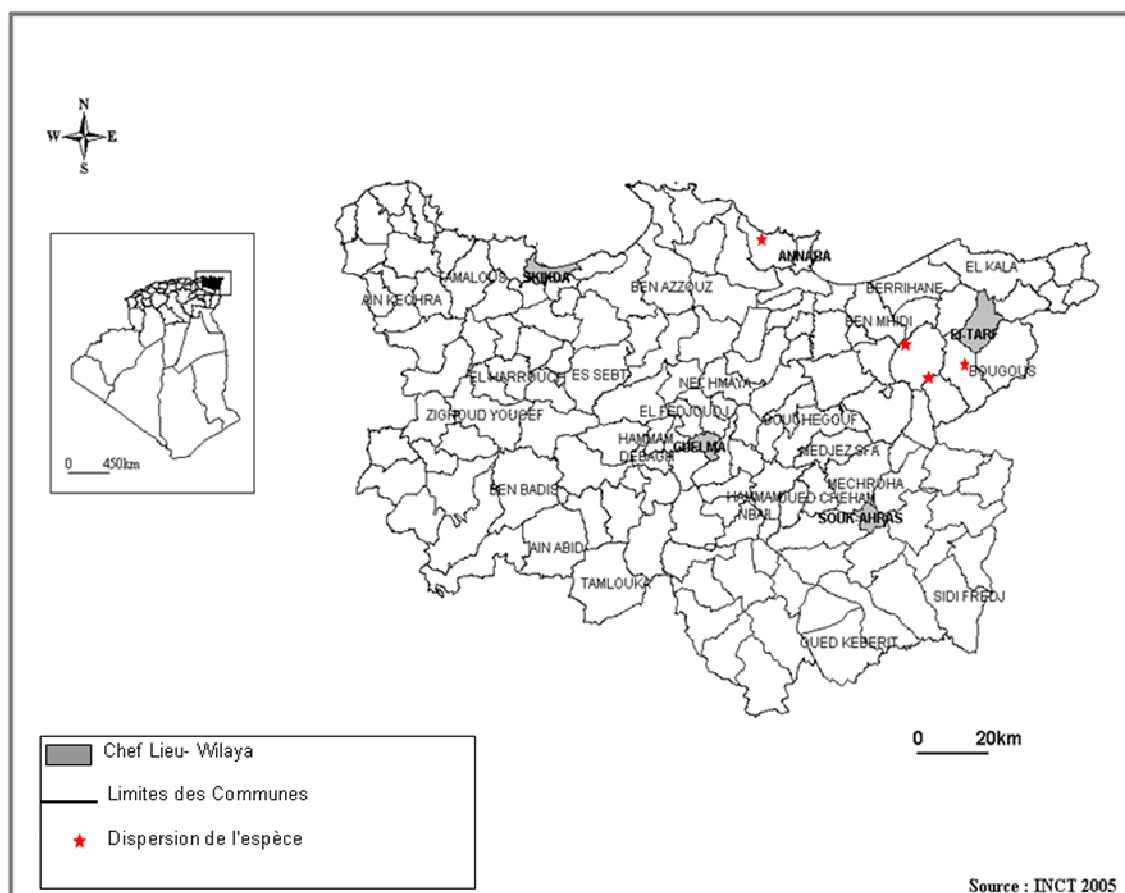


Fig 118. Cartographie de *Polystichum setiferum*

30. *Marsilea minuta* L.

Cette espèce a été retrouvée au niveau de la station du Lac Tonga dans la région d'El Kala par G.de Bélair en 1994, 2003 et en 2008 (Fig 121).

Maire (1952) la signale comme une espèce très rare des marais sublittoraux.



Fig.119. *Marsilea minuta*. Lac Tonga 29/08/2003 (Photos G de Bélair)

31. *Salvinia natans* (L.) All.

Cette espèce annuelle devienne, soit rare dans les régions d'étude vue la destruction des mares pour l'agriculture (les retenues d'eau), soit elle est sous-échantillonnée.

Nous ne l'avons vu que dans la station de Hadj Tahar (garaât) et la station de Garaât Stah à El Kala où elle était représentée par une population assez abondante (Fig 122). Maire (1952) considère cette espèce comme très rare en plaine, elle est flottante dans les eaux stagnantes ou à cours lent des terrains siliceux.



Fig.120. *Salvinia natans*. Garaât Stah 24/08/1991 (Photos G. de Bélair)

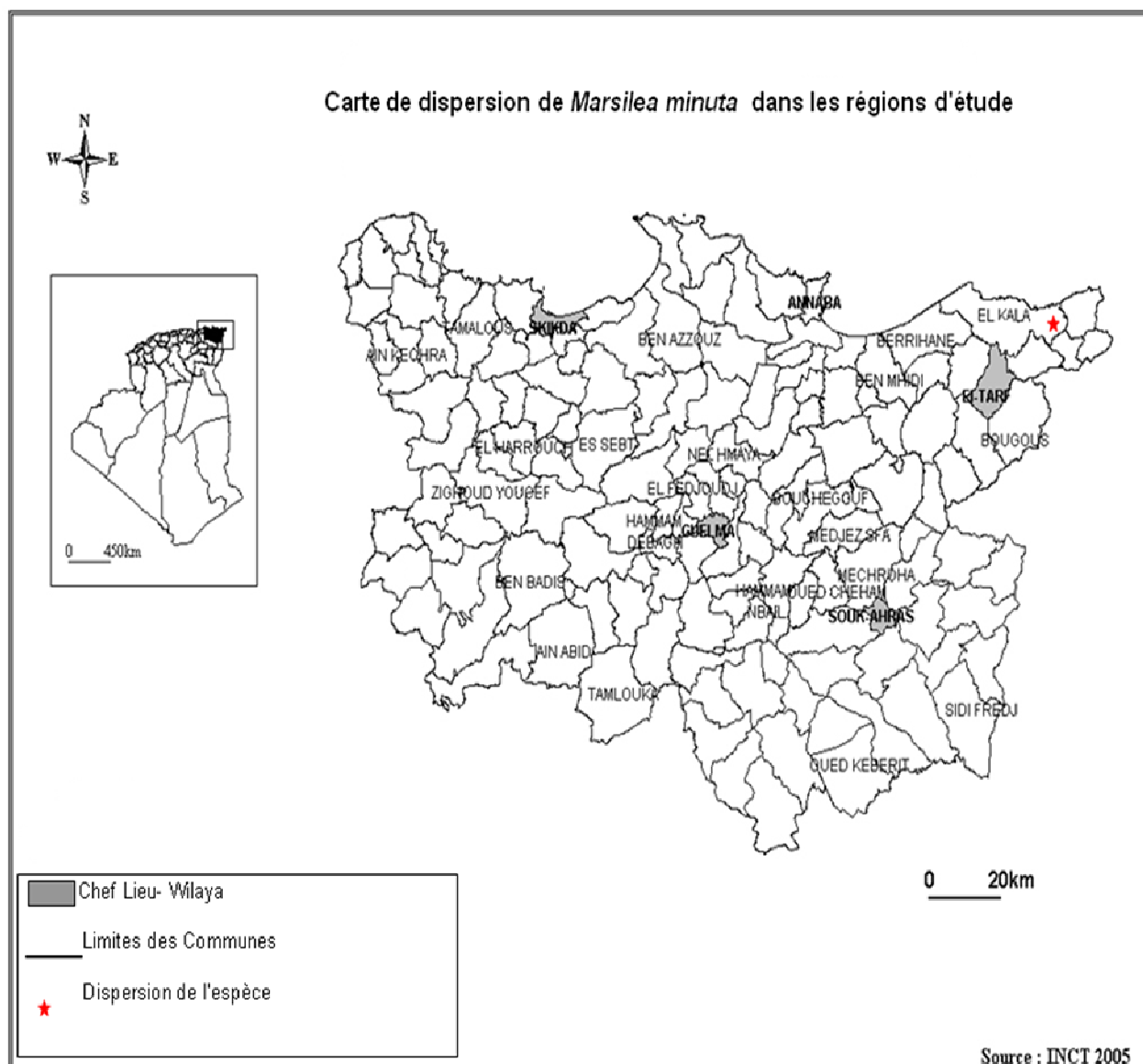


Fig. 121. Cartographie de *Marsilea minuta*

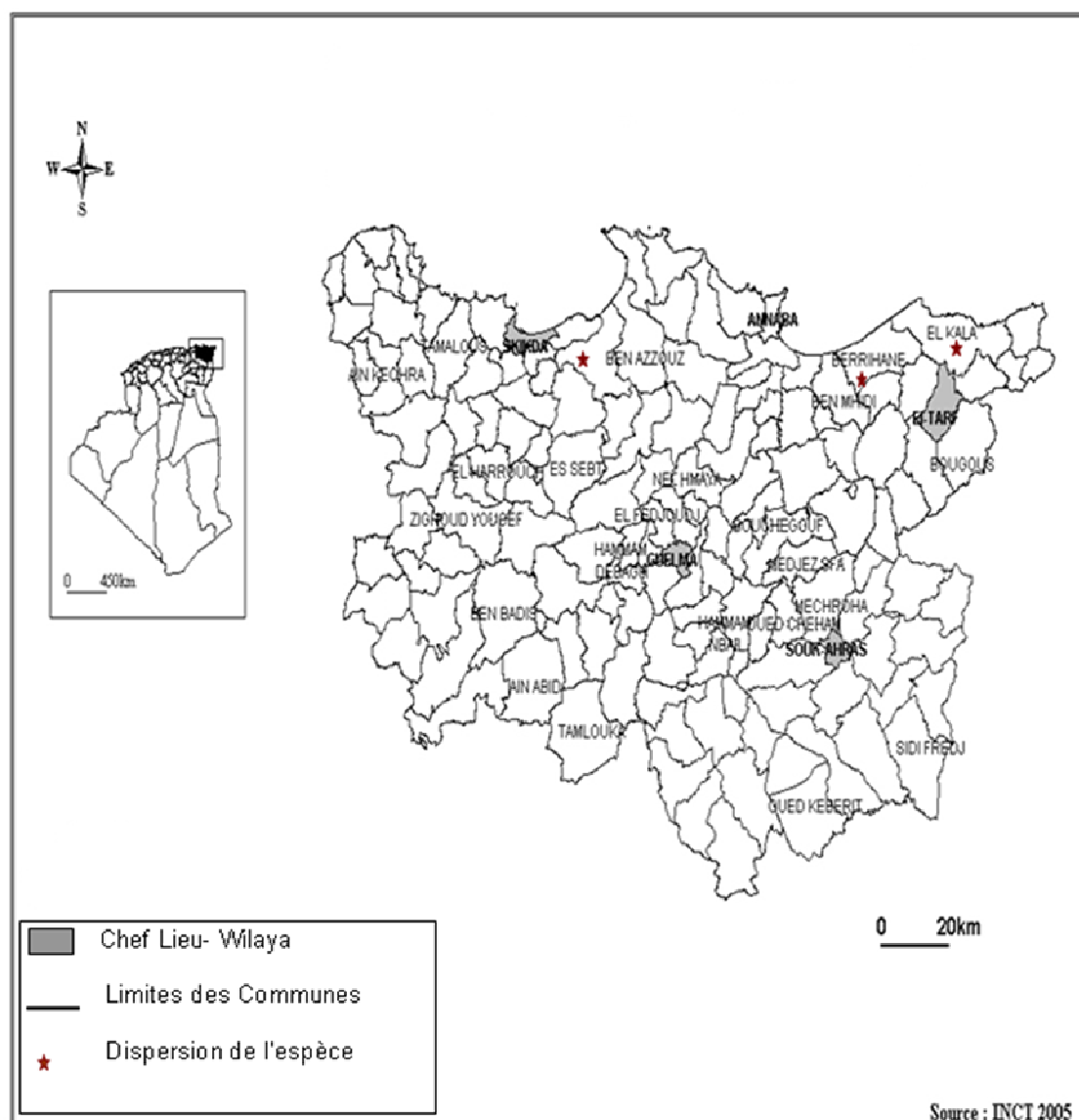


Fig. 122. Cartographie de *Salvinia natans*

32. *Pteris longifolia* L.

En Algérie, cette espèce a été échantillonnée par Gérard de Bélair et Errol Véla dans la cascade de Kef Rida en Mars 2004 et par Haou à Taza à Jijel dans une source d'eau accompagné d'*Adiantum capillus-veneris* et *Equisetum telmateia*. La population de cette espèce se caractérise par une importante densité et une hauteur qui dépasse 1m, entourant presque la source.

Maire 1952, signale la présence de cette espèce sur les ravins humides, rochers suintants sur le littoral et dans les montagnes jusque vers 800m d'altitude, en terrain calcaire et siliceux.

33. *Pilularia minuta* Durieu.

Maire (1952) et Quézel & Santa (1962), signalent la rareté de cette espèce et l'inféodent aux dayas des terrains siliceux ou décalcifiés.

Cette espèce se présente dans les mares temporaires en enclave dans le maquis méditerranéen, à basse altitude (Prelli, 2001).

Daoud-Bouattour et al (2009) montrent dans une étude de synthèse de toutes les localités où *Pilularia minuta*, Ptéridophyte endémique menacée des mares temporaires méditerranéennes acides, montrent une influence positive des perturbations sur son développement en Tunisie.

Cette espèce héliophile et pionnière, présente dans 16 localités du Bassin méditerranéen, semble avoir une bonne capacité de dispersion. Pourtant, un quart des stations recensées ont disparu au cours du dernier siècle. Ce déclin semble n'avoir affecté que de petites populations (Alpes-Maritimes, France ; Lazio, Italie) et des régions très perturbées (Algérie), tandis que les grandes populations (Sardaigne, Italie ; Corse et Hérault, France ; Andalousie, Espagne ; Maroc occidental), probablement plus stables, se sont maintenues. Dans un contexte de métapopulation, elles pourraient constituer des «populations sources» et devraient être plus particulièrement prises en considération dans les stratégies de conservation.

4. Nature du sol et rareté des ptéridophytes étudiés

Tableau N°3 : Distribution des Ptéridophytes étudiées selon la nature de sol

Espèce de Ptéridophytes	Nature du sol en Numidie	Nature du sol selon la bibliographie
<i>Selaginella denticulata</i>	Sol acide et basique	Terrain siliceux mais peut s'installer sur sol calcaire (vieux murs)
<i>Isoetes velata</i>	Terrain siliceux	Terrain siliceux
<i>Isoetes histrix</i>	Terrain siliceux	Terrain siliceux
<i>Equisetum ramosissimum</i>	Terrain siliceux	Terrain siliceux et calcaire
<i>Equisetum telmateia</i>	Terrain siliceux	Sol basique et siliceux
<i>Ophioglossum lusitanicum</i>	Terrain sablonneux (sol acide)	Terrain siliceux
<i>Osmunda regalis</i>	Terrain siliceux (tourbe)	Sol acide
<i>Cheilanthes acrostica</i>	Rochers siliceux ou neutre	Rochers siliceux, basaltique et roches métamorphiques
<i>Cheilanthes maderensis</i>	Rochers calcaires	Rochers calcaires rarement sur rochers siliceux
<i>Cosentinia vellea</i>	Rochers calcaire pour la ssp <i>bivalens</i> <i>La ssp vellea sur rochers calcaire et neutre</i>	Rochers siliceux et calcaires
<i>Anogramma leptophylla</i>		Acide (sol siliceux)
<i>Adiantum capillus- veneris</i>	Terrain calcaire	Basique (sol calcaire)
<i>Polypodium cambricum</i>	Rochers calcaires et siliceux	Acide (sol siliceux), mais une préférence pour sol basique
<i>Pteridium aquilinum</i>	Rochers siliceux ou calcaire décalcifié	Sol acide
<i>Asplenium trichomanes.</i>	Terrain siliceux et	Acide (sol siliceux), mais

<i>subsp. quadrivalens</i>	calcaires	une préférence pour sol basique
<i>Asplenium obovatum</i>	Terrain siliceux	Sol siliceux
<i>Asplenium billotii</i>	Terrain siliceux	Acide (sol siliceux) schiste, granite, grès
<i>Asplenium onopteris</i>	Terrain siliceux	Acide (sol siliceux), peut s'installer sur sol basique
<i>Asplenium ceterach</i>	Terrain calcaire et siliceux	Acide (sol siliceux), mais une préférence pour sol basique
<i>Asplenium-adiantum nigrum</i>	Terrain siliceux	Acide (sol siliceux), rarement sur calcaire
<i>Asplenium scolopendrium</i>	Terrain siliceux	Acide (sol siliceux), mais une préférence pour sol basique
<i>Asplenium sagittatum</i>	Rochers calcaire	Terrains calcaires
<i>Asplenium petrarchae</i>	Rochers calcaires	Rochers calcaires
<i>Athyrium filix -femina</i>	Terrain siliceux (aulnaies)	Sol acide
<i>Cystopteris diaphana</i>	Terrain siliceux	Sol acide
<i>Cystopteris fragilis</i>	Sol calcaire	Sol basique
<i>Polystichum setiferum</i>	Terrain siliceux	Acide mais peut s'installer sur sol basique
<i>Thelypteris palustris</i>	Sol siliceux	Sol acide et basique
<i>Cyglossorus interruptus</i>	Sol siliceux	
<i>Marsilea minuta</i>	Espèce de marais	
<i>Salvinia natans</i>	Eaux stagnantes des terrains siliceux	
<i>Pteris longifolia</i>	Terrain calcaires	
<i>Pilularia minuta</i>		

Tableau. N°4 : Distribution et rareté des Ptéridophytes étudiées (CC. très commune, C. commune, AR. Assez rare, RR. Très rare)

Espèce	Maire.1952 pour l'Afrique du Nord	Quezel et Santa 1962 pour l'Afrique du Nord	Région d'étude (Numidie) selon notre échantillonnage de 2000 jusqu'à 2009
<i>Adiantum capillus-veneris</i>	C	AC	R (habitats calcaires)
<i>Anogramma leptophylla</i>	C	C (Tell)	C
<i>Asplenium billotii</i>	AR	AR	AC
<i>Asplenium ceterach</i>	C	C	AC
<i>Asplenium obovatum</i>	AR	AR	AR
<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>	C	C	RRR
<i>Asplenium onopteris</i>	C.	C	AC
<i>Asplenium petrarchae</i>	AR	R	R
<i>Asplenium sagittatum</i>	AR	AR	R
<i>Asplenium scolopendrium</i>	AC	AC (Tell Constantinois)- RR	R
<i>Asplenium trichomanes</i>	C	C	AC
<i>Athyrium filix-femina</i>	C	AR	AR (aulnaies)
<i>Cheilanthes acrostica</i>	C	RR	AR
<i>Cheilanthes maderensis</i>	AR	RR	AR
<i>Cosentinia vellea</i>	C	AC	R
<i>Cystopteris fragilis</i>	R	R	R
<i>Cystopteris diaphana</i>	R	R	RR
<i>Cyclosorus interruptus</i>	RR	RR	RR
<i>Equisetum ramosissimum</i>	C	CC	AR
<i>Equisetum telmateia</i>	AC	AC	AR
<i>Isoetes histrix</i>	C	AC	AC
<i>Isoetes velata</i>	AC (Tell oriental)	AC	AC
<i>Marsilea minuta</i>	RR (El-Kala)	RR	RR
<i>Ophioglossum lusitanicum</i>	AC(Tell)	R (Tell)	AR
<i>Osmunda regalis</i>	C	C	AR (El Kala et Séraidi) Séraidi)
<i>Polypodium cambricum</i>	C (Numidie, Tell)	CC (sous <i>P. vulgare</i>)	C

<i>Polystichum setiferum</i>	R (Tell)	R	AC
<i>Pteridium aquilinum</i>	CC	C (Tell oriental)	C (Tell oriental)
<i>Salvinia natans</i>	RR (El-Kala)	RR	RR
<i>Selaginella denticulata</i>	C	CC	CC
<i>Thelypteris palustris</i>	RR	R R	RR

Au vu de ce tableau (Tab.4), un certain nombre de changements apparait dans la distribution des Ptéridophytes en Numidie, si nous comparons les données présentées par Maire (1952) et celles de Quézel & Santa (1962) ; plus d'un demi-siècle s'est écoulée entre ces deux périodes et la période de notre échantillonnage (de 2000 à 2010).

Sur le terrain, nous avons remarqué que la taille de la population de chaque espèce est conditionnée par l'état de dégradation de son habitat. Dans les milieux humides permanents ou temporaires presque la totalité des espèces présente une diminution du nombre d'individus sinon une absence temporaire en raison de la destruction du milieu (drainage et mise en culture) ; c'est le cas d'*Isoetes velata* dans la station d'El Frin, *Salvinia natans* (station de Garaat Estah), *Equisetum telmateia* (station de l'aulnaie de Bourdim) et *Cyclosorus interruptus* (lac Bleu). Ce dernier présente une vulnérabilité de régénération par rapport à la destruction de son habitat, ainsi devient rare (Briggs & Leigh 1995) et (Prebble & Wilmshurst 2008).

Il en est de même dans les aulnaies : la présence et/ou la taille des populations d'*Osmunda regalis* et d'*Athyrium filix-femina* sont en régression continue depuis notre inventaire sur le terrain (2000-2010).

Il en est de même pour les milieux forestiers, dans lesquels les incendies répétés, le coupe de bois et la mise en culture menacent la pérennité des Ptéridophytes et autres plantes forestières.

Durant les trois dernières années d'échantillonnage (décembre 2006 à mars 2010) la pluviosité ayant été élevée, nous avons remarqué que le nombre de stations et la taille des populations d'*Asplenium*, de *Cheilanthes* et d'*Anogramma leptophylla* avaient considérablement augmenté.

5. Etude phytoécologique

Tableau N° 5 : Inventaire systématique des espèces compagne des Ptéridophytes étudiés.

Habitas étudiés / espèces végétales	Mare et Lacs	Aulnaie et ripysilve	Bord d'oued et Sources	Pelouse submergée	Dunes et maquis	Pinèdes	Subéraies et zénaies	Falaises littorales	Rochers et Talus
Ptéridophytes									
<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.			++						
<i>Anogramma leptophylla</i> (L.) Link					+	+	+++		+++
<i>Asplenium adiantum-nigrum</i> L.									+
<i>Asplenium billotii</i> F. W. Schultz		+					++	+	+
<i>Asplenium ceterach</i> L.							+		++
<i>Asplenium obovatum</i> Viv.							+	+	++
<i>Asplenium onopteris</i> L.					++	+	++++		++
<i>Asplenium petrarchae</i> (Guérin) DC.								+	
<i>Asplenium sagittatum</i> (DC.) A.J. Bange								+	+
<i>Asplenium scolopendrium</i> L.									++
<i>Asplenium trichomanes</i> L. subsp <i>quadrivalens</i> D.E. Meyer							++	+	+++
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	+	+++							++
<i>Cheilanthes acrostica</i> (Balb.) Tod.									++
<i>Cheilanthes maderensis</i> Lowe									++
<i>Cosentinia vellea</i> (Aiton) Tod. Subsp. <i>Vellea</i> subsp <i>bivalens</i> (Reichst.) Rivas-Mart.							++		++
<i>Cystopteris diaphana</i> auct. non Bory							++		
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.									
<i>Cyclosorus interruptus</i> (Willd)H. Itô	++	++	+						
<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.	+	++	+						
<i>Equisetum telmateia</i> Ehrh.	+	++		++++	+	+			
<i>Isoetes histrix</i> Bory				++					
<i>Isoetes velata</i> A. Braun	++				++	+++			
<i>Ophioglossum lusitanicum</i> L.			++						
<i>Osmunda regalis</i> L.		++++							
<i>Pilularia minuta</i> Durieu	+				++	+	+++	+	++
<i>Polypodium cambricum</i> L. subsp. <i>cambricum</i>		+					++		
<i>Polystichum setiferum</i> (Forskål) Woynar		++	++	+	++	++	++		
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn		+++	++						
<i>Pteris longifolia</i> L.									
<i>Marsilea minuta</i> L.	++								
<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	++				++	++	++++	++	+
<i>Selaginella denticulata</i> (L.) Spring									
<i>Thelypteris palustris</i> Schott	+	++							
Espèces arborées									
<i>Alnus glutinosa</i> Gaerth		+++					+		

<i>Quercus suber</i> L.			++		++		+++++		
<i>Quercus faginea</i> Lamk			+		+		+++++		
<i>Pinus maritima</i> Lam.					+	+++++			
<i>Pinus halepensis</i> Miller					+	+++++	+		
<i>Olea europea</i> L.					++	++	++		
<i>Ceratonia siliqua</i> L.					+	+	+++		
<i>Salix alba</i> L.		++							
Espèces arbustives									
<i>Calycotome villosa</i> (Poiret) Link.					+++++	+	++		
<i>Chamaerops humilis</i> L.					+++	+	++	++	
<i>Phillyrea angustifolié</i> L.					+++++		+++		
<i>Cytisus triflorus</i> L'Herit					+		++		
<i>Cistus monspeliensis</i> L.					++		+		
<i>Myrtus communis</i> M.					++		++		
<i>Crataegus azarolus</i> L.					+				
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott		+	++		++	+++	+++		
<i>Erica arborea</i> L.					+++++		++		
<i>Ampelodesma mauritanicum</i> (Poiret) Dur, Sch					++		+	+++	
<i>Genista ulicina</i> Spach					+		+		
<i>Pistacia lentiscus</i> L.					+++++	++	++		
<i>Lavandula stoechas</i> L.					+++	++	+++		
<i>Daphne gnidium</i> L.					++		+	++	
<i>Genista numidica</i> Spach							++	+	+
<i>Teucrium fruticans</i> L.					+		+		+
Espèces herbacées									
<i>Pulicaria odora</i> (L.)Rchb				+	++	+	+	+++	+
<i>Hypochoeris radicata</i> L.			+	+	+++		+	+++	+
<i>Ranunculus sardous</i> Crantz		+	++	++	+				
<i>Thymus ciliatus</i> Desf							+++++		++
<i>Cyclamen africanum</i> B. R		++					++		
<i>Rubia peregrina</i> L.		++	+		++	+	+++++	+	
<i>Asphodelus aestivus</i> Brot.			+	+	+++	++	++	++	
<i>Carex flacca</i> Schreb		++			++				+
<i>Helosciadium crassipes</i> W. D. J. Koch.		+	+						
<i>Cyperus longus</i> L.		++							
<i>Laurentia bicolor</i> (Batt.)		+	+	+					
<i>Juncus bufonius</i> L.				+++					
<i>Alisma lanceolatum</i> With.	+++	+	+	+					
<i>Potamogeton nodosus</i> Poiret	+++								
<i>Anemone palmata</i> L.		+		+					
<i>Ficaria verna</i> Huds		+		+					
<i>Carex remota</i> L.	++	++							
<i>Hypericum afrum</i> Desf		+	+						
<i>Anagallis monelli</i> L.		+		+					
<i>Poa trivialis</i> L.				++					
<i>Trifolium filiforme</i> L.				+++					
<i>Campanula dichotoma</i> L.			+			++	+	++	+
<i>Holcus lanatus</i> L.				++					
<i>Prasium majus</i> L.								+	
<i>Ruscus hypophyllum</i> L.		++			+	+	+++	+	

<i>Centaureum umbellatum</i> (Gibb) Beck					+++		++	+	++
<i>Fedia caput-bovis</i> , Pomel					+++	++	+++	+	++
<i>Anagallis arvensis</i> L.					++++	+	++	++	+
<i>Orobanche purpurea</i> Jacq			+		++			+	
<i>Narcissus tazetta</i> L.					+		++		++
<i>Ophrys tenthredinifera</i> Willd					+		++	+	++
<i>Schoenus nigricans</i> L.				+		+			
<i>Asparagus acutifolius</i> L.			+		++	++	+++		+
<i>Romulea bulbocodium</i> (L.)		+					+		
<i>Erodium botrys</i> (Cav) Batel				+	+		+		+
<i>Coronilla repanda</i> (Poiret) Guss							+	+	
<i>Lythrum junceum</i> Soland				+++					
<i>Galium tricorne</i> Witth		+			++		+++	+	
<i>Bellis silvestris</i> L.					+		++		+
<i>Mentha rotundifolia</i> L.	+	+		+++					
<i>Iris juncea</i> Poiret	+++								
<i>Isolepis cernua</i> (Vahl) Roemer & Schultes	+	+		++					
<i>Vitis vinifera</i> L		+							
<i>Callitriche palustris</i> L. subsp <i>obtusangula</i>	+++	+							
<i>Andropogon distachyus</i> L.	+								
<i>Sedum caeruleum</i> L.							+++	++	++
<i>Evax pygmaea</i> (L.) Brot								+	
<i>Sherardia arvensis</i> L.				+	++		++	+	
<i>Urginea maritima</i> (L.) Baker				+	++	+	+	+	+
<i>Cotyledon umbilicus veneris</i> L.					+	+	++	+	++
<i>Ranunculus macrophyllus</i> Desf							+		
<i>Juncus pygmaeus</i> Rich					+				
<i>Ranunculus ophioglossifolius</i> Villars				+++					
<i>Numphaea alba</i> L.	+++	+							
<i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.) Soják	++								
<i>Cyperus longus</i> L.	++								
<i>Geranium dissectum</i> L.	+						+++	++	
<i>Smilax aspera</i> L.					+++		++	+	
<i>Luzula campestris</i> , (L.) DC		+	+		++		+++		
<i>Luzula forsteri</i> (Sm.) DC							+++		
<i>Clematis flamula</i> L.							++	+	
<i>Allium triquetrum</i> L.		+			++		+	+	+
<i>Ranunculus ficaria</i> L.			+		+		+		
<i>Rumex bucephalophorus</i> L.			++	+					
Bryophytes									
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw		+++			++		+++	++	+++

6. Résultat des analyses d'ACP et d'AFC sur les Ptéridophytes étudiés sur terrain. Facteur 1 et 2.

6.1 Paramètre eau et Densité de végétation

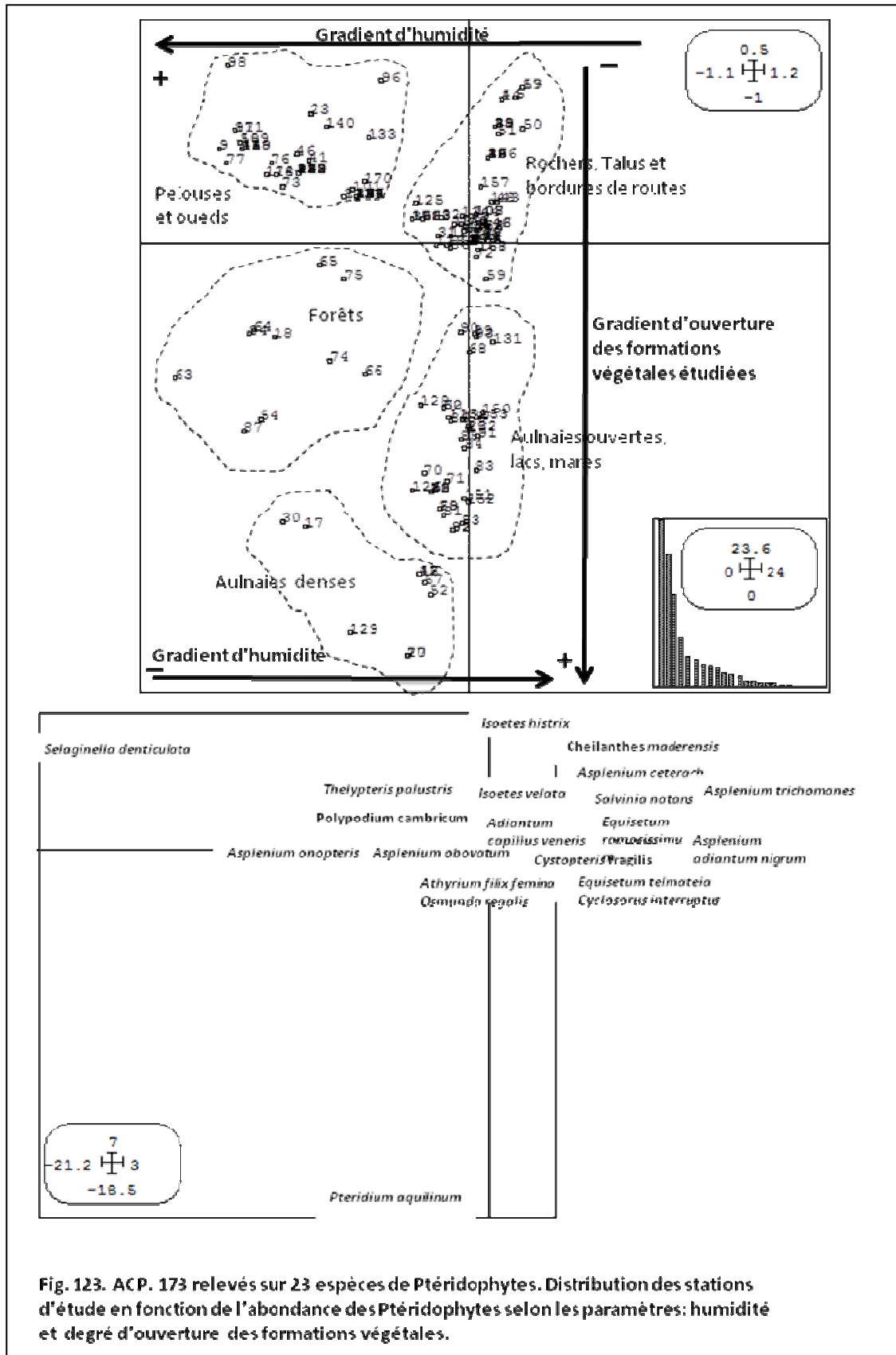


Fig. 123. ACP. 173 relevés sur 23 espèces de Ptéridophytes. Distribution des stations d'étude en fonction de l'abondance des Ptéridophytes selon les paramètres: humidité et degré d'ouverture des formations végétales.

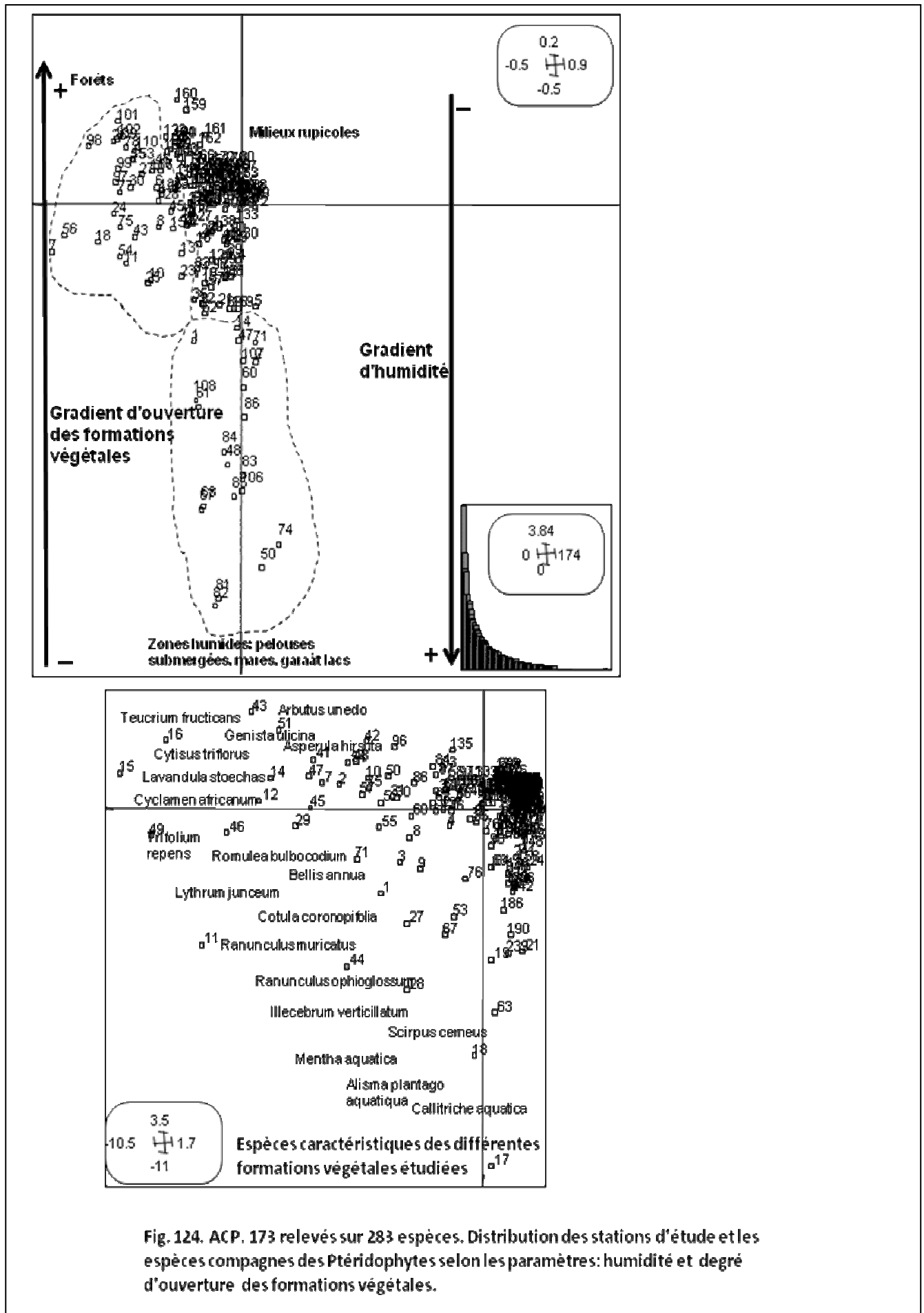


Fig. 124. ACP. 173 relevés sur 283 espèces. Distribution des stations d'étude et les espèces compagnes des Ptéridophytes selon les paramètres: humidité et degré d'ouverture des formations végétales.

6.2. Paramètre type biologique des espèces

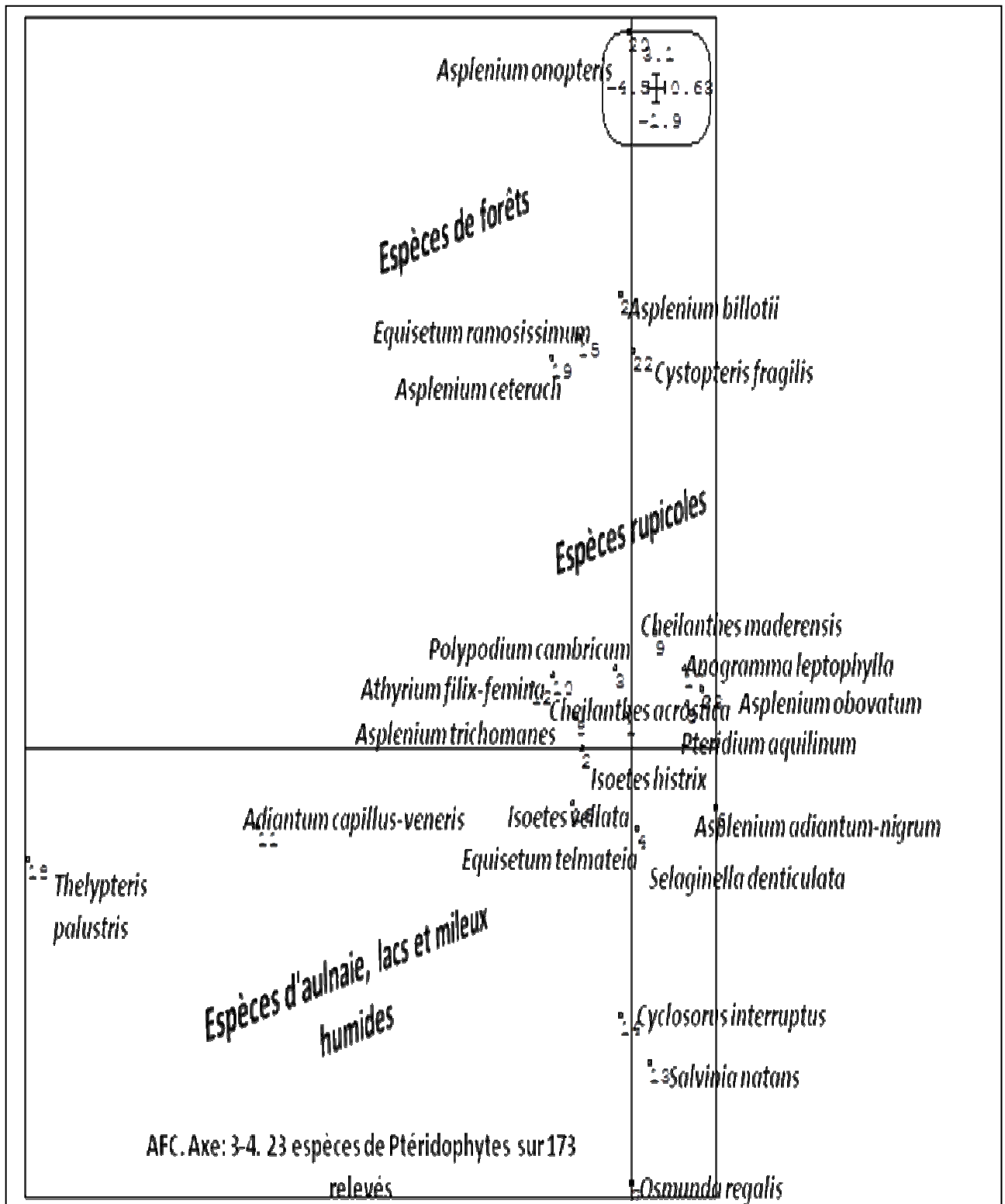


Fig. 125 : Dispersion des espèces de Ptéridophytes dans 173 stations selon les gradients humidité et densité des milieux

7. Analyses de la niche écologique des Ptéridophytes étudiés

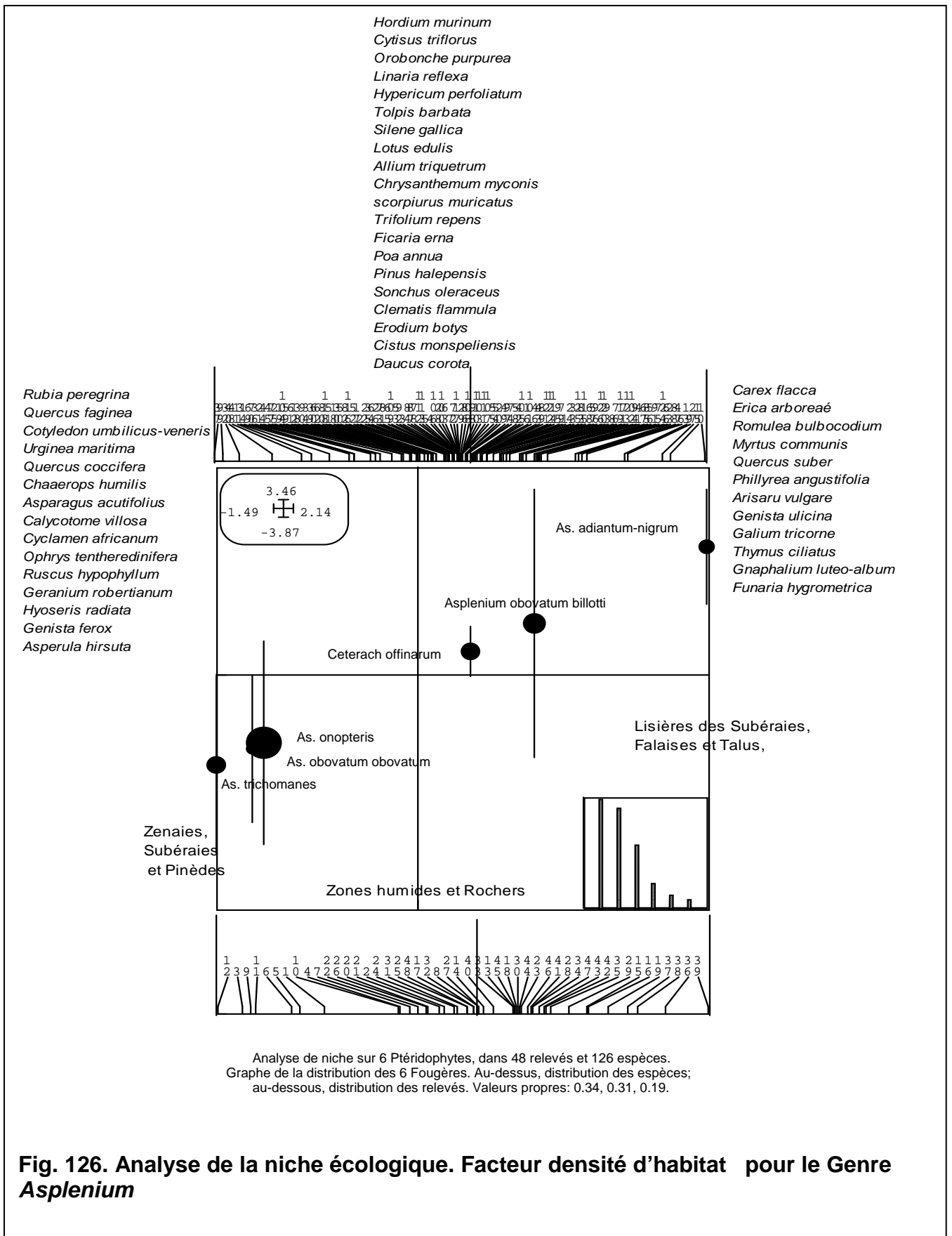
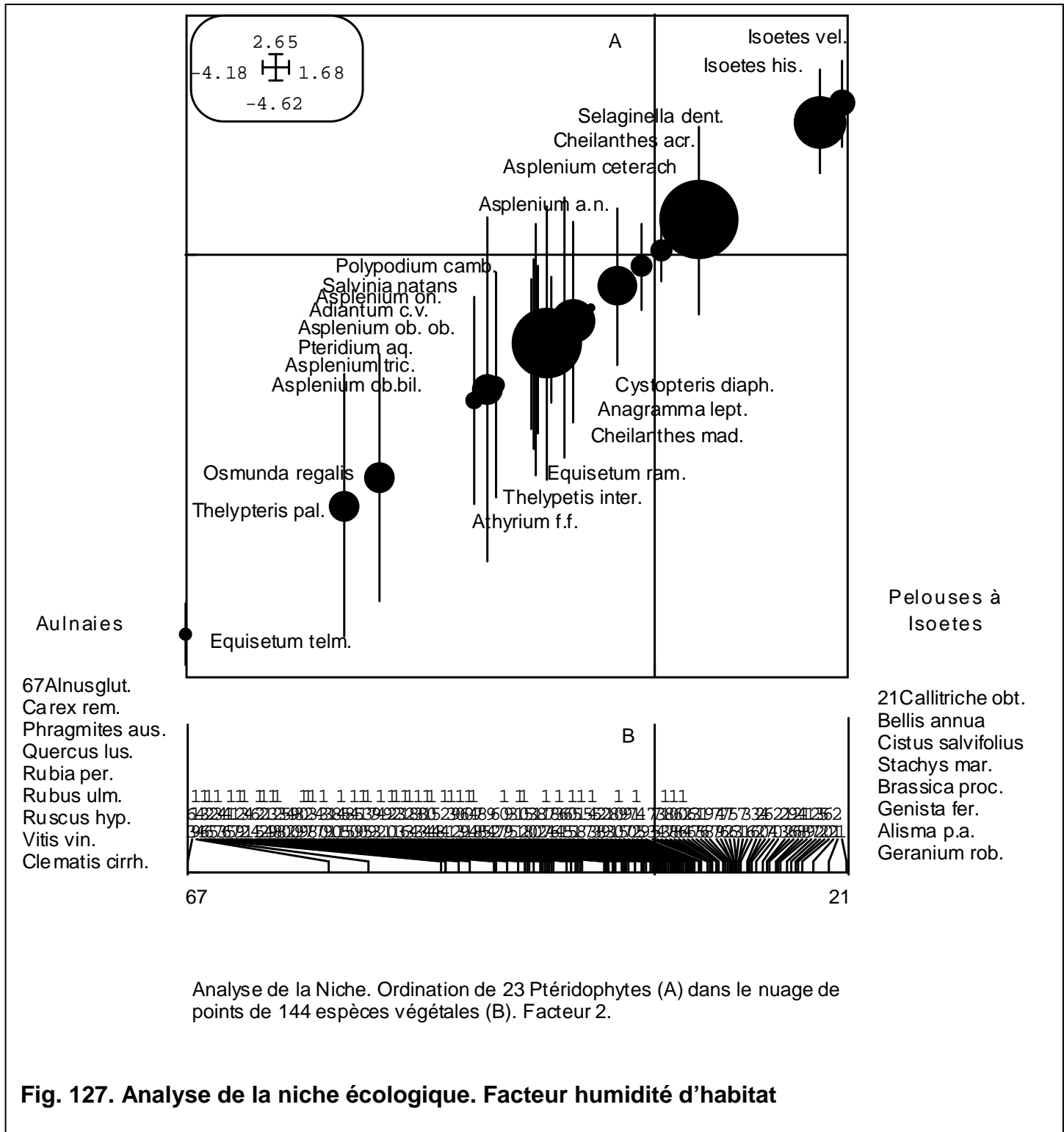
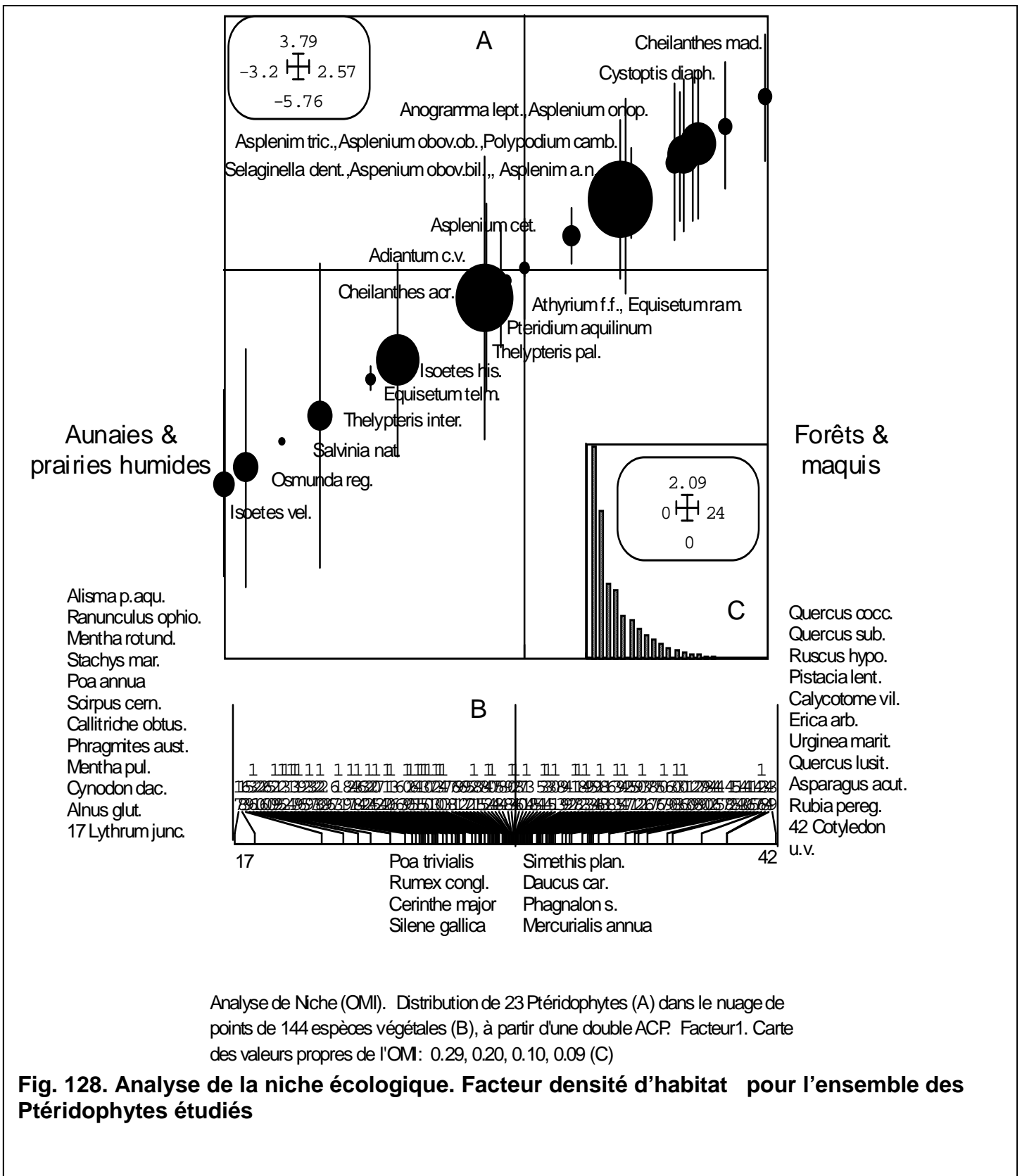


Fig. 126. Analyse de la niche écologique. Facteur densité d'habitat pour le Genre *Asplenium*





Analyse de Niche (OMI). Distribution de 23 Ptéridophytes (A) dans le nuage de points de 144 espèces végétales (B), à partir d'une double ACP. Facteur 1. Carte des valeurs propres de l'OMI: 0.29, 0.20, 0.10, 0.09 (C)

Fig. 128. Analyse de la niche écologique. Facteur densité d'habitat pour l'ensemble des Ptéridophytes étudiés

**CHAPITRE.5.
INTERPRETATIONS
ET
DISCUSSION**

1. Interprétation

1.1. Micromorphologie Manton, (1950) et Leroux & al (2010).

Les caractères morphologiques pour certaines espèces de Ptéridophytes étaient insuffisants pour la détermination de l'espèce (taille de fronde, forme d'indusies, forme de pinnules,...) ainsi, des études micro-morphologique (dimension d'exo spore et forme des spores) et la Cytométrie de flux ont permis l'identification de ces espèces.

Les résultats exposés ci-dessus montrent que dans nos régions d'étude existent des hybrides dans les genres *Asplenium* et *Cheilanthes*.

Aussi cette étude micro-morphologique nous a permis la détermination des sous espèces pour certaines ptéridophytes.

Le complexe *Asplenium onopteris* et *A. adiantum-nigrum*

Ces deux espèces sont morphologiquement très proches.

La forme de la spore de *A. onopteris* est ellipsoïde, monolète, périnée avec une moyenne de dimension d'exo spore de 27µm voir Fig.43.

L'*Asplenium adiantum-nigrum* présente des spores ellipsoïdes, monolètes, psilates avec une moyenne de dimension d'exo spore de 30µm voir Fig.45.

Reichstein et al (1984), donnent une moyenne de 33 µm pour *A. adiantum nigrum* et une moyenne de 28 µm pour *A. onopteris*.

Asplenium trichomanes subsp. *quadrivalens*

Pour cette espèce le doute réside par rapport à sa subsp. La forme de spore (ellipsoïdes, monolète, Fig. 44) et la dimension de l'exo spore (Tab.3) montre que l'espèce est tétraploïde par contre la Cytométrie (Fig.94.) nous a déterminé la sous espèce ; étant la *quadrivalens*.

Asplenium billotii et *A. obovatum*

Les figures 41 et 42 montrent que les spores des deux espèces sont ellipsoïde, monolète et périnée. L'étude de la dimension des exo spores nous a permis de déterminer leurs ploïdie et la Cytométrie a confirmé que le spécimen d'*Asplenium obovatum* est diploïde et le spécimen *A. billotii* est tétraploïde (Tab.3).

L'étude cytologique faite par Prelli & al (1998) montre que des spécimens d'*Asplenium obovatum subsp. lanceolatum* ont été récoltés par R. Viane en Algérie (station 1 à 23 Km de Skikda, Station 2 à 45 Km, station 3 1 Km de Zitouna à 300 m d'altitude), espèce tétraploïde dont $n=72$.

Asplenium Ceterach

Cette espèce présente des spores monolète périnées (présentant une périspore) (Fig. 39) et des spores monolète subsilate (Fig 40), l'étude de la dimension de l'exospore montre que cette espèce est tétraploïde, cette ploïdie est confirmée par la Cytométrie pour plusieurs spécimens échantillonnés à différentes stations.

Le complexe *Cystopteris*

Pendant les premières identifications l'ensemble des échantillons de *Cystopteris* étaient incluses comme *felix fragilis*, l'étude de la forme des spores (Fig.51 et 52), nous a montré qu'il ya deux espèces bien différentes ; le *fragilis* et le *diaphana*. En effet, le *diaphana* présente des spores très densément et courtement échinulées, par contre le *fragilis* présente des spores fortement échinulées. Les deux espèces présentent une forme de la spore unique (ellipsoïde, monolète, échinulée).

Le Genre *Cheilanthes*

Pour la *Cheilanthes acrostica* et *C. maderensis*, l'identification était basé sur leurs morphologie, mais pour certains échantillons, il y avait des confusions ; la comparaison entre les spores (Fig 46 et Fig 47) et l'étude de la dimension de l'exospore (Tab.3) donnant la ploïdie des deux espèces nous a permis de trancher entre tous les échantillons étudiés, montrant que la *Cheilanthes maderensis* est diploïde et la *C. acrostica* est tétraploïde.

Cosentinia vellea

Les deux sous-espèces présentent la même forme de spore (Fig 48). L'étude de la dimension de l'exospore et la Cytométrie a fait la différence entre les deux cytotypes, montrant qu'on avait un diploïde le *bivalens* et un autre tétraploïde, le *vellea* (Tab.3).

Polypodium cambricum subsp cambricum

Pour cette espèce, la cytométrie nous à permet de déterminer la sous espèces *cambricum*, diploïde (Tab. 3). La spore présente une forme monolète perisporate (Fig.56).

Athyrium filix-femina

La figure 53 montre que les spores de cette espèce sont monolète subpsilate et parfois scabres.

Osmunda regalis

Spores triletes échinulées (Fig 55).

Anogramma leptophylla

Spores triletes striées (Fig 57).

Polystichum setiferum

Les spores de l'ensemble des spécimens étudiés présentent une forme monolète perisporate (Fig 54).

Le Genre *Isoetes*

La Figure 49, montre que les spores d'*Isoetes histrix* présentent une forme monoletes perisporate glabres pour les microspores.

La Figure 50, montre que les microspores d'*Isoetes velata* présentent une forme monolètes psilates et les macrospores sont monolètes échinulées.

Cyclosorus interruptus

Cette espèce présente des spores monolètes échinulées et parfois perisporates (Fig. 58).

Le Genre *Equisetum*

Equisetum telmateia et *E. ramosissimum* présentent les deux des spores monolètes glabres (Fig. 59 et Fig. 60).

1. 2. Interprétation des graphes d'AFC et d'ACP (facteurs humidité et densité du milieu)

Tout organisme est soumis dans le milieu où il vit aux actions simultanées d'agents climatiques, édaphiques, chimiques ou biotiques très variés.

Ainsi, un facteur écologique est tout élément du milieu susceptible d'agir directement sur les êtres vivants au moins durant une phase de leur cycle de développement (Dajoz, 1975).

Prelli (2001), pour étudier les fougères et plantes alliées de France et d'Europe occidentale, signale que la présence ou l'absence d'une espèce, localement, au sein d'un groupement végétal, est conditionnée par des facteurs écologiques stationnels : eau disponible, éclaircissement, nature physique ou chimique du substrat.

Les Figures 123 et 124 montrent que la dispersion des différentes stations se fait selon deux gradients principales : l'humidité des habitats (du sol, atmosphérique et période d'immersion) et le degré d'ouverture des milieux végétaux étudiés (basé sur l'estimation du degré de recouvrement de la végétation).

Dans la Fig. 123, le plan factoriel sépare les points-relevés en deux groupes principales ; un ensemble de stations caractérisés par une humidité du sol plus importante allant jusqu'à l'immersion pendant soit 06 mois, soit une année selon le type d'habitat, exemple : les aulnaies, les lacs, les mares et les pelouses submergées.

L'autre ensemble de stations se caractérise par une fraîcheur atmosphérique importante vu la densité de la végétation ainsi qu'une humidité assez importante du sol ; tels : les zénaies, les subéraies, les formations à l'oleo-Lentisque et les dépressions dunaires.

La figure 124, met en évidence la dispersion des points –relevés selon leur affinité floristique ; séparant ainsi, les habitats humides des forêts et des falaises et talus, montrant une répartition de mosaïque de végétation des milieux humides vers les milieux les plus secs.

La figure 125, met en évidence la dispersion des espèces de Ptéridophytes dans l'ensemble des stations étudiées en fonction du type biologique de chacune de ces espèces.

Ainsi, l'axe (3) sépare les espèces aquatiques et semi-aquatiques ; telles *Salvinia natans*, *Isoetes velata*, *Osmunda regalis* et *Equisetum telmateia* des espèces terrestres, rupicoles et xérophiles telles : *Asplenium trichomanes*, *Polypodium cambricum*, *Pteridium aquilinum*, *Cheilanthes acrostica* et *C. maderensis*.

1. 3. Interprétation des graphes de la niche écologique

La figure 126, établit la dispersion des niches des *Asplenium* dans l'ensemble des habitats étudiés.

Ainsi, *Asplenium adiantum-nigrum*, *A. billotii* et *A. ceterach* présentent des niches complètement séparées des autres espèces d'*Asplenium*, mais pour *A. onopteris* et *A. obovatum* leur niche chevauche dans la dimension d'habitat et *A. trichomanes* présente une niche séparée et opposée aux premières niches.

L'analyse (Fig.127), met en évidence une séparation nette entre les Ptéridophytes à habitats humides (aulnaies, prairies humides, lacs et mares) et des Ptéridophytes des forêts et des maquis.

Le facteur 1 de l'analyse de niche (Fig.128), établit une séparation nette entre les Ptéridophytes selon le degré d'ouverture de leurs habitats.

Un groupe de Ptéridophytes demandant ombre, fraîcheur atmosphérique et humidité de sol, sont regroupés entre aulnaies, zénaies et subéraies tels : *Osmunda regalis*, *Asplenium adiantum-nigrum*, *A. onopteris*, *A. obovatum*, *Cystopteris diaphana* et *Athyrium filix-femina*.

Un autre groupe où se retrouvent les ptéridophytes qui s'installent à découvert sur les rochers, les falaises, les talus, aux bords des oueds, dans les lacs, les mares et les pelouses tels : *Asplenium ceterach*, *Cheilanthes maderensis*, *Ch. acrostica*, *Isoetes velata*, *I. histrix*, *Equisetum ramosissimum*, *Salvinia natans*, *Cyclosorus interruptus* et *Thelypteris palustris*.

2. Discussion

L'observation précise des relations entre un organisme vivant et son environnement fait apparaître que les sujets ne circulent pas en permanence, de façon erratique, à l'intérieur du volume disponible défini comme étant le biotope de cette espèce.

On observe au contraire que le sujet limite son activité au prélèvement de certaines ressources (en quantité et en variété).

Cette première restriction définit la notion de niche écologique ou impact de l'individu sur l'environnement : appelé par certains "profession" de l'espèce considérée.

Les relevés effectués sur le terrain ont montré que l'installation des Ptéridophytes dépendent de trois paramètres écologiques qui interagissent (l'eau, la lumière et la nature du substrat).

Il est évident que le cycle de développement des Ptéridophytes nécessite l'intervention de l'eau au minimum lors du stade gamétophytique ; ainsi, l'eau constitue une variable de milieu indispensable pour le développement de ces espèces. Cette dépendance est parfois permanente parfois temporaire selon le type biologique de l'espèce comme le signale Prelli, (2001) et Kornas, (1985).

L'étude systématique des stations potentiellement favorable à la croissance d'*Asplenium trichomanes subsp. quadrivalens* nous a permis de mettre en évidence une approche de sa niche écologique dans les régions d'étude.

Cette espèce se localise essentiellement sur rochers (stations calcaires ou siliceuses) et parfois terrestre, sur des talus. L'ombre s'est avérée indifférent à son installation, en conséquence, sa présence est signalée dans des habitats soit à découvert soit ombragée par la végétation du sous – bois.

Dans chaque station, la taille de la population de cette espèce dépend du groupement végétal où elle s'est installée ainsi que de l'humidité atmosphérique et de celle du sol. Ainsi, sur rocher ou directement sur terre (habitats à découvert et ensoleillés), la taille de la population est moins importante (entre 08 à 12 individus), caractérisés par des frondes de 15 à 25 cm.

Dans les stations ombragées par le sous bois du Chêne liège ou du Chêne zeen, le nombre d'individus est assez important ; il atteint même parfois plus de 80

individus, regroupés en plusieurs touffes. Ces individus se caractérisent par une taille qui ne dépasse pas les 15 cm.

Dans les maquis ou les forêts dégradées, la densité de la population de cette espèce est très faible.

Asplenium obovatum et *A. onopteris*, le plus souvent cohabitent dans les stations ombragées caractérisé par une l'humidité atmosphérique assez importante ; cependant la taille respective de leur population est moins importante que lorsqu'ils sont séparés. Le plus souvent *L'Asplenium onopteris* supplante *l'Asplenium obovatum*. Leur habitat est assez varié : des zones humides comme les Aulnaies, aux Pinèdes, Subéraies et Zénaies en haute altitude. Ils s'installent sur rochers souvent siliceux, talus ombragés et même directement sur sol dans le sous- bois des différents écosystèmes cités ci- dessus.

Asplenium obovatum dans les régions d'étude ne dépasse pas les 08 cm ainsi, il s'incruste dans les fissures des rochers et des falaises en population assez importantes ou en un ensemble de touffes éparses.

Asplenium ceterach ; une espèce inféodée spécialement aux rochers calcaires aux murs des maisons exposés à la lumière des zones urbaines et aux rochers siliceux dans les habitats naturels tel grés de Numidie.

Dans la plupart des localités où se développe cette espèce, son association avec d'autres Fougères n'a pas été observée.

Nous avons remarqué que la plupart des localités, la population de cette espèce se trouve soit isolée dans son habitat, soit à la limite de l'habitat d'une autre population de Fougère ; comme dans l'exemple d'une station récemment découverte (Avril 2008) au djebel Edough où les touffes de *Ceterach officinarum* se sont installées à la limite d'un grand rocher tapissé par *Anogramma leptophylla*.

La prospection systématique des stations où s'installe *Asplenium billotii* montre que celle-ci ne s'associe jamais avec un autre *Asplenium*, mais elle accompagne d'autres *Ptéridophytes* ; par exemple elle utilise la densité de population de *Pteridium aquilinum* dans les aulnaies comme ombre pour s'installer, de même pour la population de *Polystichum setiferum* au Djebel Edough.

Dans ces conditions, elle se présente comme terricole, mais aussi comme espèce rupicole où elle s'incruste au dessous, cherchant l'ombre et l'humidité du sol.

Asplenium adiantum-nigrum se présente comme une fougère de montagne dans les sites d'étude ; elle est inféodée aux stations ombragées à la limite des

lisières de subéraies et Zénaies ; là où l'humidité du sol est importante. Mais sa présence reste douteuse ; elle peut en effet être confondue avec *Asplenium onopteris*.

Isoetes velata, aquatique en hiver et début printemps, se maintient ensuite en phase terrestre après exondation. Elle colonise les mares temporaires, les bords de mares et les dépressions humides.

Cette espèce se rencontre soit à la périphérie des mares avec *Isoetes histrix*, accompagnée par *Lythrum junceum* et *Ranunculus muricatus* (station de l'oued Aroug à El Kala), soit à l'intérieur des mares accompagnée par *Alisma lanceolatum* *Isolepis cernua* (= *Scirpus cernuus*) et *Callitriche palustris* (station d'El Frin à El Kala). La densité de la population de cette espèce est bien marquée au printemps lors de son échantillonnage dans les sites d'étude.

Poirion & Barbero (1965), concluent que l'association à *Isoetes velata* en Afrique du Nord décrite par Braun-Blanquet (1936) et Quézel (1998), concernant La végétation des mares transitoires à *Isoetes* en région méditerranéenne est floristiquement plus riche et plus étendue que l'*Isoeteto-Crassuletum* en France qui colonise des petites mares dont la mise en eau est trop brève pour permettre aux diverses caractéristiques de l'association type à *Isoetes velata* de se développer.

Isoetes histrix présente un spectre écologique large, elle colonise différents types d'habitats. Sa présence dans ces habitats (pelouses humides rases, bords des chabâats dans les forêts et maquis et les dépressions humides) est conditionnée par la présence d'eau au moins trois mois successifs durant son cycle de vie.

Barbero (1965), signale que dans les Maures l'*Isoetion* prospère soit en bordure des mares, soit sur les parcours des ruisselets temporaires qui sillonnent en saison humide, le maquis, la cistaie et la pelouse à Héliantheme. En 1967, cet auteur indique que la sous association à *Isoetes histrix* est un groupement végétal mésophile qui affectionne les sols sablonneux résultant de la désagrégation des gneiss ocellés, des embrechites et des micaschistes. Signalant aussi : « ce groupement s'apparenterait à l'association à *Isoetes histrix* et *Juncus capitatus* signalée en Kroumirie par Braun-Blanquet (1937) in Barbero, (1965), mais différerait notablement de l'*Isoeteto-Radioletum* décrit par Chevassut & Quézel (1956) en Afrique du Nord Tellienne. L'association algérienne est en fait, floristiquement très proche de l'*Isoeteto-Nasturtietum Provençale* et du groupement Corse ».

Chevassut & Quézel (1956), concluent : « *Isoetes velata* et *I. hystrix* sont caractéristique en Afrique du Nord de deux associations à écologie et composition floristique bien différente. L'une (Association à *I. velata* et *Myosotis sicula*) est localisée, dans le Tell algérien et tunisien, dans des mares temporaire, ou à la bordure de certains étangs permanents. L'autre (Association à *I. hystrix* et *Radiola linoides*) est très répandue dans toute l'Afrique du Nord tellienne, à la périphérie de mares temporaires ou le plus souvent dans des dépressions humides de forêts de Chêne liège ».

Dans les aulnaies de la région d'El Kala, nous avons remarqué la présence de populations dense d'*Osmunda regalis*.

L'installation de cette espèce dans ces habitats procure de l'ombre et de la fraîcheur atmosphérique pour *Thelypteris palustris*, *Athyrium filix-femina* et *Equisetum telmateia*.

Osmunda regalis colonise aussi des aulnaies en pente raide dans le djebel Edough où elle est accompagnée à la limite des rochers, par des populations éparses de *Polystichum setiferum*, servant d'abris pour *Asplenium billotii*. A la périphérie de ces aulnaies tourbeuses, s'installent *Equisetum ramosissimum* et *Pteridium aquilinum*.

Pour *Osmunda regalis*, nous avons constaté que son installation et surtout la taille de sa population dépend de l'état de son habitat (les aulnaies). Ces derniers sont sujets aux destructions dans la région d'étude, ainsi la régression de cette espèce n'est pas étonnante. Pichi-Sermolli (1963) et Jérôme & Parent (1996), lient aussi la présence d'*Osmunda regalis* à l'équilibre écologique de leurs habitats.

Cette espèce est très vulnérable aux actions anthropiques, telles le drainage, le défrichement et les incendies.

En Numidie, l'agriculture et l'urbanisation ont détruit presque au total l'équilibre des aulnaies et des repisylves (habitats pour *Osmunda regalis*, *Athyrium filix-femina* et les *Equisetum*) ; diminuant ainsi la densité de leur population allant jusqu'à leur disparition dans certaines stations.

Aux bords des lacs et de mares s'installent des populations denses de *Cyclosorus interruptus* et des touffes éparses de *Thelypteris palustris*. A l'intérieur de ces mêmes habitats (lacs et mares) s'installe *Salvinia natans*, entouré parfois de *Pteridium aquilinum* sur les rives.

Cystopteris diaphana et *C. fragilis* s'installent sur rochers ombragés et dans le sous bois des forêts de Chêne zeen et Chêne liège accompagné la plus part du temps d'*Anogramma leptophylla*.

Selaginella denticulata se trouve dans les mêmes habitats qu'*Asplenium* ; elle se présente parfois comme un substrat humide pour *Asplenium onopteris* et *A. adiantum-nigrum* profitant ainsi de l'ombre de leur touffes.

Sur les grès de Numidie et sur les troncs d'arbre de *Quercus faginea* et *Q. suber* s'installe le *Polypodium cambricum subsp. cambricum*, profitant de l'ombre des frondaisons.

Comme nous trouvons des espèces Ptéridophytes aquatiques, semi-aquatique et sciaphiles ; il existe aussi des espèces à caractères xérophiles dont la plupart se développe sur des rochers ensoleillés et des talus dans les régions d'étude.

Il y a deux stratégies bien connues (Christ 1910) qui permettent aux fougères de résister à la sécheresse : 1. la tolérance à la dessiccation et 2. La capacité d'éviter la dessiccation.

1. Les espèces tolérantes à la dessiccation sont généralement appelées des plantes de « résurrection » ou « poikilohydriques » (Walter 1931). Elles ont la capacité de perdre pas moins de 94% de l'eau de leurs feuilles sans mourir. Parmi les Ptéridophytes, la poikilohydrie a été observée en particulier dans quelques espèces terrestres ou saxicoles des genres *Actiniopteris*, *Asplenium* (incl. *Ceterach* sens. lat), *Cheilanthes*, *Cosentinia*, *Notholaena* et *Selaginella* (Christ 1910, Walter 1931, Kornas 1985, Viane non publié), mais également dans quelques espèces épiphytes comme *Asplenium*, *Elaphoglossum*, *Polypodium*, etc. (Christ 1910, Kornas 1985, Viane non publié).
2. L'action d'éviter la dessiccation permet aux espèces de bénéficier efficacement des événements de pluie dans des secteurs saisonnièrement secs.

Parmi les Ptéridophytes, cette stratégie est présente chez des taxa géophytiques (*Equisetum*, *Ophioglossum*), aussi chez les espèces semi-aquatiques d'*Isoetes*, chez des thérophytes qui survivent à la sécheresse par l'intermédiaire des spores (*Anogramma leptophylla*) ou des sporocarpes (*Marsilea*), et chez quelques

espèces périodiquement dormantes et à feuilles caduques (ou desséchées) dans quelques genres (*Adiantum*, *Cheilanthes*, *Cystopteris*, *Davallia*, *Hypodematium*, etc).

Les fougères tolérantes de sécheresse sont surtout répandues dans des climats semi-arides chauds, mais colonisent également efficacement des substrats secs dans des climats plus humides comme dans la Méditerranée.

En Numidie, *Anogramma leptophylla*, *Cheilanthes acrostica* et *C. maderensis* évitent la sécheresse en se développant surtout en période de pluies et entrent en période de dormance (avec les feuilles séchées) pendant l'été.

Cosentinia vellea est adaptée à la sécheresse par sa couverture dense d'écaillés et de poils, qui limite sa transpiration et perte d'eau, mais avant l'été la plante entre aussi dans un état de dormance.

Bock et Leger (1998) considèrent *Cosentinia vellea* comme une espèce très résistante à la sécheresse estivale car elle s'installant sur des sites particulièrement arides en France.

La reviviscence des frondes est une adaptation qui se présente en Numidie surtout pour *Asplenium ceterach*.

Cheilanthes acrostica et *C. maderensis* présentent les adaptations suivantes pendant la période sèche : racines profondément enfoncées dans les fissures de roches, épiderme épais et limbe foliaire à bords enroulés diminuant ainsi la surface de transpiration. *Cosentinia vellea*, s'adapte à la sécheresse par une couverture dense d'écaillés et de poils, ainsi elle limite sa transpiration et donc la perte d'eau.

Prelli, 2001 parle de la reviviscence comme adaptation contre la sécheresse ; En Numidie ce phénomène se présente chez *Pteridium aquilinum* et *Asplenium ceterach*. Ces deux espèces, pendant la période sèche (de mai jusqu'à septembre) leurs feuilles s'enroulent et la plante paraît morte. Mais quand survient la pluie, les feuilles s'épanouissent à nouveau.

Prelli (2001), signale que souvent à l'entrée des grottes, les fougères évitent l'action directe des rayons du soleil, mais en situation trop ombragée présentent des feuilles étiolées et pratiquement stériles ; signe d'un développement déficient lorsque la lumière devient insuffisante.

Ainsi nous avons remarqué que la fertilité de nombreuses espèces de Ptéridophytes est conditionnée par un éclairage bien précis (en fonction de la quantité et de la qualité). Cette remarque est confirmée par les études faites sur *Equisetum telmateia* par David & al (1990), signalant que la fructification de cette

espèce dépend du microclimat de son habitat d'une année à une autre, en fonction des changements météorologiques brusques durant la période d'échantillonnage.

Les Ptéridophytes ont souvent également une préférence pour la nature du sol (calcaire ou siliceux). Cette préférence dépend parfois des conditions climatiques et peut varier pour la même espèce : *Asplenium ceterach* est strictement calcicole seulement au nord de son aire de distribution.

En Numidie *Asplenium scolopendrium*, *A. ceterach*, et *A. trichomanes* subsp. *quadrivalens* ne semblent pas avoir de préférence pour des sols acides ou basiques.

Par contre *Asplenium obovatum*, *A. billotii* et *A. onopteris*, ont une préférence pour des substrats acides.

Asplenium petrarchae et *Adiantum capillus-veneris* ont une préférence pour les sols calcaires.

Cheilanthes acrostica est indifférente au type de sol et au changement d'altitude. *Cheilanthes maderensis* n'a été signalée que sur sol siliceux et à une altitude assez importante au djebel Rhoraâ (650m d'altitude).

Dans les régions d'étude, le climat est de type méditerranéen (hivers doux et été chaud et sec), la période la plus favorable pour les Ptéridophytes se situant entre Septembre et Avril.

Pendant cette période les espèces s'adaptent aux conditions du milieu (lumière et densité végétale) ; les espèces terricoles qui se développent sous l'ombre cherchent les habitats fermés tel que les forêts de Chêne liège et de Chêne zeen à forte densité et les aulnaies. Les espèces rupicoles utilisent le rocher lui-même comme moyen d'ombrager leurs habitats. Pour les épiphytes, comme *Polypodium cambricum*, la densité des frondaisons de l'arbre lui procure de l'ombre.

En définitive, chacune des Ptéridophytes observées présente un optimum écologique pour son habitat, correspondant à un type de région et un type de milieu biens précis.

Dans la région d'étude, cet optimum est lié à la densité de la végétation de ces habitats et la période d'immersion de ces derniers ou l'humidité du sol et l'air. Sur le terrain ce fait est évident en constatant que la densité des populations de ces Fougères est en progression ou en régression selon les conditions de leurs habitats.

Le paramètre pente agit sur la dimension des frondes pour le genre *Asplenium* surtout ; en bat de pente les spécimens sont de petites tailles et éparses, par contre

en haut de pente ou en altitude ces individus présentent une taille très importante et une densité dans la touffe.

Le paramètre orientation agit sur la sélection de l'espèce de son substrat, exemple :

- *Polypodium cambricum* est arboricole dans les stations Sud et rupicole dans les stations Nord.
- *Asplenium billotii* et *A. obovatum* sont terricoles aux sud et rupicole aux Nord- Est.
- *Asplenium ceterach* s'installe sous les rochers orientés sud et s'expose sur les rochers ou murailles orientés Nord.

L'impact du pâturage, les incendies répétées, l'agriculture et le drainage sur la végétation est très important aussi bien sur le plan qualitatif que quantitatif Belouahem & al (2011).

- Sur le plan qualitatif ; les espèces de Ptéridophytes biens que présentes, leurs individus sont soit mal venant, soit de dimension petite.
- Sur le plan quantitatif ; l'abondance de ces espèce est mise en cause jusqu'à la rareté de présence et la disparition complète de l'habitat dégradé.

Conclusion

La Numidie recèle 60% des espèces de Ptéridophytes recensées antérieurement en Algérie. Un échantillonnage systématique effectué sur le terrain durant une période assez longue (de 2000 jusqu'à 2010), a permis de recensé 33 espèces de Ptéridophytes dans plus de 200 stations (chaque station est caractérisée par 3 à 4 relevés) ; dont la caractéristique bioclimatique varie entre le subhumide et le continental.

Certains taxons de ces Fougères étudiés n'avaient jamais été mentionnés par Maire (1952) et par Quézel & Santa (1962) pour les régions d'étude, en l'occurrence : *Asplenium billotii*, *Cheilanthes acrostica* et *Pilularia minuta*.

D'autres taxons sont mentionnés en tant que sous- espèce, forme ou variété. Citons :

- *Asplenium onopteris* signalé comme une sous espèce de l'*Asplenium adiantum-nigrum* dont la présence est devenu très rare dans les régions d'étude .
- *Cystopteris diaphana* cité comme une sous espèce de *C. fragilis*.
- *Cheilanthes maderensis* considérée par Maire (1952) comme une forme de *Cheilanthes pteridioides*.
- *Polypodium cambricum* comme variété pour *Polypodium vulgare*.

Ainsi, l'analyse micro morphologique, nous a permet de confirmer l'identification et/ou l'existence de ces espèces de Fougères en Numidie.

Dans d'autre cas, comme pour *Asplenium adiantum- nigrum* dont la présence est douteuse dans les régions d'étude, son observation par notre équipe n'a été signalée que dans une seule station à Bouzizi dans la région d'Annaba par un seul spécimen.

La présence de cette espèce en Numidie doit être confirmée ou non par une autre série d'échantillonnages de spécimen sporulés pour une éventuelle «étude cytométrique ».

En conclusion, nous pouvons dire soit cette espèce a été sous-échantillonnée, soit mal identifiée par la bibliographie antérieure pour l'Algérie, soit a disparu en raison de la dégradation de son habitat Chalabi & Van Dijk (1988).

La mise au point des cartes de dispersion des Fougères de la Numidie, nous a permis de sélectionner les milieux les plus fréquentés par ces espèces, dont la présence est conditionnée par l'ombre et/ ou l'humidité atmosphérique et du sol et d'autres espèces qui se présentent comme des xérophiles, exemple *Cheilanthes* et *Cosentinia*. Ainsi, nous constatons que la plupart de ces espèces fréquentent des milieux fermés ou semis- fermés : telles les forêts, les aulnaies, les Pinèdes et les maquis.

Durant la période d'échantillonnage, certains espèces de Ptéridophytes signalées pour la région n'ont pas été observées comme : *Asplenium marinum* et *Woodwardia radicans*. La recherche continue pour ces deux espèces.

L'étude de l'action des variables de milieu (eau, lumière, substrat) sur la dispersion des Ptéridophytes dans les régions d'étude, a mit en évidence, d'une part, la multiplicité des niches possibles pour ces espèces et, d'autre part, le profil écologique qui peut être large ou étroit selon l'espèce.

L'étude de degré de rareté comparée avec la bibliographie, il y'a plus d'un demi siècle (Maire, 1952 et Quézel & Santa, 1962, jusqu'au 2010) de ces espèces a montré qu'un grand nombre de leurs habitat est devenus plus ou moins menacées de disparition. En effet, ces Ptéridophytes deviennent excessivement vulnérables, au vu des actions directes et/ou indirectes des dégradations que subissent ces habitats.

C'est pourquoi, il nous paraît urgent d'approfondir l'étude écologique des Ptéridophytes et d'élargir le nombre important des station dans chaque région d'étude, d'augmenter les périodes d'observations et d'étudier le caryotype de ces espèces floristiques afin de mieux valoriser ce groupe de peuplement végétal en Numidie.

Une autre menace apparaît aujourd'hui et pourrait devenir inquiétante dans la permanence des habitats de ces Ptéridophytes, il s'agit du changement du climat planétaire. Le Maghreb, comme le Proche-Orient, est probablement l'une des régions méditerranéennes, risquant de subir le contre- coup de ces changements avec le plus d'acuité GIEC, Bilan (2007).

L'accumulation d'années sèches dans ces deux dernières décades joue en défaveur de la biodiversité en place. On peut d'ores et déjà noter que, suivant les régions d'Algérie, la moyenne pluviométrique annuelle a reculé de 100 à 200 mm (données anciennes d'après Seltzer 1946 comparées aux données partielles actuelles, et d'après Quézel & Barbero 1993). Ce danger est confirmé par la

différence de dispersion et même de présence de ces espèce en Numidie pendant la première période d'échantillonnage (2000 jusqu'à 2004) caractérisé par des périodes sèche et longue et la deuxième période (Fin 2004 jusqu'à 2010) où les précipitations ont pris de l'importance.

Cette différence météorologique a provoqué chez les Ptéridophytes une diminution de la densité de leurs populations jusqu'à absence totale des individus durant la première période d'échantillonnage.

Par contre, pendant la deuxième période (plus pluvieuse), nous avons remarqué le retour de l'espèce dans son habitat et même l'augmentation du nombre d'individus.

Ainsi nous pouvons dire que la densité et /ou la présence même de ces Ptéridophytes dépendent des changements climatiques.

En conclusion, l'hétérogénéité des milieux étudiés dans la Numidie fait que la présence des Ptéridophytes ne présente pas une uniformité de répartition.

Certains habitats se caractérisent par une richesse spécifique, tels : les forêts et les aulnaies.

D'autres habitats présentent plutôt une importance dans la densité des populations de ces Ptéridophytes, tels : les talus, les rochers et les zones humides.

Bibliographie

Aboucaya, A., H. Michaud & M. Delorme, 2002. Etude de la flore et de la végétation des mares temporaires de Gavoti (Besse sur Issole), Redon (Flassans sur Issole) et Bonne-Cougne (Gonfaron) participant à l'élaboration du site NATURA 2000 PR125. DIREN/CEEP, Rapport d'expertise NATURA 2000, 12 pages + annexes.

Aubert G & Loisel R. (1971) : Contribution à l'étude des groupements des *Isoeto-Nanojuncetea* et des *Helainthemetea annua* dans le sud-est méditerranéen français. U.E.R. de Science Naturelles

Aymonin G. G. (1980) : une estimation du degré de modification des milieux naturels : l'analyse des régressions dans la flore. Bull. Soc. Bot. Fr, 127 (2), 187- 195

Badré F & Reichstein T. (1983): The two cytotypes of *Notholaena lanuginosa*-Willdenowia 13: 361- 367.

Badré F(2008) : Flore des Mascareignes. Ptéridophytes. Introduction : classification des Pteridophyta (Ptéridophytes Psilotacées à 26 Marsiléacées). Institut de recherche pour le développement Mauritius Sugar Industry Research Institute. Royal Botanic Gardens (Kew) Paris,

Barbault R. (1992) : Ecologie des peuplements - Structure, dynamique et évolution. Masson, Paris. 273 p.

Barbero M. (1965) : Groupement hygrophyles de l'*Isoetion* dans les Maures. Bulletin de la société botanique de France, 112, n°5-6

Barbero M. (1967) :L'Isoetion des Maures, groupement mésophiles. Etude du milieu. Annales de la faculté des sciences de Marseille, Tome xxxlx

Belouahem-Abed Djamila , Belouahem Foudil , Benslama Mohamed, de Bélair Gérard & Muller Serge. D (2011) : Les aulnaies de Numidie (N.E. alge' rien) : Biodiversité floristique, vulnérabilité et conservation. Alder forests of Numidia (N.E.

Algeria): Floristic biodiversity, vulnerability and conservation. Comptes Rendus Biologies. ELSEVIER. Biodiversité

Bernardello.R, Marchetti.D, Van Den Heede.C & Viane.R. (2011): *Asplenium xligusticum* (Aspleniaceae, Pteridophyta), new hybrid in Liguria. Ann. Mus. civ. Rovereto Sez.: Arch., St., Sc. nat. Vol. 27 (2011) 269-275 2012

Bock B. & Leger J.F. (1998) : Découverte d'une deuxième station de *Cosentinia vellea* (Aiton) Todaro en France continentale. - Monde pl. n°462 - p.23

Boudrie M., Lamaison J.L., Lassagne H. & Mosnier E. (1999) : Observations ptéridologiques en régions Auvergne. *Rev.Sc. Nat. d'Auvergne* 63 : 35-55.

Blanc L. (2000) : Données spatio-temporelles en écologie et analyses multi-tableaux : examen d'une relation. Thèse.274p. Université Claude Bernard-Lyon I.

Braun-Blanquet J. (1936) : Un joyau floristique et phytosociologique, "l'Isoetion" méditerranéen. *Comm. SIGMA* 42. *Bull. Soc. d'étude des Sc. Nat. Nîmes* 47 : 1-23.

Briggs & Leigh (1995): Significant Plant Species Recorded in Western Sydney. UBBS - Significant plant species in western Sydney

Chalabi B & Van Dijk G (1988) : Les zones humides dans la région de Annaba et El Kala. Rapport Parc National d'El Kala, El Kala (DZ) / Zeist (NL) :35 p.

Chevassut G & Quézel P. (1956) : Contribution à l'étude des groupements végétaux de mares temporaires à *Isoetes velata* et de dépressions humides à *Isoetes hystrix* en Afrique du Nord.

Christ H. (1910): Die Geographie der Farne. G. Fischer, Jena.

Cote M. (1974) : Carte bioclimatique de l'Est algérien.- I.S.T. Univ. Constantine.

Cueno A. Pottier-Alpapetite. G & Labbe A. (1954) : Flore analytique et synoptique de la Tunisie. Cryptogammes vasculaires, Gymnospermes et Monocotyledones : [1]-39, [1]- 287. Office de l'expérimentation et de vulgarisation agricoles de Tunisie, Tunis.

David Ralph, Peters U & Bennert Wilfried. (1990): Some aspects of water relations of *Equisetum telmateia* (Equisetaceae: Pteridophyta). FERN Gaz. 13(6)

Daoud-Bouattour A, Serge D. Muller, Ferchichi-Ben Jamaa H, Ghrabi-Gammar Z, Rhazi L, Mokhtar Gammar A, Karray M.R, Ingeborg Soulié-Märsche, Zouaïdia H, de Bélair G, Grillas P, Ben Saad-Limam S. (2009): Recent discovery of the small pill wort (*Pilularia minuta* Durieu, Marsileaceae) in Tunisia: Hope for an endangered emblematic Species of Mediterranean temporary pools? C. R. Biologies 332 (2009) 886–897

Dajoz R. (1975) : Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée (3^{ème} ed) Paris, Gauthier- Villars. 549p

De Belair G. (2000) : Les Orchidées de Numidie. 1^o partie : taxonomie et iconographie.- L'Orchidophile 144 : 220-230.

De Bélair G. (2005). Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie orientale, NE Algérie). Ecologia mediterranea, tome 31, fascicule 1.

De Bélair Gérard & Véla Errol (2011) : Découverte de *Nymphoides peltata* (Gmel) O. Kuntze (*Menyanthaceae*) en Afrique du Nord (Algérie). *POIRETIA*, la revue naturaliste du Maghreb. ISSN : 2105-0503 numéro 3. <http://poiretia.maghreb.free.fr/>

Demiriz H, Viane R.L.L & Reichstein T. (1990).: *Asplenium obovatum* var. *protobillotii* var. nov. and var. *deltoideum* var. nov. In Turkey, with remarks on the status of *A. billotii*. Candollea 45: 241-259.

Dobignard A & Chatelain. C. (2010) : Index synonymique et bibliographique de la flore d'Afrique du Nord

Dolédec S, Chessel D. & Gimaret-Carpentier C. (2000): Niche separation in community analysis : a new method. *Ecology*, 81 (10), pp 2914- 2927.

Elton C. (1927): *Animal Ecology*. Sidgwick and Jackson, London.

Faurel L. (1959) : Plantes rares et menacées d'Algérie. C. R. de la réunion technique de l'UICN, 5, 140-155. Athènes

Ferrarini & al. (1986) : *Iconographia palynologica pteridophytorum italiae* (Webbia 40, 1 : 1-201).

Frontier S. (1983) : *Stratégie d'échantillonnage en écologie*. Masson, Paris. Coll. Ecol. 17, 294p

Frontier, S. & Pichod-Viale, D. (1998) : *Ecosystèmes - structure, fonctionnement, évolution*. Masson, Paris. 447 p.

GIEC, Bilan (2007) : *Des changements climatiques : rapport de synthèse*, www.ipcc.ch, 2007.

Greuter W, Burdet. H. M & Long.G (1981): *MED- Checklist. Inventaire critique des plantes vasculaires des pays circumméditerranéens. I. PTERIDOPHYTA. Avec le concours de Perret. P (Genève), Grosser. R (Berlin), Banco. G, David. P et Lepart. J (Montpellier). OPTIMA.*

Grinnell J. (1917): The niche relationship of the California thrasher. *Auk*, 34, 427-233.

Haou S. (1999) : *Etude synchronique post-incendie de la végétation des subéraies de la Numidie orientale : 72 p. + annexes. Thèse de Magister, Université d'Annaba (Algérie).*

Haou S, de Bélair G & Viane R L. L. (2011): Inventory of the ferns (filicopsida) of Numidia's (North-Eastern Algeria). *International Journal of Biodiversity and Conservation* Vol. 3(5), pp. 206-223, June, 2011 ISSN 2141-243X ©2011 Academic Journals

Hilly J. (1962) : Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de Fer (l'Est constantinois). Bul. Serv. Carte Ged. Algérie, Nouvelle série N°19

Heywood V. (2000) : Les multiples facettes de la conservation. La Recherche 333.97-101

Hutchinson, G.E. (1957): Concluding remarks. Cold Spring Harbor Symp Quantitative, Biol., 22, 415–427

Jalas J & Suominen J (1972) : Atlas Florae Europaeae 1. Pteridophyta. Comm. Mapping Fl. Europe, Soc. Biol. Fennica Vanamo, Helsinki.

Jerome, & Parent, G. H 1996 : Répartition et écologie d'*Osmunda regalis* L. dans le massif vosgien et les territoires voisins. Adoxa N°12.

Jermy A.C (1983): Origin and distribution of Pteridophytes in the Mediterranean area. 4th OPTIMA Meeting Palermo, 2nd Symposium

Jermy A.C & Paul A. M. (1993): 4. *Cosentinia*. Tod. –P. 13 in : Tutin. T. G, Burge. N. A, Chater. A. O, Edmondson. J. R, Heywood. V. H, Moore. D. M, Valentine. D. H, Wiltsers S. M, & Webb D. A. (ed) 1993: Flora europaea, ed 2, 1. - Cambridge

Kerguélén M. (1998) : Index synonymique de la flore de France. Collection patrimoine naturel. Série patrimoine Sc, vol.8, 196p, SFF, M.N.H.N. Paris

Kornas J. (1993): The significance of historical factors and ecological preference in the distribution of African Pteridophytes Journal of biogeography 20. 281-286

Kornas J. (1985): Adaptive strategies of African pteridophytes to extreme environments. Proc. Roy. Soc. Edinburgh, 86B: 391-396.

Kramer K.U & Viane R.L.L (1990) : Aspleniaceae. In Kramer, K.U. & Green, P.S. (eds.), Pteridophytes and Gymnosperms. Vol. 1 : 52-56. Springer-Verlag, Berlin.

Kramer K.U (ed.) (1984): Gustav Hegi. Illustrierte Flora von Mittel-Europa. Dritte, völlig neubearbeitete Auflage. Band I, 1. Pteridophyta. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.

Kramer K.U. & Green P.S. (eds.), (1990): Volume 1. Pteridophytes and Gymnosperms. In Kubitzki K. (ed.) : The Families and Genera of Vascular Plants. Berlin, Heidelberg, New-York, 404 p.

Kremp, G. O. W. 1968: Morphologic Encyclopedia of Palynology. University of Arizona Press. — Tucson.

Lavorel S. & Garnier E. (2002): Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16, 545-556.

Lebart L, Piron M & Morineau A. (1997) : Statistique exploratoire multidimensionnelle. 2^{ème} édition Dunod, Paris. 439p

Legendre. L & Legendre. R. (1984) : Ecologie numérique : 1 Le traitement multiple des données écologiques. Masson, Paris. 260p

Leibold M.A. (1995): The niche concept revisited - mechanistic models and community context. *Ecology*, 76, 1371-1382.

Leroux. O, Bagniewska-Zadworna. A, Rambe. S. K, Knox.J. P., Marcus. S. E, Bellefroid. E, Stubbe. D, Chabbert. B, Habrant. A, Claeys. M & Viane. R. L. L (2010) : Non-lignified helical cell wall thickenings in root cortical cells of Aspleniaceae (Polypodiales): histology and taxonomical significance *Annals of Botany* Page 1 of 13 doi: 10. 1093/aob/mcq 225, available online at www.aob.oxfordjournals.org

Litardière R. de. (1911-1912) : Notes sur le *Cystopteris fragilis* subsp. *diaphana*. *Bull. Soc. bot. Deux-Sèvres*, 8 : 88-91.

Manton I. (1950): Problems of cytology and evolution in the Pteridophyta. University Press, Cambridge, 316 pp.

Marchetti D. (2004) : Le Pteridofite d'Italia. Ann. Mus. Civico Rovereto 19: 71-231.

Maire R. 1952 : Flore de l'Afrique du Nord, vol. I and vol xxx: 366 p.- Lechevalier, Paris.

Marre A. (1992) : Le Tell orientale algérien. Etude géomorphologique, 2 Vol : 624p-O.P.U, Alger.

Mathez J, Quézel P & Raynaud. C. (1985): The Maghreb countries in Gomez-Campo. V, Ed, plant conservation the Mediterranean area, 141-157; Junk Publ, Dordrecht.

Myers N, Mittermeier R.A, Mittermeier C.G, Da Fonseca G.A.B & Kent J. (2000): Biodiversity hot spots for conservation priorities. Nature, 403: 853-858.

Ozenda P. (1954) : les végétaux dans la biosphère. 431p

Pichi Sermolli R.E.G (1979): A survey of the pteridological flora of the Mediterranean Region. Webbia 34: 175-242.

Pichi Sermolli G. (1963): Ricerche geobotaniche Su "*Osmunda regalis*" in Liguria. Webbia, Vol. XVII, n.2; 1963

Poirion L & Barbero M. (1965) : Groupement à *Isoetes velata* A. Braun (*Isoetes variabilis* Le Grand). Extrait du bulletin de la Soc. Bot. Fr. 112. N^o. 7-8 Paris (V I^e)

Prada C. (1983) : El genero *Isoetes* en la Peninsula iberica. Acta Bot. Malac. 8 : 73-100.

Prelli R. (2001) : Les fougères et plantes aliées de France et d'Europe occidentale : 432 p.- Ed. Belin, Paris.

Prelli R, Rasbach H & Viane R. (1998) : *Asplenium x sleepiae nothosubsp. krameri* (*A. foreziense* x *A. obovatum subsp. obovatum*), une fougère hybride nouvelle pour la flore française (*Aspleniaceae*, Pteridophyta). Acta Bot. Gallica 145: 21-27.

Prebble.M & Wilmshurst Janet M. (2008): Detecting the initial impact of humans and introduced species on island environments in Remote Oceania using palaeoecology. Biol Invasions DOI 10.1007/s10530-008-9405-0.

Quézel P & Santa S. (1962) : nouvelle flore de l'Algérie, Tome I- II. C.N.R.S. Paris

Quézel P. & Barbero M. (1993) : Variations climatiques au Sahara et en Afrique sèche depuis le pliocène : enseignements de la flore et de la végétation actuelles.- Bulletin d'Ecologie 24 (2-3-4) : 191-202.

Quézel, P., 1998. La végétation des mares transitoires à *Isoetes* en région méditerranéenne, intérêt patrimonial et conservation. Ecol. Mediterr. 24(2) : 111-117.

Ramade F. (1984) : Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale. McGraw-Hill 397p

Rasbach H, Rasbach K, Reichstein T, Viane R.L.L & Bennert H.W (1990) : *Asplenium obovatum* subsp. *obovatum* var. *protobillotii* and its hybrid with *Asplenium obovatum* ssp. *lanceolatum* in Spain (*Aspleniaceae*, Pteridophyta). Bot. Helv. 100: 3-16.

Rasbach H, Reichstein T. & Viane R.L.L. (1994): *Asplenium chihuahuense* (*Aspleniaceae*, Pteridophyta), an allohexaploid species and the description of a simplified hybridization technique. Amer. Fern J. 84: 11-40.

Reichstein T (1981) : Hybrids in European *Aspleniaceae* (Pteridophyta). Bot. Helv. 91: 89-139.

Reichstein T (1984) : *Aspleniaceae*. In Conert H.J, Hamann U, Schultze-Motel, W & Wagenitz G (eds.). Gustav Hegi Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band 1, Pteridophyta. Teil 1: 211-275. P. Parey, Berlin, Hamburg.

Reichstein T, Viane R.L.L, Rasbach. H & Schneller. J. (1994): *Asplenium adiantum nigrum* L. ssp. *yuanum* (Ching) Viane, Rasbach, Reichstein & Schneller stat. nov.

and the status of *A. woronowii* Christ (*Aspleniaceae*, Pteridophyta). *Candollea* 49: 281-328.

Roberts R.H. (1979): Spore size in *Asplenium adiantum-nigrum* L. and *A. onopteris* L. *Watsonia* 12 : 233-238.

Samraoui B & de Bélair G. (1998): Les zones humides de la Numidie orientale: 90 p. Synthèse, Publ. Univ. Annaba. Algérie.

Seltzer P. (1946) : Le climat de l'Algérie : 217p. La Typo- Litho, Alger.

Service géographique de l'Armée (« 1924 », complétée en 1938, mise à jour partielle en 1948) : Carte des sols d'Algérie, feuille de Constantine au 1:500.000°.- Typo-Litho, Alger.

Service géographique de l'Armée (« 1924 », complétée en 1938, mise à jour partielle en 1948) : Carte des sols d'Algérie, feuille de Constantine au 1: 500.000°.- Typo-Litho, Alger.

Senesse G. (1972-73) : Recherche de caractères distinctifs entre 2 taxons de l'espèce collective *Asplenium adiantum-nigrum* : *A. adiantum-nigrum* L. et *A. onopteris* L. Leur intérêt pour l'étude de ce complexe. *Natur. Monspeliensia*, sér. bot. 23-24 : 231-266.

Shivas M.G. (1969): A cytotaxonomic study of the *Asplenium adiantum-nigrum* complex. *Brit. Fern. Gaz.* 10: 68-80.

Sleep A. (1966): Some taxonomic problems in the fern genera *Asplenium* and *Polystichum*. Ph. D. thesis, University of Leeds.

Suter M, Schneller J.J & Vogel J.C. (2000): Investigations into the genetic variation, population structure and breeding systems of the fern *Asplenium trichomanes* subsp. *quadrivalens*. *Int. J. Plant. Sc.* 161 (2): 233-244.

Thioulouse J, Chesse DI, Doledec S & Olivier J.M (1996): ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software, *Stat. Comput.* 7 75–83.

Thomas J.P. (1975) : Ecologie et dynamisme de la végétation des dunes littorales et des terrasses sableuses quaternaires de Jijel à El Kala

(Est-Algérien). Thèse de spécialité en écologie végétale, U.S.T.L. Montpellier (FR) :

113 p.

Toubal A & Toubal O. (1998) : Roche mère, sol et végétation du massif de l'Edough : segment de la chaîne alpine de l'Algérie orientale. *Ecologie* 29 (1- 2) : 207-214.

Tutin T.G, Burge, N.A, Charter, A.O, Edmondson J.R, Heywood V.H, Moore D.M, Valentine D.H, Walters S.M, Webb D.A, Akeroyd J.R & Newton M.E (1993) : *Flora Europaea*. Volume 1. Psilotaceae to Plantanaceae. Second edition. 581 p. - Cambridge University Press, Cambridge.

U.I.C.N., Union Internationale pour la Conservation de la Nature (2001) : Catégories et critères de l'UICN pour la Liste rouge. Version 3.1. : II + 32 p.- Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN. UICN, Gland (CH) / Cambridge (UK).

Van Den Heede C.J, Viane R.L.L & Chase M.W (2003): Phylogenetic analysis of *Asplenium* subgenus *Ceterach* (Pteridophyta: *Aspleniaceae*) based on plastid and nuclear ribosomal ITS DNA sequences. *Amer. J. Bot.* 90: 481-495.

VanDen Heede C.J & Viane R.L.L. (2010): Notule pteridologique Italiche, VIII. 206-212. *Ann. Mus. Civico Rovereto* 25 : xxx-xxx.

Véla E (2002) : Biodiversité des milieux ouverts en région Méditerranéenne. Le cas de la végétation des pelouses sèches du Luberon (Provence calcaire). Thèse de Doctorat. Université de droit, d'économie et des sciences d'Aix- Marseille.

Véla E, Benhouhou S (2007) : Evaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord), *C. R. Biol.* 330 589–605.

Viane R.L.L. (1990): Epidermology of European fern. P69-89 in Rita J. (Ed).
Taxonomia, biogeografia y conservacion de Pteridofitos. Palma de Mallorca.

Viane R. (1992): A multivariate morphological anatomical analysis of the perispore in
Aspleniaceae (Pteridophyta). Thesis, Gent.

Viane R.L.L, Jermy A.C, & Lovis J.D (1993): *Asplenium*. pp 18-23, in: Tutin T.G,
Burgess N.A, Chater A.O, Edmondson J.R, Heywood V.H, Moore D.M, Valentine D.H,
Walters S.M AND Webb, D.A (eds). Flora Europaea. Second edition. Vol.1.
Psilotaceae to Platanaceae. Cambridge University Press, Cambridge.

Viane R.L.L., Rasbach H, Rasbach K. & Reichstein T. (1996): Observations on some
ferns of Poros and the adjacent parts of the Peloponnesus (Greece). *Bocconeia* 5:
279-300.

Walter H. (1931). Die Hydratur der Pflanzen und ihre physiologisch-ökologische
Bedeutung. G. Fisher Verlag, Jena.