

2024-2025

MASTER AETPF

Agrosciences, Environnement, Territoires, Paysage, Forêt

Parcours DiaGeCoE

Diagnostic, Gestion et Conservation des Ecosystèmes

Amélioration des connaissances autour de *Viola parvula* à l'échelle est-pyrénéenne : actualisation de sa distribution, caractérisation de ses habitats et mise en place d'un suivi de la dynamique de population de l'espèce

AUDREY HAUTREUX

Mémoire de stage, soutenu à Nancy le 29/08/2025

Tutrice : Maria Martin, coordinatrice du projet POCTEFA Floralab+

Enseignante référente : Clémence Chaudron, enseignante-chercheur, Université de Lorraine

Structure d'accueil : Fédération des réserves naturelles catalanes, 9 rue du Mahou, 66500 Prades



PARTENAIRES BÉNÉFICIAIRES | SOCIÉS BÉNÉFICIAIRIS



PARTENAIRES ASSOCIÉS | SOCIÉS ASSOCIATS



COPINANCEURS | COFINANÇADORS



Remerciements

Je tiens à remercier grandement Maria Martin pour son encadrement lors de ce stage, toujours empreint de bienveillance, de passion et de précieux conseils. La confiance qu'elle m'a accordée m'a permis de beaucoup apprendre ainsi que de m'épanouir au sein du projet. Je suis très reconnaissante d'avoir pu réaliser ce travail à ses côtés.

Je remercie également David Morichon, conservateur de la réserve de Conat, pour son accompagnement au fil de ces mois, sa patience et pour m'avoir offert l'opportunité de pratiquer la botanique à ses côtés, contribuant à faire germer en moi un intérêt particulier pour la flore. Un grand merci aussi à Rémi Lafitte, conservateur de la réserve naturelle de Jujols, qui m'a permis de réaliser ce stage et pour m'avoir fait confiance pour la réalisation de ce projet.

De même, je remercie Clémence Chaudron, enseignante-chercheur référente de mon stage, pour son accompagnement, son soutien et ses conseils avisés.

Je souhaite aussi remercier l'ensemble des équipes de la fédération des réserves naturelles catalanes, ainsi que celles des partenaires du projet Floralab+, pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité et les échanges enrichissants. Leur aide précieuse sur le terrain, leur patience et leur bonne humeur ont rendu les longues journées de prospections d'autant plus formatrices qu'agréables.

Le projet Floralab+ a été cofinancé à hauteur de 65 % par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) dans le cadre du Programme Interreg VI-A Espagne-France-Andorre (POCTEFA 2021-2027), en France par le Fonds national d'aménagement et de développement du territoire (FNADT-ANCT-République française) et par l'auto-financement de l'ensemble des partenaires bénéficiaires du projet.

L'objectif du POCTEFA est de renforcer l'intégration économique et sociale de l'espace frontalier Espagne-France-Andorre. Son aide est concentrée sur le développement d'activités économiques, sociales et environnementales transfrontalières par le biais de stratégies conjointes qui favorisent le développement durable du territoire.

Table des matières

Introduction.....	1
Matériel et méthode.....	6
I. Contexte spatiale et temporel de l'étude.....	6
II. Collecte des données	7
a) Données de points d'observations à l'échelle est-pyrénéenne.....	7
b) Caractérisation de l'habitat à l'échelle des stations	8
c) Rédaction et mise en place du protocole de suivi de la dynamique de population à Jujols.....	9
III. Traitement et analyse des données	11
a) Points d'observations de <i>Viola parvula</i>	11
b) Données de caractéristiques d'habitats des stations prospectées	12
c) Données de taux de recouvrement par <i>Viola parvula</i> et les composantes physiologiques de la zone échantillonnée à Jujols	12
Résultats.....	13
I. Répartition de <i>Viola parvula</i> sur le territoire ciblé	13
II. Caractéristiques d'habitat de <i>Viola parvula</i> sur les stations	16
III. Recouvrement par <i>Viola parvula</i> , composantes physiologiques de la zone échantillonnée et comparaison des méthodes de relevé.....	17
1. Paramètres de l'habitat à fine échelle influençant le recouvrement de <i>Viola parvula</i>	18
2. Comparaison des deux méthodes de relevés des taux de recouvrement.....	18
Discussion	21
I. Distribution de l'espèce.....	21
II. Caractéristiques des habitat favorables à l'échelle est-pyrénéenne	21
III. Données de taux de recouvrement par <i>Viola parvula</i> et les composantes physiologiques de la zone échantillonnée à Jujols, et comparaison des méthodes de relevé.....	22
1. Paramètres de l'habitat à fine échelle influençant le recouvrement de <i>Viola parvula</i>	22
2. Comparaison des deux méthodes de relevés des taux de recouvrement.....	24
Conclusion.....	25
Bibliographie	28
Annexe.....	32
Résumé.....	34

Introduction

Au 21^{ème} siècle, le changement climatique est le problème environnemental le plus important auquel sont confrontés les écosystèmes de hautes altitudes (Stocker et al., 2013). Les impacts potentiels sur la flore dans ces milieux sont nombreux, tels que la perte de diversité, la réduction des habitats ainsi que des déséquilibres au sein des écosystèmes dus à des changements d'aire de répartition des espèces (Pepin et al., 2022). Dans le cas de l'étage montagnard en Europe, il est prédit pour 19 à 46% des espèces végétales une perte de plus de 80% de leur habitat d'ici 2070-2100 (Engler et al, 2023).

La chaîne des Pyrénées n'échappe pas à ces menaces. Située dans le bassin méditerranéen, les Pyrénées se situent dans ce qu'appellent Bravo et al. (2008) un point chaud de changement climatique, c'est-à-dire une zone géographique particulièrement vulnérable aux impacts des changements climatiques. Cette zone subit une baisse des précipitations ainsi qu'une augmentation des températures qui pourrait atteindre 3 à 4°C dans le futur (Amblar-Francés et al., 2020 ; Peñuelas & Sardans, 2021). Face à ce dérèglement, les réponses de la flore prennent généralement la forme d'un changement d'aire de répartition ou d'extinctions locales (Castell, 2023).

L'est de la chaîne des Pyrénées est un territoire particulièrement intéressant en termes de biodiversité. Cette partie du massif s'étend de part et d'autre des départements français que sont les Pyrénées-Orientales et l'Ariège, et dépasse les limites administratives du pays pour atteindre la Catalogne et l'Andorre. Cette continuité géographique et écologique, à la jonction des influences méditerranéennes, atlantiques et montagnardes, lui confère une grande diversité floristique (Petit & Thompson, 1999), où cohabitent de nombreuses espèces rares, endémiques ou patrimoniales, telles que le persil d'isard (*Xatardia scabra*, Meisn. 1838), la dauphinelle des montagnes (*Delphinium montanum* D.C. 1815) et la pédiculaire fausse-asperge (*Pedicularis comosa* subsp. *asparagoides*, P. Fourn. 1937), toutes les trois endémiques de l'est du massif.

Afin de préserver cette flore pyrénéenne exceptionnelle, des efforts de gestion et de conservation adaptés aux espèces sont nécessaires. De telles actions sont optimales lorsque les espèces concernées sont préalablement étudiées, notamment en termes d'écologie, de distribution au sein du territoire et de leur dynamique de population. L'amélioration des connaissances autour de la flore est par ailleurs une mission commune à tous les organismes gestionnaires d'espaces naturels à l'échelle nationale, reconnue comme un prérequis nécessaire au passage à l'action. Il s'agit donc d'un des objectifs d'action de la fédération des réserves naturelles catalanes (FRNC). Cet organisme est co-gestionnaire de 9 réserves naturelles dans les Pyrénées-Orientales, protégeant 17 000 hectares qui s'étendent jusqu'à 2831 m d'altitude, et abritant 16

400 espèces recensées (Fédération des réserves naturelles catalanes, s. d.). Les actions de la fédération s'articulent autour de 4 axes principaux, que sont la gestion, l'éducation, la protection et la connaissance à travers divers projets scientifiques. C'est dans le cadre de ce dernier point que la fédération déploie des missions d'amélioration des connaissances autour de la flore à l'échelle transfrontalière, en coopération avec des partenaires d'Ariège, d'Espagne et d'Andorre. L'objectif d'une telle coopération est de partager les connaissances et ainsi permettre une gestion adaptée et cohérente entre les territoires. Dans le cadre des changements globaux, de telles actions collectives semblent les plus logiques pour adapter les efforts de protection. C'est dans cet objectif qu'a été initié le projet Floralab+ (Floralab, réseau de laboratoires botaniques à ciel ouvert, s. d.). Floralab+ est un projet du programme de coopération transfrontalière de l'Union européenne, l'Interreg POCTEFA (Programme opérationnel de coopération territoriale entre l'Espagne, la France et l'Andorre). Ce projet transfrontalier est axé autour de la flore patrimoniale, rare et menacée de l'Est des Pyrénées. Il met en coopération de nombreux partenaires, tels que le parc naturel régional des Pyrénées catalanes, le département des actions climatiques, de l'alimentation et de l'agenda rural de la Généralité de Catalogne (Generalitat de Catalunya, Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural) et le centre de recherche andorran Andorra Recerca Innovacio. L'une des missions de ce projet est l'amélioration de connaissances autour d'espèces cibles généralement accompagnée d'actions de suivis transfrontaliers. Parmi ces espèces figure la pensée minuscule, *Viola parvula*.

Viola parvula (Tineo, 1817) est une espèce de pensée appartenant à la famille des Violaceae, genre *Viola*, sous-genre *Viola*, section *Melanium* correspondant aux pensées, sous-section *Ebracteatae*. Le centre de diversité de la section *Melanium* se situe sur les montagnes du Sud de l'Europe (Scoppola & Magrini, 2019, Marcussen et al., 2022). Neuf espèces relèvent de la sous-section *Ebracteatae*, et toutes occupent l'Est de la Méditerranée ; *Viola parvula* est la seule dont la répartition atteint l'Europe occidentale. Elle occupe de manière disjointe les montagnes du Nord du bassin méditerranéen, de l'Ouest de la Syrie au Portugal et Nord-Ouest de l'Afrique (Castroviejo et al., 2006). En France, elle est restreinte aux Pyrénées orientales et à la Corse (Tison et al., 2014). Autrefois considérée comme menacée dans la liste rouge de la flore vasculaire de Catalogne, elle a disparu de cette liste lors de sa révision en 2020 grâce aux efforts de prospections du réseau botaniste catalan. Ceux-ci ont révélé une distribution plus étendue que supposée sur le territoire (Aymerich & Sáez, 2020). En France métropolitaine, son statut est « préoccupation mineure » (LC, UICN France et al. 2018), et en Corse « données insuffisantes ». Elle est cependant inscrite comme espèce déterminante ZNIEFF en Occitanie (Gargominy & Régner, 2023). Au sein du territoire visé par Floralab+, des stations à *Viola parvula* ont été identifiées dans 3 réserves naturelles catalanes (Jujols, Nohèdes et Eyne), en limite de la réserve naturelle de Py ainsi que sur le territoire du Parc naturel régional des Pyrénées catalanes et en Catalogne.

À ce jour, la base de données Simethis du Conservatoire Botanique National Méditerranéen est le seul outil permettant d'estimer la répartition de l'espèce sur le territoire est-pyrénéen en compilant les données d'observations de l'espèce. Mais ces données ne s'avèrent pas très nombreuses : nous comptons au total 66 points d'observations, dont le plus ancien date de 1925 et les plus récents sont deux points de 2024 et trois points de 2023 (CBNMed Team, 2025). Cette insuffisance de données amène à considérer *Viola parvula* comme une espèce rare et peu connue sur le territoire. Or, une espèce rare est une espèce ayant une faible abondance localement, qui par conséquent peut être plus sensible aux extinctions locales (McArthur et Wilson, 1967). Dans l'est des Pyrénées, *Viola parvula* a une distribution restreinte aux étages montagnards et subalpins entre 1600 et 2900m d'altitude, zone géographique sensible aux changements climatiques provoquant une diminution des habitats. Nous supposons ainsi que l'espèce migrera vers un étage altitudinal supérieur (Lenoir et al. 2008). Cependant, *Viola parvula* montre une capacité de migration réduite. En effet, il s'agit d'une espèce myrmécochore, c'est-à-dire dont les graines sont dispersées par les fourmis. La distance de dispersion par la myrmécochorie est assez faible, en moyenne 60 cm pour les espèces *Viola rostrata*, *V. pensylvanica* et *V. pedata* par exemple (Culver & Beattie, 1978). Si la distribution de l'espèce s'avère peu étendue au sein du territoire, *Viola parvula* pourrait être considérée comme vulnérable face à l'augmentation des températures et la diminution des précipitations. Affiner l'étendue de la distribution et l'abondance de l'espèce à travers un travail de prospection et de cartographie permettra de mettre en évidence sa vulnérabilité, et ainsi adapter les efforts de gestion et de conservation.

La mise en place d'actions de protection efficaces autour d'une espèce nécessite une connaissance solide autour de l'écologie de celle-ci. Les caractéristiques connues de *Viola parvula* sont qu'il s'agit d'une herbacée annuelle, longtemps considérée comme une sous-espèce (*Viola tricolor* ou *Viola arvensis*), qui se distingue par sa petite taille de 2 à 7 cm de hauteur, la pilosité dense de ses organes végétatifs et une corolle blanche ne dépassant pas le calice. C'est une espèce à floraison précoce débutant en avril. Beaucoup d'espèces du genre *Viola* marquent une préférence pour les milieux pionniers comme les éboulis (*Viola diversifolia* (DC.) Becker, 1903), les bords de champs (*Viola arvensis* Kakes, 1982) et les mégaphorbiaies (*Viola biflora* L.). *Viola parvula* présente ce même tempérament, et est généralement retrouvée sur des sites perturbés, par le piétinement du bétail, l'ouverture de pistes forestières ou les incendies mettant le sol à nu (Sáez et al., 2010). Elle se rencontre essentiellement sur sol acide sur des pentes écorchées et rocailleuses à genêt purgatif (*Cytisus oromediterraneus* Rivas-Mart. et al., Castroviejo et al., 2006 ; Sáez et al., 2010). Le caractère pionnier impose à l'espèce une dynamique de population fluctuant en



Figure 1. *Viola parvula* Tineo 1817

fonction des perturbations et du renfermement des milieux ouverts qu'elle habite. Associée à un mode de dispersion myrmécochore, cette caractéristique suggère une capacité de migration faible et discontinue, se réalisant par patchs.

Dans le livre rouge des plantes vasculaires endémiques et menacées de Catalogne, il est écrit que *Viola parvula* peut se montrer localement très abondante sur certaines stations en Catalogne. Sa densité peut être très élevée, jusqu'à plusieurs centaines d'individus par mètre carré. Pour autant, malgré ces explosions démographiques occasionnelles, l'espèce ne semble pas être une espèce strictement colonisatrice de milieux perturbés, car lors de prospections dans certaines zones potentiellement favorables, elle n'y est pas trouvée (Sáez et al., 2010). Confirmer ces informations pour le territoire entier concerné par Floralab+ et en savoir plus sur les habitats occupés par *Viola parvula* permettrait de mieux cibler les habitats potentiels et ainsi adapter les efforts de prospections qui pourraient mener à l'élargissement de l'aire de distribution de l'espèce.

Il est possible d'aller plus loin dans l'amélioration de connaissances sur l'espèce en s'intéressant à la dynamique de ses populations. En tant qu'espèce pionnière, cette dynamique de population peut être étudiée à travers un suivi annuel sur une station au milieu récemment ouvert jusqu'à son évolution vers un renfermement naturel. Comprendre comment elle réagit face à cette fermeture progressive, en interaction avec les différentes composantes du milieu, permettrait de définir des actions de conservation adaptées.

La dynamique de la population peut notamment être étudiée en relation avec la couverture herbacée, arbustive et arborée, qui traduit le processus de succession écologique conduisant progressivement au renfermement du milieu. *Viola parvula* présente de nombreuses caractéristiques qui permettent de la définir comme un espèce à stratégie rudérale : espèce annuelle au caractère pionnier appréciant les milieux perturbés, reproduction précoce, petite taille et dynamique de population instable. Cependant, cette stratégie est généralement associée à une plus faible compétitivité (Pianka, 1970). C'est pourquoi nous pouvons émettre l'hypothèse qu'une fermeture du milieu provoqué par le recouvrement d'autres espèces induit une forte diminution de l'abondance de *Viola parvula*. La dynamique de la population peut aussi être étudiée en lien avec le recouvrement par les autres composantes physiologiques du milieu, telles que la roche et le sol nu pour lesquels nous pouvons supposer une influence positive, *Viola parvula* étant décrite comme appréciant les milieux rocailleux et perturbés dont le sol pourrait être mis à nu.

Un protocole de suivi adapté pour répondre à cet objectif peut être conçu en s'appuyant sur la station pilotée par la réserve naturelle nationale de Jujols. Il s'agit d'une station dans une lande à genêt purgatif ayant été récemment gyrobroyée dans le cadre de la conservation des milieux ouverts. Le genêt purgatif est une espèce arbustive formant des buissons denses, et qui couvrent généralement une grande proportion de la surface du milieu qu'elle occupe, laissant peu de place pour

l'installation d'autres espèces (Prud'homme, 2004). L'ouverture du milieu a ainsi conduit à une présence significative de *Viola parvula*.

L'objectif du protocole de suivi détaillé est sa reproductibilité sur d'autres stations du territoire afin d'obtenir une vision robuste de la dynamique de population de l'espèce. Pour cela, il doit être expérimenté une première fois sur une seule station dite « pilote », et ajusté si besoin. Ainsi, deux méthodes de relevé à Jujols sont testées lors de ce stage : l'estimation du recouvrement par traitement de photographies et l'estimation visuelle sur le terrain du recouvrement. La photographie a pour intérêt de pouvoir estimer les taux de recouvrement par traitement d'images dont il est espéré plus de précision, et de garder une trace visuelle de la distribution de l'espèce à l'échelle de la station chaque année. Cette méthode n'ayant jamais été utilisée dans le cadre du projet Floralab+, elle est mise en test lors de ce stage et comparée à la méthode d'estimation visuelle du recouvrement souvent utilisée pour d'autres suivis.

Ce stage vise à combler le manque de connaissance autour de *Viola parvula*, espèce potentiellement vulnérable, afin de fournir les bases nécessaires à l'adaptation des mesures de gestion conservatoire. Ce sont trois objectifs qui découlent de cette mission.

- 1) La mise en évidence de la distribution et la réalisation d'un complémentaire de l'inventaire de stations à *Viola parvula* à l'échelle est-pyrénéenne. Cet objectif vise à obtenir une représentation plus fine de sa distribution et à pallier le manque de données causé par la difficulté d'observation l'espèce due à sa floraison très précoce, sa taille réduite et sa dynamique de populations fluctuante.
- 2) La caractérisation des habitats de *Viola parvula* sur les stations de présence, afin d'établir un profil du milieu qu'occupe *Viola parvula* à l'échelle est-pyrénéenne. Cela permettrait de mieux connaître l'espèce, et par la suite mieux cibler ses habitats potentiels.
- 3) La rédaction et mise en place d'un protocole de suivi de la dynamique de population à Jujols, afin d'observer les variations de son abondance sur le long terme et de déterminer les variables susceptibles de l'influencer.

Pour atteindre ces objectifs, les questions suivantes sont posées :

1. Quelle est la distribution de *Viola parvula* à l'échelle est-pyrénéenne ?
2. Quelles sont les caractéristiques des milieux favorables à *Viola parvula* ?
3. Quelles facteurs influencent la dynamique de population de l'espèce dans la station de la réserve naturelle nationale de Jujols ?
4. Quelle méthode de suivi est la plus adaptée pour documenter la dynamique de population de *Viola parvula* dans le temps, tout en restant reproductible et transposable à d'autres stations ?

Pour répondre à ces questions, nous avons réalisé un travail de prospection accompagné de cartographie pour établir la distribution de l'espèce dans le territoire et de caractérisation des stations. À l'échelle de la station de Jujols, un protocole de suivi est élaboré et mis en place pour une première récolte de données sur la dynamique de population de *Viola parvula*, puis discuté pour une optimisation lors des prochaines années de suivi.

Matériel et méthode

I. Contexte spatial et temporel de l'étude

L'étude est réalisée au sein du territoire est-pyrénéen concerné par le projet Floralab+. La partie du travail concernant les deux premiers objectifs que sont l'établissement d'une cartographie de la distribution de l'espèce et la caractérisation des stations de présence de *Viola parvula* est réalisé sur l'ensemble de ce territoire. Celui-ci s'étend des Pyrénées-Orientales – plus particulièrement dans les réserves de la fédération des réserves naturelles catalanes ainsi que dans le parc naturel régional des Pyrénées catalanes - jusqu'au-delà des frontières administratives, en Ariège, en Catalogne et en Andorre. Le travail autour de ces 2 objectifs est réalisé de mars à juillet 2025.

Le travail sur la mise en place d'un suivi de la dynamique de population est réalisé à plus fine échelle, sur la station à *Viola parvula* de la réserve naturelle nationale de Jujols (Figure 2). Les coordonnées de la station sont 42,594074°E, 2,282286°N, à environ 1800m d'altitude. L'échantillonnage est effectué le 11, 14 et 28 avril 2025, dates comprises dans la période de floraison de *Viola parvula*.



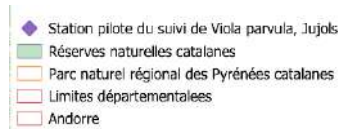


Figure 2. Localisation de la station à *Viola parvula* de Jujols à l'échelle départementale et photographie aérienne de la station « pilote » (42,594074°E, 2,282286°N).

II. Collecte des données

a) Données de points d'observations à l'échelle est-pyrénéenne

Pour répondre à la mission de complément d'inventaire de *Viola parvula* à l'échelle est-pyrénéenne, nous avons mis à jour et en commun les points d'observation de l'espèce. Pour cela, nous avons extrait les points d'observations de *Viola parvula* de la base de données Simethis en format shapefile pour être ajouté en couche vecteur sur QGIS (QGIS Development Team, 2009). Simethis est un outil de centralisation et de partage de données botaniques occitanes développé par le Conservatoire Botanique National Méditerranéen (CBNMed Team, 2025). Les points extraits proviennent d'observations de la pensée minuscule dans les Pyrénées-Orientales.

Afin d'enrichir cette base de données, d'autres points ont été récupérés auprès des réserves naturelles catalanes, ainsi qu'auprès du la Generalitat pour les points en Catalogne.

Ce travail de complément d'inventaire s'est accompagné de prospections de trois types présentés dans la figure 3 ci-dessous.

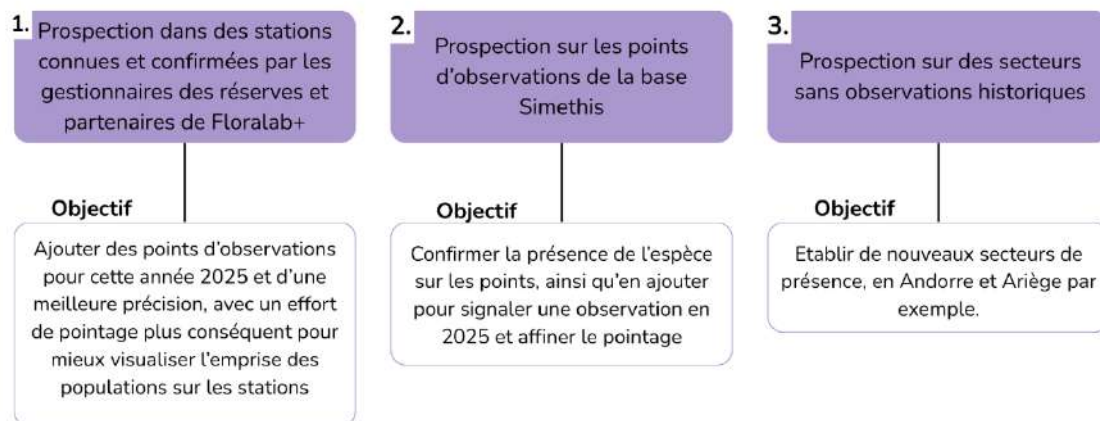


Figure 3. Types de prospections réalisées entre mars et juillet 2025 dans le cadre du travail autour de *Viola parvula*.

Dans le cadre des prospections de type 3, dans des secteurs où l'espèce n'avait pas encore été observé, ceux-ci ont été ciblés à l'aide des gestionnaires des espaces concernés, à partir des paramètres de milieu favorables à l'espèce décrits dans la bibliographie, soit préférentiellement :

- des landes à genêt purgatif,
- exposées sud,
- sur des zones perturbées, au sol mis à nu par le pâturage par exemple.

Lorsque *Viola parvula* est retrouvée sur une station prospectée, un point d'observation principal est placé à son centroïde sur une carte QField pour indiquer une visite cette année et préciser sa localisation. Des points supplémentaires sont aussi posés pour une précision à plus petite échelle des patches de pensées sur la station (points pouvant être distancés de seulement quelques mètres par exemple). Cela aura pour intérêt de retrouver plus facilement les pieds de *Viola parvula* lors de futures prospections, ainsi que d'observer le déplacement de la population au fil des années.

b) Caractérisation de l'habitat à l'échelle des stations

L'objectif de description de l'habitat à l'échelle des stations à *Viola parvula* a pour but de mettre en évidence les préférences de paramètres abiotiques et biotiques de l'espèce. Nous avons défini le choix des paramètres à relever à partir de la bibliographie autour de l'espèce, des connaissances de terrain du personnel de la FRNC et à l'aide de l'ensemble des partenaires du projet Floralab+ lors du comité technique Floralab+ du 3 avril 2025.

Les paramètres retenus sont les suivants :

- Coordonnées de la station
- Type de roche
- Topographie
- Pourcentage de pente
- Exposition
- Les milieux présents dans lesquelles des individus sont trouvés : lande, pelouse, éboulis, forêt
- La végétation arbustive/arborée dominante
- Les activités humaines observables sur la station : pâturage, ouverture du milieu par brûlage dirigé, ouverture du milieu par gyrobroyage, fréquentation humaine

Pour faciliter la saisie de ces données sur le terrain, nous avons mis un formulaire en place sur OpenDataKit (ODK). ODK est un logiciel open source permettant la création et gestion de formulaires de saisie de données facilitée à travers l'application ODK Collect (Get ODK Inc, 2025). Ces formulaires ont pour intérêt de permettre une saisie de données centralisée et homogène entre les différents observateurs pour un même suivi.

c) Rédaction et mise en place du protocole de suivi de la dynamique de population à Jujols

La rédaction du protocole de suivi a commencé en avril 2023 lors d'un premier stage dans la réserve naturelle de Jujols (Hautreux, 2023). Le protocole doit prendre en compte toutes les contraintes s'imposant pour un tel travail de terrain et de traitement de données, listées dans la figure 4 ci-dessous.

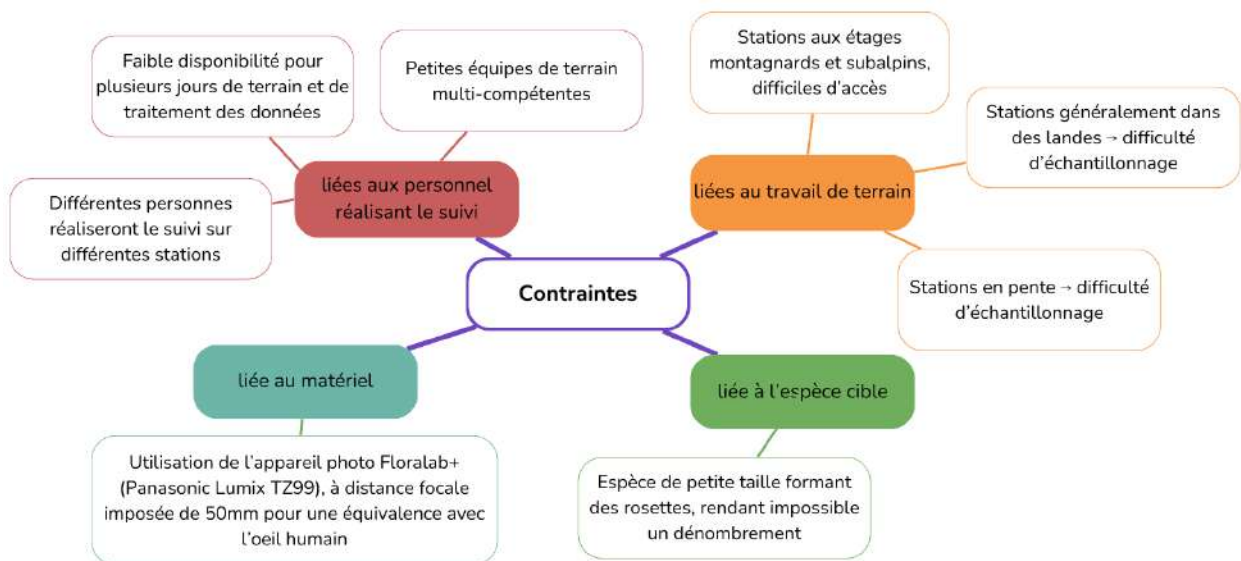


Figure 4. Illustration des contraintes influençant la rédaction du protocole de suivi de *Viola parvula*.

Nous estimons la taille de population à travers des taux de recouvrement. En effet, la contrainte liée à *Viola parvula* est l'impossibilité de déterminer la densité de population par un dénombrement des individus (Sáez et al., 2010).

Pour la méthodologie de collecte de données à travers la photographie, la contrainte provenant du matériel impose au protocole des quadrats de 60cm de côtés, surface maximale que peut prendre en photo l'appareil avec la distance focale souhaitée de 50mm. Pour la station de Jujols, la surface de la zone d'échantillonnage est fixée à 180m², soit une zone rectangulaire de 12 mètres sur 15 mètres. Ces dimensions sont des multiples de 0,6 mètres, pour que la zone puisse être divisée en quadrats de 60cm, donnant ainsi au total 500 quadrats. De plus, la surface de 180m² est une surface suffisante pour la représentativité de la station. En effet, pour le milieu de la lande, la grandeur d'aire minimale pour la réalisation d'un relevé est de 50 à 200m² (Delassus, 2015).

La zone d'échantillonnage est disposée au sein de la station de manière à être représentative de la physionomie de la station entière, tout en prenant en compte les zones dans lesquelles l'échantillonnage serait trop difficile (grande densité de roche et forte pente). Des piquets sont placés à chaque coin de la zone d'échantillonnage et des fils sont tendus entre eux, ce qui permet de définir le contour de la zone entière. Afin de faciliter l'échantillonnage des quadrats de 60cm de côté, des couloirs de 60cm de large sont disposés sur la longueur de la zone. Les observateurs viennent ensuite échantillonner chacun des quadrats en s'aidant d'un cadre en bois de la dimension du quadrat placé dans le couloir afin de guider la photo.

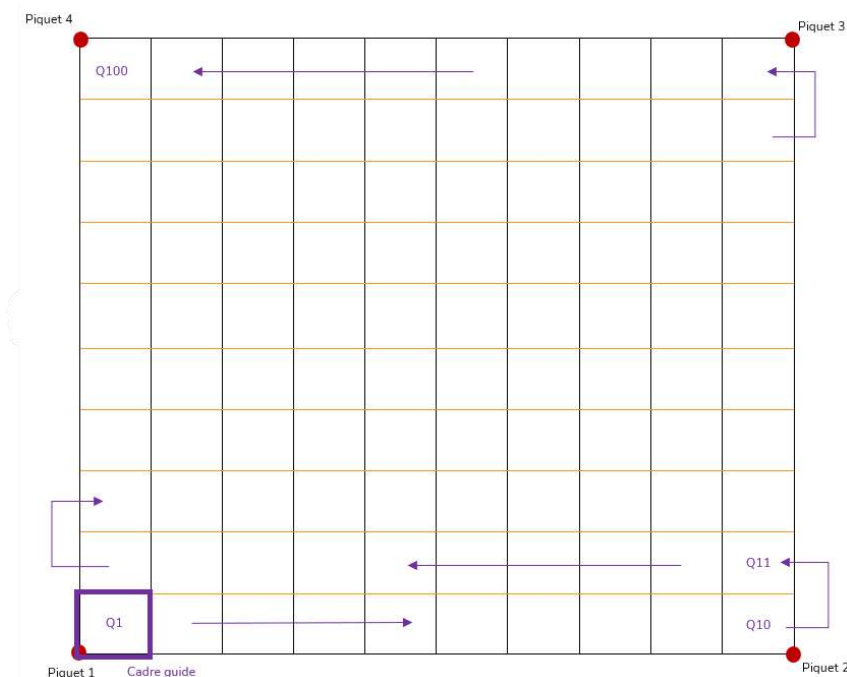


Figure 5.

Grille exemple de la mise en place des quadrats et le sens d'échantillonnage. La zone d'échantillonnage prise en exemple ici contient 100 quadrats (60cm de côté), ce qui équivaut à une surface de 36m² (6m x 6m).



Figure 6. Photographie du dispositif de suivi installé sur la station « pilote » de Jujols et la collecte de données.

A chaque quadrat, une photo est prise et les informations suivantes sont relevées dans un formulaire ODK créé pour le suivi :

- Présence de *Viola parvula*
- Numéro de la photo prise attribué par l'appareil
- Composition du quadrat : sol nu, roche, litière, végétation herbacée, arbustive, arborée
- L'estimation visuelle du taux de recouvrement de *Viola parvula* et les autres éléments identifiés au sein du quadrat

Pour l'estimation visuelle du recouvrement, les taux sont estimés à l'aide de calques illustrant la surface que représente 25% (900 cm²), 10% (360 cm²), 5% (180 cm²) et 1% (36 cm²) pour guider l'observateur dans son estimation et minimiser les biais. Comme il s'agissait de tester la méthode de photographie en la comparant à la méthode plus fréquemment utilisée d'estimation visuelle, cette dernière n'a été faite que sur 100 quadrats, ce qui est suffisant pour obtenir des résultats robustes.

III. Traitement et analyse des données

a) Points d'observations de *Viola parvula*

Les données de points d'observations compilées de plusieurs bases de données sont ajoutées sur QGIS sous forme d'une couche vecteur. Une carte est produite pour montrer la localisation des stations et ainsi l'étendue de l'espèce sur le territoire. Le même procédé est réalisé pour les données de coordonnées géographiques provenant

des prospections lors du stage, qui permettent d'établir une carte des nouvelles stations à *Viola parvula* observées et les secteurs ayant été prospectés sans succès.

b) Données de caractéristiques d'habitats des stations prospectées

Les données de description de l'habitat sur les stations provenant des formulaires ODK ont été extraites de la base de données ODK sous forme de tableau. Sa mise en forme est réalisée sur le logiciel Rstudio (version 2025.05.1).

c) Données de taux de recouvrement par *Viola parvula* et les composantes physiologiques de la zone échantillonnée à Jujols

Traitement des images pour la méthode reposant sur la photographie

Chaque photographie de quadrat est associée à un fichier contenant des coordonnées géographiques uniques ayant pour but de positionner les images les unes à côté des autres de sorte à représenter visuellement la zone d'échantillonnage complète.

Exemple : l'image 1, ayant pour nom 1-2025.jpg, est associé au fichier 1-2025.wld contenant les coordonnées suivantes : 0.00015, 0, 0, -0.00015, 0.000075, -0.000075. L'image 2 sera juste décalée de la longueur de 40000 pixels (la taille d'une image) vers la droite : 0,00015, 0, 0, -0.00015, 0.600075, -0.000075.

Ainsi, lorsque les images sont ajoutées sur QGIS, elles se positionnent dans l'ordre. La station dans son entièreté est donc représentée par la compilation des photos.

Puis, sur chacune d'elle, les pieds de *Viola parvula* sont détournés avec l'outil de création de polygone. Les autres éléments composant les quadrats que sont le sol nu, la roche, le genêt purgatif et les autres espèces arbustives sont aussi détournés individuellement pour en obtenir des couches polygones. La végétation herbacée et la litière sont très présentes sur les quadrats et de manière discontinue. C'est pourquoi leur taux de recouvrement a été estimé visuellement sur les photos.

Ensuite, les géométries associées à chacune des couches sont ajoutées avec l'outil de géométrie de QGIS pour obtenir une surface en cm². Le taux de recouvrement (en %) pour chaque quadrat de 3600 cm² est calculé à partir de cette surface (surface divisée par 3600, multiplié par 100). Le tableau de données résultant de ce travail est ensuite exporté pour un traitement sur Rstudio.

Analyses statistiques

Les données provenant du traitement des images sont analysées statistiquement à l'aide du logiciel Rstudio. Il est choisi d'étudier l'influence des paramètres composant les quadrats sur le recouvrement de *Viola parvula*. Dans le cas de l'étude de la relation

entre le recouvrement par le genêt purgatif et *Viola parvula*, la normalité des distributions est évaluée à l'aide du test de Shapiro-Wilk. Selon le résultat de ce test, un test de corrélation de Pearson est appliqué si les deux variables suivent une distribution normale, sinon un test de corrélation de Spearman est utilisé. Ensuite, un modèle linéaire simple est réalisé afin de quantifier l'effet du taux recouvrement du genêt sur celui de *Viola parvula*.

Dans le cas des autres paramètres que sont le recouvrement de la roche, du sol nu, de la litière, de la végétation herbacée et arbustive, un modèle linéaire multiple est construit avec le recouvrement de *Viola parvula* comme variable dépendante et les taux de recouvrement des autres paramètres comme variables explicatives.

Comparaison des méthodes de relevé des taux de recouvrement

Les données de taux de recouvrement provenant du travail d'estimation visuelle sur le terrain sont récupérées par export des données du formulaire ODK.

Les taux de recouvrement obtenus par les deux méthodes de relevé (estimation visuelle sur le terrain et traitement des photographies des quadrats) sont comparés pour chaque variable étudiée (*Viola parvula*, roche, sol nu, végétation herbacée, végétation arborée et litière). Pour chacune d'elle, la normalité de la distribution des différences entre les deux méthodes est testée à l'aide du test de Shapiro-Wilk. Lorsque les différences ne suivent pas une distribution normale, la comparaison des méthodes est effectuée à l'aide du test de Wilcoxon apparié. Lorsque les différences sont normalement distribuées, un t-test apparié est utilisé.

La relation entre les valeurs de taux de recouvrement provenant des deux méthodes est évaluée par le coefficient de corrélation de Spearman (ρ) pour les variables ne suivant pas une loi normale, et le coefficient de corrélation de Pearson (r) pour les variables normales. Le seuil de significativité est fixé à $\alpha = 0.05$.

Résultats

I. Répartition de *Viola parvula* sur le territoire ciblé

La mise en commun des données d'observations de *Viola parvula* a permis de regrouper un total de 85 points à l'échelle du territoire est-pyrénéen (Figure 7). Les différents organismes et bases de données consultés pour la compilation de ces données sont listés dans le tableau 1. Concernant les données provenant de la base de données Simethis, le point d'observation le plus ancien date de 1925, et les plus récents sont 4 points en 2023 et 3 points en 2024.

Le travail de prospection sur le terrain avait pour but de confirmer la présence ou non de *Viola parvula* sur des stations provenant de cette base de données, et d'en identifier de nouvelles. C'est donc 24 secteurs qui ont été prospectés : 17 où l'espèce avait déjà été observée auparavant et 7 n'ayant jamais été prospectés. *Viola parvula* était présente dans 19 d'entre eux (Figure 8). Parmi ces 19 stations, 2 sont nouvelles pour la base de données d'observation de l'espèce sur le territoire : la station à Font Romeu, et la station au refuge de les Esplanes à Err.

La pensée était absente dans 5 secteurs prospectés, qui étaient tous des secteurs sans observations historiques : en Andorre, Ariège et dans la réserve naturelle de Pratz-de-Mollo-la-Preste (Figure 8).

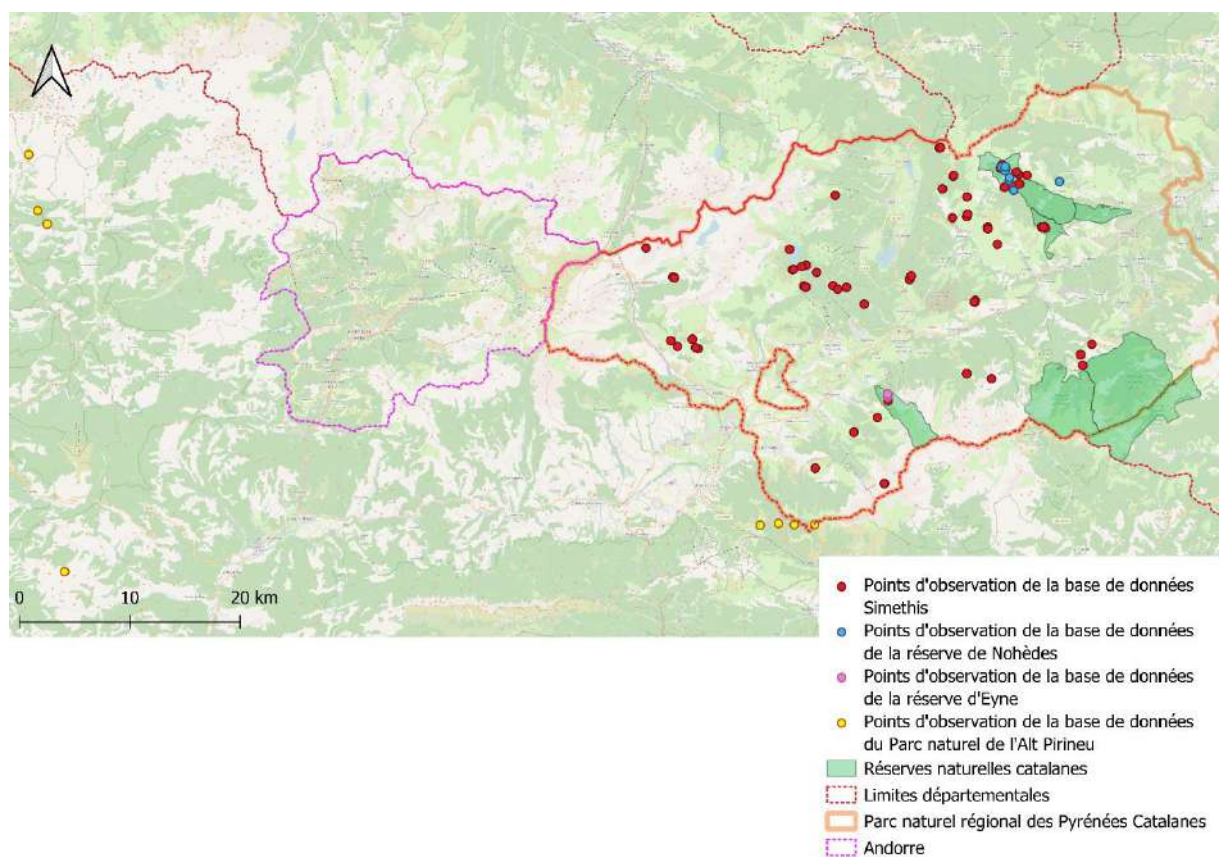


Figure 7. Cartographie des points d'observation de *Viola parvula* récoltés à partir de diverses bases de données.

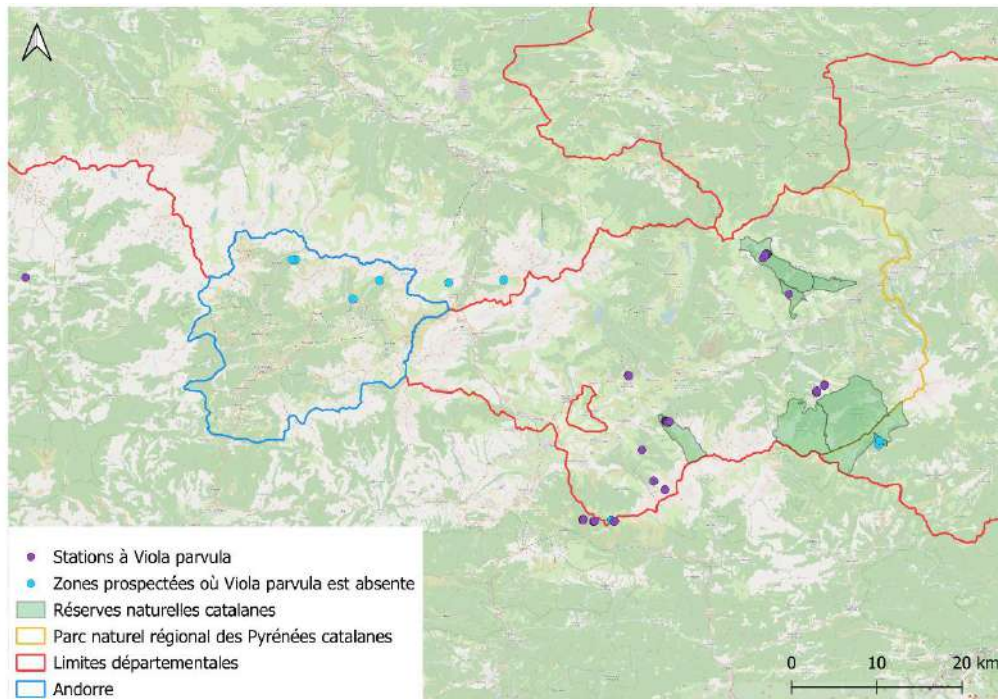


Figure 8. Carte des prospections réalisées entre mars et juillet 2025, avec différenciation des stations où *Viola parvula* est présente et les zones où elle n'a pas été observée. Sur chaque station où *Viola parvula* était présente, une description de l'habitat a été réalisée.

Tableau 1. Nombre de points d'observations de *Viola parvula* à l'échelle est-pyrénéenne récupérées auprès d'organismes partenaire du projet Floralab+.

Organismes sources des points d'observations	Base de données	Nombre de points partagés	Nombre total de points d'observation
Réseau des botanistes correspondants du CBNMed	Simethis	66	85
Conservatoire des Espaces Naturels Occitanie			
Fédération des Réserves Naturelles Catalanes (FRNC)			
Generalitat (Catalogne)	Interne à l'organisme	8	
Réserve naturelle de Nohèdes	Interne à l'organisme	8	
Réserve naturelle d'Eyne	Interne à l'organisme	3	

II. Caractéristiques d'habitat de *Viola parvula* sur les stations

Les données récoltées lors des visites des stations sont consultables sur les tableaux 1a et 1b. Les stations se trouvent à des altitudes situées entre 1675m et 2290m et pour 16 sur 19 d'entre elles dans des milieux dominés par le genêt purgatif (Tableau 1a). Il est observé que 10 stations ont comme roche mère du gneiss, suivi par le schiste avec 5 stations. Concernant le niveau de pente (en %), le nombre de stations pour chaque classe de pente est assez semblable, sauf au-delà de 60% avec seulement deux stations. Aucune station exposée au nord n'a été observée. La modalité la plus fréquente pour l'exposition est le sud et sud-ouest. Ensuite, dans une grande partie des stations est retrouvé le milieu de lande (14 sur 19), suivi par la pelouse (9 sur 19). Concernant les activités humaines présentes sur les stations, le pâturage et la fréquentation humaine (sentier de randonnées généralement) sont les deux modalités observées (Tableau 1b). Aucune station montre une absence d'activité humaine.

Tableaux 2a. Caractéristiques d'habitat relevées sur les stations à *Viola parvula* visitées lors des prospections entre mars et juillet 2025 (partie 1).

Station	Date	Roche mère	Topographie	Altitude (m)	Pente (%)	Exposition	Végétation dominante
Jujols	07/04/2025	calcaire	haut_versant	1800	30	S	genet_purgatif
Nohedes_croisement-sentier-clot-vers-etang	08/04/2025	schiste	plat	1675	0	SE	pin_sylvestre
Nohedes_sentier-Clot_piste	08/04/2025	schiste	plat	1675	0	SE	genet_purgatif
Nohedes_sentier-Clot_talus-sous-enclos	08/04/2025	schiste	plat	1675	0	SE	genet_purgatif
Font-Romeu	09/05/2025	granite	croupe	1830	40	S	graminees
Eyne	12/05/2025	schiste	pente_versant	1900	30	O	genet_purgatif
Nohedes_Parc-de-nuit	13/05/2025	gneiss	plat	1700	5	SO	genet_purgatif
Puigmal_Err_Cami-de-Nuria	14/05/2025	gneiss	pente_versant	1820	40	SO	genet_purgatif
Puigmal_Err_Refugi-Esplanes	14/05/2025	gneiss	pente_versant	1900	10	SO	genet_purgatif
Puigmal_Err_Ribera-d'Err	14/05/2025	gneiss	pente_versant	2250	40	S	genet_purgatif
Py_Coll-de-la-Menta	16/05/2025	gneiss	haut_versant	1950	10	E	genet_purgatif
Py_Tres_Esteles_bis	16/05/2025	gneiss	pente_versant	1850	65	E	genet_purgatif
Py_Tres-Esteles	16/05/2025	gneiss	pente_versant	1900	50	E	genet_purgatif
Py_Tres-Esteles-ter	16/05/2025	gneiss	pente_versant	1850	65	E	genet_purgatif
Torrent-Coll-Marcer	02/06/2025	gneiss	pente_versant	1700	20	SO	genet_purgatif
Torrent-Salteguet	02/06/2025	gneiss	bas_versant	1700	25	S	genet_purgatif
Versant-sud-Coma-Morera	02/06/2025	gneiss	pente_versant	2050	40	S	genet_purgatif
Nohedes_Pla-del-Mig	19/06/2025	calc-schiste	pente_versant	1875	30	S	genet_purgatif
La-Guingueta-d'Aneu_Lleida_Mont-Caubo	21/07/2025	schiste	haut_versant	2290	25	SO	graminees

Tableaux 2b. Caractéristiques d'habitat relevées sur les stations à *Viola parvula* visitées lors des prospections entre mars et juillet 2025 (partie 2).

Station	Recouvrement lande (%)	Recouvrement pelouse (%)	Recouvrement éboulis (%)	Recouvrement forêt (%)	Activités humaines
Jujols	100	0	0	0	paturage
Nohedes_croisement-sentier-clot-vers-etang	0	50	0	50	frequentation_humaine
Nohedes_sentier-Clot_piste	0	100	0	0	frequentation_humaine
Nohedes_sentier-Clot_talus-sous-enclos	0	100	0	0	frequentation_humaine
Font-Romeu	0	50	50	0	frequentation_humaine
Eyne	100	0	0	0	paturage
Nohedes_Parc-de-nuit	100	0	0	0	paturage
Puigmal_Err_Cami-de-Nuria	50	50	0	0	paturage
Puigmal_Err_Refugi-Esplanes	25	75	0	0	paturage
Puigmal_Err_Ribera-d'Err	100	0	0	0	paturage
Py_Coll-de-la-Menta	50	50	0	0	paturage
Py_Tres_Esteles_bis	100	0	0	0	paturage
Py_Tres-Esteles	100	0	0	0	paturage
Py_Tres-Esteles-ter	50	0	50	0	paturage
Torrent-Coll-Marcer	40	60	0	0	paturage
Torrent-Salleguet	30	70	0	0	paturage
Versant-sud-Coma-Morera	100	0	0	0	paturage
Nohedes_Pla-del-Mig	100	0	0	0	paturage, frequentation_humaine
La-Guingueta-d'Aneu_Lleida_Mont-Caubo	0	0	100	0	paturage, frequentation_humaine

III. Recouvrement par *Viola parvula*, composantes physionomiques de la zone échantillonnée et comparaison des méthodes de relevé

Par manque de temps pour le traitement des photographies, nous n'avons pu réaliser la collecte et analyse des taux de recouvrement provenant de cette méthode que sur 98 quadrats (100 quadrats ont été échantillonnés mais *Viola parvula* était absente sur 2 d'entre eux). Un exemple du travail de traitement des images sur Qgis avec le contour de la surface des différentes composantes des quadrats est illustré sur la figure 9 ci-dessous.



Figure 9. Photographie du quadrat n°68 avant et après traitement sur Qgis, avec les couches de polygones représentant la surface couverte par les différents éléments du quadrat.

Le travail d'estimation visuelle sur le terrain et de traitement des photographies ont permis d'obtenir pour les 98 quadrats un taux de recouvrement par chaque variable les composant. Les moyennes pour chaque variable sont visibles dans le Tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3. Moyennes sur les 98 quadrats échantillonnés des taux de recouvrement (en %) de chaque élément composant les quadrats estimés par traitement des images et par estimation visuelle. Vp = *Viola parvula*. n = 98.

source	Vp	Roche	Sol_nu	Vegetation_herbacee	Vegetation_arbustive	Litiere
Traitement images	1.37	4.24	4.53	34.99	5.95	53.43
Estimation visuelle	2.12	7.59	12.60	52.34	9.47	15.88

1. Paramètres de l'habitat à fine échelle influençant le recouvrement de *Viola parvula*

Le modèle linéaire simple n'indique pas d'effet significatif du recouvrement du genêt sur celui de *Viola parvula* (p-value = 0.221, R² = 1.6 %). Cependant, le test de corrélation de Spearman indique une relation positive faible mais significative entre le recouvrement du genêt et celui de *Viola parvula* ($\rho = 0.255$, p-value = 0.011). Cela signifie que dans les quadrats où le taux de recouvrement du genêt est supérieur, celui de *Viola parvula* tend légèrement à augmenter.

Le modèle de régression multiple évaluant l'effet de l'ensemble des variables (roche, sol nu, litière, végétation herbacée et arbustive) sur le taux de recouvrement de *Viola parvula* n'a pas mis en évidence d'effet significatif ($F_{5,92} = 1.96$; p-value = 0.092 ; R² ajusté = 0.047). Cependant, le taux de recouvrement par la végétation herbacée est indiqué comme un facteur négatif significatif ($\beta = -0.045 \pm 0.016$; t = -2.81 ; p-value = 0.006). Cela signifie que *Viola parvula* occupe moins de surface dans les quadrats où le recouvrement herbacé est élevé. Le taux de recouvrement par la litière a montré un effet négatif très proche de la significativité ($\beta = -0.033 \pm 0.017$; t = -1.90 ; p-value = 0.061). Aucune relation significative n'a été trouvée pour la roche, le sol nu et la végétation arbustive (p-value > 0.75).

2. Comparaison des deux méthodes de relevés des taux de recouvrement

Les tests de normalité de Shapiro-Wilk indiquent que les différences entre les mesures visuelles et photographiques n'étaient pas normales pour les variables du taux de

recouvrement de *Viola parvula* (*vp*, $W = 0.933$, $p\text{-value} < 0.001$), du sol nu ($W = 0.765$, $p\text{-value} < 0.001$), de la roche ($W = 0.914$, $p\text{-value} < 0.001$) et de la végétation arbustive (*vg_arb*, $W = 0.797$, $p\text{-value} < 0.001$). Tandis que les différences étaient normales pour la végétation herbacée (*vg_herb*, $W = 0.987$, $p\text{-value} = 0.45$) et la litière ($W = 0.993$, $p\text{-value} = 0.88$).

Pour les variables non normales (*vp*, *roche*, *sol_nu*, *vg_arb*), le test de Wilcoxon a montré des différences significatives entre les mesures visuelles et photographiques ($p\text{-value} < 0.001$ pour toutes les variables, Figure 10).

Pour les variables normales (*vg_herb* et *litiere*), le t-test apparié a révélé des différences significatives entre les mesures visuelles et photographiques (*vg_herb* : $t = 12.35$, $p\text{-value} < 0.001$, différence moyenne = 17.11 %; *litiere* : $t = -26.03$, $p\text{-value} < 0.001$, différence moyenne = -37.68 %, Figure 10).

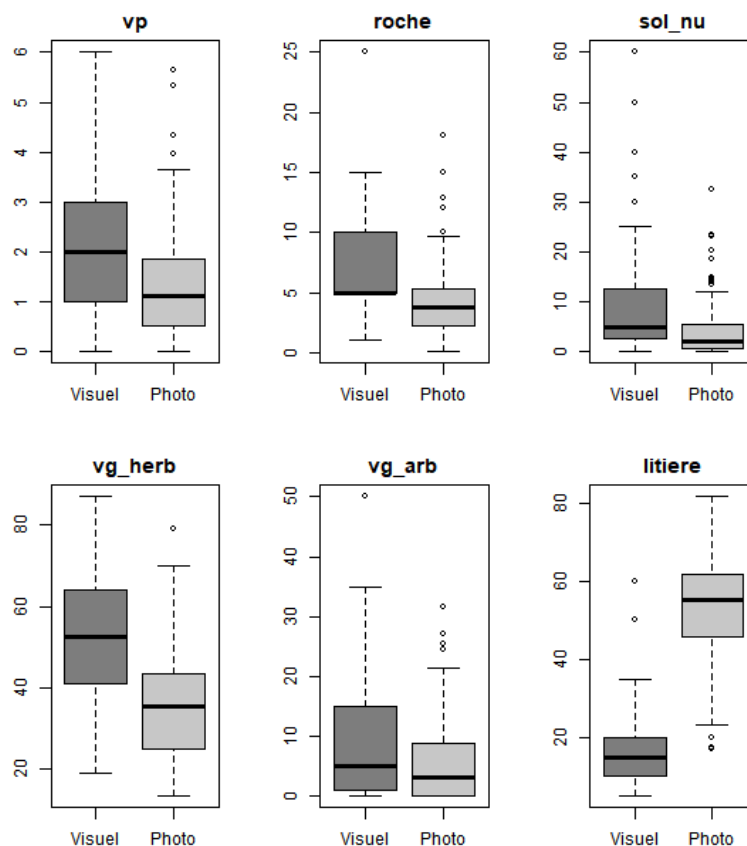


Figure 10. Comparaison des taux de recouvrements obtenus par estimation visuelle et traitement des photographies pour les six éléments composant un quadrat. *vp* = *Viola parvula*, *vg_herb* = végétation herbacée, *vg_arb* = végétation arbustive. (Wilcoxon ou t-test apparié, pour toutes les comparaisons, $p\text{-value} < 0.001$). La ligne horizontale indique la médiane, les limites de la boîte correspondent aux premier et troisième quartiles, et les moustaches s'étendent jusqu'à $1,5 \times$ l'écart interquartile. Les points représentent les valeurs extrêmes. $n = 98$ quadrats.

Les coefficients de corrélation indiquent que, malgré ces différences significatives, les mesures photo et visuelles étaient généralement bien corrélées (Figure 11). La corrélation de Spearman était élevée pour *Viola parvula* ($\rho = 0.82$, p-value < 0,001), la roche ($\rho = 0.74$, p-value < 0,001), le sol nu ($\rho = 0.90$, p-value < 0,001) et la végétation arbustive ($\rho = 0.95$, p-value < 0,001), tandis que la corrélation de Pearson pour la végétation herbacée était modérée ($r = 0.56$, p-value < 0,001). Au contraire, la litière présentait une faible corrélation ($r = 0.27$, p-value = 0.007), suggérant une faible concordance entre les méthodes pour cette variable.

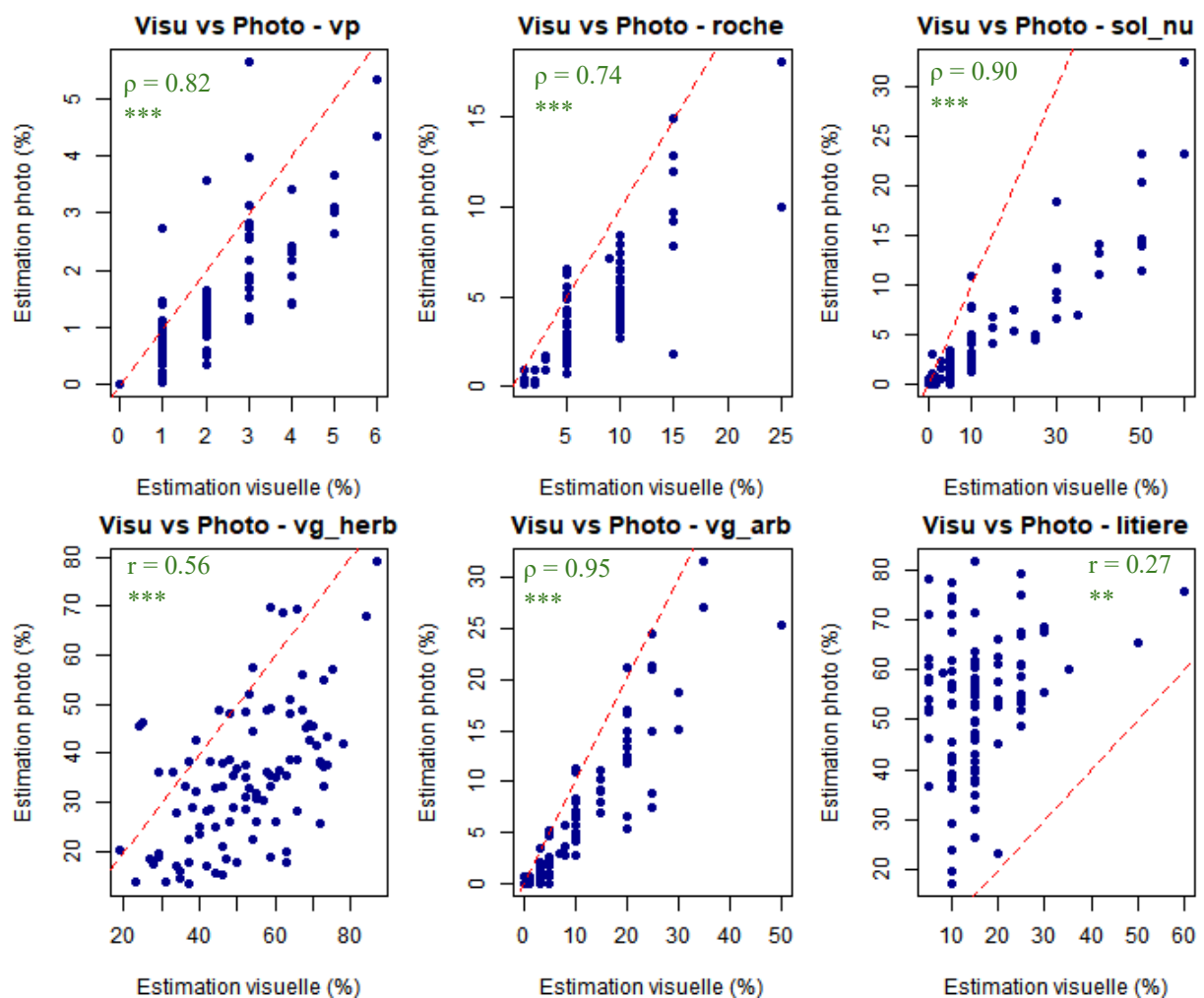


Figure 11. Relation entre les taux de recouvrement mesurés visuellement sur le terrain et à l'aide du traitement de photographies pour les six éléments composant un quadrat. Vp = *Viola parvula*, vg_herb = végétation herbacée, vg_arb = végétation arbustive. (Spearman (ρ) ou Pearson (r), la significativité est indiquée par les étoiles : ** p-value < 0.01 ; *** p-value < 0,001). Chaque point représente un quadrat (n = 98) et la ligne représente le cas d'égalité parfaite entre les méthodes.

Discussion

I. Distribution de l'espèce

Le complément d'inventaire a permis d'obtenir une mise en commun des points d'observations provenant des différents partenaires du projet Floralab+, ainsi que l'ajout de nouveaux points d'observation suite aux prospections de cette année. Ce travail met en évidence une présence assez marquée de *Viola parvula* dans le territoire des Pyrénées-Orientales, ainsi qu'une présence significative au nord de la Catalogne (Figure 7). La taille des populations étant un facteur influençant la probabilité d'extinction (McArthur et Wilson, 1967), l'abondance de l'espèce retrouvée sur le territoire peut suggérer une vulnérabilité relativement faible. D'autant plus qu'il est envisageable que le nombre de points d'observation puisse être bien supérieur aux résultats obtenus dû à une sous-prospection. Néanmoins, il n'est pas possible de conclure sur la vulnérabilité potentielle de l'espèce face au changement climatique à partir de l'état actuel de la distribution de l'espèce. Il est donc essentiel de poursuivre les prospections et d'assurer un suivi régulier des stations pour s'assurer de la persistance de l'espèce ou détecter d'éventuels déplacements ou changements dans la répartition de l'espèce. Face au contexte de hausse des températures dans la région, il serait possible d'observer une migration en plus haute altitude (Lenoir et al., 2008).

Deux causes sont envisagées pour expliquer l'absence de *Viola parvula* en Andorre et Ariège. Le premier serait un erreur de ciblage des secteurs à prospecter, accompagné d'une sous-prospection. Cela pourra être contourné avec l'établissement d'une carte des habitats favorables à l'espèce à l'échelle est-pyrénéenne suite au travail de caractérisation des stations où elle est présente. Une autre raison serait la présence de barrières physiques importantes que sont les hautes montagnes qui séparent ces régions des Pyrénées-Orientales, tel que la massif du Carlit. Cela pourrait empêcher la dispersion des graines de *Viola parvula* par les fourmis qui est déjà assez limitée (Culver & Beattie, 1978). Une barrière physique aussi importante que des montagnes pourrait empêcher l'établissement de l'espèce sur ces territoires.

II. Caractéristiques des habitats favorables à l'échelle est-pyrénéenne

Les caractéristiques observées dans les stations de *Viola parvula* (Tableaux 2a et 2b) concordent avec les descriptions d'habitat rapportées par Castroviejo et al. (2006) et Sáez et al. (2010). Alors que l'espèce est connue à l'échelle mondiale entre 1600 et 2900 m d'altitude, les populations recensées dans les Pyrénées se situent entre 1675 et 2290 m. Il n'est pas exclu que des stations existent à des altitudes plus élevées. Des prospections complémentaires dans des habitats potentiels pourraient le confirmer.

Les expositions les plus représentées sont orientées sud et sud-ouest, et les stations présentent généralement des pentes marquées. Ces résultats sont cohérents avec les observations de Sáez et al. (2010) dans le Livre rouge de la flore vasculaire endémique et menacée de Catalogne. De plus, la végétation dominante associée aux stations est le genêt purgatif, caractéristique des landes, milieu également le plus représenté. Cette association peut être mise en relation avec les conditions de forte pente et d'exposition vers le sud, qui favorisent le développement de ces landes (Prud'homme, 2004).

En lien avec son écologie pionnière, *Viola parvula* a été trouvée exclusivement dans des stations présentant une perturbation causée par des activités anthropiques, principalement le pâturage et la fréquentation liée à la randonnée. L'est des Pyrénées étant un territoire marqué par le pastoralisme, de nombreux milieux ouverts sont régulièrement soumis au piétinement. Cela suggère un grand nombre d'habitats potentiels pour *Viola parvula*. Si le pâturage est bien cité comme facteur de perturbation favorable dans la bibliographie, la fréquentation humaine n'a pas été mentionnée jusqu'ici. Ce paramètre pourrait donc être un nouvel élément à considérer lors de la recherche d'habitats potentiels, avec la prise en compte des sentiers de randonnées et les bords de pistes par exemple.

Dans l'ensemble, la description des habitats de *Viola parvula* sur le territoire d'étude est très proche de celle rapportée en Catalogne (Sáez et al., 2010). Ces paramètres peuvent ainsi être utilisés pour la production d'une carte d'habitats potentiels, un outil qui permettra de cibler et d'orienter les futures prospections. Lors de ces prospections, l'utilisation des formulaires ODK pourra être poursuivie afin d'affiner progressivement la caractérisation des habitats favorables à l'espèce.

III. Données de taux de recouvrement par *Viola parvula* et les composantes physionomiques de la zone échantillonnée à Jujols, et comparaison des méthodes de relevé

1. Paramètres de l'habitat à fine échelle influençant le recouvrement de *Viola parvula*

Le test de corrélation de Spearman et le modèle linéaire ont mis en évidence une relation positive faible entre *Viola parvula* et le genêt purgatif. Ces résultats ne suggèrent donc pas un effet compétitif marqué du genêt sur *Viola parvula*. Pourtant, un effet négatif était attendu, dans la mesure où *Viola parvula*, espèce à stratégie rudérale, est théoriquement moins compétitive que le genêt, généralement espèce dominante de son milieu (Pianka, 1970 ; Prud'homme, 2004 ; Schwinning & Weiner, 1998). Seulement, la station ayant été gyrobroyée récemment, les pieds de genêt restent de petite taille et peu dense : il est donc probable que le genêt présente une faible compétitivité durant sa phase d'établissement dans un milieu nouvellement

ouvert (Callaway & Walker, 1997). Ainsi, le recouvrement de *Viola parvula* ne serait pas encore affecté. De plus, la tendance positive observée pourrait indiquer que les deux espèces partagent les mêmes micro-habitats lors de cette période d'établissement du genêt. En complément, une autre hypothèse à cette tendance positive serait que *Viola parvula* bénéficie indirectement de l'installation du genêt. En effet, il a été remarqué que les jeunes individus de genêt sont souvent entourés de sol non occupé par d'autres espèces herbacées. *Viola parvula* étant peu compétitive, celle-ci pourrait s'installer sur ces zones nues près du genêt.

Au-delà de l'influence potentielle des jeunes genêts, nos résultats suggèrent que d'autres composantes du milieu, présentes à l'échelle fine des quadrats, influencent localement le recouvrement de *Viola parvula*. C'est notamment le cas pour de la végétation herbacée : lorsque son taux de recouvrement est plus élevé, une diminution significative de la surface occupée par *Viola parvula* est observée. Ce résultat est cohérent avec l'écologie de l'espèce, de petite taille et pionnière, donc défavorisée dans les milieux où la strate herbacée est dense en raison de la compétition pour la lumière et les ressources nutritives. L'effet négatif de la litière, proche de la significativité (p -value = 0,061), suggère que l'accumulation importante de litière sur le sol pourrait limiter l'installation des individus.

La présence de roche, de sol nu ou de végétation arbustive n'a pas montré d'effet sur le recouvrement de l'espèce. Il est possible que l'influence de ces variables soit faible à l'échelle fine du quadrat ou minimisée par d'autres variables non incluses dans le modèle (par exemple l'humidité et la texture du sol ainsi que les nutriments à disposition de l'espèce).

Il est important de noter que le protocole initial prévoyait l'échantillonnage de 500 quadrats. Cependant, en raison du temps nécessaire au traitement des photographies, seuls 100 quadrats ont été analysés. Cette réduction de l'effort d'échantillonnage pourrait avoir limité la puissance statistique des analyses, et ainsi masqué de potentiels effets qui n'ont pas pu être montrés ici, tels qu'avec la roche, le sol nu ou la végétation arbustive. De plus, il est possible que certaines tendances, comme l'effet négatif de la litière proche de la significativité, aurait pu être davantage marqué.

Ces résultats correspondent uniquement à la première année du suivi, qui constitue une base pour la suite. La poursuite de ce protocole dans le temps permettra de renforcer l'interprétation des données, en comparant les tendances interannuelles, et ainsi de mieux comprendre l'influence des paramètres à fine échelle sur la dynamique des populations de *Viola parvula*. Ce travail est un effort conséquent pour l'amélioration de connaissances et permettra d'alimenter les réflexions autour d'une gestion conservatoire potentielle de l'espèce à l'avenir. Par exemple, si au fil des prochaines années, l'augmentation du recouvrement par le genêt se traduit par un effet significatif sur *Viola parvula* avec une réduction progressive de son abondance, l'ouverture régulière de la station pourra être considérée comme une action de gestion potentielle pour le maintien d'une taille de population stable.

2. Comparaison des deux méthodes de relevés des taux de recouvrement

Les résultats montrent des différences significatives de taux de recouvrement entre les deux méthodes pour l'ensemble des variables (Figure 10). Cependant, les taux de recouvrements par estimation visuelle et par traitement des photographies sont fortement corrélés pour toutes les variables sauf la litière. Cela signifie que les deux méthodes ordonnent de la même manière les taux de recouvrement : par exemple, lorsque *Viola parvula* a un fort taux de recouvrement par estimation visuelle, c'est également le cas par estimation par traitement des photographies.

La forte corrélation obtenue pour *Viola parvula* ($\rho = 0,82$) confirme que les deux méthodes permettent d'estimer de manière cohérente les variations de taux de recouvrement entre les quadrats. Cependant, il y a une différence significative entre les valeurs obtenues par estimation visuelle et traitement des photographies (moyenne de 2,12% contre 1,37%, Tableau 3). Le taux de recouvrement moyen plus faible pour le traitement des photographies peut être expliqué par la difficulté à distinguer les petites rosettes sur les images, notamment lorsque le contraste visuel est réduit par la présence abondante de végétation herbacée autour de la pensée (Figure 9). De plus, il est plus facile de différencier *Viola parvula* des autres espèces herbacées par estimation visuelle sur le terrain grâce à sa pilosité. Tandis que sur les photographies, *Viola parvula* est plus simple à distinguer lorsqu'elle est fleurie avec sa corolle blanche. Mais lorsqu'elle est en état végétatif, en bouton ou que la fleur est dissimulée, il peut être difficile de la reconnaître. La reconnaissance des individus sur les photographies repose alors sur des critères plus subjectifs, comme la forme et la couleur des feuilles, ce qui augmente le risque d'erreur. De plus, le taux de recouvrement étant toujours inférieur à 6%, il est difficile d'estimer à l'œil sur le terrain de très faibles pourcentages.

Les taux de recouvrement par la roche, le sol nu et la végétation arbustive sont supérieurs par traitement des photographies. Cela peut s'expliquer par la précision qu'offre un temps supérieur passé à analyser les photos, par rapport à une estimation qui doit être plus rapide et spontanée sur le terrain. Aussi, tracer les contours des éléments composant les quadrats peut s'avérer délicat : le sol nu ou la roche peuvent être partiellement recouverts par la végétation herbacée, et les arbustes présentent souvent des branches fines difficiles à délimiter. Cela peut entraîner une surestimation et souligne la nécessité de critères visuels standardisés plus stricts pour limiter les biais.

De même, le taux de recouvrement par la végétation herbacée est significativement supérieur avec le traitement des photographies qu'avec l'estimation visuelle (+24,52 % en moyenne). Le recouvrement herbacé n'est jamais totalement homogène, l'observateur sur le terrain peut être trompé par la superposition avec d'autres éléments (litière, roche), ce qui le conduit à sous-estimer la végétation herbacée. À l'inverse, sur photographies, la qualité d'image ne permet pas toujours de distinguer

les éléments imbriqués dans ce tapis herbacé, ce qui conduit à une surestimation. Ces mêmes raisons pourraient expliquer le cas du recouvrement par la litière, qui, à l'inverse, a des valeurs de taux de recouvrement non corrélées entre les deux méthodes et surestimées dans le cas du traitement des photographies.

Les deux méthodes permettent donc d'identifier les mêmes tendances. Ainsi, elles peuvent être utilisées dans le cadre du suivi de la dynamique de population puisque l'objectif est d'observer des variations dans le temps du recouvrement par *Viola parvula* et les autres éléments en dynamique que sont la végétation herbacée et arbustive, ainsi que la litière. Cependant, les deux méthodes ne sont pas comparables pour une analyse des données. Ainsi, il est nécessaire de choisir l'une des deux méthodes pour assurer le suivi de manière cohérente. Le choix dépend principalement du temps disponible par les personnes en charge du suivi et de la gestion des biais. L'estimation visuelle demande plus de temps sur le terrain. Il est nécessaire de prendre en compte le biais provenant du changement d'observateurs, car l'estimation du taux de recouvrement reste assez subjective. Mais le traitement photographique est beaucoup plus lourd : le contour des éléments sur 100 quadrats représente près de 20 heures de travail (sachant que l'idée initiale était d'en échantillonner 500), sans pour autant éliminer les biais liés à la qualité d'image ou à la difficulté de faire le contour de certains éléments (petites pierres, branches mortes, etc.). Cette méthode entraîne donc aussi des sur- ou sous-estimations, même si cela n'empêche pas de suivre les variations du recouvrement de *Viola parvula*. Pour un protocole reproductible et transférable aux partenaires du projet Floralab+, il est essentiel de limiter les biais liés aux changements d'observateurs. Dans le cas du traitement photographique, cela nécessiterait un guide très précis pour la reconnaissance et la délimitation des éléments. Pour l'estimation visuelle, le biais peut être réduit grâce à des outils d'aide standardisés : par exemple, des cadres indiquant différentes classes de recouvrement (1 % = 36 cm², 5 % = 180 cm², 10 % = 360 cm², 15 % = 540 cm², 25 % = 900 cm²). La méthode d'estimation visuelle étant déjà utilisée dans d'autres protocoles, le biais lié aux changements d'observateurs pourrait y être moins marqué que dans le cas du traitement d'images.

Bien que les deux méthodes soient cohérentes pour mettre en évidence des variations de taux de recouvrement, l'estimation visuelle apparaît comme la plus adaptée. Elle est plus légère à mettre en place et plus réaliste compte tenu des contraintes des agents des réserves et parcs naturels qui assureront le suivi.

Conclusion

Ce travail axé autour de trois objectifs à trois échelles (distribution, habitat, suivi de dynamique de population) a permis de renforcer les connaissances autour de *Viola parvula* à l'échelle est-pyrénéenne afin d'estimer sa vulnérabilité pour des efforts de

gestion et de conservation adaptés. À travers le premier objectif, la distribution de l'espèce sur le territoire a pu être affinée, avec la compilation des stations connues et un travail de prospection visant à compléter cet inventaire. *Viola parvula* est ainsi retrouvée sur 87 stations partagées entre les Pyrénées-Orientales et la Catalogne. La distribution actuelle de l'espèce sur le territoire ne montre pas une vulnérabilité évidente de l'espèce actuellement, mais la poursuite des prospections et le suivi régulier des stations sont nécessaires pour s'en assurer.

Le deuxième objectif de travail a mis en évidence les caractéristiques d'habitats favorables à *Viola parvula*. Les données relevées sont très proches de ce qui est décrit dans le livre rouge de la flore vasculaire endémique et menacée de Catalogne (Sáez et al., 2010), soit des milieux ouverts perturbés très ensoleillés, aux étages montagnards et subalpins, en pente et généralement en présence du genêt purgatif. Grâce à ce travail, la distribution de l'espèce sur le territoire pourra être davantage affinée à l'aide de prospections mieux ciblées.

Enfin, le troisième objectif, qui portait sur la mise en place d'un suivi de la dynamique de population et de l'influence des paramètres de l'habitat, a montré un effet négatif de la végétation herbacée et la litière sur le recouvrement de *Viola parvula*. Ce résultat est cohérent avec l'écologie peu compétitive de l'espèce. En revanche, le recouvrement par le genêt n'a pas montré d'effet négatif comme il l'était supposé, probablement en raison de son stade d'établissement encore précoce qui limite son pouvoir compétitif. Les tendances observées pour cette première année de suivi pourraient s'accroître au fil des années, et l'influence d'autres paramètres pourrait également être mise en évidence. Par ailleurs, il est envisagé d'installer une micro-station de capture de données de température et d'humidité du sol sur la station de Jujols pour compléter et enrichir ces analyses.

Il a aussi été permis de justifier l'utilisation de la méthode d'estimation de taux de recouvrement visuellement sur le terrain, méthode plus simple à mettre en place et donnant des résultats cohérents. La méthode doit cependant être accompagnée d'outil précis d'aide à l'estimation des pourcentages de recouvrement, afin de minimiser aux mieux les biais provenant du changement d'observateur.

Les données collectées à partir des trois objectifs de ce stage offrent des perspectives quant aux mesures de gestion conservatoires potentielles de *Viola parvula* à l'avenir. Les prospections et le suivi des stations constituant un dispositif de surveillance de l'espèce sont des efforts déjà importants aujourd'hui. Le suivi de la dynamique de population sur la station de la réserve naturelle nationale de Jujols permettrait d'identifier les actions de gestion susceptibles de favoriser l'augmentation de la taille des populations si l'espèce venait à s'avérer vulnérable.

Au-delà des avancées obtenues sur *Viola parvula*, ce travail illustre l'intérêt d'une approche intégrée combinant inventaire, caractérisation d'habitats et suivi de la dynamique de population à fine échelle pour mieux comprendre et gérer des espèces encore peu connues et localisées. La méthodologie mise en place pourrait être

transposée à d'autres taxons patrimoniaux à répartition restreinte, notamment en milieu montagnard où de nombreuses espèces sont particulièrement soumises aux effets du changement climatique.

Bibliographie

- Amblar-Francés, M. P., Ramos-Calzado, P., Sanchis-Lladó, J., Hernanz-Lázaro, A., Peral-García, M. C., Navascués, B., Dominguez-Alonso, M., Pastor-Saavedra, M. A., & Rodríguez-Camino, E. (2020). High resolution climate change projections for the Pyrenees region. *Advances in Science and Research*, 17: 191-208. <https://doi.org/10.5194/asr-17-191-2020>
- Bravo, D. N., Araújo, M. B., Lasanta, T., & Moreno, J. I. L. (2008). Climate Change in Mediterranean Mountains during the 21st Century. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 37(4): 280-285. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2008\)37](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2008)37)
- Callaway, R. M., & Walker, L. R. (1997). Competition and Facilitation : A Synthetic Approach to Interactions in Plant Communities. *Ecology*, 78(7): 1958-1965. <https://doi.org/10.1890/0012-9658>
- Castell, X. F. (2023). Drastic reduction in the potential habitats for alpine and subalpine vegetation in the Pyrenees due to twenty-first-century climate change. *Regional Environmental Change*. <https://doi.org/10.1007/S10113-013-0427-5>
- Castroviejo S., Aedo C., Cirujano S., Laínz M., Monserrat P., Morales R., Muñoz Garmendia F., Navarro C., Paiva J. & Soriano C (éd.), 2006. *Flora iberica. Plantas vasculares de la península ibérica e islas baleares. Vol. III : Plumbaginaceae (partim)-Capparaceae*. Real Jardín Botánico: Madrid, 657 p.
- Culver D. C. & Beattie A. J. 1978. Myrmecochory in *Viola*: dynamics of seed-ant interactions in some West Virginia species. *The journal of Ecology*, 66(1): 53-72
- CBN Team. (2025). SIMETHIS-Flore-CBNMed [Base de données]. <http://simethis.eu/>
- Fédération des réserves naturelles catalanes. (s. d.). Fédération des réserves naturelles catalanes. Consulté 19 août 2025, à l'adresse <https://www.reserves-naturelles-catalanes.org/>
- Floralab, réseau de laboratoires botaniques à ciel ouvert. (s. d.). Floralab. Consulté 19 août 2025, à l'adresse <https://www.floralab.eu/>
- Engler, R., Randin, C.F., Thuiller, W., Dullinger, S., Zimmermann, N.E., Araújo, M.B., Pearman, P.B., Le Lay, G., Piedallu, C., Albert, C.H., Choler, P., Coldea, G., De Lamo, X., Dirnböck, T., Gégout, J.-C., Gómez-García, D., Grytnes, J.-A., Heegaard, E., Høistad, F., Nogués-Bravo, D., Normand, S., Puşcaş, M., Sebastià, M.-T., Stanisci,

A., Theurillat, J.-P., Trivedi, M.R., Vittoz, P. and Guisan, A. (2011), 21st century climate change threatens mountain flora unequally across Europe. *Global Change Biology*, 17: 2330–2341. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02393.x>

Gargominy, O., & Régnier, C. (2023). Base de connaissance « Statuts » des espèces en France. Tela Botanica, TAXREF v16.0. <https://www.tela-botanica.org/eflore/>

MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton. University Press, Princeton.

Get ODK Inc. (2025). Open Data kit : Tools to Build Information Services for Developing Regions [Logiciel]. (v2025.1). <https://getodk.org/>

Goldberg, D. E., & Landa, K. (1991). Competitive Effect and Response : Hierarchies and Correlated Traits in the Early Stages of Competition. *Journal of Ecology*, 79(4), 1013-1030. <https://doi.org/10.2307/2261095>

Hautreux A. (2023) Biologie du genre *Viola* (Violaceae) et modes de dispersion des graines : contribution à la connaissance de la dynamique de population de *Viola parvula* Tineo, 1817 dans les réserves naturelles du mont Coronat. Université de la Rochelle, Fédération des Réserves Naturelles Catalanes.

Lenoir, J., Gégout, J.C., Marquet, P.A., de Ruffray, P. & Brisse, H. (2008) A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science*, 320: 1768–1771

Marcussen T., Ballard H. E., Danihelka J., Flores A. R., Nicola M. V. & Watson J. M. 2022. A revised phylogenetic classification for *Viola* (Violaceae). *Plants*, 11(17): 1-135.

Peñuelas, J., & Sardans, J. (2021). Global Change and Forest Disturbances in the Mediterranean Basin : Breakthroughs, Knowledge Gaps, and Recommendations. *Forests*, 12(5) : 603. <https://doi.org/10.3390/f12050603>

Pepin, N. C., Arnone, E., Gobiet, A., Haslinger, K., Kotlarski, S., Notarnicola, C., Palazzi, E., Seibert, P., Serafin, S., Schöner, W., Terzago, S., Thornton, J. M., Vuille, M., & Adler, C. (2022). *Climate Changes and Their Elevational Patterns in the Mountains of the World*. *Reviews of Geophysics*, 60(1), e2020RG000730. <https://doi.org/10.1029/2020RG000730>

Petit, C., & Thompson, J. D. (1999). Species diversity and ecological range in relation to ploidy level in the flora of the Pyrenees. *Evolutionary Ecology*, 13: 45-66.

PostgreSQL Global Development Group. (2025). PostgreSQL [Logiciel]. (v17).
<https://www.postgresql.org/>

Aymerich, P. & Sáez, L. (2020). Llista Vermella de la flora vascular de Catalunya. *Monografies de la Institució Catalana d'Història Natural*, 2: 2696-4988.<https://doi.org/10.2436/20.1502.04.02>

Prud'homme F. (2004) *Cytisus oromediterraneus* en Haute-Garonne. *ISATIS*, 31(3) : 17- 20

QGIS Development Team. (2009). QGIS Geographic Information System [Logiciel] (v3.30.1
's-Hertogenbosc). Open Source Geospatial Foundation. <http://qgis.org>

Sáez L., Aymerich i Boixader, P. & Blanché i Vergés C. (2010). *Llibre vermell de les plantes vasculars endèmiques i amenaçades de Catalunya*. Argania : Barcelona, 811 p.

Scoppola A. & Magrini S. 2019. Comparative palynology and seed morphology in annual
pansies (*Viola* Sect. *Melanium*, *Violaceae*): Implications for species delimitation. *Plant
Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*,
153(6):
883-899.

Schwinning, S., & Weiner, J. (1998). Mechanisms determining the degree of size
asymmetry in competition among plants. *Oecologia*, 113(4): 447-455.
<https://doi.org/10.1007/s004420050397>

Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., et al. (2013).
In Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.), *Climate change 2013: The
physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment
report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>

Tison J-M., Jauzein P. & Michaud H. (2014). *Flore de la France méditerranéenne
continentale*. Naturalia Publications : Turriers, 2 080 p.

UICN France, FCBN, AFB & MNHN (2018). *La Liste rouge des espèces menacées en
France – Chapitre Flore vasculaire de France métropolitaine*.

Annexe

Annexe 1 : présentation des missions complémentaires effectuées lors du stage

a) Rédaction du protocole de suivi de *Viola parvula*

Une fiche de protocole adaptée au travail de terrain a été rédigée. Elle détaille le matériel utilisé, la mise en place de la zone d'échantillonnage et la méthode de relevé.

b) Formulaire ODK de collecte de données pour la caractérisation d'habitats et le suivi à Jujols.

Le travail mené sur la caractérisation des stations de présence de *Viola parvula* sur le territoire est-pyrénéen s'est accompagné de l'élaboration d'outils de collecte de données adaptés. Il a ainsi été utilisé le logiciel ODK (Open Data Kit), facilitant la saisie de données à travers des formulaires qui permettent une standardisation des données, de réduire les erreurs liées au report manuel et l'intégration automatique des données dans une base de données. La mise en forme d'un tel formulaire consiste à le structurer sur un fichier Excel sous forme de champs adaptés avec le langage ODK (listes déroulantes, cases à cocher, saisie libre, valeurs numériques). Le fichier est ensuite importé sur le serveur central ODK, ODK Aggregate, qui permet la mise à disposition du formulaire sur l'application ODK Collect disponible sur tablettes et smartphones.

En complément, un guide d'export des données des formulaires ODK vers la base de données Floralab+ a été rédigé avec Christophe Hurson, responsable informatique et SIG de la FRNC. Il s'agit d'une note d'aide pour établir la connexion entre la base de données ODK Aggregate et la base de données Floralab+. Cette base est centralisée dans PostgreSQL, un système de base de données relationnelle libre et open source, à travers l'outil de gestion pgAdmin. Le guide intègre aussi la mise en forme des données provenant des formulaires ODK grâce au langage SQL, pour un traitement et une analyse de données facilitée sur QGIS ou Rstudio par exemple.

c) Fiche de projet et configuration d'une micro-station de capture de données de température et d'humidité du sol sur la station à *Viola parvula* de Jujols

Dans le cadre de la mise en place du suivi de la dynamique de population de *Viola parvula* à Jujols en lien avec les paramètres du milieu, il a été souhaité de pouvoir mettre en place un dispositif de capture et d'enregistrement de la température et l'humidité du sol pour ajouter ces variables aux analyses. Le matériel mis à disposition est une micro-station HOBOware et des capteurs associés, dont les données

enregistrées sont récupérées via le logiciel HOBOWare Pro Trial. Un manuel d'installation et de configuration de la micro-station a été rédigé. Puis, une fiche de projet à présenter lors du comité technique de la réserve de Jujols en septembre afin d'évaluer la faisabilité de l'installation pérenne de la micro-station sur le site.

d) Expérimentation et guide technique d'utilisation du récepteur GPS de précision centimétrique RTK

La technologie RTK (*Real-Time Kinematic*) est une méthode de positionnement basée sur l'utilisation de mesures de la phase des ondes porteuses des signaux émis par les systèmes GPS, GLONASS ou Galileo. Une station de référence associée au récepteur des mesures de positionnement lui fournit des corrections en temps réel permettant d'atteindre une précision centimétrique. Nous avons expérimenté l'utilisation du récepteur mobile « surveyor », le rover D7EA de Sparkfun connecté à une base fixe GNSS CentipedeRTK, qui est un réseau de bases ouvertes et disponibles pour tous. Cette base compare la position calculée à partir du signal GPS et la position réelle, puis réémet les corrections à apporter vers les récepteurs. Ce système a été testé pour pouvoir apporter une précision aux géopositionnement des points d'intérêt marqués par les gestionnaires des réserves de la FRNC pour des missions variées. Il aura aussi un intérêt dans le cadre de l'affinage des points d'observation de *Viola parvula*, où une précision centimétrique de la localisation des populations permettra une visualisation fiable de leur déplacement potentiel avec un suivi régulier des stations. Le récepteur a été mis en test et un guide pour l'utiliser a été rédigé avec Christophe Hurson, responsable informatique et SIG de la FRNC.

e) Participation à l'inventaire botanique du Mont Coronat

Un inventaire botanique est réalisé dans les trois réserves naturelles du Mont Coronat, que sont la réserve de Conat, Jujols et Nohèdes. Au moins une fois par semaine, j'ai pu participer aux prospections réalisées pour l'inventaire, avec la reconnaissance d'espèces des différentes strates de végétation, l'enregistrement de leur localisation sur un projet Qfield, et la mise en herbier de certaines espèces pour compléter l'herbier du Mont Coronat.

Résumé

Cette étude a pour objectif d'améliorer les connaissances sur *V. parvula* dans l'Est des Pyrénées afin d'évaluer sa vulnérabilité face aux changements climatiques et d'orienter les efforts de conservation. Trois axes ont été développés : l'actualisation de l'aire de distribution de l'espèce à l'Est du massif pyrénéen, la caractérisation des habitats favorables et la mise en place d'un protocole de suivi de la dynamique des populations. Les prospections et relevés ont permis de préciser la répartition de l'espèce, montrant une présence marquée dans les Pyrénées-Orientales et en Catalogne. Cette distribution étendue, probablement sous-estimée, suggère une faible vulnérabilité immédiate liée à une taille de population réduite. Les stations se caractérisent par des milieux ouverts, ensoleillés, souvent perturbés, en pente et associés au genêt purgatif (*Cytisus oromediterraneus*). Le suivi mis en place dans la station pilote de Jujols a fourni un état initial du recouvrement sur la station pour le suivi et permis de tester des méthodes d'estimation de recouvrement pour un protocole adapté et reproductible. Les analyses ont montré une influence positive du genêt purgatif et négative de la végétation herbacée et de la litière sur le recouvrement de *V. parvula*. Ces résultats constituent une base solide pour suivre la dynamique future des populations et adapter les mesures de conservation.

Mots clés : *Viola parvula*, distribution, habitat, recouvrement, dynamique de populations

Abstract

The aim of this study is to improve knowledge of *V. parvula* in the eastern Pyrenees in order to assess its vulnerability to climate change and guide conservation efforts. Three areas of focus have been developed: refining the distribution range, characterising favourable habitats and establishing a protocol for monitoring population dynamics. Surveys and censuses have made it possible to refine the distribution of the species, showing a marked presence in the Pyrénées-Orientales and Catalonia. This extensive distribution, which is probably underestimated, suggests low immediate vulnerability due to a small population size. The favourable habitats are characterised by open, sunny, disturbed, sloping environments associated with purging broom (*Cytisus oromediterraneus*). The monitoring carried out at Jujols provided an initial assessment of the coverage at the site for monitoring purposes and enabled the testing of coverage estimation methods for a suitable and reproducible

protocol. The analyses showed a positive influence of purgative broom and a negative influence of dense herbaceous vegetation and litter on the coverage of *V. parvula*. These results provide a solid basis for monitoring future population dynamics and adapting conservation measures.

Key words : *Viola parvula*, distribution, habitat, coverage, population dynamic