

# Identification des sites à protéger et à restaurer en priorité pour la nivéole de Nice (*Acis nicaeensis*)

Par K. Diadema (CBNMed) – F. Médail (Aix-Marseille Université/IMBE)

Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles, antenne Alpes-Maritimes, Villa Thuret, 90 chemin Raymond, 06160 Antibes Juan-les-Pins, France.

Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie (IMBE) Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, Univ. Avignon, Technopôle Arbois-Méditerranée, Bât. Villemin - B.P. 80. F-13545 Aix-en-Provence cedex 04, France.

01.02.2021

L'érosion des habitats naturels due à l'étalement urbain constitue une menace majeure pour la biodiversité. Un outil efficace pour la conservation *in situ* de plantes rares avec une niche écologique étroite et menacées par les impacts humains est la mise en place d'une protection foncière ou contractuelle de sites, en lien avec une restauration des populations ou des habitats lorsque cela s'avère nécessaire. Nous proposons ici un cadre pour initier la sélection de sites pour le maintien d'une espèce protégée au niveau national et en danger (EN) selon les listes rouges nationale et régionale, *Acis nicaeensis*. La nivéole de Nice est une plante endémique méditerranéenne restreinte à la Riviera franco-italienne et menacée par de très fortes pressions anthropiques. Les critères pris en compte dans l'analyse incluent le caractère évolutif et écologique unique des populations de cette espèce dans les paysages fortement urbanisés et hétérogènes du secteur des Corniches de la Riviera. L'analyse croisée proposée est basée sur (i) l'estimation de la vulnérabilité des populations, (ii) la contribution de chaque population à l'originalité évolutive de l'espèce en désignant des unités de conservation, et (iii) l'analyse des lacunes de protection actuelle des 42 populations recensées. Depuis 150 ans, l'impact de l'urbanisation est sévère pour 70% des populations et a provoqué la disparition d'au moins 11 d'entre elles, soit 20% des populations connues. Notre approche met en évidence que deux des cinq unités de conservation nécessitent la mise en place rapide d'une protection foncière en raison de leur grande originalité et de leur risque d'extinction important : une unité regroupant les populations de la Principauté de Monaco et une unité regroupant les populations de Nice et de ses alentours. Cette analyse démontre l'importance d'intégrer spatialement à la fois la vulnérabilité des populations et les unités de conservation pour mieux définir les sites à protéger et ceux à restaurer en priorité dans une zone où l'urbanisation est particulièrement forte.

## La nivéole de Nice

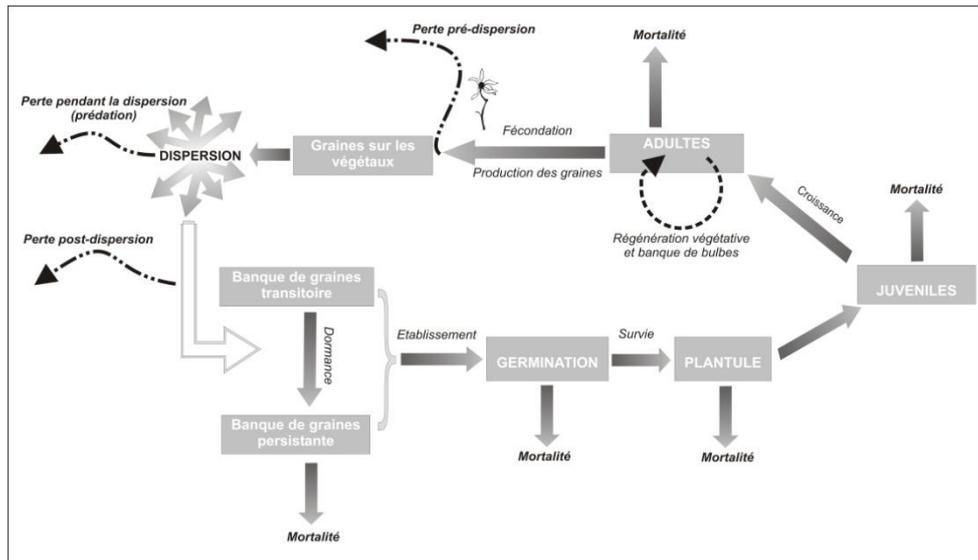
Sur le plan taxonomique, la nivéole de Nice a été d'abord intégrée au genre *Leucojum* L. sous-genre *Ruminia* (Salisb.) Baker, sous les basionymes de *Leucojum nicaeense* Ardoino. Cependant, l'étude phylogénique de Lledó *et al.* (2004) montre que *Leucojum* subgenera *Acis* et *Ruminia* forment un groupe monophylétique au sein duquel le sous-genre *Acis* est paraphylétique du sous-genre *Ruminia*. Dans ce contexte, ces auteurs suggèrent que ces deux sous-genres soient intégrés au genre *Acis*, déjà créé par Salisbury en 1807. Ainsi, la nivéole de Nice doit être nommée *Acis nicaeensis* (Ardoino) Lledó, A.P. Davis et M.B. Crespo. Du point de vue phylogénétique, l'espèce la plus proche est la nivéole de Fabre *Acis fabrei* (Quézel et Girerd) Lledó, A.P. Davis et M.B. Crespo, endémique du Vaucluse, et *Acis valentina* (Pau) Lledó, A.P. Davis et M.B. Crespo, endémique de la région de Valencia (Lledó *et al.*, 2004, Pouget, 2014), mais cette nivéole diploïde possède  $2n = 2x = 16$ , alors

que les deux taxons du Sud-Est de la France sont à  $2n = 2x = 18$  chromosomes (Müller-Doblies & Müller-Doblies, 1975 ; R. Verlaque comm. pers., III.2004).

*Acis nicaeensis* est une géophyte fugace de petite taille, portant une à quatre feuilles très étroites (0,2 à 0,5 cm), semi-cylindriques et beaucoup plus longues que la hampe florale (jusqu'à 30 cm), s'insérant au niveau de l'organe de stockage. Une spathe parcheminée, divisée en deux segments linéaires, s'insère au niveau du pédoncule et enveloppe le bouton floral. Cette géophyte se caractérise par une fleur blanche pendante au sommet de la hampe florale (parfois deux ou trois), constituée de six tépales (trois internes et trois externes), et dont le style dépasse légèrement les six étamines (Fig.1). Le disque épigyne situé sur l'ovaire, où s'insèrent les étamines à filet court, possède des dents bien développées. Les graines sont noires, lisses, munies d'une strophiole et longues de 2 à 3 mm. La nivéole de Nice possède une certaine capacité de propagation végétative qui conduit à la formation de touffes. Les organes aériens commencent leur croissance à partir de l'automne jusqu'au début du printemps, et les feuilles se développent avant l'anthèse (espèce synanthée). Les fleurs apparaissent entre la fin du mois de mars et le début du mois de mai, en fonction de l'exposition et de l'altitude de la population. Les fruits (capsules) sont matures entre six et huit semaines après la floraison, et les graines (de 1 à 45 graines par fruit) sont libérées de ces capsules à trois loges grâce à une déhiscence loculicide. Les graines sont dispersées par barochorie, et secondairement par myrmécochorie (Diadema, 2006). Tous les organes aériens, issus d'individus reproducteurs ou non, sèchent au sol et meurent dès le début de l'été. La plante entre ainsi en dormance. Une banque de graines et de bulbes assez importante semble persister dans le sol (Fig.2).

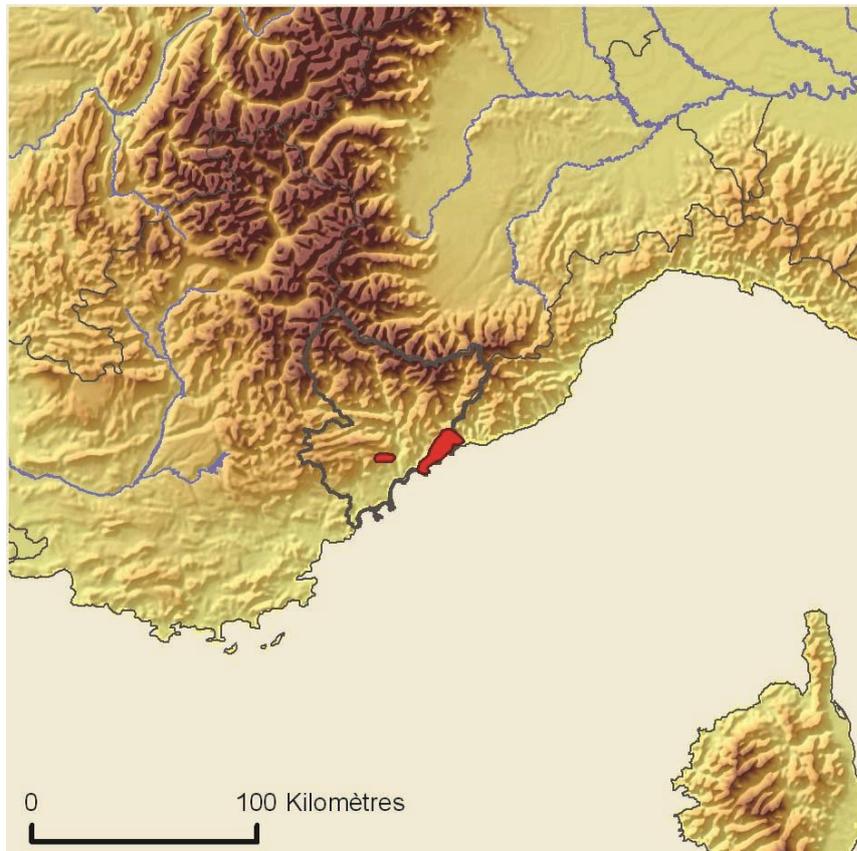


**Figure 1.** Nivéole de Nice en fleurs et en fruits (Photos K. Diadema).



**Figure 2.** Représentation schématique du cycle de vie de la nivéole de Nice (Diadema, 2006).

La nivéole de Nice est localisée à un secteur géographique assez réduit, compris entre le col de Vence et la frontière franco-italienne (Fig. 3) ; elle fut signalée pour la première fois par A.P. de Candolle (sub *Leucoium hyemale* DC.), lors d'une herborisation en juin 1808 dans la région niçoise avec le naturaliste A. Risso (Burnat & Cavillier, 1941). Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, elle fut régulièrement collectée par les botanistes aux environs de Nice (mont Boron, mont Vinaigrier, chapelle St-Michel, route de la Corniche).



**Figure 3.** Aire de répartition de la nivéole de Nice (Noble & Diadema, 2011)

## Structure de la population et unités de conservation

804 données d'occurrence géolocalisées d'*A. nicaeensis* (<http://flore.silene.eu>) ont été prises en compte, pour un total de 53 populations (42 actuelles et 11 éteintes) dont la délimitation est basée sur une discontinuité géographique de plus de 500 m entre deux populations (tableaux 1 et 4). La superficie de chaque population a été calculée comme la taille d'un polygone représentant la superficie de la population en deux dimensions (l'élévation n'a pas été prise en compte) à l'aide du logiciel SIG QGIS 3.10 (QGIS Development Team, 2020). Les superficies de population varient entre 4 et 170 hectares (ha) et elles ont été classées en trois classes : petite (I) = superficie de population inférieure à 20 ha; moyen (II) : superficie de population comprise entre 20 et 50 ha; grande (III) : superficie de population supérieure à 50 ha.

L'évaluation des localités historiques a été réalisée à partir des 195 spécimens contenus dans divers herbiers: Aix-en-Provence (AIX), Florence (FI), Genève (GE), Genova (G), Grenoble (GR), Lyon (LY), Marseille (MARS), Paris-MNHN (P), Montpellier (MPU), Nice (NICE) et Turin (TO). Cela a permis de localiser avec une certaine précision 78 occurrences historiques (voir Diadema, 2006 pour plus de détails). La disparition de plusieurs localités historiques a été attestée en visitant ces zones pendant plusieurs années successives.

**Tableau 1.** Onze populations éteintes connues d'*Acis nicaeensis* d'après les données d'herbier et les prospections de terrain.

Populations éteintes	Date De la dernière occurrence connue	Urbanisation passée (EM in %)	Urbanisation actuelle (IGN in %)	Evolution de l'urbanisation (indice: IGN - EM in %)	Cause possible De l'extinction
<b>BEA:</b> Beaulieu-sur-Mer, France	1950	47	100	73	Artificialisation
<b>CMO:</b> Cime de la Morgelle, Peille, France	2003	0	0	73	Artificialisation
<b>CRL:</b> Cap Roux, Eze, France	1977	18	49	31	Artificialisation
<b>CSS:</b> Chapelle Saint-Siméon, Peille, France	1931	10	16	6	Changement environnemental
<b>LAZ:</b> Lazaret, Nice, France	1852	53	93	40	Artificialisation
<b>MGO:</b> Col du Mont Gros, Peille, France	2006	22	26	5	Artificialisation
<b>MGR:</b> Mont Gros, Nice, France	1899	13	40	27	Artificialisation
<b>MJE:</b> Hopital-Jardin exotique, Monaco	1920	55	100	65	Artificialisation
<b>MMO:</b> Moneghetti, France - Monaco	ca. 1960	43	100	78	Artificialisation
<b>PVE:</b> Pointe de la Veille, Roquebrune-Cap-Martin, France	1864	60	93	33	Artificialisation
<b>ROQ:</b> Roquebrune-Cap-Martin, France	1879	56	80	24	Artificialisation

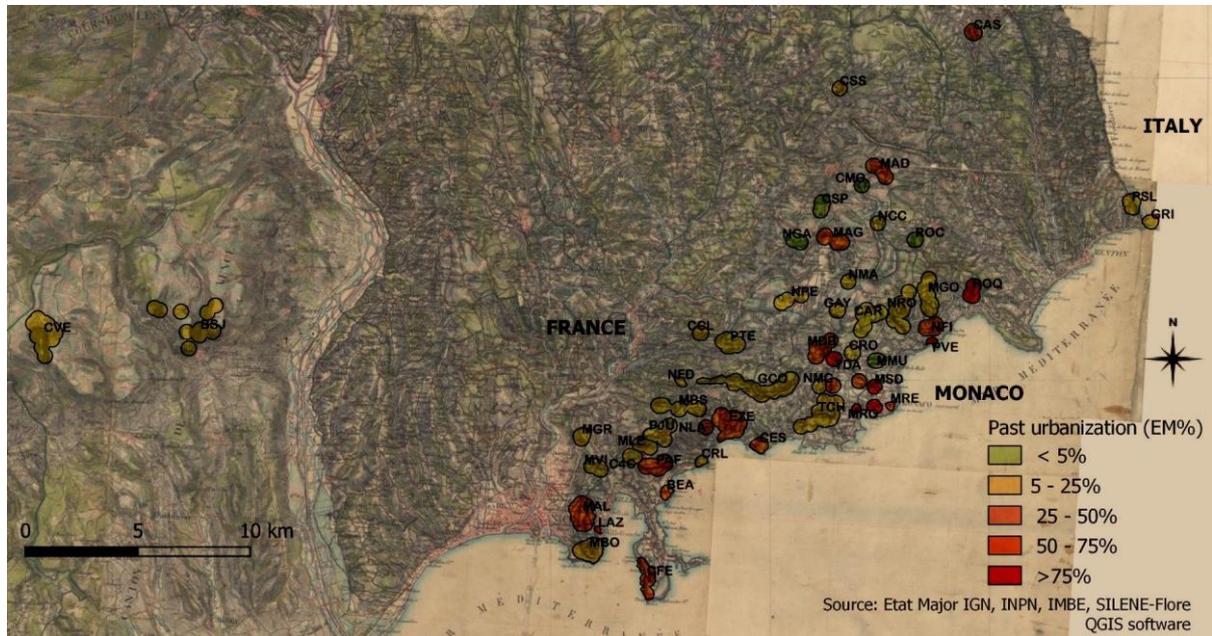
Cinq unités de conservation ont également été définies sur la base de données génétiques (trois haplotypes révélés) et écologiques (voir Pouget et al., 2017 pour plus de détails, et Fig.6b).

## Niveau d'urbanisation et vulnérabilité des populations

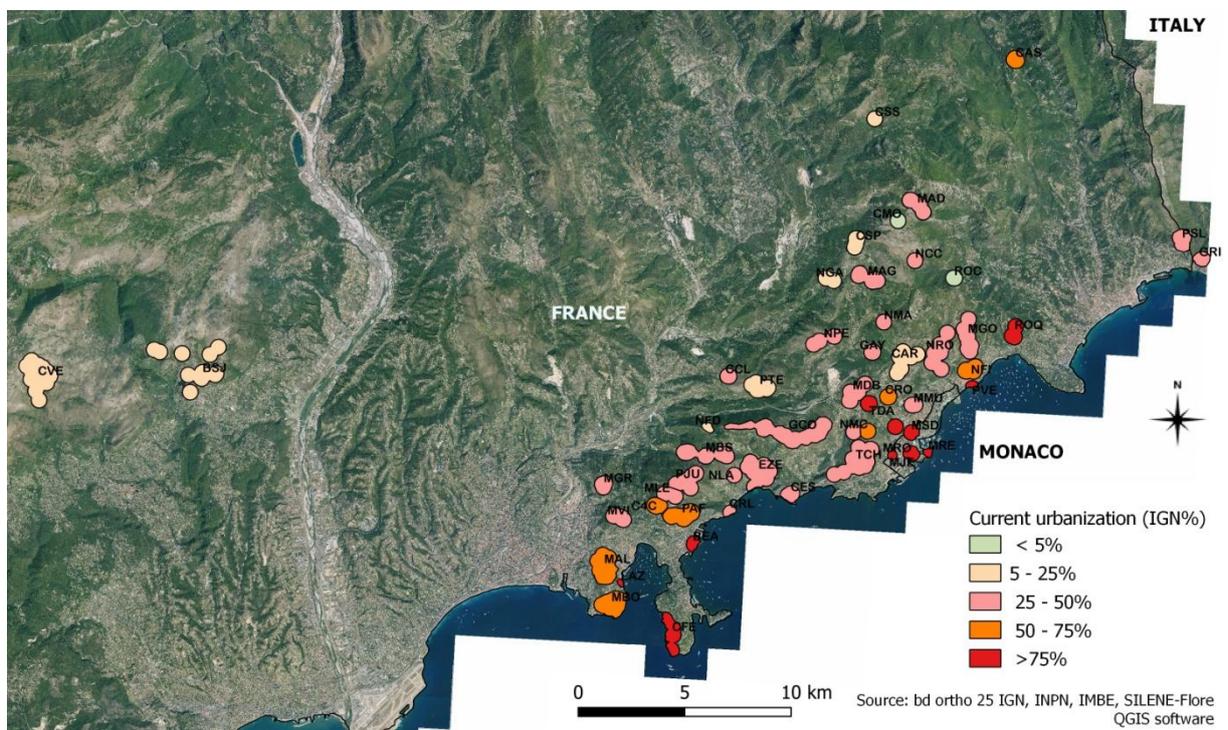
Le niveau d'urbanisation et l'étalement urbain ont été estimés pour chaque population d'*A. nicaeensis* à l'aide de deux cartes: (i) la carte «Carte d'État-Major» (EM), dessinée en 1866 pour estimer «l'urbanisation passée» (Fig. 4a) et (ii) la carte IGN (Institut National de Géographie, France) de 2006 pour estimer «l'urbanisation actuelle» (Fig. 4b). La carte EM est la plus ancienne disponible avec suffisamment de détails pour documenter et quantifier les routes ou les bâtiments, et la carte

IGN présente des caractéristiques spatiales similaires qui permettent la meilleure comparaison diachronique. Il a été inclus dans le terme d'«urbanisation» toutes les caractéristiques d'artificialisation possibles telles que les bâtiments de tous types, centre sportif et terrains, routes, escaliers, parking, réservoir d'eau, etc.

a)



b)



**Figure 4.** Niveaux d'urbanisation des populations d'*Acis nicaeensis* sur la Côte d'Azur: (a) Situation en 1866 («urbanisation passée»), d'après la carte Etat-Major (EM); (b) Situation en 2006 ("urbanisation actuelle"), d'après la carte orthophotographique de l'IGN (d'après Médail et al., en révision).

Nous avons utilisé un maillage de 100 x 100 m pour évaluer facilement l'artificialisation, en utilisant 5 classes de valeur : 0 = pas d'urbanisation; 1 = urbanisation pour moins de 25% de la surface; 2 = urbanisation entre 25 et 50% de la surface; 3 = urbanisation entre 50 et 75% de la surface; 4 = urbanisation sur plus de 75% de la surface. Le pourcentage d'urbanisation final est calculé comme la moyenne de toutes les valeurs des mailles présentes dans un polygone de population d'Acis. Nous considérons que la différence entre la valeur en pourcentage de l'urbanisation passée et la valeur en pourcentage de l'urbanisation réelle (valeur IGN moins valeur EM) donne une valeur pour l'étalement urbain ou l'évolution de l'urbanisation (Fig. 6a).

Depuis les 150 dernières années, l'ampleur de l'augmentation de l'urbanisation est sévère pour 70% des populations d'*A. nicaeensis*, et cette extension urbaine s'observe principalement le long du littoral, c'est-à-dire le long des Corniches de la Riviera (Médail & Diadema, 2006; Pouget et al., 2017). Les parts d'herbiers attestent de la disparition de onze populations. Néanmoins il est possible que d'autres populations aient également disparu (extinction cryptique). Huit des onze populations éteintes sont situées dans une zone où l'expansion urbaine est élevée. Il n'y a pas de doute sur la cause de la disparition de certaines populations (MMO: près de Monaco et BEA: Beaulieu-sur-Mer) qui se trouvent actuellement au cœur d'une agglomération massive et pour lesquelles une destruction totale de l'habitat a été attestée. Pour les autres, nous avons trouvé une corrélation élevée et significative entre le niveau d'urbanisation et la disparition, en particulier pour LAZ (Lazaret) et ROQ (Roquebrune-Cap-Martin).

Pour évaluer la vulnérabilité des populations, nous avons utilisé un indice de vulnérabilité simple combinant les trois classes de superficie des populations (petite, moyenne, grande: voir ci-dessus) et quatre classes d'urbanisation. Cet indice de vulnérabilité a été attribué à chaque population, comprenant cinq classes (tableau 2) :

- V0 = populations de toute taille sans urbanisation (I) ou faible urbanisation (II) pour les grandes populations;
- V1 = populations à faible urbanisation (II) et petites ou moyennes populations;
- V2 et V3 = urbanisation moyenne (III) ou forte (IV) selon la superficie des populations;
- V4 = populations petites ou moyennes et fortement urbanisées (IV).

**Tableau 2.** Évaluation des indices de vulnérabilité en fonction du niveau d'urbanisation et de la superficie des populations (d'après Médail et al., en révision).

		Urbanization				
		Low			High	
Superficie		I	II	III	IV	
	Large	III	V0	V0	V2	V3
	II	V0	V1	V2	V4	
Small	I	V0	V1	V3	V4	

Une population vulnérable (classes V2, V3 et V4) sera encore plus vulnérable si le nombre d'individus est faible (tableau 4). Les populations contenant un grand nombre d'individus (> 500 individus) sont également les populations avec les indices de vulnérabilité les plus faibles (V0).

## Réseau d'aires protégées actuel et priorités de conservation

Les données cartographiques des aires protégées ont été compilées à la fois pour la France (Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur) et pour l'Italie (Regione Liguria), car aucune aire protégée n'existe actuellement en Principauté de Monaco. Il était nécessaire de normaliser les différents statuts existants des aires protégées selon la classification de l'UICN (Dudley, 2008; Lefebvre & Moncorps, 2010). Deux types de réseaux d'aires protégées sont considérés, en fonction du niveau de protection et de la gestion qui y sont mis en œuvre: (i) le réseau mondial de protection qui regroupe les catégories IUCN I à 4 (Tableau 3), c'est-à-dire les aires protégées exclusivement dédiées à la conservation de la biodiversité (ex. zone cœur de parc national, réserve naturelle nationale, sites du Conservatoire du littoral en France, arrêté de Protection de Biotope...) ou visant à concilier conservation de la nature et utilisation durable des ressources (ex: réserve biologique régionale, réserve forestière); et (ii) le réseau européen Natura 2000.

**Tableau 3.** Réseaux d'aires protégées en France et en Italie, catégories UICN, statuts et caractéristiques des aires protégées associées. Seuls les réseaux d'aires protégés 1 et 2 ont été considérés dans l'analyse.

Réseaux d'aires protégées	Catégories UICN	Aires protégées / gérés
1	I	Réserve intégrale
		Réserves biologiques intégrales
	II	Parcs nationaux (zone cœur)
	III	Sites classés
		Sites inscrits
	III et IV	Réserves naturelles nationales
	IV	Réserves naturelles régionales
		Réserves biologiques dirigées
		Arrêtés de protection de biotope
		Sites conservatoire du littoral
		Sites des CEN
		Parco naturale
		Area prottete regionale
Riserva naturale		
Area protetta di interesse provinciale		
2	V	Parcs nationaux (zone d'adhésion)
		Parcs naturels régionaux FR
		Parcs naturels régionaux IT
		Espaces naturels sensibles
2		Sites Natura 2000 (SIC + ZPS)

Les contours géographiques des deux réseaux ont été obtenus pour la France auprès de l'INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel : <http://inpn.mnhn.fr>), de la DREAL PACA et du Conservatoire du littoral, tandis que pour l'Italie les données ont été fournies par la région de la Ligurie. Les différentes aires protégées de l'UICN (niveaux I-IV) ont été fusionnées (logiciel QGIS 3.10 : QGIS Development Team, 2020) pour former une seule couche cartographique. Les pourcentages de chevauchement spatial entre chaque population de nivéole de Nice et des aires protégées associées ont été calculés. Ensuite, pour identifier les populations qui devraient être incluses dans des aires protégées, nous avons ciblé des populations non protégées présentant une vulnérabilité élevée avec une valeur de conservation élevée (unités de conservation déjà définies par Pouget et al. (2017)) (tableau 4).



puisqu'il intègre 57% des populations. La congruence spatiale est néanmoins faible avec le réseau de protection global (i.e. réserve naturelle, parc national...) et des lacunes importantes apparaissent, principalement en ce qui concerne les populations côtières (Fig.6d). Les populations des deux unités de conservation hautement menacées (CB et BB) ne sont pas incluses dans une zone de protection de haut niveau au sens de l'UICN.

Plus inquiétant encore, 7 populations à forte vulnérabilité ( $\approx 20\%$  des populations de nivéole) ne sont incluses dans aucune zone protégée (Fig. 6d). Dans ce dernier cas, il s'agit de populations à très vulnérables et originales de la nivéole de Nice (Tableau 4) : les trois populations actuelles de la Principauté de Monaco (MRO, MRE: unité BB, MSD) ; l'une des quatre populations françaises qui concerne l'unité de conservation restreinte CB (CFE) et également trois populations (TDA, CRO, MMU) de la partie sud-est de l'aire de répartition, particulièrement vulnérables. Ces 4 populations françaises constitue une priorité pour être intégrées dans un réseau d'aires protégées :

- CFE : Saint-Jean-Cap Ferrat
- TDA : La Turbie, Trophée des Alpes
- CRO : La Turbie, Carrières Romaines (Le Justicier)
- MMU : Beausoleil, Mont des Mules.

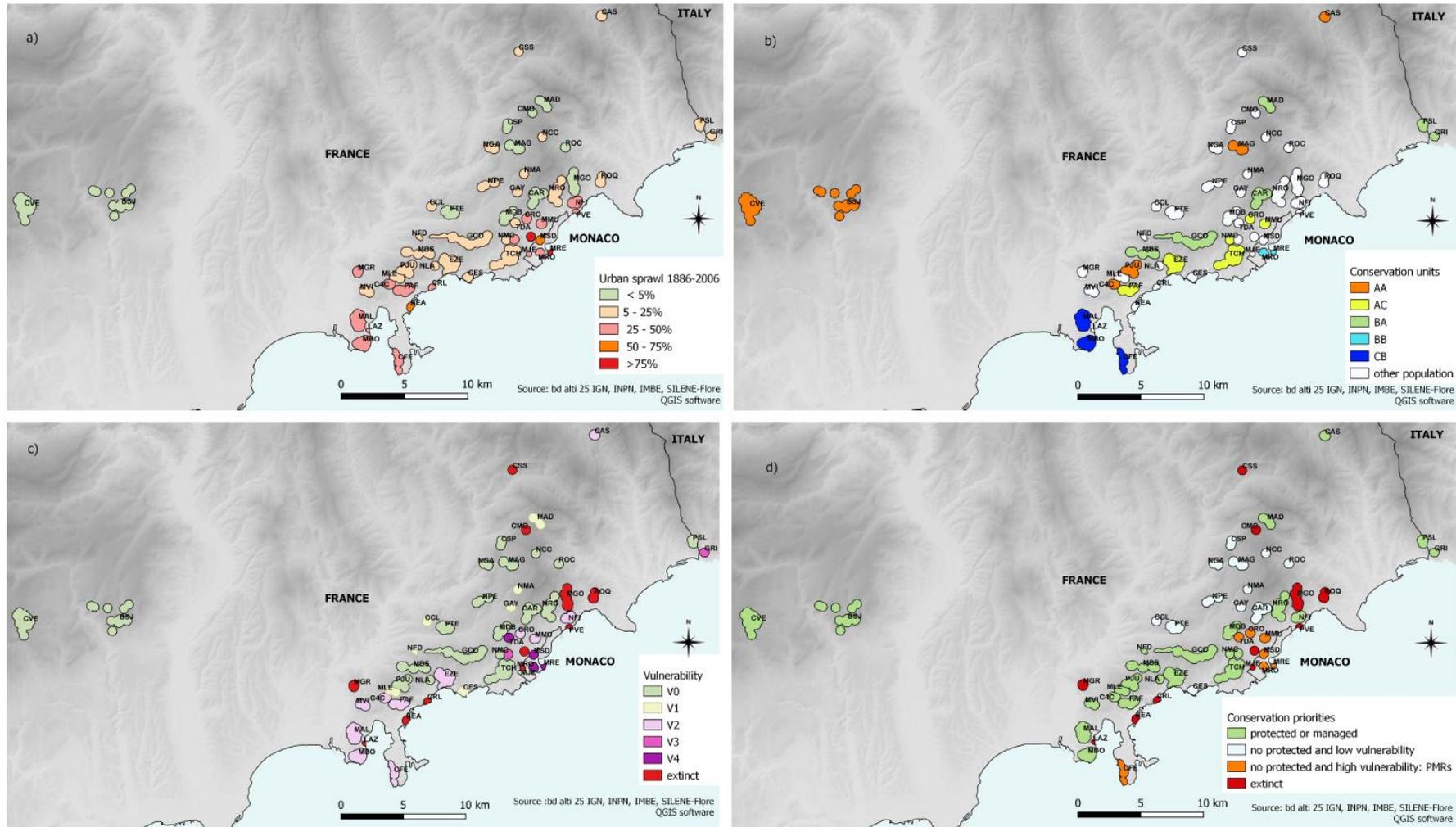
Notre analyse montre avec certitude que c'est l'urbanisation qui a entraîné la disparition de la plupart des populations éteintes d'*A. nicaeensis*. De plus, nos analyses indiquent que certaines d'entre elles situées le long du littoral (par exemple MRO, MRE, MSD: Monaco ou TDA: La Turbie, «Trophée des Alpes») se caractérisent aujourd'hui par le même niveau d'urbanisation que celui qui a affecté les populations disparues. Comme indiqué ci-dessus, une grande partie de ces populations, situées dans un environnement fortement urbanisé, comptent moins d'une centaine d'individus, soit bien en deçà des seuils de persistance à court et à long terme (Frankham et al., 2014). Nous estimons qu'il existe une forte probabilité d'extinction à court terme en raison de leur très petit effectif et des effets délétères de l'urbanisation. L'extinction d'une population constitue une perte irremplaçable d'attributs génétiques et écologiques. C'est notamment le cas des plantes endémiques restreintes aux structures génétiques très diversifiées induites par des environnements hétérogènes et des histoires biogéographiques diverses, comme au sein du hotspot du bassin méditerranéen (ex. : Médail & Baumel, 2018; Thompson, 2020).

Ainsi, en parallèle à la protection des sites, des opérations de conservation *ex situ* sont à mener pour garantir la persistance de ces populations. Pour cela deux actions peuvent être mises en œuvre. Une première action préventive concerne la récolte de graines et la mise en banque de semences des populations les plus vulnérables (V3 et V4) ainsi que des populations dont les effectifs sont inférieurs à 100 individus (Tableau 4). 21 populations seraient concernées, dont 17 en France. Une seconde action pour prévenir de la disparition à court et moyen termes de certaines stations consiste à mener dès à présent des opérations de renforcement pour les populations vulnérables (V2, V3, V4) et ayant un effectif inférieur à 100 individus. 13 populations sont concernées dont 9 en France (Tableau 4). Ces opérations sont d'ores et déjà mises en œuvre dans les 2 autres pays où la nivéole est présente.

**L'importance de l'urbanisation sur la persistance des populations de nivéole de Nice dans le secteur des Corniches de la Riviera montre qu'il est urgent de prendre des mesures à la fois pour la protection des sites et pour la restauration des populations les plus vulnérables. Cette analyse, réalisée à partir de données antérieures à 2020, demeure valable tant qu'aucun impact supplémentaire n'altère les populations de l'espèce.**

**Tableau 4.** Résumé de la vulnérabilité et de l'originalité éco-évolutive des 42 populations actuelles d'*A. nicaeensis*; Vulnérabilité : voir le tableau 2; Unité de conservation : première lettre = groupe écologique, deuxième lettre = groupe génétique; Priorité de conservation des sites: I = pas de protection et forte vulnérabilité; Mise en place prioritaire d'aire protégée; II = faible vulnérabilité et peu protégée; III = protégé ou géré (voir figure 5d); Priorité de conservation ex situ en banque de semences : I et pour des opérations de renforcement de population (\*\*\*) , en bleu les opérations actuellement en cours.

Populations de <i>Acis nicaeensis</i> (site, commune, pays)	Effectif	Vulnérabilité	Unité de Conservation	Priorité de conservation des sites	Priorité pour la conservation ex situ et renforcement (***)
BSJ: Baou de Saint-Jeannet, Saint-Jeannet, France	> 1000	V0	AA	III	
C4C: Col des Quatre Chemins, Villefranche-sur-Mer, France	< 100	V2	AA	III	I (***)
CAR: Col de l'Arme, Peille, France	100 - 200	V0	BA	II	
CAS: Fontanelle, Castillon, France	< 100	V2	AA	III	I (***)
CCL: Caïre/Camp Lucéram, Drap, France	< 100	V1	A?	II	I
CES: Cap Estel, Eze, France	< 100	V1	B?	II	I
CFE: Cap Ferrat, Saint-Jean-Cap-Ferrat, France	< 100	V3	CB	I	I (***)
CRO: Carrières romaines, La Turbie, France	200 - 500	V2	AC	I	I
CSP: Col Saint-Pancrease, Peille, France	500 - 1000	V0	A?	II	
CVE: Col de Vence, Vence, France	100 - 200	V0	AA	III	
EZE: Les Bondes, Eze, France	< 100	V2	AC	III	I (***)
GAY: Gayan Sud, Peille, France	100 - 200	V1	A?	II	
GCO: Grande Corniche, Eze/La Turbie/La Trinité, France	500 - 1000	V0	BA	III	
GRI: Grimaldi Superiore, Ventimiglia, Italy	350	V3	BA	III	I (***)
MAD: Madone de Gorbio, Peille, France	< 100	V1	BA	III	I
MAG: Mont Agel, Peille, France	500 - 1000	V0	AA	II	
MAL: Mont Alban, Nice, France	< 100	V2	CB	III	I (***)
MBO: Mont Boron, Nice, France	500 - 1000	V2	CB	III	I
MBS: Mont Bastide, Eze, France	< 100	V0	BA	III	I
MDB: Mont de la Bataille, La Turbie, France	200 - 500	V0	B?	III	
MLE: Mont Leuze, Villefranche-sur-Mer, France	200 - 500	V1	A?	III	
MMU: Mont des Mules, Beausoleil, France	< 100	V2	AC	I	I (***)
MRE: Rampe Major, Monaco	100 - 200	V4	BB	I	I (***)
MRO: Rocher de Monaco Sud, Monaco	500 - 1000	V4	BB	I	I (***)
MSD: Vallon Sainte-Dévote, Monaco	< 100	V4	BB?	I	I (***)
MVI: Mont Vinaigrier, Nice, France	< 100	V2	B?	III	I (***)
NCC: Cime des Cabanelles, Peille, France	na	V0	A?	II	
NFD: Fort de la Drête, La Trinité, France	na	V1	A?	III	
NFI: Figuière-Le Vistaéro, Roquebrune-Cap-Martin, France	na	V2	B?	III	I (?)
NGA: Le Galambert-Baus Roux, Peillon, France	na	V0	A?	II	
NLA: Lavaric, Eze, France	na	V0	C?	III	
NMA: Source Maraini, Peille, France	na	V1	A?	II	
NMC: Les Hauts de Monte-Carlo, La Turbie, France	< 100	V3	C?	III	I (***)
NPE: La Bonella, Peillon, France	na	V0	A?	II	
NRO: Rocagel, Peille, France	100 - 200	V0	A?	III	
PAF: Petite Afrique, Villefranche-sur-Mer, France	200 - 500	V2	AC	III	I
PJU: Plateau de la Justice, Eze, France	100 - 200	V0	AA	III	
PSL: Pont Saint-Louis, Menton, France	200 - 500	V0	BA	III	
PTE: Plateau Tiercier, La Trinité, France	500 - 1000	V0	A?	II	
ROC: La Rocca, Gorbio, France	100 - 200	V0	A?	II	
TCH: Tête de Chien, La Turbie, France	200 - 500	V0	AC	III	
TDA: Trophée des Alpes, La Turbie, France	< 100	V4	C?	I	I (***)



Figure

5. a) Evolution de l'étalement urbain (1886–2006) impactant les populations d'*A. nicaeensis* sur la Riviera franco-italienne; b) Les cinq unités de conservation définies et les autres populations; c) Les différentes classes de vulnérabilité (V0-V4) des populations actuelles et des 11 populations éteintes; d) Les priorité de conservation de chaque population d'*A. nicaeensis*, y compris les 7 populations en orange proposées comme aires protégées ou Plant Micro-Reserves (PMRs) (d'après Médail et al., en révision).

## Bibliographie

- Diadema K. 2006. Apport de la phylogéographie, de la dynamique et de la structure des populations pour la conservation des végétaux endémiques méditerranéens. Thèse, Université Paul Cézanne Aix-Marseille, Marseille. pp. 238.
- Diadema K., Médail F., Castagné H., Affre L., Roux J.-P., Bretagnolle F. 2007. Écologie, distribution et morphologie comparées des nivéoles de Nice (*Acis nicaeensis*) et de Fabre (*Acis fabrei*), Alliaceae endémiques des Alpes maritimes et de la Nesque (Vaucluse). *Acta Botanica Gallica* 154: 619–634.
- Dudley N. 2008. Guidelines for applying protected area management categories. IUCN, Gland, Switzerland.
- Frankham R., Bradshaw C. J., Brook B. W. 2014. Genetics in conservation management: revised recommendations for the 50/500 rules, Red List criteria and population viability analyses. *Biological Conservation* 170: 56-63.
- Lefebvre T., Moncorps S. 2010. Les espaces protégés français : une pluralité d'outils au service de la conservation de la biodiversité. Paris : Comité français pour l'UICN.
- Lledó M.D., Davis A.P., Crespo M.B., Chase M.W., Fay M.F. 2004. Phylogenetic analysis of *Leucojum* and *Galanthus* (Amaryllidaceae) based on plastid matK and nuclear ribosomal spacer (ITS) DNA sequences and morphology. *Plant Systematic and Evolution* 246: 223-243.
- Médail F., Baumel A. 2018. Using phylogeography to define conservation priorities: the case of narrow endemic plants in the Mediterranean Basin hotspot. *Biological Conservation* 224: 258–266.
- Médail F., Diadema K. 2006. Biodiversité végétale méditerranéenne et anthropisation : approches macro et micro-régionales. *Annales de Géographie*, num. thémat. « Les territoires de la biodiversité » 651 : 618–649.
- Médail F., Diadema K., Pouget M., Baumel A. Identification of plant micro-reserves using conservation units and population vulnerability: the case of an endangered endemic snowflake (*Acis nicaeensis*) in the Mediterranean Basin hotspot. *Journal of Nature Conservation*, en révision.
- Müller-Doblies D., Müller-Doblies U. 1975. Studies on the morphology, cytology and distribution of *Leucojum* subgenus *Ruminia*. *Plant Systematic and Evolution* 123: 117-118.
- Pouget M. 2014. Comment préserver l'héritage évolutif singulier des végétaux endémiques méditerranéens. Thèse, Aix-Marseille Université. Marseille. pp. 152.
- Pouget M., Baumel A., Diadema K., Médail F. 2017. Conservation unit allows assessing vulnerability and setting conservation priorities for a Mediterranean endemic plant within the context of extreme urbanization. *Biodiversity and Conservation* 26: 293–307.
- Thompson, J.D., 2020. Plant evolution in the Mediterranean. Insights for conservation. Second edition. Oxford Univ. Press, Oxford.