



**HAL**  
open science

# Etude taxonomique et biogéographique de quelques espèces du genre *Silene* L. (Caryophyllacées) en Algérie

Melilia Mesbah

## ► To cite this version:

Melilia Mesbah. Etude taxonomique et biogéographique de quelques espèces du genre *Silene* L. (Caryophyllacées) en Algérie. Systématique, phylogénie et taxonomie. Université de Bejaia [Algérie], 2021. Français. NNT: . tel-03351257

**HAL Id: tel-03351257**

**<https://hal.inrae.fr/tel-03351257v1>**

Submitted on 1 Mar 2022

**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.

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A.MIRA-BEJAIA



Sciences de la Nature et de la Vie.  
Sciences Biologiques de l'Environnement  
Laboratoire d'Ecologie et Environnement

**THÈSE**  
**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE**  
**DOCTORAT**

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie **Filière :** Sciences Biologiques  
**Spécialité :** Biologie et Environnement

**Présentée par**  
**MESBAH Melilia**

*Thème*

**Etude taxonomique et biogéographique de quelques espèces du genre**  
***Silene L. (Caryophyllacées) en Algérie***

**Soutenue le :** 14 septembre 2021

**Devant le Jury composé de :**

Mme. ZEBBOUDJ Aïcha	Pr.	Université de Bejaia	<b>Présidente</b>
M. SAHNOUNE Mohamed	Pr.	Université de Bejaia	<b>Rapporteur</b>
M. VÉLA Errol	MCA	Université de Montpellier, France	<b>Co-Rapporteur</b>
Mme. BENHOUHOU Salima	Pr.	ENSA-El Harrach	<b>Examinatrice</b>
M. BOUGAHAM Abdelazize Franck	MCA	Université de Bejaia	<b>Examineur</b>
M. OXELMAN Bengt	Pr.	Université de Gothenberg, Suède	<b>Invité</b>

**Année Universitaire :** 2020/2021

## AVANT PROPOS

Cette étude a été réalisée dans le cadre des activités de recherche du Laboratoire d'Ecologie et de l'environnement (FSNV, Université de Bejaia) affilié à la Direction Générale de la Recherche Scientifique et du développement Technologique (DGRSDT), MESRS, Algérie. La partie phylogénétique a été réalisée au département des sciences biologiques et environnementales de l'université de Gothenburg (Suède) sous l'encadrement du Professeur Bengt Oxelman. Un stage de longue durée a été bénéficié grâce au programme national exceptionnel (PNE) offert par le MESRS, Algérie.

La réalisation de cette thèse a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

Je voudrais tout d'abord remercier mon directeur de thèse **M. SAHNOUNE Mohamed** professeur à l'université A. Mira, pour toute son aide, son appui scientifique, ses conseils au cours de l'élaboration de cette thèse.

Je voudrais exprimer toute ma gratitude à mon co-rapporteur **M. VÉLA Errol**, Maître de conférences classe A à l'Université de Montpellier, France, d'avoir pris le temps de m'écouter et de discuter avec moi. Ses discussions et ses idées m'ont grandement aidé, ses encouragements dans les moments difficiles m'ont donné la force pour toujours avancer.

J'exprime aussi ma grande reconnaissance et mes remerciements à **M. OXELMAN Bengt**, professeur à l'Université de Gothenburg, Suède pour sa contribution, ses orientations et sa patience à la réalisation de la partie phylogénétique et surtout sa présence humaine aux moments difficiles lors de mon séjour à Gothenburg.

Mes remerciements les plus profonds s'adressent également à **Mme ZEBBOUDJ Aïcha** professeur à l'université A. Mira qui me fait l'honneur d'être la présidente de jury de ma soutenance.

Je tiens à remercier **Mme BENHOUHOU Salima** professeur à ENSA-El Harrach qui a aimablement accepté de participer à mon jury de thèse et pour sa participation scientifique ainsi que le temps qu'elle a consacré à ma recherche.

Je désire aussi remercier **M. BOUGAHAM Abdelazize Franck**, Maître de conférences classe A à l'université A. Mira, qui a accepté de porter son jugement et d'évaluer mon travail.

Nous exprimons notre gratitude aux conservations des forêts notamment celle de Jijel, El Taref, Souk Ahres, Guelma, Tlemcen, Sidi Bel Abbés et le parc national de Tlemcen pour leur accompagnement sur le terrain.

Je tiens à remercier particulièrement **M. CHATELAIN** du conservatoire et Jardin botanique de Genève pour sa participation scientifique, sa disponibilité ainsi que le temps qu'il a consacré à ma recherche.

Je remercie toutes les personnes qui m'ont soutenu par leur disponibilité, leurs conseils et leur apport scientifique en particulier :

- **Dr. BABALI** et **Dr. KAZI TANI** de l'Université de Tlemcen, **M. HINI** de l'Ecole Maritime de Bousmail, **Pr. BEKDOUCHE** de l'université de Batna II, **Dr. BENGHANEM**, et **Mlle BAA** De l'Ecole Nationale Supérieur d'Agronomie.

L'équipe du laboratoire écologie et environnement : **Hassina, Rosa, Khaled, Mokrane, Meriem, et Meriem, Asma, Souhila, Farida, Samira, Mourad, M. Dahmana, Mme Mancou.**

L'équipe du centre global de biodiversité de l'université de Gothenburg (Suède) : **Claes OHLSSON, Sven TORESSON, Anna ANSEBO, Allisson PERRIGO, Paola Lima FERREIRA, Anne-Sophie QUATELA, Beatriz NEVES, Helene ARONSSON, Ntwai GRANT MOILOA** et **Christine BACON** et l'équipe de travail du Jardin Botanique de Gothenburg.

Un vif remerciement est adressé aux : Musée d'Histoire Naturelle de Paris (MNHN-P), l'université de Montpellier (MPU), conservatoire et Jardin botanique de Genève (G), Musée d'Histoire Naturelle de Eix-En-Provence Marseille (MNHN-Eix-P) et l'Ecole Nationale Supérieur d'Agronomie (ENSA) qui m'ont envoyé des échantillons d'herbier pour compléter mon échantillonnage sur l'échelle de l'Afrique du Nord.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers la famille, les amis et collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

À toutes les personnes qui se reconnaissent et qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à la réalisation de ma thèse, je vous dis merci !

## Liste des figures

<b>Fig. 1.</b> Biogéographie des taxa du genre <i>Silene</i> en Algérie.....	5
--	---

### Chapitre 1:Évaluation du statut UICN

#### I.1. *Silene sessionis*

<b>Fig. 1.</b> Distribution Map of <i>Silene sessionis</i> .....	21
--	----

#### I.2. *Silene aristidis*

<b>Fig. 1.</b> Distribution Map of <i>Silene aristidis</i> .....	31
--	----

#### I.3. *Silene auriculifolia*

<b>Fig. 1.</b> Distribution Map of <i>Silene auriculifolia</i> .....	42
--	----

### Chapitre 2: Enjeux de conservation

<b>Fig.1.</b> Situation géographique des zones de prospection.....	54
--	----

<b>Fig.2.</b> Répartition actuelle connue de <i>Silene sessionis</i> .....	58
--	----

<b>Fig.3.</b> Répartition actuelle connue de <i>Silene aristidis</i> .....	58
--	----

<b>Fig.4.</b> Répartition actuelle connue de <i>Silene auriculifolia</i> .....	59
--	----

### Chapitre 3:Cytogénétique

<b>Fig. 1:</b> Meiotic plates of the studied species. (Les lettres a, b c....etc à mettre en blanc sur la figure.....)	81
--	----

<b>Fig.2.</b> Mitotic metaphase plates of the studied species .....	82
---	----

### Chapitre 4:Révision Taxonomique

<b>Fig.1.</b> Plastid <i>rps16</i> tree based on Bayesian analysis of the genus <i>Silene</i> including 123 sequences representing North African taxa. ....	98
---	----

<b>Fig.2.</b> ITS tree based on Bayesian analysis of the genus <i>Silene</i> including 188 sequences representing North African taxa.....	99
---	----

<b>Fig.3.</b> Multiple Species Coalescent or Minimal Cluster (SMC) tree based on the nrDNA (ITS) and cpDNA ( <i>rps16</i> ) alignments of <i>Silene</i> .....	100
---	-----

### Annexe II

<b>Fig.1.</b> La position des taxa nord-africain dans la classification infragénérique proposé par <i>Jafari et al.</i> (2020) .....	147
--	-----

## Liste des tableaux

<b>Tab.1.</b> Liste des espèces du genre <i>Silene</i> protégées en Algérie et menacées selon la liste rouge 1997 de l'UICN .....	7
---	---

### Chapitre 1: Évaluation du statut UICN

#### I.1. *Silene sessionis*

<b>Tab.1.</b> Appendix, Habitats .....	25
<b>Tab.2.</b> Plant Growth Forms .....	25
<b>Tab.3.</b> Threats .....	25
<b>Tab.4.</b> Conservation Actions in Place .....	25
<b>Tab.5.</b> Conservation Actions Needed .....	26
<b>Tab.6.</b> Research Needed .....	26
<b>Tab.7.</b> Additional Data Fields .....	26

#### I.2. *Silene aristidis*

<b>Tab.1.</b> Appendix, Habitats .....	34
<b>Tab.2.</b> Plant Growth Forms .....	34
<b>Tab.3.</b> Threats .....	34
<b>Tab.4.</b> Conservation Actions in Place .....	34
<b>Tab.5.</b> Conservation Actions Needed .....	35
<b>Tab.6.</b> Research Needed .....	35
<b>Tab.7.</b> Additional Data Fields .....	35

#### I.3. *Silene auriculifolia*

<b>Tab.1.</b> Appendix, Habitats .....	45
<b>Tab.2.</b> Plant Growth Forms .....	45
<b>Tab.3.</b> Threats .....	45
<b>Tab.4.</b> Conservation Actions in Place .....	45

<b>Tab.5.</b> Conservation Actions Needed .....	46
<b>Tab.6.</b> Research Needed .....	46
<b>Tab.7.</b> Additional Data Fields .....	46

### **Chapitre 2: Enjeux de conservation**

<b>Tab.1.</b> Liste des localités prospectées. SB: Secteur biogéographique .....	56
<b>Tab.2.</b> Distribution des individus jeunes et des individus matures dans les différentes populations des trois espèces étudiées. ....	60
<b>Tab.3.</b> Résultats de l'évaluation des espèces de <i>Silene</i> sect. <i>Siphonomorpha</i> selon les critères de l'UICN version 3.1 (Mesbah et al., 2019, 2020a, 2020b) et les critères d'avant 1994 (Walter & Gillet 1998). ....	62

### **Chapitre 3: Cytogénétique**

<b>Tab.1.</b> List of the taxa treated in this study .....	78
<b>Tab. 2.</b> List of the population sampled with geographical coordinates .....	80

### **Chapitre 4: Révision Taxonomique**

<b>Appendix I.</b> List of the voucher treated in the phylogenetic Study.....	134
---	-----

### **Annexe**

<b>Annexe I:</b> Liste détaillée des taxa présents en Algérie avec synonymies, chorologies, distributions, écologies et niveaux de ploïdie.....	138
---	-----

## Sommaire

Introduction Générale.....	1
Introduction .....	2
1. Le genre <i>Silene</i> .....	2
2. Morphologie du genre <i>Silene</i> .....	2
3. Taxonomie et systématique au sein du genre <i>Silene</i> .....	3
4. Biogéographie du genre <i>Silene</i> en Algérie .....	5
5. Distribution et écologie des espèces du genre <i>Silene</i> en Algérie .....	6
6. Statut de conservation.....	6
7. Nombres chromosomiques du genre <i>Silene</i> .....	78
Problématique.....	9
Objectifs.....	10
Structure de la thèse.....	11
Références .....	13
Chapitre 1: Évaluation du statut UICN .....	17
1. <i>Silene sessionis</i> .....	18
2. <i>Silene aristidis</i> .....	29
3. <i>Silene auriculifolia</i> .....	38
Chapitre 2: Enjeux de conservation .....	49
Abstract.....	50
1.Introduction .....	51
2.Matériel et méthodes.....	53
2.Résultats.....	55
4. Discussion.....	63
Références .....	67
Chapitre 3: Cytogénétique.....	74
Abstract.....	75



1.Introduction .....	75
2.Materials and methods.....	79
3.Results .....	81
4.Discussion.....	83
5.Conclusion .....	85
References .....	86
Chapitre 4: Révision taxonomique.....	90
Abstract.....	91
2.Introduction .....	92
3.Material and methods .....	94
4.Results .....	96
5.Discussion.....	102
6.conclusion.....	107
References .....	108
Annexe.....	114
Discussion Générale.....	122
References.....	128
Conclusion Générale et perspectives.....	134
Annexes .....	137
Annexes I.....	138
Annexes II .....	147

*Introduction*

*Générale*

## **I. Introduction générale**

La flore algérienne est caractérisée par sa grande diversité floristique, estimée à environ 4450 espèces et sous-espèces indigènes. Elle renferme des espèces méditerranéennes et paléo-tempérées, mais aussi sahariennes et paléo-tropicales, réparties sur près de 150 familles (Dobignard & Chatelain, 2010-2013).

La famille des Caryophyllacées est l'une des familles les plus diversifiées à l'échelle mondiale. Elle renferme des plantes herbacées, vivaces ou annuelles. Elle est composée de 86 genres répartis en environ 2630 espèces (Dupont & Guignard, 2015). Elle est très abondante dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord, particulièrement dans les montagnes et les régions méditerranéennes (Judd *et al.*, 2002; Rameau *et al.*, 2008). En Afrique du Nord, elle est représentée par 31 genres et environ 382 espèces ou sous-espèces (Dobignard & Châtelain, 2011). Elle est subdivisée en trois sous-familles : Paronychioïdées, Alsinoïdées et Silénoïdées (Quézel & Santa, 1962; Maire, 1963).

### **I.1. Le genre *Silene* L.**

*Silene* est le genre le plus important de la famille des Caryophyllacées et de la sous-famille des Silénoïdées. Il est considéré par sa richesse en endémiques comme le genre le plus diversifié en Afrique du Nord (Quézel, 1957, 1978). Il englobe environ 850 espèces à l'échelle mondiale, réparties principalement dans l'hémisphère nord, en Europe, Asie et Afrique du Nord (Greuter, 1995; Oxelman, 1997; Oxelman *et al.*, 2013). Il comprend 144 espèces ou sous-espèces, dont 56 exclusives (endémiques) à une région : le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye ou les îles Canaries (Dobignard & Chatelain, 2011).

### **I.2. Morphologie du genre *Silene***

Les silènes sont des plantes annuelles, bisannuelles ou vivaces avec des tiges à nœuds souvent renflées. Les feuilles sont souvent opposées, décussées. Le calice pentamère libre ou soudé renflé avec 10, 20 ou 30 nervures. Le genre *Silene* est caractérisé par un carpophore de taille très variable d'une espèce à une autre. Les inflorescences sont diversifiées en cymes unipares, bipares ou grappes de cymes avec ou sans fleurs en dichase (Type d'inflorescence dans laquelle la fleur est portée par deux rameaux). Les fleurs sont solitaires, généralement hermaphrodites ou unisexuées (exemple de *Silene latifolia* Poir.). Les étamines sont au nombre de dix. L'ovaire est de trois ou cinq styles. Les graines latéralement un peu

comprimées, réniformes à sub-orbiculaires ou angulaires (en cas d'entassement dense) comportant deux faces (planes, concaves ou excavées) et un dos qui porte un flanc appelé aussi canalicule. La forme de la graine est décrite selon la forme des flancs et du dos. Les détails structurels varient considérablement et sont indispensables dans la classification à condition que des graines entièrement mûres soient disponibles pour l'étude. La forme de la graine est dite ailée lorsque le dos présente une ondulation sur les deux faces de la graine (Battandier & Trabut, 1902; Daumas & Santa, 1953; Quézel & Santa, 1962; Maire, 1963; Greuter, 1995; Fennane *et al.*, 1999).

### **I.3. Taxonomie et systématique au sein du genre *Silene***

Le genre *Silene* a connu quatre révisions taxonomiques qui ont englobé la majorité des espèces du monde. L'utilisation des critères morphologiques pour la répartition du genre en sections était très variable entre les auteurs. Par exemple, lors de la première tentative de classification, Otth (1824) a pu diviser 217 espèces en 8 sections : *Nanosilene*, *Behenantha*, *Otite*, *Conoimorpha*, *Stachymorpha*, *Rupifraga*, *Siphonomorpha* et *Atocion* (Otth, 1824; Vaucher, 1841; Talavera, 1979) sur la base du nombre de nervures du calice et la profondeur de la découpe du limbe. Rohrbach (1868) de son côté avait réalisé une classification plus inclusive basée sur la morphologie de l'inflorescence, en divisant le genre *Silene* en deux sous-genres : le petit sous-genre *Behen* Rohrb. et le sous-genre *Silene* Rohrb. plus complet. Près de trois décennies plus tard, Williams (1896) effectua une révision globale de *Silene* où la classification infra-générique suivait celle de Rohrbach, mais en ajoutant une centaine d'espèces décrites depuis la révision de ce dernier. Viendra plus tard Chowdhuri (1957) qui a proposé une méthode plus complète de systématique du genre *Silene*. Il a divisé le genre en 44 sections et 45 sous-sections, en se basant sur le type biologique et la présence ou l'absence de poils glanduleux, à fleur hermaphrodite ou non, présence ou absence de fleurs en monochase (type d'inflorescence dans laquelle la fleur est portée par un seul rameau) Tous ces travaux sont remarquables au sens large mais se heurtent à des limites concernant la classification du genre *Silene*.

Les révisions régionales majeures telles que celles effectuées par Boissier (1867), Siskin (dans Komarov, 1936) et Melzheimer (dans Rechinger, 1988), Greuter (1995) ont apporté une autre contribution importante à la classification du genre *Silene* à l'échelle de la Méditerranée.

En Afrique du Nord, Maire (1963) a adopté la classification de Rohrbach sur l'ensemble des espèces décrites. Il a subdivisé le genre en trois sous-genres: *Behen* Bunge, *Conosilene* Rohrb. et *Eusilene* Rohrb. Ce dernier a été subdivisé à son tour en quatre sections (*Pleiogynae*, *Cincinnosilene*, *Dichasiosilene* et *Botryosilene*) et plusieurs sous-sections. Rahou & Amssa (2003) ont tenté de classer des espèces d'Afrique du Nord pour lesquelles ils ont subdivisé le genre en 18 sections, mais ce travail est resté sans suite.

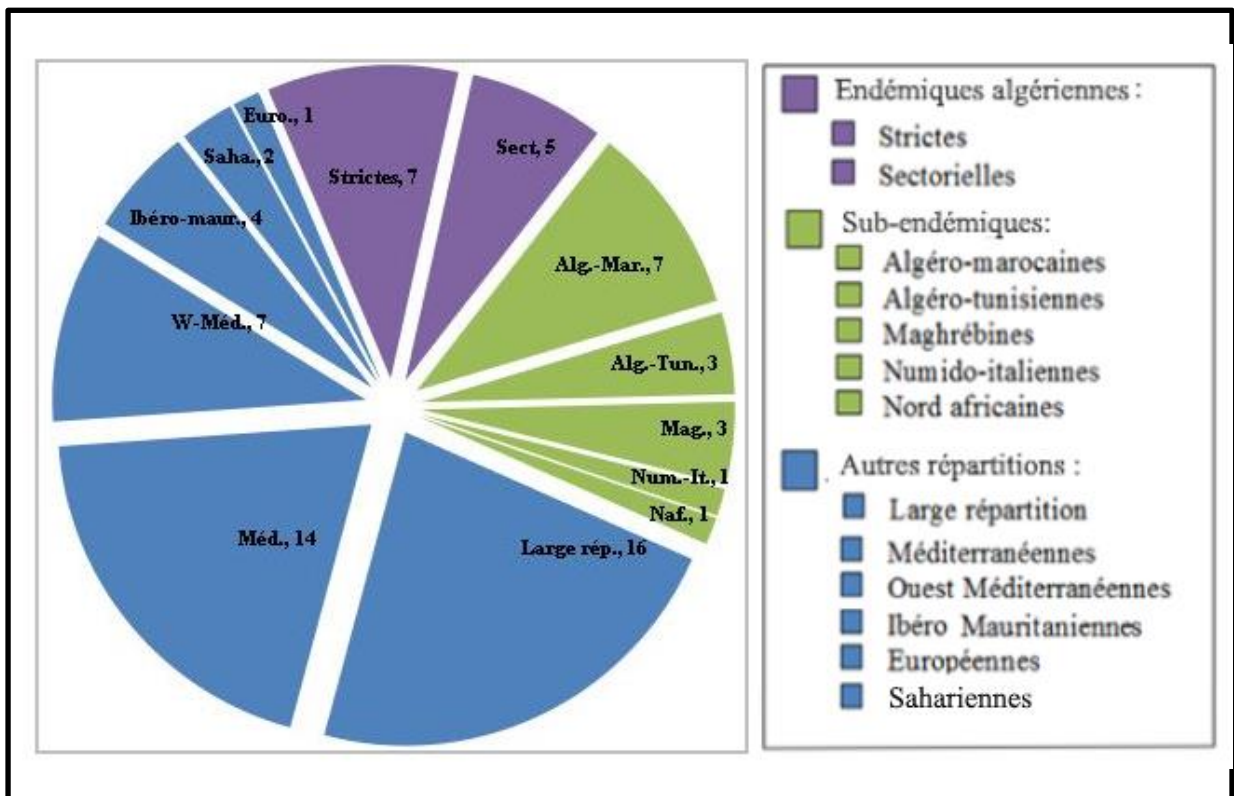
Au cours de ces dernières décennies, les études moléculaires remettent en question ces classifications (Oxelman *et al.*, 1997, 2000; Burleigh & Holtsford, 2003, Aydin, 2014). L'un des aspects les plus complexes dans la taxonomie est lié au niveau élevé d'homoplasie dans les caractères morphologiques utilisés dans la discrimination des sections (par exemple Oxelman et Lidén, 1995 ; Desfeux & Lejeune, 1996 ; Oxelman *et al.*, 1997 ; Liden & Oxelman, 2001; Erixon & Oxelman, 2008; Ghahremaninejad *et al.*, 2014). Les études phylogénétiques moléculaires de *Silene* ont montré que le genre *Lychnis* L. (excluant *Viscaria* Bernh., mais incluant *Uebelinia* Hochst.), *Cucubalus* et *Melandrium* Rohl. forment un groupe monophylétique avec le genre *Silene* mais leur relation avec le noyau *Silene* n'est pas bien résolue (Oxelman & Lidén, 1995 ; Oxelman *et al.*, 1997; Popp & Oxelman, 2001, 2004; Eggens, 2006; Popp *et al.*, 2008 ; Frajman *et al.*, 2009; Greenberg & Donoghue, 2011).

La classification phylogénétique la plus récente qui englobe la plupart des espèces du genre *Silene* a été proposée par Jafari *et al.* (2020). Cette classification admet trois sous-genres, à savoir *S.* subg. *Behenantha*, *S.* subg. *Lychnis* et *S.* subg. *Silene*. Le sous-genre *Lychnis* forme quatre sections dont la section *Lychnis* est faiblement soutenue. *Silene* subg. *Behenantha* forme un groupe frère possible en relation avec *S.* subg. *Silene*, n'est pas résolu à la base et comprend un grand nombre de clades, pour la plupart petits, reconnus comme 18 sections. Dans *S.* subg. *Silene*, 11 sections sont reconnues, parmi lesquelles quatre sont largement circonscrites : *S.* sect. *Auriculatae*, *S.* sect. *Sclerocalycinae*, *S.* sect. *Silene* et *S.* sect. *Siphonomorpha*.

Cette nouvelle classification infra-générique est en partie en accord avec les résultats de la phylogénie moléculaire précédente et contredit toutes les classifications traditionnelles précédentes. Les lacunes qui fragilisent cette classification résident dans l'absence de clés morphologiques et l'échantillonnage éparé de certaines grandes sections.

#### I.4. Biogéographie du genre *Silene* en Algérie

Avec ses 25 espèces endémiques sensu lato (Algéro-marocaine et algéro-tunisienne), le genre *Silene* est d'une grande valeur patrimoniale en Algérie. C'est le genre qui admet de loin le plus d'endémiques en Algérie. Le deuxième genre le plus important de la flore algérienne est le genre *Astragalus* avec 40 espèces dont 11 endémiques sensu lato. Viennent ensuite les genres *Linaria*, *Ononis*, *Erodium* et *Euphorbia* avec 9 espèces endémiques strictes ; *Centaurea*, et *Helianthemum* avec 7 endémiques chacun (Quézel, 1957, Dobignard & Chatelain, 2010-2013).



**Fig. 1.** Biogéographie des taxa du genre *Silene* en Algérie.

Sur les 71 taxa du genre *Silene* (Fig. 1) recensés en Algérie, douze sont strictement endémiques dont cinq endémiques au nord-ouest du pays, sept endémiques du nord-est (Kabylie, Constantinois ou Numidie) et appartiennent au hotspot régional Kabylie-Numidie-Kroumirie (Véla et Benhouhou, 2007) au nord-est du pays et 18 sont sub-endémiques, quatre sont partagés avec la Tunisie et/ou la mer Tyrrhénienne, partagés avec le Maroc et trois sont à endémisme Maghrébin.

## **I.5. Distribution et écologie des espèces du genre *Silene* en Algérie**

*Silene* est un genre à large répartition s'étendant depuis les hautes montagnes humides (ex. *Silene atlantica* Coss., *S. choulettii* Coss., *S. reverchoni* Batt.) jusqu'aux milieux désertiques les plus arides du Sahara central (ex. *Silene vivianii* Staud, *S. lynesii* Norman, *S. arenarioides* Desf.). L'écologie des espèces du genre *Silene* est très diversifiée, elle va des milieux forestiers (ex. *Silene riverchoni*, *S. atlantica*, *S. patula* Desf. subsp. *patula*, *S. disticha* Willd.) jusqu'aux zones rudérales (ex. *S. vulgaris* (Moench) Garcke), et pâturages les plus ouverts (ex. *Silene conoidea* L., *S. apetalata* L.). Beaucoup d'espèces affectionnent les falaises calcaires abruptes (ex. *Silene aristidis* pomel, *S. sessionis* Batt. *S. andryalifolia* pomel, *S. velutinoides* pomel) ou particulièrement les rochers voire les sables maritimes (ex. *Silene obtusifolia* Willd., *S. sedoides* Poir., *S. rosulata* Soy.-Will. & Godr.). D'autres affectionnent au contraire les milieux argileux (ex. *Silene inaperta* L., *S. argillosa* Munby) ou schisteux (ex. *Silene pseudoatotion* Desf., *S. reticulata* Desf.).

## **I.6. Statut de conservation**

A l'échelle national, neuf espèces citées ci-dessous ont bénéficié d'une protection par le décret n°12 du 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées en Algérie (Tab.1) (J.O.R.A., 2012). A l'échelle international, douze espèces étaient listées dans l'ancienne liste rouge de l'UICN selon la charte de critères 2.3 (UICN, 1994) : deux avaient été classées sous le statut "Vulnérable", trois "En danger" et sept "Rare" (Walter & Gillet ; 1998). Il s'agit des espèces endémiques strictes à l'Algérie sans compter *Silene colorata* subsp. *amphorina* (Pomel) Batt. un taxon endémique strict du nord-est algérien, alors non évalué.

**Tab.1.** Liste des espèces du genre *Silene* protégées en Algérie et menacées selon la liste rouge 1997 de l'UICN. E : Endémique, R : Rare, V : Vulnérable,

Espèces	Liste rouge mondiale 1997 de l'UICN	Protection en Algérie
<i>Silene cirtensis</i> Pomel	E	Oui
<i>Silene colorata</i> subsp. <i>amphorina</i> (Pomel) Batt.	Non inscrite	Oui
<i>Silene sedoides</i> Poir.	Non inscrite	Oui
<i>Silene ghiarensis</i> Batt.	R	Oui
<i>Silene glaberrima</i> Faure & Maire	V	Oui
<i>Silene pseudovestita</i> Batt.	E	Oui
<i>Silene reverchonii</i> Batt.	V	Oui
<i>Silene sessionis</i> Batt.	E	Oui
<i>Silene aristidis</i> Pomel	R	Non
<i>Silene claryi</i> Batt.	R	Non
<i>Silene reticulata</i> Desf.	R	Non
<i>Silene rosulata</i> Soy.-Will. & Godron	R	Non
<i>Silene scabrida</i> Soy.-Will. & Godron	R	Non
<i>Silene velutinoides</i> Pomel	R	Non

### I.7. Nombres chromosomiques du genre *Silene*

Le nombre de chromosomes, leur taille et la structure du caryotype fournissent des données essentielles pour la compréhension de l'évolution et la diversification des plantes (Degraeve, 1980 ; Guerra, 2008 ; Luo *et al.*, 2009).

Le genre *Silene* a fait l'objet de nombreuses études cytogénétiques et caryologiques dans le but de compter les nombres chromosomiques de ses espèces. Vu sa large répartition dans l'hémisphère Nord, il a suscité l'intérêt des chercheurs à l'échelle mondiale : Iran, Amérique du nord, Maroc, Espagne, Royaume Uni, Turquie, etc. (Blackburn, 1928 ; Bermejo, 1979 ; Sheidai *et al.*, 2008 ; Jeelani *et al.*, 2011 ; Keshavarzi & Bozchaloyi, 2014).



Comme on peut le déduire de la base de données CCDB (The Chromosome counts DataBase (<http://ccdb.tau.ac.il/>)) (Rice *et al.*, 2015), le genre *Silene* est plutôt caryologiquement polymorphe en termes de nombre de chromosomes de base, de niveaux de ploïdie et de nombre total de chromosomes. Son nombre de chromosomes de base peut être  $x = 6, 9, 10, 12$  ou  $15$ ,  $x = 12$  étant de loin le plus représenté. Les niveaux de ploïdie du genre vont du diploïde à l'octoploïde (et plus dans le cas de *S. ciliata* Pourr., jusqu'à 26-ploïdes), le diploïde  $2n = 2x = 24$  étant de loin le plus représenté, suivi par des tétraploïdes et des hexaploïdes. Les diploïdes avec  $2n = 2x = 12$  n'ont été mentionnés jusqu'à présent que pour *S. vulgaris* de Crète (Miège et Greuter, 1973) et de Sibérie orientale sous le nom de *Oberna behen* (L.) Ikonn. (Krivenko *et al.*, 2011). Des diploïdes avec  $2n = 2x = 18$  ont été signalés pour *S. lacera* Sims. (= *Oberna lacera* Ikonn.) et *S. chalcedonica* (L.) E. H. L. Krause. Les espèces *S. conica* L. *S. coniflora* Nees ex Oth., *S. conoidea* L., *S. ammophila* Boiss. & Heldr., *S. chlorifolia* Sm., *S. falconeriana* Benth. et *S. macrodonta* Boiss. ont été signalés comme diploïdes avec  $2n = 2x = 20$  (Rice *et al.*, 2015). Un autre cytotype discordant est le  $2n = 34$  ( $x = 17$ ) mentionné pour *S. discolor* Sm. Le nombre total de chromosomes peut être  $2n = 12, 18, 24, 30, 34, 36, 48, 60, 72, 96$ . Chez *S. ciliata* Pourr., le nombre de chromosomes peut être  $2n = 24, 25, 26, 36, 48, 120, 147-165, c.180, 192, c.204, c. 228, 240, c.264, c.312$ . On observe peu de polyploïdie en Asie centrale, dans les zones arctiques et subarctiques et dans les régions subtropicales (Popp *et al.*, 2005) et chez la plupart des taxons endémiques d'Amérique du Nord et du Sud (Kruckeberg, 1954, 1960 ; Bocquet, 1969 ; Popp & Oxelman, 2007; Frajman *et al.*, 2018), ainsi que chez quelques espèces d'Asie occidentale (Sheidai *et al.*, 2008, 2011 ; Gholipour & Sheidai, 2010).

## Problématique

Dans les pays de la rive Sud et Est de la Méditerranée, un nombre important des espèces du genre *Silene* rarissimes n'ont plus été revues de longue date dans la nature, c'est-à-dire sont des espèces « perdues de vues » (*lost species* sensu Ladle *et al.*, 2011 ; Scheffers *et al.*, 2011, Watson & Davis, 2017). Leurs distributions et leurs statuts de conservation restent inexplorés et aucun plan de conservation n'a été proposé.

La cytogénétique a fait l'objet de plusieurs travaux sur les espèces de ce genre (Rice *et al.*, 2015). Aucun dénombrement chromosomique n'a été réalisé sur les endémiques et les sub-endémiques de l'Algérie.

Divers travaux partiels sur le genre *Silene* en Méditerranée occidentale ont montré sa complexité taxonomique et la difficulté d'interpréter le signal phylogénétique dans ce genre à évolution souvent réticulée. Cependant, malgré de nombreux travaux phylogénétiques généraux et ceux portant sur la biogéographie et/ou la taxonomie, l'histoire phylogénétique et biogéographique des taxa nord-africains reste inexplorée.

À ce jour, environ la moitié des espèces actuellement acceptées du genre ont été séquencées au moins pour les espaceurs internes transcrits (ITS1 et ITS2) de l'ADN ribosomique (ADN nucléaire), et l'intron du gène *rps16* du plastome, qui ont servi à positionner les différents taxa dans un arbre phylogénétique ou d'étudier leur histoire évolutive, mais la proportion pour les taxa nord-africains est beaucoup plus faible (Oxelman & Lidén, 1995 ; Oxelman *et al.*, 1997 ; Naciri, 2010 ; Naciri *et al.*, 2017).

## **Objectifs**

Les espèces du genre *Silene* sont très peu étudiées en Algérie dont beaucoup sont perdues de vue. Ce travail vise à retrouver ces espèces et à compléter leur connaissance taxonomique, phylogénétique et biogéographique en Afrique du Nord avec un accent sur l'Algérie et notamment ses endémiques ou sub-endémiques. Cette meilleure connaissance des espèces du genre *Silene* contribuera efficacement à leur protection et conservation en vue d'une valorisation optimale.

Nous projetons de retrouver un maximum d'espèces en Algérie en priorisant les stations historiques des espèces endémiques et/ou rares. Par la suite, actualiser le statut UICN selon la version 3.1 (2001) et établir les enjeux de conservation de ces espèces et proposer des perspectives de conservation.

Des échantillons d'herbiers, des photographies, des graines mûres et des boutons floraux fixés in situ seront collectés autant que possible en vue des études botaniques, caryologiques et phylogénétiques moléculaires.

La phylogénie nous permettra de replacer les espèces nord-africaines et notamment algériennes sur l'arbre évolutif du genre afin de connaître l'origine biogéographique et historique de cette biodiversité d'une valeur irremplaçable.

## Structure de la thèse

Après une introduction générale, cette thèse est structurée en quatre chapitres et une annexe.

### Chapitre 1

Ce premier chapitre présente l'évaluation UICN selon la charte des critères de l'UICN 2.3 de trois espèces du genre *Silene* endémiques strictes à l'Algérie (*Silene sessionis* Batt., *S. auriculifolia* Pomel et *S. aristidis* Pomel). Les informations ont été saisies grâce au Système d'information sur les espèces (Species Information Service (SIS)) Toolkit, rev. 2.0., de l'UICN.

Chaque évaluation a été validée par les évaluateurs internes de la Liste Rouge de l'UICN avant publication officielle.

### Chapitre 2

C'est un chapitre complémentaire au chapitre précédent. Dans cette partie nous avons détaillé le travail de terrain réalisé ainsi que la démarche suivie pour classer une espèce dans la liste rouge de l'UICN. Ensuite, nous avons résumé les menaces qui peuvent remettre en question la conservation des espèces à haute valeur patrimoniale qui poussent sur les falaises calcaires de basse altitude.

Ce chapitre a fait l'objet d'une publication dans le Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège. <https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=10197>

### Chapitre 3

Dans ce chapitre nous avons traité la cytogénétique de quelques espèces du genre *Silene* collectées en Algérie. Nous avons essayé de dénombrer les chromosomes de dix espèces qui appartiennent à quatre sections taxonomiques : Section *Silene* (*Silene gallica*, *S. diversifolia*, *S. fuscata*, *S. secundiflora*, *S. atlantica*), Section *Siphonomorpha* (*Silene andryalifolia*, *S. sessionis*), Section *Behenantha* (*Silene vulgaris* subsp. *vulgaris*) et section *Muscipula* (*Silene reticulata*).

## **Chapitre 4**

Dans ce chapitre, nous avons traité la taxonomie des espèces de l'Afrique du Nord par le biais de la biologie moléculaire. La phylogénie basée sur les séquences du plastome rps16 et l'ADN nucléaire ribosomal ITS (internal transcribed spacer). Les résultats obtenus nous ont permis de repositionner les taxa d'Afrique du Nord et de proposer une classification infra-générique.

## **Annexe I**

Nous avons donné la liste détaillée des espèces présentes en Algérie en précisant leurs synonymies, chorologies, distributions, écologies et niveaux de ploïdie.

## Référence

- Aydin, Z., Marcussen, T., Ertekin, A. S., & Oxelman, B. (2014). Marginal likelihood estimate comparisons to obtain optimal species delimitations in *Silene* sect. *Cryptoneurae* (Caryophyllaceae). *PLOS ONE* 9(9): e106990.
- Bari, E. A. (1973). Cytological studies in the genus *Silene* L. *New Phytologist* 72(4): 833-838.
- Battandier J. & Trabut L. (1902). Flore Analytique et Synoptique de l'Algérie et de la Tunisie. Giralt Impr.-Edit., Alger.
- Bermejo, E. V. (1979). Números cromosómicos de plantas occidentales 1-34. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 36(1): 373-389.
- Blackburn, K. B. (1928). Chromosome number in *Silene* and the neighbouring genera. *Zeitschrift für Induktive Abstammungs-Vererbungslehre, Suppl.* 1: 439-446.
- Boissier, E. (1867). *Flora Orientalis*. Vol. 1. H. Georg, Basil, 1017 p.
- Burleigh, J. G., & Holtsford, T. P. (2003). Molecular systematics of the Eastern North American *Silene* (Caryophyllaceae): evidence from nuclear ITS and chloroplast trnL intron sequences. *Rhodora* 105 (921): 76-90.
- Chowdhuri, P. K. (1957). Studies in the genus *Silene*. Notes from the Royal Botanic Garden. *Edinburgh* 22: 221-278.
- Daumas. & Santa. (1953). Les *Silènes* de l'Algérie et de la Tunisie. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord* 44: 264-323.
- Degraeve, N. (1980). Etude de diverses particularités caryotypiques des genres *Silene*, *Lychnis* et *Melandrium*. *Boletim Sociedade Broteriana* 53: 595-643.
- Desfeux, C., Maurice, S., Henry, J. P., Lejeune, B., & Gouyon, P. H. (1996). Evolution of reproductive systems in the genus *Silene*. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 263 (1369): 409-414.
- Dobignard, A., & Chatelain, C. (2011). Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord, volume 3, Dicotyledonae Balsaminaceae à Euphorbiaceae. Conservatoire et Jardin Botanique de la Ville de Genève, hors-série 11b.
- Dupont, F., & Guignard, J. L. (2015). *Botanique: les familles de plantes*. Paris, Elsevier Masson. 388p.
- Eggen, F. 2006. Systematics in *Sileneae* (Caryophyllaceae) – Taxonomy and phylogenetic patterns. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 251. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-7380>
- Erixon, P., & Oxelman, B. (2008). Reticulate or tree-like chloroplast DNA evolution in *Sileneae* (Caryophyllaceae)? *Molecular Phylogenetics and Evolution* 48(1): 313-325.

- Fennane M. & Ibn-Tattou M. (1999). Flore pratique du Maroc: manuel de détermination des plantes vasculaires. Vol. 1. Pteridophyta, Gymnospermae, Angiospermae (Lauraceae-Neuradaceae). Edition de l'Institut Scientifique de Rabat, Maroc.
- Frajman, B., Eggens, F., & Oxelman, B. (2009). Hybrid origins and homoploid reticulate evolution within *Heliosperma* (Sileneae, Caryophyllaceae) a multigene phylogenetic approach with relative dating. *Systematic Biology* 58(3): 328-345.
- Ghahremaninejad, F., Angaji, A., Etemad, M., Vahidynia, F., & Attar, F. (2014). Molecular taxonomy and phylogeny of *Silene* species (Caryophyllaceae) using DNA-based markers. *J. Bio. Env. Sci.* 4: 125-132.
- Ghazanfar, S. A. (1983). Cytological Studies in the Genus *Silene* L. *New Phytologist* 93(1): 123-127.
- Greenberg, A. K., & Donoghue, M. J. (2011). Molecular systematics and character evolution in Caryophyllaceae. *Taxon* 60(6): 1637-1652.
- Greuter, W. (1995). *Silene* (Caryophyllaceae) in Greece: a subgeneric and sectional classification. *Taxon* 44(4): 543-581.
- Guerra, M. (2008). Chromosome numbers in plant cytogenetics: concepts and implications. *Cytogenetic and Genome Research* 120(3-4): 339-350.
- J.O.R.A., (2012). Décret exécutif du 18 janvier 2012, complétant la liste des espèces végétales non cultivées et protégées. *Journal Officiel de la République Algérienne* 3-12: 12–38.
- Jafari, F., Zarre, S., Gholipour, A., Eggens, F., Rabeler, R. K., & Oxelman, B. (2020). A new taxonomic backbone for the infrageneric classification of the species-rich genus *Silene* (Caryophyllaceae). *Taxon* 69(2): 337-368.
- Jeelani, S. M., Rani, S., Kumar, S., Kumari, S., & Gupta, R. C. (2011). Meiotic studies in some members of Caryophyllaceae Juss. from the Western Himalayas. *Acta Biologica Cracoviensia serie Botanica* 53 (1): 86-95.
- Judd, W. S., Campbell, C.S., Kellogg, E. A., & Stevens P. (2002). *Botanique systématique: une perspective phylogénétique*. Edition De Boeck, Paris, pp: 240- 243.
- Keshavarzi, M., & Bozchaloyi, S. E. (2014). Chromosome numbers for some *Stellaria* L. (Caryophyllaceae) species and related taxa in Iran. *Iranian Journal of Botany* 20(1): 36-40.
- Komarov, V. L. E. (1936). *Flora of the USSR*. Volume 6. Compléter Scientific Academy of the U.S.S.R. Leningrad 956 p.
- Luo, M. C., Deal, K. R., Akhunov, E. D., Akhunova, A. R., Anderson, O. D., Anderson, J. A. & Dvorak, J. (2009). Genome comparisons reveal a dominant mechanism of chromosome number reduction in grasses and accelerated genome evolution in Triticeae. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(37): 15780-15785

- Maire R. (1963). Flore de l'Afrique du nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). Edition Paul Lechevalier, Paris. Volume 10, 229 p.
- Naciri, Y., Cavat, F., & Jeanmonod, D. (2010). *Silene patula* (*Siphonomorpha*, *Caryophyllaceae*) in North Africa: a test of colonisation routes using chloroplast markers. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54(3): 922-932.
- Naciri, Y., Du Pasquier, P. E., Lundberg, M., Jeanmonod, D., & Oxelman, B. (2017). A phylogenetic circumscription of *Silene* sect. *Siphonomorpha* (*Caryophyllaceae*) in the Mediterranean Basin. *Taxon* 66(1): 91-108.
- Oth, A. (1824). *Silene* L. *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*, de Candolle, Genève. 1, 341-385.
- Oxelman, B., Lidén, M., & Berglund, D. (1997). Chloroplast rps 16 intron phylogeny of the tribe *Sileneae* (*Caryophyllaceae*). *Plant systematics and Evolution* 206(1): 393-410.
- Oxelman, B., Rautenberg, A., Thollesson, M., Larsson, A., Frajman, B., Eggens, F., Brandtberg Falkman, A. (2013). *Sileneae* taxonomy and systematics. Available from <http://www.sileneae.info>.
- Oxelman, B., & Lidén, M. (1995). Generic boundaries in the tribe *Sileneae* (*Caryophyllaceae*) as inferred from nuclear rDNA sequences. *Taxon* 44(4): 525-542.
- Oxelman, B., Lidén, M., Rabeler, R. K., & Popp, M. (2000). A revised generic classification of the tribe *Sileneae* (*Caryophyllaceae*). *Nordic Journal of Botany* 20(6): 743-748.
- Popp, M., & Oxelman, B. (2001). Inferring the history of the polyploid *Silene aegaea* (*Caryophyllaceae*) using plastid and homoeologous nuclear DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 20(3): 474-481.
- Popp, M., & Oxelman, B. (2004). Evolution of a RNA polymerase gene family in *Silene* (*Caryophyllaceae*) - incomplete concerted evolution and topological congruence among paralogues. *Systematic Biology* 53(6): 914-932.
- Popp, M., Gizaw, A., Nemomissa, S., Suda, J., & Brochmann, C. (2008). Colonization and diversification in the African 'sky islands' by Eurasian *Lychnis* L. (*Caryophyllaceae*). *Journal of Biogeography* 35(6): 1016-1029.
- Quézel P. & Santa S. (1962, 1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris, 2 Volume. 1170 p.
- Quézel P., (1957). Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord : essai de synthèse biogéographique et phytosociologique. In: *Encyclopédie Biogéographique et Ecologique*, 10: 1-445. Edition Paul Lechevalier, Paris.
- Quézel, P. (1978). Analysis of the flora of Mediterranean and Saharan Africa. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 65 (2): 479-534.

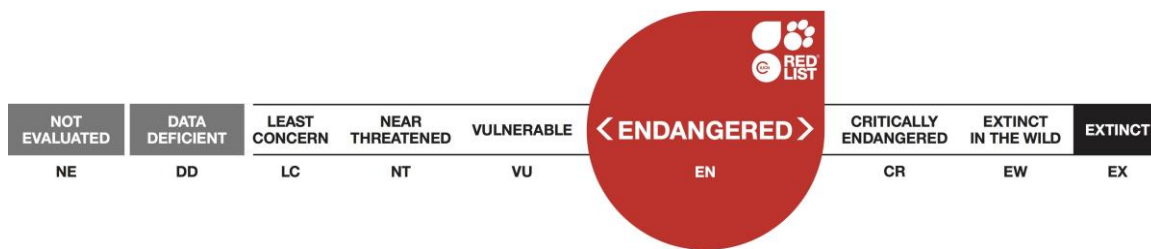


- Rahou, A., & Amssa, M. (2003). Essai d'une synthèse d'affinité des espèces du genre *Silene* L. au Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat* 25: 43-51.
- Rameau, J. C., Mansion, D., & Dumé, G. (2008). Flore forestière française: guide écologique illustré. Vol. 3 : Région méditerranéenne. Forêt privée française. 2426p.
- Rechinger KH (1988). Caryophyllaceae II, *Dianthus* L., In: Rechinger KH (ed.) *Flora Iranica*, Graz: Akademische Druck-u Verlagsanstalt. Vol. 163: 128–188.
- Rohrbach, P. (1868). Monographie der Gattung *Silene*. Verlag Von Wilhelm Engelmann, Leipzig. 249p.
- Sheidai, M., Nikoo, M., & Gholipour, A. (2008). Cytogenetic variability and new chromosome number reports in *Silene* L. species (Sect. *Lasiostemones*, Caryophyllaceae). *Acta Biol Szeged* 52(2): 313-319.
- Talavera, S. (1979). Revisión de la sect. *Erectorefractae* Chowdhuri del género *Silene* L. *Lagascalia* 8(2): 135-164.
- UICN, (2001). Catégories et critères de l'UICN pour la Liste rouge, Version 3.1. Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN. Gland, Cambridge, UICN.
- Vaucher, J. P. (1841). Histoire physiologique des plantes d'Europe (Vol. 1). Edition Marc Aurel Frères. 577p.
- 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.
- Walter K.S., Gillet H.J., (1998). 1997 IUCN red list of threatened plants. Gland, Switzerland, IUCN.
- Wilhite D.A., Glantz M.H., 1985. Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International* 10(3): 111–120.
- Williams, F. N. (1896). Revision of the Genus *Silene* Linn. *Linnean Journal of Botany* 32. 146p.

***Chapitre 1:***  
***Évaluation du statut***  
***UICN***

## I.1. *Silene sessionis*

Assessment by: Mesbah, M., Bekdouche, F., Véla, E. & Sahnoune, M.



View on [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)

**Citation:** Mesbah, M., Bekdouche, F., Véla, E. & Sahnoune, M. 2019. *Silene sessionis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T72458759A72458763.

<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T72458759A72458763.en>

**Copyright:** © 2019 International Union for Conservation of Nature and Natural Resources

*Reproduction of this publication for educational or other non-commercial purposes is authorized without prior written permission from the copyright holder provided the source is fully acknowledged.*

*Reproduction of this publication for resale, reposting or other commercial purposes is prohibited without prior written permission from the copyright holder. For further details see [Terms of Use](#).*

*The IUCN Red List of Threatened Species™ is produced and managed by the IUCN Global Species Programme, the IUCN Species Survival Commission (SSC) and The IUCN Red List Partnership. The IUCN Red List Partners are: Arizona State University; BirdLife International; Botanic Gardens Conservation International; Conservation International; NatureServe; Royal Botanic Gardens, Kew; Sapienza University of Rome; Texas A&M University; and Zoological Society of London.*

*If you see any errors or have any questions or suggestions on what is shown in this document, please provide us with [feedback](#) so that we can correct or extend the information provided.*

## Taxonomy

Kingdom	Phylum	Class	Order	Family
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Caryophyllaceae

**Taxon Name:** *Silene sessionis* Batt.

### Taxonomic Source(s):

Marhold, K. 2011. Caryophyllaceae. In: Euro+Med Plantbase - the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity. Berlin Available at: <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/>.

## Assessment Information

**Red List Category & Criteria:** Endangered D [ver 3.1](#)

**Year Published:** 2019

**Date Assessed:** September 11, 2018

### Justification:

This species is endemic to a very restricted area of coastal sea cliffs on the Yemma Gouraya Massif near the city of Bejaia, Algeria. The species is assessed as Endangered (EN: D) because of its naturally very low population (fewer than 100 mature individuals). At this stage, very few and minor threats are known, such as climbing activities, garbage pollution, invasive species and possible climatic changes in the future. Conservation actions such as awareness-raising would be helpful. Research needs are important because the species is biologically really little known.

## Geographic Range

### Range Description:

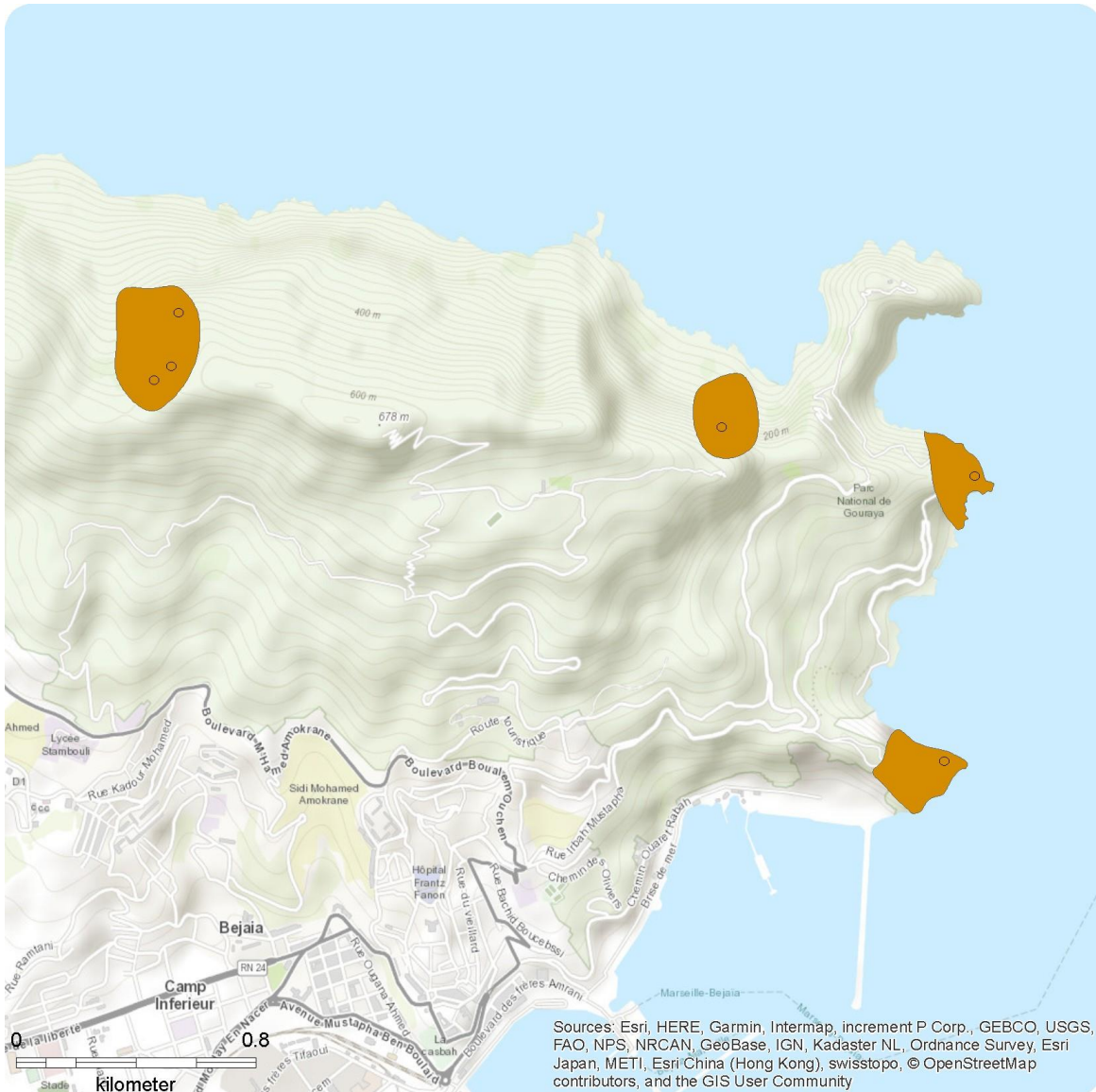
The species is endemic to the calcareous cliffs of the Yemma Gouraya Massif near the city of Bejaia, Algeria. To the historical localities from Cap Bouak to Cap Carbon (Battandier 1915, Quézel and Santa 1962, Maire 1963) we recently added few newly discovered sites near the top of Yemma Gouraya Massif at Yemma Yamna (Mesbah *et al.* 2017).

### Country Occurrence:

**Native:** Algeria

# Distribution Map

*Silene sessionis*



**Range**

- Extant (resident)
- Extant (resident)

Compiled by:  
IUCN



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply any official endorsement, acceptance or opinion by IUCN.



## Population

An exhaustive inventory was carried out in the field from April to November 2017 (Mesbah *et al.* 2017) without climbing on the cliff but using binoculars. 106 individuals were counted in total, including approximately 10-25 non-mature juveniles. Subpopulations cannot be delimited because we do not know the pollinator insects and their flight area. In fact, we do not know if the species is outcrossing at all (even outcrossing is not demonstrated).

**Current Population Trend:** Stable

## Habitat and Ecology (see Appendix for additional information)

This is a long-lived, pluricarpic and chasmophytic perennial plant. We do not know the maximum lifespan of the species, but the oldest specimens are obviously several decades old. It grows exclusively on shaded calcareous cliffs exposed to the north, very occasionally exposed to the morning or evening sun during the summer. The surrounding vegetation is dominated by the Mediterranean sclerophyllous *Olea europaea*, *Ceratonia siliqua*, *Pistacia lentiscus*, etc. But the cliffs themselves are characterised by the presence of diverse rupicolous taxa, most of them also stenoendemic (*Hypochaeris saldensis*, *Bupleurum plantagineum*, *Cheiranthus cheiri* subsp. *inexpectans*, *Sanguisorba ancistroides* var. *battandieri*), and few of them are haloresistant (e.g., *Asteriscus maritimus*) at the Salines and Cap Noir locations.

**Systems:** Terrestrial

## Use and Trade

The species is not known to be used.

## Threats (see Appendix for additional information)

The main emerging threat seems to be the development of climbing activities within the National Park. Nevertheless, at this stage, cliffs hosting endemic and protected plants are avoided. The Cap Bouak locality is polluted by garbage and solid waste thrown from the top of the cliff, because of the presence of an inhabited area. The impacts of ongoing and future climatic change are not known. Nevertheless, the species grows in a naturally buffered environment with a particularly stable microclimate and has probably resisted the last ice age and the Holocene warming.

Forest fires are not currently considered as a threat because: 1) the cliffs are generally not covered by a continuous combustible vegetation, and 2) the few individuals that grow very close to the surrounding combustible vegetation are presumed to be resprouting after fire, as with many chamephytic Mediterranean chasmophytes.

## Conservation Actions (see Appendix for additional information)

The species is legally protected by the Algerian law (Executive Decree, 4 January 2012). All known locations are situated within the central and eastern sectors of the Gouraya National Park (Parc National De Gouraya). No specific conservation actions are in place. *Ex situ* conservation actions are not immediately needed but could be useful in case of a future major threat. Training for technical staff and awareness for climbers are recommended.

The species was assessed in 1997 as 'E' (Endangered) under an earlier version of the IUCN Red List categories and criteria (Walter and Gillett 1998).

## Credits

**Assessor(s):** Mesbah, M., Bekdouche, F., Véla, E. & Sahnoune, M.

**Reviewer(s):** Allen, D.J.

**Contributor(s):** Mahmoudi, S.

## Bibliography

Battandier, J.A. 1914. Note sur quelques plantes récoltées pendant la Session extraordinaire et sur un nouveau genre de Composées du Sahara austro-occidental. *Bulletin de la Société botanique de France* 61: 356-358.

IUCN. 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-3. Available at: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). (Accessed: 10 December 2019).

Maire, R. 1963. *Flore de L'Afrique du Nord, Volume X*. Lechevalier, Paris.

Mesbah, M., Bekdouche, F., Véla, E. and 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: 75-76. Université Mohamed Boudiaf de M'Sila.

Quézel, P. and Santa, S. 1962-1963. *Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales*. CNRS, Paris.

Walter, K.S. and Gillett, H.J. (eds). 1998. *1997 IUCN Red List of Threatened Plants*. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre. IUCN – The World Conservation Union, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

## Citation

Mesbah, M., Bekdouche, F., Véla, E. & Sahnoune, M. 2019. *Silene sessionis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T72458759A72458763. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T72458759A72458763.en>

## Disclaimer

To make use of this information, please check the [Terms of Use](#).

## External Resources

For [Images and External Links to Additional Information](#), please see the [Red List website](#).



## Appendix

### Habitats

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

Habitat	Season	Suitability	Major Importance?
3. Shrubland -> 3.8. Shrubland - Mediterranean-type Shrubby Vegetation	Resident	Marginal	-
0. Root -> 6. Rocky areas (eg. inland cliffs, mountain peaks)	Resident	Suitable	Yes

### Plant Growth Forms

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

Plant Growth Forms
Shrub - small

### Threats

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

Threat	Timing	Scope	Severity	Impact Score
11. Climate change & severe weather -> 11.5. Other impacts	Future	Unknown	Unknown	Unknown
	Stresses:	1. Ecosystem stresses -> 1.2. Ecosystem degradation		
6. Human intrusions & disturbance -> 6.1. Recreational activities	Future	Majority (50-90%)	Slow, significant declines	Low impact: 4
	Stresses:	1. Ecosystem stresses -> 1.2. Ecosystem degradation 2. Species Stresses -> 2.1. Species mortality		
9. Pollution -> 9.4. Garbage & solid waste	Ongoing	Minority (50%)	No decline	Low impact: 4
	Stresses:	1. Ecosystem stresses -> 1.2. Ecosystem degradation 2. Species Stresses -> 2.2. Species disturbance		

### Conservation Actions in Place

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

Conservation Actions in Place
In-Place Research, Monitoring and Planning
Action Recovery plan: No
Systematic monitoring scheme: No
In-Place Land/Water Protection and Management
Conservation sites identified: No

<b>Conservation Actions in Place</b>
Occur in at least one PA: Yes
Percentage of population protected by PAs (0-100): 100
Area based regional management plan: Yes
Invasive species control or prevention: No
<b>In-Place Species Management</b>
Harvest management plan: No
Successfully reintroduced or introduced benignly: No
Subject to ex-situ conservation: No
<b>In-Place Education</b>
Subject to recent education and awareness programmes: No
Included in international legislation: No
Subject to any international management/trade controls: No

## Conservation Actions Needed

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

<b>Conservation Actions Needed</b>
3. Species management -> 3.2. Species recovery
3. Species management -> 3.4. Ex-situ conservation -> 3.4.1. Captive breeding/artificial propagation
3. Species management -> 3.4. Ex-situ conservation -> 3.4.2. Genome resource bank
4. Education & awareness -> 4.2. Training
4. Education & awareness -> 4.3. Awareness & communications

## Research Needed

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

<b>Research Needed</b>
1. Research -> 1.3. Life history & ecology
2. Conservation Planning -> 2.2. Area-based Management Plan
3. Monitoring -> 3.1. Population trends

## Additional Data Fields

<b>Distribution</b>
Estimated area of occupancy (AOO) (km <sup>2</sup> ): 12
Continuing decline in area of occupancy (AOO): No
Extreme fluctuations in area of occupancy (AOO): No
Estimated extent of occurrence (EOO) (km <sup>2</sup> ): 2
Continuing decline in extent of occurrence (EOO): No
Extreme fluctuations in extent of occurrence (EOO): No
Number of Locations: 6
Continuing decline in number of locations: No
Extreme fluctuations in the number of locations: No
Lower elevation limit (m): 34
Upper elevation limit (m): 536
<b>Population</b>
Number of mature individuals: 80-95
Continuing decline of mature individuals: No
Extreme fluctuations: No
Population severely fragmented: No
All individuals in one subpopulation: Yes
<b>Habitats and Ecology</b>
Continuing decline in area, extent and/or quality of habitat: No
Generation Length (years): 25-30

## The IUCN Red List Partnership



The IUCN Red List of Threatened Species™ is produced and managed by the [IUCN Global Species Programme](#), the [IUCN Species Survival Commission \(SSC\)](#) and [The IUCN Red List Partnership](#).

The IUCN Red List Partners are: [Arizona State University](#); [BirdLife International](#); [Botanic Gardens Conservation International](#); [Conservation International](#); [NatureServe](#); [Royal Botanic Gardens, Kew](#); [Sapienza University of Rome](#); [Texas A&M University](#); and [Zoological Society of London](#).

## 1.2. *Silene aristidis*

Assessment by: Mesbah, M., Bekdouche, F., Laidi, K., Sahnoune, M. & Véla, E.



View on [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)

**Citation:** Mesbah, M., Bekdouche, F., Laidi, K., Sahnoune, M. & Véla, E. 2020. *Silene aristidis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T135259613A135259617.

<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T135259613A135259617.en>

**Copyright:** © 2020 International Union for Conservation of Nature and Natural Resources

Reproduction of this publication for educational or other non-commercial purposes is authorized without prior written permission from the copyright holder provided the source is fully acknowledged.

Reproduction of this publication for resale, reposting or other commercial purposes is prohibited without prior written permission from the copyright holder. For further details see [Terms of Use](#).

The IUCN Red List of Threatened Species™ is produced and managed by the IUCN Global Species Programme, the IUCN Species Survival Commission (SSC) and The IUCN Red List Partnership. The IUCN Red List Partners are: [Arizona State University](#); [BirdLife International](#); [Botanic Gardens Conservation International](#); [Conservation International](#); [NatureServe](#); [Royal Botanic Gardens, Kew](#); [Sapienza University of Rome](#); [Texas A&M University](#); and [Zoological Society of London](#).

If you see any errors or have any questions or suggestions on what is shown in this document, please provide us with [feedback](#) so that we can correct or extend the information provided.

## Taxonomy

Kingdom	Phylum	Class	Order	Family
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Caryophyllaceae

**Scientific Name:** *Silene aristidis* Pomel

### Taxonomic Source(s):

Board of Trustees, RBG Kew. 2018. Plants of the World Online Portal. Richmond, UK Available at: <http://www.plantsoftheworldonline.org>.

## Assessment Information

**Red List Category & Criteria:** Vulnerable A3c; B1ab(iii,iv,v)+2ab(iii,iv,v); C2a(i) [ver 3.1](#)

**Year Published:** 2020

**Date Assessed:** March 3, 2020

### Justification:

This species is endemic to the "Kabylies-Numidia-Kroumiria" plant diversity hotspot (Véla and Benhouhou 2007) in northern Algeria. The extent of occurrence (EOO) is estimated at 2,623 km<sup>2</sup> and the area of occupancy (AOO) is 32 km<sup>2</sup>. The species is assessed as Vulnerable (A3c; B1ab(iii,iv,v)+2ab(iii,iv,v); C2a(i)) because of its natural restricted population and the future predicted decline of the population due to the presence of some active threats such as quarries close to the localities of Bouzegza and Ifri N'ziri, and the shotcrete concrete on the cliffs of Ammal gorges and Bin El Ghedrin gorges. An improvement in biological and ecological knowledge both *in situ* and *ex situ* with awareness-raising could be helpful to protect its natural habitat.

## Geographic Range

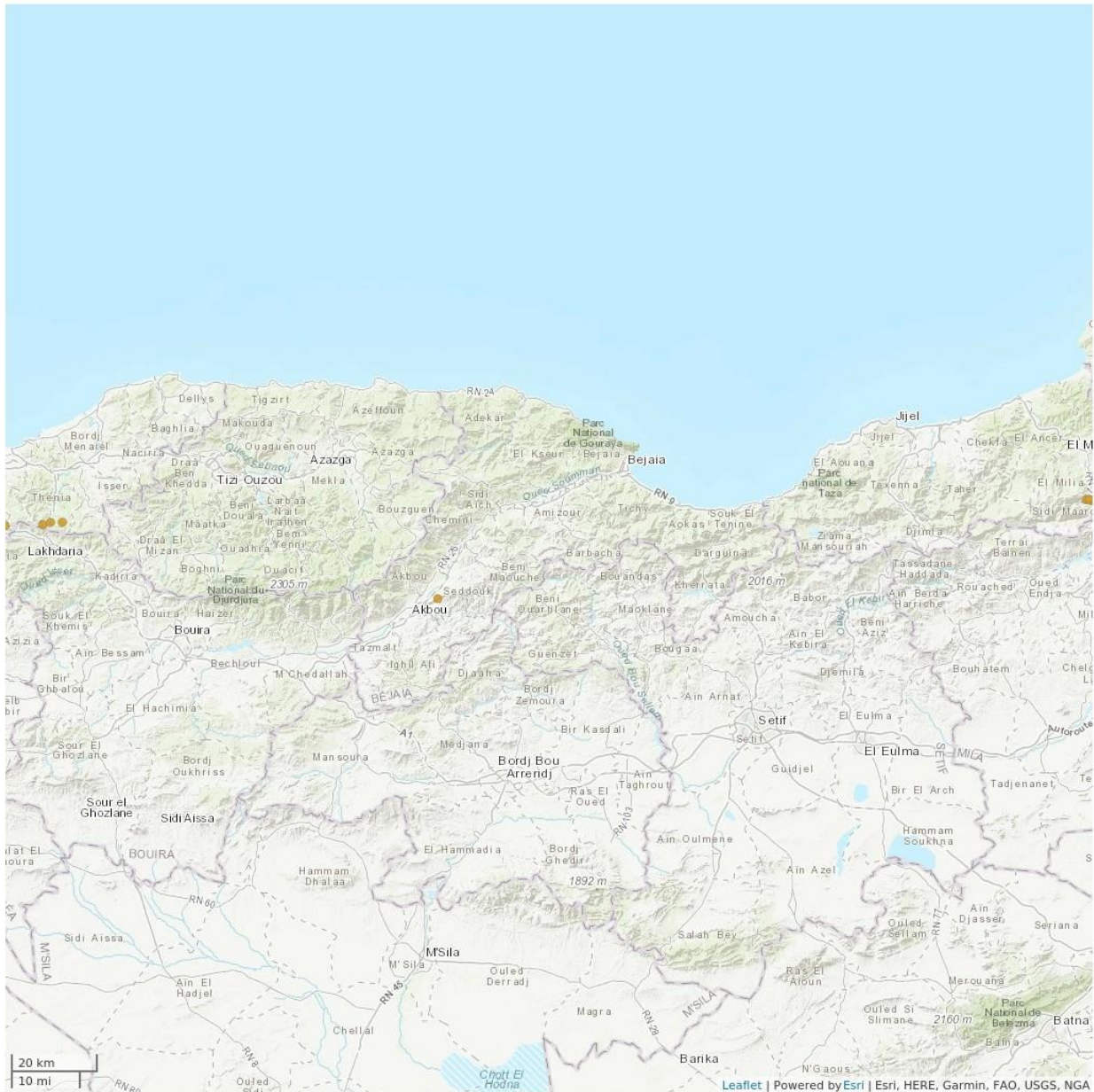
### Range Description:

This species is endemic to calcareous gorges and hill cliffs of northeastern Algeria. The historical localities from the Ammal gorges (Palestro) and the mountain of Bouzegza Kaddara in the province of Boumerdes (Pomel 1874, Battandier and Trabut 1888, Maire 1963, Quézel and Santa 1963) are completed by records from Ifri N'ziri and Azrou Imaziyen. The second historical sub-population of Bin El Gadar in the province of Jijel (Jeanmonod 1982) is completed by the locality of Sasnan and Ouled Yahia Khedrouche. A new subpopulation was recently discovered through further fieldwork in Adrar n'Gueldaman near Akbou, Béjaïa Province (E. Véla and K. Rebbas). Based on currently known localities, the EOO is 2,605 km<sup>2</sup> and the AOO is 32 km<sup>2</sup>.

### Country Occurrence:

**Native, Extant (resident):** Algeria

# Distribution Map



## Legend

■ EXTANT (RESIDENT)

## Compiled by:

SSC Mediterranean Plant SG 2020



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply any official endorsement, acceptance or opinion by IUCN.



## Population

An exhaustive inventory was carried out in the field over two years, commencing in 2017 (February to August), completed during December 2018 to June 2019 and February 2020 without climbing on the cliffs but using binoculars. A total of 1,174 individuals were counted, with approximately 135 non-mature ones. Three subpopulations were delimited because of the long geographic distance (c. 152 km and 89 km in a beeline respectively from the Jijel subpopulation to the Béjaïa subpopulation and the Boumerdes subpopulation calculated using Google Earth Pro).

**Current Population Trend:** Unknown

## Habitat and Ecology (see Appendix for additional information)

This species is found on steep gorge and hill cliffs made of liassic limestone (Jeanmonod 1982) with northeast to northwest or rarely southern orientation. It is a chasmophytic perennial plant. The maximum lifetime of the species is not known, but based on the size of the oldest tufts, it seems that it can survive for several decades. The surrounding vegetation is dominated by Mediterranean species such as *Olea europea* var. *sylvestris*, *Ceratonia siliqua*, *Pistacia lentiscus*...etc. But the cliffs themselves are characterised by various rupicolous taxa, including the endemics *Fumaria mairei* and *Sanguisorba ancistroides* var. *battandieri*.

**Systems:** Terrestrial

## Use and Trade (see Appendix for additional information)

The species is not known to be used.

## Threats (see Appendix for additional information)

The main emerging threat seems to be the growing exploitation of the quarry near of the locality of Bouzegza and Ifri N'ziri and the shotcrete on the cliffs of Ammal and Bin El Ghedrin gorges. The recent emergence of the climbing activities in Ifri N'ziri have not yet affected the population. The localities of Sasnan and Ouled Yahia Khedrouche are accessible by the inhabitants. Their impact is not yet known. The new locality discovered in Adrar n'Gueldaman is completely safe at this time.

## Conservation Actions (see Appendix for additional information)

This species is not protected by any Algerian law and it is not included in any protected area. No specific conservation actions are in place. The species was assessed as "R" (Rare) in 1997 under an earlier version of the IUCN Red List categories and criteria (Walter and Gillett 1998).

The extent of the road protection against the cliffs landslides with the shotcrete must be studied. The trend to create new quarries between the Ammal gorges and Bouzegza could be problematic.

## Credits

**Assessor(s):** Mesbah, M., Bekdouche, F., Laidi, K., Sahnoune, M. & Véla, E.

**Reviewer(s):** Allen, D.J.

**Contributor(s):** Hini, A. & Rebbas, K.



## Bibliography

Battandier, J.A. and Trabut, M. 1888-1890. *Flore de l'Algérie - Ancienne Flore d'Alger Transformée*. A.Jourdan, Alger.

IUCN. 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-2. Available at: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). (Accessed: 13 June 2020).

Jeanmonod, D. 1982. Nouvelle station du *Silene aristidis* Pomel en Algérie. *Candollea* 37: 485-495.

Jeanmonod, D. 1985. Révision de la section *Siphonomorpha* Otth du genre *Silene* L. (Caryophyllaceae) en Méditerranée occidentale. IV: Species caeterae. *Candollea* 40: 28.

Maire, R. 1963. *Flore de L'Afrique du Nord, Volume X*. Lechevalier, Paris.

Pomel, A. 1874. *Nouveaux matériaux pour la flore atlantique*. Savy, Paris, Alger.

Quezel, P. and Santa, S. 1963. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. CNRS, Paris.

Véla, E. and Benhouhou, S. 2007. Evaluation d'un nouveau point-chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du nord). *Comptes Rendus Biologies* 330(8): 589-605.

Walter, K.S. and Gillett, H.J. (eds). 1998. *1997 IUCN Red List of Threatened Plants*. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre. IUCN – The World Conservation Union, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

## Citation

Mesbah, M., Bekdouche, F., Laidi, K., Sahnoune, M. & Véla, E. 2020. *Silene aristidis*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2020: e.T135259613A135259617. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T135259613A135259617.en>

## Disclaimer

To make use of this information, please check the [Terms of Use](#).

## External Resources

For [Supplementary Material](#), and for [Images and External Links to Additional Information](#), please see the Red List website.

## Appendix

### Habitats

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

Habitat	Season	Suitability	Major Importance?
3. Shrubland -> 3.8. Shrubland - Mediterranean-type Shrubby Vegetation	Resident	Marginal	-

### Plant Growth Forms

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

Plant Growth Form
SS. Shrub - small

### Threats

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

Threat	Timing	Scope	Severity	Impact Score
3. Energy production & mining -> 3.2. Mining & quarrying	Ongoing	Majority (50-90%)	Negligible declines	Low impact: 5
	Stresses:	1. Ecosystem stresses -> 1.1. Ecosystem conversion 1. Ecosystem stresses -> 1.2. Ecosystem degradation 2. Species Stresses -> 2.1. Species mortality		
4. Transportation & service corridors -> 4.1. Roads & railroads	Ongoing	Majority (50-90%)	Negligible declines	Low impact: 5
	Stresses:	1. Ecosystem stresses -> 1.1. Ecosystem conversion 1. Ecosystem stresses -> 1.2. Ecosystem degradation 2. Species Stresses -> 2.1. Species mortality		
6. Human intrusions & disturbance -> 6.3. Work & other activities	Ongoing	Minority (50%)	Unknown	Unknown
	Stresses:	1. Ecosystem stresses -> 1.1. Ecosystem conversion 1. Ecosystem stresses -> 1.2. Ecosystem degradation 2. Species Stresses -> 2.1. Species mortality		

### Conservation Actions in Place

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

Conservation Action in Place
In-place research and monitoring
Action Recovery Plan: No
Systematic monitoring scheme: No

<b>Conservation Action in Place</b>
In-place land/water protection
Conservation sites identified: No
Percentage of population protected by PAs: 0
Occurs in at least one protected area: No
Invasive species control or prevention: No
In-place species management
Harvest management plan: No
Successfully reintroduced or introduced benignly: No
Subject to ex-situ conservation: No
In-place education
Subject to recent education and awareness programmes: No
Included in international legislation: No
Subject to any international management / trade controls: No

## Conservation Actions Needed

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

<b>Conservation Action Needed</b>
3. Species management -> 3.2. Species recovery
4. Education & awareness -> 4.3. Awareness & communications
5. Law & policy -> 5.1. Legislation -> 5.1.2. National level

## Research Needed

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

<b>Research Needed</b>
1. Research -> 1.2. Population size, distribution & trends
1. Research -> 1.3. Life history & ecology
1. Research -> 1.5. Threats
2. Conservation Planning -> 2.2. Area-based Management Plan

## Additional Data Fields

<b>Distribution</b>
Estimated area of occupancy (AOO) (km <sup>2</sup> ): 32
Continuing decline in area of occupancy (AOO): No
Extreme fluctuations in area of occupancy (AOO): No
Estimated extent of occurrence (EOO) (km <sup>2</sup> ): 2605
Continuing decline in extent of occurrence (EOO): No
Extreme fluctuations in extent of occurrence (EOO): No
Number of Locations: 8
Continuing decline in number of locations: Yes
Extreme fluctuations in the number of locations: No
Lower elevation limit (m): 185
Upper elevation limit (m): 640
<b>Population</b>
Number of mature individuals: 1,022
Continuing decline of mature individuals: Yes
Extreme fluctuations: No
Population severely fragmented: No
No. of subpopulations: 2
Continuing decline in subpopulations: No
Extreme fluctuations in subpopulations: No
All individuals in one subpopulation: No
No. of individuals in largest subpopulation: 875
<b>Habitats and Ecology</b>
Continuing decline in area, extent and/or quality of habitat: Yes
Generation Length (years): 35-50

## The IUCN Red List Partnership

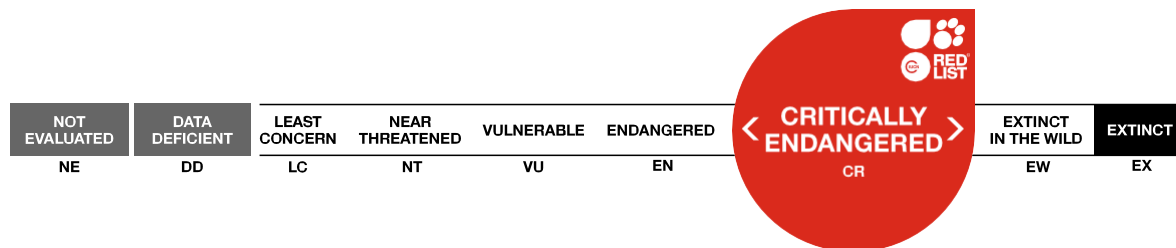


The IUCN Red List of Threatened Species™ is produced and managed by the [IUCN Global Species Programme](#), the [IUCN Species Survival Commission \(SSC\)](#) and [The IUCN Red List Partnership](#).

The IUCN Red List Partners are: [Arizona State University](#); [BirdLife International](#); [Botanic Gardens Conservation International](#); [Conservation International](#); [NatureServe](#); [Royal Botanic Gardens, Kew](#); [Sapienza University of Rome](#); [Texas A&M University](#); and [Zoological Society of London](#).

### 1.3. *Silene auriculifolia*

Assessment by: Mesbah, M., Bekdouche, F., Laidi, K., Sahnoune, M. & Véla, E.



View on [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)

**Citation:** Mesbah, M., Bekdouche, F., Laidi, K., Sahnoune, M. & Véla, E. 2020. *Silene auriculifolia*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2020: e.T156127607A156127637. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T156127607A156127637.en>

**Copyright:** © 2020 International Union for Conservation of Nature and Natural Resources

Reproduction of this publication for educational or other non-commercial purposes is authorized without prior written permission from the copyright holder provided the source is fully acknowledged.

Reproduction of this publication for resale, reposting or other commercial purposes is prohibited without prior written permission from the copyright holder. For further details see [Terms of Use](#).

The IUCN Red List of Threatened Species™ is produced and managed by the IUCN Global Species Programme, the IUCN Species Survival Commission (SSC) and The IUCN Red List Partnership. The IUCN Red List Partners are: [Arizona State University](#); [BirdLife International](#); [Botanic Gardens Conservation International](#); [Conservation International](#); [NatureServe](#); [Royal Botanic Gardens, Kew](#); [Sapienza University of Rome](#); [Texas A&M University](#); and [Zoological Society of London](#).

If you see any errors or have any questions or suggestions on what is shown in this document, please provide us with [feedback](#) so that we can correct or extend the information provided.

## Taxonomy

Kingdom	Phylum	Class	Order	Family
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Caryophyllaceae

**Scientific Name:** *Silene auriculifolia* Pomel

### Synonym(s):

- *Silene mollissima* (L.) Pers. subsp. *auriculifolia* (Pomel) Maire

### Taxonomic Source(s):

Board of Trustees, RBG Kew. 2019. Plants of the World Online Portal. Richmond, UK Available at: <http://www.plantsoftheworldonline.org>.

### Taxonomic Notes:

This species has been recorded from Málaga in southern Spain. According to Jeamonond (1984) the identification of the herbarium specimens was problematic; he supposed that it could to be a hybrid specimen (*Silene tomentosa* x *Silene andryalifolia*) or another morphotype of *Silene andryalifolia* or *Silene auriculifolia* or some other taxon. For this reason we consider *Silene auriculifolia* to be endemic to Algeria pending confirmation of the identity of the record from southern Spain.

## Assessment Information

**Red List Category & Criteria:** Critically Endangered B1ab(iv,v)+2ab(iv,v); C2a(i,ii); D [ver 3.1](#)

**Year Published:** 2020

**Date Assessed:** December 29, 2019

### Justification:

This species is endemic to a very restricted area of the coastal subaritime cliffs from Djebel Murdjadjou to Djebel Santa Cruz massif close to the city of Oran, Algeria, and from another locality (Djebel Krichtel) now presumed extinct.

The species is classified as Critically Endangered (CR: B1ab(iv,v)+2ab(iv,v); C2a(i,ii); D) because of its very low population (less than 50 mature individuals) that is presumed to be still declining. At this stage, very few and minor threats are known, such as the easy accessibility of the site and its difficulty to regenerate. The principal cause of the population decline stays problematic. There is an urgent need for monitoring and conservation of the remaining individuals, including *ex situ* seed banking.

## Geographic Range

### Range Description:

This species is endemic to the littoral cliffs of Djebel Murdjadjou, a massif close to the city of Oran in northwestern Algeria.

The historical data (Pomel 1874, Battandier and Trabut 1888, Maire 1963, Quézel and Santa 1963) displayed its rarity in its natural area, but also it was largely distributed from Djebel Murdjadjou to the nearby Djebel Santa Cruz massif (Jeanmonod 1984). A further locality was reported at Djebel Krichtel near Oran (Daumas *et al.* 1952); the species was seen there again by Jeanmonod in 1984 but it was not found during the recent fieldwork that informed this present assessment. Currently, the littoral cliffs of Djebel Krichtel are being transformed into a water games park.

The species was recorded from Málaga in southern Spain in 1904 (Castroviejo 1990). However, the identity of that record requires confirmation and the species is here considered to be endemic to Algeria.

**Country Occurrence:**

**Native, Extant (resident):** Algeria



# Distribution Map

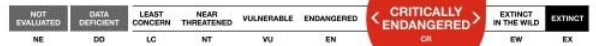


## Legend

■ EXTANT (RESIDENT)

## Compiled by:

SSC Mediterranean Plant SG 2020



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply any official endorsement, acceptance or opinion by IUCN.



## Population

Prospecting trips organised to search for this species were carried out during the spring period (March to July) from 2017 to 2019. The first two individuals were observed on April 20<sup>th</sup>, 2019 while climbing Djebel Murdjadjou. The other individuals were observed on the same massif on June 30<sup>th</sup>, 2019 using binoculars. Six individuals were counted in total. No juvenile individuals were observed.

**Current Population Trend:** Unknown

## Habitat and Ecology (see Appendix for additional information)

This species grows between hollows of rocks on the calcareous cliffs with northeast orientation. The maximum lifetime of this species is not known, but the remaining tufts seem to be over than several decades old. The surrounding vegetation is dominated by *Pinus halepensis*, *Chamaerops humilis*, *Daphne gnidium*... etc, but the cliffs themselves are characterised by various rupicolous taxa (*Campanula mollis*, *Silene pseudoatocion*, *Caralluma munbyana*).

**Systems:** Terrestrial

## Use and Trade (see Appendix for additional information)

This species is not known to be used

## Threats (see Appendix for additional information)

The presence of this species in a touristic area represents the major threat observed so far.

There is also the potential that the species may face reproductive difficulties, which could lead to its disappearance in the next few decades. Therefore, there is an urgent need for monitoring and conservation of the remaining individuals and *in situ* reinforcement.

## Conservation Actions (see Appendix for additional information)

This species is not protected by any Algerian law and it is not included in any protected area. No specific conservation actions are in place. The species has not previously been assessed for the IUCN Red List. *In situ* conservation is urgently required because of its poor reproduction. This situation can make a future threat, so *ex situ* seed banking is needed too for a potential reintroduction.

## Credits

**Assessor(s):** Mesbah, M., Bekdouche, F., Laidj, K., Sahnoune, M. & Véla, E.

**Reviewer(s):** Allen, D.J.

## Bibliography

Battandier, J.A. and Trabut, M. 1888-1890. *Flore de l'Algérie - Ancienne Flore d'Alger Transformée*. A. Jourdan, Alger.

Castroviejo, S, Laínz, M., López González, G., Montserrat, P., Muñz Garmendia, F., Paiva, J. and Villar, L (eds). 1990. *Flora Iberica: Plantas Vasculares de La Peninsula Iberica E Islas Baleares. Vol. II*. pp. 897. Real Botanic Garden, CSIC, Madrid.

Daumas, P., Quézel, P. and Santa, S. 1952. Contribution à l'étude des groupements végétaux rupicoles d'Oranie. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord* 43: 186-202.

IUCN. 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-2. Available at: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). (Accessed: 13 June 2020).

Jeanmonod, D. 1984. Révision de la section Siphonomorphae Otth. Du genre *Silene* L. (Caryophyllaceae) en Méditerranée occidentale. 2. Le groupe de *Silene mollissima*. *Candollea* 39(1): 195-259.

Maire, R. 1963. *Flore de L'Afrique du Nord, Volume X*. Lechevalier, Paris.

Pomel, A. 1874. *Nouveaux matériaux pour la flore atlantique*. Savy, Paris, Alger.

Quezel, P. and Santa, S. 1962-1963. *Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales*. CNRS, Paris.

## Citation

Mesbah, M., Bekdouche, F., Laidi, K., Sahnoune, M. & Véla, E. 2020. *Silene auriculifolia*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2020: e.T156127607A156127637. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T156127607A156127637.en>

## Disclaimer

To make use of this information, please check the [Terms of Use](#).

## External Resources

For [Supplementary Material](#), and for [Images and External Links to Additional Information](#), please see the Red List website.

## Appendix

### Plant Growth Forms

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

<b>Plant Growth Form</b>
SS. Shrub - small

### Threats

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

Threat	Timing	Scope	Severity	Impact Score
6. Human intrusions & disturbance -> 6.1. Recreational activities	Ongoing	Unknown	Unknown	Unknown
	Stresses:	1. Ecosystem stresses -> 1.2. Ecosystem degradation		
12. Other options -> 12.1. Other threat	Future	Unknown	Unknown	Unknown
	Stresses:	2. Species Stresses -> 2.3. Indirect species effects		

### Conservation Actions in Place

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

<b>Conservation Action in Place</b>
In-place research and monitoring
Action Recovery Plan: No
In-place land/water protection
Conservation sites identified: No
Percentage of population protected by PAs: 0
Invasive species control or prevention: No
In-place species management
Harvest management plan: No
Successfully reintroduced or introduced benignly: No
In-place education
Subject to recent education and awareness programmes: No
Included in international legislation: No

### Conservation Actions Needed

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

<b>Conservation Action Needed</b>
3. Species management -> 3.2. Species recovery
3. Species management -> 3.4. Ex-situ conservation -> 3.4.1. Captive breeding/artificial propagation
3. Species management -> 3.4. Ex-situ conservation -> 3.4.2. Genome resource bank
4. Education & awareness -> 4.3. Awareness & communications
5. Law & policy -> 5.1. Legislation -> 5.1.2. National level

## Research Needed

(<http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes>)

<b>Research Needed</b>
1. Research -> 1.3. Life history & ecology
1. Research -> 1.5. Threats
1. Research -> 1.6. Actions
2. Conservation Planning -> 2.1. Species Action/Recovery Plan
2. Conservation Planning -> 2.2. Area-based Management Plan
3. Monitoring -> 3.1. Population trends
3. Monitoring -> 3.4. Habitat trends

## Additional Data Fields

<b>Distribution</b>
Estimated area of occupancy (AOO) (km <sup>2</sup> ): 4
Continuing decline in area of occupancy (AOO): Unknown
Extreme fluctuations in area of occupancy (AOO): No
Estimated extent of occurrence (EOO) (km <sup>2</sup> ): 0
Continuing decline in extent of occurrence (EOO): Unknown
Extreme fluctuations in extent of occurrence (EOO): No
Number of Locations: 1
Continuing decline in number of locations: Yes
Extreme fluctuations in the number of locations: No
Lower elevation limit (m): 410
Upper elevation limit (m): 420

<b>Population</b>
Number of mature individuals: 6
Continuing decline of mature individuals: Yes
Extreme fluctuations: No
Population severely fragmented: No
No. of subpopulations: 1
Continuing decline in subpopulations: No
Extreme fluctuations in subpopulations: No
All individuals in one subpopulation: Yes
No. of individuals in largest subpopulation: 6
<b>Habitats and Ecology</b>
Continuing decline in area, extent and/or quality of habitat: No
Generation Length (years): 30-40

## The IUCN Red List Partnership



The IUCN Red List of Threatened Species™ is produced and managed by the [IUCN Global Species Programme](#), the [IUCN Species Survival Commission \(SSC\)](#) and [The IUCN Red List Partnership](#).

The IUCN Red List Partners are: [Arizona State University](#); [BirdLife International](#); [Botanic Gardens Conservation International](#); [Conservation International](#); [NatureServe](#); [Royal Botanic Gardens, Kew](#); [Sapienza University of Rome](#); [Texas A&M University](#); and [Zoological Society of London](#).

***Chapitre 2 :***

***Enjeux de  
conservation***



# Enjeux de conservation des endémiques chasmophytes de basse altitude en Méditerranée : cas du genre *Silene* section *Siphonomorpha* (Caryophyllaceae) en Algérie

## Conservation issues of the endemic chasmophytic species of low altitude in the Mediterranean: case of the genus *Silene* section *Siphonomorpha* (Caryophyllaceae) in Algeria

Manuscrit reçu le 30 novembre 2020 et accepté le 17 mars 2021

Melilia MESBAH<sup>\*1</sup>, Farid BEKDOUCHE<sup>1,2</sup>, Keyssa LAIDI<sup>3</sup>, Errol VÉLA<sup>4</sup> et Mohamed SAHNOUNE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Ecologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, 06000 Bejaia, Algérie.

<sup>2</sup> Département d'Ecologie et Environnement, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Batna II. 5000 Batna, Algérie.

<sup>3</sup> Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 15000 Tizi Ouzou, Algérie.

<sup>4</sup> AMAP, Université de Montpellier / CIRAD / CNRS / INRA / IRD, CIRAD TA/A51 - PS2. 34398 Montpellier cedex 5, France.

### Résumé

Les falaises calcaires méditerranéennes de basse altitude sont connues pour leur diversité et leur richesse exceptionnelles en endémiques, souvent insuffisamment évaluées en Algérie. Cette étude est une analyse et une synthèse des évaluations UICN individuelles de trois endémiques chasmophytes algériennes, *Silene sessionis*, *S. aristidis* et *S. auriculifolia*. L'objectif est de comprendre les diverses menaces qui s'exercent sur ce type d'habitat et les enjeux de conservation que représentent les espèces qui l'habitent. L'évaluation de celles-ci a été réalisée dans cinq zones littorales ou sublittorales du pays. Leurs statuts de conservation ont été établis selon les recommandations de l'UICN et validés par le processus officiel de Liste Rouge. De nouveaux sites ont été découverts pour *S. sessionis* et *S. aristidis* avec respectivement 23/103 et 152/1174 individus jeunes/total, une zone d'occurrence (EOO) de 2 et 2623 km<sup>2</sup> et une zone d'occupation (AOO) de 12 et 32 km<sup>2</sup>. Les menaces identifiées sont les carrières, l'escalade sportive et le béton projeté. Un seul site a été retrouvé pour *S. auriculifolia* (absent dans trois autres sites historiques), avec seulement six individus, tous sénescents, une EOO et une AOO de seulement 0 et 4 km respectivement. Les menaces y sont mal identifiées. Les nouveaux statuts retenus pour les trois espèces sont, respectivement, « En Danger d'Extinction »,

---

\* Auteur pour correspondance : [melilia.mesbah@gmail.com](mailto:melilia.mesbah@gmail.com)

« Vulnérable » et « En Danger Critique d'Extinction ». Des mesures de conservation *in situ* sont très recommandées concernant *S. sessionis* et *S. aristidis*, et une conservation *ex situ* de *S. auriculifolia* apparaît urgente. L'enjeu patrimonial de ces falaises en Algérie, souvent situées à proximité de villes et/ou d'infrastructures de transport, mérite un renfort des mesures réglementaires (protection légale des espèces, interdiction de techniques d'aménagement) et des mesures de prévention (études d'impact avant projet).

Mots clés : Evaluation UICN, falaises calcaires, menaces, *Silene sessionis*, *Silene aristidis*, *Silene auriculifolia*.

## Abstract

The Mediterranean low-altitude limestone cliffs are known for their exceptional diversity and richness in endemics, often insufficiently assessed in Algeria. The present study is an analysis and a synthesis of individual IUCN assessments of three endemic Algerian chasmophytic species, *Silene sessionis*, *S. aristidis* and *S. auriculifolia*. The aim is to understand the various threats to this kind of habitat and the conservation issues of the species that grow on it. These assessments were carried out in five littoral or sublittoral areas in the north of the country. Their conservation status was established according to the IUCN recommendations and approved by the official Red List process. New sites were discovered for *S. sessionis* and *S. aristidis* with, respectively, 23/103 and 152/1174 young/total individuals, an extent of occurrence (EOO) / area of occupancy (AOO) of 2/12 and 2.6/32 km<sup>2</sup>. The identified threats are quarries, sport climbing and shotcrete. A single site was found for *S. auriculifolia* (absent in three other historical sites) with only six individuals, all senescent and sterile, an EOO and an AOO of only 0 and 4 km respectively. Threats are poorly identified. The new adopted statuses for the three species are, respectively, "Endangered", "Vulnerable" and "Critically Endangered". In situ conservation measures are highly recommended for *S. sessionis* and *S. aristidis*; ex situ conservation of *S. auriculifolia* appears urgent. The heritage issues of these cliffs in Algeria, often located close to cities and/or transport infrastructures, deserve a reinforcement of regulatory measures (legal protection of species, ban of some development technologies) and preventive measures (pre-project impact assessments).

Keywords: IUCN assessment, limestone cliffs, threats, *Silene sessionis*, *Silene aristidis*, *Silene auriculifolia*..

## 1. Introduction

Les falaises côtières et continentales abritent beaucoup d'espèces et populations reliques qui sont un patrimoine rare et endémique, tant dans la région méditerranéenne (Davis, 1951 ; Médail et Diadema, 2006) que dans le monde entier (Larson *et al.*, 2000). Celles-ci sont considérées comme des zones climatiques de refuge lors des périodes glaciaires du Paléocène (Quézel, 1985 ; Médail et Myers, 2004 ; Dubrowski, 2011 ; Bonanno, 2013). Une telle flore endémique est parfois restreinte à un seul site (*site-restricted endemic*, SRE) ou plus largement à un territoire biogéographique limité (*restricted range endemic*, RRE), selon la classification de Radford *et al.* (2011). Qu'il s'agisse d'espèces RRE ou SRE, les plantes rupicoles

(« chasmophytes » *sensu* Davis 1951) constituent une part non négligeable de ces endémiques restreintes (Bacchetta *et al.*, 2007 ; Panitsa et Kontopanou, 2017).

Des endémiques restreintes peuvent être classées à priori en deux catégories principales et opposées, les paléo-endémiques d'une part et les néo-endémiques (dont les schizo-endémiques) d'autre part (Verlaque *et al.*, 1997). Le concept de paléo-endémisme fait référence à une origine lointaine, une longue régression et/ou une longue évolution différenciée avant d'aboutir au taxon actuel, comme *Arenaria provincialis* Chater et G.Hallyday, une endémique RRE des éboulis et des lapiaz proches de la mer (Youssef *et al.*, 2011) ou divers *Sonchus* de la section *Pustulati*, endémiques RRE ou SRE de falaises sublittorales exposées au nord (Silva *et al.*, 2015). Le concept de néo-endémique, quant à lui, fait référence à une fragmentation d'aire de distribution, avec spéciation écologique à la marge, souvent dans des délais bien plus courts, comme *Centaurea corymbosa* Pourr. (Fréville *et al.*, 1998) et *Bupleurum plantagineum* Desf. (Neves et Watson, 2004 ; Saadi et Benali, 2015 ; Akroune et Bourkeb, 2016), deux endémiques SRE des falaises méditerranéennes exposées au nord. Ces deux espèces ont en commun une faible capacité à la compétition et une grande spécialisation de leurs habitats (Lavergne *et al.*, 2004 ; Imbert *et al.*, 2012).

Par ailleurs, le rôle crucial de la topographie dans ces systèmes de falaises, particulièrement en exposition nord (Dobrowski, 2010) et/ou en situation sublittorale, suggère l'existence de microclimats particulièrement stables dans le temps et l'existence de micro-refuges ayant pu permettre la persistance des espèces à moyen ou long terme, c'est à dire depuis le dernier cycle glaciaire, voire les précédents. Garcia *et al.* (2020) suggèrent « une association entre les habitats des reliques, des endémiques et des espèces à leur limite de distribution, et cela dû à un effet stabilisateur des habitats rocheux sur les températures extrêmes ». Ces mêmes auteurs (Garcia *et al.*, 2020) concluent, sur le fait, que « compte tenu du rôle important des habitats rocheux en tant que points chauds de plantes singulières et uniques, leur caractérisation semble une première étape sensée pour identifier les refuges potentiels dans le contexte du changement climatique ». En effet, plusieurs de ces espèces endémiques restreintes (notamment les SRE) ont été considérées, sur les grandes îles de Méditerranée, parmi les espèces les plus en danger, avec des besoins urgents de conservation (Montmollin et Strahm, 2005). L'évaluation de l'état de la biodiversité est un facteur déterminant des priorités de conservation (Bacchetta, 2012). Des listes d'espèces végétales menacées sont fréquemment établies sur la base d'index d'espèces endémiques, rarement générées dans des études antérieures, et en considérant des cas d'espèces en déclin en raison de leur exploitation ou de la destruction de leurs habitats (Garcia *et al.*, 2002).

En Algérie, 39 zones importantes pour les plantes (ZIP) ont été sélectionnées (Yahi *et al.*, 2012 ; Benhouhou *et al.*, 2018). Elles regroupent les habitats les plus riches en endémiques, principalement les montagnes, les îles, les roches sédimentaires calcaires ou dolomitiques et les dunes côtières (Véla et Benhouhou, 2007). Toutefois, l'évaluation des espèces de ces ZIPs repose toujours sur les flores anciennes de Quézel et Santa (1962-1963) ou celle de Maire (1957-1987) datant de la première moitié du siècle mais éditée entre 1952 et 1987. Sur la base de ces flores, les taxa endémiques et rares ont été intégrés dans la liste rouge de l'UICN en 1997

(Walter et Gillett, 1998). Aucune donnée quantitative ancienne n'a été enregistrée sur cette diversité exceptionnelle. De nombreux travaux partiels, consistant en de simples inventaires floristiques, soulignent le manque d'exploration des données de terrain (Boulemtafes *et al.*, 2018 ; Khennouf *et al.*, 2018 ; Mansouri *et al.*, 2018). Ce manque de données quantitatives ou biogéographiques récentes sur la diversité floristique en Afrique du Nord illustre clairement les difficultés à estimer l'état de la biodiversité, sa phylogéographie et sa biogéographie (Médail et Diadema, 2009).

Ces dernières années, l'actualisation in situ des connaissances biogéographiques des espèces endémiques en Algérie, permettant de réviser leurs statuts de conservation et leurs évaluations selon les critères de l'UICN, a été entamée par Véla *et al.* (2019) et Mesbah *et al.* (2019, 2020a, 2020b).

Avec 70 taxa (Dobignard et Chatelain, 2011) dont 25 endémiques, et 15 rares, le genre *Silene* est celui qui présente la plus forte valeur patrimoniale dans la flore algérienne (Quézel, 1957). Quatre espèces viennent d'être évaluées selon la démarche recommandée par l'UICN (2001) : *Silene sessionis* Batt. (Mesbah *et al.*, 2019). *Silene aristidis* Pomel (Mesbah *et al.*, 2020a), *Silene auriculifolia* Pomel (Mesbah *et al.*, 2020b) et *Silene rosulata* Soy.-Will. et Gordr. Subsp. *rosulata* (unpubl. res.). Au regard des chiffres avancés, le genre *Silene* est désormais le mieux évalué à l'échelle nationale concernant les plantes rupicoles et/ou chasmophytes. C'est pourquoi nous proposons d'utiliser les données récentes produites pour évaluer la vulnérabilité réelle de ces trois espèces. En effet, la connaissance de la répartition de ces espèces était très approximative et ce en raison des données chorologiques anciennes qui étaient peu exploitables. Par conséquent, bien que nous puissions avoir une idée sur leur degré de rareté, nous ne pouvions pas tirer de conclusions sur leurs répartitions réelles.

Dans ce présent travail, nous allons préciser :

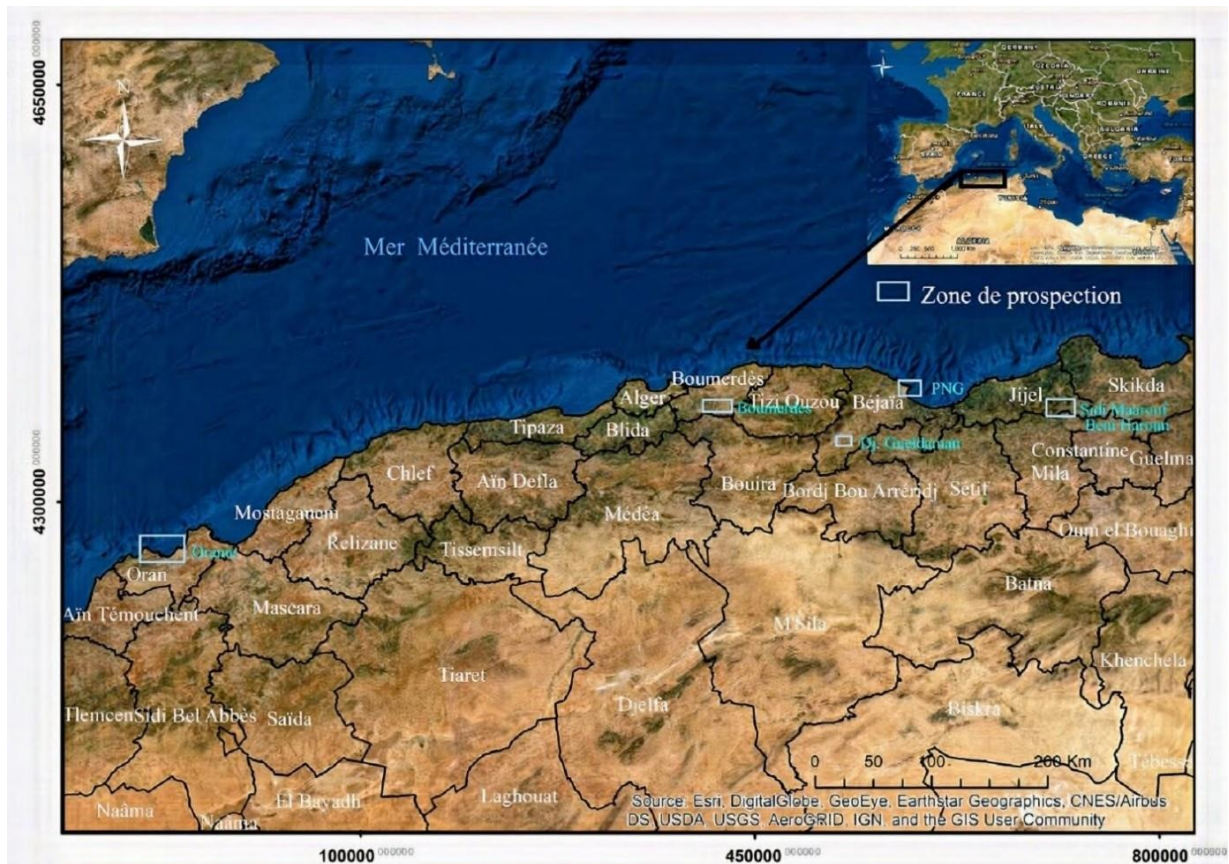
- (i) analyser la répartition de trois des quatre espèces mentionnées ci-dessus en examinant les zones connues (données anciennes), en confirmant les populations actuelles (nouvelles prospections), en notant éventuellement de nouvelles stations et en documentant les extensions ou extinctions locales ;
- (ii) utiliser les données précises sur la taille des populations pour décrire les structures des populations afin de détecter d'éventuelles répartitions déséquilibrées des stades de vie ;
- (iii) synthétiser les principales menaces avérées ou potentielles et les possibilités et contraintes pour tenter de les juguler afin de conserver durablement les chasmophytes en général ainsi que leur habitat.

## 2. Matériel et méthodes

### Zone d'étude

L'étude a été menée au niveau de deux sites littoraux et trois sites continentaux situés au nord de l'Algérie (Fig.1). Quelques stations ont été ciblées en suivant la distribution ancienne citée dans la bibliographie ou dans les parts d'herbiers. D'autres stations ont été visitées en raison de leur potentiel écologique (falaises calcaires abruptes sur différentes expositions) (Tab. 1). Faute

de données climatologiques spécifiques aux sites étudiés, nous avons eu recours à la méthode des extrapolations (Seltzer et Auberty, 1946) pour déterminer le type de climat de chacun des sites.



**Figure 1 :** Situation géographique des zones de prospection.

#### Le Parc National du Gouraya (PNG)

Cette zone d'étude englobe toutes les falaises maritimes accessibles du Parc National de Gouraya en allant du Cap Bouak à l'Est jusqu'à M'cid El Bab à l'Ouest. Cette partie du domaine tellien est d'origine jurassique et est essentiellement constituée de formations calcaires et dolomitiques (Hallal *et al.*, 2018) avec une altitude qui varie du niveau de la mer jusqu'au pic de Yemma Gouraya (660 m d'altitude). Elle appartient au secteur biogéographique de la petite Kabylie ("K2" *sensu* Quézel et Santa 1962-1963). Elle se caractérise par un bioclimat subhumide à hiver chaud dans sa partie basse, et humide à hiver tempéré pour les hauteurs de YemmaYamna et du Mont Gouraya.

#### Les falaises de l'Oranie

C'est une zone littorale de l'Ouest algérien sur les hauteurs d'El Marsa El Kebir. Les falaises prospectées se situent sur le long du Mont Murdjadjo depuis le fort de Santa Cruz jusqu'aux dernières falaises du mont à 350 m et 510 m d'altitude respectivement. À l'Est du Djebel Murdjadjo et à 11 km de la ville d'Oran, les formations rocheuses du parcours routier suivant

la piste côtière qui mène de la montagne des lions jusqu'à la ville de Gdyl en passant par Kristel ont été sillonnées. Cette station appartient au secteur biogéographique des collines et du littoral oranais ("O1" *sensu* Quézel et Santa 1962-1963) caractérisé par un étage bioclimatique semi-aride à hiver chaud.

#### Les falaises de la région de Boumerdès

La prospection a été effectuée sur tous les affleurements rocheux de la chaîne calcaire d'origine liasique et jurassique qui lie le Djebel Bouzegza (Keddara) aux Gorges d'Ammal (anciennement appelées les Gorges de Palestro). Ces falaises sont situées près de la route nationale numéro 5 entre les frontières de la wilaya de Bouira et de Boumerdès en passant par Ighil Waswane, Djerrah et Hini. Ces falaises ont été suivies également sur la rive est de Oued Isser jusqu'à Azrou Imaaziyen aux environs de Tala Madi. Ce territoire du secteur biogéographique des collines et du littoral algérois ("A2" *sensu* Quézel et Santa 1962-1963) présente une variation altitudinale allant de 185 m aux Gorges de Ammal jusqu'au Sommet de Djebel Bouzegza à 1030 m d'altitude. Les Gorges d'Ammal jouissent d'un bioclimat subhumide à hiver chaud, alors que les stations d'Ifri N Ziri, Djebel Bouzegza et Azrou Imaaziyen se situent dans le bioclimat subhumide à hiver tempéré en raison de leur altitude plus élevée.

#### Les falaises de Sidi Maarouf et de Beni Haroun

Elles sont situées à 50 km au sud-est de la ville de Jijel vers les frontières avec la wilaya de Mila. Nous les avons parcourues le long de l'Oued El Kebir en passant par les falaises des Hammamet et puis les Gorges de Bin El Ghedrin jusqu'aux Gorges de Beni Haroun qui sont considérées comme les dernières falaises de ce Massif avec une altitude maximale de 360 m. Sur le versant ouest de l'oued, nous avons traversé le monticule rocheux de Ouled Yehya Khedrouche (appelé localement Djebel Zoulem) jusqu'au Mont de Sasnan (respectivement de 280 et 360 m d'altitude). Une autre formation rocheuse très accidentée sur les hauteurs de Djebel Mantaya à 1190 m d'altitude a été également visitée. La zone parcourue est située dans le secteur biogéographique des collines du Tell constantinois ("C1" *sensu* Quézel et Santa 1962-1963). Les stations de la localité d'El Milia à Jijel se caractérisent par un bioclimat subhumide tempéré pour Bin El Ghedrin, Ouled Yahia Khedrouche, Beni Haroun et un bioclimat humide tempéré pour Sasnan et Ouled Rabah.

#### Djebel Gueldaman

C'est un massif calcaire d'origine liasique du jurassique inférieur du secteur biogéographique des collines du Tell constantinois (C1). Situé à l'est de Béjaïa, il est considéré comme étant la limite occidentale de la chaîne tellienne des Babors. Il est délimité par Oued Soummam sur son versant nord-ouest face à la ville d'Akbou, il est moins accentué que le versant sud. Les altitudes de la ligne de crête sont comprises entre 556 m et 974 m. Sur le versant sud-est se localise la grotte de Gueldaman d'Akbou (Chaïd-Saoudi, 1987 ; Kherbouche, 2015). Ce massif est soumis à un bioclimat semi-aride à hiver tempéré.

**Tableau 1** : Liste des localités prospectées. SB: Secteur biogéographique.

Localité	SB	Coordonnées	Altitude (m)	Bibliographie
Gorges de Ammal	A1	36.611068°N, 3.582852°E	185	(Pomel, 1875)
Ifri N Ziri	A1	36.6060025°N, 3.5628702°E	600	Présent travail
Djebel Bouzegza	A1	36.605361°N, 3.472250°E	675	(Pomel, 1875)
Gueldaman	C1	36.447866°N, 4.574666°E	500	(Véla, Véla-Ouzani et Rebbas, in prep.)
Azrou Imaaziyen	A1	36.611267°N, 3.613318°E	545	Présent travail
Bin El Ghedrin	K2	36.65582°N, 6.2779670°E	200	(Julien, inédit*) (Jeanmonod, 1982)
Ouled Yahia Khedrouche	K2	36.658538°N, 6.269895°E	280	Présent travail
Sasnan	K2	36.657993°N, 6.262043°E	360	Présent travail
Cap Bouak	K2	36.7602786807°N, 5.10538°E	34	(Battandier, 1914)
Cap Noir	K2	36.7692984°N, 5.106657°E	85	(Battandier, 1914)
Falaise des Salines	K2	36.77134102°N, 5.09382°E	252	Présent travail
Yemma Yamna	K2	36.7744468°N, 5.072992°E	501-534	Présent travail
Djebel Murdjadjo	O1	35.708989°N, 0.671980°E	410	(Debeaux & Dautez, 1889)
Kristel	O1	35.832099°N, 0.472377°W	60	(Daumas et al. 1952)
Djebel Santa Cruz	O1	35.709143 °N, 0.666019°W	280	(Pomel, 1875)
Montagne des Lions	O1	35.768720 °N, 0.501804°W	545	Présent travail

## Prospection et dénombrement

L'exploration des différents sites a eu lieu sur une durée de trois ans (2017-2019). Un échantillonnage ciblé a été effectué sur la base des données bibliographiques et des collections d'herbiers anciens. Cette première orientation des sites potentiels a été complétée par un échantillonnage aléatoire stratifié où d'autres falaises calcaires des régions considérées ont été échantillonnées. Plusieurs sorties de prospection ont été effectuées, du mois de mars au mois de novembre de chaque année, sur des parcours accessibles et à l'aide de jumelles dans les endroits les plus escarpés. Le comptage des individus jeunes et des individus matures est l'opération la plus critique par crainte de confusion entre les catégories d'âge et par le fait que, quelle que soit la précision du comptage, une marge d'erreur est toujours possible. Nous avons considéré comme individus matures toutes les touffes composées de deux ou plusieurs rosettes basales, avec une tige florale ou présence de traces de la floraison de l'année précédente. Toutes les rosettes individuelles composées seulement de feuilles basales sont considérées comme des

jeunes individus immatures. L'âge approximatif des individus a été déterminé sur la base du nombre de ramifications et du diamètre des tiges (Jeanmonod, 1982).

## Évaluation du statut de conservation

Les espèces ont été évaluées sur la base des critères de la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature version 3.1 (UICN 2001). La zone d'occurrence (EOO) et la zone d'occupation (AOO) ont été calculées à l'aide de la plateforme en ligne GeoCat (Bachman, 2011). D'autres données ont été prises en considération telles que le déclin de la population, l'estimation du temps de génération selon la taille des touffes et le nombre de ramifications en floraison et les menaces observées ainsi que leur impact sur la distribution des individus. Les détails de chaque évaluation ont été saisis grâce au Species Information Service (SIS) Toolkit, rev. 2.0., de l'UICN. Chaque évaluation a enfin été validée par les évaluateurs internes de la Liste Rouge de l'UICN avant publication officielle (Mesbah *et al.*, 2019, 2020a, 2020b).

## 2. Résultats

### Nouvelle distribution connue des espèces du genre *Silene*

*Silene sessionis* a été repérée dans six localités, dont quatre sont considérées comme « nouvelles » par rapport aux connaissances historiques, situées sur les falaises des Salines et les falaises de Yemma Yamna (Fig. 2). Une station de présence potentielle située au-dessous de la carrière de M'cid El Bab demeure non étudiée, car inaccessible et dangereuse à explorer.

En plus du *locus classicus* (Djebel Bouzegza, Gorges de Palestro et Gorges d'El Milia), *Silene aristidis* a été découverte dans quatre nouvelles stations avec une nouvelle sous-population inédite sur le versant sud du Mont Gueldaman (Akbou) dans la wilaya de Béjaïa. Parmi les stations visitées, *S. aristidis* n'a pas été trouvée sur les rochers des Hammamet et les falaises de Beni Haroun malgré la ressemblance de leur écologie avec celle des sites où elle est présente (Fig. 3). Cependant, le Mont de Mantaya semble ne pas avoir les conditions écologiques favorables à l'installation de cette espèce (haute altitude avec des températures plus basses). Il abrite par contre *S. andryalifolia* Pomel (une ibéro-maghrébine répandue non étudiée ici) que nous avons observée communément dans les falaises de haute altitude telles que dans le mont de Tlemcen, du Djurdjura et des Aurès.

*Silene auriculifolia* est connue sur le long de la chaîne de Djebel Murdjadjo. Elle a été recherchée et retrouvée aux gorges de Djebel Santo par Jeanmonod (1982) sur le versant ouest de cette chaîne. Nous ne l'avons pas retrouvée lors de notre campagne car cette localité est très anthropisée. Son aire de distribution a été réduite aux derniers faciès rocheux de cette chaîne où nous l'avons repérée péniblement. Nous avons aussi confirmé son absence sur les escarpements de Kristel où elle a été pourtant déjà signalée par Daumas *et al.* (1952). La Montagne des Lions a été prospectée à cause de la réunion des conditions favorables pour son installation. Notre visite nous a permis de valider son absence dans cette station (Fig. 4).



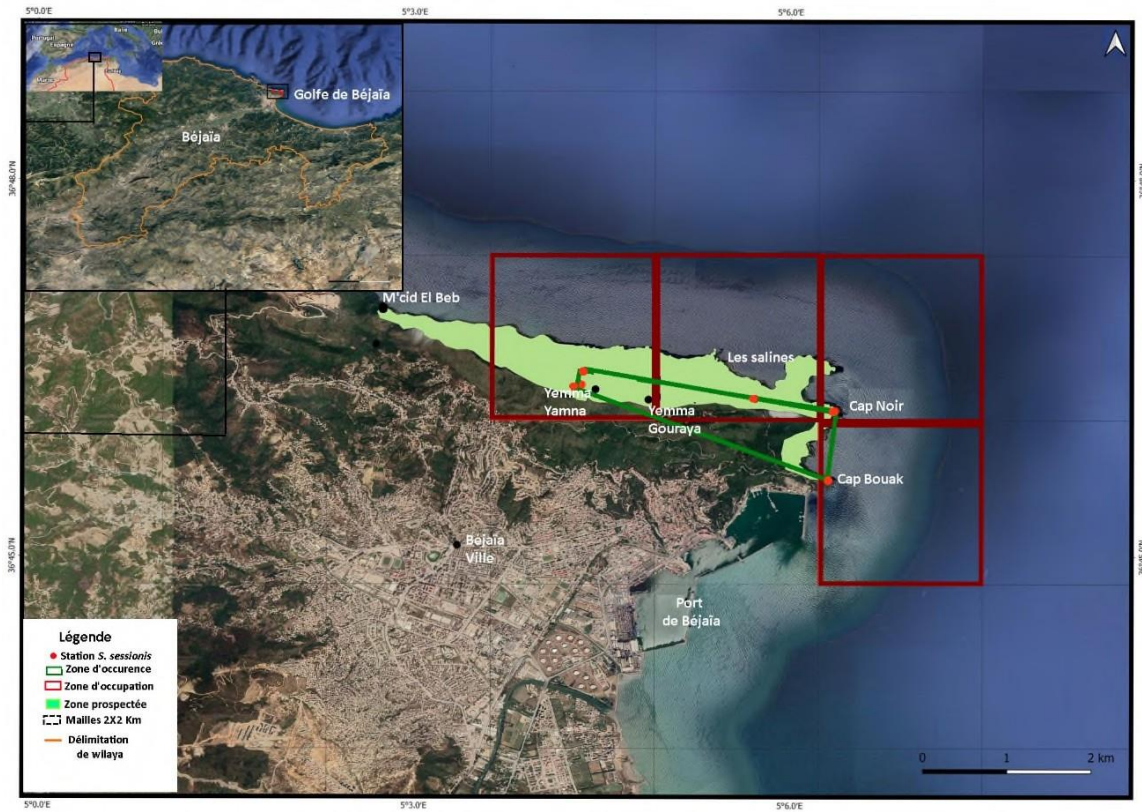
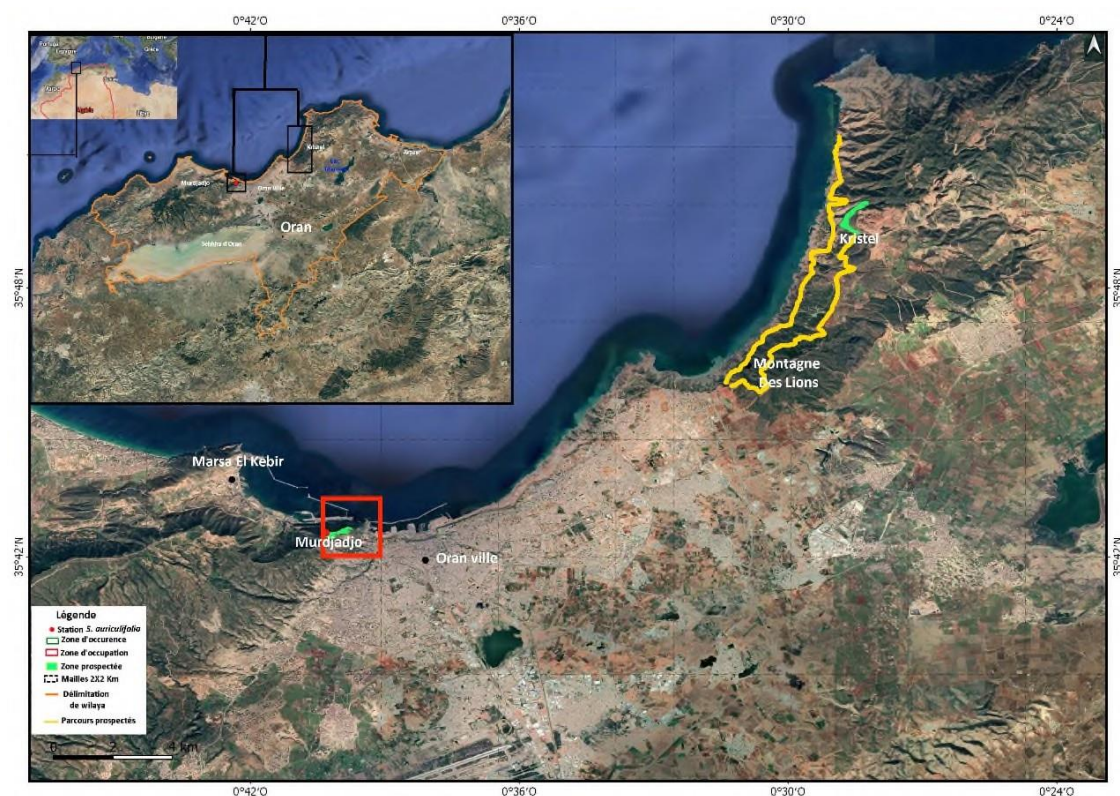


Figure 2 : Répartition actuelle connue de *Silene sessionis*.



Figure 3 : Répartition actuelle connue de *Silene aristidis*.



**Figure 4** : Répartition actuelle connue de *Silene auriculifolia*.

## Évaluation de l'état des populations

Avant nos travaux (Mesbah *et al.*, 2019, 2020a, 2020b), aucune donnée quantitative de détail n'était disponible pour les trois espèces étudiées. De ce fait, il nous a été impossible d'estimer l'évolution de leurs populations respectives. Avec le détail apporté dans le cadre de cette présente étude, il sera désormais possible de faire un suivi ultérieurement.

*Silene aristidis* est l'espèce la plus commune avec une large répartition sur trois sous-populations distantes de plus de 40 km. *S. sessionis* et *S. auriculifolia* sont chacune strictement localisées dans une seule sous-population dont les différentes stations sont rapprochées sans être totalement isolées par les reliefs (Tab. 2).

Les plus grands nombres d'individus matures pour chacun des trois taxa ont été observés dans les stations les plus ombragées qui ne reçoivent que très peu de rayonnements solaires. C'est le cas des falaises du Cap Bouak et Yemma Yamna pour *S. sessionis*, et Ifri N'Ziri pour *S. aristidis* (Tab. 2).

Le temps de génération n'est pas connu à cause du manque total de données anciennes (cartes de distribution, inventaires des populations, suivis temporels) ou expérimentales (cultures *ex situ*...). Nous avons estimé, selon la taille des touffes, leur âge à environ 40 à 65 ans en moyenne dans toutes les populations. Ces taxa forment de nombreuses touffes à appareil végétatif bien développé avec une ou plusieurs rosettes basales. L'appareil reproducteur est très variable d'une

station à une autre et d'un individu à un autre. Il est généralement représenté par une inflorescence très condensée mais quelques-unes seulement atteignent la maturité.

Sur la base de nos observations, la forme sénescence est repérable par des touffes qui ont un aspect maigre dont la plupart des rameaux sont stériles ou à fleurs avortées avant maturité. C'est le cas des individus observés dans la population de *S. auriculifolia*.

L'absence d'individus jeunes chez *S. auriculifolia* et/ou la présence d'un nombre réduit d'individus jeunes chez *S. sessionis* (Tab. 2) implique une faible probabilité de succès de la régénération naturelle. Il est encore tôt pour considérer ces espèces comme étant en difficulté de régénération, étant donné que leur espérance de vie est longue et que les individus atteignent la maturité à partir de la deuxième ou la troisième année, sauf dans le cas de *S. auriculifolia* qui présente des individus sénescents et aucun jeune sujet pour assurer la régénération. *Silene aristidis* présente un équilibre entre le nombre d'individus jeunes et celui d'individus matures. L'observation d'individus de différentes générations chez ce dernier indique sa bonne régénération naturelle.

**Tableau 2 :** Distribution des individus jeunes et des individus matures dans les différentes populations des trois espèces étudiées. N. = Nombre d'individus. \*Échantillon d'herbier déposé à MNHN (Numéro d'inventaire : P05160214)

Espèce	Localité	Altitude (m)	Exposition	N. total	N. jeunes
<i>Silene sessionis</i>	Cap Bouak	34	Nord	40	7-10
	Cap Noir	85	Nord	1	0
	Falaises des Salines	252	Nord-est	12	2
	YemmaYamna Nord	501	Nord	46	7-10
	Falaises au-delà de YemmaYamna en venant de Yemma Gouraya	534	Nord-ouest	4	1
	Falaises en bas de Yemma Yemma	490	Nord	3	0
	<b>Total :</b>			103	23 22.33%
<i>Silene aristidis</i>	Gorges de Ammal	185	Nord-est	214	15
	Ifri N'Ziri	600	Nord	598	90
	Djebel Bouzegza	675	Nord	89	20
	Azrou Imaadizen	545	Nord-est	109	10
	Bin El Ghedrin	200	Nord-ouest	16	0
	Ouled Yahia Khedrouche	280	Nord est	47	7
	Sasnan	360	Nord	51	10
	Gueldaman	500	Sud-est	50	0
	<b>Total :</b>			117 4	152 12,95%
<i>Silene auriculifolia</i>	Djebel Murdjadjo	410	Nord	6	0

## Évaluation du statut UICN

D'après les données de terrain et la cartographie des populations (Tab. 3), l'application de la charte des critères de l'UICN (Mesbah *et al.*, 2019, 2020a, 2020b) est rappelée ci-dessous.

Dans le cas de *Silene sessionis*, les critères A et E de la charte UICN ne sont pas applicables en raison du manque de données. De plus, les critères B et C ne permettent pas d'atteindre les seuils de menace, car pas de déclin connu ni supposé ou prévu. Dans notre cas, seul le critère D est applicable avec 95 individus matures, 6 localités et 4 km<sup>2</sup> de zone d'occupation (Fig. 2). Ainsi, le statut à accorder à cette espèce est celui « En Danger d'Extinction » (EN) selon le critère D1. La principale menace pesant sur cette espèce est l'aménagement de pistes d'escalades au sein de son habitat.

*Silene aristidis* possède une population de 1022 individus matures, 8 sous-populations, une zone d'occurrence (EOO) estimée à 2 623 km<sup>2</sup> et une zone d'occupation (AOO) de 32 km<sup>2</sup>. Celle-ci est donc évaluée comme « Vulnérable » (VU : A3c; B1ab (iii,iv,v) + 2ab (iii,iv,v); C2a (i)) en raison de sa population naturelle restreinte et du probable déclin futur de la population du fait de la présence de certaines menaces actives telles que les carrières proches des localités de Bouzegza et Ifri N'Ziri, et le béton projeté sur les falaises des Gorges d'Ammal et de Bin ElGhedrin. Le critère E n'a pas été appliqué par manque de données. Le critère D2 n'a pas été retenu car l'AOO est supérieure à 20 km<sup>2</sup> et le nombre de localités est supérieur à 5. Le critère D1 est très proche du seuil de 1000.

*Silene auriculifolia* est classée dans la catégorie « En Danger Critique d'Extinction » (CR: B1ab(iv,v)+2ab(iv,v); C2a(i,ii); D) en raison de sa très faible population (moins de 50 individus matures) qui est présumée être en déclin. À ce stade, les menaces connues sont très peu nombreuses, telles que l'accessibilité de son habitat naturel *in situ* et sa difficulté à se régénérer. La principale cause du déclin de la population reste problématique. Les critères A et E ne sont pas applicables dans le cas de cette espèce par manque de données.

**Tableau 3** : Résultats de l'évaluation des espèces de *Silene* sect. *Siphonomorpha* selon les critères de l'UICN version 3.1 (Mesbah *et al.*, 2019, 2020a, 2020b) et les critères d'avant 1994 (Walter & Gillet 1998). Sp1 : *Silene sessionis* ; Sp2 : *Silene arisistidis* ; Sp3 : *Silene auriculifolia*; NIM: Nombre d'individus matures; Dm : Données manquantes ; E: Endémique; R: Rare; EN: En danger d'Extinction; VU: Vulnérable; CR: En danger critique d'Extinction.

Cat	Indice de classification	Sp1	Sp2	Sp3
<b>A. Réduction de la taille de la population.</b>				
<b>Réduction de la population constatée, estimée, déduite ou supposée,</b>				
<b>A1</b>	Dans le passé, lorsque les causes de la réduction sont clairement réversibles ET comprises ET ont cessé. ( $\geq 90\% = CR, \geq 70\% = EN, \geq 50\% = VU$ )	Dm	Non	Dm
<b>A2</b>	Dans le passé, lorsque les causes de la réduction n'ont peut-être pas cessé OU ne sont peut-être pas comprises OU ne sont peut-être pas réversibles ( $\geq 80\% = CR, \geq 50\% = EN, \geq 30\% = VU$ )	Dm	Non	Dm
<b>A3</b>	Dans le futur (sur un max. 100 ans) ( $\geq 80\% = CR, \geq 50\% = EN, \geq 30\% = VU$ )	Dm	Oui A3c	Dm
<b>A4</b>	Sur une période de temps devant inclure à la fois le passé et l'avenir (sur un max. 100 ans dans le futur), lorsque les causes de la réduction n'ont peut-être pas cessé OU ne sont peut-être pas comprises OU ne sont peut-être pas réversibles. ( $\geq 80\% = CR, \geq 50\% = EN, \geq 30\% = VU$ )	Dm	Non	Dm
<b>B. Répartition géographique, qu'il s'agisse de B1 (zone d'occurrence) ET/OU B2 (zone d'occupation)</b>				
<b>B1</b>	Zone d'occurrence (EOO) ( $< 100 \text{ km}^2 = CR, < 5\,000 \text{ km}^2 = EN, < 20\,000 \text{ km}^2 = VU$ )	2	262 3	0
<b>B2.</b>	Zone d'occupation (AOO) ( $< 10 \text{ km}^2 = CR, \leq 500 = EN, \leq 2000 = VU$ )	12	32	4
<b>B.n.a</b>	Sévèrement fragmentée OU nombre de localités ( $1 = CR, \leq 5 = EN, \leq 10 = VU$ )	Non	Oui B.1.2	Oui B.1.2
<b>B.n.b</b>	Déclin continu constaté, estimé, déduit ou prévu de l'un des éléments suivants : (i) zone d'occurrence, (ii) zone d'occupation, (iii) superficie, étendue et/ou qualité de l'habitat, (iv) nombre de localités ou de sous-populations, (v) nombre d'individus matures	Non	Oui B.1et 2(iii, iv, v)	Oui B.1et 2(iii, iv, v)
<b>B.n.c</b>	Fluctuations extrêmes de l'un des éléments suivants : (i) zone d'occurrence, (ii) zone d'occupation, (iii) nombre de localités ou de sous-populations, (iv) nombre d'individus matures	Non	Non	Non
<b>C. Petite population et déclin</b>				
<b>NIM (<math>&lt; 250 = CR, \leq 2500 = EN, \leq 10\,000 = VU</math>) ET au moins un des sous-critères C1 ou C2 :</b>				
<b>C1.</b>	Un déclin continu constaté, estimé ou prévu (sur un max. de 100 ans dans le futur) (25% en 3 ans ou 1 génération = CR, 20% en 5 ans ou 2 générations = EN, 10% en 10 ans ou 3 générations = VU)	Non	Non	Non
<b>C2.a</b>	Un déclin continu constaté, estimé, prévu ou déduit ET au moins 1 des 3 conditions suivantes : (i) Nombre d'individus matures dans chaque sous-population = ( $< 50 \text{ km}^2 = CR, < 250 \text{ km}^2 = EN, < 1\,000 \text{ km}^2 = VU$ ) Ou (ii) % d'individus matures dans une sous-population = ( $90-100\% = CR, 95-100\% = EN, < 100\% = VU$ )	Non	Oui C.2.a (i)	Oui C.2.a (i, ii)
<b>C2.b</b>	Fluctuations extrêmes du nombre d'individus matures	Non	Non	Non
<b>D. Population très petite ou restreinte</b>				
<b>D</b>	Nombre d'individus matures ( $< 50 = CR, < 250 = EN$ )	95	Non	6
<b>D1</b>	Nombre d'individus $< 1000 = VU$	Non	1022	Non
<b>D2</b>	Pour la catégorie VU uniquement : AOO $< 20 \text{ km}^2$ ou nombre de localités $\leq 5$	6	Non	Non
<b>E</b>	Probabilité d'extinction dans la nature	Dm	Dm	Dm
	Catégorie UICN 1998	E	R	/
	Catégorie UICN retenue <b>2019/2020</b>	EN	VU	CR

Les deux évaluations avant et après 2001 (Walter & Gillet, 1998 ; Mesbah *et al.*, 2019, 2020a, 2020b) montrent une stabilité pour *Silene sessionis* et une aggravation pour *S. aristidis*. *Silene auriculifolia* n'avait pas été évaluée, vraisemblablement par négligence des taxa considérés alors à un rang infra-spécifique, comme ce fut le cas pour *S. mollissima* subsp. *auriculifolia* (Pomel) Maire.

## Les menaces

Parmi les différentes menaces qui pèsent sur les trois taxa étudiés, nous détaillons ci-dessous les plus préoccupantes, à savoir les carrières, le béton projeté et l'escalade.

### Les carrières

*Silene sessionis* est touchée par l'exploitation d'une carrière située au cœur du Parc National de Gouraya. De plus, celle-ci rend l'accès impossible aux falaises calcaires de M'cid El Bab, habitat potentiel d'un bon nombre d'espèces à haute valeur patrimoniale dont *S. sessionis*, dont nous n'avons pu à ce jour confirmer ni la présence ni l'absence.

Pour *S. aristidis*, la sous-population de Boumerdès est entourée de cinq carrières plus ou moins proches. La carrière de Bouzegza est celle qui a le plus d'impact sur la survie des espèces rupicoles des falaises et donc des endémiques qu'elles hébergent.

### Le béton projeté

Les extensions de travaux de protection des murailles des falaises au bord de la route ont été observées près des Gorges de Ammal et les Gorges de Bin El Ghedrin. Ces activités sont régulièrement réalisées dans les zones à forte fréquence d'éboulement (Slimi et Larue, 2015). Les travaux avec le béton projeté constituent indéniablement une forte menace pour les espèces poussant dans les falaises, dont *Silene aristidis*.

### L'escalade

Des pistes d'escalade préjudiciables à une végétation rupicole parfois unique ont été aménagées récemment au Cap Carbon à Béjaïa et aux Gorges d'Ammal à Boumerdès.

## 4. Discussion

### 4.1. Écologie stationnelle

Les taxa chasmophytes endémiques de très basse et basse altitude de l'étage bioclimatique subhumide poussent exclusivement sur des falaises calcaires ombragées exposées au nord, nord-est ou nord-ouest, et exceptionnellement sud-ouest ou ouest. La végétation environnante est dominée par les espèces des formations sclérophylles méditerranéennes telles que *Olea europaea* L. var. *oleaster*, *Ceratonia siliqua* L., *Pistacia lentiscus* L., *Quercus coccifera* L., etc. Les falaises elles-mêmes sont également caractérisées par la présence de divers taxa rupicoles dont la plupart sont des sténo-endémiques comme *Hypochaeris saldensis* Batt., *Bupleurum plantagineum* Desf., *Cheiranthus cheiri* (L.) Crantz subsp. *inexpectans* Véla, Ouarmin et

Dubset dans le cas des falaises de Gouraya, et l'endémique *Fumaria mairei* Pugsley ex Maire dans le cas des Gorges de Ammal. Quant aux falaises semi-arides de la côte ouest algérienne (Oran), elles sont recouvertes par une végétation éparse dominée par *Pinus halepensis* Mill., *Chamaerops humilis* L., *Daphne gnidium* L. etc. Ces falaises présentent également divers taxa rupicoles comme *Campanula mollis* L. et *Silene pseudoatocion* Desf. et quelques espèces rares telles que *Caralluma europaea* (Guss.) Murb., etc...

Les falaises riches en endémiques en Méditerranée sont caractérisées par une exposition très majoritairement nord, un bioclimat relativement frais, voire humide, et une très forte pente. Ces habitats particuliers sont considérés comme des zones refuges durant les périodes de glaciation favorisant la propagation des endémiques lors des périodes postglaciaires (Tassin, 2012). Les espèces endémiques strictes des falaises calcaires ont tendance à ne pas trop remonter en altitude ni à coloniser les expositions sud.

L'abri des gorges a toujours été considéré comme l'habitat favorable de *Silene aristidis* (Pomel, 1888; Maire, 1963; Jeanmonod, 1982). D'après nos observations, il semble que ce chasmophyte ait pu trouver refuge lors des périodes glaciaires dans les fissures des rochers calcaires du Lias et du Jurassique, y compris à moyenne altitude. Cette hypothèse ouvre la perspective de retrouver d'autres stations sur la ligne continentale de chaînons calcaires encore mal prospectés, telles les falaises de Beni Ourtilane et de Hammam Guergour (wilaya de Sétif), les falaises de Chabet el-Akra dans les Gorges de Kherrata, ou les falaises d'Ibn Ziyad et les gorges du Rhumel à Constantine. Cela nous encourage également à étendre la recherche des endémiques littorales au niveau des falaises ouest de Gouraya (Djebel Oufarnou), dans les falaises inaccessibles de Cap Aokas et de Melbou (Béjaïa), les Gorges de Dar el-Oued et de Taza à Jijel, etc.

Au niveau stationnel, le succès de régénération est tributaire des multiples conditions qui doivent être simultanément remplies pour que la germination, l'installation et la croissance des plantes réussissent (Baraloto, 2003). Chez les populations étudiées, l'affaiblissement du pouvoir germinatif des graines ou la mortalité des jeunes plantules sont probablement dus aux facteurs abiotiques (sécheresse estivale) et biotiques (insectes abimant les fleurs et autres animaux broutant le plantules) de l'environnement. La régénération des espèces pérennes est une notion complexe qui doit être estimée sur plusieurs années car le pouvoir germinatif peut varier d'une année à une autre, et nous manquons à ce jour du recul nécessaire.

#### 4.1. Enjeux de conservation

Vu leur accessibilité difficile, les falaises calcaires sont les habitats les plus naturellement conservés, protégés et les moins affectés par l'Homme (Véla et Benhouhou, 2007; Larson *et al.*, 2005). Néanmoins, trois types de menaces anthropiques pèsent sur les populations des espèces étudiées : les carrières, le bétonnage des falaises et l'escalade sportive.

Les carrières

L'extraction en carrière est une activité agressive envers la nature et provoque la destruction des habitats et la perturbation de la faune et de la flore (Chenot *et al.*, 2018). Afin de protéger la diversité faunistique et floristique de ces habitats, il est recommandé de sélectionner des

localités qui ne présentent pas des espèces à haute valeur patrimoniale. Les carrières installées à l'intérieur des aires protégées doivent être fermées et restaurées en respectant la trajectoire historique de l'écosystème d'avant la perturbation. Les carrières abandonnées peuvent devenir, à moyen terme, un refuge aux espèces menacées par manque de fréquentation humaine (Chenot-Lescure et Lescure, 2019). Les falaises de basses et de moyennes altitudes sont en connectivité permanente avec le développement urbain et l'aménagement routier.

La problématique des carrières paraît plus modérée lorsqu'elles s'attaquent à un versant de pente. Celles-ci créent ainsi un front de taille artificiel sur une pente montagneuse de maquis plus ou moins forestier, ce qui n'est pas le type d'habitat le plus riche en endémiques et/ou en espèces rares. Nous pouvons citer en exemple la colline située au sud de la commune d'Akbou (wilaya de Béjaïa), non loin du site de Gueldaman mais qui ne présente pas du tout le même intérêt botanique. En revanche, le problème atteint son paroxysme quand les carrières s'attaquent directement à des fronts de falaises naturelles, hébergeant de nombreuses espèces endémiques et/ou reliques rares. Nous avons en tête un exemple frappant au nord de la commune de M'hir (wilaya de Bordj-Bou-Argeridj), site situé en plein cœur de la ZIP (Zone Importante pour les Plantes) des Bibans (Benhouhou *et al.*, 2018).

#### Le bétonnage des falaises

La création de passages routiers au bord des falaises est toujours suivie par le risque d'éboulement rocheux (Slimi et Larue, 2015). Pour cela, les décideurs optent de plus en plus pour les aménagements routiers en béton projeté.

Les ions du béton projeté affectent le pH et la conductivité électrique des eaux consommées par les plantes, ce qui empêche l'installation des espèces rupicoles. Les métaux lourds ajoutés pour augmenter la consistance du béton peuvent être tolérés par les plantes jusqu'à un certain degré (Purdy et Wright, 2019). Notons néanmoins qu'il est possible de rendre le béton projeté viable pour la végétation par l'alcalinisation de sa constituante minérale (Bidou et Guiraud, 2012). Cette étude peut être une piste intéressante à privilégier car permettant d'acquérir des données sur les exigences pédologiques de la flore rupicole et de protéger la biodiversité tout en assurant la protection routière.

D'autres sites potentiellement intéressants pour d'autres espèces à haute valeur patrimoniale telles que les Gorges de Beni Haroun (Véla *et al.*, 2008), les Gorges de la Chiffa ou les Gorges de Taza font face au même problème d'éboulements et donc à la tentation d'y pratiquer la sécurisation par béton projeté. Tous sont aujourd'hui reconnus comme ZIP (Benhouhou *et al.*, 2018) et les deux derniers sont même inclus dans les périmètres respectifs du parc national de Chréa et celui de Taza.

#### L'escalade sportive

Durant les deux dernières décennies, l'escalade est devenue une activité sportive prisée en Algérie et qui par ailleurs se développe d'une manière exponentielle sur la rive Nord de la Méditerranée (Lorite *et al.*, 2017). Cette pratique est considérée comme un danger potentiel à la présence des endémiques des falaises (Nuzzo, 1995), dans les sites qui en abritent. Elle



engendre une perte significative du couvert végétal par l'arrachage d'individus ou de tiges florales (Nuzzo, 1995; Schmera *et al.*, 2018), une perte dans la richesse spécifique et une modification de l'écosystème (Lorite *et al.*, 2017).

Dans un futur proche et pour répondre à la demande des passionnés de cette activité, d'autres pistes d'escalade risquent d'être créées si des mises en garde générales, voire des interdictions localisées, ne sont pas exprimées.

#### Autres menaces potentielles

Un assèchement des falaises a été remarqué dans quelques stations (Falaise des Salines au Parc National de Gouraya, les falaises du Djebel Murdjadjo). L'impact de la fluctuation des précipitations annuelles ou des températures sur le substrat rocheux ne peut être déduit que sur une synthèse climatique de plusieurs années (Soubeyroux *et al.*, 2012). La notion de la sécheresse est très complexe du fait qu'elle est liée à plusieurs paramètres autres que les précipitations et les températures : la durée dans le temps, l'intensité, l'étendue géographique, les exigences de la végétation en humidité... (Wilhite et Glantz, 1985). Une synthèse climatique régionale détaillée serait d'une grande utilité pour se prononcer sur l'impact futur de la sécheresse sur la biodiversité des falaises.

### 4.3. Perspectives pour la conservation

Le nouveau statut retenu pour *Silene sessionis*, *Silene aristidis* et *Silene auriculifolia* selon la version 3.1 (2001) est respectivement celui d'espèce « En Danger d'Extinction (EN) », « Vulnérable (VU) » et « En Danger Critique d'Extinction (CR) » (Mesbah *et al.*, 2019, 2020a, 2020b). Ces trois évaluations justifient amplement la mise en place d'un protocole de suivi régulier dans l'avenir afin d'améliorer les connaissances biologiques et écologiques, *in situ* et *ex situ*, de ces espèces et de surveiller l'état de leurs populations. De plus, nous recommandons d'inclure les falaises de Sidi Marouf dans une ZIP élargie basée sur celle de Beni Haroun (Benhouhou *et al.*, 2018).

Dans le cas de *Silene auriculifolia*, nous avons été confrontés à la difficulté de définir la vraie menace pour pouvoir proposer des actions pour sa conservation. Nous avons estimé sa disparition probable (spontanée ?) dans les prochaines dizaines d'années. Il est donc urgent de prendre des mesures de conservation *ex situ* par la conservation de graines, une culture *in vitro* et une tentative de germination dans des jardins botaniques à des fins de renforcement voire de réintroduction future. C'est probablement également le cas de plusieurs autres endémiques de l'Algérie ou d'Afrique du Nord qui sont très mal connues et rarement observées.

Sur le plan législatif, les actions anthropiques (carrières, béton projeté et escalade), qui menacent en priorité les taxa chasmophytes concernés dans cette étude, devraient être soumises à des études d'impact sur la biodiversité, à l'échelle locale et nationale. Pour aider en ce sens, il serait sans doute pertinent et utile d'inclure les espèces *Silene aristidis* et *S. auriculifolia* dans la liste du « Décret exécutif n° 12-03 du (...) 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées ». Heureusement, l'inaccessibilité des sites à cause de leurs

escarpements constitue encore un avantage important de protection naturelle la plupart du temps.

Un diagnostic écologique approfondi des habitats rupicoles passe par la connaissance des facteurs écologiques déterminants sur l'ensemble des espèces de ces milieux, notamment les chasmophytes endémiques dont il est question dans cette étude. Malheureusement, très souvent la mise en place d'une démarche efficace de conservation est limitée par le manque de connaissances biogéographiques, écologiques et biologiques (temps de génération, âge à la maturité, âge de sénescence, taux de germination, etc.) des espèces étudiées (Bacchetta *et al.*, 2012). Cependant, les nouvelles technologies permettent de faire des observations inédites comme par exemple le développement de la méthode FPP (*Fixed Point Photography*) (Anderson et Kevin, 2013) et la technique PPM (*Photo Point Monitoring*) (Hall, 2002) ou encore l'utilisation des drones pour la photographie aérienne, UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*) (Strumia, 2020).

## Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre des activités de recherche du Laboratoire d'Ecologie et environnement (FSNV, Université de Bejaia) affilié à la Direction Générale de la Recherche Scientifique et du développement Technologique (DGRSDT), MESRS, Algérie. Nous exprimons notre gratitude aux conservations des forêts notamment celle de Jijel pour leur accompagnement sur le terrain ainsi que toutes les personnes qui nous ont soutenu(e)s par leur disponibilité, leurs conseils et leur apport scientifique. L'exploration botanique du versant sud du Djebel Gueldaman (Véla, Véla Ouzzani & Rebbas, in prep.) a été encouragée par le Dr Farid Kherbouche du Centre National de Recherche Préhistorique, Anthropologique et Historique (CNRPAH, Alger).

## Références

- Akroune L., Bourkeb T., (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). Mémoire de Master en Biologie de la conservation. Béjaïa (Algérie), Université de Bejaia, Algérie. <http://www.univ-bejaia.dz/jspui/handle/123456789/10377>
- Anderson K., Gaston K.J., (2013). Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionizespatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(3): 138–146. <https://doi.org/10.1890/120150>
- Bacchetta G., Casti M., Mossa L., (2007). New ecological and distributive data on the rupestrian flora of Sardinia. *Journal de Botanique de la Société Botanique de France*, 38 : 73–83.
- Bacchetta G., Farris E., Pontecorvo C., (2012). A new method to set conservation priorities in biodiversity hotspots. *Plant Biosystems*, 146(3): 638648 <https://doi.org/10.1080/11263504.2011.642417>

- Bachman S., Moat J., Hill A., de la Torre J., Scott B., (2011). Supporting Red List threat assessments with GeoCAT: Geospatial conservation assessment tool. *ZooKeys*, 150: 117–126. <https://doi.org/10.3897/zookeys.150.2109>
- Baraloto C., (2003). Régénération forestière naturelle : de la graine à la jeune tige. *Revue Forestière Française*.LV, 179-187. <https://doi.org/10.4267/2042/5770>
- Battandier J.A., (1914). Plantae paraguarienses novae. *Bulletin de la Société Botanique de Genève*, 2(6) : 1–252.
- Benhouhou S., Yahi N., Véla E., (2018). Key Biodiversity Areas (KBAs) for plants in the Mediterranean region: Algeria. In: Valderrábano M., Gil T., Heywood V., Montmollin B. de (eds) *Conserving wild plants in the south and east Mediterranean region*: 53-60. Gland, Switzerland), Málaga, Spain, IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2018.21.en>
- Bidou D., Guiraud P., (2012). Béton et biodiversité : une complicité à découvrir. *Solutionsbéton*, hors-série : 1–8.
- Bonanno G., (2013). Adaptive management as a tool to improve the conservation of endemic floras: the case of Sicily, Malta and their satellite islands. *Biodiversity and conservation*, 22(6–7): 1317–1354. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-013-0473-9>
- Boulemtafes A., Hamel T., de Bélair G., Véla E., (2018). Nouvelles données sur la distribution et l'écologie de seize taxa végétaux du littoral de la péninsule de l'Edough (Nord–Est algérien). *Bulletin de la Société linnéenne de Provence*, 69 : 1–18.
- Chaïd-Saoudi Y., (1987). Les Mammifères holocènes des gisements préhistoriques de Gueldaman–Akbou (Bédjaia), Columnata (Tiaret) et Ti–n Hanakaten (Djanet) en Algérie. Université Claude Bernard – Lyon 1, 1987.
- Chenot J., Jaunatre R., Buisson E., Bureau F., Dutoit T., (2018). Impact of quarry exploitation and disuse on pedogenesis. *Catena*, 160 : 354–365. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2017.09.012>
- Chenot-Lescure J., Lescure F., (2019). Faut-il restaurer les carrières après exploitation ? Potentialités écologiques des carrières abandonnées à moyen terme (30-40 ans). *Revue internationale d'écologie méditerranéenne*, 45 : 5–34. <http://dx.doi.org/10.3406/ecmed.2019.2086>
- Daumas P., Quézel P., Santa S., (1952). Contribution à l'étude des groupements végétaux rupicoles d'Oranie. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 43 : 186–202.
- Davis P.H., (1951). Cliff vegetation in the eastern Mediterranean. *The Journal of Ecology*, 39(1): 63–93. <http://dx.doi.org/10.2307/2256628>
- Debeaux J.O., Dautez G., (1889). Synopsis de la flore de Gibraltar. Paris, F. Savy. P39-40

Dobignard A. & Chatelain C. (2011). Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord. Volume 3 : Dicotyledoneae: Balsaminaceae-Euphorbiaceae. C.J.B. Genève

Dobrowski S.Z., (2011). A climatic basis for microrefugia: the influence of terrain on climate. *Global Change Biology*, 17(2): 1022–1035. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02263.x>

Fréville H., Colas B., Ronfort J., Riba M., Olivieri I., (1998). Predicting endemism from population structure of a widespread species: case study in *Centaurea maculosa* Lam. (Asteraceae). *Conservation Biology*, 12: 1269–1278. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1998.96483.x>

García M.B., Domingo D., Pizarro M., Font X., Gómez D., Ehrlén J., (2020). Rocky habitats as microclimatic refuges for biodiversity, A close-up thermal approach. *Environmental and Experimental Botany*, 170: 103886. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103886>

García M.B., Guzmán D., Goñi D., (2002). An evaluation of the status of five threatened plant species in the Pyrenees. *Biological Conservation*, 103(2): 151–161. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00113-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00113-6)

Hall F.C., (2002). Photo point monitoring handbook: Part A-field procedures. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

Hallal N., Dubois L., Bougdal R., Djouder F., (2018). Instabilités gravitaires dans la région de Béjaïa (Algérie) : Inventaire et appréciation de l'importance relative des différents paramètres conduisant au déclenchement, au maintien ou à l'activation des instabilités. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 77(2): 631–645. <http://dx.doi.org/10.1007/s10064-017-1050-3>

Imbert E., Youssef S., Carbonell D., Baumel A., (2012). Do endemic species always have a low competitive ability? A test for two Mediterranean plant species under controlled conditions. *Journal of Plant Ecology*, 5(3): 305–312. <http://dx.doi.org/10.1093/jpe/rtr033>

Jeanmonod D., (1982). Nouvelle station du *Silene aristidis* Pomel en Algérie. *Candollea*, 37 :485–495.

Khenouf H., Chefrou A., Corcket E., Alard D., Véla E., (2018). La végétation dunaire du littoral de Jijel (Algérie) : proposition d'une nouvelle Zone Importante pour les Plantes. *Revue d'écologie (La Terre et La Vie)*, 73(3) : 345–362.

Kherbouche F., (2015). Le néolithique tellien de la grotte de Gueldaman GLD1 (Babors d'Akbou, Algérie, VIII-V millénaire BP). Thèse de Doctorat en Archéologie et Préhistoire, Université Toulouse-Jean Jaurès, France. <http://www.theses.fr/2015TOU20116/document>

Larson D.W., Matthes U., Kelly P.E., (2005). Cliff ecology: pattern and process in cliff ecosystems. Cambridge, New York, Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511525582>

- Lavergne S., Thompson J. D., Garnier E., Debussche M., 2004. The biology and ecology of narrow endemic and widespread plants: a comparative study of trait variation in 20 congeneric pairs. *Oikos*, 107(3): 505–518. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.13423.x>
- Lorite J., Serrano F., Lorenzo A., Cañadas E.M., Ballesteros M., Peñas J., 2017. Rock climbing alters plant species composition, cover, and richness in Mediterranean limestone cliffs. *PloS one*, 12(8), e0182414. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182414>
- Maire R., 1957-1987. Flore de L'Afrique du Nord, Vol. I -XVI. Paris, Lechevalier.
- Maire R., 1963. Flore de L'Afrique du Nord, Vol. X. Paris, Lechevalier.
- Mansouri S., Miara M.D., Hadjadj-Aoul S., 2018. État des connaissances et conservation de flore endémique dans la région d'Oran (Algérie occidentale). *Acta Botanica Malacitana*, 43: 23–30. <http://dx.doi.org/10.24310/abm.v43i0.4361>
- Médail F., Diadema K., 2006. Biodiversité végétale méditerranéenne et anthropisation : approches macro et micro-régionales. *Annales de géographie*, 651(5): 618–640. <http://dx.doi.org/10.3917/ag.651.0618>
- Médail F., Diadema K., 2009. Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of biogeography*, 36(7): 1333–1345. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.02051.x>
- Médail F., Myers N., 2004. Mediterranean Basin. In: Mittermeier R.A., Robles Gil P., Hoffmann M., Pilgrim J., Brooks T., Mittermeier C.G., Lamoreux J., da Fonseca G.A.B. (eds) Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions: 144–147. CEMEX (Monterrey), Conservation International (Washington), Agrupación Sierra Madre (Mexico).
- Mesbah M., Bekdouche F., Véla E., Sahnoune M., 2019. *Silene sessionis*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, 2019 (3): e.T72458759A72458763. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T72458759A72458763.en>
- Mesbah M., Bekdouche F., Laidi K., Sahnoune M., Véla E., 2020a. *Silene aristidis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2020*: e.T135259613A135259617. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T135259613A135259617.en>
- Mesbah M., Bekdouche F., Laidi K., Sahnoune M., Véla E., 2020b. *Silene auriculifolia*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2020*: e.T156127607A156127637. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T156127607A156127637.en>
- Montmollin De B., Strahm W. (eds), 2005. Le "Top 50" des plantes menacées des îles méditerranéennes : comment les sauver de l'extinction. Gland & Cambridge, UICN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2005-025-Fr.pdf>

- Neves S.S., Watson M.F., (2004). Phylogenetic relationships in *Bupleurum* (Apiaceae) based on nuclear ribosomal DNA ITS sequence data. *Annals of Botany*, 93(4): 379–398. <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mch052>
- Nuzzo V.A., (1995). Effects of rock climbing on cliff goldenrod (*Solidago sciaphila* Steele) in northwest Illinois. *American Midland Naturalist*, 133(2): 229–241.
- Panitsa M., Kontopanou A., (2017). Diversity of chasmophytes in the vascular flora of Greece: floristic analysis and phytogeographical patterns. *Botanica Serbica*, 41(2): 199–211. [10.5281/zenodo.1026483](http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1026483)
- Pomel, A. (1875). Nouveaux matériaux pour la flore atlantique. Fascicule 2. *Bulletin de la Société des Sciences Physiques, Naturelles et Climatologiques de l'Algérie*, 286.
- Pomel M.A., (1888). Études sur des espèces barbaresques des types des *Evax* et des *Filago*. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 35(6) : 333–337.
- Purdy K., Wright I.A., 2019. Impact of concrete on riparian ecosystems. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 344: 012033. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/344/1/012033>
- Quézel P., (1957). Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord : essai de synthèse biogéographique et phytosociologique. In : Lechevalier P. (Ed.) *Encyclopédie biogéographique et écologique*, 10 : 1–445. Paris, P. Lechevalier.
- Quézel P., (1985). Definition of the Mediterranean region and the origin of its flora. In: Gomez–Campo C. (éd.) *Plant conservation in the Mediterranean area*: 9–24. Heidelberg, Springer-Verlag.
- Quézel P., Santa S., (1962–1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris, CNRS.
- Radford E.A., Catullo G., Montmollin B.de (eds.), (2011). Important Plant Areas of the south and east Mediterranean region: priority sites for conservation. Gland, Switzerland and Malaga, Spain, IUCN.
- Saadi N., Benali L., (2015). Cartographie de la répartition et estimation de la taille de la population de Buplèvre à feuille de plantain (*Bupleurum plantagineum* Desf.) du littoral oriental de Djebel Gouraya – Petite Kabylie, Algérie. Mémoire de Master en Biologie de la conservation. Université de Bejaia, Algérie. <http://www.univ-bejaia.dz/jspui/handle/123456789/6909>
- Schmera D., Rusterholz H.-P., Baur A., Baur, B., (2018). Intensity-dependent impact of sport climbing on vascular plants and land snails on limestone cliffs. *Biological Conservation*, 224: 63–70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2018.05.012>

Seltzer, P., Auberty E., (1946). Le climat de l'Algérie. Travaux de l'Institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie, hors sér., Université d'Alger. Alger, Imprimerie La Typo-Litho et de J. Carbonel.

Silva J.L., Mejías J.A., García M.B., (2015). Demographic vulnerability in cliff-dwelling *Sonchus* species endemic to the western Mediterranean. *Basic and Applied Ecology*, 16(4): 316–324. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.02.009>

Slimi A., Larue J.P., (2015). Réseau routier et risque d'éboulements rocheux et de chutes de blocs – cas du tronçon de la route nationale n°5 dans les gorges de Lakhdaria (basse vallée de l'Isser, Bouira, Algérie). *Geomaghreb*, 11:39–59.

Soubeyroux J.M., Kitova N., Blanchard M., Vidal J.P., Martin E., Dandin P., (2012). Caractérisation des sècheresses des sols en France et changement climatique : Résultats et applications du projet ClimSec. *La Météorologie*, 78: 21–30. <https://doi.org/10.4267/2042/47512>

Strumia S., Buonanno M., Aronne G., Santo A., Santangelo A., 2020. Monitoring of plant species and communities on coastal cliffs: Is the use of unmanned aerial vehicles suitable? *Diversity*, 12(4): 149. <http://dx.doi.org/10.3390/d12040149>

Tassin C., 2012. Paysages végétaux du domaine méditerranéen : bassin méditerranéen, Californie, Chili central, Afrique du Sud, Australie méridionale. Paris, IRD éditions. <http://dx.doi.org/10.4000/books.irdeditions.9781>

UICN, (2001). Catégories et critères de l'UICN pour la Liste rouge, Version 3.1. Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN. Gland, Cambridge, UICN.

Véla E., Rebbas K., Lansdown R.V., (2019). *Allium trichocnemis*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, 2019 (3): e.T13145944A18610859.

Véla, E., Benhouhou S., (2007). Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes rendus biologiques*, 330(8): 589–605. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crvi.2007.04.006>

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.

Verlaque R., Médail F., Quézel P., Babinot J.F., (1997). Endémisme végétal et paléogéographie dans le bassin méditerranéen. *Geobios*, 30: 159–166. [http://dx.doi.org/10.1016/S0016-6995\(97\)80083-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0016-6995(97)80083-6)

Walter K.S., Gillet H.J., (1998). 1997 IUCN red list of threatened plants. Gland, Switzerland, IUCN.

Wilhite D.A., Glantz M.H., (1985). Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international*, 10(3): 111–120. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>

Yahi N., Véla E., Benhouhou S., De Belair G., Gharzouli, R., (2012). Identifying important plants areas (key biodiversity areas for plants) in Northern Algeria. *Journal of threatened taxa*, 4: 2753–2765. <http://dx.doi.org/10.11609/JoTT.o2998.2753-65>

Youssef S., Baumel A., Véla E., Juin M., Dumas E., Affre L., Taton T., (2011). Factors underlying the narrow distribution of the Mediterranean annual plant *Arenaria provincialis* (Caryophyllaceae). *Folia Geobotanica*, 46(4): 327–350. <http://dx.doi.org/10.1007/s12224-011-9101-1>



# *Chapitre 3:* *Cytogénétique*

## Chromosome numbers of ten taxa of the genus *Silene* L. (*Caryophyllaceae*) from Northern Algeria including one endemic and two sub-endemics

### Abstract

Ten taxa from four sections of the genus *Silene* L. were investigated: section *Siphonomorpha* (*Silene andryalifolia*, *S. sessionis*), section *Silene* (*S. secundiflora*, *S. nocturna*, *S. rubella*, *S. fuscata*, *S. gallica*, *S. atlantica*), section *Muscipula* (*S. reticulata*) and section *Behenantha* (*S. vulgaris* subsp. *vulgaris*). All the studied plant material comes from wild populations of Northeastern Algeria. Root tips from germinated seeds and young anthers from in situ fixed flower buds were used for chromosome observation using orcein lactopropionic staining. All the investigated taxa revealed to be of diploid level with  $2n = 2x = 24$  ( $x = 12$ ), included *S. atlantica*, *S. reticulata* and *S. sessionis* counted for the first time here, and except *S. vulgaris* subsp. *vulgaris* which is of tetraploid level with  $2n = 4x = 48$  in accordance with the previous literature.

**Key words:** *Silene*, mitosis, meiosis, chromosome numbers, ploidy, Northern Algeria.

### Introduction

*Silene* L. is the largest genus of the family *Caryophyllaceae*. It contains about 850 species worldwide (Oxelmann et al., 2013; Jafari et al. 2020). It is distributed throughout the temperate region of the northern hemisphere, particularly in the Mediterranean area and the Middle East (Greuter, 1995).

*Silene* may occur from the high and snowy mountains, to the most arid sandy soils in steppe areas and desert of the central Sahara. Latitudinally, they occur from the rainy subtropical climate to the glacial polar zone (Popp et al., 2005; Jafari, 2020).

The taxonomy of the genus *Silene* is complex. Several botanists proposed different infra-generic classifications based on morphological criteria (Otth, 1824; Boissier, 1867; Rohrbach, 1868; Williams, 1896; Chowdhury, 1957). However, molecular analyses have shown the incongruence of those classifications because of the high level of homoplasy in this genus. The most recent phylogenetic classification has divided *Silene* into three subgenera and 33 sections (Jafari et al. 2020). All the three subgenera, *Silene*, *Lychnis* (L.) Greuter and

*Behenantha* (Otth) Endl., are represented in North Africa with eight sections (*Siphonomorpha* Otth, *Silene*, *Muscipula* Oxelman, F. Jafari & Gholipour, *Portenses* F.Jafari & Oxelman,, *Sedoideae* Oxelman & Greuter, *Conoimorpha* Otth, *Melandrium* (Röhl.) Rabeler) (Mesbah et al., in prep.).

As it can be deduced from The Chromosome counts DataBase server (<http://ccdb.tau.ac.il/>) (Rice et al., 2015 and references therein), the genus *Silene* is rather karyologically polymorphic in terms of basic chromosome numbers, ploidy levels and total chromosome numbers. Its basic chromosome number can be  $x = 6, 9, 10, 12$  and  $15$  with  $x = 12$  the far most represented. The ploidy levels of the genus range from diploid to octoploid (and higher in the case of *S. ciliata*, up to 26-ploid), with the diploid  $2n = 2x = 24$  the far most represented, followed by the tetraploids and hexaploids. Diploids with  $2n = 2x = 12$  have been mentioned so far only for *S. vulgaris* from Crete (Miège and Greuter, 1973) and East Siberia under the name of *Oberna behen* (L.) Ikonn. (Krivenko et al., 2011). Diploids with  $2n = 2x = 18$  have been reported for *S. lacera* Sims (= *Oberna lacera* Ikonn.) and *S. chalcedonica* (L.) E. H. L. Krause. The species *S. conica* L. *S. coniflora* Nees ex Otth, *S. conoidea* L., *S. ammophila* Boiss. & Heldr., *S. chlorifolia* Sm., *S. falconeriana* Benth., and *S. macrodonta* Boiss. have been reported as diploid with  $2n = 2x = 20$  (Rice et al., 2015 and references therein). Another discording cytotype is the  $2n = 34$  ( $x = 17$ ) mentioned for *S. discolor* Sm. The total chromosome number can be  $2n = 12, 18, 24, 30, 34, 36, 48, 60, 72, 96$ . In *S. ciliata* Pourr., the chromosome numbers can be  $2n = 24, 25, 26, 36, 48, 120, 147-165, c.180, 192, c.204, c. 228, 240, c.264, c.312$ . Little polyploidy is observed in Central Asia, arctic and subarctic zones and subtropical regions (Popp et al., 2005) and in most taxa endemic to North and South America (Kruckeberg, 1954, 1960; Bocquet, 1969; Popp & Oxelman, 2007; Frajman *et al.*, 2018), and numerus species from Western Asia (Sheidai et al., 2008, 2011; Gholipour & Sheidai, 2010).

The *Silene* shows a considerable taxonomic diversity in Algeria. It comprises 71 species, among which 12 are strictly endemic to Algeria in particular to the northern part of the country and 13 taxa are shared with other North African countries (Dobignard & Chatelain, 2011). Fourteen of these endemic or rare taxa are listed as protected species under the Algerian law (J.O.R.A., 2012) and/or mentioned as threatened in the IUCN Red List of Threatened species (Walter & Harriet, 1998).

Despite the numerous karyological studies reported on the genus all over the world, and the presence of several endemic species in North Africa, this latter remains understudied in this part of its distribution area.

In the present study, we report and discuss the chromosome counts of ten *Silene* taxa (including one endemic and two subendemics) belonging to four important taxonomic sections in North Africa: Section *Siphonomorpha*, Section *Silene*, Section *Muscipula* and Section *Behenantha* (Tab. 1).

**Tab.1.** List of the taxa treated in this study.

Section*	Species	2n	Ploidy	Locality	References
<i>Siphonomorpha</i>	<i>S. andryalifolia</i> Pomel	24	2x	Spain,po	Talavera & Bocquet 1976
	<i>S. sessionis</i> Batt.	/	/	/	/
<i>Silene</i>	<i>S. secundiflora</i> Otth	24	2x	Spain, Spain, Morocco	Gadella <i>et al.</i> , 1966; Chepinoga <i>et al.</i> , 2009; Talavera et Bocquet, 1976.
	<i>S. nocturna</i> L.	24		Portugal	Blackburn & Morton, 1957
	<i>S. diversifolia</i> Otth	24	2x	Spain,Portugal	Talavera et Bocquet, 1976; Blackburn & Morton, 1957.
	<i>S. fuscata</i> L.	24		Spain,Portugal	Talavera et Bocquet, 1976 ; Blackburn & Morton, 1957.
	<i>S. gallica</i> L.	24	2x	Morocco, Spain,Portugal	Blackburn & Morton, 1957; Talavera & Bocquet, 1976; Dalgaard, 1986
	<i>S. atlantica</i> Coss.	/	/	/	/
<i>Muscipula</i>	<i>S. reticulata</i> Desf.	/	/	/	/
<i>Behenantha</i>	<i>S. vulgaris</i> (Moench) Garcke subsp. <i>vulgaris</i>	24/ 48	2x/4x	Portugal, British Islands	Blackburn & Morton, 1957

\*(Jafari, 2020)

## **Materials and methods**

In situ fixed floral buds and mature seeds were collected from wild populations of 10 taxa growing in Northern Algeria (Tab. II). The investigations were carried out at the Laboratory of Ecology and Environment of the University of Bejaia (Algeria).

To observe meiotic divisions, we used flower buds in situ fixed in a mixture made of ethanol, chloroform and acetic acid (6:3:1) stored in glass tubes at 4°C. During the lab work, we first dissected the young flower buds with addition of a drop of water. We hydrolyzed the anthers in a solution of HCl at 60°C for 10 min. Afterwards, we slightly squashed it between slide and coverslip in a drop of lactopropinic orcein for 3-4 min at 60°C (Dyer, 1963). Then, we examined the metaphases I and II plates under the magnification (x100). Finally, we photographed the successful plates using an OPTIKA B-350 microscope with integrated digital camera.

To count chromosomes from somatic cells, we first treated root tips of germinated seeds with 8-hydroxyquinolein 0.002 M during 4h. Therefore, we fixed the root tips using acetic acid-alcohol (1:3) for 24h. The day after, we hydrolyzed the root tips with a solution of normal HCl in a water bath at 60°C for 10 min. After hydrolysis, we squashed the root tips between slide and coverslip in a drop of lactopropinic orcein and placed them in a water bath at 60°C for 7 min. At the end, we observed the preparation under the light microscope. Then, we counted well separated chromosomes using magnification (x100). Finally, we photographed the successful preparations using an OPTIKA B-350 microscope with integrated digital camera.

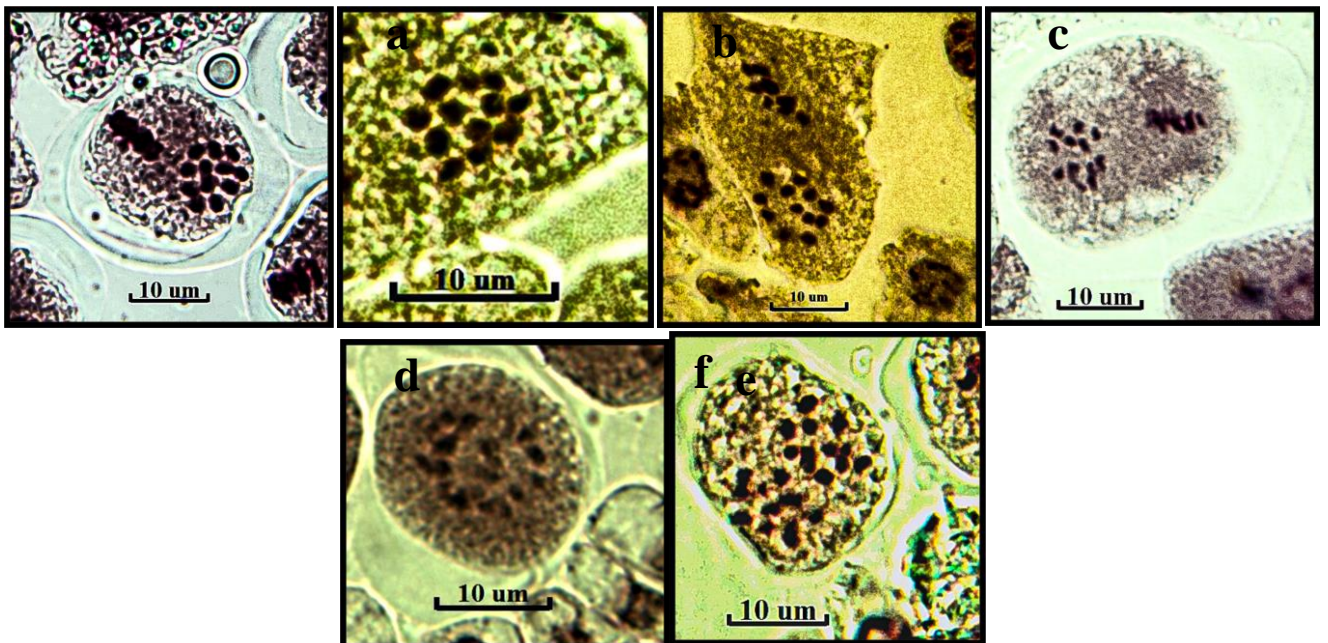
Specimen vouchers of the investigated material have been deposited at the ENSA herbarium (Ecole Nationale Supérieure Agronomique, s.benhouhou@ensa.dz).

**Tab. 2.** List of the population sampled with geographical coordinates.

Species	Locality	Alt. (m)	Sampling date	GPS
<i>S. andryalifolia</i>	Ath Ziki, Bejaia	1380	14/07/2017	36°32'12.00"N 4°31'16.65"E
	Ivaoualen, Bejaia	1412	06/05/2017	36°32'7.89"N 4°28'6.06"E
<i>S. sessionis</i>	Cap Bouak, Bejaia	43	01/06/2017	36°45'38.0"N 5°06'13.8"E
<i>S. secundiflora</i>	Boumerdes	24	14/06/2017	36°.45' 48"N 3°.29'17"E
	Gouraya, Bejaia	454	11/04/2018	36°46'5.13"N 5°5'24.49"E
<i>S. nocturna</i>	Gouraya, Bejaia	454	28/04/2018	36°46'5.13"N 5°5'24.49"E
	Beni ksila 1, Bejaia	90	29/04/2017	36°52'15.73"N 4°48'20.75E
	Tazrout, Bejaia	840	09/05/2017	36°38'26"N 4°28'06"E
	Aïn Skhoun, Bejaia	143	20/04/2017	36°45'31"N 5°01'30"E
	Beni Ksila 2, Bejaia	503	29/04/2017	36°52'19.47"N 4°45'31.15E
<i>S. diversifolia</i>	Crête Rouge, Bouira	464	24/02/2018 26/04/2017	36°21'51.27" N4°7'E
<i>S. fuscata</i>	El Kantina, Algiers	44	10/02/2017	36°43'54.912"N 2°52'9.02E
	Tikjda, Bouira	1545	24/04/2017	36°26'53.5"N 4°07'21.9"E
<i>S.gallica</i>	Jijel,	16	14/04/2017	36°49'16"N 5°45'46"E
<i>S.atlantica</i>	Takoucht, Bejaia	690	04/07/2017	36°35'39"N 4°29'10"E
<i>S. reticulata</i>	Aïn Skhoun, Bejaia	143	02/07/2014	36°45'31"N 5°01'30"E
	Ath salah, Bejaia	997	20/04/2017	36°36'11.1"N 4°30'49.7"E
<i>S. vulgaris</i> subsp. <i>vulgaris</i>	Univ. Campus, Bejaia	29	19/02/2017	36°45' 05"N 5°02'19"E
	Pôle Univ., Bouira	598	10/02/2017	36°22'44.78"N 3°52'31.48E

## Results

In this study, we treated for the first time the karyological analysis of the endemic species restricted to Algeria (*Silene sessionis*) and the sub-endemic species shared with Morocco (*S. atlantica* and *S. reticulata*). In addition, we treated some widespread taxa, mainly Mediterranean, for the first time in the Algerian populations. Figure 1 and Figure 2 show the meiotic and mitotic metaphase plates respectively. For all the investigated material, the meiotic metaphase plates are of  $n = 12$  (Fig. 1a-f)), and the mitotic metaphase plates of  $2n = 24$  (Fig.2a-i), denoting diploid karyotypes of  $2n = 2x = 24$ . Except for *S. vulgaris* subsp. *vulgaris* for which a number of  $2n = 4x = 48$  was counted (Fig. 2).

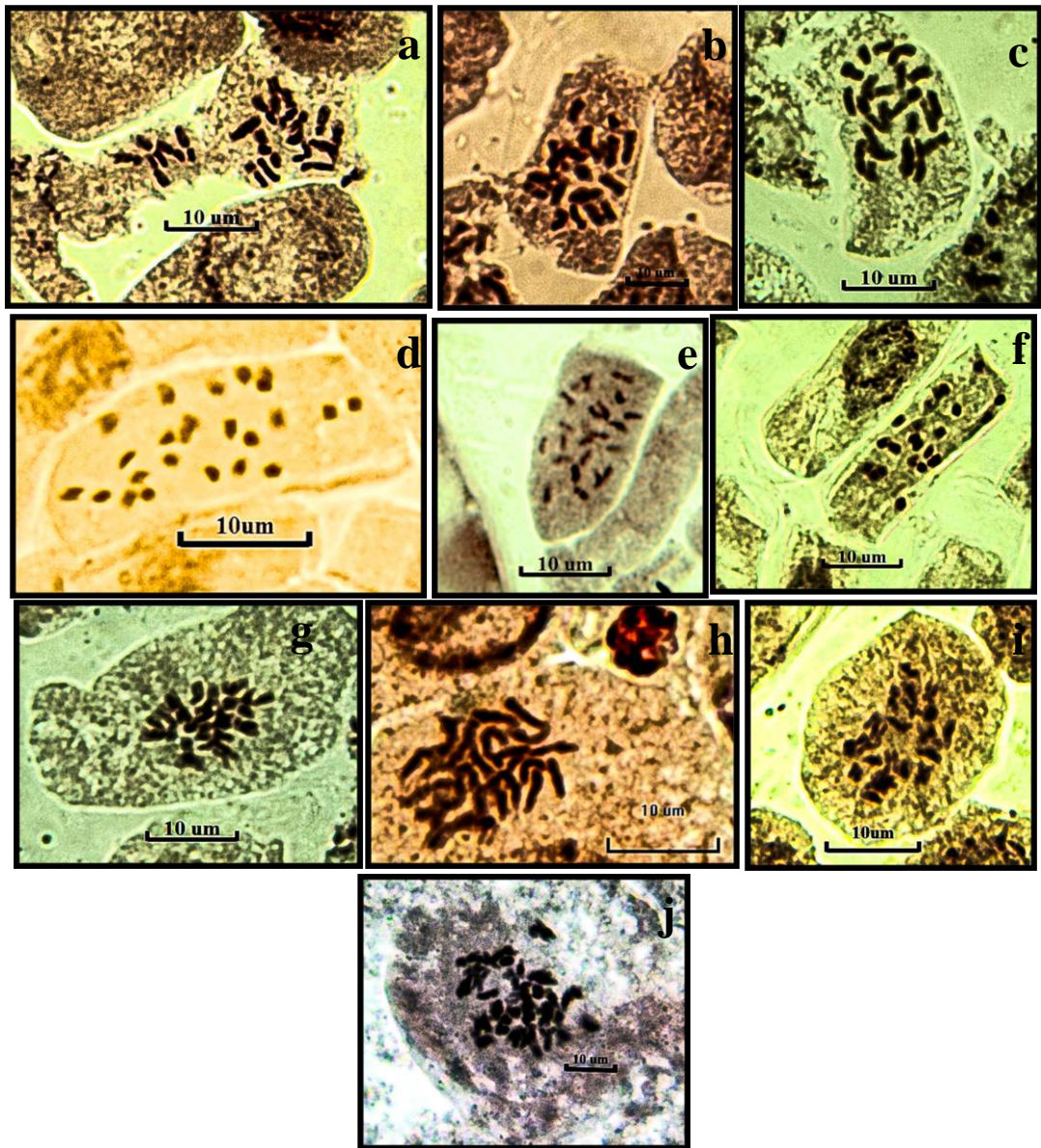


**Fig. 1:** Meiotic plates of the studied species. (Les lettres a, b c....etc à mettre en blanc sur la figure)

*S:* **a.** *Silene andryalifolia* (Metaphase II plate,  $n = 12$ );

**b.** *Silene secundiflora* (Metaphase II plate,  $n = 12$ ); **c.** *Silene nocturna* (Metaphase II plate,  $n = 12$ ); **d.** *Silene diversifolia* (Metaphase II plate,  $n = 12$ ); **e.** *Silene fuscata* (Metaphase II plate,  $n = 12$ ) **f.** *Silene reticulata* (Metaphase II plate,  $n = 12$ ).





**Fig.2.** Mitotic metaphase plates of the studied species

- a.** *Silene andryalifolia* ( $2n = 24$ ); **b.** *Silene sessionis* ( $2n = 24$ );  
**c.** *Silene secundiflora* ( $2n = 24$ ); **d.** *Silene nocturna* ( $2n = 24$ ); **e.** *Silene diversifolia* ( $2n = 24$ );  
**f.** *Silene fuscata* ( $2n = 24$ ); **g.** *Silene gallica* ( $2n = 24$ ); **h.** *Silene atlantica* ( $2n = 24$ );  
**i.** *Silene reticulata* ( $2n = 24$ );  
**j.** *Silene vulgaris* subsp. *vulgaris* ( $2n = 48$ )

## Discussion

Flower buds and root meristems allowed us to study the meiotic and mitotic cells of 10 taxa of the genus *Silene*. Two ploidy levels were revealed: diploid with  $2n = 2x = 24$  ( $x = 12$ ) in all taxa except *S. vulgaris* subsp. *vulgaris* which is tetraploid with  $2n = 4x = 48$ .

For *S. andryalifolia*, we counted a number of  $n = 12$  ( $2n=24$ ). This result is in accordance with those reported on populations from Sagunto Valencia and Madrid (Spain) (Gadella et al., 1966, Fernandes & Leitao, 1971) and on Moroccan populations (Chepinoga et al., 2009).

The diploid status ( $2n = 24$ ) observed for our *S. nocturna* populations is shared with many authors (Löve & Kjellqvist, 1974; Degraeve, 1980, Colombo & Trapani, 1991; Luque & Lifante, 1991; Lifante et al., 1992; Runemark, 1996; Valdés & Parra, 1997. We can consider it as somehow representative of the whole Mediterranean area: Iberian Peninsula (Talavera & Bocquet 1975), Sicily (Colombo & Trapani, 1991) and Israel (Lifante et al. 1992).

Concerning *S. diversifolia* (= *S. rubella*), our counts of  $2n = 24$  agree with those found for Portuguese (Blackburn & Morton, 1957) and Spanish populations (Lidén, 1980).

*S. fuscata* is a widespread species in the Mediterranean basin. All the chromosome counts reported for this species throughout its distribution area are of  $2n = 24$  (Blackburn, 1928; Blackburn & Morton, 1957; Degraeve, 1980) which is in agreement with our counts on the investigated material.

Our *S. gallica* material was also a diploid with  $2n = 2x = 24$ . The chromosome numbers of European and American populations of this species are extensively studied from a karyological point of view. All the counts reported for it are similar to our observations (Rice et al., 2015 and references therein).

*S. vulgaris* subsp. *vulgaris* showed a tetraploid number of chromosomes with  $2n = 4x = 48$  ( $x = 12$ ). The same number has been reported for this taxon from Portugal (Blackburn & Morton, 1957; Fernandes & Leitao, 1971; Bocquet & Favarger, 1971), and Greece (Horovitz, & Dolberger. 1983). In contrast, Loon (1980) has counted  $2n=24$  in the Italian population. This diploid count of  $2n = 24$  has also been mentioned from Slovakia (Murin & Májovský, 1987), Austria (Kiehn et al., 1991) and Poland (Skalinska et al., 1974)...). Bari (1973) has already noticed this variation of ploidy levels in the genus *Silene*. He has linked it to the latitude and

the altitude variation. The same explanation is proposed by Briggs & Walters (1969) and Degraeve (1980). Blackburn & Morton (1957) on their side explained it by the temperature variations during the glaciations. Chromosome counts of  $2n = 2x = 12$  ( $x=6$ ) have also been mentioned in rare cases for *S. vulgaris* as we have seen (Miège and Greuter, 1973); Krivenko et al., 2011). The involvement of an ancestral primary  $x = 6$  is obvious and contribute to explain the origin of  $x = 9$  (combination through hybridization of  $2n = 24$  and  $2n = 12$ , and  $x = 15$  (Hybridization of  $2n = 48$  by  $2n = 12$  for example to beget a pentaploid with a primary  $x = 6$  or an hexaploid with a primary  $x = 5$  suggested by the secondary  $x = 10$ ).

Ghazanfar (1983) has treated many species of *Silene* section *Siphonomorpha* from the Mediterranean basin. In her study, she revealed that Section *Siphonomorpha* is diploid with  $2n = 24$ . Our own data confirm the ploidy level of the Algerian members of this section.

The chromosome counts for *Silene* section *Silene* in our study are  $2n = 24$ , a multiple of  $x = 12$ . In earlier classification (Greuter, 1995), the section was divided into six sections: *Rubellae* (Batt.) Oxelman & Greuter, *Dipterospermae* Rohrb., *Nicaeenses* (Rohrb.) Talavera, *Scorpioideae* (Rohrb.) Fedor., *Succulentae* Boiss. and *Fruticulosae* (Willk) Chowdhuri . The section *Silene* is the most diverse in North Africa (Mesbah et al., in prep). However, Löve (1985) and Galland (1988) reported one particular case of tetraploidy corresponding to the perennial species *Silene ayachica* Humbert growing at 1800-3800m on the Great Atlas in Morocco (Maire, 1963). The old section *Atocion* grouped eleven taxa from Maghreb among which seven are endemic to the area. Unfortunately, we couldn't explore those endemic taxa from the cytological point of view because they are hard to find in the field.

There is no particular karyological study dedicated to section *Muscipula* except for *Silene muscipula* (Blackburn, 1928; Löve et al. 1974), *Silene martyi* Emb. & Maire, and *S. inaperta* L. (Blackburn & Morton, 1957; Talavera & Bocquet, 1976) all three with  $2n = 24$ . The count of  $2n = 24$  found in the first study for *S. reticulata* supports the diploidy of the section.

*Silene* section *Behenantha* is a small taxon with eleven species (Jafari et al., 2020). This section seems to be of a diploid level with  $2n=2x=24$  as suggested by the  $2n = 24$  counts reported for *S. behen* L. (Runemark, 1996), *S. pendula* L. (Loon Van & Jong, 1978), *S. fabaria* (L.) Sm. (e.g. Degraeve, 1980). In this section, *S. vulgaris* is the unique taxon with both diploid and tetraploid levels.

## Conclusion

The result reported in this study confirm a diploid level in *S. secundiflora*, *S. nocturna*, *S. rubella*, *S. fuscata*, *S. gallica*, *S. andryalifolia* and tetraploid level in *S. vulgaris* subsp. *vulgaris*. Chromosome number determined for the endemic *Silene sessionis*, and the subendemic *S. atlantica* and *S. reticulata* is diploid  $2n = 2x = 24$  ( $x = 12$ ). The chromosome counts of these ten taxa with the documented chromosome counts of the species belonging the same Section (*Siphonomorpha*, *Silene*, *Muscipula* and *Behenantha*) reveal that the chromosome number is not necessarily the same within each section. Its variation can be related to geographical distribution and low temperature. More species, especially the endemics, and more populations are required to be analysed in order to have a better view the karyological aspects of *Silene* species in North Africa.

## References

- Aparicio, A. (1993). Planes de recuperación de especies vegetales amenazadas en el Parque Natural de la Sierra de Grazalema (Cádiz-Málaga). *Acta botánica malacitana*, 18: 199-221.
- Bari, E. A. (1973). Cytological studies in the genus *Silene* L. *New Phytologist* 72(4): 833-838.
- Blackburn, K. B. (1928). Chromosome number in *Silene* and the neighbouring genera. *Österreichische Botanische Zeitschrift*, 113(2): 169-175
- Blackburn, K. B., & Morton, J. K. (1957). The incidence of polyploidy in the Caryophyllaceae of Britain and of Portugal. *The New Phytologist*, 56(3), 344-351.
- Bocquet, G., & C. Favarger. (1971). *Silva ad silenologiam* 3. Données cytologiques sur les *Silene* L. sect. *Physolychnis* (Benth.) Bocquet. (Caryophyllaceae). *Naturaliste Canad.* 98: 251-260.
- Bocquet, A. (1969). L'Isère préhistorique et protohistorique (I). *Gallia préhistoire*, 12(1): 121-258.
- Boissier, E. (1867). *Flora Orientalis*. Vol. 1. H. Georg, Basil, 1017.
- Briggs, D., & Walters, S. M. (1969). *Plant variation and Evolution*. Weidenfeld and Nicolson, London, 229.
- Chepinoga V., Gnutikov A., Enushchenko I. V. et Rosbakh S. A. (2009). IAPT/IOPB chromosome data 8. *Marhold*, 58 (4): 1281-1289.
- Chowdhuri, P. K. (1957). Studies in the genus *Silene*. Notes from the Royal Botanic Garden. *Edinburgh*, 22: 221-278.
- Colombo, P., & Trapani, S. (1991). Ricerche anatomiche su *Limonium cosyrense* (Guss.) Kuntze e su *Limonium secundirameum* (Lojac.) Brullo, endemiche dell'isola di Pantelleria. *Atti Accad. Sci. Lett. Arti Palermo*, 9: 1-18.
- Dalgaard, V. (1986a). Chromosome studies in flowering plants from Macaronesia. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 43: 83-111.
- Degraeve, N. (1980). Etude de diverses particularités caryotypiques des genres *Silene*, *Lychnis* et *Melandrium*. *Boletim Sociedade Broteriana* 53: 595-643
- Dobignard, A., & Chatelain, C. (2011). Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord, volume 3, Dicotyledonae, Balsaminaceae à Euphorbiaceae. Édition des Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève.
- Dyer, A. F. (1963). The use of lacto-propionic orcein in rapid squash methods for chromosome preparations. *Stain Technology*, 38(2): 85-90.
- Fernandes, A. & M. T. Leitao. Bol., (1971). Contribution à la connaissance cytotaxinomique des spermatophyta du Portugal. III. Caryophyllaceae. *Boletim da Sociedade Broteriana*, 245: 143-176.

- Frajman, B., Schönswetter, P., Weiss-Schneeweiss, H., & Oxelman, B. (2018). Origin and diversification of South American polyploid *Silene* sect. *Physolychnis* (Caryophyllaceae) in the Andes and Patagonia. *Frontiers in Genetics* 9 : 639.
- Gadella Th. W. J., Kliphuis., E. & Mennega E. A. (1966). Chromosome numbers of some flowering plants of Spain and S. France. *Acta Botanica Nterlandica*, 15(2):484-489.
- Galland, N. (1988). Recherche sur l'origine de la flore orophile du Maroc, étude caryologique et cytogéographique. *Trav. Inst. Sci. Univ. Mohammed V, Série Botanique*, 35: 1-168.
- Ghazanfar, S. A. (1983). Cytological Studies in the Genus *Silene* L. *New Phytologist*, 93(1): 123-127.
- Gholipour, A., & Sheidai, M. (2010). Karyotype analysis and new chromosome number reports in *Silene* species (sect. *Auriculatae*, Caryophyllaceae). *Biologia*, 65(1), 23-27.
- Greuter, W. (1995). *Silene* (Caryophyllaceae) in Greece: a subgeneric and sectional classification. *Taxon*, 543-581.
- Horovitz, A., & Dulberger, R. (1983). The genetic basis of gender in *Silene vulgaris*. *Heredity*, 51(1): 371-376.
- J.O.R.A., (2012). Décret exécutif du 18 janvier 2012, complétant la liste des espèces végétales non cultivées et protégées. *Journal Officiel de la République Algérienne*, n° 3(12) : 12–38.
- Jafari, F., Zarre, S., Gholipour, A., Eggens, F., Rabeler, R. K., & Oxelman, B. (2020). A new taxonomic backbone for the infrageneric classification of the species-rich genus *Silene* (Caryophyllaceae). *Taxon*, 69(2): 337-368.
- Kiehn, M., ViTEK, E., Hellmayr, E., Walter, J., Tschenett, J., Justin, C., & Mann, M. (1991). Beiträge zur Flora von Österreich: Chromosomenzählungen. *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich* 128: 19-39.
- Krivenko D. A., Violetta Kotseruba V., Kazanovsky S. G., Verkhozina A. V., Stepanov A. V., (2011): Oberna behen. in: *IAPT/IOPB chromosome data 11*, K. Marhold & I. Breitwieser (Ed.), *Taxon* 60 (4): 12-22.
- Kruckeberg, A. R. (1954). Chromosome numbers in *Silene* (Caryophyllaceae): I. *Madroño*, 12(8): 238-246.
- Kruckeberg, A. R. (1960). Chromosome numbers in *Silene* (Caryophyllaceae). II. *Madroño*, 15(7): 205-215.
- Lidén, M. (1980). New and noteworthy species in Spain. *Lagascalia*, 9 (2): 131-135.
- Lifante, Z. D., Luque, T., & Bárbara, C. S. (1992). Chromosome numbers of plants collected during *Iter Mediterraneum II* in Israel. *Bocconea*, 3: 229-250.
- Loon J.C. - 1980. Chromosome number reports LXIX. *Taxon*, 29(5-6): 703-730.

- Löve, A. & Kjellqvist, E. (1974a). Cytotaxonomie des plantes espagnoles III. Dycotiledons : Salicaceae-Rosaceae. *Lagasalia* 4(1) : 3-32
- Löve, Á. (1985). Chromosome number reports LXXXVI. *Taxon*, 159-164.
- Luque, T., & Lifante, Z. D. (1991). Chromosome numbers of plants collected during Iter Mediterraneum I in the SE of Spain. *Bocconeia*, 1(1): 303-364.
- Maire R. (1963). Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). Edition Paul Lechevalier, Paris. Volume 10, 229.
- McNeill JF, Barrie F, Burdet HM, Demoulin V, Hawksworth DL, Marhold K, Nicolson DH, Prado J, Silva PC, Skog JE, Wiersema J, Turland NJ, eds (2006). International Code of Botanical Nomenclature (Vienna Code). *Regnum Vegetabile* Koeltz Scientific Books, Königstein. 146.
- Miège J. and W. Greuter, (1973): Nombres chromosomiques de quelques plantes récoltées en Crète. *Ann. Mus. Goulandris* 1: 105-111.
- Murín, A., & Májovský, J. (1987). Karyological study of the Slovak flora XIX. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Botanica*, 34, 3-20.
- Murín, A., & Májovský, J. (1987). Karyological study of the Slovak flora XIX. *Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Botanica*, 34, 3-20.
- Oth, A. (1824). *Silene* L. *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*, de Candolle, Genève. 1: 341-385.
- Oxelman, B., Rautenberg, A., Thollesson, M., Larsson, A., Frajman, B., Eggens, F., Brandtberg-Falkman, A. (2013). *Sileneae* taxonomy and systematics. Available from <http://www.sileneae.info>.
- Oxelman, B. (1991). *Silene diversifolia* Oth and related species in Europe. *Botanical journal of the Linnean Society*, 1: 15-117.
- Popp, M., & Oxelman, B. (2007). Origin and evolution of north american polyploid *Silene* (caryophyllaceae). *American Journal of Botany*, 94(3), 330-349.
- Popp, M., Erixon, P., Eggens, F., & Oxelman, B. (2005). Origin and evolution of a circumpolar polyploid species complex in *Silene* (Caryophyllaceae) inferred from low copy nuclear RNA polymerase introns, rDNA, and chloroplast DNA. *Systematic botany*, 30(2): 302-313.
- Rice, A., Glick, L., Abadi, S., Einhorn, M., Kopelman, N. M., Salman-Minkov, A., ... & Mayrose, I. (2015). The Chromosome Counts Database (CCDB)—a community resource of plant chromosome numbers. *New Phytologist*, 206(1): 19-26.
- Rohrbach, P. (1868). *Monographie der Gattung Silene*. Verlag Von Wilhelm Engelmann, Leipzig. 249.
- Runemark, H. (1996). Mediterranean chromosome number reports 6 (590-678). *Flora Mediterranea*, 6: 223–243.

- Sheidai, M., Eftekharian, R., Gholipour, A., & Noormohammadi, Z. (2011). Population Diversity and Polyploidy Incidence in 3 *Silene* Species. A Cytological Approach. *Cytologia*, 76(4): 395-402.
- Sheidai, M., Nikoo, M., & Gholipour, A. (2008). Cytogenetic variability and new chromosome number reports in *Silene* L. species (Sect. *Lasiostemones*, Caryophyllaceae). *Acta Biologica Szegediensis*, 52(2): 313-319.
- Skalinska, M., Malecka, J., & Izmailow, R. (1974). Further studies in chromosome numbers of Polish Angiosperms tenth contribution. *Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica*, 17(2).
- Talavera S., & Bocquet G. (1976). Notas sobre el genero *silene* L. en espana. II. Numeros cromosomicos de las especies espanolas (excepto sect. *scorpioideae* (Rohrb.) Chowdhuri Y *S. Vulgaris* (Moench) Gark). *Lagascalía*, 6 (1): 101-116.
- Talavera, S., & Bocquet, G. (1975). Notas sobre el genero *silene* l. en españa. i. numeros cromosomicos de la sect. *scorpioideae* (rohrb.) chowdhuri. *Lagascalía*, 5(1) : 47-54.
- Valdés, B., & Parra, R. (1997). Números cromosómicos de plantas de Marruecos, I. *Lagascalía*, 20(1): 161-166.
- Walter K.S., & Gillet H.J., (1998). 1997 IUCN red list of threatened plants. Gland, Switzerland, IUCN.
- Williams, F. N. (1896). Revision of the Genus *Silene* Linn. *Linnean Journal of Botany*, 32: 146.



***Chapitre 4:***  
***Révision***  
***Taxonomique***

## A phylogenetic study of the genus *Silene* (Caryophyllaceae) in North Africa

### Abstract

Gene trees of nuclear region ITS and the plastid *rps16* intron performed using Bayesian analysis and species tree inferred under the multispecies coalescent model are used to revise the phylogenetic position and nomenclatural status of spontaneous species of North Africa. The gene trees obtained allow us to complete the sections *Siphonomorpha*, *Muscipula*, *Behenantha*, *Sedoides* and *Coinomorpha* by 11 taxa never sequenced before or that they're sequenced for the first time in North Africa. The *Silene* section *Silene* is the most diverse in North Africa with at least 55 recognizable taxa at the species level and below. The previous suggested phylogenetic circumscription of sect. *Silene* was corroborated, including North African representatives sections *Atocion*, *Dipterospermae*, *Fruticulosae*, *Nicaeenses*, *Scorpioides*, *Silene*, *Succulentae* form a strongly supported clade encompassed to *S. sect. Silene*. *Silene ciliata* is resolved as not monophyletic. It forms two sister clades, where the western European *S. ciliata* is grouped with Uruguayan *S. legionensis* and the Eastern *S. ciliata* groups with North African and Iberian taxa previously classified in section *Scorpioidae*.

These results support the distinction between the two entities that can be considered as two different species. In addition, the position of *S. cisplatensis* confirms the recent introduction of this taxon to South America as suggested in previous phylogeny. Seven taxa that are taxonomically ambiguous in North Africa (*S. nocturna*, *S. mutabilis*, *S. neglecta*, *S. pomeli*, *S. villosa*, *S. reverchonii* and *S. rubella*). *S. nocturna* versus *S. mutabilis* versus *S. neglecta* show nomenclatural confusion in Linnaean type specimens. This complex requires further study based on biometry and more sequencing at the Mediterranean scale. Four taxa related to the former taxon *S. rubella* are recognized; the Mediterranean *S. diversifolia*, the Iberian species *S. bergiana*, Moroccan taxon *S. volubilitana* Braun-Blanq. and the Italy and Algero-tunisian *S. turbinata*. The MSC tree revealed the presence of a new species for Morocco that requires morphological characterization. The missing vouchers of *S. villosa* and the incomplete type specimen of *S. reverchonii* *Silene* didn't allow us to explain the origin of their doubtful position in the tree.

## Introduction

Mediterranean biodiversity hotspots have long been noted for exceptionally high numbers of rare and endemic plants (Cowling *et al.*, 1996; Sauquet *et al.*, 2009). Being a considerable part of the Mediterranean region and affected by the Atlantic Ocean, the arid weather and the proximity of the tropical flora, the North African flora has a history of rapid diversification (Médail *et al.*, 2009, Médail & Quézel, 2018). However, the delimitation of the North African flora region has been unstable. Biogeographical and bioclimatic factors have caused serious overlappings between the different ecoregions in this area (García-Aloy *et al.*, 2017). In this work, we use the delimitation proposed by Dobignard & Chatelain (2010) with the exclusion of the Canary Islands who host a particular flora difficult to group with North Africa (García-Aloy, 2017, Naciri *et al.*, 2017).

*Silene* is the largest genus of the family *Caryophyllaceae*. It contains about 850 species worldwide (Oxelman *et al.*, 2013, Jafari *et al.* 2020). It is distributed in the temperate region of the northern hemisphere, particularly in the Mediterranean area and Southwest Asia (Greuter, 1995). The plants occur from high-elevation humid mountains in relatively dry habitats, to the most arid sandy soils in steppe areas and deserts of the central Sahara. Latitudinally, they occur from the humid subtropical climate to the glacial polar zone (Popp & al., 2005, Jafari, 2020).

The genus *Silene* has undergone four morphological classifications that have encompassed the majority of the world's species. (Otth, 1824; Rohrbach, 1868; Williams, 1896; Chowdhuri; 1957).

Major regional revisions such as those made by Boissier (1867), Schischkin (in Komarov, 1936), Melzheimer (in Rechinger, 1988), Greuter (1995), Chater *et al.* (1993) have made other important contribution to the classification of the genus *Silene* at the Mediterranean scale but none of them treated the North African taxa.

Maire (1963) was inspired by the Rohrbach classification and proposed the hitherto most complete classification for North African *Silene*. He subdivided the genus into 3 subgenera: *Behen* Bunge, *Conosilene* Rohrb. and *Eusilene* Rohrb. The latter subgenus was further subdivided into 4 sections (*Pleiogynae* Pax & Hoffm., *Cincinnosilene* Rohrb., *Dichasiosilene* Rohrb. and *Botryosilene* Rohrb.) and several subsections. Rahou and Amssa (2003),

attempted to classify 63 species from North Africa (mainly from Morocco) by following a computer processing based on 68 morphological characters. The resulting classification subdivided the genus into 7 groups and 18 sections but this work remains taxonomically not formalised.

All these works are remarkable in a broad sense but phylogenetic studies have revealed high levels of homoplasy in morphological characters used in previous section circumscriptions (e.g. Oxelman & Lidén, 1995; Desfeux & Lejeune, 1996; Oxelman et al., 1997; Lidén & Oxelman, 2001; Popp & Oxelman, 2001, 2004; Eggens, 2006; Popp et al., 2008; Erixon & Oxelman, 2008; Frajman et al., 2009; Greenberg & Donoghue, 2011; Ghahremaninejad et al. 2014, Jafari et al. 2020).

A novel infrageneric classification proposed by Jafari al., (2020) rejected previous global classifications with a novel taxonomy based on phylogenetic hypotheses. It admits three subgenera, namely *S.* subg. *Behenantha*, *S.* subg. *Lychnis* and *S.* subg. *Silene* and 34 sections. Some sections are broadly circumscribed and are poorly resolved within. In this classification, the North African taxa appeared in all three subgenera and 8 sections (sect. *Siphonomorpha*, sect. *Muscipula*, sect. *Behenantha*, sect. *Sedooides*, sect. *Melandrium* sect. *Silene*, sect. *Coinomorpha* and sect. *Portensae*. *Silene* sect. *Silene* the most diverse section in this region was broadly circumscribed and the proportion of North African taxa has been poorly sampled.

The genus *Silene* is known for its high level of homoplasy (Oxelman *et al.*, 2011, Jafari *et al.* 2020). Several studies have shown significant polymorphism in some species e.g. *Silene diversifolia* Otth (Oxelman, 1991), *Silene gallica* L. (Gholipour & Golshahi, 2016), *Silene nocturna* L. (Bacchetta, 2014), *Silene colorata* Poir. (Brullo, 1997; Brullo et al. 2012; 2017)...The high diversity of species in this genus has given rise to several systematic studies based on various morphological, phenological and ecological criteria (ex. Oxelman, 1995; Naciri *et al.*, 2010, Yildizi et al. 2011; Peruzzi et al, 2012; 2014). Thus, successive taxonomic rearrangements in specific and sub-specific levels have increased the number of new taxa in the northern shore of the Mediterranean and Western Asia.

Dobignard and Chatelain (2011), recognized 144 taxa with 451 synonymic names for the North African flora. No comprehensive taxonomic revision has been made since. This work aims to evaluate the phylogenetic positions of spontaneously occurring species in North

Africa. We use chloroplast and nuclear markers to investigate: (i) the phylogenetic position of North African *Silene* species (ii) in particular the highly diverse and previously little studied *Silene* section *Silene*.

## **Material and methods**

### **Sampling and DNA extraction**

We sampled over 212 specimens of *Silene*, collected in North Africa. Our sample is based on fieldwork and herbarium specimens housed in the herbarium of the university of Gothenburg (GB), The National School of Agronomy (ENSA), the national history museum of Paris (MNHN-P), the herbarium of Montpellier (MPU), Geneva botanical garden-Switzerland (G) and Aix-En-Provence Marseille (MNHN-Ex-P) (Annex1).

Total DNA was extracted from 20 mg of dried leaf and flower from the herbarium specimens of various ages of tissue or 15 to 30 seeds. Leaves and flowers were subsequently grounded for 2 min at 30 Hz with a TissueLyser. Seeds were ground with mortar with the addition of liquid nitrogen. We considered two categories of sampling: material collected between 1841 and 1990 and collections dated from 1991 and later.

For the latter category, DNA isolation was realized using a commercial plant DNA extraction Kit (Nucleospin Plant II® miniprep, Macherey-Nagel, Hoerd, France). We followed the instructions given by the manufacturer. In the case of older herbarium material we used a modified CTAB protocol (Doyle & Doyle 1987; Yoon *et al.*, 1991). Modifications to the protocol involved incubating the plant material in a Carlson lysis buffer containing CTAB/beta-mercaptoethanol (40:1) solution at 65°C for one hour. One volume of cold chloroform/isoamyl-alcohol (24:1) was added to the lysate, mixed by inversion and incubated at 4°C for 5 min then we centrifuged the tubes for 10 minutes at 9,000 rpm. The supernatant was transferred to a new tube, and the extraction step repeated twice (i.e. addition of one volume of chloroform/isoamyl-alcohol to the supernatant, followed by centrifugation for 5 minutes at 9,000 rpm). An 0.1 volume of sodium acetate (NaOAc) and 2 volumes of ice-cold 95% ethanol was added to the lysate and incubated at -20°C for one week. The tubes were centrifuged at 14,500 rpm for 10 minutes, and the supernatant discarded. The resulting pellet was washed twice with 70% ethanol and centrifuged at 14,680 rpm for 2 minutes before discarding the ethanol. The pellet was eluted in 50 µL of 0.1x tris-EDTA (TE).

The DNA extracted from seeds was purified using the GeneClean Turbo kit (MP Biomedicals™ Turbo Kit GeneClean™, SPIN column, Qbiogene, France). The DNA extracted leaves and flower extractions were purified using the Ampure beads XP (1V/1V) (Peffer et al, 2014). The extracted DNA obtained from seeds were purified using the GeneClean™ Turbo Kit (MP Biomedicals™, Fisher Scientific, Ontario, Canada) according to the manufacturer's protocol. Resulted DNA was eluted in 30 µl tris-EDTA.

### **Amplification and sequencing**

Each PCR amplification was made in a PCR tube containing 25 µL of total solution (1µL of DNA and 24 µL of master mix (2µLDNA/23µL Master mix in the case of old specimens). Master mix solution for one tube contains 18.3 µL of Milli Q water, 5 µL of 5X HF PCR Buffer, 0.2 µl, of 10 mM dNTPs, 0.625 µl of each primer (20 mM), 0.25µl phusion DNA Taq polymerase 2U/ µl.

The primer pairs P17/26S-82R (Popp & Oxelman, 2001) rpsF/spsR2R (Oxelman *et al.*, 1997) were used to amplify the nuclear internal transcribed spacer (ITS) and chloroplast rps16 regions, respectively (Polymerase Chain Reaction). The PCR program involved an initial denaturation for 2 min at 98 °C, followed by 35 cycles with 15 s denaturation at 98 °C, 30" annealing at 71°C, 1 min elongation at 72 °C and a final extension step of 8 min at 72 °C . Because of unsuccessful reactions on the poor material, old material had particular treatment. After several repetitions, we managed to have amplifications by decreasing the annealing temperature for the two markers (68°C for ITS and 65°C for rps16). ITS and rps16 PCR products were checked on agarose gel electrophoresis and purified using a Qiagen Kit (pDrive, Qiagen, <http://www.qiagen.com/>) and sequenced using the Sanger technology. Plates are sent to eurofins company (<https://www.eurofins.se/> ) and one plate was sent to macrogen Europe (<https://dna.macrogen-europe.com/eng/> ).

### **Phylogenetic analysis**

Sequences were assembled and manually edited using the window of Geneious prime v 2020.2.4 software. Additionally, we included previously published sequences for ITS and *rps16*. The individual matrices comprise 188 ITS and 132 *rps16* sequences. Multiple Sequence Alignment (MSA) was performed using MAFFT v7 online service (<https://mafft.cbrc.jp/alignment/server/>) (Kato et al., 2019) with a default setting.

The Alignment was visualised and reviewed using Aliview versions 1.27 (Larsson, 2014). Bayesian inference (BI) analyses were carried out with 20 million Markov chain Monte Carlo (MCMC) generations in MrBayes 3.2 (Ronquist *et al.*, 2012). Four separate chains were run, with trees and parameter values were saved every 1000th generation in two parallel runs. We discarded the first 25% of the MCMC as burn-in and the remaining trees were used to build a consensus tree with posterior probability (PP) values.

### **Species tree inference**

Species tree analyses were performed with StarBeast2 V0.15.13 (Barido-Sottani *et al.*, 2018) implemented in BEAST v.2.6.3 (Bouckaert *et al.*, 2014, 2018) for 174 individuals. The input xml files were prepared using the template StarBeast2 V.15.13 (Barido-Sottani, 2018) implemented in BEAUti v.2.6.3. The input data was composed of two unlinked partitions containing the ITS and rps16 alignments. GTR Substitution models were used, both with rate variation across sites according to a gamma distribution with four rate categories, and a relaxed lognormal clock for both partitions. The ploidy level was set to two for both partitions. The prior growth rate was set to a lognormal distribution with mean 5 and standard deviation 2. The popPrior Scale was set to a lognormal with mean -6 and standard deviation 2. The uclMean prior for both partitions was set to a log normal distribution with mean 0 and standard deviation 5, otherwise the default priors were applied. The input file was run for 350 million iterations by logging every 50,000th iteration. Convergence and mixing were considered sufficient when each parameter had an effective sample size (ESS) higher than 200 as verified in Tracer v.1.7.1 (Rambaut *et al.*, 2018). LogCombiner v.2.6.3 (Bouckaert *et al.*, 2014) was used to discard the first 10% as a burn-in of each of the separate runs and then to combine the rest of the trees as an estimate of the posterior probabilities. The obtained trees were finally summarized in TreeAnnotator v.2.5.0 (Bouckaert & *al.*, 2014).

## **Results**

### **Amplification reactions success**

PCR amplification reactions were attempted in 212 samples for both ITS and rps16. We succeeded in obtaining verified sequences for at least one marker in 164 samples. DNA extractions from seeds were more successful compared to extraction from leaves and flowers

in old specimens (Appendix I). Using seeds allowed us to sequence some type material dated from 1841 to 1889.

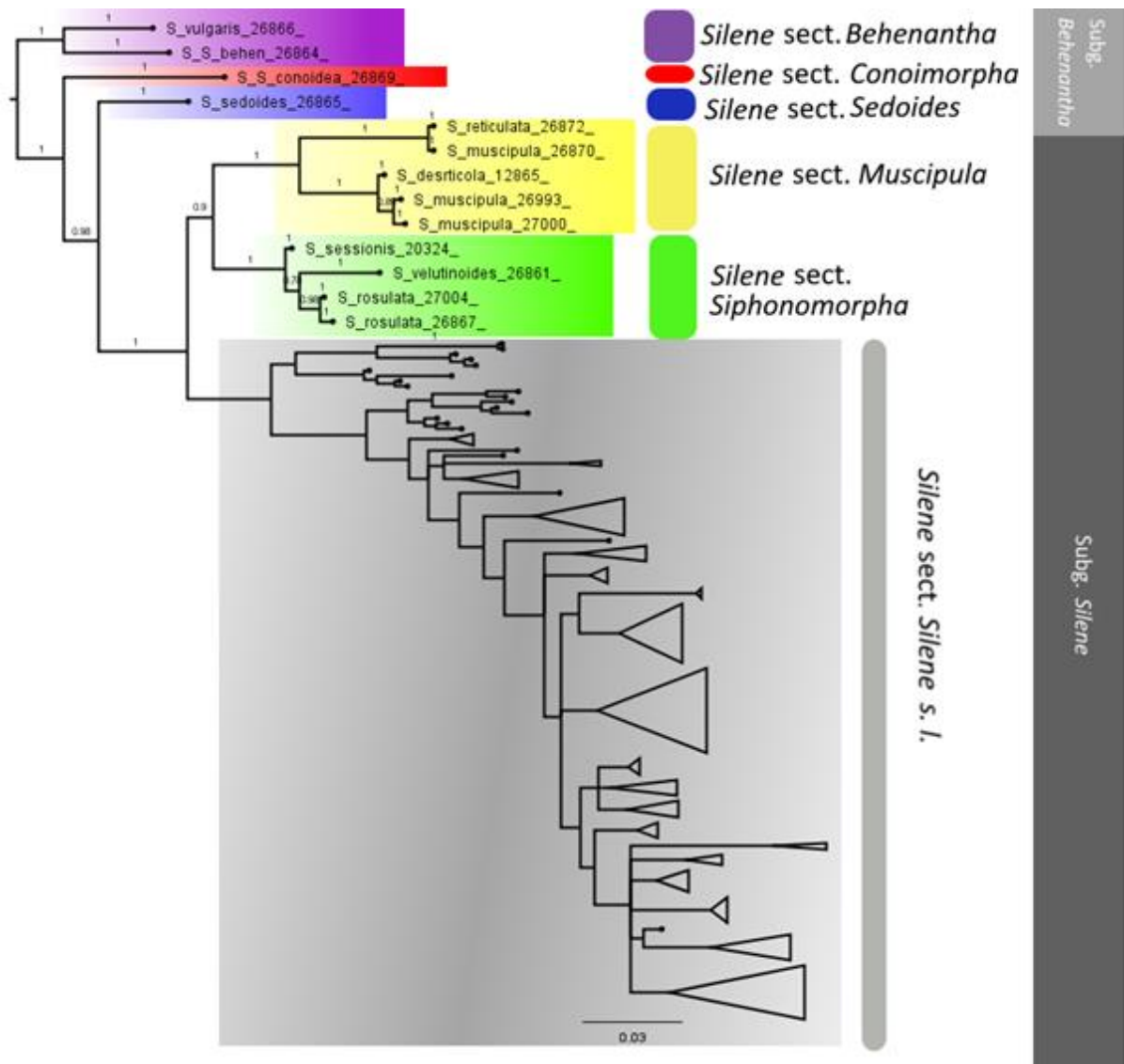
### **Phylogenetic analysis.**

The nrDNA alignment was 914 bp long and represented 188 samples. The final alignment of rps16 was 1389 bp long, from 132 samples.

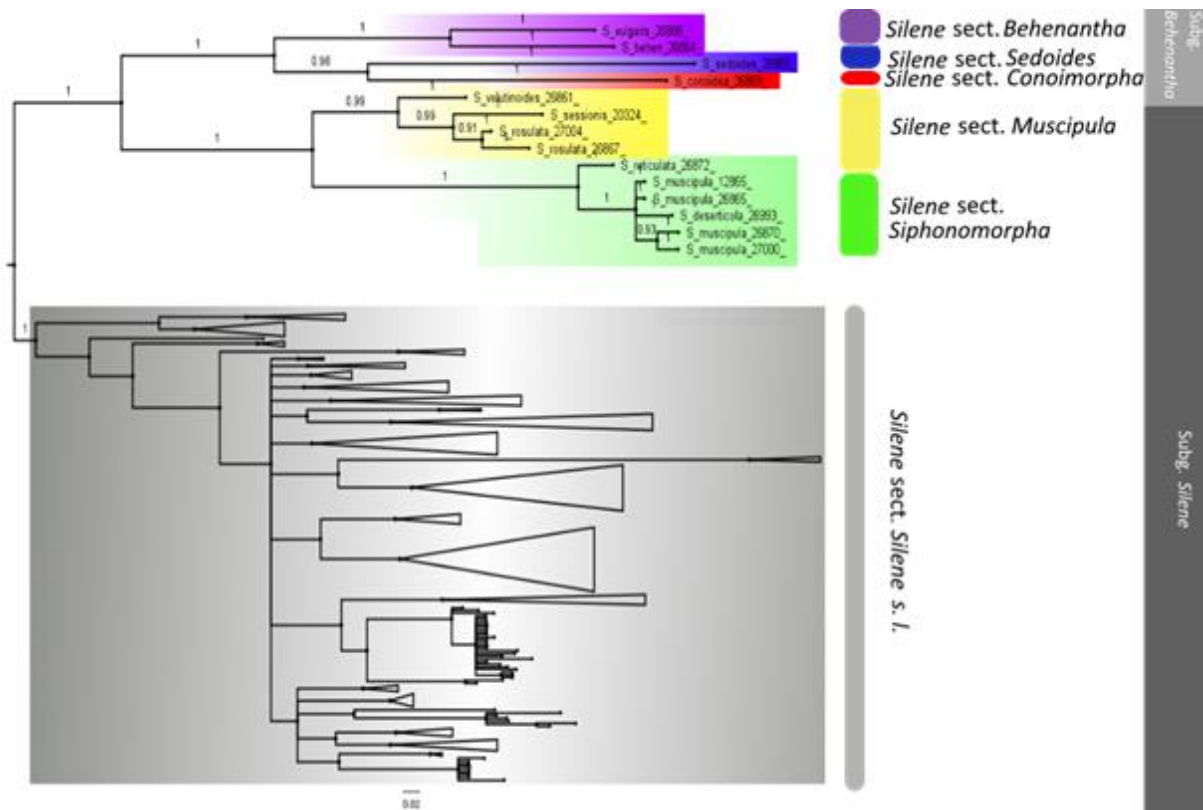
### **Gene tree**

Separate gene trees of ITS (fig.2) and rps16 (fig.1) inferred by Mr.Bayes generated largely similar tree topologies. The sequences from North Africa confirmed previous hypotheses (Jafari et al 2020 and references therein) about the positions of taxa not belonging to sect: *Siphonomorpha* Otth, *Muscipula* Oxelman, Jafari & Gholipour, *Behenantha* (Otth) Torr. & Gray, *Sedooides* Oxelman & Greuter, *Coinomorpha* Otth and *Silene* are not monophyletic. The distribution of the North African taxa is heterogeneous between the section. 11 sequences from 188 ITS and 11 sequences from 132 sequences are divided into 6 sections. The rest of the sequences (177 ITS and 121 rps16) are grouped in *S.* sect. *Silene s.l.* This last section was well treated in the species tree.

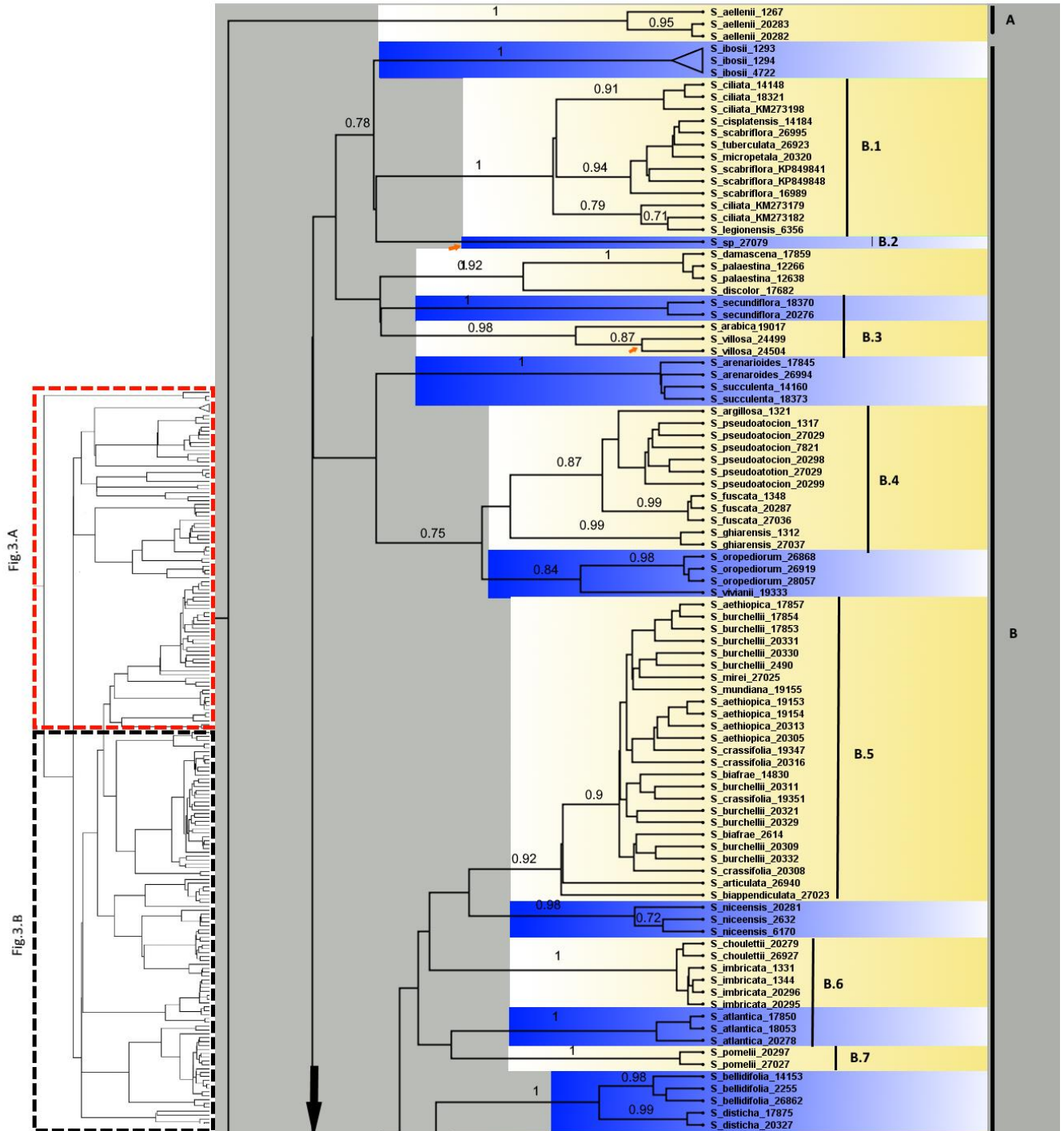




**Fig.1.** Plastid *rps16* tree based on Bayesian analysis of the genus *Silene* including 123 sequences representing North African taxa. Posterior probabilities are given above the branches. For details of the terminal names in sect. *Silene*, see Appendix (I)



**Fig.2.** ITS tree based on Bayesian analysis of the genus *Silene* including 188 sequences representing North African taxa.



**Fig.3.** Multiple Species Coalescent or Minimal Cluster (SMC) tree based on the nrDNA (ITS) and cpDNA (rps16) alignments of *Silene*. Posterior probability values  $\geq 0.70$  are indicated above branches. Taxon names are followed by specimen ID created using *Silene* database. B.1 to B.12 are discussed in the text, blue and yellow colouring shows the strongly supported clades. Red arrows point to the clades with nomenclatural ambiguities.

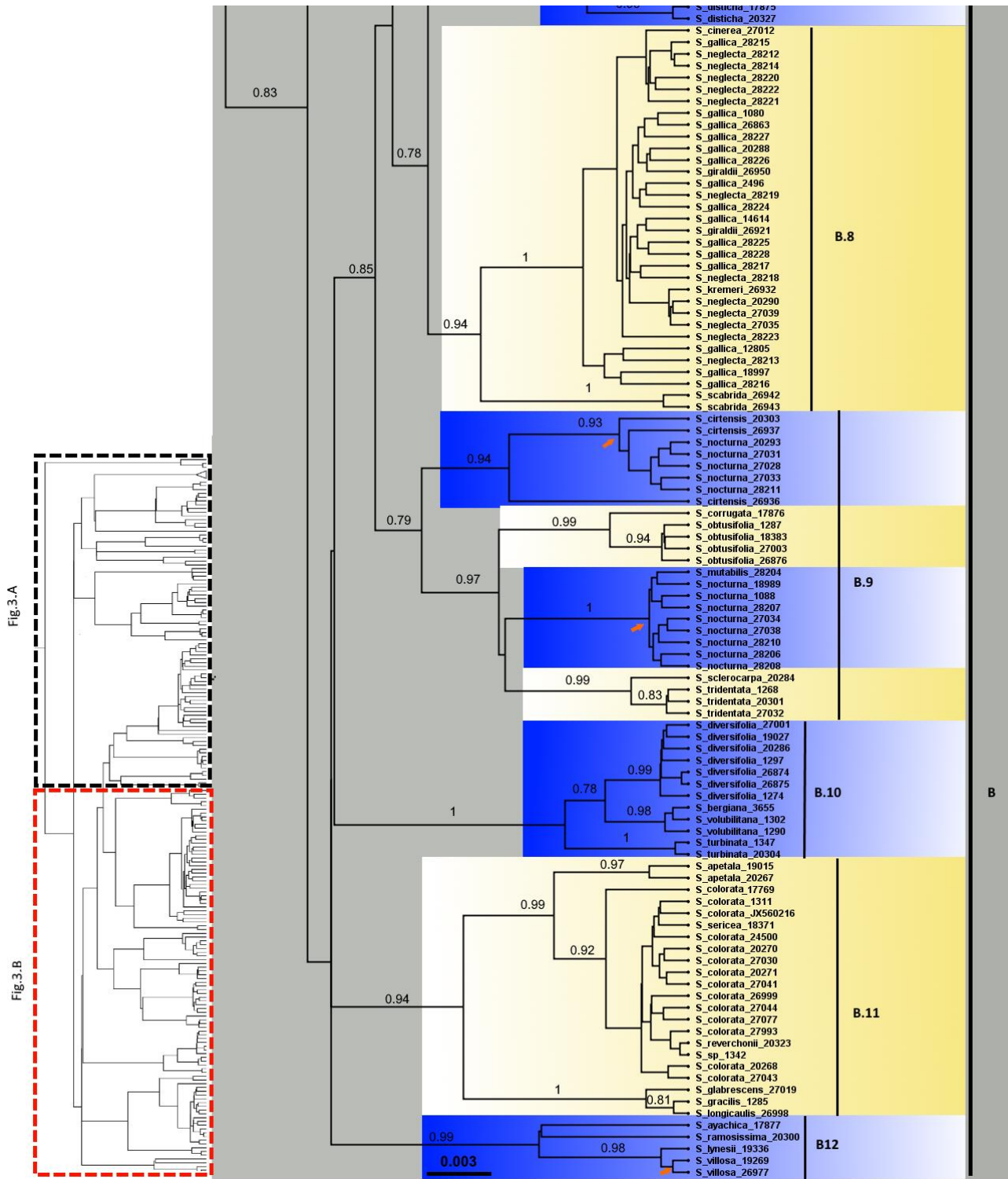


Fig. 3. Continued

## MSC tree

The topology of the MSC tree is partly congruent with the separate ITS and rps16 gene trees. *Silene aellenii* Sennen (clade A, pp=1) is supported as a sister group to the rest of the *Silene* sect. *Silene* (clade B, pp=0.83). Clade B. indicates 20 strongly supported clades with posterior probability value above 0.9. The most relevant clades are displayed by groups pointed by B.1 to B.12 in the figure 3. The relationships among the infraspecific taxa in the clades B.4, B.5, B.8 and B.11 are poorly resolved in the MSC tree.

## Discussion

In accordance with the results of Jafari et al. (2020), the classification of North African *Silene* by Maire (1963) is not supported by the phylogenetic results. ITS and rps16 trees (Fig.1-2), supported the taxonomic positions of samples of previously species belonging to subgenus *Behenantha* (*S. behen* L. and *S. vulgaris* (Moench) Garcke in *S. sect. Behenantha* , *S. conoidea* in *S. sect. Conoimorpha*, and *S. sedoides* in *S. sect. Sedoides*, Figs. 1 and 2)- The other previously unsequenced North African taxa are found in strongly supported positions corresponding to *Silene* sect. *Siphonomorpha* (pp=1), *S. sect. Muscipula* (pp=0.99) and *S. sect. Silene* (pp=1).

We completed *S. section Siphonomorpha* by the missing taxa in Naciri *et al.* (2010, 2017) (*S. rosulata* subsp. *rosulata*, *S. velutinoides* Pomel and *S. sessionis* Batt.). In section *Muscipula* we added *S. muscipula* subsp. *deserticola* L. which has not been sequenced before.

The majority of the *Silene* diversity in North Africa is clearly found in sect. *Silene*. In the MSC tree, taxa previously classified in the sections *Atocion* Otth, *Dipterospermae* (Rohrb.) Chowdhuri, *Fruticulosae* (Willk.) Chowdhuri, *Nicaeensis* (Rohrb.) Talavera, *Scorpioides* (Rohrb.) Chowdhuri, *Rubellae* (Batt.) Oxelman & Greuter, and *Succulentae* (Boiss.) Chowdhuri in Maire flora form a strongly supported clade encompassed to *S. sect. Silene*. This result is in agreement with the classification suggested by Jafari *et al.* (2020).

*Silene aellenii* (Clade A, Figure 3) previously placed in sect. *Atocion* (Chowdhuri 1957, Maire 1963) forms a sister group to the rest of the taxa belonging to the section *Silene*. It is phylogenetically distinct from the rest of the heterogeneous assemblage of taxa previously

grouped in section *Atocion* (Aydin et al. 2014, Jafari et al. 2020). Four taxa placed in sect. *Atocion* by Maire (1963) are grouped in clade B.4 (Figure 3); *S. ghiarensis* (pp=0.99) is weakly supported as sister clade to a well supported clade (pp=0.87) including *S. fuscata* Link ex Brot, *S. pseudoatocion* Desf. and *S. argillosa* Munby. *Silene ibosii* Emb.& Maire (also previously classified section *Atocion*) forms a sister clade weakly supported (pp=0.78) with the Iberian and South European perennials *S. ciliata* (clade B.1). The previous circumscription of sect. *Atocion* was based on dichasial inflorescences, which is an unusual trait in sect. *Silene* where most taxa have raceme-like, monochasial inflorescence, and a glandular indumentum. The type species, however, is the eastern Mediterranean species *Silene aegyptiaca* (L.) L.fil. Therefore, we can conclude that this infrageneric taxon does not occur in North Africa, but that further data would be desirable to confidently resolve the phylogenetic relations among these species. The B4 clade makes sense morphologically, and *S. tunetana* Murb. (sequencing attempts failed) is potentially also belonging here.

In contrast to Kyrkou et al., 2015, *Silene ciliata* Pourr. is resolved as not monophyletic. It forms a strongly supported clade (B.1; pp=1) comprising two sister clades, where the western European samples of *S. ciliata* and *S. legionensis* Leg. in one, and the Eastern *S. ciliata* samples group with North African and Iberian taxa previously classified in section *Scorpioidae* (*S. micropetala* Leg., *S. scabriflora* Brot., and *S. tuberculata* (Ball) Talavera). *S. cisplatensis* Cambess., described from Uruguay, is also found in the latter clade. It is morphologically very similar to *Silene micropetala*. This result confirms the recent introduction of this taxon to South America as suggested by Jafari et al. (2020). In addition, our results support the distinction between the two *S. ciliata* subspecies; *S. ciliata* subsp. *ciliata* west of the Alps and *S. c.* subsp. *graefferi* (Pourr.) Nyman (Blackburn, 1933, Kyrkou, 2015), but our results suggest that they can be considered as two different species.

The Libyan annuals *Silene biappendiculata* Ehrh. ex Rohrb. and *S. articulata* viv. and the Tibesti perennial *S. mirei* Chevassut & Quézel are found in a strongly supported clade (B.5, pp=0.92) with other African taxa found in the south of Sahara (*S. burchellii* Oth., *S. aethiopica* Burm., *S. crassifolia* L., *S. mundiana* Eckl. & Zeyh. and *S. biafrae* Hook.). These results support the hypothesis about the biogeographical origin of the south African taxa proposed by Moilola *et al.*, (2021), and suggests that the root of southern migration may be found in the southeastern parts of the Mediterranean, and possibly that the origin of perennial lifespan is associated with colonization of the southern areas.

In previous classifications the section *Fruticulosae* comprises only perennial species, here represented by the North African species *S. atlantica* Coss., *S. choulettii* Coss. and *S. ayachica* Humbert (Maire, 1963), as well as the European *S. ciliata*, *S. legionensis*, and the southern African taxa mentioned in the previous paragraph. Clearly, this section is here revealed as non-monophyletic, with annual/perennial shifts occurring more than once. *Silene imbricata* and *S. choulettii* form a strongly supported clade in the MSC tree (clade B6, Figure 3). Battandier (1891) reported similarities between *S. imbricata* and *S. choulettii* especially during the first bloom. These taxa have never been grouped in the same section before, because of their life form (perennial and annual). They also show similarities in seed features, calyx nerves, glabrous stamen filament and carpophore size.

Clade B8 set up a well supported clade (pp=0.94; Figure 3B) grouping six species previously placed in *Nicaeensis* (*Silene kremeri* Soy.Will. and *Silene cinerea* Desf.) and *Scorpiodae* (*Silene gallica* L., *Silene neglecta* Ten., *Silene giraldii* Guss., *Silene scabrida* Soy.Will. & Godr.). Except for the cosmopolitan weed *S. gallica* L., this clade comprises mainly endemic taxa from North Africa never sequenced before. *S. scabrida* is strongly supported as being sister to the other five species, but the resolution among these is poor, presumably primarily due to low information content in the sequences.

Several, but not all, species formerly classified in section *Dipeterospermae* are well supported as a monophyletic group in the clade B11 with pp=0.94 in the MSC tree. However, the Mediterranean species *S. secundiflora* Otth. (Clade B.3) and the libyan *S. articulata* (clade B.5) are phylogenetically distant, as are the southern African taxa (Moilola et al. 2021).

## **Taxonomic ambiguities**

### ***Silene nocturna***

Maire (1963) recognized 3 Varieties and 8 variant forms of *S. nocturna* L.. Based on morphology, it has been considered close to *S. cirtensis* Pomel (Maire; 1963) with slight differences in the shape of the calyx and calyx nerve indumentum. The MSC tree shows two variant clades of *S. nocturna* (clade B.9). In the first clade *S. cirtensis* forms a sister group (pp=0.94) comprising specimens collected from North Africa and one specimen from Spain. The second strongly supported clade (pp=1) comprising specimens of *S. nocturna* collected from different countries of the Mediterranean (Greece, Iran, Tunisia and Algeria) and one

specimen of *S. mutabilis* L. collected from Italy. The type material of *S. nocturna* (LINN-583:8) is difficult to morphologically relate to the morphological variation represented by the sampled individuals of either clade. *Cucubalus reflexus* L. (LINN-582:22) has recently been considered to represent a closely related entity from the Capraria peninsula in Italy (Peruzzi *et al.*, 2013). It remains to determine the right application of the name *S. nocturna* L. Ongoing work based on biometrical analysis and genomic sequencing have been initiated to solve this issue (Mesbah *et al.*, in prep.)

### ***Silene neglecta* versus *Silene mutabilis***

*Silene neglecta*, is placed in the large and well supported B8 clade (see above). However, *S. mutabilis*, as determined using Maire (1963) belongs to one of the strongly supported *S. nocturna* clades (Figure 3B). On the other hand, Peruzzi, *et al.* (2013, 2014) considered *S. mutabilis* L. to be synonymous to *S. neglecta* Ten., but close inspection of these specimens shows that this is a mistake, the latter agreeing well with our samples called *S. neglecta*, and the former agreeing with *S. nocturna* (Sáez *et al.*, in prep.).

### ***Silene rubella***

The naming *S. rubella* was officially rejected for the Mediterranean species according to the Vienna Code (Oxelman & Lidén, 1987; Brummitt, 1993; McNeill *et al.*, 2006: appendix V, section E). This modification has been accepted and included in the appendices of the different editions of botanical nomenclature codes (ICBN, ICN-AFP), and in the Flora Iberica and Flora Europaea. Dobignard & Chatelain (2011) maintained it in the synonymic appendix of the vascular plant of North Africa under the name *S. rubella* subsp. *segetalis* (Dufour) Nyman. According to the key proposed by Oxelman (1991), and the the phylogenetic position of the populations sampled in this work (Clade B10), we can clearly recognize three strongly supported clades for this group: *S. diversifolia* Oth clade (pp=0.99) which contain specimens from a large part of the Mediterranean, a second clade (pp=0.98) grouping the Iberian species *S. bergiana* Lindm. with the Moroccan taxon *S. volubilitana* Braun-Blanq. & Maire. The third clade (pp=1) corresponds to *S. turbinata* Guss. known from Italy and the Numedian part of the Maghreb.



### ***Silene pomeli***

The specimen named *Silene sp.* (B2, Figure 3A) was collected by Chatelain during a field investigation in Morocco in 2014. Our inspection of it revealed its unique morphology and distinct from the rest of the North African taxa. Several floras were consulted (Quézel et Santa, 1962; Maire, 1963, Ghafloor, 1978, Bolibar *et al.*, 1991; Chater *et al.*, 1993; Fennane *et al.*, 1999) but there is no description that fits. We hypothesize that it could be a new species for the Moroccan flora. A detailed morphological comparison needs to be done. The Moroccan endemic *S. ibosii* is morphologically the closest species to this taxon with completely different inflorescence. This relationship is not resolved as a sister clade in Figure 3A.

### ***Silene reverchonii* Batt.**

The voucher of *Silene reverchonii* used in this study was collected from the type locality (Babor, Algeria). We have doubts about its identification because it is morphologically close to type material (Stem, pubescence, size of the calyx, petals) but we didn't observe a dense pubescence in the gynophore. It may be a variable form of *S. colorata* as this species is very polymorphic. It may also be that it is really *S. reverchonii*. Unfortunately, we have not been able to sequence the type specimen to solve this enigma. It is also important to note that *S. reverchonii* has only been observed once in the Babors. The type sample does not contain all the necessary elements to compare it to our voucher.

### ***Silene villosa* Forsk.**

*S. villosa* in clade B3 forms strongly supported clade with *S. arabica* (pp=0.98). The origin of these specimens is unknown. Nevertheless, the specimens collected from Egypt and Algeria (Clade B12) forms a strongly supported clade (pp=0.98) with the Saharan *S. lynesii*. According to Boulos (1999) and the vouchers observed, we admit that the right position of this taxon is the clade B.12. Specimens represented in the clade B.3 may be misidentified and the right name can be *S. arabica* or unknown closely related taxon.

## Conclusion

Representative sequencing combined with existing nuclear (ITS) and chloroplast (rps16) ribosomal sequence data allowed us to confirm that the North African species of *Silene* are not monophyletic. We have complemented the *Silene* sequence database with 11 sequences from taxa never sequenced before belonging to 5 sections reported in north Africa and 55 Taxa belonging to *S.* section *Silene*. Taxa previously classified in the sections: *Atocion*, *Dipterospermae*, *Fruticulosae*, *Nicaeensis*, *Scorpioides*, *Silene* and *Succulentae* form monophyletic clade encompassed into the *S.* sect. *Silene* sensu Jafari et al. (2020). *Silene ciliata* forms two sister clades dividing this taxa to the western European *S. ciliata* and the Eastern *S. ciliata* that may be two different entities that can be considered as two different species. The position in the MSC confirms the recent introduction of *S. cisplatensis* to South America as suggested in previous phylogeny. The clade grouped the Libyan annuals and the Tibesti perennial taxa with the south African taxa Support the hypothesis about the mediteranean origin of the south African taxa and suggests the south-eastern parts of the Mediterranean may be the root of distribution of section *Silene* into southern areas. Section *Fruticulosae*, which comprises only perennial species in the previous classifications is revealed to be non-monophyletic. The perenial *S. choulettii* was related for the first time with the annual *S. imbricata* who reveals an important morphological similarity. Six species previously placed in Section *Nicaeensis* and *Scorpiodae* forms strongly supported clade comprising mainly endemic taxa from North Africa (except *S. gallica*) never sequenced before but the resolution among these taxa is poorly resolved. Several taxa previously classified in section *Dipterospermae* form monophyletic clade except *S. articulata* and *S. secundiflora* which are phylogenetically distant. We have highlighted seven taxa that are taxonomically ambiguous in North Africa (*Silene nocturna*, *S. mutabilis*, *S. neglecta*, *S. pomeli*, *S. villosa*, *S. reverchonii*, and *S. diversifolia*). The MSC tree supports the presence of undescribed species in Morocco that requires morphological characterization.

## References

- Aydin, Z., Ertekin, A.S., Långström, E. & Oxelman, B. (2014). A new section of *Silene* (Caryophyllaceae) including a new species from South Anatolia, Turkey. *Phytotaxa* 178: 98-112.
- Bacchetta, G., Carta, A., Paradis, G., Piazza, C., & Peruzzi, L. (2014). Further insights into the taxonomy of the *Silene nocturna* species complex (Caryophyllaceae): a systematic survey of the taxa from Sardinia and Corsica. *Phytotaxa*, 175(1) : 37-44.
- Barido-Sottani, J., Bošková, V., Plessis, L. D., Kühnert, D., Magnus, C., Mitov, V., ... & Stadler, T. (2018). Taming the BEAST—A community teaching material resource for BEAST 2. *Systematic biology*, 67(1) : 170-174.
- Battandier J. & Trabut L. (1902). Flore de l'Algérie et de la Tunisie. *Giralt, Alger*.
- Blackburn K. B., (1933). On the relation between geographic races and polyploidy in *silene ciliata* pourr. *Genetica* volume 15 : 49-66.
- Boissier, P.E. (1867). Flora Orientalis sive enumeratio plantarum in Oriente a Graecia et Aegypto and Indiae fines hucusque observatarum Volumen primum. Thalamiflorae. 1017 pp. Genevae et Basileae: H. Georg.
- Bolibar, Santiago et al. (eds.) (1990). Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares.; Vol. II. Platanaceae-Plumbaginaceae (partim) Madrid : *Real Jardín Botánico, C.S.I.C.* 897p.
- Bouckaert, R., Heled, J., Kühnert, D., Vaughan, T., Wu, C.-H., Xie, D., Suchard, M.A., Rambaut, A. & Drummond, A.J. (2014). BEAST 2: A software platform for Bayesian evolutionary analysis. *PLoS Computat. Biol.* 10: e1003537. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003537>
- Bouckaert, R., Vaughan, T.G., Barido-Sottani, J., Duchêne, S., Fourment, M., Gavryushkina, A., Heled, J., Jones, G., Kühnert, D., De Maio, N., Matschiner, M., Mendes, F.K., Müller, N., Ogilvie, H.A., Du Plessis, L., Poppinga, A., Rambaut, A., Rasmussen, D., Siveroni, I., Suchard, M.A., Wu, C.-H., Xie, D., Zhang, C., Stadler, T. & Drummond, A.J. (2018). BEAST 2.5: An advanced software platform for Bayesian evolutionary analysis. *PLoS Computat. Biol.* 15(4): e1006650.
- Boulos, L. (1999). Flora of egypt. Checklist. Cairo: Al Hadara Publishing. 419p.

- Brullo, C., Brullo, S., del Galdo, G. G., Ilardi, V., & Sciandrello, S. (2012). A new species of *Silene* sect. *Dipterosperma* (Caryophyllaceae) from Sicily. In *Anales del Jardín Botánico de Madrid* Real Jardín Botánico 69(2): 209-216.
- Brullo, S. (1997). *Silene oenotriae* (Caryophyllaceae): a new species from S Italy. *Nordic Journal of Botany*, 17(6) : 649-652.
- Brullo, S., Brullo, C., Cambria, S., Lanfranco, E., Lanfranco, S., Minissale, P., ... & Del Galdo, G. G. (2017). A new species of *Silene* sect. *Dipterosperma* (Caryophyllaceae) from Malta. *Phytotaxa*, 297(3) : 245-256.
- Brummitt, R. K. (1993). Report of the Committee for Spermatophyta: 39. *Taxon*, 873-879.
- Chater, A.O., Walters, S.M. & Akeroyd, J.R. 1993. *Silene* L. in: Tutin, T.G., Burges, N.A., Chater A.O., Edmondson, J.R., Heywood, V.H., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M. & Webb, D.A. (eds.), *Flora Europaea*, 2nd ed., vol. 1. Cambridge: Cambridge University Press 191–218.
- Chowdhuri PK. (1957). Studies in the genus *Silene*. Notes from the Royal Botanic Garden, Edinburgh 22: 221–278.
- Cowling, R. M., Rundel, P. W., Lamont, B. B., Arroyo, M. K., & Arianoutsou, M. (1996). Plant diversity in Mediterranean-climate regions. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(9): 362-366.
- Desfeux, C. & Lejeune, B., (1996). Systematics of euromediterranean *Silene* (Caryophyllaceae): Evidence from a phylogenetic analysis using ITS sequences. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Série III, Sciences de la Vie* 319: 351–358.
- Dobignard, A., & Chatelain, C. (2011). Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord, volume 3, Dicotyledonae Balsaminaceae à Euphorbiaceae. *Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, hors-série 11b*.
- Doyle, J.J. & Doyle, J.L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19: 11-15.
- Eggens, F., (2006). Systematics in *Sileneae* (Caryophyllaceae) Taxonomy and Phylogenetic patterns. *Acta Universitatis Upsaliensis, Uppsala*.
- Erixon P, Oxelman B. (2008). Reticulate or treelike chloroplast DNA evolution in *Sileneae* (Caryophyllaceae)? *Molecular Phylogenetics and Evolution* 48: 313–325.
- Fennane M. & Ibn-Tattou M. (1999). Flore pratique du Maroc. Vol. 1. Pteridophyta, Gymnospermae, Angiospermae (Lauraceae-Neuradaceae). Inst. Scientifique. Rabat.

- Frajman B., Heidari N., Oxelman B. (2009). Phylogenetic relationships of *Atocion* and *Viscaria* (Sileneae, Caryophyllaceae) inferred from chloroplast, nuclear ribosomal, and low-copy gene DNA sequences. *Taxon* 58: 811–824.
- García-Aloy, S., Vitales, D., Roquet, C., Sanmartín, I., Vargas, P., Molero, J., ... & Alarcón, M. (2017). North-west Africa as a source and refuge area of plant biodiversity: A case study on *Campanula kremeri* and *Campanula occidentalis*. *Journal of Biogeography*, 44(9): 2057-2068.
- García-Aloy, S., Vitales, D., Roquet, C., Sanmartín, I., Vargas, P., Molero, J., ... & Alarcón, M. (2017). North-west Africa as a source and refuge area of plant biodiversity: A case study on *Campanula kremeri* and *Campanula occidentalis*. *Journal of Biogeography*, 44(9) : 2057-2068.
- Ghafoor, A., (1978). Family Caryophyllaceae. Volume 59 of Flora of Libya. Jafri, S. M. H. and Elgadi, A. (editors). Univ. of Alfaateh, Dep. of Botany, Tripoli 122.
- Ghahremaninejad F., Angaji A., Etemad M., Vahidynial F. et Attar F., (2014). Molecular taxonomy and phylogeny of *Silene* species (Caryophyllaceae) using DNA-based markers. *J. Bio. & Env. Sci.* 4 (4): 125-132.
- Gholipour, A., & Golshahi, M. (2016). Two interesting annual *Silene* species (Caryophyllaceae) reported for the flora of Iran. *Nova Biologica Reperta*, 3(3), 205-209.
- Greenberg A. K. & Donoghue M. J. (2011). Molecular systematics and character evolution in Caryophyllaceae. *TAXON* 60 (6): 1637–1652
- Greuter, W. (1995). *Silene* (Caryophyllaceae) in Greece: a subgeneric and sectional classification. *Taxon* 44 : 543–581. doi: 10.2307/1223499
- Jafari, F., Zarre, S., Gholipour, A., Eggens, F., Rabeler, R. K., & Oxelman, B. (2020). A new taxonomic backbone for the infrageneric classification of the species-rich genus *Silene* (Caryophyllaceae). *Taxon*, 69(2) : 337-368.
- Katoh, K., Rozewicki, J., & Yamada, K. D. (2019). MAFFT online service: multiple sequence alignment, interactive sequence choice and visualization. *Briefings in bioinformatics*, 20(4): 1160-1166.
- Kyrkou, I., Iriondo, J. M., & García-Fernández, A. (2015). A glacial survivor of the alpine Mediterranean region: phylogenetic and phylogeographic insights into *Silene ciliata* Pourr.(Caryophyllaceae). *PeerJ*, 3, e1193.

- Larsson, A. (2014). AliView: a fast and lightweight alignment viewer and editor for large data sets. *Bioinformatics* 30 (22): 3276-3278.
- Maire R. (1963). Flore de l'Afrique du nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). Edition Paul Lechevalier, Paris. 10, 229 .
- McNeill J, Barrie FR, Burdet HM, Demoulin V, Hawksworth DL, Marhold K, Nicolson DH, Prado J, Silva PC, Skog JE, Wiersema JH, Turland NJ, eds. (2007). International code of botanical nomenclature (Vienna code). *Regnum Vegetabile* 146: 1–568.
- Médail, F. et Diadema, K., (2009). Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography*, 36 (7) : 1333-1345.
- Médail, F. et Quézel, P., (2018). Biogéographie de la flore du Sahara. Une biodiversité en situation extrême. IRD Éditions/CJBG..368.
- Melzheimer V. (1988) *Silene* L. In: Rechinger KH (Ed.) Flora des iranischen hochlandes und der umrahmenden Gebirge (Persien, Afghanistan, Teile von West-Pakistan, Nord-Iraq, Azerbaidjan, Turkmenistan)): Caryophyllaceae II, Vol. 163. Akademische Druck- und Ver-lagsanstalt, Graz, 341–508.
- Moilola, N. A., Mesbah, M., Nylinder, S., Manning, J., Forest, F., de Boer, H. J., ... & Oxelman, B. (2021). Biogeographic origins of southern African *Silene* (Caryophyllaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 107-199.
- Naciri, Y., Du Pasquier, P. E., Lundberg, M., Jeanmonod, D., & Oxelman, B. (2017). A phylogenetic circumscription of *Silene* sect. *Siphonomorpha* (Caryophyllaceae) in the Mediterranean Basin. *Taxon*, 66(1) : 91-108.
- Naciri, Y., F. Cavat, and D. Jeanmonod. (2010). *Silene patula* (Siphonomorpha, Caryophyllaceae) in North Africa: a test of colonisation routes using chloroplast markers. *Molecular phylogenetics and evolution* 54: 922-932.
- Oxelman, B. (1991). *Silene diversifolia* Otth and related species in Europe. *Botanical journal of the Linnean Society* 115-117.
- Oxelman, B. (1995). A revision of the *Silene sedoides*-group (Caryophyllaceae). *Willdenowia*, 143-169.
- Oxelman, B., & Lidén, M. (1987). Proposal to reject the name *Silene rubella* L.(Caryophyllaceae). *Taxon*, 36(2): 477-478.

- Oxelman, B., & Lidén, M. (1995). Generic boundaries in the tribe *Sileneae* (*Caryophyllaceae*) as inferred from nuclear rDNA sequences. *Taxon*, 525-542.
- Oxelman, B., Lidén, M. & Berglund, D. (1997). Chloroplast rps16 intron phylogeny of the tribe *Sileneae* (*Caryophyllaceae*). *Pl. Syst. Evol.* 206: 393--410.
- Oxelman, B., Lidén, M., & Berglund, D. (1997). Chloroplast rps 16 intron phylogeny of the tribe *Sileneae* (*Caryophyllaceae*). *Plant systematics and Evolution*, 206(1): 393-410.
- Oxelman, B., Rautenberg, A., Thollesson, M., Larsson, A., Frajman, B., Eggens, F., et al. (2013). *Sileneae* taxonomy and systematics. Available at: <http://www.sileneae.info>.
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M., & Chatterjee, S. (2014). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3): 45–77.
- Peruzzi, L., & Carta, A. (2013). A taxonomic revision of *Silene nocturna* species complex (*Caryophyllaceae*) in Italy. *Phytotaxa*, 88(3) : 38-48.
- Peruzzi, L., Jarvis, C. E., & Carta, A. (2014). On the application of the Linnaean names *Cucubalus reflexus*, *Silene nocturna* and *Silene mutabilis* (*Caryophyllaceae*). *Taxon*, 63(3) : 651-652.
- Popp M, Erixon P, Eggens F, Oxelman B. (2005). Origin and evolution of a circumpolar polyploid species complex in *Silene* (*Caryophyllaceae*) inferred from low copy nuclear RNA polymerase introns, rDNA, and chloroplast DNA. *Systematic Botany* 30: 302–313.
- Popp, M., & Oxelman, B. (2001). Inferring the history of the polyploid *Silene aegaea* (*Caryophyllaceae*) using plastid and homoeologous nuclear DNA sequences. *Molecular phylogenetics and evolution*, 20(3): 474-481.
- Popp, M., Erixon, P., Eggens, F., Oxelman, B. & Ranker, T.A. (2005). Origin and evolution of a circumpolar polyploid species complex in *Silene* (*Caryophyllaceae*) inferred from low copy nuclear RNA polymerase introns, rDNA, and chloroplast DNA. *Syst. Bot.* 30: 302-313.
- Popp, M., Gizaw, A., Nemomissa, S., Suda, J., & Brochmann, C. (2008). Colonization and diversification in the African ‘sky islands’ by Eurasian *Lychnis* L.(*Caryophyllaceae*). *Journal of Biogeography*, 35(6): 1016-1029.
- Quézel P. & Santa S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris, 2 Volume. 646 p.

- Rahou, A. & Amssa, M., (2003). Essai d'une synthèse d'affinité des espèces du genre *Silene* L. au Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, (25): 43-51
- Rambaut A., DRUMMOND A. J., XIE D., BAELE G., and SUCHARD M. A., (2018). Posterior Summarization in Bayesian Phylogenetics Using Tracer 1.7. *Syst. Biol.* 67(5) : 901–904.
- Ronquist, F., M. Teslenko, P. van der Mark, D.L. Ayres, A. Darling, S. Höhna, B. Larget, L. Liu, M.A. Suchard, and J.P. Huelsenbeck. (2012). MRBAYES 3.2: Efficient Bayesian phylogenetic inference and model selection across a large model space. *Syst. Biol.* 61: 539-542.
- Sauquet, H., Weston, P. H., Anderson, C. L., Barker, N. P., Cantrill, D. J., Mast, A. R., & Savolainen, V. (2009). Contrasted patterns of hyper diversification in Mediterranean hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(1), 221-225.
- Schischkin, B., (1936). *Silene* L. in: Komarov, V. & Schischkin, B. (eds.), *Flora of the USSR*, vol. 6. Leningrad: Izdatel'stvo Akademii Nauk USSR 442–528
- Yildiz, K., Dadandi, M. Y., Minareci, E., & Çirpici, A. H. (2011). Pollen morphology of sections *Siphonomorpha* and *Lasiostemones* of the genus *Silene* from Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 35(6) : 631-642.



**Appendix I:** List of the voucher treated in the phylogenetic Study.

SpecimenID, Seq.ID refer the numbers used to database specimens and sequences in Silene database (Oxelman et al.2013).

Ma= Material used for sequencing: HM: herbarium Material (Leaves and flowers), SM: Silica material (Leaves), Seeds: seeds provided from herbaria.

Herbaria: The National School of Agronomy (ENSA), National history museum of Paris (MNHN-P), Herbarium of Montpellier (MPU), Geneva botanical garden-Switzerland (G) Ex-Provence Marseille (MNHN-Ex-P). (/ : lack of information).

Name	Specimen ID	Country	Ma.	collector	Date of collection	Hebarium	Hebarium ID	Seq_ID	
								ITS	rps16
<i>Silene velutinoides</i> Pomel	26861	Algeria	H.M	Mesbah	02/07/2019	ENSA		/	10939
<i>Silene bellidifolia</i> Jacq.	26862	Algeria	H.M	Mesbah	08/05/2019	ENSA		10903	11010
<i>Silene gallica</i> L.	26863	Algeria	H.M	Mesbah	/	ENSA		10901	11004
<i>Silene behen</i> L.	26864	Algeria	H.M	Mesbah	17/04/2019	ENSA		10900	10969
<i>Silene sedoides</i> Poir.	26865	Algeria	H.M	Mesbah	08/05/2019	ENSA		10899	10964
<i>Silene vulgaris</i> subsp. <i>vulgaris</i> (Moench) Garcke	26866	Algeria	H.M	Mesbah	10/02/2017	ENSA		10841	11005
<i>Silene rosulata</i> Soy.-Will. & Godr.	26867	Algeria	H.M	Mesbah	27/06/2017	ENSA		10898	10963
<i>Silene oropediorum</i> Coss.	26868	Algeria	H.M	Babali	21/06/2018	ENSA		10897	10962
<i>Silene conoidea</i> L.	26869	Algeria	H.M	Babali	/	ENSA		10896	10961
<i>Silene muscipula</i> L.	26870	Algeria	H.M	Mesbah	28/03/2017	GB		10895	11006
<i>Silene fuscata</i> Link ex Brot.	26871	Algeria	H.M	Mesbah	27/03/2017	ENSA		/	/
<i>Silene reticulata</i> Desf.	26872	Algeria	H.M	Mesbah	14/04/2017	ENSA		10894	10960
<i>Lychnis coeli-rosa</i> Desr.	26873	Algeria	H.M	Mesbah	01/06/2017	ENSA		10893	10922
<i>Silene turbinata</i> Guss.	26874	Algeria	H.M	Mesbah	17/04/2019	ENSA		10892	10959
<i>Silene turbinata</i> Guss.	26875	Algeria	H.M	Mesbah	18/04/2019	GB		10891	10958
<i>Silene obtusifolia</i> Willd.	26876	Algeria	H.M	Mesbah	19/04/2019	ENSA		10890	10957
<i>Silene colorata</i> Poir.	26999	Italy	H.M	Sáez	/	GB		10889	10956
<i>Silene longicaulis</i>	26998	Marocco	H.M	Oxelman	23/04/1989	GB		10888	10955
<i>Silene tuberculata</i> (Ball) Maire & Weiller	26923	Spain	H.M	Léden	19/05/1977	GB		10887	10954
<i>Silene choulettii</i> Coss.	26927	Algeria	H.M	Léden	22/05/1979	GB		10886	10967
<i>Silene arenarioides</i> Desf.	26994	Tunisia	H.M	Medail	04/01/2020	GB		10885	10953
<i>Silene scabriflora</i> Brot.	26995	Morocco	H.M	Erik Wall	12/05/1934	GB		10884	/
<i>Lychnis laeta</i> Moris	27005	Algeria	H.M	Mesbah	09/05/2019	GB		10883	10952
<i>Silene rosulata</i> Soy.-Will. & Godr.	27004	Algeria	H.M	Mesbah	12/05/2019	GB		10882	10951

<i>Silene obtusifolia</i> Willd.	27003	Algeria	H.M	Mesbah	18/04/2019	GB		10881	10950
<i>Silene diversifolia</i> Otth	27001	Algeria	H.M	Mesbah	03/05/2019	GB		10880	10949
<i>Silene muscipula</i> L.	27000	Algeria	H.M	Mesbah	06/05/2019	GB		10879	10948
<i>Silene colorata</i> Poir.	27043	Algeria	H.M	Mesbah	13/05/2019	GB		10878	10966
<i>Silene colorata</i>	27041	Algeria	H.M	Mesbah	25/04/2019	GB		10902	10965
<i>Silene neglecta</i> Ten.	27040	Algeria	H.M	Mesbah	25/05/2019	GB		10877	/
<i>Silene neglecta</i> Ten.	27039	Algeria	H.M	Mesbah	12/05/2019	GB		10876	10947
<i>Silene nocturna</i> L.	27038	Algeria	H.M	Mesbah	17/12/2019	GB		10875	10946
<i>Silene ghiarensis</i> Batt.	27037	Algeria	H.M	Mesbah	17/04/2019	GB		10874	/
<i>Silene fuscata</i> Link ex Brot.	27036	Algeria	H.M	Mesbah	06/05/2019	GB		10873	10945
<i>Silene neglecta</i> Ten.	27035	Algeria	H.M	Mesbah	11/05/2019	GB		10872	10944
<i>Silene nocturna</i> L.	27034	Algeria	H.M	Mesbah	16/04/2019	GB		10871	10943
<i>Silene nocturna</i> L.	27033	Algeria	H.M	Bekdouche	14/04/2019	GB		10870	10942
<i>Silene nocturna</i> L.	27031	Algeria	H.M	Bekdouche	/	GB		10869	10941
<i>Silene nocturna</i> L.	27028	Algeria	H.M	Babali	/05/2018	ENSA		10868	10936
<i>Silene pomelii</i> Batt.	27027	Algeria	H.M	Chelghoum	10/05/2019	ENSA		10867	10935
<i>Silene colorata</i> subsp. <i>amphorina</i> (Pomel) Batt.	27993	Algeria	H.M	Mesbah	08/05/2019	GB		10866	10934
<i>Silene tridentata</i> Desf.	27032	Algeria	H.M	Babali	21/06/2018	ENSA		10865	10933
<i>Silene colorata</i> Poir.	27044	Algeria	H.M	Mesbah	30/03/2018	GB		10864	10918
<i>Silene colorata</i> Poir.	27030	Algeria	H.M	Mesbah	18/04/2019	GB		10863	/
<i>Silene pseudoatocion</i> Guss.	27029	Algeria	H.M	Chelghoum	25/04/2019	ENSA		10862	10932
<i>Silene colorata</i> Poir.	27077	Tunisia	H.M	Chatelain	05/04/2014	G	G00394866	/	/
<i>Silene pomelii</i> Batt.	27079	Marrocco	H.M	Chatelain	19/05/2012	G	G00394865	10860	11011
<i>Silene bergiana</i> Lindm.	27059	Algeria	H.M	Lidén	16/05/1979	GB	GB-0194062	10859	
<i>Silene scabriflora</i> Brot.	16989	Portugal	H.M	Oxelmann	29/06/2010	GB		10858	
<i>Silene palaestina</i> Boiss.	12638	Israel	H.M	Rautenberg	09/06/2005	UPS		10857	10940
<i>Silene mekinensis</i> Coss.	20326	Morocco	H.M	Skottsberg	13/04/1936	GB		7247	/
<i>Silene arenarioides</i> Desf.	27063	Tunisia	H.M	Robert	02/05/1886	G	G00431990	10855	10937
<i>Silene argillosa</i> Munby	27064	Algeria	H.M	Warion	27/04/1876	G	G00402626	10839	/
<i>Silene choulettii</i> Coss.	27065	Algeria	H.M	Litardière	13/08/1903	G	G00431411	10909	/
<i>Silene boryi</i> Boiss.	27067	Marocco	H.M	Litardière	27/07/1922	G	G00402687	/	/
<i>Silene boryi</i> Boiss.	27068	Marocco	H.M	Litardière	20/07/1924	G	G00402652	/	/
<i>Silene boryi</i> Boiss.	27069	Marocco	H.M	Litardière	20/07/1924	G	G00402640	/	/

<i>Silene boryi</i> Boiss.	27070	Marocco	H.M	Litardière	28/07/1926	G	G00402682	/	/
<i>Silene imbricata</i> Desf.	27071	Algeria	H.M	Reboud	27/05/1877	G	G00431422	/	/
<i>Silene cirtensis</i> Pomel	27072	Algeria	H.M	Choulette	17/04/1855	G	G00431393	/	/
<i>Silene colorata</i> Poir.	27074	Algeria	H.M	Battandier	03/1886	G	G00431405	10908	/
<i>Silene colorata</i> Poir.	27073	Marocco	H.M	Litardière	18/07/1923	G	G00431407	/	/
<i>Silene colorata</i> Poir.	27076	Marocco	H.M	Litardière	31/07/1924	G	G00431406	10854	/
<i>Silene nocturna</i> L.	27089	Algeria	H.M	Reverchon	5/1897	G	G00431987	/	/
<i>Silene obtusifolia</i> Willd.	27081	Marocco	H.M	Maire	24/04/1924	G	G00402712	/	/
<i>Silene villosa</i> Forssk.	27083	Algeria	H.M	Chevallier	20/05/1896	G	G00431398	/	/
<i>Silene virescens</i> Coss.	27085	Algeria	H.M	Maire	20/05/1923	G	G00402664	10992	/
<i>Silene succulenta</i> Forssk.	26914	Tunisia	H.M	DUBUIS	14/04/1914	ENSA		10851	/
<i>Silene succulenta</i> Forssk.	26979	Tunisia	H.M	/	13/04/1924	G		/	/
<i>Silene muscipula</i> subsp. <i>deserticola</i> Murb.	12865	Algeria	H.M	Chevalier	30/04/1904	WU		/	/
<i>Silene ibosii</i> Emb. & Maire	1294	Marocco	H.M	Oxelman	24/04/1989	GB		10846	10928
<i>Silene giraldii</i> Guss.	26920	Neapolitanae	H.M	Thirsten	12/05/1911	GB		10845	/
<i>Silene scabriflora</i> Brot.	26996	Portugal	H.M	Blom	10/05/1931	GB		/	/
<i>Silene muscipula</i> subsp. <i>deserticola</i> Murb.	26993	Algeria	H.M	Lidèn	16/05/1979	GB		10844	11007
<i>Silene vidaliana</i> Font Quer	17862	Marocco	H.M	Lippert, W.	28/04/1987	M	M-0213585	/	/
<i>Silene reverchonii</i> Batt.	27013	Algeria	H.M	Reverchon	1896	MPU	MPU-007460	/	/
<i>Silene pseudovestita</i> Batt.	27010	Algeria	H.M	/	/	MPU	MPU-007458	/	/
<i>Silene cinerea</i> Desf.	27007	Algeria	H.M	Chevassut	21/05/1955	MPU	MPU-306921	/	/
<i>Silene kremeri</i> Soy.-Will. & Godr.	26932	Algeria	H.M	Cosson	12/06/1880	P	P-05035269	10973	11026
<i>Silene kremeri</i> Soy.-Will. & Godr.	26930	Algeria	H.M	Krémer		P	P-05035271	/	/
<i>Silene canopica</i> Delile	27022	Egypte	H.M	/	1877	p	P05020689	/	/
<i>Silene articulata</i> Kunze	26939	Libya	H.M	Maire	21/04/1938	p	P04927453	10979	11018
<i>Silene cirtensis</i> Pomel	26936	Algeria	Seeds	Choulette	24/04/1855	p	P-04912322	10835	/
<i>Silene articulata</i> Kunze	26940	Libya	Seeds	Maire	20/04/1938	P	P0492754	10834	/
<i>Silene biappendiculata</i> Ehrh. ex Rohrb.	27023	Egypte	Seeds	C. Gaillardot	1866	P	P05020695	10981	/
<i>Silene kremeri</i> Soy.-Will. & Godr.	26931	Algeria	Seeds	Cosson	12/06/1880	P	P-05035268	/	/
<i>Silene scabruda</i> Soy.-Will. & Godr.	26942	Algeria	Seeds	Durieu de M.	06/06/1841	P	P04915087	10978	/
<i>Silene giraldii</i> Guss.	26921		Seeds	Resterman	22/09/1887	GB		/	/

<i>Silene argillosa</i> Munby	1321	Algeria	H.M	Oxelman	07/05/1989	GB		4190	4190
<i>Silene tridentata</i> Desf.	1268	Marocco	H.M	Oxelman	27/04/1989	GB			
<i>Silene villosa</i> Forssk.	26977	Algeria	H.M	Chevallier	06/05/1897	G	G00431399	10906	11009
<i>Silene barbara</i> Maire	27011	Morocco	H.M	/	/	MPU	MPU-001720	/	/
<i>Silene vidaliana</i> Font Quer	27009	Morocco	H.M	/	/	MPU	MPU-006345	/	/
<i>Silene mirei</i> Chevass. & Quezél	27025	Tchad	Seeds	/	02/11/1949	MHNAIX	aix 000056	10998	/
<i>Silene glabrescens</i> Coss.	27019	Morocco	H.M	/	15/05/1912	GB		/	10926
<i>Silene glabrescens</i> Coss.	27018	Morocco	Seeds	Pitard,	09/05/1912	P	P-0535292	10907	10983
<i>Silene mutabilis</i> L.	28204	Italy	S.M	Peruzzi	15/06/2016			11053	/
<i>Silene nocturna</i> L.	28206	Tunisia	S.M	R. el Mokni	07/03/2017			11031	/
<i>Silene mutabilis</i> L.	28204	Italy	S.M	Peruzzi	15/06/2016			11054	/
<i>Silene nocturna</i> L.	28206	Tunisia	S.M	el Mokni	07/03/2017			11031	/
<i>Silene nocturna</i> L.	28207	Tunisia	S.M	el Mokni	05/03/2017			11032	/
<i>Silene nocturna</i> L.	28208	Tunisia	S.M	el Mokni	25/03/2017			11033	/
<i>Silene nocturna</i> L.	11033	Pakistan	S.M	N.Ali	/			11034	/
<i>Silene nocturna</i> L.	28211	Spain	S.M	L. Sáez	22/04/2016			11035	/
<i>Silene neglecta</i> Ten.	28212	Spain	S.M	Sáez	06/05/2015			11036	/
<i>Silene neglecta</i> Ten.	28213	Spain	S.M	Sáez	23/04/2016	LS	LS-7707	11037	/
<i>Silene neglecta</i> Ten.	28214	Spain	S.M	/	/			11038	/
<i>Silene gallica</i> L	28215	Spain	S.M	/	/			11043	/
<i>Silene gallica</i> L	28216	Spain	S.M	Sáez	/	LS	LS7710	11044	/
<i>Silene gallica</i> L	28217	Spain	S.M	Sáez	22/04/2016			11050	/
<i>Silene neglecta</i> Ten.	28220	Spain	S.M	/	23/04/2016	LS	LS 7707	11039	/
<i>Silene neglecta</i> Ten.x <i>S. gallica</i> ?	28221	Spain	S.M	/	23/04/2016			11040	/
<i>Silene neglecta</i> Ten.x <i>S. gallica</i> ?	28222	Spain	S.M	/	23/04/2016			11052	/
<i>Silene neglecta</i> Ten.x <i>S. gallica</i> ?	28223	Spain	S.M	/	24/04/2016			11041	/
<i>Silene neglecta</i> Ten.	28218	Tunisia	S.M	el Mokni	07/03/2017			11042	/
<i>Silene neglecta</i> Ten.	28219	Tunisia	S.M	el Mokni	07/03/2016			11051	/
<i>Silene gallica</i> L	28224	Tunisia	S.M	el Mokni	07/03/2017			11049	/
<i>Silene gallica</i> L	28225	Tunisia	S.M	el Mokni	08/03/2017			11048	/
<i>Silene gallica</i> L	28226	Tunisia	S.M	el Mokni	/			11047	/
<i>Silene gallica</i> L	28227	Tunisia	S.M	el Mokni	/			11046	/

<i>Silene gallica</i> L	28228	Tunisia	S.M	el Mokni	/			11045	/
<i>Silene vivianii</i> Steud.	26994	Tunisia	S.M	Medail	04/01/2020	GB		10885	/
<i>Silene villosa</i> Forssk.	27083	Algeria	S.M	Chevallier	20/05/1896	G	G00431398	10852	/
<i>Silene biafrae</i> Hook. F.	14830	Ethiopia	H.M	Popp	24/10/2007	GB		7353	7220
<i>Silene micropetala</i> Lag.	20320	Spain	H.M	Holmdahl	29/04/1978	GB		7223	7376
<i>Silene flammulaefolia</i> Steud. ex A. Rich.	14832	Ethiopia	H.M	Popp	27/10/2007	GB	GB-0194263	7224	7377
<i>Silene biafrae</i> Hook. F.	2614	Cameroun	H.M	Rautenberg	30/06/2002	UPS		7288	7315
<i>Silene aethiopica</i> Burm. F.	19153	South Africa	H.M	Oxelman	01/11/2017	GB		7290	7313
<i>Silene crassifolia</i> L.	19351	South Africa	H.M	Oxelman	03/11/2017	GB		7291	7312
<i>Silene burchellii</i> subsp. <i>pilosellifolia</i> (Cham. & Schltld.) J. C. Manning & Goldblatt	20309	South Africa	H.M	Goldblatt & Porter	13/09/1991	NBG		7293	7310
<i>Silene burchellii</i> Otth.	17776	Ethiopia	H.M	Nievergelt, B. & E.	09/10/1968	Z		/	7337
<i>Silene undulata</i> Aiton	19350	South Africa	H.M	Oxelman	03/11/2017	GB		7264	7338
<i>Silene saldanhensis</i> Goldblatt & J. C. Manning	20317	South Africa	H.M	Goldblatt & Manning	19/09/2011	NBG		7265	7339
<i>Silene crassifolia</i> L.	20316	South Africa	H.M	Goldblatt, Manning & Porter	25/09/2009	NBG		7264	7340
<i>Silene aethiopica</i> Burm. F.	20313	South Africa	H.M	Manning sn	23/09/2009	NBG		7263	7341
<i>Silene rigens</i> Goldblatt & J. C. Manning	20314	South Africa	H.M	Goldblatt, Manning & Porter	20/09/2009	NBG		7262	7342
<i>Silene undulata</i> Aiton	20310	South Africa	H.M	Goldblatt & Porter	18/09/2010	NBG		7261	7343
<i>Silene undulata</i> Aiton	20307	South Africa	H.M	Goldblatt & Porter	12/09/2010	NBG		7260	7344
<i>Silene crassifolia</i> L.	20308	South Africa	H.M	Goldblatt & Porter	19/09/2010	NBG		7259	7345
<i>Silene ornata</i> Aiton	20318	South Africa	H.M	Goldblatt & Porter	24/09/2009	NBG		7257	7347
<i>Silene ornata</i> Aiton	20306	South Africa	H.M	Manning	05/09/2010	NBG		7256	7348
<i>Silene bellidioides</i> Sond.	20315	South Africa	H.M	Goldblatt & Porter	09/09/2010	NBG		7257	7349
<i>Silene ornata</i> Aiton	1934	Greece	H.M	Oxelman	16/06/1991	GB		7258	7346
<i>Silene mundiana</i> Eckl. & Zeyh.	19155	South Africa	H.M	Oxelman	02/11/2017	GB		7254	

<i>Silene burchellii</i> Otth	17777	Malawi	H.M	Phillips, Eleanor	09/10/1977	Z		7252	7369
<i>Silene aethiopica</i> Burm. F.	19154	South Africa	H.M	Oxelman	02/11/2017	GB		7251	7370
<i>Silene burchellii</i> subsp. <i>modesta</i> J. C. Manning & Goldblatt	20311	South Africa	H.M	Johnson and Nanni	06/11/2010	NBG		7214	7372
<i>Silene burchellii</i> Otth.	20321	Kenya	H.M	Åke Strid	02/07/1967	GB		7237	7360
<i>Silene burchelli</i> Otth.	20329	tanzania	H.M	Hedberg	20/06/1948	S		7241	7364
<i>Silene burchelli</i> Otth.	20330	Kenya	H.M	Åke Strid	02/07/1967	S		7242	7365
<i>Silene burchelli</i> Otth.	20331	Namibia	H.M	Nordenstam	31/05/1963	S		7243	7366
<i>Silene burchellii</i> subsp. <i>pilosellifolia</i> (Cham. & Schltld.) J. C. Manning & Goldblatt	20332	Namibia	H.M	Nordenstam,	02/07/1974	S	S09-7570	7244	7367
<i>Silene aellenii</i> Sennen	20282	Algeria	S.M	Mesbah	18/04/2018	ENSA		7295	7308
<i>Silene choulettii</i> Coss.	20279	Algeria	S.M	Mesbah	10/07/2017	ENSA		7294	7309
<i>Silene fuscata</i> Link ex Brot.	20286	Algeria	S.M	Mesbah	10/02/2017	ENSA		7296	7307
<i>Silene atlantica</i> Coss. & Durieu	20278	Algeria	S.M	Mesbah	10/07/2017	ENSA		7298	7305
<i>Silene cirtensis</i> Pomel	20303	Algeria	S.M	Mesbah	30/03/2018	ENSA		7299	7304
<i>Silene pomelii</i> Batt.	20297	Algeria	S.M	Mesbah	21/04/2018	ENSA		7297	7306
<i>Silene secundiflora</i> Otth.	20276	Algeria	S.M	Mesbah	24/04/2017	ENSA		7287	7316
<i>Silene ramosissima</i> Desf.	20300	Algeria	S.M	Mesbah	27/04/2017	ENSA		7286	7317
<i>Silene pseudoatocion</i> Desf.	20298	Algeria	S.M	Mesbah	21/04/2018	ENSA		7285	7318
<i>Silene pseudoatocion</i> Desf.	20299	Algeria	S.M	Mesbah	21/04/2018	ENSA		7284	7319
<i>Silene tridentata</i> Desf.	20301	Algeria	S.M	Mesbah	18/04/2018	ENSA		7283	7320
<i>Silene fuscata</i> Link ex Brot.	20287	Algeria	S.M	Mesbah	02/03/2017	ENSA		7282	7321
<i>Silene gallica</i> L.	20288	Algeria	S.M	Mesbah	19/03/2017	ENSA		7281	7322
<i>Silene neglecta</i> Ten.	20290	Algeria	S.M	Mesbah	27/04/2017	ENSA		7280	7323
<i>Silene nocturna</i> L.	20293	Algeria	S.M	Mesbah	23/04/2017	ENSA		7279	7324
<i>Silene nocturna</i> L.	20294	Algeria	S.M	Mesbah	27/04/2017	ENSA		7278	7325
<i>Silene imbricata</i> Desf.	20295	Algeria	S.M	Mesbah	10/04/2017	ENSA		7277	7326
<i>Silene imbricata</i> Desf.	20296	Algeria	S.M	Mesbah	07/05/2018	ENSA		7276	7327
<i>Silene colorata</i> Poir.	20268	Algeria	S.M	Mesbah	01/06/2017	ENSA		7275	7328
<i>Silene colorata</i> Poir.	20269	Algeria	S.M	Mesbah	21/05/2017	ENSA		/	/
<i>Silene colorata</i> Poir.	20270	Algeria	S.M	Mesbah	18/04/2018	ENSA		7274	7329
<i>Silene colorata</i> Poir.	20271	Algeria	S.M	Mesbah	18/03/2018	ENSA		7273	7330

<i>Silene cerastoides</i> L.	20284	Algeria	S.M	Mesbah	20/04/2018	ENSA		7272	7331
<i>Silene aellenii</i> Sennen	20283	Algeria	S.M	Mesbah	19/04/2018	ENSA		7271	7332
<i>Silene turbinata</i> Guss.	20304	Algeria	S.M	Mesbah	16/03/2017	ENSA		7270	7333
<i>Silene niceensis</i> All.	20281	Algeria	S.M	Mesbah	21/05/2017	ENSA		7269	7334
<i>Silene apetala</i> Willd.	20267	Algeria	S.M	Mesbah	18/04/2018	ENSA		7210	7335
<i>Silene ibosii</i> Emb. & Maire	4722	Marocco	S.M	/	/	ENSA		7267	7336
<i>Silene secundiflora</i> Otth.	18370	Spain	H.M	B. Frajman	24/04/2009	GB	GB+0194046	7221	7375
<i>Silene gracilis</i> DC.	1285	Marocco	H.M	Oxelman	23/04/1989	GB	GB+0194049	7222	7354
<i>Silene heldreichii</i> Boiss.	1182	Antalya	H.M	Oxelman	10/05/1988	GB		7268	7335
<i>Silene succulenta</i> Forssk.	18373	France	H.M	Frajman & Schönswetter	30/04/2008	GB	GB+0194143	7267	7336
<i>Silene Arabica</i>	17769	Israel	H.M	K. U. Kramer	23/03/1980	Z		7261	7343
<i>Silene undulata</i> Aiton	20310	South Africa	H.M	Goldblatt & Porter	18/09/2010	NBG		7261	7343
<i>Silene tunetana</i> Murb.	5471	Tunisia	H.M	/	20/04/1969	B		7253	/
<i>Silene succulenta</i> Forssk.	14160	Greece	H.M	Strid & Kit Tan	26/05/2004	Strid		7212	7350
<i>Silene obtusifolia</i> Willd.	18383	Marocco	H.M	Garcia & Grasi	04/05/2008	GB	GB+0194002	7213	7371
<i>Silene discolor</i> Sm.	17682	Turky	H.M	Oxelman	22/04/2011	GB	GB+0194129	7215	7351
<i>Silene nicaeensis</i> All.	2632	Tunisia	H.M	Anja Rautenberg	01/07/2002	UPS		7216	7373
<i>Silene obtusifolia</i> Willd.	1287	Marocco	H.M	Oxelman	23/04/1989	GB	GB+0194001	7217	/
<i>Silene colorata</i> Poir.	1342	Algeria	H.M	Oxelman	15/05/1989	GB		7218	7352
<i>Silene borderi</i> Jord.	18341	Spain	H.M	Frajman & Schönswetter	04/08/2006	GB	GB+0194185	7230	/
<i>Silene ciliata</i> Pourr.	18321	Greece	H.M	Frajman & Schönswetter	17/08/2006	GB	GB+0194183	7231	/
<i>Silene volubilitana</i> Braun-Blanq. & Maire	1302	Marocco	H.M	Oxelman	25/04/1989	GB	GB+0194018	7232	7382
<i>Silene villosa</i> Forssk.	19269	Israel	H.M	Tielborger	30/03/1992	M		7233	7356
<i>Silene palaestina</i> Boiss.	12266	Israel	H.M	Eggers	/	/		7234	7357
<i>Silene disticha</i> Willd.	20327	Algeria	H.M	Mesbah	17/06/2017	ENSA		7229	7381
<i>Silene lynesii</i> Norman	19336	Algeria	H.M	D. Podlech	02/04/1982	M		7236	7359
<i>Silene filipetala</i> Litard. & Maire	18055	Marocco	H.M	Charpin	16/05/2003	G		/	/
<i>Silene atlantica</i> Coss. & Durieu	18053	Algeria	H.M	Dubuis	12/07/1979	G		7238	7361

<i>Silene heterodonta</i> F.N.Williams	18054	Marocco	H.M	Charteums	26/06/1983	GB		7248	/
<i>Silene legionensis</i> Lag.	6356	Spain	H.M	Anja Rautenberg	03/09/2002	UPS		7289	7314
<i>Silene virescens</i> Coss.	20325	Marocco	H.M	Skottsberg	07/04/1936	GB		7289	7314
<i>Silene mekinensis</i> Coss.	20326	Marocco	H.M	Skottsberg	13/04/1936	GB		7247	/
<i>Silene scabrida</i> Soy.-Will. & Godr.	26944	Algeria	Seeds	Durieu de M.	01/05/1841	P	P04915058	/	/
<i>Silene scabrida</i> Soy.-Will. & Godr.	26943	Algeria	Seeds	Durieu de M.	13/06/1841	P	P04915057	10984	/
<i>Silene glabrescens</i> Coss.	27019	Algeria	Seeds	/	15/05/1912	GB		/	/
<i>Silene biappendiculata</i> Ehrh. ex Rohrb.	27020	Egypte	Seeds	/	1877	P	P-P05020688	/	/
<i>Silene giraldii</i> Guss.	26950	Algeria?	Seeds	De Lacour P	/	P	P05082428	/	/



*Discussion*  
*Générale*

## Discussion générale

Le premier objectif atteint est l'élaboration d'un inventaire de 49 sur 71 espèces c'est-à-dire 69 % des espèces du pays dont 6 endémiques strictes pour l'Algérie et 11 sub-endémiques. L'identification a été effectuée à l'aide des flores (Battandier & Trabut (1902), Quézel & Santa (1962), Maire (1963), Fennane (1999)...). La nomenclature a été vérifiée à l'aide de l'index synonymique de Dobignard & Chatelain (2011) (Annexe 01)

Lors des sorties sur le terrain, nous n'avons pas pu observer quelques espèces endémiques : *Silene reverchouni* Batt., *Silene claryi* Batt., *Silene inaperta* L., *Silene kremeri* Soy. Will., *Silene glaberima* Faure et Maire, *Silene echinata* Oth., *Silene micropetala* Lag., *Silene divaricata*, *Silene pseudovestita* Batt., *Silene rouyana* Batt.. La possibilité de retrouver ces espèces dépend de leur degré de rareté et la qualité des données historiques disponibles (herbiers, flores, articles de revues). Nous sommes souvent confrontés à des localités décrites selon la division départementale ancienne ou des localités mal décrites. L'utilisation des bases de données en ligne (GBIF, ReColnat, Inaturalist, TelaBotanica) est une source importante de collecte d'informations biogéographiques (Van Horn *et al.*, 2018 ; Alhajeri & Fourcade, 2019 ; Bazan *et al.*, 2019 ; Pender *et al.*, 2019). Néanmoins, leur utilisation doit être faite avec beaucoup de précaution afin d'éviter les erreurs d'identification et confusion entre les espèces. Le genre *Silene* dispose aussi d'espèces endémiques poussant dans les champs cultivés. Elles sont considérées comme mauvaises herbes par les agriculteurs (*Silene ghiarensis* Batt., *Silene argillosa* Munby, *Silene tunitana* Murd., *Silene glaberima* Faure et Maire, *Silene divaricata* auct., *Silene cirtensis* Pomel, *Silene kremeri* Soy. Will., *Silene stricta* L....). Nous supposons le déclin ces espèces au fil des années. Cela est peut-être dû à la surexploitation agricole (Reidsma *et al.*, 2006 ; De Snoo *et al.*, 2013) et l'utilisation des engrais chimiques (Lu *et al.*, 2010 ; De Snoo *et al.*, 2013 ; Lokossou, 2018).

Etant donné que les falaises calcaires de basse altitude sont connues pour leur diversité exceptionnelle, nous avons priorisé les espèces endémiques chasmophytes dans l'évaluation IUCN. Le résultat de l'évaluation IUCN selon la version 3.1 (2001) réalisé sur *Silene sessionis* Batt., *Silene aristidis* Pomel et *Silene auriculifolia* Pomel nous a permis de retenir respectivement celui d'espèces «en danger d'extinction (EN)», «Vulnérable (VU)» et «en danger critique (ER)».

La prospection sur le terrain a été réalisée durant la période printanière pour pouvoir déterminer facilement les individus jeunes et les individus matures. *Silene auriculifolia* était la

plus difficile à retrouver. Sur trois ans de terrain (Février 2017- Aout 2019), elle n'a été revue que lors des sorties de 2019.

*Silene sessionis* partage le même habitat avec deux autres endémiques strictes de Gouraya. *Bupleurum plantagineum* Desf. est le mieux représenté puisqu'il est présent quasiment sur toute la face nord de Gouraya (falaises, rochers, forêts, maquis ...), suivi par *Hypochaeris saldensis* Batt., poussant pratiquement sur toutes les falaises à orientation nord. *S. sessionis* est même nettement plus rare qu'*Allium trichocnemis* J. Gay poussant sur la face sud de Gouraya. *Silene sessionis* paraît de loin plus rare que ces dernières.

Les boutons floraux et les méristèmes racinaires nous ont permis d'étudier les cellules méiotiques et mitotiques de 10 taxa du genre *Silene*. Deux niveaux de ploïdie ont été révélés : diploïde avec  $2n = 2x = 24$  ( $x = 12$ ) et tétraploïde avec  $2n = 4x = 48$ .

Pour *S. andryalifolia*, nous avons compté un nombre de  $n = 12$  ( $2n=24$ ). Ce résultat est en accord avec ceux rapportés sur les populations d'Espagne et du Maroc (Gadella *et al.*, 1966, Fernandes & Leitao, 1971, Chepinoga *et al.*, 2009).

L'état diploïde ( $2n = 24$ ) observé pour nos populations de *S. nocturna* est partagé par de nombreux auteurs en Méditerranée (Löve & Kjellqvist, 1974 ; Degraeve, 1980, Colombo & Trapani, 1991 ; Luque & Lifante, 1991 ; Lifante *et al.*, 1992 ; Runemark, 1996 ; Valdés & Parra, 1997)

En ce qui concerne *S. diversifolia* (nom retenu par Dobignard & Chatelain (2011) pour l'espèce nord-africaine est *S. rubella*), nos comptages de  $2n = 24$  sont en accord avec ceux trouvés au Portugal et en Espagne (Blackburn & Morton, 1957, Lidén, 1980).

*S. fuscata* est une espèce répandue dans le bassin méditerranéen. Tous les comptages chromosomiques rapportés pour cette espèce dans l'ensemble de sa zone de distribution sont de  $2n = 24$  (Blackburn, 1928 ; Blackburn & Morton, 1957 ; Degraeve, 1980) ce qui est en accord avec nos comptages sur le matériel étudié.

Notre matériel *S. gallica* s'est révélé également diploïde avec  $2n = 2x = 24$ . Le nombre de chromosomes des populations européennes et américaines de cette espèce est largement étudié d'un point de vue caryologique. Tous les dénombrements rapportés à son sujet sont similaires à nos observations (Rice *et al.*, 2015).

*S. vulgaris* subsp. *vulgaris* a montré un nombre tétraploïde de chromosomes avec  $2n = 4x = 48$  ( $x = 12$ ). Le même nombre a été signalé pour ce taxon au Portugal (Blackburn & Morton, 1957) et en Grèce (Blackburn & Morton, 1957 ; Fernandes & Leitao, 1971 ; Bocquet & Favarger, 1971 ; Horovitz, & Dolberger. 1983). En revanche, Loon (1980) a compté  $2n=24$  dans la population italienne. Ce nombre diploïde de  $2n = 24$  a également été mentionné en Slovaquie (Murin & Májovský, 1987), en Autriche (Kiehn *et al.*, 1991) et en Pologne (Skalinska *et al.*, 1974...). Bari (1973) avait lié cette variation à la latitude et l'altitude. La même explication est proposée par Briggs & Walters (1969) et Degraeve (1980). Blackburn & Morton (1957) ont pour leur part lié cette variation aux fluctuations de la température durant les glaciations. Des nombres de chromosomes de  $2n = 2x = 12$  ( $x=6$ ) ont également été mentionnés dans de rares cas pour *S. vulgaris* comme nous l'avons vu (Miège & Greuter, 1973; Krivenko *et al.*, 2011). L'implication d'un nombre de base primaire ancestral  $x = 6$  est évidente et contribue à expliquer l'origine de  $x = 9$  (combinaison par hybridation de  $2n = 24$  et  $2n = 12$ ) et  $x = 15$  (hybridation de  $2n = 48$  par  $2n = 12$  par exemple pour engendrer un pentaploïde avec un nombre de base primaire  $x = 6$  ou un hexaploïde avec un  $x = 5$  suggéré par le nombre de base secondaire  $x = 10$ ).

Ghazanfar (1983) a traité de nombreuses espèces de la section *Siphonomorpha* du bassin méditerranéen. Dans son étude, elle a révélé que la section *Siphonomorpha* est diploïde avec  $2n = 24$ . Nos résultats sur les taxa algériens de cette section confirment ce niveau de ploïdie. *Silene* section *Silene* est de  $2n = 24$ , un multiple de  $x = 12$ . Cependant, Löve (1985) et Galland (1988) ont rapporté un cas de tétraploïdie ( $2n = 4x = 48$ ) correspondant à l'espèce pérenne *Silene ayachica* Humbert poussant à 1800-3800m sur le Grand Atlas au Maroc (Maire, 1963). Les taxa appartenant à *Silene* section *Muscipula* n'ont pas été étudiés auparavant sauf *Silene muscipula* (Blackburn, 1928 ; Löve *et al.* 1974), *Silene martyi* Emb. & Maire et *Silene inaperta* L. (Blackburn & Morton, 1957 ; Talavera & Bocquet, 1976). Ils sont tous les trois diploïdes avec  $2n = 24$ . Nos résultats trouvés pour *Silene reticulata* valide le niveau diploïde de la section.

*Silene* section *Behenantha* est une petite section avec onze espèces (Jafari *et al.*, 2020). Celle-ci semble être de niveau diploïde avec  $2n=2x=24$  comme suggéré par Runemark (1996) chez *Silene behen* L., par Loon Van & Jong (1978) chez *S. pendula* L. et par Degraeve (1980) chez *S. fabaria* (L.) Sm.. *S. vulgaris* est le seul taxon avec des niveaux à la fois diploïdes et tétraploïdes.

Les marqueurs ITS et rps16 sont considérée comme des marqueurs les plus informatifs pour le genre *Silene*. Les ITS1 et ITS2 de l'ADN nucléaire sont considérées comme la partie variable de l'ADN nucléaire ITS (Oxelman, 1995 ; Naciri *et al.*, 2017).

On peut se demander quel est l'attrait des méthodes basées sur le maximum de vraisemblance et la parcimonie dans l'analyse phylogénétique. Il y a des avantages à la fois théoriques et pratiques. On peut soutenir que le conflit entre les méthodes basées sur les probabilités et la parcimonie cladistique, tel que décrit par Felsenstein (2001), a entraîné une division en deux écoles différentes, où les probabilistes utilisent des méthodes basées sur des modèles et les autres méthodes sans modèles (cas de la parcimonie par exemple), il est difficile de quantifier l'incertitude dans une analyse, ce qui est nécessaire pour faire de la science (Stamatakis, 2014).

La méthode bayésienne s'est imposée devant les autres méthodes probabilistes par sa capacité de calculer les probabilités postérieures (la probabilité que l'arbre soit correct) des arbres phylogénétiques par la combinaison d'une probabilité a priori avec la fonction de vraisemblance (Felsenstein, 1978). L'utilisation de chaînes de Markov avec la technique de Monte Carlo (MCMC) pour calculer les probabilités postérieures bayésiennes rend cette approche particulièrement attractive. En effet, ces techniques numériques permettent l'implémentation de modèles d'évolution des séquences complexes, incorporant un nombre élevé de paramètres en un temps de calcul raisonnable. Plusieurs programmes sont conçus pour nous permettre d'analyser la convergence des analyses bayésiennes d'inférence phylogénétique (e.g. TRACER, Rambaut & Drummond, 2003). Ce qui fait que l'approche bayésienne apparaît donc particulièrement prometteuse pour le futur de la reconstruction phylogénétique.

Vue la taille de la matrice des deux gènes ITS et rps16, nous avons évité d'utiliser le Logiciel MrBayes pour élaborer l'arbre phylogénétique qui risque de prendre un temps considérablement long. Nous avons choisi d'utiliser les facilités proposées par le serveur en ligne (CIPRES) (Miller *et al.*, 2010). L'avantage de ce site est d'analyser le plus grand nombre de matrice dans un temps très réduit, par rapport aux autres logiciels, grâce à son moteur de recherche puissant où le logiciel MrBayes est implanté dans le serveur XSEDE (Ronquist *et al.* ; 2012).

Cependant, comme toute méthode récemment développée, cette approche comporte son lot de problèmes encore irrésolus et l'évaluation de ses propriétés n'est qu'à ses débuts. Ce

dernier aspect représente donc un axe de recherche privilégié pour les années à venir. (Huelsenbeck & Ronquist, 2001).

L'estimation de l'arbre des espèces à l'aide du modèle de coalescence multi-espèces fournit un cadre pour l'utilisation des données génomiques afin de résoudre un certain nombre de problèmes biologiques, tels que l'estimation des temps de divergence des espèces, la taille des populations des espèces ancestrales, la délimitation des espèces et l'inférence des flux géniques entre les espèces (Yang, 2014 ; Bruce *et al.*, 2020).

La nouvelle classification globale du genre *Silene* proposée par Jafari *et al.* (2020) suggère la répartition des espèces d'Afrique du Nord en trois sous-genres (Subg. *Bahenantha*, Subg. *Silene* et subg. *Lychnis*) et 8 sections (sect. *Siphonomorpha* (7 taxa), sect. *Muscipula* (8 taxa), sect. *Behenantha* (2 taxa), sect. *Sedooides* (1 taxon), sect. *Melandrium* (2 taxa), sect. *Silene* (55 taxa), sect. *Coinomorpha* (2 taxa), et sect. *Porteansae* (2 taxa)). Nous avons pu confirmer cette hypothèse en alignant les nouvelles séquences avec l'alignement globale de Jafari *et al.* (2020) (Annexe II). Vu la taille de la matrice des deux gènes ITS (1780 séquences et rps16 (1276 séquences), qui risque de prendre un temps considérable avec l'inférence bayésienne, nous avons réduit notre matrice à 174 séquences du marqueur ITS et 132 séquences du marqueur rps16. Cette matrice englobe les séquences disponibles des taxa Nord African et qui appartiennent à la section *Silene*. Les arbres obtenus nous ont permis de compléter la section *Siphonomorpha*, *Muscipula*, *Behenantha*, *Sedooides*, *Coinomorpha* par des taxa jamais séquencés ou que nous avons séquencé pour la première fois en Afrique du Nord. La section *Silene* a été largement circonscrite en la complétant par des taxa nord-africains mal échantillonnés dans les études précédentes (Naciri *et al.*, 2010-2017 ; Jafari *et al.*, 2020). La section *Silene* est la plus diversifiée en Afrique du Nord. Elle regroupe les anciennes sections : *Atocion* Rohrb., *Rubellae* (Batt.) Oxelman & Greuter, *Dipterospermae* Rohrb., *Nicaeenses* (Rohrb.) Talavera, *Scorpioideae* (Rohrb.) Fedor, *Succulentae* Boiss., et *Fruticulosae* (Willk) Chowdhuri .

Nos résultats, ont défini une structuration phytogéographique à forte corrélation au sein des populations Méditerranéennes de groupe *Silene rubella*. A l'ouest, nous avons *S. bergiana* Lindm., qui pousse dans la péninsule ibérique se regroupe avec l'endémique marocaine *S. volubilitana* Braun, Blanq. & Maire; à l'Est, nous avons *S. turbinanta* Guss. (Décrite en Italie et qui s'étale sur l'est algérien et la Tunisie) et *S. diversifolia* Otth avec une large distribution en Méditerranée.

*Silene nocturna* L. avait montré deux clades avec une distance évolutive importante. Nous avons tenté d'identifier le clade qui correspond au type de Linné (LINN-583:8) mais la morphologie des échantillons des deux clades ressemble à l'échantillon type. En se référant à Peruzzi (2013,2014), nous avons vérifié les types de *Cucubalus reflexus* L. (LINN-582:22), , *S. mutabilis* L. (LINN-583:16), nous avons conclu que ces trois taxa sont très proche morphologiquement mais il nécessite le séquençage des échantillons types ou de définir un néotype pour *S. nocturna*.

Peruzzi *et al.* (2014) dans leur étude comparative entre *S. nocturna*, *S. mutabilis* et *S. neglecta* Ten. ont conclu que le nom linnéen *S. mutabilis* est le nom le plus ancien au taxon actuellement connu sous le nom de *Silene neglecta*. Notre arbre MSC a montré que *S. mutabilis* est une espèce proche de l'un des clades de *S. nocturna* et génétiquement distant du clade comportant *S. neglecta* . Devant cette confusion nomenclaturale, nous avons opté pour une étude approfondie basé sur la biométrie et du séquençage génomique à l'échelle de la méditerranée (Mesbah *et al.* in prep; Sáez *et al.*, in prep.). Un échantillon de *Silene sp* collecté au Maroc a pris une position unique dans les différents arbres (ITS, rps16 et MSC). Il a été nommé *S. pomeli* et déposé à Genève. Il est morphologiquement très différent de la vraie *S. pomeli* et du reste des taxa d'Afrique du Nord. Nous avons supposé qu'il soit proche de *S. ibosii* qui partage quelque traits (forme du calice et pilosité sur la tige). Néanmoins cette relation n'a pas été résolu dans l'arbre MSC. Plusieurs flores ont été consultées (Quézel et Santa, 1962 ; Maire, 1963, Ghafoor, 1978, Bolibar *et al.*, 1991 ; Chater *et al.*, 1993 ; Fennene *et al.*, 1999) mais aucune description ne correspond. Nous supposons qu'il s'agit d'une nouvelle espèce pour la flore marocaine. Une comparaison morphologique détaillée doit être faite.

Il est parfois difficile de traiter des ambiguïtés d'ordre nomenclaturales quand l'herbier type est incomplet (cas de *S. reverchonii* Batt.) ou quand le voucher d'extraction est absent (cas de *S. villosa* Forssk.). Cela nous a pas permis pas de comprendre l'origine de leur position douteuse dans l'arbre phylogénétique.

Les relations infragénériques entre les différents groupes obtenus dans le MSC ne sont pas bien résolues. Des analyses supplémentaires incluant plus d'individus et de marqueurs d'ADNc, ainsi que des régions d'espacement interne transcrites des ribosomes nucléaires (nrITS), sont recommandées dans les recherches futures.

## Références

- Abdul Ghafoor (1978). Family Caryophyllaceae. Volume 59 of Flora of Libya. Jafri, S. M. H. and Elgadi, A. (editors). Univ. of Alfaateh, Dep. of Botany, Tripoli. 122p.
- Alhajeri, B. H., & Fourcade, Y. (2019). High correlation between species-level environmental data estimates extracted from IUCN expert range maps and from GBIF occurrence data. *Journal of Biogeography*, 46(7):1329-1341.
- Bari, E. A. (1973). Cytological studies in the genus *Silene* L. *New Phytologist* 72(4): 833-838.
- Battandier J. & Trabut L. (1902). Flore de l'Algérie et de la Tunisie. *Giralt, Alger*.
- Bazan, S., Taugourdeau, S., & Ndiaye, O. (2019). L'herbier ALF du CIRAD: Une collection de plantes Africaines en ligne. UCAD.
- Blackburn, K. B. (1928). Chromosome number in *Silene* and the neighbouring genera. *Österreichische Botanische Zeitschrift* , 113(2): 169-175
- Blackburn, K. B., & Morton, J. K. (1957). The incidence of polyploidy in the Caryophyllaceae of Britain and of Portugal. *The New Phytologist*, 56(3), 344-351.
- Bocquet, G., & C. Favarger. (1971). *Silva ad silenologiam* 3. Données cytologiques sur les *Silene* L. sect. *Physolychnis* (Bentham) Bocquet. (Caryophyllaceae). *Naturaliste Canad.* 98: 251-260.
- Bocquet, A. (1969). L'Isère préhistorique et protohistorique (I). *Gallia préhistoire*, 12(1): 121-258.
- Bolibar, Santiago & al. (eds.) (1990). *Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares.*; Vol. II. *Platanaceae-Plumbaginaceae (partim)* Madrid : *Real Jardín Botánico, C.S.I.C.* 897p.
- Bruce R., Scott V. Edwards, Adam Leaché, and Ziheng Yang (2020). The multispecies coalescent model and species tree inference. In Scornavacca, C., Delsuc, F., and Galtier, N., editors, *Phylogenetics in the Genomic Era*, chapter 3.3, pp. 3.3:1–3.3:21. <https://hal.inria.fr/PG>
- Chater, A.O., Walters, S.M. & Akeroyd, J.R. (1993). *Silene* L. Pp. 191–218 in: Tutin, T.G., Burges, N.A., Chater A.O., Edmondson, J.R., Heywood, V.H., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M. & Webb, D.A. (eds.), *Flora Europaea*, 2nd ed., vol. 1. Cambridge: Cambridge University Press.



- Chepinoga V., Gnutikov A., Enushchenko I. V. et Rosbakh S. A. (2009). IAPT/IOPB chromosome data 8. *Marhold*, 58 (4): 1281-1289.
- De Snoo, G. R., Herzon, I., Staats, H., Burton, R. J., Schindler, S., van Dijk, J., ... & Musters, C. J. M. (2013). Toward effective nature conservation on farmland: making farmers matter. *Conservation Letters*, 6(1) : 66-72.
- Degraeve, N. (1980). Etude de diverses particularites caryotypiques des genres *Silene*, *Lychnis* et *Melandrium*. *Boletim Sociedade Broteriana* 53: 595-643
- Felsenstein J., (1978). The Number of Evolutionary Trees. *Systematic Zoology*, 27 (1): 27–33.
- Fennane M. & Ibn-Tattou M. (1999). Flore pratique du Maroc. Vol. 1. Pteridophyta, Gymnospermae, Angiospermae (Lauraceae-Neuradaceae). Inst. Scientifique. Rabat
- Fernandes, A. & M. T. Leitao.Bol., (1971). Contribution à la connaissance cytotoxinomique des spermatophyta du Portugal. III. Caryophyllaceae. *Boletim da Sociedade Broteriana*, 245: 143-176.
- Frajman, B., Schönswetter, P., Weiss-Schneeweiss, H., & Oxelman, B. (2018). Origin and diversification of South American polyploid *Silene* sect. *Physolychnis* (Caryophyllaceae) in the Andes and Patagonia. *Frontiers in Genetics* 9 : 639.
- Gadella Th. W. J., Kliphuis., E. & Mennega E. A. (1966). Chromosome numbers of some flowering plants of Spain and S. France. *Acta Botanica Nterlandica*, 15(2):484-489.
- Gholipour, A., & Golshahi, M. (2016). Two interesting annual *Silene* species (Caryophyllaceae) reported for the flora of Iran. *Nova Biologica Reperta*, 3(3), 205-209.
- Krivenko D. A., Violetta Kotseruba V., Kazanovsky S. G., Verkhozina A. V., Stepanov A. V., (2011): Oberna behen. in: IAPT/IOPB chromosome data 11, K. Marhold & I. Breitwieser (Ed.), *Taxon* 60 (4): 12-22.
- Kruckeberg, A. R. (1954). Chromosome numbers in *Silene* (Caryophyllaceae): I. Madroño, 12(8): 238-246.
- Kruckeberg, A. R. (1960). Chromosome numbers in *Silene* (Caryophyllaceae). II. Madroño, 15(7): 205-215.

- Lifante, Z. D., Luque, T., & Bárbara, C. S. (1992). Chromosome numbers of plants collected during Iter Mediterraneum II in Israel. *Bocconea*, 3: 229-250.
- Lokossou, R. S., Akouehou, G. S., Avononmadegbe, M. L., & Matilo, A. O. (2018). Modes de gestion des terres dans la zone tampon de la réserve de biosphère de la Pendjari. *Journal of Applied Biosciences*, 124:12433-12445.
- Loon J.C. – (1980). Chromosome number reports LXIX. *Taxon*, 29(5-6): 703-730.
- McNeill JF, Barrie F, Burdet HM, Demoulin V, Hawksworth DL, Marhold K, Nicolson DH, Prado J, Silva PC, Skog JE, Wiersema J, Turland NJ, eds (2006). International Code of Botanical Nomenclature (Vienna Code). Regnum Vegetabile Koeltz Scientific Books, Königstein. 146.
- Löve, A. & Kjellqvist, E. (1974a). Cytotaxonomie des plantes espagnoles III. Dicotyledons : Salicaceae-Rosaceae. *Lagascalia* 4(1) : 3-32
- Löve, Á. (1985). Chromosome number reports LXXXVI. *Taxon*, 159-164.
- Lu, X., Mo, J., Gilliam, F. S., Zhou, G., & Fang, Y. (2010). Effects of experimental nitrogen additions on plant diversity in an old-growth tropical forest. *Global Change Biology*, 16(10), 2688-2700.
- Luque, T., & Lifante, Z. D. (1991). Chromosome numbers of plants collected during Iter Mediterraneum I in the SE of Spain. *Bocconea*, 1(1): 303-364.
- Maire R. (1963). Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). Edition Paul Lechevalier, Paris. Volume 10, 229.
- Miller, M.A., Pfeiffer, W., and Schwartz, T. (2010) "Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees" in Proceedings of the Gateway Computing Environments Workshop (GCE), 14 Nov. 2010, New Orleans, LA pp 1 - 8.
- Naciri, Y., Du Pasquier, P. E., Lundberg, M., Jeanmonod, D., & Oxelman, B. (2017). A phylogenetic circumscription of *Silene* sect. *Siphonomorpha* (Caryophyllaceae) in the Mediterranean Basin. *Taxon*, 66(1), 91-108.
- Naciri, Y., F. Cavat, and D. Jeanmonod. (2010). *Silene patula* (Siphonomorpha, Caryophyllaceae) in North Africa: a test of colonisation routes using chloroplast markers. *Molecular phylogenetics and evolution* 54:922-932.

- Naciri, Y., P.-E. D. Pasquier, M. Lundberg, D. Jeanmonod, and B. Oxelman. (2017). A phylogenetic circumscription of *Silene* sect. *Siphonomorpha* (Caryophyllaceae) in the Mediterranean Basin. *Taxon* 66:91-108.
- Pender, J. E., Hipp, A. L., Hahn, M., Kartesz, J., Nishino, M., & Starr, J. R. (2019). How sensitive are climatic niche inferences to distribution data sampling? A comparison of Biota of North America Program (BONAP) and Global Biodiversity Information Facility (GBIF) datasets. *Ecological Informatics*, 54, 100991.
- Peruzzi, L., & Carta, A. (2013). A taxonomic revision of *Silene nocturna* species complex (Caryophyllaceae) in Italy. *Phytotaxa*, 88(3), 38-48.
- Peruzzi, L., Jarvis, C. E., & Carta, A. (2014). On the application of the Linnaean names *Cucubalus reflexus*, *Silene nocturna* and *Silene mutabilis* (Caryophyllaceae). *Taxon*, 63(3), 651-652.
- Quézel P. & Santa S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales V.1, CNRS, Paris. 636p.
- Quézel P. & Santa S. (1962, 1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris, 2 Volume. 1170 p.
- Rannala, B., & Yang, Z. (2003). Bayes estimation of species divergence times and ancestral population sizes using DNA sequences from multiple loci. *Genetics* 164(4) : 1645-1656.
- Reidsma, P., Tekelenburg, T., Van den Berg, M., & Alkemade, R. (2006). Impacts of land-use change on biodiversity: An assessment of agricultural biodiversity in the European Union. *Agriculture, ecosystems & environment*, 114(1): 86-102.
- Rice, A., Glick, L., Abadi, S., Einhorn, M., Kopelman, N. M., Salman-Minkov, A., ... & Mayrose, I. (2015). The Chromosome Counts Database (CCDB)—a community resource of plant chromosome numbers. *New Phytologist*, 206(1): 19-26.
- Ronquist, F., M. Teslenko, P. van der Mark, D.L. Ayres, A. Darling, S. Höhna, B. Larget, L. Liu, M.A. Suchard, and J.P. Huelsenbeck. (2012). MRBAYES 3.2: Efficient Bayesian phylogenetic inference and model selection across a large model space. *Syst. Biol.* 61:539-542.
- Aparicio, A. (1993). Planes de recuperación de especies vegetales amenazadas en el Parque Natural de la Sierra de Grazalema (Cádiz-Málaga). *Acta botánica malacitana*, 18: 199-221.

- Runemark, H. (1996). Mediterranean chromosome number reports 6 (590-678). *Flora Mediterranea*, 6: 223–243.
- Runemark, H. (1996). Mediterranean chromosome number reports 6 (590-678). *Flora Mediterranea*, 6: 223–243.
- Stoate, C., Baldi, A., Beja, P., Boatman, N. D., Herzon, I., Van Doorn, A., ... & Ramwell, C. (2009). Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe—a review. *Journal of environmental management*, 91(1), 22-46.
- Valdés, B., & Parra, R. (1997). Números cromosómicos de plantas de Marruecos, I. Lagasalia, 20(1): 161-166.
- Van Horn, G., Mac Aodha, O., Song, Y., Cui, Y., Sun, C., Shepard, A., ... & Belongie, S. (2018). The inaturalist species classification and detection dataset. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* 8769-8778.
- Yang Z., (2014), "[Simulating molecular evolution](#)", *Molecular Evolution*, Oxford University Press, pp. 418–441

# ***Conclusion Générale et perspectives***

## Conclusion générale et perspectives

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la préoccupation de réunir des données de base pour améliorer les connaissances sur le genre *Silene* en Algérie. Nous avons pour objectif de : (i) Actualiser le statut UICN de quelques espèces endémiques selon la version 3.1 (2001). (ii) Etablir les enjeux de conservation de ces espèces et proposer des perspectives de conservation. (iii) Etudier la caryologie de quelques taxa autochtones en Algérie, (iv) Utiliser la phylogénie pour placer les espèces nord-africaines et notamment algériennes dans le cadre d'une classification taxonomique.

Nous avons repéré et échantillonné 49 (69%) espèces sur les 71 présentes en Algérie, dont 17 sont endémiques ou sub-endémiques. Les nouveaux statuts à retenir pour *S. sessionis*, *S. aristidis* et *S. auriculifolia* selon la version 3.1 (2001) sont respectivement celui d'espèces « en danger d'extinction (EN) », « Vulnérable (VU) » et « en danger critique (ER) ». Cela justifiera un suivi régulier dans l'avenir afin d'améliorer les connaissances biologiques et écologiques, *in situ* et *ex situ* de ces espèces et une urgence d'agir dans le cas de *S. auriculifolia*.

Les principales menaces qui, à nos yeux, pèsent sur le maintien de ces espèces endémiques des falaises calcaires de basse altitude sont : les activités sportives (escalade), le béton projeté et la création des carrières. Ces menaces pèseraient à la fois sur le maintien des individus adultes et surtout sur la survie des germinations et des plantules. L'assèchement du climat peut aussi être un facteur de risque mais il doit être profondément étudié pour valider son impact. De ce fait, il est impératif d'élaborer un plan d'évaluation de l'état actuel de ces habitats et d'appliquer les méthodes de conservation *in situ* et/ou *ex situ* dans l'espoir de conserver ce patrimoine national.

Nous avons rapporté ici pour la première fois les nombres chromosomiques pour les populations algériennes d'espèces de *Silene* incluant une endémique stricte : *S. sessionis*, et deux sub-endémiques : *S. atlantica* et *S. reticulata*. Sur l'ensemble des espèces étudiées nous avons révélé un niveau diploïde avec  $2n = 2x = 24$  ( $x = 12$ ) à l'exception de *S. vulgaris* subsp. *vulgaris* qui est de niveau tétraploïde avec  $2n = 4x = 48$  ( $x = 12$ ). Nos résultats confirment qu'il n'y a pas une relation entre la classification phylogénétique et le nombre chromosomique des espèces. Plus d'espèces, en particulier les endémiques doivent être

analysées afin d'avoir une meilleure vue des aspects caryologiques des espèces de *Silene* en Algérie.

Les nouvelles séquences obtenues pour les espèces d'Afrique du Nord du genre *Silene*, combinées aux données existantes des séquences ribosomales nucléaires (ITS) et chloroplastique (rps16), nous ont permis de confirmer que les espèces nord-africaines ne constituent pas un groupe monophylétique. Elles sont réparties sur 8 sections différentes. 55 taxa nord africains forment un groupe monophyletique fortement soutenu correspondant à la section *Silene* qui regroupe les anciennes sections *Atocion*, *Rubellae*, *Dipterospermae*, *Fruticulosae*, *Nicaeensae*, *Scorpioides*, *Silene* et *Succulentae*. Le reste des taxa est réparti dans les 7 sections restantes : *Siphonomorpha* (7), *Behenantha* (2), *Muscipula* (8), *Sedoides* (1), *Coinomorpha* (2), *Porteancea* (2) et *Melandrium* (2).

Nous avons souligné sept taxa qui présentent des ambiguïtés taxonomiques en Afrique du nord (*S. nocturna*, *S. mutabilis*, *S. neglecta*, *S. pomeli*, *S. villosa*, *S. reverchonii* et *S. rubella*). *S. nocturna* versus *S. mutabilis* versus *S. neglecta* présentent une confusion nomenclaturale dans les échantillons type de Linné. Ce complexe nécessite une étude approfondie basée sur la biométrie et plus de séquençage à l'échelle de la Méditerranée. Les populations nord africaines de l'ancien taxon *S. rubella* forment deux espèces différentes *S. turbinata* (Algéro-Tuniso-Italienne) et *S. diversifolia* (Méditerranéenne).

Les données moléculaires ont mis en évidence la présence d'une espèce nouvelle pour le Maroc qui nécessite une caractérisation morphologique. L'absence d'échantillons d'herbier complet constitue une source de confusion considérable pour l'identification des espèces *S. villosa* et *S. reverchonii* dont les positions sur l'arbre est douteuse.

Il serait pertinent de reprendre les investigations sur le terrain pour actualiser la distribution des espèces du genre *Silene* en Algérie d'une part et établir des projets de recherche pour des études biogéographiques morphologiques, cytogénétique et moléculaires etc., plus larges et plus approfondies, sur le reste des espèces du genre *Silene* afin de mieux comprendre le scénario de dispersion de ce genre en Afrique du nord d'une façon générale et en Algérie en particulier.

# *Annexes*



**Annexe I :** Liste détaillée des taxa présents en Algérie avec synonymies, chorologies, distributions, écologies et niveaux de ploïdie

(/ : absence d'information).

- **Répartition selon les secteurs biogéographiques (Quézel et Santa, 1962-1963):** Secteur kabyle et Numidien (K) : K1, K2, K3, respectivement : la grande Kabylie, la petite Kabylie, incluant la Kabylie de Collo, la Numidie littorale ceinturant les villes d'Annaba (ex. Bône) et El Kala (ex. La Calle). - Secteur Algérois (A) : A1, A2, respectivement : les collines et le littoral du proche Algérois, incluant la Mitidja, les montagnes du Tell Algérois. - Secteur du Tell Constantinois (C1) : C1 les collines du Tell Constantinois, incluant les montagnes de l'axe Bibans, Hodna, Bellezma. Chapitre I : La biodiversité méditerranéenne 8 - Secteur Oranais (O) : O1, O2, O3, respectivement : les collines du Littoral Oranais, les plaines de l'arrière Littoral Oranais dont la Macta, les Causses Oranaises qui rassemblent principalement les Monts de Tlemcen, les Monts de Tessala et Saida. - Secteur des Hauts Plateaux (H) : H1, H2, respectivement : les Hautes Plaines de l'Ouest (du Sud Oranais au Sud Algérois), les Hautes Plaines de l'Est (Sud Constantinois). - Secteur de l'Atlas Saharien (AS) : AS1, AS2, AS3, respectivement : l'Atlas Saharien Occidental (région d'Aïn Sefra), l'Atlas Saharien Central (région de Djelfa), les Aurès et l'Atlas Saharien Oriental (région de Tébessa). - Secteur du Sahara Septentrional (SS) : HD, SS1, SS2, respectivement : la Plaine du Hodna (enclave nord-saharienne), le Sous-secteur Oriental du Sahara Septentrional, le Sous-secteur Occidental de Sahara Septentrional. - Le Secteur de Sahara Central (SC). - Le Secteur de Sahara Occidental (SO). - Le Secteur de Sahara Méridional (SM).

-**Degrés de rareté selon (Quézel et Santa, 1962-1963):** -CCC: très répandu ; CC: Très commun ; C: Commun ; AC: Assez commun ; AR: Assez rare ; R: Rare ; RR: Très rare ; RRR: Rarissime.

-**Types biologiques (TB):** Th: Thérophyte, Hém.: Hémicryptophyte, Ch: Chaméphyte.

N°	Espèce (+ synonymes)	Chorologie	Répartition	TB	Habitat	Lieux de récolte	Ploïdie
01	<i>Silene aellenii</i> Sennen = <i>Silene divaricata</i> Clem.	Alg.- Mar.	AC : O1-2-3. R:HI: Djebel Sidi El Abed	Th	Sur les rochers dans la région semi-aride	Plusieurs stations à l'ouest du pays	2n=24
02	<i>Silene andryalifolia</i> Pomel = <i>Silene mollissima</i> subsp. <i>andryalifolia</i> (Pomel) Maire = <i>Silene italica</i> subsp. <i>fontansiana</i> Maire	W. Méd.	AR: K1-2, C1, A2: Ouarnis O3: Tlemcen	Ch	Rochers calcaires surtout en montagne	7 stations au nord du pays	2n=24

	= <i>Silene patula</i> subsp. <i>amurensis</i> Pomel						
03	<i>Silene apetala</i> Willd = <i>Silene apetala</i> var. <i>grandiflora</i> Boiss. (1867) = <i>Silene apetala</i> var. <i>alexandrina</i> Asch. (1889) = <i>Silene alexandrina</i> (Asch.) Danin (1987) = <i>Silene apetala</i> var. <i>berenicea</i> Pamp. (1917) = <i>Silene decipiens</i> Barceló (1879)	Méd.	AR: H1-2, AS, SS RR: A1	Th	Cultures, pâturages	6 stations à l'ouest du pays et une station à Béjaïa	2n=24
04	<i>Silene arenarioides</i> Desf. = <i>Silene nicaeensis</i> var. <i>arenarioides</i> (Desf.) Batt.	Mag.	C : AS, SS	Th	Sables désertiques et subdésertiques	/	2n=24
05	<i>Silene argillosa</i> Munby	Alg.- Mar.	AR: A1, O1-2-3	Th	Champs argileux, broussailles	Ain Timouchent	/
06	<i>Silene aristidis</i> Pomel = <i>Silene bupleuroides</i> Desf. Non L	End.	R: A2: D1. Bouzezga, Georges de Palestro	Ch	Falaises abruptes	Boumerdes, Jijel	2n=24
07	<i>Silene atlantica</i> Coss.	Alg-Tun.	K2-3, A2, C1, AS3	Hém	Forêts, rocailles des montagnes au-dessus de 1200 m	Takouchet (Béjaïa)	2n=20
08	<i>Silene auriculifolia</i> Pomel = <i>Silene mollissima</i> subsp. <i>auriculifolia</i> (Pomel) Maire	End	RR : O1 : Santa Cruz : var. <i>oranensis</i> Maire	Ch	Fissures des rochers calcaires maritimes	Santa Cruz (Oran)	2n=24
09	<i>Silene bellidifolia</i> Jacq. = <i>Silene vespertina</i> Retz. (1784) = <i>Silene hirsuta</i> auct. (1789) sensu Poiret = <i>Silene hispida</i> Desf. (1798)	W. Méd.	AC: K1-2-3 AR: A1	Th	Forêts claires	El Hnaya (El Taref)	2n=24
10	<i>Silene behen</i> L. <i>Silene behen</i> var. <i>almolae</i> (J. Gay) Pau = <i>Silene almolae</i> J. Gay (1849)	Méd.	AC: O1, RR: A1	Th	Cultures, sables	Hammemet (Ain Timouchent)	2n=24

	= <i>Silene cretica</i> auct. sensu Afr. N., non-L. = <i>Silene ignobilis</i> Lowe (1838)						
11	<i>Silene cinerea</i> Desf. = <i>S. cirtensis</i> Pomel	End	AC: A1-2-3. RR: C1.	Th	Champs, pâturages	Cap Blanc (Oran)	/
12	<i>Silene cirtensis</i> Pomel	End	RR: C1, Constantine: M'sid El Bab	Th	Pâturages pierreux des basses montagnes	M'Cid El Bab (Constantine)	/
13	<i>Silene coeli-rosa</i> L. = <i>Lychnis diacoelirosa</i> var. <i>aspera</i> Poir. (1813) = <i>Lychnis aspera</i> Poir. (1814) = <i>Lychnis scoeli-rosa</i> var. <i>aspera</i> (Poir.) Ball (1877) = <i>Eudianthe coeli-rosa</i> var. <i>aspera</i> (Poir.) Debeaux (1894) = <i>Silene coelirosa</i> var. <i>aspera</i> (Poir.) Maire (1953) = <i>Lychnis laevis</i> Poir. (1814) = <i>Silene coelirosa</i> var. <i>laevis</i> (Poir.) Voss (1899) = <i>Silene coelirosa</i> var. <i>subaspera</i> Maire (1963) = <i>Lychnis diacoelirosa</i> var. <i>speciosa</i> Pomel (1874) = <i>Eudianthe coeli-rosa</i> var. <i>speciosa</i> Pomel (1894)	W. Méd.	Tell algéroconstantinois	Th	Forêts laires, broussailles	10 stations au nord du pays	2n=24
14	<i>Silene claryi</i> Batt.	End	R : HI, AS	Th	Steppes, rocailles arides	/	/
15	<i>Silene conica</i> L.	Méd.	R : O3 : Tlemcen, HI, ASI-2	Th	Forêts, broussailles	Tlemecen	/
16	<i>Silene conoidea</i> L.	Méd.	R : O2 : Chanzy,	Th	Champs, pâturages	/	2n=20

			Trezel				
17	<i>Silene colorata</i> subsp. <i>amphorina</i> Pomel Batt. = <i>Silene amphorina</i> Pomel	End	RR: K3	Th	Pâturages, cultures, Sables maritimes	Jijel, Constantine, El Taref	2n=24
18	<i>Silene Colorata</i> subsp. <i>Pubicalycina</i> Fenzl. = <i>Silene colorata</i> subsp. <i>colorata</i>	Méd.	C : A1-2et C1	Th	Forêts, broussailles, cultures, sables maritimes	Alger, Guelma, Souk Ahras, Annaba	2n=24
19	<i>Silene colorata</i> subsp. <i>trichocalycina</i> (Fenzl) Maire	N. Af.	C : 01-2-3 ;R : ailleurs.	Th	Forêts, broussailles, cultures, sables maritimes	Tlemcen, Oran, Mostaganem, Bouira	2n=24
20	<i>Silene chouletii</i> Coss	End.	K1-2-3, C1	Hém	Rochers	4 stations à Béjaïa	/
21	<i>Silene dichotoma</i> Ehrh		R : H1	Th		/	2n=24
22	<i>Silene disticha</i> Willd.	W. Méd.	AC : Tell algero- constantinois	Th	Forêts claires, broussailles	Forêts de chêne vert de la Kabylie	/
23	<i>Silene echinata</i> Otth	Espèce probable		Th	Adventice	/	2n=24
24	<i>Silene fuscata</i> Link ex Brot	Méd.	C : dans le Tell	Th	Terres argileuses	Très fréquent dans le nord du pays	2n=24
26	<i>Silene gallica</i> L. = <i>Silene anglica</i> L. (1753) = <i>Silene cerastoides</i> var. a = <i>Silene lusitanica</i> L. (1753)	Paléo-temp.	CC : Dans le tell R : ailleurs, AS :Mts de Hodna	Th	Forêts, pâturages siliceux	Très fréquent (polymorpe)	2n=24
27	<i>Silene ghiarensis</i> Batt. = <i>Silene tunetana</i> . Batt. Non-Murb.	End	R : O2 : Guiard, Ain Temouchent, Oued Imbert	Th	Champs, pâturages	El Kahel Ain Timouchent	/
28	<i>Silene glaberrima</i> Faure & Maire	End	O3: Oued Imberd	Th	Pâturages, rocailleux	/	/
29	<i>Silene imbricata</i> Desf.	Alg.- Mar.	AC: K1, A1-2-3	Th	Forêts claires, Pâturages	10 stations dans le nord du pays	2n=24

30	<i>Silene inaperta</i> L.	W. Méd.	RR :O1 : Nemours	Th	Terrains argileux	/	2n=24
31	<i>Silene kremeri</i> Soy. Will.	End	AC: C1, H2	Th	Broussailles, champs cultivés	/	/
32	<i>Silene latifolia</i> Poir. subsp. <i>latifolia</i>	Mag.	/	Hém	Broussailles, forêts	Djurdjura-Mont de Tlemcen	/
33	<i>Silene latifolia</i> Poir. Subsp <i>alba</i>	Paléo-temp.		Hém	Broussailles, forêts	Plusieurs stations au nord tu pays	2n=24
34	<i>Silene laeta</i> A. Br. = <i>Silene laeta</i> var. <i>Loiseleurii</i> Rouy & Foucaud (1898) = <i>Lychnis corsica</i> Loisel. (1809) = <i>Silene loiseleurii</i> Godr. (1847) = <i>Eudianth ecorsica</i> (Loisel.) Willk. (1853)	W-Méd.	AS3	Th	Prairies marécageuses	Djurdjura ; Annaba ; Constantine ; El Taref	2n=24
35	<i>Silene longipetala</i> Vent.	E. Méd.	O1 : Environs d'Oran	Th	Rocailles	/	2n=48
36	<i>Silene lynesii</i> Norman = <i>Silene Kiliani</i> Maire	Sah.	R: SC (Hoggar, Tassilin' Ajjer)	Th	Sables humides des oueds	/	/
37	<i>Silene micropetala</i> Lag.	W. Méd.		Th	Adventice	/	2n=24
38	<i>Silene muscipula</i> subsp. <i>deserticola</i> L. <i>Silene muscipula</i> var. <i>angustifolia</i> Costa (1864) = <i>Silene bracteosa</i> Bertol. (1847) = <i>Silene muscipula</i> var. <i>bracteosa</i> (Bertol.) Rouy & Foucaud (1896)	Alg., Tun.	AC : AS1-2-3	Th	Forêts claires, rocailles	/	2n=24

	= <i>Silene muscipula</i> var. <i>arvensis</i> (Loscos) Rouy & Foucaud (1896) = <i>Silene parlangei</i> Emb. (1936)						
39	<i>Silene muscipula</i> L. subsp. <i>muscipula</i>	Ibéro.-Maur.	AC : AS1-2-3 ; K1-2-3 ; O1-2 ; A1-2	Th	Forêts claires, pâturages pierreux, cultures des plaines et des montagnes	Plusieurs stations dans le nord algérien	2n=24
40	<i>Silene neglecta</i> Ten. = <i>Silene reflexa</i> Aiton (1811) = <i>Silene nocturna</i> subsp. <i>neglecta</i> (Ten.) Arcang. (1882)	Ital. Num.	AC : K1-2-3 RR : A1	Th	Forêts claires, broussailles	Nord est algérien à partir de la Kabylie	/
41	<i>Silene nicaeensis</i> All.	Mag.	C : sur tout le littoral, R : AS1	Th	Sables littoraux, plus rare à l'intérieur	Littoral Est algérien et à Boumerdes	2n=24
42	<i>Silene nocturna</i> L.	Méd.	AC : dans toute l'Algérie	Th	Forêts claires, pâturages, cultures	Plusieurs stations au nord	2n=24
43	<i>Silene obtusifolia</i> Willd. = <i>S. mauritanica</i> Pomel	Alg.- Mar. & Can.	AR : 01	Th	Rochers maritimes	3 stations entre Oran et Ain Timouchent	2n=24
44	<i>Silene oropediorum</i> Coss.	W.Méd.	AR: H1-2, AS1,2,3 RR: A2, O2	Th	Steppes. Forêts claires	Sud de Tlemcen	/
45	<i>Silene patula</i> Desf. Subsp. <i>amurensis</i> (Pomel) Jeanm. = <i>S. amurensis</i> Pomel = <i>Silene italica</i> subsp. <i>amurensis</i> (Pomel) Maire = <i>S. italica</i> var. <i>amurensis</i> (Pomel) Batt.	Méd.	C : dans les montagnes du tell R : AS1-2-3	Hém	Forêts et rochers	Forêts de chêne vert de la Kabylie	2n=24
46	<i>Silene patula</i> Desf. subsp. <i>patula</i>	End.	RR : 01 : Montagne des Lions	Hém	Forêts, rochers	/	2n=24
47	<i>Silene pendula</i> L.	Euro.		Th	Adventice	/	2n=24
48	<i>Silene pomeli</i> Batt.	Alg.- Mar.	RC: A1, O1,2	Th	Forêts claires,	Santa Cruz	2n=24

	= <i>Silene tagadirtensis</i> var. <i>dolichocarpa</i> Maire (1929) = <i>Silene pomelii</i> var. <i>dolichocarpa</i> (Maire) Maire (1932) = <i>Silene imbricata</i> auct. = <i>Silene obtusifolia</i> auct.				pâturages	(Oran) Remchi , Tlemcen	
49	<i>Silene pseudoatocion</i> Desf	Ibéro.-Maur.	C : dans le Tell littoral	Th	Forêts claires, rocailles	Bouira, Oran, Béjaïa, Souk Ahras, Chrèa (Blida)	2n=24
50	<i>Silene pseudovestita</i> Batt.	End.	RR: A2(Ain Lellout, entre Orléansville et L'Ouarsenis)	Th	Forêts claires	/	/
51	<i>Silene ramosissima</i> Desf.	Mag.	C : à l'W. De Ténès, RR : à l'intérieur, O3-2 : Mascara	Th	Dunes littorales	Azeffoun, Oran, Ain Timouchent	2n=24
52	<i>Silene reticulata</i> Desf	Alg.,Tun.	R : A2, K1.	Hém	Schistes et marnes	Béjaïa, Blida	/
53	<i>Silene reverchonii</i> Batt.	End.	RR : K2 : Massif des Babors	Th	Forêts de montagnes	/	/
54	<i>Silene rosulata</i> Soy-Will. & Godr subsp. <i>rosulata</i>	End.	/	Hém	Dunes littorales	Jijel, Skikda	2n=24
55	<i>Silene rouyana</i> Batt.	Alg.- Mar.	AC : AS1	Th	Forêts claires, rocailles arides	/	/
56	<i>Silene rubella</i> L. subsp. <i>rubella</i>	Méd.	C : dans toute l'Algérie, R : S8 : Oasis	Th	Champs, cultures	Plusieurs stations sur le territoire algérien	2n=24
57	<i>Silene scabrida</i> S. W. et Godr.	Alg-Tun.	R: Bône, Calle	Th	Broussailles, pâturages	El Kala	/

58	<i>Silene sclerocarpa</i> L. Dufour = <i>Silene cerasteoides</i> L.	Méd.	R : A1, 01. RR : H1	Th	Dunes, pâturages	Cap Valcon (Oran) Tlemecen	2n=24
59	<i>Silene secundiflora</i> Otth.	Ibéro-Maur.	R : ça et là dans toute l'Algérie	Th	Forêts claires, rocailles	Plusieurs stations dans le nord algérien	2n=24
60	<i>Silene sedoides</i> Poir.	Méd.	RR : K2-3	Th	Sables et rochers maritimes	El Kala, Annaba	2n=24
61	<i>Silene sessions</i> Batt.	End.	/	Ch	Falaises abruptes	Béjaïa	/
62	<i>Silene stricta</i> L.	Ibéro-Maur.	C : Tell algéro- oranais. RR : ailleurs : C1 : Guelma	Th	Cultures	/	/
63	<i>Silene tridentata</i> Desf. = <i>Silene coarctata</i> Lag. (1933)	Méd.	R: K1, A1, AC: O1-2-3, H1, AS1	Th	Pâturages rocailleux	Bouira Beni-Slimane (Médéa), Ain Timoucent Tlemcen	/
64	<i>Silene tunetana</i> Murd. = <i>Silene ghiarensis</i> Batt.	End.	RR: C1 : Guelma	Th	Champs, pâturages	/	/
65	<i>Silene turbinata</i> Guss. = <i>Silene rubella</i> var. <i>turbinata</i> (Guss.) Batt.	E- Méd.	A1, K1-2-3	Th	Champs, cultures	Béjaïa, Médéa	2n=24
66	<i>Silene villosa</i> Forsk. = <i>Silene villosa</i> var. <i>erecta</i> Täckh. & Boulos (1974) = <i>Silene villosa</i> var. <i>graveolens</i> Sickenb. (1901) = <i>Silene villosa</i> var. <i>ismailitica</i> Schweinf. (1889) = <i>Silene villosa</i> var. <i>micropetala</i> Coss. Ex Batt. (1888)	Saharo-arab.	C: H1-2 R: SS1, SO SC	Th	Terrains sablonneux	Adrar	2n=24



67	<i>S. vivianii</i> Steud subsp. <i>Getula</i> = <i>Silene getula</i> Pomel = <i>Silene setacea</i> subsp. <i>getula</i> (Pomel) Maire	Mag.	C : ASI-2-3, SS	Th	Steppes, pâturages désertiques	/	2n=24
68	<i>Silene vivianii</i> Steud subsp. <i>vivianii</i>	Méd.	AC : SSI	Th	Steppes, pâturages désertiques	/	2n=24
69	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke subsp. <i>commutata</i> (Guss.) Hayek. = <i>Silene commutata</i> Guss.	Méd.	R: AS	Th, Hém	Pâturages, champs, sBroussailles	Plusieurs stations dans le nord algérien	2n=24
70	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke subsp. <i>vulgaris</i> = <i>Silene cucubalus</i> Wibel (1799) = <i>Silene angustifolia</i> Guss. (1827) = <i>Silene sersuensis</i> Pomel (1874) = <i>Silene venosa</i> (Gilib.) Asch. (1859) = <i>Cucubalus behen</i> L. (1753) = <i>Silene inflata</i> var. <i>rubriflora</i> Ball (1877) = <i>Cucubalus venosus</i> Gilib. (1782) = <i>Silene tenoreana</i> Colla (1833) = <i>Silene inflata</i> Sm. (1800)	Méd.		Th, Hém	Champs et cultures	Plusieurs stations dans le nord algérien	2n=24
71	<i>Silene velutinoides</i> Pomel	Alg.- Mar.	R: O3: Tlemcen, Ghar-Rouban, Hl, C1: Constantine.	Hém	Fissures des roches calcaires	Mont de Tlemcen	2n=24

**Annexe II :** La position des taxa nord-africain dans la classification infragénérique proposé par *Jafari et al.* (2020)

Classification Infragénérique selon Jafari & al., 2020)

*Silene* subgenus. *Silene*

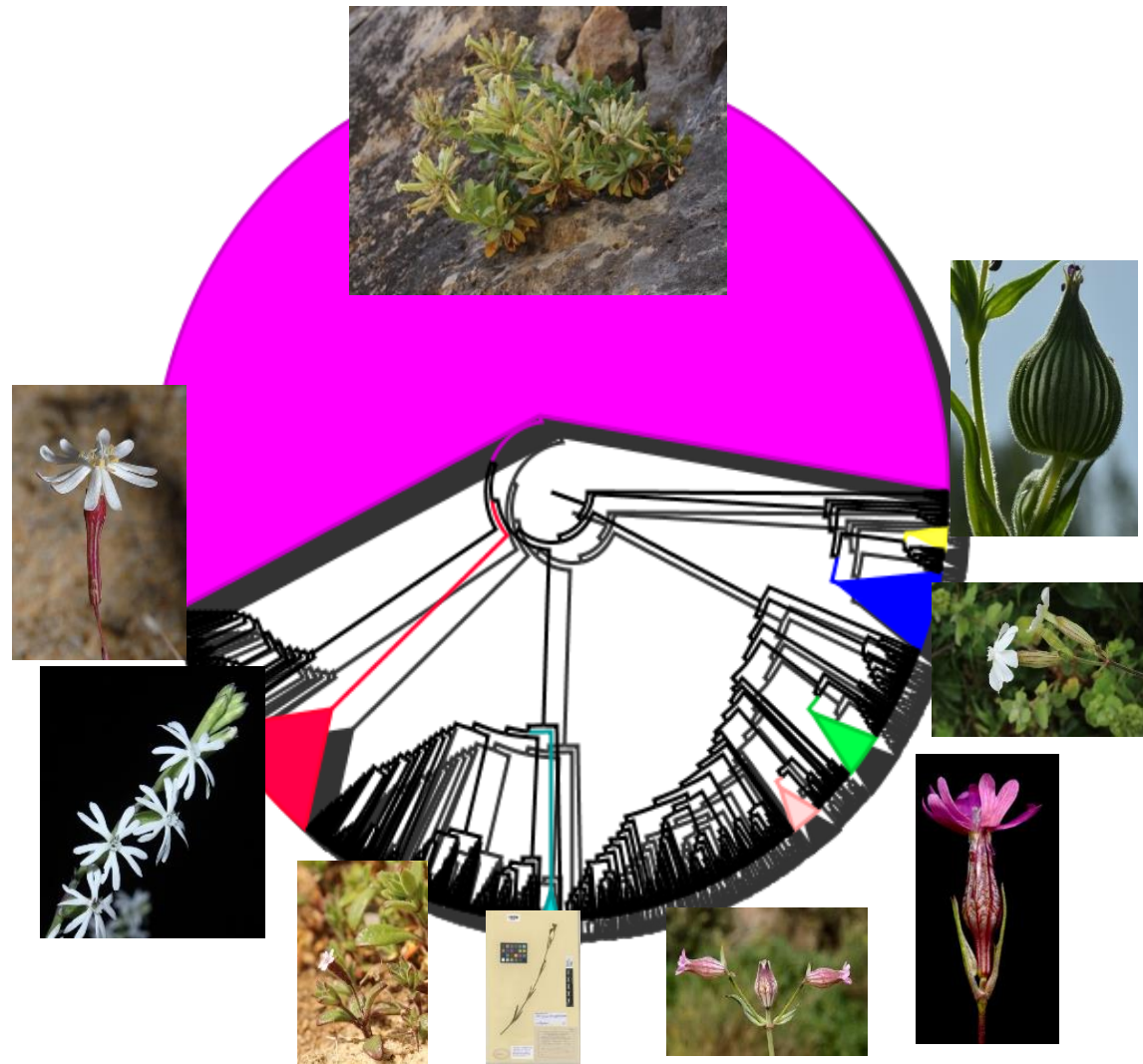
*Silene* sect. *siphonomorpha*

- *Silene* sect. *silene*
- *Silene* sect. *muscipula*
- *Silene* sect. *portensae*
- *Silene* sect. *sedoides*

*Silene* subgenus *Lychnis*

*Silene* subgenus *Bahenantha*

- *Silene* sect. *Behenantha*
- *Silene* sect. *Melendrium*
- *Silene* sect. *Conoimorpha*



**Figure I:** La position des taxa nord-africain dans la classification infragénérique proposé par *Jafari et al.* (2020)

## Etude taxonomique et biogéographique de quelques espèces du genre *Silene* L. (Caryophyllacées) en Algérie

**Résumé :** 49 taxa parmi les 71 présentes en Algérie ont été inventoriées. L'évaluation pour la liste rouge de l'UICN a révélé que *Silene sessionis* est « En danger », *S. aristidis* « Vulnérable » et *S. auriculifolia* « En danger critique ». Les menaces pesant sur leur habitat naturel sont Les carrières, l'escalade sportive et le béton projeté. Neuf taxa parmi les dix caryologiquement étudiés sont à  $2n=2x=24$ , incluant les endémiques *S. sessionis*, *S. atlantica* et *S. reticulata* ; seul *S. vulgaris* subsp. *vulgaris* est à  $2n=4x=48$ . L'approche phylogénétique confirme la polyphylie des taxa nord-africains qui se répartissent sur huit sections différentes. Sept taxa présentent des ambiguïtés taxonomiques dont trois sont dû à la confusion nomenclaturale dans les échantillons type de Linné dans le groupe *S. mutabilis*-*S. nocturna*-*S. neglecta*. Le groupe *S. rubella* s'est avéré composé de deux espèces différentes *S. turbinata* et *S. diversifolia*. *S. villosa* et *S. reverchonii* occupent des positions douteuses sur l'arbre, impossibles à expliquer à cause de l'absence d'échantillons d'herbier complets. La présence probable d'une espèce nouvelle pour le Maroc a été mise en évidence (à confirmer par une caractérisation morphologique).

**Mots-clés :** *Silene*, Conservation, UICN, nombres chromosomiques, phylogénie, taxonomie.

### Taxonomic and biogeographical study of some species of the genus *Silene* L. (Caryophyllaceae) in Algeria

**Abstract:** 49 taxa among the 71 present in Algeria have been inventoried. The IUCN Red List assessment revealed *Silene sessionis* to be "Endangered", *S. aristidis* "Vulnerable" and *S. auriculifolia* "Critically Endangered". Threats to their natural habitat are quarries, sport climbing and shotcrete. Nine of the ten karyologically studied taxa are with  $2n = 2x = 24$ , including the endemics *S. sessionis*, *S. atlantica* and *S. reticulata*; only *S. vulgaris* subsp. *vulgaris* is with  $2n = 4x = 48$ . The phylogenetic approach confirms the polyphyly of North African taxa which are distributed over eight different sections. Seven taxa show taxonomic ambiguities, three of which are due to nomenclatural confusion in the type specimens of Linnaeus in the group *S. mutabilis*-*S. nocturna*-*S. neglecta*. The *S. rubella* group was found to consist of two different species *S. turbinata* and *S. diversifolia*. *S. villosa* and *S. reverchonii* occupy questionable positions on the tree, impossible to explain due to the lack of complete herbarium samples. The probable presence of a new species to Morocco has been detected (to be confirmed by morphological characterization).

**Keywords:** *Silene*, Conservation, IUCN, chromosome numbers, phylogeny, taxonomy.

### دراسة تصنيفية وجغرافية حيوية لبعض الأنواع

#### في الجزائر (*Silene* L. (Caryophyllaceae) من جنس

**ملخص:** 49 نوع من بين 71 المتواجدة بالجزائر تم حصرها، حيث كشف تقييم القائمة الحمراء للإتحاد الدولي لحماية الطبيعة (UICN) على أن *Silene sessionis* سيلان سيسيونيس في خطر، *S. aristidis* أرسيديس عرضة للخطر و *Silene auriculifolia* أوريكوليفوليا في خطر شديد. الأخطار الضاغطة على بيئتها الطبيعية تتمثل في المحاجر، التسلقات الرياضية والخرسانة المرمية. لقد أظهرت دراسة الوراثة الخلوية لتسعة أنواع من أصل عشرة أنها ثنائية الصبغيات  $2n=2x=24$  حيث تشمل المتوطنات (Endémiques) : *S. reticulata*, *S. atlantica*, *S. sessionis* إلا *S. vulgaris* subsp. *vulgaris* رباعية الصبغيات  $2n=2x=48$ . المقاربة الفيلوجينية أكدت لنا (la polyphyly) أنواع شمال إفريقيا والتي تتوزع على 8 فصائل. 7 فصائل تتضمن غموضات تصنيفية (taxonomiques) منها 3 بسبب إلتباسات تسميات بعينات نموذج LINNÉ في مجموعة *S. neglecta*, *S. nocturna*, *S. mutabilis*. مجموعة *S. rubella* تبين أنها تحتوي على فصيلتين مختلفتين: *S. tubinata*, *S. diversifolia*. بينما *S. reverchonii* et *S. villosa* تحتل مكانة مشكوكة في الشجرة الفيلوجينية حيث يستحيل تفسير غياب العينات العشبية (herbier) كاملة. التواجد المحتمل لفصيلة جديدة للمغرب تم إبرازه بوضوح (يجب التأكد بواسطة التوصيف التشكلي (caractérisation morphologique).

**كلمات مفتاحية:** سيلان, *Silene*, الحفظ, UICN العدد الصبغي, الفيلوجينيا, التصنيف.