



**Écologie de la
Sabline de Provence,
Arenaria provincialis,
synthèse des connaissances
pour sa conservation**



Sommaire

I	Introduction	3
I	Systématique, Écologie et Biologie de la Sabline de Provence	4
	(1) Il était une fois « l'Herbe à Gouffé »	4
	(2) Reconnaître la Sabline de Provence	5
	(3) Distribution et amplitude écologique de la Sabline de Provence	6
	(4) Moins d'une année pour se développer et se reproduire	10
	(5) Une dynamique en « dents de scie »	12
	(6) Stratégies pour survivre au milieu des cailloux	13
II	Vulnérabilité et Conservation de la Sabline de Provence	14
	(1) Deux questions pour la vulnérabilité	14
	(2) Menaces potentielles et exposition des populations	15
	(3) Recul historique et bilan des menaces	17
	(4) Propositions pour la conservation de la Sabline de Provence	18
	(5) Conclusion	22

Introduction

Dans le massif des Calanques, la végétation est souvent clairsemée, laissant d'importantes zones ouvertes où le minéral domine. Un randonneur parcourant le plateau de l'Homme mort, ou atteignant le sommet du mont Puget, remarquera que le paysage, aride et austère, prend des allures de « milieu extrême » les jours de grand mistral (Figure 1).

Même si l'altitude n'est pas très élevée et les précipitations plus abondantes que dans les milieux arides ou désertiques (550 mm par an environ), de nombreux facteurs se conjuguent cependant pour limiter la croissance des quelques 600 espèces de plantes qui vivent dans ce petit massif littoral. Le vent, la très faible réserve en eau des sols (substrat calcaire fissuré) et les incendies répétés limitent la progression de la couverture végétale libérant de vastes affleurements de roches calcaires qui accentuent la luminosité de ce paysage caractéristique aux portes de Marseille. La plupart des randonneurs et grimpeurs qui parcourent les collines et petites montagnes de Marseille observent le Genévrier de Phoenicie



Figure 1 - Paysage aux abords du mont Puget.

(*Juniperus phoenicea*) ou encore la Centhrante rouge (*Centhranthus ruber*), mais bien peu se doutent de la présence d'une plante unique, très discrète, la Sabline de Provence ou *Arenaria provincialis* (Caryophyllacée). Et pourtant cette plante endémique à distribution restreinte (Encadré n°1) mérite une attention particulière. Joyau du patrimoine naturel du sud de la Provence, son évolution en situation d'isolement, dans un milieu « extrême », a mené à l'émergence d'adaptations particulières, de caractéristiques biologiques uniques, sujet d'études pour les scientifiques et d'émerveillement pour tout un chacun.

Pourquoi faut-il protéger les plantes endémiques ? Celles-ci ont remporté de véritables défis évolutifs pour échapper à l'extinction : survivre dans un habitat peu favorable à la croissance végétative, persister quand éventuellement l'isolement amène les congénères à se raréfier, et s'accommoder localement des fluctuations climatiques des derniers millions d'années. Même si ces plantes endémiques n'ont pas d'utilité avérée pour l'Homme, elles soulignent l'originalité biogéographique d'une région, sa spécificité au même titre que d'autres aspects du patrimoine. Leur existence est liée étroitement à l'histoire et la géologie, et comme le patrimoine historique, elles enrichissent notre environnement. En revanche, par définition leur populations sont restreintes à une petite aire géographique, ce qui les rend très vulnérables aux activités humaines qui peuvent provoquer une destruction de l'ensemble de leur habitat et décimer l'ensemble de leurs populations très rapidement. De ce point de vue les taxons endémiques font donc partie des enjeux écologiques liés à la Biodiversité.

Ces arguments, l'originalité spécifique et la vulnérabilité accrue des espèces endémiques face aux activités humaines, font partie des critères utilisés actuellement pour définir les priorités de conservation de la biodiversité. Cependant, centrer la conservation sur une espèce ne veut pas dire que les niveaux d'organisation supérieurs (écosystèmes, paysages) soient exclus. En effet, protéger une espèce peut faciliter la protection des communautés d'organismes où vit cette espèce.

S'intéresser à la persistance de la Sabline de Provence, c'est aussi considérer les communautés végétales des pierriers et éboulis vulnérables face à la sur-fréquentation, ou encore surveiller la dynamique des pollinisateurs qui assurent sa reproduction. La Sabline de Provence peut donc être considérée comme une espèce « porte-drapeau » pour la flore des collines et petits massifs qui entourent la métropole de Marseille.



I) Systématique, Écologie et Biologie de la Sabline de Provence

(1) Il était une fois « l'Herbe à Gouffé »

Au XIX^{ème} siècle, les botanistes Castagne et Robillard découvrent près de Marseille une petite plante à fleurs blanches vivante, selon leurs termes, dans des « endroits rocailloux ». Ils nomment cette petite plante de Provence (Figure 2), « *Gouffeia arenarioides* DC » en hommage à Bernard Gouffé de Lacour, directeur du premier jardin botanique de Marseille et ami de Castagne. La plante qu'ils ont découverte ressemble aux « sablines » du genre *Arenaria* ou *Moehringia* (Encadré n°2), mais sa fleur présente un pistil (appareil femelle) constitué de deux styles, au lieu des trois présents habituellement chez les sablines. Castagne était en rapport avec De Candolle qui enregistra alors *Gouffeia arenarioides* DC dans la Flore Française (1815).



Figure 2 : Planche de l'herbier de Castagne ayant servi à la description de la Sabline de Provence. *Gouffeia arenarioides* DC ex. Castagne (TYPUS), Herbier Castagne, MARS herbarium, Université de Provence.

Encadré n°1

Les plantes endémiques à « distribution restreinte »

Un taxon est endémique quand il vit dans un territoire délimité et plus restreint que celui des taxons affines sur le plan systématique. Il faut préciser la localisation et l'amplitude géographique de cet endémisme. Environ 50 % de la flore méditerranéenne est endémique : ces plantes ne sont rencontrées que dans cette région, elles sont donc rares à l'échelle de la planète. Parmi ces plantes endémiques méditerranéennes, 60 % sont restreintes à une portion, parfois très petite du territoire méditerranéen. Ces plantes endémiques à « distribution restreinte » sont l'une des caractéristiques de la flore méditerranéenne. Elles sont les conséquences d'histoires biogéographiques complexes où l'isolement et l'hétérogénéité environnementale ont joué des rôles prépondérants. Du fait de leur caractère unique, de leur répartition sur un petit territoire, ces endémiques à « distribution restreinte » sont parfois l'objet de protections et de projets de conservation. La France méditerranéenne détient son lot de plantes rares et endémiques dont il est possible de citer quelques exemples bien connus des botanistes : la nivéole de Nice, *Acis nicaeensis* (Alliacée), dont la distribution est restreinte aux environs de Nice, l'Armérie de Belgentier, *Armeria belgenciensis* (Plumbaginacée), présente dans une toute petite localité de moins d'un hectare au nord de Toulon, ou encore la Centauree de la Clape, *Centaurea corymbosa* (Asteracée), restreinte aux petites falaises calcaires de la Clape près de Narbonne.

Alors que plusieurs flores, respectent cette nomenclature, Flora Europaea utilise le binôme *Arenaria provincialis* Chater et Halliday, nom « officiel » actuellement. Récemment, les méthodes de phylogénie moléculaire, basées sur la comparaison des séquences d'ADN, ont apporté d'importants progrès dans la systématique des Caryophyllacées et en particulier des genres *Arenaria* et *Moehringia*. Dans la continuité de ces travaux, les analyses réalisées à l'Institut Méditerranéen d'Écologie et de Paléoécologie (IMEP) ont montré que la Sabline de Provence se positionnait au sein d'un groupe de taxons constitué exclusivement d'espèces du genre *Arenaria*. Cette nouvelle donnée soutient donc l'appellation *Arenaria provincialis* plutôt que *Gouffeia arenarioides*. Le nom vernaculaire est en quelque sorte au choix des utilisateurs : Herbe à Gouffé, Sabline de Marseille, Sabline de Provence



sont les désignations les plus courantes, le dernier nom étant plus en adéquation avec le nom scientifique. Au delà de l'aspect taxonomique, la phylogénétique moléculaire montre que le pistil à deux styles d'*Arenaria provincialis* est une mutation isolée, spécifique et fixée chez ce taxon.

Encadré n°2

Les sablines

Les « sablines » (sandworts en anglais) sont de petites plantes à fleurs, appartenant à la famille des Caryophyllacées qui compte 80 genres et 2500 espèces, dont les Cœillets, les gypsophiles ou encore les saponaires. Comme leur nom l'indique les sablines se trouvent dans des milieux riches en sable ou éléments fins. Les sablines sont en général associées aux milieux ouverts où de fortes contraintes environnementales limitent la couverture végétale, tels que les pierriers, les zones d'érosion et les falaises. Le nom vernaculaire « sabline » désigne deux genres, très proches, véritables « cousins » phylogénétiques, et aussi très ressemblants : *Arenaria* et *Moehringia*. Ces deux genres se distinguent des autres membres de la famille par leurs sépales indépendants, leurs pétales dotés d'un onglet (base rétrécie) très court, leurs feuilles sans stipule ainsi que leurs fruits. Ceux-ci sont en forme de capsules s'ouvrant par leur sommet par des dents ou « valves ». Les *Arenaria* et les *Moehringia* ont fait l'objet de travaux de systématique récents visant à mieux les discerner. Il apparaît que le seul critère fiable pour les distinguer réside sur une caractéristique de la graine. Dans les deux genres, celle-ci est souvent de couleur noire, réniforme et d'une taille de l'ordre du millimètre, rarement supérieure. Mais celles des *Moehringia* possèdent un épaissement charnu de couleur blanche, appelé strophiole, situé dans le creux de la graine et jouant un rôle dans la dispersion soit en attirant les fourmis, soit en collant la graine au substrat rocheux.

(2) Reconnaître la Sabline de Provence

Comment reconnaître la Sabline de Provence dans la nature ? Les sablines ne sont pas le « matériel » botanique le plus facile à déterminer. Cependant les risques de confusion sont relativement réduits quand on recherche *A. provincialis* dans les environs de Marseille et dans les habitats où elle peut vivre.

Arenaria provincialis est une petite plante herbacée, annuelle, pouvant mesurer jusqu'à une vingtaine de centimètres au maximum de sa croissance. Ses tiges sont grêles, verticales et se

ramifient souvent de manière dichotomique. Elles sont renflées au niveau des nœuds où s'insèrent les feuilles lancéolées. Elles sont disposées par deux, sont opposées décussées et de petite taille (1 à 2 cm). En hiver, une coloration violette ou même rouge est souvent observée chez les juvéniles quand ils sont exposés à des températures négatives (Figure 3).

Au printemps, les fleurs (Figure 4) sont de petites tailles, solitaires, hermaphrodites et constituées de cinq pétales blancs et libres (5-6 mm) et alternant avec cinq sépales verts (2-3 mm). L'androcée (appareil reproducteur mâle) est formé de dix étamines, cinq courtes alternant avec cinq longues. Le gynécée (appareil reproducteur



Figure 3 : Individus juvéniles d'*Arenaria provincialis* en février, à droite coloration violette des feuilles durant une période de froid hivernal au sommet du mont Puget.



Figure 4 : Floraison et fructification d'*Arenaria provincialis*.



femelle) est composé d'un ovaire uniloculaire contenant deux ovules et deux styles bien visibles. De très petites gouttes de nectar brillent souvent au fond de la fleur. Après fécondation, la fleur produit un seul fruit : une capsule fermée et mesurant de 1 à 2 mm de long. La capsule ne contient en général qu'une graine, rarement deux, de couleur noire.

Dans son habitat et son aire de distribution, la Sabline de Provence peut être confondue avec quelques autres plantes de petites tailles et à fleurs blanches (Tableau 1 page 8). Si les risques de confusion sont faibles dans les pierriers, ils peuvent être plus importants sur les crêtes sommitales, dans les vallons et versants humides du massif de l'Étoile ou du massif de la Sainte Baume où d'autres petites Caryophyllacées vivent. *Arenaria serpyllifolia* est la sabline la plus fréquente en France, elle se distingue aisément d'*A. provincialis* par la forme de ses feuilles, le nombre de styles et le fruit (Figure 5).

(3) Distribution et amplitude écologique de la Sabline de Provence

La répartition d'*A. provincialis* est relativement continue dans le massif des Calanques (Calanques, Carpiagne et Grand Caunet) mais elle est plus fragmentée au niveau du massif de l'Étoile et de la Sainte Baume (Figure 6). Notons que la Sabline de Provence avait dans le passé une plus grande extension à l'Est car une population citée au XIX et XX^{ème} siècles au niveau du Baou de quatre Ouro, près de Toulon, n'a pas été revue ces dernières années malgré de nombreuses prospections.

Des études de la flore et du milieu ont été entreprises pour comprendre l'écologie de la Sabline. En trois années, une base de plus de 700 relevés a été constituée dans le sud de la Provence. Ces relevés sont réalisés dans des placettes circulaires de 100 m². Ils se composent de l'inventaire des plantes présentes et d'une mesure ou d'une évaluation des variables du milieu, telles que l'altitude, la pente, l'exposition, le recouvrement végétal et la granulométrie du substrat.



Figure 5 : *Arenaria serpyllifolia*, fleur et capsule.

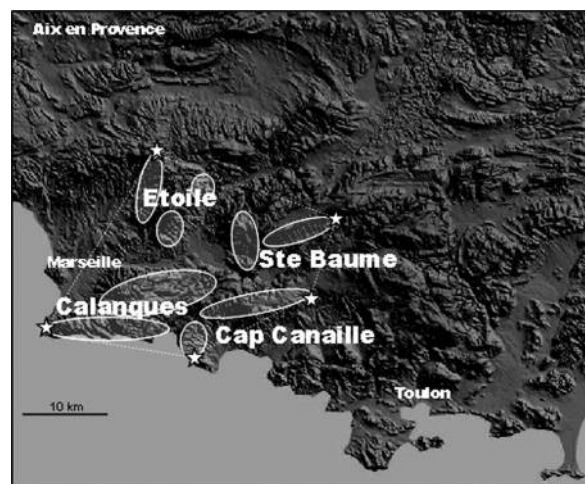


Figure 6 : Carte de distribution simplifiée d'*Arenaria provincialis*, les ellipses indiquent les zones de plus grande abondance. Les étoiles indiquent les populations situées aux limites de la distribution.

Première observation, la Sabline de Provence est présente sur une large palette de situations écologiques ou « milieux de vie » : présente quelque soit la pente ou l'exposition, elle se répartie sur un gradient de presque mille mètres d'altitude (Figure 7). Cette amplitude altitudinale s'accompagne évidemment d'une grande amplitude climatique : *A. provincialis* occupe deux étages de végétation, le méso-méditerranéen et le supra-méditerranéen et effleure le thermo-méditerranéen au niveau des stations du littoral en exposition sud. La plupart des stations d'*A. provincialis* se situent dans le méso-méditerranéen entre 200 et 400 mètres d'altitude.

**Tableau 1 : Espèces pouvant être confondues avec *Arenaria provincialis***

Nom	Famille	Caractères distinctifs
<i>Arenaria provincialis</i>	Caryophyllacée	Plante annuelle Tiges grêles, nœuds renflés Feuille lancéolée Fleur assez grande pour le genre, pétales 5-6 mm de long, plus longs que les sépales, 2 styles Faible pilosité Capsule fermée
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Caryophyllacée	Plante annuelle Feuille ovale-aigüe Fleur petite à 3 styles Sépales lancéolés ; pétales bien plus courts que les sépales Capsule ouverte à 6 dents
<i>Arenaria modesta</i>	Caryophyllacée	Plante annuelle Plante glanduleuse, d'un vert plus clair, modeste et plus petite qu' <i>A. provincialis</i> Fleur petite à 3 styles Forte pilosité Capsule ouverte à 3 valves bidentées Présente seulement sur calcaire dolomitique
<i>Minuartia hybrida</i>	Caryophyllacée	Plante annuelle Feuilles linéaires, fines, pointues Fleur à 3 styles Capsules très allongées « cylindriques » dépassant le calice à 3 valves
<i>Minuartia rostrata</i>	Caryophyllacée	Plante pérenne Feuilles linéaires, fines, pointues Fleur à 3 styles Capsules très allongées « cylindriques » dépassant le calice à 3 valves
<i>Cerastium arvense</i>	Caryophyllacée	Plante pérenne, pubescente, tiges lâches Feuilles lancéolées-linéaires Pétales divisés Capsules cylindriques à 10 dents
<i>Cerastium pumilum</i>	Caryophyllacée	Plante annuelle Feuilles ovales ou elliptiques Fleur petite Pétales divisés Capsules cylindriques à 10 dents
<i>Saxifraga tridactylites</i>	Saxifragacée	Plante annuelle souvent rougeâtre Feuilles radicales presque en rosette, entières ou trilobées Fleur blanche petite (4-6 cm)

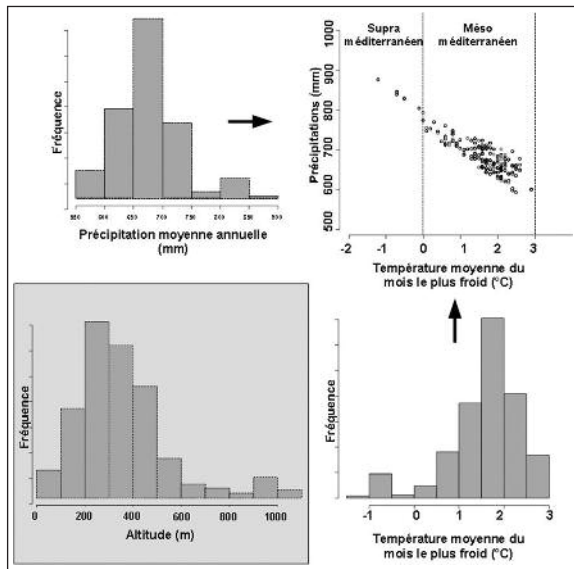


Figure 7 : Amplitudes climatique et altitudinale d'*Arenaria provincialis* représentées sous forme d'histogrammes, montrant que ses populations se distribuent principalement dans l'étage méso-méditerranéen.

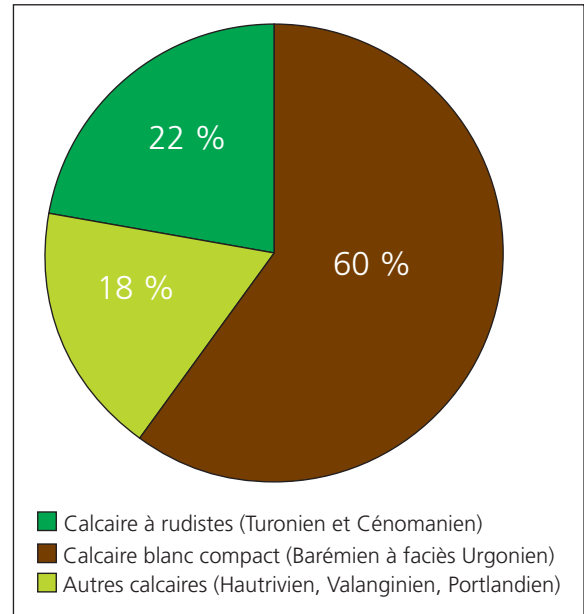


Figure 8 : Répartition des populations d'*A. provincialis* en fonction du substratum géologique.

Deuxième observation, *A. provincialis* est présent principalement sur calcaire Barrémien à faciès Urgonien (Figure 8), roche qui forme les falaises caractéristiques des paysages de la zone d'étude. En revanche, *A. provincialis* est plus rarement sur calcaire à rudistes (Cap Canaille, Garlaban) et jamais sur calcaire dolomitique. Ce facteur géologique limite sa présence à l'ouest du massif de l'Étoile et dans le massif de Carpiagne, où on observera une autre sabline, exclusivement associée aux sables dolomitiques, la Sabline modeste (*A. modesta*). *Arenaria provincialis* est également absent sur les grès calcaires situés au Cap Canaille et près de La Ciotat.

Nous avons recensé pas moins de 183 espèces de plantes supérieures en compagnie d'*A. provincialis* dans des placettes de 100 m². En appliquant des méthodes d'analyse multivariée (ordination et classification hiérarchique) nous pouvons résumer cette diversité écologique en réunissant les sites possédant des communautés végétales similaires. Par souci de clarté, nous avons résumé la diversité des communautés végétales observée en trois grands groupes floristiques (Figure 9) : la garrigue, les éboulis, et les milieux sur substrat rocheux érodé (lapiaz) très ouverts situés au dessus de trois cent mètres (zones sommitales, coteaux ventés).

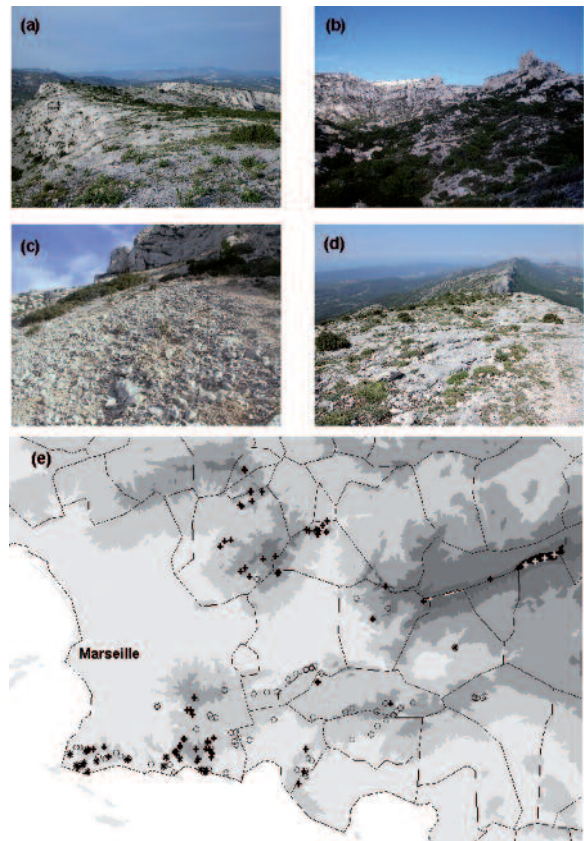


Figure 9 : Diversité des paysages où vit *Arenaria provincialis*. (a) Crêtes sommitales entre le Mont Puget et le col de la Gardiole, (b) Garrigue littorale près de Calleslongue, (c) Eboulis, (d) Crête sommitale de la Saint Baume et (e) Distribution communautés végétales avec *Arenaria provincialis* : les étoiles indiquent la garrigue (groupe n°1), les cercles indiquent les éboulis et pierriers (groupe n°2), et les croix indiquent les milieux rocheux très ouverts au dessus de trois cent mètres tels que les zones sommitales (groupe n°3).



La fruticée basse ou garrigue

Le premier groupe d'habitats se situe dans les massifs proches du littoral : Calanques et Cap Canaille – Grand Caunet (n°1 Figure 9). A l'échelle des placettes de 100 m², ces habitats sont situés dans une formation d'arbustes et de petits arbres, désignée scientifiquement par le terme de « fruticée basse » : la « garrigue », où la Sabline occupe certaines zones ouvertes, rocheuses, éventuellement sur des pentes prononcées mais en dehors des pierriers et éboulis. Le substrat est constitué de produits d'érosion ou de fragmentation des roches calcaires, de type Barrémien à l'ouest et à Rudiste à l'est. Cette garrigue située dans la zone d'influence du littoral présente des plantes communes des étages méso-méditerranéen et thermo-méditerranéen : le Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), la Bruyère multiflore (*Erica multiflora*), la Globulaire (*Globularia alypum*), la Salsepareille (*Smilax aspera*), le Chèvrefeuille des Baléares (*Lonicera implexa*), le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le Sumac des corroyeurs (*Rhus coriaria*) et bien sur le Chêne kermès (*Quercus coccifera*), plantes dominantes sur presque toute la zone d'étude. A l'Est, au niveau du Cap Canaille ou près du Castellet, *A. provincialis* se trouve plus fréquemment en compagnie du Pin d'Alep, éventuellement sous des pinèdes clairsemées.

Les pierriers et éboulis

Au pied des falaises, sur des pentes plus prononcées, la garrigue cède le terrain aux pierriers colonisés lentement par une flore spécialisée. Ces pierriers/éboulis (Encadré n°3) sont présents sur l'ensemble de l'aire de répartition de la Sabline et abritent une communauté végétale assez homogène (groupe n°2, Figure 9). Cette communauté s'observe fréquemment dans les massifs littoraux (Calanques) mais aussi plus à l'intérieur des terres en (Etoile, Garlaban, Sainte Baume). Les plantes caractéristiques des éboulis et pierriers à *A. provincialis* sont : le Laser de France (*Laserpitium gallicum*), la Centranthe rouge (*Centranthus ruber*), le Géranium Herbe à Robert (*Geranium robertianum*), la Crucianelle à feuille large (*Crucianella latifolia*), le Sumac des corroyeurs (*Rhus coriaria*), le Boucage (*Pimpinella tragium*) ou encore la Linaire supinée (*Linaria supina*).

Encadré n°3

Les éboulis de Basse Provence

Les éboulis ou pierriers sont des amoncellements de matériel rocheux qui se déposent au pied des falaises du fait de l'érosion. Du point de vue géologique, ils ont souvent moins d'un million d'années et sont donc récents. L'érosion des roches a été très active sous l'effet du gel et des précipitations dans un contexte climatique beaucoup plus froid que maintenant, durant les périodes dites de glaciations. Pendant ces refroidissements climatiques de grands glaciers creusaient les vallées alpines actuelles et des torrents ou des rivières creusaient les Calanques. Les éboulis sont des formes structurantes du paysage provençal témoignant donc de conditions climatiques révolues. Ces éboulis, en plus d'être l'habitat d'une flore spécialisée, sont ainsi des éléments précieux du passé géologique de la région. Contrairement aux éboulis des régions situées sous un climat plus pluvieux, ceux du sud de la Provence sont colonisés très lentement par la végétation.

Les zones sommitales et lapiaz au dessus de 300 mètres

Enfin le dernier groupe (n°3 Figure 9) se rencontre dans les massifs, à partir de 300 mètres environ. Il est caractérisé par une végétation clairsemée, exposée à des vents violents, souvent en versant nord ou sur des plateaux rocheux (lapiaz) possédant peu de réserve en eau. Au coté des plantes déjà citées dans les pierriers, on y rencontre l'Amélanchier (*Amelanchier ovalis*), le Thym (*Thymus vulgaris*), la Lavande aspic (*Lavandula latifolia*), le Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) et le Chêne vert (*Quercus ilex*). En ligne de crête des massifs de Marseilleveyre, du mont Puget, de Saint-Cyr, de Carpiagne, de l'Etoile et de la Saint Baume, il est possible de rencontrer aux cotés d'*A. provincialis* un autre endémique provençal: le Genêt de Lobel (*Genista lobelii*), genêt en coussinet témoignant de conditions très contraignantes pour la végétation. En sa compagnie, la Sabline de Provence démontre sa capacité à survivre dans un environnement plus alticole où il gèle chaque hiver (étage supra-méditerranéen). Dans de telles conditions, on observe une végétation plus commune au nord de la Provence ou dans les Alpes du Sud : Lavande vraie (*Lavandula angustifolia*), Ibéris des rochers (*Iberis saxatilis*), Anthyllis des montagnes (*Anthyllis montana*), Crapaudine de Provence (*Sideritis provincialis*), Santoline Cyprès (*Santolina chamaecyparissus*) ou encore Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*).



Une plante pionnière, occupant plusieurs habitats écologiques

Pour résumer, *A. provincialis* est une plante pionnière des milieux rocheux, sur calcaire non dolomitique, où de fortes contraintes (substrat mobile, aridité, vent, érosion) limitent le développement du couvert végétal. Fréquente dans les pierriers et éboulis formés par l'érosion des falaises, la Sabline de Provence colonise aussi les zones ouvertes de la garrigue et les crêtes sommitales, et cela quelque soit l'exposition ou la pente. La diversité des communautés accompagnant la Sabline de Provence s'explique par son amplitude altitudinale importante. Les études résumées ici, montrent que protéger *A. provincialis* c'est aussi protéger la diversité des communautés végétales des « milieux rocailloux » entourant Marseille.

(4) Moins d'une année pour se développer et se reproduire

Comme beaucoup d'espèces des milieux arides et désertiques, *A. provincialis* a une durée de vie inférieure à une année : son cycle biologique se termine avant que la sécheresse estivale ne s'installe. En tant qu'annuelle hivernale (Encadré n°4) son cycle biologique peut se résumer en trois phases : (1) germination et croissance, (2) floraison et fructification, (3) dispersion et survie dans le sol (Figure 10).

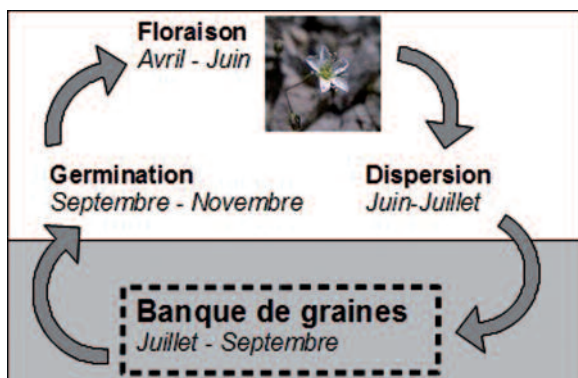


Figure 10 : Cycle biologique d'*Arenaria provincialis*.

Les germinations peuvent apparaître en fin d'été, avec les premières pluies de septembre et se poursuivre durant l'automne. Après une période hivernale durant laquelle la croissance est lente, les tiges s'allongent et commencent à se ramifier rapidement vers la fin du mois de mars. Les premières fleurs s'ouvrent début avril et la floraison se poursuit jusqu'à fin juin. Après la pollinisation, réalisée par un cortège abondant et diversifié d'insectes Hyménoptères et Diptères, la maturation de l'ovaire produit le fruit (capsule). Début juillet, la plupart des individus sont en fruit et les plantes meurent durant la maturation et la dissémination des capsules. Les populations passent la saison estivale sous la forme de graines, éventuellement encore contenues dans les capsules et enfouies entre les graviers et petits cailloux du substrat où elles sont tombées. Dans un site donné, l'ensemble des graines produites par les individus de la population forment un stock d'individus qui pourra potentiellement constituer la population de la génération suivante. Cet ensemble de graines, appelé banque de graines, est essentiel pour la persistance des populations (Encadré n°5).

Encadré n°4

Les plantes annuelles

Le cycle biologique décrit les étapes et la durée de la vie d'un organisme. Chez les plantes annuelles (nommées aussi thérophytes) la partie aérienne, visible, du cycle s'écoule sur moins d'une année. L'individu est d'abord sous la forme d'un embryon dans une graine, produite plusieurs semaines, mois ou années avant. Il sort de sa vie ralentie et commence son développement lors de la germination, suivie de la croissance végétative, puis de la floraison, de la fructification et enfin de la mort de l'individu. L'intervalle séparant la dissémination et la germination est assuré par la dormance des graines. Il est possible de distinguer les annuelles d'hiver des annuelles d'été : les premières germent à l'automne, fleurissent au printemps, fructifient et meurent en début d'été. Les secondes complètent leur phase aérienne durant les mois les plus chauds : elles germent au printemps et fructifient à la fin de l'été. Les plantes annuelles sont particulièrement fréquentes dans certains environnements tels que les déserts, les régions méditerranéennes et aussi dans des sites récemment perturbés. En revanche, elles deviennent de plus en plus rares quand l'altitude et les précipitations augmentent, notamment dans les Alpes.

Encadré n°5

La banque de graine

De nombreuses plantes passent une période de leur vie sous la forme de graines en dormance dans le sol. Les graines, une fois enfouies dans le sol, peuvent « attendre » leur germination pendant plusieurs années. Cette collection de graines dans le sol, appelée « banque de graines » désigne soit les graines d'une espèce, soit celles d'une communauté végétale entière. La banque de graines est le résultat comptable de la « pluie » de graines, de la prédation des graines et autres causes de mortalité, et des germinations. La durée de vie des graines dans le sol diffère selon les espèces et il arrive aussi que l'abondance des espèces dans la banque de graines soit différente de celle des plantes poussant au même endroit. La banque de graines est un des éléments clés du processus démographique. Par exemple, c'est la banque de graines qui assurera la survie de l'espèce quand l'une des étapes du cycle échoue. La banque de graines représente une réserve démographique en cas de catastrophe et aussi un réservoir de diversité génétique. Évaluer la banque de graines et son pouvoir germinatif est donc essentiel pour évaluer les capacités locales de persistance d'une plante.

Nos travaux sur la banque de graine d'*A. provincialis* ont visé à étudier l'effort de fructification, la densité des graines dans les sols, les taux de germination, et la variation du pouvoir germinatif des graines, année après année.

Nos observations montrent qu'*A. provincialis* peut produire beaucoup de graines à l'échelle de quelques mètres carrés. Par exemple sur le site de Luminy, suite à plusieurs années de suivi de la dynamique des populations, nous avons évalué une densité moyenne au mètre carré de 37 individus et une production moyenne de 83

capsules par individu, soit une production théorique de 3071 capsules par année et par mètre carré. Ces variables ont cependant une forte variabilité, par exemple la production de fruit par individu varie de 1 à 304 !

Pour évaluer la banque de graines, nous avons prélevé des échantillons de sol (0,5 litre), en février après la germination automnale, au sein et à proximité de petits groupes d'individus de Sabline dans quatre sites. Ces petits groupes d'individus forment des tâches assez facilement repérables que nous appelons des dèmes. Les échantillons de sol ont été filtrés de façon à retenir les fruits et graines de Sabline. Les graines ont été ensuite comptées, triées, puis les graines intactes ont été mises à germer.

L'analyse du sol montre que la Sabline a un stock de graines ou de fruits très fourni dans le sol situé au sein des dèmes. En revanche, aucune graine n'a été trouvée dans le sol situé à quelques mètres des dèmes. Les graines d'*A. provincialis* sont donc situées dans le sol à l'endroit même où poussent les individus du dème. De façon intrinsèque, les propagules (fruits et graines) d'*A. provincialis* ont donc une très faible capacité de dispersion.

Les fruits et graines intacts représentent 66 % des propagules comptées, et dans certains sites la plupart des éléments organiques observables à l'œil nu sont des capsules ou des graines d'*A. provincialis*, montrant le rôle important que cette espèce peut avoir pour la microfaune locale. Entre 15 et 38 % des graines germent, avec une

Tableau 2 : Résumé des données sur la banque de graines à partir de sols prélevés en février 2008

Site	Fruits ou graines intacts par kg de sol tamisé	Fruits ou graines cassés par kg de sol tamisé	Taux de germination en 2009 en %	Taux de germination en 2010 en %
Carnoux	170	140	26	38
Garlaban	17	13	30	52
Gineste	1130	422	3	15
Luminy	233	200	29	34
Moyenne	387	194	22	35



moyenne de 35 % (Tableau 2). Ce taux moyen de germination des graines de la banque du sol, est inférieur au taux de germination mesuré expérimentalement à partir de graines âgées de deux ans et collectées directement sur les plantes au mois de juin (Figure 11).

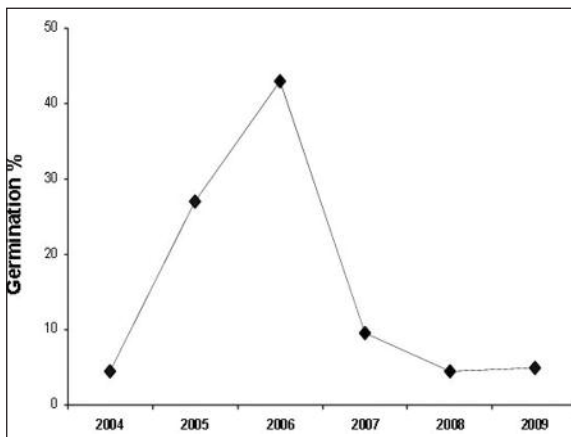


Figure 11 : Taux de germination de graines collectées en Juin 2003.

Ces analyses confirment l'existence d'une banque de graines permanente, mais courte, chez la Sabline de Provence. De plus, des graines récoltées en janvier, c'est à dire après les germinations de l'automne, ont montré qu'elles étaient capables de germer. Par ailleurs, des graines conservées au laboratoire plusieurs années et à température ambiante sont encore capables de germer, même s'il semble que leur pouvoir germinatif ait diminué avec le temps (Figure 11). Le pic de pouvoir germinatif serait atteint trois années après la maturation des fruits.

Nous ne savons pas combien d'années les graines d'*A. provincialis* peuvent survivre dans leur habitat naturel. Mais la dégradation des fruits et des graines étant importante, et le pouvoir germinatif diminuant dans le temps, la capacité de compensation démographique de la banque de graine de la Sabline pourrait donc s'amenuiser dans le cas de plusieurs années défavorables consécutives.

(5) Une dynamique en « dents de scie »

Décrire et comprendre la dynamique pluriannuelle d'une espèce est la base des analyses de viabilité démographique. Pour cela nous avons mis en

place un système de suivi à une échelle fine correspondant à de petites populations d'*A. provincialis* réparties en tâches distinctes sur le terrain. Dix placettes permanentes ont été positionnées en situation d'éboulis ou de replats naturels à proximité du col de Sugiton (Luminy). Dans chacune des placettes, quatre quadrats d'1m² ont été placés, et les effectifs au sein de ces quadrats ont été recensés chaque année en mars. La dynamique de la densité des individus a été quantifiée pour les 40 quadrats sur sept années (Figure 12). Les suivis révèlent une forte variation des effectifs entre les placettes. Cependant, pour l'ensemble des placettes les fluctuations inter-annuelles sont corrélées à la pluviométrie automnale. Par exemple, les automnes 2006 et 2007 ont été particulièrement secs, entraînant une chute généralisée des effectifs en 2007 et 2008 (Figure 12).

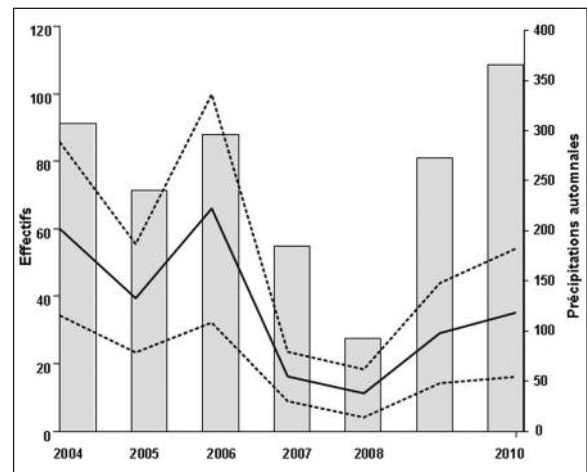


Figure 12 : Dynamique des effectifs moyens d'*Arenaria provincialis* suivis de 2004 à 2010 à proximité du Col de Sugiton près de Luminy (trait noir et intervalle de confiance à 95 % en pointillé) et pluviométrie automnale enregistrée à la station météorologique de la Gardiole (barres, données Météo-France).

En Mars 2008 nous avons observé que la Sabline avait disparu au niveau de trois placettes. En 2009, nous observons dans ces trois placettes le recrutement de nouveaux individus qui ne peut s'expliquer que par la germination de graines présentes dans le sol et produites au printemps 2007 ou avant. L'hypothèse d'une immigration semble peu probable au regard de l'isolement de ces populations et des capacités très limitées de dispersion de la Sabline. Ainsi la banque de graines d'*A. provincialis* pourrait compenser des échecs



punctuels de la reproduction ou de la germination. Au dernier recensement (2010), les effectifs sont proches de ceux de l'année 2005, mais sont encore bien inférieurs à ceux de l'année 2004 malgré deux années à la pluviométrie favorable.

Ces observations montrent une bonne stabilité de la présence de la Sabline globalement et à moyen terme (7 ans); les dèmes suivis sont toujours occupés, ils n'ont pas été détruits et nous avons observé qu'ils n'ont pas été colonisés par des herbacées ou des arbustes. Le phénomène de fermeture par la végétation ligneuse, souvent avancée comme menace des milieux ouverts suite à l'abandon du pastoralisme, semble très lente dans les habitats de la Sabline d'après nos observations initiées en 2004 sur le secteur de Luminy. Cette hypothèse devra être confirmée par des observations sur le long terme et à l'échelle de la distribution d'*A. provincialis*.

En terme de densité démographique, ces suivis révèlent un déclin de la Sabline en cas de sécheresse automnale. Une augmentation de l'aridité durant plusieurs années pourrait provoquer une diminution importante de sa densité locale, de la banque de graines, et une augmentation des risques d'extinction locale, avec pour conséquence une diminution de l'abondance de la Sabline dans les zones les plus exposées : adrets proches du littoral et/ou sites à faible réserve en eau. Ces résultats soulignent la nécessité de réaliser des suivis pluriannuels pour estimer les paramètres démographiques de l'espèce.

(6) Stratégies pour survivre au milieu des cailloux

L'histoire évolutive des Sablines a été retracée à partir des signaux laissés dans leurs gènes par les phénomènes passés. Ainsi, nous avons pu montrer que les plus proches parents, les « cousins », d'*A. provincialis* ne cohabitent pas avec elle dans les environs de Marseille, mais se trouvent en altitude, dans les Alpes, le Massif Central, les Pyrénées ou encore la Sierra Nevada en Espagne. Tenant compte de ces résultats, nous pouvons formuler l'hypothèse que la Sabline de Provence s'est

individualisée plutôt récemment (< 3 Millions d'années) à partir d'un ancêtre d'affinité alpine. Cet ancêtre devait être plus largement distribué quand le climat était plus froid. Durant les réchauffements du climat (interglaciaires), il a laissé des descendants sous forme de populations isolées au niveau de zones refuges. Ces populations « reliques » ont évolué durant le Quaternaire et sont maintenant des endémiques des montagnes méditerranéennes (*A. nevadensis*, *A. cinerea*, *A. hispida*) ou des espèces de la flore alpine ou pyrénéenne (*A. ciliata*) ou encore de massif littoraux de la Provence (*A. provincialis*).

Des comparaisons réalisées dans ce contexte évolutif, ont montré qu'*A. provincialis* se distinguait par plusieurs caractéristiques uniques chez les sablines : présence de deux styles au lieu de trois, graine volumineuse et enfermée dans une capsule qui ne s'ouvre pas, et présence d'une longue racine qui se ramifie tardivement pour former une sorte « d'ancre » se faufilant entre les cailloux. La graine volumineuse de la Sabline de Provence enferme les réserves nécessaires pour une croissance racinaire rapide. Cela se traduit par une aptitude à survivre dans les pierriers où les éléments nutritifs et l'eau sont rares et difficiles à atteindre amenant les racines à explorer un grand volume de substrat. De plus, en restant enfermée dans la capsule, la graine a une dispersion plus limitée, favorisant un « tir groupé » des individus de la nouvelle génération par « barochorie » (dispersion par gravité) à proximité du pied mère, donc dans un environnement *a priori* favorable. Dans un habitat naturellement hétérogène (éboulis, fissures, etc.), ce mode de dispersion limite la proportion de graines tombant dans un habitat non favorable (fourrés de Chêne kermès par exemple). Enfin, comparativement à ses « cousins » des montagnes, *A. provincialis* se distingue par sa niche climatique purement méditerranéenne. Selon notre hypothèse, l'ancêtre d'*A. provincialis* devait être une sabline pérenne ou une annuelle estivale comme les cousines actuelles d'*A. provincialis*. Pour persister dans le sud de la Provence quand le climat est devenu méditerranéen à la fin du tertiaire, il y a environ deux millions d'années, la population ancestrale



d'*A. provincialis* s'est adapté aux nouvelles conditions (sécheresse estivale) en modifiant son cycle et sa phénologie. L'été et son aridité extrême aurait représenté une forte contrainte pour les populations de l'ancêtre d'*A. provincialis* dans lesquelles les individus terminant leur cycle précocement, avant le pic d'aridité, auraient été avantagés. La Sabline de Provence est un exemple passionnant d'évolutions multiples (anatomie, mode de dispersion, racines, cycle biologique) survenues en situation d'isolement.

leur intensité et de leur ampleur amènent des changements drastiques et souvent irréversibles des écosystèmes terrestres. La fragmentation des espaces et habitats naturels s'accompagne d'une rupture de nombreux processus biologiques tels que la migration des espèces ou les flux de gènes entre populations, menaçant les populations survivant dans les écosystèmes reliques. Ces interrogations sont légitimes dans le cas de la Sabline de Provence dont la répartition se trouve aux porte d'une métropole de plus d'un million d'habitants. Nous commencerons donc par une évaluation de la vulnérabilité de la Sabline de Provence.

II) Vulnérabilité et conservation de la Sabline de Provence

La mise en place d'un plan de gestion global de la Sabline de Provence, que nous allons essayer de proposer ici, a pour objectif d'agir sur le mode de la prévention. L'objectif n'est pas de « mettre sous cloche » la Sabline, mais de s'assurer qu'il n'y a pas de rupture des processus écologiques, biologiques et évolutifs au sein de ses populations. Évidemment, les conséquences des activités humaines du fait de

(1) Deux questions pour la vulnérabilité

Du point de vue théorique, deux conditions déterminent la persistance des espèces, ou son contraire, l'extinction : d'une part les capacités d'adaptation des populations ou d'accommodation des organismes déterminant la réponse au changements de l'environnement, et d'autre part les capacités de dispersion assurant la colonisation de nouveaux territoires. Sur un

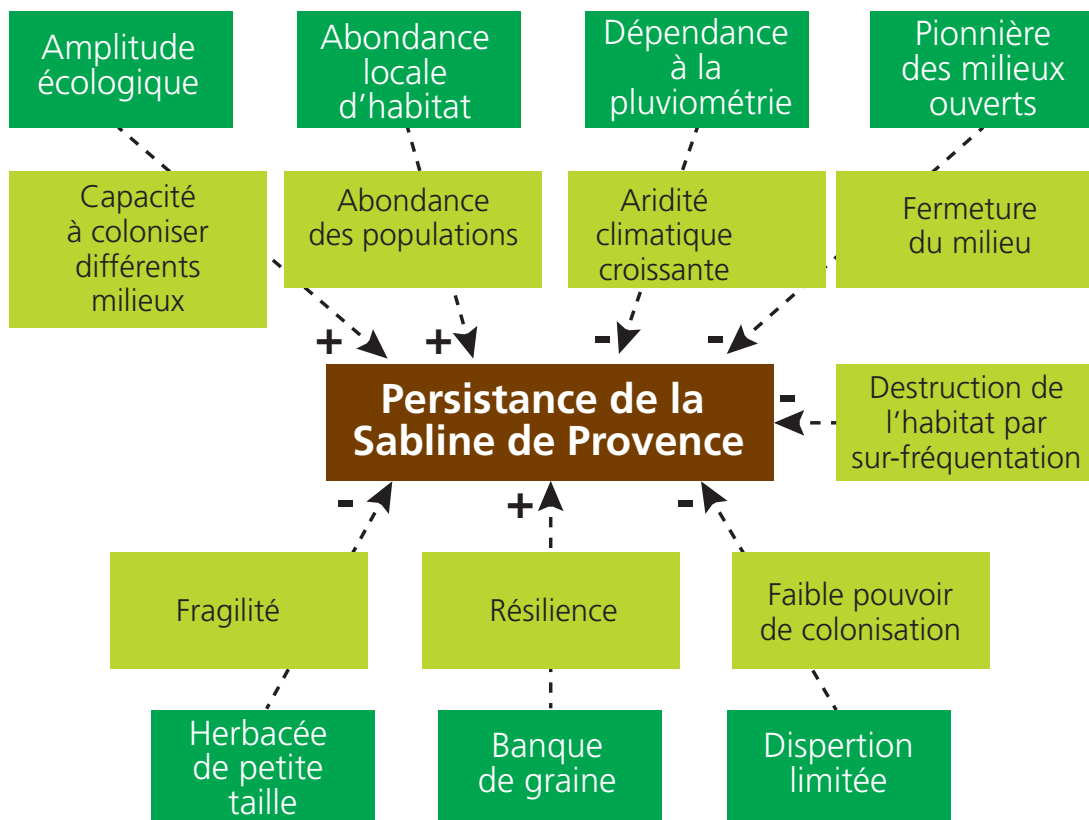


Figure 13: Synthèse provisoire, spéculative et incomplète, des phénomènes agissant sur la persistance d'*Arenaria provincialis* à l'échelle de sa distribution.



territoire aussi urbanisé que le littoral méditerranéen, les principales menaces pour les milieux naturels sont ceux induits par la pression humaine, tant par la destruction directe des habitats que par les perturbations liées aux usages et aux changements d'usages déterminant la transformation des milieux. Pour évaluer la vulnérabilité de la Sabline de Provence nous traiterons simultanément deux questions :

- quels phénomènes peuvent constituer des menaces à l'échelle de son aire de répartition ?
- quelle est le degré d'exposition des populations de la Sabline de Provence face à ces menaces potentielles ?

La diversité des phénomènes prises en compte dépend des connaissances acquises lors de nos recherches sur la Sabline de Provence depuis sept ans, et qui peuvent être résumées selon la Figure 13.

(2) Menaces potentielles et exposition des populations

Descente des éboulis

La menace la plus évidente est celle de la surfréquentation des éboulis et pierriers. De nombreuses observations indépendantes ont rapporté des destructions partielles de populations d'*A. provincialis* par le passage de personnes dans les éboulis. Ces observations ont été confirmées par un suivi réalisé sur des placettes de 50 m², entre la Gardiole et En Vau, montrant qu'*A. provincialis* disparaissait localement dans la zone même de passage des piétons. C'est tout d'abord le mouvement descendant de l'éboulis qui détruit les individus en les déracinant. Puis si le passage s'intensifie, l'érosion qui en découle transforme l'éboulis, provoquant une descente du sol et des cailloux les plus fins, réduisant la part habitable par la Sabline. Dans ces cas là, il n'est pas rare de la voir subsister en marge de l'éboulis, à l'interface entre la pente fixée par la végétation et le pierrier où il subsiste encore du sol.

En revanche, un sentier empruntant un éboulis sans causer la destruction de celui-ci ne représente pas une menace. En effet, un tel sentier s'il serpente en pente douce dans l'éboulis va créer de

petits replats sur lesquels les graines de Sabline s'amasseront et il n'est pas rare de voir de forte densité d'*A. provincialis* sur la bordure immédiate de tels sentiers (Figure 14). **Ainsi c'est vraiment la descente de l'éboulis en ligne droite dans le sens de la pente qui va être destructrice pour l'habitat de la Sabline.** Malheureusement, les personnes fréquentant les sentiers des Calanques descendent les éboulis comme les pierriers des Alpes en se servant de la mobilité des cailloux pour « glisser ». Les populations les plus exposées à la fréquentation sont situées au niveau d'éboulis faisant l'objet d'une fréquence importante de passage (sentiers GR, ou accès aux sites majeurs d'escalade). Une forte sensibilisation des usagers soulignant la fragilité de cet habitat et sa destruction irréversible est donc nécessaire : **les éboulis méditerranéens se sont formés du fait de conditions climatiques révolues et abritent une communauté végétale particulière et fragile.** En revanche, la fréquentation a peu d'effets sur les lapiaz et replats naturels où la Sabline reste bien fixée dans les fissures.



Figure 14 : Éboulis, lapiaz, petite barre rocheuse, « tâches de garrigue », paysage typique dans le centre d'abondance de la Sabline de Marseille, ici entre le col de la Gineste et le mont Puget. Notons le sentier qui traverse le versant sans détruire les éboulis.

Aménagements et destruction irréversibles des habitats

Les aménagements doivent figurer dans la liste des menaces : l'ouverture de pistes, la construction de bâtiments ou encore l'installation ou l'extension de carrières, détruiront des populations et auront des impacts irréversibles. Pourquoi ? Les conséquences vont au delà de la destruction des



populations de Sabline et de la perte de diversité génétique qu'elles détiennent: la destruction des grands éboulis et pierriers du Sud de la Provence réduit (1) l'habitat d'une flore adaptée, fuyant les habitats au couvert végétal plus important et (2) la marge de réponse de la Sabline de Provence face aux changements environnementaux à venir. De plus, du fait de la structure interne complexe des éboulis provençaux et de leur situation topologique sur de fortes pentes, souvent éloignées des pistes d'accès, une « reconstruction », ou une restauration de ces habitats semble difficile, voir impossible.

Les populations situées à proximité de zones urbanisées, de carrières, ou au sein de zones récréatives pourraient être les plus exposées aux aménagements. Les populations en zone sommitale peuvent également être exposées à la construction de vigies, l'installation de pylônes ou de relais. Une attention particulière devrait être portée aux populations à Sabline situées en dehors de zones Natura 2000 dans lesquelles les personnes concernées seront éventuellement moins bien informées sur la présence d'*A. provincialis*.

Concurrence d'autres végétaux

En tant qu'espèce pionnière d'habitat rocheux, la Sabline de Provence recule face aux espèces produisant une forte biomasse et un couvert dense tel que le Chêne Kermès, le Romarin, et aussi le Brachypode rameux, graminée au fort pouvoir colonisateur. Les suivis réalisés depuis 2004 au niveau des éboulis et replats de Luminy nous ont montré que la dynamique de colonisation des habitats à Sabline par les espèces arbustives ou herbacées est très lente voir quasi nulle à l'échelle de quelques années. Cependant la durée de ce suivi est encore trop réduite car même une dynamique de colonisation lente peut poser des problèmes sur le long terme. De ce point de vue, le cas du Sumac (*Rhus coriaria*), colonisant fréquemment les éboulis à Sabline, est intéressant. Cette espèce ligneuse forme essentiellement des arbustes et dans certains conditions (vallons) de petits arbres. Actuellement il n'entraîne pas de couverture suffisante pour être considéré comme

une menace pour la Sabline, au contraire il pourrait par plusieurs effets avoir un rôle facilitant pour la Sabline (Figure 15), cependant il est difficile de prendre position sur la dynamique du Sumac ou d'autres espèces arbustives par faute de connaissances.



Figure 15 : Éboulis, situé au dessus de Luminy, où Sumac (*Rhus coriaria*) et Sabline de Provence cohabitent.

Il faut aussi souligner l'absence de plantes envahissantes au sein des habitats à Sabline de Provence. Notons seulement que certaines interventions humaines telles que les plantations d'arbres pourraient constituer une menace si elles se généralisaient et qu'elles concernaient les habitats à Sabline, ce qui semble *a priori* peu probable. Enfin la reconquête du tissu forestier, ou du moins la fermeture des habitats de la Sabline pourrait être plus rapide et intense en altitude, sur les versants recevant une plus forte pluviométrie. Cela nous oriente essentiellement vers les versants nord de l'Etoile ou les versants de la Sainte-Baume où des suivis pourront vérifier si la croissance du couvert forestier représente ou non une menace. La succession végétale est donc à prendre en compte dans les menaces potentielles mais non confirmées.

Les incendies sont ils une menace ?

Les incendies structurent les paysages des environs de Marseille par leur fréquence et leur intensité. A l'échelle du paysage, le feu n'est pas une menace avérée pour la Sabline de Provence : d'une part elle occupe des habitats ou la biomasse combustible est faible et d'autre part le feu en limitant le



développement des ligneux devrait favoriser l'abondance générale de la Sabline. En effet les plantes annuelles adaptées aux habitats fortement contraints ou rudéraux voient généralement leur abondance augmenter les années qui suivent l'incendie. Cependant, une étude *ad hoc* de l'effet des cendres sur la germination et du feu sur la banque de graine devrait être menée pour valider ou réfuter ces hypothèses.

Importance des insectes pollinisateurs

La Sabline de Provence vit dans des habitats naturels, c'est à dire non exploités par l'agriculture, l'industrie ou l'urbanisation. De ce point de vue, elle est épargnée par les effets immédiats de la pollution produite par ces activités humaines. Cependant, sa reproduction dépend d'une communauté d'insectes pollinisateurs, principalement des Hyménoptères, qui assurent sa pollinisation d'avril à juin. Des effets de pollution diffusant depuis la ville, les jardins et les parcelles agricoles pourraient provoquer une raréfaction des pollinisateurs. Par effet de « cascade », une diminution du taux de visite de fleurs de Sabline se traduirait éventuellement par une réduction de la fertilité (dépression de consanguinité) et une réduction de la régénération des populations. Une pollution atmosphérique, dangereuse pour les insectes, est donc à considérer comme une menace potentielle. Les populations les plus proches du tissu urbain pourraient être les plus exposées. Toutefois, nous manquons d'information dans la zone d'étude sur l'abondance et la diversité de l'entomofaune, sa distribution et sa dynamique actuelle.

Changement climatique global

De nombreuses observations réalisées à l'échelle mondiale confirment la réalité du changement climatique. Considérant l'histoire et l'amplitude climatique de la Sabline de Provence, il ne faut pas être trop alarmiste : cet endémique a déjà survécu à d'autres changements climatiques!

Actuellement, la question de l'impact des changements climatiques concerne les écologues qui ont trouvé là l'opportunité de suivre un phénomène planétaire. Bien que n'ayant pas

abordé directement ce thème nous avons remarqué, grâce aux suivis réalisés à Luminy depuis 2004, une diminution importante des effectifs suite à trois années de sécheresse avec des disparitions locales, mais momentanées. Une diminution de la pluviométrie sur le long terme, surtout si elle concerne les pluies automnales pourrait donc avoir des effets sur la densité et l'abondance de la Sabline de Provence. En théorie, les populations « marginales », c'est à dire situées en limite écologique sont les plus exposées. Nous pouvons donc citer les populations situées à moins de 100 mètres d'altitudes, en exposition sud, et celles situées sur des lapiaz en replats ayant un substrat très faible et donc peu de réserve en eau. Cependant la diversité des conditions locales occupées (exposition, gradient d'altitude) par la Sabline de Provence indique que cette espèce trouverait facilement au sein de son aire de répartition des zones de refuge en cas d'aridification du climat provençal. Actuellement et concernant la Sabline de Provence, le changement climatique est donc à ranger dans le domaine des menaces potentielles relevant plus d'un intérêt scientifique que d'un objectif de gestion immédiat.

(3) Recul historique et bilan des menaces

Pour terminer cette revue des menaces, il faut souligner que nous manquons de recul sur l'évolution de l'aire de répartition et de l'abondance d'*A. provincialis* : nous ne savons pas si sa distribution et son abondance sont actuellement à l'équilibre, en progression ou en déclin. **Un indice historique est cependant à prendre en compte : *Arenaria provincialis* était présent dans le massif calcaire situé au nord-ouest de Toulon, au niveau du sommet du Baou de Quatre Ouro. Observé à cet endroit par Loisel en 1976, ainsi qu'en 1838 par Grenier (herbier Muséum d'Histoire naturelle de Paris) nous ne l'avons pas retrouvé malgré de nombreuses visites du site et de ses alentours.** Un recul récent de la Sabline au niveau de sa limite orientale semble donc vraisemblable.

Le déclin d'une espèce est rarement le résultat d'un seul facteur, et la brève synthèse des menaces



que nous venons de présenter n'évalue pas la possibilité d'effets combinés des divers facteurs près-cités. Ainsi, les zones où la Sabline de Provence est moins abondante (limites nord et est) doivent être suivies en priorité et la carte de distribution de l'espèce doit être régulièrement actualisée.

(4) Propositions pour la conservation de la Sabline de Provence

Nous avons présenté dans les parties précédentes des facteurs pouvant affecter les populations d'*A. provincialis* (Figure 13, Tableau 3). Nous allons maintenant proposer une stratégie pour la conservation de cette espèce, intégrant à la fois le niveau local et la perspective globale indispensable à une conservation efficace. Nous insistons sur le fait que nos propositions ne sont basées que sur sept ans de suivis et que plusieurs études et expérimentations complémentaires restent à entreprendre. Comme tout travail scientifique, nos connaissances seront éventuellement remises en causes par des découvertes à venir. Le texte qui va suivre vise à initier une coordination des efforts pour la conservation de la Sabline.

Mise en place d'un réseau de site de suivi de sites « sentinelles »

Nous proposons d'élaborer un réseau de sites de suivi de l'abondance de la Sabline à l'échelle de sa distribution. Des suivis réguliers et bien organisés spatialement permettront de signaler à temps un déclin local ou général des populations et des effectifs. Ce réseau est une proposition aux divers gestionnaires de sites qui pourront s'appuyer sur la

méthode de suivie proposée et sur nos données existantes pour évaluer la dynamique en cours. En effet, chaque site sera choisi parmi ceux pour lesquels nous avons déjà un relevé floristique et une connaissance de l'habitat.

Soulignons que ces suivis n'auront de valeur que s'ils sont menés ensemble et de manière coordonnée. Au delà des aspects scientifiques qui vont être abordés ci-dessous, la première étape sera de définir qui agit sur le terrain, qui assure la coordination et qui gère la base de donnée et les analyses.

Trois lots de sites sont proposés : le premier lot concernera des populations situées dans le centre d'abondance maximum, à moyenne altitude (200-400 mètres), et représentera le lot « témoin », le deuxième lot concernera les populations les plus exposées aux perturbations par la fréquentation ou pouvant être concernées par des aménagements, enfin le troisième lot regroupera des sites en situation de marginalité écologique ou géographique. La figure 16 présente sur une carte une proposition de 20 sites.

Comment ? Une mesure de l'abondance à deux échelles : le site et la placette

Nous proposons un dispositif de suivi s'appuyant sur une version simplifiée d'un protocole que nous avons eu l'occasion de tester en 2006 et 2008.

L'objectif est d'évaluer la dynamique locale de la Sabline de Provence au cours du temps et de faire des comparaisons entre les sites pour mettre en

Tableau 3 : Principaux phénomènes pouvant affecter l'abondance d'*A. provincialis*

Phénomène	Impact	Exposition
Sur-fréquentation	Destructif	Certaines populations
Aménagements	Destructif	Certaines populations
Succession végétale	Lent, peu intense	Toutes les populations
Changement climatique	Hypothétique	Toutes les populations
Incendies	Méconnu, à étudier	Certaines populations
Raréfaction des pollinisateurs	Méconnu, à étudier	Manque de connaissances

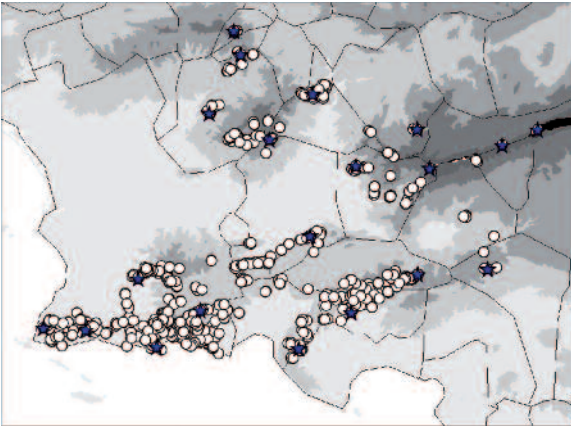


Figure 16: Proposition d'un réseau de suivi d'*Arenaria provincialis*, les cercles correspondent aux populations répertoriées de sabline, les étoiles correspondent aux sites « sentinelles » pour constituer le réseau.

évidence l'effet de facteurs écologiques tels que la perturbation, la fermeture du milieu, ou la pluviométrie. Si le suivi est bien mené à l'échelle de toute la distribution de la Sabline, alors l'analyse des données révélera si les changements observés concerne l'espèce dans son ensemble ou seulement certaines populations.

La principale mesure concerne la densité relative : elle permet d'évaluer l'abondance de la plante sur une surface donnée sans compter chaque individu, le but étant de seulement détecter des variations spatiales ou temporelles de l'abondance mais pas d'estimer les effectifs des populations. Nous appelons « site » le lieu où on choisit de suivre la Sabline, au sein de ce site on appelle « placette » l'endroit exact où le suivi sera réalisé, année après année. Un site peut donc contenir plusieurs placettes distantes de quelques dizaines à quelques centaines de mètres.

Au sein de chaque site, au moins trois placettes doivent être disposées, et repérées précisément pour être retrouvées année après année. Pourquoi dispose-t-on trois placettes et pas une seule ? Il s'agit de pouvoir différencier un effet de site d'un effet micro-stationnel concernant une placette ou une partie de celle-ci, du fait d'une hétérogénéité locale (ombre d'un Pin) ou d'une perturbation localisée (passage d'un sentier) ou ponctuelle (accident). C'est seulement en ayant plusieurs placettes partageant les conditions d'un même site

Encadré n°6

Mesures de l'abondance et relevé écologique

Chaque placette fait 25 m² (5x5 m), soit 25 quadrats de un mètre carré (1 m de côté) eux-mêmes divisés en 25 carreaux de 20 x 20 cm. Chaque quadrat est géo-référencé par des coordonnées orthonormées au sein de la placette. Quatre variables sont recensées, et cela doit être fait si possible depuis le bord de la placette, pour minorer les perturbations induites par le recensement, c'est particulièrement important en situation d'éboulis. Une fois la placette matérialisée par ses cotés à l'aide de rubans gradués (4 décimètres), on dispose en croix deux rubans gradués pour repérer les quadrats qui sont observés les uns après les autres. En se situant sur le bord de la placette, l'observateur est au maximum à 2,5 mètres du quadrat à évaluer, ce qui est suffisamment près pour évaluer les variables suivantes :

Première variable : Le nombre de carreaux présentant au moins un individu d'*A. provincialis* (donnée quantitative comprise entre 0 et 25).

Deuxième variable : Le nombre de carreaux recouverts par le type de plante dominante (plante herbacée ; plante ligneuse : arbrisseau, petit arbuste et arbre).

Troisième variable : La granulométrie dominante dans le quadrat. Des classes ont été définies arbitrairement et désignées par une lettre : litière : L, terre nue : T, gravier (inférieur à 5 cm) : G, cailloux (5 à 20 cm) : C, bloc (supérieur à 20 cm) : B et rocher (immobile) : R.

Quatrième variable : Présence ou absence d'indices de perturbation dans le quadrat

Ce dispositif donne trois types d'informations : la densité relative de la Sabline de la placette (de 1 à 50), des données sur l'intensité (de 1 à 50) des facteurs de perturbation, ou de compétition, qui seront utilisés comme variables explicatives dans les analyses, et enfin une cartographie de l'abondance de Sabline, puisque chacun des 50 quadrats est repéré.

Enfin le travail dans la placette se termine par un relevé floristique et mésologique, sur une surface circulaire de 100 m² dont le centre est situé au centre de la placette de 25 m² : on note seulement la présence des espèces et on renseigne les différentes variables du milieu : altitude, pente, exposition, couverture végétale, granulométrie. Le relevé floristique demande de savoir reconnaître les espèces présentes, cependant cette tâche est grandement facilitée quand on connaît déjà la liste des espèces attendues sur le site, les espèces nouvelles par rapport au relevé précédent devront être soigneusement collectées pour s'assurer de leur détermination.



(altitude, exposition, pente, substrat) qu'on peut mettre en évidence un effet site, sinon cet effet site se confond avec l'effet placette. Trois placettes par site est un minimum, plus de trois placettes peuvent être disposées si cela se justifie. Dans le cas où la méthode (Encadré n°6) devrait être modifiée, éventuellement simplifiée, il est indispensable de conserver cette stratégie (sites/placettes) de façon à assurer la robustesse statistique du suivi.

Quand et quels efforts ?

Les suivis doivent être réalisés en équipe de deux personnes. La première année, compte tenu que les placettes doivent être mises en place et repérées précisément, un à deux sites par journée sont envisageables. Lors du retour sur les placettes, si elles ont été bien repérées et cartographiées, deux à trois sites peuvent être réalisés dans la journée. Si on considère que le réseau de suivi contient 20 sites, il faut donc compter 15 journées de travail pour la première année et 10 journées de travail lors des retours, et cela pour une équipe de deux personnes. A cela il faut ajouter trois à quatre journées pour la saisie des données, deux journées pour l'analyse et une journée de concertation. Un recensement tous les 5 ans est un minimum, mais sachant la nature fluctuante des espèces annuelles les dynamiques seraient plus précises avec un suivi réalisé chaque année. A noter qu'il faut faire le recensement après une année exceptionnelle (ex : sécheresse très forte).

Gestions possibles du milieu pour protéger la Sabline de Provence

Si diverses actions sont envisageables pour assurer le maintien d'une espèce et de son abondance, les mesures de gestion sont très limitées dans le cas de la Sabline de Provence.

Premièrement car sa protection est bien définie par la loi : aucun aménagement ne doit altérer de façon significative l'habitat de la Sabline et/ou dégrader une population (Encadré n°7). Cela peut être le cas de carrières, de construction de pistes ou de routes, ou encore de bâtiments. Dans tous les cas, ces aménagements ne devront

pas entraîner la destruction d'une population et ne pas détruire l'habitat. En effet, il peut sembler exagéré de vouloir protéger « des tas de cailloux », mais soulignons encore une fois que (1) les habitats à Sabline se sont formés géologiquement parlant, durant une époque révolue, que (2) la dispersion de cette espèce est peu importante et que donc les extinctions locales ne pourront pas être compensées par des événements de colonisation de nouveaux territoires. Ainsi, toute perte, par destruction d'habitat doit être considérée comme irréversible. Sauf démonstration à l'appui sur des cas d'aménagement très ponctuels (passage d'un sentier), ayant une très faible empreinte au sol, les mesures compensatoires ne sont pas des arguments suffisants pour permettre la destruction ou la dégradation des habitats et des populations de la Sabline de Provence. Une grande vigilance vis-à-vis des activités humaines et de leurs impacts est donc la meilleure garantie pour cette espèce.

Encadré n°7

Protections légales

La Sabline de Provence occupe les éboulis calcaires qui sont inclus dans l'habitat d'intérêt communautaire n°8130 du réseau écologique Natura 2000: « Eboulis ouest-méditerranéens et thermophiles ». Sur la fiche de cet habitat les recommandations sont très claires et vont dans le sens de nos conclusions pour les éboulis à Sabline de Provence : « Les principales menaces qui pèsent sur cet habitat sont des aménagements qui peuvent le détruire directement ou en perturber la dynamique en empêchant l'apport de matériaux nouveaux. Du fait des fortes contraintes s'exerçant sur cet habitat et rendant très lente (voire nulle) la dynamique de la végétation et des faibles relations qui lient les activités humaines à cet habitat, la gestion consiste dans la majorité des cas en une non-intervention. » De plus, la Sabline de Provence bénéficie de nombreux statuts de protection légale: elle est strictement protégée au niveau national par l'arrêté ministériel du 20 Janvier 1982 complété par celui du 31 août 1995, au niveau international en figurant à l'annexe 1 de la convention de Berne (1979) et dans la directive européenne « habitat ». **La Sabline de Provence ne doit pas être détruite ni exploitée et doit faire l'objet d'une protection stricte.** Enfin, elle apparaît dans le livre rouge de la flore menacée de France qui cernait en 1995 les priorités de conservation.



Deuxièmement car la Sabline de Provence n'est pas menacée de régression à l'échelle de sa distribution ou à l'échelle d'un massif : l'action des gestionnaires doit donc avoir pour principal objectif de limiter l'impact de la fréquentation dans ses habitats. Cependant, celle-ci n'est pas à proscrire entièrement et le passage dans les éboulis est destructif seulement s'il est réalisé dans le sens de la pente. Une intervention locale offrant peu de risque pour des résultats positifs assez rapides, est celle de la gestion des sentiers de randonnées ou d'accès aux sites d'escalade. Il est envisageable de détourner le trajet des sentiers pour éviter les éboulis quand c'est possible, sinon de retracer le passage de façon à ce que le sentier serpente ou traverse l'éboulis. Tout le problème est d'assurer que le sentier soit respecté à la descente ; l'installation d'un minimum de signalétiques et d'entraves semble nécessaire tels que petits murets en pierres sèches, branchages ou troncs. A titre d'exemples deux expériences de ce type, sont conduites par l'ONF et la fédération des clubs d'escalade (FFME) au niveau de la brèche de Castelviel et du socle de la Candelle. Le suivi de sites « sentinelles » proposé dans le chapitre précédent permettra d'envisager d'autres actions si un déclin plus général s'observe le long de sa distribution géographique.

Sensibilisation aux précautions pour respecter la flore et ses habitats

Les effets de la surfréquentation dépendent de la fréquentation et du comportement des personnes. Les effets du passage et de piétinement s'établissent assez rapidement, mieux vaut donc prévenir et informer les personnes le plus en amont possible pour qu'elles adoptent spontanément une curiosité vis à vis de la végétation et qu'elles prennent en compte sa fragilité. Une des mesures essentielles est donc la sensibilisation des utilisateurs et des acteurs locaux : randonneurs, grimpeurs, responsables de fédérations, de clubs et aussi les propriétaires et gestionnaires des sites. Cette sensibilisation pourrait être réalisée par des interventions et des expositions sur la Sabline et ses habitats, et des panneaux aux portails principaux des sites. Cette espèce emblématique devrait être reconnue du

public, c'est pourquoi en plus des canaux « classiques » d'information (web, prospectus, expositions) des visites guidées devraient être organisées au printemps pour montrer au public la Sabline, ses habitats et principales compagnes. Enfin, au niveau des sites à enjeux, tels les grand éboulis ou les cols où le passage d'un GR draine des centaines ou des milliers de personnes, de petits panneaux « Attention Sabline de Provence » pourraient rappeler aux personnes qu'ils ne doivent pas dévaler les éboulis par exemple. Certaines de ces propositions seront certainement appliquées par le prochain parc national des Calanques, mais elles seraient particulièrement pertinentes si elles étaient conduites à l'échelle de la distribution de la Sabline qui sera loin d'être couverte par le parc. Ainsi, les actions de sensibilisation devraient être menées dans l'ensemble de l'aire de la répartition (le prochain Parc, le massif de l'Etoile, et le massif de la Sainte-Baume), éventuellement par l'ONF.

Nous n'avons abordé pour l'instant que la fréquentation par les piétons, mais d'autres modes de déplacement existent dans ces milieux : VTT, chevaux, etc.. Nous n'avons pas étudié les impacts de ces activités, mais comme pour les piétons, ils auront un impact au moins aussi destructif s'ils passent dans les éboulis dans le sens de la descente (VTT de « descente » par exemple).

Expérimentations et axes de recherche à développer

Nous manquons encore de connaissances sur certains aspects de l'écologie d'*A. provincialis*, et des questions scientifiques en relation avec sa conservation manquent encore de réponses.

La croissance du couvert végétal et la dynamique de fermeture des habitats est-elle une menace sur le long terme pour la Sabline de Provence et quelle est l'hétérogénéité de ce phénomène à l'échelle de sa distribution ? Cette question appelle à poursuivre les suivis existants.

Quels sont précisément les pollinisateurs de la Sabline de Provence et quelle est leur écologie et distribution ? Une nouvelle étude, spécifique et



menée en collaboration avec des entomologistes sera nécessaire.

Quels sont les effets des incendies sur les taux de germination et la survie dans le sol des graines de Sabline ? Deux approches seront complémentaires : l'étude des conséquences sur le terrain des incendies récents, comme celui de l'été 2009, et l'expérimentation des effets de la chaleur et des cendres sur les graines, leur germination et la survie des plantules.

Quelle est la structure des flux de gènes (pollinisation, dispersion des graines) au sein et entre les populations de la Sabline de Provence ? Certaines populations ont-elles un rôle plus important dans cette structure ? Existe-il une divergence génétique prononcée entre les populations des différents massifs ? L'utilisation des outils de la Biologie moléculaire et des méthodes de la Génétique des populations permettront d'apporter des éléments de réponse.

(5) Conclusion

Le cas de la Sabline de Provence est-il isolé ? Dans le genre *Arenaria*, de nombreux taxons sont rares, certains faisant l'objet de programmes de conservation.

Citons *Arenaria nevadensis*, sabline annuelle d'été, endémique de la Sierra Nevada dont la distribution est restreinte à quelques éboulis de schistes à haute altitude pour une surface inférieure à un kilomètre carré. Ce cousin d'*Arenaria provincialis* a fait l'objet d'un projet Life au côté de dix autres plantes extrêmement rares de la Sierra Nevada. Parmi les mesures préconisées pour protéger *Arenaria nevadensis* on notera le détournement d'un sentier, la protection vis à vis du pâturage, la création de nouvelles populations et la conservation *ex situ* (Livre rouge de la Flore menacée d'Espagne).

Sur les rives lacustres de la vallée de Joux, dans le Jura Suisse, *Arenaria gothica*, fait l'objet d'un plan d'urgence visant à sauver son unique population connue en Suisse, menacée par l'exploitation du lac de Joux pour l'énergie hydroélectrique.

En France tempérée, les éboulis sont aussi l'habitat de plantes très rares, le cas le plus connu est celui de la Violette de Rouen (*Viola hispida*), petite plante vivace, endémique de haute Normandie ayant une aire de distribution restreinte à quelques stations seulement. Pionnière spécialiste des éboulis et pierriers calcaires des falaises crayeuses, elle recule rapidement devant la concurrence d'autres plantes, en particulier de graminées. Contrairement à la Sabline de Provence, la colonisation d'éboulis par la végétation est une menace avérée pour la Violette de Rouen. Dans le cadre d'un projet Life diverses actions de conservation ont été entreprises dont la restauration d'habitat par débroussaillage et rajeunissement des éboulis.

La végétation des pierriers et éboulis est donc l'objet de plusieurs projets de conservation; par comparaison la Sabline de Provence semble moins menacée que la Sabline de la Sierra Nevada ou la Violette de Rouen. Dans une publication récente il a été proposé que la Sabline de Provence soit classée dans la catégorie d'espèce « quasi-menacée » (NT, *Near Threatened*) de l'IUCN. En effet, cette espèce n'est pas immédiatement menacée d'extinction, mais elle doit être surveillée attentivement notamment à cause de la responsabilité globale que les collectivités et l'État ont envers la conservation de la flore rare et endémique.

L'abondance de la Sabline de Provence et l'étendue de ses habitats sont ses meilleurs garanties pour l'avenir. Sa localisation en périphérie d'une métropole implique une attention particulière et un suivi régulier de ses populations.



Publications scientifiques sur la Sabline de Provence

Youssef S., Baumel A., Véla E., Juin M., Dumas E. Affre L., Tatoni T. 2011. Factors underlying the narrow distribution of the Mediterranean annual plant *Arenaria provincialis* (Caryophyllaceae). *Folia Geobotanica* sous presse.

Baumel A., Affre L., Véla E., Auda P., Torre F., Youssef S., Tatoni T. 2009. Ecological magnitude and fine scale dynamics of the mediterranean narrow endemic therophyte, *Arenaria provincialis* (Caryophyllaceae). *Acta Botanica Gallica* 156: 259-272.

Véla E, Auda P, Léger JF, Gonçalves V, Baumel A. 2008. Exemple d'une nouvelle évaluation du statut de menace suivant les critères de l'UICN version 3.1. : le cas de l'endémique provençale *Arenaria provincialis* Chater & Halliday (= *Gouffeia arenarioides* DC., Caryophyllaceae). *Acta Botanica Gallica* 155: 547-562.

Véla E., D. Pavon & P. Auda, 2006. Analyse et révision de la fiche-espèce 1453 des cahiers d'habitats Natura 2000 : «*Gouffeia arenarioides* DC.» *Journal Botanique de la Société Botanique de France*, 36, 39-44.

Crouzet A. 1996. Sur les adaptations morphologiques et anatomiques de *Gouffeia arenarioides*. *Bulletin du Muséum d'Histoire Naturel de Marseille* XXVI, 141-159.

Auteurs

Coordinateurs du projet de recherche : Alex Baumel et Olivier Ferreira

Texte : Alex Baumel

Relecture: Sami Youssef, Pascal Auda, Laurence Affre, Frédéric Médail, Katia Diadema, Jeanne Dulac, Olivier Ferreira.

Photographie de couverture : ONF

Autres photographies et figures : Sami Youssef et Alex Baumel

Études scientifiques :

Sami Youssef, Alex Baumel, Laurence Affre, Errol Vela, Thierry Tatoni, Marianick Juin, Virginie Gonçalves, Pascal Auda, Daniel Pavon, Jean-Jacques Momdjian, Olivier Ferreira.

Mise en forme : Jeanne Dulac

Maquette et impression : Imprimerie ONF Fontainebleau

Les recherches sur l'écologie de la Sabline de Provence ont été initiées en 2004 par l'IMEP, ECO-MED et l'ONF. Nous tenons à souligner l'importance de la thèse de Sami Youssef pour l'ensemble des connaissances acquises et des subventions de l'ONF et du CG13 qui ont permis la réalisation des études scientifiques.

Résumé

La Sabline de Provence, ou *Arenaria provincialis* (Caryophyllaceae), est une plante pionnière dont la distribution est limitée aux collines des environs de Marseille. Fréquente dans les éboulis et pierriers formés par l'érosion ancienne des falaises, la Sabline de Provence colonise aussi les zones ouvertes de la garrigue et les sommets ventés. Strictement protégée du fait de son endémisme prononcé, cette petite plante annuelle, est un élément remarquable du patrimoine naturel provençal. Les recherches menées sur la Sabline de Provence sont résumées ici pour dresser le portrait de cette plante discrète et établir le premier bilan de sa vulnérabilité.

