



HAL
open science

De l'inventaire de la biodiversité aux priorités de conservation dans le hotspot du bassin méditerranéen : peut-on combler les déficits de connaissance ?

Errol Véla

► To cite this version:

Errol Véla. De l'inventaire de la biodiversité aux priorités de conservation dans le hotspot du bassin méditerranéen : peut-on combler les déficits de connaissance ?. Sciences de l'environnement. Université Montpellier, 2017. tel-01678131

HAL Id: tel-01678131

<https://hal.science/tel-01678131>

Submitted on 8 Jan 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

Université de Montpellier



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme
d'Habilitation à Diriger des Recherches

De l'inventaire de la biodiversité aux priorités de conservation dans le hotspot du bassin méditerranéen : peut-on combler les déficits de connaissance ?

Errol VELA

Maître de Conférences,
Département Biologie & Écologie, UMR AMAP
(Botanique et Modélisation de l'Architecture des Plantes et des végétations)

Soutenu publiquement le 7 décembre 2017

Devant le jury composé de :

Frédéric Médail, Pr Aix-Marseille Université, IMBE (France) – Président du jury
Gianluigi Bacchetta, Pr Università di Cagliari, CCB, Sardaigne (Italie)
Salima Benhouhou, Pr Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger (Algérie)
Magda Bou Dagher Kharrat, Pr Université St-Joseph, Beyrouth (Liban)
Olivier Thaler, MC Université de Montpellier, DGIMI (France)
Joan Vallès, Pr Universitat de Barcelona, Laboratori de Botànica (Catalogne / Espagne)

Et comme rapporteurs préliminaires :

John Thompson, DR Centre National de la Recherche Scientifique, CEFE, Montpellier
(France) ; Gianluigi Bacchetta ; Joan Vallès.

Résumé des thèmes de recherche et des projets :

Naturaliste de terrain, mes recherches doctorales en écologie végétale ont concerné la biodiversité des milieux ouverts méditerranéens, menées parallèlement avec une activité professionnelle en bureau d'études. Cette connaissance de la botanique, élargie à toute la Méditerranée occidentale, m'a par la suite permis de rédiger des chapitres d'ouvrages (monographies, clés de détermination, index synonymiques, catalogues) sur la flore de France et d'Afrique du Nord, puis du Proche-Orient.

En collaboration avec diverses équipes européennes et des chercheurs maghrébins, j'ai entrepris des travaux concernant de nouveaux axes de recherche (systématique intégratrice, biogéographie et phylogénie). J'ai diversifié les modèles biologiques (mollusques) et assimilé de nouvelles méthodes (biochimie, génétique moléculaire). Diverses espèces endémiques ont servi de modèles intégrateurs que nous étudions à tous niveaux, depuis l'inventaire et la conservation in situ, jusqu'aux origines phylogénétiques et paléo-écologiques de l'endémisme, travaux effectués dans le cadre de plusieurs thèses de doctorat auxquelles j'ai participé et/ou que j'ai co-dirigées.

Au sein de l'U.M.R. AMAP, j'ai collaboré avec Tela Botanica au projet PI@ntNet (<https://plantnet.org/>) qui se poursuit à travers le projet Floris'Tic (<http://floristic.org/>), avec des activités consacrées à la flore d'Afrique du Nord et du Proche-Orient. J'ai recentré mes recherches vers la botanique descriptive et le catalogage de la biodiversité, à travers l'animation de réseaux collaboratifs et l'utilisation d'outils informatiques de stockage d'informations et d'identification taxonomique sur la flore méditerranéenne. Je me concentre sur la description de la biodiversité méconnue dans le hotspot méditerranéen, combinant approches classiques (morphologiques) et modernes (moléculaires).

Mon projet de recherche consiste à poursuivre la dynamique que j'ai initiée depuis une douzaine d'années. Ce projet traite de biogéographie, taxonomie et conservation au service de la connaissance, protection et valorisation de la biodiversité en Méditerranée, particulièrement dans les pays des rives sud et est. Il vise à moyen et long termes à participer au comblement du déficit taxonomique dans des zones de point-chauds de la biodiversité et de points-froids de connaissance, comme le Maghreb et le Proche-Orient méditerranéens. L'objectif est la réappropriation, par le corps scientifique maghrébin et proche-oriental, d'une longue et riche histoire de la connaissance de la biodiversité, partiellement interrompue depuis un demi-siècle, et dont les collections historiques des herbiers de Montpellier (MPU), Paris (P), Genève (G) ou Barcelone (B) en sont la précieuse mémoire. Le projet puise sa cohérence régionale à travers une convergence biogéographique naturelle et intègre toutes les disciplines depuis l'inventaire de la biodiversité jusqu'aux outils d'aide à la décision.

Le projet s'articule autour de trois objectifs :

- 1) Amélioration et capitalisation des connaissances fondamentales sur la botanique méditerranéenne au Maghreb et au Proche-Orient ;
- 2) Formation et assistance, dans les pays du Sud, d'équipes de terrain, mêlant professionnels et amateurs ;
- 3) Production d'outils d'identification pratiques, classiques ou modernes, adaptés aux besoins des botanistes et écologues.

1. Avant-propos

Cette version du mémoire est une version améliorée après la soutenance dans le but d'être diffusée. Elle a ainsi été corrigée des inévitables coquilles ou erreurs de la version soumise, améliorée en réponse aux remarques des rapporteurs et examinateurs, et enrichie de quelques idées et explications présentées à l'oral en complément de l'écrit. Pour cette même raison la première partie, très administrative, contenant mon curriculum vitae et la liste détaillée de mes activités de recherche, d'encadrement et d'enseignement, a été retirée. Le but principal de cette version est en effet de diffuser la synthèse de mes travaux concernant la biodiversité méditerranéenne et le projet de recherche que je me propose d'envisager pour l'avenir à court et moyen termes.

Néanmoins quelques éléments de carrière nécessaires à la bonne compréhension de mon expérience sont rappelés ici :

- Nom, prénom, naissance : Véla, Errol, 1975 à Marseille.
- Doctorat « Biosciences de l'environnement » en 2002 : Université Paul Cézanne d'Aix-Marseille-3, à l'Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie (IMEP) sur le thème « Biodiversité des milieux ouverts en région méditerranéenne : le cas de la végétation des pelouses sèches du Lubéron (Provence calcaire) ».
- Sept. 1999 à Mars 2001 : Service national civil au Parc Naturel Régional du Lubéron (Apt, Vaucluse) : Réalisation d'une synthèse écologique et d'une cartographie phytosociologique préliminaire du territoire du Parc du Lubéron, en collaboration avec l'A.I.A.B. (Association d'Informatique Appliquée à la Botanique).
- Avril 2001 à Oct. 2003 : Chargé de missions de l'unité « gestion des milieux naturels » à Hémisphères (S.A.S., Marseille / Aix-en-Provence).
- Nov. 2003 à Avril 2006 : Responsable du pôle « flore et habitats » à ECO-MED (Écologie et Médiation, S.A.R.L., Aix-en-Provence / Marseille).
- Sept. 2006 à Août 2008 : Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche (ATER) à l'Université Paul Cézanne (Aix-Marseille 3) et à l'Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie (IMEP).
- Depuis Sept. 2009 : Maître de Conférences à l'Université de Montpellier (ex-Montpellier 2). Intitulé du poste : « Expertise environnementale et valorisation de la biodiversité ». Enseignement à la Faculté des Sciences : département « Biologie – Écologie ». Recherche à l'unité mixte AMAP « botanique et Modélisation de l'Architecture des Plantes et des végétations » (CIRAD / CNRS / INRA / IRD / UM).

Bourses et autres dispositions particulières :

- Juin 2011 et Oct.-Nov. 2013 : Programme Averroes-3 (Erasmus Mundus), mobilité du personnel académique, à l'Université A. Mira de Bejaia (Algérie), accueil au laboratoire d'Écologie et d'Environnement (dir. Pr. Aïssa Moali), « Biodiversité et diagnostic de territoire : enjeux et méthodes à travers l'exemple de la flore de Kabylie (Algérie) » (2 x 15 jours).
- Mars-Août 2014 : Congé pour Recherche ou Conversion Thématique (CRCT) de l'Université Montpellier 2 à l'UMR AMAP, « botanique et taxonomie au service de la connaissance, de la protection et de la valorisation de la biodiversité en Algérie et Tunisie ».

- Sept. 2014 à Août 2015 : Délégation CNRS à mi-temps (UMR AMAP), « Inventaire de la biodiversité et priorités de conservation dans le hotspot méditerranéen : vers un comblement du déficit taxonomique en Afrique du Nord ? ».

Responsabilités associatives scientifiques :

- Coordinateur de l'autorité de la Liste Rouge des plantes méditerranéennes pour l'UICN (Málaga) : 2014-2020.
- Ancien administrateur et membre du conseil scientifique et technique de Tela Botanica (Montpellier) : 2013-2015 et 2009-2016.
- Ancien membre du comité de recherche et de gestion de l'initiative PIM « Petites Iles de Méditerranée » (Aix-en-Provence) : 2006-2016.
- Ancien membre du conseil de la Société Botanique de France (Paris) : 2009-2014.
- Ancien président de la Société linnéenne de Provence (Marseille) : 2002-2003.

Responsabilités éditoriales :

- Rédacteur en chef (2008-2017) : Création d'une revue électronique consacrée à la faune et à la flore d'Afrique du Nord, « Poiretia, la revue naturaliste du Maghreb » (<http://poiretia.maghreb.free.fr/>).
- Rédacteur associé (2012-2015) : « Acta Botanica Gallica: botany letters » (Société Botanique de France, Paris), tous les aspects de la botanique (morphologie, cytologie, génétique, écologie, physiologie, pathologie, biotechnologie, etc.).
- Comité de lecture de revues scientifiques : Bulletin de la Société linnéenne de Provence, Ecologia Mediterranea, Acta Botanica Gallica, Journal de Botanique de la S.B.F., Revue d'Ecologie (la Terre et la Vie), Flora Mediterranea, Biocénoses, Journal of Threatened Taxa, etc.
- Autres relectures occasionnelles : Biologia, Sécheresse, Comptes Rendus Biologies, Journal of Material and Environmental Sciences, Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, Plant Biosystems, Annals of Forest Science, Annals of Botany, Journal of Biogeography, Flora, Phytotaxa.

Je tiens à remercier toutes les personnes, famille, amis, collègues et étudiants qui, de près ou de loin, ont partagé cette aventure et contribué à la rendre possible et si agréable. Je remercie mon unité mixte de recherche, l'AMAP, pour sa prise en charge financière de la soutenance. Je remercie les rapporteurs et membres du jury d'avoir accepté de juger mon travail et de me conseiller.

Je dédie ce travail à mon ami Sébastien Della-Casa qui, le premier, m'a fait connaître l'existence du diplôme d'HDR, nous étions au collège... tu en as rêvé, je l'ai fait ! ☺

Spéciale dédicace à mon papa. Qu'il repose en paix.

A ma mère, à ma sœur, à ma femme, à ma fille...

Merci la Vie.

2. Synthèse : de l'expertise naturaliste à la recherche scientifique

L'ensemble de mes recherches dans le hotspot méditerranéen peut se synthétiser selon trois axes : l'inventaire de la biodiversité, la compréhension de son fonctionnement, sa description taxonomique. Elles concernent essentiellement le groupe des plantes vasculaires (Trachéophytes) mais peuvent parfois s'élargir à d'autres groupes taxonomiques, notamment dans le cadre de collaborations (par exemple les Gastéropodes terrestres et plus rarement les Lichens ou encore les Bryophytes).

2.1. L'exploration naturaliste des territoires

La connaissance de la biodiversité et des territoires commence par leur inventaire. L'inventaire de la biodiversité dans un territoire donné est un exercice stimulant, mêlant curiosité géographique et démarche scientifique. Mais il nécessite de l'expérience, de la compétence et de la méthode pour réussir l'observation et la reconnaissance des taxons et en approcher l'exhaustivité.

2.1.1. L'inventaire de la biodiversité

Quel que soit le territoire donné, il y a toujours une échelle à partir de laquelle la biodiversité est mal connue. A titre d'exemple :

- Dans les secteurs très bien connus, on s'attèlera à suivre l'évolution dans le temps d'une biodiversité déjà correctement inventoriée.
- Dans les régions bien connues mais sans excès, il s'agira principalement d'inventorier certaines parcelles où sont envisagés des projets d'aménagements ou des programmes de suivis scientifiques.
- Dans les régions globalement assez bien connues mais pas dans le détail, on réalisera des inventaires locaux à la recherche de taxons encore jamais observés et qui viendront agrandir les listes de présence.
- Enfin, dans les pays les moins connus, il est encore possible et même souhaitable de se concentrer sur la recherche de taxons jamais observés et par conséquent encore jamais décrits.
- Mais dans toutes ces situations, un travail de routine consiste à ré-investiguer en continu l'affiliation taxonomique de ce qui est déjà connu, afin de repérer des taxons mal identifiés et/ou des espèces cryptiques confondues jusqu'alors (espèces jumelles ou groupes complexes).

A une échelle très locale, des inventaires très précis sur des placettes repérées de façon durable (marquage permanent et/ou géolocalisation haute définition) sont nécessaires à la réalisation de suivis à moyen et long terme. C'est ce que l'on appelle « l'état initial » ou « inventaire T0 ». C'est l'étape clé des suivis visant à surveiller l'évolution de la biodiversité dans le temps, que ce soit en fonction d'un impact anthropique à court terme, de la dynamique naturelle à moyen terme ou de changements climatiques à long terme.

Nous avons déployé ce genre d'inventaires dans le cadre de suivis pluriannuels de mesures agro-environnementales (voir § 2.2.1.), dans le cadre d'études d'impact sur l'environnement (études réglementaires réalisées par des bureaux d'études professionnels), mais aussi dans le cadre de l'objectif « *Terra cognita* » de l'initiative pour les petites îles de Méditerranée (dite « initiative PIM ») du Conservatoire du Littoral français. Ce dernier objectif consiste à développer la connaissance naturaliste des petites îles et îlots oubliés des côtes de Méditerranée occidentale en vue de leur prise en compte par un réseau mixte national et international de gestionnaires (figure 2).



Figure 2. Capture d'écran centrée sur les côtes algériennes et tunisiennes d'après la base de données PIM [www.initiative-pim.org ; consultée le 24 avril 2017]. Les archipels sont des cercles marqués de rouge. Les cercles remplis d'un nombre sont des agrégats d'îlots en fonction de l'échelle de représentation. (cf. Fig. 1, in Véla & Pavon 2013)

Dès les premières expéditions, ces inventaires ont permis la découverte de plusieurs espèces jamais signalées en Tunisie et en Algérie (figure 3 ; Pavon & Véla 2011 ; Véla, Bougaham & Moulaï 2012 ; Véla & Pavon 2013 ; Véla 2017). Elles ont aussi permis de refaire la lumière sur des taxons endémiques méconnus, jamais revus depuis leur description, jamais illustrés par photographie et dont la taxonomie demeure mal résolue (figure 4 ; Véla, Saatkamp & Pavon 2014).

D'autres types d'inventaires, moins ciblés et moins exhaustifs, effectués sur un mode plus routinier, mais concernant de plus grands territoires, apportent néanmoins leur lot de découvertes. Certaines viennent seulement modifier les catalogues régionaux, mais d'autres viennent allonger les listes nationales. Or c'est à partir de ces dernières que les flores nationales sont élaborées, d'où l'importance de leur mise à jour.

Dans les régions historiquement assez bien connues mais un peu délaissées ces dernières décennies, les signalements nouveaux concernent surtout les xénophytes, plantes introduites et/ou envahissantes qui apparaissent en nombre toujours plus grand dans les milieux anthropisés, qu'ils soient agricoles ou urbains. La mise à jour des listes de xénophytes est un travail qui vient seulement d'être entamé en Algérie, Tunisie et Libye (Véla 2013a ; Véla 2013b ; Véla, Rebbas et al. 2013).



Figure 3. *Allium commutatum* sur « l'ilot à l'ail » près de Béjaia le 11 juillet 2011, premier signalement de l'espèce en Algérie (photo R. Moulaï, cf. fig. 17, in Véla & Pavon 2013).



Figure 4. *Asteriscus maritimus* subsp. *sericeus* sur l'archipel des Habibas près d'Oran le 1^{er} mai 2006, une endémique micro-insulaire algérienne jamais photographiée auparavant (cf. fig. 26, in Véla & Pavon 2013).

Dans les régions historiquement mal connues et notamment les secteurs riches mais encore jamais prospectés, la découverte d'espèces nouvelles pour nos listes mais parfaitement indigènes et présentes depuis toujours revêt une importance non négligeable. C'est dans des territoires autrefois difficiles d'accès (absence de routes, situation politique instable) qu'il est aujourd'hui possible d'observer de telles espèces (cf. § 3.1.3.).

C'est le cas dans des pays vastes et mal connus comme l'Irak (Véla, Youssef & Mahmood 2013 ; Youssef, Mahmood et al. 2015 ; Youssef, Mahmood & Véla 2017 ; Youssef, Mahmood et al., 2017), où

l'influence du biome méditerranéen atteint le piémont sud des montagnes du Zagros dans le nord du pays (Kurdistan méridional). C'est aussi le cas dans divers petits secteurs négligés du point chaud régional « Kabylie-Numidie-Kroumirie » (Véla & Benhouhou 2007), notamment dans les secteurs frontaliers où l'accès est encore réglementé aujourd'hui (Véla, Telaïlia et al. 2012 ; Véla & de Bélair 2013) et dans des secteurs marécageux ou accidentés où la progression est désormais facilitée par l'existence de routes et de pistes (De Bélair & Véla 2011 ; Hamel & Boulemtafès 2017). C'est encore le cas dans les massifs littoraux frontaliers de l'Oranie qui appartiennent au hotspot bético-rifain (Médail & Quézel 1997) comme le massif des Traras où ont été découvertes plusieurs espèces initialement connue sur le versant marocain des Beni-Snassène ou du Rif (Medjahdi, Ibn Tattou et al. 2009 ; Sekkal, Hadjadj-Aoul & Véla 2018).

Mais les découvertes d'ordre chorologique voire taxonomique ne se limitent pas aux situations a priori favorables énoncées ci-dessus. Le hasard des prospections et l'expérience du naturaliste aboutissent encore parfois à la découverte de taxons non formellement décrits (figures 5 et 6) voire jamais observés (figure 6) dans des régions pourtant fameuses et parcourues de longue date comme les calanques de Marseille (Viglione & Véla 1999 ; Pavon, Michaud et al. 2015) ou celles de Béjaïa en Kabylie (Ouarmim, Dubset & Véla 2013).



Figure 5 (à gauche). *Erysimum cheiri* subsp. *inexpectans* en fleurs le 9 mars 2011 au Cap Bouak à Béjaïa, Algérie (cf. fig. 8, in Ouarmim, Dubset & Véla 2013).

Figure 6 (à droite). *Orobanche staehelinae* en fleurs au pied de sa plante hôte *Staehelina dubia*, le 26 mai 2013 au col de la Gardiole, Parc National des Calanques, Marseille, France (cf. fig. 1, in Pavon, Michaud et al. 2015).

2.1.2. Synthèses territoriales et enjeux de conservation

Lorsque les inventaires s'accumulent, et surtout lorsque les auteurs, les méthodes d'échantillonnage et les outils d'identification sont différents, il devient nécessaire d'effectuer des synthèses. Ces synthèses permettent d'harmoniser des données taxonomiques hétérogènes et de cumuler des listes de taxons pour estimer la biodiversité d'un territoire donné. Si la précision et la quantité des données sont suffisantes, elles permettent aussi d'évaluer les enjeux de conservation des différentes parties du territoire et ainsi de les hiérarchiser :

- A échelle locale, les études d'impact avant-projet ou les plans de gestions cherchent à caractériser et hiérarchiser les enjeux de conservation d'un site.
- A échelle plus large, par exemple nationale, la méthodologie ZIP mise en place par Plant Life et soutenue par l'UICN tend à devenir un standard international.
- Enfin à l'échelle globale ou macro-régionale (écorégions), l'approche la plus répandue est celle des hotspots de biodiversité.

La reconnaissance de l'ensemble du bassin méditerranéen comme hotspot à l'échelle globale a été basée sur la distinction d'une dizaine de hotspots régionaux disséminés sur les trois rives, européenne, asiatique et africaine (Médail & Quézel 1997). Une analyse plus poussée des données bibliographiques disponibles nous a permis de mettre au jour un 11^e hotspot régional oublié, celui des Kabyliés-Numidie-Kroumirie localisé en Afrique du Nord (Véla & Benhouhou 2007). Je propose ici (figure 7) d'en reconnaître un 12^e sur la côte Dalmate en Croatie, idée déjà suggérée en 2007 et renforcée peu après par les travaux de Nikolić, Antonić et al. (2008) et Jelaska, Nikolić et al. (2010) : l'importance de l'endémisme sur les îles méridionales et la diversité spécifique des îles septentrionales, confrontées au développement touristique et urbanistique du littoral continental ces deux dernières décennies me paraissent justifier ce classement. Cette région correspond globalement au corridor « Adriatique orientale » (*Eastern Adriatic*) du CEPF (Derneği 2010).

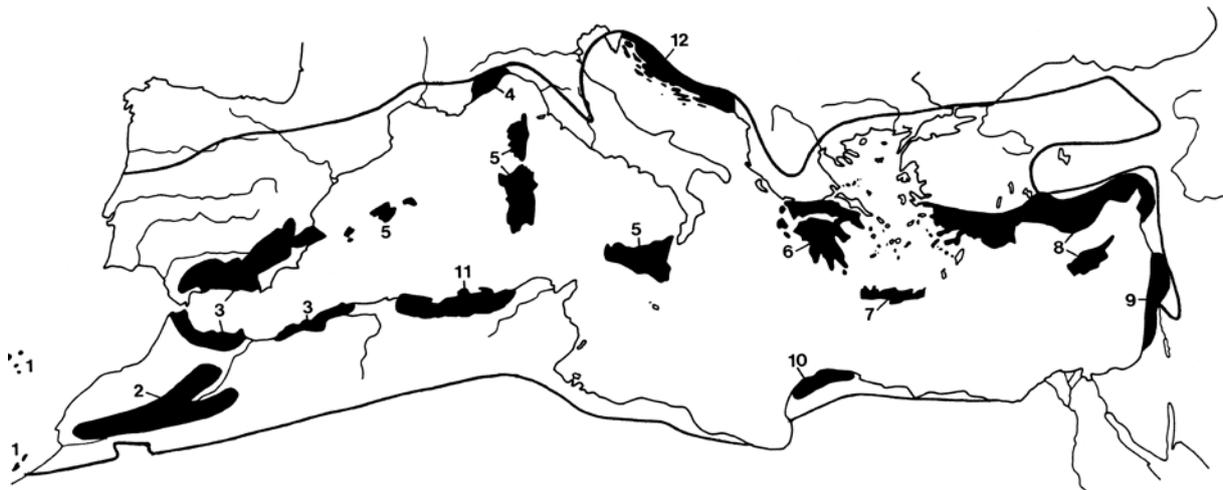


Figure 7. Le hotspot global du bassin méditerranéen et ses hotspots régionaux : reconnaissance du 11^e hotspot « Kabyliés-Numidie-Kroumirie » en Afrique-du-Nord et du 12^e hotspot « Dalmatie » (*Dalmatia*) en Mer Adriatique (modifié d'après Médail & Quézel 1997 et Véla & Benhouhou 2007).

A l'échelle multi-nationale, la définition des Zones Importantes pour les Plantes (*Important Plant Areas*) ou ZIP (*IPA*) dans chacun des pays des rives sud et est de la Méditerranée a été initiée en 2011 (Radford, Catullo & De Montmollin 2011). Nous avons réalisé la partie concernant l'Algérie (Yahi, Véla et al. 2012), nécessitant en cela une légère modification des critères standards (Anderson 2002 ; Plantlife International 2004) mal adaptés aux territoires très riches en endémisme et mal connus comme l'Afrique-du-Nord. Ainsi le critère A, traditionnellement basé sur la présence d'espèces menacées au niveau global selon les catégories de l'UICN (2001), a été élargi à la notion d'espèce dites « déterminantes » (*trigger species*). A défaut d'évaluation du statut de menace global ou national de toute ou partie suffisante de la flore vasculaire des pays concernés, nous avons pris en considération la présence d'espèces endémiques ponctuelles (*site-restricted endemic*, i.e. aire de distribution < 100 km²), endémiques à aire restreinte (*range restricted endemic*, i.e. aire de

distribution comprise entre 100 et 5000 km²) peu fréquentes, ou d'espèces qualifiées de rares ou très rares dans les flores de référence et donc possiblement menacées à l'échelle nationale. Grâce à cette première synthèse partielle, basée sur un mélange de bibliographie ancienne et de données de terrain inédites, nous avons pu proposer 22 ZIP pour la partie méditerranéenne de l'Algérie.

Un certain nombre de travaux récents voire encore en cours, basés sur des inventaires de terrain dans des zones méconnues ou négligées du nord de l'Algérie (Laribi, Véla et al. 2016 ; Bouchibane, Véla et al. 2017 ; Miara 2017 ; Khenouf, Chefrour et al. – soumis ; etc.), ainsi qu'une analyse bibliographique et herbariologique plus poussée, nous incitent à proposer un nombre de ZIP d'ores et déjà étendu à 39 (Benhouhou, Yahi & Véla 2018 ; figure 8) et à terme plus de 50 (E. Véla – données inédites).

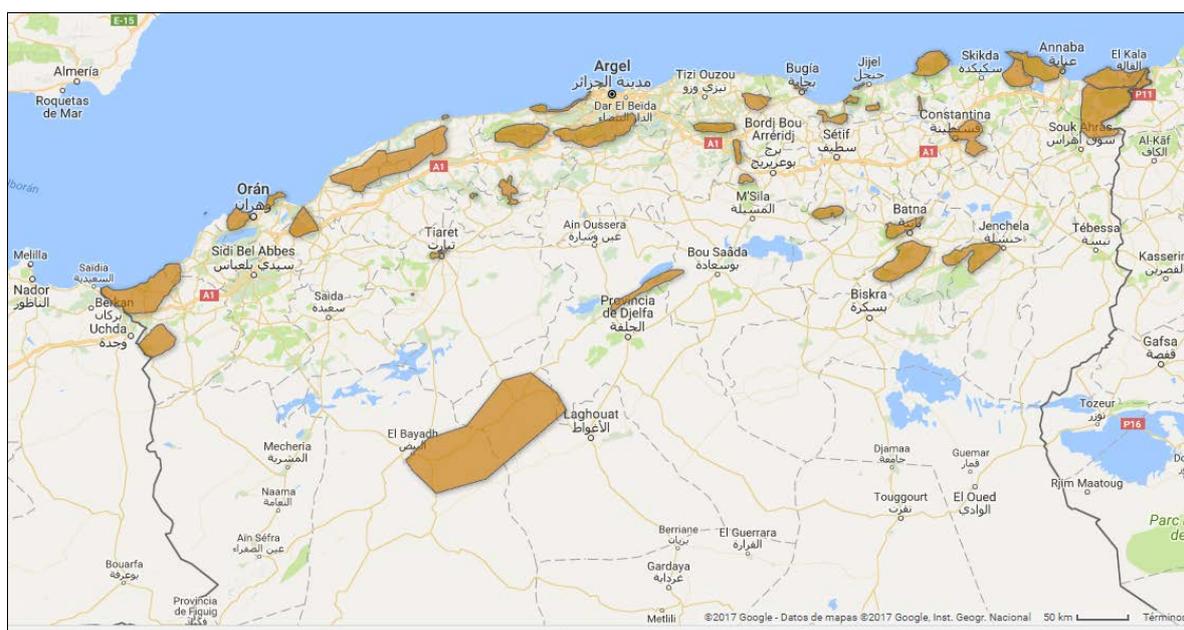


Figure 8. Localisation des 39 ZIP (zones importantes pour les plantes) du nord de l'Algérie (cf. « Map of Mediterranean KBAs », in Benhouhou, Yahi & Véla 2018).

Les zones importantes pour les plantes, et autres zonages à caractère scientifique mais non législatif (zones importantes pour les oiseaux, zones clés pour la biodiversité, etc.), peuvent également servir à évaluer la pertinence du réseau d'aires protégées d'un territoire donné. C'est ce que nous avons réalisé au Liban, en confrontant également le réseau existant aux informations géographiques susceptibles de déterminer la diversité des écosystèmes et de la biodiversité : étages bioclimatiques, types de sol, mode d'occupation du sol (El-Hajj, Khater et al. 2017). Dans un contexte où le classement des aires protégées s'est le plus souvent réalisé progressivement par une succession d'opportunités politiques ou sociétales, il s'agit surtout de proposer une démarche objective, basée sur une combinaison de descripteurs écologiques et socio-économiques, permettant de diagnostiquer les zones négligées et donc potentiellement prioritaires en termes de classement à moyen terme.

Mais les synthèses ne se limitent pas à des portions spatialisées d'un territoire. Il est indispensable de réaliser à intervalle de temps variable selon les besoins et les opportunités, des synthèses taxonomiques à l'échelle nationale. Ces référentiels taxonomiques sont indispensables pour gérer des bases de données compilant des données historiques et modernes très hétérogènes et pour

gérer les relations entre diverses bases à l'échelle internationale. Parallèlement à la réalisation de l'index synonymique et bibliographique d'Afrique du Nord (Dobignard & Chatelain 2010-2013) et indépendamment de celui-ci, nous avons proposé un référentiel complet pour la flore vasculaire de Tunisie (Le Floch, Boulos & Véla 2010). C'est le type de travail indispensable dans le cas d'un projet de réalisation d'une nouvelle flore nationale, en Tunisie ou ailleurs. A une échelle moins poussée, la révision de groupes taxonomiques donnés, comme une famille ou un genre, se base sur des synthèses critiques comparables et aboutissent à des checklists pouvant servir de base à la réalisation d'une monographie et/ou d'un chapitre de flore nationale. La synthèse de mes travaux et ceux de mes collaborateurs sur les orchidées méditerranéennes a ainsi pu être matérialisée par de telles réalisations concernant la France (Tison & Véla 2014a, 2014b ; Véla & Tison 2014a, 2014b), la Tunisie (Martin, Ouni & Véla 2015), ou encore le Liban (Véla & Viglione 2015).

A propos du Liban, j'ai pu participer, à la demande de l'université Saint-Joseph à Beyrouth, à la mise en forme numérique d'un référentiel taxonomique « a minima » de la flore du Liban, basé sur la flore de Mouterde (1966-1984). Le but a été d'intégrer ce référentiel au Carnet en Ligne [www.tela-botanica.org/page:cel] développé par Tela Botanica afin que les observateurs libanais puissent saisir leurs observations. Ce premier référentiel Liban (LBF), très simplifié, avec un seul nom disponible par taxon et aucune gestion des synonymes devra être optimisé sur le modèle de ceux développés pour la France métropolitaine (BDTFX) et l'Afrique du Nord (ISFAN).

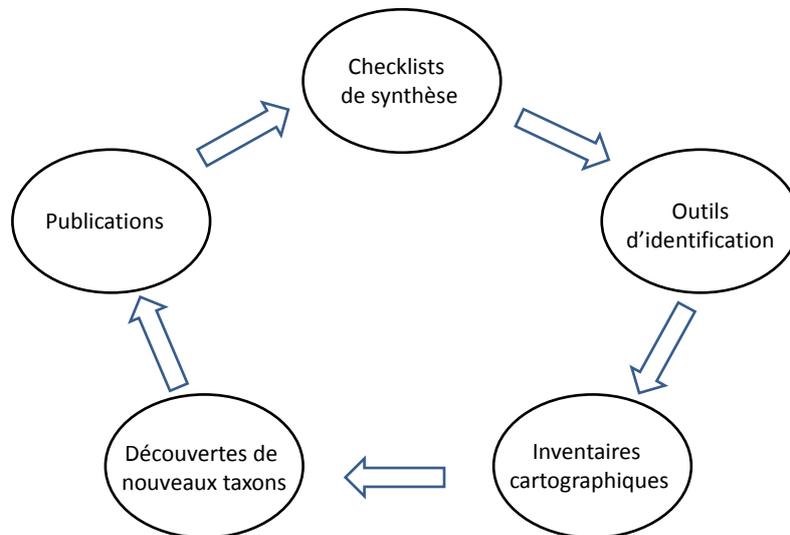


Figure 9. Cercle vertueux de la connaissance de la biodiversité : chaque étape clé suggère fortement la réalisation de l'étape suivante, dans un ordre préférentiel.

Il n'y a pas de point de départ idéal pour initier une telle série vertueuse, mais quel que soit le point d'entrée dans le cycle, chaque étape suscite la réalisation d'une autre étape dans un ordre non obligatoire mais fortement logique (figure 9).

2.1.3. La description de la biodiversité cryptique

La description de la biodiversité cryptique est celle qui consiste à décrire un taxon nouveau, non pas parce qu'un tel type de plante n'avait jamais été rencontré auparavant, mais parce qu'il avait été assimilé de manière erronée à un taxon déjà décrit. Cela consiste donc à réexaminer attentivement et le plus souvent avec des techniques nouvelles et/ou un échantillonnage plus poussé les plantes concernées et toutes celles avec lesquelles elles ont été assimilées, à raison ou à tort. Contrairement à une idée reçue, le nombre d'espèces cryptiques nouvellement décrites chaque année est proportionnellement le même dans tous les biomes du monde, des plus diversifiés comme les régions tropicales aux plus modestes comme les régions polaires, et ce quel que soit le taxon considéré, au moins chez les Métazoaires (Pfenninger & Schwenk 2007). Si ce point de vue a été partiellement critiqué par Trontelj & Fišer (2009), il n'a en revanche jamais été testé chez les plantes, vasculaires ou non. Il n'en reste pas moins que chaque année des nouvelles espèces de plantes sont décrites, y compris dans les environnements tempérés pourtant très bien étudiés.

La mise en évidence d'espèces cryptiques chez les animaux et chez les champignons (lichens inclus) est souvent le fait d'études phylogénétiques basées sur des marqueurs standards de type code-barres ADN (Hajibabaei, Singer et al. 2007). Nous avons étudié le cas des escargots terrestres du genre *Tudorella* (*Pomatiidae*) grâce à des marqueurs nucléaires (ITS) et mitochondriaux (CO1). Les résultats très congruents entre ces deux marqueurs standards ont permis non seulement de réhabiliter quatre espèces considérées à tort comme synonymes mais aussi de révéler deux nouvelles espèces non décrites (Pfenninger, Véla et al. 2010 ; A. Martinez-Orti, E. Véla, M. Pfenninger – données inédites). Ceci a fortement modifié les schémas taxonomiques et biogéographiques initiaux de ce genre endémique de Méditerranée occidentale (figure 10), améliorant fortement notre compréhension du mode de spéciation historique et de la distribution actuelle des espèces et notamment du rôle crucial et méconnu de la tectonique pendant le Miocène et le Pliocène (cf. aussi § 2.2.2.).

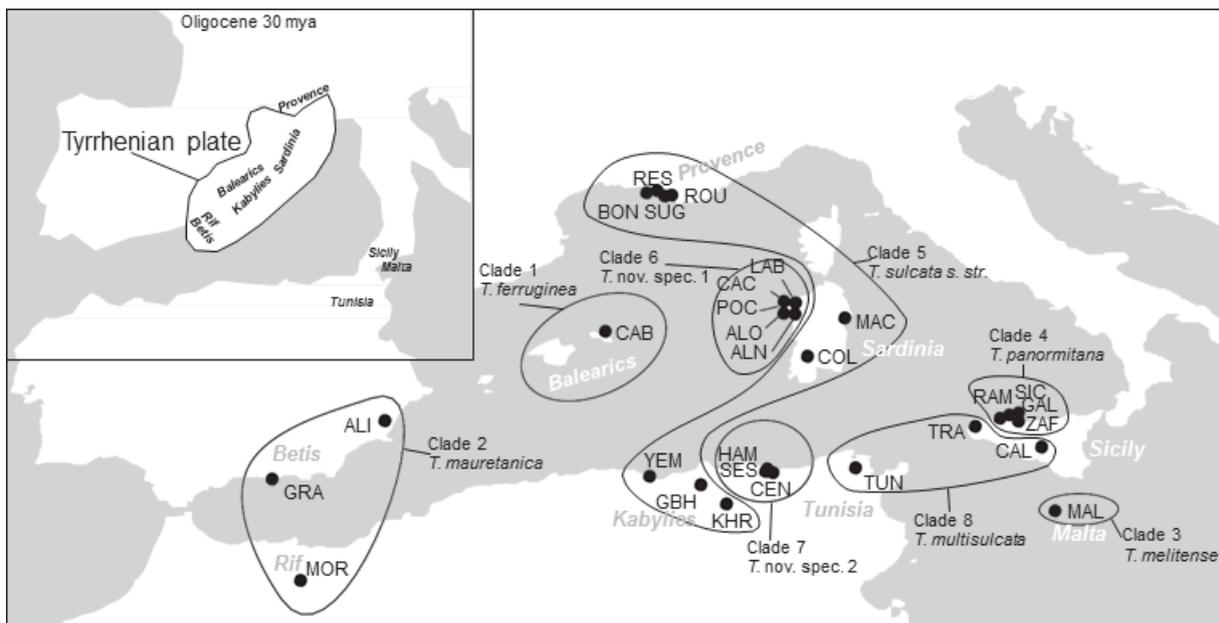


Figure 10. Distribution connue des différents clades de *Tudorella* incluant deux espèces cryptiques.

L'encart montre la distribution présumée de divers territoires actuels pendant l'Oligocène sur la base de reconstitutions tectoniques (cf. fig. 1, in Pfenninger, Véla, et al. 2010).

Mais chez les plantes, une majorité d'espèces nouvelles est encore mise en évidence par un réexamen approfondi des caractères classiques, à savoir morphologiques voire caryologiques. Les principales raisons sont la faible résolution des marqueurs standards chloroplastiques *rbcl+matK* utilisés pour le code-barres ADN (CBOL Plant Working Group 2009) et la difficulté à interpréter le signal des marqueurs nucléaires biparentaux comme l'ITS (Chen, Yao et al. 2010) en cas d'hybridation et surtout de polyploïdie (Fazekas, Kesanakurti et al. 2009 ; Hollingsworth, Graham & Little 2011). Cela prend en partie pour source les modes de spéciation rapide eux même souvent catalysés par la polyploïdie.

Devant la difficulté de recueillir puis d'utiliser le code-barres ADN d'un complexe d'espèces que l'on souhaite étudier, il est encore pertinent de nos jours d'utiliser la seule morphologie comparative, notamment dans une région riche et méconnue comme la Méditerranée. Ainsi l'intensification de l'échantillonnage couplée à une optimisation de l'utilisation des critères morphologiques (cf. § 2.3.1.), permet encore aujourd'hui de décrire des espèces ou sous-espèces cryptiques, y compris en Europe. Les exemples ne cessent de s'accumuler à mesure que ma connaissance des taxons et de leur domaine biogéographique s'approfondit : chez les Orchidées, distinction de *Ophrys aranifera* subsp. *massiliensis* (Viglione & Véla 1999 ; Véla 2007) et de *O. fuciflora* subsp. *souchei* (Martin & Véla 2012) en France, ainsi que *O. pseudomigoutiana* (Véla, Martin & Ouni 2015) en Tunisie ; en Algérie, distinction de *Erysimum cheiri* subsp. *inexpectans* (Ouarmim, Dubset & Véla 2013) chez les Crucifères et de *Juniperus thurifera* var. *aurasiaca* (Véla & Schäfer 2013) chez les Conifères. Plusieurs nouvelles espèces ou sous-espèces sont d'ores et déjà en cours de description, dans ces mêmes taxons et territoires mais aussi dans de nouvelles familles (*Amaryllidaceae*, *Asparagaceae*) et sur de nouvelles régions biogéographiques (Méditerranée orientale).

2.2. Vers une compréhension des processus écologiques

Inventorier et décrire la biodiversité ne suffit pas à la comprendre. Pour cela il faut étudier les relations que les espèces ont avec les autres espèces et avec leur environnement à travers le temps et l'espace. En effet, c'est à l'échelle des populations et donc des écosystèmes que les forces évolutives opèrent leur sélection au fil du temps, génération après génération. De plus, les communautés d'espèces (animales, végétales, fongiques ; souterraines, surfaciques, aériennes) exercent entre elles ainsi que sur leur biotope des forces de régulation réciproques.

2.2.1. L'expérience en écologie des communautés

Mon expérience en écologie des communautés s'est initiée pendant ma thèse de doctorat et le mémoire de master qui l'a précédée (Véla 1996, 2002). Il s'agissait de caractériser la biodiversité des pelouses sèches méditerranéennes du Lubéron, en relation avec des opérations de débroussaillage et de pastoralisme réalisées dans le cadre de mesures agro-environnementales. J'ai pu aborder l'importance des endémiques régionales dans les communautés ouvertes et leur place dans la dynamique de l'écosystème. Mes principales méthodes de compréhension des communautés étaient le codage des espèces par des attributs vitaux, des plus simples au plus complexes (type biologique, mode de pollinisation, mode de dispersion, stratégie démographique, etc.). Une de mes conclusions concernait la relation entre espèces de milieux ouverts et actions de conservation : leur présence n'est pas remise en cause à l'échelle du massif, seuls les assemblages floristiques et l'étendue des végétations sont concernés. Par extension, c'est aussi le cas de la plupart des espèces endémiques à forte valeur biogéographique, leur présence n'est pas remise en cause par les actions de gestion

moderne et/ou d'abandon de l'usage traditionnel, dont dépend seulement leur abondance et/ou leur dominance (Véla & Garde 1999 ; Véla, Tatoni & Brisse 2001). A quelques exception près cependant, celle des « micro-espèces » (sensu Rieger, Michaelis & Green 1968) d'apparition évolutive récente et fortement favorisées par le Néolithique méditerranéen, comme les Orchidées du genre *Ophrys* (Devey, Bateman et al. 2008 ; Breitkoph, Onstein et al. 2015). Le suivi diachronique réalisé sur un délai de 3 ans (Figure 11) a ainsi confirmé les résultats issus des comparaisons synchroniques de la mise en défens, à savoir : que les perturbations mécaniques d'origine biotique (activités anthropozoogènes) favorisent l'ouverture du milieu et l'enrichissent en espèces rudérales souvent sans intérêt conservatoire, tandis que les contraintes physico-chimiques d'origine abiotiques (carences édapho-climatiques) favorisent la stabilité du milieu et permettent la survie d'espèces stress-tolérantes dont certaines possèdent un intérêt patrimonial et conservatoire. Ainsi, en contexte méditerranéen et/ou montagnard où l'endémisme est naturellement abondant et souvent ancien, la dynamique générale de remontée biologique n'atteint pas les niveaux de gravité qu'elle génère en contexte médio-européen et/ou collinaire.

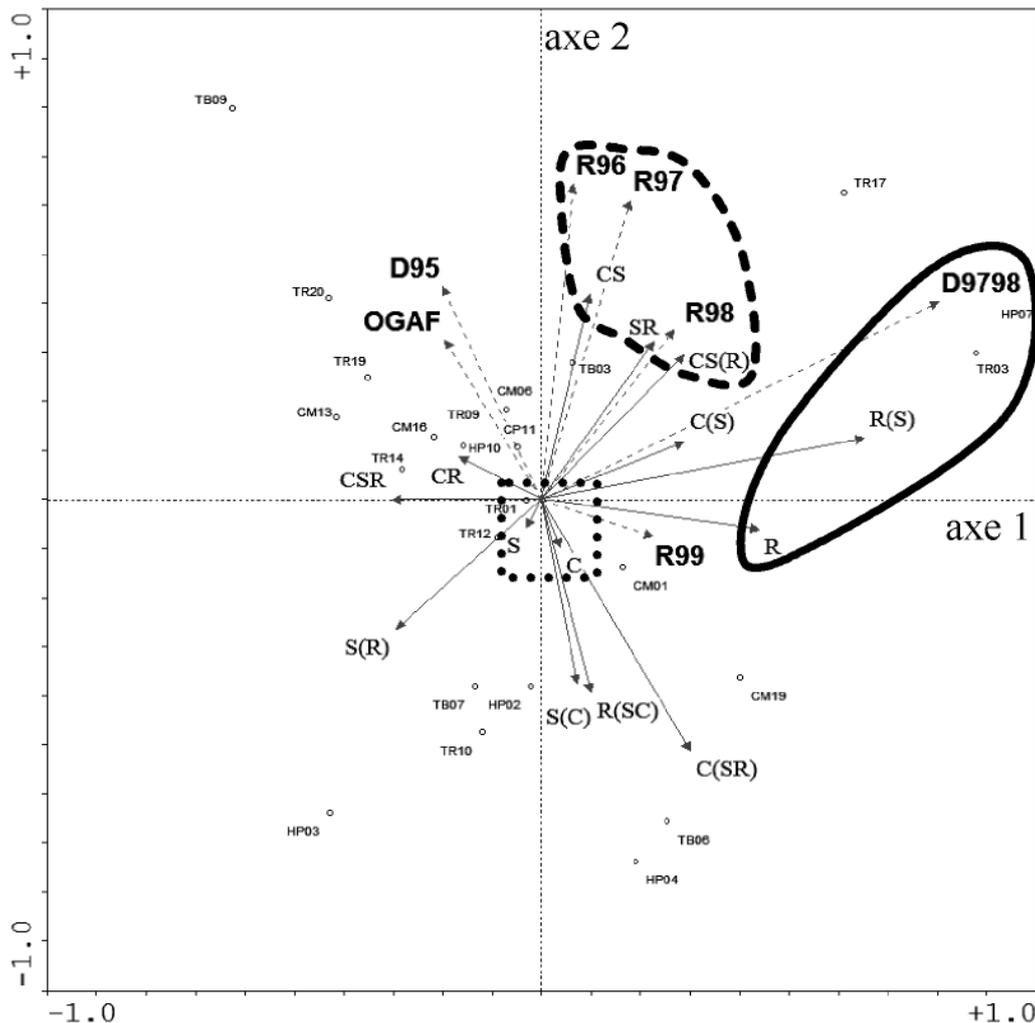


Figure 11. Evolution diachronique de la flore des milieux ouverts du Petit Lubéron entre 1996 et 1999.

Les contraintes stables (abiotiques) favorisent les espèces à stratégie démographique stress-tolérante (S) ou compétitrice (C). Les contraintes variables (biotiques) favorisent tantôt les espèces à stratégie rudérale (R) dans le cas du débroussaillage (variable D9798), tantôt les espèces à stratégie mixte CS et SR dans le cas du pâturage (variables R96, R97, R98). (cf. fig. 3.37., in Véla 2002)

Ces constats doivent leur originalité au caractère méditerranéen de la flore et de la végétation du Lubéron, et sont en cela très utiles pour comprendre l'origine de la spéciation et la place écologique des espèces endémiques ailleurs dans le bassin méditerranéen, notamment sur la rive sud et est où l'omniprésence historique du pâturage n'a souvent pas encore cessé (Henkin, Ungar, et al. 2015 ; Huguenin, Hammouda et al. 2017). Cela sans compter sur la présence d'animaux à régime omnivore comme le singe magot (*Macaca sylvanus*) qui participe tantôt positivement (dispersion des diaspores après consommation des fruits) tantôt négativement (consommation de feuilles, fleurs, graines, bulbes) au contrôle du compartiment végétal de la garrigue et des forêts (Maibeche, Moali et al. 2015).

Par la suite, j'ai élargi cette expérience à l'étude des communautés forestières méditerranéennes en relation avec la récurrence des incendies (Schaffhauser, Curt et al. 2012a ; Schaffhauser, Curt et al. 2012b). La place et le rôle de l'endo-perturbation incendie dans les écosystèmes forestiers et pré-forestiers hyper-combustibles sont cruciaux en termes d'évolution. La connaître et la comprendre permet de mieux envisager le rôle des incendies récurrents dans la sélection avantageuse de populations et/ou taxons pré-adaptés tout comme la contre-sélection de populations / taxons non adaptés. Ce schéma permet aussi d'expliquer la présence en Kabylie-Numidie-Kroumirie, mais aussi dans la Serranía de Ronda andalouse, le Rif marocain ou les Nébrodes siciliens, d'éléments non méditerranéens (*Abies* sp., *Acer campestre*, *Alnus glutinosa*, *Betula* sp., *Castanea sativa*, *Fagus sylvatica*, *Frangula alnus*, *Populus tremula*, *Prunus lusitanica*, etc.) en position de reliques dans les zones de refuges actuels au sens de Quézel & Médail (2003). Ces zones refuges correspondent à des zones bioclimatiques souvent extrêmement pluvieuses voire neigeuses mais aussi brumeuses, où la pluviométrie et l'hygrométrie annuelles compensent le caractère méditerranéen régionalement dominant. Outre la présence d'espèces eurasiatiques voire eurosibériennes, les plus remarquables de ces sites hébergent parfois des reliques méditerranéo-atlantiques ou méditerranéo-pontiques (Faurel & Feldmann 1944 ; Laribi, Acherar et al. 2011).

L'étude descriptive et/ou fonctionnelle des écosystèmes ouverts ou forestiers de l'Atlas tellien (Rebbas, Véla et al. 2011 ; Pavoine, Véla et al. 2011) et de l'Atlas saharien (Beghami, Véla et al. 2013 ; Beghami, Véla et al. 2015) est venu enrichir notre compréhension de la flore algérienne notamment riche en espèces endémiques ou en limite d'aire. Dans des secteurs bien conservés et protégés, comme celui du parc national du Gouraya à Béjaïa, ce sont souvent les mêmes écosystèmes, en l'occurrence les falaises supra-littorales exposées au nord, qui concentrent les espèces sténo-endémiques. De ce fait une même décision de protection permet de conserver la plupart des espèces à haute valeur patrimoniale. Dans des secteurs beaucoup plus ruraux moins bien conservés et protégés, comme celui des montagnes de l'Aurès, la situation en limite d'aire climatique couplée à la dégradation pastorale des forêts d'altitude est une cause de rareté sinon de recul de l'orchidoflore locale. Dans la région de plaine en Numidie littorale, l'écosystème marécageux de la Mafragh nous a fourni un jeu de données floristiques et écologiques original (De Bélair 1981) que nous avons réévalué à l'aide des traits fonctionnels et à la lumière des connaissances phylogénétiques actuelles (Pavoine, Véla et al. 2011). Ceci nous a permis de distinguer des phénomènes de conservation ou de convergence de traits en lien avec les caractéristiques de l'environnement (aquatique, terrestre, salin...) en conséquence de l'évitement ou de la compensation de la saison climatique sèche.

Tous ces éléments de dynamique écosystémique et de déterminisme biogéographique seront utiles pour mieux évaluer le risque d'extinction (cf. § 2.2.3.) et le rôle de l'adaptation écologique dans l'évolution et la spéciation (cf. § 2.3.).

2.2.2. L'expérience en phylogéographie

La compréhension des espèces actuelles et de leur potentiel évolutif dans un futur proche, notamment en termes de conservation, passe par la connaissance de leur diversité génétique et l'histoire biogéographique de celle-ci. Au-delà de la phylogénie et de son rôle dans la résolution des questions systématiques, la phylogéographie permet d'étudier les variations génotypiques à l'échelle du territoire et d'en interpréter les significations historiques. Elles apportent ainsi un regard précieux et souvent novateur sur les taxons actuels et sur leurs potentialités futures.

L'exemple des mollusques du genre *Tudorella*, et en particulier de l'espèce *Tudorella sulcata* sensu stricto ainsi redéfinie (Pfenninger et al. 2010) est intéressant. La disjonction actuelle très surprenante de l'espèce entre la Provence et la Kabylie (Véla et al. 2008) a pu être résolue par l'étude de la diversité génotypique de l'ensemble de ses populations : provençales, algériennes et même sardes (Jesse, Véla & Pfenninger 2011). La diversité génotypique quasi-nulle et non originale des populations françaises contrastent avec la diversité et l'originalité fortes des populations algériennes et sardes, suggérant une introduction récente à partir de l'une de ces régions. La modélisation de la vitesse de mutation suggère que cette introduction se situe pendant le Néolithique méditerranéen, possiblement au début de celui-ci. L'homme au travers de ses navigations trans-méditerranéennes serait responsable de cette introduction historique insoupçonnée jusqu'alors, mais dont des phénomènes équivalents sont aujourd'hui connus en Europe chez d'autres Gastéropodes terrestres (Daümer, Greve et al. 2012 ; Grindon & Davison 2013, Kajtoch, Davison et al. 2017).

Chez les plantes vasculaires aussi la phylogéographie apporte souvent un regard neuf et parfois inattendu sur les espèces et leur répartition actuelle. Nous avons pu explorer plusieurs types de plantes, dont certaines répandues tout autour du bassin méditerranéen, d'autres à localisation régionale (Atlas, Kabylies-Numidie, montagnes ouest-méditerranéennes) et même des sténo-endémiques limitées à un site.

Le cas des espèces circum-méditerranéennes, dont certaines sont des emblèmes de la Méditerranée, est très intéressant. Dans certains cas documentés, la variation génotypique est organisée géographiquement et illustre ainsi certains processus paléo-évolutifs comme l'alternance de zones refuges et de phases migratoires pendant les oscillations du Quaternaire (par ex. *Myrtus communis*, cf. Migliore, Baumel et al. 2012 ; *Laurus nobilis* s.l., cf. Rodríguez-Sánchez, Guzmán, et al. 2009) ou certains processus fonctionnels actuels comme l'isolement géographique favorisé par les courants marins (par ex. *Crithmum maritimum*, cf. Kadereit, Arafah et al. 2005). La trace moléculaire des paléo-hybridations chez les chênes du genre *Quercus* (Petit, Bodénès et al. 2004 ; Mir, Toumi et al. 2006 ; Lumaret & Jabbour-Zahab 2009) est venue confirmer et affiner la perception de ce phénomène très répandu dans ce genre forestier de première importance de par son rôle clé-de-voute de vastes écosystèmes si caractéristiques de la région euro-méditerranéenne.

Au contraire, dans certains cas la variabilité génétique n'a pas de signature géographique, notamment lorsque les capacités de dispersions s'associent aux courants marins pour favoriser une relative panmixie (par ex. *Calystegia soldanella*, cf. Arafah & Kadereit 2006). Nous l'avons démontré également chez *Pancratium maritimum*, qui partage avec l'espèce précédente certaines

caractéristiques biologiques principales, notamment le cycle de vie et le mode de dispersion (De Castro, Di Maio, et al. 2016).

Dans d'autres cas, la variabilité génétique est quasi-nulle (ou pour le moins indétectable avec les outils classiques disponibles), phénomène déjà connu chez des arbres forestiers à forte usage alimentaire comme le Pin pignon, *Pinus pinea* (Vendramin, Fady et al. 2008), et que nous avons découvert récemment chez un arbre rupi-ripcicole également consommé et utilisé pour l'ornement, le micocoulier *Celtis australis* (Mateu-Andres, Ciurane et al. 2015).

Mais les cas les plus intéressants sont sans doute ceux des espèces à endémisme régional (Maghreb, Mer Tyrrhénienne...) et/ou à aire disjointe (îles, montagnes...), encore trop peu étudiés au regard de leur importance dans la biodiversité méditerranéenne. Aussi chaque cas est différent et ouvre autant de voies de réflexions.

Le premier fut celui du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica*, endémique algéro-marocaine à aire disjointe (N- & C-Maroc / N- & NE-Algérie). Le polymorphisme de longueur de fragments amplifiés (AFLP) a bien montré l'existence de deux groupes, mais les deux sont présents au Maroc tandis qu'un seul est représenté en Algérie (figure 12). Par ailleurs la présence de fragments privés suggère l'existence d'au moins trois refuges glaciaires dans les montagnes de l'Est de l'Algérie (Aurès / Djurdjura), du Nord du Maroc (Rif) et dans une moindre mesure du Centre du Maroc (Moyen-Atlas). Ainsi une des lignées marocaines est vraisemblablement issue de la reconquête par la lignée algérienne, notamment via le hiatus actuel des Monts de Tlemcen (W-Algérie) où la présence de charbons datant du Néolithique était cependant déjà connue (Terrab, Hampe et al. 2008).

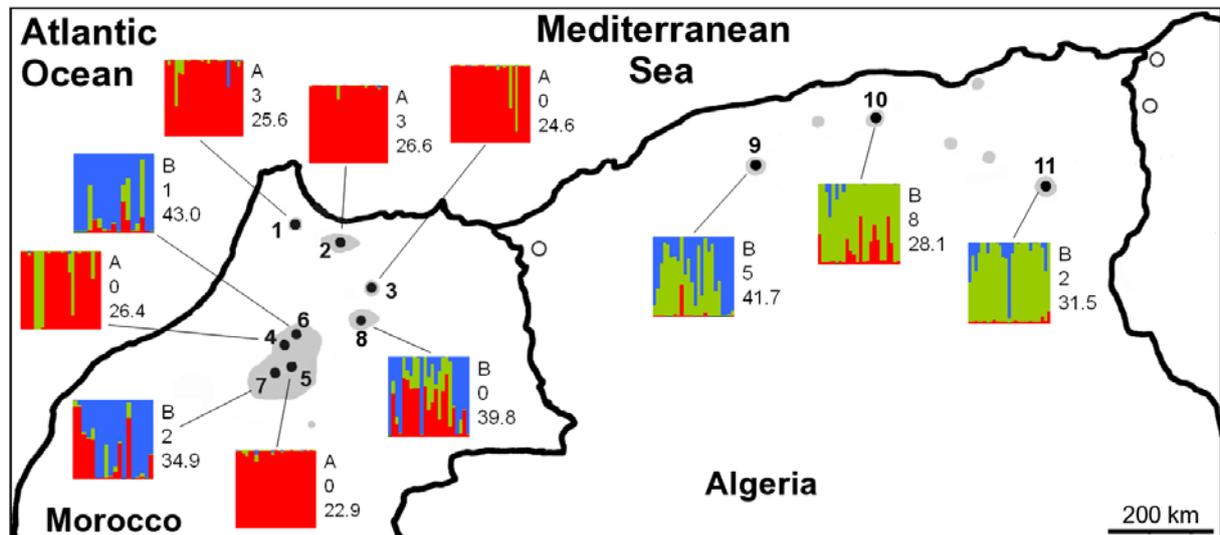


Figure 12. Répartition géographique du polymorphisme génétique (AFLP) de *Cedrus atlantica* : en gris, répartition actuelle de l'espèce ; cercles vides, enregistrements postglaciaires de fossiles.

Pour chaque population, appartenance individuelle au clusters génétiques I (rouge), II (vert) et III (bleu). Les valeurs à droite indiquent de haut en bas l'appartenance de la population au groupe A ou B, le nombre de fragments privés, la diversité génétique. (cf. fig. 1, in Terrab, Hampe et al. 2008, modif.)

Le second cas fut celui du Thurifère, *Juniperus thurifera*, une espèce des forêts steppiques de l'espace montagnard ouest-méditerranéen à aire disjointe. Son aire maghrébine est également fortement disjointe entre l'Atlas marocain et l'Aurès situé à près de mille kilomètres à l'est en Algérie. Le polymorphisme AFLP a ici montré la plus grande distance de la population algérienne avec les

populations marocaines qu'avec celles d'Europe, donc la distance géographique n'est pas plus grande, notamment avec la Corse (Terrab, Schönswetter et al. 2008). Cette forte distinction a remis en question l'identité taxonomique supposée des arbres marocains et algériens, et permis la description du nouveau taxon algérien négligé jusqu'alors (Véla & Schäfer 2013 ; figure 13a). Par la suite, des travaux chimiosystématiques (Zeraib, Ramdani et al. 2014) ont confirmé la distinction du nouveau taxon algérien, tant vis-à-vis du taxon marocain que du taxon européen (figure 13b).

Ses caractéristiques intermédiaires sur le plan morphologique et moléculaire, et distinctes sur le plan biochimique, sont des paramètres congruents qui viennent renforcer ma conviction première de le considérer comme une sous-espèce géographique (cf. § 2.3.3.), vicariante à la fois de la sous-espèce marocaine (subsp. *africana*) et de la sous-espèce européenne (subsp. *thurifera*) :

***Juniperus thurifera* subsp. *aurasiaca* (Véla & P.Schäf.) Véla, comb. et stat. nov.**

basionyme : *Juniperus thurifera* var. *aurasiaca* Véla & P.Schäf., Ecol. Medit. 39: 77 (VII-2013).

Si d'un point de vue théorique cette entité taxonomique endémique de l'Aurès représente ainsi une unité évolutive significative (*evolutionary significant unit, ESU*), d'un point de vue pratique elle représente aussi une unité de gestion (*management unit, MU*), puisque qu'elle est endémique d'un même massif en Algérie où elle est légalement protégée par le Décret exécutif n° 12-03 du 10 Safar 1433 correspondant au 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées, sous son nom d'espèce *Juniperus thurifera*.

Il reste alors à effectuer l'évaluation UICN pour la Liste Rouge de chacune des 3 entités subsppécifiques. En effet, si l'entité principale (subs. *thurifera*) aura probablement le même statut « préoccupation mineure » (LC) que l'espèce au sens large conformément à l'évaluation de Farjon (2013), les entités marocaine (subsp. *africana*) et algérienne (subsp. *aurasiaca*) auront certainement des statuts de menace bien plus préoccupants, à minima « vulnérable » (VU) et possiblement « en danger » (EN) voire « en danger critique » (CR).

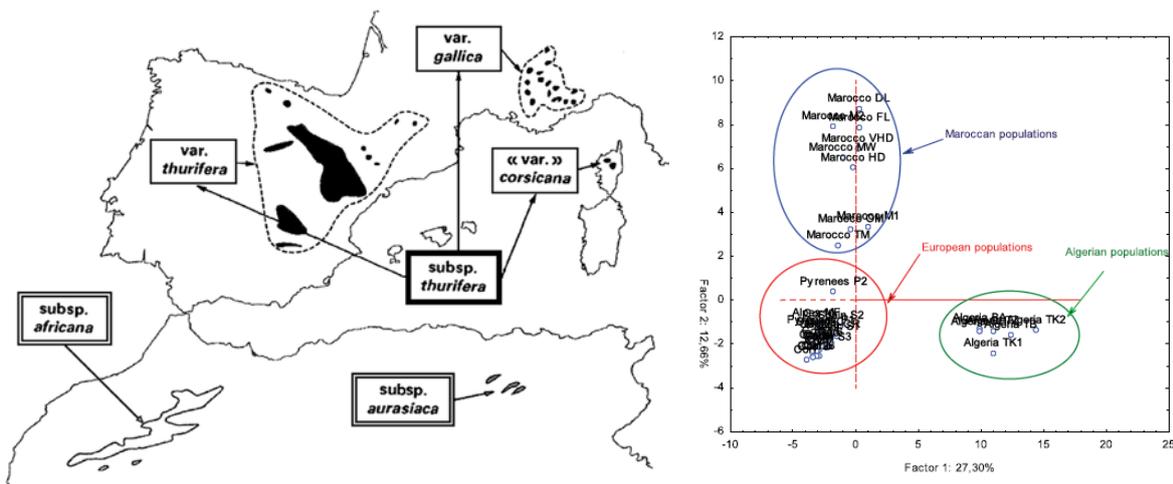


Figure 13a (à gauche). Aire de répartition du complexe taxonomique *Juniperus thurifera* L. *sensu lato* (modifié d'après Barbéro et al. 1994 et Véla & Schäfer 2013).

Figure 13b (à droite). Analyse en composantes principales de la matrice de corrélation des variables de composés d'huiles essentielles de feuilles de *Juniperus thurifera* L. (cf. Fig. 4, in Zeraib, Ramdani et al. 2014).

2.2.3. Perturbations, menaces et risques d'extinction

Dans le cadre d'études d'impacts environnementale, il est parfois difficile d'évaluer de manière réaliste l'impact de travaux et des perturbations qu'ils occasionnent durablement sur l'écosystème, quand ils ne le détruisent pas définitivement. Une bonne connaissance du fonctionnement et de la complexité des écosystèmes semi-naturels est alors nécessaire pour passer d'une prédiction subjectivement spéculative à une prévision scientifiquement réaliste. Quand cette connaissance fondamentale n'est pas satisfaisante, il serait nécessaire de pousser les investigations dans ce sens, ce qui n'est malheureusement pas souvent le cas. Il m'a été donné l'occasion de produire de tels documents scientifiques et naturalistes à visée réglementaire, par exemple dans le cadre du volet naturel d'une étude d'impact (Véla, Bonnet et al. 2004). Il était question de caractériser précisément l'état de conservation de l'écosystème endémique (le coussoul de Crau) afin de fixer des objectifs de résilience voire de restauration future, tant sur le plan de sa végétation structurante que de sa flore, faune et fonge patrimoniales associées.

La compréhension des communautés végétales et de leurs dynamiques face aux perturbations, autant que la connaissance des processus évolutifs et paléo-dynamiques, sont des éléments utiles pour réussir une évaluation réaliste du statut de menace des espèces selon les critères de l'UICN (2001). Néanmoins les principaux critères utilisés sont des données quantitatives concernant l'aire de distribution, la démographie, la dynamique, le temps de génération. Les critères qualitatifs de dégradation de l'habitat par exemple ne sont que rarement utilisés. Quant à ceux concernant les menaces pouvant atteindre l'espèce dans le futur, ils sont parfois utilisés sans aucun garde-fou, notamment quand il s'agit de l'adaptabilité des espèces aux prévisions de changement climatique à venir et dans une moindre mesure concernant l'éventuelle gravité du risque incendie. En tant qu'autorité pour la liste rouge du groupe de spécialistes des plantes méditerranéennes de l'UICN, je suis régulièrement confronté à des évaluations dont le réalisme sur les menaces est questionnable (par ex. Rankou, Culham et al. 2015). Un exemple concret qui revient de manière récurrente, est celui des espèces à préférendum écologique de type « sommital » et non pas « alticole », j'entends par là ces espèces qui ne croissent que sur les sommets des reliefs, mais indépendamment de l'altitude de ceux-ci. Un bon exemple en Provence est celui de *Genista lobelii*, endémique régionale limitée aux derniers mètres altitudinaux des reliefs qu'elle surmonte, qu'il s'agisse des crêtes littorales à 200 ou 300 m au-dessus de la mer ou des crêtes constituant le point culminant de massifs imposants dépassant 1000 ou 1100 m d'altitude dans l'arrière-pays (Youssef, Véla et al. 2010). Cette espèce, au sein de son aire de répartition, n'est pas contrainte par une gamme de variation altitudinale, thermique ni même pluviométrique, mais surtout par une faible compétitivité associée à une haute tolérance aux sols squelettiques, à l'ensoleillement et aux violentes rafales de vent. Aussi, le raisonnement simpliste consistant à émettre l'hypothèse d'une extinction imminente suite à une impossibilité de migration altitudinale pour compenser le réchauffement climatique, n'est pas étayée par les données autoécologiques et synécologiques de ce type d'espèces. Ces espèces à exigences sommitales sont nombreuses et fréquentes sur les reliefs bordant la Méditerranée septentrionale, à des altitudes très variées, surtout dans les régions soumises à des vents violents chroniques (Mistral, Tramontane et leurs équivalents) : Provence, Corbières, montagnes alicantines, Cap Corse, Majorque, etc.

Pour ma part, j'ai initié des travaux d'inventaires précis et complet en vue d'évaluer les menaces sur diverses espèces endémiques insuffisamment connues en France comme *Arenaria provincialis* (Auda & Véla 2005 ; Véla, Pavon & Auda 2007 ; Véla, Auda et al. 2008) puis en Algérie comme *Bupleurum*

plantagineum (Saadi & Benali 2015 ; Akroune & Bourkeb 2016) et *Silene sessionis* (Mesbah, Bekdouche et al. 2017). La principale difficulté dans les trois cas évoqués consistait à établir une première cartographie exhaustive de l'espèce concernée, fait historique jamais réalisé, en partie à cause de l'inaccessibilité des sites due aux reliefs très accidentés (calanques, falaises, éboulis). A l'occasion de ces cartographies exploratoires, un premier bilan de population était l'objectif principal (figure 14). En effet, dans la pratique, les critères le plus souvent utilisés (UICN 2001) ont trait à l'aire d'occurrence, à l'aire d'occupation, à la taille de la population de l'espèce, au nombre de sous-populations et de localités.

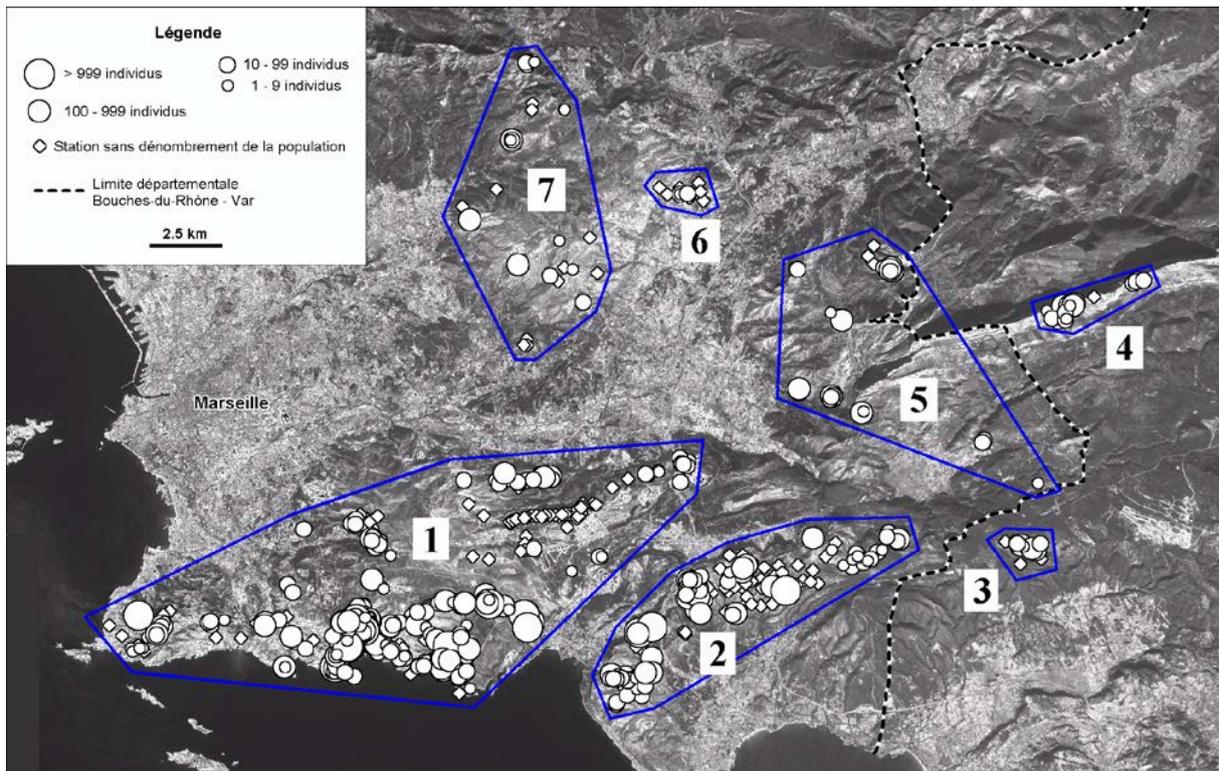


Figure 14. Les sept sous-populations et leurs localités avec estimation quantitative d'*Arenaria provincialis* Chater & Hallyday. (cf. fig. 2, in Véla, Auda et al. 2008, modif.)

Dans un autre registre, j'ai participé à l'évaluation de l'orchidée liguro-numidienne à aire disjointe *Orchis patens* (Montagnani, Capevolò & Véla 2016). Outre les difficultés à inventorier de manière exhaustive ses populations sur une aire aussi vaste au Maghreb, la question principale était de juger si les populations actuelles sont dans un état de « fragmentation sévère » au sens de l'UICN (IUCN 2017) ? Il serait sans doute plus prudent de réévaluer l'espèce avec de meilleures connaissances de terrain sur sa partie algéro-tunisienne et de reconsidérer attentivement la notion de fragmentation sévère sur sa partie italienne. Je recommande notamment d'appliquer au cas des orchidées à diaspores (graines) ultra-légères et ultra-nombreuses les mêmes paramètres que ceux utilisés pour les bryophytes à dispersion par spores (Hallingbäck, Hodgetts, et al. 2000).

Comme souvent, ces évaluations attirent l'attention sur le besoin de conservation des espèces, mais plus encore sur le besoin de connaissances fondamentales sur le terrain, particulièrement au Maghreb et au Proche-Orient ! Un exemple récent vient de nous être offert. A l'occasion de la redécouverte d'un poireau endémique du Kurdistan irakien, *Allium notabile*, nous avons pu réinvestir le terrain et fournir une première série de données préliminaires sur sa répartition, son écologie et

son abondance. Malheureusement à ce stade, le statut de menace de l'espèce demeure celui de « données insuffisants » (DD, *Data Deficient*), car la moitié de son aire historique n'a pas encore pu être explorée (Véla, Youssef, Mahmood 2017).

2.3. La problématique taxonomique

L'élaboration de liste taxonomiques, la question du choix des rangs taxonomiques à retenir et celle de la création lorsque nécessaire de nouvelles combinaisons nomenclaturales sont bien entendues subordonnées au problème de la définition des principaux rangs taxonomiques, notamment l'espèce, mais aussi le genre d'une part et la sous-espèce ou la variété d'autre part. Ma position consiste à ne pas accorder trop d'importance à la définition de ces rangs lorsqu'il s'agit d'établir des listes synonymiques, qui sont des outils de synthèse qui se veulent avant tout pratiques et donc pragmatiques. Aussi, lorsque pour des besoins d'harmonisation de traitement certains taxons doivent changer de rangs et dans certains cas nécessitent la création d'une nouvelle combinaison, la question de la définition peut facilement passer au second rang. En effet, d'un spécialiste à l'autre, d'un spécialiste à un généraliste, d'une génération à l'autre, d'un siècle à l'autre, d'un pays à l'autre, les « écoles » (pour ne pas dire les « modes ») varient souvent et parfois même fortement, ce qui laisse alors le non-spécialiste désabusé. Polémiquer dans un tel contexte n'apporterait rien et serait une perte de temps. En revanche, lorsqu'il s'agit d'établir une révision, pour une monographie ou plus simplement pour un traitement à échelle nationale ou régionale (flore ou catalogue), l'homogénéité du traitement se doit d'être associée aussi à une rigueur dans l'usage, et donc la définition, des rangs taxonomiques. Les concepts de l'espèce sont très nombreux et il n'est pas question ici de tenter une revue ni une synthèse. Les concepts pour les autres rangs sont beaucoup moins nombreux au point d'être parfois même délaissés voire réfutés (sous-espèce notamment). Pourtant, si les rangs infraspécifiques (sous-espèce, variété, forme) peuvent être éludés sans trop de contraintes nomenclaturales visibles, celui du genre, lui, ne peut pas l'être, alors qu'il est inévitablement déjà très subjectif. C'est bien entendu encore pire pour tous les rangs supra-génériques (famille, etc.). Mais les entités biologiques que nous décrivons et que nous appelons au quotidien étant binomiales (voire trinomiales) et basées sur le genre et l'espèce (voire la sous-espèce et/ou la variété), je ne m'intéresserai pas à la question des familles, qui n'influence ni le nom des entités que l'on cherche à décrire ou conserver, ni leur définition, leur nombre ou leur valeur patrimoniale.

2.3.1. Les approches méthodologiques

Durant le 21^e siècle, les limites de la macro-morphologie pour l'identification de critères discriminants a poussé les alpha-taxonomistes à diversifier les champs méthodologiques, notamment la caryologie, la biochimie, la génétique moléculaire, afin d'optimiser l'efficacité des différents tests d'hypothèses taxonomiques face au problème des espèces dites cryptiques (Samadi 2008). Dans les cas de divergences (pour ne pas dire conflits) entre les résultats de la morphologie et d'une ou plusieurs autres méthodes, il sera nécessaire de réévaluer l'ensemble des données phénétiques et génétiques afin de trouver un nouveau point de convergence et proposer ainsi un nouveau schéma taxonomique jugé plus cohérent. C'est à la fois tout l'enjeu et tout l'intérêt de ces confrontations de méthodes pour développer une taxonomie intégratrice. Le genre *Ophrys* a ainsi pu être résolu à l'échelle supra-spécifique, en confrontant les sections et les sous-genres classiques avec la phylogénie (Tyteca & Baguette 2017).

Mais à l'échelle spécifique, dans les cas où les données sont encore trop rares et chronophages, comme chez le genre *Ophrys* (Véla 2007 ; Joffard, Buatois & Schatz 2016), il est nécessaire de continuer à développer des méthodes plus simples tout en étant efficaces. Dans un premier temps, l'étude des signatures chimiques florales (Véla, Tirard et al., 2007) a montré qu'elle pouvait contrecarrer la grande rareté d'observation des pollinisateurs spécifiques, agent clé dans la spéciation du genre *Ophrys* (Paulus & Gack 1983 ; 1990). Dans un second temps, nous avons pu réinvestir les méthodes de morphométrie classiques et optimiser la hiérarchie des résultats pour développer un proxy basé sur la seule morphologie, déclinée aux rangs de morpho-espèces et sous-espèces (Véla, Rebbas et al., 2015).

2.3.2. Des taxons inégaux face aux difficultés

Si on dresse un portrait rapide des descriptions taxonomiques les plus nombreuses ces dernières décennies dans l'ensemble euro-méditerranéen, en comparant les diversités spécifiques entre les dernières flores de France dites « classiques » (Fournier 1961 ; Guinochet & de Vilmorin 1973-1984) et la toute récente « *Flora Gallica* » (Tison & de Foucault 2014), on obtient des résultats intéressants. Les groupes les plus concernés sont les Orchidées, puis les Alliées (Amaryllidacées *pro parte*) et dans une moindre mesure les Orobanchacées (*sensu stricto*). Ces trois familles ou sous-familles ont en commun d'être très difficiles à identifier en herbarium par perte des critères pourtant bien visibles *in situ* et *in cultis* sur plantes vivantes : noircissement des orchidées et des orobanches après séchage, écrasement des formes 3D du labelle et de la fleur chez les orchidées, maturation de l'ovaire et grenaison des aulx après récolte au stade floral, anatomie des feuilles sèches impossible au stade floral, etc. C'est logiquement suite à l'apparition de la photographie couleur puis au développement de la macrophotographie numérique, que la compréhension de ces taxons très confondus en herbarium a pris un essor exponentiel d'une décennie à l'autre (figure 15). En témoigne la présence de photos couleurs dans la « Flore de France méditerranéenne continentale » (Tison, Jauzein & Michaud, 2014) majoritairement réservées à ces familles et sous-familles. A l'extrême, il y a d'innombrables ouvrages sur les orchidées où les photos abondent au point de parfois oublier les critères diagnostiques et de rendre leur usage difficile sinon impossible. Il est pourtant possible et même souhaitable de concilier les deux approches, visuelle et synoptique, comme nous l'avons fait pour les genres *Ophrys* et *Serapias* en Tunisie (Martin, Véla & Ouni 2015). En bref, ce sont toutes des plantes « herbariophobes » mais photogéniques !

Un autre phénomène est également pourvoyeur de taxons nouvellement décrits, c'est le développement de la caryologie et de la cytométrie de flux (Marie & Brown 1983), permettant de mieux étudier les complexes polyploïdes, souvent en les couplant à la culture *ex situ* des taxons à comparer. Cette méthode a été utilisée avec succès chez les Colchiques (Fridlender, Brown et al. 2002 ; Fridlender, Pustahija et al. 2014 ; Fridlender & Brown 2015). La méthode peut ainsi s'appliquer de manière systématique (Bou Dagher-Kharrat, Abdel-Samad et al. 2013) pour détecter d'éventuelles polyploïdies ou au contraire diploïdies inconnues, et ainsi des taxons cryptiques ou des nouveautés chorologiques négligées. De nombreux complexes polyploïdes sont d'ores et déjà à l'étude chez les bulbeuses de la sous-famille des Hyacinthoïdées, dont les genres *Charybdis* et *Prospero* (Véla, de Bélair et al., 2016 ; Youssef, Mahmood et al. – soumis) ou chez les graminées de la sous-famille des Pooïdées, dont le genre *Avena* (E. Véla, D. Pavon, J.-M. Tison – données inédites).

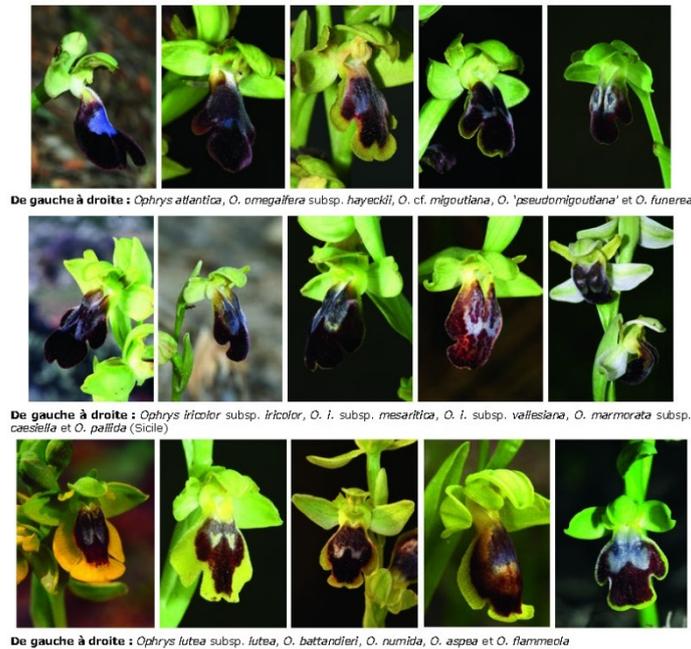


Figure 15. En Tunisie, quinze espèces et sous-espèces d'*Ophrys* très longtemps confondues dans seulement deux espèces et leurs supposés « hybrides » ! (in Martin, Véla & Ouni 2015 : 147)

2.3.3. Un casse-tête pour les outils d'identification ?

La fabrication d'outils d'identification de la flore, quel que soit le territoire concerné, et le format envisagé (texte, illustrations, logiciels...) nécessite l'agrégation de données par nature hétérogènes. En effet, certaines familles sont dominées par des taxons diploïdes à reproduction sexuée, d'autres par les complexes polyploïdes, d'autres enfin par les taxons autogames voire apomictiques. Evidemment, dans les monographies d'un genre ou d'une famille, chaque spécialiste utilisera les mêmes concepts d'espèces, sous-espèces, etc. pour l'ensemble de son travail, en optant pour le concept qui lui convient le mieux ou plutôt qui convient le mieux au taxon considéré. Mais dès lors que l'on souhaite élaborer un outil représentant l'ensemble des familles de flore vasculaire, on se heurte à une difficulté majeure : peut-on adopter un schéma conceptuel unique et comment le choisir ? A minima il me paraît évident qu'il faille utiliser plusieurs concepts selon deux possibilités : 1) Proposer un schéma conceptuel standard, valable pour toute la flore, et dont on ne s'écarterait qu'au titre d'exceptions dument justifiées ; 2) Adopter un schéma conceptuel multiple, autorisant pour chaque sous-groupe de plantes vasculaires (famille, genre ou autre) le concept jugé le plus performant en termes de compromis entre taxonomie évolutive fondamentale et alpha-taxonomie de terrain.

Sans vouloir trancher, voici en guise de repères les définitions que je m'assigne à appliquer au mieux au sein de chaque genre ou famille étudiés :

- Forme : c'est un rang taxonomique que je n'utilise généralement pas, mais qui peut éventuellement servir à nommer officiellement des **particularismes individuels, écomorphoses ou anomalies morphogénétiques** particulièrement remarquables, au point qu'il paraisse préférable de les nommer plutôt que de les négliger surtout si elles ont déjà été nommées à tort à des rangs supérieurs.

- Variété : c'est à ce rang taxonomique que je fais correspondre **l'unité de base de l'évolution qu'est la population**, c'est-à-dire un groupe d'individu vivant dans un milieu donné (unité éco-populationnelle ou éco-fonctionnelle = **écotype**), soumis à une même pression sélective de son environnement. La plupart du temps les écotypes sont intensément reliés entre eux par des flux de gènes incessants (panmixie) et sont d'ailleurs quasiment indiscernables, ce qui fait qu'on ne les nomme pas. Les écotypes les plus isolés et/ou les plus spécialisés peuvent paraître fort distincts bien que demeurant reliés par des flux génétiques actifs aux autres populations. De plus, un même type de pression sélective en divers endroits peut aboutir à la même adaptation (écotype) et donc à un même taxon nommé qui apparaîtra ainsi polyphylétique.
- Sous-espèce : lorsqu'une variété, écotype ou ensemble d'écotypes, évolue suffisamment longtemps dans la même direction et tend à rompre les liens qui l'unissaient avec le groupe frère, une dérive génétique s'installe et marque un **début de spéciation potentielle**. Cela peut se faire par le jeu de la distance géographique, du décalage phénologique, du comportement des pollinisateurs, de l'instabilité caryologique ou cytologique, etc. Dans certains cas cette **évolution différenciée** s'interrompt et retourne à une panmixie diluant les particularismes acquis pendant la phase d'isolement ; la spéciation n'aboutira alors pas. Dans d'autres cas elle apparaît brusquement par le jeu de l'auto-polyploïdie, ce qui ne la rend généralement pas aussi visible que dans les cas d'allo-polyploïdie bien que toute aussi réelle.
- Espèce : dans le cas où l'émergence d'une population ou d'un groupe de populations atteint un **niveau d'isolement reproducteur fort**, la spéciation est considérée aboutie et par cela en principe irréversible. Chez de nombreux groupes de plantes vasculaires, en cas d'hybridation entre les deux taxons ayant divergé, l'isolement génétique (stérilité normale des hybrides) ne peut être rompu que par le doublement chromosomique (allo-polyploïdie). Dans certains cas des rétro-croisements sont même possibles, avec parfois un rétablissement de la ploïdie initiale ce qui vient effacer les barrières pourtant acquises lors du processus de spéciation pourtant a priori considéré comme achevé. Dans certains genres, les espèces alternent les phases d'isolement réciproques avec les phases d'introgession (évolution réticulée), ce qui rend la tâche du taxonomiste difficile et forcément subjective et controversée. Dans d'autres cas l'isolement est acquis trop rapidement par des processus d'autogamie (cléistogamie, apomixie, etc.) ce qui rend les lignées théoriquement indépendante mais dans la pratique peu propices à la distinction taxonomique et à la reconnaissance floristique. Il convient alors d'utiliser la phylogénie pour recadrer les inévitables dérives et d'utiliser les rangs taxonomiques inférieurs pour désigner des « spéciations » théoriques mais issus de processus d'ampleur nettement moins significative.

En tous les cas, espérer un concept unifié d'espèce est sinon illusion au mieux un objectif de recherche fondamentale (de Queiroz, 2005) et non une modalité pratique utilisable par les botanistes. C'est pourquoi, le concept d'espèce diagnostique (morpho-espèce, espèce phénétique, etc.) demeure celui qui doit être privilégié dans les outils d'identification, quitte à ce qu'il regroupe des concepts multiples dans un schéma conceptuel volontairement hétérogène.

Dans les repères énoncés ci-dessus, l'unité de gestion (MU) devrait correspondre idéalement au rang de variété (écotype adaptatif) tandis que l'unité évolutive significative (ESU) devrait correspondre idéalement au rang de sous-espèce (émergence d'un sous-ensemble). A défaut de l'existence de ces rangs infra-spécifiques, c'est l'espèce qui joue à la fois les rôles de MU et ESU.

3. Projet : de la formation des étudiants pour l'expertise, à la formation des formateurs par la recherche

Mon projet de recherche consiste à poursuivre la dynamique que j'ai initiée depuis une dizaine d'années. Ce projet traite de biogéographie, taxonomie et conservation au service de la connaissance, protection et valorisation de la biodiversité en Méditerranée, particulièrement dans les pays des rives sud et est (Maghreb et Proche-Orient). Il vise à moyen / long terme à participer au comblement du déficit taxonomique dans des zones de point-chauds de la biodiversité et de points-froids de connaissance, comme le Maghreb et le Proche-Orient méditerranéens.

L'objectif est la réappropriation, par le corps scientifique maghrébin et proche-oriental, d'une longue et riche histoire de la connaissance de la biodiversité, partiellement interrompue depuis un demi-siècle, et dont les collections historiques des herbiers de Montpellier (MPU), Paris (P), Genève (G) ou Barcelone (B) en sont la précieuse mémoire. Le projet puise sa cohérence régionale à travers une convergence biogéographique naturelle et intègre toutes les disciplines depuis l'inventaire de la biodiversité jusqu'aux outils d'aide à la décision.

Le projet s'articule autour de trois objectifs : 1) Amélioration et capitalisation des connaissances fondamentales sur la botanique méditerranéenne au Maghreb et au Proche-Orient ; 2) Formation et assistance, dans les pays du Sud, d'équipes de terrain ; 3) Production d'outils d'identification pratiques, classiques ou modernes, adaptés aux besoins des botanistes et écologues.

3.1. Problématique de la connaissance de la biodiversité

3.1.1. Contexte scientifique général

Selon Hortal, de Bello et al. (2015), les lacunes majeures qui entravent la connaissance de la biodiversité à l'échelle globale (*biodiversity shortfalls*) sont au nombre de sept.

- 1) Les lacunes dites « linnéennes » : le nombre réel d'espèces diffère du nombre d'espèces connues, car de nombreux taxons restent à découvrir, soit parce qu'ils n'ont jamais été observés soit parce qu'ils sont mal délimités ou mal compris (espèces nouvelles pour la science, espèces dites cryptiques, mésusages des synonymes) ;
- 2) Les lacunes dites « wallacéennes » : la distribution réelle d'une espèce diffère de sa distribution connue, car il manque des données à acquérir sur le terrain (échelle d'observation, données manquantes...) ;
- 3) Les lacunes dites « prestoniennes » : l'abondance/rareté d'une espèce est mal appréciée, et sa dynamique de population spatio-temporelle est souvent inconnue (pas d'état initial, pas de suivi pluriannuel...) ;
- 4) Lacunes « darwiniennes » : le placement de l'espèce dans son arbre phylogénétique est incertain voire inconnu (en particulier pour les sténo-endémiques restreintes à des territoires peu étudiés) ;

- 5) Lacunes « raunkiaeriennes » : certains sinon la plupart des traits fonctionnels de l'espèce sont inconnus, ce qui freine l'efficacité des études d'écologie fonctionnelle et la compréhension de la dynamique des écosystèmes ;
- 6) Lacunes « hutchinsoniennes » : la niche écologique théorique (celle prenant en compte le seul compartiment abiotique) est mal délimitée, que ce soit par conséquence des lacunes sur la répartition ou sur la prise en compte des paramètres physico-chimiques ;
- 7) Lacunes « estoniennes » : Les chaînes alimentaires ne sont pas connues (herbivorie, frugivorie, etc.).

Les trois premières sont particulièrement gênantes pour l'attribution des catégories de menace lors des évaluations de la Liste Rouge de l'UICN, étant donné l'importance des critères quantitatifs de cartographie, de recensement et d'évolution de l'ensemble des individus matures de la population globale de l'espèce. Les trois dernières me paraissent particulièrement gênantes dans un contexte de modélisation des impacts du changement climatique sur la biodiversité. Par ailleurs, les lacunes linnéennes ont des répercussions évidentes et en cascade aggravant toutes les autres.

Mais à ces sept lacunes désormais reconnues je souhaiterais en proposer une huitième, que l'on pourrait nommer « walessiennes » ou « elbakyaniennes » : l'accessibilité au savoir et aux données scientifiques freine la connaissance de la biodiversité dans de nombreux pays et par extension son évaluation scientifique et ses politiques de conservation. En cela, Jimmy Wales [fr.wikipedia.org/wiki/Jimmy_Wales], cofondateur de l'encyclopédie libre et gratuite Wikipédia, ou encore Alexandra Elbakyan [fr.wikipedia.org/wiki/Alexandra_Elbakyan], fondatrice du site controversé Sci-Hub qui met en accès libre (quoique de manière illégale) des publications universitaires théoriquement payantes, ont posé des jalons historiques dans la longue route qui doit nous mener vers la science ouverte (*open science*) et ses enjeux connexes comme les sciences participatives et citoyennes. Parmi les actions les plus marquantes dans ce domaine concernant la biodiversité en général et la floristique en particulier, on peut souligner la numérisation de la littérature scientifique mondiale sur la biodiversité par le projet Biodiversity Heritage Library [www.biodiversitylibrary.org] et la mise à disposition des collections naturalistes françaises numérisées par le projet e-ReColNat [www.recolnat.org].

3.1.2. Etat de l'art de la floristique en Méditerranée

La biodiversité méditerranéenne est reconnue aujourd'hui comme étant à la fois parmi les plus riches et les plus menacées du monde, à travers le concept de « hotspot » (Myers, Mittermeier et al. 2000 ; Mittermeier, Myers et al. 2004). Pour son compartiment végétal, le bassin méditerranéen est même le troisième hotspot « le plus chaud » de la planète, avec ses 30.000 espèces dont près de 50% endémiques (Greuter 1991) et un niveau de menaces d'origine anthropique toujours croissant lié à une démographie très marquée (Cincotta, Wisniewski & Engelman 2000 ; Benoit & Comeau 2005). La richesse régionale en endémisme étroit (Verlaque, Médail et al. 1997), principalement due à l'existence de nombreuses zones de persistance des espèces pendant les glaciations (Médail & Diadéma 2009), a permis aussi de définir des mini-hotspots régionaux au sein du bassin méditerranéen (Médail & Quézel 1997 ; Véla & Benhouhou 2007). Mais la connaissance fine de cette biodiversité se heurte à des lacunes et leur étude à l'échelle territoriale s'entache de beaucoup d'approximations. Un projet récent, coordonné par l'UICN (Radford, Catullo & De Montmollin 2011), a visé à rassembler et diffuser la meilleure partie de ces connaissances, tout en pointant du doigt les

principales lacunes et en proposant des orientations de recherches et d'actions à l'avenir. Mais ces classifications cachent une réalité hétérogène (figure 16) :

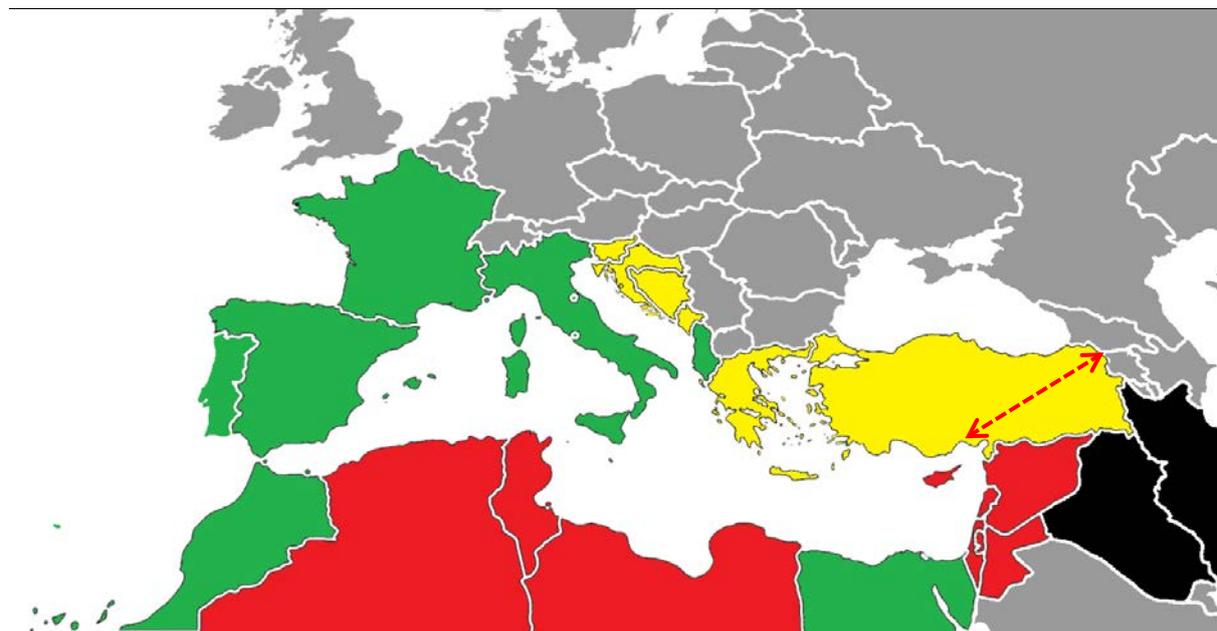


Figure 16. Niveau de connaissance floristique dans les pays méditerranéens (vert = flore complète et récente ; jaune = flore assez ancienne et/ou en cours de révision ; rouge = flore très ancienne ; noir = pas de flore complète). La diagonale sud-est-anatolienne sépare les régions de Turquie où la flore est assez bien connue de celles où elle est encore mal connue.

- Les pays avancés, comme ceux d'Europe où la flore est bien connue et travaillée, en témoignent les ouvrages récents ou en cours de finalisation, *Flora Gallica* publiée il y a 3 ans (Tison & de Foucault 2014), *Flora Iberica* bientôt terminée (Castroviejo et al. 1986-...), réédition en cours de la *Flora d'Italia* (Pignatti 2017-...). Par ailleurs pour deux d'entre eux, la flore précédente ne datait que d'une trentaine d'année (Guinochet & De Vilmorin 1973-1984 ; Pignatti 1982). L'Egypte se situe dans ce lot et fait ainsi figure d'exception en Méditerranée sud-orientale, grâce à la publication récente d'une *Flora of Egypt* (Boulos 1999-2005) qui faisait suite à deux autres flores durant le 20e siècle (Muschler 1912 ; Täckholm & Drar 1956).
- Les pays émergents, comme le Maroc qui vient de publier la première flore complète de son histoire finalisée récemment (Fennane, Ibn Tattou et al. 1999-2014). De fait, malgré le caractère récent de cette flore, il faut souligner que c'est la première de l'histoire du pays et qu'ainsi elle ne reflète pas un niveau de connaissance aussi abouti que les flores contemporaines des pays de la rive européenne. La Turquie est un cas à part, puisque depuis la parution de la flore (Davis 1965-1985) deux suppléments ont été publiés (Davis, Mill & Tan 1988 ; Güner, Özhatay et al. 2000) et déjà trois nouvelles checklists additionnelles (Özhatay & Kültür 2006 ; Özhatay, Kültür & Aslan 2009 ; Özhatay, Kültür & Gürdal 2011). La biodiversité floristique du pays est telle et son niveau de connaissance encore si fragmentaire qu'on y décrit ou découvre environ 70 nouveaux taxons par an, principalement au rang d'espèce (soit 50 taxons nouveaux pour la science et 20 nouveaux pour la Turquie) et ce depuis plus de quinze ans, rythme qui ne s'est pas ralenti ces dernières années ! De plus, la majorité de ces nouveaux taxons est située au-delà de la fameuse « diagonale anatolienne », frontière biogéographique et culturelle qui délimite un territoire richissime encore mal exploré.

- Les pays en attente, comme l'Algérie dont la dernière flore a été publiée à l'indépendance (Quézel & Santa 1962-1963), la Tunisie dont la dernière flore a été éditée en deux phases avec la seconde à titre posthume (Cuénod 1954 ; Pottier-Alapetite 1979-1981), la Libye dont la première flore complète est parue entre 1976 et 1990 (150 fascicules !), le Liban et la Syrie dont la flore commune (Mouterde 1966-1984) a été éditée partiellement à titre posthume. Quant à l'Israël/Palestine et la Jordanie, ils ont été traités ensemble dans *Flora Palaestina* (Zohary & Feinbrun-Dothan 1966-1986), mais aucune de ces pays n'a édité de flore depuis, malgré le niveau de connaissance et d'activité taxonomique plutôt avancé. Même situation à Chypre depuis Meikle (1977-1985).
- Enfin des pays en souffrance, comme l'Irak dont la flore a été initiée en 1966 mais interrompue en 1985 (Guest 1966 ; Townsend & Guest 1966 ; Bor 1968 ; Townsend 1974 ; Townsend & Guest 1980 ; Townsend & Guest 1985), puis reprise récemment (Ghazanfar & Edmonson 2013 ; 2016) mais toujours inachevée et dont la première partie est déjà dépassée ! Il en est presque de même en Iran où la flore n'est pas encore achevée après la parution de 178 fascicules de *Flora Iranica* entre 1963 et 2010...

Au Maghreb et au Proche-Orient, les découvertes chorologiques y sont encore régulières ces quinze dernières années, y compris concernant la flore indigène. C'est le cas au Maghreb d'une part pour le Maroc (Dobignard 2002 ; Dobignard 2009 ; Chambouleyron 2012 ; Sant, Léotard et al. 2017), l'Algérie (Laribi, Acherar et al. 2009 ; Laribi, Acherar et al. 2011 ; De Bélair & Véla 2011 ; Véla, Bougaham et al. 2012 ; Véla, Telailia et al. 2012 ; Véla & Mostari 2013 ; Véla & de Bélair 2013 ; Laribi, Véla et al. 2016) et la Tunisie (Ghrabi-Gammar, Daoud-Bouattour et al. 2009 ; Abaza, Gammar & Ghrabi-Gammar 2010 ; Muracciole, Delaugerre & Pavon 2010 ; Pavon & Véla 2011 ; El Mokni, Domina et al. 2015). Mais pendant le même temps la Libye est restée en retrait après une phase pourtant plus prolifique les deux décennies précédentes (Brullo & Furnari 1979a ; Brullo & Furnari 1979b ; Brullo & Furnari 1979c ; Brullo & Furnari 1981 ; Brullo & Furnari 1988 ; Brullo & Furnari 1996). C'est à nouveau le cas au Proche-Orient pour le Liban (Haber & Semaan 2007 ; Musselman & Al-Zein 2009 ; Tohmé & Tohmé 2006 ; Tohmé & Tohmé 2007a ; Tohmé & Tohmé 2007b ; Tohmé & Tohmé 2008 ; Tohmé & Tohmé 2009 ; Tohmé & Tohmé 2010 ; Williams, Breidy et al. 2015) et aussi plus récemment pour le Kurdistan irakien (Véla, Youssef & Mahmood 2013 ; Youssef, Mahmood et al. 2015 ; Youssef, Mahmood & Véla 2017 ; Youssef, Mahdi et al. 2017).

Tout cela est sans compter bien sur les signalements fréquents dans tous ces pays de xénophytes nouvellement installés (Tohmé & Tohmé 2006-2010 ; Omezine 2011 ; El Mokni & El Aouni 2011 ; El Mokni, Hamdi et al. 2012 ; El Mokni & El Aouni 2012 ; El Mokni & El Aouni 2013 ; El Mokni, Kasri & El Aouni 2013 ; Véla, Rebbas et al. 2013 ; Kazi-Tani 2013 ; Kazi-Tani 2014 ; El Mokni, Elaissi, & El Aouni 2016 ; Iamónico & El Mokni 2017), même si le Kurdistan d'Irak est demeuré pour l'instant en retrait de cette dynamique.

Quant aux nouveautés taxonomiques (descriptions) et/ou nomenclaturales (recombinaisons) elles sont rares à ce jour dans une partie du Maghreb et du Proche-Orient malgré le grand potentiel d'une flore riche encore en attente de révélation, car elles nécessitent des compétences plus poussées et un temps de travail plus long. Au-delà de mes travaux concernant des taxons notamment algériens, tunisiens ou libanais évoqués précédemment, on peut signaler de rares publications d'auteurs européens sur l'Algérie (Romo & Boratyński 2010 ; Kreutz, Rebbas et al. 2013), la Tunisie (Vazquez & Ramos 2007 ; Brullo, Brullo et al. 2017), l'ensemble du Maghreb (Brullo, Pavone & Salmeri 2015) ou

le Liban (Yen, Yang & Baum 2008 ; Bolin, Bray & Musselman 2011). Mais en général il n'y a pas de collaboration suivie ni projet de formation/coopération avec les pays concernés, excepté entre la Tunisie et l'Italie (El Mokni, Domina et al. 2014 ; Brullo, Brullo et al. 2017). A l'avenir, ce genre de découvertes pourrait augmenter au Maghreb et au Proche-Orient, et leur nombre sera d'autant plus grand que les chercheurs des pays du Sud y seront impliqués dans des collaborations formatrices.

3.1.3. Peut-on cartographier l'ignorance ?

Un des défis méthodologiques qui permet d'optimiser les efforts des explorateurs et des scientifiques, est celui qui consiste à inventorier et cartographier la part de ce qui n'est pas connu. C'est ce qu'on appelle une analyse des lacunes (*gap analysis*). Le terme a été utilisé initialement pour conceptualiser un besoin méthodologique qui permettrait de compléter de manière optimale un réseau d'aires protégées existantes (Scott, Davis et al. 1993) et a été fortement utilisé et développé depuis (Jennings 2000 ; Langhammer, Bakarr et al. 2007). C'est aussi ce que nous avons réalisé sur le cas du Liban (El-Hajj, Khater et al. 2017).

Une autre utilisation est celle de la recherche des lacunes de connaissances de la distribution des espèces (*gap analysis of knowledge*). Elle a été utilisée au niveau européen concernant la biodiversité marine (Costello, Bouchet et al. 2006) et intègre une analyse des ressources documentaires pour l'identification des espèces ainsi que des compétences humaines par catégories d'âge et de profession. Elle a été plus récemment théorisée à l'échelle globale en termes d'objectifs méthodologiques à moyen-long terme par Jetz, McPherson & Guralnick (2012).

A l'échelle de la Méditerranée ces analyses des lacunes dans les connaissances sont encore rares. On peut signaler la tentative récente de Beddek (2017) concernant les Reptiles et Amphibiens d'Algérie. Concernant la flore vasculaire d'Algérie et de Tunisie, on doit signaler la proposition historique remarquable de Quézel & Bounaga (1975), certes très empirique mais aussi très novatrice pour son époque. Si on confronte cette cartographie à toutes les découvertes chorologiques d'échelle nationale réalisées après l'an 2000 (figure 17), on se rend compte que nombre d'entre elles sont situées de part et d'autre des frontières, ce qui est normal puisque ces dernières sont artificielles et ne correspondent pas à des limites biogéographiques naturelles. De plus, un nombre important est également situé sur des îlots du littoral longtemps négligés, dont le meilleur exemple est l'archipel de la Galite en Tunisie exploré une seule fois au cours de l'histoire (Chabrolin 1933). Mais néanmoins un nombre non négligeable est situé loin des frontières politiques et des frontières naturelles, ce qui montre que le manque de prospection est réel, même à l'intérieur du pays, tant en Algérie et en Tunisie, y compris dans des régions considérées comme « bien connues ». En effet, le nombre d'espèces observées ni le nombre d'observations réalisées ne suffisent pas à écarter le manque de prospection, qui doit se calculer sur le nombre d'espèces/observations réel (par principe non connu), moins le nombre d'espèces/observations enregistré.

Il n'y a pas de méthode miracle pour atteindre l'exhaustivité des inventaires, quelle que soit l'échelle considérée (localité, pays, etc.). Plusieurs méthodes basées sur la modélisation et/ou la prédiction s'y sont essayées, mais le plus souvent la connaissance empirique du taxon et de la région par les experts est la seule mise à contribution, probablement car c'est la plus accessible et surtout qu'elle est encore la plus efficace ! A minima il est possible et souvent très utile de cartographier l'effort de prospection : tous les cartographes prospecteurs vous le diront, en s'efforçant de visiter une maille jusque là oubliée on trouve parfois des choses inattendues... Ainsi la carte de Quézel & Bounaga doit

nous encourager à aller prospecter dans l'Atlas saharien, certains secteurs des Hauts Plateaux ou les Monts des Matmatas. D'ailleurs, lorsqu'on regarde la figure 17, on s'aperçoit qu'aucune nouvelle découverte n'est intervenue dans ces « zones blanches » : ce n'est pas parce qu'elles sont dépourvues de biodiversité cryptique, c'est simplement qu'elles sont encore aujourd'hui quasiment inexplorées, car éloignées des grands centre urbains et universitaires ! On y voit aussi que même dans les zones dites « très bien connues », comme l'ensemble Djurdjura-Akfadou en Kabylie, il est encore possible de découvrir des micro-habitats remarquables encore non prospectés, comme celui qui a permis la découverte de *Nardus stricta* et *Rhynchocorys elephas* au col d'Akfadou (Laribi, Acherar et al. 2009 ; 2011).

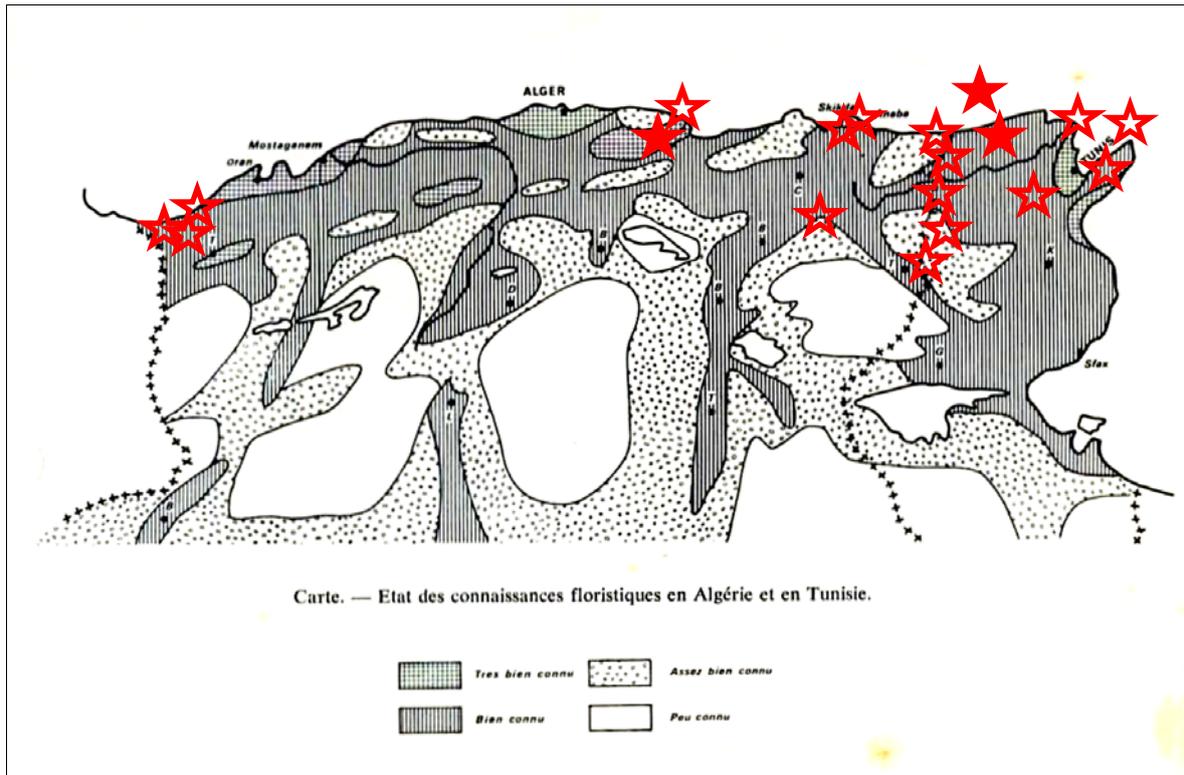


Figure 17. Etat des connaissances floristiques en Algérie et Tunisie d'après Quézel & Bounaga (1975) et localisation des plantes autochtones découvertes en Algérie ou en Tunisie depuis l'année 2000. Ont été exclus les taxons déjà signalés sous un autre nom, seuls les taxons jamais observés ont été retenus. Chaque étoile vide correspond à une espèce nouvelle pour le pays et chaque étoile pleine à plusieurs espèces.

Algérie (d'ouest en est) : *Ophrys dyris* (Medjahdi, Ibn Tattou et al. 2009), *Teucrium doumerguei*, *Plantago benisassenii* (Sekkal, Hadjadj-Aoul & Véla 2018), *Nardus stricta* + *Rhynchocorys elephas* (Laribi, Acherar et al. 2009 ; 2011), *Allium commutatum* (Véla, Bougaham & Moulaï 2012), *Potentilla supina* (Laribi, Véla et al. 2016), *Nymphoides peltata* (De Bélair & Véla 2011), *Soleirolia soleirolii* (Hamel & Boulemtafès 2017), *Sixalix farinosa* (Véla, Telaïlia et al. 2012).

Tunisie (d'ouest en est) : *Rhus coriaria* (Abaza, Gammar & Ghrabi-Gammar 2010), *Ophrys atlantica*, *Orchis simia* (Martin 2008), *Neottia nidus-avis* (El Mokni, Mahmoudi & El Aouni 2014), *Asplenium marinum* + *Cheilanthes madeirensis* + *Diplotaxis viminea* + *Ononis minutissima* + *Serapias nurrica* (Muracciole, Delaugerre & Pavon 2010 ; Pavon & Véla 2011 ; Véla & Pavon 2013), *Crassula vaillantii* + *Pilularia minuta* (Ghrabi-Gammar, Daoud-Bouattour et al. 2009), *Limonium elfahsianum* (Brullo & Giusso del Guado 2006), *Allium commutatum* (Pavon & Véla 2011), *Phelipanche rosmarina* (Domina 2011), *Solenopsis minuta* (Domina & El Mokni 2012).

Ainsi dans la pratique, à défaut de cartographie des lacunes, il convient de repérer des espèces « indicatrices de la sous-prospection » voire de la non prospection. Au-delà de la question des

frontières nationales, toute espèce spontanée nouvelle pour une région considérée alors que des checklists existent pour cette région, et qui ne comporte pas de difficulté d'identification et/ou d'observation ni de confusion taxonomique ou nomenclaturale historique, suggère que la localité n'a jamais été prospectée ou alors trop rapidement et sans doute pas dans toutes les saisons favorables. Il convient bien entendu de ne pas raisonner de la sorte avec les espèces xénophytes à caractère envahissant, ni avec les espèces rudérales à caractère naturellement instable. A l'inverse, ceci est d'autant plus vrai que l'espèce observée est considérée comme prestigieuse et/ou patrimoniale (rare, endémique, emblématique...). Par exemple, nous avons découvert au Rass el Hadid (ex-Cap de Fer) à l'ouest de la péninsule de l'Edough dans les années 2007-2008 (E. Véla, G. de Bélair – données inédites) sept endémiques régionales sur le même relief (*Brassica fruticulosa* subsp. *numidica*, *Daucus gracilis*, *Dianthus sylvestris* subsp. *aristidis*, *Lotus drepanocarpus*, *Matthiola sinuata* var. *numidica*, *Seseli praecox* subsp. nov., *Silene rosulata*) alors qu'aucune n'y est signalée dans la littérature ni les herbiers. En fait, c'est le site tout entier qui n'est jamais signalé, bien qu'il possède un toponyme nom ambigu de longue date. L'explication nous paraît simple : il n'avait jamais été prospecté car difficilement accessible à l'époque de la colonisation française (sentier reculé), la piste actuelle ayant été construite après les années 1990.

3.2. Stratégie de recherche pour le développement

Mon projet s'articule autour de plusieurs mécanismes imbriqués comprenant : mon maintien dans une sphère d'excellence, le développement progressif d'une équipe sur place et à l'international, la formation de formateurs dans les pays du Sud, l'encadrement ou le co-encadrement d'étudiants au Sud, l'enseignement dans le domaine de la floristique et de la biogéographie (figure 18).

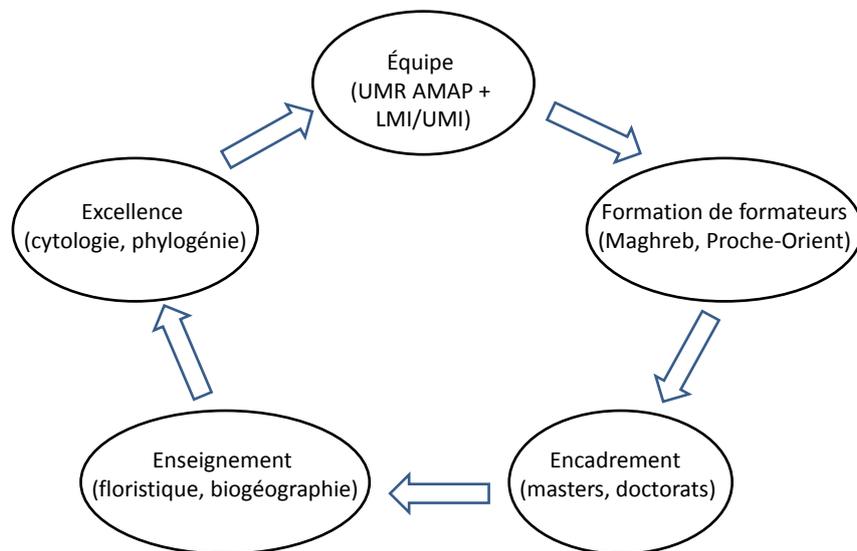


Figure 18. Stratégie intégrée de recherche et de formation en Méditerranée

3.2.1. L'excellence

Il est nécessaire pour un chercheur qui aspire à diriger un projet à long terme, de demeurer dans une sphère d'excellence qui lui permettra de tirer le meilleur de lui-même. C'est en continuant de collaborer avec des chercheurs européens, dans des domaines à évolution rapide comme la biologie moléculaire (phylogénie, chimiotaxonomie, cytométrie, caryologie), que je pourrais maintenir ma capacité à initier des recherches novatrices et à les valoriser par des publications au plus haut niveau.

En phylogénie classique, sans oublier la phylogéographie, les méthodes moléculaires et statistiques évoluent vite, surtout que l'on s'oriente désormais vers la phylogénomique, qui a déjà pris un essor remarquable. Certaines de mes collaborations historiques se poursuivent activement, dont celles avec l'IMBE à Aix-Marseille (Dr Alex Baumel), et d'autres ont été initiées à l'université de Naples en Italie (Dr Olga de Castro). En chimiotaxonomie, le modèle *Ophrys* étudié au CEFÉ à Montpellier (Dr Bertrand Schatz, cf. thèse de Nina Joffard 2017) reste pour moi un objet d'étude privilégié et presque sans limite, tellement la diversité et la complexité du modèle biologique est immense. La cytométrie de flux que j'ai expérimentée auprès de la plateforme I2BC du CNRS à Gif-sur-Yvette est devenue une nouvelle voie d'investigation très prometteuse dans la connaissance des phénomènes de polyploïdie (Véla, Tison et al. 2017). Associée à cette dernière, la caryologie classique telle que pratiquée à l'IMBE d'Aix-Marseille (Dr Régine Verlaque, Manuel Cartereau) et à l'université de Béjaïa (Pr Mohamed Sahnoune, thèse de Melilia Mesbah, 2016-2019) est un complément précieux et indispensable pour la compréhension taxonomique de nos espèces.

3.2.2. L'équipe et ses ramifications

A ce jour, mes principaux collaborateurs sont extérieurs à mon unité de recherche, voire situés à l'étranger, les domaines d'activités de l'UMR AMAP en matière de taxonomie et biogéographie étant historiquement centrés sur divers domaines tropicaux. Un renforcement interne provisoire vient d'être initié avec un recrutement post-doctoral en juin 2017 (Dr Sami Youssef), sur la thématique de la flore méditerranéenne et irano-anatolienne du Zagros et de Mésopotamie dans le cadre du projet de recherche « Geophytes for Life : l'évaluation des géophytes comme un proxy des priorités de conservation et de valorisation ethnobotanique au Kurdistan d'Irak ». Ce projet a notamment été l'occasion d'un élargissement de mes activités de recherche au domaine de l'ethnobotanique, particulièrement concernant la préservation du savoir traditionnel des peuples autochtones (Youssef, Mahmood et al. 2017).

De plus, à travers l'encadrement de doctorants en l'Algérie et peut-être à moyen terme au Kurdistan, l'équipe s'est agrandie de plusieurs étudiantes (Fatma-Zohra Sekkal, Melilia Mesbah, Narimène Guechi) et par ricochet s'est ramifiée jusqu'à leur encadrant local (Pr Seghir Hadjadj-Aoul à Oran, Pr Mohamed Sahnoune à Béjaïa, Dr Khellaf Rebbas à M'Sila). Une telle expérience fructueuse a aussi été menée pendant le doctorat de Rita El-Hajj Sawaya (2013-2016) avec Dr Carla Khater (CNRS libanais) au Liban et Pr Thierry Tatoni (Université Aix-Marseille) en France.

Il serait également important de pérenniser cette dynamique au-delà des projets occasionnels, via le montage de laboratoires mixtes internationaux (LMI) avec l'IRD ou d'unités mixtes internationales (UMI) avec le CNRS. Il n'en reste pas moins que la présence de nombreuses zones dites « déconseillées sauf raison impérative » dans les pays concernés (figure 19) rendent difficile la mise en application de telles procédures ambitieuses mais très contraignantes (et très contraintes) sur le plan administratif.

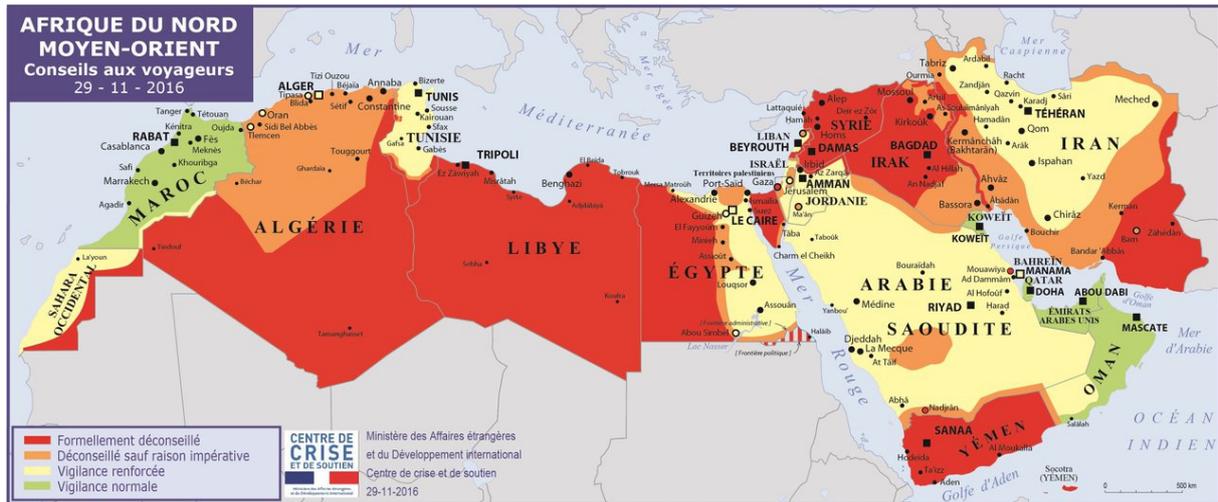


Figure 19. La carte régionale « Afrique du Nord / Moyen-Orient » du site du Ministère de l'Europe et des affaires étrangères [www.diplomatie.gouv.fr/fr/conseils-aux-voyageurs/conseils-par-pays/ ; consulté le 13 novembre 2017]

3.2.3. La formation

Pour arriver à terme à l'objectif précédent et pour démultiplier durablement les résultats attendus, il sera important de s'investir de manière plus formelle dans la formation des formateurs. Beaucoup d'enseignant-chercheurs dans les pays du Sud ont des lacunes fondamentales et/ou un manque de pratiques *ad hoc* qui ne leur permet pas de valoriser leurs données ni de former les générations à venir. Certains, notamment en Algérie, peuvent bénéficier de bourses nationales pour des stages de courte durée (1 mois), système assez répandu que nous mettons à profit aussi souvent que possible.

Mais cela ne remplace pas les déplacements en sens inverse, comme celui dont j'ai pu bénéficier à travers le Programme Averroes-3 (Erasmus Mundus) de mobilité du personnel académique. Il s'agissait d'un accueil au laboratoire d'Écologie et d'Environnement alors sous la direction du Pr. Aïssa Moali à l'Université A. Mira de Béjaïa (Algérie). La thématique était « Biodiversité et diagnostic de territoire : enjeux et méthodes à travers l'exemple de la flore de Kabylie (Algérie) » sur une durée de deux fois quinze jours. Elle a permis de renforcer les liens humains avec les équipes sur place, et ainsi de réaliser diverses publications (Véla, Bougaham & Moulaï 2012 ; Bougaham, Bouchibane & Véla 2015 ; Bouchibane, Véla et al. 2017) puis de proposer et co-encadrer un sujet de recherche pour deux Master 2 (Saadi & Benali 2015 ; Akroune & Bourkeb 2016). Elle vient enfin d'aboutir à un projet doctoral sur la taxonomie du genre *Silene* en Algérie (cf. § 3.2.2.).

3.2.4. L'encadrement

La formation des étudiants à la recherche par la recherche est un complément naturel du volet précédent. Ces encadrements et co-encadrements de doctorat ou de master ne sont pas seulement utiles à l'étudiant, mais également à moi-même, afin de pouvoir continuer à discerner les lacunes chroniques du système et les possibilités d'améliorations. Ils permettent enfin, comme tout encadrement diplômant, d'explorer des sujets d'actualité dans des domaines divers et de faire découvrir aux jeunes générations des problématiques d'avenir.

Dans ce domaine, le problème de fond reste celui de la non-linéarité du parcours des étudiants, dont certains stoppent leur cursus scientifique pour d'autres aspirations professionnelles ou personnelles. Ainsi l'énergie et le savoir investis dans l'étudiant ne sont pas pérennisés. Au mieux, en cas

d'émigration à l'étranger, l'expertise est au moins conservée par l'étudiant et lui seront utiles. Au pire, en cas de réorientation professionnelle face au chômage massif et/ou au manque d'intérêt pour la filière, la totalité de l'investissement sera perdu. Ces problèmes ne sont pas limités aux pays du Sud, mais ils y sont plus forts encore qu'en France et touchent parfois jusqu'aux enseignants-chercheurs déjà en poste. La première des compensations serait de valoriser tous les travaux effectués par des publications, mais cela reste rarement possible en termes de ressources temporelles et humaines, les étudiants étant passés à autre chose et les encadrants enchaînant les années universitaires avec leur lot répétitif de charges administratives et d'enseignements.

Mais une autre difficulté plus inattendue vient aggraver la situation de ceux qui ont réussi à se former en Europe ou en Amérique du Nord et qui ont fait le choix de retourner au pays. Etant au top des compétences techniques et des problématiques scientifiques du moment, on pourrait s'attendre à ce qu'ils soient rapidement efficaces en termes de recherche dans leur pays. Or, le plus souvent, leur précieux diplôme est surtout valorisé par des responsabilités administratives universitaires, certes utiles pour le fonctionnement du système mais chronophages pour les personnes concernées. Mais plus gênant encore, les problématiques apprises et développées sur le terrain dans les pays du Nord, s'avèrent difficiles voire impossibles à développer une fois de retour au Sud : les capacités logistiques (en laboratoire et sur le terrain), le niveau de connaissance historique (état de l'art), les compétences naturalistes (sur le terrain) sont très faibles, et l'émulation réciproque entre collègues n'est pas au rendez-vous. Au final, après quelques années, la stratégie de publication prolongeant le doctorat est épuisée et parfois le jeune docteur cesse ainsi toute activité de recherche.

Je vois au moins deux points noirs sur lesquels on pourrait peut-être agir plus efficacement : les compétences naturalistes et les problématiques scientifiques doivent être travaillées sur place dans le territoire concerné (et non pas en Europe ou en Amérique du Nord) et les encadrants doivent s'impliquer un minimum pendant le doctorat sur le terrain afin de bien cerner la réalité de la problématique locale (et ne pas seulement transposer une problématique théorique). Cela permettrait ainsi au jeune docteur de poursuivre facilement son activité de recherche et de développer des problématiques à la pointe, quoique toujours adaptées à la réalité de son terrain et de son pays. Et cela permettrait à l'encadrant de ne pas être qu'un formateur pour une durée limitée à l'exercice du doctorat, mais de poursuivre la formation et la collaboration avec le jeune docteur et ses collègues et étudiants sur une longue durée. Il reste face à cela quelques difficultés administratives de notre côté : accepter d'inscrire un doctorant qui resterait majoritairement basé dans son pays pour y faire son terrain et aussi accepter que l'encadrant se déplace régulièrement vers son étudiant, ce qui ne va pas sans poser des problèmes d'autorisation et d'accès (figure 19).

3.2.5. L'enseignement

L'enseignement est donc logiquement le dernier volet de cette mécanique. Il est bien entendu une terminaison logique de transmission du savoir par l'expert en la matière, qui utilise à la fois ses connaissances et son expérience de collaboration/formation pour cela (figure 18). Cela reste vrai en France, où les sciences de la biodiversité sont toujours demandeuses de chercheurs experts dans ces domaines. Mais cela est encore plus vrai dans les pays du Sud où ces sciences ne sont pas encore enseignées par manque de tradition nationale qui ne demande pourtant qu'à être stimulée.

La création de filières nouvelles, ou à minima la réorientation de filières existantes, dans le domaine de l'inventaire de la biodiversité et de son diagnostic, me paraît essentielle et urgente. Corollaire

logique, l'activité des bureaux d'études dans les pays concernés est souvent limitée sinon inexistante en termes de biodiversité. Dans le meilleur des cas, les exigences légales sont satisfaites en ayant recours à des sociétés et/ou des experts étrangers, ce qui ne profite guère à la génération montante dans les pays mais permet au moins la prise en compte officielle de la biodiversité et de sa conservation dans les projets de développement.

Il faut s'attacher, à tous les stades des filières L-M-D, à enseigner les problématiques de l'inventaire de la biodiversité et à développer les compétences naturalistes qui vont avec. En Licence, il est déjà possible d'enseigner les problématiques scientifiques du domaine à l'échelle mondiale et régionale, d'organiser des sorties de découverte sur le terrain et surtout d'apprendre à réaliser des observations naturalistes, à organiser une collection (photo et/ou herbier), à utiliser les outils d'identification (flores, logiciels, forums participatifs) puis à pérenniser les observations en les partageant dans des bases de données ouvertes. En Master, il est possible de développer des projets collectifs, organisés en sous-groupes en fonction des taxons (flore, faune vertébrée, invertébrée, fonge...), sur des sites d'études intéressants mais facile d'accès (péri-urbains notamment ou encore parcs nationaux en cas d'accueil logistique de la part des structures) : le groupe d'étudiant rédigera un rapport naturaliste et réalisera une collection numérique (herbier numérisé, photothèque). En doctorat, l'étudiant apprendra à poser une problématique précise d'inventaire de la biodiversité (analyse des lacunes, comblement des déficits, identification de ZIP, hiérarchisation des enjeux, évaluation de menaces, inventaires par zone, cartographie par taxon, révisions taxonomiques, limites biogéographiques, etc.) puis à publier ses résultats à un niveau international : la thèse de doctorat de Menad Beddek (2017) récemment soutenue dans le domaine de l'herpétologie algérienne en constitue un excellent modèle.

3.3. Exemples de thématiques fédératrices à développer

3.3.1. Aux origines de l'endémisme

La recherche de l'origine et de l'âge des taxons endémiques est aujourd'hui rendue plus aisée grâce à la biologie moléculaire, et donne parfois des résultats très éloignés de la théorie prédictive classique (Favarger & Contandriopoulos 1961) : paléo-, pétro-, apo- et néo-endémisme. Le cas de l'espèce algérienne *Hypochaeris saldensis*, syn. *Achyrophorus saldensis* (Talavera, Ortiz, et al. 2017), endémique des falaises maritimes du parc national de Gouraya en Kabylie, est un bon exemple : l'hypothèse classique qui en faisait une paléo-endémique sans parenté évidente avec une fonction dite « de conservation », a été totalement effacée au profit d'une divergence récente suggérant plutôt un endémisme « actif » (E. Véla, K. Tremetsberger, M.A. Ortiz, T. Stuessy & S. Talavera – données inédites). Des résultats similaires semblent s'appliquer à la sténo-endémique *Bupleurum plantagineum* Desf. (E. Véla, L. Gianguzzi & O. De Castro – données inédites). Il reste alors à investir la troisième endémique du secteur, la rarissime *Silene sessionis* Batt. qui fait actuellement l'objet d'une thèse de doctorat que je co-encadre à l'université de Béjaïa depuis septembre 2016. Tous ces taxons sont des représentants d'un groupe de sténo-endémiques exclusifs des falaises sub-littorales exposées au nord, très diversifié en Méditerranéen occidentale, tant en situation insulaire (de préférence sur les grandes îles) qu'en situation continentale. Le phénomène de l'endémisme radiatif d'origine récente, par colonisation puis diversification sur place, est bien connu sur l'archipel voisin des Canaries (Silvertown 2004) où il a également été longtemps supposé d'origine relictuelle ancienne traduisant un « souvenir » climatique du Tertiaire. Mais l'endémisme plus limité et

généralement monospécifique qui s'exprime dans nos presqu'îles et péninsules rocheuses en Méditerranée n'avait jamais été exploré auparavant.

Dans un autre contexte, le Zagros irakien recèle plusieurs espèces appartenant à des ensembles essentiellement méditerranéens ou irano-anatoliens, comme le genre *Prospero* et le sous-genre *Melanocrommyum* du genre *Allium* respectivement. C'est à l'occasion de la découverte de *Prospero seisumsianum* en Irak (Youssef, Mahmood et al. – soumis) et d'un recensement national d'*Allium calocephalum* (S. Youssef, Z. Mergyé, M. Firat, E. Véla – données inédites) que nous envisageons de poser la question de l'origine phylogénétique de ces taxons endémiques : sont-ils isolés en position basale ou bien apparaissent-ils en position dérivée ? En d'autres termes l'endémisme kurde, particulièrement celui du versant méridional du Zagros irakien et de ses pré-forêts steppiques, reflète-t-il plutôt un conservatisme de taxons ancestraux ou une zone de spéciation par diversification récente, ou bien les deux à la fois ?

3.3.2. Révisions taxonomiques

Plusieurs groupes taxonomiques ont été particulièrement explorés tout d'abord en France méditerranéenne, mais aussi dans le Tell algéro-tunisien depuis 2002, au Liban depuis 2012 et enfin au Kurdistan irakien depuis 2014. En vue de pouvoir réaliser des contributions ou des révisions taxonomiques solides dans les genres complexes et les groupes polyploïdes, la cytométrie de flux et la caryologie sont des domaines indispensables, mais la phylogénie moléculaire représente un espoir novateur. Parmi les chantiers les plus avancés et/ou les plus intéressants, on peut citer les genres suivants.

- Le genre *Ophrys* L. :

C'est le genre le plus riche et le plus complexe des orchidées méditerranéennes. Il présente des problématiques taxonomiques, biogéographiques et conservatoires très nombreuses. Les travaux très avancés en France, tant floristiques (Véla & Tison 2014a, 2014b) qu'évolutionnistes (Joffard 2017), mais aussi ailleurs en Europe, sont une source permanente d'inspiration pour les pays du Sud (Martin et al. 2015) où les réseaux amateurs sont de plus en plus mis à contribution. Ainsi pour le genre *Ophrys*, la description morphologique demeure l'approximation la plus efficace lorsqu'on ne connaît pas le pollinisateur, la chimie florale et/ou une phylogénie fortement résolutive, d'où la mise en application du concept de morpho-espèce (Véla, Rebbas et al. 2015). Non seulement c'est encore souvent le cas y compris en France et en Europe, mais ça l'est presque toujours au Maghreb et au Proche-Orient, ce qui laisse présager de la possibilité de nouvelles descriptions basées sur la morphologie, appuyées par de solides observations phénologiques et cartographiques, notamment dans les régions encore peu explorées (Véla, Martin & Ouni 2015), mais pas seulement (Martin & Véla 2012).

- Le genre *Allium* L. :

Initiée avec J.M. Tison pour l'amélioration de la connaissance du genre en France, en Algérie et en Tunisie, l'étude *in situ* et *ex situ* du genre *Allium* se fait désormais aussi en péninsule ibérique d'une part et au Liban et Kurdistan irakien d'autre part. La typification des vieux noms à partir d'herbiers historiques (Seregin 2004), couplée à la recherche *in situ* de populations vivantes et de leur caractérisation cytologique (niveau de ploïdie, caryogramme), s'est avérée très utile pour une bonne compréhension des complexes polyploïdes dans le genre méga-divers *Allium* en Afrique du Nord (Brullo, Pavone & Salmeri 2015 ; Khedim, Amirouche & Amirouche 2016) et reste une source

importante de résultats en cours et à venir, tant pour l'Europe du sud (J.-M. Tison, E. Véla, S. Mifsud – données inédites) que pour l'Afrique du Nord (E. Véla, J.-M. Tison, K. Rebbas, Y. Beghami – données inédites) et même la Méditerranée orientale (E. Véla, J.-M. Tison – données inédites). La principale problématique ici est celle de la synonymisation abusive de certains taxons peu connus appartenant à des groupes complexes, correctement décrits par le passé mais négligés par la suite par manque d'observation et de connaissance *in situ*. Une problématique secondaire reste celle de la découverte de taxons non décrits, que ce soit par découpage taxonomique (espèces "cryptiques") ou par découverte absolue sur le terrain (espèces "complètement nouvelles").

- **Le genre *Prospero Salisb.* (= *Scilla* p.p.) :**

Ce genre Méditerranéen atteint sa limite d'aire dans le domaine irano-anatolien, où nos données inédites ouvrent des perspectives nouvelles avec la présence de taxons diploïdes en limite d'aire du genre (Youssef, Mahmood et al. – soumis). Nos données caryologiques, cytométriques et morphologiques sont en cours de complétion à l'échelle de la Méditerranée dans le cadre d'une collaboration internationale visant à publier une compréhension évolutive inédite du genre. Etant donné la présence de nombreux taxons polyploïdes au sein du genre, une première étape serait celle de la réalisation d'une phylogénie complète des taxons diploïdes, sur le modèle de celle initiée par Jang, Emadzade et al. (2013). Enfin, la seconde étape serait de la réalisation d'une clé compréhensive d'identification de tous les taxons ouest-méditerranéen voire du genre entier, car celle-ci n'existe toujours pas à ce jour !

- **Le genre *Silene* L. :**

Ce genre très diversifié comprend 433 espèces dans l'espace Euro-Méditerranéen (Marhold 2011) dont 70 pour la seule Algérie avec 12 endémiques strictes (Dobignard & Chatelain 2011). Pour plusieurs d'entre elles, la caryologie et la phylogénie n'est pas connue. Pour toutes, le statut de menace n'a pas été réévalué depuis l'ancienne liste rouge 1997 de l'UICN (Walter & Gillett 1998). Dans cette évaluation 12 espèces, parmi les endémiques algériennes ou algéro-tunisiennes, avaient été classées menacées (catégories « en danger » ou « vulnérable ») ou « rares ». Pour toutes les espèces rencontrées, les données écologiques sont collectées sur le terrain, des graines sont prélevées, cultivées *ex situ*, le caryotype est décrit, la morphologie réinvestie.

Outre des résultats en termes de conservation, il est attendu des avancées sur la phylogénie des sténo-endémiques ainsi que sur la biogéographie générale de l'Algérie du Nord. A cette occasion, la taxonomie et la chorologie du genre pour l'Algérie seront révisées et une clé d'identification renouvelée pourra alors être proposée.

3.3.3. Des inventaires aux outils d'identification

Les efforts de prospections naturalistes sur le terrain, consentis avec les naturalistes amateurs et les institutions étatiques en France, avec les étudiants et les chercheurs dans les pays du Sud, fournissent continuellement de nouveaux inventaires floristiques qu'il est possible de synthétiser périodiquement dans des checklists nationales ou régionales.

- **En France :**

La dynamique nationale est en forte progression depuis une quinzaine d'année, avec la naissance et la montée en puissance du réseau Tela Botanica depuis 1999, l'expertise et la fédération des conservatoires botaniques nationaux, et le renouveau floristique appuyé par la société botanique de

France dont le dernier ouvrage en date, « *Flora Gallica* » (Tison & de Foucault 2014), est déjà en voie de réédition avec mise à jour active. Ma participation croissante à ces projets est un cadre parfait pour gagner en expertise et en autonomie pour ensuite initier ou appuyer des projets similaires au Sud. Ainsi ma connaissance empirique des orchidées françaises puis ouest-méditerranéennes a pu être catalysée par des expériences comme le « Catalogue synonymique commenté de la flore de Tunisie » (Le Floc'h, Boulos & Véla 2010), la « Flore de France méditerranéenne continentale » (Tison, Jauzein & Michaud 2014) et « *Flora Gallica* » (Tison & de Foucault 2014). Il en va de même aujourd'hui pour diverses Asparagacées (genre *Prospero*), Amaryllidacées (genres *Allium* et *Sternbergia*) et même Poacées (genre *Brachypodium*) dont mon expertise s'accroît en France et que je peux désormais exporter au Maghreb et au Proche-Orient.

- **En Algérie :**

La dynamique mise en place sous l'égide de Gérard de Bélair, enseignant-chercheur émérite à l'université d'Annaba et promoteur de nombreuses thèses de doctorat dans tout le Nord-Est de l'Algérie, a ciblé de manière concentrique la péninsule de l'Edough (zone importante pour les plantes), le secteur de la Numidie littorale, puis l'ensemble du hotspot régional Kabylie-Numidie-Kroumirie et même au-delà grâce à la formation puis à l'agrégation progressive d'autres équipes universitaires algériennes (universités d'El Tarf, Souk-Ahras, Batna, Jijel, Sétif, M'Sila, Béjaia, Tizi-Ouzou, Tiaret, ENSA d'Alger...). Ces travaux de routine sont le support de tout le volet formation/enseignement de mon sous-projet « Maghreb » et pourront être le matériau de départ de divers projets de florules, catalogues et/ou atlas régionaux à moyen terme (Kabylie, Numidie, Aurès, Monts du Hodna...).

- **En Tunisie :**

Plusieurs dynamiques initiées à la fin des années 2000 concernant le littoral, les zones humides ou encore la famille des Orchidées ont permis l'émergence d'un groupe d'enseignants-chercheurs et même de quelques amateurs particulièrement actifs. Les expériences du « Catalogue synonymique commenté de la flore de Tunisie » (Le Floc'h, Boulos & Véla 2010) et de l'Iter Optima 2014 en Tunisie (Domina, Greuter et al. 2015) pourrait facilement être le point de départ d'un projet collectif de flore et/ou d'atlas chorologique national, à mettre en place sous l'égide d'un partenariat Euro-Tunisien (à minima France, Italie et Tunisie) rassemblant des botanistes de terrain et des taxonomistes expérimentés.

- **Au Kurdistan irakien :**

Les nombreuses découvertes chorologiques effectuées ces dernières années en collaboration avec l'université de Duhok nous ont encouragé à initier une collaboration avec l'université d'Erbil en espérant bientôt y ajouter la troisième université régionale de Suleymaniye. Le premier projet fédérateur que nous avons lancé est celui d'un ouvrage collectif sur les orchidées du Kurdistan méridional (Youssef, Véla et al. – sous-presse), sur le modèle de celui déjà réalisé en Tunisie (Martin, Véla & Ouni 2015). Par ailleurs, dans le prolongement de notre programme « *Geophytes for Life* », d'autres familles de plantes à bulbes pourraient suivre, peut-être sur le modèle des livres d'amateurs à haut niveau scientifique comme « *Bulbous Plants of Turkey and Iran* » (Sheasby 2007) ou « *Bulbs of the Eastern Mediterranean* » (Peri 2015).

3.3.4. Synthèses territoriales et priorités de conservation

L'amélioration des connaissances sur le terrain engendrent des approches rénovatrices sur la protection du territoire et la conservation des espèces.

- Les Zones Importantes pour les Plantes (ZIP) :

Le travail initiateur de Radford, Catullo & De Montmollin (2011) a permis de jeter les bases méthodologiques pour l'évaluation des zones importantes pour les plantes (ZIP) au Maghreb et au Proche-Orient. Le dépouillement des données historiques (bibliographie + herbiers) et l'avancée des connaissances de terrain nous amène à envisager une réévaluation des ZIP nord-algériennes, avec d'ores-et-déjà un total de 50 ZIP pressenties (cf. § 2.1.2.). Il serait ainsi utile de revoir et compléter la liste des ZIP tunisiennes (Ghrabi-Gammar 2011) à la lumière des nouvelles observations effectuées sur le terrain ces cinq dernières années et plus encore celle des ZIP irakiennes (Nature Iraq 2016) notamment pour la partie kurde à la fois la plus riche et la plus méconnue.

- La liste rouge de l'UICN :

L'élaboration en cours de la liste rouge des Monocotylédones de Méditerranée avec l'UICN est une expérience très complète d'expertise et de formation qui commence à porter ses fruits (parution complète prévue en 2018). Il s'agira de s'investir plus en amont dans les pays du Sud lors de la phase suivante, bien plus colossale, qui concernera les Dicotylédones. Il conviendrait aussi d'attraper le train en marche en ce qui concerne la flore du Kurdistan irakien, à ce jour totalement délaissée de toute initiative de liste rouge car située hors de la zone d'action de l'UICN-Méditerranée. En effet, le versant méridional du Zagros irakien, pourtant caractérisé par une flore et un bioclimat méditerranéens (Roumieux, Raccasi et al. 2010 ; S. Youssef, E. Véla – données inédites), n'a pas été intégré au hotspot du bassin méditerranéen par le CEPF (Derneği 2010) mais à défaut au hotspot irano-anatolien voisin, ce qui ne semble que partiellement pertinent.

- La cartographie des Orchidées :

Dans les pays d'Europe comme ceux du Levant et dans une moindre mesure au Maghreb, les réseaux amateurs sont de plus en plus actifs et réalisent souvent l'essentiel voire l'intégralité des activités d'inventaire, notamment chez la famille très prisée des Orchidées. De tels réseaux, généralistes ou bien focalisés sur les Orchidées, se développent dans presque tous les pays, notamment via le réseau botanique Tela Botanica mais aussi le réseau social Facebook, et ce de manière complémentaire des réseaux de collaborations universitaires classiques. Ainsi l'expérience tunisienne de cartographie (figure 20) sert d'objectif à un réseau algérien qui s'est mis en place et se renforce depuis plusieurs années. Une dizaine de publications spécifiques sur l'inventaire et la cartographie des orchidées algériennes a ainsi pu voir le jour (De Bélair, Véla & Boussouak 2005 ; Babali, Hasnaoui & Bouazza 2013 ; Beghami, Véla et al. 2015 ; Bougaham, Bouchibane & Véla 2015 ; Hamel, Meddad-Hamza & Oudina 2017 ; Madoui, Rebbas et al. 2017 ; Boukehili, Boutabia et al. 2018) et plusieurs autres sont déjà en préparation (Miara, Ait-Hammou, et al. – soumis ; M. Heddad, S. Haddad, Y. Mahri, A. Bessad, Y. Meribai, E. Véla – données inédites), dans l'optique d'une grande cartographie nationale collaborative à venir. Si la cartographie est certes cruciale en matière de conservation, elle est importante aussi en matière de taxonomie, afin de mieux appréhender les zones de sympatrie, de contact ou de vicariance, et ainsi de mieux comprendre la taxonomie des groupes difficiles et les modalités de spéciation (cf. § 3.3.2.).

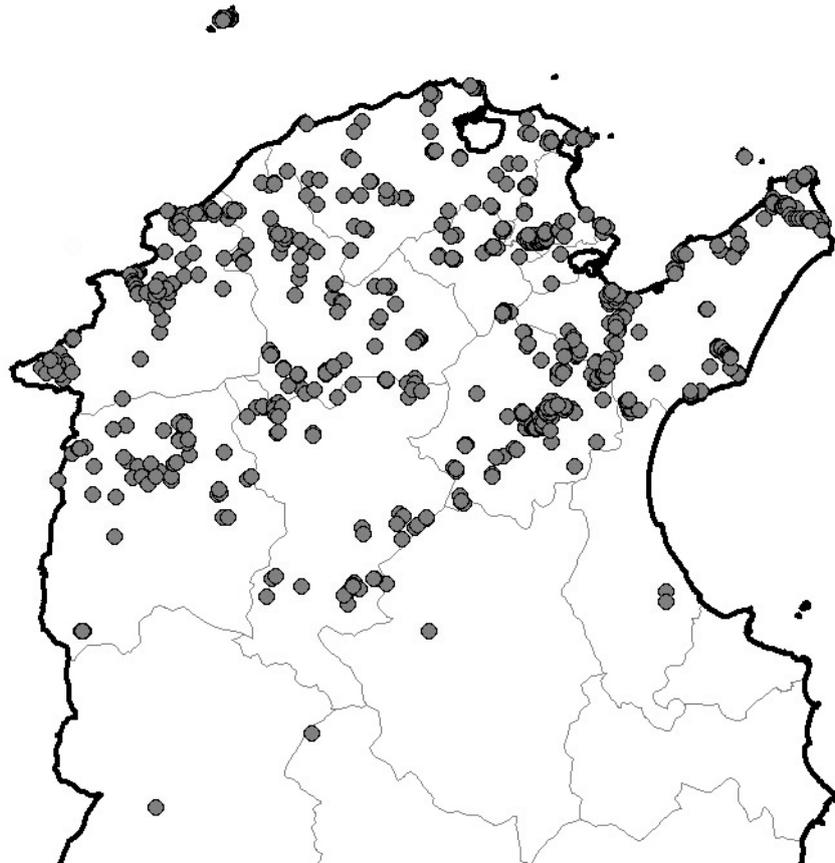


Figure 20. Localités de présence des Orchidées en Tunisie, totalisant 3105 observations, rassemblées pendant 15 années de prospection, par une vingtaine de contributeurs (in Martin, Véla & Ouni 2015)

3.3.5. Le savoir ethnobotanique dans les « coldspots » de connaissances

Dans certaines zones blanches de connaissance (*knowledge coldspots*), le savoir populaire traditionnel sur la biodiversité est parfois très avancé et de ce fait plus élaboré que le savoir scientifique (Youssef, Mahmood et al. 2017). Les peuples autochtones, de par leur mode de vie rural, qu'il soit nomade ou sédentaire, ont accumulé au fil des millénaires un savoir très élaboré sur les espèces animales, végétales et fongiques. Ce savoir concerne en premier lieu les usages que ces espèces peuvent fournir à la communauté locale, mais par extension il concerne aussi l'histoire naturelle des taxons concernés : distribution, écologie, phénologie, etc.

Mais ce savoir est aujourd'hui menacé par un changement du mode de vie, de plus en plus moderne, urbain et mondialisé. Aussi il est important de recenser ce savoir afin de l'archiver face au risque d'oubli : rupture de la chaîne de transmission orale, abandon des pratiques. On pourra ainsi espérer en sauvegarder tout ou partie en le transmettant aux générations futures sur des supports de communication modernes (livres, vidéos...). Ainsi, les connections entre diversité culturelle et biodiversité se doivent d'être urgemment étudiées et mieux comprises (Maffi & Woodley 2012).

Par ailleurs, le maintien voire la transformation dans certains cas de pratiques ancestrales extensives devenant intensives (marchandisation, service aux populations rurales plus aisées, exportation...) peut amener à des problèmes de conservation critiques, notamment lorsqu'il s'agit d'espèces

endémiques. A ce jour ce problème émergent ne semble pas avoir été pris en considération dans les pays de la rive sud et est de la Méditerranée, et les orientations de conservation et de protection des écosystèmes forestiers demeurent encore souvent limitées à ses composantes ligneuse et pédologique, comme c'est le cas en Algérie (Djema & Messaoudene 2009). C'est pourquoi nous avons initié une série d'évaluations UICN sur des espèces sténo-endémiques faisant l'objet de récoltes traditionnelles au Kurdistan (Véla, Youssef & Mahmood 2017) et espérons le faire également en Algérie-Tunisie sur des espèces aromatiques à usage médicinal et/ou condimentaire (genre *Origanum* notamment). Un des principaux défis dans ce type de situation, est de pouvoir évaluer l'impact réel du mode de récolte actuel afin de proposer si besoin d'autres modes de récoltes alternatifs moins dommageables, permettant alors de concilier conservation de la biodiversité et conservation des usages. Dans le cas de l'espèce endémique kurde *Allium calocephalum* (S. Youssef, Z. Mergyé, M. Firat, E. Véla – données inédites), nous avons remarqué que les populations rurales récoltent les jeunes plants en entier par arrachage, puis jettent le bulbe afin de ne consommer que la partie feuillée. L'impact de cette pratique sur la dynamique locale des populations n'est pas encore connu et les possibilités d'y remédier par une sensibilisation du public concerné devront être envisagées.

A titre d'exemple, afin de mieux contribuer à connaître le rôle des pratiques traditionnelles dans les problématiques actuelles de conservation, nous avons initié une thèse de doctorat (Narimène Guechi, 2016-2019) à l'université de M'Sila en Algérie en co-encadrement avec Dr Khellaf Rebbas. Elle porte sur l'usage et la commercialisation des produits issus de la récolte dans la montagne forestière du Djebel Maadid, couplé à un inventaire de la biodiversité de ce même massif appartenant à l'ensemble biogéographique des Monts du Hodna (secteur « C2 » sensu Meddour 2010) et candidat au classement en tant que zone importante pour les plantes (ZIP).

3.4. Perspectives

La proximité des collections de l'Université de Montpellier est un atout historique qu'il faut continuer de valoriser, sur place mais aussi depuis l'étranger, ce qui est désormais rendu aisé grâce à l'efficacité du programme e-ReColNat [explore.recolnat.org/search/botanique/type=index]. L'utilisation des outils développés par Tela Botanica comme le « Carnet en Ligne » [www.tela-botanica.org/page:cel] et/ou dans le cadre des projets Pl@ntNet [plantnet.org/] et Floris'Tic [floristic.org/], constitue une autre vitrine collaborative accessible à tous publics amateur et professionnel pour une plus grande synergie de tous les botanistes actifs. La mise en place du projet collaboratif « Flore du Maghreb » [www.ville-ge.ch/cjb/flore/html/index.html] sous l'égide de Cyrille Chatelain (Conservatoire et Jardin botaniques de Genève) est un bon exemple de contribution possible concernant la flore des pays les moins connus (voir figure 16, § 3.1.).

D'un point de vue plus classique, la structuration de projets avec des équipes rattachées à d'autres UMR de Montpellier (Eric Garnier, au CEFÉ) et d'Aix-Marseille université (Frédéric Médail, à l'IMBE) comme le projet « FUNBIOME » (*Plant FUNctional BIOgeography in the MEditerranean*) financé par le labex CEMEB (2017-2018) est un exemple d'ouverture possible vers des recherches exploratoires. Ce type d'association doit être poursuivi et élargi pour répondre à des questions fondamentales dont la portée dépasse mes simples préoccupations floristiques. Par exemple, sur les modèles du célèbre « *How many tree species are there in the Amazon and how many of them will go extinct?* » (Hubbell, He et al. 2008) et du tout récent « *Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species*

list » (Cardoso, Särkinen et al. 2017), il serait intéressant d'explorer des questions du type « *How many geophytes species are there in the Mediterranean and how many of them are threatened?* » ou encore « *Mediterranean plant diversity revealed by a taxonomically verified species list* » ! Pour cela, la base de données Euro+Med Plant Base [ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/query.asp] et/ou la World Checklist of Selected Plant families (WCSP) pour les Monocotylédones [wmsp.science.kew.org/] pourrait servir de point de départ à une liste par pays méditerranéen. Il conviendrait alors pour chacun des pays, de séparer les espèces de la partie méditerranéenne de celles de la partie euro-caucasienne (pays d'Europe et Turquie) ou saharo-sindienne (pays d'Afrique du Nord et du Levant). Pour chacun des pays considérés, ce travail est certes fastidieux mais théoriquement possible à partir des différentes flores nationales ou régionales. Concernant le degré de menace, la liste rouge de l'UICN en cours de publication pour les Monocotylédones permettra de couvrir la plupart des géophytes. Les quelques familles de dicotylédones concernées par la géophytie seront alors raisonnablement faciles à évaluer pour compléter le travail.

Enfin un renforcement de mes activités de recherche grâce à des recrutements au sein de l'équipe « Diversité taxonomique, systématique et évolution végétale » de l'UMR AMAP et/ou à la mise en place d'équipes mixtes internationales (de type LMI/IRD ou UMI/CNRS) avec des collaborateurs ultra-méditerranéens (Maghreb / Proche-Orient) serait une chance pour l'Université de Montpellier et le labex CEMEB de renforcer leur orientation stratégique « Dynamique, évolution et rôle fonctionnel de la biodiversité ». Par ailleurs cela permettrait de mieux affirmer l'implication respective de l'IRD et/ou du CNRS dans la problématique de la biodiversité du hotspot méditerranéen.

4. Références bibliographiques

Abaza, K., Gammar, A. M., & Ghrabi-Gammar, Z. (2010). Une nouvelle espèce pour la flore vasculaire spontanée de la Tunisie: *Rhus coriaria* L. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, 65(2), 179-184.

Akroune, L., & Bourkeb, T. ; dir. sc. : Belbachir, F. (2016). *Distribution et taille de la population de Buplèvre à feuilles de plantain (Bupleurum plantagineum Desf.) dans la zone centrale et occidentale du Parc National du Gouraya (Kabylie des Babors, Algérie)*. M.Sc. thesis, Univ. Aberrahmane Mira Béjaia, Algérie.

Anderson, S. (2002). *Identifying important plant areas*. London: Plantlife International.

Arafteh, R., & Kadereit, J.W. (2006). Long-distance seed dispersal, clone longevity and lack of phylogeographical structure in the European distributional range of the coastal *Calystegia soldanella* (L.) R. Br.(Convolvulaceae). *Journal of Biogeography*, 33(8), 1461-1469.

Auda P. ; dir. sc. **Véla, E.** (2005). *Etude de faisabilité d'un plan de gestion d'une espèce végétale protégée et endémique de Provence : Gouffeia arenarioides DC. (= Arenaria provincialis Chater et Halliday, Caryophyllaceae)*. M.Sc. thesis, Univ. Aix-Marseille-3 / S.A.R.L. Ecologie et Médiation (Marseille) : 76 p.

Babali, B., Hasnaoui, A., & Bouazza, M. (2013). Note on the Orchids of the Moutas Hunting Reserve-Tlemcen (Western Algeria). *Journal of Life Sciences*, 7(4), 410.

Beddek, M. ; dir. : Crochet, P.A. (2017). *Déficit de connaissances de la biodiversité et biologie de la conservation : le cas de l'herpétofaune d'Algérie*. Thèse de doctorat, université de Montpellier.

Beghami, Y., Kallas, M., **Véla, E.**, Thinson, M., & Benmessaoud, H. (2013). Le Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) dans les Aurès, Algérie: considérations générales, cartographie, écologie et groupements végétaux. *Ecologia mediterranea*, 39(1), 17-30.

Beghami, Y., **Véla, E.**, de Bélair, G., & Thinson, M. (2015). Contribution à la connaissance des orchidées de l'Aurès (N.-E. de l'Algérie): inventaire, cartographie, taxinomie et écologie. *Revue d'Ecologie*, 70(4), 354-370.

Benhouhou, S., Yahi, N., & **Véla, E.** (2018). Algeria. – § 3.3., in press... In: De Montmollin B., Gil T. & Valderrabano M., *Conserving wild plants in the south and east Mediterranean region*. Malaga : IUCN.

Benoit, G., & Comeau, A. (2005). *Méditerranée, les perspectives du plan bleu pour l'environnement et le développement*. Plan Bleu et Aube Eds., 432 p.

Bolin, J.F., Bray, R.D., & Musselman, L.J. (2011). A new species of Diploid quillwort (Isoetes, Isoetaceae, Lycophyta) from Lebanon. *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature*, 21(3), 295-298.

Bor, N.L. ; collab. Guest, E. (1968). *Flora of Iraq : volume 9, Gramineae*. Ministry of Agriculture, Baghdad.

- Bou Dagher-Kharrat, M., Abdel-Samad, N., Douaihy, B., Bourge, M., Fridlender, A., Siljak-Yakovlev, S., & Brown, S.C. (2013). Nuclear DNA C-values for biodiversity screening: case of the Lebanese flora. *Plant Biosystems*, 147(4), 1228-1237.
- Bouchibane M., **Véla E.**, Bougaham A.F., Zemouri M., Mazouz A. & Sahnoune M. (2017). Etude phytogéographique des massifs forestiers de Kéfrida, un secteur meconnu de la zone importante pour les plantes des Babors (Nord-Est algérien). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 72 (4) : 374-386.
- Bougaham, A. F., Bouchibane, M., & **Véla, E.** (2015). Inventaire des orchidées de la Kabylie des Babors (Algérie)–éléments de cartographie et enjeux patrimoniaux. *Journal Europäischer Orchideen*, 47(1), 88-110.
- Boukehili, K., Boutabia, L., Telailia, S., Mena, M., Tlidjane, A., Maazi, M. C., Chefrour, A., Saheb, M. & **Véla, E.** (2018). Les orchidées de la wilaya de Souk-Ahras (nord-est algérien): inventaire, écologie, répartition et enjeux de conservation. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 73(2), 167-179.
- Boulos, L. 1999–2005. *Flora of Egypt* (4 vols). Cairo : Al Hadara.
- Breitkopf, H., Onstein, R. E., Cafasso, D., Schlüter, P. M., & Cozzolino, S. (2015). Multiple shifts to different pollinators fuelled rapid diversification in sexually deceptive *Ophrys* orchids. *New Phytologist*, 207(2), 377-389.
- Brullo, C., Brullo, S., Cambria, S., El Mokni, R., El Aouni, M. H., & Del Galdo, G. G. (2017). A new species of *Bituminaria* (Fabaceae) from Tunisia. *Phytotaxa*, 297(3), 221-233.
- Brullo, S., & Furnari, F. (1979). «*Euhesperida linearifolia*» gen. et sp. nov. of Labiatae of Cyrenaica. *Webbia*, 34(1), 433-437.
- Brullo, S., & Furnari, F. (1979a). Taxonomic and nomenclatural notes on the Flora of Cyrenaica (Libya). *Webbia*, 34(1), 155-174.
- Brullo, S., & Furnari, F. (1979b). Researches on the genus «*Amaracus*» Gled.(Labiatae) in Cyrenaica. *Webbia*, 34(1), 439-449.
- Brullo, S., & Furnari, F. (1981). Phytogeographical considerations on the coastal vegetation of Cyrenaica. *Anales Jardín Botánico de Madrid*, 37, 765-772.
- Brullo, S., & Furnari, F. (1988). La vegetazione costiera della Cirenaica. *Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania*, 21(334), 37-117.
- Brullo, S., & Furnari, F. (1996). La vegetazione del Gebel el-Akhdar (Cirenaica settentrionale). *Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania*, 27(347), 197-412.
- Brullo, S., & Giusso del Guado, G. (2006). *Limonium elfahsianum* (Plumbaginaceae), a new species from Tunisia. *Bocconea*, 19, 143-146.
- Brullo, S., Pavone, P., & Salmeri, C. (2015). Biosystematic researches on *Allium cupani* group (Amaryllidaceae) in the Mediterranean area. *Flora Mediterranea*, 25, 209-244.

- Cardoso, D., Särkinen, T., Alexander, S., Amorim, A. M., Bittrich, V., Celis, M., ... & Campostrini Forzza, R. (2017). Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(40), 10695-10700.
- Castroviejo S., et al. (1986-...). *Flora iberica : plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares* (Vols. I-XXI). ISBN 84-00-06221-3 (obra completa). Madrid : CSIC.
- CBOL Plant Working Group (2009). A DNA barcode for land plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(31), 12794-12797.
- Chabrolin, C. (1933). Note sur la flore des îles de la Galite et du Galiton. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 24, 233-242.
- Chambouleyron, M. (2012). Contribution à la connaissance de la flore de la péninsule tingitane (Maroc). *Lagascalia*, 32, 35-227.
- Chen, S., Yao, H., Han, J., Liu, C., Song, J., Shi, L., Zhu, Y., Ma, X., Gao, T., Pang, X., Luo, K., Li, Y., Li, X., Jia, X., Lin, Y., & Leon, C. (2010). Validation of the ITS2 region as a novel DNA barcode for identifying medicinal plant species. *PloS one*, 5(1), e8613.
- Cincotta, R.P., Wisniewski, J., & Engelman, R. (2000). Human population in the biodiversity hotspots. *Nature*, 404(6781), 990-992.
- Costello, M.J., Bouchet, P., Emblow, C.S., & Legakis, A. (2006). European marine biodiversity inventory and taxonomic resources: state of the art and gaps in knowledge. *Marine Ecology Progress Series*, 316, 257-268.
- Cuénod, A. ; collab. Pottier-Alapetite, G. & Labbé, A. (1954). *Flore analytique et synoptique de la Tunisie : Cryptogames vasculaires, Gymnospermes et Monocotyledones*. Tunis : Imprimerie SEFAN.
- Ghrabi-Gammar, Z., Daoud-Bouattour, A., Ferchichi, H., Gammar, A.M., Muller, S.D., Rhazi, L., & Semia, B.S.L. (2009). Flore vasculaire rare, endémique et menacée des zones humides de Tunisie. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, 64, 19-40.
- Däumer, C., Greve, C., Hutterer, R., Misof, B., & Haase, M. (2012). Phylogeography of an invasive land snail: natural range expansion versus anthropogenic dispersal in *Theba pisana pisana*. *Biological Invasions*, 14(8), 1665-1682.
- Davis, P.H., Mill, R.R., Tan, K., (1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Supplement)*, Vol. 10. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Davis, P.H. (1965-1985). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Vol. 1–9)*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- De Bélair, G. (1981). *Biogéographie et aménagement: la plaine de La Mafragh (Annaba, Algérie)*. PhD Thesis, Université Paul Valéry, Montpellier.
- De Bélair, G., & Véla, E. (2011). Découverte de *Nymphoides peltata* (Gmel) O. Kuntze (Menyanthaceae) en Afrique du Nord (Algérie). *Poiretia*, 3, 1-7.

- De Bélair, G., **Véla, E.**, & Boussouak, R. (2005). Inventaire des orchidées de Numidie (NE Algérie) sur vingt années. *Journal Europäischer Orchideen*, 37(2), 291-401.
- De Castro, O., Di Maio, A., Di Febbraro, M., Imperato, G., Innangi, M., **Véla, E.**, & Menale, B. (2016). A multi-faceted approach to analyse the effects of environmental variables on the genetic structure of a perennial psammophilous geophyte: the case of the sea daffodil *Pancratium maritimum* L. in the Mediterranean basin. *PLoS one*, 11: e0164816.
- De Queiroz, K. (2005). A unified concept of species and its consequences for the future of taxonomy. *Proceedings-California Academy of Sciences*, 56 (suppl. 1), 196-215.
- Derneži, D. (2010). *Ecosystem profile: Mediterranean basin biodiversity hotspot*. Final Report for submission to the CEPF Donor Council July, 27, 2010.
- Devey, D. S., Bateman, R. M., Fay, M. F., & Hawkins, J. A. (2008). Friends or relatives? Phylogenetics and species delimitation in the controversial European orchid genus *Ophrys*. *Annals of Botany*, 101(3), 385-402.
- Djema, A., & Messaoudene, M. (2009). The Algerian forest: Current situation and prospects. In : *Modeling, Valuing and Managing Mediterranean Forest Ecosystems for Non-Timber Goods and Services*. Ed. European Forest Institute, EFI Proceedings, Finland, (57), 17-28.
- Dobignard, A. (2002). Contributions a la connaissance de la flore du Maroc et de l'Afrique du Nord. Nouvelle serie: 1. *Journal de Botanique de la Société botanique de France*, (20), 5-43.
- Dobignard, A. (2009). Contributions à la connaissance de la flore du Maroc et de l'Afrique du Nord. Nouvelle série. 2. La flore du Nord-Maroc. *Journal de Botanique de la Société botanique de France*, 46(47), 3-136.
- Dobignard, A., & Chatelain, C. (2010-2013). *Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord*. Genève : Conservatoire et Jardin Botaniques (5 volumes).
- Domina, G. (2011). Orobanche rosmarina Beck – P. 320 in Greuter, W. & Raus, T.: Med-checklist Notulae 30. *Willdenowia*, 41(2).
- Domina, G., & El Mokni, R. (2012). *Mission de suivi floristique de l'archipel de Zembra et Zembretta (Tunisie)*. Note naturaliste PIM, <http://www.initiative-pim.org/document/46485> [consulté le 6 janvier 2018]
- Domina, G., Greuter, W., Kchouk, M.E., El Mokni, R., Smaoui, A., Vitek, E., Bazan, G., Escobar, P. & Raimondo, F.M.: (2015). The 12th "Iter Mediterraneum" in Tunisia, 24 March – 4 April 2014. *Bocconeia*, 27(1), 5-11.
- El Mokni, R. & El Aouni, M.H. (2012). *Zantedeschia aethiopica* (Araceae) a new species naturalized in the Northwest of Tunisia. *Flora Mediterranea*, 22, 191-196.
- El Mokni, R., & El Aouni, M.H. (2011). Découverte de la grande camomille, *Tanacetum parthenium* (Asteraceae) pour la flore de Tunisie: une adventice naturalisée. *Flora Mediterranea*, 21, 299-303.

- El Mokni, R., & El Aouni, M.H. (2013). Le sésame, *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) une adventice récemment naturalisée en Tunisie. *Poiretia*, 5, 6-14.
- El Mokni, R., Domina, G., Sebei, H., & El Aouni, M.H. (2014). *Hyacinthoides kroumiriensis* sp. nov. (Hyacinthaceae): a new species from North West of Tunisia. *International Journal of Advanced Research*, 2(9), 640-644.
- El Mokni, R., Domina, G., Sebei, H., & El Aouni, M.H. (2015). Taxonomic notes and distribution of taxa of *Orobanche* gr. minor (Orobanchaceae) from Tunisia. *Acta Botanica Gallica*, 162(1), 5-10.
- El Mokni, R., Elaïssi, A., & El Aouni, M.H. (2016). *Cuscuta campestris* (Cuscutaceae) une holoparasite nouvelle et envahissante pour la flore de Tunisie. *Flora Mediterranea*, 26, 179-189.
- El Mokni, R., Hamdi, N., de Bélair, G., & El Aouni, M.H. (2012). Découverte d'*Ibicella lutea* (Lindl.) Van Eselt. (Martyniaceae) en Kroumirie (Nord-Ouest de la Tunisie). *Poiretia*, 4, 1-6.
- El Mokni, R., Mahmoudi, M. R., & El Aouni, M. H. (2010). *Neottia Nidus-Avis* (L.) LCM Rich.: une nouvelle orchidée pour la flore de la Tunisie. *L'Orchidophile*, 186, 181-187.
- El Mokni, R., Kasri, M., & El Aouni, M.H. (2013). *Volkameria inermis* (Lamiaceae) a new alien species naturalized to the Tunisian coast, first record for North-Africa. *Flora Mediterranea*, 23, 117-122.
- El-Hajj Sawaja, R. ; dir. sc. : Taton, T., Khater, C., & **Véla, E.** (2016). *Approche intégrative des enjeux de conservation de la biodiversité méditerranéenne pour la priorisation de la désignation des aires protégées*. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille.
- El-Hajj, R., Khater, C., **Véla, E.**, Khalife, A., & Taton, T. (2017). Pertinence of protected areas networks in biodiversity conservation strategies: Insights from an eastern Mediterranean context. *Ecologia Mediterranea*, 42(2), 5-19. ["2016" publ. III-2017].
- Farjon, A. 2013. *Juniperus thurifera*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T42255A2967372. [<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T42255A2967372.en> ; consulté le 2 Janvier 2018].
- Faurel, L. & Feldmann, J. (1944). Sur la présence du genre *Chrysosplenium* en Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord*, 35, 103-107.
- Favarger, C., & Contandriopoulos, J. (1961). Essai sur l'endémisme. *Bulletin de la Société botanique de Suisse*, 71 (1961), 384-408.
- Fazekas, A.J., Kesanakurti, P.R., Burgess, K.S., Percy, D.M., Graham, S.W., Barrett, S.C., Newmaster, S.G., Hajibabaei, M., & Husband, B.C. (2009). Are plant species inherently harder to discriminate than animal species using DNA barcoding markers?. *Molecular Ecology Resources*, 9(s1), 130-139.
- Fennane, M., Ibn-Tattou, M., Mathez, J., Ouyahya, A., El Oualidi, J. (1999). *Flore pratique du Maroc, manuel de détermination des plantes vasculaires, volume 1: Pteridophyta, Gymnospermae, Angiospermae (Lauraceae-Neuradaceae)*. Rabat: Inst. Scientifique.

Fennane, M., Ibn-Tattou, M., Ouyahya, A., El Oualidi, J. (2007). *Flore pratique du Maroc, manuel de détermination des plantes vasculaires, volume 2 : Angiospermae (Leguminosae-Lentibulariaceae)*. Rabat: Inst. Scientifique.

Fennane, M., Ibn-Tattou, M., El Oualidi, J. (2014). *Flore pratique du Maroc, manuel de détermination des plantes vasculaires, volume Dicotylédones (p.p.), Monocotylédones*. Rabat: Inst. Scientifique.

Fournier, P. (1961). *Les quatre flores de la France, Corse comprise: générale, alpine, méditerranéenne, littorale*. Paris: Lechevalier.

Fridlender, A., & Brown, S.C. (2015). La citometría de flujo como ayuda para identificaciones florísticas: confirmación de *Colchicum lusitanicum* y *C. multiflorum* (Colchicaceae) en Asturias. *Flora Montiberica*, 61: 7-15.

Fridlender, A., Brown, S., Verlaque, R., Crosnier, M., & Pech, N. (2002). Cytometric determination of genome size in *Colchicum* species (Liliales, Colchicaceae) of the western Mediterranean area. *Plant cell reports*, 21(4), 347-352.

Fridlender, A., Pustahija, F., Šolić, M.E., Abadžić, S., Bourge, M., Pech, N., Siljak-Yakovlev, S. & Brown, S.C. (2014). Is it possible to identify *Colchicum neapolitanum* sl and *C. autumnale* sl in vegetative stage? Biometry and flow cytometry approaches. *Botanica Serbica*, 38(1), 43-56.

Ghazanfar, S.A., & Edmondson, J.R. (2013). *Flora of Iraq: Volume 5, Part 2, Lythraceae to Campanulaceae*. Kew: Royal Botanic Gardens.

Ghazanfar, S.A., & Edmondson, J.R. (2016). *Flora of Iraq: Volume 5, Part 1, Elatinaceae to Sphenocleaceae*. Kew: Royal Botanic Gardens.

Ghrabi-Gammar, Z. (2011). Tunisie – pp. 38-42, in Radford, Catullo & De Montmollin, *Zones importantes pour les plantes en Méditerranée méridionale et orientale*. Gland: WWF.

Greuter, W. (1991). Botanical diversity, endemism, rarity, and extinction in the Mediterranean area: an analysis based on the published volumes of the Med-Checklist. *Bot. Chronika*, 10, 63-79.

Grindon, A.J., & Davison, A. (2013). Irish *Cepaea nemoralis* land snails have a cryptic Franco-Iberian origin that is most easily explained by the movements of Mesolithic humans. *PLoS one*, 8(6), e65792.

Guest, E. ; collab. Al-Rawi, A. (1966). *Flora of Iraq : volume 1, introduction to the flora*. Ministry of Agriculture, Baghdad.

Guinochet, M. & de Vilmorin R. (1973-84). *Flore de France, Vol. 1 (1973); Vol. 2 (1975); Vol. 3 (1978); Vol. 4 (1982); Vol. 5 (1984)*. Paris : CNRS.

Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., & Başer, K.H.C. (2000). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Supplement 2)*. Edinburgh University Press.

Haber, R.M., & Semaan, M.T. (2007). A new record from Lebanon: *Scilla siberica* Haw. subsp. *armena* (Grossh.) Mordak (Liliaceae). *Turkish Journal of Botany*, 31(3), 263-264.

- Hajibabaei, M., Singer, G.A., Hebert, P.D., & Hickey, D.A. (2007). DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. *TRENDS in Genetics*, 23(4), 167-172.
- Hallingbäck, T., Hodgetts, N., Raeymaekers, G., Schumacker, R., Sérgio, C., Söderström, L., Stewart, N. & Váða, J. (2000). *Guidelines for Application of the 1994 IUCN Red List Categories of Threats to Bryophytes. Mosses, Liverworts and Hornworts*. Status Survey and Conservation Action Plan for Bryophytes.
- Hamel, T., & Boulemtafes, A. (2017) Découverte d'une endémique tyrrhénienne *Soleirolia soleirolii* (Urticaceae) en Algérie (Afrique du Nord). *Flora Mediterranea*, 27, 185-193.
- Hamel, T., Meddad-Hamza, A., & Oudina, A.M. (2017). De nouvelles perspectives pour les orchidées de la région de Skikda (Nord-Est algérien). *Journal Europäischer Orchideen*, 49(1), 61-78.
- Henkin, Z., Ungar, E.D., Perevolotsky, A., Gutman, M., Yehuda, Y., Dolev, A., Landau, S.Y., Sternberg, M., Seligman N.G. (2015). Long-term trade-offs among herbage growth, animal production, and supplementary feeding in heavily grazed Mediterranean grassland. *Rangeland ecology & management*, 68(4), 332-340.
- Hollingsworth, P.M., Graham, S.W., & Little, D.P. (2011). Choosing and using a plant DNA barcode. *PloS one*, 6(5), e19254.
- Hortal, J., de Bello, F., Diniz-Filho, J.A.F., Lewinsohn, T.M., Lobo, J.M., & Ladle, R.J. (2015). Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46, 523-549.
- Hubbell, S.P., He, F., Condit, R., Borda-de-Água, L., Kellner, J., & ter Steege, H. (2008). How many tree species are there in the Amazon and how many of them will go extinct?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(Supplement 1), 11498-11504.
- Huguenin, J., Hammouda, R.F., Kanoun, M., Moulin, C.H., Jemaa, T., Julien, L., Capron, J.-M., Bouchareb, B., Acherkouk, M., & Nedjraoui, D. (2017). Processus régressifs des végétations pastorales liés aux changements subis des territoires et élevages steppiques algériens. In : *Diversité des ressources végétales : un atout pour les systèmes d'élevage face aux aléas*. Montpellier : INRA, 2 p. [<http://agritrop.cirad.fr/584373/> ; consulté le 2 janvier 2018]
- Iamónico, D., & El Mokni, R. (2017). *Amaranthus palmeri*, a second record for Africa and notes on *A. sonoriensis* nom. nov. *Bothalia-African Biodiversity & Conservation*, 47(1), a2100.
- Jang, T.S., Emadzade, K., Parker, J., Temsch, E.M., Leitch, A. R., Speta, F., & Weiss-Schneeweiss, H. (2013). Chromosomal diversification and karyotype evolution of diploids in the cytologically diverse genus *Prospero* (Hyacinthaceae). *BMC evolutionary biology*, 13(1), 136.
- Jelaska, S.D., Nikolić, T., Jelaska, L.Š., Kušan, V., Peternel, H., Gužvica, G., & Major, Z. (2010). Terrestrial biodiversity analyses in Dalmatia (Croatia): A complementary approach using diversity and rarity. *Environmental management*, 45(3), 616-625.
- Jennings, M.D. (2000). Gap analysis: concepts, methods, and recent results. *Landscape ecology*, 15(1), 5-20.

- Jesse, R., **Véla, E.**, & Pfenninger, M. (2011). Phylogeography of a land snail suggests trans-Mediterranean Neolithic transport. *PloS one*, 6(6), e20734.
- Jetz, W., McPherson, J. M., & Guralnick, R. P. (2012). Integrating biodiversity distribution knowledge: toward a global map of life. *Trends in ecology & evolution*, 27(3), 151-159.
- Joffard, N., Buatois, B., & Schatz, B. (2016). Integrative taxonomy of the fly orchid group: insights from chemical ecology. *The Science of Nature*, 103, 77.
- Joffard, N., dir. sc. Claudine Montgelard & Bertrand Schatz (2017). Rôle des pollinisateurs dans l'histoire évolutive des orchidées méditerranéennes. Thèse de doctorat, Université de Montpellier.
- Kadereit, J.W., Arafeh, R., Somogyi, G., & Westberg, E. (2005). Terrestrial growth and marine dispersal? Comparative phylogeography of five coastal plant species at a European scale. *Taxon*, 54(4), 861-876.
- Kajtoch, Ł., Davison, A., Grindon, A., Deli, T., Sramkó, G., Gwardjan, M., Kramarenko, S., Mierzwa-Szymkowiak, D., Ruta, R., Ścibior, R., Tóth, J.P., Wade, C., Kolasa, M., Egorov, R.V., Fehér, Z. (2017). Reconstructed historical distribution and phylogeography unravels non-steppic origin of *Caucasotachea vindobonensis* (Gastropoda: Helicidae). *Organisms Diversity & Evolution*, 17(3), 679-692.
- Kazi-Tani, C. (2013). Premier témoignage sur la présence de *Gypsophila pilosa* Huds. en Algérie. *Poiretia*, 5, 20-26.
- Kazi-Tani, C. (2014). Biologie et écologie d'une nouvelle plante parasite en Algérie : *Cuscuta campestris* Yunck. (Convolvulaceae). *Poiretia*, 6, 1-15.
- Khedim, T., Amirouche, N., & Amirouche, R. (2016). Morphological and cytotaxonomic data of *Allium trichocnemis* and *A. seirotrichum* (Amaryllidaceae) endemic to Northern Algeria, compared with *A. cupanii* group. *Phytotaxa*, 243(3), 247-259.
- Khennouf, H., Chefrou, A., Corcket, E., Alard, D., & Vela, E. (soumis). Le complexe dunaire du littoral de Jijel (Algérie) : proposition d'une nouvelle zone importante pour les plantes. Soumis à *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*...
- Kreutz, C.A.J., Rebbas, K., Miara, M.D., Babali, B., & Ait-Hammou, M. (2013). Neue Erkenntnisse zur Orchideen Algeriens. *Berichte Arbeitskreis Heimische Orchideen*, 30(2), 185-270.
- Langhammer, P.F., Bakarr, M.I., Bennun, L.A., Brooks, T.M., Clay, R.P., Darwall, W., De Silva, N., Edgar, G.J., Eken, G., Fishpool, L.D.C., Fonseca, G.A.B. da, Foster, M.N., Knox, D.H., Matiku, P., Radford, E.A., Rodrigues, A.S.L., Salaman, P., Sechrest, W., & Tordoff, A.W. (2007). *Identification and Gap Analysis of Key Biodiversity Areas: Targets for Comprehensive Protected Area Systems*. Gland (CH): IUCN.
- Laribi, M., Acherar, M., Derridj, A., & Mathez, J. (2009). *Nardus stricta* L., espèce nouvelle pour la flore algérienne. *Journal de Botanique de la Société botanique de France*, 48, 3-6.
- Laribi, M., Acherar, M., Mathez, J. & Derridj, A. (2011). Découverte de *Rhynchocorys elephas* (L.) Griseb. dans l'Akfadou (Grande Kabylie, Algérie): première mention pour l'Afrique du Nord. *Journal de Botanique de la Société botanique de France*, 53, 31-36.

- Laribi, M., **Véla, E.**, Acherar, M., Mathez, J., & Hamchi, A. (2016). Sur la découverte de *Potentilla supina* L. en Algérie: écologie, taxinomie, biogéographie et statut de conservation. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 71(3), 266-277.
- Le Floc'h, E., Boulos, L. & **Véla, E.** ; collab. Ghrabi-Gammar, Z., Daoud-Bouattour, A., Ben Saad-Limam, S., Martin, R., Muller, S.D., Reduron, J.-P. & Tison, J.-M, (2010). *Catalogue synonymique commenté de la flore de Tunisie*. Tunis: Banque Nationale de Gènes.
- Lumaret, R., & Jabbour-Zahab, R. (2009). Ancient and current gene flow between two distantly related Mediterranean oak species, *Quercus suber* and *Q. ilex*. *Annals of Botany*, 104(4), 725-736.
- Madoui, A., Rebbas, K., Bounar, R., Miara, M.D., & **Véla, E.** (2017). Contribution à l'inventaire des Orchidées de la wilaya de Sétif (nord-est de l'Algérie). *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*, 86(9-10), 273-292.
- Maffi, L., & Woodley, E. (2012). *Biocultural diversity conservation: a global sourcebook*. Routledge.
- Maibeche, Y., Moali, A., Yahy, N., & Menard, N. (2015). Is diet flexibility an adaptive life trait for relictual and peri-urban populations of the endangered primate *Macaca sylvanus*?. *PloS one*, 10(2), e0118596.
- Marhold, K. (2011): Caryophyllaceae. – In: Euro+Med Plantbase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. [<http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/> ; consulté le 3 Janvier 2018].
- Marie, D., & Brown, S.C. (1993). A cytometric exercise in plant DNA histograms, with 2C values for 70 species. *Biology of the Cell*, 78(1-2), 41-51.
- Martin, R. (2008). Des "nouvelles" de Tunisie. *Bulletin de la Société Française d'Orchidophilie Rhône-Alpes*, 18, 26-31.
- Martin, R., & **Véla, E.** (2012). *Ophrys fuciflora* (FW Schmidt) Moench. subsp. *souchei* R. Martin et E. Véla subsp. *nova*, un nom pour l'*Ophrys* "fuciflora tardif du Vaucluse". *L'Orchidophile*, 192, 29-38.
- Martin, R., **Véla, E.**, & Ouni, R. (2015). Orchidées de Tunisie. *Bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest*, n° spécial 44, 160 pp.
- Mateu-Andrés, I., Ciurana, M.J., Aguilera, A., Boisset, F., Guara, M., Laguna, E., Pedrola, J., Currás, R., Ferrer, P., **Véla, E.**, Puche, M.F., & Pedrola-Monfort, J. (2015). Plastid DNA Homogeneity in *Celtis australis* L. (Cannabaceae) and *Nerium oleander* L.(Apocynaceae) throughout the Mediterranean Basin. *International Journal of Plant Sciences*, 176(5), 421-432.
- Médail, F., & Diadema, K. (2009). Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography*, 36(7), 1333-1345.
- Médail, F., & Quézel, P. (1997). Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 84, 112-127.
- Meddour, R. (2010). *Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie, exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie Djurdjuréenne*. Thèse de Doctorat d'État en Sciences agronomiques, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.

Medjahdi, B., Ibn Tattou, M., Barkat, D., & Benabedli, K. (2009). La flore vasculaire des monts des Trara (Nord-Ouest algérien). *Acta Botanica Malacitana*, 34, 57-75.

Meikle, R.D. (1977–1985). *Flora of Cyprus* (2 vols). Kew: Bentham-Moxon Trust.

Mesbah, M., Bekdouche, F., Véla, E., & Sahnoune, M. (2017). Evaluation pour la liste rouge de l'UICN d'une espèce endémique du Parc National de Gouraya: *Silene sessionis* Batt. (Caryophyllaceae). *Séminaire International sur : Phytodiversité et Plantes d'intérêt écologique et économique en Algérie - Inventaire, Conservation et Valorisation (SIPA.ICV17)*, M'sila (Algérie): 29-30 octobre 2017. [https://www.researchgate.net/profile/Khellaf_Rebbas/publication/320357169_Seminaire_International_sur_Phytodiversite_et_Plantes_d%27interet_ecologique_et_economique_en_Algerie_-_SIPAICV17_29-30_Octobre_2017/links/59dfcbcd0f7e9bc51256c4aa/Seminaire-International-sur-Phytodiversite-et-Plantes-dinteret-ecologique-et-economique-en-Algerie-SIPAICV17-29-30-Octobre-2017.pdf]; consulté le 2 janvier 2018]

Miara, M.D. (2017). *Analyse floristique et structure de la végétation naturelle de la région de Tiaret*. Thèse de doctorat, université d'Oran-1.

Miara, M.D., Ait-Hammou, M., Rebbas, K., Hadjadj-Aoul, S., & Vela, E., (soumis). Les Orchidées de la wilaya de Tiaret (Algérie occidentale): Inventaire, Ecologie, Taxonomie & Biogéographie. Soumis à *Bulletin mensuel de la société linneenne de Lyon...*

Migliore, J., Baumel, A., Juin, M., & Médail, F. (2012). From Mediterranean shores to central Saharan mountains: key phylogeographical insights from the genus *Myrtus*. *Journal of Biogeography*, 39(5), 942-956.

Mir, C., Toumi, L., Jarne, P., Sarda, V., Di Giusto, F., & Lumaret, R. (2006). Endemic North African *Quercus afares* Pomel originates from hybridisation between two genetically very distant oak species (*Q. suber* L. and *Q. canariensis* Willd.): evidence from nuclear and cytoplasmic markers. *Heredity*, 96(2), 175-184.

Mittermeier, R.A., Myers, N., Mittermeier, C.G., & Robles, G. (1999). *Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. CEMEX, SA, Agrupación Sierra Madre, SC.

Montagnani, C., Calevo, J., & Véla, E. (2016). *Orchis patens* Desf. subsp. *patens* : Global assessment. In : Orsenigo et al.. *Italian Botanist*, 1, 75-79 + 83-85.

Mouterde, P. 1966-1984: *Nouvelle flore du Liban et de la Syrie* (6 vols.). Beyrouth (LB): Dar El-Machreq.

Muracciole, M., Delaugerre, M., & Pavon, D. (2010). *Asplenium marinum* L., une fougère nouvelle pour la flore de Tunisie. *Poiretia*, 2, 7-11.

Muschler, R. (1912). *Manual Flora Of Egypt* (2 vols). R. Friedlaender And Sohn; Berlin.

Musselman, L.J., & Al-Zein, M.S. (2009). *Isoetes duriei* new to Lebanon. *American Fern Journal*, 99(4), 333-334.

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.

- Nature Iraq (2016). *Key Biodiversity Areas of Iraq*. Huntington Beach: Tablet House Publishing.
- Nikolić, T., Antonić, O., Alegro, A.L., Dobrović, I., Bogdanović, S., Liber, Z., & Rešetnik, I. (2008). Plant species diversity of Adriatic islands: an introductory survey. *Plant Biosystems*, 142(3), 435-445.
- Omezine, A. (2011). Introduction récente de certaines espèces adventices des cultures en Tunisie. *EPPO bulletin*, 41(1), 77-84.
- Ouarmim, S., Dubset, C., & Véla, E. (2013). Morphological and ecological evidence for a new infraspecific taxon of the wallflower *Erysimum cheiri* (Brassicaceae) as an indigenous endemism of the southwestern Mediterranean. *Turkish Journal of Botany*, 37(6), 1061-1069.
- Özhatay, F.N., Kültür, Ş., & Gürdal, M.B. (2011). Check-list of additional taxa to the supplement Flora of Turkey V. *Turkish Journal of Botany*, 35(5), 589-624.
- Özhatay, N., & Kültür, Ş. (2006). Check-list of additional taxa to the Supplement Flora of Turkey III. *Turkish Journal of Botany*, 30(4), 281-316.
- Özhatay, N., Kültür, Ş., & Aslan, S. (2009). Check-list of additional taxa to the supplement Flora of Turkey IV. *Turkish Journal of Botany*, 33(3), 191-226.
- Paulus, H.F., & Gack, C. (1983). Untersuchungen des *Ophrys fusca*-Formenkreises in Südspanien. Ein Beitrag zum Biospezieskonzept der Gattung *Ophrys*. *Die Orchidee*, 34, 65-72.
- Paulus, H.F., & Gack, C. (1990). Pollinators as prepollinating isolation factors: evolution and speciation in *Ophrys* (Orchidaceae). *Israel Journal of Botany*, 39, 43-97.
- Pavoine, S., Véla, E., Gachet, S., de Bélair, G. & Bonsall, M.B., 2011. Linking patterns in phylogeny, traits, abiotic variables and space: a novel approach to linking environmental filtering and plant community assembly. *Journal of Ecology*, 99, 165-175.
- Pavon, D., & Véla, E. (2011). Espèces nouvelles pour la Tunisie observées sur les petites îles de la côte septentrionale (archipels de la Galite et de Zembra, îlots de Bizerte). *Flora Mediterranea*, 21, 273-286.
- Pavon, D., Michaud, H., Véla, E., & Tison, J.-M. (2015). Orobanche staehelinae (Orobanchaceae), a new species from southeast France. *Phytotaxa*, 207(1), 93-105.
- Peri, O. (2015). *Bulbs of the Eastern Mediterranean*. The Alpine Garden Society.
- Petit, R.J., Bodénès, C., Ducouso, A., Roussel, G., & Kremer, A. (2004). Hybridization as a mechanism of invasion in oaks. *New Phytologist*, 161(1), 151-164.
- Pfenninger, M., & Schwenk, K. (2007). Cryptic animal species are homogeneously distributed among taxa and biogeographical regions. *BMC evolutionary biology*, 7(1), 121.
- Pignatti, S. (1982). *Flora d'Italia*. 3 vols. Bologna: Edagricole.
- Pignatti, S. (2017-...). *Flora d'Italia, seconda edizione* (4 vols...). Milano: Edagricole.

- Plantlife International (2004). *Identifying and Protecting The World's Most Important Plant Areas : A Guide to Implementing Target 5 of The Global Strategy for Plant Conservation*. Salisbury : Plantlife.
- Pottier-Alapetite, G. (1979-1981). *Flore de la Tunisie : Angiospermes-Dicotyledones (* : Apétales-Dialypétales ; ** : Gamopétales)*. Tunis: Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique et Ministère de l'Agriculture.
- Quezel, P., & Bounaga, D. (1975). Aperçu sur la connaissance actuelle de la flore d'Algérie et de Tunisie. *Colloques internationaux du C.N.R.S.*, 235, 125-130.
- Quézel, P., & Médail, F. (2003). *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier, Paris.
- Quézel, P., & Santa, S. 1962-1963. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (2 vols). Paris : Ed. CNRS.
- Radford, E.A., Catullo, G., de Montmollin, B. (2011). *Important plant areas of the south and east Mediterranean region: priority sites for conservation*. Gland (CH): WWF.
- Rankou, H., Culham, A., Sghir Taleb, M., Ouhammou, A., Martin, G., & Jury, S. L. (2015). Conservation assessments and Red Listing of the endemic Moroccan flora (monocotyledons). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 177(4), 504-575.
- Rebbas, K., Véla, E., Gharzouli, R., Djellouli, Y., Alatou, D., & Gachet, S. (2011). Caractérisation phytosociologique de la végétation du parc national de Gouraya (Béjaïa, Algérie). *Revue d'écologie*, 66(3), 267-289.
- Rieger, R., Michaelis, A., & Green, M.M. (1968). *A glossary of genetics and cytogenetics: classical and molecular* (3rd edition). Berlin / New-York : Springer-Verlag / Heidelberg.
- Rodríguez-Sánchez, F., Guzmán, B., Valido, A., Vargas, P., & Arroyo, J. (2009). Late Neogene history of the laurel tree (*Laurus L.*, Lauraceae) based on phylogeographical analyses of Mediterranean and Macaronesian populations. *Journal of Biogeography*, 36(7), 1270-1281.
- Romo, A., & Boratyński, A. (2010). A new combination in *Erica* (Ericaceae). *Collectanea Botanica*, 29, 95-98.
- Roumieux, C., Raccasi, G., Franquet, E., Sandoz, A., Torre, F., & Metge, G. (2010). Actualisation des limites de l'aire du bioclimat méditerranéen selon les critères de Daget (1977). *Ecologia Mediterranea*, 36, 17-24.
- Saadi, N., & Benali, L. ; dir. sc. : Belbachir, F. (2015). *Cartographie de la répartition et estimation de la taille de la population de Buplèvre à feuilles de plantain (*Bupleurum plantagineum* Desf.) du littoral oriental du Djebel Gouraya - Petite Kabylie, Algérie*. M.Sc. thesis, Univ. Aberrahmane Mira Béjaïa, Algérie.
- Samadi, S. (2008). Les concepts, méthodes et techniques de l'alpha taxonomie face aux questions de conservation. *Biosystema*, 25, 101-110.

- Sant, S., Léotard, G., Dupré, R., Crouzet, N. & Delelis, N. (2017). Contribution à la connaissance de la flore vasculaire du Maroc et particulièrement de l'Anti-Atlas. *Poiretia*, 8, 1-22.
- Schaffhauser, A., Curt, T., **Véla, E.**, & Tatoni, T. (2012a). Recurrent fires and environment shape the vegetation in *Quercus suber* L. woodlands and maquis. *Comptes Rendus Biologies*, 335(6), 424-434.
- Schaffhauser, A., Curt, T., **Véla, E.**, & Tatoni, T. (2012b). Fire recurrence effects on the abundance of plants grouped by traits in *Quercus suber* L. woodlands and maquis. *Forest ecology and management*, 282, 157-166.
- Scott, J.M., Davis, F., Csuti, B., Noss, R., Butterfield, B., Groves, C., Anderson, H., Caicco, S., D'Erchia, F., Edwards, T.C.Jr., Ulliman J., & Wright, R.G. (1993). Gap analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. *Wildlife monographs*, 123, 3-41.
- Sekkal, F.Z., Hadjadj-Aoul, S., & **Véla, E.** (2018). *Echium modestum* Ball, *Plantago benisnassenii* Romo, *Peris* & *Stübing*, *Teucrium doumerguei* Sennen : Nouveaux taxons pour la flore d'Algérie (Massif des Traras). *Revue d'Ecologie (la Terre & la Vie)*, 73, 41-56.
- Seregin, A.P. (2004). Additions to *Allium* sect. *Allium* (Alliaceae) from North Africa. *Komarovia*, 4, 160-165.
- Sheasby, P. (2007). *Bulbous plants of Turkey and Iran (including the adjacent Greek Islands)*. Alpine Garden Society.
- Silvertown, J. (2004). The ghost of competition past in the phylogeny of island endemic plants. *Journal of Ecology*, 92(1), 168-173.
- Täckholm, V., & Drar, M. (1956). *Students' flora of Egypt*. Cairo : Anglo-Egyptian Bookshop.
- Talavera, S., Ortiz, M.A., Jiménez, F.J., Tremetsberger, K., & Talavera, M. (2017). Los géneros *Hypochaeris* L. y *Achyrophorus* Vaill. (Compositae, Cichorieae): nuevos taxones y combinaciones. *Acta Botanica Malacitana*, 40, 332-343.
- Terrab, A., Hampe, A., Lepais, O., Talavera, S., **Véla, E.**, & Stuessy, T.F. (2008). Phylogeography of North African Atlas cedar (*Cedrus atlantica*, Pinaceae): combined molecular and fossil data reveal a complex Quaternary history. *American journal of botany*, 95(10), 1262-1269.
- Tison, J.-M., & de Foucault, B. (2014). *Flora gallica: flore de France* (p. 925). Mèze: Biotope.
- Tison, J.-M., Jauzein, P., & Michaud, H. (2014). *Flore de la France méditerranéenne continentale*. Turriers: Naturalia publications.
- Tison, J.-M., & **Véla, E.** (2014a). *Serapias* L. In : Tison, J.-M., Jauzein, P. & Michaud, H., *Flore de la France méditerranéenne continentale*, Naturalia Publications, Turriers (FR) : 249-252.
- Tison, J.-M., & **Véla, E.** (2014b). *Ophrys* L. In : Tison, J.-M., Jauzein, P. & Michaud, H., *Flore de la France méditerranéenne continentale*, Naturalia Publications, Turriers (FR) : 252-260.
- Tohmé, G. & Tohmé, H. (2006). Plantes citées pour la première fois au Liban. *Lebanese Science Journal*, 7, 141-147.

- Tohmé, G., & Tohmé, H. (2007a). Nouvelles plantes du Liban. *Lebanese Science Journal*, 8(1), 131-137.
- Tohmé, G. & Tohmé, H. (2007b). Nouvelles plantes du Liban. *Lebanese Science Journal*, 8, 181-184.
- Tohmé, G., & Tohmé, H. (2008). Nouvelles plantes du Liban et redescription de certaines espèces. *Lebanese Science Journal*, 9, 121-129.
- Tohmé, G., & Tohmé, H. (2009). Espèces nouvelles du Liban et redescription d'espèces endémiques. *Lebanese Science Journal*, 10(2), 125-130.
- Tohmé, G., & Tohmé, H. (2010). Espèces nouvelles de plantes du Liban. *Lebanese Science Journal*, 11(2), 133-138.
- Townsend, C.C. ; collab. Guest, E. (1974). *Flora of Iraq : volume 3, Leguminales*. Ministry of Agriculture, Baghdad.
- Townsend, C.C., & Guest, E. ; collab. Al-Rawi, A. (1966). *Flora of Iraq : volume 2*. Ministry of Agriculture, Baghdad.
- Townsend, C.C., & Guest, E. ; collab. Omar, S.A. (1980). *Flora of Iraq : volume 4 (part 1 : Cornaceae to Rubiaceae ; part 2 : Bignoniaceae to Resedaceae)*. Ministry of Agriculture, Baghdad.
- Townsend, C.C., & Guest, E. ; collab. Omar, S.A., Al-Khayat, A.H. (1985). *Flora of Iraq : volume 8, Monocotyledones excluding Gramineae*. Ministry of Agriculture, Baghdad.
- UICN (2001). *Catégories et Critères de l'UICN pour la Liste Rouge: Version 3.1*. Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN.
- UICN (2017). *Lignes directrices pour l'utilisation des Catégories et Critères de la Liste Rouge de l'UICN - version 13 (mars 2017)*. Sous-comité des normes et des pétitions, 121 p. [<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/red-list-documents> ; consulté le 2 janvier 2018]
- Vazquez, F. M., & Ramos, S. (2007). Two new taxa and a new combination for *Stipa* (Gramineae: Stipeae) in Tunisia. *Botanical journal of the Linnean Society*, 153(4), 439-444.
- Véla, E.** (1996). *Biodiversité et perturbations en région méditerranéenne : impacts du pastoralisme et du débroussaillage sur la végétation du Petit Lubéron (Vaucluse)*. Dipôle d'Études avancées, Université Aix-Marseille III.
- Véla, E.** (2002). *Biodiversité des milieux ouverts en région méditerranéenne. Le cas des pelouses sèches du Luberon (Provence calcaire)*. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille III.
- Véla, E.** (2007). Révision taxonomique de l'Ophrys de Marseille (Orchidaceae), *Ophrys aranifera* subsp. *massiliensis* (Viglione & Véla) comb. nova: un essai de systématique intégratrice. *Candollea*, 62(1), 109-122.
- Véla, E.** (2013a). Notes sur les cactus du genre *Opuntia* s.l. en Algérie et en Tunisie. In : Dobignard et Chatelain, *Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord*, 5, 376-379.

- Véla, E.** (2013b). Notes sur quelques xénophytes nouveaux pour la Libye. In : Dobignard et Chatelain, *Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord*, 5, 372.
- Véla, E.** (2017). Commentaires sur la flore de l'île de Rachgoun (nord-ouest Algérie). *Revue d'Ecologie*, 72 (3) : 258-268.
- Véla, E.** ; collab. Saatkamp, A., & Pavon, D. (2014). Flora of Habibas islands (N-W Algeria) : richness, persistence and taxonomy. In : Cardona Pons et al., *Islands and Plants: preservation and understanding of flora on Mediterranean islands*, Mao (ES): 271-287.
- Véla, E.,** & Benhouhou, S. (2007). Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes Rendus Biologies*, 330(8), 589-605.
- Véla, E.,** & de Bélaïr, G. (2013). Découverte de *Galium verrucosum* subsp. *halophilum* (Ponzo) Lambinon (Rubiaceae) en Afrique-du-Nord (Algérie). *Lagascalia*, 33, 350-353.
- Véla, E.,** & Garde, L. (1999). Pastoralisme et espèces remarquables : la gestion des pelouses calcaires du Luberon (Vaucluse). *Bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest (nouv. série)*, n° spéc. 19, 555-558.
- Véla, E.,** & Mostari, A., 2013. Sur la présence de *Dipcadi setinum* subsp. *fulvum* (cav.) Webb & Berth. en Algérie. *Lagascalia*, 33 : 331-336.
- Véla, E.,** & Pavon, D. (2013). The vascular flora of Algerian and Tunisian small islands: if not biodiversity hotspots, at least biodiversity hotchpotchs. *Biodiversity Journal "2012"*, 3, 343-362.
- Véla, E.,** & Schäfer, P.A. (2013). Typification de *Juniperus thurifera* var. *africana* Maire, délimitation taxonomique et conséquences nomenclaturales sur le Genévrier thurifère d'Algérie. *Ecologia mediterranea*, 39(1), 69-80.
- Véla, E.,** & Tison, J.-M. (2014a). *Anacamptis* Rich. In : Tison & de Foucaud, *Flora Gallica*, Biotope, Mèze (FR) : 162-165.
- Véla, E.,** & Tison, J.-M. (2014b). *Ophrys* L. In : Tison & de Foucaud, *Flora Gallica*, Biotope, Mèze (FR) : 175-184.
- Véla, E.,** & Viglione, J. (2015). Recent inputs to the Lebanese orchid flora and proposal of a national checklist for Orchidaceae family. *Acta Botanica Gallica*, 162(4), 271-285.
- Véla, E.,** Auda, P., Léger, J.-F., Gonçalves, V., & Baumel, A. (2008). Exemple d'une nouvelle évaluation du statut de menace suivant les critères de l'UICN version 3.1.: le cas de l'endémique provençale *Arenaria provincialis* Chater & Halliday (Caryophyllaceae). *Acta Botanica Gallica*, 155(4), 547-562.
- Véla, E.,** Bonnet, V., Braud, Y., Cluchier, A., Léger, J.-F., Pavon, D., Saatkamp, A., Salles, J.-M., Viglione, J. (2014). *Canalisations de transport souterrain Fos-sur-Mer / Saint-Martin-de-Crau (13)°: étude écologique complémentaire de la plaine de la Crau (Ventillon / Luquier)*. Aix-en-Provence : Eco-Med, 201 p. réf. 0410-68-RP-GDF+PSM-2E.
- Véla, E.,** Bouguaham, A. F., & Moulai, R. (2012). Découverte d'*Allium commutatum* Guss. (Alliaceae) en Algérie. *Lagascalia*, 32, 291-296.

- Véla, E.,** Magnin, F., Pavon, D., & Pfenninger, M. (2008). Phylogénie moléculaire et données paléobiogéographiques sur le gastéropode terrestre *Tudorella sulcata* (Draparnaud, 1805) en France et en Algérie orientale. *Geodiversitas*, 30(1), 233-246.
- Véla, E.,** Martin, R., & Ouni, R. (2015). *Ophrys pseudomigoutiana* (Orchidaceae), a new species from Tunisia. *Acta Botanica Gallica*, 162(4), 255-261.
- Véla, E.,** Pavon, D., & Auda, P. (2007). Analyse et révision de la fiche-espèce 1453 des cahiers d'habitats Natura 2000: «*Gouffeia arenarioides* DC.». *Journal de botanique de la Société botanique de France*, 36, 39-44.
- Véla, E.,** Rebbas K., Meddour R. & de Bélair G., (2013). Notes sur quelques xénophytes nouveaux pour l'Algérie (et la Tunisie). In : Dobignard et Chatelain, *Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord*, 5, 372-376.
- Véla, E.,** Rebbas, K., Martin, R., de Prémorrel, G., & Tison, J.-M. (2015). Waiting for integrative taxonomy: Morphospecies as an operational proxy for the radiative and reticulate genus *Ophrys* L. (Orchidaceae)?. *European Journal of Environmental Sciences*, 5, 153-157.
- Véla, E.,** Rebbas, K., Meddour, R., & de Bélair, G. (2013). Notes sur quelques xénophytes nouveaux pour l'Algérie (et la Tunisie).—Pp. 372–376 in: Dobignard A. & Chatelain C., *Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord 5*. Genève: Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.
- Véla, E.,** Tatoni, T., & Brisse, H. (2001). Etude synchronique de l'influence du pâturage ovin et de la mise en défens sur la végétation des pelouses calcaires du Luberon (Provence, France). *Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon*, 5, 102-121.
- Véla, E.,** Telaïlia, S., Boutabia Telaïlia, L., & de Bélair, G. (2012). Découverte de *Sixalix farinosa* (Coss.) Greuter & Burdet (Dipsacaceae) en Algérie. *Lagasalia*, 32, 284-290.
- Véla, E.,** Tirard, A., Renucci, M., Suehs, C. M., & Provost, E. (2007). Floral chemical signatures in the genus *Ophrys* L. (Orchidaceae): A preliminary test of a new tool for taxonomy and evolution. *Plant Molecular Biology Reporter*, 25, 83-97.
- Véla, E.,** Tison, J.-M., Pavon, D., Mifsud, S., Gomez Pacheco, M., & Bourge, M. (2017). *Flow cytometry as a support tool for the identification of cryptic species?*. Communication at : Global Conference on Plant Science and Molecular Biology (GPMB 2017), Valencia, Spain, 11-13 September 2017. [<https://plant-science-biology-conferences.magnusgroup.org/2017/programs-details/146/errol-vela/> ; consulté le 8 janvier 2018]
- Véla, E.,** Youssef, S., & Mahmood, A. (2013). First survey on Orchids (Orchidaceae) of Duhok province in Kurdistan region (N-Iraq). *Journal Europäischer Orchideen*, 45(2-4), 235-254.
- Véla, E.,** Youssef, S. & Mahmood, A. (2017). *Allium notabile*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2017*: e.T117540944A117540947. [<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T117540944A117540947.en> ; consulté le 8 janvier 2018].
- Vendramin, G.G., Fady, B., González-Martínez, S.C., Hu, F.S., Scotti, I., Sebastiani, F., Soto, Á., & Petit, R.J. (2008). Genetically depauperate but widespread: the case of an emblematic Mediterranean pine. *Evolution*, 62(3), 680-688.

- Verlaque, R., Médail, F., Quézel, P., & Babinot, J. F. (1997). Endémisme végétal et paléogéographie dans le bassin méditerranéen. *Geobios*, 30, 159-166.
- Viglione, J., & **Véla, E.** (1999). Un taxon précoce à petites fleurs du groupe d'Ophrys sphegodes (Orchidaceae) sur le littoral provençal (SE France): *Ophrys massiliensis* sp. nov. *L'Orchidophile*, 30(135), 12-18.
- Walter, K. S., & Gillett, H. J. (Eds.). (1998). *1997 IUCN Red List of threatened plants*. IUCN.
- Williams, E. V., Breidy, J., van Slageren, M., & Khairallah, S. (2015). New records for the flora of Lebanon. *Webbia*, 70(2), 323-327.
- Yahi, N., **Véla, E.**, Benhouhou, S., de Bélair, G., & Gharzouli, R. (2012). Identifying important plants areas (key biodiversity areas for plants) in northern Algeria. *Journal of Threatened Taxa*, 4(8), 2753-2765.
- Yen, C., Yang, J. L., & Baum, B. R. (2008). *Roegneria heterophylla*, a new combination for *Roegneria* (Poaceae, Triticeae) from Lebanon. *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature*, 18(3), 405-407.
- Youssef, S.M.A., Mahdi, H.S., Mergyé, Z.A., Saleem, J.I., Mahmood, A.M.H.M, & **Véla, E.**, (2017). Two new records of Orchid species for the Flora of Iraq: *Anacamptis papilionacea* (L.) R.M.Bateman, Pridgeon & M.W.Chase, *Dactylorhiza romana* (Sebast.) Soó. *Aro, the scientific journal of Koya University*, 5(2), 55-60.
- Youssef, S., Mahmood, A., & **Véla, E.** (2017). On the genus *Sternbergia* Waldst. & Kit. (Amaryllidaceae) in Iraq. *Anales del Jardín botánico de Madrid*, 74: e053.
- Youssef, S., Mahmood, A., Cartereau, M., & **Véla, E.**, (soumis). New cytological, morphological and chorological data on *Prospero seisumsianum* (Rukšans & Zetterl.) Yıldırım (Asparagaceae) from the Zagros area. Submitted to *Turkish Journal of Botany*...
- Youssef, S., Mahmood, A., Hussein, W., & **Véla, E.** (2017). Montagnes du Zagros : un cadre fascinant où les Kurdes conservent des pratiques ethnobotaniques vivantes. *La Garance voyageuse*, 120, 41-45.
- Youssef, S., Mahmood, A., Mahdi, H., & **Véla, E.** (2015). New contribution on Orchids (Orchidaceae) of Duhok Province in Kurdistan Region (N-Iraq). *Journal Europäischer Orchideen*, 47(2-4), 405-420.
- Youssef, S., **Véla, E.**, Baumel, A., & Tatoni, T. (2010). Distribution, habitat and population size variation of *Genista lobelii* (Fabaceae) from the calcareous mountains of Basse Provence (SE France). *Ecologia mediterranea*, 36, 63-76.
- Youssef, Y., **Véla, E.**, Galalaey, A., Mahmood, A., Safar, H. (sous-presse). *Wild Orchids of Southern Kurdistan (NW Zagros)*. Société méditerranéenne d'Orchidologie, ISBN: 978-2-900082-08-9.
- Zeraib, A., Ramdani, M., Boudjedjou, L., Chalard, P., & Figuredo, G. (2014). Characterization and chemosystematics of Algerian thuriferous juniper (*Juniperus thurifera* L.). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 87, 249-255.
- Zohary, M., & Feinbrun-Dothan, N. 1966-1986. *Flora Palaestina* (Vols. I-IV). Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.

5. Postface

- *Un mouton, s'il mange les arbustes, il mange aussi les fleurs ?*
- *Un mouton mange tout ce qu'il rencontre.*
- *Même les fleurs qui ont des épines ?*
- *Oui. Même les fleurs qui ont des épines.*
- *Alors les épines, à quoi servent-elles ?*
- *Les épines, ça ne sert à rien, c'est de la pure méchanceté de la part des fleurs.*
- *Oh ! Je ne te crois pas ! Les fleurs sont faibles. Elles sont naïves. Elles se rassurent comme elles peuvent. Elles se croient terribles avec leurs épines... Et tu crois, toi, que les fleurs...*
- *Mais non ! Mais non ! Je ne crois rien ! J'ai répondu n'importe quoi. Je m'occupe, moi, de choses sérieuses !*
- *De choses sérieuses. Tu parles comme les grandes personnes ! Tu confonds tout... tu mélanges tout ! (...) **Il y a des millions d'années que les fleurs fabriquent des épines. Il y a des millions d'années que les moutons mangent quand même les fleurs. Et ce n'est pas sérieux de chercher à comprendre pourquoi** elles se donnent tant de mal pour se fabriquer des épines qui ne servent jamais à rien ? Ce n'est pas important la guerre des moutons et des fleurs ?*

[\[Antoine de Saint-Exupéry, "Le Petit Prince", chapitre 7\]](#)

- *Elle est bien belle, votre planète. Est-ce qu'il y a des océans ?*
- *Je ne puis pas le savoir, dit le géographe.*
- *Mais vous êtes géographe !*
- *C'est exact, dit le géographe, mais je ne suis pas explorateur. **Je manque absolument d'explorateurs.***
- (...)
- *J'ai aussi une fleur.*
- *Nous ne notons pas les fleurs, dit le géographe.*
- *Pourquoi ça ! C'est le plus joli !*
- *Parce que les fleurs sont éphémères.*
- *Qu'est-ce que signifie : "éphémère" ?*
- *Ça signifie "qui est menacé de disparition prochaine".*
- ***Ma fleur est menacée de disparition prochaine ?***
- *Bien sûr.*

[\[Antoine de Saint-Exupéry, "Le Petit Prince", chapitre 15\]](#)



From the biodiversity inventory to conservation priorities in the Mediterranean Basin hotspot: can we fill knowledge gaps?

Summary of research topics and projects:

As a field naturalist, my doctoral research in plant ecology has focused on the biodiversity of open Mediterranean environments, conducted in parallel with a professional activity in a design office. This knowledge of botany, extended to the entire western Mediterranean, has subsequently allowed me to write chapters of books (monographs, identification keys, synonymic indexes, catalogs) on the flora of France and North Africa, then of the Middle East.

In collaboration with various European teams and Maghreb researchers, I started work on new lines of research (integrative systematics, biogeography and phylogeny). I diversified biological models (molluscs) and assimilated new methods (biochemistry, molecular genetics). Various endemic species have served as integrative models that we are studying at all levels, from in situ inventory and conservation, to the phylogenetic and paleo-ecological origins of endemism, works done in the context of several Ph.D. I participated and/or co-directed.

Within the research unit AMAP, I collaborated with Tela Botanica on the PI@ntNet project (<https://plantnet.org/>) which continues through the Floris'Tic project (<http://floristic.org/>), with activities dedicated to the flora of North Africa and the Middle East. I refocused my research on descriptive botany and biodiversity cataloguing, through collaborative networking and the use of computerised information storage and taxonomic identification tools on the Mediterranean flora. I now focus on describing the unknown biodiversity in the Mediterranean hotspot, combining classical (morphological) and modern (molecular) approaches.

My research project is to continue the momentum that I initiated over the last dozen years. This project deals with biogeography, taxonomy and conservation in the service of knowledge, protection and promotion of biodiversity in the Mediterranean, particularly in the countries of the southern and eastern shores. It aims in the medium and long term to participate in the filling of the taxonomic deficit in areas of biodiversity hotspots but coldspots of knowledge, such as the Maghreb and the Mediterranean Middle East. The objective is the reappropriation, by the Maghrebian and Middle Eastern scientific corps, of a long and rich history of the biodiversity knowledge, partially interrupted for half a century, and whose historical collections of Montpellier (MPU), Paris (P), Geneva (G) or Barcelona (B) herbaria are its precious memory. The project draws its regional coherence through a natural biogeographic convergence and integrates all the disciplines from the biodiversity inventory to the decision support tools.

The project is structured around three objectives:

- 1) Improvement and capitalization of fundamental knowledge on Mediterranean botany in the Maghreb and the Middle East;*
- 2) Training and assistance, in southern countries, of field teams, mixing professionals and amateurs;*
- 3) Production of practical identification tools, classical or modern, adapted to the needs of botanists and ecologists.*