



HAL
open science

Originalité d'*Adonis vernalis* L. en Provence Bilan stationnel et diversité génétique

Lara Dixon, Alex Baumel, Marine Robichon, Camille Beaulier, Marianick Juin, Mathias Pires

► To cite this version:

Lara Dixon, Alex Baumel, Marine Robichon, Camille Beaulier, Marianick Juin, et al.. Originalité d'*Adonis vernalis* L. en Provence Bilan stationnel et diversité génétique. Conservatoire botanique national méditerranéen de porquerolle. 2018. hal-04476240

HAL Id: hal-04476240

<https://hal.science/hal-04476240>

Submitted on 24 Feb 2024

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

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



Originalité d'*Adonis vernalis* L. en Provence

Bilan stationnel et diversité génétique
Rapport final

CBNMed & IMBE

Octobre 2018

Conservatoire Botanique National
Méditerranéen



LE DÉPARTEMENT



Document réalisé par :



Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles



Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale

Document réalisé avec le soutien de :



Département du Var

Coordination :

Lara DIXON – Chargée de mission en conservation

Rédaction :

CBNMed :

Lara DIXON – Chargée de mission en conservation

Mathias PIRES – Chargée de mission en conservation, botaniste

Marine ROBICHON – Chargée de mission en conservation

IMBE :

Biologie moléculaire : Camille Beaulier (Sup Biotech, Villejuif), Dylan Paci (BTS Lycée Marie Curie, Marseille), Marianick Juin (IMBE), Alex Baumel (IMBE)

Analyses des données : Alex Baumel, Camille Beaulier

Rédaction du rapport : Alex Baumel, Camille Beaulier

Supervision du Service commun de Biologie moléculaire : Caroline Rocher (IMBE)

Gestion administrative : Marine Berro (IMBE)

Date de réalisation : Octobre 2018

Citation recommandée :

Dixon L., Baumel A., Robichon M., Beaulier C., M. Juin, D. Paci, Pires M., Octobre 2018. *Originalité d'Adonis vernalis L. en Provence – Bilan stationnel et diversité génétique – Rapport final*. Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles et Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale. 80 p.

Photographie de couverture : Lara DIXON (CBNMed) – *Adonis vernalis* – La Verdière (83).



Sommaire

Introduction	1
1. Bilan stationnel d'<i>Adonis vernalis</i> L.	4
Modèle biologique.....	5
Description	5
Statut patrimonial	8
Étymologie	8
Phénologie et reproduction.....	8
Usages	8
Répartition mondiale	8
Conservation et menaces	11
Gestion	11
Menaces naturelles	12
Menaces anthropiques	12
Chorologie.....	13
Matériel et méthode.....	13
Résultats	13
Démographie	15
Matériel et méthode.....	15
Résultats	16
Suivi de la dynamique de population	21
Matériel et méthode.....	21
Résultats	24
Étude de l'aire minimale de relevé	26
Matériel et méthode.....	26
Résultats	26
Écologie.....	28
Matériel et méthode.....	28
Résultats	28
Étude de la germination.....	30
Matériel et méthode.....	30
Récolte.....	30
Description des semences.....	30



Mise en conservation.....	30
Étude de la germination.....	30
Résultats	33
Récolte.....	33
Description des semences.....	33
Mise en conservation.....	35
Étude de la germination.....	35
Discussion	39
2. Originalité et diversité génétique d'<i>Adonis vernalis</i> L. en Provence.....	40
Contexte	41
Échantillonnage	42
Diversité génétique d' <i>Adonis vernalis</i> dans le Var	43
Originalité génétique de l' <i>Adonis vernalis</i> du Var	45
Résultat du séquençage du marqueur ITS (ADN nucléaire)	45
Résultat du séquençage des marqueurs plastidiaux rpl20-rps12, psbD-trnT, trnL-trnF.....	45
Résultats des analyses de structure de diversité génétique.....	45
Analyse des résultats selon les huit critères définis par Webb.....	48
Conclusion.....	49
Bibliographie.....	50
Annexe : Fiches détaillées de chaque sous-population d' <i>Adonis vernalis</i> sur la commune de la Verdrière.	52
Résumé :	73



Introduction

Plante remarquable par sa floraison, sa toxicité et ses propriétés pharmacologiques, *Adonis vernalis* a une distribution eurasiatique continentale qui devient très morcelée en Europe occidentale avec des nombreux isolats géographiques. Compte tenu de son usage médical ou vétérinaire du fait d'un effet cardiotonique (fleurs) et diurétique (racines) les populations naturelles ont parfois fait l'objet d'une cueillette intensive et les isolats actuels pourraient être le fruit de cultures anciennes.

Adonis vernalis est une espèce peu abondante en France, on la retrouve en Alsace, dans les Cévennes et en Provence. La population de Provence a été découverte très récemment, elle se situe à la frontière entre le Var et les Alpes-de-Haute-Provence, sur les communes de La Verdière (83) et de Quinson (04) (Dauphin, 1998). Cet isolat se trouve en majeure partie sur un espace naturel sensible (ENS) du Conseil départemental du Var.

Le CBNMed et l'IMBE ont travaillé conjointement sur l'étude de cette espèce, notamment en réalisant un **bilan stationnel** ainsi qu'une **étude de la diversité génétique** de cet isolat. Cette population, en habitat pré-forestier, est très isolée géographiquement des populations les plus proches qui se trouvent dans les Cévennes à l'ouest et dans le Valais Suisse à l'est.

Le bilan stationnel a donc été réalisé sur l'isolat provençal. Il a pour but :

- de préciser la répartition actuelle de l'espèce,
- d'effectuer un bilan démographique des populations,
- d'établir un état de référence dans la perspective d'un suivi régulier,
- de préciser l'écologie d'*Adonis vernalis*,
- d'identifier les menaces,
- et de proposer des actions de gestion et des mesures de conservation à mettre en place.

Les travaux de l'IMBE réalisés dans son service commun de biologie moléculaire ont porté sur l'usage de marqueurs moléculaires pour évaluer l'originalité génétique et la diversité génétique de la population. L'originalité génétique est une information cruciale de l'enquête menée sur le statut d'une plante, mais ce n'est qu'un des huit critères définis par Webb (1985) dans l'enquête visant à valider ou rejeter le statut natif d'une plante, dont il sera tenu compte dans la deuxième partie de ce rapport pour déterminer s'il est possible de conclure sur le statut natif ou introduit d'*Adonis vernalis* en Provence. La diversité génétique et l'organisation de celle-ci au sein des populations étant aussi une information importante dans le cadre d'un éventuel plan de conservation, cet aspect a également été abordé.

Les objectifs de la partie génétique de ce rapport sont donc :

- **Comment s'organise la diversité génétique au sein de l'isolat provençal ? Présente-t-il l'indice d'un fonctionnement en consanguinité ?** Cette question se



justifie par l'observation d'un faible taux de régénération démographique. Elle est abordée sur la base des marqueurs multilocus seulement, ceux-ci étant soumis au brassage génétique et donc au mode de reproduction et de dispersion.

- **L'isolat provençal se distingue-t-il d'autres populations collectées dans les Cévennes, le Valais suisse, les Pyrénées, en Alsace et en Allemagne ?** Cette question est abordée par l'emploi de différents marqueurs moléculaires permettant d'obtenir des informations sur la divergence génétique sur le temps court (Holocène) et long (Pléistocène).



Figure 1 : *Adonis vernalis* en fleur - © B. Huynh-Tan



Historique de la forêt de La Verdière (83)

La lecture de l'état actuel de la forêt sur le plateau de Malassoque ne peut se faire sans prendre en compte l'impact des activités humaines dans le passé.

De chasseur-cueilleur, l'Homme s'installe comme agriculteur-éleveur : c'est la « Révolution Néolithique » (de 7000 à 5000 BP¹). Sur le plateau de Malassoque sont présentes des tombes datant de cette époque (tumulus), ces dernières attestent de l'activité humaine sur ce site. C'est à partir de cette époque que les premiers défrichements ont eu lieu impactant les paysages forestiers.

Avec l'arrivée des métaux (4000 BP), l'Homme conforte et améliore ses conditions de vie, la population augmente ainsi que les défrichements.

La civilisation gallo-romaine (2070 BP) amplifie le phénomène de mise en culture par l'installation des « *Villae* » romaines. Sur le site de Malassoque sont présents des vestiges de cette époque : meule de basalte, poteries (dolum), tegulae, pierres de taille, etc.

Durant tout le Moyen-Âge, toute la surface forestière du plateau de Malassoque est utilisée pour l'agriculture, l'élevage, la production de bois de chauffage et de construction. La technique de l'essartage est employée, elle consiste à défricher la forêt, mettre les pierres en tas et cultiver les céréales sur brûlis durant 2 à 5 ans. Puis, la forêt essaye tant bien que mal de reprendre sa place. De nouvelles pousses partent des racines, ce sont des drageons. Mais seuls les chênes blanc (*Quercus pubescens*) et vert (*Quercus ilex*), plus résistants à la sécheresse, ont pu survivre à ces pratiques culturales. Le tilleul (*Tilia* spp.), le merisier (*Prunus avium*), l'érable à feuille d'obier (*Acer opalus*) et le sorbier (*Sorbus* spp.), n'ont pas résisté car il manque l'ambiance forestière avec plus d'humidité et d'ombre. Les peuplements de chêne blanc et de chêne vert seront recoupés avec des rotations de 15 à 20 ans ; s'ensuit de nouveau l'essartage pendant quelques années. Durant des siècles ce rythme a été soutenu. Les cabanes et les tas de pierres répartis sur l'ensemble du plateau de Malassoque sont les vestiges de l'activité humaine de cette époque.

Au XIX^{ème} siècle, La révolution industrielle occasionne l'exode rural. L'essartage est abandonné et seules les plaines agricoles sont cultivées. La forêt est alors utilisée seulement pour la production de bois de chauffage et le pâturage.

Aujourd'hui, nous héritons de ces paysages qui s'inscrivent dans une mosaïque de milieux composés de pelouses steppiques, de matorral à genévrier et de taillis de chênes blanc et vert. C'est cette mosaïque de milieux qui génère une diversité floristique et faunistique remarquable. L'adonis de printemps s'inscrit pleinement dans cette richesse de diversité du plateau de Malassoque.

Pour conclure, nous pouvons considérer qu'au fil des temps, sous l'action anthropique, la surface et la diversité forestière du plateau de Malassoque ont diminué ; que la surface du matorral à genévrier a augmenté et que la surface des pelouses steppiques a augmenté ainsi que leur diversité floristique et faunistique.

Jean-Paul DAUPHIN

1 : BP signifie *before present* et mesure donc une durée en partant de la date actuelle.



1. Bilan stationnel d'*Adonis vernalis* L.



Modèle biologique

Description

Le nom actuellement reconnu est *Adonis vernalis* L. L'espèce possède plusieurs synonymes :

Adonis joviniensis Sennen & Elias

Adonanthe vernalis (L.) Spach

Adoniastrum vernale (L.) Schur

Elle possède plusieurs noms vernaculaires tels que l'adonis de printemps et le grand oeil-de-boeuf.

A. vernalis fait partie de la famille des *Ranunculaceae*, regroupant 43 genres et 1 500 espèces à travers le monde. En France, dans le genre *Adonis* on retrouve également *A. aestivalis* L., *A. annua* L., *A. flammea* Jacq., *A. microcarpa* DC. et *A. pyrenaica* DC.

A. vernalis est une espèce hémicryptophyte polycarpique qui se développe en touffes denses dressées. La souche rhizomateuse est épaisse, d'un brun noirâtre. Les tiges, de 10 à 30 centimètres de haut, sont glabres (figure 4).

Les feuilles se manifestent sous deux formes : les basales sont réduites à des gaines formant des manchons ou des écailles, les axillaires sont alternes, pennées à folioles multifides filiformes (figure 4).

Les capitules à fleurs jaunes mesurent de 3 à 6 centimètres de diamètre, composés de 12 à 20 pétales, ne présentent pas de glandes nectarifères et ont des sépales pubescents à poils appliqués (figures 2 et 4).



Figure 2 : Fleur d'*Adonis vernalis* - © L. Dixon

Les fruits sont des akènes pubescents formant un glomérule subsphérique. Ils sont indéhiscent et implantés en spirale le long d'un axe central (figures 3 et 4).

Les akènes de l'adonis de printemps ont une longueur moyenne de 4 mm, une largeur moyenne de 3 mm et une épaisseur d'environ 2.4 mm (mesure effectuée sur des akènes issues d'un lot conservé en banque de graines¹, CBNMed inédit, 2017). De forme irrégulière, les

¹ Lot M19161, récolté le 04/06/2014 à la Verdière, utilisé en test de germination et culture.



akènes ont des trichomes et l'ornementation du tégument représente des ondulations. Les semences sont albuminées avec un embryon basal. Le poids pour 100 akènes est d'environ 1.3 gramme. Les akènes ont un bec court, replié contre le corps (figures 3 et 4).



Figure 3 : Akènes d'*Adonis vernalis* - © M. Pires



Figure 4 : Planche de dessin d'*Adonis vernalis* (Müller & Schmidt, 1812)

A) racine ; B) plante entière ; C) plante en fruits ; 1) sépales ; 2) pétales ; 3) étamines ; 4) gynécée (composé de plusieurs carpelles) ; 5) carpelle en coupe longitudinale ; 6) akène ; 7) akène en coupe longitudinale ; 8) endocarpe ; 9) graines (3, 5, 6, 7, 8, 9 sont représentées agrandis par rapport aux autres parties de l'image).



Statut patrimonial

Adonis vernalis fait partie des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire français (annexe II). Elle est cotée dans la Liste rouge de la flore vasculaire de Provence-Alpes-Côte d'Azur avec la cotation "En danger" (EN) (Noble *et al.*, 2015), Pour la France, elle est cotée "Quasi menacé" (NT) (UICN *et al.*, 2012).

Étymologie

Le genre *Adonis* a pour origine un mot syrien *adon* signifiant seigneur. Dans la mythologie grecque, Adonis est un Dieu d'une beauté légendaire, amant d'Aphrodite. Lors d'une chasse, Adonis affronta un sanglier qui le blessa mortellement. Aphrodite versa une larme sur une goutte de son sang et la transforma en fleur, symbole du renouveau de la nature et de la mort.

Son nom d'espèce *vernal* signifie le printemps.

Phénologie et reproduction

L'adonis de printemps fleurit d'avril à mai et fructifie de mai à juin. La pollinisation des fleurs se fait par les abeilles, les mouches et les coléoptères (Cites, 2013).

Il se reproduit de manière sexuée et végétative. Les akènes se disséminent par barochorie et myrmécochorie. Leur corps huileux attire les fourmis qui dispersent les fruits. Cependant la multiplication végétative semble nettement plus importante que la reproduction sexuée et passe par les rhizomes qui produisent de nouvelles pousses chaque année. La capacité de ramification des rhizomes permet à la plante de produire de nouvelles pousses, d'où l'existence de grosses touffes anciennes (Melnik, 1998).

Usages

Cette espèce contient des hétérosides hautement cardiotoniques de type cardénolides. Les feuilles sont les plus riches en adonidoside et adonivernoside. Ces substances, même à faible dose, peuvent provoquer chez l'homme des troubles digestifs, cardiaques, rénaux et peuvent entraîner la mort par paralysie du système respiratoire. La dose mortelle des cardénolides serait de 600 mg. Cependant, ces feuilles possèdent aussi des propriétés diurétiques, neurosédatives, cardiotoniques et sédatives, utilisées dans des médicaments homéopathiques uniquement.

Répartition mondiale

Espèce eurosibérienne, *Adonis vernalis* présente une large répartition, de l'Espagne jusqu'en Sibérie orientale. Dans la moitié est de son aire de répartition, les populations sont continues, par contre dans la moitié ouest, les populations sont plus fragmentée (tableau 1).

En France, l'adonis de printemps est présent dans la vallée du Haut-Rhin (Alsace), dans les Causses (Lozère et Gard), et en Haute Provence (Var et Alpes-de-Haute-Provence) (figure 5). En Provence, on trouve une seule station située dans le nord du Var à la limite avec



les Alpes-de-Haute-Provence (figure 6).

Tableau 1 : Répartition détaillée par pays d'*Adonis vernalis*

Allemagne	Principaux sites en Allemagne orientale et quelques sites isolés le long du Rhin et du Main
Autriche	Régions pannoniennes, Niederösterreich, Burgenland
Biélorussie	Observations rares au sud
Bosnie-Herzégovine	Présente
Bulgarie	Communes au nord et au nord-est du pays ; occurrence sporadique près de la mer Noire, dans la région de la plaine du Danube, les contreforts des Balkans et la plaine de Thrace
Croatie	Rares sites près de Zagreb
Estonie	Présente
Espagne	Montagnes du nord, du centre et de l'est, 600-1600 m, Sierra Nevada
Fédération de Russie	Zone située entre 50°-56° de latitude Nord, bordée par l'Oka à l'ouest et l'Iénisseï à l'est
France	Causses, Var, Alpes-de-Haute-Provence, Alsace
Hongrie	Très répandue, surtout au nord de la chaîne montagneuse centrale et dans la région trans-danubienne
Italie	Trois populations mentionnées au nord-est, non revues récemment
Kazakhstan	Observations rares et non vérifiées au nord de la mer Caspienne
Macédoine	Quelques pieds isolés
Pays-bas	Mentionnée en 1849 dans la partie orientale du pays
Pologne	Principalement dans les zones d'altitude au sud-est, et quelques sites isolés au nord-est, notamment le long de l'Odra et de la Wisna
République Tchèque	Au nord de la Vltava, cours moyen à inférieur de l'Elbe et région pannonienne, sud-est du pays
Roumanie	Très répandue, sauf dans les zones montagneuses ; surtout dans les régions vallonnées de Transylvanie et en Moldavie
Serbie	Limitée à la plaine du Danube, au nord du pays et dans quelques rares autres



	sites isolés au sud-est
Slovaquie	Régions pannoniennes et quelques fragments à plus faible altitude dans les Carpates
Suède	Iles de Öland et Gotland au sud-est du pays
Suisse	Quelques stations confinées au Valais
Ukraine	Très répandue

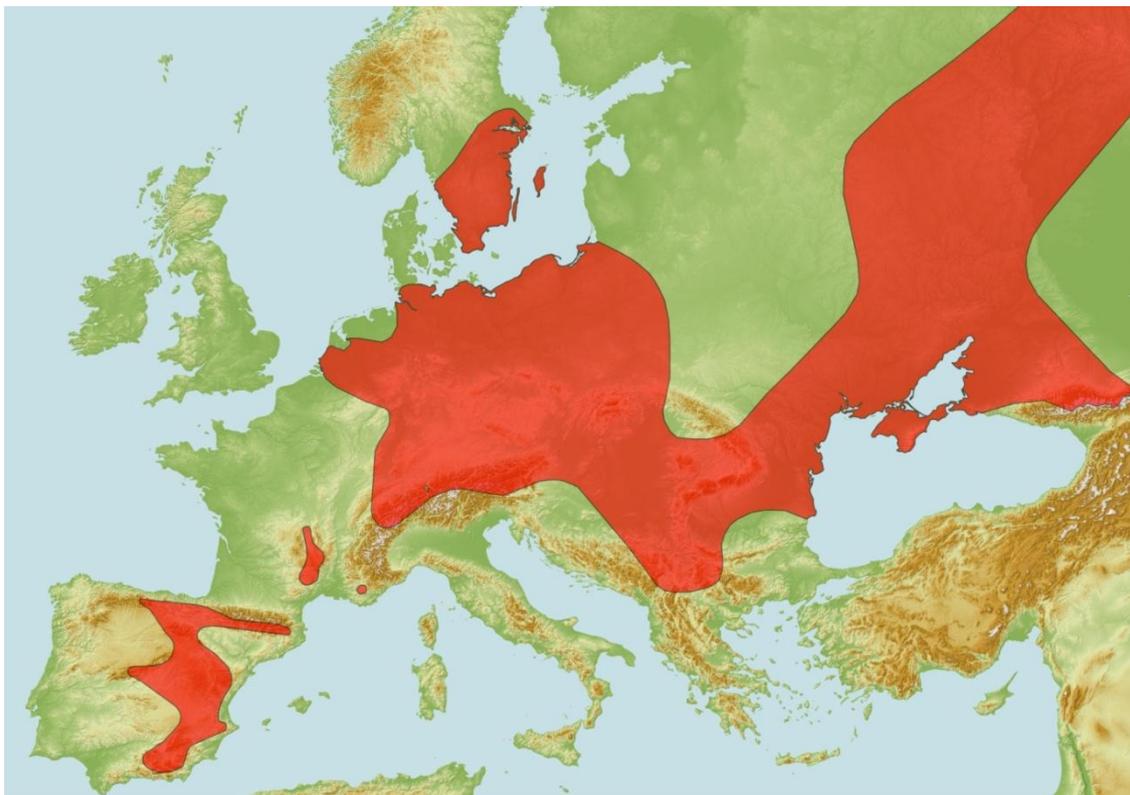


Figure 5 : Répartition mondiale d'*Adonis vernalis*. CBNMed, 08/2018, interprétation des données du GBIF.



Figure 6 : Localisation de l'espèce dans le département

Conservation et menaces

Gestion

La population provençale d'*Adonis vernalis* se répartit sur plusieurs parcelles appartenant à plusieurs propriétaires. Il y a le Département du Var, la commune de La Verdière et un propriétaire privé.

Le maintien de l'espèce est directement lié à la gestion forestière réalisée sur ces différentes parcelles.

Pour l'entretien du plateau, un contrat pluriannuel de pâturage entre l'ONF, gestionnaire du site, et 2 éleveurs d'ovins a été signé (tableau 2).

Tableau 2 : Lot de pâturages attribués aux éleveurs

Forêt	Nom du pâturage	Charge (nbr de bêtes)	Type	Surface de la zone	Surface pâturable	Durée du pâturage	Période d'occupation
La Verdière	Malassoque	500 à 1 500	Ovins	6 000 ha	663 ha	En fonction du nombre de bêtes	D'octobre à mi-mars



Menaces naturelles

Lors des nombreuses prospections de terrain, aucune espèce végétale exotique envahissante n'a été recensée sur le secteur.

L'espèce est sensible à tout changement. Il est donc vivement recommandé de prendre en compte l'espèce lors de travaux forestiers dans la zone où elle se développe, au risque de voir disparaître les individus.

Des chantiers de débroussaillage de *Juniperus communis* ont été effectués entre 2010 et 2012 afin de limiter son expansion qui risquait d'étouffer des individus d'*Adonis vernalis*. Ces chantiers de débroussaillage sélectif ont été réalisés durant l'hiver (entre novembre et février) afin de ne pas impacter les individus d'adonis de printemps. Des tas de rémanents ont été formés et laissés sur place à proximité. Il est important de noter que la coupe de genévrier doit être effectuée uniquement en présence de chênaie pubescente pour assurer une couverture végétale à l'adonis.

Menaces anthropiques

- La circulation et les sports motorisés (quads, motos, 4x4)

Le plateau de Malassoque est couvert de pistes carrossables qui sont très empruntées par les véhicules à moteur (promeneurs en été, chasseurs en hiver).

- Le développement des énergies renouvelables

Le plateau de Malassoque est un secteur peu peuplé et relativement plat ce qui en fait un secteur particulièrement propice au développement des énergies renouvelables. Ce qui représente une menace notable pour les stations d'adonis de printemps. Les fermes photovoltaïques ainsi que le développement de l'éolien peuvent causer la disparition de milieux ou d'espèces d'intérêt communautaire sur de grandes surfaces. Sur le site lui-même, ce genre de projet n'est *a priori* pas réalisable étant données les caractéristiques physiques du site mais une veille doit être assurée afin d'éviter d'éventuels dommages.

- Rave-party

Les riverains du site se plaignent de l'organisation de rave-party sur cette zone naturelle. En effet, ce secteur étant plat, loin de toute activité humaine et en pleine nature, attire les organisateurs de ces soirées, au détriment de la faune et de la flore de ce plateau, notamment de l'adonis de printemps.



Chorologie

L'objectif est de connaître l'aire de répartition précise de l'espèce pour permettre une gestion sur l'ensemble de la population et ainsi pouvoir comparer l'évolution de son enveloppe spatiale au cours du temps.

Matériel et méthode

L'état actuel et passé de la distribution d'*Adonis vernalis* a été établi à partir de diverses sources afin de mettre en évidence les différents sites potentiels de présence de l'espèce. Cette étude a intégré les données bibliographiques, les indications d'herbiers et des données inédites.

Dans le but de déterminer précisément les limites de la population du bois de Malassoque, des prospections ont été effectuées aux alentours sur les zones potentielles de présence de l'espèce.

Résultats

La population provençale d'*Adonis vernalis* est fragmentée et cela pourrait être dû à la pression anthropique du XVIII^e siècle (encart de J.-P. Dauphin page 3). En effet, les profonds bouleversements dans la structure du sol et dans le paysage ont pu occasionner la fragmentation de la population d'*Adonis vernalis*.

Toutes les stations connues et observées depuis 1998 ont pu être retrouvées. Cela montre une persistance importante des stations et des individus ainsi qu'une stabilité de l'habitat. Toutes les zones situées entre les sous-populations ont été prospectées. Certains secteurs ne sont pas favorables à l'espèce mais de grandes zones favorables en sont exemptes. Cela témoigne d'une faible capacité de colonisation de l'espèce.

L'espèce est présente sur une aire totale de 2 km² et est répartie en 7 sous-populations (figure 7).

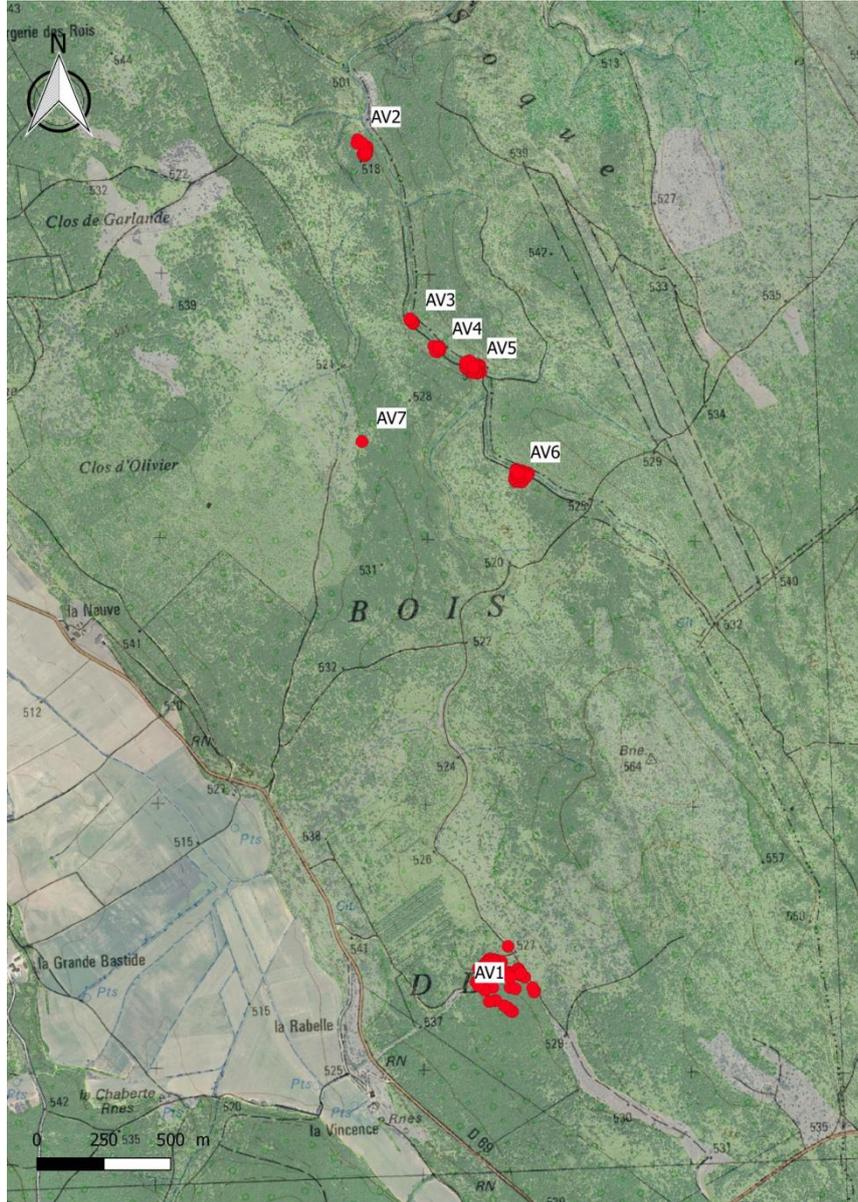


Figure 7 : Présentation des 7 sous-populations d'*Adonis vernalis*



Démographie

L'objectif est de connaître le nombre précis d'individus de la population afin de pouvoir comparer l'évolution des effectifs au cours du temps.

Matériel et méthode

Un recensement du nombre d'individus a été réalisé sur les différentes sous-populations d'adonis de printemps afin d'obtenir une estimation du nombre d'individus et de la densité des sous-populations. Il est difficile de comptabiliser de manière exhaustive les individus d'adonis de printemps à cause de leur distribution éparse sur le secteur et de la discrétion des individus non reproducteurs. Chaque individu a été précisément géolocalisé à l'aide d'un GPS et tous les pointages sont saisis dans SILENE-Flore.



Figure 8 : Relevé de terrain et installation d'un quadrat permanent - © L. Dixon



Résultats

Les prospections ont permis de comptabiliser 1 424 individus (tableau 3 et figure 9, 10, 11, 12 et 13).

Tableau 3 : Récapitulatif des effectifs et des superficies par sous-populations

Sous-population	Individus mûres	Germinations	Total des individus	Superficie (m ²)
AV1	393	9	402	35 125
AV2	116	7	123	1 854
AV3	58	1	59	107
AV4	30	0	30	436
AV5	187	2	189	2 000
AV6	599	7	606	1 990
AV7	15	0	15	30
Total			1 424	41 542 m ²

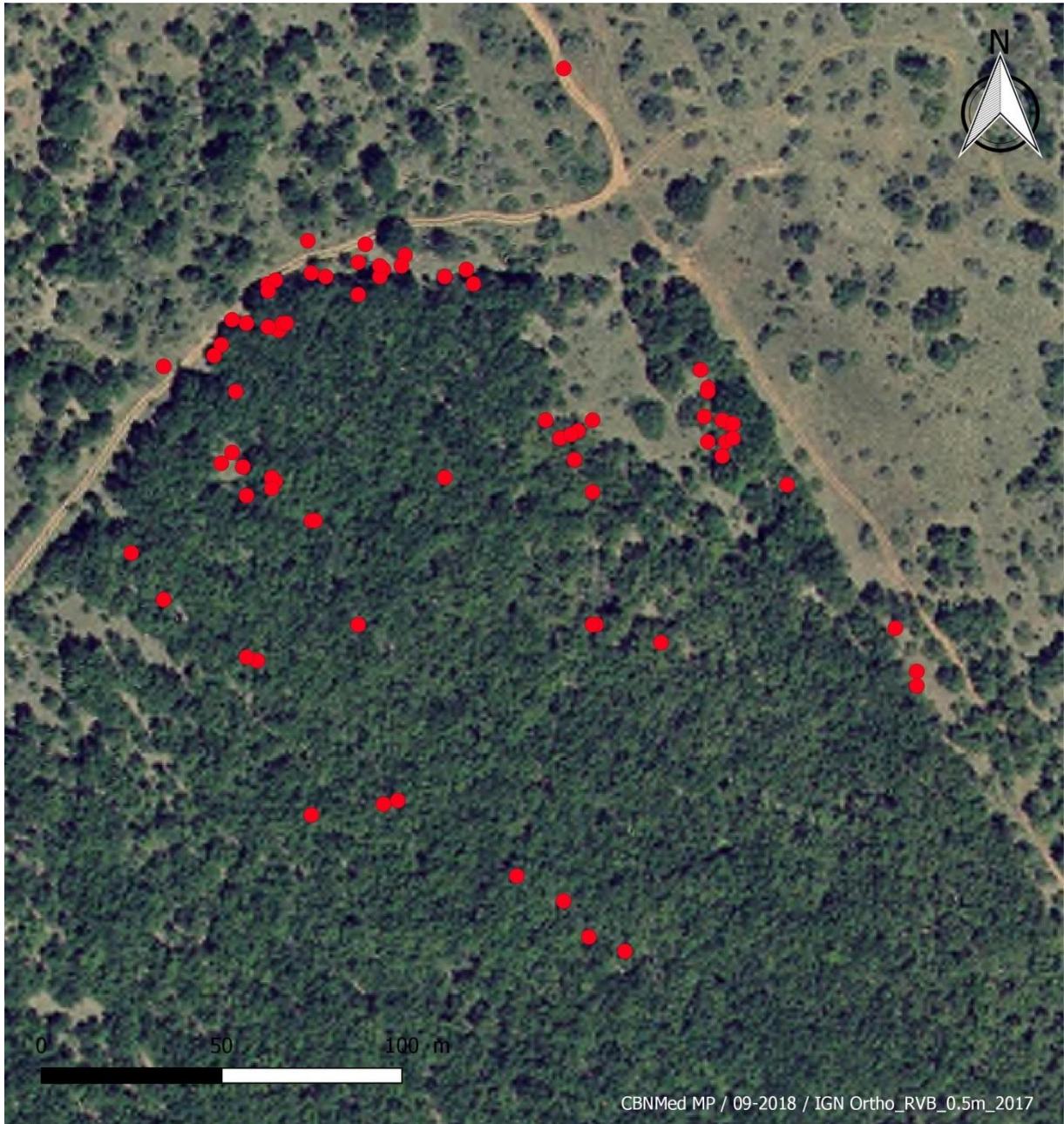


Figure 9 : Localisation de l'ensemble des pieds d'*Adonis vernalis* de la sous-population AV1

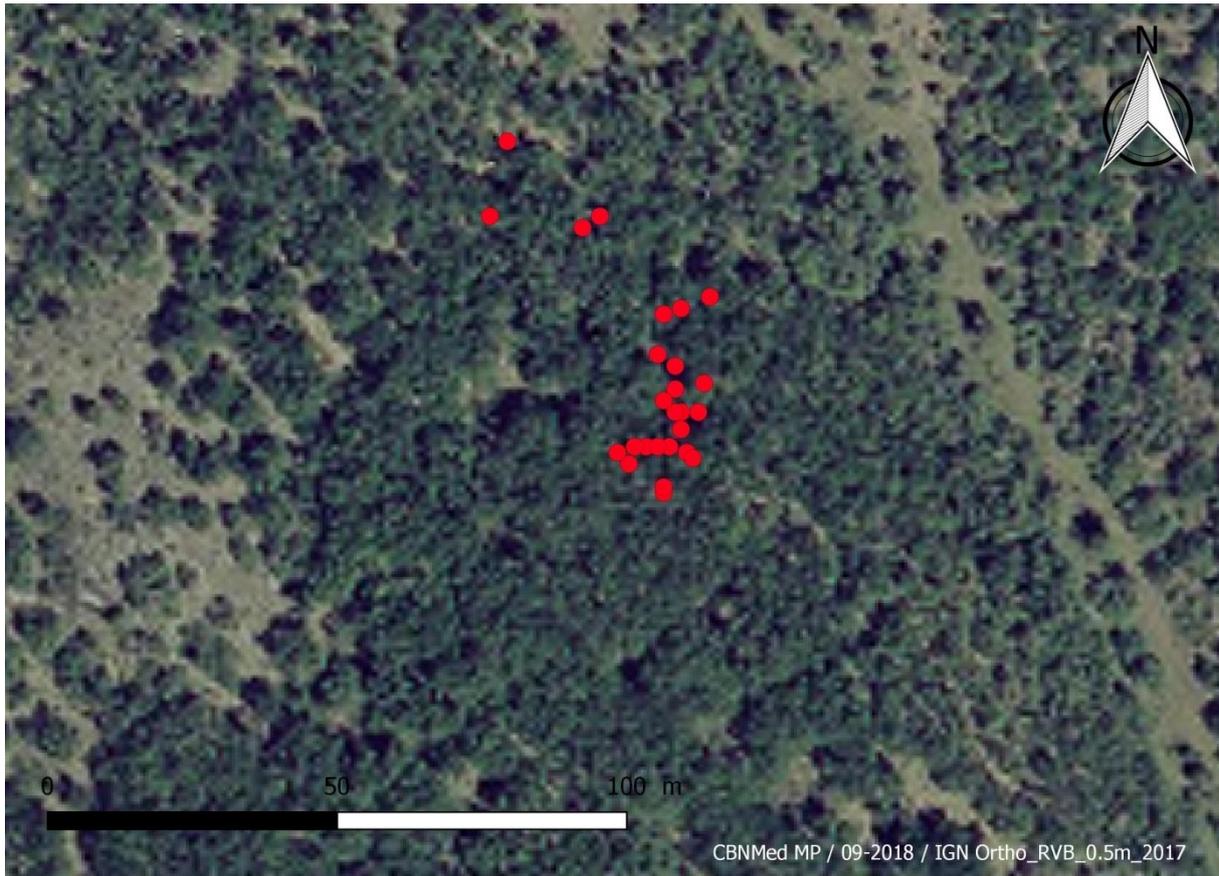


Figure 10 : Localisation de l'ensemble des pieds d'*Adonis vernalis* de la sous-population AV2

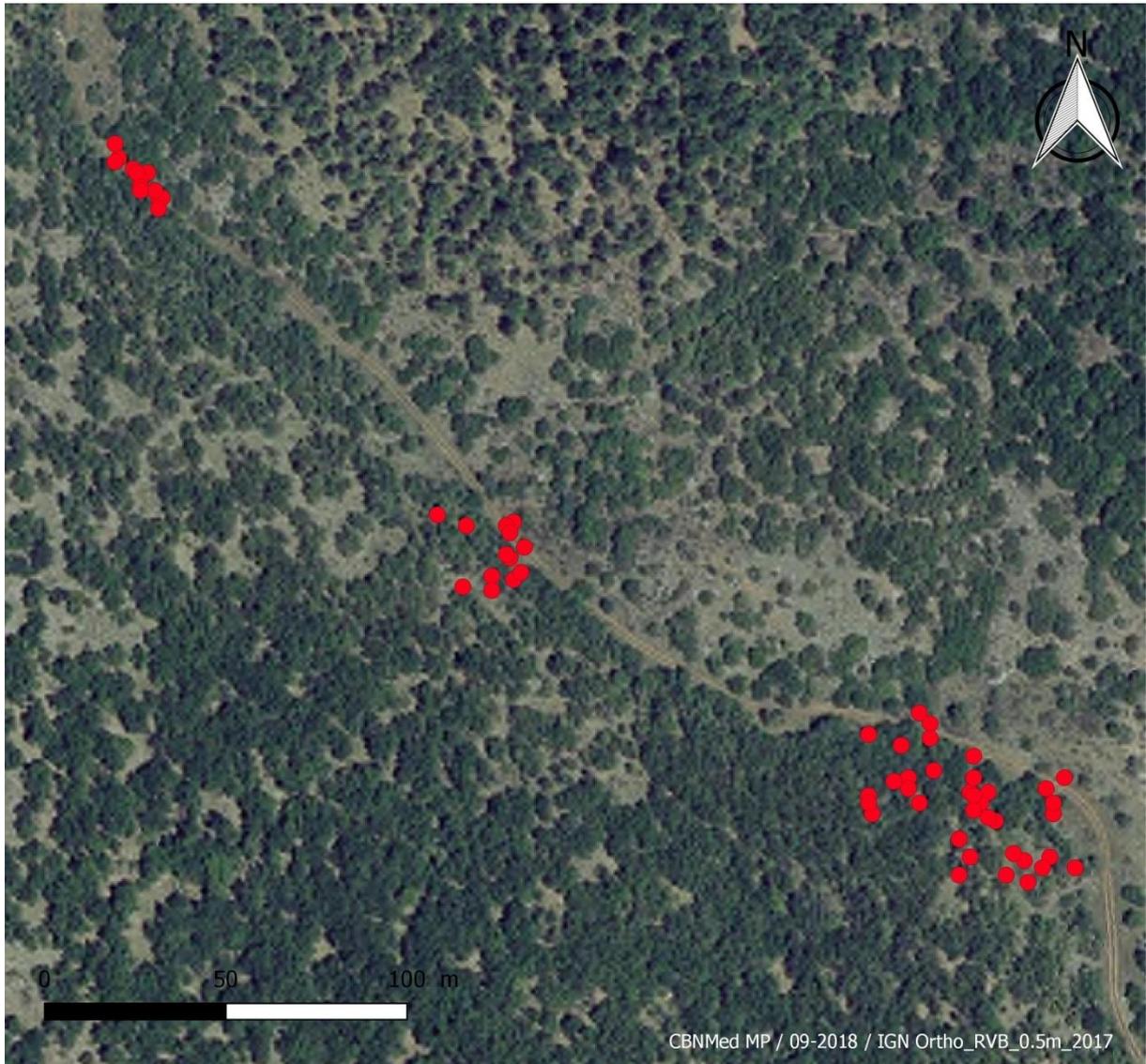


Figure 11 : Localisation de l'ensemble des pieds d'*Adonis vernalis* des sous-populations AV3, AV4 et AV5



Figure 12 : Localisation de l'ensemble des pieds d'*Adonis vernalis* de la sous-population AV6



Figure 13 : Localisation de l'ensemble des pieds d'*Adonis vernalis* de la sous-population AV7



Suivi de la dynamique de population

L'objectif est de connaître la dynamique de la population, c'est-à-dire de connaître la durée de vie des individus, d'identifier les stades les plus critiques dans le développement des individus (germination, floraison, fructification, etc.), et de pouvoir identifier l'impact et la réponse à des événements extérieurs sur la population (sécheresse, changement du couvert arborée, etc.). Ce suivi permet également d'observer si les réponses sont identiques entre les sous-populations. Ces réponses ne pourront être apportées qu'après un suivi pluriannuel.

Matériel et méthode

Le nombre d'individus et de tiges florales est comptabilisé dans des quadrats d'1 m² subdivisés en 16 placettes de 25 cm² (figure 14). Le nombre de quadrats réalisés dans chaque sous-population dépend du nombre d'individus.

Chaque individu peut-être constitué de plusieurs tiges florales, et il peut être délicat d'individualiser les individus qui sont proches. Il a été choisi de différencier deux individus lorsque les tiges sont éloignées de plus de 2 cm.

Pour chaque quadrat, l'ensemble des individus a été spatialisé et catégorisé comme reproducteur, végétatif ou juvénile afin de pouvoir mettre en évidence la dynamique de la station. Pour faciliter le positionnement des adonis de printemps et des quadrats, des repères ont été notés comme la présence de chemin, de souches, de cailloux et leur orientation vers le nord (figure 20). Le positionnement de chaque pied d'adonis de printemps dans les quadrats a été relevé. Une photo de chaque quadrat a été faite afin de pouvoir observer l'évolution des populations (figure 14 et annexe).



Figure 14 : Quadrat de suivi de la démographie - © M. Robichon

Sur l'ensemble de la station, 23 quadrats ont été matérialisés à l'aide de piquets de bois et de fer (sur les secteurs fréquentés par les sangliers, afin de s'assurer de la pérennité du marquage), dans les différentes sous-populations (figure 15, 16, 17, 18 et 19).

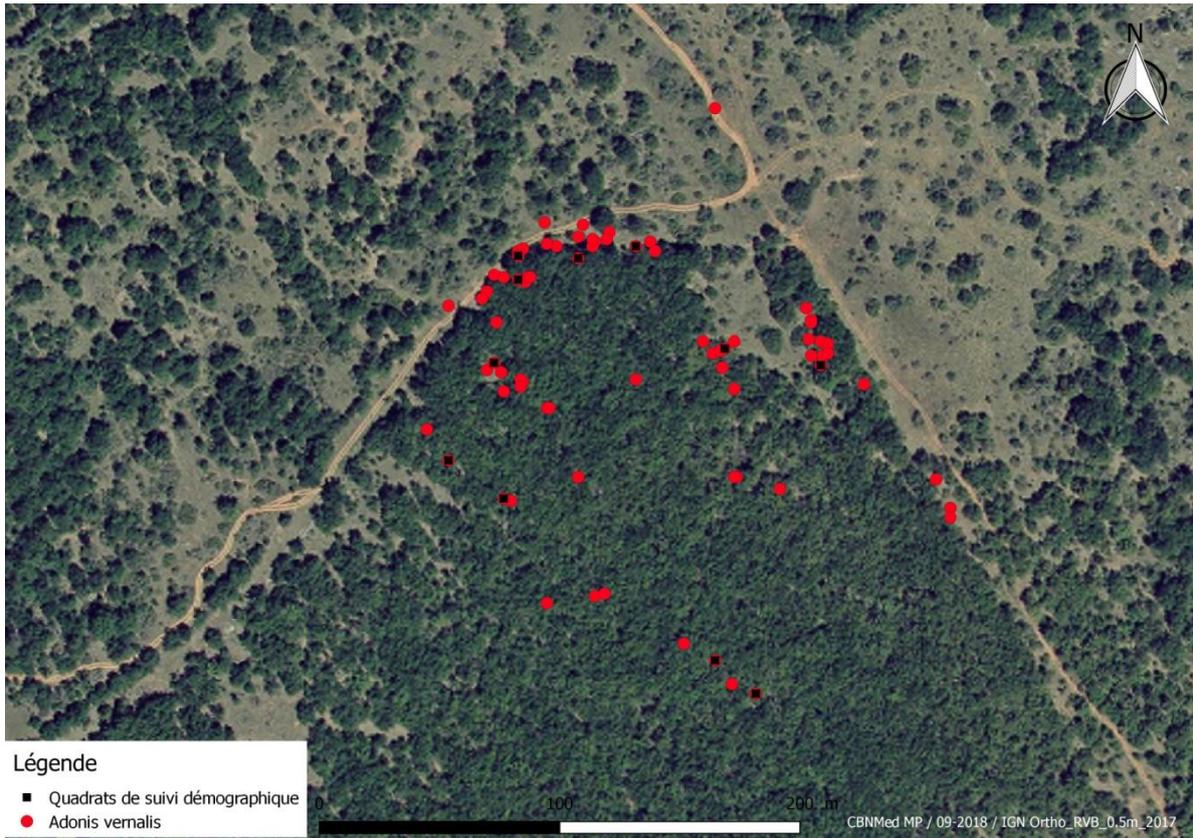


Figure 15 : Localisation des quadrats de suivi démographique sur la station AV1

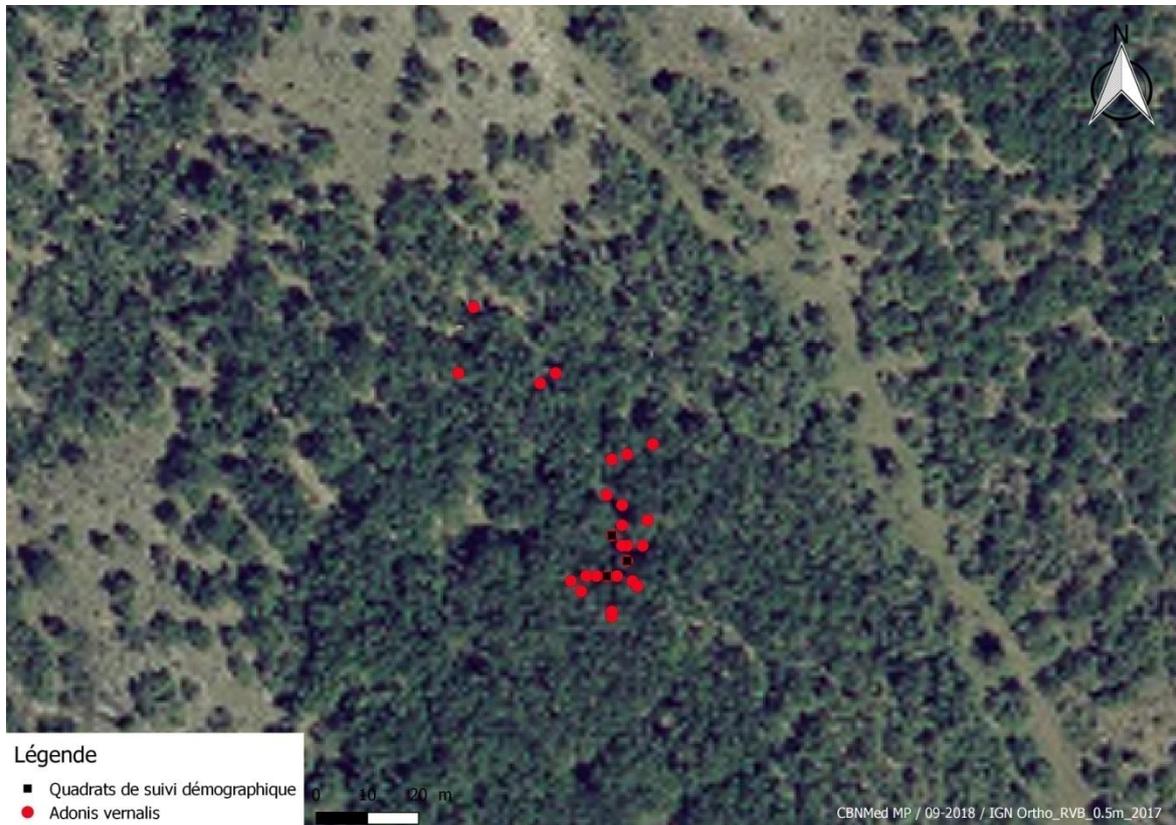


Figure 16 : Localisation des quadrats de suivi démographique sur la station AV2



Figure 17: Localisation des quadrats de suivi démographique sur la station AV3

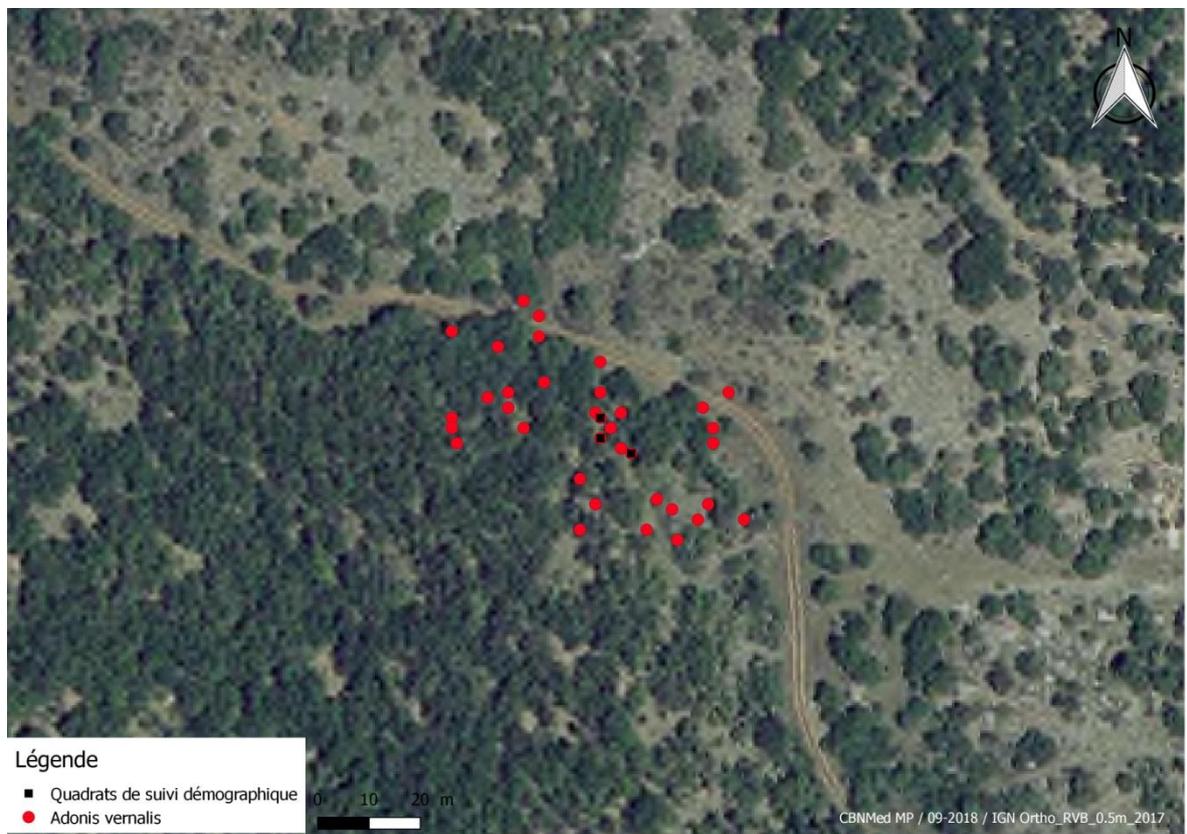


Figure 18: Localisation des quadrats de suivi démographique sur la station AV5



Figure 19 : Localisation des quadrats de suivi démographique sur la station AV6

La première session de relevés s'est déroulée en 2017 et a été poursuivie en 2018.

Résultats

Le suivi démographique permet de mettre en avant une forte disparité dans le nombre d'individus par quadrat et aux différents stades (tableau 4 et figure 20). La majorité des évolutions dans les quadrats vient d'un nombre différent de juvéniles. Cependant, on peut observer d'importante modification dans certains quadrats avec de forte diminution d'individus reproducteurs (ex : AV6 Q2).

Tableau 4 : Nombre d'individus comptabilisés dans chaque quadrat en 2017 et en 2018. Les différents stades sont différenciés. Les couleurs dans la colonne du nombre total d'individus correspondent à l'évolution des effectifs sur les deux années. Vert pour un gain et rouge pour une perte d'individu.

Sous-population	Quadrat	Nombre d'individus reproducteurs		Nombre d'individus végétatifs		Nombre d'individus juvéniles		Nombre total d'individus matures (R+V)		Nombre total d'individus	
		2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
AV1	Q1	4	4				1	4	4	4	5
AV1	Q2	2	5	4	1			6	6	6	6



Sous-population	Quadrat	Nombre d'individus reproducteurs		Nombre d'individus végétatifs		Nombre d'individus juvéniles		Nombre total d'individus matures (R+V)		Nombre total d'individus	
AV1	Q3	3	3	1	1	1		4	4	5	4
AV1	Q4	4	3	1	3	4	3	5	6	9	9
AV1	Q5	3	3	3	5		1	6	8	6	9
AV1	Q6	9	7	2	4	4	1	11	11	15	12
AV1	Q7	1	1					1	1	1	1
AV1	Q8	1		1	2		1	2	2	2	3
AV1	Q9	1		1	2			2	2	2	2
AV1	Q10	1	1					1	1	1	1
AV1	Q11	5	2		1			5	3	5	3
AV2	Q1	6	7	20	19	4		26	26	30	26
AV2	Q2	7	9	14	12	3	5	21	21	24	26
AV2	Q3	4	3	7	7		1	11	10	11	11
AV3	Q1	15	10	2		1	1	17	10	18	11
AV3	Q2	2	2					2	2	2	2
AV3	Q3	3	3					3	3	3	3
AV5	Q1	1	2	2	1			3	3	3	3
AV5	Q2	2	2	3	6			5	8	5	8
AV5	Q3	7	8		6	2	1	7	14	9	15
AV6	Q1	12	6	4		6		16	6	22	6
AV6	Q2	10	5	1	2			11	7	11	7
AV6	Q3	15	14	9	12	1	1	24	26	25	27



Code station : AV-2-Q1

Photos : MR 272-275

Nombre d'individus : 30

Nombre de juvénile : 4

Nombre d'adulte reproducteur : 6

Nombre d'adulte végétatif : 20

Nbd
ans 19

Localisation des individus dans le quadrat

	0.25	0.5	0.75	1
0.25		V ₁₈		
0.5	V ₂ R ₄	J ₃	V ₁₃ V ₁₄	J ₄
0.75		R ₃ R ₄ J ₁₁ V ₆ V ₇ J ₁₀ V ₈ V ₉	V ₁₅	
1		V ₁₆	R ₅	V ₁₀ V ₁₇

Préciser sur le quadrillage la localisation des individus ainsi que le nombre et le statut (juv, ad repro, ad veg)

V₁ = 2 hags
 R₂ = 4 hags
 V₂ = 4
 V₃ = 3
 V₄ = 1
 R₂ = 3
 V₅ = 1
 J₁ = 1
 J₂ = 1
 V₆ = 4
 V₇ = 1
 V₈ = 3
 V₉ = 2
 V₁₀ = 4
 V₁₁ = 2
 R₃ = 2
 R₄ = 4
 J₃ = 1
 V₁₂ = 4
 V₁₃ = 1
 V₁₄ = 1
 V₁₅ = 1
 V₁₆ = 1
 R₅ = 4
 R₅ = 2
 V₁₇ = 3
 V₁₈ = 2
 V₁₉ = 1
 V₂₀ = 2
 J₄ = 1

Figure 20 : Fiche de terrain pour le suivi démographique ; R = Reproducteur, V = Végétatif, J = Juvénile.

Étude de l'aire minimale de relevé

L'objectif est de connaître la taille optimale de quadrat à réaliser pour prendre en compte toutes les espèces représentatives de l'habitat (90 %) sans faire des quadrats trop grands qui iraient inventorier un habitat périphérique.

Matériel et méthode

Afin de connaître l'aire minimum permettant d'avoir une bonne représentation des espèces compagnes de l'adonis de printemps, des relevés de tailles croissantes ont été effectués. Les tailles de quadrats sont les suivantes : 0,5 m², 1 m², 2 m², 4 m², 10 m², 25 m² et 50 m². 6 relevés de tailles croissantes ont été réalisés dans des zones de présence d'*Adonis vernalis* dans des habitats homogènes.

Résultats

D'après les résultats obtenus, il faut réaliser des placettes de 16 m² afin d'avoir un relevé représentatif des zones étudiées pour cette espèce et révélant 90% du cortège floristique (figure 20).

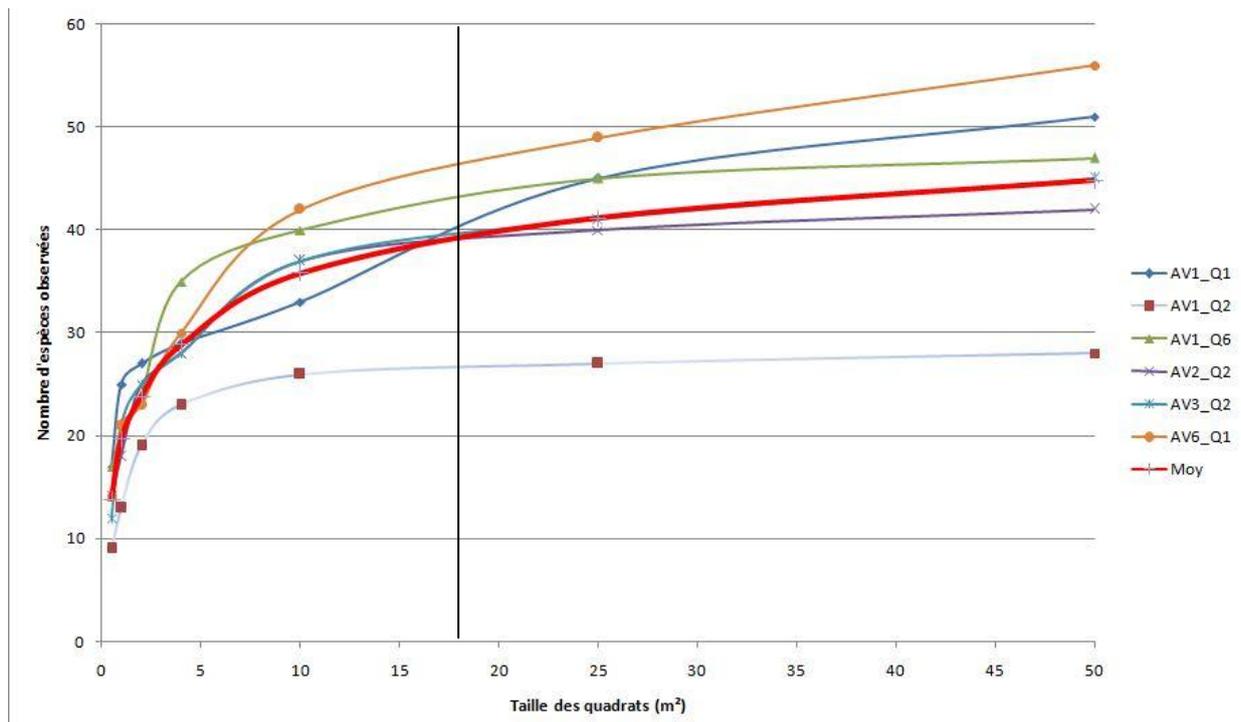


Figure 21 : Nombre d'espèces observées dans les relevés de végétation en fonction de la taille choisie pour la placette.



Écologie

L'objectif est de mieux cerner l'écologie d'*Adonis vernalis*. Ceci nous permettra de savoir si une zone est potentielle ou non et de connaître les limites écologiques de l'espèce.

Matériel et méthode

Dans chaque placette, toutes les espèces végétales ont été identifiées et notées avec un coefficient d'abondance en utilisant la méthode de Braun-Blanquet (Braun-Blanquet, 1964). Au total, 15 relevés en présence et 8 relevés en absence ont été réalisés dans 4 des 7 sous-populations. Les relevés en absence ont été réalisés dans des milieux homogènes périphériques aux sous-populations d'adonis de printemps. L'objectif en réalisant des relevés en absence est de mieux cerner la niche écologique d'une espèce en réalisant des relevés dans des milieux non favorables. Ils servent de "bornes écologiques".

Cinq relevés ont été réalisés dans la chênaie pubescente en absence d'adonis de printemps et trois dans des pelouses sèches sans adonis là non plus. Les relevés en présence d'adonis de printemps ont tous été réalisés dans les milieux de lisières fréquentés par cette dernière.

Les relevés ont été analysés à l'aide du logiciel R et en réalisant une AFC (Analyse Factorielle des Correspondances). Cela permet d'étudier les ressemblances et différences entre les relevés.

La zone de relevés a été choisie de manière aléatoire dans une zone abritant des *Adonis vernalis*. Cette méthode assure la prise en compte de l'hétérogénéité éventuelle de la station. Le nombre de quadrats réalisés dans une sous-population dépend, quant à lui, de la superficie de la sous-population, de son hétérogénéité ainsi que de la taille de la population.

Résultats

Une analyse du pH du sol a été réalisée par le Conservatoire botanique national alpin en 2009, les résultats révèlent une préférence pour un sol neutre à légèrement acide (6,5 à 7). Cela peut paraître étonnant sur un plateau calcaire mais cela se retrouve régulièrement lorsqu'il y a de la terra rossa qui est une argile rouge.

L'analyse des relevés floristiques (figure 22) permet de mettre en avant la diversité de la composition floristique des zones à adonis de printemps. En effet, la zone graphique occupée par l'ellipse représentant les relevés en présence d'adonis de printemps est beaucoup plus grande que les zones du graphique occupées par les deux autres catégories. Cela veut dire que les cortèges de végétaux en présence d'adonis de printemps présentent plus de diversité que les relevés réalisés en absence. Ce résultat correspond à ce qui a été observé sur le terrain. L'adonis de printemps est présent dans un habitat de lisière, certaines populations sont plus xérophiles ou ombragées que d'autres.

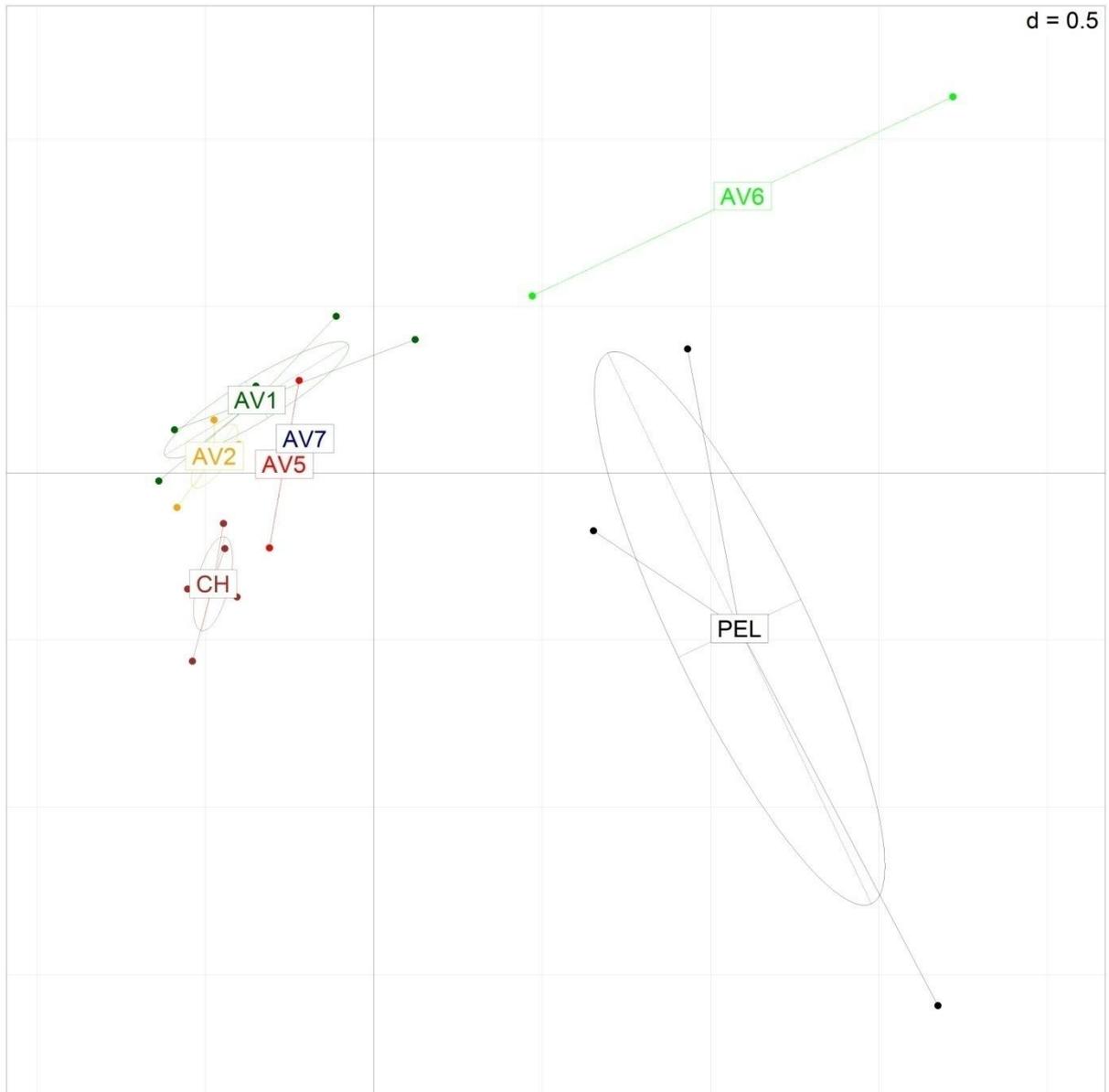


Figure 22 : Analyse factorielle des correspondances des relevés floristiques. Les ellipses nommées AVx correspondent aux différentes sous-populations, l'ellipse CH correspond aux relevés effectués dans la chênaie pubescente (et donc en absence d'adonis) et l'ellipse PEL correspond aux relevés effectués dans les pelouses sèches à aphyllanthes (également en absence d'adonis).



Étude de la germination

Matériel et méthode

Afin de mieux comprendre le comportement de l'espèce, l'étude de la germination s'est déroulée en deux phases de tests. Une première phase d'étude de la germination *in situ* par l'intermédiaire de semis direct et une phase de semis *ex situ* en jardin conservatoire.

Récolte

Les essais de culture ont été réalisés avec des graines fraîches afin de s'affranchir des éventuels effets que peuvent entraîner une conservation en banque de semences.

Les graines doivent être récoltées à la main, il est primordial de ne pas prélever plus de 20% des graines mûres le jour de la récolte afin de ne pas impacter la pérennité de la station dans le temps. Elles doivent être mises dans un sachet en papier (type papier kraft) permettant ainsi une circulation d'air limitant le pourrissement des graines. Les récoltes doivent être acheminées rapidement à la banque de graines pour le tri et le semis des akènes.

L'adonis de printemps fleurit entre avril et mai, la récolte des graines s'effectue en général durant le mois de juin, période optimale de fructification des akènes. Les akènes doivent être récoltés encore verts mais lorsqu'ils se détachent facilement du pied mère, ils sont alors suffisamment mûrs.

Description des semences

Une fois récoltées et triées, les graines sont pesées et scannées. Un scan représentant 10 akènes d'*Adonis vernalis* ainsi qu'un zoom sur un akène ont été réalisés afin d'apprécier la taille et la couleur des graines. Ces étapes sont réalisées sur du papier millimétré bleu afin de toujours avoir une échelle et un repère colorimétrique (car l'utilisation d'un scanner et des ordinateurs peut altérer la qualité de la couleur).

Mise en conservation

Une fois les graines récoltées, elles doivent être placées dans un dessiccateur à température ambiante afin de diminuer progressivement leur taux d'humidité et éviter le pourrissement des akènes. Une partie doit être prélevée avant entrée en dessiccateur pour la réalisation des semis *in situ* et *ex situ*. Suite à cette étape de dessiccation qui dure minimum 3 mois, les akènes seront conditionnés pour une conservation à court terme (chambre froide) et à long terme (lyophilisation).

Étude de la germination

Cette espèce est connue pour sa germination capricieuse, du fait que les graines rentrent dans une dormance embryonnaire qu'il est difficile de lever par la suite notamment en conditions contrôlées. C'est pour cette raison que lors des essais de germination, il est important d'effectuer le semis très rapidement après récolte. Seules les graines très fraîches, récoltées sur le pied mère, encore vertes, germent relativement facilement. Des semis en conditions contrôlées ainsi que des semis *in situ* ont pu être réalisés.



Germination *ex situ*

Il s'agit de la germination des graines en conditions contrôlées.

Les tests sont réalisés dans des étuves à l'obscurité et/ou à la lumière et à différentes températures. Les graines sont mises dans des boîtes de Pétri avec du coton et du papier filtre et arrosées régulièrement avec de l'eau distillée. La première semaine, les boîtes sont relevées tous les jours pour noter les germinations éventuelles et arroser les graines avec de l'eau distillée². Les semaines suivantes, elles sont relevées tous les deux jours.

Les boîtes sont placées dans des étuves paramétrées avec les conditions suivantes :

- 5°C, 10°C, 15°C, 20°C et 25°C à l'obscurité (une boîte par température)
- Alternance de 12 heures à 10°C à l'obscurité – 12 heures à 20°C à l'obscurité
- Alternance de 12 heures à 10°C à l'obscurité – 12 heures à 20°C à la lumière

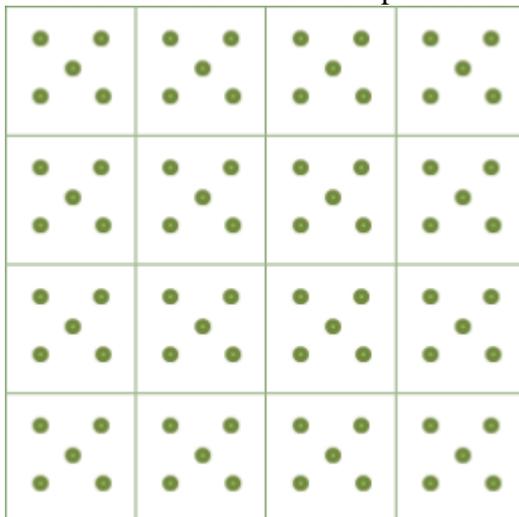
Le lendemain de la récolte, les akènes des deux stations ont été semés directement en barquettes dans du terreau humide et enfermés dans des sacs pour maintenir l'humidité, puis placés en chambre froide à 5°C pendant 5 semaines. Les barquettes ont ensuite été placées en ombrière, en maintenant toujours le substrat bien humide.

Chacune des deux barquettes ont été semées respectivement avec 100 graines des stations AV1 et 100 graines d'AV6.

Germination *in situ*

Malgré sa germination capricieuse des jeunes plantules ont pu être observées naturellement sur les différentes stations de la population de La Verdière.

Pour étudier au mieux la reproduction sexuée de cette espèce *in situ*, il a été choisi de réaliser



un semis dans l'aire potentielle de présence de l'espèce mais dans un secteur où elle n'est pas présente afin de pouvoir contrôler la germination. Pour cela des graines ont été semées dans des quadrats d'1m² subdivisés en sous-quadrats de 25cm².

Afin de tester leur taux de germination, 6 quadrats de 1 m² ont été mis en place contenant chacun 80 akènes d'adonis fraîchement récoltés (figure 23), répartis en 3 quadrats pour AV1 et 3 autres pour AV6 (figure 24, 25 et 26). Il sera possible de suivre les germinations annuellement dans leur milieu naturel.

Ce sont donc 480 akènes qui ont été semés *in situ* et qui vont être suivis sur 3 ans.

Figure 23 : Schéma représentant le protocole effectué pour les semis de graines *in situ* d'*Adonis vernalis*.

² L'eau distillée permet de standardiser les tests de germination car la composition de l'eau du robinet sur l'île de Porquerolles peut varier en fonction des saisons.

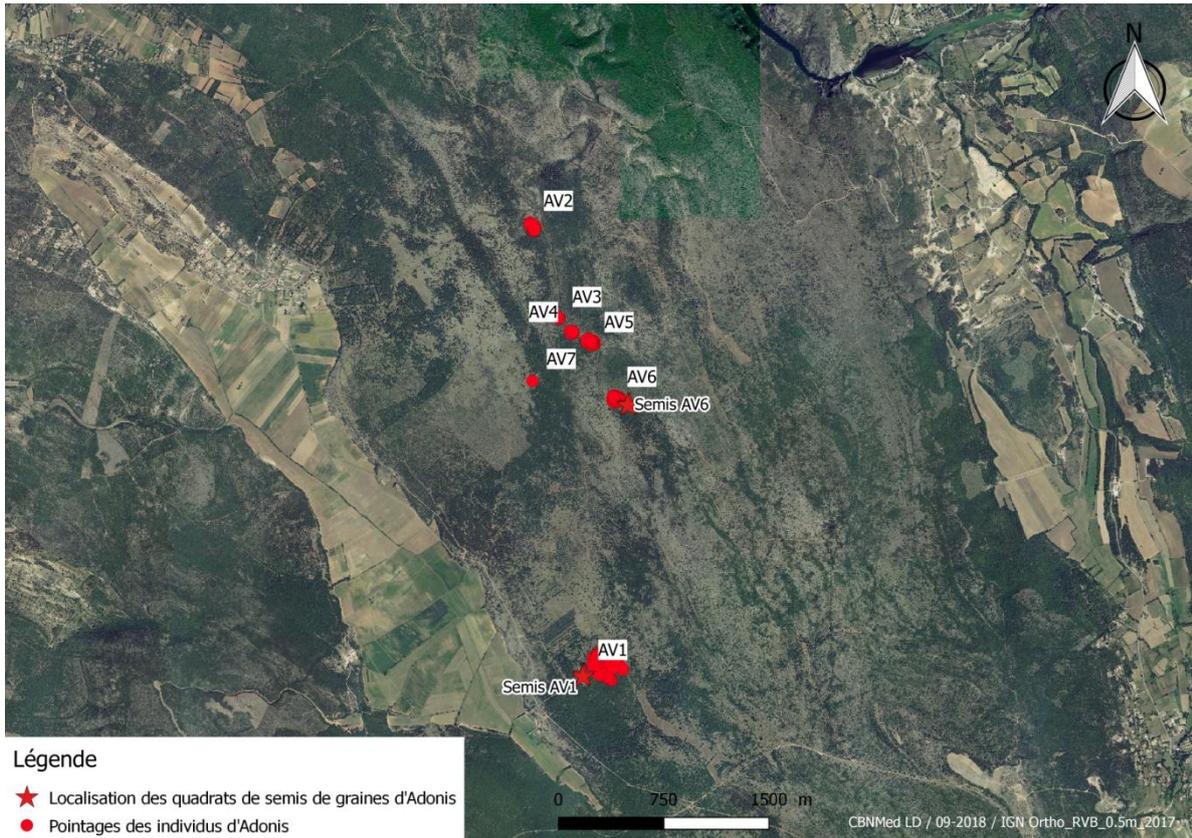


Figure 24 : Localisation des 2 secteurs de semis de graines d'*Adonis vernalis*.

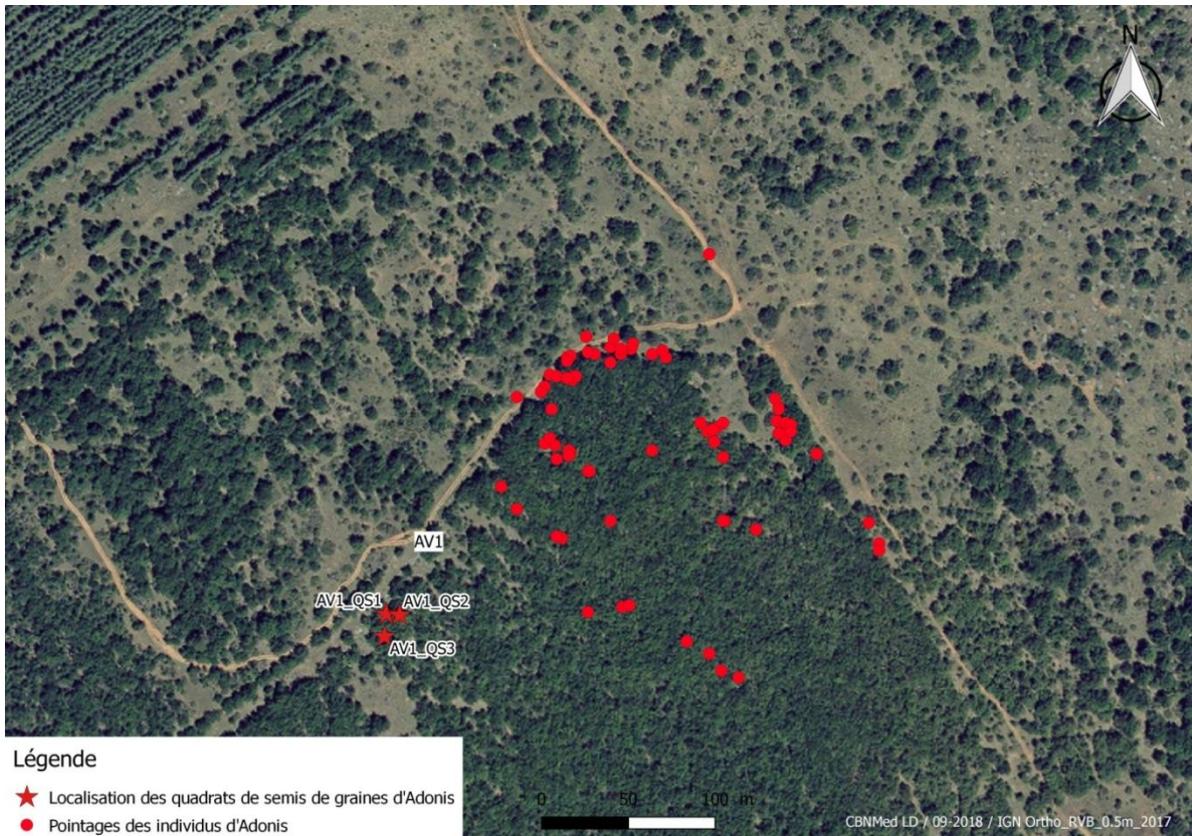


Figure 25 : Localisation des 3 quadrats de semis pour la sous-population AV1.

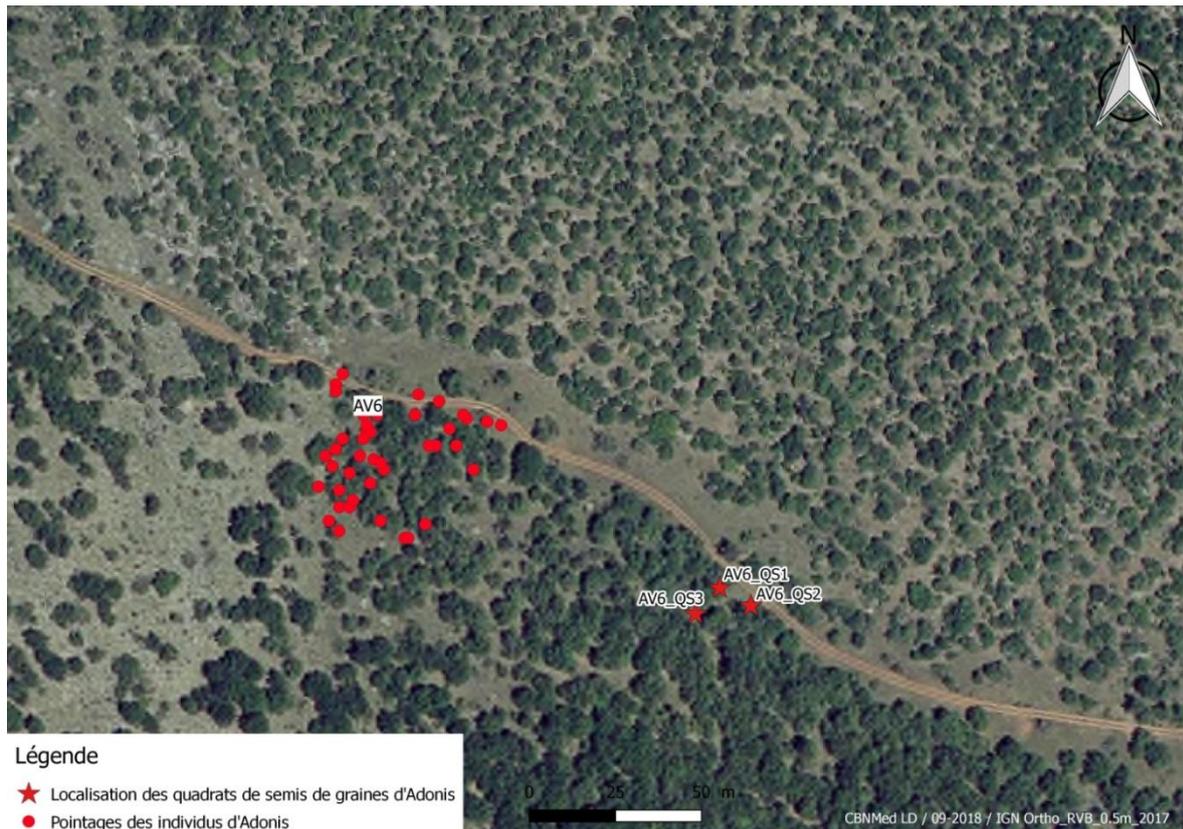


Figure 26 : Localisation des 3 quadrats de semis pour la sous-population AV6.

Résultats

Récolte

Les conditions climatiques de l'année 2017 ont permis de réaliser une récolte des akènes le 06 juin. Ainsi deux récoltes ont pu être effectuées sur les stations AV1 et AV6. Les graines ont été acheminées à la banque de semences le lendemain.

Suite à ces deux récoltes, des semis et une description des semences ont été effectués.

Description des semences

Une description de l'akène, de son ornementation ainsi que des mesures ont pu être effectuées sur ces récoltes. Afin d'avoir une bonne représentation de la graine, une photographie à l'aide d'une loupe trinoculaire nous permet d'obtenir un fort grossissement et donc de voir tous les détails de l'akène (figure 27).



Forme	Irrégulière	
Excroissance	Trichome	
Ornementation du tégument	Ondulations	
Type de semence	Albuminée	
Type d'embryon	Basal	
Unité de dissémination	Fruit	
Type de dissémination	Barochore	
Poids de 100 graines fraîches	0.63 g	Longueur moyenne de 10 graines : 4.08 mm Largeur moyenne de 10 graines : 3 mm Épaisseur moyenne de 10 graines : 2.39 mm



Figure 27 : Graines d'*Adonis vernalis* à la loupe trinoculaire - © L. Dixon



Mise en conservation

Les récoltes ont été stockées sous les numéros de lots suivants :

Numéros des lots : M19637 et M19638

Date et lieu de récolte : 06/06/2017 à La Verdière (83), lieu-dit Malassoque.

Quantités de graines : M19637 = 1 136 graines ; M19638 = 2 596 graines

Étude de la germination

Germination *ex situ*

Après avoir testé ces 7 conditions de germination, aucune germination n'a pu être observée. Des essais ont également été effectués en réalisant au préalable des stratifications chaudes et froides et également en rajoutant de l'acide gibbérellique. Malgré tous ces protocoles testés aucune germination n'a pu être observée. Lors de ces tests, la majorité des graines a fini par pourrir dans les boîtes de Pétri, il était donc préférable de se focaliser sur les essais en jardin.

Le 04/10/2017, après 83 jours de délai germinatif, les premières germinations ont eu lieu et se sont poursuivies pendant 12 jours. Pour la station AV1, 27 plantules ont été obtenues grâce à ce protocole et 23 pour la station AV6.

Début de culture : 07/06/2017

Lieu de culture : Pour le début de la culture (07 juillet), les barquettes ont été mises dans la chambre froide afin de réaliser une stratification froide. Après 5 semaines à 5°C à l'obscurité, les barquettes ont été disposées dans l'ombrière³ (courant juillet) et ont été arrosées régulièrement.

Type de sol : Substrat neutre constitué d'un mélange d'un tiers de terreau et de deux tiers de terre végétale provenant de Porquerolles.

Nutrition : Espèce sauvage n'ayant pas besoin d'apport en éléments nutritifs pour se maintenir. Les réactions de la plante à l'apport de fertilisant ne sont pas connues.

Viabilité des graines/plantules : Cette plante possède un potentiel germinatif plutôt faible. Les plantules une fois émergées et régulièrement arrosées ne se maintiennent pas très bien sur le site de culture de Porquerolles et ont du mal à passer du stade cotylédons à la première feuille.

Conditions de culture : Cette espèce se développe dans les pelouses sèches et les lisières de chênaie. Cependant en culture il est nécessaire d'arroser régulièrement pour que les racines ne se dessèchent pas lors des grosses chaleurs. Les rempotages se font petit à petit dans des pots plus grands pour permettre un développement progressif des racines afin de ne pas épuiser la plante. En condition de culture, il est nécessaire d'ombrer les plants afin de ne pas échauffer les racines notamment lors de la période estivale.

Un désherbage régulier est effectué afin d'épuiser le stock de semences d'adventices présentes dans le substrat utilisé. L'ensemble des plants a été donné au CBNA qui possède des

³ Une ombrière est un abri aéré qui permet de réduire l'ensoleillement trop intense.



conditions de culture plus appropriées pour le maintien de cette espèce.

Parasites et maladies : Aucun

Tableau récapitulatif de l'année 2017 :

Stratification froide en chambre froide 5°C	Du 07 juin au 13 juillet	Semis de 100 graines dans une barquette pour AV1 et 100 graines pour AV6
Ombrière	13 juillet	Sorties de la chambre froide et mises en ombrière
	04 octobre	6 germinations
	16 octobre	37 germinations
	13 novembre	13 germinations

Pour assurer la pérennité des plants obtenus en culture à Porquerolles, 23 plants AV1 et 13 plants AV6 ont été donnés au CBNA (22/02/2018⁴) car les conditions environnementales de leur jardin s'apparentent plus aux conditions de leur milieu naturel (la culture à Porquerolles entraîne des températures trop extrêmes l'été, de plus les embruns maritimes sont néfastes pour cette espèce).

⁴ Plants ayant survécus avec les conditions de culture de Porquerolles, certains étaient encore au stade cotylédons et devraient se développer de nouveau avec l'arrivée du printemps.



Figure 28 : Jeunes plantules d'*Adonis vernalis* en culture à Porquerolles - © L. Dixon



Germination *in situ*

Lors du semis de graines réalisé le 06 juin 2017, les akènes ont été très vite emportés par les fourmis bien qu'ils aient été enfouis sous plusieurs centimètres de terre. En effet, les akènes sont composés d'une substance huileuse odorifère qui attire les fourmis entraînant donc leur dissémination. Lors du suivi dans le temps des quadrats il faudra être attentif à un éventuel développement de plantules aux alentours car les graines positionnées dans les quadrats n'y sont peut-être pas restées très longtemps !

Malgré plusieurs passages sur site à différentes périodes, aucune germination n'a pu être observée à ce jour. Les prospections sont à poursuivre dans le temps.



Discussion

Les prospections de terrain et l'étude de la démographie ont confirmé la rareté de cette espèce en Provence et son faible recrutement. Cette espèce vivace semble bien se renouveler malgré son faible recrutement. Il n'est pas encore possible d'avoir une idée de la durée de vie des individus et ainsi savoir si c'est une espèce à cycle long. Cependant le suivi démographique précis des individus devrait à terme nous permettre de savoir cela.

Au niveau de son écologie, c'est une espèce qui vit en lisière, entre la chênaie pubescente et les pelouses sèches à aphyllante de Montpellier. Son écologie en Provence est différente de celle des populations cévenoles qui se retrouvent dans un habitat steppique. En Provence, elle reste cantonnée à la lisière de la chênaie malgré la présence d'un habitat steppique sur le plateau de Malassoque. Cela peut être dû à l'historique de ces paysages suite à une modification par la main de l'homme (encart de J-P. Dauphin page 3), à une différence trop importante entre les milieux steppiques de Provence et les milieux steppiques cévenols ou à une adaptation locale. Il est important de noter que dans toute son aire, elle est présente dans des habitats très différents. Cela montre une capacité à croître dans des conditions variées et il est donc étonnant de la retrouver cantonnée à un milieu particulier en Provence.

Elle ne semble pas subir de menace très prégnante mais l'évolution du territoire peut avoir une influence sur cette petite population peu dynamique. Il est nécessaire de rester très vigilant sur des impacts non prévus. La gestion forestière du plateau peut être réellement impactante. De plus, les projets photovoltaïques sont à surveiller car ils détruiraient l'habitat de l'espèce.

Pour sa conservation, la présence d'un espace naturel sensible devrait permettre d'assurer la sauvegarde de l'espèce dans une partie de cette station (sous-population AV1). Au vu des résultats obtenus il apparaît primordial de maintenir une mosaïque de milieux afin de garantir la sauvegarde de l'espèce. La faible croissance des chênes semble permettre cela.

Pour conserver l'intégrité de la totalité de la station de Malassoque, il faudrait réfléchir à une convention de gestion avec les propriétaires afin d'assurer la pérennité des autres petites sous-populations qui ne sont pas les propriétés du Conseil départemental. Il s'agit d'un propriétaire privé et de l'ONF. Assurer le foncier permettra d'optimiser les chances de maintien de l'espèce sur le secteur et ainsi conserver l'originalité de l'adonis de printemps de Provence. Cependant, pour protéger la station durablement, l'idéal serait de mettre en place un périmètre réglementaire à l'ensemble de la population comme un arrêté préfectoral de protection de biotope (APPB) ou d'étendre l'espace naturel sensible (ENS) sur l'ensemble de la population.

Les essais de cultures *ex situ* et *in situ* ont permis de confirmer que la germination de cette espèce est difficile ainsi que la survie des plantules. Ces résultats renforcent la nécessité d'une bonne gestion *in situ* et d'un foncier stable. En effet en cas de disparition d'une sous-population, des renforcements ou des réintroductions à partir de graines semblent délicats. À l'heure actuelle des renforcements de population ne semblent pas pertinents car la station est en bon état et stable ces dernières années. Ces mesures d'urgences seraient à envisager en cas d'impact important sur la station si le foncier n'arrive pas à être assuré.



2. Originalité et diversité génétique d'*Adonis vernalis* L. en Provence



Contexte

Une plante est considérée comme native d'un lieu donné quand sa population en ce lieu a été fondée naturellement suite à un événement de migration indépendant d'une activité anthropique. À l'opposé une plante reçoit le statut d'exotique quand son introduction est le fait d'une activité humaine, intentionnelle ou non. Distinguer ces deux hypothèses peut être trivial pour des cas d'introduction récente bien documentés mais peut représenter un véritable défi pour des populations isolées géographiquement et bien établies dans leur habitat. Dans certains cas les botanistes désignent des archéophytes comme étant les plus anciens éléments introduits d'une flore locale, le 16^{ième} siècle étant alors pris comme référence (Preston *et al.* 2004). Ce statut d'exotique ou de plante introduite peut s'appliquer aussi aux populations ensauvagées, dites férales, issues des cultures ou des vergers et les échanges génétiques récurrents entre les compartiments natif, féral et domestique rendant alors la question du statut des populations particulièrement difficile. Récemment d'importants progrès sur l'origine des populations sauvages des arbres fruitiers ont été réalisés grâce aux travaux de phylogéographie (ex. Cornille 2012 ; Besnard *et al.* 2018).

Cette population, en habitat pré-forestier, est très isolée géographiquement, les populations les plus proches se trouvant dans les Cévennes à l'ouest et dans le Valais Suisse à l'est. Les travaux de l'IMBE réalisés dans son service commun de biologie moléculaire ont porté sur l'usage de marqueurs moléculaires pour évaluer l'originalité génétique et la diversité génétique de la population. L'originalité génétique est une information cruciale de l'enquête menée sur le statut d'une plante, mais ce n'est qu'un des huit critères définis par Webb (1985) dans l'enquête visant à valider ou rejeter le statut natif d'une plante, dont il sera tenu compte dans la dernière partie de ce rapport pour déterminer s'il est possible de conclure sur le statut natif ou introduit de l'*Adonis vernalis* en Provence. L'aspect de diversité génétique et d'organisation de celle-ci au sein des populations, étant aussi une information importante dans la cadre d'un éventuel plan de conservation, a également été abordé.

Les questions abordées dans cette partie du rapport sont donc :

- **Comment s'organise la diversité génétique au sein de l'isolat provençal ? Présente-t-il l'indice d'un fonctionnement en consanguinité ?** Cette question se justifie par l'observation d'un faible taux de régénération démographique. Elle est abordée sur la base des marqueurs multilocus seulement, ceux-ci étant soumis au brassage génétique et donc au mode de reproduction et de dispersion.
- **L'isolat provençal se distingue-t-il d'autres populations collectées dans les Cévennes, le Valais suisse, les Pyrénées, en Alsace et en Allemagne ?** Cette question est abordée par l'emploi de différents marqueurs moléculaires permettant d'obtenir des informations sur la divergence génétique sur le temps court (Holocène) et long (Pléistocène).



Échantillonnage

Sept populations ont été échantillonnées afin de replacer l'isolat provençal dans un contexte biogéographique plus vaste (tableau 5 et figure 29). Cette population se compose de 4 sous-populations offrant l'opportunité d'analyser les processus de structuration de la diversité au niveau local. Cependant nous avons rencontré de grandes difficultés lors de l'extraction de l'ADN et malgré plusieurs essais des échantillons sont restés récalcitrants et leurs génotypes ont été éliminés de l'analyse car jugés peu fiables du fait d'un trop faible nombre de marqueurs amplifiés. Finalement seulement 152 génotypes ont été obtenus et pour cette raison nous avons regroupés les individus du Var en une seule population pour la plupart des analyses qui vont suivre.

Tableau 5 : Détail de l'échantillonnage

ID	Station	Date de collecte	de	Nombre d'extraits d'ADN	Nombre de génotypes obtenus	de
ENS	ENS Malassoque, La Verdière, Var, France	19/05/2016		20	15	
FC	Forêt communale, La Verdière, Var, France	11/07/2014		10	7	
GB	Grande Bastide, La Verdière, Var, France	19/05/2016		20	6	
CLO	Clos de l'Olivier, La Verdière, Var, France	17/05/2017		5	4	
CHA	Plaine de Chanet, Lozère, France	22/07/2014		30	12	
SAX	Le Carvin, Saxon, Valais, Suisse	25/05/2016		27	24	
MAY	Mayence, Allemagne	04/06/2016		25	25	
HE	Forêt de Hardtwald, Heiteren, Alsace	04/05/2016		24	19	
BOR	Borau, Huesca, Espagne	30/05/2016		20	20	
ARA	Aratorès, Huesca, Espagne	30/05/2016		20	20	

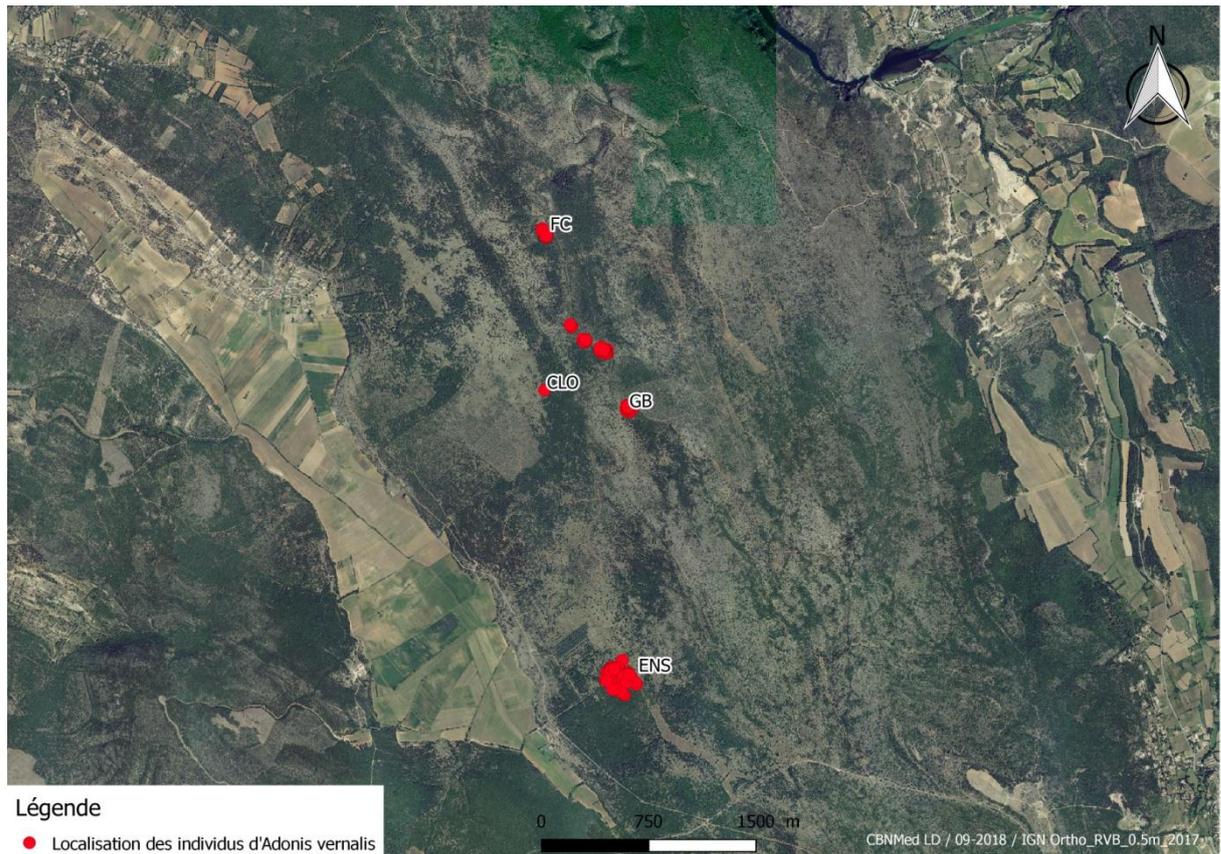


Figure 29 : Cartographie des sous-populations prélevées pour l'étude génétique sur le site de La Verdrière (83)

Diversité génétique d'*Adonis vernalis* dans le Var

La diversité génétique a été révélée à l'aide de marqueurs moléculaires multilocus obtenus par PCR et électrophorèse. Deux techniques ont été employées, l'ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) et l'AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism). Ces deux techniques génèrent des fragments d'ADN (ou marqueurs) qui seront séparés dans un champ électrique selon leur taille pour produire des profils électrophorétiques. Les marqueurs ISSR sont associés à des locus à fort taux de mutation (« microsattellites »), tandis que l'AFLP produit des marqueurs à partir de locus pris aléatoirement dans le génome. Des analyses préliminaires ont montré la concordance des données apportée par ces deux techniques c'est pourquoi nous ne présentons ici que les données regroupant les deux jeux de données. Chaque électrophorèse est enregistrée puis analysée et codée en présence/absence des fragments d'ADN, cette liste de présence/absence produit pour chaque individu un profil qui représente son génotype. Un nombre minimum de marqueurs est nécessaire pour distinguer les génotypes individuels. Ici la courbe d'accumulation (figure 30) nous montre que les 152 génotypes sont différenciés à partir de 30 marqueurs sachant que 86 ont été obtenus.

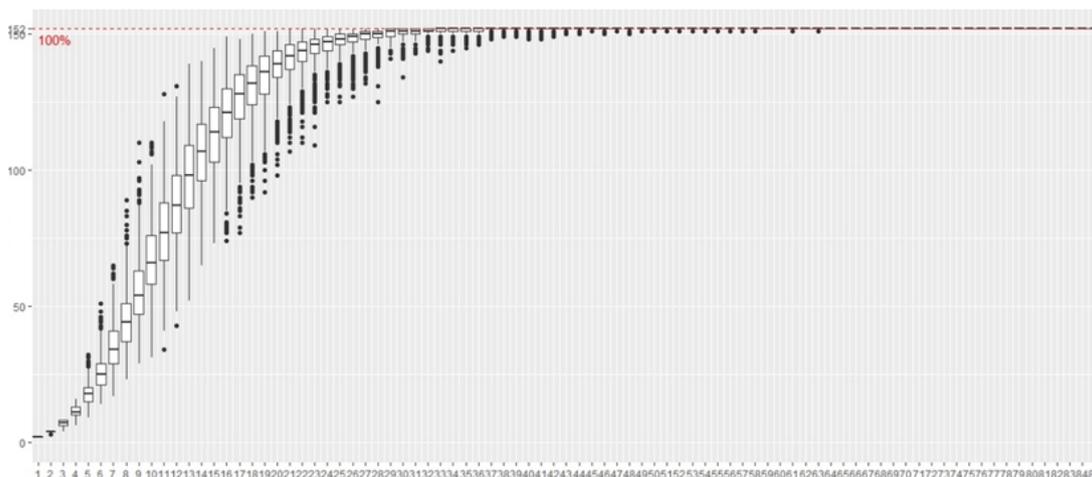


Figure 30 : Courbe d'accumulation des 86 marqueurs formant 152 génotypes multilocus. À partir de 30 marqueurs le nombre maximum d'individus est atteint.

Les indices de diversité génétique calculés au sein de chaque population visent à quantifier la diversité et l'organisation de celle-ci (tableau 6). Grâce à ces indices nous pouvons évaluer la diversité génétique de la population d'*Adonis vernalis* du Var (VAR) relativement aux autres populations.

Tableau 6 : Indices calculés à partir de 36 marqueurs ISSR et 50 marqueurs AFLP et décrivant la diversité génétique de 152 *Adonis vernalis* répartis en 7 populations. N = nombre d'individus analysés, I = indice de shannon, uHe = indice de diversité, Pol = % proportion de marqueurs polymorphes, Ia = indice d'association génétique, p.Ia = significativité de l'indice.

Population	N	I	uHe	Pol	Ia	p.Ia
ARA	20	0,32	0,21	0,72	0,493	0,012
BOR	20	0,37	0,25	0,76	0,814	0,002
CHA	12	0,31	0,22	0,55	0,72	0,002
VAR	32	0,33	0,22	0,74	1,253	0,002
HE	19	0,31	0,22	0,58	0,341	0,014
MAY	25	0,36	0,24	0,78	0,578	0,002
SAX	24	0,34	0,23	0,74	0,465	0,004
Moyenne	21,71	0,33	0,23	0,70	0,67	

Les indices I et uHe sont peu informatifs révélant des valeurs semblables entre les populations et à un niveau modéré pour ce type de marqueurs. Le polymorphisme des marqueurs est un peu au-dessus de la moyenne pour VAR mais la différence n'est pas très forte. **En revanche l'indice Ia est significativement beaucoup plus fort dans la population du Var révélant que le brassage génétique est moins important dans cette population que dans les autres populations.** Ces fortes valeurs se maintiennent au sein des sous-populations ENS (Ia=1.5), GB (Ia=1.6) mais ne sont plus significatives pour CLO et FC (figure 23). **Il semblerait donc qu'au sein du Var les sous-populations ENS et GB soient consanguines du fait peut-être d'un fort taux de reproduction végétative.** Concernant CLO et FC le faible nombre d'individus analysés demande d'être plus prudent sur les conclusions. Remarquons qu'aucun



marqueur « privé », c'est-à-dire spécifique d'une population n'a été trouvé.

Originalité génétique de l'*Adonis vernalis* du Var

L'originalité génétique de la population de Provence a été analysée à l'aide de marqueurs moléculaires simples locus fondés sur le séquençage de fragments d'ADN du génome nucléaire et du génome chloroplastique, et des marqueurs multilocus dont nous avons décrit le polymorphisme dans le chapitre précédent.

Résultat du séquençage du marqueur ITS (ADN nucléaire)

L'amplification et le séquençage de l'*ITS* ont été réalisés sur 97 échantillons, ce qui est un effort considérable pour une analyse de ce type à une échelle aussi réduite. L'alignement de 613 nucléotides a révélé une hétérozygotie (présence de deux allèles) chez certains individus mais aucune divergence moléculaire significative entre les populations.

Résultat du séquençage des marqueurs plastidiaux *rpl20-rps12*, *psbD-trnT*, *trnL-trnF*

Entre 38 et 76 séquences ont été obtenues par marqueur pour un alignement total de 2210 nucléotides. Seulement deux nucléotides polymorphes ont été obtenus au sein du marqueur *psbD-trnT*, ce qui est une diversité nucléotidique très faible. Ces deux sites polymorphes révèlent deux haplotypes dont l'un spécifique aux deux populations espagnoles et le second détecté dans toutes les populations.

Résultats des analyses de structure de diversité génétique

Les résultats des trois analyses des génotypes multilocus sont proposés. Dans la première analyse supportée par le logiciel STRUCTURE de une à sept populations théoriques sont modélisées et une analyse statistique vise à retenir le nombre optimal de populations génétiques selon la structure présente dans les données génétiques. Dans la deuxième analyse aucun *a priori* n'est imposé et les génotypes multilocus sont tous projetés sur un même plan où ils sont disposés selon leur ressemblance génétique qui peut être assimilée à leur degré de parenté génétique. Dans cette analyse, « ordination en coordonnées principales » (PCO), la structure de diversité génétique et les populations génétiques apparaissent d'elles-mêmes, avec un degré de recouvrement de leurs génotypes selon l'intensité de leur différenciation. Enfin dans la troisième analyse les populations d'échantillonnage sont prises en tant que population génétique et c'est leur différenciation qui est mesurée par analyse de variance et un indice évaluant la proportion de variance inter-population appelé « phiST ».

Selon la figure 31 résumant les résultats du logiciel STRUCTURE, la différenciation des



populations espagnoles est majeure et la différenciation des autres populations moindre voire insuffisante pour en faire des populations séparées. Si trois populations sont modélisées ce sont les populations de Mayence (MAY) et de Suisse (SAX) qui s'individualisent. Une quatrième population n'apporte pas de structure nouvelle avec seulement l'apparition d'un mélange génétique probable entre les populations françaises et la population suisse.

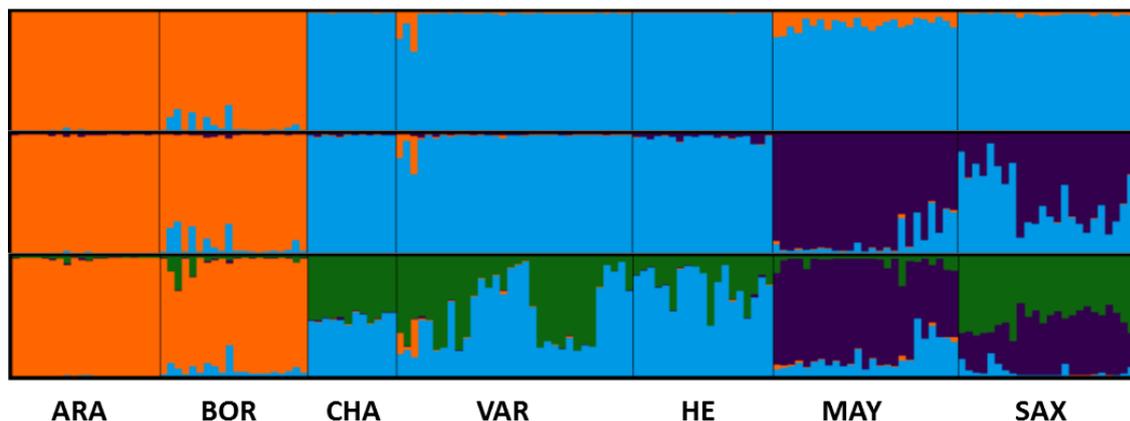


Figure 31 : Structures génétiques obtenues pour 2, 3 et 4 populations théoriques à partir du logiciel STRUCTURE sur la base des marqueurs multilocus ISSR et AFLP. Les couleurs correspondent au scores d'appartenance des génotypes aux populations théoriques ; un génotype pouvant être attribué à une ou plusieurs populations selon son degré de mélange génétique. Les identifiants correspondent aux populations de Pyrénées (ARA, BOR), des Cévennes (CHA), du Var (VAR), d'Alsace (HE), de Mayence (MAY), et du Valais Suisse (SAX).

La distribution des génotypes sur le plan de la PCO (figure 32) révèle que les génotypes espagnols forment un agrégat bien séparé des autres populations, les génotypes de Mayence (Allemagne) s'individualisent bien également, en revanche les génotypes du Var, de Lozère, d'Alsace et de Suisse sont fortement recouvrants. Des génotypes venant du Clos de l'Olivier, de la forêt communale et de l'ENS s'individualisent (haut de la figure) suggérant peut être une origine différente de ces génotypes vis-à-vis des autres génotypes du Var.

La matrice de différenciation ϕ iST (tableau 7) montre que **les populations les plus divergentes de la population du Var sont aussi les populations d'Espagne, la population la plus proche est celle d'Alsace puis c'est celle des Cévennes**. Entre ces trois populations (VAR, HE et CHA) la différenciation est faible (8% entre VAR et HE) à modérée (13% entre VAR et CHA).

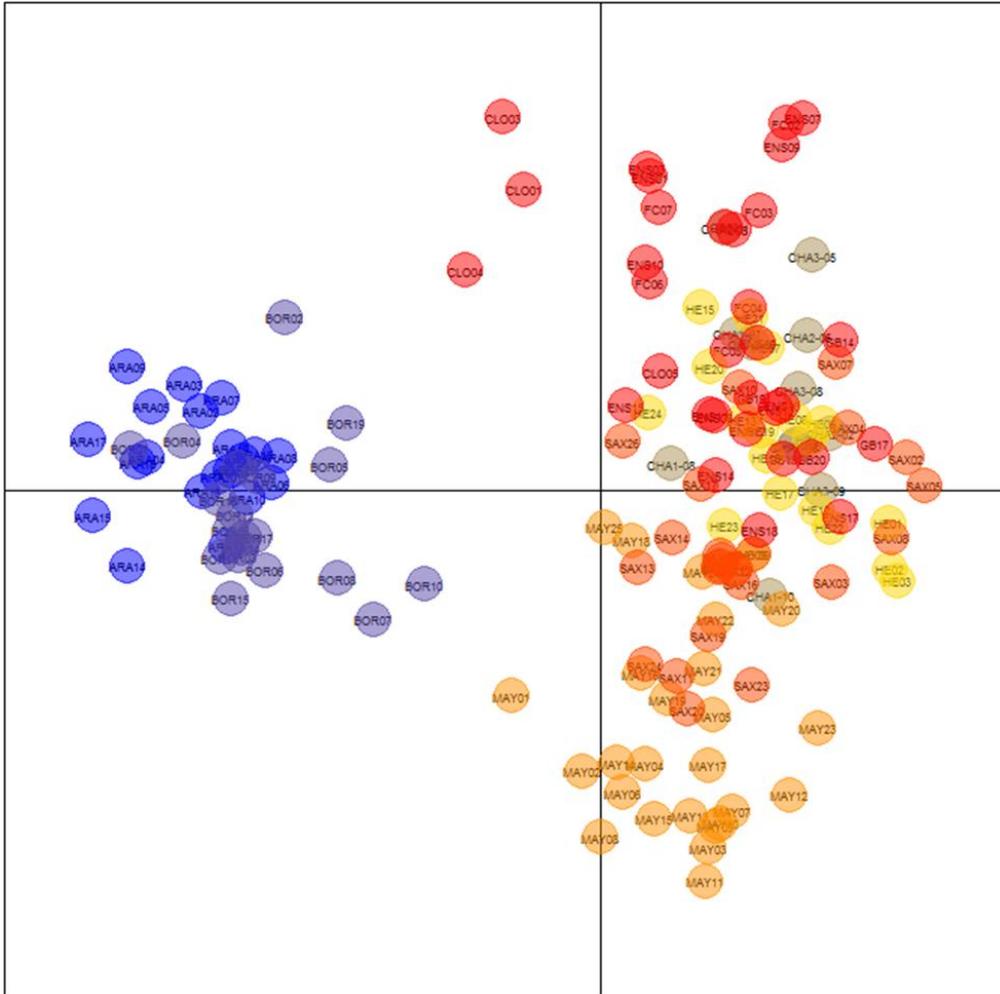


Figure 32 : Projection des différences entre génotypes d'*Adonis vernalis* révélées à partir des marqueurs multilocus ISSR et AFLP, analyse en coordonnées principales (PCO) réalisée sur une matrice de différences entre génotypes. Génotypes du Var en rouge, des Cévennes en brun, d'Alsace en jaune, du Valais Suisse en orange, d'Allemagne en orange clair, et des Pyrénées en bleu.



Tableau 7 : Différenciation génétique calculée sur la base des marqueurs multilocus ISSR et AFLP à partir d'une analyse de variance (AMOVA). L'ensemble des indices est significatif vis à vis d'une distribution aléatoire des génotypes. Les identifiants correspondent aux populations de Pyrénées (ARA, BOR), des Cévennes (CHA), du Var (VAR), d'Alsace (HE), de Mayence (MAY), et du Valais Suisse (SAX).

	ARA	BOR	CHA	VAR	HE	MAY	SAX
ARA							
BOR	0,15						
CHA	0,47	0,39					
VAR	0,39	0,33	0,13				
HE	0,46	0,36	0,15	0,08			
MAY	0,42	0,35	0,28	0,25	0,21		
SAX	0,42	0,39	0,21	0,17	0,19	0,18	

Analyse des résultats selon les huit critères définis par Webb

Les huit critères donnés par Webb en 1985 pour décider du statut natif ou exotique d'une espèce végétale sont d'abord des éléments de preuve tels que la présence de fossiles (n°1), l'observation ou la mention historique (n°2), puis des éléments de déduction tels que la naturalité de l'habitat (n°3), la distribution géographique (n°4), la fréquence connue de naturalisation de l'espèce (n°5), la diversité génétique (n°6), le mode de reproduction (n°7), ou les causes possibles d'introduction (n°8). Ces critères doivent fonctionner ensemble pour décider du statut d'une espèce.

Critère n°1 : la preuve fossile s'applique mal au cas de l'*Adonis vernalis* en Provence car la découverte d'un fossile de cette espèce d'une période récente (Pléistocène, Holocène) est fort peu probable. Des fossiles plus anciens, tout aussi difficiles à découvrir, n'indiqueraient que la présence potentielle dans la région et n'élimineraient pas l'hypothèse d'une disparition puis d'une réintroduction humaine.

Critère n°2 : avant sa découverte en 1998 (Dauphin, 1998) la présence d'*Adonis vernalis* dans le Var n'était pas connue des botanistes et n'avait pas été mentionnée dans les travaux des phytosociologues, il n'y a donc aucune preuve d'existence historique.

Critère n°3 : les connaissances sur les usages et l'histoire de la zone d'étude montrent que l'habitat de l'*A. vernalis* est sous influence des activités humaines ou du moins dépendant des activités favorisant l'ouverture d'un habitat forestier vers un habitat steppique. Deux observations appuient cela (1) l'habitat pré-forestier à forestier d'*A. vernalis* dans le Var s'oppose à l'habitat steppique des autres populations de cette espèce alors que (2) cet habitat steppique est présent sur le plateau de Malassoque.

Critère n°4 : compte tenu de la distribution eurasiatique de l'espèce, la population du Var est très localisée et isolée ce qui est en faveur d'un événement de fondation isolé. Néanmoins cette population est constituée de plusieurs sous-populations dont la fragmentation pourrait remonter à la pratique de l'essartage au XVIII^{ème} siècle (J.P. Dauphin com. pers.) ce qui



suggère une répartition plus importante dans le passé, argument en faveur de l'hypothèse d'une fondation naturelle lors d'une phase climatique froide et aride puis d'une contraction pour former une population relique.

Critère n°5 : l'adonis a une belle floraison et des propriétés pharmacologiques, médicales et vétérinaires, de plus ce taxon est parfois considéré comme exotique en France. Donc la dissémination humaine suivie d'une naturalisation est plausible.

Critère n°6 : l'étude de la diversité génétique menée ici ne délivre aucune démonstration évidente d'une différenciation ou d'une originalité génétique de la population du Var ; ni les marqueurs multilocus ni le polymorphisme nucléotidique des séquences d'ADN n'ont révélé d'isolement génétique qui pourrait supporter l'hypothèse d'un isolement ancien et d'une fondation de la population au pléistocène.

Critère n°7 : la reproduction végétative de l'adonis par rhizome favorise la dissémination humaine et son installation pérenne. Ce critère apporte du crédit à la possibilité d'une introduction.

Critère n°8 : l'adonis a pu être introduit volontairement ou involontairement. Son introduction pour constituer une culture locale semble improbable car aucune mention n'en est faite, de plus elle n'est pas située à côté d'habitations et en France sa culture à des fins médicales n'est pas connue. D'autres espèces du genre *Adonis* sont des messicoles sur sol calcaire bien que l'*A. vernalis* n'en fasse pas partie, néanmoins si une introduction dans du fourrage semble peu probable, l'arrivée de graines prises dans la laine des moutons pourrait constituer une hypothèse apte à expliquer la proximité génétique de la population du Var avec celle des Cévennes et éventuellement aussi celle de Suisse.

Conclusion

L'observation d'un certain niveau de consanguinité, associé à la faible régénération démographique de la population renforce la probabilité d'une régression future de l'espèce et montre que le devenir écologique de l'espèce est également en question. Quel sera son habitat dans les prochaines décennies ? Faut-il envisager un renforcement de la population pour réduire sa consanguinité et assurer sa persistance ? Dans leur ensemble, les critères tendent à rejeter le statut natif de l'adonis dans le Var ou du moins n'en confirme pas la solidité. Ceci pose évidemment le problème de la priorité de conservation de ce taxon si celle-ci est conditionnée à l'indigénat. Cependant l'*Adonis vernalis* n'en demeure pas moins une curiosité botanique dans une région où le patrimoine naturel a été façonné par les activités humaines et cela n'en réduit pas l'intérêt de cette plante.



Bibliographie

- Besnard, G., Terral, J. F., & Cornille, A. (2018). *On the origins and domestication of the olive: a review and perspectives*. *Annals of Botany* 121, 385–403.
- Braun-Blanquet, J. 1961. *Die inneralpine Trockenvegetation*. - 273 pp.; Stuttgart (Fischer).
- Castroviejo Bolibar, Santiago & al. (eds.). *Flora iberica*. [...] Vol. I. Lycopodiaceae-Papaveraceae, 1986. asturnatura.com "*Adonis vernalis* L.". *Asturnatura.com* [en línea]. Num. 529.
- Centre national de données et d'informations sur la flore de Suisse. *Adonis vernalis* L. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.infoflora.ch/fr/flore/218-adonis-vernalis.html>.
- Cites. 2013. *Examen des propositions d'amendement des Annexes I et II*. Prop. 11.61. Cites. 19 p.
- Cornille, A. (2012). *Diversification dans le genre Malus*. Thèse de doctorat. Université Paris Sud-Paris XI.
- Dauphin, J.P. 2009. *Proposition d'étude sur Adonis vernalis L.* ONF, 4 p.
- Dauphin, J.-P. 1998. *Découverte d'Adonis vernalis L. dans le Var*. *Monde des Plantes* 463 Toulouse: 13-14.
- Dixon, L. 2016. *Complément d'information à la demande d'autorisation de prélèvement des feuilles d'Adonis vernalis en Alsace dont la station se situe au sein d'une Réserve naturelle régionale*. CBNMed, 2 p.
- Dixon, L. 2016. *Demande de subvention Adonis vernalis, ENS de la Verdrière*. CBNMed, 1 p.
- Huc, S., Fort, N. 2009. *Conservation d'espèces menacées des Hautes-Alpes et des Alpes-de-Haute-Provence*. Conservatoire Botanique National Alpin. 4 p.
- Klemm, C. DE. 1997. *Comparative analysis of the effectiveness of legislation for the protection of wild flora in Europe*. - *Nature and environment* 88. - 92 pp. Strasbourg (Council of Europe).
- Lange, D. 1998. *Europe's medicinal and aromatic plants : their use, trade and conservation*. - 77 pp. Cambridge (TRAFFIC International).
- Lathion, S. 2000. *L'adonis de printemps (Adonis vernalis L.) en Valais : biologie et situation actuelle*. *Bulletin Muritienne* 118 : 104-113.
- Linglart, M. Blandin, P. *La biodiversité des petits bois, « anthroposystèmes insulaires » dans les plaines de grandes cultures : l'exemple du Gâtinais occidental*.
- Linglart M., Hladick A. 1999. *La découverte d'Adonis vernalis L. dans un bois du Gâtinais Nord-Occidental*. MNHN, Brunoy, *Le Monde des Plantes*, n°466, 2 p.
- Linglart M., Hladik A., de La Gorce L. et Pasquier B. 1999. *Présence d'Adonis vernalis L. dans le Gâtinais nord-occidental ; biogéographie et réflexions sur le statut ethnoécologique d'une espèce végétale*. *Biogeographica* 75, p. 145-162.
- Melnik, V.J. 1998. *Trade survey of Adonis vernalis in Ukraine*. - 15 pp.; Kiev



- (unpubl. report for D. LANGE).
- Nick H. Mashour, MD; George I. Lin, MD; William H. Frishman, MD. *Herbal Medicine for the Treatment of Cardiovascular Disease*. Clinical Considerations. Arch Intern Med. 1998;158:2225-2234.
- Noble V., Van Es J., Michaud H., Garraud L. (coordination), 2015. *Liste Rouge de la flore vasculaire de Provence-Alpes-Côte d'Azur* – Version mise en ligne. Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement & Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, 14 pp.
- Olivier L., Galland J.P., Maurin H. (coord.), Roux J.P. (réd.)(1995). *Livre rouge de la flore menacée de France, Tome I et 2*. Col. Patrimoines naturels. SPN/IEGB/MNHN, Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles, Ministère de l'environnement, Paris, 662 p.
- Preston, C. D., Pearman, D. A., & Hall, A. R. (2004). *Archaeophytes in Britain*. Botanical journal of the Linnean Society, 145(3), 257-294.
- PNRV, 2010. *Document d'objectifs des sites Natura 2000 n° FR 9301615 « Basses gorges du Verdon » et n°FR 9312022 « Verdon » (partie ouest)*.
- Sarbu, A. 1997. *Distribution, habitat requirements, harvest and use of Adonis vernalis, Arnica montana and Centaurium erythraea in Romania*. - 7 pp.; Bucharest (unpubl. report for D. LANGE).
- Steinberg, C. 1982. *Adonis L.* - In: FIORI, A. & PAOLETTI, G.: *Flora analitica d'Italia* 2: 733-736; Padova (Tipografia del Seminario).
- Webb, D. A. (1985). *What are the criteria for presuming native status?* Watsonia, 15(3), 231-236.
- UICN France, FCBN & MNHN (2012). *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Flore vasculaire de France métropolitaine : premiers résultats pour 1 000 espèces, sousespèces et variétés*. Dossier électronique.



Annexe : Fiches détaillées de chaque sous-population d'*Adonis vernalis* sur la commune de la Verdière.

- Sous-population 1 – Av1
- Sous-population 2 – Av2
- Sous-population 3 – Av3
- Sous-population 4 – Av4
- Sous-population 5 – Av5
- Sous-population 6 – Av6
- Sous-population 7 – Av7



Sous-population 1 - Av1

Superficie occupée par la population : 35 000 m²

Nombre d'individus total sur la station : 402 individus

Date de première observation : mai 2009

Bilan de la population : bon état de conservation de l'habitat et de l'espèce

Photographies des quadrats de suivi démographique :



Figure 33 et 34 : à gauche quadrat 1, à droite quadrat 2



Figure 35 et 36 : à gauche quadrat 3, à droite quadrat 4



Figure 37 et 38 : à gauche quadrat 5, à droite quadrat 6



Figure 39 et 40 : à gauche quadrat 7, à droite quadrat 8



Figure 41 et 42 : à gauche quadrat 9, à droite quadrat 10



Figure 43 : quadrat 11

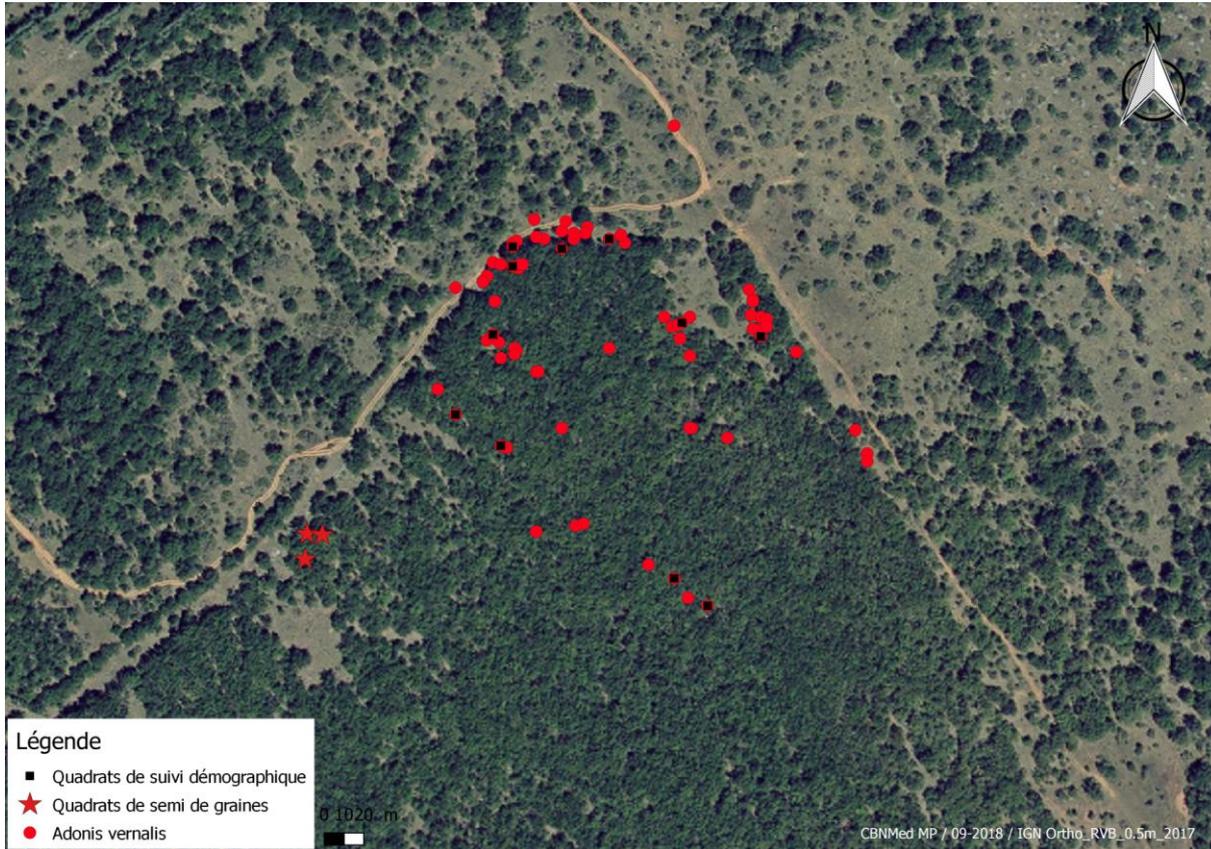


Figure 44 : Cartographie de la sous-population 1

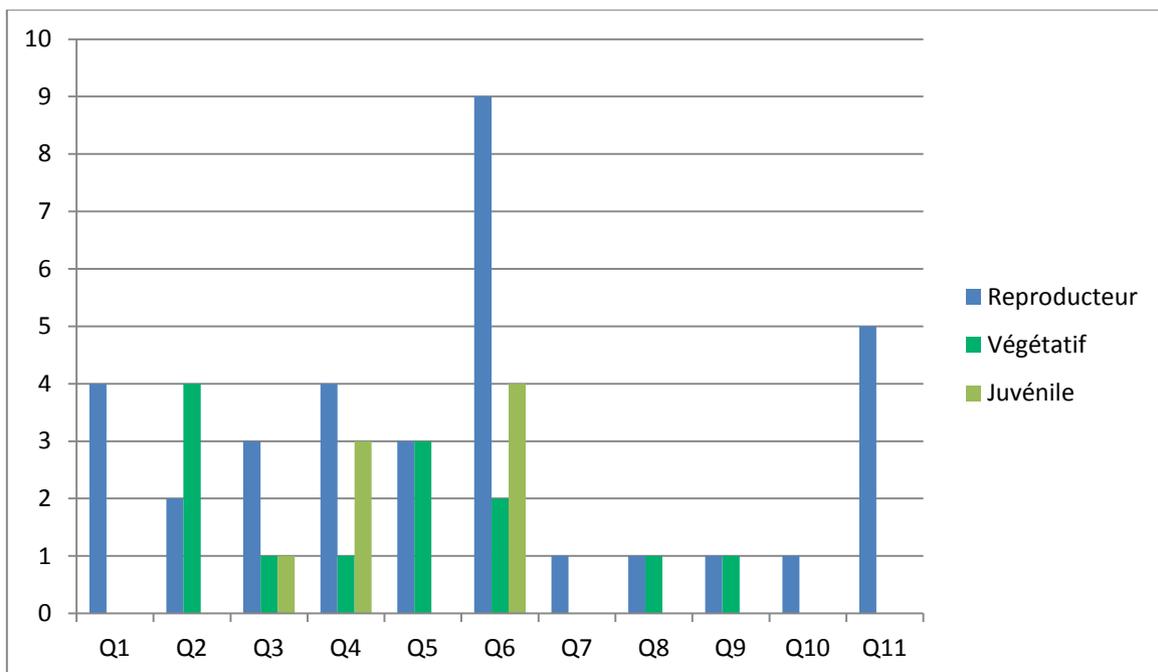


Figure 45 : Nombre d'individus dans chaque quadrat pour la première sous-population en 2017

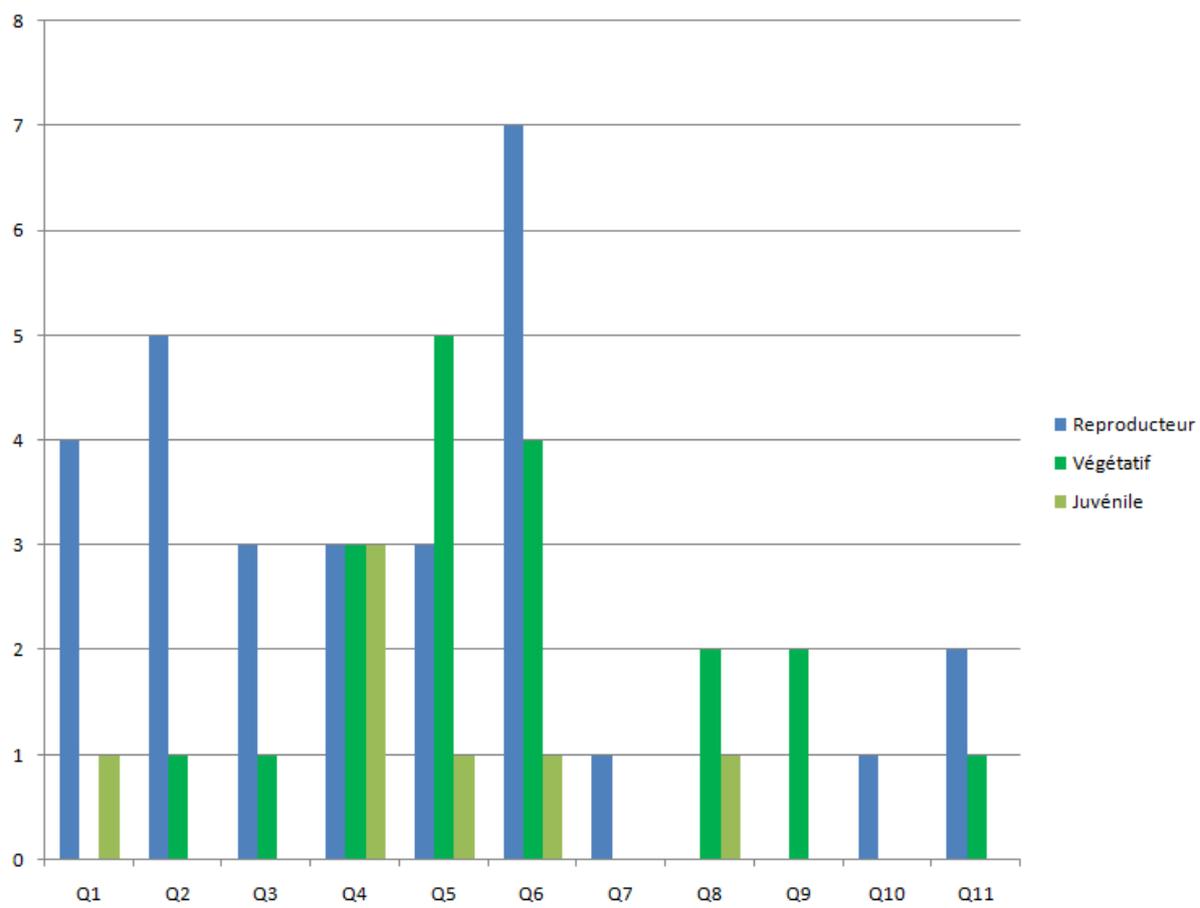


Figure 46: Nombre d'individus dans chaque quadrat pour la première sous-population en 2018



Sous-population 2 - Av2

Superficie occupée par la population : 1 800 m²

Nombre d'individus total sur la station : 123 individus

Date de première observation : mai 2014

Bilan de la population : bon état de conservation de l'habitat et de l'espèce

Photographies des quadrats de suivi démographique :



Figure 47 et 48 : à gauche quadrat 1, à droite quadrat 2



Figure 49 : quadrat 3

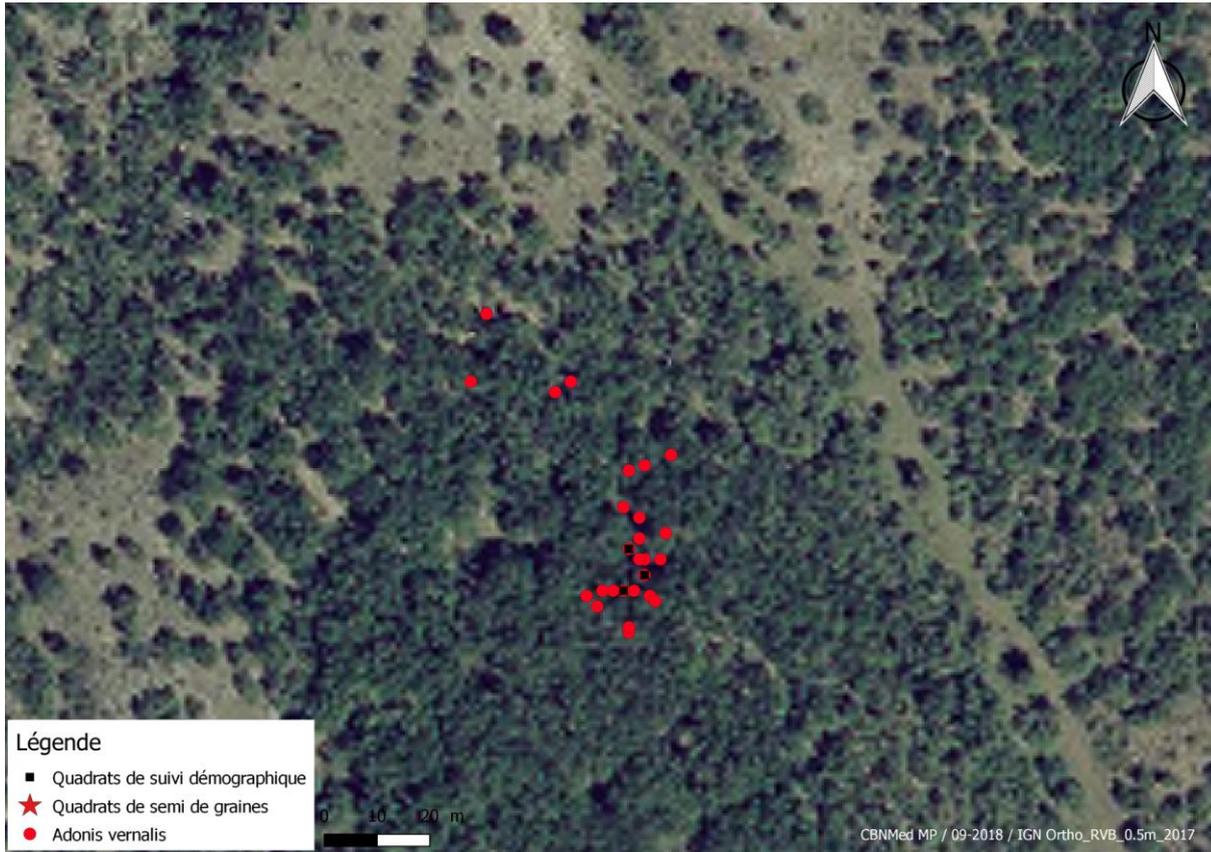


Figure 50 : Cartographie de la sous-population 2

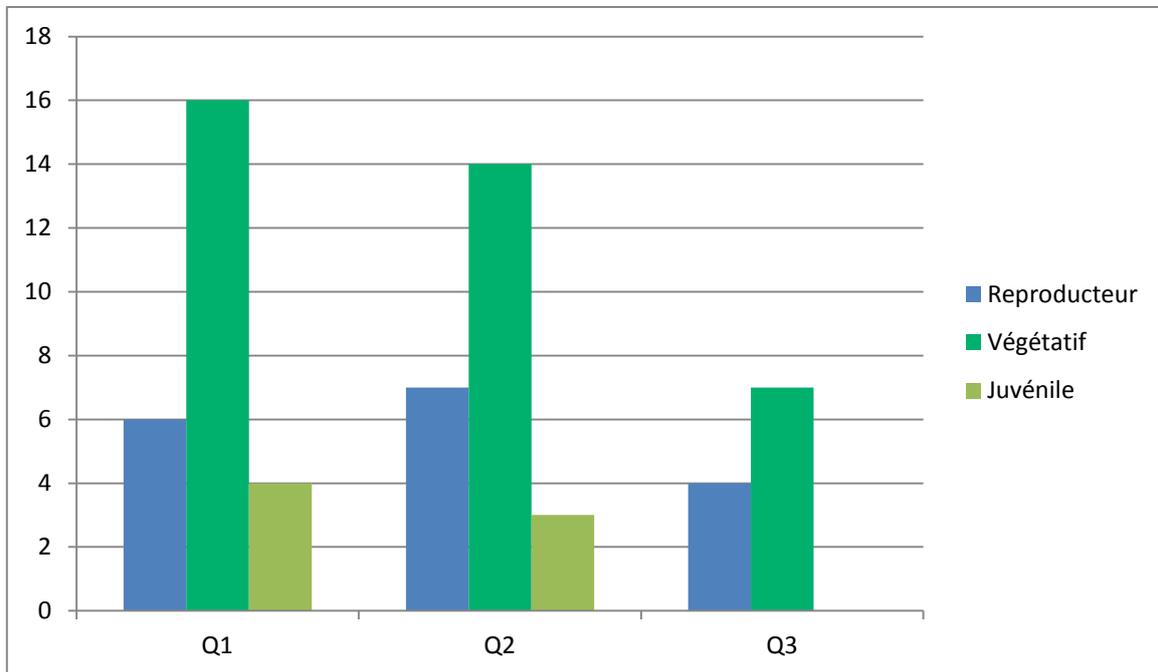


Figure 51 : Nombre d'individus dans chaque quadrat pour la deuxième sous-population en 2017

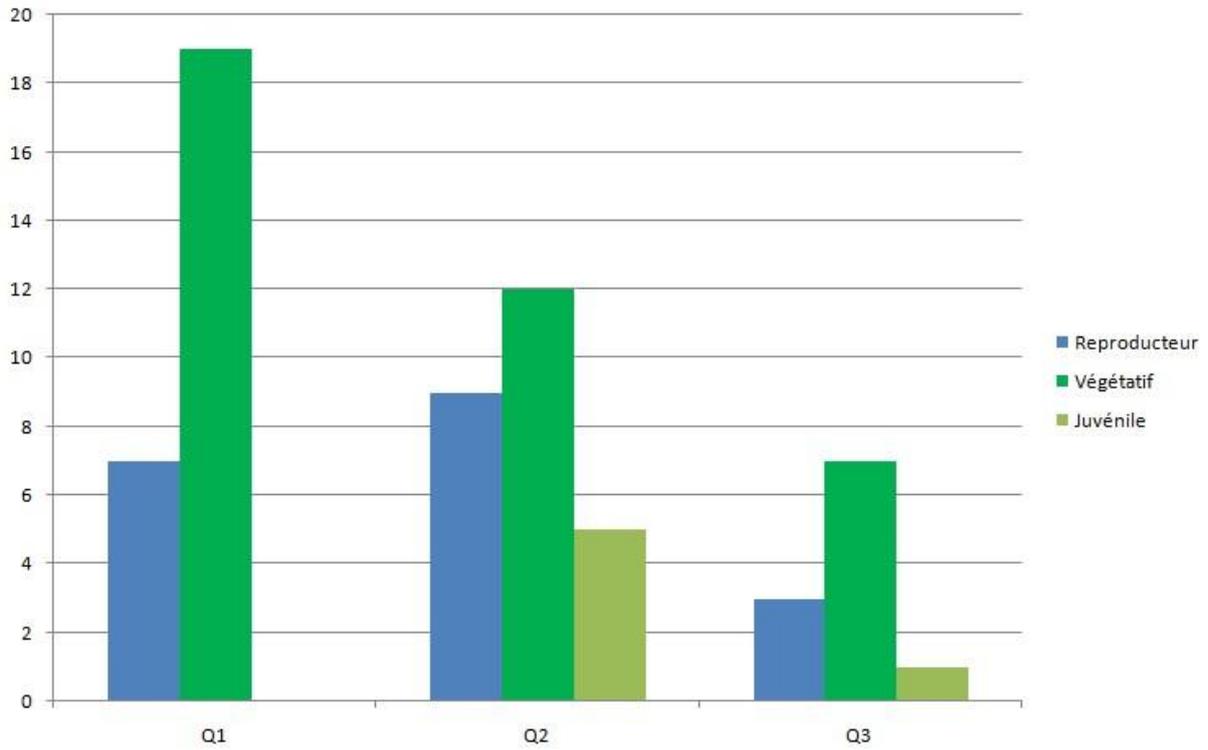


Figure 52 : Nombre d'individus dans chaque quadrat pour la première sous-population en 2018



Sous-population 3 - Av3

Département : Var

Commune : La Verdière

Lieu-dit : Malassoque

Superficie occupée par la population : 100 m²

Nombre d'individus total sur la station : 59 individus

Densité : faible

Date de première observation : mai 2016

Bilan de la population: bon état de conservation de l'habitat et de l'espèce

Photographies des quadrats de suivi démographique :



Figure 53 et 54 : à gauche quadrat 1, à droite quadrat 2



Figure 55 : quadrat 3



Figure 56 : Cartographie de la sous-population 3

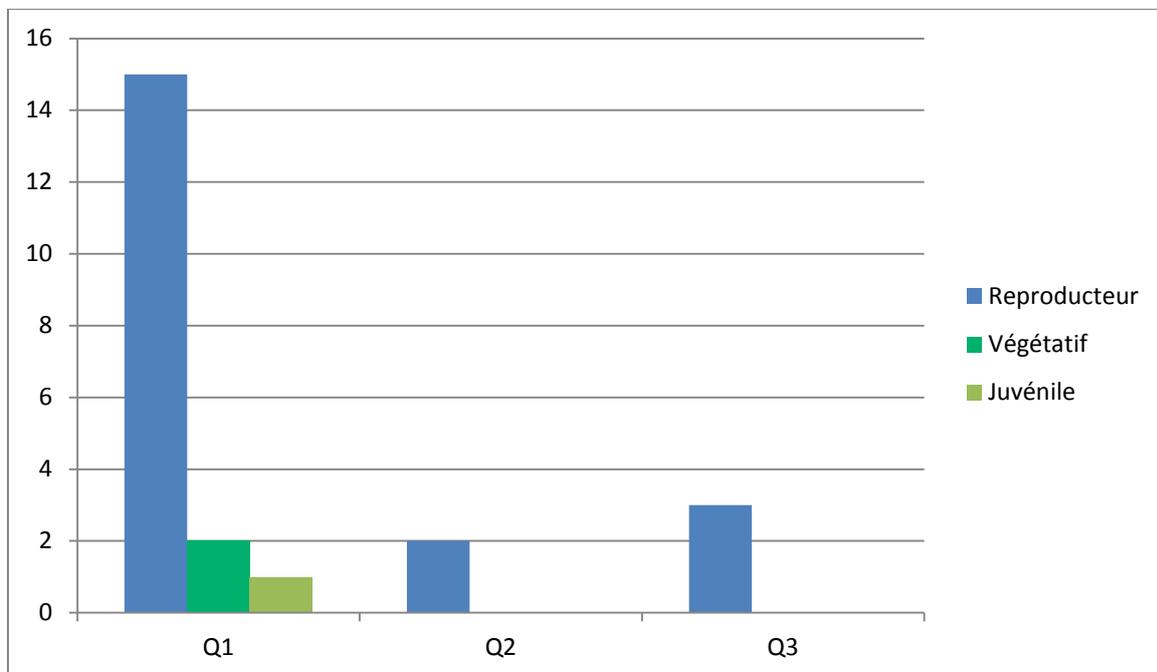


Figure 57 : Nombre d'individus dans chaque quadrat pour la troisième sous-population en 2017

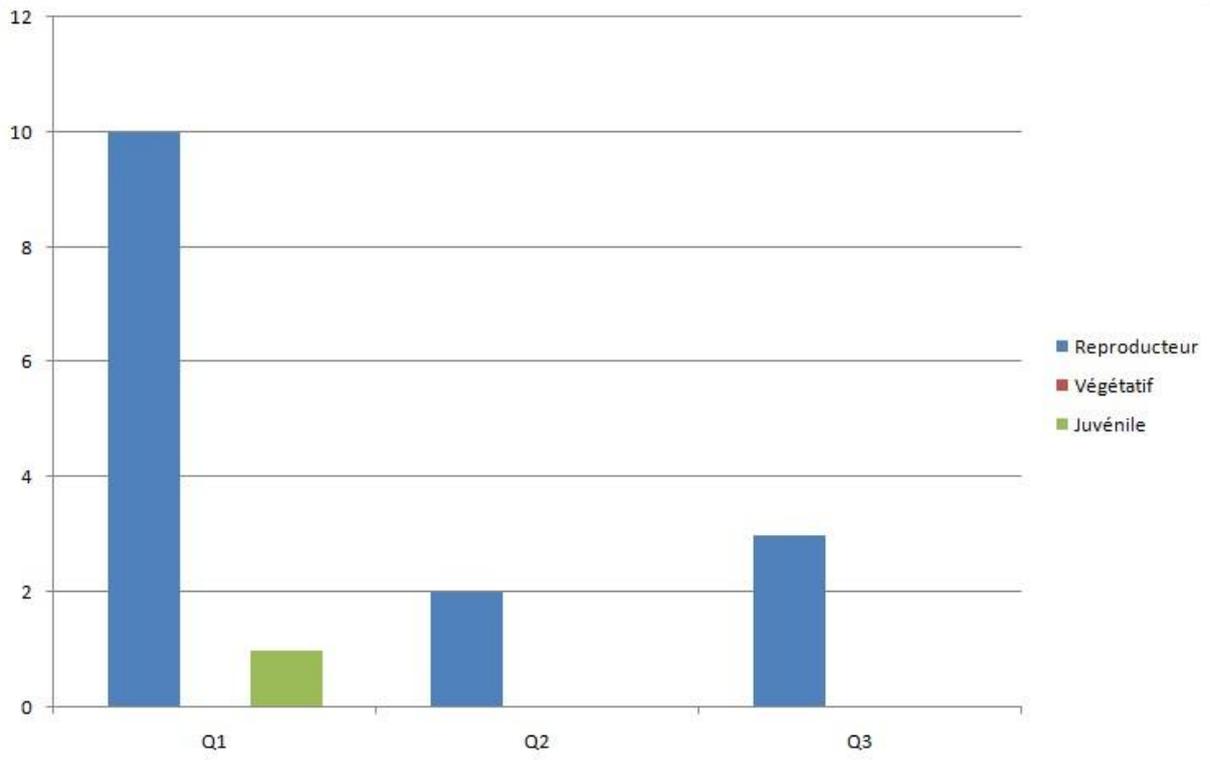


Figure 58 : Nombre d'individus dans chaque quadrat pour la première sous-population en 2018



Sous-population 4 - Av4

Superficie occupée par la population : 450 m²

Nombre d'individus total sur la station : 30 individus

Date de première observation : mai 2016

Bilan de la population : bon état de conservation de l'habitat et de l'espèce



Figure 59 : Photographies de la station



Figure 60 : Cartographie de la sous-population 4



Sous-population 5 – Av5

Superficie occupée par la population : 2 000 m²

Nombre d'individus total sur la station : 189 individus

Date de première observation : mai 2003

Bilan de la population : bon état de conservation de l'habitat et de l'espèce

Photographies des quadrats de suivi démographique :



Figure 61 et 62: à gauche quadrat 1, à droite quadrat 2



Figure 63 : quadrat 3

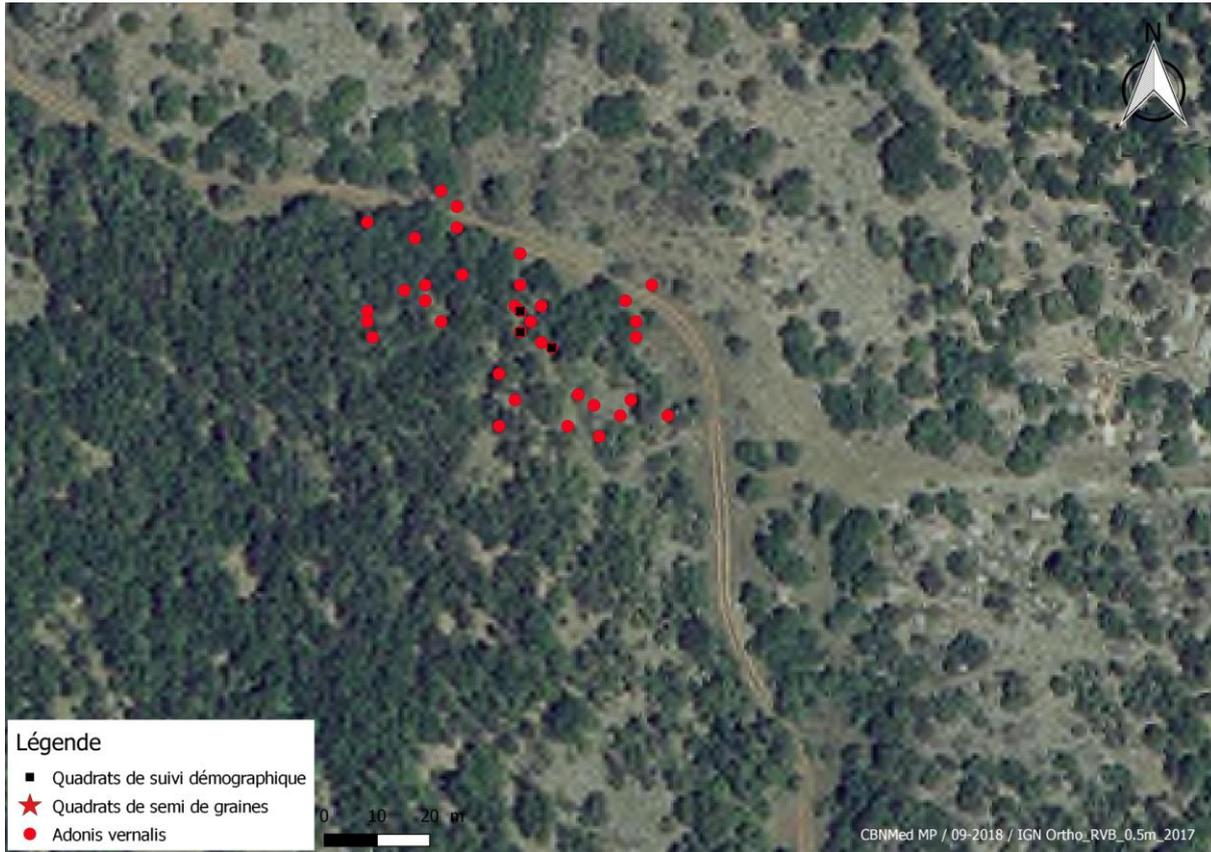


Figure 64 : Cartographie de la sous-population 5

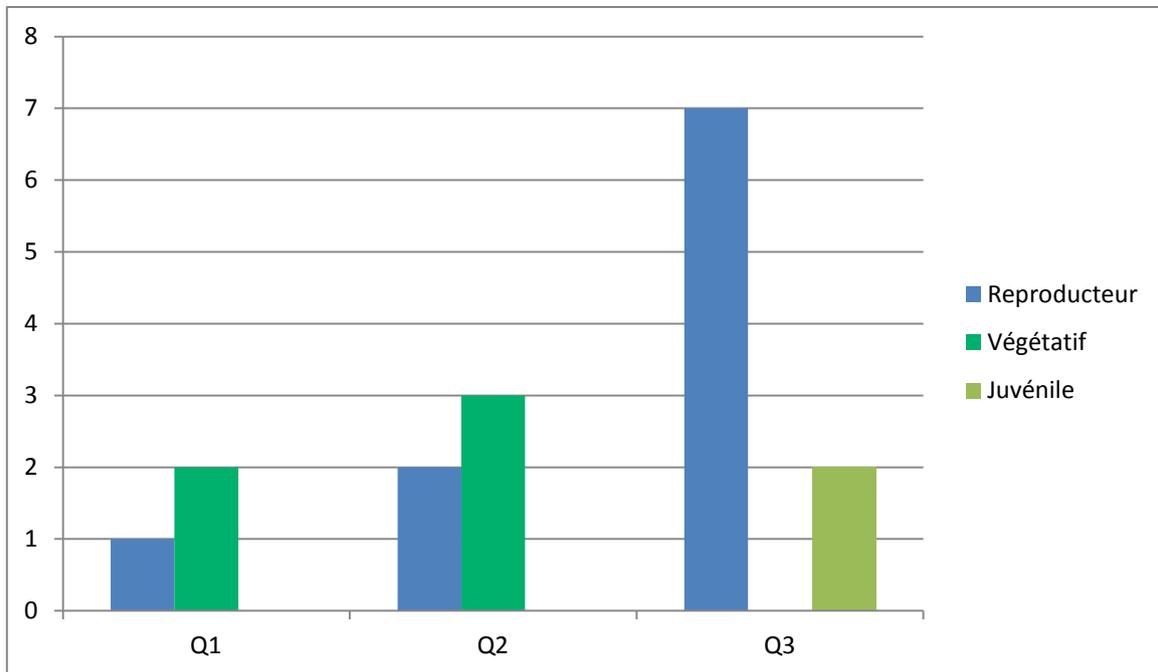


Figure 65 : Nombre d'individus dans chaque quadrat pour la cinquième sous-population en 2017

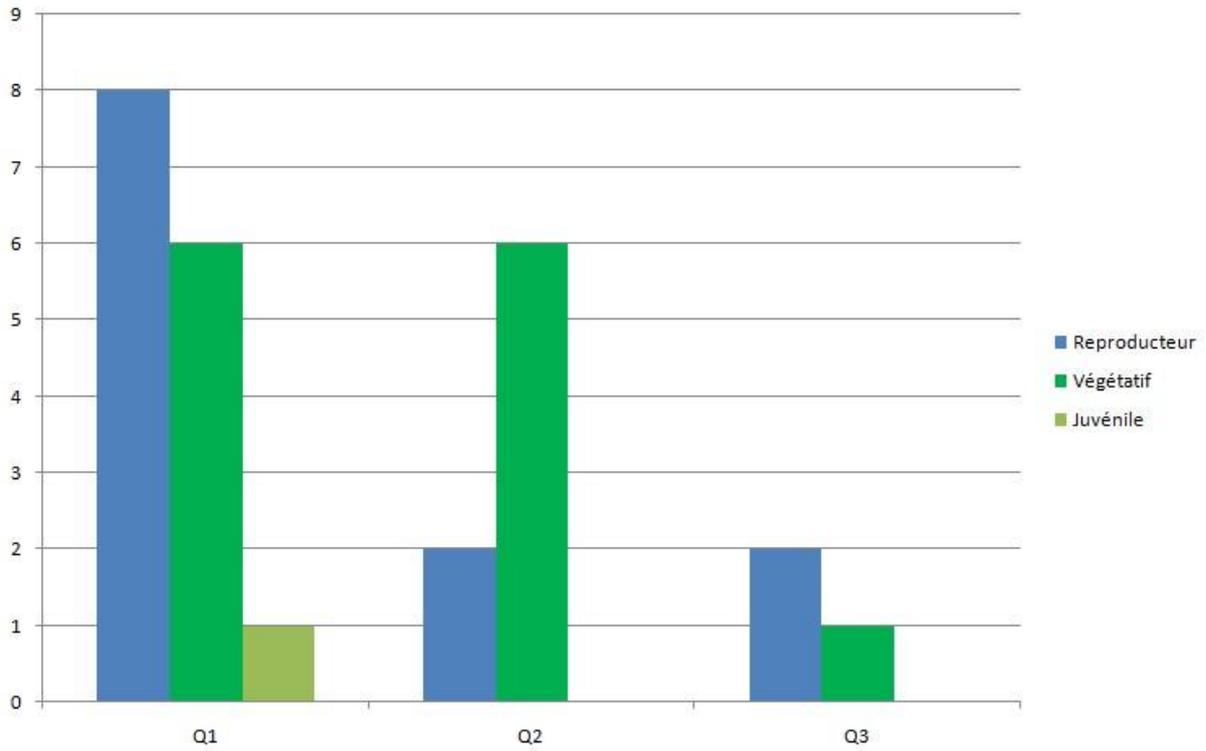


Figure 66 : Nombre d'individus dans chaque quadrat pour la première sous-population en 2018



Sous-population 6 – Av6

Superficie occupée par la population : 2 000 m²

Nombre d'individus total sur la station : 606 individus

Date de première observation : mai 1998

Bilan de la population : bon état de conservation de l'habitat et de l'espèce

Photographies des quadrats de suivi démographique :



Figure 67 et 68 : à gauche quadrat 1, à droite quadrat 2



Figure 69 : quadrat 3

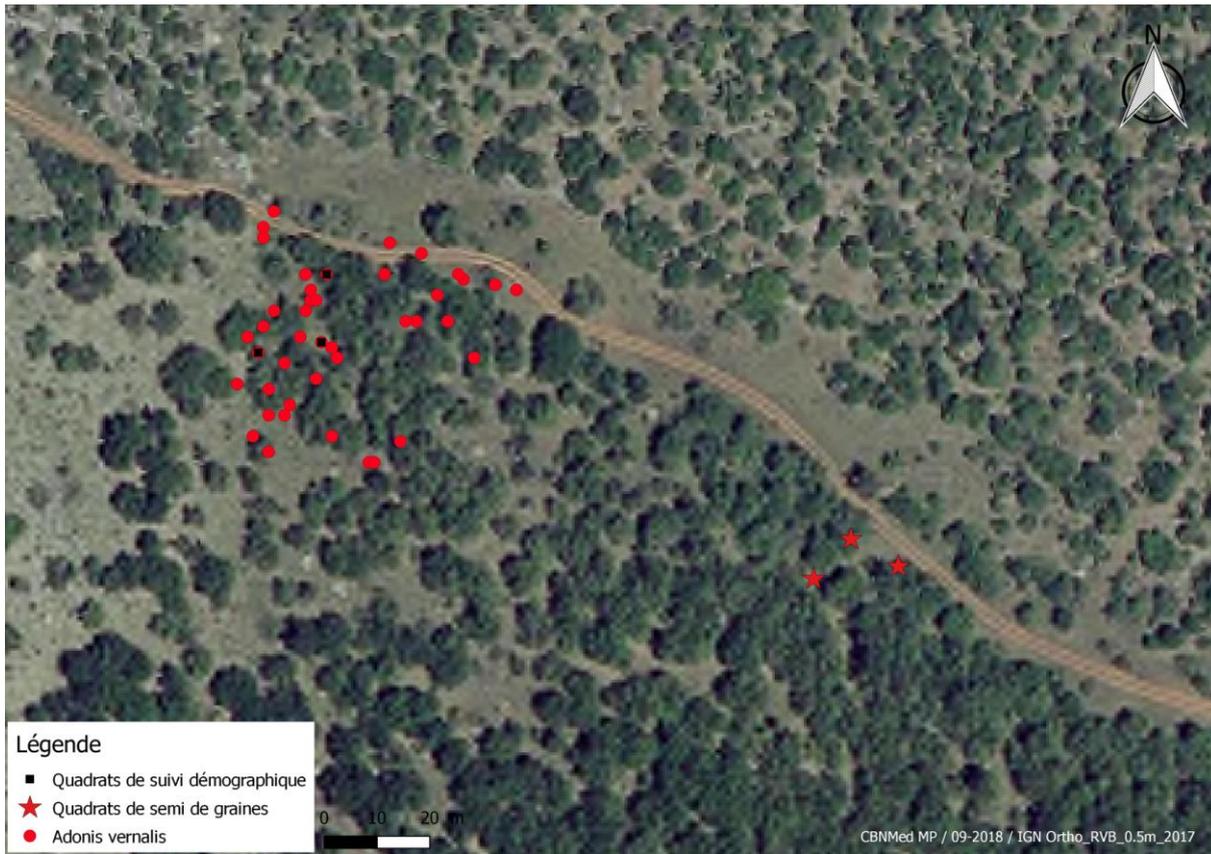


Figure 70 : Cartographie de la sous-population 6 :

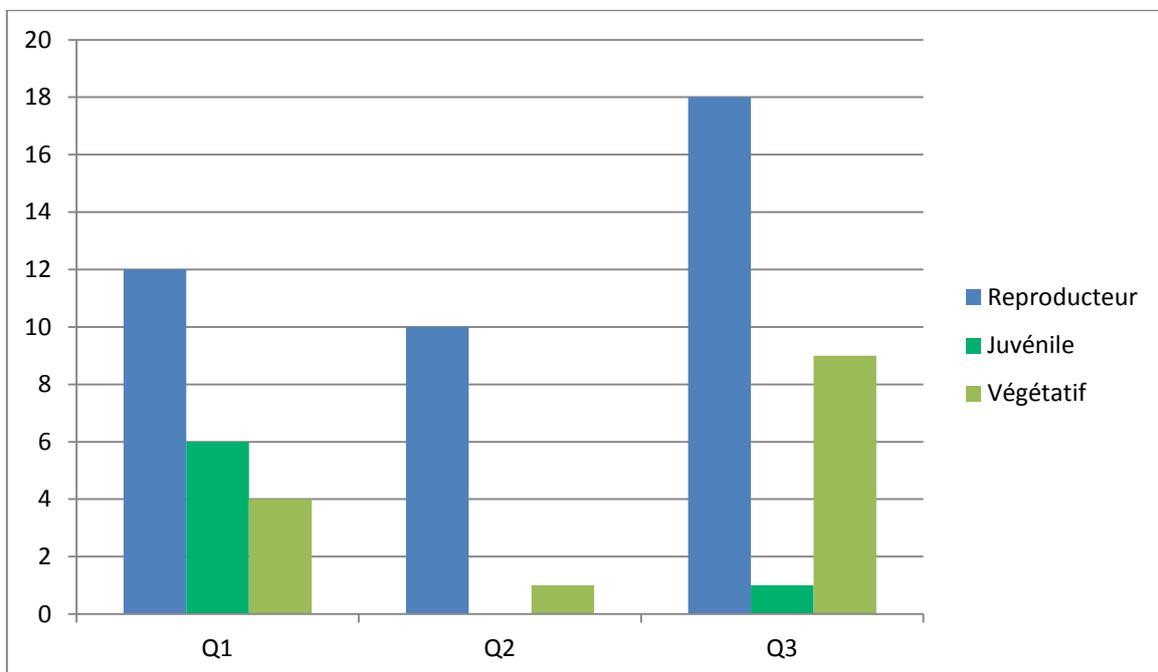


Figure 71 : Nombre d'individus dans chaque quadrat pour la sixième sous-population en 2017

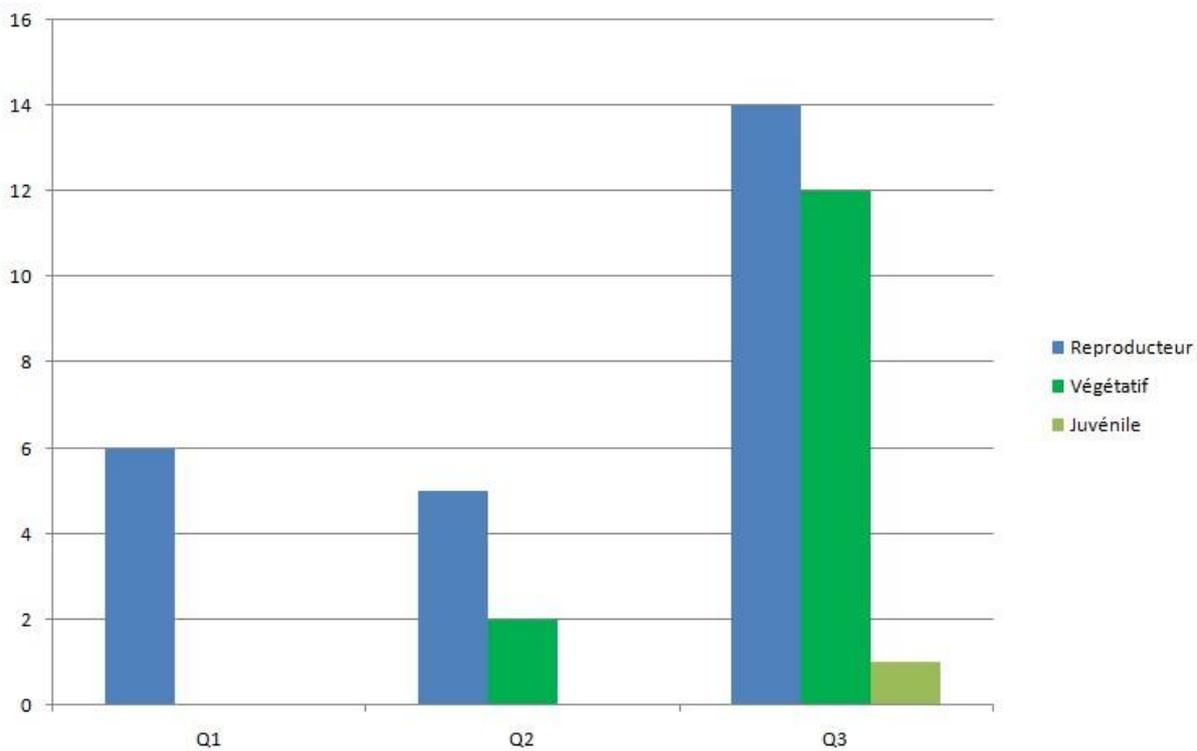


Figure 72 : Nombre d'individus dans chaque quadrat pour la première sous-population en 2018



Sous-population 7 – Av7

Superficie occupée par la population : 30 m²

Nombre d'individus total sur la station : 15 individus

Date de première observation : mai 2003

Bilan de la population : bon état de conservation de l'habitat et de l'espèce



Figure 73 : Cartographie de la sous-population 7



Résumé :

L'étude sur la préservation de l'adonis de printemps est réalisée par le CBNMed en partenariat avec le Département du Var (financier du projet) et l'IMBE (chargé des études génétiques).

Adonis vernalis L. est une renonculacée, protégée nationalement et cotée « en danger » sur la liste rouge PACA. C'est une hémicryptophyte haute de 10 à 30 cm fleurissant généralement d'avril à mai. Cette espèce se retrouve du sud de l'Espagne au sud des Pays-bas en passant par la Suisse, en faisant des populations ponctuelles. Elle se répartit sur 20 pays allant jusqu'à la Russie où les populations sont étendues et abondantes. Pour la France, une grande population se situe en Lozère avec une station située à la frontière dans le Gard et une station a été découverte en 1777 dans le Haut-Rhin. Pour le cas de la Provence, les premiers pieds furent découverts en 1998 sur la commune de la Verdière dans le Var et quelques pieds se situent dans les Alpes-de-Haute-Provence à Quinson. Cette population est sur l'Espace Naturel Sensible (ENS) de Malassoque et sur le Parc naturel régional du Verdon. Les stations sont au nombre de huit et ne semblent pas avoir évolué en 20 ans. En effet, le recrutement des individus semble très faible et leur durée de vie paraît longue. La question qui se pose est de connaître son indigénat.

Cette étude a pour objectifs :

- D'évaluer les différences et les originalités inter-populationnelles (Causses, Alsace, Provence, étranger), pour cela plusieurs échantillons ont été prélevés pour analyses génétiques dont une contribution de l'Espagne et de la Suisse,
- D'évaluer les différences et les originalités intra-populationnelles en Provence : plusieurs stations composent cette population,
- De comprendre la niche écologique et d'évaluer l'état de conservation des stations,
- De déterminer les modalités de germination.

L'étude de la niche écologique a tout d'abord consisté à déterminer quel était l'aire minimale représentant le milieu d'*Adonis vernalis*, soit 90% d'espèces associées, ce qui représente des relevés de 16 m². Ce sont en tout 24 relevés, dont 14 en présence d'adonis et 10 en absence représentant tous les milieux auxquels elle appartient. Pour chaque relevé, les paramètres mésologiques et floristiques furent notifiés.

Adonis vernalis ne se retrouve pas dans les pelouses sèches comme dans les Causses, ni sous une chênaie dense. L'espèce se développe avant l'apparition des feuilles de chêne pubescent, au niveau des ourlets de la chênaie sur un sol quasi-inexistant de type Terra rossa.

En 2017, environ 1 400 individus ont été comptabilisés dont au moins 100 juvéniles. Cette population subit des menaces d'origine anthropique, des chasseurs fréquentent les pistes adjacentes à l'adonis et des raves-party ont été observées. Aucune menace naturelle ne semble être présente sur le site, aucune observation d'espèce exotique envahissante n'a été relevée, le milieu semble se maintenir (ni ouverture ni fermeture). Le site subit quelques perturbations comme des traces de sangliers ainsi que le passage d'ovins qui est cependant corrélé avec le développement de l'adonis.

Afin de connaître le cycle de vie de cette espèce, pour quantifier le recrutement, un suivi dans le temps fut programmé par la mise en place de placettes de suivi permanentes. Ces placettes



vont permettre d'identifier les stades critiques pour connaître le nombre de juvéniles réussissant à survivre, de déterminer la durée de vie des individus et de savoir combien d'individus arrivent au stade adulte (la floraison ne s'effectuant qu'à partir de la 4^{ème} année). L'avantage de cette population est la présence continue d'un agent du CEN sur le site qui peut suivre et protéger cette espèce.

Jusqu'à présent, les tests de germination sur *Adonis vernalis* furent un échec. Cette année, un nouveau protocole fut testé. Deux modalités ont été mises en place : deux des huit stations ont été récoltées.

- *In situ* : sur les deux stations tests, trois quadrats de 1m² ont eu 80 akènes de semés directement après récolte, quadrats choisis dans des milieux potentiels pour l'adonis mais actuellement absence. Ce sont donc 480 akènes qui vont être suivis sur 3 ans. Le problème rencontré est le mode de dissémination qui s'effectue par myrmécochorie, les akènes ayant un aspect huileux attractif pour les fourmis.
- Le lendemain, à la banque de graines de Porquerolles, 100 akènes des deux stations furent semés directement en barquettes dans du terreau humide et enfermés dans des sacs pour maintenir l'humidité, puis placés en chambre froide à 5°C pendant 3 semaines. Les barquettes furent après placées en ombrière, toujours bien humidifiées. Au bout de 95 jours (4 octobre 2017), la première station a 6 plantules qui se sont développées. Le 107 jours après semis, les deux stations ont germé avec 37 plantules.





Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles

Siège

34 avenue Gambetta

83400 HYÈRES

04 94 16 61 40

contact.siege@cbnmed.fr

Antenne Languedoc-Roussillon

Parc scientifique Agropolis – Bât. 7

2214 Boulevard de la Lironde

34980 Montferrier-sur-Lez

04 99 23 22 11

contact.lr@cbnmed.fr

Bureau des Alpes-Maritimes

Villa Thuret

90 chemin Raymond

06160 Juan-les-Pins

04 97 21 25 12

