

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE SAAD DAHLEB- BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biotechnologie et agroécologie

THÈSE DE DOCTORAT ES SCIENCES

Présentée pour l'obtention du grade de docteur
Spécialité : SCIENCES AGRONOMIQUES
Par : **BAALI CHERIF Naïma**

Etude morphologique comparative entre *Oxalis pes-caprae* L. spontané et la nouvelle variété stérile

Soutenue publiquement, le : 23/11/2023 devant le jury composé de :

M. ZOUAOUI A.	MCA.	U. Blida 1	Président
Mme BRADEA M.S.	Professeur	U. Blida 1	Directrice de thèse
Mme AIT KAKI S.	Professeur	UMBB	Examinatrice
Mme CHABANE Dj.	Professeur	USTHB	Examinatrice
Mme LENCHI N.	MCA.	U. Alger 1	Examinatrice
M. MOHAMED SAID R.	MCA.	U. Blida 1	Examineur

Année 2022-2023

RESUME

Oxalis pes-caprae L. est une herbacée envahissante introduite au niveau du bassin méditerranéen depuis environ 300 ans. En 2001, son développement s'est exprimé en une autre forme morphologique. Cette nouvelle allure n'est pas citée dans les flores de l'Afrique du Nord. Ainsi, nous avons tenté malgré son nombre discret, de la décrire et de lui tirer des caractéristiques en la comparant sur différents plans avec l'oxalis connu.

Sur le plan morphologique cet oxalis a montré une pubescence totale couvrant tout le cormus ; l'épaisseur visible de l'ensemble des organes aériens et les fleurs doubles. Cette nette distinction, suggère qu'il y a eu des modifications de certains gènes au cours de l'évolution.

Très riche et tous novateurs sont les résultats obtenus après traitement statistique des données morphométriques. Des tests statistiques élaborés par SPSS ainsi exploités, nous ressortons la probabilité d'une apparition plutôt d'une nouvelle espèce "espèce stérile" différente de l'*Oxalis pes-caprae* L. et dont le caractère distinctif est le nombre de pétales. Ce facteur qui est le nombre de pétales revient confirmer son poids suite à sa haute signification dans toutes les stations. Également, les caractères qui ont bien établis sa nette distinction sont la longueur des pétales ; le nombre des bulbilles ; la hauteur de l'individu, et la longueur des pétioles.

L'étude histologique des coupes transversales réalisée par microscope photonique au niveau des pétioles des deux formes d'oxalis confirme la présence du parenchyme médullaire chez la forme stérile. Ainsi que la présence d'un nombre de vaisseaux conducteurs qui est de 8 insérés dans un même cycle.

L'espèce stérile s'est bien reproduit et s'est bien épanouie dans les espaces hautement perturbés et ceux qui sont protégés.

Les tests phytochimiques standards basés sur les extraits méthanoliques bruts employés sur tous les organes qui composent les deux types d'Oxalis marquent une présence d'alcaloïdes dans toutes les parties aériennes et souterraines et une présence des anthocyanes uniquement au niveau des fleurs. L'*Oxalis* stérile se différencie par une absence en saponine, une composition en quinones libres ainsi qu'une présence des tanins catéchiques dans ses parties aériennes.

Mots clés : *Oxalis pes-caprae* L., oxalis stérile, fleurs doubles ; reproduction asexuée, propagation spatio-temporelle dynamique.

Avant-propos

La recherche où l'enseignement ?? l'enseignement où la recherche ?? vouée à l'enseignement et engagée jusqu'à la moelle dans la pédagogie, la réponse était si évidente car me concernant, jumeler les deux étaient impossible. Imprégnée dans les préparations des cours magistraux et le suivi des enseignements, je n'ai pas senti le temps passer. Un jour, j'ai déposé une fiche de vœux dans laquelle j'ai demandé un cours ; il ne m'a pas été attribué. La raison du refus était le grade que je n'avais pas. Alors, je suis restée un bon moment pour réaliser que l'enseignant pédagogue qui est réclamé et apprécié par les étudiants ne signifie rien du tout et que la réglementation favorise le mieux diplômé sans attacher de l'importance à son rendement pédagogique.

Cette réalité qui brise était comme un coup de foudre. Elle m'a ouvert les yeux sur des choses que je ne voyais pas.

Et donc, je commencerai par remercier en premier lieu, grandement et de tout cœur toutes les personnes hautaines que j'ai connues et qui grâce à leur méchanceté, j'ai persévéré dans mon travail. Veuillez trouver dans ce document ma sincère gratitude.

Et, par dédier ce travail de recherche concis, aux premières personnes qui étaient derrière cette initiative. À ma sœur Widad qui m'a beaucoup encouragé et supporté. À AOUDIA le responsable chargé de la pédagogie (université Alger1) qui connaissant mes compétences a tellement insisté sur moi pour relancer la recherche. Je n'oublierai jamais sa phrase " Madame faites -le pour les étudiants".

Le destin m'a orienté vers Professeur BRADEA de l'Université de Blida 1 qui m'a proposé cette thématique originale. Une problématique comme par hasard qui rejoint parfaitement l'axe de recherche dans lequel je me suis investi depuis mon ingéniorat d'état où j'avais traité la biodiversité dans les monts des Aurès. Suite à cela, j'ai élargi mes connaissances dans le domaine de la biodiversité et ce, en créant une base de données relationnelle qui a regroupé plus de 1800 relevés phytoécologiques réparties sur toute l'Algérie septentrionale. Ce magister a émerveillé le jury et a eu un grand écho par la suite. Ainsi, je reprends cette fois-ci mais à grande échelle la biodiversité où je me focalise sur une espèce d'Oxalis nouvellement installée que j'ai essayé d'identifier et de suivre sa dynamique sur le terrain. Travail très passionnant hélas, délaissé par nos confrères qui penchent actuellement plutôt vers les plantes médicinales et d'intérêt économique. Certes ces aspects son d'un apport non négligeable à l'économie du pays néanmoins le suivi de l'évolution de ce type de végétation appelé à tort "mauvaises herbes" présente également son poids. Ce type d'étude renseigne sur le degré de danger que peut probablement causer ce genre de plantes. A cet effet, je remercie Professeur BRADEA Maria Stela de me l'avoir confié. Veuillez trouver dans ce présent les expressions de ma profonde gratitude.

Remerciements

Il m'est agréable au seuil de ce travail, d'adresser mes vifs remerciements aux membres de jury :

Cher monsieur Ahmed ZOUAOUI, je vous remercie d'avoir accepté de présider cet honorable jury. A chaque fois je venais au laboratoire, je vous voyais submergé de travail. Veuillez trouver dans ce présent mes sincères remerciements pour le temps que vous allez nous consacrer.

Chères expertes et cher expert chacun par son nom, vous vous êtes engagés à examiner ce modeste travail. Grace à vos remarques et appréciations, ce travail pourrait être qualifié. Je valorise cette lourde responsabilité et je serai honorée de voir sa lumière jaillir entre vos mains. Veuillez trouver dans ce présent ma parfaite considération pour avoir aimablement accepté de juger ce travail.

Comme, je remercie les Professeurs DJAZOULI & SENOUCI pour leurs orientations et le temps qu'ils ont mis pour réorganiser notre article. Les reviewers qui travaillent gratuitement dans les coulisses, veuillez trouver tous dans ce présent les expressions de ma haute considération.

Nora Radi, tu étais mon moteur. Avec toi, juillet et aout sont destinés au travail pas à la baignade. Sévère comme amie, mais efficace car le plus grand nombre de pages rédigés étaient en pleine canicule. Sihem en témoigne. Merci à vous deux.

Kenza Aouis, Lamia Benhabyles, Fella Aissiou ; Naouel Damir et Amel Benzid (l'énergie positive) merci pour votre aide précieuse et pour votre sororité.

Asma Slimani, Abla, naïma Maouche pour vos encouragements.

Assia Anane, la femme qui tombe à pic. Réellement, à chaque fois je coince je la trouve à mes côtés me soutenir. Merci pour tes orientations. Je n'oublierais jamais ton soutien. Avec toi j'ai beaucoup appris. Merci beaucoup.

Nesrine Lenchi mon ange gardien. J'étais anxieuse et indécise au début, tu m'as poussé à m'inscrire et encouragé avec toutes tes forces pour affronter cette peur et franchir le seuil vers le domaine de la recherche. Je m'incline devant ton endurance car malgré mon tempérament difficile, tu as bien tenu le coup. Tu as su m'écouter et su m'apaiser.

Djamila Chabane, mon adorée. Style, manière et qualité d'enseignement UNIQUE et EXEMPLAIRE. Je suis fière d'avoir appris à enseigner avec vous. La réincarnation des esprits n'est pas encore prouvée scientifiquement mais je vous garantis que dans mon enseignement, il y a du Chabane bel et bien installé.

À tous mes collègues de l'université de Boumerdes et de l'université d'Alger 1, mes étudiants, mes amies, mes enseignants du primaire jusqu'à arriver à l'université, mes frères & sœurs, mes nièces & neveux.

À Mon défunt papa, je t'aime et *ma chère mère, ma vie que dieu la protège.*



À vous tous, je dédie cette thèse

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLRAUX

ET DES FIGURES

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
PARTIE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1. CARACTÉRISATION ÉCOLOGIQUE DE LA FLORE DE LA RÉGION MÉDITERRANÉENNE	3
1.1. HOTSPOTS	3
1.2. POLYPLOÏDIE	6
2. CARACTÉRISATION GÉNÉTIQUE ET MOLECULAIRE DE LA FLORE	9
2.1. CARYOLOGIE CLASSIQUE	9
2.2. PHYLOGÉNIE MOLECULAIRE	9
2.3. CHIMIO-TAXONOMIE	10
3. SYSTÉMATIQUE DE L'OXALIS PES-CAPRAE L.	11
3.1. PRÉSENTATION DE LA FAMILLE	11
3.2. ANCIENNES CLASSIFICATIONS	11
3.3. CLASSIFICATION ACTUELLE	12
3.4. CARYOLOGIE CHEZ L'OXALIS	17
4. DESCRIPTION BOTANIQUE DE L'OXALIS PES-CAPRAE L.	18
5. REPRODUCTION DE L'OXALIS PES-CAPRAE L.	20
5.1. LE SYSTÈME D'HÉTÉROSTYLIE	21
5.2. ÉVOLUTION DE L'HÉTÉROSTYLIE	23
5.3. SYSTÈMES DE REPRODUCTION ET ESPÈCES INVASIVES	24
5.4. REPRODUCTION SEXUÉE	25
5.5. REPRODUCTION ASEXUÉE	28
6. INVASION BIOLOGIQUE	29
6.1. CONCEPT D'INVASION BIOLOGIQUE	29
6.2. OXALIS PES-CAPRAE L. ESPÈCE INVASIVE ?	31
PARTIE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES	36
1. OBJECTIF	36
2. MATÉRIELS	36
2.1. MATÉRIEL VÉGÉTAL	36
2.2. MATÉRIEL INFORMATIQUE	37
2.3. MATÉRIEL DU TERRAIN	37

3. METHODES	37
3.1. DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE.....	37
3.2. TRAITEMENTS DES MESURES MORPHOMETRIQUES	37
3.3. ANALYSES STATISTIQUES.....	39
3.4. COMPARAISON HISTOLOGIQUE ENTRE LES DEUX FORMES D'OXALIS.....	39
3.5. ECHANTILLONNAGE	39
3.6. OCCUPATION DES SOLS.....	40
3.7. DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE L'OXALIS STERILE.....	40
3.8. SCREENING PHYTOCHIMIQUE	41
3.8.1. Préparation des échantillons.....	41
3.8.2. Extraction des composants solubles.....	42
3.8.3. Screening phytochimique	44
3.8.3.1. Recherche des composés phénoliques	44
3.8.3.2. Caractérisation des tanins	45
3.8.3.3. Recherche des alcaloïdes	45
3.8.3.4. Recherche des saponines	45
3.8.3.5. Caractérisation des anthocyanes	45
3.8.3.6. Quinones	45
3.8.3.7. Recherche de stérols et tri terpène.....	46
PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS	46
CHAPITRE 1 : ÉTUDE MORPHOLOGIQUE	46
1. DESCRIPTION ET COMPARAISON MORPHOLOGIQUE ENTRE LES DEUX FORMES DE L'OXALIS PES- CAPRAE L.	46
1.1. COROLLE :	46
1.1.1. Symétrie des pièces	46
1.1.2. Type de corolle	46
1.1.3. Taille des pétales	47
1.2. CALICE :	47
1.3. PERIANTHE :	48
1.4. ORGANES REPRODUCTEURS :	48
1.5. PENTAMERIE	48
1.6. PIGMENTATION	49
1.7. INFLORESCENCE	49
1.8. NYCTINASTIE	50
1.9. LES FEUILLES	50
1.10. LE RHIZOME :	52

2. DISCUSSION.....	55
3. CONCLUSION	58
CHAPITRE 2 : STATISTIQUES DESCRIPTIVES	59
1. ANALYSE DES TRAITEMENTS STATISTIQUES DES MESURES MORPHOMETRIQUES :	59
1.1. COMPARAISON DE PLUSIEURS VARIANCES	59
1.2. COMPARAISON DE MOYENNES	61
1.2.1. <i>Nombre de pièce du périanthe</i>	<i>62</i>
1.2.2. <i>Longueur des pétales.....</i>	<i>63</i>
1.2.3. <i>Nombre des organes reproducteurs :</i>	<i>64</i>
1.2.4. <i>Nombre de feuilles :.....</i>	<i>65</i>
1.2.5. <i>Nombre de fleurs :</i>	<i>66</i>
1.2.6. <i>Nombre de bulbilles :.....</i>	<i>67</i>
1.2.7. <i>Hauteur des plantes</i>	<i>68</i>
1.2.8. <i>Longueur des tiges</i>	<i>69</i>
1.2.9. <i>Longueur des pétioles.....</i>	<i>70</i>
2. CONCLUSION	71
CHAPITRE 3 : COMPARAISON HISTOLOGIQUE.....	72
1. COMPARAISON HISTOLOGIQUE ENTRE LES DEUX FORMES DE L'OXALIS PES-CAPRAE L.....	72
1.2. TISSUS CONDUCTEURS PRIMAIRES :	72
1.3. MACLE D'OXALATES DE CALCIUM :	73
2. DISCUSSION.....	76
CHAPITRE 4 : INFLUENCE CLIMATIQUE SUR L'INSTALLATION DE L'OXALIS PES-CAPRAE L. EN ALGÉRIE 77	
1. OBJECTIF :.....	77
2. REPARTITION SPATIOTEMPORELLE DE L'ESPECE OXALIS PES-CAPRAE L.	77
2.1. DANS LE MONDE :	77
2.2. EN ALGERIE :	79
2.2.1. <i>Répartition biogéographique</i>	<i>80</i>
2.2.2. <i>Aperçu sur les grands traits du climat de l'Algérie</i>	<i>81</i>
2.2.3. <i>Températures</i>	<i>82</i>
2.2.4. <i>Pluviométrie</i>	<i>83</i>
2.2.5. <i>Répartition des secteurs phytogéographiques en fonction des pluviométries</i>	<i>83</i>
3. DISCUSSION.....	88

CHAPITRE 5 : OCCUPATION DES SOLS ET DYNAMIQUE DE L'OXALIS STERILE DANS LES SITES ECHANTILLONNES	89
1. OCCUPATION DES SOLS	89
2. CYCLE VITAL	89
3. DYNAMIQUE DE L'OXALIS STERILE DANS LES SITES ECHANTILLONNES	90
3.1. OBSERVATION DURANT L'ANNEE 2018	91
3.2. OBSERVATION DURANT L'ANNEE 2019 :	93
3.3. OBSERVATION DURANT L'ANNEE 2020 :	94
3.4. OBSERVATION DURANT LES ANNEES 2021 :	94
3.5. OBSERVATION DURANT LES ANNEES 2022 :	94
3.6. OBSERVATION DURANT L'ANNEE 2023 :	95
4. DISCUSSION :	99
5. CONCLUSIONS	101
CHAPITRE 6 SCREENING PHYTOCHIMIQUE	102
1. OBJECTIF	102
2. SCREENING PHYTOCHIMIQUE	102
3. RESULTATS	102
4. DISCUSSION	104
5. CONCLUSION	105
CONCLUSION GENERALE	110
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	113
ANNEXE	131

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1. NOMBRES ESTIMES DES GENRES ET D'ESPECES.	14
TABLEAU 2. CARACTERES DES MESURES BIOMETRIQUES	38
TABLEAU 3 : DIFFERENCES MORPHOLOGIQUES ENTRE LES DEUX TYPES D'OXALIS	54
TABLEAU 4. TEST D'HOMOGENEITE DES VARIANCES ENTRE LES DEUX TYPES D'OXALIS DANS LES TROIS STATIONS ALGER, BLIDA ET CHERCHELL PRISES ISOLEMENT.....	60
TABLEAU 5. TEST D'HOMOGENEITE DES VARIANCES DE L'OXALIS STERILE DANS LES TROIS STATIONS ALGER, BLIDA ET CHERCHEL CONFONDUES.....	61
TABLEAU 6. LES MOYENNES DES TEMPERATURES MINIMALES DU MOIS LE PLUS FROID « M » EN ALGERIE	82
TABLEAU 7. LES MOYENNES DES TEMPERATURES MAXIMALES DU MOIS LE PLUS CHAUD « M » EN ALGERIE.	83
TABLEAU 8. MOYENNES ANNUELLES DES PRECIPITATIONS ENREGISTREES SUR ALGER ET BLIDA PENDANT LA PERIODE 2003-2013.....	86
TABLEAU 9. RICHESSE SPECIFIQUE ET SURFACE DE QUELQUES SECTEURS PHYTOGEOGRAPHIQUES DE L'ALGERIE	87
TABLEAU 10. RESULTATS DU CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE REALISE SUR OXALIS PES-CAPRAE L. ET SA FORME STERILE.....	103

LISTE DE FIGURES

FIGURE 1. CARTE DE REPARTITION DES 34 HOTSPOTS DE LA BIODIVERSITE MONDIALE. © CONSERVATION INTERNATIONALE ETABLI PAR L'ONG. 2005.	3
FIGURE 2. CARTE DES ZONES CLES POUR LA BIODIVERSITE DU HOTSPOT DU BASSIN MEDITERRANEEN © CONSERVATION INTERNATIONALE ETABLI PAR L'ONG. 2005.	5
FIGURE 3. PHASES DE L'EVOLUTION DU GENOME SUITE A LA POLYPLÖIDIE (SOLTIS ET AL. 2016)	8
FIGURE 4. CLADOGRAMME DES ANGIOSPERMES APG IV DE 2016 IN (MAARTEN ET AL., 2016).....	13
FIGURE 5. CLADOGRAMME DE L'ORDRE DES OXALIDALES APG IV DE 2016 IN (MAARTEN ET AL., 2016).	15
FIGURE 6. A DROITE : FLEUR DE L'OXALIS PES-CAPRAE L FERTILE. SOURCE : PERSONNELLE 2022. A GAUCHE : APPAREIL REPRODUCTEUR DE L'OXALIS PES-CAPRAE L. (SOURCE : ANONYME 1).....	18
FIGURE 7. ORGANES COMPOSANTS LA PARTIE SOUTERRAINE. PHOTO A GAUCHE : PARTIE SOUTERRAINE. PHOTO DU CENTRE : BULBILLES SOURCE PERSONNELLE 2022. PHOTO A DROITE : TUBERCULES. SOURCE : ANONYME 2.....	19
FIGURE 8. MECANISME DE L'AUTO-INCOMPATIBILITE HETEROMORPHE.....	22
FIGURE 9. PHENOTYPES ET GENOTYPES ASSOCIES CHEZ LES ESPACES A AUTO-INCOMPATIBILITE HETEROMORPHE DISTYLE (A) ET TRISTYLE (B).	23
FIGURE 10. VOIES EVOLUTIVES DE L'ALLOGAMIE VERS L'AUTO-FECONDATION DANS LE CAS DE LA TRISTYLIE (EXEMPLE DE EICHHORNIA PANICULATA).	24
FIGURE 11. LA REPRODUCTION SEXUEE CHEZ OXALIS PES-CAPRAE L.....	26
FIGURE 12. PRINCIPAUX DOCUMENTS ELABORES PAR SPSS. 1&2 : DOCUMENTS D'ENTREE. 3 : DOCUMENT DE SORTIE.	38
FIGURE 13. LOCALISATION DES STATIONS ETUDIEES. FORMES FERTILES ; PRESENCE DE FORMES STERILES.....	40
FIGURE 14. SEPARATION DES PLANTES EN TROIS PARTIES : (A) APPAREILS REPRODUCTEURS ; (B) APPAREILS VEGETATIFS ; (C) RHIZOMES.....	41
FIGURE 15. ÉTAPES DE LA SEPARATION DE L'ANALYTE DE L'ÉCHANTILLON A L'AIDE DE L'EXTRACTEUR DE SOXHLET. SOURCE PERSONNELLE 2023.....	43
FIGURE 16. RECUPERATION DE L'EXTRAIT BRUT. (A) EXTRAIT DANS LE SOLVANT. (B) EXTRAIT BRUT. (C) EXTRAIT RECUPERE DANS UN FLACON.	44
FIGURE 17 : FLEURS DE L'OXALIS. A : FERTILE. B : STERILE. SOURCE : ORIGINALE	46
FIGURE 18. FLEURS DE L'OXALIS STERILE. A GAUCHE : DES PETALES SURNUMERAIRES DE L'OXALIS STERILE. SOURCE : ORIGINALE.....	47
FIGURE 19. BOUTONS FLORAUX CHEZ L'OXALIS STERILE. SOURCE : ORIGINALE 2022.	48
FIGURE 20. A GAUCHE SEPALES VERTS LA FORME FERTILE. A DROITE POINTES DES SEPALES PIGMENTES EN POURPRE DE LA FORME STERILE. PHOTOS PRISES SOUS LOUPE. SOURCE : ORIGINALE 2022.	49
FIGURE 21. (A) ECLOSION (B) NASTIE DES FLEURS DE L'INFLORESCENCE DE L'OXALIS STERILE. SOURCE : ORIGINALE 2022. ...	50
FIGURE 22. A1 ; A2) TACHES POURPRES TAPISSANT LE LIMBE DE LA FEUILLE D'OXALIS FERTILE. B1 ; B2) TACHES POURPRES AU NIVEAU DU CENTRE DU LIMBE DE LA FEUILLE DE L'OXALIS STERILE. SOURCE : ORIGINALE 2022	51

FIGURE 23. A1 ET A2 : FEUILLES VIVANTES DE COULEUR VERTE D'OXALIS PES-CAPRAE L. FERTILE. A3 : LES TACHES POURPRES SUR FEUILLE JAUNATRE (EN FIN DE CYCLE) POUR UNE MEILLEURE VISIBILITE. SOURCE : ORIGINALE 2022.	52
FIGURE 24. LES DIFFERENTS TYPES D'INSERTION DES PETIOLES AU NIVEAU DU RHIZOME. SOURCE : ORIGINALE 2022.	53
FIGURE 25 PRESENTATION DE LA MORPHOLOGIE GENERALE DES DEUX PLANTES D'OXALIS. A : FORME FERTILE. B : FORME STERILE	59
FIGURE 26. ILLUSTRATION DES NOMBRES MOYENS DES PETALES ET DES SEPALES CHEZ LES DEUX TYPES D'OXALIS.	62
FIGURE 27. ILLUSTRATION DES MOYENNES DES MESURES DES LONGUEURS DES PETALES.....	64
FIGURE 28. ILLUSTRATION DES MOYENNES DES NOMBRES D'ETAMINES ET DE CARPELLES	65
FIGURE 29. ILLUSTRATION DES NOMBRES MOYENS DES FEUILLES CHEZ LES DEUX FORMES	66
FIGURE 30. ILLUSTRATION DES NOMBRES MOYENS DES FLEURS CHEZ LES DEUX FORMES.....	67
FIGURE 31. ILLUSTRATION DES NOMBRES MOYENS DES BULBILLES CHEZ LES DEUX FORMES D'OXALIS	68
FIGURE 32. ILLUSTRATION DES MESURES MOYENNES DE LA HAUTEUR DES DEUX FORMES D'OXALIS	69
FIGURE 33. ILLUSTRATION DES MESURES MOYENNES DE LA LONGUEUR DES TIGES.....	70
FIGURE 34. ILLUSTRATION DES MESURES MOYENNES DE LA LONGUEUR DES PETIOLES.....	70
FIGURE 35. COUPE TRANSVERSALE DU PETIOLE VUE AU MICROSCOPE PHOTONIQUE. G*10. A GAUCHE : L'OXALIS STERILE. A DROITE : L'OXALIS FERTILE.	72
FIGURE 36. MACLE D'OXALATES DE CALCIUM AU NIVEAU DU PARENCHYME CORTICAL ET MEDULLAIRE DE LA RACINE DE L'OXALIS FERTILE.....	73
FIGURE 37. MACLE D'OXALATE DE CALCIUM AU NIVEAU DE L'ANTHERE DE TILIA PLATYPHYLLOS. SOURCE : DEMIANOWICZ, 1963.....	74
FIGURE 38. CRISTAUX D'OXALATE DE CALCIUM DANS LA TIGE ET LA FEUILLE DE CYNANCHUM ACUTUM (AC) CRISTAUX DE DRUSE DANS LE CORTEX DE LA TIGE. (D) CRISTAUX DE DRUSES DANS LE MESOPHYLLE DES FEUILLES. (E) CRISTAUX DE DRUSE AUTOUR DE LA VEINE PRINCIPALE. (F) CRISTAUX DRUSES ET PRISMATIQUES LE LONG DU FAISCEAU VASCULAIRE. (DC : CRISTAUX DRUSES ; PC : CRISTAUX PRISMATIQUES). SOURCE : TÛTÛNCÛ ET AL., 2014.....	75
FIGURE 39. PROPAGATION SPATIOTEMPORELLE DE L'OXALIS PES-CAPRAE DANS LE MONDE. (SOURCE : GBIF OCCURRENCE 2022).....	78
FIGURE 40. AIRE DE REPARTITION PHYTOGEOGRAPHIQUE DE L'OXALIS PES-CAPRAE SELON LA FLORE DE QUEZEL ET SANTA EN 1963. (CARTE DIGITALISEE PAR BAALI CHERIF N. 2022).	80
FIGURE 41. CARTE PLUVIOMETRIQUE DE L'ALGERIE AU 1/500.00. PERIODE COUVERTE : 1913-1963. SOURCE : CHAUMONT & PAQUIN 1971.....	84
FIGURE 42. CARTE DES PLUIES MOYENNES ANNUELLES DE NORD DE L'ALGERIE. PERIODE COUVERTE : SEPTEMBRE 1965 – AOUT 2002. SOURCE ANRH (2005).	85
FIGURE 43. CROQUIS DES PARCELLES ECHANTILLONNEES AU NIVEAU DE LA FACULTE CENTRALE D'ALGER SOURCE : ORIGINALE 2023.....	91
FIGURE 44. SURFACE N°1 INTERSTITIELLE LIBRE AU NIVEAU DES ALLEES. FACULTE CENTRALE.....	92
FIGURE 45. SURFACE INTERSTITIELLE LAISSEE LIBRE AU NIVEAU DES ALLEES. FACULTE CENTRALE.	93

FIGURE 46. SITUATION DE LA PARCELLE N° 9. LIMITROPHE AU JARDIN BOTANIQUE ET A LA PARCELLE N°1. SOURCE : ORIGINALE 2023	95
FIGURE 47. OXALIS STERILE AU NIVEAU DE LA PARCELLE N°9. SOURCE : ORIGINALE 2023	96
FIGURE 48. NEO-PEUPEMENT HOMOGENE DE L'OXALIS STERILE. SOURCE : ORIGINALE 2023	97
FIGURE 49. PRESENCE DE L'OXALIS STERILE DANS LA PARCELLE N° 8. SOURCE : ORIGINALE 2023.....	98

Introduction

La classification, la caractérisation et la conservation des différents taxons sont une priorité scientifique pour l'évaluation et la gestion de la biodiversité Craven (2009). Les efforts consentis pour l'étude de la flore sont très importants pour connaître les grands traits biologiques des plantes et leur répartition biogéographique (Lavergne *et al.*, 2013).

En Algérie, les premières explorations botaniques ont été menées dès la fin du 18^{ème} siècle selon les méthodes traditionnelles de la morphologie externe. Elles ont eu essentiellement pour objectif, l'inventaire floristique des plantes existantes en Algérie comme ceux de Desfontaines (1798) et son ouvrage « Flora Atlantica » puis ceux, un siècle plus tard, de Cosson (1882-1890), Carette *et al.* (1844-1867) et Battandier & Trabut (1884, 1902). Mais c'est surtout Maire qui, à partir de 1913, parcourant l'ensemble du territoire algérien a réalisé un ouvrage qualifié d'exhaustif, intitulé « Flore d'Afrique du Nord ».

L'utilisation des flores de Battandier, Trabut et de Maire, a été rendu plus pratique grâce à la synthèse établie par Quezel et Santa en 1962-1963. Leur « Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales » est devenue ainsi, l'ouvrage fondamental sur lequel reposent, jusqu'aujourd'hui encore, toutes les recherches en botanique et en écologie. À ce chef-d'œuvre, s'ajoute de nombreuses contributions à la connaissance des formations végétales en Algérie et en Afrique du Nord, entre autres ceux d'Emberger (1930), Guinochet (1954), Quezel (1957), Barry *et al.* (1974), Ozenda (1977), KADIK (1983), Djebaili (1984).

Cependant plusieurs aspects d'un nombre considérable d'espèces végétales restent méconnus sur certains plans biologique, taxonomique et écologique (Pyšek *et al.*, 2008).

Aujourd'hui, cette flore est dégradée dans son ensemble ; il est devenu indispensable de concevoir des stratégies de conservation et de protection de ce patrimoine végétal inestimable. Et cela ne peut se faire qu'avec une meilleure connaissance de la diversité floristique.

C'est dans cet esprit, et afin de contribuer à la connaissance taxonomique de la flore que nous avons entrepris l'étude d'un modèle d'une subcosmopolite *oxalis pes-caprae* L.

Cette dicotylédone, vivace, réputé pour ses propriétés médicinales antiscorbutiques et diurétiques est un modèle typique de population monospécifique géophytique invasive (Rottenberg et *al.* 2004) et (Vilà et *al.* 2006).

D'après la flore de Quezel et Santa (1962), les populations de cette espèce sont très largement répandues. Plusieurs questions se posent alors : Quels sont les morphes retrouvés en Algérie ? Quel est son mode de reproduction ? Quel est le lien entre le mode de reproduction et l'aspect invasif de cette espèce ? Pour tenter de répondre à ces questions, nous avons visé pour une première qui n'a pas de précédent, l'identification d'une nouvelle espèce mutante d'*Oxalis pes-caprae* L sur les plans morphologiques, anatomiques et phytochimique.

Cette nouvelle espèce n'est pas répertoriée dans les flores de l'Afrique du Nord jusqu'à présent. Elle a été observée en 2001 à Blida pour la première fois par Bradea. Sa répartition au niveau des sites échantillonnés dévoile de nouvelles connaissances très intéressantes sur sa propagation. Pour cerner la problématique, nous allons caractériser l'environnement dans lequel elle se trouve et étudier sa répartition et sa systématique. Dans un deuxième temps nous allons nous intéresser à une comparaison de ses aspects morpho-histologiques, écologique ainsi que phytochimique avec les populations d'*Oxalis pes-caprae* fertiles connues. Il va de soi que dans cette conception, une étude biostatistique basée sur les mesures biométriques nous permettra de tirer les facteurs prépondérants des différences existantes entre les proportions des morphes chez l'*Oxalis pes-caprae* L. récoltée et son mutant.

PARTIE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Caractérisation écologique de la flore de la région méditerranéenne

1.1. Hotspots

La région méditerranéenne occupe une vaste aire géographique. Elle est estimée à plus de 2.300.000 km² (Médail et Quézel, 1999). Elle abrite l'un des 34 principaux hotspots de la biodiversité dans le monde (Figure 1).

Pour être qualifiée de hotspot ou point chaud, une aire géographique devra abriter une flore et une faune comportant au moins 1500 espèces endémiques dont les habitats sont en grande partie menacés de disparition (Médail et *al.*, 2004). Ces hotspots de biodiversité sont définis selon des critères basés principalement sur la flore, en prenant en compte les notions d'endémisme et le degré de menace qui pèse sur les espèces (Myers et *al.* 2000). Le hotspot de la biodiversité du bassin méditerranéen est le deuxième plus grand du

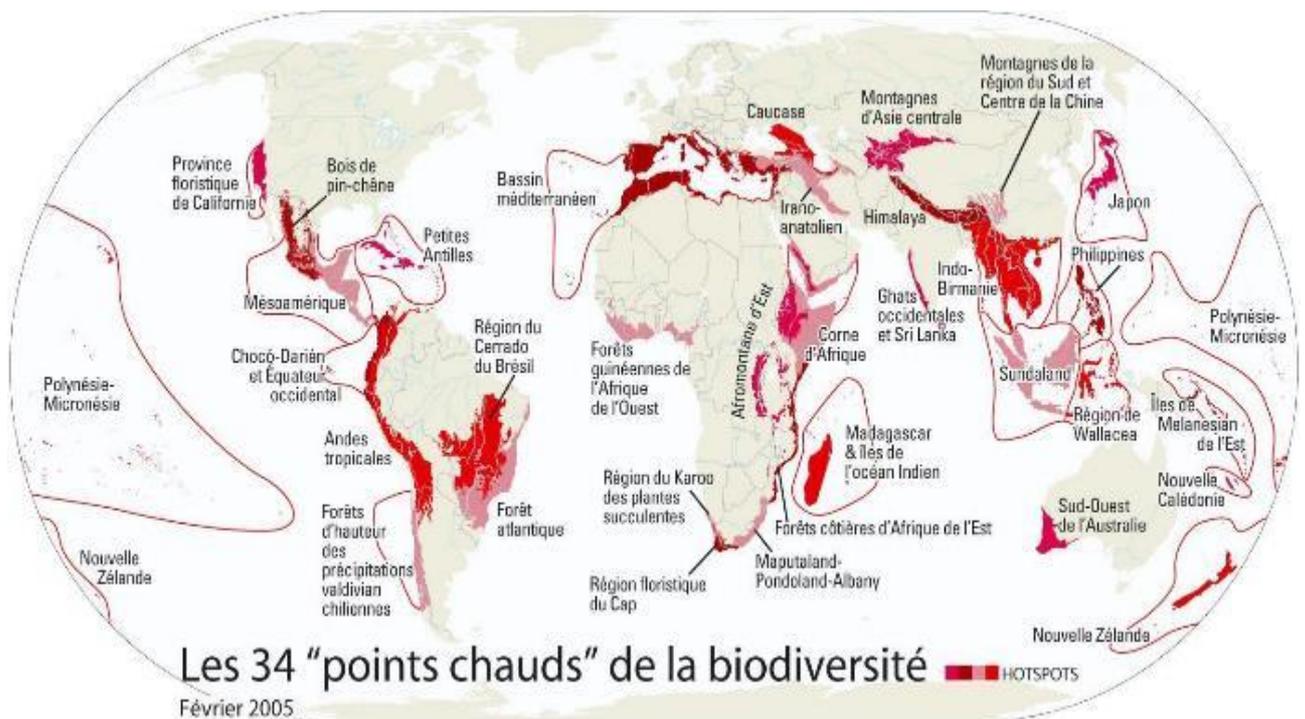


Figure 1. Carte de répartition des 34 Hotspots de la Biodiversité Mondiale. © Conservation International Etablie Par L'ONG. 2005.

monde et la plus grande des cinq régions de climat méditerranéen de la planète. Le hotspot s'étend sur plus de 2 millions de kilomètres carrés, du Portugal à la Jordanie vers l'est, et du nord de l'Italie à la Tunisie vers le sud. Il inclut des parties de l'Espagne, de

la France, des pays des Balkans, de la Grèce, de la Turquie, de la Syrie, du Liban, de Palestine, de l'Égypte, de la Libye, du Maroc et de l'Algérie, ainsi qu'environ 5.000 îles éparpillées dans la mer Méditerranée.

À l'ouest de la partie continentale, le hotspot comprend plusieurs îles de l'océan Atlantique : les Canaries, Madère, les îles Selvagens, les Açores et le Cap-Vert (Derneği, 2010).

En termes de richesse floristique, le bassin méditerranéen est le troisième hotspot le plus riche du monde en diversité végétale (Mittermeier et *al.* 2004).

L'aire géographique de la flore du bassin méditerranéen renferme entre 25.000 et 30.000 espèces dont plus de 13.000 sont endémiques n'existant nulle part ailleurs. (Médail et Quézel, 1999) ; (Médail et Myers, 2004) et (Mittermeier et *al.* 2004).

Cette biodiversité est due à plusieurs facteurs paléo-géologiques et paléoclimatiques qui ont conféré une hétérogénéité éco-géographique distincte.

L'originalité de la flore méditerranéenne est démontrée actuellement par les populations et les espèces végétales qui ont pu persister depuis les dernières glaciations des aires géologiques allant du Pliocène au Pléistocène. Les chercheurs estiment cette période aux environs de 1,8 Millénaire. (Tzedakis et *al.*, 2002) et (Petit et *al.*, 2003). En effet, leur localisation concentrée spécialement dans des zones refuges caractérisées par les alternances de climat ont favorisé la spéciation et l'endémisme en région méditerranéenne. (Médail et Diadema, 2006 et 2009) et (Nieto Feliner, 2014).

Cependant, de la diversité remarquable rencontrée dans toute la région, ce ne sont que dix zones principales qui constituent des centres de diversité végétale (Médail et Quézel 1997). Elles abritent environ 44 pour cent des endémiques du bassin. Il s'agit du Haut et du Moyen Atlas en Afrique du Nord, le Rif Bétique au sud de l'Espagne et deux bandes côtières du Maroc et de l'Algérie, les Alpes Maritimes et Liguriennes à la frontière entre la France et l'Italie, les îles tyrrhéniennes, le sud et le centre de la Grèce, le sud de la Turquie et Chypre, Palestine et le Liban, la Cyrénaïque en Libye et les îles de la Macaronésie (Figure 2).

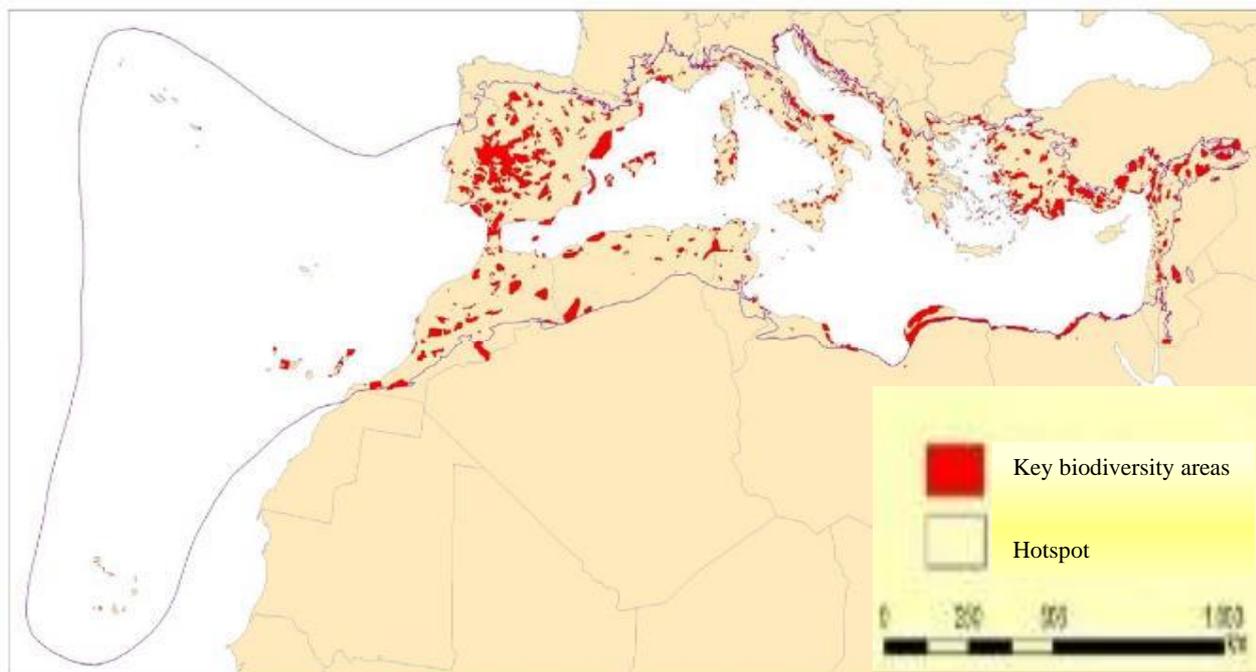


Figure 2. Carte des zones clés pour la biodiversité du hotspot du bassin méditerranéen © conservation internationale établie par l'ONG. 2005.

Derneği, 2010, informe dans son rapport que parmi ces dix pays cités ci-dessus, l'Algérie compte 40 zones clés pour la biodiversité méditerranéenne. Suite à ce nombre, elle occupe la septième position avec un indice de durabilité environnemental qui n'est pas très bon. En effet, l'Algérie est classée 16^{ème} sur les 22 pays méditerranéens avec le meilleur classement attribué à la Finlande et en dernier, la Corée du Nord.

Néanmoins, Il est à signaler que ces estimations sont loin d'être exhaustives et la comparaison avec les autres pays de la méditerranée est un peu biaisée (Medjahdi, 2010). En effet, la flore des pays de la rive nord de la méditerranéen est en continuelle mise à jour alors que dans la rive sud, la systématique est délaissée malgré l'apparition de nouvelles espèces ou de sous espèces.

Les secteurs les plus remarquables pour l'endémisme en Algérie, sont la côte oranaise Mansouri et *al.* (2018) ; Miara et *al.* (2018) ; Gordo et *al.* (2019), suivie par la Petite Kabylie et la Grande Kabylie Gherzouli et *al.* (2005) ; Bouchibane et *al.* (2021). En ce qui concerne les espèces rares, la Numidie littorale arrive en tête, suivie par la Mitidja

d'Alger (MATE, 2014). Cet ensemble « Kabylies–Numidie–Kroumirie » forme un point chaud régional méconnu, constitué de forêts, de montagnes et d'écosystèmes littoraux, menacés par l'anthropisation.

En 2007, les chercheurs Véla et Benhouhou ont défini un nouveau hotspot. Ce dernier, a été défini sur la base de critères de rareté-endémisme. Il s'est agi des secteurs biogéographiques Kabyles et Numidiens.

De nombreuses études phytogéographiques ont validé un modèle général de migration des espèces d'Est en Ouest et, avec moins d'intensité, d'Ouest en Est (Mansion et *al.* 2009). De par sa position de transition entre les grands domaines biogéographiques holarctiques tempérés et tropicaux, la méditerranée peut être considérée comme une « zone de tension » selon Raven (1964), où les processus d'hybridation et de spéciation sont encore intenses par rapport à des régions plus homogènes septentrionales ou méridionales suivant Thompson (2005).

Outre des espèces autochtones, la flore méditerranéenne, comporte des éléments de différentes origines biogéographiques notamment holarctique qui correspondent à la région euro- sibérienne, Saharo-arabe, Irano-touranienne et Afro-tropicale. Ces origines biogéographiques ont permis des différenciations locales à partir des espèces ancestrales et les multiples migrations de végétaux avec des processus de polyploïdisation, d'hybridation et d'introgession répétées (Médail et Diadema, 2009).

1.2.Polyploïdie

Le terme de polyploïdie avait été utilisé la première fois par Winkler (1916), suite à ses travaux sur des plantes régénérées à partir de l'espèce diploïde *Solanum nigrum*. Actuellement, ce terme renvoie à l'état d'un noyau, d'une cellule ou d'un individu qui contiendrait plus de 2 copies du génome de base x (haploïde).

La polyploïdie ou duplication complète du génome (WGD, *Whole Genome Duplication*), est très fréquente chez les Angiospermes (Stebbins, 1971) et (Soltis et Soltis, 1999). Dans ce groupe de plantes supérieures, le record de ploïdie est observé chez la Crassulaceae *Sedum suaveolens* avec $2n=640$ chromosomes pour un niveau 80-ploïde (Bennett et Leitch, 1997).

Chez les polyploïdes la duplication des génomes serait due soit à un dédoublement de chromosomes somatiques soit à un mécanisme de reproduction sexuée impliquant des gamètes non-réduits ($2n$) ou diplo-pollens (Ramsey et Schemske, 1998) ; (Tayale et Parisod, 2013).

Selon plusieurs auteurs Harlan et de Wet (1975) ; Bretagnolle et Thompson (1995) ; Ramsey et Schemske (1998), la plupart des polyploïdes seraient issus des voies de reproduction sexuée impliquant des gamètes non-réduits ($2n$).

Divers mécanismes sont avancés pour expliquer la formation de ces gamètes- $2n$ (Bretagnolle et Thompson, 1995) ; (Brownfield et Kohler, 2011) ; (De Storme et Geelen, 2013) et (Mason et Pires, 2015). La fécondation entre gamètes n et/ou $2n$ aboutirait à la formation d'individus $2x$, $3x$ ou $4x$.

Les études modernes de génomique ont complètement changé le regard des chercheurs sur la polyplœidie chez les Angiospermes. Actuellement, la question n'est plus "*Quelle est la proportion des polyploïdes chez les Angiospermes ?*" mais plutôt serait « *Combien d'épisodes de polyplœidisation ont caractérisé une lignée donnée ?* » (Soltis et al. 2016).

Le séquençage complet de génomes de nombreux organismes eucaryotes y compris l'homme, indique tous avec grande certitude, la manifestation d'évènements anciens de polyplœidie ou paléo-polyplœidie (Soltis et Soltis, 2009). (Figure 3).

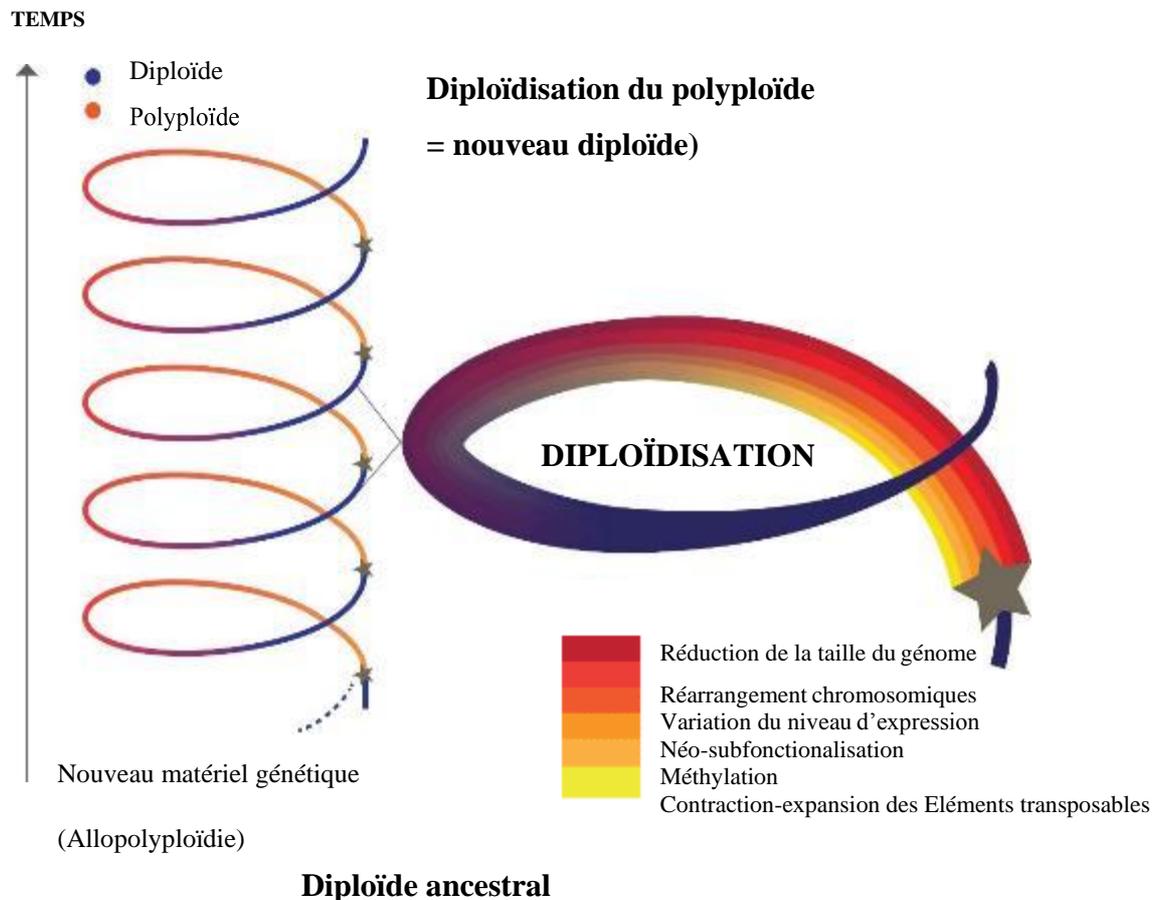


Figure 3. Phases de l'évolution du génome suite à la polyploïdie (Soltis et *al.* 2016)

Chez les Angiospermes, la grande majorité des taxons aurait subi au moins un épisode de polyploïdisation. Par exemple, chez la plante modèle *Arabidopsis thaliana*, trois événements de polyploïdisation ont été mis en évidence par le séquençage du génome complet (Simillion et *al.*, 2002). D'autres espèces actuellement diploïdes, appartenant aux genres *Oryza*, *Populus*, *Vitis* ou *Carica*, émaneraient d'ancêtres polyploïdes qui se seraient diploïdisés (Soltis et Soltis, 2009).

Concernant l'espèce *Oxalis pes-caprae* L., elle présente dans son habitat d'origine (Afrique du Sud), différents niveaux de ploïdie : diploïdes ($2n = 2x = 14$) ou tétraploïdes ($2n = 4x = 28$) (Ornduff, 1987) et (Castro et *al.*, 2007). Les espèces pentaploïdies ($2n = 5x = 35$) sont rares et stériles et donc leur reproduction est essentiellement asexuée (Ornduff, 1987).

Les mécanismes de diploïdisation impliquent des changements nombreux et complexes conduisant à la dynamique et l'évolution des génomes (Marchant et *al.*, 2016).

2. Caractérisation génétique et moléculaire de la flore

2.1. Caryologie classique

Chaque espèce possède un nombre chromosomique qui caractérise son caryotype (Levitsky, 1931). Ce nombre représente l'apparence phénotypique des chromosomes somatiques (Stebbins, 1971). En d'autres termes, le caryotype est le niveau le plus développé de l'organisation structurale et fonctionnelle du génome nucléaire (Greilhuber et Speta, 1976) et (Venora et *al.* 2002).

Les caractéristiques caryotypiques les plus fréquemment utilisées sont : le nombre, la taille des chromosomes, la position du centromère, la présence des constriction secondaires, définissant le type de chromosome (Romero Zarco 1986) ; (Lavania et Srivastava 1992), (Watanabe et *al.* 1999), (Paszko 2006) ; (Huziwara 1962) ; (Arano et Saito 1980). Ces paramètres permettent d'élucider les relations taxonomiques.

Cependant, les données de caryologie classique ne sont pas suffisantes pour expliquer la diversité et les relations à certains niveaux (infra / supragénérique ou spécifique). Des approches sur la structure fine des chromosomes comme le *banding* (coloration différentielle de L'hétérochromatine constitutive) ont été utilisées pour caractériser et identifier les chromosomes homologues et homéologues dans le contexte de la polyploidie.

2.2. Phylogénie moléculaire

La phylogénétique est aujourd'hui basée sur l'analyse comparée de données moléculaires essentiellement des séquences nucléotidiques de génomes nucléaires, chloroplastiques et mitochondriaux. Elle vise à reconstruire les relations de parenté entre les organismes et à comprendre les mécanismes évolutifs à l'origine des espèces (Darlu et Tassy, 1993 et 2004). Les fondements de la phylogénétique et de la cladistique moderne ont été formalisés par Hennig (1966).

Les reconstructions phylogénétiques reposent sur le préalable essentiel de l'homologie des séquences nucléotidiques à comparer, c'est-à-dire codées par des gènes hérités d'un

ancêtre commun ; l'alignement constitue donc une étape cruciale dans la recherche de l'homologie des sites (Olsen et Woese, 1993). Les relations entre les organismes seront représentées sous forme d'un arbre phylogénétique dont la topologie est déterminée par des branches (lignées évolutives), des nœuds (événements de spéciation) et une racine symbolisant l'ancêtre commun à l'origine des taxons. Les taxons seront ainsi classés en groupes taxonomiques monophylétiques ou groupes naturels (Morrison et Ellis, 1997) et (Darlu et Tassy, 2004).

2.3.Chimio-taxonomie

Est, par définition la science des classifications des plantes en fonction de la structure de leurs constituants chimiques principalement les métabolites secondaires. Ces métabolites sont propres aux plantes et participent à de multiples fonctions comme la résistance aux pathogènes, la défense contre les herbivores, les réponses aux stress environnementaux, l'attraction de pollinisateurs etc.

Les premières études comparatives de substances biochimiques chez les monocotylédones ont mis en lumière leur intérêt comme marqueurs taxonomiques ; en particulier les substances du métabolisme secondaire qui peuvent être spécifiques à un groupe taxonomique, une famille, un genre ou une espèce. Dans leur système de classification des monocotylédones, Dahlgren et Clifford (1982) avaient déjà introduit des critères biochimiques comme les flavonoïdes, les saponines, les composés de l'acide chélidonique et les composés cyanogéniques, pour distinguer différents grands groupes taxonomiques. Il est à souligner que tous ces métabolites sont directement impliqués dans les propriétés pharmacologiques de ces plantes (Kamboj et al. 2013) et (Mulholland et al. 2012). Dans ce sens, Rønsted et al. (2012) ont démontré chez les Amaryllidaceae, l'utilité des phylogénies moléculaires dans la prédiction de la diversité biochimique des espèces et donc de l'activité biologique et pharmacologique de ces substances.

3. Systématique de l'*Oxalis pes-caprae* L.

3.1. Présentation de la famille

Les Oxalidacées sont généralement des herbacés annuelles ou vivaces à reproduction végétative par bulbilles ou stolons. Les espèces appartenant à cette famille sont en majorité originaires d'Asie, d'Afrique et d'Amérique, et sont distribuées partout dans le monde, en particulier dans les régions tropicales et subtropicales et plus rarement dans les zones à climat tempéré (Ornduff, 1987).

3.2. Anciennes classifications

La classification de la famille des oxalidacées à laquelle appartient l'*Oxalis pes-caprae* L. a fait l'objet de nombreuses controverses au fil du temps. Basée sur des observations morphologiques, les oxalidacées ont en premier lieu appartenu à l'ordre des géraniales. Plantes herbacées à souche bulbeuse. Feuilles alternes ou en rosette, pétiolées, trifoliolées. Tiges présentes ou nulles. Fleurs en cymes ou en ombelles axillaires ou scapiformes. Fleurs pentamères. Corolle tordue à pétales un peu soudés à la base. Etamines 10 en deux verticilles. Styles 5. Fruit capsulaire à 5 loges (Quezel et Santa 62).

Les anciennes classifications comme celle de Quezel et Santa (1962) se présentaient comme suit :

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Géraniales

Famille : Oxalidacées

Genre : *Oxalis*

Espèce : *Oxalis pes-caprae* L.

Par la suite, cette classification a été revue par d'autres auteurs qui établissent l'ordre des oxalidales auquel l'*Oxalis* fut affiliée et que l'on retrouve dans plusieurs flores entre autres dans Flora vasculair (2009). Cette nouvelle classification est représentée comme suit :

Règne : Plantae

Embranchement : Angiosperme

Classe : Eudicotylédones

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Oxalidales

Famille : Oxalidaceae

Genre : *Oxalis*

Espèce : *Oxalis pes-caprae* L.

Avec l'apparition de la systématique moléculaire une nette distinction est établie entre les deux familles des oxalidacées et géraniacées ainsi que leurs appartenances à deux ordres différents (Gebregziabher, 2004).

Cet auteur, estime que la partie souterraine des espèces du genre *Oxalis* a été négligée lors de précédentes classifications. A travers ses travaux sur la morphologie des bulbilles, il démontre l'importance de prendre en considération cette partie et propose de l'inclure comme critère de classification.

3.3. Classification actuelle

La classification phylogénétique ou classification cladistique est une classification qui établit les liens de parenté entre les êtres vivants en se basant sur la biologie moléculaire et les calculs bio-informatiques (Spichiger et *al.*, 2004). A l'aide de cette méthode de classification, l'Angiosperm Phylogeny Group (APG) composés de divers experts botanistes a mis au point une classification des ordres et des familles des plantes à fleurs (angiospermes). La première systématique mise au point par ce groupe fut en 1998 et fut nommée APG I. L'APG I a connu de nombreuses améliorations au fil du temps et on dénombre APG II en 2003, l'APG III en 2009 et la dernière APG IV qui est apparu en 2016 (Maarten et *al.*, 2016).

L'avant dernière systématique connue par l'APG III comptait la famille des Oxalidacées comme une famille de plantes dicotylédones de l'ordre des Oxalidales. Elle comportait plus de 800 espèces regroupées en 6 genres. Les deux principaux genres qui la composé étaient : l'*Oxalis* avec plus de 700 espèces et *Biophytum* qui comptait environ 50 espèces.

La systématique phylogénétique de l'*Oxalis pes-caprae* L. selon le cladogramme des angiospermes dernièrement établi par l'APG IV (2016) est la suivante (Figure 4) :



Figure 4. Cladogramme des angiospermes APG IV de 2016 in (Maarten et al., 2016).

À partir de cette classification APG IV (2016) in Maarten et al. (2016) ont fait ressortir le nombre approximatif des genres et espèces de l'ordre des oxalidales dans le monde et l'on illustré dans le tableau suivant (Tab.1) :

Tableau 1. Nombres estimés des genres et d'espèces.

Ordre	Famille	Nombre approximatif des genres	Nombre approximatif des espèces
Oxalidales	Huaceae	2	4
	Connaraceae	12	180
	Oxalidaceae	5	570
	Cunoniaceae	27	330
	Elaeocarpaceae	12	615
	Cephalotaceae	1	1
	Brunelliaceae	1	60

Source : (Christenhusz *et al.* 2011 ; APG IV 2016).

Ce tableau est basé sur les travaux de Christenhusz *et al.* (2011) et mis à jour par la dernière classification cladistique de l'APG IV de l'année 2016. Il montre les familles constituant l'ordre des Oxalidales ainsi que les nombres approximatifs des genres et des espèces correspondants.

En faisant la comparaison de cette mise à jour avec les données de Quézel et Santa (1962), nous constatons que parmi les 570 espèces d'oxalis existant dans le monde (tab.1), 4 sont identifiées en Algérie à savoir, *Oxalis corniculata* L., *Oxalis pes-caprae* L., *Oxalis acetosella* L., *Oxalis compressa* Thumb.

Seule l'espèce *Oxalis compressa* Thumb. rejoint l'espèce pes-caprae dans un même clade. (Annexe 1).

Les familles émergentes de l'ordre des oxalidales ainsi que leurs liens phylogéniques sont en nombre de 7 et sont illustrés dans la (Figure 5).

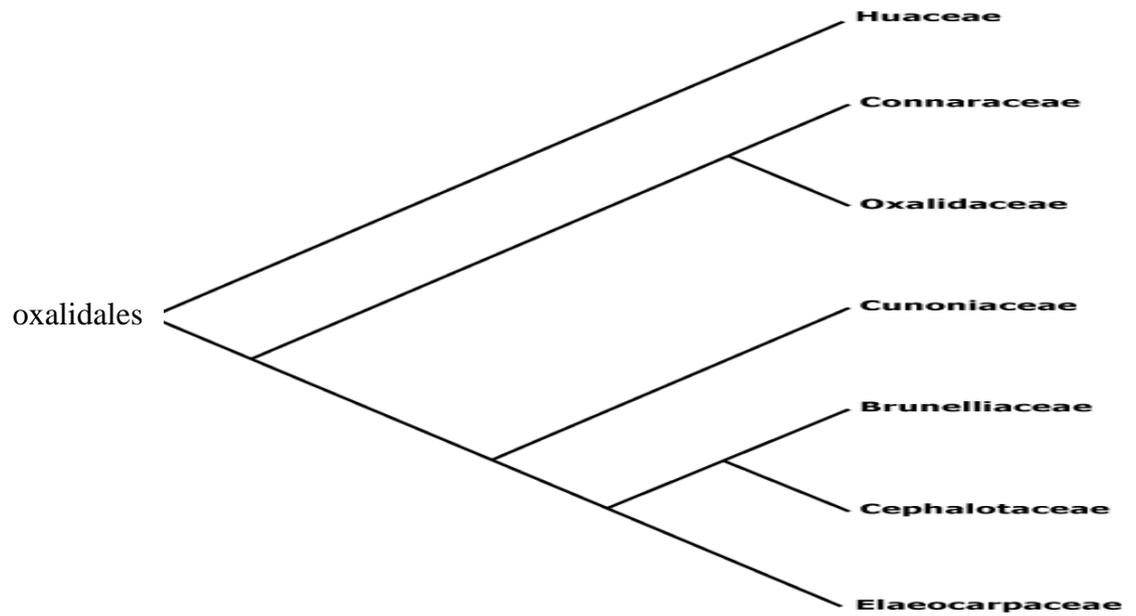
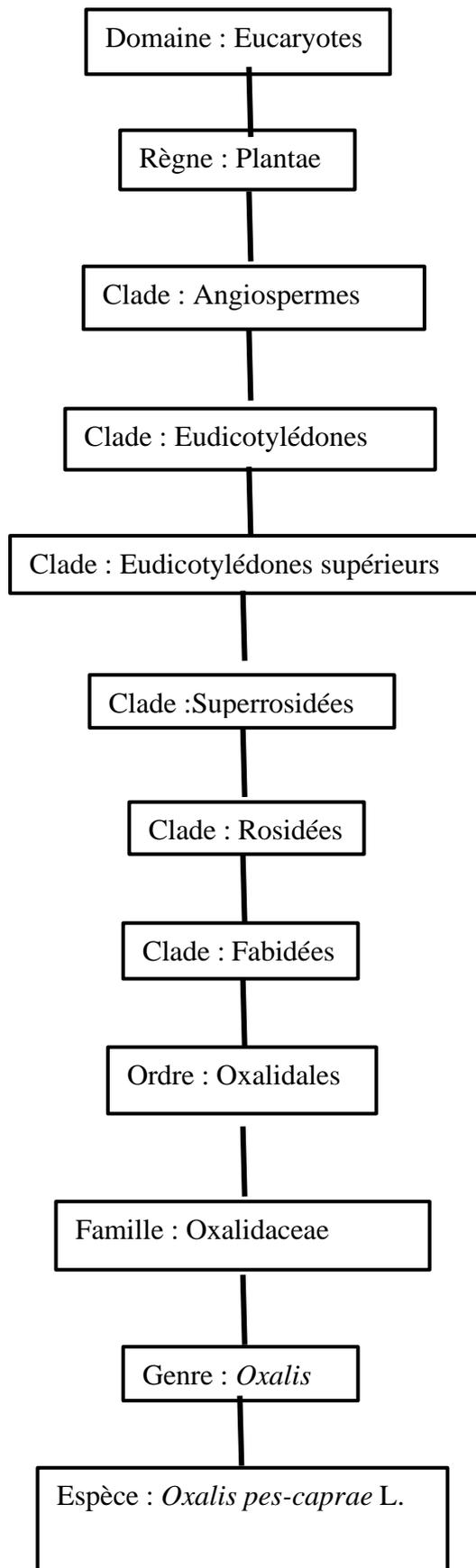


Figure 5. Cladogramme de l'ordre des oxalidales APG IV de 2016 in (Maarten et *al.*, 2016).

A cet effet et sur la base cette nouvelle nomenclature cladistique (APG IV), l'espèce *Oxalis pes-caprae* L. serait classée donc dans la famille des oxalidacées suivant la systématique suivante :



3.4. Caryologie chez l'Oxalis

Pour la famille des oxalidacées et le genre *Oxalis* le problème qui se pose est le nombre de base des chromosomes. Est-il de 6 chromosomes ou bien de 12 chromosomes ?

En effet, l'ensemble des familles voisines semble être basées sur un nombre paléopolyploïde ; en particulier la proche famille des Connaracées qui est basée sur $x'=14$ (Marks, 1956).

Mathew (1958), trouve que dans le genre *Oxalis*, le nombre de base de chromosomes est variable. Il va de $x=5-6-7-8-9-11$ (autres nombres, dont 10-12..., considérés comme polyploïdes)

Rani & *al.* (2015), clarifient qu'actuellement le raisonnement diverge suivant l'ancienneté de cette paléopolyploïdie. Sur une base de $x'=14$ communes, par dysploïdie descendante, les Oxalidacées auraient plutôt un ancêtre à $x'=12$. Dans le genre *Oxalis*, les diploïdes basés sur $x=6$ sont rares dans le groupe *corniculata* et éventuellement secondaires, mais fréquents dans le sous-genre *Thamnoxys*. Une base de $x=6$ avec passage rapide à $x'=12$ (puis dysploïdie descendante) reste l'hypothèse la plus vraisemblable. D'autres méthodes plus fondamentales pourraient estimer le moment où interviennent les différentes duplications.

Le nombre de base du genre *Oxalis* serait $x=6$. A partir de ce nombre une dysploïdie descendante conduit à 5 ; $x=7$ serait à l'inverse dérivé par dysploïdie ascendante, en particulier chez le groupe de géophytes d'Afrique du Sud ou d'Amérique du Sud. La polyploïdie peut parfois dominer (Packam, 1978) et (Rani & *al.*, 2015).

À l'instar de ces données, nous pouvons conclure par les déductions émanant des auteurs suivant Eiten (1963) ; Lovett Doust et *al.*, (1985) ; Nair et *al.*, (2004) que malheureusement, ces comptages ne sont jamais attribués à des morphotypes précis ; aussi est-il impossible de faire un parallèle entre cytotypes et taxons infraspécifiques. Devant le grand nombre de comptages divergents (aneuploïdie ?), des études complémentaires sont nécessaires, en prenant bien soin d'essayer de résoudre parallèlement la complexité de ce groupe.

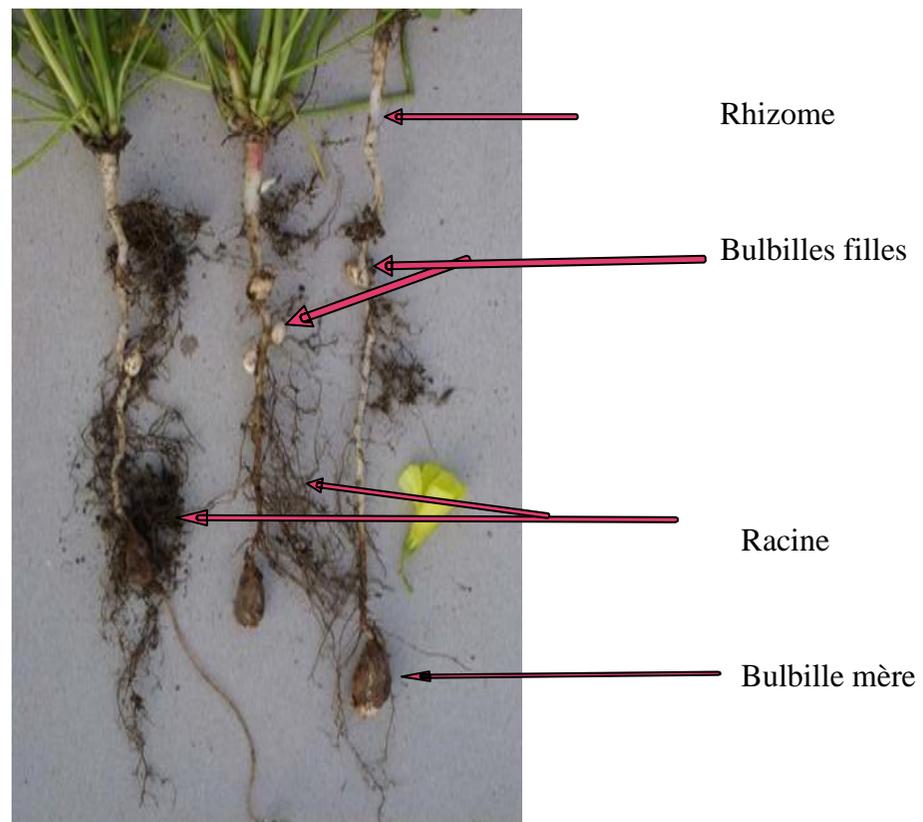
4. Description botanique de l'*Oxalis pes-caprae* L.

L'*Oxalis pes-caprae* L. est une plante herbacée, dicotylédone, annuelle, géophyte. Elle présente une tige scapiforme ; Feuilles composées trifoliées à long pétiole ; Une hampe florale au sommet de laquelle on retrouve une ombelle de 2 à 14 fleurs jaune vif de 15 à 25 mm. La fleur est complète (Figure 6), hermaphrodite, actinomorphe régulière, pentamère (Quezel et Santa, 1963) ; (Gebregziabher, 2004) et (Vilà *et al.*, 2006).



Figure 6. à droite : Fleur de l'*oxalis pes-caprae* L fertile. Source : personnelle 2022. A gauche : Appareil reproducteur de l'*Oxalis pes-caprae* L. (Source : Anonyme 1)

Concernant la partie souterraines, Chevalier décrit en 1940 l'*Oxalis pes-caprae* L. comme une espèce acaule. D'autres auteurs parlent de tige scapiforme et de rhizome (Quezel et Santa, 1963). (Figure 7)



Partie souterraine



Bulbilles



Tubercules

Figure 7. Organes composants la partie souterraine. Photo à gauche : partie souterraine. Photo du centre : Bulbilles Source personnelle 2022. Photo à droite : Tubercules. Source : Anonyme 2

Les bulbilles de l'*Oxalis pes-caprae* L. ont une forme conique, constituées de six feuilles charnues ou écailles jouant le rôle d'organe de réserve. Ces écailles sont insérées sur une petite et fine zone compressée à la base de la bulbille nommée plateau. Les écailles au centre sont blanches et de plus petite taille que les externes qui sont plus grandes et brunes formant une enveloppe protectrice (Ducellier, 1914) et (Gebregziabher, 2004).

Le rhizome se forme en sortant de la partie fuselée de la bulbille et s'étend jusqu'à la surface du sol. Tout le long de ce rhizome, apparaissent de petits bourgeons qui donneront plus tard de nouvelles bulbilles. (Ducellier, 1914). (Annexe 2)

Les racines se forment également le long du rhizome pendant que d'autres se forment aussi à la base de la bulbille mère et donnent un système racinaire très dense (Ducellier, 1914). (Annexe 2)

Les tubercules se forment suite à la tubérisation d'une ou plusieurs racines situées sur le plateau de la bulbille mère et la résorption de ces tubercules engendre des bulbilles filles (Ducellier, 1914). (Annexe 2)

5. Reproduction de l'*Oxalis pes-caprae* L.

La reproduction est l'une des facteurs clés complexes qui établissent efficacement la propagation de l'organisme après dispersion de longues distances Castro-Díez et *al.* (2014).

Son mode, détermine la production, les conséquences de la dispersion et la composition génétique de la propagation. L'ensemble de ces facteurs influe sur la génétique et la structure démographique des populations, (Sakai et *al.*, 2001) ; (Novak et *al.*, 2005) ; (Barrett et *al.*, 2008) et (Ness et *al.*, 2010).

Il est rapporté par les observations de nombreux auteurs qu'en dehors de son aire d'origine l'*Oxalis pes-caprae* L. se reproduit principalement par voie asexuée et très rarement par voie sexuée, alors qu'en Afrique du sud, c'est la reproduction sexuée qui prédomine (Ducellier, 1914) ; (Ornduff, 1987) ; (Gebregziabher, 2004) ; (Castro et *al.*, 2016).

Sa biologie de la reproduction est relativement complexe. D'une part, elle se reproduit par multiplication végétative par bulbe, ce qui lui confère de grandes capacités colonisatrices.

D'autre part, c'est une espèce hétérostyle, qui est représenté dans son aire d'origine par des populations trimorphiques (Ornduff, 1974).

Effectivement, Castro *et al.* (2007) informent que cette espèce a été introduite dans le bassin méditerranéen à la fin du 18^{ème} siècle et confirment qu'elle s'est répandue très rapidement. Un seul morphe (le morphe S) a été introduit, ce qui ne lui permet pas de se reproduire par voie sexuée. Pourtant, elle a colonisé rapidement toute la région méditerranéenne, et cela grâce à une forte production de bulbilles.

De là, l'*Oxalis pes-caprae* révèle un système de reproduction très intéressant à étudier afin de répondre aux questions concernant la stratégie de reproduction au cours du processus d'invasion, et le fonctionnement et l'évolution de l'hétérostyle.

5.1. Le système d'hétérostyle

Lorsque les individus présentent des différences au niveau de la longueur de leurs styles et étamines, on parle d'hétérostyle. La plupart des espèces présentant ce type de mécanisme sont distyles c'est-à-dire qu'on y trouve deux morphes avec deux longueurs de styles l'une courte et l'autre longue (Figure 8). Plus rarement, elles sont tristyles et présentent trois longueurs de styles qui sont courte (morphe S), moyenne (morphe M) et longue (morphe L). On trouve alors trois morphes distincts : les individus portent des étamines de deux longueurs différentes et le troisième niveau est occupé par le style c'est le cas chez quelques Oxalidaceae, Pontederiaceae, Amaryllidaceae, Connaraceae et Lythraceae (Barrett, 1993).

La morphologie limite fortement l'autopollinisation en raison de la séparation spatiale entre pollen et stigmate ainsi que la pollinisation entre individus du même morphe (Barrett et Shore, 2008). En effet, les insectes pollinisateurs fixent le pollen sur différentes parties de leurs corps en fonction de la longueur des étamines et le déposent donc au niveau des stigmates situés sur des styles de même longueur que les étamines (Figure 8).

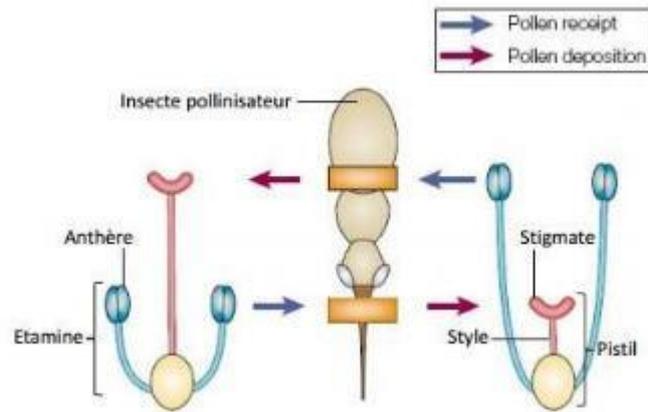


Figure 8. Mécanisme de l'auto-incompatibilité hétéromorphe.

Cas de la distylie. Le pollen d'un morphe particulier est déposé sur une partie de l'insecte pollinisateur qui n'entrera en contact qu'avec les stigmates de l'autre morphe. Les fécondations ne peuvent donc avoir lieu qu'entre morphes distincts (Barrett, 2002).

A ce mécanisme morphologique, est très souvent associé un système de reconnaissance génétique rendant impossible les fécondations entre individus de même morphe (Figure 9). Cette incompatibilité intra-morphe, est contrôlée par un locus diallélique (S) dans le cas de la distylie, et par deux loci dialléliques liés (S et M) dans le cas de la tristylie, (Barrett et Shore, 2008).

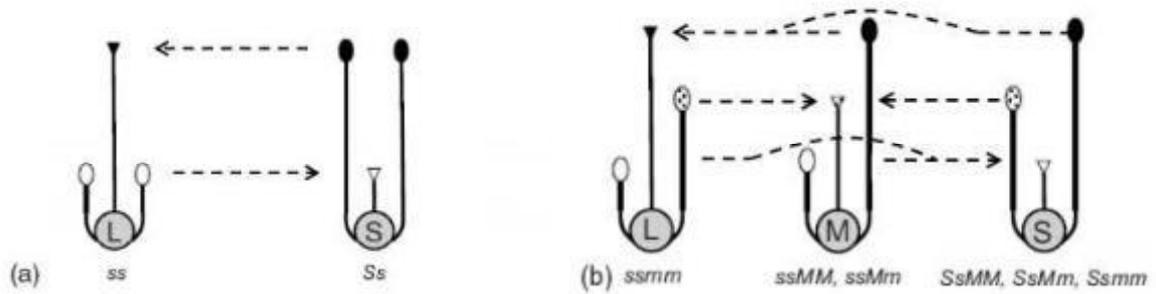


Figure 9. Phénotypes et génotypes associés chez les espèces à auto-incompatibilité hétéromorphe distyle (a) et tristyle (b).

L correspond au morphe de style long, M au morphe de style moyen, et S au morphe de style court. Les flèches indiquent les croisements compatibles entre styles et anthères de même morphe. Les allèles S et M sont dominants respectivement sur les allèles s et m (d'après Barrett et Shore, 2008).

Généralement, l'auto-incompatibilité est considérée comme un avantage pour l'évolution des espèces puisqu'elle diminue la dépression de consanguinité dans les populations. Néanmoins, la transition de l'auto-incompatibilité vers l'auto-compatibilité est une des transitions les plus fréquentes chez les plantes à fleurs (Stebbins, 1974).

L'auto-incompatibilité est un mécanisme génétique qui permet aux plantes hermaphrodites d'éviter l'autofécondation en dressant une barrière reproductive qui permet au pistil de contrôler la germination ou non des grains de pollen qui lui parviennent (De Nettancourt, 2001). Cela par inhibition sélective de l'auto-pollen ou bien du pollen d'individus de spécificités identiques.

5.2. Evolution de l'hétérostylie

La transition de l'auto-incompatibilité vers l'auto-compatibilité est due à la perte de la fonction constitutive du locus-S responsable de l'auto-incompatibilité homomorphe chez des plantes allogames. Elle est souvent accompagnée par des changements dans les caractères morphologiques de la fleur. En effet, la cartographie de locus à traits quantitatifs chez les espèces du genre *Capsella* montrent que ces changements au niveau du locus S affectent d'autres traits de la fleur tels que la taille de la corolle et la séparation entre l'anthère et le stigmate (Castric *et al.*, 2014).

Chez les espèces hétérostyles, la transition vers l'autogamie est généralement accompagnée par le passage vers l'homostylie (Figure 10). La perte d'un morphe dans

les populations peut altérer les systèmes de reproduction en empêchant les échanges de pollen entre morphes et par conséquent conduire à l'autogamie. De la même façon, une population envahie par un morphe donné verra son système de reproduction modifié.

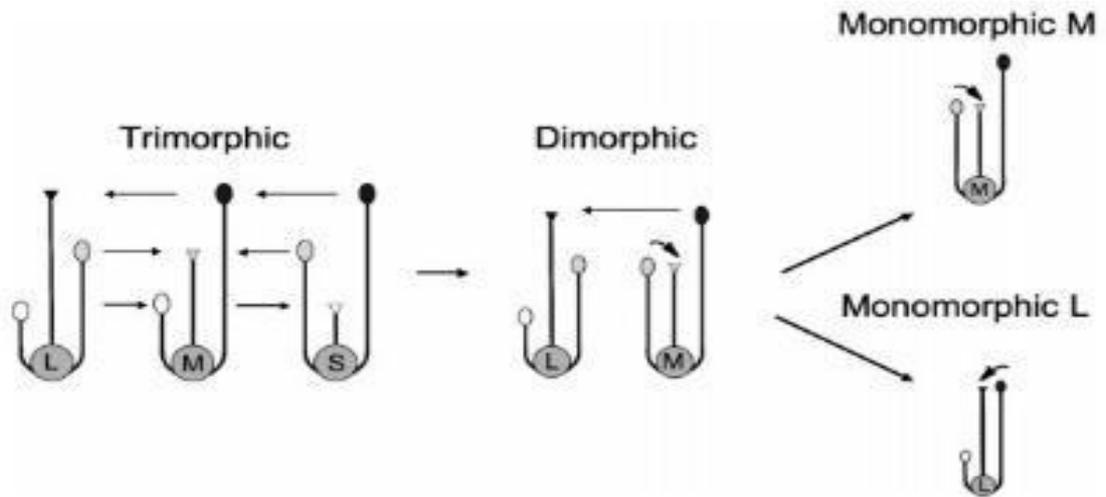


Figure 10. Voies évolutives de l'allogamie vers l'auto-fécondation dans le cas de la tristylie (exemple de *Eichhornia paniculata*).

Les flèches reliant les anthères et les stigmates indiquent des croisements compatibles ; celles reliant les phénotypes floraux indiquent des transitions évolutives. L'augmentation de l'autofécondation est accompagnée par des réductions de la taille des fleurs (d'après Barrett *et al.*, 2009).

5.3. Systèmes de reproduction et espèces invasives

Les espèces invasives constituent une menace sérieuse pour la biodiversité et ont des conséquences écologiques et évolutives importantes, tant pour les communautés envahies (réduction de la biodiversité locale) que pour les espèces envahissantes elles-mêmes (Mack *et al.* 2000).

Lorsqu'une espèce est introduite dans une nouvelle région, elle peut rencontrer des difficultés à se reproduire. Par exemple : chez les espèces ayant des systèmes de reproduction particuliers tels que l'hétérostylie, l'absence de partenaire compatible qui est de morphe différent pose problème pour la reproduction sexuée de la plante. La rareté ou l'inexistence de pollinisateurs peuvent aussi limiter le succès de la reproduction de la

plante introduite et, par conséquent, limiter leur aire d'expansion. Mais dans certains cas, une espèce introduite peut devenir invasive, et cela en modifiant son mode de reproduction, comme il est exactement le cas chez *Oxalis pes-caprae* L.

Dans le cas des espèces invasives hétérostyles, la reproduction peut devenir strictement végétative si l'espèce dispose de moyens de multiplication végétative, ou bien il peut se produire une rupture de la barrière de l'auto-incompatibilité et/ou de l'incompatibilité entre les individus de même morphe (Costa *et al.* 2012).

5.4. Reproduction sexuée

Le *Oxalis pes-caprae* L. est une plante hermaphrodite. Ce groupe de plantes présente une grande variabilité physiologique et morphologique pour permettre la pollinisation croisée, tout en empêchant l'autofécondation (Barrett, 2010). Ainsi, pour favoriser la pollinisation croisée, certaines plantes hermaphrodites ont développé différents polymorphismes sexuels qui sont caractérisés par la présence dans la même population de groupes morphologiquement distincts dans la même espèce, différant par leurs caractères sexuels (Barrett, 2002). (Figure 11).

En Algérie, le *Oxalis pes-caprae* L. fleurit de décembre jusqu'en avril, cependant, certains individus d'*Oxalis* ne fleurissent pas et la majorité des fleurs sont stériles. A peine une ou deux graines sont formées dans des capsules dont le développement est inachevé (Ducellier, 1914). La reproduction sexuée chez le *Oxalis pes-caprae* L. est assez complexe car elle présente une incompatibilité morphologique du système de reproduction sexué (Ornduff, 1987) et (Costa *et al.* 2014).

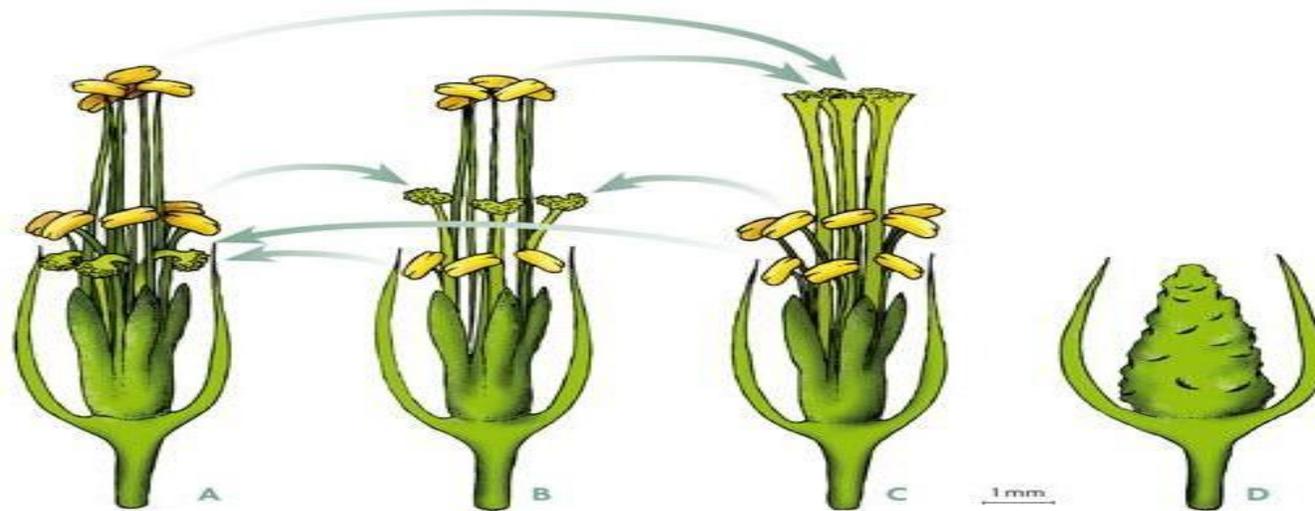


Figure 11. La reproduction sexuée chez *Oxalis pes-caprae* L

Source : (<https://metode.cat/revistes-metode/article/laventura-cosmopolita-de-lagret.html>)

A : *Oxalis pes-caprae* L. à style court (en dessous des étamines) = fleur brévistyle

B : *Oxalis pes-caprae* L. à style moyen (entre les deux verticilles d'étamines) = fleur mésostyle

C : *Oxalis pes-caprae* L. à style plus long que les étamines = fleur longistyle

D: forme stérile d'*Oxalis pes-caprae* L.

Chez les Oxalidacées, l'auto-incompatibilité est représentée par un système hétéromorphe qui est l'hétérostylie.

Dans ce cas, les individus diffèrent par la longueur du style et des étamines. Les espèces du genre *Oxalis* sont généralement tristyles. C'est-à-dire qu'elles présentent trois longueurs de styles correspondants à trois types de morphes. La pollinisation ne peut aboutir à la formation de graines que si elle se déroule entre fleurs de morphes différents. C'est le cas de l'*Oxalis pes-caprae* qui se reproduit de manière sexuée dans son aire d'origine où les trois morphes sont présents.

Dans son aire d'origine, cette espèce présente des fleurs tristyles et se reproduit à la fois par voie sexuée et par voie végétative (Castro *et al.*, 2007).

En Afrique du sud, le *Oxalis pes-caprae* L. présente principalement des races diploïdes et tétraploïdes et en dehors de son aire d'origine, la forme la plus répandue est la pentaploïde à style court stérile suivi de la tétraploïde (Ornduff, 1987) et (Castro *et al.*, 2016). Étant des espèces hétérostyles la pollinisation doit se faire obligatoirement entre les organes mâle et femelle de même taille, ce qui explique l'impossibilité de la pollinisation chez un même individu et la nécessité de la présence de deux races pour une pollinisation croisée. (Dulberger 1992 *in* Castro *et al.*, 2007).

Ces systèmes de reproduction montrent aussi une grande diversité, allant de la dioécie à l'hermaphroditisme. Celui-ci est le plus fréquent puisqu'il représente entre plus de 70% des Angiospermes (Gervais, 2011). Dans ce cas, les organes reproducteurs mâle et femelle sont présents au sein d'une même structure : la fleur hermaphrodite.

À cause de cette proximité des organes reproducteurs, la probabilité d'autofécondation est élevée. En effet, le pollen véhiculant les gamètes mâles peut aisément se déposer à la surface du pistil (renfermant les gamètes femelles) d'une même fleur ou d'une fleur d'un même individu. Une stratégie d'autofécondation peut être un avantage dans certaines conditions environnementales favorables et relativement stables, mais peut devenir problématique dans le cas d'un contexte environnemental variable et imprévisible.

De nombreuses espèces ont donc développé des systèmes permettant d'éviter ou de limiter l'autofécondation par un éloignement spatial (monoécie, herchogamie...) ou

temporel (protandrie, protogynie) des organes mâles et femelles, ou par un système de reconnaissance de soi, l'auto incompatibilité. Parmi ces diverses stratégies, l'auto incompatibilité qui est la plus répandue puisqu'on l'observe chez environ la moitié des espèces d'Angiospermes (Igic et Kohn, 2006).

Dans la région de la péninsule ibérique (Ouest de la région méditerranée) où seul le morphe S a été décrit dans les anciens travaux, l'apparition du morphe L a été signalé plus récemment (Castro *et al.*, 2007). S'agit-il d'une nouvelle introduction ou bien de l'évolution du morphe S existant vers le morphe L ? La question reste posée. Concernant l'Algérie, aucune donnée n'est disponible jusqu'à présent. C'est pour cela que nous allons nous intéresser à la description de la répartition des morphes présents en Algérie, leurs proportions, et leur évolution.

5.5.Reproduction asexuée

Le cycle biologique de le *Oxalis pes-caprae* L. s'étend en Algérie de septembre (début de l'automne) à avril (printemps). La germination des bulbilles se fait dès les premières pluies. Il y a formation d'un rhizome qui s'allonge verticalement jusqu'à la surface du sol où une petite tige se forme et en quelques jours on verra l'apparition d'une rosette de feuilles. Des racines apparaissent dans le long du rhizome et d'autres plus robustes forment une couronne autour du plateau de la bulbille mère. Peu après l'apparition des feuilles, l'une des racines du plateau se tubérise et donne le tubercule constitué de 90% d'eau. De nouvelles bulbilles se forment progressivement en puisant dans les réserves du tubercule qui se dessèche et se vide au fur et à mesure de l'apparition des bulbilles filles. La résorption du tubercule de l'Oxalis se fait en l'espace de 2 ou 3 mois en Algérie et en fin de cycle il y a disparition de ce dernier ainsi que le rhizome et la libération des bulbilles (Ducellier, 1914). L'apparition des bulbilles se fait lorsque l'*Oxalis* est en fleur (Ducellier, 1914) et (Gebregziabher, 2004).

6. Invasion biologique

6.1. Concept d'invasion biologique

Le concept d'invasion biologique a été très discuté et de nombreuses définitions ont été proposées. Richardson et *al.*, (2000) recadrent les diverses définitions et proposent une terminologie générale afin d'uniformiser leur utilisation tout en présentant leurs limites.

Selon ces auteurs, une plante invasive est une plante naturalisée qui donne une progéniture féconde qui se reproduit en très grand nombre et très loin de la plante mère à une distance supérieure à 100 m en moins de 50 ans pour une espèce ayant une reproduction sexuée et une distance supérieure à 6 m en moins de 3 ans pour celle ayant une reproduction asexuée.

Ils définissent aussi une plante naturalisée comme étant une espèce introduite d'une façon accidentelle ou volontaire qui se reproduit sans intervention de l'homme et ce, durant plusieurs cycles sans distanciation précise de la plante mère.

La potentielle complication que présenterait cette définition est qu'une plante invasive continuerait d'être qualifiée comme telle même si elle ne colonise pas de nouveaux emplacements par manque de disponibilité de ces derniers car s'il y a suppression de la plante, elle va certainement envahir à nouveau le territoire.

Pour Valéry et *al.*, (2008) les définitions préalablement établies manquent de précision car les auteurs se basent sur un seul critère et le plus souvent c'est le critère biogéographique ou le critère impact. Ils proposent une définition plus générale regroupant le maximum des critères cités par les précédents auteurs.

La définition mécaniste proposée par Valéry et *al.*, (2008) est que l'invasion biologique fait référence à une espèce compétitive qui en surmontant tous les obstacles naturels à sa prolifération, va acquérir un avantage sur les espèces natives et deviendra dominante dans le nouvel écosystème.

Les auteurs s'accordent à dire qu'une espèce n'est reconnue invasive que lorsqu'elle répond aux critères d'une espèce invasive comme ceux établis par Baker (1974).

Une population d'une espèce donnée peut être invasive avec des impacts négatifs alors qu'elle proliférerait normalement au près des espèces natives dans un autre milieu (Colautti et *al.*, 2004). Ils avancent aussi que c'est en absence des facteurs limitants sa prolifération dans son aire d'origine, qu'elle développerait des stratégies pour survivre et coloniser un nouveau territoire.

Le principal impact environnemental attribué à une invasion biologique est la menace de la biodiversité, ceci par l'occupation du territoire au détriment des espèces natives notamment en altérant leur banque de graines et en véhiculant des maladies (Vitousek et *al.*, 1997) ; (Vilà et *al.*, 2007) et (Mack et *al.* 2000). Ce qui engendre des conséquences écologiques et évolutives significatives, non seulement sur les communautés envahies mais aussi sur les espèces invasives elles-mêmes. (Brown et *al.*, 2005) ; (Barrett et *al.*, 2008) ; (Pyšek et *al.*, 2007) ; (Oduor, 2013).

La destruction de la végétation naturelle a été suivie par l'implantation de plantes adventives comme *Arundo donax*, *Oxalis pes-caprae*, des espèces de Tamarix, etc. (Kyrtatos, 1988).

La menace des espèces d'intérêt économique comme les espèces agricoles et fourragères amène à des investissements supplémentaires et conséquents Culliney, (2005). Toutefois, certains auteurs comme Powell et *al.*, (2013), affirment qu'il a rarement été rapporté qu'une invasion biologique serait à l'origine d'une extinction d'espèces.

De nombreux effets positifs, sont également rapportés, quant à la présence des espèces invasives. Il n'est plus question de perte de la biodiversité mais de changement d'habitat. Leur présence enrichie la microflore et la microfaune du sol, elles peuvent présenter également des interactions positives avec des espèces natives dites nourricières qui faciliteront leur installation (Atala et *al.*, 2019) et (Custer et *al.*, 2020).

Pour ces raisons, à travers les travaux considérés comme pivot de Baker et *al.*, (1974), les invasions biologiques ont attiré beaucoup l'attention des chercheurs qui ont fournis des efforts pour identifier les traits qui leurs confèrent cet avantage de coloniser de nouveaux habitats (Pyšek et *al.*, 2007) ; (Hayes et *al.*, 2008) et (van Kleunen et *al.*, 2008) et de

comprendre les facteurs biotiques et abiotiques qui déterminent ces invasions réussies (Souza et al., 2011) et (Wisz et al., 2013).

Aussi, c'est devenu clair que l'introduction des sous-populations dans les nouveaux scénarios écologiques génère de précieuses opportunités pour étudier l'évolution des transitions durant des périodes contemporaines (Sakai et al., 2001) ; (Brown et al., 2005 ; (Prentis et al., 2008).

Malgré une multitude d'avis divergents, les auteurs aboutissent à une même conclusion et s'accordent sur la nécessité d'établir une échelle spatiale pour évaluer l'impact d'une espèce non native. Cette échelle permettra de déterminer le moment et l'endroit où l'impact d'une espèce introduite est préjudiciable pour l'écosystème et ainsi pallier aux divergences d'opinions (Colautti et al., 2004) ; (Valéry et al., 2008) ; (Powell et al., 2013).

6.2. *Oxalis pes-caprae* L. espèce invasive ?

Le premier challenge auquel est confrontée une espèce invasive dans un nouveau territoire est l'occupation d'un maximum de surface en un temps très réduit. A cet effet, la quasi-totalité des espèces invasives se reproduisent par voie végétative car celle-ci leur permet de subsister durant les périodes défavorables. Castro et al., (2016).

Sous sa forme invasive, *Oxalis pes-caprae* L. répond aux mêmes critères que les autres plantes invasives et se reproduit également par voie végétative.

Toutefois, sa période de croissance précoce (formation de rosettes à la fin de l'automne et sénescence de la plante au début du printemps) limite les interférences avec la plupart des espèces annuelles méditerranéennes qui pourraient souffrir de sa présence. (Fried, 2012).

Cependant, une hypothèse est rapportée par Castro et al. (2016) pour expliquer ce changement dans son mode de reproduction. Comme cité précédemment, *Oxalis pes-caprae* L. est une plante hétérostyle avec une pollinisation croisée qui nécessite la présence de deux formes simultanément. Or en dehors de son aire d'origine, la seule forme la plus répandue est la pentaploïde à style court. Pour survivre et assurer sa pérennité, *Oxalis pes-caprae* L. a eu donc recours à la production de bulbilles.

En tant qu'espèce invasive *Oxalis pes-caprae* L. entre en compétition avec les espèces natives. Sa présence ne semble pas inhiber la production de graines chez les espèces natives mais elle en réduirait le nombre Vilà et al., (2007).

Cependant, il a été observé que les espèces natives pouvaient également la menacer en réduisant la production de ses bulbilles ainsi que leur biomasse comme c'est le cas pour *Lolium rigidum* Sala et al., (2007).

La faible compétitivité d'*Oxalis pes-caprae* L. serait attribuée à son cycle de vie hivernal car la majorité des espèces notamment annuelles et thérophytes ne sont pas présentes en cette saison. C'est aussi le cas au niveau des terrains dégradés où le nombre d'espèces est très réduit (Vilà et al., 2006) et (Sala et al., 2007).

En plus de concurrencer les espèces autochtones et d'être indésirable sur les terres agricoles et les jardins, on connaît à *Oxalis pes-caprae* L. un effet toxique pour le bétail. Sa richesse en oxalates la rend indigeste et empoisonne les herbivores qui la broutent accidentellement ou en période de disette et ce qui est également considéré comme une stratégie défensive de la plante contre les herbivores (Jadia et al., 2009). Toutefois, il a été observé une probable augmentation de la concentration du phosphore dans le sol en dessous des amas de *O. pes-caprae* L. (Sala et al., 2007).

D'autres effets positifs sont également reconnus et attribués au genre *Oxalis* en général et à *Oxalis pes-caprae* L. en particulier.

De nombreuses espèces du genre *Oxalis* sont comestibles. En effet les feuilles peuvent être mangées crues ou cuites comme pour *Oxalis tuberosa* et l'*Oxalis deppei*. Les tubercules de l'*Oxalis debilis*, les bulbilles et les tubercules de le *Oxalis pes-caprae* L. sont aussi consommés. L'acidité des fleurs et de la hampe florale peut remplacer le vinaigre dans les salades (Chevalier, 1940). Le genre *Oxalis* compte également de nombreuses espèces qui possèdent des vertus thérapeutiques. Elles ont, depuis longtemps, été utilisées comme remède contre la fièvre, les angines, les diarrhées ainsi que pour combattre les vers intestinaux (Chevalier, 1940).

Oxalis pes-caprae L. recèle des vertus anti- inflammatoires, analgésiques, diurétique. Elle est également utilisée contre la fièvre et contre diverses toxicités Naila et al., (2018).

Les résultats des expériences de Naila et *al.*, (2018) et Naila et *al.*, (2020) révèlent que le *Oxalis pes-caprae* L. a des propriétés antibactériennes, antifongiques et qu'elle possède aussi de nombreuses molécules bioactives, des phénols, des huiles, tannins, etc. Et enfin de nombreuses espèces du genre *Oxalis* sont aussi cultivées dans des jardins comme plantes ornementales.

PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES

1. Objectif

Dans cette étude, l'accent est mis sur une nouvelle espèce d'*Oxalis pes-caprae* L. qui est encore inconnue en Algérie et qui n'est pas répertoriée jusqu'à présent dans les flores de l'Afrique du Nord. Afin de contribuer à son identification sur différents plans, nous avons suivi la démarche suivante :

- ∞ Dans le premier chapitre de nos résultats, nous apportons des éclairages sur les différences morphologiques existantes entre les deux types d'espèce d'*Oxalis* ;
- ∞ Dans le deuxième, nous traitons et analysons les données morphométriques ;
- ∞ Dans le troisième, nous comparons quelques coupes histologiques ;
- ∞ Dans le quatrième, nous ferons ressortir l'influence climatique sur l'installation de l'*Oxalis pes-caprae* L.
- ∞ Dans le cinquième, nous mettons le point sur une étude écologique approchée par des constatations résultantes des observations ponctuelles et d'un suivi régulier sur terrain qui a duré 5 ans ;
- ∞ Dans le sixième, il sera question d'une caractérisation phytochimique qualitative ;
- ∞ Et dans le septième, nous établissons une étude socio-écologique qui permet de situer globalement le degré d'intérêt accordé par différentes catégories de citoyens aux plantes spontanées.

2. Matériels

Afin d'atteindre nos objectifs ainsi tracés, nous avons utilisé le matériel suivant.

2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est composé de deux types d'herbes spontanées. Il s'agit d'une nouvelle espèce d'*Oxalis* ainsi que de le *Oxalis pes-caprae* L. naturalisé en Algérie. Les deux, constituent des populations sauvages.

2.2. Matériel informatique

Le Logiciel SPSS (wStatistical Package for the Social Sciences) version 22 et le Tableur Excel du Microsoft Office 2016.

2.3. Matériel du terrain

Sacs en plastiques ; étiquettes ; petite bêche.

3. Méthodes

3.1. Description morphologique

La description des morphes a nécessité un support de livres qui décrivent la flore particulièrement celle de l'Algérie. À cet effet, le document de base sur lequel nous avons extrait nos descriptions était essentiellement la flore de Quezel et Santa (1962).

3.2. Traitements des mesures morphométriques

Pour cela et afin de comparer les deux formes de point de vu morphologique, nous avons déterminé les proportions des morphes échantillonnés au niveau des campus universitaires de Blida et d'Alger 1 et au niveau des terres agricoles de Cherchell. Les individus récoltés pris à l'état frais, étaient soigneusement nettoyés. Nous avons établi à l'aide d'une règle graduée des mesures métriques sur les différents organes aériens et souterrains composants le cormus des deux oxalis connu et nouvel.

Les mesures métriques ainsi que le comptage manuel des pièces florales et organes végétatifs (Tableau 2) ont permis de dresser des histogrammes élucidant les résultats de calcul des moyennes et des écarts types.

Tableau 2. Caractères des mesures biométriques

Mesures	Organes	Abréviation
Hauteur	Plante	Hplante
Longueur	Racine	R
	Tige	T
	Feuilles	LF
	Pétale	LP
	Pétiole	Lpétiole
Nombre	Bulbilles racinaires par pied	B
	Fleur par plante	FF
	Feuille par plante	F
	Sépales	S
	Etamines	E
	Pétales par plante	P
	Carpelles	C

Le traitement statistique a été réalisé par le logiciel SPSS version 22. Son interface conviviale, nous a facilité l'insertion des données et l'utilisation des requêtes. (Figure 12).

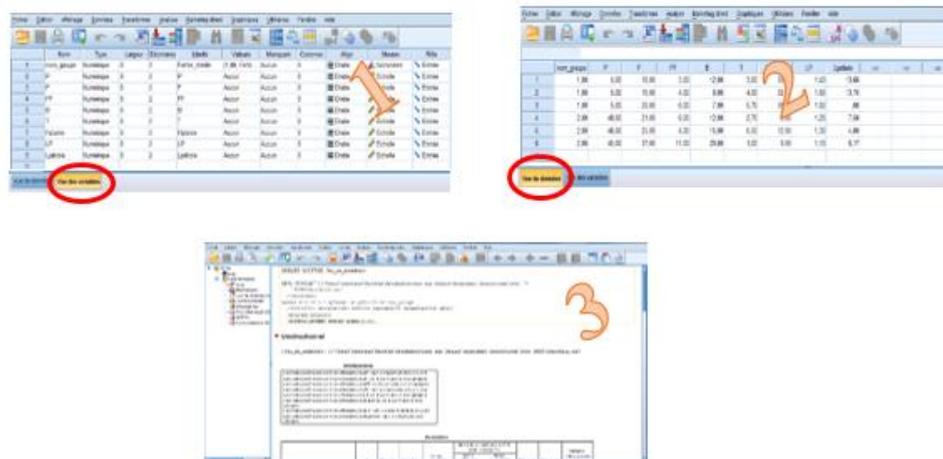


Figure 12. Principaux documents élaborés par SPSS. 1&2 : Documents d'entrée. 3 : document de sortie.

Tout d'abord, nous procédons par une première étape qui demande l'insertion des variables puis les qualifier (Figure 12. 1).

La deuxième étape est d'intégrer les données suivant le format proposé (Figure 12. 2).

Une fois l'analyse est choisie. Dans notre cas, c'est la comparaison des moyennes, nous auront le document de sorti (Figure 12. 3) dans lequel se trouve les résultats.

3.3. Analyses statistiques

L'analyse morphométrique basée sur les résultats de comparaison de variances ainsi que des moyennes de chaque paramètre pris indépendamment, a mis en surbrillance les facteurs prépondérants distinctifs existants entre les individus dans les stations d'étude.

3.4. Comparaison histologique entre les deux formes d'oxalis

Des études histologiques sur des coupes transversales établies à main levée au niveau des organes souterrains et aériens du cormus des deux formes d'oxalis ont permis de tirer les différences existantes entre les tissus qui les composent. La technique utilisée est celle de la double coloration et la mise au point a été établi grâce au microscope photonique aux grossissements 10* et 40* ainsi qu'on utilisant la loupe.

3.5. Echantillonnage

La forme stérile de l'espèce *Oxalis pes-caprae* L. n'est pas citée dans les flores de l'Algérie. Sa présence été signalée pour la première fois en 2001 à Blida par professeur Bradea. Cet auteur constate que cette espèce a les mêmes caractéristiques morphologiques décrites par Ater, (2000) au Maroc.

Encore inconnu en Algérie et étant donné que Ater (2000) et Bradea (2001 non éditée) ont trouvé la forme stérile en peuplement avec le *Oxalis pes-caprae* L. fertile, à cet effet et connaissons l'autoécologie de l'oxalis fertile qui présente un caractère franchement rudéral ; nous avons sillonné le long des routes, des clôtures, au voisinage des habitations, le long des petits cours d'eau, les champs de culture en montagnes et ceux aux bords de la mer. Ainsi dit, tout territoire occupé par l'oxalis est devenu notre cible.

Des échantillons ont été récoltés dans les endroits où nous l'avons observé (Figure 13). Dans la wilaya de Blida sud-ouest d'Alger au niveau du campus universitaire (Des espaces interstitiels correspondant aux surfaces laissées libres au niveau des allées.). Dans la wilaya de Cherchell le Nord-ouest d'Alger le long des lisières des champs de blé et à Alger centre au Nord au niveau de la faculté d'Alger 1. (Des espaces interstitiel de bitume correspondant aux surfaces laissées libres au niveau des allées et des espaces végétalisés « les carrés botaniques » et des surfaces protégées gérés d'une manière naturelle.).

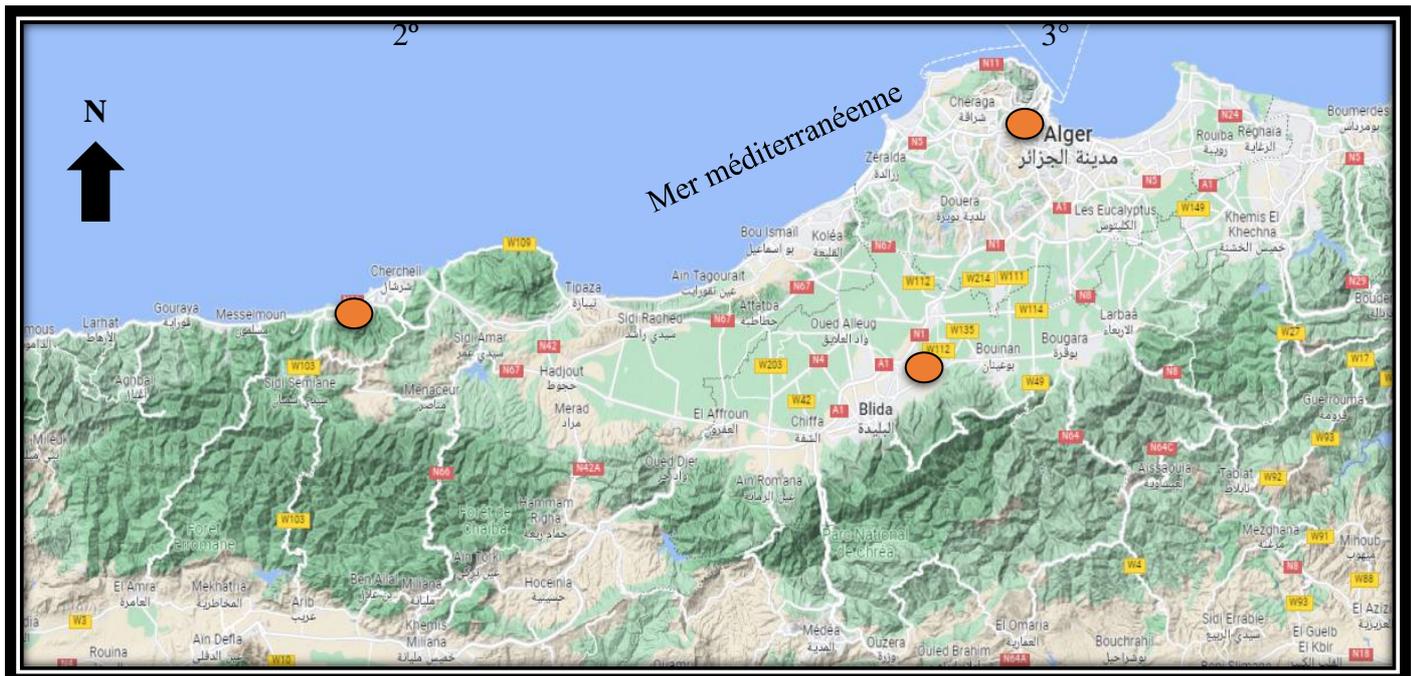


Figure 13. Localisation des stations étudiées. Formes fertiles ; Présence de formes stériles

3.6. Occupation des sols

Mise en exergue de l'emplacement au niveau des parcelles échantillonnées, la densité ainsi que la durée du cycle vital de l'oxalis stérile.

3.7. Dynamique spatio-temporelle de l'oxalis stérile

Afin d'estimer sa fréquence ainsi que son mode de propagation ponctuelle, la prospection des lieux s'est déroulée au niveau de l'université d'Alger 1. Nous avons établi des observations régulières durant 4 ans depuis 2018 jusqu'à l'année en cours 2023

sur l'ensemble des espaces végétalisés retrouvé dans le site que nous avons appelé site d'observation.

3.8. Screening Phytochimique

La détermination des différentes classes de métabolites secondaires contenues dans les deux plantes étudiées de le *Oxalis pes-caprae* L. a été effectuée par une identification préliminaire ou criblage phytochimique. Il s'agit d'une analyse qualitative basée sur des réactions de colorations et/ou de précipitation.

3.8.1. Préparation des échantillons

Les plantes sont divisées en trois parties séparées. La première partie est composée de fleurs. La deuxième partie constitue la partie aérienne verte du cormus. Elle est composée de feuilles, des pétioles ainsi que des hampes florales. Le troisième lot regroupe les éléments de la partie souterraine qui composent le rhizome (Figure 14).

L'ensemble a été mesuré à l'état frais puis séché de façon naturelle à l'abri de la lumière et de l'humidité et à température ambiante, sur un morceau de toile durant 3 semaines, afin de préserver au maximum l'intégrité des molécules.



Figure 14. Séparation des plantes en trois parties : (A) Appareils reproducteurs ; (B) Appareils végétatifs ; (C) Rhizomes.

Le matériel végétal obtenu (plantes entières séchées) a été trié puis une partie a été broyée par un mortier puis par un broyeur électrique. Le produit est tamisé à fin d'obtenir une poudre très fine pour augmenter la surface d'échange entre le solide et le solvant et faciliter l'extraction.

3.8.2. Extraction des composants solubles

L'extraction a été réalisée en utilisant un appareil extracteur de Soxhlet (Figure 15). Elle consiste à placer notre échantillon séché et broyé dans un réservoir à l'intérieur d'une cartouche en cellulose. Cette cartouche est reliée à un ballon monocaule à 200 ml contenant le méthanol comme solvant et un réfrigérant (Figure 15). Ce dernier présente un système de tube permettant la vidange du réservoir. Le solvant doit être en quantité suffisante (prendre en compte la quantité qui sera piégée dans le réservoir en cours de manipulation). A l'aide d'un chauffe-ballon, porter le solvant à ébullition. Une fois chauffé et évaporé, la vapeur de solvant chaude se déplace ensuite jusqu'au réfrigérant, où elle se refroidit et tombe sur l'échantillon dans la cartouche (Figure 15).

La chambre contenant l'échantillon se remplit lentement de solvant condensé. Une fois pleine, elle est vidée par une action de siphonnage dans le flacon de solvant. Au cours de chaque cycle, une partie des composants solubles dans le solvant est extraite. Ce cycle est répété plusieurs fois jusqu'à ce que tout l'analyte soit séparé de l'échantillon (Figure 15).

Ce mode opératoire donc a été répété 6 fois. Chaque extraction a pris 6 H de temps. Pour la poudre des parties aériennes, la poudre des fleurs et la poudre du rhizome du nouveau Oxalis ainsi que ceux de l'Oxalis connu.



Figure 15. Étapes de la séparation de l'analyte de l'échantillon à l'aide de l'extracteur de Soxhlet. Source personnelle 2023.

A : Soxhlet ; B : réfrigérant ; C : cartouche en cellulose ; D : chauffe-ballon et un ballon monocaule à 200 ml contenant le méthanol comme solvant ; E : remplissage lent de la chambre contenant l'échantillon par le solvant condensé ; F : siphonnage ; G : extrait

Une fois l'extrait prêt (Figure 16 A), il est mis dans un évaporateur rotatif qui va permettre la séparation du solvant de l'extrait brut du végétal.

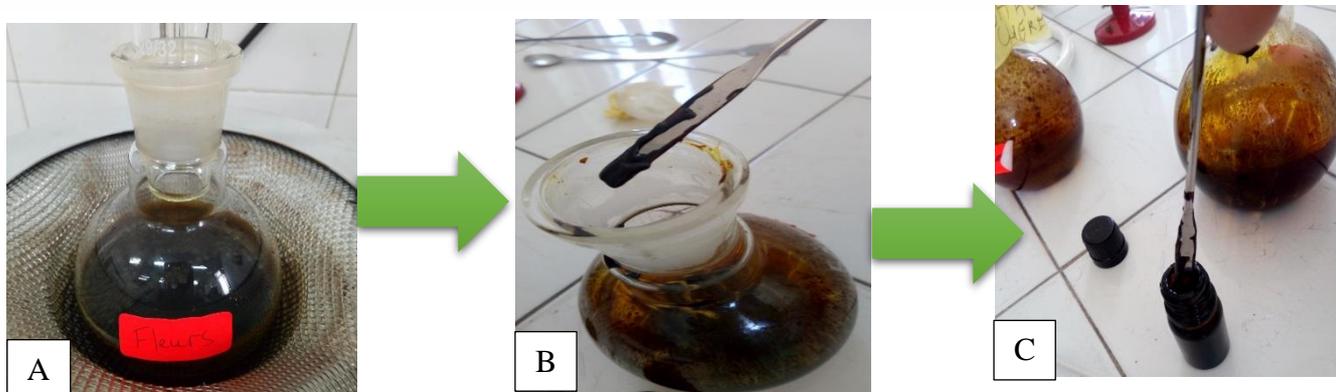


Figure 16. Récupération de l'extrait brut. (A) Extrait dans le solvant. (B) Extrait brut. (C) Extrait récupéré dans un flacon.

Les extraits bruts sont bien grattés des ballons monocaules (Figure 16 B). Puis récupérés dans des flacons en verre ambré (Figure 16 C).

3.8.3. Screening phytochimique

Selon Judd *et al.*, (2002) ainsi que Chabrier, (2010), le screening phytochimique est un moyen pratique qui permet de mettre en évidence la présence des groupes de familles chimiques dans un extrait végétal donné.

Les tests de caractérisation chimique sont basés en partie sur l'analyse qualitative. De ce fait, le principe du criblage phytochimique est basé sur soit la formation de complexes insolubles en utilisant des réactions de précipitation, soit sur la formation de complexes colorés en utilisant des réactions de coloration par des réactifs spécifiques (Lespagnol, 1975 ; Paris & Moyse, 1976 ; Harlay *et al.*, 2004).

3.8.3.1. Recherche des composés phénoliques

L'extrait (50 mg) est dissous dans de l'eau distillée et à cette solution, 3 ml d'acétate de plomb à 10% sont ajoutés. Un précipité blanc volumineux indique la présence de composés phénoliques (Mace, 1963).

3.8.3.2. Caractérisation des tanins

La présence des tannins est mise en évidence en ajoutant à 1 ml d'extrait, 1 ml d'eau distillée et 1 à 2 gouttes de solution de FeCl_3 diluée à 1 %. L'apparition d'une coloration vert foncé indique la présence des tanins catéchiqes. L'apparition d'une coloration bleu-vert indique la présence des tanins galliques (Bentabet Lasgaa, 2015).

3.8.3.3. Recherche des alcaloïdes

Quelques gouttes de réactif de Wagner sont ajoutées à quelques millilitres d'extrait végétal le long des côtés du tube à essai. Un précipité brun rougeâtre confirme que le test est positif (Wagner, 1993).

3.8.3.4. Recherche des saponines

L'extrait (50 mg) est dilué avec de l'eau distillée et complété à 20 ml. La suspension est agitée dans un cylindre gradué pendant 15 minutes. Une couche de mousse de 2 cm indique la présence de saponines (Kokate, 1999).

3.8.3.5. Caractérisation des anthocyanes

L'extrait de la plante 2mL. Ajouter 2mL 2N HCl et quelques gouttes d'ammoniac.

La coloration rose- rouge indique la présence des anthocyanes. Cette couleur vire en bleu-violet après addition de l'ammoniac (Harlay *et al.*, 2004).

3.8.3.6. Quinones

Quinones libres :

2g de poudre humectée par 2ml de Hcl dans 20 ml de chloroforme sont laissés pendant 3H puis filtrés. Le filtrat est agité avec 5 ml d'ammoniaque. La réaction donne une coloration rouge (Harlay *et al.*, 2004).

Quinones combines :

2g de poudre additionnée à 5 ml d'acide sulfurique est portée à reflux pendant 2H. La solution extractive est filtrée puis épuisée par 20ml de chloroforme. Cette solution est évaporée à sec puis épuisée par l'ammonique (Harlay *et al.*, 2004).

3.8.3.7. Recherche de stérols et tri terpène

À 2ml de chaque extrait, 1ml d'acide sulfurique concentré est ajoutée. Le chloroforme a été ajouté le long de côtes de tube à essai. Les tube à essai ont été bien agités. Après un repos. L'apparition de couleur rouge dans la couche supérieure a montré la présence de stérol et l'apparition de couleur jaune dans couche inférieure a indiqué la présence de triterpénoides.

PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE 1 : ÉTUDE MORPHOLOGIQUE

1. Description et comparaison morphologique entre les deux formes de l'*oxalis pes-caprae* L.

1.1. Corolle :

1.1.1. Symétrie des pièces

Les deux espèces présentent une symétrie radiale. Elles sont les deux actinomorphes régulières

1.1.2. Type de corolle

Le *oxalis pes-caprae* L. citée dans la flore de Quezel et Santa (Figure 17 A) présente Cinq gamopétales soudées à la base jusqu'à l'extrémité où elles sont légèrement séparées. Par contre, la nouvelle variété (Figure 17 B) présente des dialypétales soudées uniquement à la base et bien séparées à la sortie du point d'insertion.

A

B



Figure 17 : Fleurs de l'*oxalis*. A : fertile. B : stérile. Source : originale

1.1.3. Taille des pétales

La longueur des pétales de l'oxalis *pes-caprae* sauvage est totalement différente à celle de la variété stérile. Chez la forme connue, la taille des pétales est identique (Figure 17). Par contre chez la nouvelle espèce, la longueur des pétales varie suivant l'organisation des pétales d'un verticille d'insertion à un autre (Figure 18).

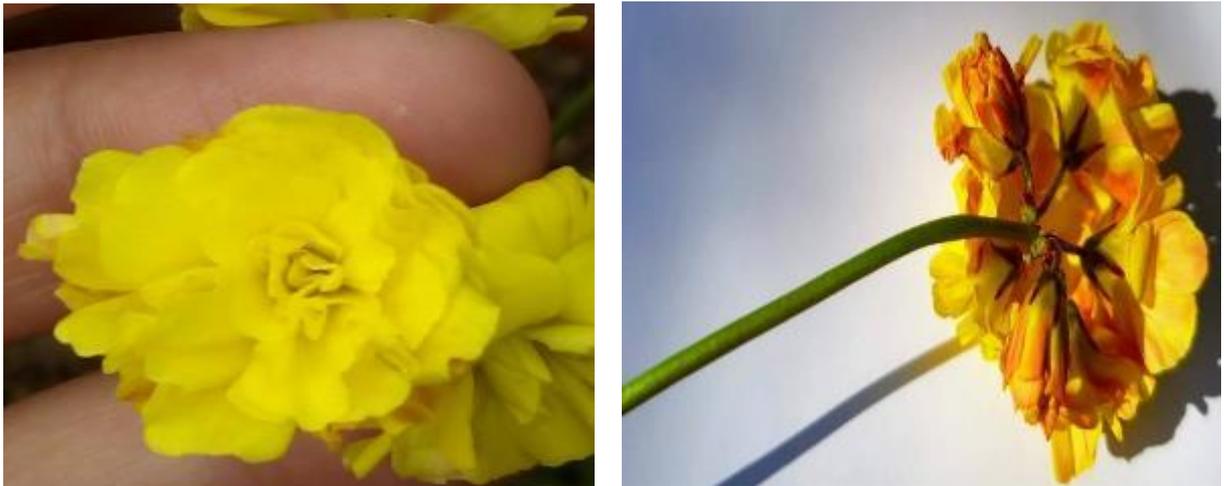


Figure 18. Fleurs de l'Oxalis stérile. A gauche : des pétales surnuméraires de l'Oxalis stérile. Source : originale

La forme stérile ayant des pétales surnuméraires, montre une réduction tangible de la taille de ses pétales qui suivent une organisation d'insertion identique sur l'extrémité supérieure du pédoncule floral. Les plus grands pétales s'insèrent au niveau du premier cycle extérieur. Vient après, une série de cycles allant de l'extérieur vers l'intérieur où s'insèrent les pétales des plus grands aux plus petits. Jusqu'à arriver aux plus petits fixés au niveau du dernier cycle situé à l'intérieur de la fleur.

1.2. Calice :

Les deux formes d'oxalis *pes-caprae* L. présentent des gamosépales acuminés soudés à la base.

1.3.Périanthe :

L'ensemble des pièces stériles de le *oxalis pes-caprae* L. (Figure 17 : A) est pubescent. La nouvelle forme est pubescente et montre un aspect nettement velu au niveau des sépales et les pédoncules floraux. Nos observations ont abouti également à mettre le point sur la taille et l'épaisseur des organes composants le périanthe. (Figure 19).



Figure 19. Boutons floraux chez l'oxalis stérile. Source : originale 2022.

Les boutons floraux, sont plus grands chez l'oxalis stérile par rapport à ceux de la fleur fertile qui sont plus petits.

Les pédoncules floraux ainsi que la hampe florale sont plus épais chez l'oxalis stérile par rapport à ceux de la fleur fertile.

1.4.Organes reproducteurs :

Présence d'un Androcée et d'un Gynécée sur un même individu de le *oxalis pes-caprae* L. ce qui lui confère l'aspect complet et hermaphrodite. La nouvelle variété par contre, est dépourvue de pièces reproductrices. Elle est à cet effet, stérile.

1.5.Pentamérie

La pentamérie est bien traduite par le nombre de sépales chez les deux oxalis fertile et stérile. Néanmoins, l'organisation florale des pétales de la forme stérile diffère de la

forme fertile courante qui est généralement en nombre de cinq. La nouvelle variété possède des pétales surnuméraires à de tailles variables et en très grand nombre (**Annexe 6**). Ces fleurs staminaires appelées également fleurs doubles montrent un nombre de pétale variant entre 39 à 48. Ces nombres ne constituent pas une borne fixe. Nous pouvons peut-être trouver moins ou plus en fonction du nombre des observations effectuées.

1.6.Pigmentation

Le périanthe de la forme fertile est pigmenté de manière uniforme. Les pétales sont colorés en jaune vif et les sépales en vert. Chez la forme stérile, les pétales sont de couleur jaune et présentent des taches orangées. (Figure 17 ;18 ; 19).

Concernant la pigmentation des sépales, nous assistons à une coloration vert foncé avec une couleur pourpre au niveau des pointes (Figure 20).

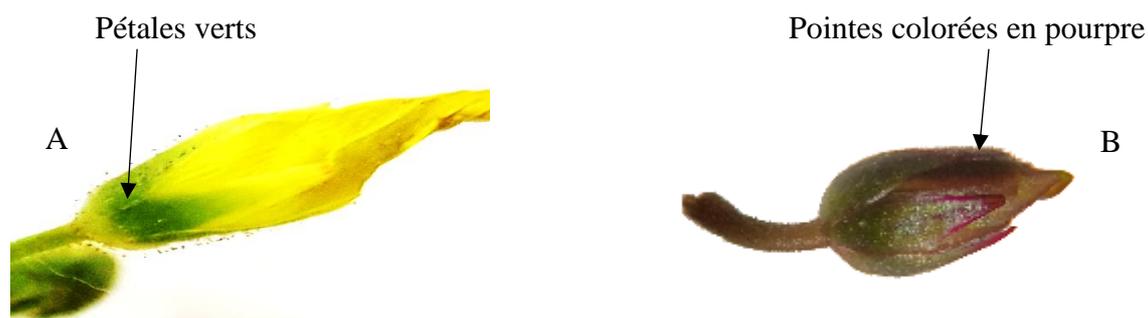


Figure 20. à gauche sépales verts la forme fertile. A droite pointes des sépales pigmentés en pourpre de la forme stérile. Photos prises sous loupe. Source : originale 2022.

1.7.Inflorescence

L'inflorescence de l'oxalis fertile est une ombelle composée de 2 à 14 fleurs par pédoncule floral (Figure 19). Où, une ou deux boutons floraux s'ouvrent dans une Inflorescence.

Le nombre des fleurs chez l'oxalis stérile par contre, oscille entre 4 à 7 fleurs. Chez l'oxalis stérile l'inflorescence est également une ombelle. Elle est composée d'après nos constatations de 2 à 10 fleurs par pédoncule floral (Figure 18 ; 19). Une ou l'ensemble des boutons floraux s'ouvre dans une Inflorescence (Figure 21).

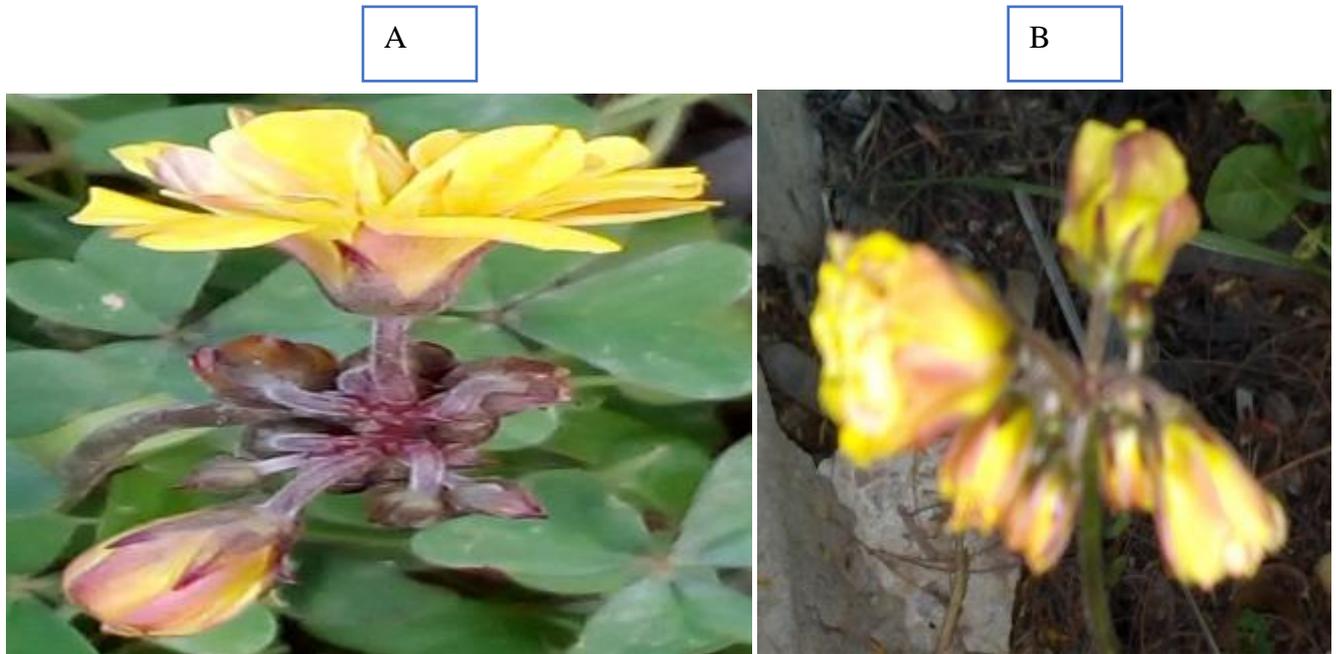


Figure 21. (A) Ecllosion (B) Nastie des fleurs de l'inflorescence de l'oxalis stérile. Source : originale 2022.

1.8.Nyctinastie

À l'ombre, les fleurs de la forme fertile s'enroulent en fuseau torsadé. Par contre, nous avons constaté que les nasties des fleurs ouvertes de la forme stérile à l'ombre sont orientées plutôt vers une fermeture légère des pétales et une inclinaison du pédoncule floral vers le bas (Figure 21 B). Cette photo était prise à 20H à la Faculté centrale.

1.9.Les feuilles

Les feuilles de la forme fertile présentent des taches pourpres qui tapissent le limbe composé (Figure 22). Celles de la forme stérile sont par contre concentrées au niveau du centre et de la base du pétiole.

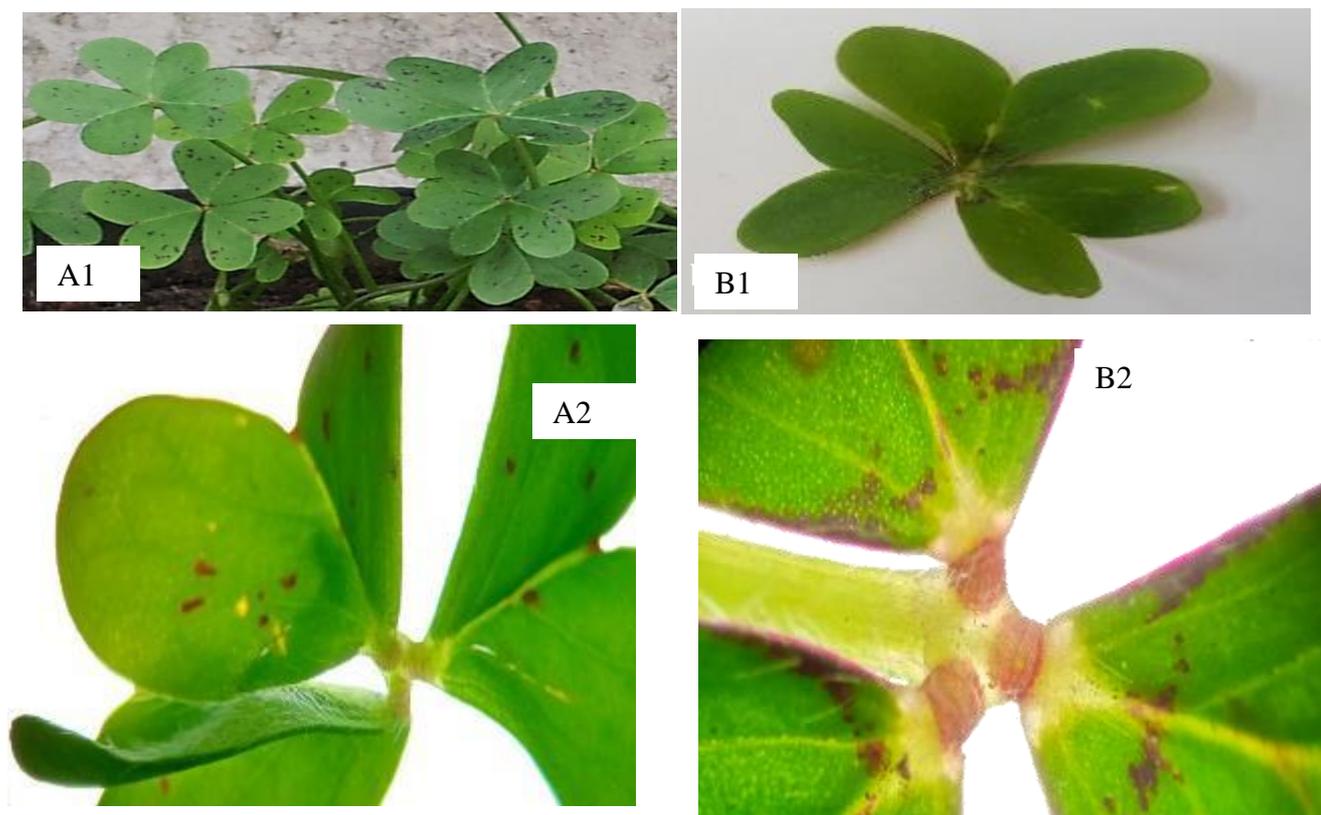


Figure 22. A1 ; A2) taches pourpres tapissant le limbe de la feuille d'oxalis fertile. B1 ; B2) taches pourpres au niveau du centre du limbe de la feuille de l'oxalis stérile. Source : originale 2022

Une particularité morphologique (Figure 23) que nous avons observé sur les feuilles de l'*Oxalis pes-caprae* L. est la présence de taches pourpres sur la partie supérieure de la feuille, leur présence et fréquence sont variables. Aucune indication n'apparaît sur les raisons d'apparition de ces tâches dans la littérature.

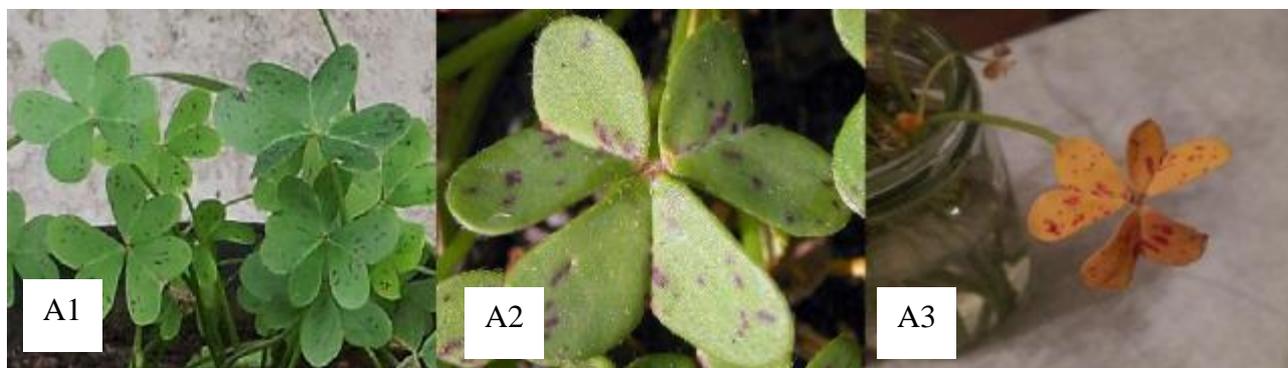


Figure 23. A1 et A2 : feuilles vivantes de couleur verte d’*Oxalis pes-caprae* L. fertile. A3 : Les tâches pourpres sur feuille jaunâtre (en fin de cycle) pour une meilleure visibilité. Source : originale 2022.

1.10. Le rhizome :

L’observation du rhizome de la forme fertile montre que l’insertion des pétioles se fait au niveau d’un nœud ce qui donne l’allure d’une ombelle. (Figure 24 A.)

Du rhizome de la forme stérile par contre, nous avons constaté l’existence de trois types d’insertion du pétiole.

La première étant homologue à celle de la forme fertile (Figure 24 B1).

Le deuxième type d’insertion (Figure 24 B2), les pétioles se fixent à la base aux deux nœuds adjacents et du même côté.

Le troisième type d’insertion (Figure 24 B3 ; B4) les pétioles se fixent à la base aux deux ou trois nœuds situés de part et d’autre de la tige. Formant ainsi deux ou trois houppettes. Il est à souligner que les nombres de nœuds présentés dans nos résultats est fonction de nombre d’observations.



A



B1



B2



B3



B4

Figure 24. Les différents types d'insertion des pétioles au niveau du rhizome.
Source : originale 2022.

Cette étude comparative à permis de faire ressortir les différences morphologiques entre les deux types d'Oxalis. Ces résultats sont synthétisés dans le tableau (Tab.3) suivant :

Tableau 3 : Différences morphologiques entre les deux types d'Oxalis

O. Forme connue	O. Nouvelle forme
<ul style="list-style-type: none"> 1- Gamopétales soudées entres eux à la base 2- Extrémité supérieur sont légèrement séparées 3- Un seul verticille 4- Taille des pétales identique 5- Pièces stériles pubescentes 6- Pétiole creux 7- Boutons floraux en fuseaux torsadés de taille réduite. 8- Pédoncule creux et fin. 9- Contient un appareil reproducteur 10- Pentamère 11- Pétales à pigmentation jaune vif 12- Sépales à pigmentation verte 13- Taches pourpres tapissent le limbe composé 14- Un seul nœud d'insertion des terminaisons pétiolaires 	<ul style="list-style-type: none"> 1- Dialypétales 2- Séparées depuis la sortie du point d'insertion. 3- Plusieurs verticilles 4- Longueur des pétales varie 5- Plus velu 6- Pétiole rigide et plus épais 7- Boutons floraux en boules et de grandes de tailles. 8- Pédoncule rigide et épais 9- Exempt d'un appareil reproducteur 10- Fleur staminaires 11- Pétales à pigmentation jaune avec taches orangées. 12- Sépales à pigmentation pourpre 13- Taches pourpres au niveau du limbe composé concentrées vers le centre à la base du pétiole. 14- Un seul ou plusieurs nœuds d'insertion des terminaisons pétiolaires

2. DISCUSSION

L'aire de répartition de *Oxalis pes-caprae* L. exprime un aspect rudéral par excellence du fait de le rencontrer généralement le long des routes, des clôtures, au voisinage des habitations et le long des petits cours d'eau (Vilà et al. 2006). Cette espèce a été introduite comme plante ornementale dans plusieurs régions du monde où elle est souvent devenue une mauvaise herbe envahissante (Mack, et al. 2000). Ses lieux de prédilection sont les terres agricoles et les terrains dégradés (Ducellier, 1914) ; (Vitousek, et al. 1997) ; (Gebregziabher, 2004) ; (Traveset, et al. 2008) et (Verdaguer et al. 2010).

Sa nouvelle forme stérile qui a été identifiée d'abord au Maroc par Ater 2000, l'accompagne mais pas dans l'ensemble des territoires qu'elle occupe. Cette discrète distribution renseigne sur une récente installation.

Très grandes sont les différences observées dans la morphologie florale et du cormus. La nouvelle espèce d'*Oxalis* a montré selon nous plusieurs aspects de résistance qui ne sont pas négligeables.

Commençons par la pubescence nettement importante par rapport à l'*Oxalis* sauvage. Cette couche qui donne une texture poilue tapissant tous les tissus de revêtements épidermique et pilifère renseigne sur une protection globale du végétal en question contre les nuisances de l'environnement.

L'épaisseur visible de l'ensemble des organes aériens nettement supérieur à celle de l'*Oxalis* sauvage oriente nos réflexions vers une stratégie de ténacité adoptée par cette plante pour se maintenir en vie.

Le nombre de feuilles et de bulbilles important par rapport à l'*Oxalis* sauvage, attire notre attention sur les taux d'énergie consommés et produits par les activités photosynthétiques ainsi qu'aux taux de reproduction végétatif possible.

Cela amène à se poser la question, cet *Oxalis* mutant est-il par le développement de sa morphologie florale et celle de son cormus entrain de compenser sa stérilité ? et si c'est le cas, sommes-nous en face d'une nouvelle espèce invasive ?

Cette nette distinction morphologique entre les deux formes d'oxalis laisse à suggérer également qu'il y a eu des modifications de certains gènes au cours de l'évolution de l'oxalis sauvage. Cette analyse reste hypothétique et nécessite une investigation dans le domaine de la génétique moléculaire.

Cependant, de point de vue écologique, plusieurs sont les auteurs qui ont apprécié les différenciations locales de la flore méditerranéenne de par sa position de transition entre les grands domaines biogéographiques holarctiques tempérés et tropicaux, elle peut être considérée comme une « zone de tension » Raven (1964), où les processus d'hybridation et de spéciation sont encore intenses par rapport à des régions plus homogènes septentrionales ou méridionales (Thompson, 2005).

Citons également Médail et *al.* (2006) et Médail et *al.* (2009) qui relient cette diversification aux espèces ancestrales outre des espèces autochtones, qui comportent des éléments de différentes origines biogéographiques. Notamment ceux qui correspondent à la région euro-sibérienne, Saharo-arabe, Irano-touranienne et Afro-tropicale. Ainsi qu'aux multiples migrations de végétaux avec des processus de polyploïdisation et d'introgession répétées.

Le processus d'introgession suppose un transfert de gène d'une espèce au pool génétique d'une autre espèce après une hybridation suivie de rétrocroisement répétés avec l'une des espèces parentes Novak et *al.* 2005). Il est à souligner à cet effet que, nous concernons, cette possibilité est rejetée étant donné la stérilité de la nouvelle forme d'oxalis qui se multiplie uniquement par voie végétative.

La fleur double est un phénotype considéré comme une anomalie florale caractérisant l'espèce mutante. (Bendahmane, 2015).

Chez la plante *Arabidopsis thaliana*, la mutation est due au gène AGAMUS. Ce gène détermine l'identité des étamines et des carpelles. La mutation « perte de fonction » de ce gène conduit à la transformation des étamines en pétales et à la réitération d'un nouveau programme floral au centre du méristème. (Bendahmane, 2013).

Chez *l'oxalis pes-caprae*, aucune étude n'est réalisée sur ce phénomène. Le mécanisme à l'origine de cette altération du patron d'expression d'AGAMOUS est toujours non

connu. On se pose la question, un mécanisme commun est-il en œuvre chez toutes les espèces pour déclencher le doublement du nombre de pétales ?

Les oxalis mutants de Blida sont plus grands et plus nombreux par rapport aux oxalis mutants des autres stations. Ceci peut être expliqué par le fait que leur première apparition date de 2001, cela leur a conféré cette aptitude de bien se développer et prospérer durant la période de leur installation qui est estimée de 21 ans.

Au cours de ces années, il se pourrait que l'oxalis stérile ait pu développer une certaine acclimatation au milieu. Et de ce fait, sa propagation est issue des reproductions asexuées de l'oxalis fertile et stérile au même temps.

Si l'on considère cette espèce comme mutante, l'origine de sa transformation serait essentiellement spontanée naît au cours de la division cellulaire ou alors la désintégration chimique d'une lettre ou des erreurs au cours de la répartition des chromosomes, soit causée par le biais d'influences externes nocives des facteurs mutagènes. Dans ce cas, le facteur sur lequel nous pouvons pencher c'est l'influence de certains types de rayonnements comme les rayons UV ou les rayons X.

L'impact de ce facteur climatique était clairement élucidé par les chercheurs qui ont pu démontrer l'effet des rayons UV sur l'ADN qui peut être endommagé, favorisant ainsi l'apparition des mutants (Ikehata, 2011).

La mutagenèse est un processus naturel qui s'inscrit sur de long terme. Les organismes vivants sont soumis dans la nature à des rayons UV ou à la radioactivité, ce qui provoque des mutations aléatoires.

Actuellement et d'après Munehisa (2021), des informations limitées sont disponibles sur les mutations induites par les UV chez les plantes.

La taille et le nombre des bulbilles produites varient selon les conditions du milieu. Ils sont principalement fonction de la disponibilité de l'eau et des éléments nutritifs (Ducellier, 1914).

Les expériences de Verdager et *al.*, (2010) démontrent que les bulbilles de petites tailles possèdent les mêmes aptitudes que les grandes et leur émergence n'avait aucun lien avec

la taille de la bulbille mère. Par contre, elles seraient plus sensibles et plus influencées par les changements de leur environnement. La production de bulbilles de petite taille serait une stratégie de la plante pour assurer sa pérennité avec une moindre allocation des ressources. (Verdager et *al.*, 2010).

Malgré une production d'un nombre élevé de bulbilles, ces dernières ne sont pas toutes viables et/ou ne germent pas.

Lorsque les conditions sont favorables, Ducellier (1914) recense environ 20 bulbilles par plants alors que dans les travaux de Verdager et *al.*, (2010) et Vilà et *al.*, (2006) il est recensé une trentaine de bulbilles par plant. Le nombre de bulbilles produites est aussi influencé par les facteurs environnementaux tels que les variations saisonnières, la compétition intraspécifique et la prédation (Vilà et *al.*, 2006).

D'autres formes de résistance existent aussi chez *Oxalis pes-caprae* L. comme la production de bulbilles aériennes par la transformation des bourgeons à l'aisselle des feuilles. Ainsi que le développement des bourgeons sur le rhizome et/ou sur le tubercule suite à une rupture engendrée par les machines agricoles entre le rhizome et la bulbille mère et/ou entre le tubercule et la bulbille mère (Ducellier, 1914).

3. CONCLUSION

L'*oxalis pes-caprae* L. est une herbacée envahissante introduite au niveau du bassin méditerranéen depuis environ 300 ans. En 2001, son développement s'est exprimé en une autre forme morphologique. Cette nouvelle allure n'est pas citée dans les flores de l'Afrique du Nord. Ainsi, nous avons tenté de décrire sa morphologie et la comparer avec l'*oxalis* connu.

Cette espèce n'est pas fréquente. Le nombre d'individus est considérablement discret, néanmoins nous avons pu faire ressortir de très grandes différences sur le plan morphologique de la fleur et du cormus entre les deux formes d'*oxalis* étudiées. Cette nette distinction, suggère qu'il y a eu des modifications de certains gènes au cours de l'évolution. Cette analyse reste hypothétique et nécessiterait une investigation dans le domaine de la génétique moléculaire.

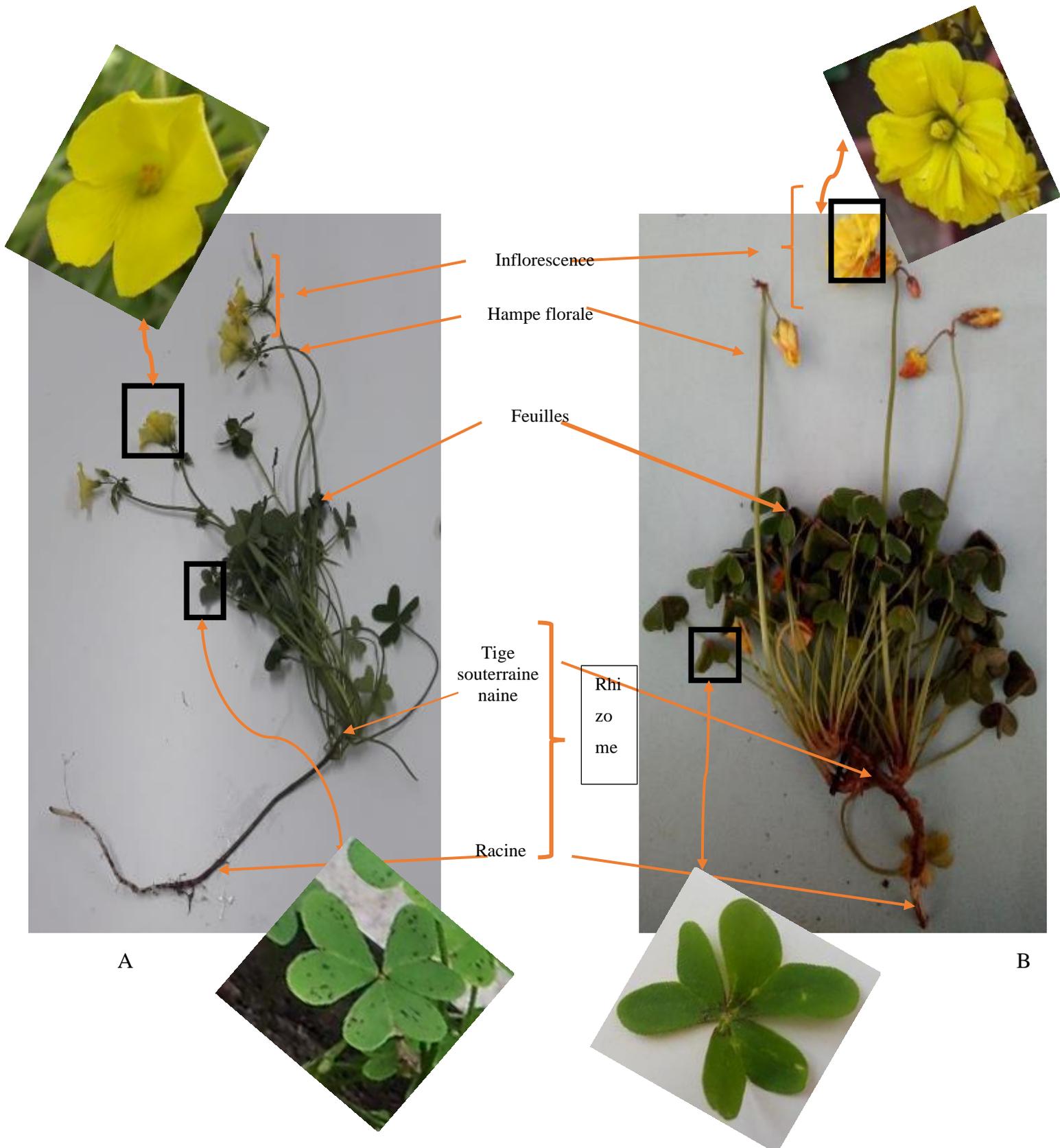


Figure 25 Présentation de la morphologie générale des deux plantes d'oxalis. A : Forme fertile. B : forme stérile

CHAPITRE 2 : Statistiques descriptives

1. Analyse des traitements statistiques des mesures morphométriques :

Afin de tirer les différences morphologiques entre les deux types d'Oxalis, nous avons effectué des tests statistiques de comparaison spécifiques aux petits échantillons. Le test de comparaison de plusieurs variances Test de "LEVENE" ; le test de comparaison de deux moyennes "Test T" et le test de comparaison de plusieurs moyennes "ANOVA".

Ces deux derniers tests nécessitent l'application d'un test d'homogénéité des variances "Test F" car, l'égalité des variances dans les populations étudiées devant être vérifiée. Pour ce faire, nous avons procédé aux traitements statistiques des mesures morphométriques grâce au logiciel SPSS version 22 et le Microsoft Excel 2016.

Ces outils hautement recommandés dans les traitements des données, nous ont servi à faire ressortir par le biais des matrices et les représentations graphiques élaborées, des résultats pointilleux et bien sélectifs.

1.1.Comparaison de plusieurs variances

Dans le but de faire ressortir un sens aux mesures morphométriques établies sur les différents organes des deux types d'Oxalis, nous avons assujetti ces données au test statistique de Comparaison de plusieurs variances de LEVENE.

Ce test suppose au départ que les deux espèces stérile et fertile n'expriment pas une différence entre leurs variances ; elles sont supposées appartenir à la même population. Ce qui est traduit suivant Schwartz, (1963) et Bouyer, (1996) par l'hypothèse nulle. Le risque d'erreur étant fixé à $\alpha = 5 \%$.

Sur cette base, nous avons traité dans chaque site pris séparément, les mêmes paramètres qui sont de nombre de 8. Le tableau ci-après (Tab.4), synthétise nos résultats.

Tableau 4. Test d'homogénéité des variances entre les deux types d'Oxalis dans les trois stations Alger, Blida et Cherrhell prises isolément.

Test d'homogénéité des variances Station "A"			Test d'homogénéité des variances Station "B"			Test d'homogénéité des variances Station "C"		
Paramètres	Statistique de Levene	Signification	Paramètres	Statistique de Levene	Signification	Paramètres	Statistique de Levene	Signification
P	7,692	,050	P	16,000	,016	P	7,692	,050
F	1,278	,321	F	,522	,510	F	2,571	,184
FF	2,579	,184	FF	,400	,561	FF	,400	,561
B	,492	,522	B	,000	1,000	B	,000	1,000
T	,757	,433	T	,139	,728	T	,781	,427
Hplante	,093	,776	Hplante	,168	,703	Hplante	,051	,833
LP	,308	,609	LP	,308	,609	LP	2,571	,184
Lpétiole	9,095	,039	Lpétiole	,074	,799	Lpétiole	2,909	,163

P = Pétales ; F= Feuilles ; FF= Fleurs ; B= Bulbilles ; T= Tige ; Hplante = Hauteur des plantes ; Lp = Longueur des pétales ; Lpétiole = longueur du pétiole.

Selon le test de LEVENE, il s'avère que parmi les 8 variables, Six présentent des variances qui ne sont pas différentes significativement à savoir F ; FF ; B ; T ; Hplante et LP. Ce qui révèle l'appartenance de l'Oxalis stérile et fertile à la même population. Ce résultat confirme que l'hypothèse nulle est vérifiée.

Concernant les deux autres paramètres, Pétale (P) et longueur de pétiole (Lpétiole) le test fait ressortir au niveau de la station A (Alger 1) que les variances des deux types d'Oxalis sont différentes significativement. Ceci renseigne sur leur appartenance probable à des populations différentes.

Ce même résultat est obtenu dans les autres stations néanmoins, il n'ait vérifiable que pour le paramètre (P).

Ces résultats sont intéressants car, ils ont fait ressortir une probabilité d'une naissance d'une nouvelle espèce d'Oxalis. Cependant, ils restent à vérifier et ce, en augmentant le nombre de stations ainsi que le nombre d'échantillon pour d'éventuelle confirmation de nos propos.

Ces portées ont suscité notre curiosité de savoir plus sur l'oxalis stérile et nous nous sommes interrogés sur la probabilité de retrouver des différences significatives entre les individus de l'Oxalis stérile : *S'agit-il d'une même espèce stérile dans les 3 stations ou bien d'espèces différentes ?*

Pour répondre à cette question, nous avons traité les mêmes paramètres qui sont de nombre de 8 dans les 3 sites confondus, Le tableau ci-après, synthétise nos résultats.

Tableau 5. Test d'homogénéité des variances de l'Oxalis stérile dans les trois stations Alger, Blida et Cherchel confondues

Paramètres	Statistique de Levene	Signification
P	1,333	,332
F	2,443	,167
FF	4,986	,053
B	4,610	,061
T	4,473	,065
Hplante	1,418	,313
LP	,516	,621
Lpétiole	1,426	,311

De ces résultats représentés dans le tableau 5, Il en ressort que l'ensemble des variables montre des variances qui ne sont pas significativement différentes. Ceci, renseigne bien sur l'appartenance de l'Oxalis stérile à la même population (définie statistiquement). Ce résultat confirme que l'hypothèse nulle est retenue. De là, nous pouvons penser qu'il s'agit de la même espèce dans les 3 sites échantillonnés.

1.2.Comparaison de moyennes

La comparaison des moyennes est évaluée en deux temps. La première étant au sein d'une même station entre les deux formes d'Oxalis pour chaque paramètre choisi. Test utilisé dans ce cas est le Test de STUDENT de comparaison de moyennes (cas des petits échantillons).

Ce test suppose au départ l'égalité des moyennes des paramètres testés chez les deux espèces fertile et stérile (c'est ce qu'on appelle l'hypothèse nulle) (Bouyer, 1996).

La seconde, concerne seulement l'espèce stérile. Il s'agit de comparer 3 moyennes de chaque paramètre dans les trois stations d'études Alger-Blida-Cherchell. Dans ce cas, le test utilisé c'est le test ANOVA.

Ce test suppose au départ l'égalité des 3 moyennes des paramètres testés dans les 3 stations (c'est l'hypothèse nulle).

Le risque d'erreur est fixé à $\alpha = 5\%$ pour tous les tests utilisés.

Ainsi, nous aurons cette partie détaillée dans les sous-titres suivants.

1.2.1. Nombre de pièce du périanthe

La figure (26), montre que les moyennes des nombres de sépales sont identiques chez les deux types d'Oxalis. La différence par contre est identifiée dans les moyennes des nombres de pétales.

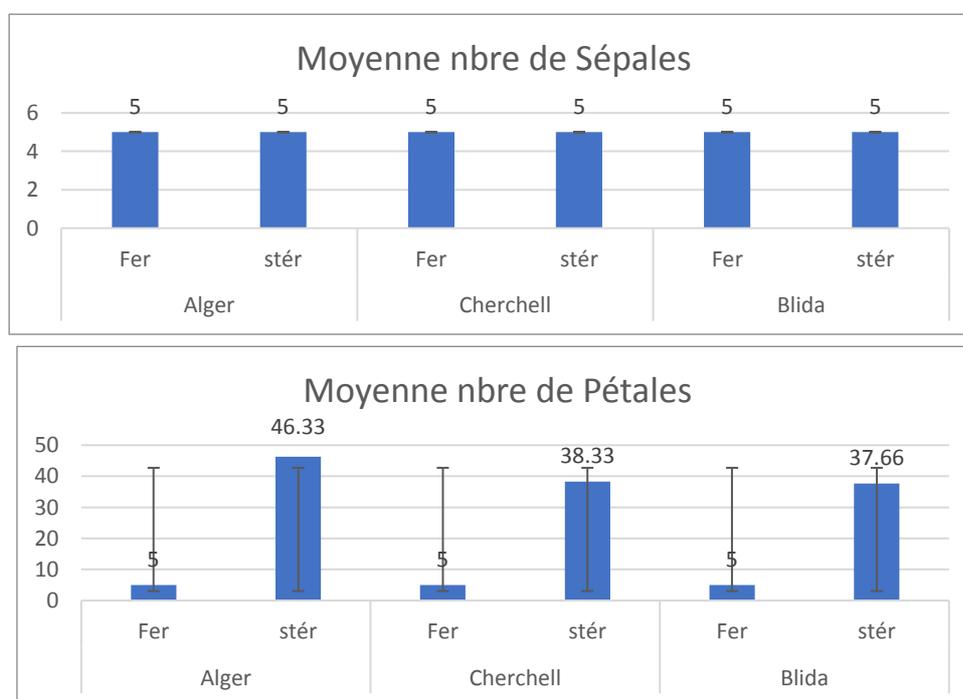


Figure 26. Illustration des nombres moyens des pétales et des sépales chez les deux types d'oxalis.

La comparaison de moyennes relative à la variable "P" montre un écart important entre les deux types d'Oxalis. Dans les trois stations prises isolément, le test ANOVA donne pour cette variable une signification de 0.000. Ce résultat est traduit par une différence hautement significative.

Effectivement, l'oxalis fertile est pentamère. Il est composé de 5 pétales et de 5 sépales. Par contre chez l'oxalis stérile, la pentamérie est tronquée. Nous assistons à un nombre de sépale qui est de 5 avec un nombre de pétale variant entre 35 jusqu'à 45 des échantillons récoltés.

Ce test est repris pour vérifier les différences entre les individus de l'Oxalis stérile dans les trois sites échantillonnés. Le résultat graphique montre une légère différence entre les moyennes calculées de cette variable. Nous avons, 37.66 dans la station de Blida, 38.33 dans la station de Cherchell et une moyenne de 46.33 dans la station d'Alger assez différente des autres. L'application du test ANOVA ressort une signification de 0.000 pour cette variable. Ceci informe que la différence est hautement significative entre les trois stations.

Il est a soulevé que ce que nous exposons comme chiffres concernent uniquement les sites échantillonnés. Ce paramètre étant très variable, change d'une fleur à une autre sur une même hampe.

Cette très grande différence de la morphologie florale suggère qu'il y a eu des modifications de certains gènes au cours de l'évolution. La fleur double est un phénotype considéré comme une anomalie florale caractérisant l'espèce mutante.

1.2.2. Longueur des pétales

Le graphique ci-dessous (Figure 27), montre une variation des moyennes de mesure des longueurs de pétales entre l'Oxalis fertile et stérile dans chaque station.

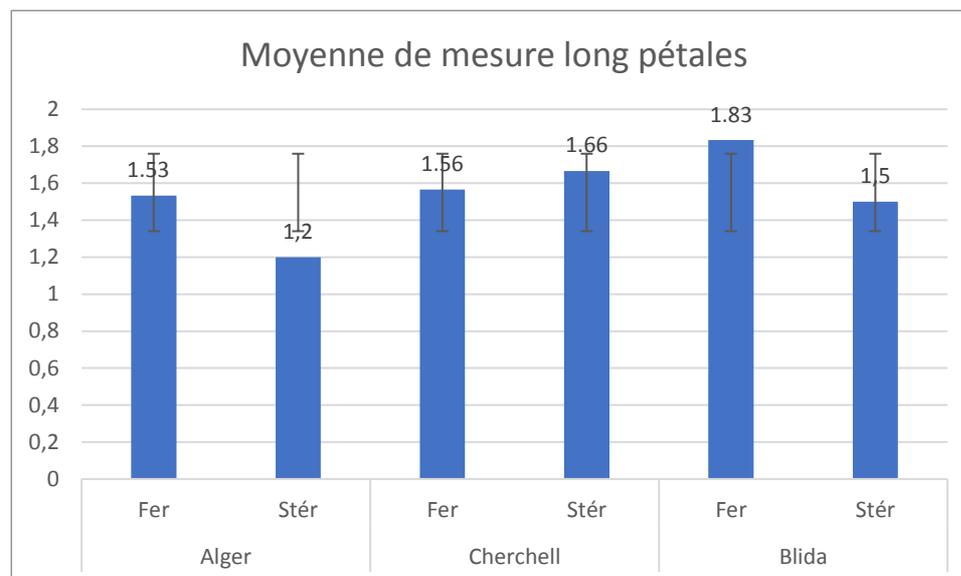


Figure 27. Illustration des moyennes des mesures des longueurs des pétales.

Cependant, les tests établis pour cette variable donnent une valeur de 0.19 dans la station d'Alger et de Blida. Une valeur de 0.349 dans la station de Cherchell. Ces valeurs renseignent sur des différences non significatives entre les deux types d'Oxalis pour cette variable dans chaque station prise isolément.

Si l'on suit la présentation graphique de l'Oxalis stérile dans les trois stations, nous verrons les moyennes de 1.2 à Alger, 1.66 à Cherchell et 1.5 à Blida. Cette différence est exprimée par un degré de signification estimé à 0.009. À cet effet, la différence est hautement significative pour cette variable.

1.2.3. Nombre des organes reproducteurs :

Le nombre d'étamines et de carpelles étant nul chez la nouvelle plante d'oxalis cela traduit qu'elle est exempte d'organes reproducteurs d'où sa stérilité (Figure 28).

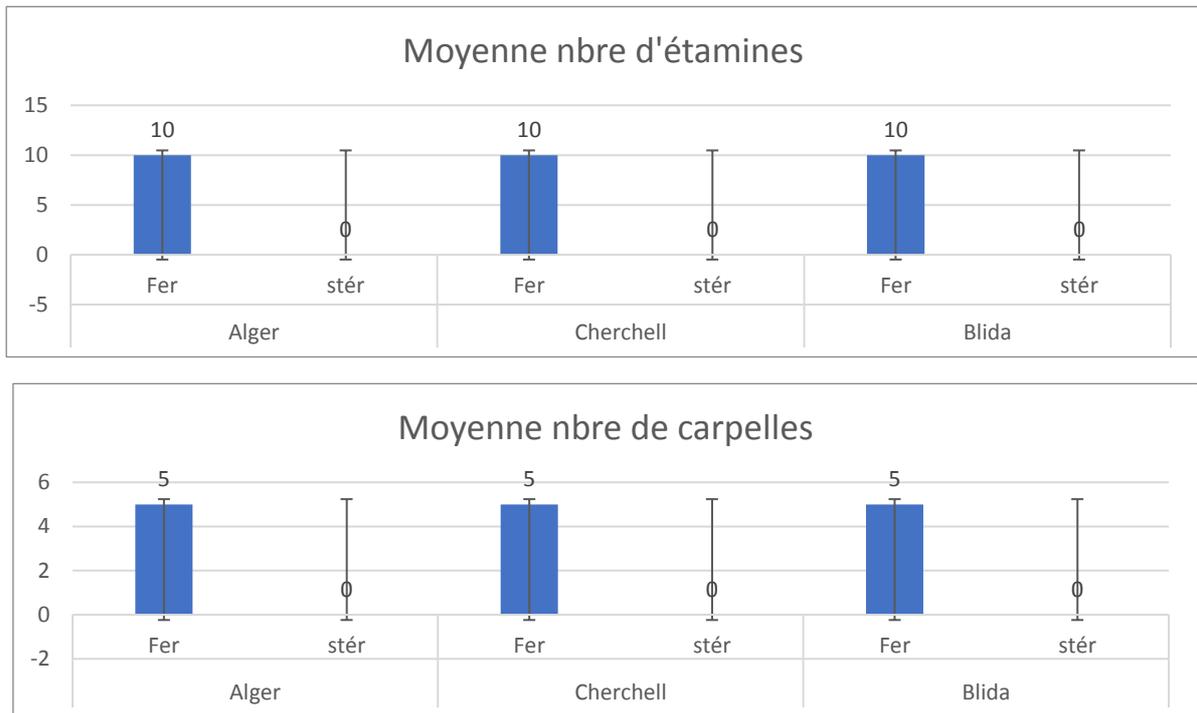


Figure 28. Illustration des moyennes des nombres d'étamines et de carpelles

Par contre, chez l'oxalis fertile, la pentamérie est exprimée en 5 carpelles et en deux cycles d'étamines. Au niveau de chaque cycle s'insèrent 5 étamines.

Dans ce cas, et pour ces deux variables, l'application des différences de moyennes est statistiquement insignifiante.

1.2.4. Nombre de feuilles :

L'observation dans les 3 stations prises séparément montre que le nombre moyen de feuilles chez l'oxalis stérile est plus important par rapport à celui de l'oxalis fertile. (Figure 29).

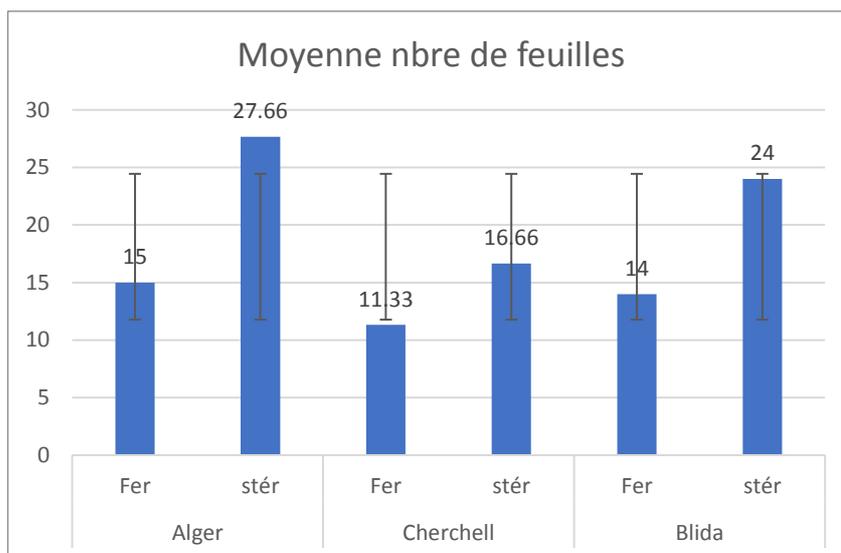


Figure 29. Illustration des nombres moyens des feuilles chez les deux formes

Ces différences sont traduites à Alger par un degré de signification de 0.087 ; à Blida de 0.160. Ceci renseigne sur une différence non significative pour ce facteur.

À Cherchell par contre, le degré de signification pour ce facteur est de 0.005. Dans ce cas le test est hautement significatif et par conséquent l'hypothèse nulle est rejetée.

La présentation graphique de l'Oxalis stérile dans les trois stations, montre une nette variation du nombre moyen des feuilles. Il est de 27.66 à Alger, 16.66 à Cherchell et 24 à Blida. Cette différence est exprimée par un degré de signification estimé à 0.222. À cet effet, la différence est non significative pour cette variable.

1.2.5. Nombre de fleurs :

L'observation dans les 3 stations prises séparément montre que le nombre moyen de fleurs chez l'oxalis stérile est différents de celui de l'oxalis fertile (Figure 30).

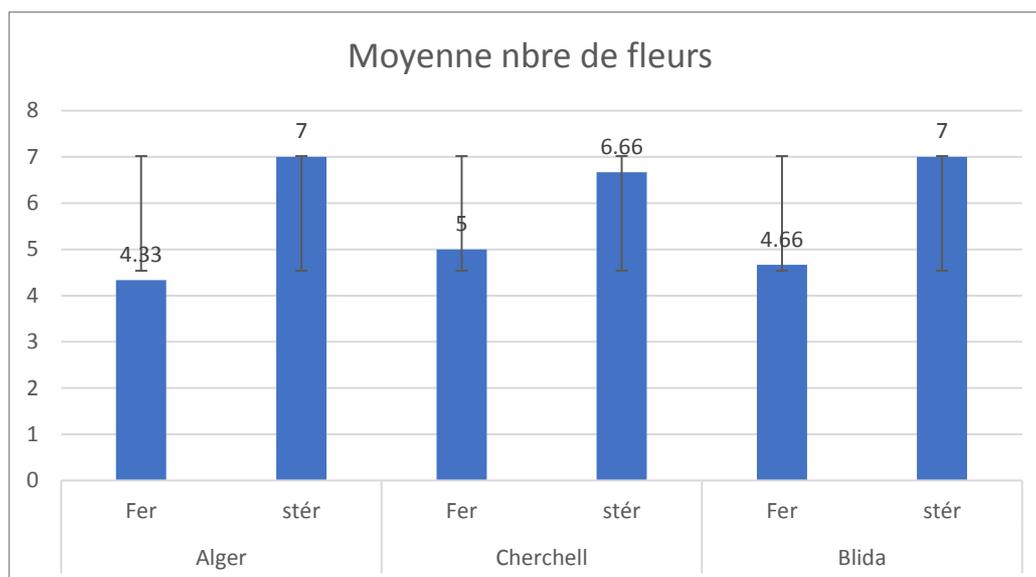


Figure 30. Illustration des nombres moyens des fleurs chez les deux formes

La vérification avec le test ANOVA montre que les différences de moyennes pour ce facteur ne sont pas significatives et idem pour la comparaison entre les formes stériles dans les trois sites.

1.2.6. Nombre de bulbilles :

Concernant le nombre de bulbilles, nous constatons une certaine irrégularité dans les variations de leurs nombres moyens (Figure 31). La vérification avec le test ANOVA montre qu'il existe une différence significative entre les moyennes des nombres de bulbilles à Cherchell et à Blida avec un même degré de signification qui est de 0.003.

À Alger par contre le degré de signification est de 0.75 ce qui informe que les différences entre les moyennes de ce facteur sont insignifiantes dans cette station.

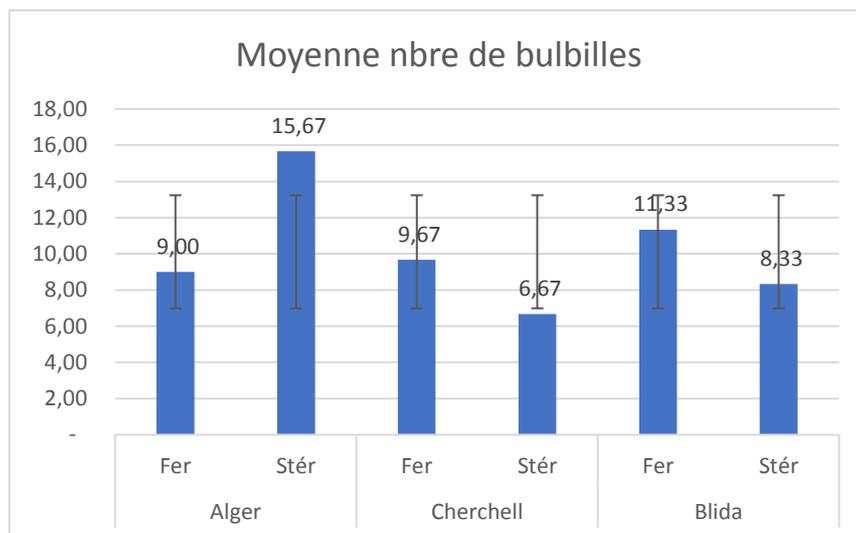


Figure 31. Illustration des nombres moyens des bulbilles chez les deux formes d'oxalis

Cependant la comparaison des moyennes des nombres des bulbilles chez la forme stérile au niveau des trois stations montre un degré de signification de 0.008. Ce résultat dévoile une haute signification des différences des moyennes de ce facteur.

1.2.7. Hauteur des plantes

Les moyennes des mesures des hauteurs des plantes montrent des différences variables entre les deux types d'oxalis. (Figure 32). Le test statistique utilisé, montre un degré de signification de 0.001 pour ce facteur à Alger et à Cherchell.

Ceci est traduit une différence de moyenne hautement significative. En revanche, la comparaison de moyenne de ce facteur qui est la hauteur des plantes n'a pas exprimé un degré de différence significatif dans la station de Blida.

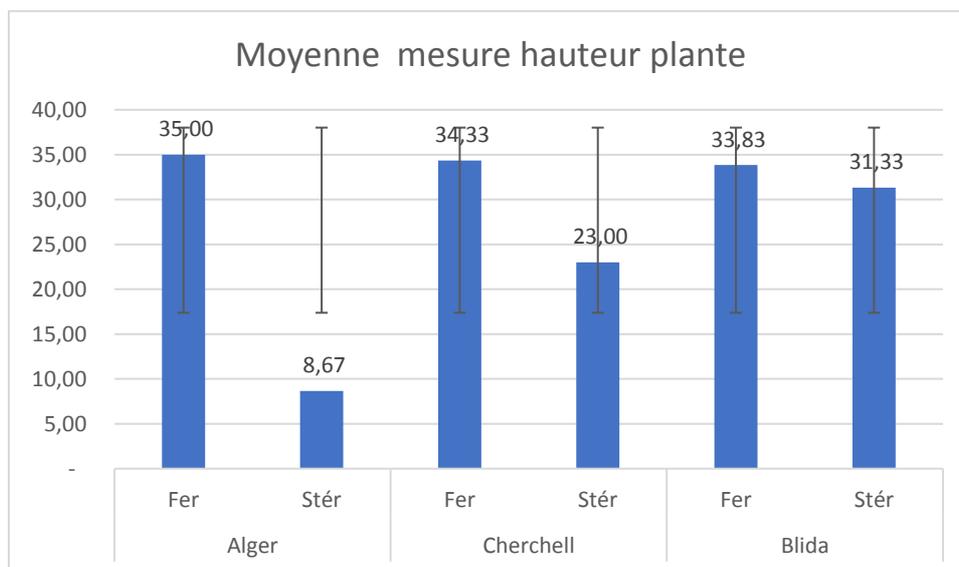


Figure 32. Illustration des mesures moyennes de la hauteur des deux formes d'oxalis

Si nous orientons nos observations vers les variations des moyennes de mesure des hauteurs de l'Oxalis stérile dans les 3 stations, nous allons nous apercevoir en exploitant le résultat du test ANOVA que le degré de signification est de 0.000.

Ceci informe que les différences entre les moyennes de mesure des hauteurs de l'Oxalis stérile sont hautement significatives.

1.2.8. Longueur des tiges

Les moyennes des mesures des longueurs des tiges des plantes sont illustrées dans les 3 stations (Figure 33). Les comparaisons de moyennes testées renseignent sur un degré de signification de 0.006 à Blida pour ce facteur et 0.000 à Cherchell. Ceci est traduit par une différence hautement significative.

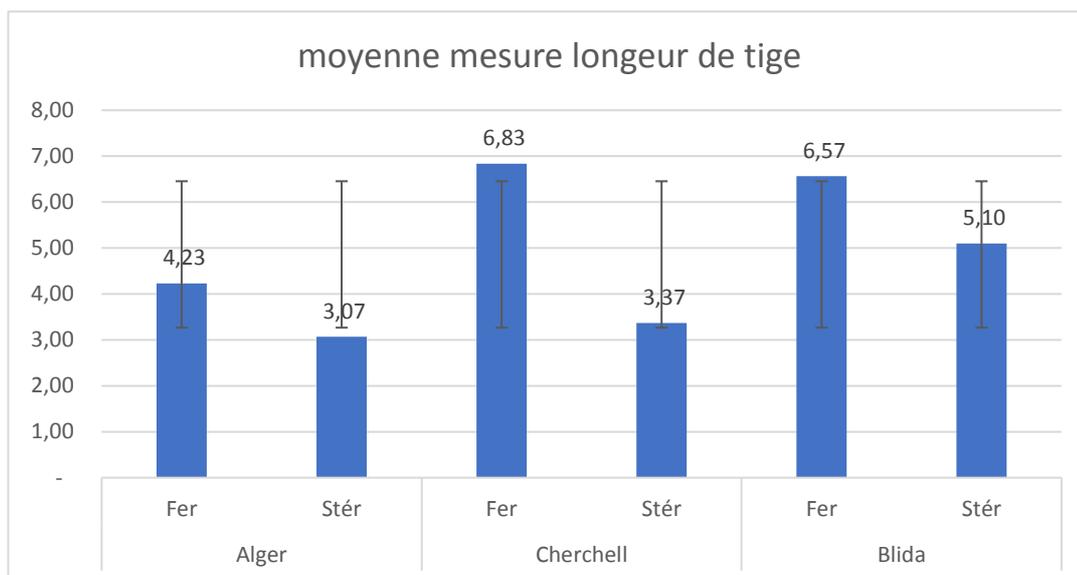


Figure 33. Illustration des mesures moyennes de la longueur des tiges

1.2.9. Longueur des pétioles

Les moyennes des mensurations des longueurs de pétioles sont illustrées dans la figure ci-après. Les tests ANOVA établis montrent que les différences des moyennes de ce facteur sont significatives dans la station de Cherchell.

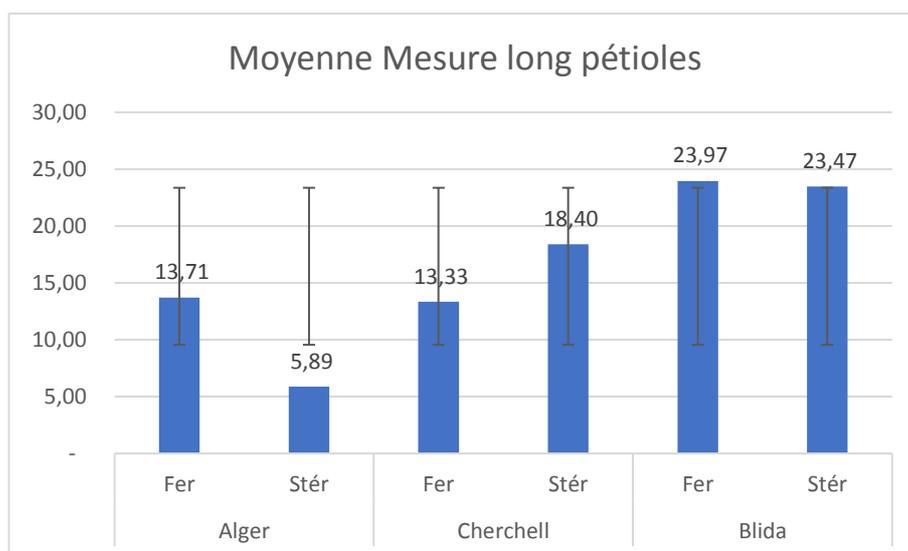


Figure 34. Illustration des mesures moyennes de la longueur des pétioles

Cependant, si l'on suit la présentation graphique de l'Oxalis stérile dans les trois stations, nous verrons les moyennes de 5.89 à Alger, 18.40 à Cherchell et 23.47 à Blida. Cette différence est exprimée par un degré de signification estimé à 0.000. À cet effet, la différence est hautement significative pour cette variable.

2. Conclusion

Très riche et tous novateurs sont les résultats obtenus après traitement statistique des données morphométriques.

Des tests statistiques ainsi exploités, nous confirmons qu'il s'agit bien de la même nouvelle espèce dans les 3 stations étudiées.

Comme nous ressortons la probabilité d'une apparition plutôt d'une nouvelle espèce "espèce stérile" différente de l'*Oxalis pes-caprae* L. et dont le caractère distinctif est le nombre de pétales.

Ce facteur qui est le nombre de pétales revient confirmer son poids suite à sa haute signification dans toutes les stations.

Et pour une première, nous avons pu tirer les caractères qui ont bien établis une nette distinction entre l'Oxalis stérile et l'*Oxalis pes-caprae* L. et qui sont la longueur des pétales ; le nombre des bulbilles ; la hauteur de l'individu, et la longueur des pétioles.

La station de Cherchell a révélé une distinction inattendue par le nombre de facteurs ainsi que leur degré de signification considérable. Cinq sont les variables qui ont caractérisés cette station. Le nombre des feuilles ; nombre des bulbilles ; hauteur des plantes ; longueur des tiges et la longueur des pétioles.

La station de Blida a montré que les facteurs nombre de bulbilles et la longueur des tiges présentaient des moyennes hautement significatives.

La station d'Alger a fait ressortir une signification élevée pour le facteur de mesure des hauteurs des plantes.

CHAPITRE 3 : COMPARAISON HISTOLOGIQUE

1. Comparaison histologique entre les deux formes de l'oxalis pes-caprae L

1.1. Parenchyme médullaire :

L'étude histologique des coupes transversales à main levée au niveau des pétioles des deux formes d'oxalis *pes-caprae* montre l'absence du parenchyme médullaire chez la forme fertile. Par contre, nous avons constaté sa présence chez la forme stérile.

Cette dernière observation a été confirmée par l'établissement de plusieurs coupes dans différents pétioles de plantes jeunes et âgées et dans différents endroits des pétioles allant des zones aux stades juvéniles jusqu'aux parties terminales (Figure 35).

1.2. Tissus conducteurs primaires :

Le nombre des vaisseaux cribro-vasculaires a fait l'objet de plusieurs observations. Nous avons remarqué que l'oxalis fertile présente un nombre de 10 vaisseaux conducteurs unicycliques. L'oxalis stérile par contre, présente un nombre de vaisseaux conducteurs qui est de 8 insérés également dans un même cycle (Figure 35).

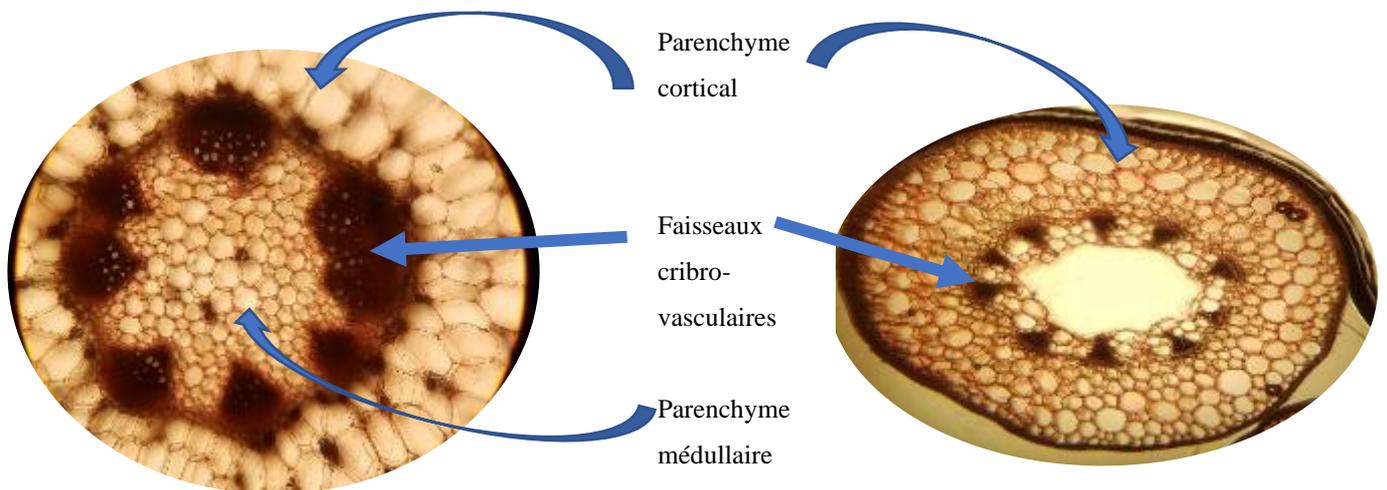


Figure 35. Coupe transversale du pétiole vue au microscope photonique. G*10. A gauche : l'oxalis stérile. A droite : l'oxalis fertile.

1.3. Macle d'oxalates de calcium :

Nous avons observé au niveau des coupes transversales des pétioles et des racines la présence de cristaux noirs remplissant les méats des parenchymes corticaux et médullaires des deux oxalis. Excepté les coupes transversales établies au niveau du pétiole de l'oxalis fertile dans lesquelles, nous n'avons pas trouvé ces molécules.

D'après nos recherches bibliographiques, il s'agit bien de macle d'oxalates de calcium (Figure 36).

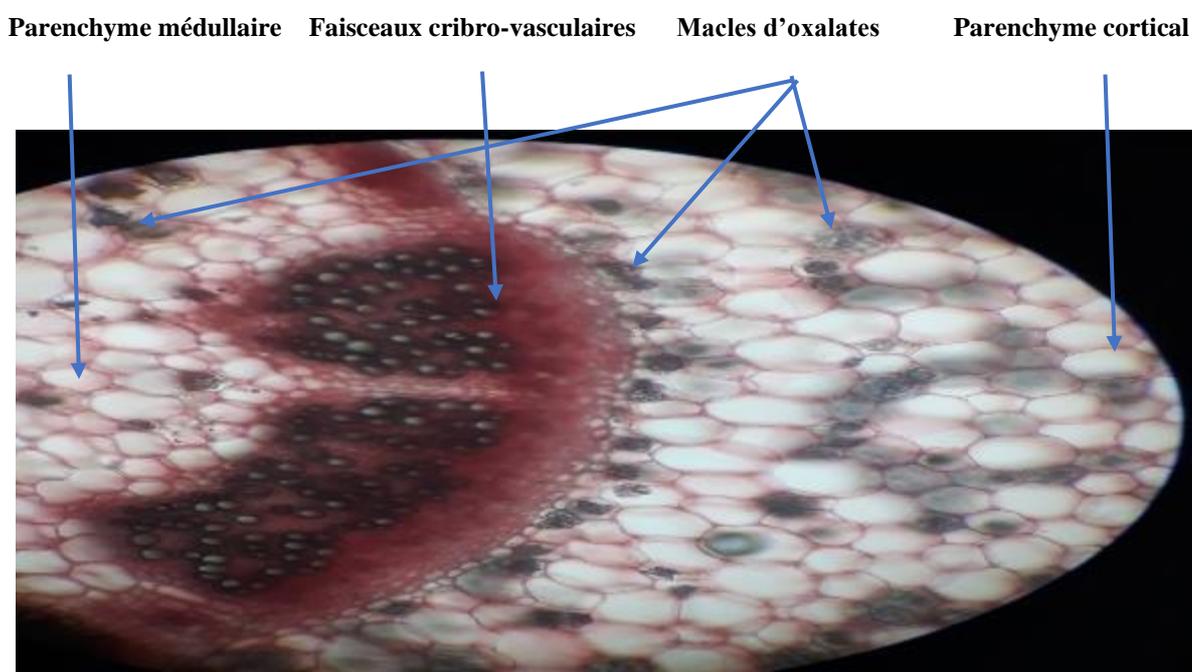


Figure 36. Macle d'oxalates de calcium au niveau du parenchyme cortical et médullaire de la racine de l'oxalis fertile

Les cristaux d'oxalate de calcium (CaOx) sont répartis entre tous les niveaux taxonomiques d'organismes photosynthétiques, des petites algues aux angiospermes et aux gymnospermes géants. L'accumulation de cristaux par ces organismes peut être substantielle.

Les principales fonctions de la formation de cristaux de CaOx dans les plantes comprennent la régulation du calcium (Ca) à haute capacité et la protection contre les herbivores (Vincent R. *et al.* 2005).

En 1963, Demianowicz, avait identifié les macles d'oxalates de calcium au niveau des anthères du Tilleul dont les images sont présentées ci-dessous.

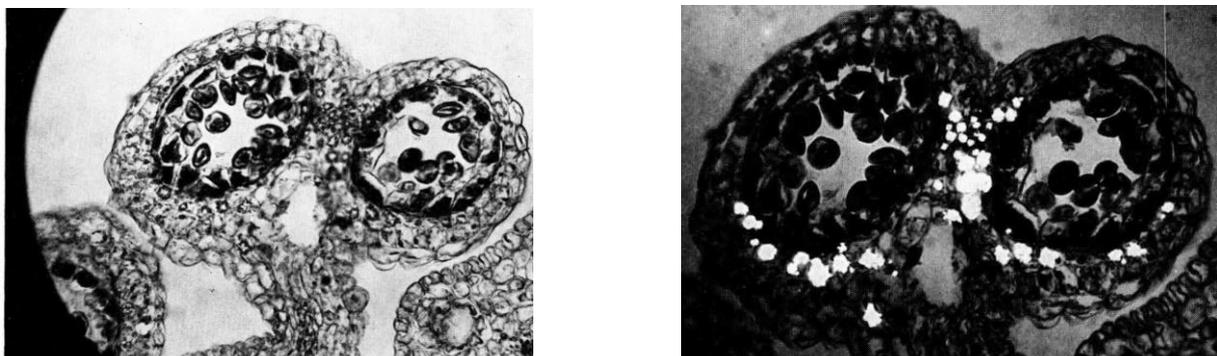


Figure 37. Macle d'oxalate de calcium au niveau de l'Anthère de *Tilia platyphyllos*.
Source : Demianowicz, 1963.

Cet auteur a donné trois hypothèses susceptibles d'expliquer l'apparition des cristaux d'oxalate de calcium. Selon la première de ces hypothèses, la fonction d'excrétion interne aurait pour effet d'immobiliser la substance nocive que constitue l'acide oxalique.

Selon la seconde, elle permet d'éliminer de la plante des ions calcium qui se trouvent en excès.

Les partisans de la troisième hypothèse considèrent la formation d'oxalate de calcium comme la conséquence inévitable de la présence concomitante dans la cellule d'ions calcium et d'acide oxalique. Tütüncü et *al.*, 2014, informent à travers leur travail que les cristaux d'oxalate de calcium sont rencontrés dans de nombreux organes des plantes étudiées à savoir au niveau des feuilles et des tiges.

La distribution, le type et l'emplacement spécifique des cristaux d'oxalate de calcium ont été observés au microscope optique (Figure 38).

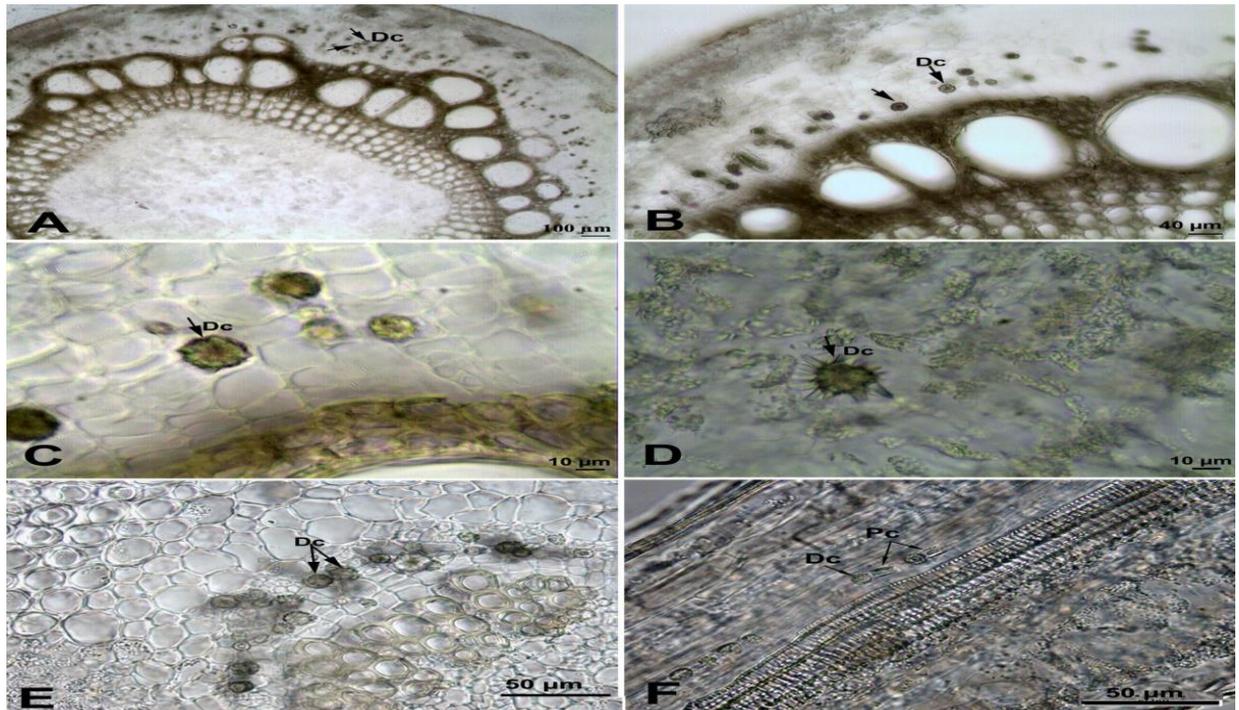


Figure 38. Cristaux d'oxalate de calcium dans la tige et la feuille de *Cynanchum acutum* (AC) Cristaux de Druse dans le cortex de la tige. (D) Cristaux de druses dans le mésophylle des feuilles. (E) Cristaux de druse autour de la veine principale. (F) Cristaux druses et prismatiques le long du faisceau vasculaire. (Dc : cristaux druses ; Pc : cristaux prismatiques). Source : Tütüncü *et al.*, 2014.

Les cristaux d'oxalates de calcium présentent différentes formes morphologiques de druses, de prismes, de styloïdes, de raphides et de sable cristallin. La figure ci-dessus, montre que ces auteurs ont observé deux types. Les cristaux druses ainsi que les prismatiques.

2. Discussion :

Les macles d'oxalates sont des cristaux qui peuvent être rencontrés dans les différents organes de la plante. Au niveau des anthères comme montré par Demianowicz, 1963. Ainsi qu'au niveau des tiges et feuilles suivant Tütüncü et *al.*, 2014.

Les deux types d'oxalis, fertile et stérile présentent des cristaux d'oxalate de calcium au niveau des parenchymes corticaux et médullaires des racines. Cette présence est notée également au niveau des pétioles des Oxalis stériles.

La présence des macles d'oxalates marque selon Tütüncü et *al.*, 2014, le degré de toxicité des végétaux. Ces auteurs invitent à accorder une attention particulière à la possible corrélation entre la présence et les types de cristaux d'oxalate de calcium et d'organes végétaux toxiques.

Suite aux comparaisons entre les différentes formes des cristaux d'oxalate de calcium, nous constatons que ceux rencontrés au niveau des deux types d'oxalis présentent une forme proche des Oxalates de calcium rencontrés chez le Tilleul (Figure 37). Comme, elles montrent une nette ressemblance avec l'image C et E (Figure 38). Ce qui nous permet de conclure que la forme des cristaux rencontrés au niveau des racines de l'oxalis est de type druses.

CHAPITRE 4 : INFLUENCE CLIMATIQUE SUR L'INSTALLATION DE L'OXALIS PES-CAPRAE L. EN ALGÉRIE

1. Objectif :

Les observations qui suivent renseignent sur le mode d'occupation des sols ainsi que la progression dynamique de l'oxalis stérile dans les sites échantillonnés. Ces observations sont préliminaires et exclusives. Elles sont éditées pour la première fois dans ce document et rédigées sous forme d'article non encore édité. Elles fournissent des éléments de base qui permettront de mieux cerner le mode de propagation de l'oxalis stérile dans les travaux d'investigations futures.

2. Répartition spatiotemporelle de l'espèce oxalis pes-caprae L.

2.1. Dans le monde :

L'Oxalis pes-caprae L. anciennement nommée *Oxalis cernua* Thunb. est une espèce originaire de l'Afrique du Sud. Elle possède différentes appellations, des noms communs des différents pays qu'elle occupe. Assemam, الأفضليس الماعزي, حمضة ماعزیه, قرصة, *Oxalis* pied de chèvre, *Bolboxalis cernua*, *Oxalis* des bermudes, African wood-sorrel, Bermuda buttercup, Bermuda sorrel, buttercup oxalis, Cape sorrel, Vinaigrette, vinagrera, vinagreta, etc. Le nom fait référence à l'accumulation d'oxalates de calcium dans les tissus et de l'acide oxalique.

Cette espèce a colonisé différentes régions du monde à climat de type méditerranéen. Dans la figure ci-après, les différents états spatiotemporels allant des années 1851 jusqu'à 2022 ont été jumelés afin de permettre le suivi de la nette dynamique progressive rapide de la propagation de cette espèce dans le monde.

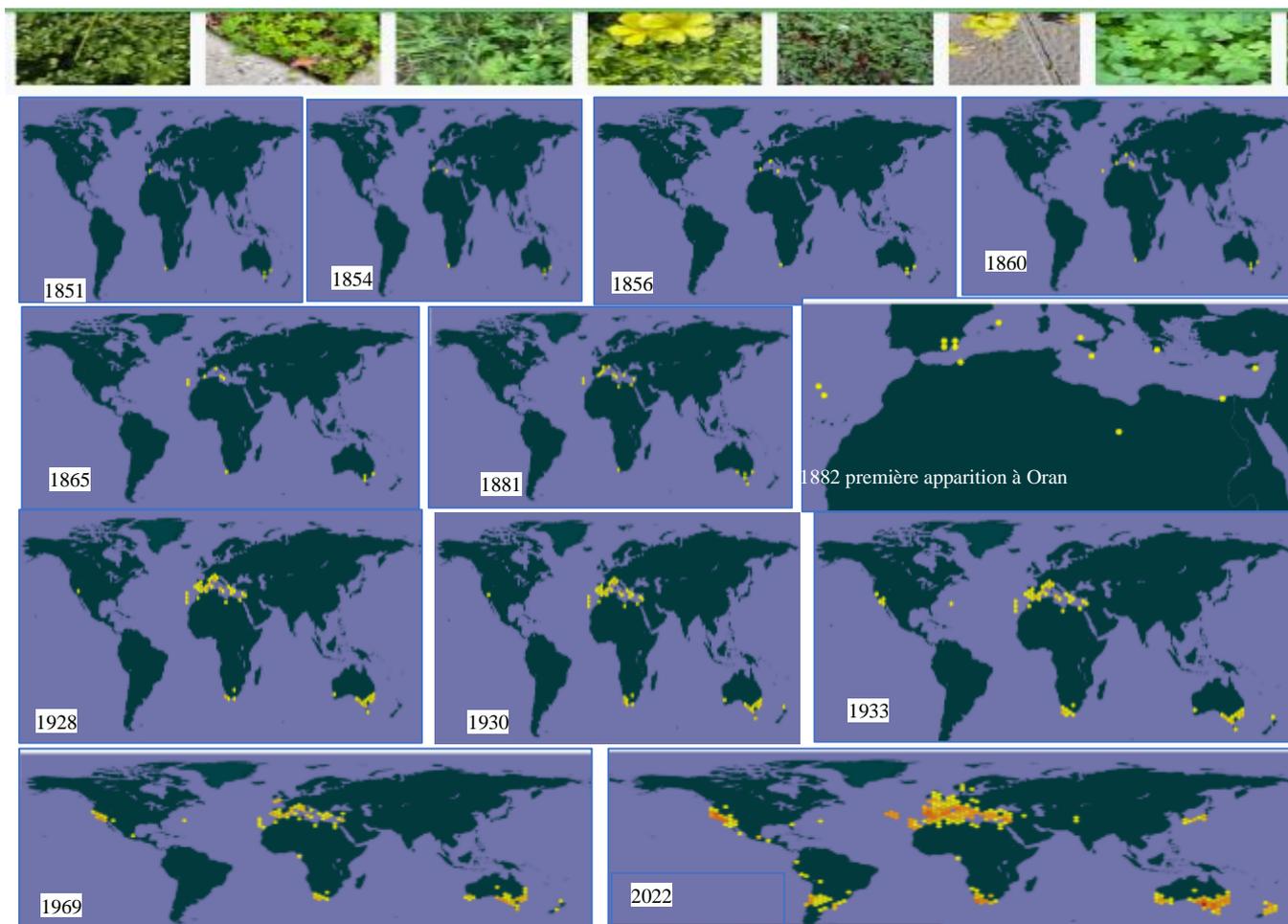


Figure 39. Propagation spatiotemporelle de l'oxalis pes-caprae dans le monde. (Source : GBIF Occurrence 2022).

Cette espèce colonise les milieux rudéraux, les champs, les friches, les bords de routes et les milieux humides aux étages thermo- et méso-méditerranéens. (Hulme 2004).

Son introduction sur les divers continents par l'Homme lui a permis de se naturaliser et de s'y propager grâce aux activités agricole (Traveset et *al.*, 2008).

Ses lieux de prédilection sont les terres agricoles et les terrains dégradés (Ducellier, 1914) ; (Vitousek et *al.*, 1997) ; (Gebregziabher 2004) ; (Traveset et *al.*, 2008) et (Verdaguer et *al.*, 2010). D'ailleurs, Gebregziabher (2004) démontre dans son étude que le degré d'invasion de l'*Oxalis pes-caprae* L. dépend du degré de dégradation du terrain.

En Méditerranée, la colonisation de cette espèce a progressé de l'Est vers l'Ouest, où, elle n'a été signalée qu'à la fin du siècle dernier (Rappa, 1911). (Figure 39).

En Afrique du Nord, elle a été signalée par Ducellier en 1914 et citée dans le Catalogue des plantes du Maroc (Jahandiez et Maire, 1932). Cependant, son introduction est plus récente dans certaines régions du Maroc, comme le Haouz (Négre, 1962).

La pénétration de l'oxalis *pes-caprae* en Corse est accidentelle (Gamisans, 1995) et selon Hulme (2004) et Vilà (2006), cette espèce est introduite en Corse vers 1833 pour des raisons esthétiques. Elle devient de plus en plus nombreuse dans l'île et occupe une place plus ou moins importante dans les cultures et les environs immédiats ainsi que dans les milieux régulièrement perturbés (friches, bords de routes, décombres) où elles sont capables de concurrencer la flore locale.

Aux îles maltaises sa présence est bien plus rare dans les milieux naturels plus équilibrés. (Lanfranco, 1995).

2.2. En Algérie :

En Algérie, l'oxalis *pes-caprae* a été décrite par Battandier 1890 dans la flore de l'Algérie, « les dicotylédones ». Puis par Quezel et Santa en 1963 dans la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques où, ils rajoutent à la description morphologique, la répartition biogéographique de l'espèce.

Pour une angiosperme, elle montre une amplitude écologique considérable s'exprimant par des habitats très diversifiés comme les falaises maritimes exposées aux embruns, les plaines littorales humides du Sahel, les collines et les gorges de l'Atlas tellien, les pelouses d'altitude et les steppes semi-arides des Hauts-Plateaux jusqu'aux limites du désert dans l'Atlas saharien.

Cette large répartition peut être probablement expliquée du fait que les Angiospermes présentent les systèmes reproductifs les plus évolués des végétaux, puisque c'est de loin le groupe de plantes terrestres le plus abondant.

2.2.1. Répartition biogéographique

Quezel et Santa (1962), classent l'espèce *Oxalis pes-caprae* L. comme très commune dans tout le Tell et rare ailleurs. Elle est répartie comme suit (Figure 40).

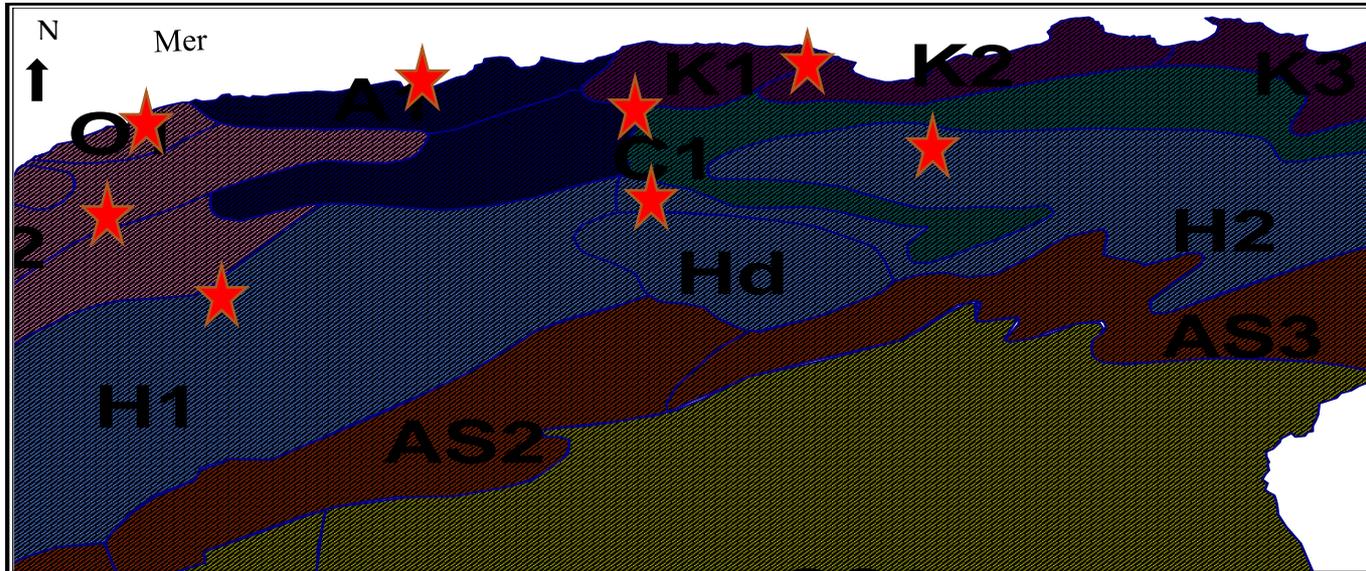


Figure 40. Aire de répartition phytogéographique de l'oxalis pes-caprae selon la flore de Quezel et Santa en 1963. (Carte digitalisée par BAALI CHERIF N. 2022).

K: Secteur Kabyle et Numidien: **K1**: Grande Kabylie, **K2**: Petite Kabylie, **K3**: Numidie (de Philippeville à la frontière tunisienne) ; **A**: Secteur algérois: **A1**: Sous-secteur littoral, **A2**: Sous-secteur de l'Atlas Tellien ; **O**: Secteur oranais: **O1**: Sous-secteur des Sahels littoraux, **O3**: Sous-secteur de l'Atlas Tellien ; **H**: Secteur des Hauts-Plateaux: **H1**: Sous-secteur des Hauts-Plateaux algérois et oranais, **H2**: Sous-secteur des Hauts-Plateaux constantinois ; **AS**: Secteur de l'Atlas Saharien: **AS3**: Sous-secteur de l'Atlas Saharien constantinois (Aurès compris). Le terme Tell correspond aux secteurs : O1, O2, O3, A1, A2, K1, K2, K3.

Comme illustré dans la figure en dessus, l'aire de répartition de l'*oxalis pes-caprae* L. est bien large. Elle touche quasiment tout le littoral de l'Est à l'Ouest ainsi que les hauts plateaux.

Les secteurs oranais : O1 et le O2.

Les secteurs kabyles : K1 ; K2

Les hauts plateaux : H1 ; H2

Et le Hodna : Hd.

Cette propagation comme bien montré, se situe parfaitement dans les bandes côtières considérées comme zones principales clés. Ces dernières constituent des centres de

diversité végétale selon Médail et Quézel (1997) qui abritent selon ces mêmes auteurs un pourcentage signifiant des espèces endémiques.

Comme, cette espèce se montre bien installée au niveau de l'ensemble défini par le MATE (2014) par un point chaud formé par les hauts plateaux, la Petite Kabylie et la Grande Kabylie la Numidie littorale et la Mitidja d'Alger.

Suite à ces constatations, l'installation de cette espèce devient intrigante car elle prolifère vu son aspect invasif dans ces zones principales clés.

Sur ce, la réflexion immédiate qui nous ai parvenue à l'esprit c'est de se poser des questions sur les conditions climatiques dans lesquelles se trouve la richesse spécifique de ces secteurs phytogéographiques ; Sachant évidemment que le rôle du climat sur la répartition de la végétation est incontestable.

L'intervention, notamment, des précipitations et de la température sur la zonation de la végétation est reconnue par l'ensemble des auteurs.

Ces facteurs agissent aussi bien au niveau du macroclimat où ils déterminent la répartition des grandes formations végétale à la surface du globe, qu'au niveau du mésoclimat où ils régissent la distribution altitudinale et latitudinale des communautés végétales d'une région climatique donnée.

La connaissance de ces paramètres est, par conséquent, indispensable pour comprendre le comportement de la végétation, notamment dans le contexte actuel de changement climatique où translation d'étage et dérive floristique.

2.2.2. Aperçu sur les grands traits du climat de l'Algérie

D'après DJELLOULI (1991), l'Algérie du nord appartient au climat extratropical tempéré. Elle est rattachée au climat méditerranéen qui se caractérise par une courbe pluviothermique méditerranéenne typique qui montre un creux estival plus ou moins accusé, c'est la période sèche estivale.

La période sèche varie d'une région à l'autre ; elle est de trois à quatre mois sur le littoral et passe rapidement de cinq à six mois à l'approche de l'Atlas saharien. Il est à noter que

la complexité morpho-structurale de l'Algérie fait qu'il existe une variabilité spatiale des températures ainsi que des précipitations.

2.2.3. Températures

Selon le même auteur, les températures en Algérie sont relativement douces. Leur variabilité spatiale est traduite par une variation latitudinale où les températures sont douces sur le littoral du fait que les eaux marines emmagasinent plus de chaleur, cet effet s'estompe vers l'intérieur du pays. En plus il y a une variation altitudinale où les températures diminuent en altitude. L'estimation des moyennes annuelles du mois le plus froid ainsi que celles du mois le plus chaud sont illustrées dans les tableaux suivants.

Tableau 6. Les moyennes des températures minimales du mois le plus froid « m » en Algérie

Régions	m
Régions côtières	7°C et 9°C
Régions steppiques	-2°C et 3°C
Hauts sommets	-3,6°C

Source Boughani 1995

La moyenne des températures minimales du mois le plus froid « m » est variable suivant le tableau ci-dessus. Les régions côtières présentent les valeurs de m les plus élevées. Elles sont comprises entre 7°C et 9°C. L'Algérie steppique présente les valeurs de m basses comprises entre -2°C et 3°C. Sur les hauts sommets les moyennes sont les plus basses -3,6°C.

Cet auteur, estime également la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud « M » et montre suivant le tableau (7) que :

Tableau 7. Les moyennes des températures maximales du mois le plus chaud « M » en Algérie.

Régions	M
Régions côtières	31°C et 28°C
Hautes plaines	33°C et 38°C,
Hauts sommets	26°C et 30°C
Stations Sahariennes	> 40°C.

Source Boughani 1995

Les moyennes des températures maximales du mois le plus chaud « M » augmente avec la continentalité et diminue avec l'altitude. Le long de la côte, M varie entre 31°C et 28°C, sur les hautes plaines M est comprise entre 33°C et 38°C, sur les hautes montagnes M oscille entre 26°C et 30°C et sur les stations Sahariennes M dépasse 40°C.

2.2.4. Pluviométrie

L'Algérie est caractérisée par une période pluvieuse durant la période froide ou relativement froide où les précipitations sont plus fréquentes avec une grande variabilité annuelle et mensuelle.

La répartition de la pluviosité annuelle est variable, elle est due à l'existence de gradient longitudinal où la pluviosité augmente de l'Ouest à l'Est, de gradient latitudinal où la pluviosité augmente du Sud au Nord et de gradient altitudinal où la pluviosité augmente avec l'altitude (Djellouli 1991).

2.2.5. Répartition des secteurs phytogéographiques en fonction des pluviométries

Nous avons choisi pour les données des précipitations deux cartes complémentaires. La première de Chaumont et Paquin (1971) et la seconde basée sur des études plus récentes sur le climat de l'Algérie et qui sont caractérisées par des approches plus synthétiques établie par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) (2005).

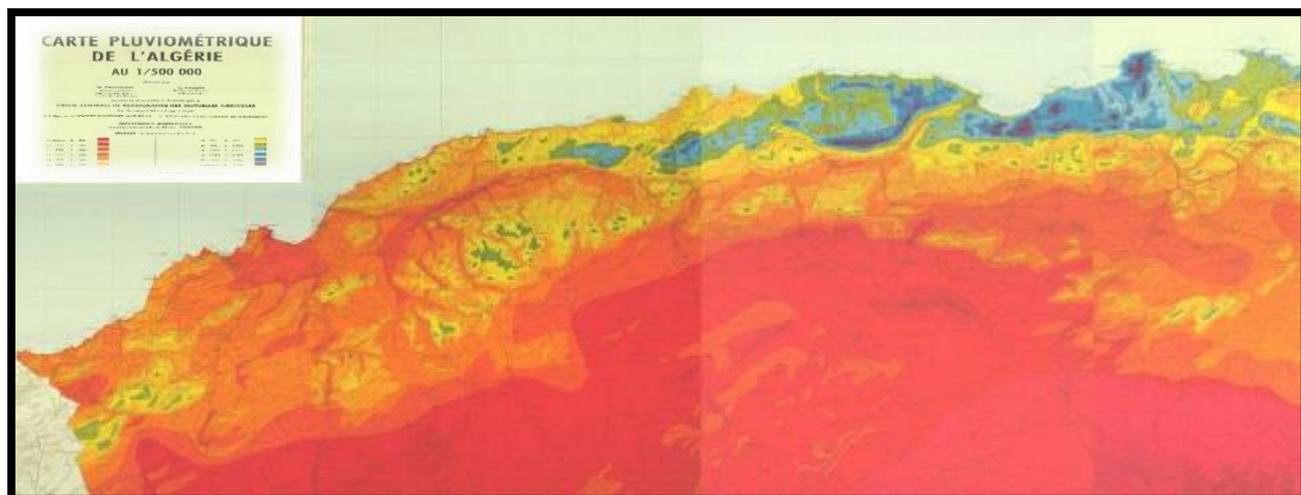


Figure 41. Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500.00. Période couverte : 1913-1963. Source : Chaumont & Paquin 1971.

Cette carte (Figure 41), a été dressée au niveau de l'université d'Alger par Chaumont et Paquin en 1971. Elle représente une estimation des moyennes de pluies annuelles de l'Algérie pour la période allant de 1913 jusqu'à 1963.

La correspondance entre les données de la répartition biogéographique de *l'oxalis pes-caprae l.* communiquées par Quezel et Santa (1962) avec les mesures pluviométriques établies par Chaumont et Paquin (1971) sur cinq décennies devient très intéressante étant donné la similitude des périodes temporelles.

Nous constatons que cette espèce est rencontrée à partir de 300 mm jusqu'à 1500 mm de moyenne de pluviométrie annuelle. Ce qui correspond selon Emberger (1951) aux étages bioclimatiques allant de l'aride à l'humide.

Ces étages qui sont classés par cet auteur suivent des bornes pluviométriques bien distinctes. Ils montrent que l'étage aride est délimité entre 100 mm et 400 mm ; et l'étage humide regroupe les quantités de précipitations supérieures à 800 mm

Cette large valence écologique montre une capacité d'accommodation non négligeable de l'espèce vis-à-vis à ce facteur des précipitations.

Afin de suivre l'aspect de propagation illustré dans (Figure 39) de l'espèce d'*oxalis pes-caprae l.*, nous avons fait appel à une autre carte pluviométrique (Figure 42). Cette carte a été dressée par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH). Elle

représente une estimation des quantités des pluies annuelles sur le Nord de l'Algérie. Elle est élaborée sur la base des séries d'observations pluviométriques renseignées par 550

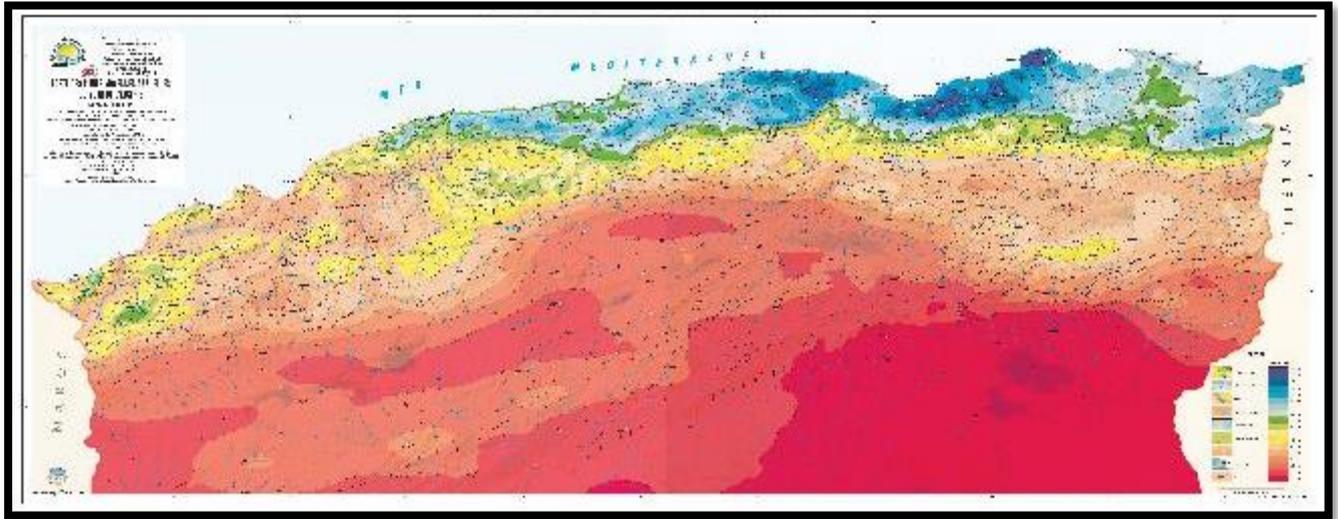


Figure 42. Carte des pluies moyennes annuelles de Nord de l'Algérie. Période couverte : Septembre 1965 – Aout 2002. Source ANRH (2005).

postes météorologiques pour la période allant de septembre 1965 jusqu'à Août 2002.

A cet effet, nous avons exploité les données pluviométriques complémentaires qui s'étalent sur plus de trois décennies qui vont de 1965 jusqu'au 2002.

Suivant la répartition biogéographique de *l'oxalis pes-caprae l.* décrite par Quezel et Santa (1962), nous constatons que cette espèce présente une valence pluviométrique assez large. Elle est rencontrée dans un palier de valeurs qui s'oscille entre 150 mm et 1200 mm de moyenne de pluviométrie annuelle. Ce qui correspond aux étages bioclimatiques allant de l'aride à l'humide.

Grace à l'exploitation des informations fournies par ces deux cartes pluviométriques, nous avons fait ressortir un phénomène d'aridification du territoire Algérien en faisons une comparaison diachronique superficielle entre les deux périodes (1913-1963) et (1965-2002).

En effet, la carte de Chaumont et Paquin (Figure 41), montre un gradient pluviométrique allant d'au-dessous de 200 mm, ce qui signifie que les moyennes annuelles des précipitations des zones arides inférieurs à cette quantité sont irrégulières. En revanche,

les bornes de 1200 mm - 1500 mm ainsi que ceux de 1500 mm -2000 mm des moyennes annuelles des pluies sont plus ou moins régulièrement précipitées le long de cinquante années.

La carte de l'ANRH (Figure 42) qui est au fait une suite de la première carte montre des seuils plus ou moins régulier de la moyenne annuelle de précipitation. Le premier, inférieur à 100 mm et un autre supérieur à 1200 mm La stabilité de ces moyennes le long de 37 ans, renseigne sur une diminution de la quantité des pluies.

Cependant, la figure (35), montre une propagation accentuée de l'oxalis au fil du temps. Ceci dévoile des aspects de résistance de cette espèce.

La quantité des moyennes des précipitations qui a coulé sur le territoire national le long de la période de 2002- 2022 n'est pas encore illustrée dans des cartes pluviométriques. Il nous a fallu donc consulter l'Office Nationale de Météorologie (ONM) de Dar El Beida, Algérie pour des données de précipitations. Au final, nous avons pu avoir accès sur une couverture de 10 années. A cet effet, nous avons choisi les stations d'Alger et de Blida qui correspondent à notre zone d'étude. Les moyennes de précipitations annuelles sont élaborées sur le tableau suivant :

Tableau 8. moyennes annuelles des précipitations enregistrées sur Alger et Blida pendant la période 2003-2013.

Années	Totaux annuel (mm) Alger	Totaux annuel (mm) Blida
2003	728	608,85
2004	686,1	658,84
2005	690,6	659,45
2006	699,1	756,98
2007	849,7	837,29
2008	679,4	694,67
2009	594,3	641,59
2010	769,4	849,59
2011	885,8	852,81
2013	642,5	820,19
Moyennes des totaux	738,026	722,49

Source : ONM de Dar El Beida

Ces données montrent une légère similarité entre les quantités moyennes de pluies à Alger et à Blida. Cette constatation informe sur une baisse des précipitations au niveau de Blida.

En effet, en consultant les cartes des pluviométries de Chaumont et Paquin ainsi que celle de l'ANRH (Figures en dessus), nous voyons clair que Blida se situait entre 800 mm et 900 mm de moyenne de pluviométrie annuelle et que dans la décennie 2003 – 2013 la quantité moyenne de précipitation est de 722,49 mm

Afin de bien correspondre la période des données pluviométriques avec celle dans laquelle la richesse spécifique des secteurs phytogéographiques a été relevée, nous avons opté pour les informations éditées par l'auteur Bouzenoune (2002) qui a établi le lien entre la richesse spécifique et la surface du secteur phytogéographique.

Ainsi, le tableau 8 comporte l'extrait des informations qui touchent uniquement les secteurs dans lesquels se trouve *l'oxalis pes-caprae l.*

Tableau 9. Richesse spécifique et surface de quelques secteurs phytogéographiques de l'Algérie

Secteur phytogéographique	Surface en hectares	Richesse spécifique
Le secteur kabyle et numidien (K)	1 800 000	158,32
Le secteur algérois (A)	1 700 000	118,4
Le secteur du Tell Constantinois (C)	1 200 000	63,77
Le secteur oranais (O)	4 100 000	118,27
Le secteur des hauts plateaux (H)	10 900 000	19,26

Source : Bouzenoune (2002)

Ce tableau montre que le secteur le plus riche en espèces est le secteur phytogéographique Kabyle et Numidien suivi par le secteur Algérois puis par le secteur Oranais.

Ceci nous amène à dire que le Tell est la région la plus riche floristiquement. Et c'est au niveau de cette région comme déjà indiqué que prolifère et prospère *l'oxalis pes-caprae l.*

3. Discussion

La richesse floristique de la région du Tell ainsi démontrée demande bien entendu une actualisation. Les chiffres avancés par les auteurs sont très variables. Quézel (1964) cite 2840 espèces pour l'Algérie du Nord (Sahara exclu).

En 1975, Quézel & Bounaga signalent 3300 espèces pour l'Algérie et la Tunisie. À la même époque, Lehouerou (1975) avance le chiffre de 3150 espèces pour l'Algérie alors qu'il en signale 3200 en 1995. Quézel & Médail (1995) retiennent également 3150 espèces dont 2700 se retrouvent en région méditerranéenne.

En 2010, Baali cherif a signalé un nombre d'espèces disparues sur le territoire national. Comme cet auteur a illustré des extensions et rétrécissement des aires de répartitions de quelques espèces végétales.

Ainsi, faute d'inventaires récents approfondis dans plusieurs secteurs, les synthèses floristiques récentes doivent encore se baser sur des données anciennes (Véla & Benhouhou, 2007).

Ceci dit la chorologie et le degré de rareté doivent être revus et d'y apporter les précisions nécessaires, aussi bien pour la composition que pour le statut des taxons. Cette mise à jour va permettre de connaître les facteurs induisant à cet état catastrophique dans lequel se trouve la flore sauvage algérienne.

De là, nous pourrions situer l'impact des espèces invasives tel que le cas de l'oxalis sur le taux de la diversité floristique. Car selon Millennium Ecosystem Assessment, (2005), les invasions biologiques sont reconnues comme la seconde cause d'érosion de la biodiversité mondiale après la destruction et la fragmentation des habitats ; Elles colonisent avec l'aide de l'homme de nouveaux territoires en accentuant le rythme des migrations des plantes et par voie de conséquence l'invasion.

CHAPITRE 5 : OCCUPATION DES SOLS ET DYNAMIQUE DE L'OXALIS STERILE DANS LES SITES ECHANTILLONNES

1. Occupation des sols

Du fait que l'*Oxalis pes-caprae* L. soit qualifiée d'espèce rudérale, elle pousse spontanément dans les espaces anthropisés qui sont modifiés par l'activité de l'homme ou de la présence humaine. Nous pourrions citer les aires de stationnement, les parcs, les espaces verts, les décombres, les bords des chemins, etc. A cet effet, l'aire de sa distribution serait donc vaste. Néanmoins, cette large aire de l'espèce fertile n'engendre nullement une présence conséquente de l'oxalis stérile dans ces peuplements.

En effet, nous avons noté sur le terrain que dans un même endroit composé de plusieurs parcelles dont l'oxalis fertile est abondant et dominant, l'espèce stérile n'est rencontrée que dans une ou deux assiettes de l'ensemble ou bien carrément absente. Cette même observation revient à chaque fois nous la rencontrons. Cela signifie que sa présence n'est pas évidente.

Selon notre échantillonnage, l'oxalis stérile se développe plutôt au milieu des populations mixtes composées en premier lieu par l'oxalis fertile dont l'abondance caractérise les parcelles. Auxquelles s'associent différentes espèces rudérales.

La remarque tapante et cela par tout où nous avons rencontré l'oxalis stérile est qu'il est souvent observé au niveau des lisières des surfaces échantillonnées, loin des formes d'oxalis fertiles monomorphiques en fleurs qui occupent pleinement la surface.

De point de vue densité, l'oxalis fertile est fortement dense par rapport à l'espèce stérile. Cette dernière présente une abondance insignifiante. L'intensité de sa présence est estimée à l'environ de 0.1%. Cette appréciation nous permet de révéler que cette espèce nouvellement installée est considérée jusqu'à l'heure actuelle comme plante rare.

2. Cycle vital

Le suivi de l'oxalis stérile depuis sa découverte au campus universitaire de Blida en 2001 par professeur Bradea jusqu'au 2023, a dévoilé que cette espèce ou variété d'espèce fleurit chaque année en mi-février et disparaît vers la mi-mai. À Alger, l'observation a

débuté conjointement avec son apparition pour la première fois en 2018. Après 5 ans de suivi, nous avons vu qu'elle fleurit en mi-février et disparaît vers la fin mai pareillement comme celle de Blida. Cette période correspond à la fin de l'hiver et la fin du printemps.

3. Dynamique de l'oxalis stérile dans les sites échantillonnés

Afin de suivre la propagation ponctuelle de la nouvelle espèce, nous avons pris la faculté centrale comme terrain de suivi. Cependant et avant tout, nous devons expliquer le choix du site. Cette espèce a été découverte au hasard en avril 2018. Nous avons affirmé que cette plante n'a pas été répertoriée dans l'inventaire mis au point par le professeur Toumi achevé en 2017 mais hélas inédit jusqu'à présent. A partir de cette information, nous confirmons et certifions l'année de la première installation de l'oxalis stérile au niveau de ce site.

La distribution de cette plante est circonspecte. Toutefois, nous signalons sa propagation timide mais tangible. Pour bien mettre en évidence ce phénomène d'extension de l'oxalis stérile et pour une claire illustration de son mode de propagation, nous proposons ce croquis qui donne une esquisse générale sur la répartition des différentes parcelles échantillonnées dans lesquelles Assemam a été observée (Figure 43).

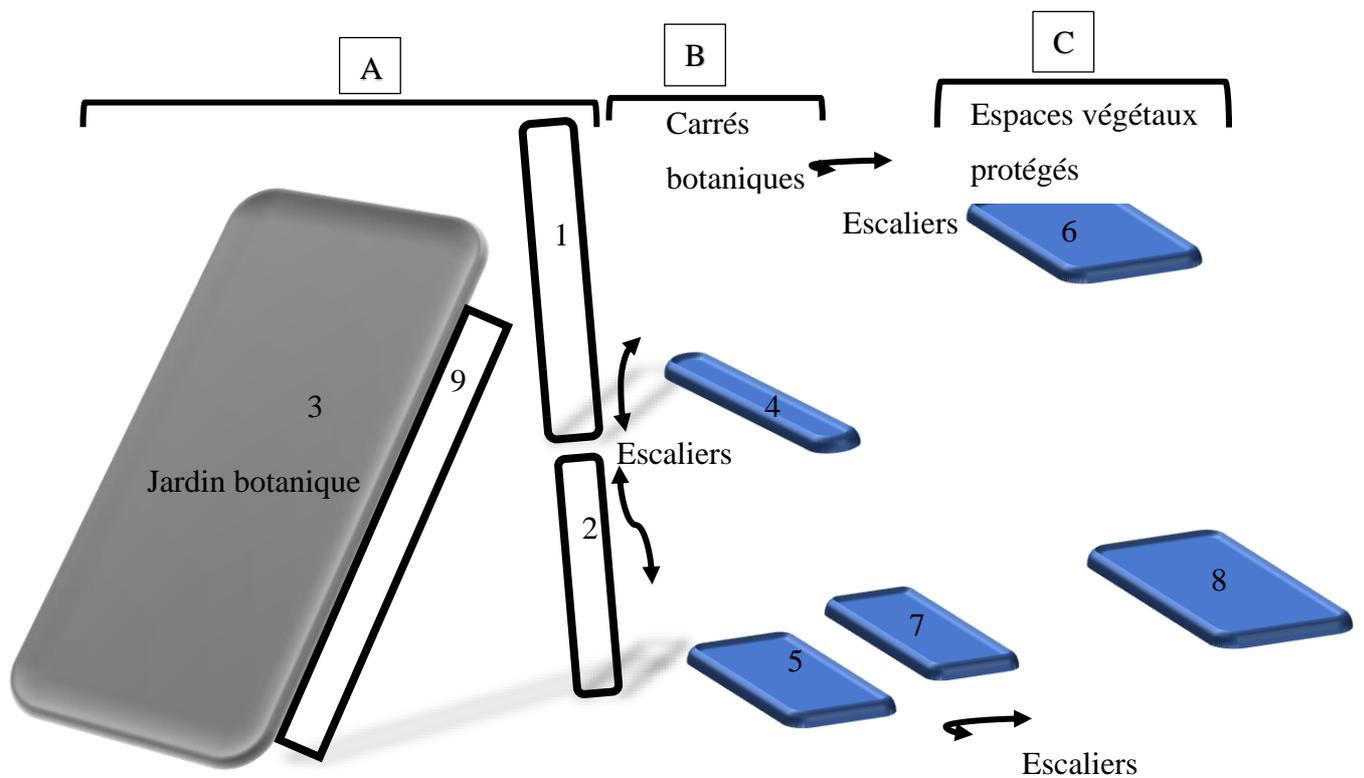


Figure 43. Croquis des parcelles échantillonnées au niveau de la Faculté centrale d'Alger
Source : originale 2023

La partie A, est composée de 4 parcelles situées en haut des escaliers. La partie B, est composée de 6 parcelles juxtaposées situées en bas des escaliers dont 3 ont été échantillonnées et illustrées. La partie C est bien en bas à la rentrée de l'université. Elle est composée de 5 parcelles dont 2 ont été échantillonnées. Nous allons faire appel à ce croquis à chaque fois nous exposons une observation.

3.1.Observation durant l'année 2018 :

En mars 2018, l'espèce stérile a été observée dans un espace interstitiel (Figure 43, 1) correspondant aux surfaces laissées libres au niveau des allées. La photo réelle correspondante est dans la (Figure 44).



Figure 44. Surface n°1 interstitielle libre au niveau des allées. Faculté centrale.

Source : originale 2022

Les espèces rencontrées sur cette surface de 5m de longueur et 1m de largeur sont des herbes spontanées : *Urtica dioica*, *cynodon dactylon*, *oxalis pes-caprae* avec des arbres d'ornement plantés : *Ficus elastica*, *Phoenix canariensis*, *Leucaena leucocephala*, *Yucca elephantipes*, *Asparagus falcatus* et *Strelitzia augusta*. Et c'est à proximité de la lisière que trois individus d'oxalis stérile ont été observés.

Au niveau de l'espace interstitiel adjacent au premier (Figure 43. 2), nous avons observé quatre individus qui ont apparu sur la lisière de la surface qui est de 7m de longueur et 1m de largeur (Figure 45).



Figure 45. Surface interstitielle laissée libre au niveau des allées. Faculté centrale.

Source : originale 2022.

Les espèces spontanées rencontrées sont toujours les mêmes. Ainsi, les espèces plantées dans cette parcelle sont : *Ceratonia siliqua*, *Phyllostachys flexuosa*, *Leucaena leucocephala*, *Robinia pseudo-acacia*, *Livistona sp*, *Pistacia lentiscus*.

3.2.Observation durant l'année 2019 :

En mars 2019, l'oxalis stérile avait disparu au niveau du premier espace interstitiel. Etant donné que le milieu est journalièrement prospecté, nous pouvons avancer la cause intrinsèque de sa disparition. Au fait, ce type d'espace est fortement perturbé. Il est sujet de piétinement régulier des passants. En cette année, l'endroit où a prospéré cette plante a été utilisé comme dépotoir des restes de matériel administratif. De ce fait, nous affirmons que le facteur causant cette non apparition est le facteur anthropique.

Au niveau de l'espace interstitiel adjacent au premier (Figure 43. 2), nous avons soulevé que les quatre individus de l'oxalis stérile sont toujours maintenus dans le même endroit à savoir sur la lisière.

3.3.Observation durant l'année 2020 :

En avril 2020, la distribution est devenue spectaculaire et surprenante. Concernant la première parcelle, rien d'ahurissant. Les bulbilles étant toujours au niveau du sol ; la réapparition de l'oxalis stérile était attendue. Le nombre d'individu toujours à 3 pieds bien développés.

Par contre, nous avons assisté à une élévation du nombre des individus dans le deuxième espace interstitiel (Figure 43. 2). Il s'est agi d'une élévation du nombre de 4 individus à 15 individus au niveau des bordures de la parcelle.

A cet accroissement, s'ajoute deux nouvelles apparitions. La première au niveau de la lisière du jardin botanique (Figure 43.3) avec 5 individus au milieu du peuplement de l'oxalis fertile. Et une seconde du côté des lisières des deux carrés botaniques (Figure 43.4,5) avec 10 et 25 individus respectivement.

Plus loin, est dans la bordure d'un espace végétal protégé situé bien en bas à l'entrée de l'université (Figure 43.6), nous avons remarqué une nouvelle apparition de 5 individus bien venant.

Ces phénomènes de propagation marqués par cette irrégularité de distribution, cette reproduction discrète et cette fréquence rapide point de vue temps, interpelle nos interrogations.

3.4.Observation durant les années 2021 :

Les mêmes observations que l'année d'avant. Aucun changement n'a été souligné.

3.5.Observation durant les années 2022 :

Désherbage des parcelles végétalisées en juin 2021. En mois de novembre le lancement des travaux de réhabilitation dans plusieurs points de la faculté et l'utilisation des carrés botaniques comme dépotoirs des sachets de ciment ainsi que les carrelages ont fait que l'observation n'était pas possible en printemps.

3.6.Observation durant l'année 2023 :

En mars 2023, l'espèce stérile s'est bien réponde malgré la perturbation du milieu par le facteur anthropique. Ce qui a marqué notre étonnement, c'est qu'elle a été rencontrée au niveau de la majorité des espaces végétalisés dans lesquels se trouve l'oxalis fertile. Excepté dans les terrains en pentes où se trouve l'oxalis fertile mais jusqu'à présent aucun oxalis stérile n'a été observé.

Dans le jardin botanique et pour une première, en plus des bordures qu'elle occupait, l'espèce s'est installée à l'intérieur du jardin en plein peuplement de l'oxalis fertile.

Comme nous avons détecté une nouvelle apparition au niveau de la parcelle (9, Figure 43). Les détails ainsi que la localisation sont illustrés dans les figures suivantes (Figure 46 &47).



Figure 46. Situation de la parcelle N° 9. Limitrophe au jardin botanique et à la parcelle N°1. Source : originale 2023



Figure 47. Oxalis stérile au niveau de la parcelle N°9. Source : originale 2023

La réflexion qui s'impose lorsque nous observons ces figures est faite sur le mode de propagation de l'espèce stérile. En effet, nous réalisons que malgré l'emplacement de l'espace (9) entre la parcelle (1) et le jardin botanique avec lequel il est bien limitrophe ; il est le dernier à faire croître cette plante à son niveau. Ainsi, et en matière de temps, c'est important d'attirer l'attention sur le fait qu'il s'agit dans ce cas d'une période allant de 2018 où nous avons signalé la première apparition au niveau de la parcelle (1) jusqu'à 2023 où nous coïncidons cette espèce dans la parcelle (9) située à environ 1.5m de la parcelle (1).

Ajoutons à cela nos observations relatives à la propagation de l'espèce stérile pendant l'année 2020, où nous avons décrit un espace végétal protégé situé bien en bas à l'entrée de l'université (Figure 43.6) dans lequel nous avons remarqué une nouvelle apparition de 5 individus bien venant situés dans sa bordure extrême.

Dans cette parcelle, un phénomène intrigant s'est produit en 2023. Nous assistons à une colonisation entière par l'oxalis stérile. En effet, l'espace que partageait l'oxalis fertile avec l'oxalis stérile depuis l'année 2020 est devenu tapissé entièrement par l'oxalis stérile. Cette nette exclusion de l'espèce fertile s'est produite au bout de trois ans uniquement où, nous sommes passé d'un stade de 5 individus vers une population monospécifique d'oxalis stérile et homogène. (Voir Figure 48)



Figure 48. néo-peuplement homogène de l'oxalis stérile. Source : originale 2023

Ces phénomènes d'homogénéité et du néo-peuplement nous ont sérieusement troublé. Peut-il s'agir d'une exclusion compétitive des autres espèces rudérales ? d'une modification génétique irréversible de l'oxalis fertile ?

Ainsi, est en continuant la prospection quotidienne nous découvrons une nouvelle apparition dans une parcelle protégée pas trop loin de cette dernière et qui est à environ de 10m où nous assistant à une installation assez importante de l'oxalis stérile (Figure 43.8) et (Figure 49)

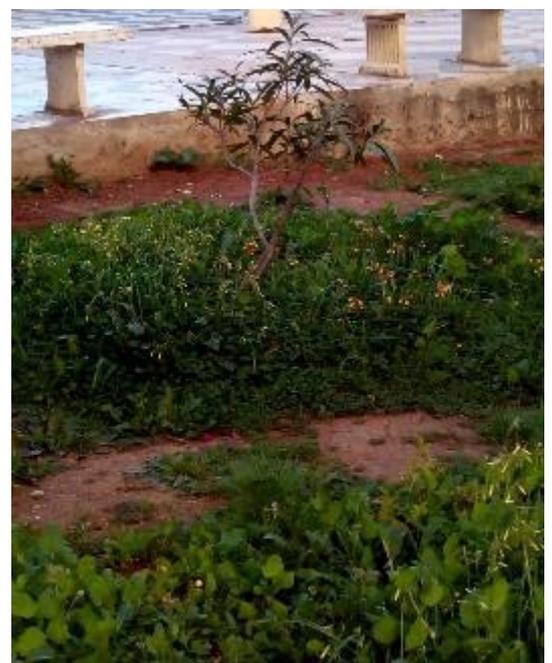
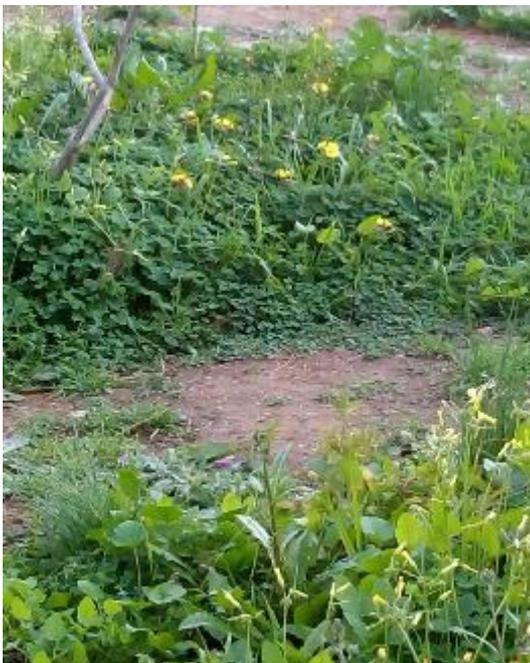


Figure 49. Présence de l'oxalis stérile dans la parcelle N° 8. Source : originale 2023

4. Discussion :

Etant régulièrement sur terrain, nous n'avons constaté aucune amélioration palpable des lieux durant ces 5 ans. Aucune activité anthropique favorisant la fertilité des sols (ajout de terreaux, de fertilisants ou autres). Aucune modification du tapis végétal visible par de nouvelles plantations. A cet effet, l'extension de l'espèce stérile n'est pas liée à des raffermissions des espaces végétalisés et non plus par sa mise en germination volontaire par l'homme.

Il est à noter que l'espèce stérile s'est bien reproduit et s'est bien épanouie dans deux différents types de milieux. Le premier étant ouvert sans protection et le second protégé par des grilles tout autour des périphéries des parcelles.

Les espaces interstitiels sont hautement perturbés car ils sont piétinés quotidiennement par un nombre non négligeable de passants. Mais malgré cela, l'espèce est rencontrée avec l'ensemble des herbacées considérées comme rudérales et qui sont adaptées aux conditions fortes de stress.

Comme il est à soulever aussi que les carrés botaniques ainsi que le jardin et les espaces protégés sont par contre loin des piétinements et dans lesquels nous trouvons l'espèce stérile bien venante arrivant même au stade d'exclure l'oxalis fertile et prendre sa place (parcelle 6). A cet effet, seules selon nous les transformations spontanées de l'oxalis *pescaprae* dues aux stress qui pourront peut-être justifier cette propagation surprenante de point de vue temporel et spatial jusqu'à arriver à une phase où elle se transforme radicalement en plante stérile. Mais ce raisonnement reste hypothétique.

En s'appuyions sur l'analyse des chercheurs dans ce domaine, nous trouverons que selon Colautti et al., 2004, une population d'une espèce donnée peut être invasive avec des impacts négatifs alors qu'elle proliférerait normalement au près des espèces natives dans un autre milieu.

Ils avancent aussi que c'est en absence des facteurs limitants sa prolifération dans son aire d'origine, qu'elle développerait des stratégies pour survivre et coloniser un nouveau territoire. Ce dernier aspect est suivant Vitousek et al., (1997) ; Vilà et al., (2007) ; Mack et al. (2000) ; Brown et al., (2005) ; Barrett et al., (2008) ; Pyšek et al., (2007) ; Oduor,

(2013) engendrait des conséquences écologiques et évolutives significatives, non seulement sur les communautés envahies mais aussi sur les espèces invasives elles-mêmes.

Le principal impact environnemental attendu est la menace de la biodiversité, ceci par l'occupation du territoire au détriment des espèces natives notamment en altérant leur banque de graines et en véhiculant des maladies. Toutefois, certains auteurs comme Powell et al., (2013), affirment qu'il a rarement été rapporté qu'une invasion biologique serait à l'origine d'une extinction d'espèces.

Les auteurs aboutissent à une même conclusion et s'accordent sur la nécessité d'établir une échelle spatiale pour évaluer l'impact d'une espèce non native.

Cette échelle permettra de déterminer le moment et l'endroit où l'impact d'une espèce introduite est préjudiciable pour l'écosystème et ainsi pallier aux divergences d'opinions (Colautti et al., 2004) ; (Valéry et al., 2008) et (Powell et al., 2013). En effet, c'est exactement ce que nous avons tenté de réaliser et en rejoint l'idée de Castro et al., (2016) qui informent sur le premier challenge auquel est confrontée une espèce invasive dans un nouveau territoire et l'occupation d'un maximum de surface en un temps très réduit. Effectivement, nous ne pouvons expliquer cette expansion de l'oxalis stérile que par la reproduction par voie végétative donc par le recours à la production de bulbilles car celles-ci lui permettent de subsister durant les périodes défavorables.

Toutefois, sa période de croissance précoce (formation de rosettes à la fin de l'automne et sénescence de la plante au début du printemps) limite les interférences avec la plupart des espèces annuelles méditerranéennes qui pourraient souffrir de sa présence. (Fried, 2012).

Cette faible compétitivité d'*Oxalis pes-caprae* L. serait attribuée donc à son cycle de vie hivernal car la majorité des espèces notamment annuelles et thérophytes ne sont pas présentes en cette saison. C'est aussi le cas au niveau des terrains dégradés où le nombre d'espèces est très réduit (Vilà et al., 2006) et (Sala et al., 2007).

Le mode aléatoire de propagation de la nouvelle espèce est selon nous lié probablement aux activités des jardiniers qui en utilisant les outils de désherbage transportent les bulbilles d'une parcelle à une autre.

Si l'on considère cette espèce comme mutante, l'origine de sa transformation serait essentiellement spontanée naît au cours de la division cellulaire ou alors la désintégration chimique d'une lettre ou des erreurs au cours de la répartition des chromosomes, soit causée par le biais d'influences externes nocives des facteurs mutagènes. Dans ce cas, le facteur sur lequel nous pouvons pencher c'est l'influence de certains types de rayonnements comme les rayons UV ou les rayons X.

L'impact de ce facteur climatique était clairement élucidé par les chercheurs qui ont pu démontrer l'effet des rayons UV sur l'ADN qui peut être endommagé, favorisant ainsi l'apparition des mutants. Selon Ikehata (2011), la mutagénèse est un processus naturel qui s'inscrit sur de long terme. Les organismes vivants sont soumis dans la nature à des rayons UV ou à de la radioactivité, ce qui provoque des mutations aléatoires.

D'après Munehisa (2021), des informations limitées sont actuellement disponibles sur les mutations induites par les UV chez les plantes.

5. Conclusions

L'espèce Assemam, African wood- sorrel a développé une forme stérile qui s'est installée pour la première fois en 2018 à la fac centrale. Nous avons noté sur le terrain que dans un même endroit composé de plusieurs parcelles dont l'oxalis fertile est abondant et dominant, l'espèce stérile n'est rencontrée que dans une ou deux assiettes de l'ensemble ou bien elle est carrément absente. Cette même observation revient à chaque fois nous la rencontrons. Cela signifie que sa présence n'est pas évidente.

Selon notre échantillonnage, l'oxalis stérile se développe plutôt dans les milieux où les populations sont mixtes composées en premier lieu par l'oxalis fertile dont l'abondance caractérise les parcelles et auxquelles s'associent quelques espèces rudérales.

La remarque tapante et cela par tout où nous avons rencontré l'oxalis stérile c'est qu'il est souvent observé au niveau des lisières des surfaces échantillonnées, loin des formes d'oxalis fertiles monomorphiques en fleurs qui occupent pleinement la surface.

Son observation au milieu du jardin botanique après 3 ans de son apparition, nous laisse penser que cette espèce tant à se développer discrètement à l'intérieur des peuplements d'oxalis fertile. De point de vue densité, l'oxalis fertile est fortement dense par rapport à l'espèce stérile.

Cette dernière présente une abondance insignifiante. L'intensité de sa présence est estimée visuellement à l'environ de 0.1%. Cette appréciation nous permet de révéler que cette espèce nouvellement installée est considérée jusqu'à l'heure actuelle comme plante rare.

CHAPITRE 6 SCREENING PHYTOCHIMIQUE

1. Objectif

Les composés phytochimiques sont directement impliqués dans les traitements thérapeutiques ou sont utilisés comme des précurseurs permettant de synthétiser des médicaments utiles.

L'évaluation de la composition phytochimique dans la présente étude est préliminaire. Elle vise à apprécier la présence de quelques composés végétaux.

Il est important de savoir que le choix des familles chimiques était fonction des travaux établis sur l'*Oxalis pes-caprae* L. uniquement. La deuxième espèce étant nouvelle, sa composition sera à cet effet présentée pour la première fois dans ce document.

2. Screening phytochimique

Afin de mettre au point l'étude phytochimique comparative entre les deux plantes, nous avons pris des extraits bruts des parties aériennes et souterraines que nous avons testés. Chaque manipulation présente un protocole particulier que nous avons suivi étape par étape. (*Techniques utilisées en détails, dans le chapitre Matériel & méthodes*).

3. Résultats

Les tests phytochimiques ainsi établis ont permis de mettre en évidence la présence de quelques familles chimiques représentées dans le tableau (10) ci-dessous.

Tableau 10. Résultats du criblage phytochimique réalisé sur *Oxalis pes-caprae L.* et sa forme stérile.

Famille chimique		<i>Oxalis pes-caprae L.</i>			<i>Oxalis pes-caprae stérile</i>		
		Feuilles	Fleurs	Rhizome	Feuilles	Fleurs	Rhizome
Alcaloïdes		+	+	+	+	+	+
Flavonoïdes	Anthocyanes	-	+	-	-	+	-
	Catéchiques	-	-	-	+	+	-
Tanins	Galliques	+	+	-	-	-	-
	Saponines	+	+	+	-	-	-
Quinones libres		-	-	-	+	+	-
Stérols et triterpènes		-	-	-	+	+	-

(+) = réaction positive ; (-) = réaction négative.

Les résultats des tests phytochimiques semblent être assez intéressants.

Tous les extraits bruts des parties aériennes et souterraines ont montré un précipité brun rougeâtre Wagner, (1993) ce qui traduit leur composition en alcaloïdes. Ce résultat est observé chez les deux plantes.

Concernant les flavonoïdes le test de Harlay *et al.*, (2004), a permis l'apparition d'une couleur bleu-violet exclusivement dans les extraits des fleurs. Ceci traduit la présence des anthocyanes dans uniquement cet organe.

Nous observons que le tannin catéchique est présent au niveau des feuilles et des fleurs de l'oxalis stérile avec une apparition d'une coloration vert foncé

Le tannin gallique par contre, est présent au niveau des feuilles et des fleurs de l'oxalis fertile avec une apparition d'une coloration bleu-vert.

La Saponine est présente dans tous les organes de l'oxalis fertile par contre, elle est totalement absente chez l'oxalis stérile.

Quinones libres ainsi que les Stérols et triterpènes ont montré une présence bien nette aux niveaux des feuilles et des fleurs de l'oxalis stérile.

4. Discussion

Ces différents tests ont permis de mettre en évidence la présence ou l'absence de quelques composés phénoliques déjà décrits dans la littérature chez l'espèce *Oxalis pes-caprae* L.

Les parties aériennes et souterraines de l'*Oxalis pes-caprae* L., ont montré la présence des alcaloïdes et des saponines ce qui correspond parfaitement aux résultats d'autres auteurs qui ont travaillé sur cette espèce entre autres Farhat et *al.*, (2022).

Les tests phytochimiques employés sur l'*Oxalis* stérile marquent une présence d'alcaloïdes dans toutes ses parties aériennes et souterraines exactement comme la plante mère. Néanmoins, nous avons trouvé que les saponines sont totalement absentes.

Selon Bouchelta et *al.*, (2005), les alcaloïdes ainsi que les saponines présentent une activité biocide. Etant donné que l'*Oxalis* stérile est dépourvu de saponines, à cet effet, cette activité si elle existe ne peut être exercée que par la sécrétion des alcaloïdes.

Nous avons noté la présence des anthocyanes uniquement au niveau des fleurs des deux types d'*oxalis*.

Les anthocyanes sont des pigments bioactifs naturels importants. Ils sont responsables de la couleur rouge-bleu des fruits, des feuilles, des graines, des tiges et des fleurs chez diverses espèces végétales. Pour les fleurs, l'utilisation des couleurs des pétales pour attirer les insectes pollinisateurs est une stratégie adoptée par de nombreuses familles d'angiospermes (Mol *et al.*, 1998) et (Zhang *et al.*, 2015). Cela peut expliquer la teneur très élevée des anthocyanes au niveau des fleurs.

Le screening phytochimique a montré une composition en quinones libres ainsi qu'une présence des tanins catéchiques dans les parties aériennes de l'espèce stérile. Concernant l'*Oxalis pes-caprae* L., il a montré une présence des tanins galliques au niveau de ses parties aériennes. Les tanins galliques sont caractéristiques des angiospermes dicotylédones (Biaye, 2002).

Selon Baba Moussa et *al.* (1998) & Baba Moussa (1999) les tanins présentent une activité antifongique.

Et Mahamat et Bassene et *al.* (1995) ainsi que Kolodzie et *al.* (1999) démontrent que les deux types de tanins ainsi que les alcaloïdes tirés des feuilles assurent en plus de la fonction antifongique une activité antibactérienne.

Les quinones selon Benhamou et Rey (2012), sont bien connus pour leur potentiel antifongique et antibactérien.

Et les stérols et triterpènes qui sont communs et largement retrouvés chez les vivants, prouvent une capacité antioxydante et aussi antivirale selon Hisham chady et *al.* (2020).

Il est très intéressant d'intégrer dans notre analyse le travail original de Gul et *al.* (2022) qui ont pu démontrer en plus du potentiels antioxydants et le potentiel antibactérien la cytotoxicité de l'*Oxalis pes-caprae* L. Avec la protéine cible COVID-19, les phénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes et les saponines ont été testés positifs dans les études phytochimiques préliminaires. Ils ont justifié que cette plante est une source de produits phytochimiques efficaces et que son potentiel contre les microbes pourrait conduire au développement de médicaments bio-sécurisés pour le bien-être de l'être humain.

5. Conclusion

La présente étude visait à évaluer les composés végétaux en utilisant des extraits méthanoliques de diverses parties d'*Oxalis pes-caprae*. Le screening phytochimique est un moyen très pratique. Il nous a permis de mettre en évidence la présence de quelques groupes de familles chimiques composants nos extraits végétaux. Cependant, il reste préliminaire car nous avons d'un côté choisi de tester chez l'oxalis stérile la présence des analytes préalablement identifiés chez l'oxalis fertile par les chercheurs. Il serait donc intéressant de tester la présence d'autres familles.

D'un autre côté, les tests de caractérisation chimique utilisés sont basés sur l'analyse qualitative. Une étude plus approfondie touchant l'aspect quantitatif caractériserait le mieux la composition chimique de l'oxalis stérile. Cette caractérisation serait donc plus précise et va renseigner davantage sur la composition détaillée en analytes.

Leur potentiel biologique devrait être exploré afin de tirer davantage d'informations. À l'avenir, différentes études biologiques *in vitro* et *in vivo* pourront être réalisées afin d'approfondir l'étude des potentiels biomédicaux de cette plante.

CONCLUSION GENERALE

L'*Oxalis pes-caprae* L. est une espèce naturalisée introduite au niveau du bassin méditerranéen depuis environ 300 ans. Au fil du temps, elle est devenue invasive. C'est une espèce herbacée, polyploïde à croissance rapide. En plus de former des ilots jusqu'à occuper des hectares de surface, elle présente un système rhizosphérique assez dense qui va en profondeur et répond rapidement aux variations du milieu. ***Mais jusqu'à arriver au stade de donner d'autres formes ! Là, une halte est hautement recommandée.***

Et c'est effectivement le cas. Depuis les quelques dernières années son développement s'est exprimé en une autre forme morphologique.

Notre conclusion générale, reposera sur les principaux résultats obtenus après comparaison entre cette nouvelle espèce d'oxalis et l'espèce polyploïde *Oxalis pes-caprae* L.

Par les différentes analyses morphologiques, biostatistiques, histologiques, et phytochimiques ainsi qu'une analyse dynamique spatio-temporelle, nous articulerons la discussion sur les caractéristiques des populations et le rôle des facteurs écologiques sur l'évolution de ces espèces annuelles colonisatrices.

Les populations échantillonnées sont composées de deux oxalis. L'*Oxalis pes-caprae* l. qui correspond au taxon décrit par Quezel et Santa (1962) et une autre forme non encore connue en Algérie et qui n'est pas référencée dans les flores de l'Algérie et les flores du Maghreb et de l'Afrique du Nord, jusqu'aujourd'hui.

Cette espèce nouvellement installée en Algérie a été observée au hasard dans trois localités limitrophes. Il s'agit des wilayas de Blida, de Cherchell et d'Alger.

Étant donné que ses emplacements à l'intérieur des peuplements de l'*Oxalis pes-caprae* L. ne sont pas évidents, l'échantillonnage par voie de conséquence était totalement fortuit.

Ainsi, nous avons tenté de suivre sa progression dynamique et subséquemment faire une lecture attentive des résultats des analyses qui décrivent sa morphologie, son histologie, sa composition en métabolites secondaires et la comparer avec l'oxalis connue.

Cette espèce n'est pas fréquente. Le nombre d'individus est considérablement discret, néanmoins elle a montré une fréquence d'expansion tangible dans l'espace et dans le temps ce qui a incité nos questionnements sur ce phénomène. Le suivi de la dynamique de l'extension du nouveau oxalis peut effectivement revêtir différentes interprétations tant au niveau des grandes unités taxonomiques d'Angiospermes qu'entre des populations de la même espèce à l'échelle d'une flore locale ou régionale.

Les différences phytochimiques ainsi que les très grandes différences de la morphologie florale et du cormus des deux formes d'oxalis (fleurs sans ou avec appareil reproducteur ; nombre des éléments du cormus varié ; pigmentation différente ; métabolismes secondaires différents...), suggère qu'il y a eu des modifications de certains gènes au cours de l'évolution. Cette analyse reste hypothétique et nécessiterait une investigation dans le domaine de la génétique moléculaire.

Toutes ces observations, laissent apparaître que les quatre approches que nous avons utilisées dans cette étude ont toutes révélé des différences nettes entre les deux oxalis. Ceci, plaident en faveur d'une importante diversité surtout que la fertilité du nouvel oxalis est absente et leurs croisements réciproques s'avère donc improbable.

Dans ce travail, nous évoquons très tôt les probables problèmes de l'emplacement de cette herbacée dans les centres de spéciation des endémiques en Algérie. En effet, à cause de sa propagation inquiétante et qui risque de devenir plus intense peut aboutir à une perturbation des territoires des plus grandes richesses floristiques.

Il est possible que les idées du lecteur aillent vers une manière à pratiquer ou une politique à adopter pour éradiquer des espèces qualifiées d'inutiles et nuisibles.

Au fait, nous ne préconisons pas cette façon de traiter les problèmes environnementaux. En notre sens, pour pallier les conséquences désastreuses il serait plus intéressant d'y remédier par des recherches qui permettront de connaître les aspects génétiques et de trouver plutôt, pourquoi pas, une voie de valorisation pour l'oxalis stérile et une revalorisation de l'oxalis fertile ; tout en garantissant la préservation du patrimoine floristique.

Tout d'abord, il serait très intéressant de connaître s'il s'*agit d'espèces différentes ou de sous-espèces ?*

Cette question sera mieux perçue si on se focalise sur le rôle des facteurs écologiques car toutes les échelles qu'elles soient globales, régionales et locales, se trouvent au centre de questions sur les interactions génotype-phénotype et à la base des processus d'adaptation, d'évolution et de spéciation.

En effet, les contrastes bioclimatiques entre les stations de récoltes, nous ont conduits à se poser la question sur le degré de diversité et de divergence génétique qui peut exister entre les deux formes d'oxalis.

Ajoutons à cela, le système de reproduction des polyploidies à l'échelle infraspécifique. L'expression de la diversité génétique dans ce cas joue aussi un rôle central dans la répartition de la variabilité intra et inter population.

La connaissance précise de la structuration éco-géographique des populations, revête donc d'une importance cruciale pour la conservation de la biodiversité.

Nous invitons les chercheurs également à ouvrir des horizons sur les potentiels biologiques des deux types d'oxalis qui devront être exploré afin de tirer davantage d'informations. À l'avenir, différentes études biologiques in vitro et in vivo pourront être réalisées afin d'approfondir l'étude des potentiels biomédicaux de cette plante.

Une lumière est fortement recommandée sur l'utilisation de l'*Oxalis pes-caprae* L. dans la phytoremédiation des sols pollués.

Un échantillonnage plus large ainsi que l'utilisation de techniques adéquates pour les espèces bulbeuses pourraient contribuer à expliquer l'expression de la biodiversité de ces espèces vivaces à multiplication végétative importante.

D'autres données de cytogénétique classique et moléculaire s'imposent pour contribuer à la connaissance cytotaxonomique des espèces d'Algérie.

L'utilisation des séquences nucléaires et chloroplastiques, pourraient améliorer les connaissances des différents taxons notamment, l'origine de la polyploïdie.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

-  **ANRH. 2005.** Carte des pluies moyennes annuelles de Nord de l'Algérie en 1/500.000.
-  **Arano H, Saito H. 1980.** Cytological studies in family Umbelliferae 5. Karyotypes of seven species in the subtribe Seselinae. *Kromosomo*. 2: 471–480.
-  **Atala C., Pertierra L.R., Aragón P., Carrasco-Urra F., Lavín P., Gallardo-Cerda J., Ricote- Martínez N., Torres-Díaz C., Molina-Montenegro M.A., 2019.** Positive interactions among native and invasive vascular plants in Antarctica: assessing the “nurse effect” at different spatial scales. *Biol Invasions* vol. 21, pp. 2819–2836. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02016-7>.
-  **Anonyme 1** https://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Oxalis_pes-caprae.htm. consulté le 06/10/2022
-  **Anonyme 2** https://www.pacificbulbsociety.org/pbswiki/index.php/Oxalis_pes-caprae#&gid=1&pid=18 consulté le 06/10/2022

B

-  **Baali cherif N. 2010.** Cartographie du milieu et de la flore par le système d'Information géographique. Thèse magister. Université Houari boumedienne (USTHB). Alger. 80p.
-  **Baba Moussa F., Akpagana K., Bouchet P. Comparaison de l'activité antifongique des feuilles et écorces de tronc de Pteleopsis suberosa G.** Don (Combretaceae). - *Acta botanica gallica* - 1998, 145, (3), p.223-288.
-  **Baba Moussa F. 1999.** *Journal of Ethnopharmacology*, , 66, (3), 335-338
-  **Bahorun, T. (1997).** Substances Naturelles actives: La flore mauricienne une source d'approvisionnement potentielle. Université de Maurice. AMAS, *Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius* , p 83.
-  **Baker H., 1974.** The Evolution of Weeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* vol. 5, pp. 1–24. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.05.110174.000245>.
-  **Barrett S. C. H., Colautti R. I., Eckert C. G., 2008.** - Plant reproductive systems and evolution during biological invasion. *Mol. Ecol.* 17, 373–383. doi: 10.1111/j.1365-294X.2007.03503.x

- ✎ **Barrett S.C.H., Shore JS. 2008.** New insights on heterostyly: comparative biology, ecology and genetics. In: Franklin-Tong VE, ed. Self-incompatibility in flowering plants. Evolution, diversity and mechanisms. Heidelberg: Springer, 3-32.
- ✎ **Barrett S.C.H. 2002.** The evolution of plant sexual diversity. *Nature* 3: 274-284.
- ✎ **Barrett S.C.H., Jesson L.K., Baker A.M., 2000.** The Evolution and Function of Styler Polymorphisms in Flowering Plants. *Annals of Botany*, vol. 85, Issue suppl_1, pp. 253– 265. <https://doi.org/10.1006/anbo.1999.1067>.
- ✎ **Barry J.P., Celles J.C., Faurel L., 1974.** - Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques, feuille de d'Alger au 1/ 1000.000. *Alger. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.* 11 :125 p.
- ✎ **Bassene E., Mahamat B., LO M., Boye C.S, Faye B. 2019.** Comparaison de l'activité antibactérienne de trois Combretaceae : *C. micranthum*, *Guiera senegalensis* et *Terminalia avicennioides*.
- ✎ **Battandier J.A., Trabut L., 1884.** - Flore d'Alger et catalogue des plantes d'Algérie. Monocotylédones. Ed. A. Jourdan, Alger, 208 p. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k64369281.texteImage>
- ✎ **Battandier J.A., Trabut L.CH., 1890.** - Flore de l'Algérie Dicotylédones. Base de données des plantes d'Afrique. Conservatoire et jardin botanique de la ville de Genève. <http://bibdigital.rjb.csic.es/ing/Libro.php?Libro=1454&Pagina=185>.
- ✎ **Biaye M., 2002.** Actions pharmacologiques des tanins. Thèse de doctorat d'état en pharmacie. Université Cheikh Anta Diop De Dakar.57p.
- ✎ **Benhamou N., Rey P. 2012.** Stimulateurs des défenses naturelles des plantes : une nouvelle stratégie phytosanitaire dans un contexte d'écoproduction durable. *Phytoprotection* Volume 92, numéro 1,2012, p.1-23. <https://doi.org/10.7202/1012399ar>
- ✎ **Bennett, M D, Leitch IJ. 1997.** Nuclear DNA Amounts in Angiosperms-583 New Estimates. *Annals of Botany.* 80: 169–196.
- ✎ **Bentabet Lasгаа N. 2015.** Étude phytochimique et évaluation des activités biologiques de deux plantes *Fredolia aretioides* et *Echium vulgare* de l'ouest algérien. Thèse de doctorat, P 20-21.

- ✎ **Bouchelta A. ; Boughdad A. ; Blenzar A. 2005.** Effets biocides des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits de *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) sur *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera : Aleyrodidae). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2005 9 (4), 259–269.
- ✎ **Bouchibane, M. ; Zemouri, M. ; Toumi, R. 2021.** Contribution à l'étude de la végétation de certains massifs montagneux de la Kabylie des Babors (Nord-Est algérien). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, Vol. : 91, articles, 2021, p. 317 – 360.
- ✎ **Boughani, A. 1995.** Contribution à l'étude de la flore et des formations végétales au sud des monts du Zab (Ouled Djellal, wilaya de Biskra) : phytomasse, application cartographique et aménagement. Thèse de magister, université des sciences et de technologie Houari Boumédiène, Alger.
- ✎ **Bouyer J., 1996.** Méthodes statistiques. Médecine-Biologie. ESTEM, édition INSERM, Paris. p.353
- ✎ **Bouzenoune A., 2002.** Les zones de développement durable. Conservation in situ et ex situ, MATE- GEF/PNUD Projet ALG97/G31. 36-60 pp.
- ✎ **Bretagnolle F, Thompson JD. 1995.** Tansley Review No-78 – gametes with the somatic chromosome- number – mechanisms of their formation and role in the evolution of autopolyploid plants. *New Phytologist*. 129: 1–22.
- ✎ **Brown, J. S., Eckert, C. G., 2005.** - Evolutionary increase in sexual and clonal reproductive capacity during biological invasion in an aquatic plant *Butomus umbellatus* (Butomaceae). *Am. J. Bot.* 92, 495–502. doi: 10.3732/ajb.92.3.495
- ✎ **Brownfield L, Kohler C. 2011.** Unreduced gamete formation in plants: mechanisms and prospects. *Journal of Experimental Botany*. 62(5): 1659-1668.
- ✎ **Bruneton J. 2009.** Pharmacognosie, Phytochimie, Plante médicinales. Lavoisier Technique & Documentation, 3ème édition, Paris. p: 1120.

 C

 **Carette E., Renou E., - Deshayes GP., - Lucas H., Guichenot A., Loche V., Durieu De Maisonneuve, Michel CH. - Cosson, E., Ravergie, A. L., Delamare, AD. H. AL., Perier, J.A.N., Renier L., 1844-1867-** Exploration scientifique de l'Algérie : pendant les années 1840-1841-1842. Editions Arthus Bertrand (Cabinet) - Imprimerie nationale (France) p.602.
<https://bibdigital.rjb.csic.es/viewer/12935/?offset=#page=2&viewer=picture&o=bookmark&n=0&q=>

 **Castric V., Billiard S., Vekemans X. 2014.** Trait transitions in explicit ecological and genomic contexts : plant mating systems as case studies. In Ecological Genomics (pp. 7-36). Springer Netherlands.

 **Castro S., Castro M., Ferrero V., Costa J., Tavares D., Navarro L., Loureiro J., 2016.** Invasion Fosters Change : Independent Evolutionary Shifts in Reproductive Traits after *Oxalis pes-caprae* L. Introduction. *Frontiers in Plant Science*. Article 874, vol. 7. DOI: 10.3389/fpls.2016.00874.

 **Castro S., Loureiro J., Santos C., Ater M., Ayensa G., Navarro L., 2007.** Distribution of Flower Morphs, Ploidy Level and Sexual Reproduction of the Invasive Weed *Oxalis pes-caprae* in the Western Area of the Mediterranean Region. *Annals of Botany*, vol. 99, issue 3, pp. 507–517. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl273>.

 **Castro-Díez P., Valle G., González-Muñoz N., Alonso, Á. 2014.** Can the life-history strategy explain the success of the exotic trees *Ailanthus altissima* and *Robinia pseudoacacia* in Iberian floodplain forests? *PLoS ONE* 9: e100254. doi: 10.1371/journal.pone.0100254

 **Chabrier J-Y. 2010.** Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie. *Sciences pharmaceutiques*. Hal-01739123.

 **Chaumont M., Paquin C., 1971.** Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500.000. *Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Alger*, 24 p. et carte à 4 feuilles : Feuille d'Oran Nord et Sud, Feuille d'El Asnam Nord et Sud, Feuille d'Alger Nord et Sud, Feuille de Constantine Nord et Sud.

-  **Chevalier A., 1940.** Revision de quelques Oxalis utiles ou nuisibles. Répartition géographique et naturalisation de ces espèces. Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale, bulletin n°230-231, Octobre-novembre. pp. 657-694; [doi : https://doi.org/10.3406/jatba.1940.1590](https://doi.org/10.3406/jatba.1940.1590).
-  **Colautti R.I., MacIsaac H.J., 2004.** A neutral terminology to define 'invasive' species. Diversity and Distributions vol.10, pp. 135–141. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00061.x>.
-  **Cosson E., 1882-1890.** - Illustrations florae atlanticae, 3 vol., 1: 125 p; 2: Illustr. 1-98; 3: illust.99-175.<https://www.euvrard-fabre.com/en/lot/105615/12973756>
-  **Costa J., Ferrero V., Loureiro J., Castro M., Navarro L., Castro S., 2014.** Sexual reproduction of the pentaploid, short-styled Oxalis pes-caprae allows the production of viable off spring. Plant Biology, vol. 16, issue 1, pp. 208–214. <https://doi.org/10.1111/plb.12010>.
-  **Cowan M.M. 1999.** Plant Products as Antimicrobial Agents. Clinical Microbiology Reviews, 12(4): 564–582.
-  **Craven, P. 2009.** Phytogeographic study of the Kaokoveld centre of endemism. PhD. Dissertation, University of Stellenbosch, 233p.
-  **Cuendet, M. 1999.** Recherche de nouveaux composés capteurs de radicaux libres et antioxydants à partir d'une plante d'Indonésie : « Fagraea blumei » (Loganiaceae) et de trois plantes d'altitude : « Bartsia alpina » (Scrophulariaceae), « Loiseleuria procumbens » (Ericaceae) et Camp, Thèse de doctorat, p 24.
-  **Culliney T.W., 2005.** Benefits of Classical Biological Control for Managing Invasive Plants.Critical Reviews in Plant Sciences, vol. 24, issue 2, pp. 131–150. <https://doi.org/10.1080/07352680590961649>.
-  **Custer G.F., van Diepen L.T.A., 2020.** Plant Invasion Has Limited Impact on Soil Microbial α -Diversity: A Meta-Analysis. Diversity, vol. 12, issue 3. DOI: 10.3390/d12030112
-  **D**
-  **Darlu P, Tassy P. 1993.** Reconstitution phylogénétique. *Masson*, Paris, 245 p.
-  **Darlu, P, Tassy R. 2004.** La reconstruction phylogénétique, in: La Reconstruction Phylogénétique. 241.

-  **De Nettancourt, D., 2001.** Incompatibility and incongruity in wild cultivated plants. SpringerVerlag, Berlin.
-  **De Storme N, Geelen D. 2013.** Sexual polyploidization in plants—cytological mechanisms and molecular regulation. *New Phytologist* 198(3) : 670-684.
-  **Demianowicz Z. 1963.** Sur l'origine des macles d'oxalate de calcium contenues dans les miels de tilleul. *Les Annales de l'Abeille*, 6 (4), pp.249-255. Hal-00890180.
-  **Derbel S., Ghedira K. 2005.** Les phytonutriments et leur impact sur la santé. *Phytothérapie*, 3 (1) : 28-34.
-  **Derneği, D.2010.** Hotspot de la biodiversité du bassin méditerranéen. BirdLife International. Critical ecosystem partnership fund. 399p.
-  **Desfontaines A.R., 1798.** Flora Atlantica. Tome 1. Ed. L.G. Desgranges, Paris.
-  **Djebaili S., 1984.** Recherches phytosociologiques et écologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Office Publications Universitaires. Alger. 177 p.
-  **Djellouli, Y., 1991.** Flores et plantes en Algérie septentrionale. Déterminisme de la répartition des plantes. Thèse d'État, Univ.H. Boumediene, Alger, 262 p. (+Ann).
-  **Ducellier M. L., 1914.** Végétation de l'Oxalis cernua Thunb. en Algérie. *Rev. Gen. Bol.* 25:2177-227.
-  **Ducellier M. L., 1914.** Revue générale de botanique. Librairie générale de l'enseignement. Paris : vol. 25, issue 2. pp. 222.
<https://www.biodiversitylibrary.org/page/12622943>.
-  **E**
-  **Emberger L., 1930.** La végétation de la région méditerranéenne. Essai de classification des groupements végétaux. *Rev. Gén. Bot.* 42 : 641-721.
-  **Emberger L., 1951.-** Rapport sur les régions arides et semi-arides de l'Afrique du Nord. In : les bases écologiques de la régénération de la végétation des zones arides. *Pub. Un. Int. Sci. Biol. Ser. B. Coll. N°9*, Paris, pp. 50-61.
-  **Eiten G., 1963.** *American Midland Naturalist* 69(2): 257-309



F



Farhat G., Ilham Kh., Javed I., Banzeer A. A., Amir Sh., Raffaele C., Itzel A.E., Yousef A., Bin Jordan., Raquel C.B., Tariq M. 2022. Phytochimie, activités biologiques et études d'amarrage moléculaire in silico des composés d' Oxalis pes-caprae L. contre le SARS-CoV-2. J King Saud Univ Sci. 34(6): 102136.



Fried G. 2012. Guide des plantes invasives. Belin, Paris, 272 pp.



G



Gamisans J., Jeanmonod D., 1995. The flora of Corsica : State of knowledge, patrimonial interest and state of conservation in ecologia méditerranæa, 135-148. <https://archive.org/details/mobot31753002936182/page/iii/mode/2up>.



Gervais C., 2011. Evolution de l'auto-incompatibilité : modélisation des conditions de maintien et de la diversification en populations finies. Thèse de doctorat, Université de Lille1. 89p.



Gebregziabher A.K., 2004. Systematic significance of bulb morphology of the Southern African members of Oxalis L. (Oxalidaceae). Thèse de doctorat. Université de Stellenbosch (Stellenbosch University).



Gherzouli, R. ; Djellouli, Y., 2005. Diversité floristique de la Kabylie des Babors (Algérie). Sécheresse, 16 (3) : 217-23.



Gordo, B.; Hadjadj-Aoul, S. 2019. L'endémisme floristique algéro-marocain dans les monts des Ksour (Naâma, Algérie). Flora Mediterranea 29 : 129-142.



Greilhuber J, Speta F. 1976. C-banded karyotypes in the Scilla hohenackeri group S, persica, and Puschkinia (Liliaceae). *Plant Systematics and Evolution*. 126: 149-188.



Güçlütürk I., Detsi A., Krisztina Weiss E., Ioannou E., Roussis V. Kefalas P. 2012. Evaluation of Anti-oxidant Activity and Identification of Major Polyphenolics of the Invasive Weed Oxalis pes-caprae. *Phytochem. Anal.* wileyonlinelibrary.com/journal/pca.



Guinochet M., 1954. Réflexions sur l'état actuel de nos connaissances phytosociologiques en Afrique du Nord. *Vegetatio* 5-6: 18-22.

 **Gul F., Khan I., Iqbal J., Ahsan Abbasi B., Shahbaz A., Capasso R., Amaro-Estrada I., Bin Jordan Y., Cossio-Bayugar R., Mahmood T. 2022.** Phytochemistry, biological activities and in silico molecular docking studies of Oxalis pes-caprae L. compounds against SARS-CoV-2. *Journal of King Saud University – Science* 34 (2022) 102136.

H

 **Harlan JR, de Wet JMJ. 1975.** The origins of polyploidy. *The botanical review.* 41(4): 361-390.

 **Harlay A., Huard A., Ridoux L. 2004.** Guide du préparateur en pharmacie. Ed Masson, Paris, France.

 **Hayes K. R., Barry S. C., 2008.** Are there any consistent predictors of invasion success? *Biol. Invasions* 10, 483–506. doi: 10.1007/s10530-007-9146-5

 **Hennig W. 1966.** Phylogenetic Systematics. IV+263 pp., Urbana (University of Illinois Press).

 **Heywood V.H. 1968.** Moderns methods in plant taxonomy. Academic Press London & New York. 312 p.

 **Hisham Shady N., Youssif Kh.A., Sayed A.M., Belbahri L., Oszako T., Hassan H.M, Abdelohsen U.R. 2020.** Sterols and Triterpenes: Antiviral Potential Supported by In-Silico Analysis. *Plants (Basel).* 2021 Jan; 10(1): 41. Published online 2020 Dec 26. doi: [10.3390/plants10010041](https://doi.org/10.3390/plants10010041)

 **Hopkins W.G., Évrard C.M. 2003.** Physiologie végétale. Edition De Boeck Supérieur, P : 267.

 **Hosein S.R., Lytle M. 2001.** Les antioxydants. *Catie feuillet d’information*, p: 5.

 **Hulme P.E., 2004.** Invasions, islands and impacts: a Mediterranean perspective. In: Fernandez-Palacios J.M. & Morici C., (eds.). *Island ecology.* Asociacion española de ecologia terrestre, Madrid : 359-383.

 **Huziwara Y. 1962.** Karyotype analysis in some genera of Compositae, VIII, Further studies on the chromosomes of Aster. *American Journal of Botany.* 49: 116-119.

I

 **Igic B., Kohn J., 2006.** The distribution of plant mating systems : Study bias against obligately out-crossing species. *Evolution* 60 :1098-1103.

 **Ikehata H., Ono T. 2011.** Les mécanismes de la mutagénèse UV. National library of medicine. 52(2):115-25 DOI : 10.1269/jrr.10175.

 **J**

 **Jadia, C.D., Fulekar, M.H., 2009.** Phytoremediation of heavy metals: Recent techniques. African Journal of Biotechnology vol. 8, issue 6, pp. 921-928. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/59987>.

 **Jahandiez É., Maire R.CH.J., 1932.** Catalogue des plantes du Maroc. Dicotylédones Archichalamydées. T. II. Conservatoire et jardin botanique de la ville de Genève. Base de données des plantes d'Afrique. <http://bibdigital.rjb.csic.es/ing/Libro.php?Libro=4266&Pagina=292>.

 **Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A. et Stevens P. 2002.** Botanique Systématique. Une perspective phylogénétique. 420p.

 **K**

 **Kabera J.N., Semana E., Mussa Ally R., Xin H. 2014.** Plant secondary metabolites: biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. Journal of Pharmacy and Pharmacology. 2: 377-392.

 **Kadik B., 1983.** Contribution à l'étude du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie. Thèse Doct. Etat Université des Sciences et de Technologie Aix Marseille, 310p. et ann.

 **Kansole, M.M.R. 2009.** Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso: cas de *Leucas martinicensis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundia opposita* vahl et *Orthosiphon pallidus* royle ex benth. Mémoire pour obtenir un diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A) en Sciences Biologiques Appliquées, Burkina Faso.

 **Kokate. C. K. 1999.** "Practical pharmacognosy" 4 th edition, Vallabh Prakashan Publication, New Delhi, India.

 **Kolodzie J., Kayser O., Latte KP., Ferreira D.** Evaluation of the antimicrobial potency of tannins and related compounds using the microdilution both method. *Planta medica*, 1999, 65, (5), p.444-446.

 **Kyrtatos N., 1988.** Destruction de quelques biotopes côtiers menacés en Grèce. Rapp. Comm. int. Mer Medit., 31, 2: 135.

 **L**

 **Lanfranco E., 1995.** The Maltese flora and conservation in ecologia mediterranea, 165-168.

 **Lavana UC, Srivastava S. 1992.** A simple parameter of dispersion index that serves as a adjunct to karyotype asymmetry. *Journal of Biosciences*. 17: 179–182.

 **Lavergne C., Viscardi G., Gigord L. 2013.** Note à propos du choix et de l'utilisation de certaines espèces végétales introduites dans le cadre des Orientations Forestières du Département de Mayotte. CBNM, 17p.

 **LE Houerou H. N., Claudin J., Haywood M., Donadieu J. 1975.** Etude phytocéologique du Hodna. UNESCO-FAO, Rome, AGS : DP/ALG/66 : 509, Rap. tech. 3, 2vol.

 **Lespagnol A. 1975.** Chimie des médicaments, Tome 2. Ed Technique et Documentation, Paris, France.

 **Levitsky GA. 1931.** The karyotype in systematic. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding*. 27: 220–240.

 **Lipińska L, Sójka M, Klewicka E. 2014.** Structure, occurrence and biological activity of ellagitannins: a general review. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 13(3): 289-299.

 **Lovett Doust L., MacKinnon, A., Lovett-Doust, J. 1985.** The biology of Canadian weeds. 71. *Oxalis stricta* L., *O. corniculata* L., *O. dillanii* Jacq. ssp. *dillanii* and *O. dillanii* Jacq. ssp. *filipes* (Small) Eiten. In: *Canadian Journal of Plant Science*. Bd. 65, S. 691–709.

 **M**

 **Maarten J.M., Christenhusz J., Byng W. 2016.** The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa* pp: 201-217. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.261.3.1>

 **Mace. M.D. 1963.** Histochemical localization of phenols in healthy and diseased tomato roots, *Phytopathology*, 16:915-925.

 **Macheix J., Fleuriet A., Jay-Allemand C. 2005.** Les composés phénoliques végétaux, un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, , p:192.

- ✎ **Mahamat B. 1995.** Contribution à l'étude des Combretaceae du Sénégal. Comparaison de l'activité anti-bactérienne de trois espèces
- ✎ **Maire R., 1955.** - Flore de l'Afrique du Nord. Ed. Le Chevalier. Paris. Vol. III: 65-69.
- ✎ **Mansion, G.; Selvi, F.; Guggisberg, A.; Elena, Conti E. 2009.** Origin of Mediterranean insular endemics in the Boraginales: integrative evidence from molecular dating and ancestral area reconstruction. *Journal of Biogeography*. 36: 1282–1296
- ✎ **Mansouri, S.; Miara, M.Dj.; Hadjadj-Aoul, S. 2018.** Etat des connaissances et conservation de flore endémique dans la région d'Oran (Algérie occidentale). *Acta Botanica Malacitana* 43 (2018). 23-30. S.
- ✎ **Marchant DB; Soltis DE, Soltis PS. 2016.** *Genome Evolution in Plants*. eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.
- ✎ **Marks G.E. 1956.** *New Phytologist* 55(1) : 120-129, | VAI0
- ✎ **Mason AS, Pires JC. 2015.** Unreduced gametes: meiotic mishap or evolutionary mechanism? *Trends in Genetics*. 31(1) : 5-10.
- ✎ **MATE, 2014.** 5ème Rapport National sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique au niveau national. pp. 148.
- ✎ Mathew P.M., 1958. *Cytologia* 23 : 200-210.
- ✎ **Médail F, Diadema K. 2006.** Biodiversité végétale méditerranéenne. *Annales de Géographie* 651 : 618- 640.
- ✎ **Médail F, Diadema K. 2009.** Glacial refugia influence plant diversity patterns. *Journal of Biogeography* 36(7):1333 - 1345
- ✎ **Médail F, Myers N. 2004.** Mediterranean Basin, In Mittermeier, R. A., Robles Gil, P., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G., Lamoreaux, J. & da Fonseca, G. A. B. (coords.), *Hotspots revisited : Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*, CEMEX (Monterrey), Conservation International (Washington) & Agrupación Sierra Madre (Mexico), p. 144-147.
- ✎ **Médail F, Quézel P. 1999.** Biodiversity Hotspots in the Mediterranean Basin: Setting Global Priorities. *Conservation Biology* 13 (6) 1510-1513.
- ✎ **MEDJAHDI, B. 2010.** Réponse de la végétation du littoral oranais aux perturbations : Cas des monts des Trara (Nord-ouest de l'Algérie). Th. Doc : Univ. Tlemcen. 366p.

- ✎ **Miara, M.DJ.; Ait Hammou, M. ; Dahmani, W. ; Negadi, M. ; Djellaoui, A. 2018.** Nouvelles données sur la flore endémique du sous-secteur de l'Atlas tellien Oranais "O3" (Algérie occidentale). *Acta Botanica Malacitana* 43 (2018). 63-69.
- ✎ **Millennium Ecosystem Assessment 2005.** *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- ✎ **Mittermeier, RA, Gil PR, Hoffmann M, Pilgrim J, Brooks T, Mittermeier CG, Lamoreux J, Da Fonseca, GAB. 2004.** Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. University of Chicago Press for Conservation International.
- ✎ **Mol, J., Grotewold, E. and Koes, R. 1998.** How genes paint flowers and seeds Joseph, *Trends in Plant Science*, Vol. 3 No. 6, pp. 212–217.
- ✎ **Moravcová L., Pyšek P., Jarošík V., Pergl J., 2015.** - Getting the right traits: reproductive and dispersal characteristics predict the invasiveness of herbaceous plant species. *PLoS ONE* 10:e0123634. doi: 10.1371/journal.pone.0123634
- ✎ **Morrison DA., Ellis JT. 1997.** Effects of nucleotide sequence alignment on phylogeny estimation: a case study of 18S rDNAs of apicomplexa. *Molecular Biology and Evolution*. 14: 428-441.
- ✎ **Munehisa N. 2021.** Détection et analyse des mutations induites par les UV dans l'ADN chromosomique d' Arabidopsis. *Communications sur la recherche biochimique et biophysique*. Vol.554. pp : 86-93.
- 📖 **N**
- ✎ **Myers N., Mittermeier R.A., Mittermier C.G., Fonseca G., Kent J. 2000** *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. *Nature* 403 : 853-858pp.
- ✎ **Naila S., Ibrar M., Hadi F., Khan M.N., 2020.** Pharmacognostic Evaluation of *Oxalis pes-caprae* L. (Family Oxalidaceae). *Sarhad Journal of Agriculture*, vol. 36(1), pp. 70-80. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2020/36.1.70.80>.
- ✎ **Naila S., Ibrar M., 2018.** Pharmacological Studies of *Oxalis Pes-caprae* L. *Pharmacognosy Journal* vol. 10, pp. 705–711. <https://doi.org/10.5530/pj.2018.4.117>.
- ✎ **Nair B.R. ; Kuriachan P. 2004.** *Cytologia* 69(2) : 149-153
- ✎ **Négre R., 1962.** - Petite flore des régions arides du Maroc occidental. Tomell. Eds CNRS. Paris.

 **Ness R. W., Wright S. I., Barrett, S. C. H., 2010.** - Mating-system variation, demographic history and patterns of nucleotide diversity in the tristylous plant *Eichhornia paniculata*. *Genetics* 184, 381–392. doi: 10.1534/genetics.109.110130

 **Nieto Feliner, G. 2014.** Patterns and processes in plant phylogeography in the Mediterranean Basin. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*. 16: 265-278

 **Novak S. J., Mack R. N. 2005.,** - “Genetic bottlenecks in alien plant species: influences of mating systems and introduction dynamics,” in *Species Invasions: Insights into Ecology, Evolution, and Biogeography*, eds D. F. Sax, J. J. Stachowicz, and S. D. Gaines (Sunderland, MA: Sinauer Associates), 201–228.

 **O**

 **Oduor A. M., 2013.** - Evolutionary responses of native plant species to invasive plants: a review. *New Phytol.* 200, 986–992. doi: 10.1111/nph.12429

 Okuda T. Ito H. 2011. Tannins of constant structure in medicinal and food plants-hydrolyzable tannins and polyphenols related to tannins. *Molecules*, , 16: 2191-2217.

 **Olsen GJ, Woese CR. 1993.** Ribosomal RNA: a key to phylogeny. *FASEB Journal*. 7: 113-123

 **Ornduff R., 1974.** Heterostyly in South African flowering plants: a conspectus. *Journal of South African Botany*, 40: 169-187.

 **Ornduff R., 1987.** Reproductive Systems and Chromosome Races of *Oxalis Pes-Caprae* L. and Their Bearing on the Genesis of a Noxious Weed. *Annals of the Missouri Botanical Garden* vol. 74, pp. 79–84. <https://doi.org/10.2307/2399264>

 **Ozenda P., 1977.** - Flore du sahara. Paris, Ed. CNRS. 622 p.

 **P**

 **Packam J.R. 1978.** *Journal Ecol.* 66(2) : 669-693.

 **Paris R.R., 1976.** Moyse H. *Précis de matière médicale*, Tome I. Ed Masson, Paris, France.

 **Paszko B. 2006.** A critical review and a new proposal of karyotype asymmetry indices. *Plant Systematics and Evolution* 258: 39–48.

 **Petit R, Aguinagalde I, de Beaulieu JL, Bittkau C, Brewer S, Cheddadi R, Ennos R, Fineschi S, Grivet D, Lascoux M, Mohanty A, Müller-Starck G, Demesure-Musch B, Palmé A, Martín JP, Rendell S, Vendramin GG. 2003.** Glacial refugia: hotspots but not melting pots of genetic diversity. *Science*. 300(5625):1563-5.

 **Powell K.I., Chase J.M., Knight T.M., 2013.** Invasive Plants Have Scale-Dependent Effects on Diversity by Altering Species-Area Relationships. *Science* vol. 339, issue 6117, pp. 316–318. DOI: 10.1126/science.1226817.

 **Prentis P. J., Wilson J. R. U., Dormontt E. E., Richardson D. M., Lowe A. J., 2008.** - Adaptive evolution in invasive species. *Trends Plant Sci.* 13, 288–294. doi: 10.1016/j.tplants.2008.03.004

 **Pyšek P., Richardson D. M., 2007.** - “Traits associated with invasiveness in alien plants: where do we stand?,” in *Biological Invasions, Ecological Studies*, ed. W. Nentwig (Berlin: Springer-Verlag), 99–126.

 **Pyšek P., Richardson D.M., Pergl J., Jarosik V., Sixtova Z., Weber E. 2008.** Geographical and taxonomic biases in invasion ecology. *TREE*, 23: 237-244.

Q

 **Quezel P., 1957.** - Peuplement végétal des hautes montagnes de l’Afrique du nord. Paris. Le chevalier. 463 p.

 **Quezel P., Bounaga D., 1975.** - Aperçu sur la connaissance actuelle de la flore d’Algérie et de Tunisie. In : *La Flore du Bassin Méditerranéen. Essai de systématique synthétique*. Edition du CNRS, Paris:125-130.

 **Quezel P., Santa S., 1962-1963.**- Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques méridionales, vol 1-2. CNRS., Paris, 1170 p.

R

 **Ramsey J, Schemske DW. 1998.** Pathways, mechanisms, and rates of polyploid formation in flowering plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 29: 467-501.

 **Rani S. Syed M. Jeelani , Santosh Kumari ,Ragbir C. Gupta. Rakesh K. Chahota 2015.** Cytomorphology, Geographical Distribution and Ethnobotany of Genus *Oxalis* Linn. from Western Himalaya (India). *Cytologia* 80(3) : 295-302.

 **Rappa F., 1911.** - Osservazioni sull *Oxalis cernua* Thunb. *Boll. R. Orto. Bot. Ciard. Colon. Palermo* 10: 142-183.

-  **Raven P. 1964.** Catastrophic selection and edaphic endemism. *The American Naturalist*. 98: 336-338.
-  **Reeves A. 2001.** MicroMeasure: A new computer program for collection and analysis of cytogenetic data. *Genome* 44: 439–443
-  **Richardson D.M., Pyšek P., Rejmánek M., Barbour M.G., Panetta F.D., West C.J., 2000.** Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* vol. 6, issue 2, pp. 93–107. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>.
-  **Romero Zarco C. 1986.** A new method for estimating karyotype asymmetry. *Taxon* 35: 526–530.
-  **Rottenberg A., Parker J.S., 2004.-** Asexual populations of the invasive weed *Oxalis pes-caprae* are genetically variable. *The royal society, Biology letters*.206-208
-  **S**
-  **Sakai A. K., Allendorf F. W., Holt, J. S., Lodge M., Molofsky J., With K. A., 2001.** - The population biology of invasive species. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 32, 305–332. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114037
-  **Sala A., Verdaguer, D., Vilà, M., 2007.** Sensitivity of the Invasive Geophyte *Oxalis pes-caprae* to Nutrient Availability and Competition. *Annals of Botany* vol. 99, pp. 637–645. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl289>
-  **Schwartz D., 1963.** Méthodes statistiques à l’usage des médecins et des biologistes. Collection Statistique en Biologie et en médecine. Flammarion Medecine Sciences. Paris. P.306.
-  **Spichiger, R.-E., Figeat-Hug, M., Jeanmonod, D., 2004.** Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales. PPUR presses polytechniques. ISBN: 978-2-88074-502-8.
-  **Simillion C, Vandepoele K, Van Montagu MC, Zabeau M, Van De Peer Y. 2002.** The hidden duplication past of *Arabidopsis thaliana*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 99: 13627–13632
-  **Soltis DE, Soltis PS. 2009.** The role of hybridization in plant speciation. *Annual Review of Plant Biology*.60:561-588.

 **Soltis DE, Soltis PS. 1999.** Polyploidy: recurrent formation and genome evolution. *Trends in Ecology & Evolution* 14: 348–352.

 **Soltis DE, Visger CJ, Marchant DB, et al. 2016.** Polyploidy : pitfalls and paths to a paradigm. *American Journal of Botany*. 103: 1146–1166.

 **Souza L., Bunn W. A., Simberloff D., Lawton R. M., SANDERS N. J., 2011.**
- Biotic and abiotic influences on native and exotic richness relationship across spatial scales: favourable environments for native species are highly invisable. *Funct. Ecol.* 25, 1106–1112. doi: 10.1111/j.1365-2435.2011.01857.x

 **Stebbins, G. L., 1974.** Flowering plants: evolution above the species level. Cambridge, MA: Belknap.

 **Stebbins, LG. 1971.** Chromosomal evolution in higher plants. Edwards Arnold Ltd., London. 216 p.

 **T**

 **Tayale A, Parisod C. 2013.** Natural pathways to polyploidy in plants and consequences for genome.

 **Thomas, O.P. 2009.** Métabolisme secondaire et Biosynthèse. Master 2 VEM. Univesité Nice Sophia Antipolis.

 **Thompson J.D. 2005.** Plant evolution in the Mediterranean. Oxford University Press. Oxford.

 **Traveset A., Brundu G., Carta L., Mprezetou I., Lambdon P., Manca M., Médail F., Moragues E., Rodríguez-Pérez J., Siamantziouras A.-S.D., Suehs C.M., Troumbis A.Y., Vilà M., Hulme P.E., 2008.** Consistent performance of invasive plant species within and among islands of the Mediterranean basin. *Biological Invasions*, vol. 10, pp. 847–858 <https://doi.org/10.1007/s10530-008-9245-y>.

 **Tütüncü Konyar S., Öztürk N., Féruzan D., 2014.** Occurrence, types et distribution des cristaux d'oxalate de calcium dans les feuilles et les tiges de certaines espèces de plantes vénéneuses. *Études botaniques* volume 55, Numéro d'article : 32

 **Tzedakis PC, Channell JET, Hodell DA, Kleiven HF, Skinner LC. 2002.** Determining the natural length of the current interglacial. *Nature Geoscience*. 5: 138–141.

 **V**

-  **Valentine D.H. 1972.** Taxonomy, Phytogeography and evolution. Academic Press. London & New York. 431 p.
-  **Valéry L., Fritz H., Lefeuvre J.-C., Simberloff D., 2008.** In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. *Biological Invasions*, vol. 10, pp. 1345–1351. <https://doi.org/10.1007/s10530-007-9209-7>
-  **Van Kleunen M. E., Manning J. C., Pasqualetto V., Johnson S. D., 2008.** - Phylogenetically independent associations between autonomous self-fertilization and plant invasiveness. *Am. Nat.* 171, 195–201. doi: 10.1086/525057
-  **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 :589–605
-  **Venora G, Blangiforti S, Ruffini Castiglione M, Pignone D, Losavio F, Cremonini R. 2002.** Chromatin organization and computer aided karyotyping of *Triticum durum* Desf. cv Timilia. *Caryologia.* 55: 91–98.
-  **Verdaguer D., Sala A., Vilà M., 2010.** Effect of environmental factors and bulb mass on the invasive geophyte *Oxalis pes-caprae* development. Springer, *Acta Oecologica* vol. 36, pp. 92–99. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2009.10.006>
-  **Victorien biodiversity Atlas. GBIF.org. 2022** GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.2ngvxb>.
-  **Vilà M., Bartomeus I., Gimeno I., Traveset A., Moragues E., 2006.** Demography of the Invasive Geophyte *Oxalis pes-caprae* Across a Mediterranean Island. *Annals of Botany* vol. 97, issue 6, pp. 1055–1062. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl052>.
-  **Vilà M., Gimeno I., 2007.** Does invasion by an alien plant species affect the soil seed bank? *Journal of Vegetation Science* vol. 18, issue 3, pp. 423–430. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2007.tb02554.x>.
-  **Vilà M., Tessier M., Suehs C.M., Brundu G., Carta L., Galanidis A., Lambdon P., Manca M., Médail F., Moragues E., Traveset A., Troumbis A.Y., Hulme P.E., 2006.** Local and regional assessments of the impacts of plant invaders on vegetation structure and soil properties of Mediterranean islands. *Journal of Biogeography* vol. 33, issue 5, pp. 853–861. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01430.x>.

 **Vincent R., Franceschi I., Nakata Paul A., 2005.** Oxalate de calcium dans les plantes : formation et fonction. Affiliations développer. PMID : 15862089 DOI : 10.1146/annurev.arplant.56.032604.144106.

 **Vitousek P.M., D'Antonio C.M., LOOPE L.L., Rejmànek M., Westbrooks R., 1997.** Introduced species: A significant component of human-caused global change. New Zealand Journal of Ecology vol. 21, issue 1, pp. 1–16.

 **W**

 **Watanabe K, Yahara T, Denda T, Kosuge K. 1999.** Chromosomal evolution in the genus *Brachyscome* (Asteraceae, Astereae): Statistical tests regarding correlation between changes in karyotype and habit using phylogenetic information. *Journal of Plant Research* 112: 145–161.

 **Wagner.H, 1993.** Pharmazeutische Biologie”, 5 th Edition, AUFI.15 BN 3-437-20 498-X.

 **Winkler H. 1916.** Ueber die experimentelle Erzeugung von Pflanzen mit abweichenden Chromosomenzahlen. Zeitschrift für Botanik (8): 417-531.

 **Wisz M. S., Pottier J., Kissling W. D., Pellissier L., Lenoir J., Damgaard C. F., 2013.** - The role of biotic interactions in shaping distributions and realised assemblages of species: implications for species distribution modelling. Biol. Rev. 88, 15–30. doi: 10.1111/j.1469-185X.2012.00235.x

 **X**

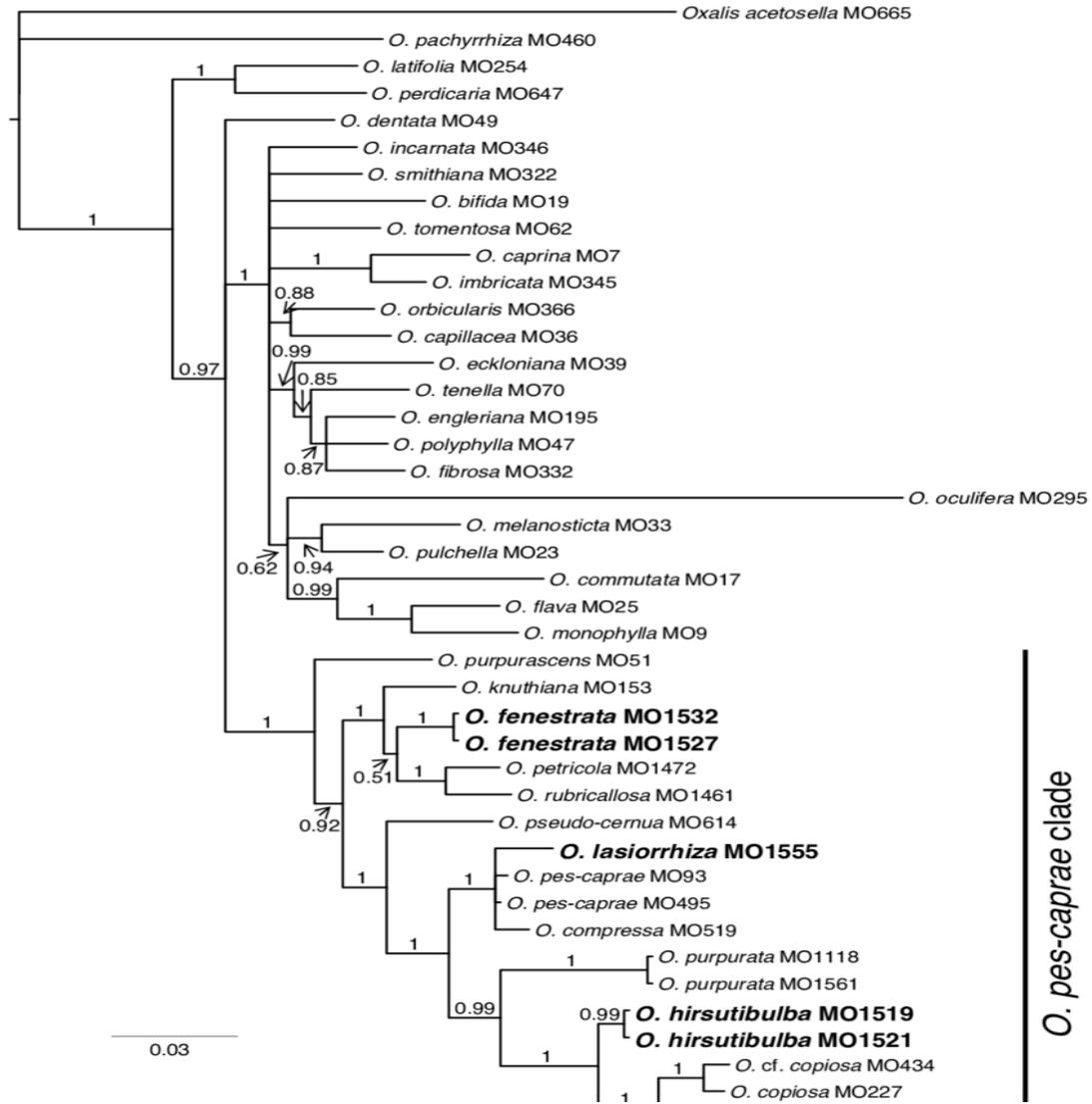
 **Xiao J., Muzashvili T.S., Georgiev M.I. 2014.** Advances in the biotechnological glycosylation of valuable flavonoids. *Biotechnology Advances*, , 32(6):1145-1156.

 **Z**

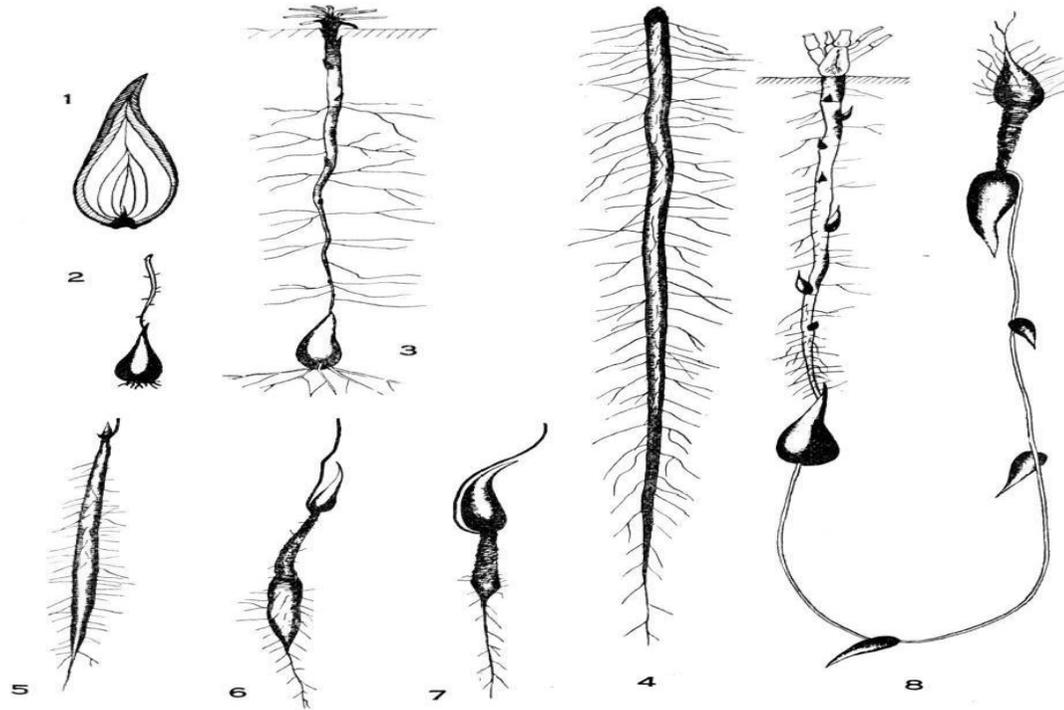
 **Zhang, Y., Cheng, Y., Ya, H., Xu, S. and Han, J. 2015.** Transcriptome sequencing of purple petal spot region in tree peony reveals differentially expressed anthocyanin structural genes, *Frontiers in Plant Science*, Vol. 6 No. NOVEMBER, pp. 1–9.

ANNEXE

Annexe 1



Annexe 2

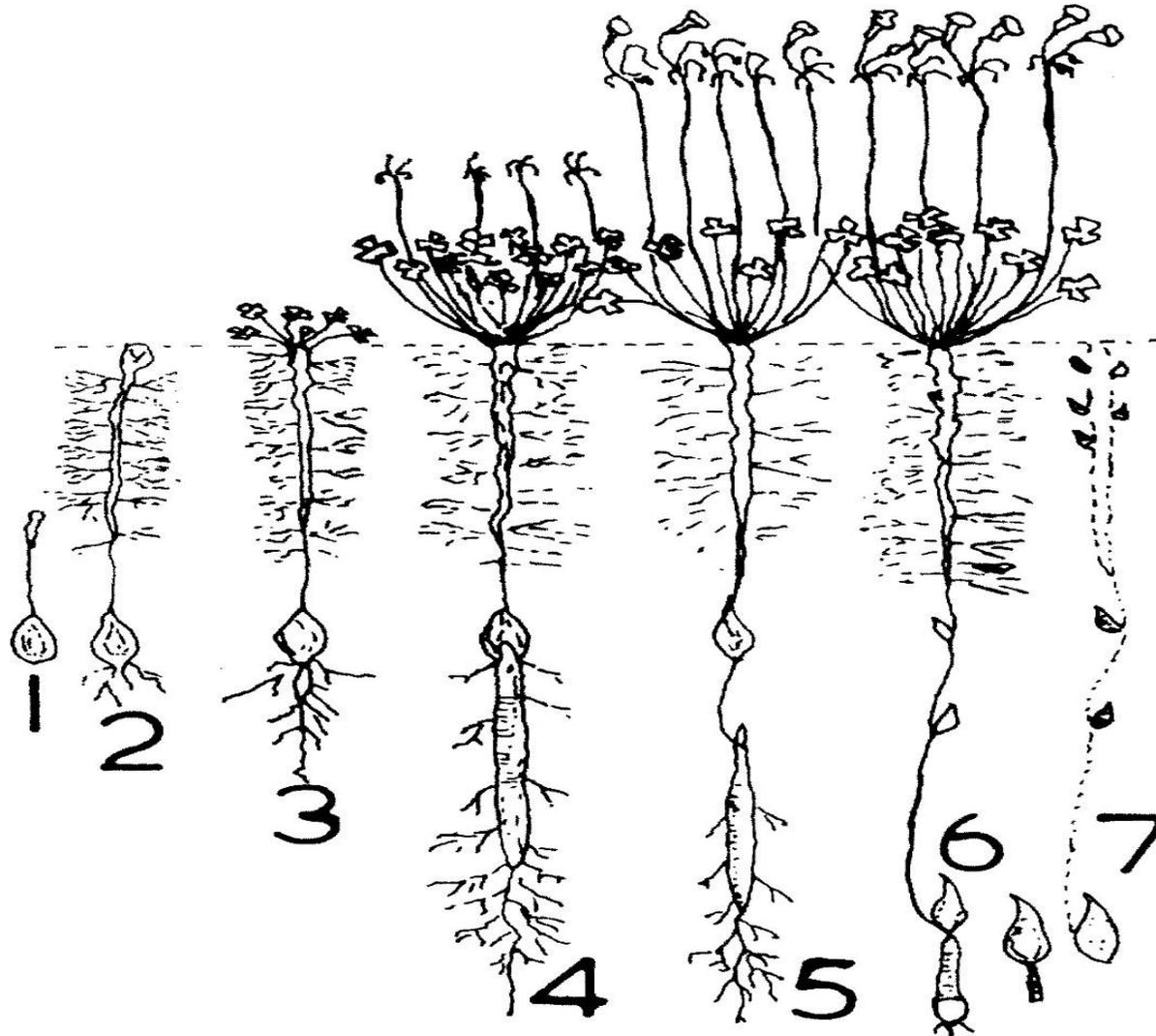


D'après L. Ducellier :

1. Coupe d'une bulbille.
2. Bulbille germant.
3. 1^{ère} phase du développement.
4. Tubercule à la fin de la 2^{ème} phase de l'évolution.
5. Apparition de la bulbille à l'extrémité du tubercule.
6. Tubercule à demi-résorbé et bulbille à demi-développée.
7. Tubercule résorbé et bulbille entièrement développée.
8. Etat d'un *Oxalis* à la fin de la 3^{ème} phase de son développement.

Schéma du système souterrain d'*Oxalis Pes-caprae* L. et son développement (Ducellier, 1914).

Annexe 3 : Schéma du cycle de vie d'*Oxalis pes-caprae* L. / (Source: <https://thelinkssite.com/controlling-oxalis-weeds-in-the-garden/>).



Annexe 4

Pétales surnuméraires de la forme stérile



Resume

Oxalis pes-caprae L. is an invasive herb that was introduced into the Mediterranean region about 300 years ago. In 2001 another morphological form developed. This new form is not mentioned in the floras of North Africa. So, in spite of its small number, we have tried to describe it and bring out its characteristics by comparing it in a number of ways with the known *Oxalis*. Morphologically, this oxalis showed complete pubescence throughout the corm, visible thickness of all aerial organs and double flowers. This clear distinction suggests that certain genes may have been modified in the course of evolution. The results obtained after statistical processing of the morphometric data are very rich and innovative. From the statistical tests developed using SPSS, we have identified the probability of the appearance of a new "sterile species", distinct from *Oxalis pes-caprae* L. and characterised by the number of petals. This factor, known as the number of petals, has come back into the limelight after having been highlighted in all of them. In addition, the length of the petals, the number of bulbils, the height of the individual and the length of the petioles are the characteristics that have established its clear distinction. Histological examination of transverse sections through the petioles of both forms of oxalis confirms the presence of medullary parenchyma in the sterile form. There are also 8 conducting vessels inserted in the same cycle. In both highly disturbed and protected areas, the sterile species has reproduced and thrived well. Standard phytochemical tests based on crude methanolic extracts, carried out on all the organs of the two *Oxalis* species, show the presence of alkaloids in all the aerial and underground parts and the presence of anthocyanins only in the flowers. Sterile *Oxalis* is characterised by the absence of saponins, a composition of free quinones and the presence of catechic tannins in the aerial parts.

Key words: *Oxalis pes-caprae* L., sterile oxalis, double flowers, asexual reproduction, dynamic spatio-temporal dispersal

ملخص

الحميض هو نبات عشبي غازي تم إدخاله في حوض البحر الأبيض المتوسط لمدة 300 عام تقريباً في عام 2001 ، تم التعبير عن تطوره في شكل مورفولوجي آخر لم يتم ذكر هذا المظهر الجديد في فلورات شمال إفريقيا. وهكذا ، حاولنا على الرغم من عدده المخفض، وصفه ورسم خصائصه من خلال مقارنته على مستويات مختلفة مع حميض المعروف من الناحية الشكلية ، أظهر زغب كلي يغطي القرم بأكمله ؛ السماكة المرئية لجميع الأعضاء الهوائية والزهور مزدوجة يشير هذا التمييز الواضح إلى وجود تعديلات على جينات معينة أثناء التطور.

النتائج التي تم الحصول عليها غنية جداً وكلها مبتكرة. بعد المعالجة الإحصائية للبيانات المورفومترية من الاختبارات الإحصائية التي تم استغلالها بهذه الطريقة ، نظهر احتمال ظهور نوع جديد "الأنواع العقيمة" المختلفة عن هذا العامل وهو عدد البتلات يعود لتأكيد وزنه بعد أهميته الكبيرة في جميع المحطات. أيضاً ، الصفات التي أثبتت تمييزها الواضح هي طول البتلات ؛ عدد اللببات ارتفاع الفرد وطول الأعناق تؤكد الدراسة النسيجية للمقاطع العرضية على مستوى أعناق شكلي الأكسالي وجود حمة النخاع في شكل عقيم. بالإضافة إلى وجود عدد من الأوعية الموصلة والتي يتم إدخال 8 منها في نفس الدورة

تكاثرت الأنواع القاحلة جيداً وازدهرت في المناطق المضطربة للغاية والمحمية والتي تتميز بطابعها المميز عدد البتلات تظهر الاختبارات الكيميائية النباتية المستخدمة على الأكساليز العقيم وجود قلويدات في جميع أجزاء النباتات الهوائية وتحت الأرض. وجود الأنثوسيانين فقط في الأزهار وتكوين الكينونات الحرة في الأجزاء الهوائية.

الكلمات الأساسية: الحميض ، الحميض العقيم ، أزهار مزدوجة ؛ التكاثر اللاجنسي ، الانتشار المكاني الزمني الديناميكي ،