



Etat des populations de Vipère d'Orsini *Vipera ursinii ursinii* (Bonaparte, 1835) en France

Hélène Lisse¹, Aurélien Besnard², Julie Rigaux¹, Anne-Laure Ferchaud² et Arnaud Lyet^{1,2}

¹ Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur, Pôle Biodiversité, Appartement 5, 96 Rue Droite, F042000 Sisteron.

helene.lisse@yahoo.fr

² Laboratoire de Biogéographie et Ecologie des Vertébrés, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Centre d'Ecologie Evolutive et Fonctionnelle, UMR 5175, 1919 Route de Mende, F34293 Montpellier cedex 5.

aurelien.besnard@cefe-cnrs.fr

RESUME

La Vipère d'Orsini *Vipera ursinii ursinii* (Bonaparte, 1835) est un serpent rare et patrimonial vivant dans les pelouses alpines méditerranéennes. Sa morphologie et son comportement la rendent extrêmement discrète. Bien que l'espèce soit menacée à l'échelle européenne, l'évaluation de l'état réel de chacune des populations est rendue difficile par sa discrétion et la localisation de ses habitats de prédilection. Depuis le début du siècle dernier, le statut de l'espèce semble préoccupant en France, suite à la régression de ses habitats, due à la diminution des pratiques traditionnelles d'élevage et plus globalement au changement d'utilisation des espaces de montagne. Il s'avérait donc important de mieux connaître l'état de chacune des populations en France afin d'agir au mieux pour la conservation de l'espèce. Le programme LIFE de conservation des populations françaises de Vipère d'Orsini (LIFE 06 NAT/F/000143, 2006-2010) a permis de clarifier le statut des populations françaises en vue d'ajuster les mesures de conservation et le suivi des populations sur le long terme. Les principaux résultats du programme concernant cette évaluation de l'état des populations sont présentés ici. Ils ont été obtenus grâce à des méthodes mises au point spécialement pour l'espèce dans le cadre du programme. Le recensement des menaces et l'évaluation du statut de conservation des populations françaises de Vipère d'Orsini sont également présentés.

MOTS CLES :

taille de population, menaces, statut de conservation, *Vipera ursinii ursinii*

SUMMARY

Orsini's meadow viper *Vipera ursinii ursinii* (Bonaparte, 1835) is a rare emblematic snake which lives in grassland and dry mountain heath in Mediterranean Alps. Due to its morphology and behavior, this snake is extremely discreet. Even if the species is threatened at the European scale, precise evaluation of each of its population is difficult to assess because of its discretion and localization of its habitats. In addition, since the beginning of the last century, the species seems to be very concerned by diminution of traditional pastoral activities and changes in uses of mountain spaces, inducing grasslands regression. Towards these facts, it was important to better know present state of each French population, to allow conservation management adjustment. LIFE conservation program of French populations of Orsini's meadow viper (LIFE 06 NAT/F/000143, 2006-2010) gave a perfect frame for this state evaluation for further conservation effort and long term monitoring of the species. Main results of this evaluation of French populations state are related here. They were obtained with specific methods developed for the program. Threats inventory and evaluation of conservation status of French populations of Orsini's meadow viper are also reported here.

KEY WORDS :

Population size, threats, conservation statu, *Vipera ursinii ursinii*

INTRODUCTION

La Vipère d'Orsini (Bonaparte, 1835) est une espèce emblématique des pelouses sèches des Alpes du Sud. Rare et patrimoniale, elle est actuellement menacée suite à l'abandon des pratiques humaines traditionnelles de montagne, liées à l'élevage et la sylviculture, et au développement d'activités plus modernes de tourisme (Aubry, 1994). L'espèce est listée aux annexes de plusieurs textes réglementaires visant la protection des espèces aux échelons national, européen et international. Cependant, la Vipère d'Orsini est une espèce extrêmement discrète en raison de sa petite taille, de sa coloration cryptique et de son comportement. La situation précise des populations françaises n'est donc pas facile à évaluer.

En France, l'intérêt pour l'espèce ne date pourtant pas d'hier. La première mention de l'espèce remonte notamment à 1884 (spécimen de la Montagne de Lure, actuellement en collection au musée Gassendi de Digne). Dès 1989, Keith Corbett estimait qu'il ne restait que 200 à 300 individus adultes, mais cette affirmation ne reposait cependant sur aucune étude rigoureuse. En effet, plus d'un siècle après la première mention de l'espèce, seulement neuf populations étaient connues sans que les surfaces occupées par l'espèce ni les effectifs présents ne soient estimés. La présence d'un plus grand nombre des populations n'est connu que depuis récemment.

En effet, depuis 1990 les connaissances ont fait des progrès considérables, notamment grâce aux premières campagnes de suivis régionaux réalisées entre 1992 et

2005 (Penloup, 1995 ; Penloup *et al.*, 1998), ayant permis d'identifier 15 populations, dont trois restaient à confirmer. Des lacunes persistaient cependant sur les effectifs et les surfaces occupées par l'espèce, s'expliquant en grande partie par la difficulté de mettre en œuvre les méthodes de suivi démographique classiques sur cette espèce dont la probabilité de détection est très faible. L'espèce étant menacée à l'échelle européenne, il s'avérait toutefois intéressant de mieux connaître sa situation, notamment pour évaluer par la suite les mesures de conservation mises en place pour préserver son habitat. La mise en œuvre du Plan de Restauration en faveur de l'espèce (Lyet *et al.*, 2005), sous forme d'un programme LIFE (LIFE 06 NAT/F/000143, 2006-2010), constituait alors un cadre particulièrement approprié pour remédier à ces lacunes de connaissance des populations.

L'évaluation d'un état de référence a ainsi pu être menée pour les populations de cette espèce intégrées dans le dispositif Natura 2000, signalées sur la figure 1 (trois populations hors N2000, non éligibles pour le programme). Pour ce faire, un protocole original et adapté à l'espèce a été développé lors de ce programme afin de recenser les effectifs, ainsi qu'une méthode de modélisation permettant d'approcher la surface potentielle des populations (Lyet, 2008). Une évaluation de l'effectif, de la surface occupée, mais aussi de l'importance de différentes menaces pesant sur les populations est présentée ici, et définit ainsi cet état de référence pour chacune des populations en vue des efforts de conservation à venir, et de leur ajustement sur le long terme.

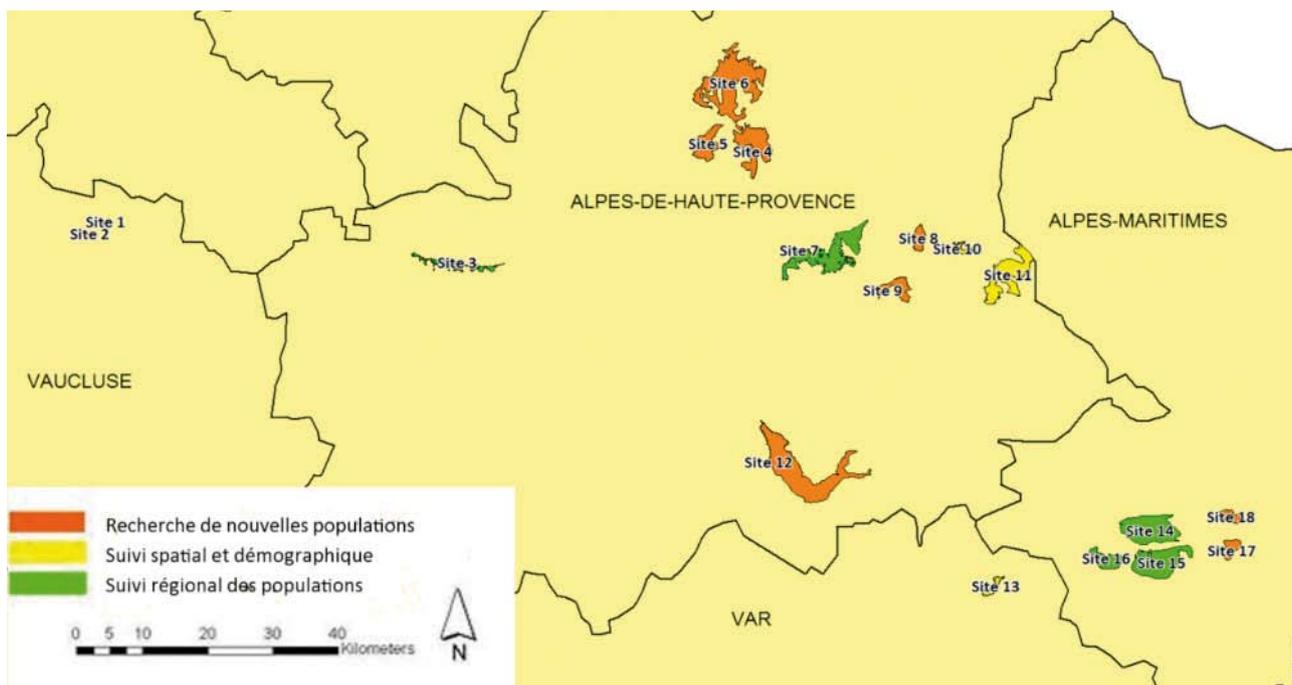


Figure 1 : Sites suivis lors du programme LIFE de conservation des populations françaises de Vipère d'Orsini (LIFE 06 NAT/F/000143).
 Figure 1: Areas monitored during the Life conservation program of the French populations of Orsini's meadow viper (LIFE 06 NAT/F/000143).

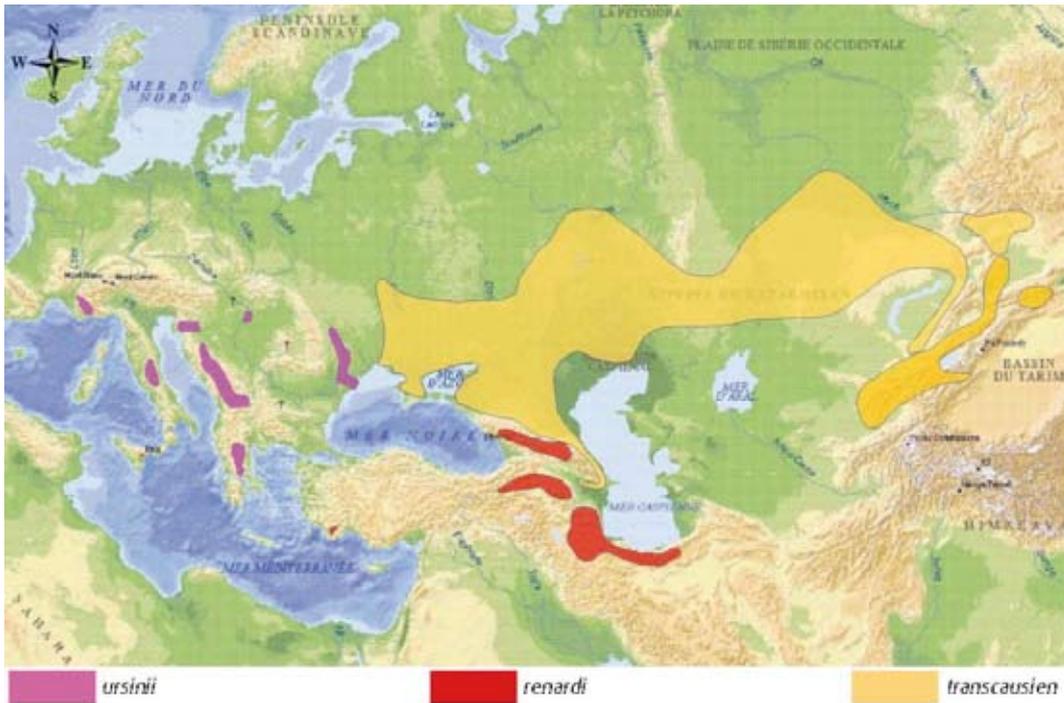


Figure 2 : Répartition actuelle des trois groupes morphologiques du complexe taxonomique *Vipera ursinii* (d'après Nilson et Andren, 2001).
 Figure 2: Current distribution of the three morphological groups of *Vipera ursinii* taxonomic complex (from Nilson et Andren, 2001).

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Espèce étudiée

Le groupe taxonomique *ursinii* est divisé en trois groupes sur des critères morphologiques. La Vipère d’Orsini présente en France, *Vipera ursinii ursinii* appartient au groupe *ursinii* qui comprend sept espèces ou sous-espèces réparties de façon morcelée des Balkans jusqu’au sud de la France à l’extrême ouest de sa répartition (figure 2). La coloration et la morphologie caractéristiques des populations françaises sont illustrées par la figure 3. Les individus atteignent une taille maximale de 50 cm.

Eléments de connaissance sur l’espèce

Les différents aspects de la biologie de la Vipère d’Orsini en France, tels que le régime alimentaire, les rythmes d’activité et la reproduction, ainsi que la dynamique de population et la stratégie démographique de l’espèce, sont connus essentiellement grâce aux travaux réalisés sur le site du Mont Ventoux depuis près de 35 ans par J.P. Baron et précédemment ceux de P. Dreux et H. Saint Girons (1951). L’étude du régime alimentaire menée pendant plusieurs années au Mont Ventoux a pu montrer que l’espèce se nourrit à 99% d’orthoptères (Baron 1992, 1997). Ceux-ci sont consommés en fonction de leur abondance, sans sélection au niveau des genres ni des espèces. L’espèce n’est active que trois mois et demi par an pour les immatures, cinq mois pour les femelles adultes ou six mois pour les mâles adultes (Baron 1997), les adultes sortant dès avril pour s’accoupler. Plus tardivement, les immatures entrent également en activité pour la saison d’alimentation, généralement vers fin juin. L’ensemble des individus rejoignent les abris hivernaux pour passer la

mauvaise saison en léthargie dès les premiers froids et les premières chutes de neige (octobre/novembre). L’espèce est ovovivipare et la mise-bas a lieu fin août à début septembre, avec des portées de deux à cinq vipéreaux mesurant environ 15 cm en moyenne.

Les travaux de J.P. Baron révèlent également des déplacements restreints, avec des distances moyennes inter-annuelles parcourues de l’ordre de 65 mètres chez les mâles (extrêmes 12 - 157 m) et de l’ordre de 45 mètres chez les femelles (extrêmes 2,5 - 146 m). En dehors de la période des accouplements, l’espèce est solitaire. La surface moyenne de l’espace vital est de l’ordre de 0,1 à 0,2 ha (Baron, 1997). Cet espace vital n’est pas fréquenté de manière homogène mais en fonction de ses ressources alimentaires et de ses abris potentiels.

L’étude de la stratégie démographique de la Vipère d’Orsini sur ce même site (Baron *et al.*, 1996) met en évidence une survie relativement importante aux stades juvéniles et adultes (taux de survie annuelle de 0,70% dès 2 ans), du fait que les proies orthoptères ne manquent pas lors de la saison d’activité. Une maturité sexuelle tardive (3-4 ans pour les mâles et 4-5 ans pour les femelles) ainsi qu’une faible fécondité (reproduction biennale avec une seule portée de trois-quatre jeunes en moyenne) sont également montrées.

Cette étude fine a aussi montré que l’espèce subit un déclin important au niveau du Mont Ventoux.

Habitat favorable à l’espèce

Pour l’ensemble des populations connues en France, l’espèce occupe des pelouses ou landes sèches, situées aux étages montagnards et subalpins (entre 1 000 et 2 200 m d’altitude). Une structure d’habitat hétérogène, notamment à l’échelle du micro-habitat, semble très propice

à la présence de l'espèce (Aubry, 1992). Dans cet habitat en mosaïque, les individus, aux capacités de déplacement relativement faibles, trouvent sur un espace réduit une quantité importante d'orthoptères pour se nourrir (zones herbacées), des espaces favorables à la thermorégulation (zones dégagés, touffes de végétation et arbustes bas), ainsi que des abris anti-prédateurs. Ces abris sont

disponibles sous forme d'arbustes bas et d'affleurements rocheux calcaires fracturés. La présence d'affleurements rocheux fissurés ou de tas de pierre permet également l'hibernation sur le site même. La figure 4 montre quelques exemples d'habitats typiques de l'espèce dans les Alpes du Sud de la France.



Figure 3 : Patrons et colorations caractéristiques de la Vipère d'Orsini en France (Photos : A. BOISSINOT et H. LISSE).
Figure 3: Characteristic patterns and colorations of Orsini's meadow viper in France (Pictures: A. BOISSINOT et H. LISSE).



Figure 4 : Habitats caractéristiques de la Vipère d'Orsini dans les Alpes du Sud (© H. LISSE).
Figure 4: Characteristic habitats of Orsini's meadow viper in the southern Alps (©H. LISSE).

CALCUL DES SURFACES OCCUPÉES PAR L'ESPÈCE

La première étape du travail d'évaluation de l'état des populations consistait en l'évaluation de l'espace occupé par chacune des populations. Pour cela, un modèle d'habitat favorable déjà construit par A. Lyet (2008) à partir de données à large échelle rassemblées sur la région a été utilisé. Il s'agit d'un modèle additif généralisé intégrant neuf variables susceptibles d'influencer la distribution de la Vipère d'Orsini (voir source et résolution des variables dans le tableau 1). Pour la construction de ce modèle, les observations de Vipère d'Orsini qui ont été utilisées sont issues des campagnes de prospection réalisées sur l'ensemble de la région entre 1994 et 2008. Ces prospections représentent au total plus de 2 000 heures de terrain couvrant environ 130 km² sur plus de 200 localités différentes, et rassemblent 164 indices de présence

de Vipère d'Orsini (observation directe ou mue de vipères) localisés avec une précision inférieure à 50 m. La moitié des observations a été utilisée pour la calibration du modèle, l'autre moitié pour sa validation a posteriori.

En complément de ce modèle utilisant des données régionales, les données des inventaires d'habitat réalisés dans le cadre de Natura 2000 ont été utilisées. Les nomenclatures de ces données d'inventaires ont pour cela été homogénéisées sur les différents sites. Les nomenclatures correspondant aux habitats retenus comme favorables pour l'espèce sont reprises dans le tableau 2. Ces habitats sont cartographiés sous système d'information géographique pour chaque site de présence de l'espèce.

La zone de présence hautement probable fournie par le modèle à l'échelle régionale et la cartographie des habitats favorables sur les sites Natura 2000 ont alors été croisées

pour obtenir une cartographie fine de l'habitat utilisable par l'espèce sur ses sites de présence effective.

ESTIMATION DES DENSITÉS DE POPULATION ET DES EFFECTIFS

Une méthodologie spécifique a été développée pour suivre cette espèce discrète à large échelle, en mettant en œuvre des moyens humains et techniques réalistes (Lyet, 2008). Cette méthode est basée sur des données de présence/absence répétées sur un même site délimité, qui permettent d'obtenir une fréquence d'observation de l'espèce. Ce type de suivi peut être réalisé à l'échelle régionale sur une saison d'activité de l'espèce. En parallèle, un suivi démographique par capture-marquage-recapture a lieu sur plusieurs années sur un site de référence. Ce suivi est basé sur la même unité de prospection que les données de présence/absence. Il permet d'estimer la probabilité de capture d'un individu. En couplant les résultats des deux suivis

(fréquence d'observation sur le site suivi et probabilité de détection individuelle de l'espèce), la méthode proposée par Lyet (2008) permet d'estimer la densité des populations de chaque site de la région. Un protocole régional visant à échantillonner l'ensemble des populations présentes dans les sites Natura 2000 de la région a été conduit afin de collecter les informations nécessaires à l'utilisation de cette approche.

PROTOCOLE RÉGIONAL DE TERRAIN

Tirage des quadrats

Les sites Natura 2000 occupés par l'espèce ont fait l'objet d'un tirage aléatoire de quadrats de 4 ha au sein des zones d'habitat favorable modélisées lors de l'étape précédente, à raison de huit quadrats minimum répartis de façon homogène pour 1 000 ha, la position des quadrats étant ajustée aux contraintes du relief. Le choix de la

Tableau 1 : Variables environnementales retenues pour la modélisation de la distribution potentielle de la Vipère d'Orsini (Lyet, 2008).
Table 1: Environmental variables retained for the modelisation of the potential distribution of Orsini's meadow viper (Lyet, 2008).

| Description du facteur | Source | Type | Résolution | Unité |
|--|---------------|-------------|------------|---|
| Indice de densité de végétation | CLC + IFN | Catégorique | 50 m | 1 = sans végétation 2 = végétation éparse et clairsemée 3 = pelouse et lande 4 = forêt ouverte 5 = forêt dense |
| Grand type d'habitat | CLC | Catégorique | 50m | 1 = surfaces artificielles 2 = milieux agricoles 3 = milieux forestiers et semi-naturels 4 = milieux humides 5 = milieux aquatiques |
| Moyenne annuelle de la radiation solaire journalière | IGN | Continue | 50 m | [kJ/m ² /jour] |
| Indice topographique: variation altitudinale dans un rayon de 250 m | IGN | Continue | 50 m | [m] |
| Résidu de la régression entre la température moyenne annuelle et l'altitude | AURHELY + IGN | Continue | 200 m | [°C.m-1] |
| Nombre annuel de jours en dessous de 5,56°C | AURHELY | Continue | 200 m | [°C x jours] |
| Variation annuelle du nombre moyen de jours de pluie par mois | AURHELY | Continue | 200 m | [#jours] |
| Variation annuelle de l'humidité relative moyenne | AURHELY | Continue | 200 m | [ratio] |
| Variation annuelle du déficit de pression de vapeur | AURHELY | Continue | 200 m | [ratio] |

Tableau 2 : Nomenclature des habitats Natura 2000 favorables à la Vipère d'Orsini.

Table 2: Nomenclature of suitable habitats for the Orsini's meadow viper in the Natura 2000 network.

| Code Corine | Description de l'habitat | Code Natura 2000 |
|-------------|---|------------------|
| 31-43 | Fourrés à Genévriers nains | 4060 |
| 31-74 | Landes épineuses franco-ibériques | 4090 |
| 31-7E | Landes épineuses à <i>Astragalus sempervirens</i> | 4090 |
| 31-82 | Fruticées à Buis | 5110 |
| 32.6 | Garrigues supra méditerranéennes | |
| 32-134 | Matorral arborescent à <i>Juniperus communis</i> | 5210 |
| 34.71 | Steppes méditerranéo-montagnardes | |
| 34-31 | Prairies steppiques sub-continentales * | 6210* |
| 34-32 | Pelouses calcaires sub-atlantiques semi-arides * | 6210* |
| 34-33 | Prairies calcaires subatlantiques très sèches * | 6210* |
| 35.7 | Pelouses méditerranéo-montagnardes | |
| 36-41 | Pelouses à <i>Laïche ferrugineuse</i> et groupements apparentés | 6170 |
| 61-31 | Éboulis thermophiles péri-alpins | 8130 |

Tableau 3 : Répartition du nombre de quadrats par population étudiée.

Table 3: Distribution of quadrates for all studied populations.

| Population | 1 | 2 | 3 | 7 | 10 | 11 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|--------------------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| Nombre de quadrats | 1 | 1 | 9 | 25 | 1 | 1 | 1 | 8 | 8 | 3 |

Tableau 4 : Conditions standards de prospection.

Table 4: Standard conditions of sampling effort.

| Mois | Temps ensoleillé | Temps nuageux |
|-----------|--------------------------|---------------|
| Juillet | 7h30-10h30 – 16h30-19h00 | 8h00 – 18h30 |
| Août | 8h00-11h00 – 16h00-18h30 | 8h30 – 18h00 |
| Septembre | 8h30 – 17h00 | 9h00 – 16h30 |

Ces plages horaires correspondent approximativement à des températures comprises entre 15 et 25°C à l'ombre. Les conditions de température sont mesurées régulièrement sur le terrain pour déterminer plus précisément les horaires de prospection au jour le jour.

taille des quadrats a été fait pour permettre d'englober les déplacements moyens des individus présents et donc minimiser les sorties d'individus du quadrat (hypothèse de site 'fermé' imposée par la méthode de Lyet [2008]). La répartition des quadrats sur chaque population est donnée par le tableau 3.

Visites de prospection

Le suivi lui-même a été réalisé par des prospections sur ces quadrats standards. Des visites d'une heure par personne ont été réalisées sur tous les quadrats, dans les conditions de prospection standards définies par le tableau 4. Un quadrat est prospecté de façon homogène en effectuant de grands zigzags, le regard balayant la végétation de droite à gauche, tout en portant une attention particulière aux sites a priori favorables à l'insolation des vipères (base des touffes d'avoine, pierre au milieu d'un genévrier, chaumes d'avoine, aplomb de rocher entouré de végétation...). La prospection s'arrête si l'espèce est contactée. Au bout d'une heure de prospection sans contact, une absence

(non-détection) est notée. Douze visites au moins ont été réalisées par quadrat pour obtenir une précision suffisante de l'estimation avec un temps de prospection restant réaliste (estimée d'après les résultats d'A. Lyet, 2008). Les différentes visites ont été autant que possible réparties tout au long de la saison de terrain (juillet à septembre 2010, et quelques visites en 2009) pour pouvoir être considérées comme indépendantes. La saison de prospection la plus propice pour l'espèce s'étend de juillet à septembre, période permettant d'avoir l'ensemble de la population en activité.

Suivi par marquage capture recapture (CMR)

Sur un site choisi pour représenter au mieux la situation des autres populations (altitude, habitat, dérangement peu fréquent) un suivi démographique a été mis en place en parallèle dès 2007. Un seul quadrat de 4 ha permet de suivre la population de ce site de petite taille. Les visites sont réalisées de la même façon que pour le suivi régional et dans les mêmes conditions sur des unités d'une heure,

à raison d'environ 250 visites par saison de terrain. Les individus sont cette fois marqués individuellement afin de pouvoir estimer les paramètres démographiques de la population. Un marquage individuel a donc été réalisé en coupant des écailles ventrales, les dix premières à partir du cloaque représentant les unités, les dix suivantes les dizaines et ainsi de suite.

ANALYSE DES DONNÉES

Estimations des paramètres démographiques sur la population de référence

Les histoires de capture des individus sont décrites par occasions de captures d'une heure par personne et analysées par année ou mois à l'aide d'un modèle de type « Robust Design » (Kendall *et al.* 1995, 1997 ; Kendall et Nichols, 1995) avec le logiciel Mark® (White et Burnham, 1999). Les taux de survie et probabilité de détection individuels, les effectifs et leurs différents écarts-types sont obtenus par année. L'étude ne s'intéresse ici qu'à la probabilité de détection individuelle.

Estimation des densités et effectifs de chaque population échantillonnée

La densité sur un site est obtenue à partir de la fréquence cumulée d'observation de l'espèce sur l'ensemble des quadrats du site. La formule (1) ci-dessous permet d'obtenir la densité (D) à partir de la fréquence d'observation (p) et de la probabilité de détection individuelle (r). Le résultat obtenu est valide sous l'hypothèse d'un échantillonnage représentatif du site, donc d'un nombre de quadrats suffisant par rapport à la surface totale, et répartis de façon homogène. Les écarts-types sur les densités sont obtenus à l'aide de la delta-méthode qui permet de calculer ceux-ci à partir des écarts-types des variables de départ (p et r) et en tenant compte de la formule de calcul utilisée. Les effectifs sont ensuite obtenus en multipliant la densité moyenne par la surface potentielle occupée de la population.

$$(1) D = [\log(1-p)/\log(1-r)]/4$$

EVALUATION DES PRINCIPAUX RISQUES PESANT SUR LES POPULATIONS

Recensement des risques

Des données concernant l'état des populations sont obtenues grâce aux deux points développés précédemment (effectif et surface occupée), ainsi que par des études réalisées en parallèle sur la génétique des populations (Ferchaud *et al.*, 2011). D'autres données concernant l'état de l'habitat, les menaces de type accidentel et continu, et les données de situation géographique sont obtenues par analyse cartographique et/ou par des visites et expertises de terrain.

Réalisation d'indices de risques

Pour obtenir une vision globale de la situation de chaque population, quatre paramètres de l'état actuel de la population ont été définis. Les menaces pesant sur chacune de ces populations ont également été évaluées en huit paramètres correspondant à des risques à court terme (3) et des risques à long terme (2). Trois paramètres ont été définis pour évaluer les capacités d'évolution de chaque population. La nature de ces 12 paramètres et leurs modalités de calcul sont données dans le tableau 5. La grille correspondante obtenue après calcul est remplie par des indices allant de 1 à 3 correspondant à des niveaux de risques pour chaque paramètre (1 : risque faible ; 2 : risque moyen ; 3 : risque élevé). L'addition des indices de risque de chaque paramètre pondérés par un coefficient tenant compte de l'imminence de ces risques (1 à 3), selon la formule (2), permet d'obtenir une estimation de la vulnérabilité de chaque population (IV : indice de vulnérabilité).

$$(2) IV = (A+PF+GR)*2 + (FM+FC)*1 + E*2 + (S+RG+Frag)*3 + (Alt+IG+DG)*1$$

RÉSULTATS

Surfaces estimées des populations

D'après le modèle de distribution potentielle obtenu par A. Lyet (2008), l'habitat favorable pour la Vipère d'Orsini est caractérisé par un fort ensoleillement estival, supérieur à celui prédit par l'altitude, des contrastes thermiques importants, une exposition est ou sud-est et plusieurs mois annuels d'enneigement (Lyet, 2008). La figure 5 et le tableau 6 présentent les surfaces potentiellement occupées par chacune des populations identifiées sur le réseau Natura 2000. Ces surfaces sont celles obtenues après analyse croisée des résultats issus du modèle de distribution potentielle et des données d'inventaires d'habitats Natura 2000. Les surfaces des populations sont très variables et vont de 5 hectares pour la plus petite population à 1 595 hectares pour la plus vaste.

Densités moyennes et effectifs des populations

Une grande diversité des densités de populations est obtenue après l'analyse conjointe des données de présence/absence répétées sur chaque population et des données de Capture-Marquage-Recapture (tableau 6). La probabilité de détection individuelle obtenue par l'analyse des données CMR est 0,0032 +/- 0,0002. Les densités de population vont de 3,5 individus en moyenne à l'hectare pour la plus faible (Caussols) à 36,5 individus en moyenne par hectare pour la plus haute (Laras). La densité moyenne par population multipliée par la surface potentielle disponible donne une idée des effectifs de chaque population, et permet d'obtenir un ordre de grandeur pour les effectifs totaux de l'espèce en France, soit entre 90 000 et 110 000

Tableau 5 : Paramètres utilisés pour l'évaluation du statut des populations, origine des données et seuils utilisés pour déterminer les indices de risque associés.

Table 5: Parameters used for the evaluation of the population statute, data sources and threshold used for the determination of risk indices.

| Type | Paramètres | Formule de calcul | Source des données | Seuils pour les indices | | |
|-----------------------|--|---|-------------------------------|-------------------------|-----------|-------------|
| | | | | 1 | 2 | 3 |
| Menaces à court terme | Aménagements (A) | Projet de développement de stations de loisirs | Com. pers. animateurs N2000 | non | possible | oui |
| | Pic de forte fréquentation (PF) | Evénements réguliers de fréquentation importante | Com. pers. animateurs N2000 | non | été | année |
| | Gestion à risque (GR) | Utilisation du débroussaillage mécanique/brûlage dirigé | Analyse cartographique | non | pon-ctuel | géné-ralisé |
| Menaces à long terme | Fermeture du milieu (FM) | Dynamique forestière (évolution du milieu ouvert entre 1990 et 2000 en %) | Lisse <i>et al.</i> , 2010 | <5 | 5-10 | >10 |
| | Fréquentation courante (FC) | Fréquentation (nb structures *distance de la ville en km) | Analyse cartographique | <7 | 7-14 | >15 |
| Etat actuel | Effectif de la population (E) | Nombre d'individus estimés | Lisse <i>et al.</i> , 2010 | >1000 | 100-1000 | <100 |
| | Risque génétique (RG) | Existence d'une dépression de consanguinité | Ferchaud <i>et al.</i> , 2011 | non | pro-bable | oui |
| | Superficie de la population (S) | Surface d'habitat favorable disponible | Lisse <i>et al.</i> , 2010 | >900 | 100-900 | <100 |
| | Fragmentation (Frag) | Indice de fragmentation de la population | Lyet, 2008 | <4 | 4-9 | >9 |
| Capacités d'évolution | Altitude maximale (Alt) | Possibilités en altitude (range altitude*altitude maxi/1000) | Analyse cartographique | >1300 | 300-1300 | <300 |
| | Isolement géographique (IG) | Isolement (distance moyenne aux 3 populations proches) | Analyse cartographique | <10 | 10-20 | >20 |
| | Diversité génétique (DG) | Indice de variabilité génétique | Ferchaud <i>et al.</i> , 2011 | <0,01 | 0,01-0,1 | >0,1 |

individus, les plus grandes incertitudes étant liées aux trois populations connues mais non évaluées précisément lors du programme.

Menaces pesant sur les populations

Le tableau 7.a. rassemble les indices obtenus pour chacune des menaces identifiées. Les risques les plus fréquents sont liés à la fermeture du milieu et à la fréquentation de l'habitat (retrouvés au niveau 3 sur respectivement cinq et trois populations et au niveau 2 sur quatre et deux populations). Ce type de menaces agit sur le long terme. Les menaces agissant sur le court terme et donc associées à des risques plus importants sont moins fréquentes et restreintes à des situations particulières. Ce sont les risques associés à l'entretien des stations de loisirs et à des

événements de fréquentation de masse ponctuels (sur un site principalement et sur quatre autres partiellement), ainsi que les risques liés à des pratiques de gestion du milieu invasives telles que le brûlage dirigé ou le débroussaillage mécanique (sur cinq sites touchés partiellement).

Etat des populations de Vipère d'Orsini en France

L'état de santé de chaque population est résumé par le tableau 7.b. à partir des données de surfaces et d'effectifs et de données de fragmentation du milieu et de consanguinité des populations. Leurs capacités d'évolution, liées à leur diversité génétique et à leur situation géographique, sont également décrites dans ce tableau. Des risques de 1 à 3 sont donnés pour chaque paramètre décrit. Aucun risque associé à la diversité génétique n'a pu être mis en évidence.

Il est seulement supposé sur la population 2 au vu de son effectif. A contrario l'isolement géographique ne permet qu'à peu de populations des possibilités futures d'évolution via des échanges d'individus avec des populations voisines. Les populations 7, 10, 11, 14, 15 et 16 semblent en bonne santé, tandis que les populations 1, 2, 3 et 13 se portent moins bien à l'heure actuelle.

Enfin, le tableau 7.c. donne l'indice global du risque (indice de vulnérabilité) par population en prenant en compte l'ensemble des paramètres déterminés sur les quatre niveaux d'après la formule (2). L'indice de vulnérabilité ainsi calculé permet d'attribuer un statut de conservation à chaque population. Pour distinguer les différentes

situations à partir des indices, un seuil est pris à 35, indice qui correspond au principal décrochement observé sur l'ensemble des valeurs obtenues et qui permet donc de distinguer deux groupes de populations : les populations menacées au-dessus de cette valeur et les populations non menacées en dessous. L'analyse au cas par cas permet ensuite de nuancer la situation de chaque population en vue des efforts de conservation. L'état des populations de Vipère d'Orsini en France est résumé sur la figure 6. Seules 10 des 13 populations suivies ont été recontactées. Sur ces 10 populations, quatre sont menacées, dont une à très court terme.

Tableau 6 : Surfaces d'habitat favorable disponible, densités estimées et effectifs estimés pour chaque population étudiée.
Table 6: Areas of available suitable habitats, estimated densities and sizes for all studied populations.

| Population | Superficie d'habitat favorable (ha) | Intervalle à 95% de la densité estimée (individus / ha) | Effectif moyen estimé |
|-------------------|-------------------------------------|---|-----------------------|
| 1-Mont Serein | 37,1 | ~15 (donnée ENS Paris) | 550 |
| 2-Plaine de Choix | 5 | 5-6 | 25 |
| 3-Lure | 398,1 | 13-16 | 5 700 |
| 7-Cheval Blanc | 1 594,4 | 20-23 | 34 250 |
| 10-Orgeas | 28,4 | 18-22 | 550 |
| 11-Laras | 79,2 | 33-40 | 2 880 |
| 13-Malay | 52,4 | 5-7 | 300 |
| 14-Calern | 1367 | 19-23 | 29 070 |
| 15-Caussols | 1 103,4 | 3-4 | 4 050 |
| 16-Thiey | 279,1 | 23-27 | 7 030 |

Tableau 7 : Evaluation du statut des populations à partir d'indices de risque associés à 12 paramètres.
Table 7: Evaluation of population statuses from risk indices linked to 12 parameters.

| PARAMETRES D'EVALUATION DES RISQUES | POPULATIONS | | | | | | | | | |
|---|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 7 | 10 | 11 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| a. Menaces à long et court termes | | | | | | | | | | |
| Aménagements (court terme) | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Pic de forte fréquentation (court terme) | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Gestion à risque (court terme) | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Fermeture du milieu (long terme) | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| Fréquentation courante (long terme) | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 |
| b. Etat des populations et capacités d'évolution | | | | | | | | | | |
| Effectif de la population (état actuel) | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Risque génétique (état actuel) | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Superficie de la population (état actuel) | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 |
| Fragmentation (état actuel) | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| Altitude maximale (capacités d'évolution) | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Isolement géographique (capacités d'évolution) | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| Diversité génétique (capacités d'évolution) | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| c. Vulnérabilité globale des populations | | | | | | | | | | |
| Indice de vulnérabilité | 49 | 51 | 41 | 25 | 34 | 29 | 41 | 31 | 34 | 32 |

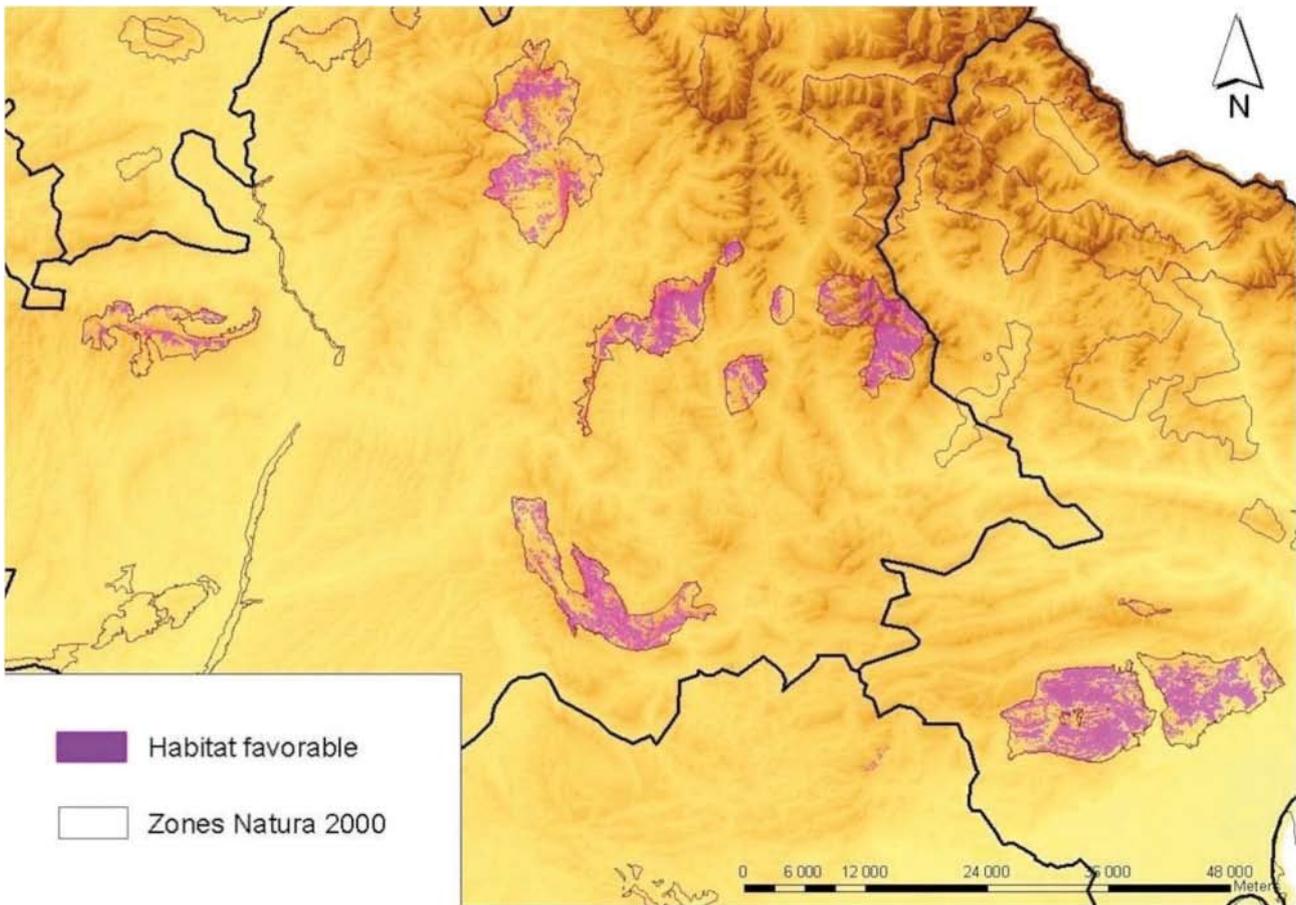


Figure 5 : Carte de l'habitat favorable disponible pour chaque population étudiée sur le réseau Natura 2000 (d'après Lisse *et al.*, 2010).
 Figure 5: Suitable habitat map for all the populations studied in the Natura 2000 network (from Lisse *et al.*, 2010).

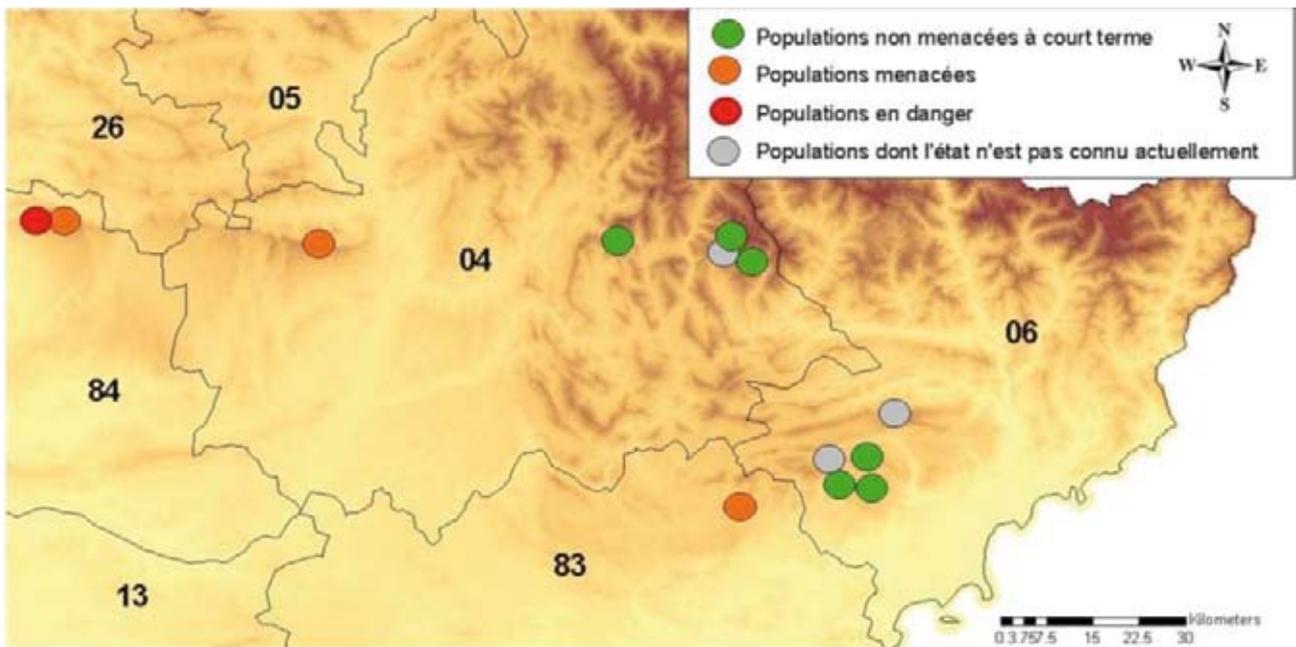


Figure 6 : Etat de conservation des populations de Vipère d'Orsini (Delauge et Lisse, 2011).
 Figure 6: Conservation statute of Orsini's meadow viper populations (Delauge et Lisse, 2011).

DISCUSSION

Surfaces occupées et effectifs des populations

Une cartographie précise de la distribution des populations au sein du réseau Natura 2000 a été obtenue suite aux relevés d'habitat et à la modélisation de la distribution potentielle effectués dans le cadre de Natura 2000 et du programme LIFE de conservation des populations de Vipère d'Orsini. Sur ces populations, les effectifs ont été estimés grâce à une méthodologie adaptée à l'espèce, couplant des prospections régionales avec un suivi localisé de type Capture-Marquage-Recapture et développée spécifiquement dans ce but (Lyet, 2008). L'ensemble des populations couvre 8 000 ha d'habitat très favorable et les effectifs de l'espèce peuvent être estimés d'une manière globale aux environs de 100 000 individus. L'espèce est donc moins rare que ce que laissait penser sa présence très peu souvent documentée.

Cependant, les populations occupent une faible partie de l'habitat disponible (figure 7). Cette faible congruence entre habitat disponible et effectivement occupé peut avoir plusieurs causes : un effort de prospection insuffisant, une mauvaise évaluation de l'habitat jugé favorable, par exemple par omission d'une variable dans le modèle de distribution, ou encore la disparition ancienne de l'espèce dans certains sites aujourd'hui favorables suite à un changement du milieu.

Au total, ce sont plus de 1 500 heures de prospection entre 1992 et 2005 et près de 3 000 heures entre 2006 et 2010 qui ont permis de confirmer le nombre de 13 populations connues (figure 8). Il est donc peu probable que la présence de l'espèce ait été aussi largement sous-estimée par ces prospections. S'agissant du modèle de distribution, la zone de présence potentielle modélisée explique 97 % des données et paraît donc plutôt pertinente. La troisième hypothèse semble pouvoir être retenue. Une explication possible pourrait impliquer les très faibles capacités de déplacement et donc de colonisation de l'espèce. Le retrait glaciaire du début de notre ère, qui s'est accompagné de l'augmentation de sites favorables à la Vipère d'Orsini, aurait selon cette explication été plus rapide que la recolonisation de ces sites par l'espèce. Cependant des prospections supplémentaires sont sans doute à mener. En effet, d'après les travaux d'A. Lyet (2008), un minimum de 12 heures pour 4 hectares sont nécessaires pour conclure à des densités inférieures à 20 ind/ha (densités moyennes observées pour les populations viables *a priori*) et la zone de présence potentielle de l'espèce est donc loin d'être couverte.

La méthode couplant les données de présence/absence et le suivi par CMR a pour sa part montré son efficacité pour estimer les effectifs des populations à l'échelle régionale moyennant un effort de prospection réaliste sur les sites identifiés. Les écarts types obtenus permettent même de donner une indication assez précise sur l'état des populations. Cependant, la justesse du calcul repose sur l'homogénéité de l'échantillonnage des quadrats et leur représentativité. Sur les sites de Caussols et de Thiey, on

peut penser que l'échantillonnage n'est pas suffisamment homogène et que ces sites mériteraient donc un ré-échantillonnage complémentaire pour valider les résultats donnés ici. Le calcul des effectifs pourrait également être effectué de façon plus précise à partir des histoires de détection de l'espèce sur chaque quadrat au lieu du calcul direct sur l'ensemble de la population. Cette analyse plus complexe sera sans doute conduite ultérieurement.

IDENTIFICATION DES PRINCIPAUX RISQUES POUR L'ESPÈCE

Risques liés à l'habitat

Les principales menaces liées à l'habitat ont été mises en évidence de manière globale. Le risque lié à la dynamique de recolonisation forestière suite à la diminution de l'activité de pâturage sur les pelouses touche la majorité des populations. L'altitude et la gestion pastorale sont ainsi deux facteurs qui influencent le maintien de l'habitat de la Vipère d'Orsini face au développement de la strate arbustive. Le problème de la fermeture se pose de façon plus prononcée sur les stations les plus basses en altitude. La dynamique forestière est importante sur le Mont Ventoux, Lure et le Malay, ce qui implique donc de petites superficies disponibles pour les populations, qui tendent à disparaître complètement. Sur les Préalpes de Grasse, les superficies sont plus importantes, mais la dynamique de recolonisation forestière y est très forte également en raison de l'altitude basse. La gestion pastorale est globalement favorable à la présence de l'espèce sur l'ensemble des sites, excepté la montagne de Lure, où la présence des troupeaux semble insuffisante pour contenir la strate arborée. Par ailleurs, de nombreux travaux de coupe et de débroussaillage réalisés lors du LIFE ont permis d'améliorer la situation des populations les plus touchées (rapport final LIFE, collectif [2011]). Ces coupes, couplées à une bonne gestion pastorale sur les zones ré-ouvertes, devraient assurer la pérennité de l'habitat pour l'espèce.

Un autre type de risque est associé à la fréquentation touristique, qui peut entraîner des dégradations importantes de l'habitat, notamment par les pratiques de hors-piste motorisé. La situation géographique de nombre de populations de Vipère d'Orsini dans des zones touristiques aménagées, ou à proximité de grands pôles urbains de la Côte d'Azur, y entraîne cette fréquentation importante et difficile à contrôler (Lure, Préalpes de Grasse, Mont Serein). Sur une population de petite taille comme celle du Mont Serein, une affluence importante de promeneurs peut dégrader rapidement l'habitat. La surveillance des activités de hors-piste et la mise en place d'aménagements pour canaliser la fréquentation ont été initiées lors du programme LIFE et seront poursuivies pour remédier à ce risque.

Le site du Mont Serein est également touché par la présence d'une station de loisirs et les travaux d'entretien des pistes associés, ainsi que par l'organisation ponctuelle d'événements cyclistes entraînant une sur-fréquentation de l'habitat. Ce type de risque ponctuel mais aux

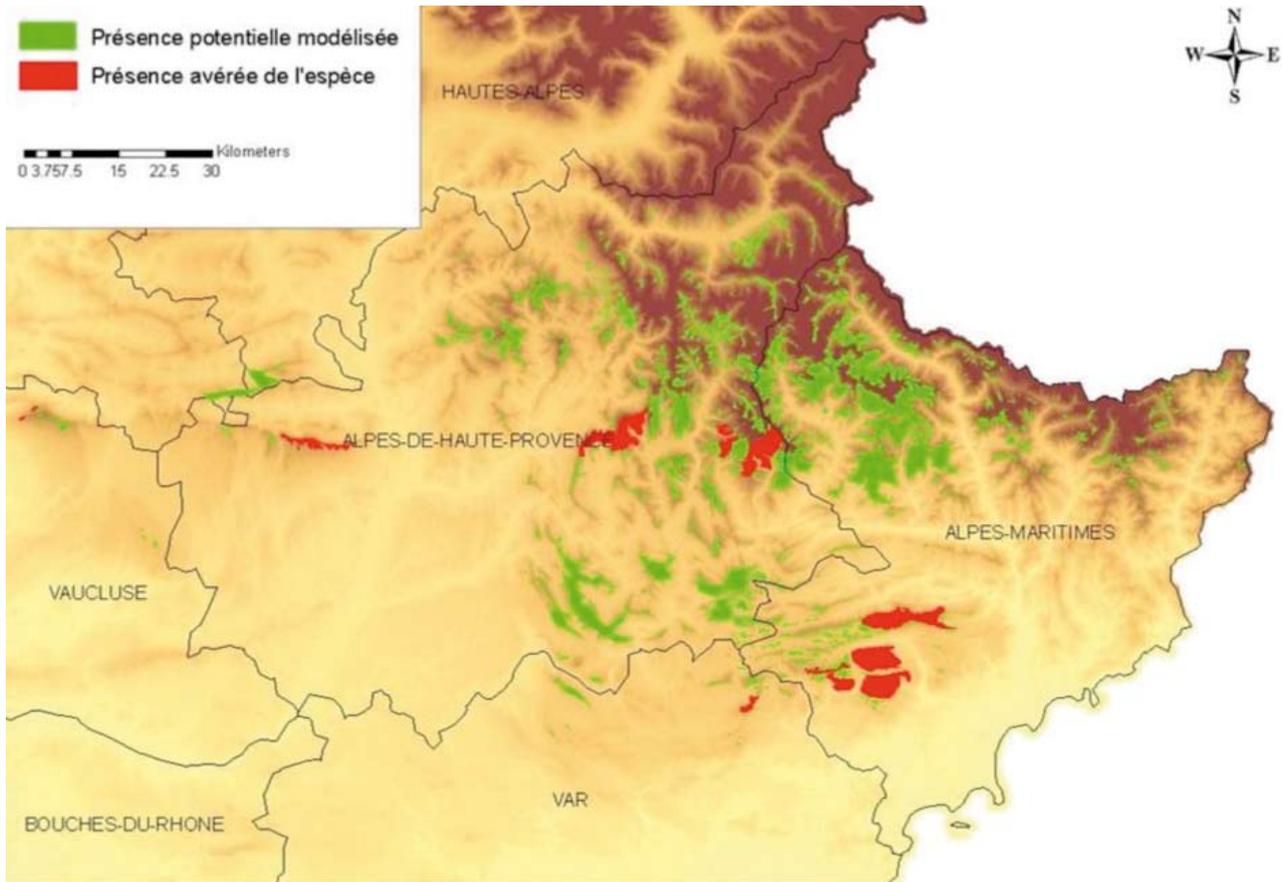


Figure 7 : Distribution de *Vipera ursinii* en région PACA (d'après Lyet et Cheylan, 2004 ; Lyet, 2008).
 Figure 7: Distribution of *Vipera ursinii* in the PACA region (from Lyet et Cheylan, 2004; Lyet, 2008).

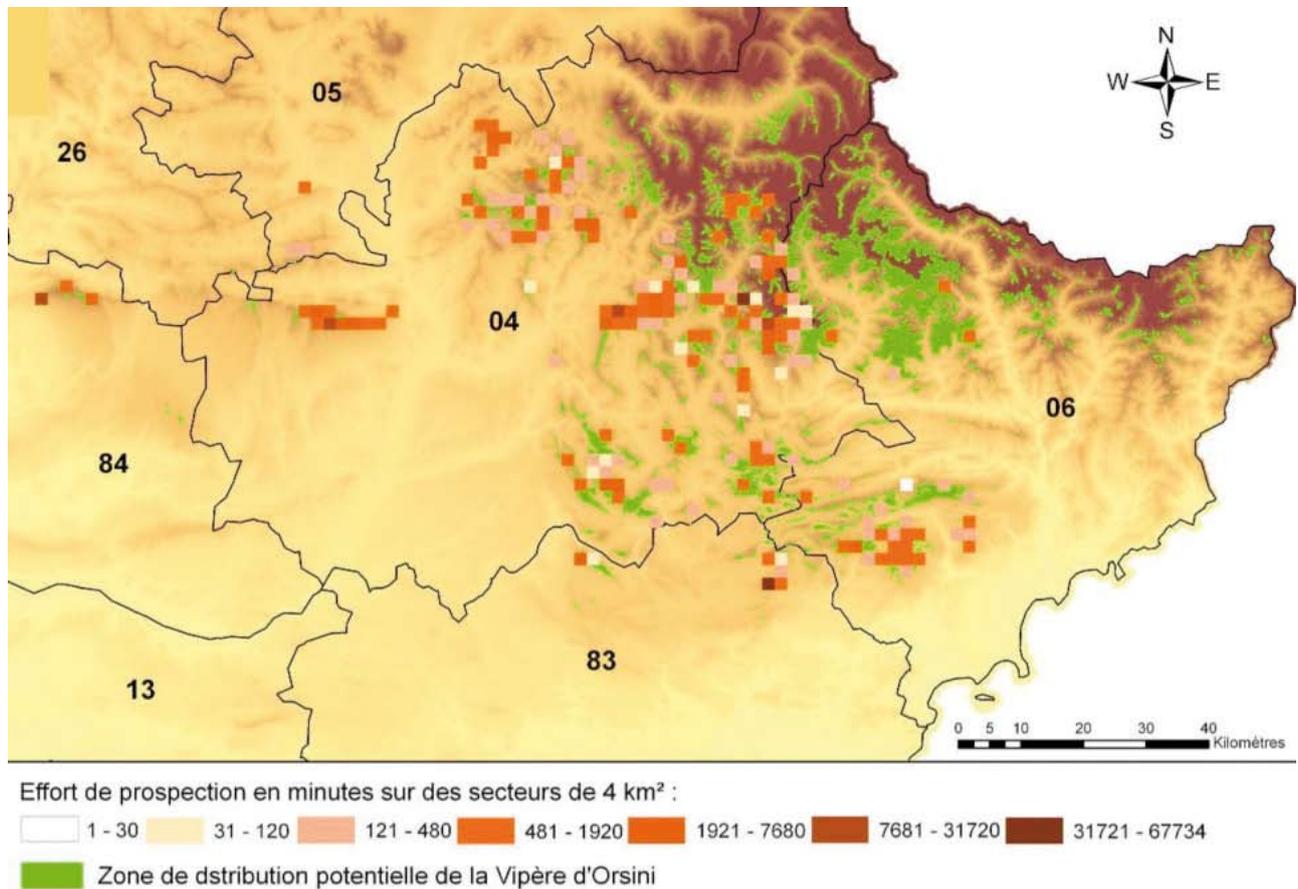


Figure 8 : Effort de prospection pour la recherche de l'espèce entre 1992 et 2010 sur l'aire potentielle modélisée par A. Lyet en 2008 (Delauge et Lisse, 2011).
 Figure 8: Prospection effort for the species between 1992 and 2010 in the potential distribution area modeled by A. Lyet in 2008 (Delauge et Lisse, 2011).

conséquences très destructrices peut être géré au cas par cas, grâce à une veille visant à les anticiper.

Risques populationnels

Au niveau des populations, deux types majeurs de risques sont identifiables. Un risque de destruction anthropique volontaire d'individus existe sur certaines zones bien fréquentées car accessibles par réseau routier (Lure, Mont Serein, Préalpes de Grasse). Les autres stations sont protégées par un accès plus difficile, voire très difficile sur le sommet du Grand Coyer. Le second type de risques est lié au faible effectif de certaines stations, entraînant souvent une mauvaise dynamique démographique et pouvant conduire à une faible variabilité génétique. Aucun risque génétique sérieux n'a cependant été identifié, mais est suspecté sur la plaine de Choix au vu des effectifs et de la surface de cette population (trop peu d'échantillons étaient disponibles pour l'analyse génétique pour que ce résultat soit totalement confirmé).

Une forte différenciation génétique inter-populationnelle a par ailleurs été démontrée par l'étude d'A-L. Ferchaud *et al.* (2011) portant sur 11 des populations connues, identifiant en tout huit entités évolutives pour l'espèce. L'isolement géographique restreint également les possibilités d'évolution par migration entre les populations d'une même entité. Ceci implique un intérêt patrimonial de chaque population et la nécessité de mener la réflexion de conservation de l'espèce à l'échelle des entités évolutives, donc de grandes zones géographiques.

ETAT DES POPULATIONS

Populations non menacées

Avec une valeur de risque inférieure à 35, quatre des dix populations sont en situation plutôt favorable. Deux de ces populations sont de grande superficie et d'effectifs importants, représentant chacune environ le tiers de l'effectif total (Cheval Blanc et Calern). Les deux autres populations sont de petite superficie et par conséquent d'effectifs moindres. Les densités sont fortes pour ces quatre populations, avec un maximum pour les plus petites (entre 33 et 40 individus/ha pour le Laras, 25 individus à l'hectare en moyenne pour le Thiey) et une moyenne d'une vingtaine d'individus à l'hectare pour les deux autres. Les altitudes des massifs concernés sont variables (basses pour le plateau de Calern et la montagne de Thiey, élevées pour le Laras et le Cheval Blanc). Sur Calern, une fréquentation locale importante est notée aux abords des bâtiments de l'observatoire, et sur ce site et le Cheval Blanc, un usage fréquent de l'écobuage est recensé. Ces deux aspects peuvent entraîner de la mortalité directe mais également la dégradation locale de l'habitat. Ils ont déjà été pris en compte lors des mesures mises en place pendant le programme Life (rapport final du programme, collectif [2011]). Sur le Laras, aucune menace n'a été détectée, et aucun risque n'est associé à la situation de la population.

Pour Thiey, les risques sont plutôt liés à la fermeture du milieu et celle-ci sera donc prise en compte lors du prochain programme de conservation de l'espèce (Plan National d'Actions en faveur de la Vipère d'Orsini [PNA], Delauge et Lisse, 2011).

Deux autres populations, sans être menacées à l'heure actuelle, font l'objet de plus d'incertitudes. Caussols, par son étendue, et l'Orgeas par sa densité importante (20 individus /ha environ), semblent à première vue plutôt à l'abri. Cependant, la faible densité observée sur Caussols (3-4 individus/ha seulement) et la petite superficie de l'Orgeas (28,4 ha) doivent entraîner une certaine vigilance. Sur l'Orgeas, la principale limite de la population étant la fermeture du milieu, les nouveaux espaces ouverts et déjà réutilisés par la Vipère d'Orsini laissent espérer une expansion de la population (rapport final LIFE). La recolonisation par la population et l'évolution de l'habitat seront alors surveillés dans les années à venir (Delauge et Lisse, 2011). Une fréquentation locale importante aux abords des routes et l'usage de l'écobuage seront d'autre part pris en compte sur Caussols et de nouveaux suivis préciseront la localisation exacte de l'espèce sur ce plateau, l'une des zones les plus vastes présentant l'espèce avec Calern et Cheval Blanc.

Populations menacées d'extinction

Quatre populations sont en situation bien plus mitigée, soit du fait d'une population très petite, soit du fait d'un habitat dégradé ou difficile à gérer, voire même de l'association des deux. La population de Lure est menacée par l'évolution de l'habitat en l'absence d'une pression pastorale suffisante et de sa dégradation par la fréquentation touristique. La population y est de densité moins élevée que sur les populations décrites précédemment mais conforme à la moyenne donnée pour le pays par les données d'avant-LIFE (10-17 ind/ha, Penloup *et al.* [1999]). Sur le Malay, la population est de petite taille tant au niveau de la superficie que du nombre d'individus, et la principale menace consiste en la fermeture du milieu par la progression des résineux et du genévrier. La population du Mont Serein est particulièrement menacée par la présence d'une station de loisirs, et située de surcroît sur un habitat favorable de petite superficie et de basse altitude. Ces populations sont donc menacées à plus ou moins court terme et feront l'objet d'une attention particulière lors de la gestion future des sites.

La population de la Plaine de Choix apparaît particulièrement menacée, au seuil de l'extinction avec un maximum d'une trentaine d'individus restant au total et un habitat restreint à quelques hectares par la couverture forestière. L'intervention sur cette population doit être rapidement envisagée lors des discussions concernant les actions futures de gestion (Delauge et Lisse, 2011).

Populations disparues ou non recontactées

Sur certains sites connus historiquement (Penloup *et al.*, 1998 ; Lyet *et al.*, 2005), l'espèce n'a pas été retrouvée

(Blayeul, Mourre de Chanier et Lignin). Etant donné l'important effort de prospection réalisé sur le Blayeul (143 heures), l'espèce peut être considérée comme éteinte sur ce site. Ailleurs, la grande étendue à prospecter et le nombre d'heures effectuées ne permettent pas de conclure à l'absence totale de l'espèce sur les zones d'habitat favorables, mais laissent suspecter également soit l'extinction de l'espèce soit sa très faible abondance ; il pourrait aussi s'agir d'indications historiques erronées.

Rappelons que trois autres populations sont actuellement connues, mais qu'elles n'ont pas été étudiées lors du LIFE, étant situées en dehors des zones Natura 2000. Les principaux risques, qui ont d'ailleurs valu l'exclusion de ces populations des périmètres Natura 2000, sont liés à des projets d'aménagements. Pour les sites des Préalpes de Grasse, il s'agit de stations de ski qui souhaitent se maintenir, voire se développer, et engendrent des travaux d'entretien importants. En effet le faible enneigement en hiver amène les gestionnaires à aplanir les pistes et par là même à détruire entièrement l'habitat et les populations présentes. La population à proximité du Grand Coyer est, elle, principalement sujette à l'embroussaillage et l'enrésinement de son habitat par diminution du pastoralisme. Un projet de centrale photovoltaïque y a été refusé une première fois mais pourrait également menacer à nouveau le site. La situation de certaines de ces populations est donc des plus inquiétantes et il semble urgent d'établir une veille à ce niveau (Delaugue et Lisse, 2011).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Treize populations sont donc actuellement identifiées dans la région PACA, représentant au moins huit entités évolutives distinctes. L'espèce occupe une proportion faible de l'habitat supposé favorable disponible, soit 8 000 hectares en tout (sur les 90 000 favorables), et certaines petites populations sont peut-être toujours inconnues. Les effectifs globaux estimés entre 90 000 et 110 000 individus, sont assez importants, mais très variables selon les sites, tout comme la surface d'habitat favorable disponible et les densités locales. La dynamique globale et historique est « en déclin », mais non connue actuellement pour l'espèce en France, sauf pour une des populations (données Mont Ventoux). La grande variabilité des situations des populations implique une étude au cas par cas pour prendre des mesures de conservation adaptées à chaque population. Un des principaux résultats obtenu par le travail sur les risques mené ici consiste en l'identification d'une situation moins bonne qu'attendue sur les populations de l'Orgeas et du Malay.

L'étude de l'état des populations réalisée lors du LIFE permettra de mesurer par la suite l'évolution des populations à grande échelle et de surveiller l'efficacité des mesures de conservation mise en place. Des suivis par CMR sur les plus petites populations sont toutefois souhaitables pour améliorer la vision de la dynamique de l'espèce, même s'ils ne sauraient être menés sur l'ensemble des populations au vu des efforts de terrain que cette méthode requiert. Il reste également trois populations à prendre en compte et à ajouter à cette évaluation dans de courts délais. Ainsi le Plan National d'Actions rédigé en 2011 et dont l'application débutera en 2012 pour une durée de cinq ans prévoit ces suivis CMR et l'ajout de ces trois populations à l'évaluation régionale des populations, la réalisation d'échantillonnages complémentaires sur Caussols et Thiey, ainsi que la recherche de nouvelles populations et la poursuite des suivis d'habitat suite à la restauration de certains sites. L'état des populations sera, quant à lui, réévalué dans une dizaine d'années.

Pour plus de détails sur l'état des populations au cas par cas et les résultats des autres suivis, concernant notamment l'habitat à fine échelle, les différents rendus du programme LIFE sont disponibles auprès du CEN PACA ou de l'ARPE. Les méthodologies et protocoles détaillés sont de même disponibles en tant que rendus du LIFE, et le PNA est mis à disposition sur le site du Ministère de l'écologie et du développement durable.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Alexandre Boissinot, Gabriel Martinerie, Marc-Antoine Marchand, Audrey Lavandier, Jérémy Jalabert, Jérémy Aubain, Lucile Tillion et Sylvain Jacob pour l'énorme travail de terrain réalisé, ainsi que l'ensemble des stagiaires et des bénévoles ayant participé au programme LIFE, pour leurs précieuses contributions. Un grand merci également aux autres scientifiques œuvrant pour l'espèce, en particulier Marc Cheylan (EPHE), Jean-Pierre Baron, Jean-François Le Galliard et Thomas Tully (ENS de Paris).

BIBLIOGRAPHIE

- Aubry F., 1992. *Cartographie des habitats potentiels de la Vipère d'Orsini en région Provence-Alpes Côte d'Azur*. CEEP/DIREN, Aix en Provence, 13 p.
- Aubry F., 1994. *Evolution récente de la couverture végétale des zones d'habitat de la Vipère d'Orsini*. CEEP/DIREN, Aix en Provence, 20 p.
- Baron J.P., 1992. Régime et cycles alimentaires de la Vipère d'Orsini (*Vipera ursinii* Bonaparte, 1835) au Mont Ventoux, France. *Revue Ecologie. (Terre Vie)* 47, 287-311.
- Baron J.P., Ferrière R., Clobert J., Saint Girons H., 1996. Stratégie démographique de *Vipera ursinii* au Mont-Ventoux. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 319, 57-69.
- Baron J.P., 1997. *Démographie et dynamique d'une population française de Vipera ursinii ursinii (Bonaparte, 1835)*. Thèse de Doctorat. EPHE de Montpellier et Laboratoire d'Ecologie de l'ENS – Université Paris VI, Paris, 201 p.
- Collectif, 2006. *Proposition initiale du programme LIFE Nature de conservation de la Vipère d'Orsini (LIFE 06 NAT/F/000143)*.
- Collectif, 2011. *Rapport Final du programme LIFE Nature de conservation de la Vipère d'Orsini (LIFE 06 NAT/F/000143)*.
- Corbett K., 1989. *The conservation of European Reptiles and Amphibians*. Christopher Helm. Londres, p. 79-83.
- Delauge J., Lisse H., 2011. *Plan National d'Actions en faveur de la Vipère d'Orsini Vipera ursinii 2012-2016*. Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 177p.
- Dreux P., Saint Girons H., 1951. Ecologie des Vipères : *Vipera ursinii*. *Bulletin de la Société Zoologique de France* 76, 47-54.
- Ferchaud A.L., Lyet A., Cheylan M., Arnal V., Baron J.P., Montgelard C., Ursenbacher S., 2011. High Genetic Differentiation among French Populations of the Orsini's Viper (*Vipera ursinii ursinii*) based on Mitochondrial and Microsatellite Data: Implications for Conservation Management. *Journal of Heredity* 102 (1), 79-87.
- Kendall W.L., Nichols J.D., 1995. On the use of secondary capture-recapture samples to estimate temporary emigration and breeding proportions. *Journal of Applied Statistics* 22, 751-762.
- Kendall W.L., Pollock K.H., Brownie C., 1995. A likelihood-based approach to capture-recapture estimation of demographic parameters under the robust design. *Biometrics* 51, 293-308.
- Kendall W.L., Nichols J.D., Hines J.E., 1997. Estimating temporary emigration using capture-recapture data with Pollock's robust design. *Ecology* 78, 563-578.
- Lisse H., Rigaux J., Lyet A., 2010. *Etat des Populations de Vipère d'Orsini en France*. Rapport du programme LIFE de conservation de la Vipère Orsini (2006-2011). CEEP, Aix en Provence, X p.
- Lyet A., Cheylan M., 2004. *Mise en place d'un protocole d'évaluation et suivi d'espèces animales à l'échelle régionale. Application au cas d'une espèce à forte valeur patrimoniale : la Vipère d'Orsini*. ONF/DIREN, 23 p.
- Lyet, A., Orsini, P., Cheylan, M., 2005. *Plan de Restauration de la Vipère d'Orsini*. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 42p..
- Lyet, A., 2008. *Conservation des populations françaises de Vipère d'Orsini – Approche multidisciplinaire et intégrative*. Thèse de doctorat, Ecole Doctorale SIBAGHE, Université Montpellier II, 158p.
- Nilson G., Andren, C., 2001. The Meadow and steppe vipers of Europe and asia – The vipera (acridophaga) *ursinii* complex. *Acta Zoologica Academiae Hungaricae* 47 (2-3), 87-267.
- Penloup A., 1995. *Formulaires de synthèse des stations françaises de vipère d'Orsini*. CEEP/DIREN PACA, Aix-en-Provence, 64 p.
- Penloup A., Orsini P., Cheylan M., 1998. *La Vipère d'Orsini en France : statuts actuels et proposition de plan de conservation*. SEH-Miaud C., Guyetant R. (eds), Le Bourget du Lac/France, p.363-369.
- White G.C., Burnham K.P., 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46, 120-138.