



UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMCCEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Ressources Forestières

Laboratoire n°31 : *Gestion et Conservatoire de l'Eau, du Sol et des Forêts et Développement
Durable des zones montagneuses de la région de Tlemcen*

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Foresterie

Option : Ecologie, Gestion et Conservation de la Biodiversité

Thème :

*Construction d'une clé multicritères Xper3 pour les
ptéridophytes du Maghreb*

Présenté par : BEKADDOUR Karima

Soutenu le 28 /06 / 2020

Devant le jury composé de :

Président : MOSTEFAI	N.	Pr.	Université de Tlemcen
Encadreur : MEDJAHDI	B.	MCA	Université de Tlemcen
Examineur : LABIOD	M	MCB	Université de Tlemcen

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A mes chers parents pour leurs sacrifices et
leurs
encouragements durant toutes mes études*

A mes chers frères

A mes sœurs

A mes amies

*A tous ceux qui m'ont apporté de l'aide de
près ou
de loin*

Karima

Remerciement

Avant tous, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a guidé tout au long de ma vie, et qui m'a permis d'achever ce travail.

Je tiens à remercier sincèrement Monsieur MEDJAHDI B. pour sa patience et ses conseils précieux.

A MONSIEUR MOSTEFAIN qui m'a fait un grand honneur en acceptant de présider le jury.

A MONSIEUR LABIOD M. d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Mes vives remerciements ma profonde reconnaissance à tous ce qui ont bien voulu nous aider dans ce modeste travail.

Enfin, mes remerciements vont à mes parents et mes frères et à toute personne ayant de près ou loin contribué à la réussite de ce travail ainsi à mes amis

Liste des tableaux

Tableau 1:	La liste des taxons de la famille des <i>SELAGINELLACEA</i> présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).....	20
Tableau 2:	La liste des taxons de la famille des <i>ISOËTACEAE</i> présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).....	21
Tableau 3:	La liste des taxons de la famille des <i>Equisetaceae</i> présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).....	23
Tableau 4:	La liste des taxons de la famille des <i>Ophioglossaceae</i> présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).....	25
Tableau 5:	La liste des taxons de la famille des <i>Aspleniaceae</i> présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).....	28
Tableau 6:	La liste des taxons de la famille des <i>Athyriaceae</i> présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).....	34
Tableau 7 :	La liste des taxons de la famille des <i>Pteridaceae</i> présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).....	36
Tableau 8 :	La liste des taxons de la famille des <i>Woodsiaceae</i> présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).....	43
Tableau 9 :	La liste des taxons de la famille des <i>Woodsiaceae</i> présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).....	46
Tableau 10 :	La liste des taxons de la famille des <i>Thelypteridaceae</i> présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).....	48
Tableau 11 :	La liste des taxons de la famille des <i>Marsileaceae</i> présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).....	50
Tableau 12 :	La liste des taxons de la famille des <i>Salviniaceae</i> présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).....	52
Tableau 13 :	Les 19 Descripteurs utilisés dans la base de connaissance Ptéridophytes.....	54
Tableau 14 :	Liste des descripteurs avec leurs pouvoirs discriminants.....	57

Liste de figures

Figure 1 :	Objets (MELET,2017).....	5
Figure 2 :	Clé par Tri dichotomique (MELET, 2017).....	6
Figure 3:	Matrice Critères/Taxons (MELET, 2017).....	6
Figure 4 :	Création d'une base de connaissances	9
Figure 5 :	Les bases de Connaissances d'un utilisateur.....	9
Figure 6 :	Listes des items : exemple de la base de connaissance Pteridophytes.....	10
Figure 7 :	Fenêtre base de connaissance Ptéridophytes avec 77 Items et 3 Descripteurs	11
Figure 8 :	Exemple d'une fenêtre de Descripteur.....	12
Figure 9 :	Organisation d'une générale d'une fougère (D'après PRELLI, 2001) exemple polypode (Polypodium sp.).....	16
Figure 10 :	caractères morphologiques fondamentaux pour la reconnaissance des fougères (RAMEAU et <i>al.</i> , 2008).....	17
Figure 11:	Degrés de division du limbe des fougères (RAMEAU et <i>al.</i> , 2008).....	18
Figure 12	Détail de l'appareil reproducteur des fougères (PRELLI, 2001).....	18
Figure 13 :	ouverture de la clé d'identification de la base de connaissance Ptéridophytes sur Xper3.....	59
Figure 14 :	Sélection des critères sur la clé.....	59
Figure 15 :	la clé proposé trois espèces en fonction des critères sélectionnées.....	60
Figure 16 :	dernière étape avec la proposition d'un seul taxon dans la liste des taxons restants.....	60

Liste de Photos

Photo 1 :	<i>Selaginella denticulata</i> (MEDJAHDI, 2007).....	20
Photo 2 :	Isoètes <i>duriaei</i> (A) et <i>Isoètes hystrix</i> (B).....	22
Photo 3:	Planche herbier d' <i>Equisetum ramosissimum</i> (photo MEDJAHDI)....	24
Photo 4 :	<i>Ophioglossum lusitanicum</i> forêt d'Ifry (Tlemcen) MEDJAHDI 2017.....	26
Photo 5 :	<i>Osmunda regalis</i> (MEDJAHDI 2019).....	27
Photo 6 :	Quelque représentant du genre <i>Asplenium</i> : (A) <i>Asplenium ruta-muraria</i> subsp.	31
Photo 7 :	<i>Adiantum capillus-veneris</i>	38
Photo 8 :	<i>Anogramma leptophylla</i>	39
Photo 9 :	<i>Cosentinia vellea</i> subsp. <i>Vellea</i>	40
Photo 10 :	<i>Cheilanthes pteridioides</i> sur roche calcaire Oued Reggou (Honaine).....	41
Photo 11 :	<i>Cheilanthes acrostica</i> sur roche calcaire El Ourit.....	41
Photo 12:	<i>Cheilanthes gaunchicaoued</i> Honaine.....	42
Photo 13 :	<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh. subsp. <i>fragilis</i> yeuseraie de Ras Asfour.....	44
Photo 14 :	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn subsp. <i>aquilinum</i> forêtde Hafir.....	45
Photo 15 :	<i>Polypodium cambricum</i> L. subsp. <i>cambricum</i> oued Honaine.....	47
Photo 16 :	<i>Nephrolepis exaltata</i> jardin de maison Tlemcen.....	48
Photo 17 :	<i>Pilularia minuta</i>	51

NB : Les photographies utilisées dans le texte sont réalisées par Mr MEDJAHDI et la plupart elles sont actuellement accessibles sur le site de flore Maghreb.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I LES PLATEFORMES COLLABORATIVES DE GESTION DES DONNEES DE BIODIVERSITE	4
1.1. LA CLÉ DICHOTOMIQUE: MÉTHODE SIMPLE DE TRI ?.....	4
1.1.1. Limites de la méthode.....	4
1.2. DE LA CLÉ DICHOTOMIQUE AU TRI MULTICRITÈRE.....	5
1.3. LA PLATEFORME Xper3.....	7
3.1.1. Qu'est-ce que Xper 3.....	8
1.3.1.1. Architecture informatique.....	8
1.3.1.2. Utilisation de Xper3 (BDJ).....	7
1.3.2 Importation / Exportation.....	12
1.3.3. Travail collaboratif.....	12
1.3.4. L'identification.....	12
1.3.5. L'analyse.....	13
CHAPITRE II : PRESENTATION DES PTERODOPHYTES DU MAGHREB	14
2.1. LE PROJET EFLORE MAGHREB	14
2.2.GENERALITES SUR PTERIDOPHYTES (FOUGERE, PRELES, ISOETES, LYCOPODES ET SELAGINELLES).....	15
2.3. ORGANISATION DES FOUGERES.....	15
2.3.1. Caractères importants pour la reconnaissance des fougères	16
2.4. CLASSIFICATION DES PTERIDOPHYTES :.....	19
2.4.1. LES LYCOPODIOPHYTES.....	19
2.4.2. LES PSILOTOPHYTES.....	22
2.4.3. LES EQUISETOPHYTES (Prêles).....	23

2.4.4. LES POLYPODIOPHYTES.....	25
CHAPITRE III : CLE MULTICRETERS PTERIDOPHYTES.....	54
3.1. MATERIEL ET METHODES.....	54
3.1.1. <i>Liste des items.....</i>	
3.1.2. <i>Caractères utilisés dans la clé.....</i>	
3.2. CONSTRUCTION DE CLES D'IDENTIFICATION INTERNATIVE ET STATISTIQUES	56
3.3. EXEMPLE D'UNE IDENTIFICATION	58
CONCLUSION.....	61
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	63
ANNEXE	

INTRODUCTION

Il est sans doute très important pour le forestier ou toute autre personne intéressée par les milieux naturels de connaître les éléments qui le constituent. Il s'agit bien évidemment de la faune et la flore appelées communément biodiversité. Pour connaître ces éléments il est indispensable d'utiliser des ouvrages appelés aussi faunes et flores. Ces ouvrages permettent d'identifier les familles, les genres et les espèces végétales ou animales vivant sur un espace géographiquement délimité. De tels ouvrages utilisent principalement des clés de détermination ou clés analytiques. Ces clés fonctionnent sur le principe de la dichotomie : il faut choisir entre deux propositions et, de choix en choix, on arrive jusqu'à l'espèce ou même un taxon infraspécifique.

Cette tâche si évidente et plus ou moins facile, il fut un temps au début la botanique est devenue une manœuvre très difficile et beaucoup plus compliquée pour les nouvelles générations (étudiants et même pour certains botanistes). Avec le développement de l'informatique de nouvelles méthodes accompagnées par de nouveaux outils sont apparus, offrant une multitude de solutions faciles pour identifier une plante ou animal.

Depuis le début du siècle dernier avec l'extension de l'internet beaucoup de sites ont été consacrés à la flore. Même si le principe de l'identification est resté le même que pour les flores papiers (clés dichotomiques). Les sites consacrés à la flore, qui sont souvent appelés Flore électronique avaient comme avantages : la photo et les mises à jour. En effet, les supports virtuels offraient plus d'espaces pour les photos des espèces alors que sur une flore papier il est très rare de trouver des photos (on trouve juste quelques schémas de la plante ou le plus souvent des parties de celle-ci). Malgré l'engouement de la première décennie de ce siècle, ces sites n'ont pas eu beaucoup de succès, et leur utilisation est restée réservée aux utilisateurs avertis (botanistes confirmés). Avec le développement des Smartphones et des technologies connexes beaucoup de nouvelles techniques ont vu le jour. Nous pouvons citer comme exemple le projet Pl@ntNet qui permet de prendre des photos d'une plante et de comparer ces photos à celles d'une base d'images expertisée et dynamiquement mise à jour, de façon à faciliter l'identification de cette plante. Le résultat proposé par l'application est donc évolutif, puisqu'elle s'enrichit de jours en jours de nouvelles images et de nouvelles espèces grâce aux contributions des membres du réseau. Cette application, qui se base sur plus de 300 000 images, illustrant plusieurs milliers d'espèces, est disponible en version web,

iOS et Android. Elle fonctionne pour la Flore d'Europe de l'Ouest, de l'Océan Indien, d'Amérique du Sud et d'Afrique du Nord (FLOROSTIC, 2020).

Cet exemple illustre le degré de la facilité que proposent les nouvelles technologies actuellement aux personnes voulant identifier une plante sans passer par le complexe chemin de la botanique classique. Malgré leur performance ces outils comportent d'innombrables imperfections et beaucoup d'erreurs d'identification. Ces outils peuvent être utilisés par des amateurs de la botanique, mais ils ne peuvent être utilisés dans des études scientifiques (masters, doctorat...) et dans des zones géographiques mal explorées notamment en Afrique du Nord. Ces outils d'aide à l'identification ont beaucoup de chemin devant eux.

Il existe aussi un autre outil moins facile que le premier, mais plus performant et correct, il s'agit des clés multicritères. Cette méthode appelée aussi le tri multicritère non séquentiel par élimination ou filtres. De nombreux systèmes de filtres permettent une identification assistée par l'ordinateur (comme par exemple Flora Helvetica, Flora Australia...). Ils reposent sur une matrice taxons/critères. C'est alors l'utilisateur qui choisit parmi les critères disponibles sur son échantillon, ceux qu'il va valider. Un processus d'élimination va progressivement éliminer les taxons incompatibles et en principe le tri devrait aboutir à l'isolement d'un taxon réunissant tous les critères validés.

Dans ce cadre nous allons utiliser Xper3. Une plateforme collaborative de gestion de données de biodiversité qui permet de stocker et d'éditer des données descriptives en ligne. Cette plateforme est munie d'un module d'identification interactive et un module de génération de clés d'identification. Ainsi nous allons utiliser Xper3 pour générer une clé d'identification des ptéridophytes d'Afrique du Nord.

Mais pourquoi Xper3 ? Pourquoi les ptéridophytes d'Afrique du Nord ?

Nous avons choisi Xper3 parce que cette plateforme a été adoptée par le projet Eflora Maghreb comme application de référence pour l'insertion des textes et des images dans une base de données et mise en place d'une version de clé multicritère pour créer une réelle flore électronique. Il faut préciser que notre contribution entre dans le cadre de ce projet. Nous avons choisi les ptéridophytes parce que c'est le groupe le mieux connu de la flore du Maghreb (MEDJAHDI et al., 2013).

Dans le présent travail nous allons présenter dans un premier chapitre les plateformes collaboratives de gestion des données de biodiversité d'une manière générale avec un peu

plus de détails sur Xper3. Dans la deuxième partie de cette étude nous allons présenter les ptéridophytes du Maghreb. Cette partie va nous permettre de proposer un tableau critère/taxons afin de l'introduire dans la plateforme pour vérifier la performance des critères choisis dans un dernier chapitre.

CHAPITRE I : LES PLATEFORMES COLLABORATIVES DE GESTION DES DONNEES DE BIODIVERSITE

Depuis toujours, on a ressenti le besoin de mettre un nom sur une plante et signifier ainsi qu'on l'a identifiée précisément, que ce soit à titre scientifique, en tant que gestionnaire ou simplement par curiosité personnelle.

Pour beaucoup de personnes, déterminer une plante est tout simplement associer à un échantillon d'un taxon référencé dans une flore. Peu importe la méthode qui y a conduit (clé dichotomique, feuilleter un livre, parole de botaniste, ... ou autres ...) pourvu que l'on puisse vérifier la concordance entre l'échantillon et la référence. Ceci pouvant se faire souvent par une description textuelle, complétée par des dessins et/ou des photos. Mais dans la plupart des cas le tri dichotomique des flores papiers permettait de restreindre progressivement l'éventail des possibles par élimination, jusqu'à arriver à un seul taxon supposé être la solution.

1.1. CLÉ DICHOTOMIQUE: MÉTHODE SIMPLE DE TRI?

La méthode de clé dichotomique consiste à choisir dans un ensemble d'objets que l'on peut décrire par un nombre N de critères (s'il s'agit de critères relevant d'un choix binaire «OUI/NON»). Il est toujours possible de définir une séquence de choix permettant d'isoler chacun des objets. Tout l'art de construire des clés dichotomiques réside dans l'articulation des séquences des choix binaires. Ce fut longtemps l'unique méthode rationnelle de détermination (MELET, 2017)

1.1.1. Limites de la méthode:

-Pour une clé dichotomique, si on considère N objets il faut entre $\log_2(N)$ et $N-1$ choix pour trier un échantillon (ce qui, pour environ 5-6000 objets fait beaucoup...), en pratique : pour un *Festuca* cela peut aller jusqu'à 120 choix... et pour un *Trifolium*, cela peut aller jusqu'à 90 choix... (MELET, 2017)

-La séquence des choix est établie par le concepteur de la clé qui considère que tous les critères sont disponibles sur l'échantillon (ce qui n'est pas toujours le cas).

-Les choix doivent impérativement être de type booléen «VRAI/FAUX» donc strictement binaire: toute ambiguïté ou erreur d'appréciation aboutissent à une erreur d'identification.

-Toute impossibilité de répondre par «OUI/NON» interrompt la séquence et oblige à suivre deux branches, puis 4 ..., rendant indispensable mais compliqué le contrôle final de la détermination.

Cela nous amène à dire que le tri dichotomique est une méthode simple, mais qui aboutit dans beaucoup de cas à des impasses ou des propositions erronées avec laquelle nous avons appris à composer. L'efficacité des clés dichotomiques réside en fait, plus dans l'habileté et l'expérience de l'utilisateur, que dans la construction de la clé par le concepteur.

1.2. DE LA CLÉ DICHOTOMIQUE AU TRI MULTICRITÈRE

Nous avons vu que la clé dichotomique est un tri multicritère de choix booléens dont la séquence est définie par le concepteur, ce qui présente des inconvénients. Le Tri multicritère non séquentiel par élimination est utilisée par de nombreux systèmes de filtres permettant une identification assistée par l'ordinateur (exemple : Flora Helvetica). Ces systèmes reposent sur une matrice taxons/critères. Contrairement aux clés dichotomiques, ce mode de tri propose à l'utilisateur de choisir parmi les critères disponibles sur son échantillon, ceux qu'il va valider. Un processus d'élimination va progressivement éliminer les taxons incompatibles et en principe le tri devrait aboutir à l'isolement d'un taxon réunissant tous les critères validés (VIGNES LEBBE *et al.*, 2015). Les figures 1, 2 et 3 schématisent ce qui a été dit dans les paragraphes précédents.

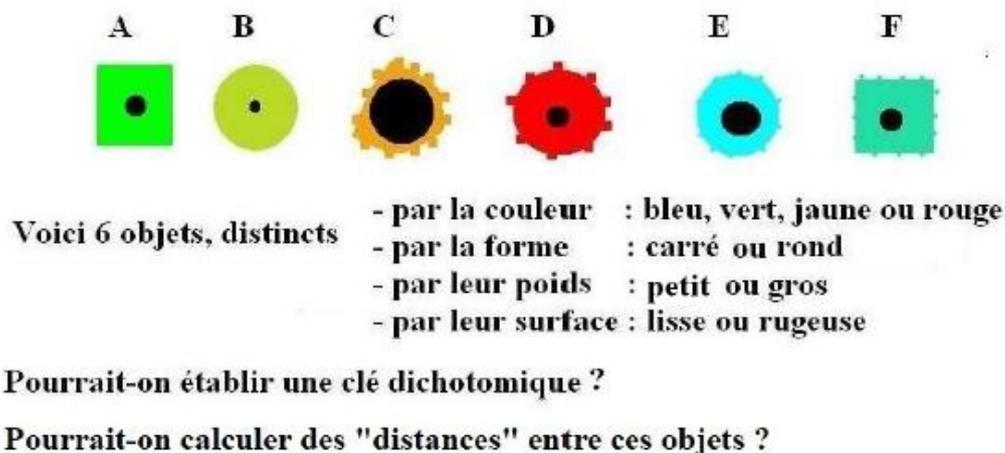


Fig. 1 : Objets (MELET, 2017)

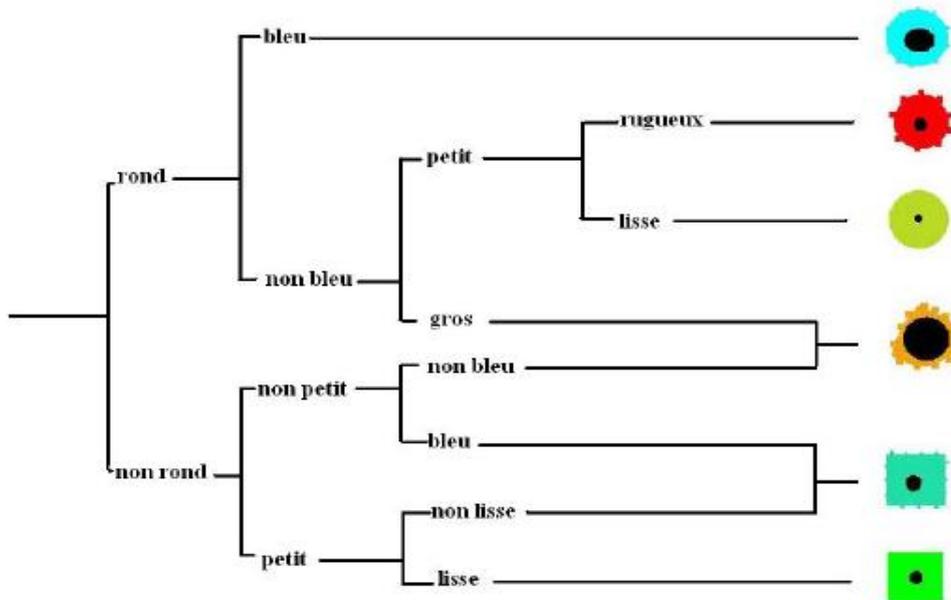


Fig. 2 : clé par Tri dichotomique (MELET, 2017)

5800 taxons ssp comprises ...

	A	B	C	D	E	F
Critère						
bleu	0	-1	-2	-2	2	1
vert	2	1	-2	-2	0	2
jaune	0	1	2	-2	-2	-1
rouge	-2	-2	0	2	-2	-2
carré	2	-2	0	-2	-2	2
rond	-2	2	0	2	2	-2
petit	1	2	-2	1	-1	1
gros	-1	-2	2	-1	1	-1
lisse	2	2	-2	-2	1	1
rugueux	-2	-2	2	2	1	1
bleu					OUI	oui
vert	OUI	OUI				OUI
jaune		oui	OUI			
rouge			oui	OUI		
carré	OUI		oui			OUI
rond		OUI	oui	OUI	OUI	
petit	oui	OUI		oui		oui
gros			OUI		oui	
lisse	OUI	OUI				
rugueux			OUI	OUI	oui	oui

Matrice de paramétrage
Taxons / Critères

Matrice de description
par un utilisateur

Fig. 3 : Matrice Critères/Taxons (MELET, 2017)

1.3. LA PLATEFORME Xper3

Au cours de la dernière décennie, la taxonomie a connu une révolution vers la cybertaxonomie (WHEELER, 2008). Cela est particulièrement évident lorsque l'on examine les nombreuses initiatives dédiées à la gestion et au suivi des données sur la biodiversité. Étant donné que l'étude et la surveillance de la biodiversité restent un défi majeur pour les biologistes, des outils de gestion et d'identification des données descriptives sont nécessaires pour les aider dans leur travail quotidien (BURGUIERE *et al.*, 2013).

Les systèmes d'identification assistés par ordinateurs fournissent aux utilisateurs les ressources nécessaires pour relier les observations morpho-anatomiques aux noms des taxons et accéder par la suite à d'autres connaissances sur les organismes. Ils ont la capacité de gérer des données descriptives et de faire des identifications via des clés interactives. Ils sont essentiels pour les auteurs et les utilisateurs des informations sur la biodiversité. Xper3 est l'un des outils les plus conviviaux de sa catégorie et fournit un environnement complet dédié à la gestion taxonomique. (UNG *et al.*, 2013)

L'expérience accumulée ainsi durant depuis plus de 10 ans avec la version Xper2, et l'évolution des pratiques scientifiques ont conduit à programmer une nouvelle version du logiciel : Xper3, une version en ligne et collaborative permettant le travail en réseau.

Xper3, ainsi que Xper2, constituent un outil efficace pour la formation à la biodiversité: pour l'observation et la pratique de l'inventaire en utilisant les touches d'accès libres existantes, mais aussi en offrant aux étudiants une interface conviviale pour résumer leurs connaissances sur un groupe taxonomique et créer leur propre base de connaissances. Le système Xper3 peut être lié à d'autres environnements collaboratifs tels que Scratchpads pour les pages web (<http://scratchpads.eu>), et Bio-portails pour le vocabulaire contrôlé et ontologies (<http://bioportal.bioontology.org/>).un an après son lancement, Xper3 a été adopté par plus de 490 utilisateurs sur <http://www.xper3.fr/>.(VIGNES LEBBE *et al.*, 2015).

1.3.1 Qu'est-ce que Xper3 :

Une base de connaissances Xper est un ensemble d'éléments décrits en utilisant le même modèle et la même terminologie, et documentés par des textes et des images (JOUVEAU *et al.*, 2018).

Xper3 est un système de gestion de base de connaissances réservé à la gestion des phénotypes. Il comprend deux modules d'identification : un module de construction de clé à accès unique et une clé multiaccès interactive (Mkey +). Xper3 est également largement

utilisé pour la formalisation, le stockage et la comparaison automatisée des phénotypes. Xper3 est un pionnier des logiciels de gestion taxonomique, et la plateforme a été immédiatement adoptée par un large éventail d'utilisateurs, prouvant son originalité et son efficacité: 1652 utilisateurs et 2023 bases de données en juillet 2016.

1.3.1.1 *Architecture informatique*

Le mode de travail des botanistes, a exceptionnellement évolué ces dernières années. Le travail à distance et en réseau est devenu une nécessité. Beaucoup de collections se sont largement informatisées pour donner un accès distant à ces ressources. L'exemple de la base de données RECLONET qui comporte plus de 10897147 spécimens, est mise en ligne par le muséum d'Histoire Naturelle de Paris.

L'architecture informatique d'Xper3 répond aux critères suivants :

1. Permet de collaborer à plusieurs et à distance sur l'informatisation des descriptions d'un ensemble de taxons.
2. Permet d'importer dans une base de connaissances existantes de nouvelles ressources, des nouvelles espèces, de nouveaux descripteurs, ou fusionner le travail de plusieurs spécialistes.
3. Etre compatible avec la version locale Xper2, et permettre des imports et exports dans différents formats standards pour assurer la compatibilité et l'échange avec d'autres logiciels.
4. Etre modulaire et facilement évolutif grâce à la technologie web services (<http://www.w3.org/TR/ws-arch/wsa.pdf>) pour pouvoir être personnalisé et s'intégrer dans des projets et des sites différents.

1.3.1.2 *Utilisation de Xper3 (BDJ)*

La première étape lors de la première utilisation de Xper3 consiste à créer une base de connaissances. Mais avant cette première étape il faut s'inscrire en utilisant un mail de référence. Une fois l'inscription validée. La plateforme propose à l'utilisation et la création d'une ou plusieurs bases de connaissances (Fig 4 et 5)

Fig. 4 : Création d'une base de connaissances

L'utilisateur est libre de créer et de supprimer autant de bases de connaissances qu'il le souhaite.

Nom de la base	Propriétaire(s)	Editeur(s)	Visiteur(s)
FABACEAE	cyrille chatelain	Stéphanie Chauvet , Jean-François Léger , RACHID MEDDOUR , Christian Cogneaux , Medjahdi Boumediene , DOBIGNARD Alain , Daniel MATHIEU , Florent Beck	Se supprimer du partage
Fabaceae	Medjahdi Boumediene		Supprimer
Pteridophytes	Medjahdi Boumediene	cyrille chatelain , Karima Bekaddour	Supprimer

Ou [Créer une base de connaissances](#)

Fig. 5 : Les bases de Connaissances d'un utilisateur

Une fois la base de connaissances créée l'utilisateur dispose de plusieurs onglets pour éditer les données descriptives (KLIMMEK & BAUR, 2018). Ainsi une base de connaissances contient toutes les entités utilisées par un systématicien pour décrire ses taxons d'intérêt il s'agit des :

1. Les éléments (items) ;
2. Les descripteurs ;
3. La description des éléments en fonction des descripteurs.

1. Les éléments

Les éléments (Items) représentent les objets que l'utilisateur souhaite décrire. Il s'agit généralement, dans le cas de la systématique, des taxons (familles, Genres, espèces...). Les éléments sont accessibles dans l'onglet «Éléments» et affichés par défaut sous forme de liste (ANONYME, 2020).

Tous les taxons sont répertoriés et peuvent être fournis avec des informations détaillées supplémentaires (par exemple, la distribution, le premier auteur, l'habitat, les valeurs des indicateurs, etc.) et avec du matériel illustratif comme images, films, fichiers audio ou tout autre fichier (par exemple : cartes, fichiers texte). De plus, de nouveaux taxons peuvent être ajoutés et modifiés de la même manière que les taxons déjà existants (KLIMMEK & BAUR, 2018).

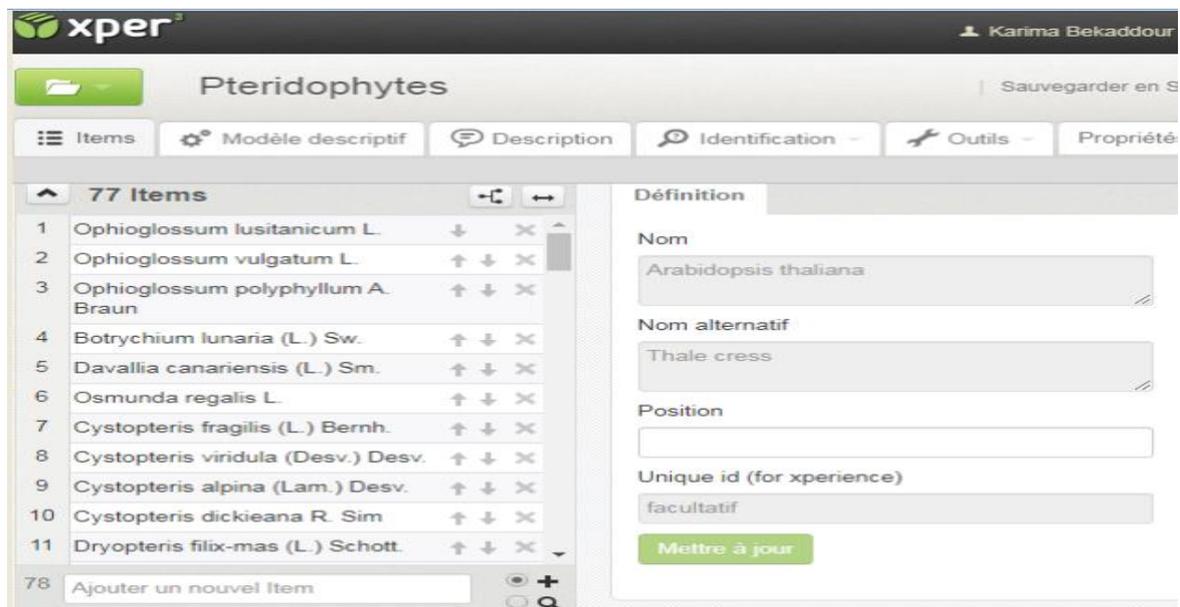


Fig. 6 : Listes des items : exemple de la base de connaissance Ptéridophytes

2. Les descripteurs

Les descripteurs représentent les caractères des éléments que l'utilisateur souhaite décrire. La section «Modèle descriptif» répertorie tous les descripteurs et peut également être modifiée comme décrit pour la section «Articles». Les états de chaque descripteur peuvent être modifiés ou de nouveaux peuvent être ajoutés (KLIMMEK & BAUR 2018).

Xper3 a la possibilité de pondérer les descripteurs. C'est un excellent moyen de simplifier et d'accélérer le processus d'identification, permettant des résultats rapides et fiables (CORVEZ et GRAND, 2014).

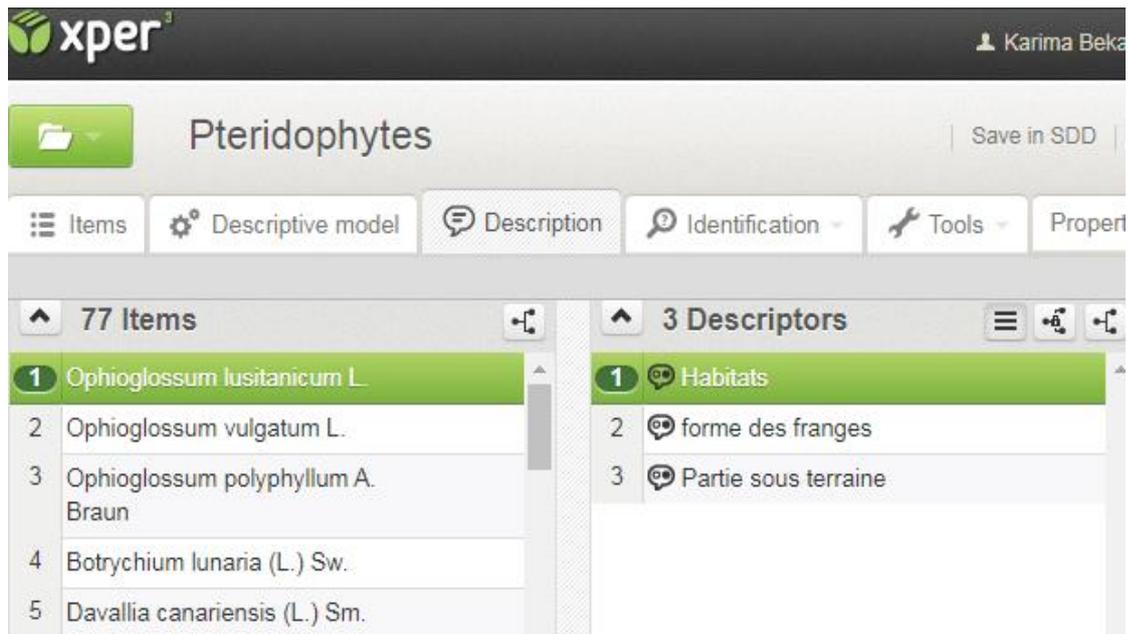


Fig. 7 : Fenêtre base de connaissance Ptéridophytes avec 77 Items et 3 Descripteurs

3. La description

Les descriptions peuvent être représentées comme des éléments/descripteurs de matrice. Dans cette section «Description», l'utilisateur peut décrire chaque élément.

La section «Description» offre la possibilité d'attribuer à chaque descripteur les états respectifs de chaque élément. Xper3 est livré avec quelques outils de diagnostic pour vérifier l'exhaustivité de la base de données ou pour analyser les données. Une vue de la matrice de description complète avec la possibilité de rechercher des éléments non décrits et la révision de ceux-ci est d'une grande aide pour s'assurer que chaque taxon est complètement décrit. De plus, il est possible de sélectionner différents éléments ou de les affecter à des groupes pour comparaison.

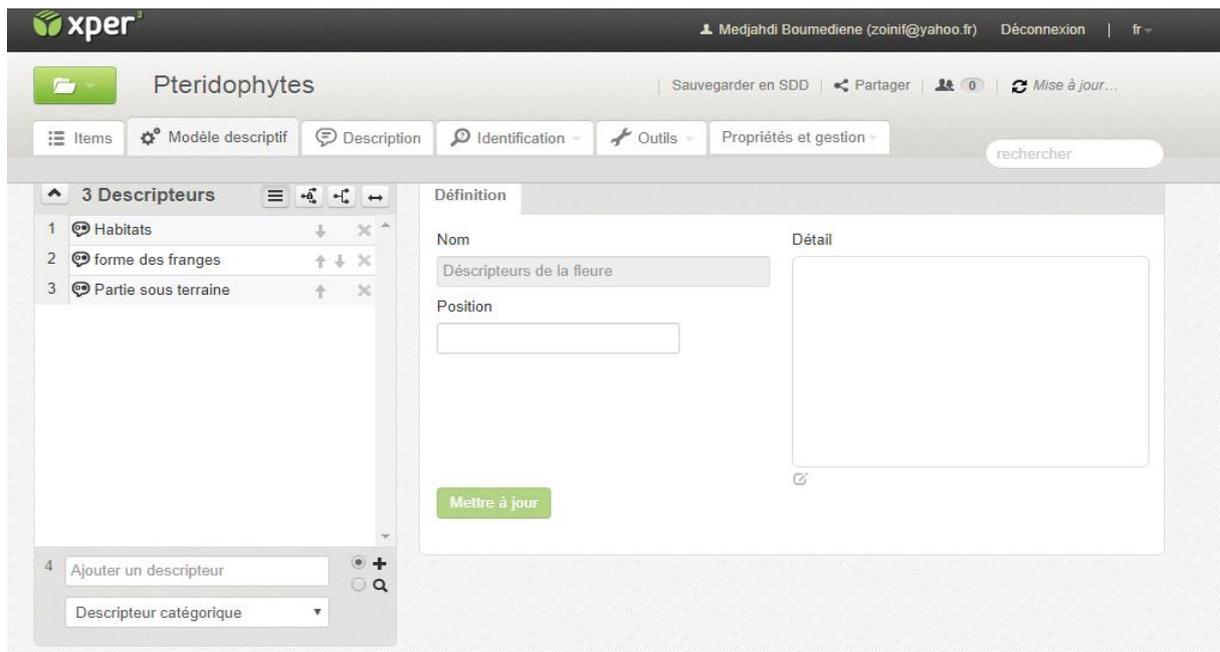


Fig. 8 : Exemple d'une Fenêtre de Descripteurs

1.3.2. Importation / Exportation

Les données peuvent être importées au format CSV ou SDD et exportées au format CSV, SDD ou Nexus. Les fonctionnalités sont accessibles dans le menu principal.

Les importations/exportations dans des formats standards (CSV, Nexus) font d'Xper3 une plate-forme ouverte sur l'extérieur : avec les tableurs (via le format CSV), avec les logiciels de phylogénie (via Nexus) et surtout avec d'autres logiciels de gestion des descriptions taxonomiques respectant les standards (DALLWITZ, 2011). Les importations évitent aussi de ressaisir des données. Par exemple il est très simple d'importer via le format CSV une liste d'espèces provenant d'IPNI (the International Plant Names Index). Mais on peut aussi importer des données à fusionner avec une base de connaissances déjà en cours. Xper3 prend en charge la gestion des conflits en interaction avec l'utilisateur. (VIGNES LEBBE *et al.*, 2015)

1.3.3. Travail collaboratif

Xper3 permet aux utilisateurs de partager leur ensemble de données et de les modifier simultanément. L'éditeur collaboratif est particulièrement utile pour les réseaux de recherche taxonomique. Le scientifique peut partager ses données sur les phénotypes (descriptions structurées, documentées par des images, des vidéos et du texte, y compris une bibliographie et des liens externes), comparer des phénotypes et importer ou exporter du contenu partiel ou total dans divers formats standard tels que SDD (Structured Descriptive Data), CSV (Comma Separated Values) et NEXUS pour les analyses externes.

1.3.4. L'identification

Xper3 est livré avec plusieurs outils d'identification:

1. Un module d'identification interactif
2. Un module de génération de clés à accès unique

Xper3 peut générer des clés d'identification à accès unique et dispose également d'un lecteur de clés interactif. Ces fonctionnalités sont disponibles dans l'onglet «Identification».

Une identification interactive peut également être fournie au grand public en utilisant l'identification dans le menu principal. Un URL publique sera générée pour accéder à la clé interactive sans vous connecter

1.3.5. L'analyse

Xper3 est livré avec plusieurs outils d'analyse qui vous aideront à garantir la cohérence de vos données descriptives.

➤ Outils

L'onglet «Outils» permet d'accéder à des fonctionnalités supplémentaires:

- «Afficher la matrice de description» -> afficher les descriptions sous forme de matrice et modifier les valeurs non définies ;
- "Comparer les éléments " -> comparer plusieurs éléments ;
- «Comparer les groupes» -> comparer les groupes d'éléments ;
- «Checkbase» -> vérifier la cohérence de la base de connaissances

CHAPITRE II : PRESENTATION DES PTERODOPHYTES DU MAGHREB

2.1. LE PROJET EFLORE MAGHREB :

Le monde du numérique a complètement révolutionné nos outils de travail en botanique, rendant accessibles des millions de documents et d'images. Dans ce contexte est né le projet Eflores Maghreb. En effet, L'idée d'une flore du Maghreb avait été lancée en 2013 lors d'une réunion des botanistes d'Afrique du Nord, à Tunis. Début 2016, une première version de cette flore est accessible librement sur le web en format html et une nouvelle version est en finalisation (CHATELAIN *et al.*, 2018)

L'intérêt d'un tel projet est justifié par la diversité spécifique importante de la flore du Maghreb et l'insuffisance des données actualisées de terrain. On estime en effet la diversité floristique du Maghreb à 6 660 taxons (espèces, infra spécifiques, indigènes et introduites), dont 4 451 taxons présents en Algérie (correspondant à 4 002 espèces), 5 356 taxons au Maroc (4 675 espèces) et 2 834 taxons en Tunisie (2 600 espèces) (DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).

Eflores Maghreb essaye donc de fournir en temps réel un outil pour identifier les plantes du Maghreb et de permettre à un ensemble de contributeurs de participer, en centralisant sur une plateforme ouverte l'ensemble des connaissances afin de les partager facilement (CHATELAIN *et al.*, 2018).

Le projet eflores est organisé en quatre étapes (FLORE DU MAGHREB, 2020) :

La 1^{ère} étape : consistait à transformer le PDF du livre original de Quézel et Santa (1962-1963) par OCR (ABBYY) en MsWord pour l'exporter en html5 (version web).

La 2^{ème} étape (jan. 2015 à aout 2015) : consistait à corriger et mettre à jour la nomenclature et de la distribution selon l'index (98% d'ajout des noms manquants pour l'Algérie, mais aussi Maroc et Tunisie et ajout des images et dessins afin d'avoir une idée des disponibilités et besoins actuellement on a environ 2500 photos et 2500 dessins)

La 3^{ème} étape (fin 2015-2018) : dans cette étape les auteurs devaient finir la description des taxons ajoutés, modifier les clés pour les taxons de Tunisie et Maroc. Améliorations web, liens, ajouts de cartes, etc.

La 4^{ème} étape 2019-2020 : Cette étape consiste à insérer des textes et des images dans une base de données et mise en place d'une version de clé multicritère sous Xper3 pour créer une réelle flore électronique.

Le présent travail s'intègre dans le cadre de ce projet et plus précisément il fait partie de l'étape 4 qui consiste à créer des clés multicritères sous Xper3. Nous allons traiter les Ptéridophytes comme première partie dans cette étape.

2.2. GENERALITES SUR PTERIDOPHYTES (FOUGERE, PRELES, ISOETES, LYCOPODES ET SELAGINELLES)

Les Ptéridophytes du grec "Ptéris" qui veut dire fougères est un embranchement comprenant essentiellement les fougères et accessoirement quelques autres groupes (OZENDA, 1990). Les ptéridophytes forment un grade qui correspond aux Trachéophytes basaux. Ce sont souvent des plantes vivaces caractérisées par une tige souterraine horizontale (rhizome) et qui vivent dans les lieux frais et ombragés (DUPONT ET GUIGNARD, 2015).

Les fougères associées aux plantes alliées (Lycopodes, Isoètes, Sélaginelles et Prêles), constituent donc, un ensemble d'une très grande originalité, bien que modestes en nombre d'espèces (PRELLI, 2001).

Quoique sans fleurs, les ptéridophytes présentent une analogie anatomique avec les spermaphytes puisqu'elles comportent des racines, une tige, (souvent souterraine), des feuilles et des éléments conducteurs des sèves. Mais elles s'en distinguent par la présence de tissus de conduction encore archaïque (trachéides à large ponctuation) et surtout par la reproduction. (RAMEAU et *al.*, 2008).

2.2.1. ORGANISATION DES FOUGERES

Considérée dans sa totalité, une Fougère montre une organisation relativement simple par rapport à celle des plantes à fleurs. On y reconnaît cependant les trois types d'organes communs à toutes les plantes supérieures, par opposition aux champignons ou aux algues par exemple, à savoir: des racines, une tige et des feuilles (PRELLI, 2001).

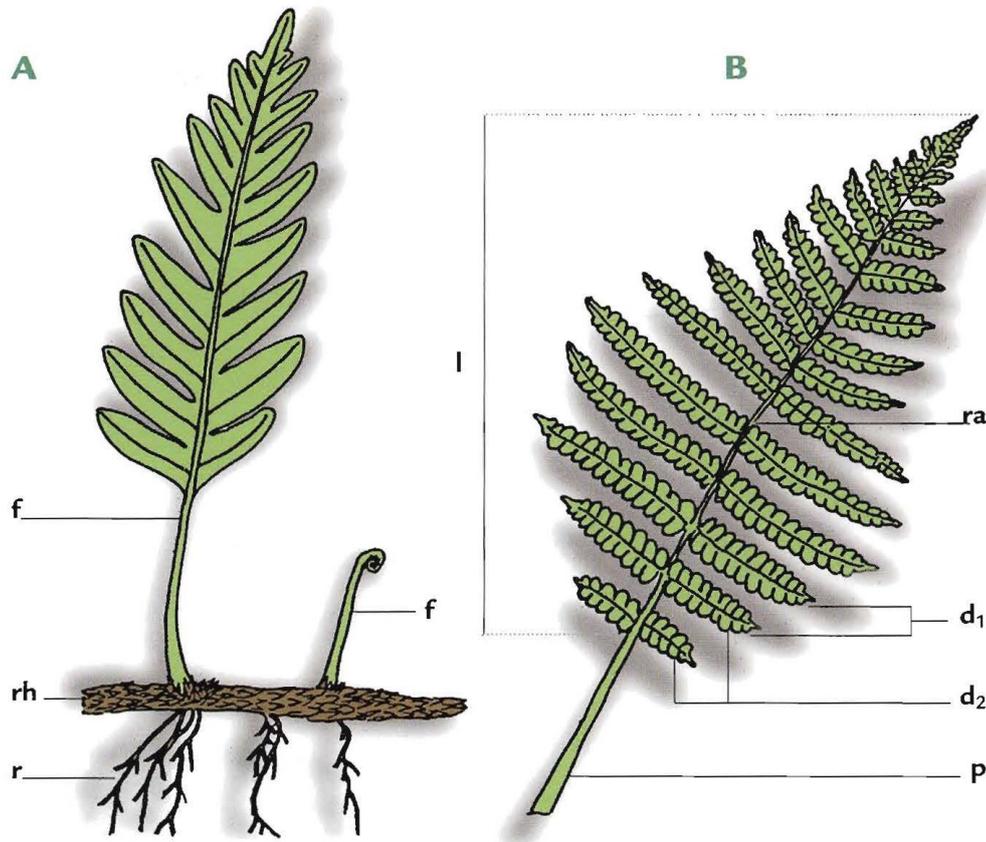


Fig. 9 : Organisation d'une générale d'une fougère (D'après PRELLI, 2001) exemple polypode (*Polypodium* sp.)

3. Aspect générale r : racines ; rh : rhizome ; f : feuilles

p : pétiole ; l : limbe ; ra : rachis ; d₁ : divisions primaire ou pennes ; d₂ : divisions secondaires ou pinnules

2.3.1. Caractères importants pour la reconnaissance des fougères :

2.3.1.1. Tige

Les fougères possèdent une tige (rhizome ou souche courte) rampante à la surface du sol (hémicryptophytes) ou souterraine, le plus souvent à faible profondeur (géophytes). Elles sont rarement annuelles (*Anogramma*) les tiges portent des feuilles (ou frondes) avec un pétiole plus ou moins cylindrique et un limbe terminal diversement découpé ou constitué de « parties » plus ou moins nombreuses : les divisions et les segments. La tige porte des racines adventives ; elle peut être courte ou gazonnante, elle peut porter ou non des écailles (RAMEAU et *al.*, 2008).

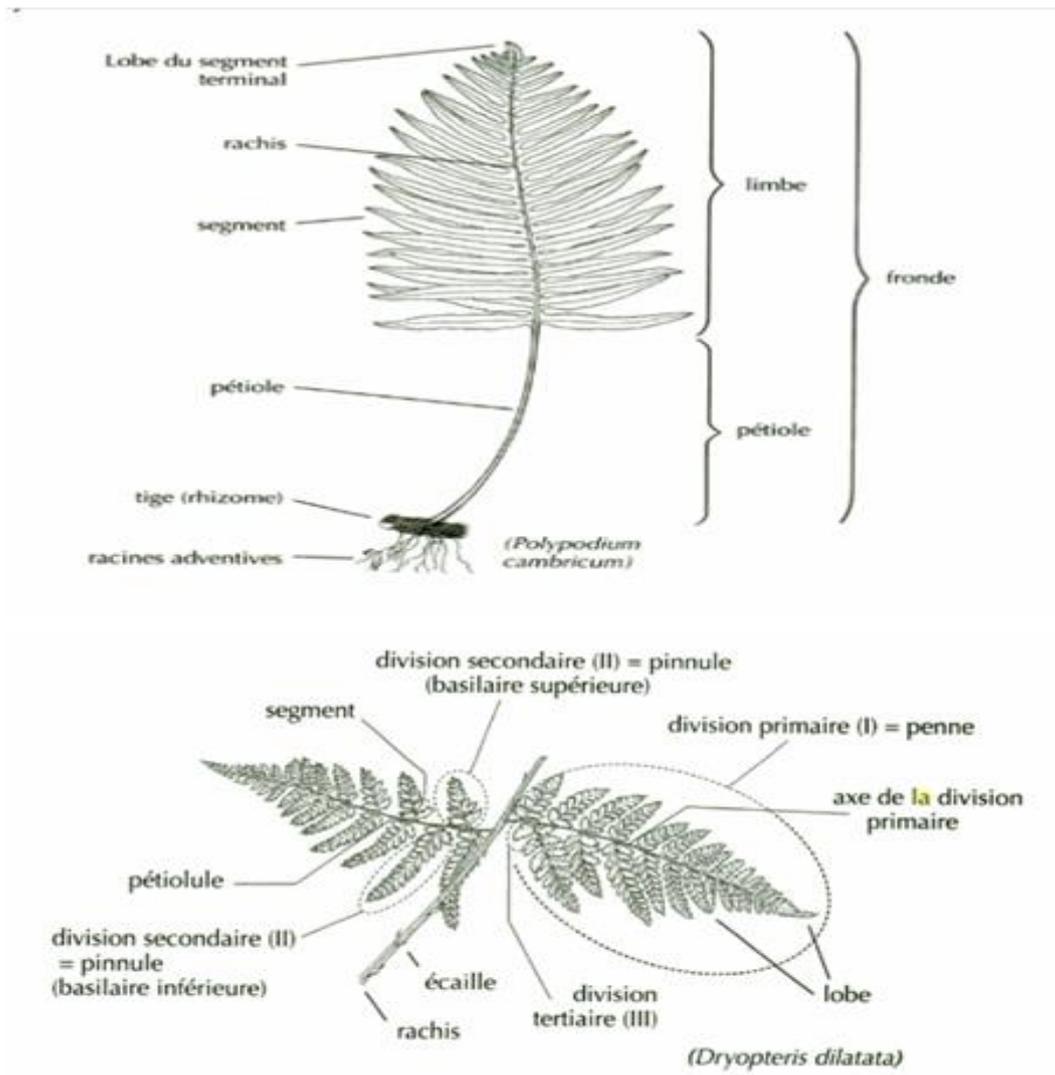


Fig. 10 : caractères morphologiques fondamentaux pour la reconnaissance des fougères (RAMEAU et *al.*, 2008)

2.3.1.2 Fronde

Les feuilles des Fougères, souvent appelées frondes, comportent un limbe chlorophyllien, parfois entier mais le plus souvent diversement découpé, rattaché à la tige par un pétiole plus ou moins long qui porte fréquemment des écailles, surtout à sa base (PRELLI, 2001). Dans le cas d'une fronde divisée, le terme de **pétiole** est réservé à la partie inférieure (avant le limbe) ; il se prolonge par le **rachis**, qui porte les divisions, les segments ou le limbe. (RAMEAU & *al.*, 2008)

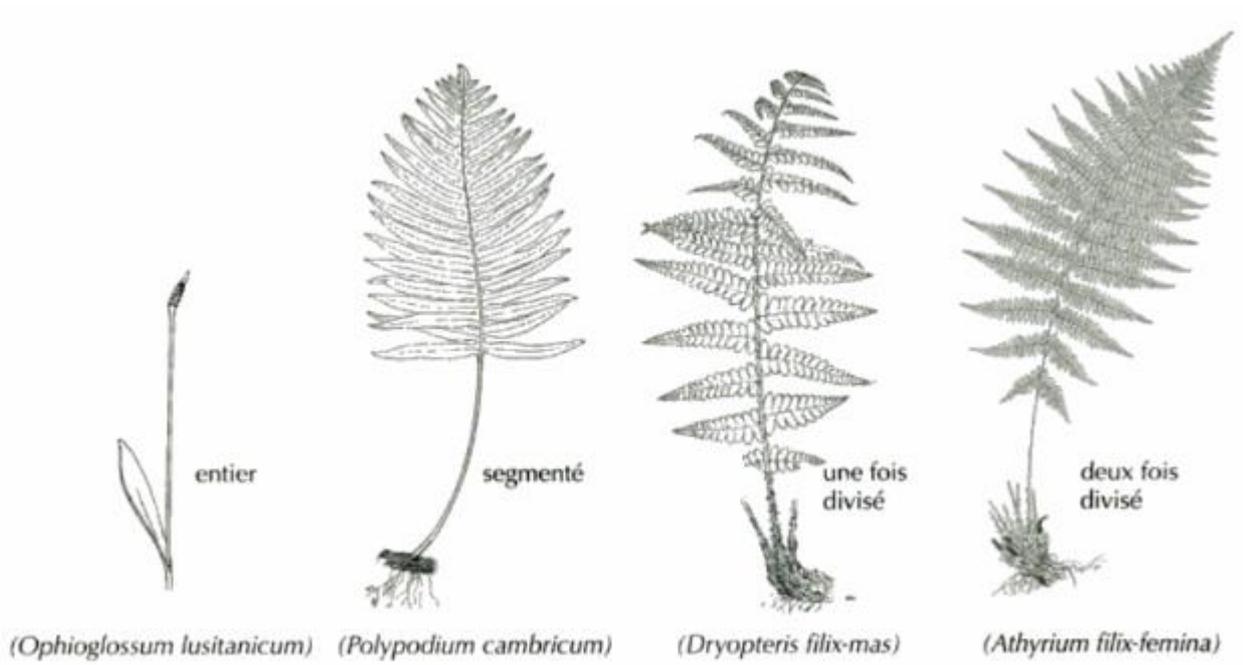


Fig. 11 : Degrés de division du limbe des fougères (RAMEAU et *al.*, 2008).

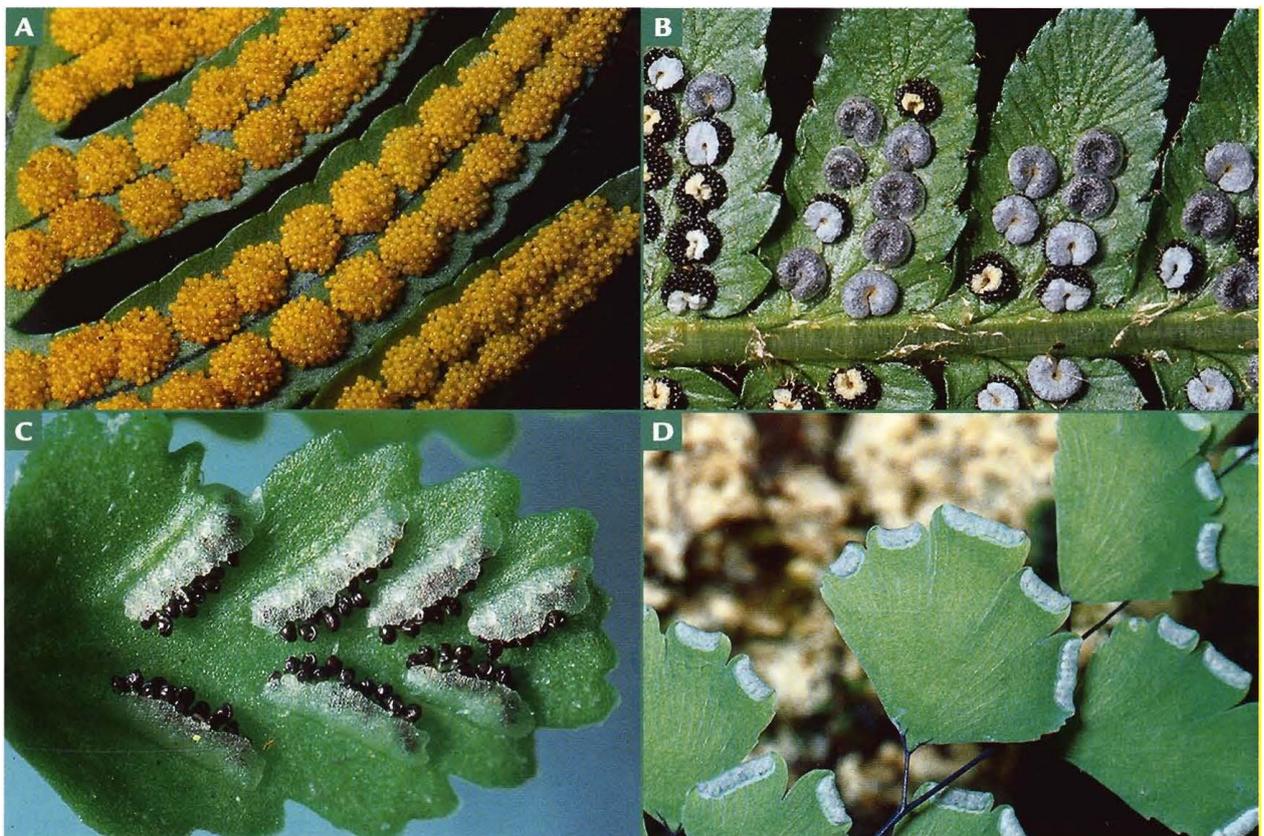


Fig. 12 : Détail de l'appareil reproducteur des fougères (PRELLI, 2001)

A : Polypodium B : Dryopteris C : Asplenium D : Adiantum

2.3.1.3. *Appareil reproducteur*

Chez les ptéridophytes, les spores sont formées au sein des sporanges regroupés dans sores. L'appareil reproducteur porte ainsi des sporanges (organe libérant des spores) regroupés en amas. Les sores sont de formes variées : arrondie, elliptique, oblongue ou linéaire (Fig 12). Elles peuvent être aussi nu ou protégées par une membrane (l'indusie : fig 12 -C et D), qui les recouvre plus ou moins longuement et présente certain nombre de particularités concernant sa permanence (persistante ou plus ou moins caduque) ; sa consistance (membraneuse ou coriace) et son mode d'insertion (RAMEAU et *al.* , 2008)

2.3.1.4. *Ecologie :*

Les ptéridophytes ont en général une prédilection pour les endroits humides et ombragés. Seules quelques rares espèces sont adaptées à des conditions plus ou moins sèches. Dans ces cas les feuilles sont alors recouvertes d'écailles et de poils (Ceterach) ; d'autres se trouvent presque uniquement sur les murailles. La plus grande diversité de genres et de formes se trouve dans les régions tropicales humides. A quelques exceptions près (*Equistum arvense*, la fougère-Aigle) , les ptéridophytes évitent les terres cultivées et l'environnement urbain (JAHNS, 2007).

2.4. CLASSIFICATION DES PTERIDOPHYTES :

Les ptéridophytes comprennent classiquement quatre sous-divisions :

- **Les Lycopodes (Lycopodiophyta):** groupe caractérisé par la présence de microphylls et de sporanges placés au sommet du sporophyte à l'aisselle des sporophylles. Ce groupe renferme: les Lycopodes (homosporés), les Sélaginelles (hétérosporées) et les Isoètes (hétérosporées);
- Les **Psilotes (Psilophyta):** groupe caractérisé par un gamétophyte souterrain, l'absence de racines et la présence de petites feuilles en forme d'écailles ;
- **Les Prèles (Equisetophyta):** sont des plantes caractérisées par un appareil végétatif articulé et des sporanges réunis en strobiles au sommet de la tige ;
- **Les Fougères (Pterophyta):** sont des plantes homosporées dont les sporanges se trouvent sur les portions spécialisées des frondes dites fertiles ou sur la face inférieure de la fronde normale (MANGAMBOU, 2013).

2.4.1. LES LYCOPODIOPHYTES

2.4.1.1. Les Lycopodiales

Aucune espèce dans la flore du Maghreb

2.4.1.2. LES SÉLAGINELLALES

1. SELAGINELLACEA

Les Sélaginelles maghrébines sont des plantes discrètes et très délicates. Elles peuvent être facilement confondues avec du Mousses, puisqu'elles fréquentent souvent les mêmes milieux (frais ou humides). Cette famille est représentée par un seul genre (*Selaginella* P. Beauv.)

Tab. 1 : La liste des taxons de la famille des SELAGINELLACEA présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).

Genre	les espèces	distribution		
		Mar	Alg	Tun
Selaginella	<i>Selaginella denticulata</i> (L.) Link.	1	1	1
	<i>Selaginella balansae</i> (A. Braun) Hieron.	*	0	0

Au Maghreb il y deux espèces de Sélaginelles : *Selaginella balansae* (A. Braun ex Kuhn) Hieron endémique du Maroc, et *Selaginella denticulata* (L.) Spring. Cette dernière est une plante herbacée, aplatie, gazonnante, rampante de 5 à 20 cm de long. Pousses aplaties à plusieurs grandes feuilles (**Photo 1**). Elle pousse dans des endroits humides en sous-bois. (BAYER et al., 2016).



Photo1 : *Selaginella denticulata*(MEDJAHDI, 2007)

2.4.1.3. LES ISOËTALES

3. ISOËTACEAE

Cette famille regroupe des plantes des milieux aquatiques et semi-aquatiques (amphibies) à rhizome court et bulbiforme. Feuilles graminiformes et en touffes (Photo 2). Fructification logées dans des sporanges de deux sortes : ceux des feuilles les plus externes de la touffe en général à macrospores ; les suivantes en général à microspores (le centre de la touffe est à feuilles stérile) (QUEZEL ET SANTA, 1962-1963). Au Maghreb, cette famille est représentée par 8 taxons rangés dans un genre (*Isoètes* L.)

Tab. 2 : La liste des taxons de la famille des *ISOËTACEAE* présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).

Genre	les espèces	distribution		
		Mar	Alg	Tun
Isoètes	<i>Isoètes velata subsp. adpersa</i> (A. Br.) Trab.	1	1	1
	<i>Isoètes velata subsp. dubia</i> (Genn.) Trab.	0	1	1
	<i>Isoètes velata subsp. perralderiana</i> (Dur. et Let.) Trab.	0	*	0
	<i>Isoètes velata subsp. intermedia</i> (Trab.) Maire et Weil.	1	1	0
	<i>Isoètes velata subsp. Velata</i>	1	1	1
	<i>Isoètes duriaei</i> Bory	?	1	1
	<i>Isoètes hystrix</i> Durieu ex Bory	1	1	1
	<i>Isoètes setacea</i> Lam.	1	0	0

4. Isoètes velata

Plante vivace, amphibie (aquatique en hiver et début printemps). Feuilles fines et fragiles, très longues (5 à 15 cm), d'un vert clair. Sporangies entièrement ou partiellement recouverts par un voile très développé (MAIRE, 1952). Cette espèce est représentée par les sous espèces suivantes :

Isoètes velata subsp. adspersa (A. Br.) Trab

Isoètes velata subsp. dubia (Genn.) Trab.

Isoètes velata subsp. perralderiana (Dur. et Let.) Trab.

Isoètes velata subsp. intermedia (Trab.) Maire et Weil.

Isoètes velata subsp. Velata (Isoète à voile)

5. Isoètes duriaei Bory (isoète de durieu)

Plante vivace de 4-15 cm ; feuilles se développant en hiver puis disparaissant rapidement après la maturation des spores, à la fin du printemps ; bulbe subglobuleux pourvu de racines velues ; formé par les bases emboîtées des nombreuses feuilles, entouré d'écailles coriace, noirâtres, tronquées. Rameau et al., 2008) (**Photo 2-A**).



Photo 2 : Isoètes duriaei (A) et Isoètes hystrix (B)

6. Isoètes hystrix Durieu ex Bory (Isoète épineux)

Plante vivace (rosette reformée chaque année) à rhizome trilobé, ± 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, rigides, vertes ou un peu glaucescentes ; gaine rugueuse sur le don ; voile complet; ligule

ovale ou ovale-acuminée, plus longue que large. Macrospores blanches (MAIRE, 1952) (Photo : 2-B).

7. *Isoetes setacea* Lam. (Isoète sétacé)

Plante vivace, amphibie (aquatique en hiver et début de printemps, se maintenant ensuite en une phase terrestre après exondation) ; feuilles de 10-40 cm de longueur (développées dans l'eau en hiver), fines et fragiles, d'un vert clair; sporanges nus, non recouverts d'un voile (BAYER et al., 2016).

2.4.2 LES PSILOTOPHYTES

Ce groupe, très réduit, correspond à des plantes très archaïques. Le genre le plus répandu, *Psilotum*, se rencontre dans l'ensemble des régions intertropicales, en milieu rocheux ou en épiphyte sur le tronc des arbres. Aucun représentant de ce groupe au Maghreb.

2.4.3 LES EQUISETOPHYTES (Prêles)

2.4.3.1 Equisetaceae

Plantes herbacées vivaces ; à rhizome horizontale et des tiges aériennes dressées. Ces tiges sont articulées, creuses, à nœuds bien visibles, à ramification simple ou verticillée où chaque nœud est entouré de petites feuilles réunies en gaine. Epi sporifère en forme de cône à extrémité des tiges (JAHNS, 2007).

Cette famille est représentée par un seul genre en Afrique du Nord, il s'agit du genre *Equisetum*L. Il est représenté par des espèces des lieux humides, vulgairement appelées « queue de cheval ». Rhizomateuses à rhizome rampant. Tiges dressées à feuilles nulles et remplacées par des gaines dentées et membraneuses. Sporangies disposés à la face inférieure d'écailles en forme de clous.

Tab. 3 : La liste des taxons de la famille des Equisetaceae présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013)

Genre	Les espèces	Distribution		
		mar	Alg	Tun
Equisetum	<i>Equisetum arvense</i> L	?	?	0
	<i>Equisetum fluviatile</i> L	0	?	0
	<i>Equisetum hyemale</i> L	0	?	0
	<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf	1	1	1
	<i>Equisetum telmateia</i> Ehrh	1	1	1
	<i>Equisetum ×moorei</i> Newman	0	?	0

8 *Equisetum arvense* L. Prêle des champs

Plante rhizomateuse avec des tiges stériles qui peuvent atteindre 100 cm. de long, portant généralement de nombreux verticilles de rameaux assez épais, simples à dents pointues avec un bord membraneux étroit et un apex foncé. Tiges fertiles jusqu'à 24 cm, non ramifiées, non photosynthétiques. Fréquente dans les lieux assez secs, les terrains vagues. Mauvaise herbe des cultures (BLANCA et al., 2011). Présence douteuse en Afrique du Nord.

9 *Equisetum fluviatile* L. prêle des étangs

Plante rhizomateuse à gros axes, lisses au toucher, cannelés, sans côtes saillantes, presque non ramifiés ou verticilles, peut atteindre 150cm de haut (JAHNS, 2007). Présence douteuse en Algérie.

10 *Equisetum hyemale* L. **Prêle d'hiver**

Plante vivace à tiges aériennes pouvant atteindre 1 m de long, d'un vert foncé, à texture très coriace, ne portant pas de rameaux. Gaines souvent presque aussi larges que longues, chlorophylliennes seulement à la base, présentant à maturité une large zone grisâtre encadrée par deux cercles noirs bien marqués; dents très rapidement caduques, ne laissant chacune qu'un petit bourrelet basal arrondi. Épis apiculés (PRELLI, 2001). Présence douteuse en Algérie.

11 *Equisetum ramosissimum* Desf. **Prêle rameuse**

Plante à rhizome rampant à tige pouvant persister l'hiver souvent élevée (1 m ou plus), verte, à tiges rudes, droites, dressées, ramifiées, dotées de verticilles régulièrement étagés, avec des rameaux relativement épais. Gaines à dents triangulaires, persistantes ; gaines plus longues que larges, vertes ou parfois tachées de brun ; dents étroites, pourvues de pointes effilée, caduques ; épi petit, de forme ovoïde, apiculé. Plante des bords des rivières, fossés, talus, digue... (RAMEAU et al., 2008) Cette espèce est commune au Maghreb (**Photo 3**).



Photo 3 : planche herbier d'*Equisetum ramosissimum* (photo MEDJAHDI)

12 *Equisetum telmateia* Ehrh. Grande prêle

Plante vivace rhizomateuse à tige fertile de 20-40 cm, tige stérile pouvant dépasser 1 m ; gaines brunes rapprochées, à 20 à 30 dents linéaires ; gros épi (long de 4-8 cm et large de 1-2 cm), oblong. (RAMEAU et al., 2008). Présent au Maroc et en Algérie uniquement en Kabylie.

13 *Equisetum ×moorei* Newman Prêle de Moore

Plante vivace à tige souterraine rampante. Tiges dressées, certaines portant les épis sporifères; atteignant 1 m de hauteur, parfois plus, généralement grêles, simples mais parfois irrégulièrement ramifiées; gaines allongées nettement plus longues que larges, à large zone décolorée encadrée par 2 cercles noirs bien délimités. Epi sporifère apiculé, ne contenant que des spores grisâtres très hétérogènes (spores avortées). Présence douteuse.

2.4.4. LES POLYPODIOPHYTES

1. LES MARATTIALES

Cet ordre regroupe quelques genres de Fougères tropicales, à feuilles diversement découpées et parfois très grandes (jusqu'à 5-6 m de hauteur), enroulées en crosse dans leur jeunesse.

2. LES OPHIOGLOSSALES

1. OPHIOGLOSSACEAE

Petite plante à feuille bifurquée, les unes (stériles et au nombre maximum de 3) lancéolées ; les autres fertiles divisées en deux parties, l'une à limbe lancéolé, l'autre linéaire et terminée par un épi distique constitué par des sporanges sessiles et soudés entre eux (QUEZEL ET SANTA, 1962-1963). Cette famille est représentée par deux genres et 4 espèces au Maghreb (Tableau 3).

Tab. 4 : La liste des taxons de la famille des Ophioglossaceae présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013)

Genre	les espèces	distribution		
		Mar	Alg	Tun
Ophioglossum	<i>Ophioglossum lusitanicum</i>	1	1	1
	<i>Ophioglossum vulgatum</i> L.	1	1	0
	<i>Ophioglossum polyphyllum</i> A. Braun	1	0	1
Botrychium	<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw.	1	0	0

Ophioglossum L.

Partie stérile de la feuille à limbe entier; partie fertile en épi simple, formé de 2 rangées de sporanges soudés latéralement (PRELLI ,2001)

14. *Ophioglossum lusitanicum* L. **Ophioglosse du Portugal**

Très petite plante, de 2-8 cm de long; à rhizome fibreux, très court, muni d'écailles au sommet ; souche portant 1 à 3 feuilles stériles oblongue, très allongées, longuement atténuées à la base (**Photo 4**), obtuses au sommet, sans nervures principale et 1 ou 2 frondes fertiles réduites à un rachis aérien. (RAMEAU et *al.*, 2008).



Photo 4 : *Ophioglossum lusitanicum* forêt d'Ifry (Tlemcen) MEDJAHDI 2017

15. *Ophioglossum vulgatum* L. **Ophioglosse vulgaire**

Plante à rhizome court, grêle, portant 1 à 3 feuille stériles ovale et entière ; la partie qui porte les sporanges est en forme d'épi (Jahns, 2007).

16. *Ophioglossum polyphyllum* A. Braun

Petite plante vivace de 3 à 8 cm de long, à rhizome court oblique ramifié, portant 2 à 3 frondes à parties stérile et fertile sur un pétiole commun hors sol ; partie stérile à limbe entier ferme, vert jaunâtre (MAIRE, 1952).

BotrychiumSw.

Partie stérile de la feuille à limbe plus ou moins découpé; partie fertile en grappe ramifiée (panicule), avec sporanges restant bien individualisés (PRELLI, 2001).

17. *Botrychium lunaria* (L.) Sw **Botrychium simple**

Plante vivace de 10 à 15 cm de long à rhizome court vertical à pétiole commun pour la partie stérile et la fertile ; fronde stérile à limbe pennatiséqué ferme, vert jaunâtre, à 3-7 paires de pinnules opposées sessiles, semi-lunaires. (JAHNS, 2007)

3. LES OSMONDALES

1. OSMUNDACEAE

Plante robustes, avec des frondes de plus de 40 cm, à feuilles fertiles comportant deux parties : une inférieure stérile, à segments bipinnatiséqués et une fertile (supérieure) à

segments rapprochés en panicule terminale couverte, sur toute la surface, de sores arrondis. (QUEZEL ET SANTA, 1962). Cette famille est représentée par une seule espèce, présente dans les trois pays du Maghreb.

18. *Osmunda regalis* L. (Fougère royale, mucus de dinde, fougère mâle)

Grande fougère avec des frondes de 40 à 150 cm de long, bipennées, à pennes allongées et arrondies à pétiole élargie et stipulé à la base (Photo 5). La partie apicale des frondes se transforme progressivement en épis sporifères paniculés (**Photo 5**). Rhizome épais et noir (BLANCA et al.,2011)



Photo 5 : *Osmunda regalis* (MEDJAHDI 2019).

4. LES FILICALES

1. ASPLENIACEAE

Famille très homogène, reconnue et uniformément délimitée par tous les auteurs moderne, bien définie par les caractères suivants : tige à écailles clathrées ; pétiole contenant 2 faisceaux Vasculaire à La base; sores dorsaux, allongés le long du nervures, disposés obliquement par rapport à l'axe des segments foliaires qui les portent, et présentant généralement une indusie latérale sur toute leur Longueur; spore monolètes, à périspore bien développée; nombre chromosomique de base égal à 36. (PRELLI,2001).

Tab. 5 : La liste des taxons de la famille des *Aspleniaceae* présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).

Genre	Les espèces	Distribution		
		mar	Alg	tun
Asplenium	<i>Asplenium hemionitis</i> L.	1	1	0
	<i>Asplenium ceterach</i> L.			
	<i>Asplenium trichomanes</i> subsp. <i>pachyrachis</i> (Christ) Lovis	?	0	0
	<i>Asplenium trichomanes</i> subsp. <i>quadrivalens</i> D.E. Mey.	1	1	1
	<i>Asplenium petrarchae</i> (Guérin) DC. subsp. <i>Petrarchae</i>	1	1	1
	<i>Asplenium marinum</i> L.	1	1	1
	<i>Asplenium obovatum</i> subsp. <i>billotii</i> (F.W. Schultz) O. Bolòs, Vigo, Masalles			
	<i>Asplenium obovatum</i> subsp. <i>Obovatum</i>	1	1	1
	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i> L.	1	1	1
	<i>Asplenium ruta-muraria</i> L. subsp. <i>ruta-muraria</i>	1	1	0
	<i>Asplenium onopteris</i> L.	1	1	1
	<i>Asplenium foreziense</i> Le Grand	1	1	0
	<i>Asplenium aethiopicum</i> (Burm.f.) Bech. subsp. <i>Aethiopicum</i>	1	0	0
	<i>Asplenium fontanum</i> (L.) Bernh.Mar	1	0	0
	<i>Asplenium seelosii</i> Leyb. subsp. <i>glabrum</i> (Litard.	1	0	0
	<i>Asplenium septentrionale</i> (L.) Hoffm. subsp. <i>Septentrionale</i>	1	0	0
	<i>Asplenium viride</i> Huds.	1	0	0
	<i>Asplenium hispanicum</i> (Coss.) Greuter	1	1	0
<i>Asplenium scolopendrium</i> L.	1	1	1	
<i>Asplenium sagittatum</i> (DC.) Bange	1	1	1	

Asplénium

Plantes généralement de petite taille, se développent en touffes et pourvues d'une souche courte fibreuse ; frondes plus ou moins divisées, toutes identiques et fertiles, à pétiole lisse ; sores indépendants les uns des autres, allongés chacun le long d'une nervure avec une indusie membraneuse latérale sur toute leur longueur. (RAMEAU et al., 2008). C'est le genre qui comporte le plus d'espèces dans notre zone d'étude (**Photo 6**).

19. *Asplenium adiantum-nigrum* L.(capillaire noir, doradille noires, herbe capillaire,

Asplénie noir)

Plante vivace de 10 à 40 cm ; à rhizome fibreux écailleux ; écailles entières sans nervure ; fronde triangulaire plus ou moins coriace ; à Pétiole roux brillant, rachis principale vert, pennes pointues, face inférieure des frondes brillante ; feuilles en rosettes, au contour longuement pointu, de couleur vert foncé brillant ; pérennes, bi- à tripennées. (JAHNS,2007).

20. *Asplenium fontanum* (L.) Bernh. (Asplénie Haller, **Doradille des sources**).

Plante vivace à rhizome court et épais portant des frondes disposées en touffes ; frondes longuement persistantes ; de 5-15 (30) cm , vert clair de forme elliptique (très atténuées aux deux extrémités), deux fois entièrement divisées, glabre ; pétiole brunâtre à la base, puis vert ainsi que le rachis, beaucoup moins long que le limbe ; avec 2 à 5 dents épineuses écartées au sommet ; sores linéaires puis arrondis et se réduisant à maturité, couvrant la face inférieure des divisions ; indusie à bord entier. (RAMEAU et *al.*, 2008).

21. *Asplenium foreziense* Legrand ex Magnier (**Doradille du Forez**)

Plante vivace à rhizome épais paléace, fronde de 8-15 cm de longueur, en touffes dressées denses ; à limbe assez épais, luisant, relativement étroit et légèrement réduit à la base à pétiole noirâtre .Espèce très proche d'*A.obovatum* subsp *billotii*. (PRELLI, 2001).

22. *Asplenium hemionitis* L. (**Doradille feuille-de-lierre**)

Plante vivace à rhizome oblique court de squames noirâtres, Feuilles entières, de 8-35 cm, cordées et auriculées à la base, à 3-5 nervures primaires palmées. Sores sur les nervures secondaires, linéaires, pouvant atteindre 4 cm de long. ; Indusie à marge entière (QUEZEL ET SANTA, 1962)

23. *Asplenium marinum* L.(**Doradille marine**)

Rhizome oblique court, à squames brun-noir, non ou à peine nervées. Feuilles en touffe lâche, persistantes de 6-35 cm longs. Pétiole brun-rouge à noir pourpre, non canalicule, souvent pourvu de 2 ailes vertes très étroites, parfois vert au sommet, à peu près glabre. Limbe glabre; pinnules 6-20 de chaque côté, ± opposées ou alternes, ovales, subrhomboïdales ou oblongues, obtuses, ± crénelées, asymétriques, sessiles et décurrentes. Sores oblongs, larges, ordinairement non confluent. Indusie à marge entière (Maire, 1952).

24. *Asplenium obovatum* Viv.

a. *Asplenium obovatum* Viv. subsp. *obovatum* (**Doradille obovale**)

Plante vivace à en touffes généralement peu fournies ; à rhizome court rampant ; feuilles de 10-20 cm, à pétiole brun rouge relativement court et limbe assez épais, luisant, généralement légèrement réduit à la base .Principalement caractérisé par les pinnules et l'extrémité des pennes largement arrondies, sans dents véritablement marquées. (PRELLI,2001)

b. *Asplenium obovatum* subsp. *billotii* (F.W. Schultz) O. Boldòs, Vigo,
Masalles(**Doradille de Billot**)

Plante vivace à rhizome paléacé. Fronde de 10-30 cm de longueur, en touffes souvent bien fournies, à pétiole brun noirâtre assez court et limbe épais, luisant, légèrement réduit à la base. Bien caractérisé par les pinnules et l'extrémité des pennes fortement dentées, à dents étroites et aiguës, séparées par des sinus aigus et profonds (PRELLI, 2001).

25. *Asplenium ruta-muraria* L.

a. *Asplenium ruta-muraria* L. subsp. *ruta-muraria* (**Rue des murailles**)

Plante vivace à rhizome rampant très ramifié-paléacé. Fronde de 4-14 cm à pétiole vert de couleur brune à la base, de longueur égale ou légèrement plus longue que le limbe; 1-2 pennée, triangulaire ou ovale, coriace, verte; pennes jusqu'à 5 paires, 0,2-1 cm, généralement divisées en segments flabelliformes de marge denticulée. Sores oblongs insérés de part et d'autre de la nervure médiane (BLANCA et al., 2011).

26. *Asplenium sagittatum* (DC.) Bange

Plante vivace à rhizome court paléacé, Frondes persistants de 10 à 25 cm de long ; à pétiole plus long que la limbe, vert ou brun et écailleux ; limbe épais coriace, lancéolé-triangulaire, avec oreillettes aiguës, bord entier ou quelque peu ondulé. Sore jusqu'à 1,2 cm, oblongs, inégaux, confluent en paires, indusie linéaires. (BLANCA et al., 2011).

27. *Asplenium seelosii* Leyb.

Feuille glabre, ordinairement simple ; indusie à marge entière. (FENNANE et al., 1999).

a. *Asplenium seelosii* sub sp. *glabrum* (Litard. & Maire) Rothm. (**Doradille de Seelos, sous-espèce glabre**).

Petite plante, en touffes, à rhizome rampant court, hérissé de paillettes brun noir. Frondes petites de 3- 5 (10) cm de long ; pétiole vert ou brun -rouge à la base, excurvé , 3-5 plus long que le limbe ; limbe étalé ou même réfléchi, coriace, subentier, . Sores confluent couvrant la face inférieure. (FENNANE et al., 1999)



Photo 6 :Quelque représentant du genre *Asplenium* : (A) *Asplenium ruta-muraria* subsp. *ruta-mararia* (B) *Asplenium hemionitis* (C)*Asplenium adiantum-nigrum* (D) *Asplenium onopteris* (E) *Asplenium scolopendrium* (F) *Asplenium obovatum* subsp. *obovatum*

28. *Asplenium septentrionale* (L.) Hoffm. subsp. *Septentrionale* (Doradille du nord)

Plante à Rhizome court et rampant, avec des palées noires abondantes. Frondes fortement fasciées; pétiole jusqu'à 3 fois plus long que le limbe, vert, un peu brun à la base; Limbe de 2-5 x 0,3-2 cm, dressé, glabre, coriace, divisé en deux (4) segments dichotomiques; segments de 0,8-1,7 cm, linéaires-cunéiformes. Sore linéaire, confluent et occupant presque tout l'inverse ; Indusie de marge entière (BLANCA et al.,2011).

29. *Asplenium trichomanes* L.

Plante vivace à rhizome court et épais, couvert de paillettes brunes lancéolées. Fronde longue de 5-30 cm, glabre, persistantes, en touffe dense, pétiole plus court que le limbe, brillant comme le rachis, non canaliculé ; limbe pennatiséqué, sores linéaires, oblongs, à la fin confluent. (FENNANE et al.,1999)

a. *Asplenium trichomanes* subsp. *quadriovalens* D. E. Mey.

Fronde jusqu'à 25 cm; épingles de contour asymétriques avec marge peu dentelé, le basal non lobé. (BLANCA et al., 2011).

b. *Asplenium trichomanes* var. *pachyrachis* (Christ) Lovis&Reichst.

Fronde jusqu'à 15 cm; épingles à contour symétrique, avec marge incisé - denté, le trilobé basal (BLANCA et al., 2011)

30. *Asplenium viride* Huds. (Asplénie verte ,Doradille verte)

Plante vivace; à rhizome assez court portant des écailles effilées noirâtres ; fronde à pétiole court, sans écailles ; limbe de forme lancéolée-linéaire, constitué de divisions primaires nombreuses (15 à 25 paires présentant une disposition pennatiséquée), de couleur vert clair ; division de forme ovale rhomboïdale ou suborbiculaire, petites (longueur inférieure à 8 mm); sores de formes linéaire, devenant plus ou moins confluent à maturité. (RAMEAU et al., 1993).

31. *Asplenium onopteris* L. (Doradille des ânes) asplénie des ânes)

Plante vivace de 20-40 cm ; à rhizome fibreux couvert d'écailles ; frondes largement triangulaire à pennes inférieures égales à la moitié de la longueur du limbe ; pétiole brun-noir égalant le limbe ; rachis vert ; frondes luisant en dessus, plus ou moins coriace ou assez molles, persistant généralement l'hiver, 3 fois divisées ; divisions primaires longuement atténuées en pointe, courbées et redressées vers le haut (surtout les inférieures et les médianes) ; division de deuxième et troisième ordre étroites, linéaires à linéaire ovale,

incisées ou lobées, dentées (dents aigues terminées par une très petite pointe) ; sores allongés et rapprochés ; indusie à bord entier (RAMEAU et *al.*, 2008).

32. *Asplenium petrarchae* (Guérin) DC.

a. *Asplenium petrarchae* (Guérin) DC. subsp. *petrarchae*

Plante vivace à rhizome court paléacé, ; frondes persistantes pubescentes en touffe lâches de longueur de 5-15 cm à pétiole brun-noir brillant jusqu' à la ½ du rachis ; limbe oblong-linéaire, une fois pennatiséqée, entièrement revêtu de poils fins, courts et glanduleux, à 5-14 paires de pennes subopposées ou alterne, subpétiolées de longueur 0,3-1 cm, oblongue, obtuses, subentières, crénelées à plus ou moins profondément divisées. Sores ovoïdes insérés sur les nervures, contre la médiane, à la face inférieure. Indusie à marge érodée (PRELLI, 2001).

33. *Asplenium scolopendrium* L. **Scolopendre officinale**

Plante vivace à rhizome allongé à écailles denses. Frondes 20-50 cm de long, en touffes, persistantes. Pétiole vert, brun-pourpre et écailleux, plus court que limbe. Limbe linéaire-lancéolé, à apex aigu, cordé à la base, à marge entière ou légèrement ondulé. Sores, linéaire. Bivalve (BENITO et *al.*, 1987).

34. *Asplenium aethiopicum* (Burm.f.) Bech. subsp *aethiopicum*

Plante vivace à rhizome court, rampant ; fronde de 30 à 50 cm à pétiole brun-noir à écailles piliformes ; limbes à rachis vert un peu écailleux, triangulaires-lancéolés, 2-3 pennés ; pennes lancéolés irrégulièrement découpés. Sores linéaires à indusie étroite à marge entière souvent confluent à la maturité.¹

2. ATHYRIACEAE

La famille des Dryopteraceae au sens strict paraît assez homogène et peut être définie par les caractères suivants (PRELLI, 2001) :

- Tige portant des écailles ;
- pétiole contenant plusieurs faisceaux vasculaires disposés en U. ;
- sores dorsaux, arrondis, protégés par une indusie réniforme ou peltée ;

¹ <http://www.floramaroccana.fr/>

- spores monolètes ; à périspores bien développée ; nombre chromosomique de base égal à 40 ou 41.
- rhizome court et dressé, produisant des feuilles en touffes ; limbe généralement relativement grand et assez divisé, porté par un pétiole souvent fortement écaillé.

Tab. 6 : La liste des taxons de la famille des *Athyriaceae* présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).

Genre	les espèces	distribution		
		Mar	Alg	Tun
Dryopteris	<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott.	1	1	1
	<i>Dryopteris pallida</i> (Bory) Maire	1	1	0
	<i>Dryopteris submontana</i> (Fraser-Jenk.	0	1	1
	<i>Dryopteris affinis</i> (Lowe) Fraser-Jenk.	0	1	0
Polystichum	<i>Polystichum setiferum</i> (Forssk.) T. Moore ex Woyne.	?	0	0
	<i>Polystichum lonchitis</i> (L.) Roth	1	1	1
	<i>Polystichum aculeatum</i> (L.) Roth	1	0	0

Dryopteris

Sores disposés en 2 rangées à peu près régulières de part et d'autre de la nervure médiane de la pinnule, généralement arrondis. Sores recouverts d'une indusie réniforme fixée par un pli radial (QUEZEL et SANTA, 1962-1963)

35. *Dryopteris affinis* (Lowe) Fraser-Jenk. (Dryoptéris voisin, dryoptéris écaillé, fausse fougère mâle).

Plantes vivace de 50-100 cm de long ; à limbe divisé une fois ; division primaires segmentées ; fronde rétrécie régulièrement à la base ; limbe coriace, luisant pétiole à très nombreuses écailles brun-roux à brun-noir ; rachis couvert de fines écailles, souvent taché de noir ; à la face inférieure, base des axes des divisions primaires tachée de noir, portant des écailles encore nombreuses ; indusies persistantes (RAMEAU et al., 2008).

36. *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott (fougère mâle)

Plante vivace de 30-100 cm ; plante à frondes disposées en touffes (formant une sorte d'entonnoir) ; souche très épaisse, gazonnante ; pétiole court et rachis vert clair, écaillé ; écailles d'une seule couleur : roux clair ; frondes oblongues, lancéolées pennatipartites, à segments peu ou pas confluent à la base, dentées crénelées, arrondies

au sommet ; sores assez gros, peu nombreux, légèrement écartés de la nervure médiane, indusie réniforme longtemps présente (RAMEAU et *al.*,1993).

37. *Dryopteris submontana (fraser-jenk)* (**Dryoptéris submontagnard**)

Plante vivace à gros rhizome court couvert de paillettes uniformes ou avec des marges glanduleuses. Fronde fasciculées de 10 à 65 cm de haut, pétiole plus court (1/3 à 2/3 de la longueur du limbe) que le limbe, glanduleux et écailleux avec des écailles ovoïdes-lancéolé jaunâtre. Limbe 2-pinnées parfois 3-pinnées avec 25 paires de pennes triangulaires lancéolées. Sores orbiculaires ; indusies gris verdâtre, glanduleuses. (RAMEAU et *al.* ,2008).

38. *Dryopteris pallida (Bory) Maire &Petitm.* (**Dryoptéris pâle**)

Plante vivace, à feuilles de 30-50 cm, d'un vert plutôt clair, glanduleuses sur les axes, les 2 faces du limbe et les indusies; limbe triangulaire, les pennes les plus longues étant celles de la base; pinnules entièrement individualisées et pétiolulées sur une bonne partie de la longueur des pennes, sauf sur les plantes de petite taille (RAMEAU et *al.*, 1993).

Polystichum Roth

Feuilles 1 ou 2 fois pennatiséquées, toutes semblable et fertiles ; pétiole portant de nombreuses écailles ; divisions ou segments secondaires dissymétriques ; sores arrondis, sur 2 rangs de part et d'autre de la nervure médiane des divisions ; indusie de forme orbiculaire, pourvue d'un ombilic et attachée par le centre (RAMEAU et *al.*, 1993).

39. *Polystichum aculeatum (L.) Roth* (polystic à aiguillons, aspidie lobe à cils raides)

Plante vivace de 20-80 cm à rhizome court et épais ; frondes disposées en touffes ; rachis couvert d'écailles rousses ; frondes à limbe glabre à la face supérieure, vert sombre, un peu coriace, oblongue lancéolée, très rétrécie à la base, deux fois pennatiséquée, mais souvent seulement segmentée en second ordre ; division primaire arquées vers le haut, pennatifides ou pennatiséquée ; segment basilaire supérieur plus grand que les voisins ; lobes dentés aristés, le basilaire extérieur souvent plus développé ; segments non pétiolulés ; indusies peltées (RAMEAU et *al.*, 2008)

40. *Polystichum lonchitis (L.) Roth* (polystic en lance, Aspidie lonchite)

Plante vivace de 15-60 cm ; à rhizome épais, court et oblique, couvert d'écailles ; frondes dressés, raides, coriace, oblongues-lancéolées, une seul fois entièrement divisées ; division courbées en faux, doublement dentées en scie ; division présentant à la base, du

côté supérieur, une oreillette triangulaire ; sores disposés en 2 rangées parallèles à la nervure médiane des divisions (sur les divisions de la moitié supérieure de la fronde). (RAMEAU et al., 1993)

41. *Polystichum setiferum* (Forssk.) T. Moore ex Woyn. (**Polystic à cils raides, Aspidie à cils raides, Aspidie anguleuse, Fougère des fleuristes, Polystic à dents sétacée**)

Plante vivace de 20-80 cm ; à rhizome court et épais ; rachis écailleux ; frondes oblongues-lancéolées à triangulaire, peu rétrécies à la base, glabres, assez molles, deux fois divisées ; divisions secondaires incisées-dentées, terminées par une pointe molle sétacée ; divisions primaires généralement arquées vers le haut, aigues, pennatiséquées ; segments pétioleulés (divisions secondaires), à lobes dentés spinuleux, perpendiculaires au rachis de la division primaire ; lobe basilaire extérieur des divisions secondaires supérieures légèrement plus développé que les autres : divisions dissymétriques ; indusie peltée. (RAMEAU et al., 1993).

3. PTERIDACEAE

Ensemble morphologiquement très hétérogène. Les individus appartenant à cette famille présentent les caractéristiques suivantes : Sores sans indusie, spores trilètes et nombre chromosomique de base égale à 29 ou 30. Au Maghreb cette famille est représentée par 12 taxons appartenant à 6 genres (DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013)

Tab. 7 : La liste des taxons de la famille des *Pteridaceae* présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).

Genre	les espèces	distribution		
		Mar	Alg	Tun
Adiantum	<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	1	1	1
Anogramma	<i>Anogramma leptophylla</i> (L.) Link	1	1	1
Cosentinia	<i>Cosentinia vellea</i> subsp. <i>Vellea</i>	1	1	1
	<i>Cosentinia vellea</i> subsp. <i>bivalens</i> (Reichst.) Rivas-Mart.	?	0	0
Cheilanthes	<i>Cheilanthes hispanica</i> Metten	1	1	0
	<i>Cheilanthes pteridioides</i> (Reich.) Christ.	1	1	0
	<i>Cheilanthes acrostica</i> (Balb.) Tod.	1	1	1
	<i>Cheilanthes guanchica</i> Bolle	1	1	1
	<i>Cheilanthes tinaei</i> Tod.	?	1	?
Notholaen	<i>Notholaen marantae</i> (L.) R. Br. subsp. <i>marantae</i>	1	1	0
Pteris	<i>Pteris cretica</i> L.	0	1	0
	<i>Pteris vittata</i> L.	1	1	1

*Pteris*L.

Sores protégés uniquement par la marge révoluée de la feuille. Feuilles à segments primaires entiers (à l'exception parfois des inférieurs divisés en 2 lanières).

42. *Pteris vittata* L. **Ptérís rubané**

Plante vivace de 30-80 cm, à rhizome rampant paléacé. Frondes à pétiole brunâtre un peu écailleux à la base, nettement plus court que le limbe. Feuilles 1-pinnatiséquées, à 10-30 paires de segments, subopposées, linéaire, aiguës, les inférieures très courtes, les plus longues vers le milieu de la fronde, à marge finement serrulées, subsessile et munies d'une petite oreillette à leur base, libre et espacée sur le rachis. Sores linéaires insérés sur toute la longueur des marges de la face inférieure des pinnules sous une pseudo-indusie subentière constituée par leur rebord scarieux et replié.⁴

43. *Pteris cretica* L. **Ptérís de Crète**

Plante vivace à rhizome rampant, noir, à écailles brunes; fronde en touffes, de 40-80 cm de long; à pétiole jaunâtre, brun noir à la base, glabre à part quelques paillettes à la base, semi cylindrique. Limbe oblong, 1-2-pinnatiséqué, portant quelques poils épars à la face inférieure dans la jeunesse, bientôt glabre. Segments 2-9 de chaque côté, opposés, espacés, sessiles, linéaires brièvement atténués à la base, longuement atténués au sommet. Sores linéaires, 0,7-0,8 mm de largeur, occupant presque toute la longueur du segment fertile (sauf la pointe et la base), sans paraphyses, à marge indusie entière. (MAIRE, 1952).

*Adiantum*L.

Sores insérés sur la marge révoluée. Feuilles glabres à rachis fins et flexibles. Feuilles à rachis capillaire et flexueux; délicates et non frisées. Plante des lieux humides (MAIRE, 1952).

44. *Adiantum capillus-veneris* L. **Capillaire de Montpellier**

Plante vivace de 3-40 cm; à rhizome rampant, portant de nombreuses écailles, frondes glabres; à pétiole dépourvu d'écailles; limbe de forme ovale, oblong ou elliptique, vert clair, 2 ou 3 fois divisé; sores de formes oblongue ou ovale, disposés transversalement à proximité du bord des lobes, replié pour les protéger (RAMEAU et al., 2008) (**Photo 7**).



Photo 7 :*Adiantum capillus-veneris*

45. *Anogramma*L.

Petite plante annuelle (5-15 cm), en touffes peu fournies, présentant un passage progressif des feuilles stériles aux feuilles fertiles caractérisé par les sores dorsaux, allongés le long des nervures et dépourvus d'indusie (PRELLI, 2001)

46. *Anogramma leptophylla* (L.) Link **Anogramma à feuilles minces**

Plante de 5-15 cm de hauteur, en touffes peu fournies, regroupant des feuilles fines, assez diverses d'aspect : les premières formées, petites, à pétiole court et divisions larges (**Photo 8**), sont stériles ou peu fructifiées; les suivantes, de plus en plus développées et fertiles, ont un pétiole plus long et un limbe plus finement découpé. Sores linéaires, sans indusie (PRELLI, 2001).



Photo 8 : *Anogramma leptophylla*

Notholaen L.

47. *Notholaen marantae* (L.) R. Br. subsp. *Marantae*

Plante vivace à rhizome épais rampant paléacé ; fronde de 10-30cm à pétiole écailleux plus long que le limbe ; celui-ci oblong-lancéolé, épais, bipennatiséqué à face inférieure .Sores linéaires, disposés en une ligne marginale continue ou interrompue, sans indusie, plus ou moins protégés par la marge révoluée de la feuille et complètement cachés par des poils.

Cosentinia

48. *Cosentinia vellea* (Aiton) Tod

Plante vivace à rhizome court paléacé, frondes de 5-25 cm à pétiole laineux plus court que le limbe. Ce dernier oblong-lancéolé, bi-pennatiséqué à face supérieure verte à pubescence lâche, l'inférieure couverte de poils pluricellulaires laineux blancs puis bruns-rouillés. Sores nus, sans indusie, oblongs, insérés sur les nervures ⁴

a. *Cosentinia vellea* subsp. *Vellea*

Population tétraploïdes (2n = 116) (**Photo 9**).

b. *Cosentinia vellea* subsp. *bivalens* (Reichst.) Rivas-Mart.

Populations diploïdes (2n=58)



Photo 9: *Cosentinia vellea* subsp. *Vellea*

Cheilanthes

49. *Cheilanthes hispanica* Metten **Cheilanthès d'Espagne**

Feuilles de 6-20 cm. Pétiole 2 à 4 fois plus longues que le limbe, glabre, à base squameuse. Limbe deltoïde, trois fois pennatiséqué, avec la face inférieure densément pubescente - glandulaire. Petites pinnules ovales-lancéolées à orbiculaires, parfois crénelées, avec le dessous et le rachis densément couverts de poils glanduleux ferrugineux. Pseudo-indusie de 0,1 mm de large, très discontinu, glanduleux. (BENITO et *al.*,1987).

50. *Cheilanthes pteridioides* (Reich.) Christ

Plante vivace (reviviscente) à rhizome court paléacé, frondes de 5-15 cm à pétiole paléacé pubescent sur toute sa longueur, brun-rougeâtre, limbe étroit lancéolé, bipennatiséqué ; 5-8 paires de pennes, subopposées pennatiséquées courtes et larges. Sores insérés à la marge des faces inférieures des pinnules sous une pseudo-indusie étroite, hyaline, entière ou érodée, discontinue et fragmentée en petits lobes distincts, constituée par la bordure des marges repliées des pinnules (**Photo 10**).



Photo 10 : *Cheilanthes pteridioides* sur roche calcaire Oued Reggou (Honaine)

51. *Cheilanthes acrostica* (Balb.) Tod. **Cheilanthes acrostic**

Plante vivace à rhizome court paléacé, fronde à pétiole écailleux plus ou moins égale la longueur du limbe ; celui-ci oblong-lancéolé⁴. Plante en touffes, feuilles de 10- 15 cm de longueur; pétiole brun, écailleux jusqu'à la base; limbe 2-3 pennatiséqué allongé, glabre sur sa face inférieure; pseudo-indusies à marge scarieuse, fimbriée-cilée (**Photo 11**) .



Photo 11 : *Cheilanthes acrostica* sur roche calcaire El Ourit

52. *Cheilanthes guanchica* Bolle **Dryoptéris des Guanches**

Plante vivace, à rhizome court paléacé, frondes de 5-15 cm, à pétiole brun un peu écailleux à la base, limbe oblong-lancéolé, 2-3 pennatiséqué à face supérieur et rachis glabre, 5-8 paires de pennes subopposées. Sores quasi confluent à la marge de la face inférieure glabre des pinnules, sous une pseudo-indusie large subentière, interrompue ou parfois presque continue, constituée par la bordure hyaline des marges repliées de la pinnule ⁴ (**Photo 12**).



Photo 12 : *Cheilanthes guanchica* aued Honaine

53. *Cheilanthes tinaei* Tod. **Cheilanthès de Tineo**

Cette espèce se distingue des autres *Cheilanthes* par les frondes à limbe plus nettement triangulaire à face inférieure parsemée de poils glanduleux courts, brun-rougeâtre ne masquant pas l'épiderme et ses pseudo-indusies très étroites et peu scarieuses. Présence au Maghreb à confirmer

4. *DAVALLIACEAE*

Cette famille est définie par les caractères suivants : tige charnue, feuilles articulées sur de courts phyllopoies (excroissances restant en relief sur la tige après la chute des feuilles) ; pétiole à plusieurs faisceaux vasculaires disposés en U ; sores marginaux, recouverts d'une indusie s'ouvrant vers l'extérieur ; spores monolètes ; nombre chromosomique de base égale à 40 ou 41. (PRELLI, 2001) Cette famille est représentée par une seule espèce au Maghreb.

54. *Davallia canariensis* (L.) Sm. **Davallia des Canaries**

Plante vivace à fronde échelonnées le long d'un rhizome rampant, souvent non enterré, épais, abondamment recouvert d'écaillés brunes ciliées; feuilles de 20-40 cm de hauteur, à pétiole articulé au rhizome, presque aussi long que le limbe, ce dernier glabre, deltoïde, 4 à 5 fois finement découpé, de texture assez ferme. Sores marginaux, à indusie en forme de petite coupe appliquée au limbe et s'ouvrant vers la bordure de la feuille (PRELLI, 2001).

4. **WOODSIACEAE**

Les caractères qui permettant de définir les woodsiaceae sont les suivants : tige portant des écaillés ; pétiole contenant 2 faisceaux à la base ; sore dorsaux, le plus souvent allongés, droit ou courbés, généralement avec une indusie latérale. Cette famille comprend 5 appartenant à deux genres.

Tab. 8 : La liste des taxons de la famille des *Woodsiaceae* présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).

Genre	les espèces	Distribution		
		Mar	Alg	Tun
<i>Cystopteris</i>	<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	1	1	1
	<i>Cystopteris viridula</i> (Desv.) Desv.	1	1	0
	<i>Cystopteris alpina</i> (Lam.) Desv.	1	0	0
	<i>Cystopteris dickiana</i> R. Sim	1	0	0
<i>Athyrium</i>	<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	1	1	1

Cystopteris Bernh.

Genre principalement caractérisé par les indusies lancéolées, attachées sous les sores du côté postérieur du réceptacle, recourbées au-dessus des sporanges à l'état jeune et disparaissant souvent à maturité; grande variabilité dans les autres caractères.

55. *Cystopteris alpina* (Lam.) Desv **Cystoptéris alpin**

Frondes de 15-25cm de long, très molles; Pétioles brun clair, plus foncé vers la base ; rachis parfois poilus glanduleux ; Limbe 3-pinnés, ovoïde-lancéolé, pinnules à lobules ± émarginées, au moins en partie. Sores discrètes; indusie ovale lancéolée, glabre, avec des extrémités souvent libres. ²

² <https://www.ville-ge.ch/cjb/flore/html/index.html#>

56. Cystopteris dickieana R. **Cystoptéris de Dickie**

Plante vivace ; à Rhizome brun clair court, rampant, couvert par quelques paillettes lancéolées, frondes en touffes pouvant atteindre jusqu'à 35 cm, à pétioles généralement plus courte que le limbe, brun clair, avec quelques paillettes à la base; feuille 2-pennées, lancéolées à ovales-lancéolées ; pinnules lobées à pennatifides souvent avec une marge dentée. Sores suborbiculaires insérées sur les nervures. Indusie attachées aux nervures par la base non glanduleuse.⁵

57. Cystopteris fragilis (L.) Bernh. subsp. Fragilis **Cystoptéris fragile**

Petite plante vivace à Rhizome court, épais. Frondes 10–40 cm de long, à pétiole plus court que la limbe, brunâtre, lâche paleacé dans la base; fronde 2–3 pennée, lancéolée; pinnules entières à pinnatifidées, avec la marge dentée; les nerfs atteignent le bord des derniers segments (BLANCA et al.,2011) (Photo 13).



Photo 13 : *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh. subsp. *fragilis* yeuseraie de Ras Asfour.

58. Cystopteris viridula (Desv.) Desv.

Petit plante vivace à rhizome court, épais, couvert de quelques paillettes lancéolées. Fronde fasciculés longues, 20-40 cm, vert foncé ; limbe bipennées, largement oblongs; pinnules pennatifides, avec une marge dentelée ; nervures atteignent le bord des derniers segments ;

rachis parfois poilus glanduleux ; pinnules oblongues, à lobules ± émarginées. Indusie fréquemment glanduleuses attachées aux nervures par la base⁵.

5. *DENNSTAEDTIACEAE* (hypolépidadacées).

Famille assez hétérogène, regroupant des fougères à tige le plus souvent souterraine et traçante revêtue des poils et non d'écailles, et à feuilles en généralement de grandes taille et très divisées, portant des sores marginaux ou submarginaux souvent accompagnés d'une indusie. Cette famille est principalement tropicale, elle n'est représentée au Maghreb que par un seul taxon (PRELLI, 2001)

59. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn subsp. *Aquilinum* **Fougère-aigle**

Plante de 0,40-2,50 m à rhizome à poils articulés, portant chaque année une seule feuille à ses extrémités ; grandes feuilles 3-4 fois divisées (**Photo 14**), à nervation libre (sauf au niveau des sores, portés par une nervure marginale supplémentaire réunissant les nervures normales) ; bordure du limbe repliée et modifiée en une fausse indusie membraneuse ; pétiole noir, poilu à la base, aussi long que le limbe. Sores linéaires, développés le long de la bordure du limbe (PRELLI, 2001).



Photo 14 : *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn subsp. *aquilinum* forêt de Hafir.

6. POLYPODIACEAE

Défini par les caractères suivants : tige rampante, portant des écailles ; feuilles articulées sur de court phyllopoies (excroissances restant en relief sur la tige après la chute des feuilles) ; pétiole à plusieurs faisceaux vasculaires disposés en U, limbe entier ou une seul fois divisé, sores dorsaux, arrondis et dépourvus d'indusie. Famille subcosmopolite, mais surtout représentée dans les pays tropicaux ; environ 600 espèces dans le monde, et seulement 3 espèces au Maghreb (PRELLI, 2001).

Tab. 9 : La liste des taxons de la famille des *Polypodiaceae* présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).

Genre	les espèces	distribution		
		Mar	Alg	Tun
Polypodium	<i>Polypodium cambricum</i> L. subsp. <i>cambricum</i>	1	1	1
	<i>Polypodium interjectum</i> Shivas m2	?	0	0
	<i>Polypodium vulgare</i> L. subsp. <i>vulgare</i>	1	0	0

Polypodium

Ce genre regroupe des espèces à tige longuement rampante, portant des feuilles éloignées, à limbe une fois divisé, avec une nervation libre ou anastomosée, et des sores disposés en une rangé de chaque côté de la nervure principale des segments fertiles (PRELLI,2001)

60. *Polypodium interjectum* Shivas (polypode intermédiaire)

Plante vivace de 10-40 cm ; rhizome à épais écailles longuement acuminées ; pétiole sans écailles ; fronde large, ovale à triangulaire, graduellement rétrécie au sommet, à marge finement dentée (parfois entière) ; sores elliptiques, rarement ronds (RAMEAU.,1993).

61. *Polypodium cambricum* L. subsp. *Cambricum* **Polypode du pays de Galles**

Plante vivace de hauteur 10- 25 (60) cm à rhizome rampant superficiel, paléacé. Fronde échelonnée sur le rhizome à pétiole court ; limbe pennatiséqué, glabre et large. Sores nus elliptiques sur la face inférieure pourvues de paraphyses ⁴ (**Photo 15**).



Photo 15 : *Polypodium cambricum* L. subsp. *cambricum* oued Honaine

62. *Polypodium vulgare* L. subsp. *Vulgare* **Polypode vulgaire**

Feuilles de 15-30 cm de longueur; limbe à bords plus moins parallèles, généralement brusquement réduit au sommet en une longue pointe, étroit (rapport largeur/ longueur le plus souvent inférieur à 1/3) ; pennes à marge pratiquement entière. Sores dépourvus de paraphyses⁵

7. LOMARIOPSIDACEAE (*NEPHROLEPIDACEAE*)

Famille représentée par une seule espèce : la fougère de Boston, espèce originaire d'Amérique (Floride, Cuba, Mexique...). très utilisée en culture intérieure et dans les jardins.

63. *Nephrolepis exaltata* (L.) Schott

Feuilles pinnatiséquées, raides dressées; 0,60-1,50 X 6-15 cm, à limbe atténué au sommet; pinnules articulées, serrées, aiguës, entières ou un peu crénelées, auriculées du côté supérieur (**Photo 16**). Sores ronds à l'extrémité d'une nervure; pétiole non articulé. Indusie réniforme⁵.



Photo 16 : *Nephrolepis exaltata* jardin de maison Tlemcen (Photo MEDJAHDI)

8. THELYPTERIDACEAE

Famille très homogène, reconnue et uniformément délimité par tous les auteurs modernes, définie par les caractères suivants : tige portant des écailles ; pétiole contenant 2 faisceaux vasculaires à la base ; feuilles généralement 2 fois divisées portant de petits poils aciculaires sur les axes et le limbe; sores dorsaux, le plus souvent ronds et recouverts par une indusie (PRELLI, 2001).

Tab. 10 : La liste des taxons de la famille des Thelypteridaceae présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).

Genre	les espèces	distribution		
		Mar	Alg	Tun
Cyclosorus	<i>Cyclosorus interruptus</i> (Willd.) H. Itô	0	1	1
Christella	<i>Christella dentata</i> (Forssk.) Brownsey	0	1	0
Thelypteris	<i>Thelypteris confluens</i> (Thunb.) C. V. Morton	1	0	0

64. Cyclosorus interruptus (Willd.) H. Itô

Plante vivace de 40 à 100 cm ; à rhizome rampant long, noir, à écailles ovales-lancéolées. Frondes de 20 à 60 cm, à bases noires, à base de limbe non rétrécies ; à 10-25 paires de pennes, linéaires-lancéolées, à pétiole court, bases arrondies tronquées, apex acuminé;. Sores orbiculaires, médianes ou submarginales ; indusies peu poilue.

65. *Christella dentata* (Forssk.) Brownsey (**Christella**)

Feuilles en touffes, de 30-70 cm de longueur, à pétiole assez court; limbe fortement pubescent (sur les 2 faces ainsi que sur les axes), nettement réduit à la base ; pennes incisées jusqu'à la moitié de la longueur des pinnules, celles-ci entières et à sommet arrondi. Nervation très particulière, la nervure basale de chaque pinnule s'unissant à celle de la pinnule voisine et formant une nervure verticale qui rejoint le sinus. Un très léger dimorphisme entre les feuilles stériles et fertiles, ces dernières plus longues et dressées, à pennes plus étroites. Sores ronds, à indusie réniforme et pubescente, les pédicelles des sporanges portant des glandes microscopiques orange (PRELI, 2001).

66. *Thelypteris palustris* Schott = *Polystichum thelypteris* (L.) Roth (Thélyptéris des marécages, polystic théliptère)

Plante vivace de 30-80 cm ; rhizomateuse ; à pétioles très long, canaliculé, blanc jaunâtre ; pétioles et rachis sans écailles ; limbe mou, fragile, glabre ; fronde oblongue lancéolée, peu rétrécie à la base, pennatifidie, divisée une fois ; segment entiers ou denticulés au sommet, confluent à la base ; bords à peine roulés en dessous ; segments proches du rachis plus grands que le suivant ; sores petits, devenant plus ou moins confluent ; indusie caduques. (RAMEAU et al., 1993).

9. BLECHNACEAE

Famille cosmopolite surtout présente dans les zones tropicales et tempérées méridionales, représenté par une seule espèce au Maghreb.

67. *Blechnum spicant* (L.) Roth **Blechnum en épi**

Plante vivace de 20-70 cm ; glabre à souche gazonnante. Feuilles coriaces à pétiole plus court que le limbe et écailleux; dimorphes, les fertiles à segments linéaires, les stériles à segments oblongs et souvent confluent. Sores linéaires, disposés de part et d'autre de la nervure médiane qu'ils finissent par recouvrir. indusie s'ouvrant vers l'intérieur (RAMEAU et al., 2008).

4. LES MARSILEALES

1. MARSILEACEAE

Petites plantes aquatiques vivant dans les dayas ou les marais. Fructifications disposées dans des sporocarpes situés à la base des feuilles et à une ou plusieurs loges. Sporangies de deux sortes (microsporange et macrosporange), situés dans le même sporocarpes. (QUEZEL ET SANTA, 1962-1963).

Tab. 11 : La liste des taxons de la famille des Marsileaceae présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).

Genre	les espèces	distribution		
		Mar	Alg	Tun
Marsilea	<i>Marsilea strigosa</i> Willd.	1	1	0
	<i>Marsilea minuta</i> L.	1	1	0
	<i>Marsilea aegyptiaca</i> Willd.	0	0	1
Pilularia	<i>Pilularia minuta</i> Durieu ex A. Braun	1	1	1

Marsilea L.

Feuilles pétiolées, à limbe composé de 4 folioles verticillées en croix au sommet du pétiole (aspect de trèfle à quatre feuilles) (QUEZELET SANTA, 1962-1963)

68. *Marsilea aegyptiaca* Willd

Rhizome grêle rameux ; rameaux courts assez densément feuillés; feuilles le plus souvent bifurcées, les unes plus grandes à folioles plus larges 3-6-lobées, les autres plus petites à folioles plus étroites émarginées, toutes pubescentes puis glabres. Sporocarpes portés par des pédicelles 2-3 fois plus longs qu'eux, petits, aussi larges que longs, obtusément tétragones, couverts de poils apprimés, tronqués et portant une seule dent obtuse à la base, sillonnées sur le dos. Sores 2-3 de chaque côté. (MAIRE, 1952).

69. *Marsilea minuta* L.

a. *Marsilea minuta* L. var. *minuta*

Plante à rhizome grêle très allongé, rampant, poilu puis glabrescent, produisant des racines au niveau de l'insertion des feuilles. Feuilles longuement pétiolées, très grandes dans la plante submergée (folioles atteignant 2,5 cm) ; folioles obovales cunéiformes, glabres, entières ; sporocarpes sur des pédicelles 2 fois plus longs qu'eux, insérés par 2-3 vers la base du pétiole ou plus haut, ellipsoïdes-comprimés ou lenticulaires, arrondis au sommet, ± tronqués et portant 2 dents inégales (la supérieure plus longue) à la base, couverts dans la jeunesse de poils articulés apprimés, puis glabres, non marginés, lisses. Sores 5-6 de chaque côté (MAIRE, 1952).

70. *Marsilea strigosa* Willd. **Marsilée pubescent**

Plante vivace, à rhizome épais, émettant des stolons allongés et grêles, pubescent, se couvrant de sporocarpes insérés solitairement sur la base des feuilles, portés par un pédicelle

égalant au plus le 1/4 du sporocarpe, de sorte que les sporocarpes paraissent subsessiles et disposés en 2 rangs sur le rhizome. Feuilles à 4 folioles cunéiformes ± pubescentes (MAIRE ,1952).

Pilularia L.

Feuilles filiformes, sans limbe développé (PRELLI, 2001).

71. *Pilularia minuta* Durieu **Pilulaire menue**

Rhizome filiforme, allongé, rampant dans la vase, très petite plante passant facilement inaperçue, à feuilles de 2 à 4 cm, cylindrique et filiformes. Sporocarpes ovoïdes, solitaires et portés par un pédicelle recourbé au sommet ; à plusieurs loges séparées par des cloisons longitudinale et contenant des macrospores à la partie supérieure et des microspores à la partie inférieure (QUEZEL ET SANTA, 1962-1963).



Photo 17 : *Pilularia minuta*

5. LES SALVINIALES
SALVINIACEAE

Tab. 12 : La liste des taxons de la famille des *Salviniaceae* présent au Maghreb. (D'après DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013).

Genre	les espèces	Distribution		
		Mar	Alg	Tun
Salvinia	<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	0	1	1
Azolla	<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	N	0	0
	<i>Azolla mexicana</i> Schldtl.	?	0	0
Gymnocarpium	<i>Gymnocarpium robertianum</i> (Hoffm.) Newm.	1	0	0

72. *Salvinia natans* (L.) All. **Salvinia nageant**

Petite plante annuelle nageant dans les eaux stagnantes ou à cours lent. Tiges filiformes, poilues et radiantes. Feuilles aériennes poilues en-dessous et présentant des ponctuations saillantes et des poils étoilés en-dessus. Sporocarpes de 2 sortes. Les uns à macrosporanges, les autres à microsporanges; groupés par 4-8 entre les pseudo-racines ou à la base des rameaux, atteignant 2-3 mm ⁵

73. *Azolla filiculoides* Lam. **Azolla fausse-fougère**

Petite plante aquatique non enracinée, flottante, formant de petites rosettes de quelques cm de diamètre. Tige ramifiée par dichotomie, portant de nombreuses feuilles sessiles, imbriquées, très petites (1-3 mm), bilobées, présentant des papilles unicellulaires à leur face supérieure, et bordées d'une marge membraneuse. Fructifications globuleuses, ne mesurant que 1-2 mm, mais souvent absentes, la plante restant stérile; glochidies non cloisonnées⁵.

74. *Azolla mexicana* Schldtl. **Azolla du Mexique**

Lobe supérieur des feuilles à papilles bicellulaires; glochidies cloisonnées .présence douteuse en Afrique où elle est souvent confondue avec certaines formes réduites de *A. filiculoides* ⁵

75. *Gymnocarpium robertianum* (Hoffm.) Newm.(polypode de calcaire)

Plante vivace de 20-40 cm; à rhizome noirâtre grêle, rampant ; pétiole faiblement écailleux à la base ; limbe triangulaire, 3 fois pennatiséqué à la base, une fois divisé complètement dans la moitié supérieure ; sores ronds, dépourvue d'indusie (RAMEAU et al., 2008).

CONCLUSIONS :

La présentation des ptéridophytes des trois pays du Maghreb nous a permis d'énumérer 83 taxons appartenant à 17 familles et 29 Genres, certains occupent des milieux aquatiques

d'autres les milieux terrestres alors que le reste occupent les milieux amphibies. Cette synthèse nous a surtout permis de mettre en évidence les principales caractéristiques distinctives de ce groupe :

Le rhizome (long, court, paléacé ou non...);

Les pétioles long ou court leurs couleurs, présence ou non de paillâtes ou poiles ;

Frondes simples, lobés, ou divisées (1, 2 à 3 fois ou plus)

Forme des lobes et divisions présences de dents ou non.....

La position des sores sur la fronde, leurs formes....

La présence ou non des indusies....

Tout cela va nous permettre de réaliser le tableau ou matrice Taxons/caractéristiques que nous allons présenter dans le chapitre suivant.

CHAPITRE III : CLE MULTICRETERS PTERIDOPHYTES

3.1. MATERIEL ET METHODES

3.1.1. Liste des items

Le but de la clé est de fournir un outil d'identification au grand public dans la perspective des programmes d'Eflore Maghreb, nous avons limité la couverture taxonomique aux Ptéridophytes (voire chapitre II). Les ptéridophytes sont relativement faciles à identifier.

La liste des espèces suit la classification proposée par DOBIGNARD & CHATELAIN (2014-2013) elle inclut les espèces indigènes, introduites et acclimatées. Quarante-trois inclus dans la clé.

3.1.2. Caractères utilisés dans la clé

Une liste de 19 caractères morphologiques basés sur la forme du Rhizome, les frondes et les formes et positions des sores... Celles-ci ont été extraites des clés d'identification existantes (MAIRE, 1952, QUEZEL et SANTA 1962-1963, PRELLI, 2001.....) (tab 13.). Seuls les caractères visibles à l'œil nu ou avec un objectif à main × 10 sont inclus. La nomenclature des caractères suit PRILLI (2001).

Tab 13 : Les 19 Descripteurs utilisés dans la base de connaissance Ptéridophytes

DESCRIPTEURS	ETATS	
Pays	MAROC	présentation des ptéridophytes des trois pays du Maghreb (Maroc, Algérie et Tunisie). - Les endémiques sont signalés par un astérisque (*) après l'acronyme du pays concerné; - présence douteuse dans le pays par (?); - Les taxons considérés comme introduits et ne faisant pas partie de la flore indigène sont signalés de la façon suivante, pour chaque pays: - naturalisé, par la lettre (N) après la mention du pays; - Cultivé (parfois subspontané), par la lettre (C).
	ALGERIE	
	TUNISIE	
	MAROC (?)	
	ALGERIE (?)	
	TUNISIE (?)	
	MAROC (N)	
	MAROC (C)	
	ALGERIE (C)	
	MAROC*	
ALGERIE*		
Habitat	Aquatiques	Certains ptéridophytes occupent des milieux aquatiques (salviniacée); d'autres les milieux amphibies (Marsileacée, Isoetacée) alors que le reste occupent les milieux terrestres.
	Terrestres	
	Amphibies	
Partie sous terrain	Absentes	
	Bulbes	
	Rhizomes	
Rhizomes	Long	La tige ou le rhizome porte également des racines adventives, fines et courtes, fréquemment fasciculées. elle peut être: -courte ; les frondes sont alors groupées - ou longue; les frondes sont plus espacées. elle peut porter ou non des écailles, expansions lamellaires sessiles, triangulaires lancéolées, brunes ou roussâtres, en densité variable.
	Court	
	Ecailleux	
	Non écailleux	
	Epais	
	Grêle	
Bulbes	Ecailleux	
	Non écailleux	
	Présence de phyllopoide	
	Sans phyllopoide	

La longueur de la fronde	inférieure ou égale 30 cm	frondes mesurant moins de 30 cm - frondes mesurant plus de 30 cm	
	supérieure de 30 cm		
Frondes à limbe	entier ou simple	<p>Les feuilles des ptéridophytes présentent une grande variété de port et de structure.</p> <p>Tantôt les feuilles sont très nombreuses, très petites et ne possèdent qu'une seule nervure non ramifiée comme chez les lycopes, les prêles, les sélaginelles et les isoètes.</p> <p>Tantôt, au contraire les feuilles ont une grande taille par rapport à la tige comme chez les filicinées.</p>	
	Lobé		
	Divisé		
	Filiforme		
	quadrangulaire		
Degrés de division du limbe	une fois	<p>L'un des meilleurs critères de détermination porte sur le degré de division du limbe :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une fois, avec des divisions segmentées ou non - deux fois, avec des divisions primaires et secondaires, ces dernières segmentées ou lobées ; - 2 ou 3 fois, avec des divisions primaires, secondaires et tertiaires. 	
	deux fois		
	2-3 fois		
	> 3 fois		
La forme du contour du limbe	Linéaire	<p>La forme du contour générale du limbe un très bon caractère :</p> <ul style="list-style-type: none"> - forme linéaire, ou limbe semblant prolonger du pétiole ; - forme lancéolée, ovale ou oblongue avec un limbe plus ou moins brusquement rétréci à la base ; - forme triangulaire avec des divisions primaires régulières ou avec des divisions primaires de plus en plus divisées de la pointe vers le point de fixation du rachis. 	
	Lancéolé		
	linéaire-lancéolé		
	Ovale		
	ovale-lancéolé		
	Elliptique		
	Oblongue		
	oblong-lancéolé		
	Triangulaire		
lancéolé-triangulaire			
Pétiole	présence de paillâtes ou poiles	<p>Les feuilles des Fougères, souvent appelées frondes, comportent un limbe chlorophyllien, parfois entier mais le plus souvent diversement découpé, rattaché à la tige par un pétiole plus ou moins long qui porte fréquemment des écailles, surtout à sa base. Dans le cas d'une fronde divisée, le terme de pétiole est réservé à la partie inférieure (avant le limbe) ; il se prolonge par le rachis, qui porte les divisions, les segments ou le limbe.</p>	
	pétiole lisse		
	quelque poiles à la base		
Longueur du pétiole	Pétiole ne court que le limbe		
	pétiole long que le limbe		
	pétiole égale au limbe		
La couleur du pétiole	brun rouge		
	brun noirâtre		
	Brunâtre		
	Noirâtre		
	Vert		
Fructification de type	Jaunâtre		
	Sporanges sur la face inférieure des frondes		<p>Les sporanges sont des organes reproducteurs formant les spores. 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.</p>
	Sporange groupés en épis au sommet des tiges		
	Sporanges sur des sporophylles au niveau du bulbe ou partie souterraines		
	Sporanges sur des sporophylles au niveau des feuilles		
Autre (frondes fertiles, au dessus des frondes ...)			

La forme des sores	Arrondies	Les sores se sont des groupements des sporanges souvent protégée par une indusie. la forme de celle-ci est variable mais très précise pour un genre donné constituant un caractère essentiel pour la détermination des fougères .
	Elliptique	
	Oblong	
	Linéaire	
Indusies	Présente	Les sores peuvent être nus ou recouverts, au moins au cours de leur développement, par une fine membrane nommée indusie. parfois la marge repliée du limbe, prolongée ou non par une structure membraneuse rappelant une indusie, recouvre les sores. (pseudo-indusie)
	Absente	
	Pseudo-indusie	
La position des sores sur la fronde	Peltée	La forme et la disposition des sores, la présence ou l'absence d'une indusie, son aspect lorsqu'elle existe, sont autant de critères importants dans la définition des genres. peltée (fixée dans le centre) ; réniforme (fixée dans une échancrure) et latérale (fixée latéralement le long d'une nervure)
	Réniforme	
	Latérale	
Voile	voile réduit	Les sporanges sont protégés chez les isoètes par une fine membrane qui tient lieu d'indusie
	voile quasi complet	
	voile complet	
	voile couvrant 1/3 des sporanges	
phyllopode	phyllopodes entourant complètement le bulbe	
	phyllopodes surtout au niveau des racines	
Gaine	gainés à moins de 15 dents	Partie d'une feuille qui entoure la tige
	gainés à plus de 15 dents	
	gainés à dents persistantes	
	gainés à dents caduque	

3.2. CONSTRUCTION DE CLES D'IDENTIFICATION INTERACTIVE ET STATISTIQUES

La numérisation des 83 espèces a été réalisée à l'aide de Xper3 (VIGNES-LEBBE et *al.*, 2015). Ce logiciels est dédié à la gestion de descriptions taxonomiques structurées, à l'analyse de ces descriptions et à la production de clés (KERNER et *al.*, 2012, CORVEZ ET GRAND, 2014 ; MARTIN et *al.*, 2015). Un wiki est une documentation de Xper3 est disponible sur <http://wiki.xper3.fr/index.php/UserManualXper3>.

Une base de connaissances Xper est un ensemble d'éléments décrits en utilisant le même modèle et la même terminologie, et documentés par des textes et des images. Dans cette clé, il y a 83 éléments couvrant 83 espèces. Le modèle descriptif se compose d'une hiérarchie de descripteurs et d'une terminologie choisie pour exprimer différentes valeurs possibles (états). Les descripteurs sont les 19 caractères morphologiques décrits précédemment. Certains d'entre eux ne sont cohérents que si certaines conditions sont vraies pour un autre descripteur et que ces dépendances définissent une structure hiérarchique de descripteurs (Tab 13). La terminologie complète (descripteurs et états) est documentée par des images et

des textes afin d'éviter une mauvaise interprétation, un point crucial pour les identifications pertinentes avec la clé.

Xper3 a également été utilisé pour comparer les espèces et les genres. Pour chaque descripteur, les tests de comparaison sont capables de distinguer une paire d'éléments. Trois mesures différentes sont disponibles (BURGUIERE et *al.*, 2013). Le résultat est affiché sous forme de tableau avec différentes couleurs pour séparer trois cas: (1) les éléments ont les mêmes valeurs pour un descripteur donné (= pas de discrimination), (2) une paire d'éléments est complètement distincte pour un descripteur donné (= total (3) au moins une paire d'éléments n'a pas des valeurs égales pour le descripteur, mais ces valeurs se chevauchent (= discrimination partielle). Pour un descripteur donné, la somme de la comparaison pour toutes les paires d'articles est une mesure de sa capacité à distinguer les taxons (pouvoir discriminatoire). Dans l'exemple de l'annexe (2) nous avons comparé les genres. Il apparaît que les critères bulbes, voile, phyllopede et gaine ne sont pas trop performant (discrimination partielle) parce qu'ils ne sont applicables que sur les isoètes pour les trois premiers critères et que sur les prêles pour le dernier. Il serait donc souhaitable que ces critères n'apparaissent pas comme critères principales mais comme sous critères.

Le pouvoir discriminatoire, qui représente les évaluations quantitatives de la capacité d'un descripteur à distinguer les taxons, est mesuré avec l'indice d'origine Xper (VIGNERS LEBBE, 1991) implémenté dans le logiciel Xper2. Cet index est basé sur l'incompatibilité entre les descriptions. Deux taxons sont incompatibles (ou dissemblables ou discriminés) si, pour un descripteur donné, il n'y a pas d'états de descripteurs communs. Pour chaque descripteur, la valeur de l'indice est comprise entre 0 (pouvoir discriminatoire nul du descripteur) et 1 (le descripteur peut distinguer tous les taxons). Ce calcul est donné dans le tableau 14.

Tab 14 : Liste des descripteurs avec leurs pouvoirs discriminants

	XPER	Sokal et Michener	Jaccard
4. Habitats	879/3403 (0.26)	586/3403 (0.17)	879/3403 (0.26)
2. Partie sous terrain	1086/3403 (0.32)	670/3403 (0.2)	1086/3403 (0.32)
3. Rhizomes	1957/3403 (0.58)	735/3403 (0.22)	2234/3403 (0.66)
4. Bulbes	542/3403 (0.16)	276/3403 (0.08)	542/3403 (0.16)
5. la longueur de la fronde	2172/3403 (0.64)	1662/3403 (0.49)	2172/3403 (0.64)
6. frondes à limbe	1935/3403 (0.57)	658/3403 (0.19)	1963/3403 (0.58)
7. Degrés de division du limbe	2530/3403 (0.74)	908/3403 (0.27)	2566/3403 (0.75)
8. la formes du contour du limbe	2716/3403 (0.8)	412/3403 (0.12)	2736/3403 (0.8)
9. pétiole	2286/3403 (0.67)	1008/3403 (0.3)	2315/3403 (0.68)
10. longueur du pétiole	2245/3403 (0.66)	924/3403 (0.27)	2245/3403 (0.66)
11. la couleur du pétiole	1872/3403 (0.55)	479/3403 (0.14)	1917/3403 (0.56)
12. type fructification	1841/3403 (0.54)	644/3403 (0.19)	1841/3403 (0.54)
13. la forme des sores	2255/3403 (0.66)	719/3403 (0.21)	2267/3403 (0.67)
14. indusies	2080/3403 (0.61)	920/3403 (0.27)	2136/3403 (0.63)
15. Pays	1266/3403 (0.37)	584/3403 (0.17)	2033/3403 (0.6)
16. la position des sores sur la fronde	1612/3403 (0.47)	590/3403 (0.17)	1612/3403 (0.47)
17. voile	399/3403 (0.12)	102/3403 (0.03)	399/3403 (0.12)
18. phyllopede	163/3403 (0.05)	82/3403 (0.02)	163/3403 (0.05)
19. gaine	473/3403 (0.14)	161/3403 (0.05)	474/3403 (0.14)

Le tableau ci-dessus nous montre des valeurs très importantes pour les descripteurs : la forme du contour du limbe, pétiole, Degrés de division du limbe et la longueur de la fronde. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées pour les descripteurs suivant : voile, phyllopede, gaine et bulbe. Comme nous l'avons déjà précisé au-dessus les descripteurs voile, phyllopede, gaine et bulbe doivent être introduit comme sous descripteurs.

5. EXEMPLE D'UNE IDENTIFICATION :

Nous allons donner l'exemple de l'utilisation de la clé pour l'identification d'une ptéridophyte. Nous allons prendre l'exemple de la fougère de Boston (*Nephrolepis exaltata*), une fougère très utilisée dans les jardins et cultivé un peu partout. Si quelqu'un veut l'identifier il ne pourra pas la trouver dans la flore de Quezel et Santa. Il faudrait aussi trouver la famille puis le genre et enfin l'espèce.

L'utilisation de la clé, nous a permis d'arriver à l'espèce en question en trois étapes. Nous avons ouvert la clé, sélectionné le critère divisé une fois, et le critère présence de paillâtes ou poiles (fig 13 et 14). Nous avons envoyé notre requête. Cela nous a permis d'éliminer 83 espèces et 13 descripteurs. Nous avons sélectionné enfin le troisième et dernier critère couleur de pétiole (brunâtre). Cela nous a permis d'arriver à l'espèce en question en 20 secondes

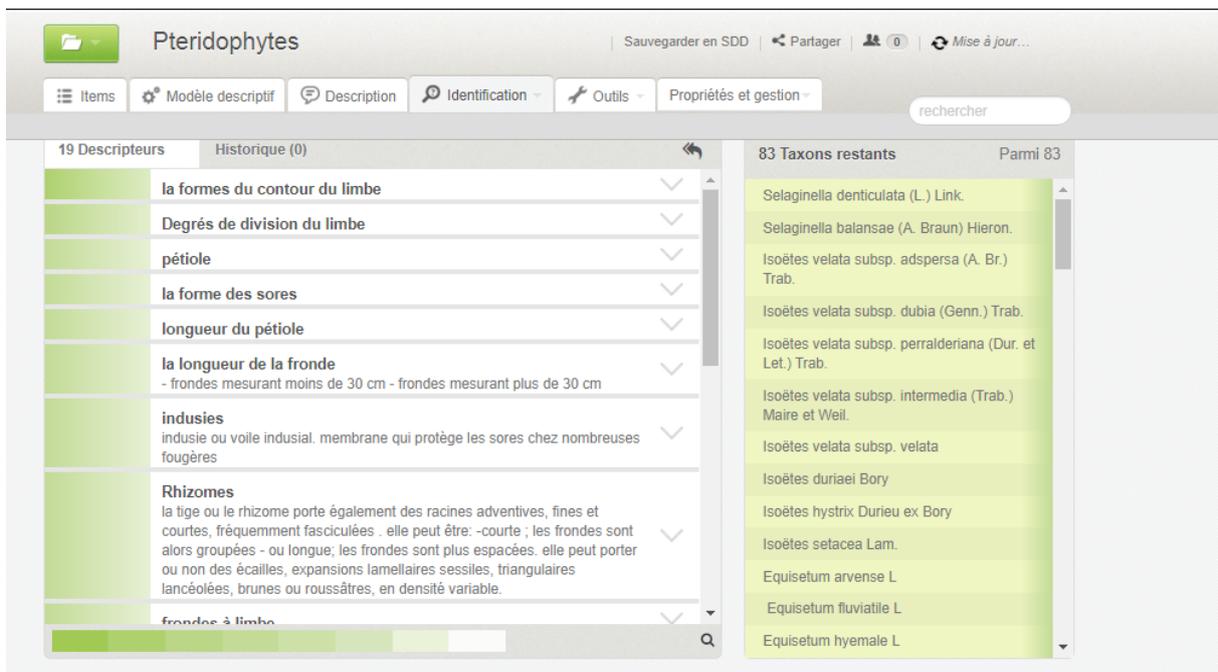


Fig. 13 : ouverture de la clé d'identification de la base de connaissance Ptéridophytes sur Xper3.

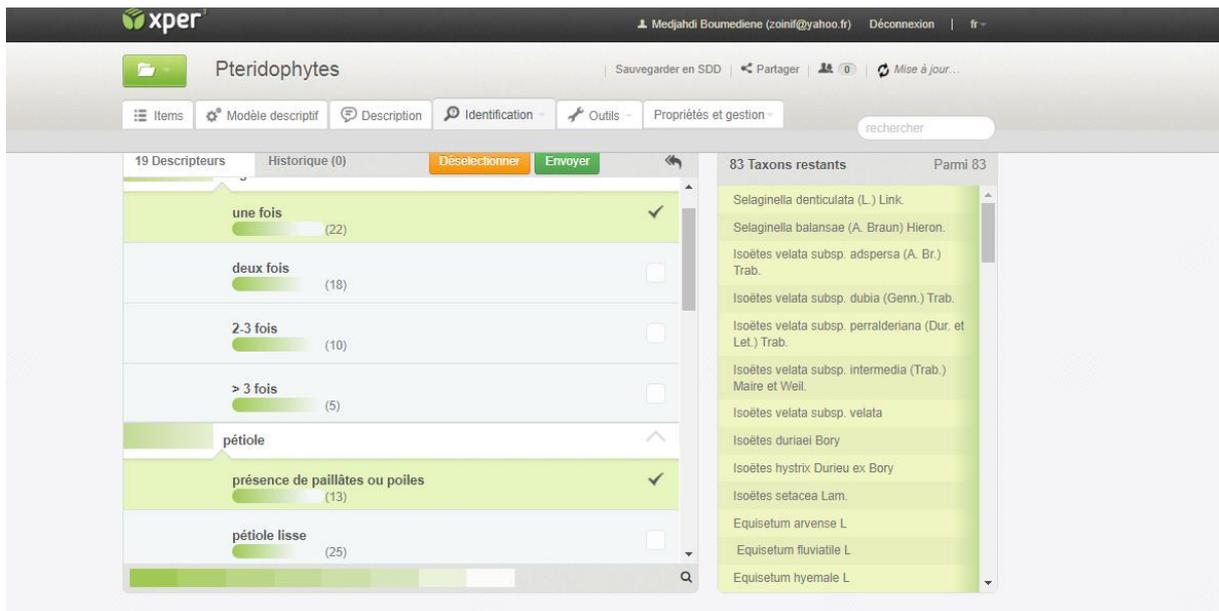


Fig. 14 : Sélection des critères sur la clé

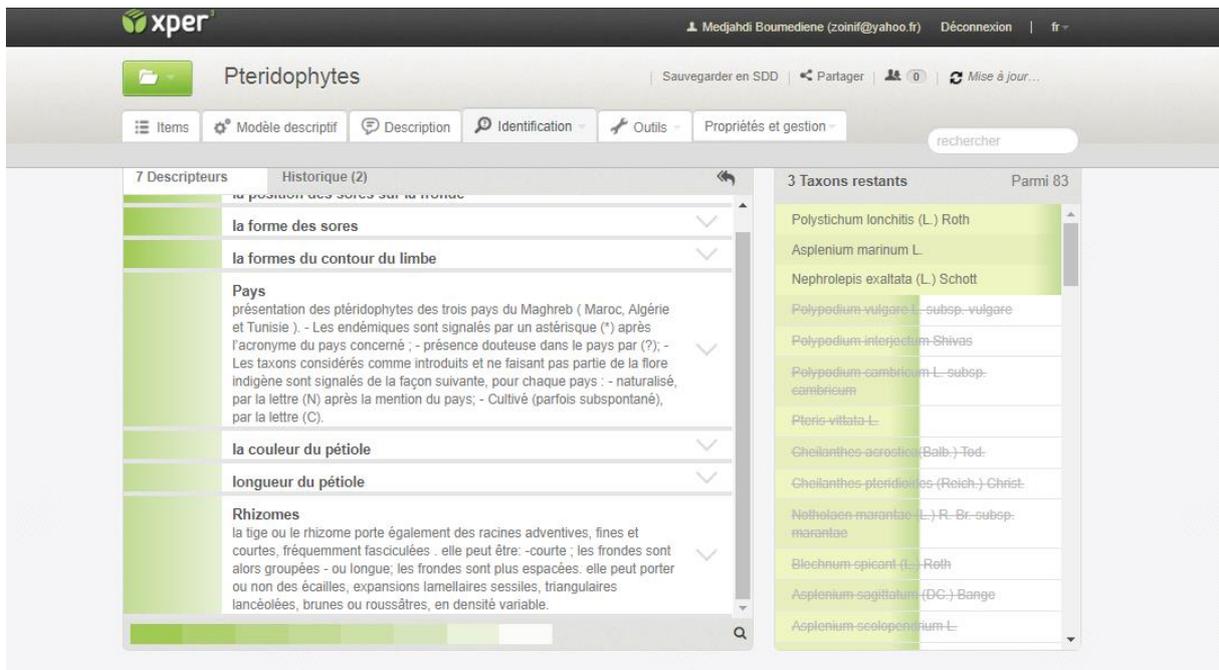


Fig. 15 : la clé proposé trois espèces en fonction des critères sélectionnées.

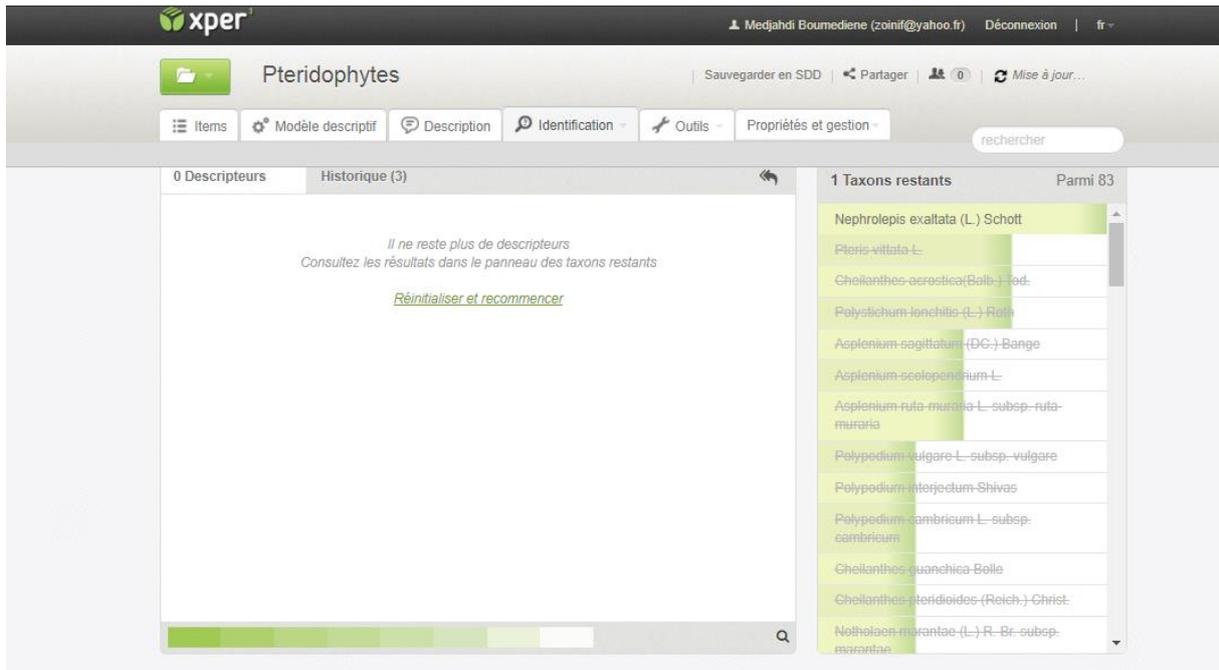


Fig. 16 : dernière étape avec la proposition d'un seul taxon dans la liste des taxons restants

CONCLUSION GENERALE

Malgré leur nombre relativement limité dans la flore Maghrébine les ptéridophytes constituent un groupe complexe. Ce groupe comporte en plus des fougères (ou les vrais ptéridophytes) de nombreux groupes satellites tels que les Ophioglosses, les Osmondes, les Pilulaires, les Marsilées, les Azolla et Salvinia en plus des plantes alliées (les Sélaginelles, les Isoètes et les prêles). Cette hétérogénéité systématique se reflète sur les caractéristiques morphologiques et biologiques. Ce groupe présente ainsi des parties sous terraines diversifiées, allant des simples racines (Sélaginelles, Azolla et Salvinia), aux rhizomes (la plupart des ptéridophytes) jusqu'aux bulbes avec ou sans phyllopoïdes (Isoètes), des fructifications variées dans leurs formes mais aussi dans leurs positionnements sur les parties aériennes ou sous terraines.

Cette grande variabilité morphologique et biologique pour un nombre relativement réduit de taxons (83 taxons) complique la réalisation d'une matrice critères/taxons. En effet, s'il est relativement facile de trouver des critères distinctifs pour différencier une Isoète, d'une prêle ou un *Asplenium* d'un *Adiantum*. Il est très difficile de trouver des critères généraux (applicables aux autres taxons des ptéridophytes) pour distinguer une isoète d'une autre ou une prêle d'une autre. Il faut donc pour chaque groupe des critères spécifiques ce qui charge la matrice et rend difficile son utilisation.

S'il est difficile d'utiliser cette clé multicritère pour les niveaux spécifiques (espèce) ou intraspécifique (sous espèce, variété), l'identification des genres est très simple dans cette base de connaissance. Il est recommandé dans de telles situations de repenser l'organisation du logiciel Xper3. En effet, Xper3 ne présente pas des clés secondaires. C'est-à-dire des clés qui ne présentent, les sous critères, que si le critère principal est ouvert (validé) par exemple : le critère présence ou absence de phyllopoïde n'apparaît qu'après avoir coché le critère bulbe. La même chose doit se faire pour le critère gaine, il ne doit apparaître que si la tige est aphyllé. Alors qu'actuellement tous ces critères doivent être renseignés sur la matrice et pour tous les taxons. Ce qui conduit à des propositions erronées.

Cette initiative nous pousse à recommander des clés multicritères par famille pour le projet Efloire Maghreb, parce qu'il serait vraiment difficile voire impossible de créer une clé multicritère pour plus de 6000 taxons appartenant à des groupes systématiques très différents. Il faut signaler aussi que le travail proprement dit sur la systématique n'est pas encore fini en Afrique du Nord. Alors que ces outils ont été conçus pour développer la

botanique et la systématique d'une manière générale. Malgré les imperfections enregistrées, dans ces outils, elles seront très utiles pour les générations futures désireuses d'identifier une plante. La botanique Magrébine et les outils informatiques se perfectionneront simultanément dans les prochaines années. Il faut donc des collaborations entre les laboratoires d'informatiques et de botaniques au niveau local (Algérie, Maroc et Tunisie) pour développer ces outils selon les besoins et les réalités maghrébines.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME, (2020). *Xper3 Documentation*. Le Wiki des projets Xper <http://wiki.xper3.fr/doku.php?id=usermanualxper3>
- BAYER E., BUTTLER K.P., FINKENZELLER X., & GRAU J., (2016). *La flore méditerranéenne. Caractéristiques, habitat, distribution et particularités de 536 espèces*. Guide Delachaux et Niestlé, Paris. 287 p.
- BLANCA G., CABEZUDO B., CUETO M., SALAZAR C. & MORALES TORRES C. (2011). *Flora Vasculaire de Andalucía Oriental*. Editan las Universidades de Almería, Granada, Jaén y Málaga, Granada. 1754 p.
- BURGUIERE T., CAUSSE F., UNG V., and VIGNES-LEBBE R. (2013). IKey+: A New Single-Access Key Generation Web Service. *Syst Biol* **62**(1) : 157-161 pp.
- CHATELAIN C., MEDJAHDI B. & BENHOUBOU S. (2018). eFlore du Maghreb, une flore électronique basée sur la Nouvelle flore d'Algérie de P. Quèzel et S. Santa. *Ecologia Mediterranea* Vol. **44** (2) : 131-138 pp.
- CORVEZ A. & GRAND A. (2014). Enabling comparisons of characters using an Xper2 based knowledge-base of fern morphology. *Phytotaxa* **183** (3) : 145-158 pp. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.183.3.2>
- DALLWITZ M.J., (2011). *Automatic Type Setting of Computer Generated Keys and Descriptions*, In ALLKIN R.A. & BISBY F. A. (éd.) (2011). *Data Basis in Systematics*. Acad. Press London and Orlando : 279-290 pp.
- DELLA CASA S. (2004). Les clés de détermination. *Bull. Soc. Linn. Provence*, t **55** : 1-9 pp.
- DOBIGNARD A., & CHATELAIN C., (2010-2013). *Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord*. Conservatoire et Jardin botanique de la Ville de Genève. **5 vol.**
- DUBUISSON J.Y., BOUQUIN S. & VIGNES-LEBBE R., (2018). Computer assisted identification: Xper and Orchids of France. *L'Orchidophile* **219** : 311-318 pp.
- DUPONT F., GUIGNARD J-L., (2015). *Botanique les familles de plantes*. 16^{ème} Elsevier/Masson Paris, 336 p.
- ENGEL J., BROUSSEAU L., BARALOTO C. (2016). GuiaTreeKey, a multi-access electronic key to identify tree genera in French Guiana. *PhytoKeys* **68**: 27-44 pp. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.68.8707>
- FENNANE M. & M. IBN TATTOU (2005-2014). *Flore vasculaire du Maroc, inventaire et chorologie*. Travaux de l'Institut scientifique Rabat, Série botanique. **3 vol.**
- FENNANE M., IBN TATTOU M., MATHEZ J., OUYAHYA A. & J. EL OUALIDI (1999). *Flore Pratique du Maroc. Manuel de détermination des Plantes vasculaires*. Institut Scientifique, Université Mohammed V. Rabat éd Vol. 1. Pterydophyta :28-56 pp.
- FITTER R., FITTER A., & FARRER A. (2016). *Graminées, carex, joncs et fougères*. Delachaux et Niestlé, Paris, 255 p.

- FLORA MAROCCANA (2020).** Vers un atlas de la Flore du Maroc par A. Dobignard [05/2020], <http://www.FloraMaroccana.fr>
- FLORE DU MAGHREB (2018).** Un projet en cours de flore du Maghreb [11/2018], <https://www.ville-ge.ch/cjb/flore/html/>
- FLOROSTIC, (2020).** La botanique à l'ère du numérique. Site internet consulté le 30/05/2020 : <http://floristic.org/productions/plantnet/>
- GAGNEPAIN F., (1922).** Procédés de la botanique systématique. *Annales de la Société linnéenne de Lyon*. **Tom 68** : 169-186 pp.
- JAHNS H.M., (2007).** *Guide des fougères, mousses et lichens d'Europe*. Delachaux et Niestlé, Paris, 257 p.
- JOUVEAU, S. DELAUNAY, M. VIGNES-LEBBE, R. NATTIER, R. (2018).** A multi-access identification key based on colour patterns in ladybirds (Coleoptera, Coccinellidae). *ZooKeys* **758** : 55–73 pp. <https://doi.org/10.3897/zookeys.758.22171>
- KERNER A. (2012).** Archaeocyatha, a computer-aided identification of genera. *Geologica Belgica* **15 (4)**: 209-214 pp.
- KLIMMEK, F. & BAUR, H. (2018).** An interactive key to Central European species of the *Pteromalus albipennis* species group and other species of the genus (Hymenoptera: Chalcidoidea: Pteromalidae), with the description of a new species. *Biodiversity Data Journal* **6**: e27722. <https://doi.org/10.3897/BDJ.6.e27722>
- LES HERBONAUTES (2018).** L'herbier numérique collaboratif citoyen, Muséum national d'histoire naturelle, Tela Botanica, ReColNat [05/2020], <https://lesherbonautes.mnhn.fr>
- LOUVEAUX A., AMEDEGNATO C., POULAIN S. & DESUTTER-GRANDCOLAS L. (2013).** Catalogue and keys of the Acridomorpha (Insecta, Orthoptera) from north West Africa. *Zoosystema* **35 (2)** : 175-181 pp. <http://dx.doi.org/10.5252/z2013n2a3>
- MAIRE R. (1952).** *Flore de l'Afrique du Nord*. Vol. 1. Pteridophyta Encyclopédie biologique XXIII Paul Lechevalier éd., Paris : 15-101pp.
- MANGAMBU, M.J. (2013).** *Etude des Ptéridophytes et de leurs peuplements dans le Parc National de Kahuzi Biega : Couloir et haute altitude*. Thèse de doctorat, Université d'Anvers/Belgique.
- MATHIEU B., CETRE-SOSSAH C., GARROS C., CHAVERNAC D., BALENGHIEN T., CARPENTER S., SETIER-RIO M., VIGNES-LEBBE R., UNG V., CANDOLFI E., DELECOLLE J. (2012).** Development and validation of IIKC : an interactive identification key for Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) females from the Western Palaearctic region. *Parasites & Vectors* **5 (1)**: 137 pp. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-137>
- MEDJAHDI B., LETREUCH-BELAROUCI A., PRELLY, R. (2013).** Actualisation du catalogue des pteridophytes du Nord-ouest algerien (Region de Tlemcen). *Acta Bot. Malacitana*. **38** : 33-39 pp.
- MELET J-C. (2017).** Présentation FloreNum. Journées du Société Botanique de France (SBF) 22 Septembre 2017.

QUEZEL, P., SANTA, S. (1962-1963). *Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales*. Editions du centre national de la recherche scientifique.

OZENDA P., (1991). *Les organismes végétaux (végétaux supérieurs)*. Masson, Paris, 258 p.

PL@ntNet (2020). Identification par les images, Agropolis Fondation [11/2018], <https://plantnet.org>

PRELLI R., (2001). *Les Fougères et plantes alliées de France et d'Europe occidentale*. Ed. Belin, Paris, 432 p.

RAMEAU J-C., MANSION D. & DUNE G. (1993). *Flore Forestière Française. Guide écologique illustré 2 : Montagne*. Institut pour le Développement Forestier. 2421 p.

RAMEAU J-C., MANSION D., DUNE G., GAUBERVILLE C., BARDAT J., BRUNO E., & KELLER R. (2008). *Flore Forestière Française. Guide écologique illustré 3 : Région Méditerranéenne*. Institut pour le Développement Forestier, Ministère de l'Agriculture et de la pêche, 2426p

SAÏD A., HENNEQUIN S., ROUHAN G., DUBUISSON J. (2017). Disentangling the diversity and taxonomy of Hymenophyllaceae (Hymenophyllales, Polypodiidae) in the Comoros. *European Journal of Taxonomy* **313** : 1-53 pp. <https://doi.org/10.5852/ejt.2017.313>

UNG V., DUBUS G., ZARAGÜETA-BAGILS R. & VIGNES-LEBBE R. (2010). Xper²: introducing e-Taxonomy. *Bioinformatics*, **26(5)**: 703-704 pp. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp715>

VALDÉS B., T ALAVERA S., & FERNÂND EZ-GALIANO E., (1987). *Flora Vasculare de Andalucia Occidental*. Ketres, Barcelona, 485 p.

VIGNES-LEBBE R., CHESSELET P. & DIEP THI, M-H. (2015). *Xper3: nouveaux outils pour le travail collaboratif, la formation et la transmission des connaissances sur les phénotypes végétaux* in **DE RAKOTOARISOA, NOËLINE R., BLACKMORE, S. & RIERA, B. (edi.) (2014).** *Botanists of the twenty-first century: roles, challenges and opportunities*. Based on the proceeding of the UNESCO international conference « Botanists of the twenty-first century : roles, challenges and opportunities » held in September 2014 in Paris, France. 277 p.

WHEELER, Q.D., (2008). *The new taxonomy*. CRC Press Inc. New York, USA.

Cite internet:

<https://www.w3.org/TR/ws-arch/wsa.pdf>

<https://admin.efloramaghreb.org/>

<http://bioportal.bioontology.org/>

<http://floristic.org/productions/plantnet/>

<https://www.florenum.fr/>

<https://explore.recolnat.org/>

<https://tdwg2016.sched.com/event/8jvh/xper3-a-collaborative-descriptive-data-system-with-web-services#>

<http://scratchpads.eu/>

<https://www.xper3.fr/>

<http://www.xper3.fr/?language=en>

ANNEXES

Annexe 1

Liste des Taxons traités dans la base de connaissance.

FAMILLE	ESPECE
OPHIOGLOSSACEAE	<i>Ophioglossum lusitanicum</i>
	<i>Ophioglossum vulgatum</i> L.
	<i>Ophioglossum polyphyllum</i> A. Braun
	<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw.
ASPLENIACEAE	<i>Asplenium hemionitis</i> L.
	<i>Asplenium ceterach</i> L.
	<i>Asplenium trichomanes</i> subsp. <i>pachyrachis</i> (Christ) Lovis
	<i>Asplenium trichomanes</i> subsp. <i>quadrivalens</i> D.E. Mey.
	<i>Asplenium petrarchae</i> (Guérin) DC. subsp. <i>petrarchae</i>
	<i>Asplenium marinum</i> L.
	<i>Asplenium obovatum</i> subsp. <i>bilotii</i> (F.W. Schultz) O. Bolòs, Vigo, Masalles
	<i>Asplenium obovatum</i> subsp. <i>Obovatum</i>
	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i> L.
	<i>Asplenium ruta-muraria</i> L. subsp. <i>ruta-muraria</i>
	<i>Asplenium onopteris</i> L.
	<i>Asplenium foreziense</i> Le Grand
	<i>Asplenium aethiopicum</i> (Burm.f.) Bech. subsp. <i>aethiopicum</i>
	<i>Asplenium fontanum</i> (L.) Bernh.Mar
	<i>Asplenium seelosii</i> Leyb. subsp. <i>glabrum</i> (Litard.
	<i>Asplenium septentrionale</i> (L.) Hoffm. subsp. <i>septentrionale</i>
	<i>Asplenium viride</i> Huds.
	<i>Asplenium hispanicum</i> (Coss.) Greuter
	<i>Asplenium scolopendrium</i> L.
<i>Asplenium sagittatum</i> (DC.) Bange	
PTERIDACEAE	<i>Anogramma leptophylla</i> (L.) Link
	<i>Cosentinia vellea</i> subsp. <i>vellea</i>
	<i>Cosentinia vellea</i> subsp. <i>bivalens</i> (Reichst.) Rivas-Mart.
	<i>Notholaen marantae</i> (L.) R. Br. subsp. <i>marantae</i>
	<i>Cheilanthes hispanica</i> Metten
	<i>Cheilanthes pteridioides</i> (Reich.) Christ.
	<i>Cheilanthes acrostica</i> (Balb.) Tod.
	<i>Cheilanthes guanchica</i> Bolle
	<i>Cheilanthes tinaei</i> Tod.
	<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.
	<i>Pteris cretica</i> L.
	<i>Pteris vittata</i> L.
	MARSILEACEAE
<i>Marsilea minuta</i> L.	
<i>Marsilea aegyptiaca</i> Willd.	
<i>Pilularia minuta</i> Durieu ex A. Braun	
ISOETACEAE	<i>Isoetes velata</i> subsp. <i>adpersa</i> (A. Br.) Trab.
	<i>Isoetes velata</i> subsp. <i>dubia</i> (Genn.) Trab.
	<i>Isoetes velata</i> subsp. <i>perralderiana</i> (Dur. et Let.) Trab.

	Isoetes velata subsp. intermedia (Trab.) Maire et Weil.
	Isoetes velata subsp. velata
	Isoetes duriaei Bory
	Isoetes hystrix Durieu ex Bory
	Isoetes setacea Lam.
ATHYRIACEAE/ DRYOPTERIDACEAE	Dryopteris filix-mas (L.) Schott.
	Polystichum aculeatum (L.) Roth
	Dryopteris pallida (Bory) Maire
	Dryopteris submontana (Fraser-Jenk.
	Dryopteris affinis (Lowe) Fraser-Jenk.
	Polystichum setiferum (Forssk.) T. Moore ex Woyn.
	Polystichum lonchitis (L.) Roth
OSMUNDACEAE	Osmunda regalis L.
DAVALLIACEAE	Davallia canariensis (L.) Sm.
SALVINIACEAE	Salvinia natans (L.) All.
	Azolla filiculoides Lam.
	Azolla mexicana Schtdl.
WOODSIACEAE	Cystopteris fragilis (L.) Bernh.
	Cystopteris viridula (Desv.) Desv.
	Cystopteris alpina (Lam.) Desv.
	Cystopteris dickieana R. Sim
	Athyrium filix-femina (L.) Roth
BLECHNACEAE	Blechnum spicant (L.) Roth
SELAGINELLACEAE	Selaginella denticulata (L.) Link.
	Selaginella balansae (A. Braun) Hieron.
CYSTOPTERIDACEAE ;WOODSIACEAE	Gymnocarpium robertianum (Hoffm.) Newm.
POLYPODIACEAE	Polypodium cambricum L. subsp. cambricum
	Polypodium interjectum Shivas
	Polypodium vulgare L. subsp. vulgare
DENNSTAEDTIACEAE	Pteridium aquilinum (L.) Kuhn subsp. aquilinum
THELYPTERIDACEAE	Cyclosorus interruptus (Willd.) H. Itô
	Christella dentata (Forssk.) Brownsey
	Thelypteris palustris Schott
NEPHROLEPIDACEAE	Nephrolepis exaltata (L.) Schott
Equisetaceae	Equisetum arvense L
	Equisetum fluviatile L
	Equisetum hyemale L
	Equisetum ramosissimum Desf
	Equisetum telmateia Ehrh
	Equisetum ×moorei Newman

Annexe 2

Capture d'écran comparaison de la performance des critères pour les genres
 En bleu Claire critère performant (discriminant), en rose discrimination partielle, en
 rouge Pas de Discrimination

Xper3 - Comparaison de groupes - Avast Secure Browser																
xper3.fr/matrix																
Personnages - Comparaison de groupes																
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6	Group 7	Group 8	Group 9	Group 10	Group 11	Group 12	Group 13	Group 14	Group 15	Group 16
1. Whiskers																
2. Stubby																
3. Longueur de la queue																
4. Hauteur de l'oreille au crâne																
5. Hauteur du cou au milieu du corps																
6. Hauteur du cou au milieu du corps																
7. Hauteur du cou au milieu du corps																
8. Hauteur du cou au milieu du corps																
9. Hauteur du cou au milieu du corps																
10. Hauteur du cou au milieu du corps																
11. Hauteur du cou au milieu du corps																
12. Hauteur du cou au milieu du corps																
13. Hauteur du cou au milieu du corps																
14. Hauteur du cou au milieu du corps																
15. Hauteur du cou au milieu du corps																
16. Hauteur du cou au milieu du corps																
17. Hauteur du cou au milieu du corps																
18. Hauteur du cou au milieu du corps																
19. Hauteur du cou au milieu du corps																
20. Hauteur du cou au milieu du corps																

Titre : construction d'une clé multicritères Xper3 pour les ptéridophytes du Maghreb

Résumé : Experts en botaniques, naturalistes amateurs et citoyens scientifiques doivent avoir accès à la morphologie et l'anatomie des plantes. Cette information est obligatoire pour la taxonomie, l'ethnobotanique, l'écologie ou les études phylogénétiques. Le mode de travail en botanique a évolué ces dernières années de façon à faciliter l'identification des taxons. Les clés dichotomiques sont l'outil traditionnel utilisé pour faire l'identification des taxons. Mais des outils plus puissants existent depuis le développement de logiciels dédiés à la description taxonomique et à l'identification assisté par Ordinateur. Il s'agit des clés multicritères qui reposent sur une matrice taxons/critères. Ces clés constituent un outil efficace pour la formation à la biodiversité: pour l'observation et la pratique de l'inventaire en utilisant les touches d'accès libre existant et résumer les connaissances sur un groupe taxonomique. Nous avons utilisé dans cette étude Xper3 (Une plateforme collaborative de gestion de données de biodiversité qui permet la formalisation, le stockage et la comparaison automatisée des phénotypes) pour créer une clé d'identification des ptéridophytes d'Afrique du Nord (Maroc, Algérie et Tunisie). Cette clé ou cette base de connaissance contient de 83 éléments (espèce) avec 19 descripteurs qui représentent les caractères des éléments ou des taxons.

Les mots clés : Morphologie, taxonomie, clés dichotomique, matrice, plateforme, Xper3, Ptéridophytes, base de connaissance, Afrique de Nord, descripteur.

ملخص: يجب أن يتمكن خبراء النبات وخبراء الطبيعة الهواة والأشخاص المهتمين بهذا المجال من التوصل إلى مورفولوجي (علم التشكل) النباتات. هذه المعلومات من الواجب معرفتها لأنها مطلوبة للدراسات التصنيفية أو علم النبات العرقي أو البيئة أو علم الوراثة. شهد علم النبات في السنوات الأخيرة تطورا في آليات وطريقة العمل و ذلك بهدف تسهيل تحديد الأصناف. المفاتيح ثنائية التفرع هي الأداة التقليدية المستخدمة لتحديد الأصناف. ولكن منذ تطوير البرمجيات المخصصة للوصف التصنيفي بمساعدة الحاسوب أصبح هناك أدوات أكثر قوة. هذه المفاتيح متعددة المعايير تستند إلى مصفوفة صنف/ معيار. تشكل هذه المفاتيح أداة فعالة لمعرفة على التنوع البيولوجي: من أجل مراقبة وممارسة الجرد باستخدام المفاتيح المجانية الموجودة وتلخيص المعلومات حول مجموعة تصنيفية معينة. لقد استعملنا في هذه الدراسة Xper3 (عبارة عن منصة تعاونية لإدارة بيانات التنوع البيولوجي تسمح بالتخزين والمقارنة الألية للأنماط الظاهرية) من أجل إنشاء مفتاح لتحديد les ptéridophyte الموجودة في شمال إفريقيا (المغرب والجزائر وتونس). يحتوي هذا المفتاح أو هذه القاعدة على 83 نوعًا مع 19 واصفًا يمثلون مميزات العناصر أو الأصناف.

الكلمات المفتاحية : مورفولوجي, الدراسات التصنيفية, المفاتيح ثنائية التفرع, مصفوفة القاعد, شمال إفريقيا, مميزات.

Title: construction of a multicriteria key Xper3 for pteridophytes of the Maghreb

Abstrat : Botanical experts, amateur naturalists and citizen scientists must have access to the morphology and anatomy of plants. This information is required for taxonomy, ethnobotany, ecology or phylogenetic studies. The way of working in botany has evolved in recent years to facilitate the identification of taxa.

Dichotomous keys are the traditional tool used to identify taxa. But more powerful tools have existed since the development of software dedicated to taxonomic description and computer-assisted identification. These are multi-criteria keys which are based on a taxa / criteria matrix. These keys constitute an effective tool for biodiversity training: for the observation and the practice of the inventory using the existing free access keys and to summarize the knowledge on a taxonomic group. In this study, we used Xper3 (a collaborative biodiversity data management platform that allows formalization, storage and automated comparison of phenotypes) to create a key to identify pteridophytes in North Africa (Morocco, Algeria and Tunisia). This key or this knowledge base contains 83 elements (species) with 19 descriptors which represent the characters of the elements or taxa.

Keywords : Morphology,, taxonomy, dichotomous keys, matrix, platform, Xper3, Pteridophytes, knowledge base, North Africa, descriptor.